



Miljø- og
Fødevareministeriet
Miljøstyrelsen

Markeder og potentialer for dansk plastgenanvendelse

Miljøprojekt nr. 2134

Maj 2020

Udgiver: Miljøstyrelsen

Redaktion: COWI

Grafiker/bureau: COWI

Tryk: COWI

ISBN: 978-87-7038-188-8

Miljøstyrelsen offentliggør rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, som er finansieret af Miljøstyrelsen. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter. Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Må citeres med kildeangivelse

Indhold

Oversigt over forkortelser	5
1. Sammenfatning	7
2. Indledning	11
3. Metode og fremgangsmåde	12
3.1 Markedskortlægning	14
3.2 Teknologikortlægningen	14
3.3 Analyse af værdikæden	15
3.4 Analyse af barrierer for øget dansk genanvendelsesindustri	16
3.5 Indsamling af ny viden og nyt datamateriale	16
4. Markedskortlægning	17
4.1 Generel markedsbeskrivelse	17
4.2 Introduktion til markedskatalogerne	21
4.3 Markedskatalog for blandede plastfraktioner	23
4.3.1 Stor plast fra genbrugsstationen	26
4.3.2 Kildeindsamlet hård og blød husholdningsplast	28
4.3.3 Kildeindsamlet hård husholdningsplast	31
4.3.4 Hård plast fra industrien	33
4.3.5 Blandet hård plast fra servicesektoren	36
4.4 Markedskatalog for polymerer behandlet på sorteringsanlæg	38
4.4.1 LDPE	41
4.4.2 HDPE	44
4.4.3 PP	45
4.4.4 PS	47
4.4.5 PET	48
4.4.6 "Mixed-plastics" (blandet plast)	50
4.5 Markedskatalog for regranulat	53
4.5.1 Markedsdata for de mest udbredte granulater	57
5. Teknologikortlægning	59
5.1 Sorteringsteknologier	60
5.1.1 Lavteknologisk sortering, koncept 1	63
5.1.2 Lavteknologisk sortering, koncept 2	66
5.1.3 Højteknologisk sortering, koncept 1	69
5.1.4 Højteknologisk sortering, koncept 2	71
5.2 Plastopbejdningsteknologier	75
5.2.1 Mekanisk oparbejdning	75
5.2.2 Kemisk oparbejdning	82
6. Analyse af værdikæden	88
6.1 Beskrivelse af dagens situation (basisscenarie)	88
6.2 Beskrivelse af fremtidsscenarier	89

6.3	Vurdering af erhvervsøkonomiske konsekvenser ved øget behandling af plast i Danmark	95
6.3.1	Resultater	96
6.3.2	Beskæftigelse	100
6.3.3	Provenueffekter ved øget national sortering af plast	101
6.4	Følsomhed	103
6.5	Samfundsøkonomisk vurdering	106
6.5.1	Klimaeffekter	106
6.5.2	Samfundsøkonomiske resultater	107
6.6	Konsekvenser for dansk affaldsbehandling og genanvendelse	109
6.6.1	Basisscenariet og scenariernes betydning for genanvendelsen	109
7.	Analyse af barrierer for en effektiv og rentabel plastgenanvendelsesindustri i Danmark	115
7.1	Barrierers betydning for genanvendelsesindustrien	115
7.1.1	Indsamling	116
7.1.2	Sortering og oparbejdning	119
7.1.3	Marked	123
7.2	Væsentligste barrierer for en genanvendelsesindustri i Danmark	127
8.	Samlede konklusioner på muligheder og udfordringer for øget plastbehandling i Danmark	129
9.	Litteratur	131
	Bilag 1.Spørgeguide til markedskortlægning	133
	Bilag 2.Deltagere i Interview	136
	Bilag 3.Liste over oparbejdningsanlæg i Tyskland Østrig, Holland og Storbritannien	137
	Bilag 4.Nøglekomponenter i et moderne sorteringsanlæg	152
Bilag 4.1	Forbehandling	152
Bilag 4.2	Sortering / separationsenheder	157
Bilag 4.3	Pakke enheder og resthåndteringssystemer	160
	Bilag 5.Nøglekomponenter i et oparbejdningsanlæg	163
Bilag 5.1	Nøglekomponenter i konventionelle oparbejdningsanlæg	163
	Bilag 6.Oparbejdningsanlæg, fuld teknisk anlæg	171

Oversigt over forkortelser

Forkortelse	Forklaring
(-CH ₂ -) _n	Carbonhydridkæder
°C	Celsius grader
ABS	Akrylonitrilbutadienstyren
ADS	Affalddatasystemet
CHemRecEurope	Chemical Recycling Europe
CO ₂	Kuldioxid
CO ₂ e	Kuldioxid ækvivalenter
DKK	Danske kroner
ELP	End-of-life-plastics
EPS	Eksanderet polystyren
EUR	Euro
FRIDA	Miljøstyrelsens fremskrivning af generering og behandling af affald
GBS	Stort plast fra genbrugsstationer
GJ	Giga joule
HDPE	High-densisty Polyethylen
HIS	Hyper-spectral-imaging
HTP	Pyrolyse ved høj temperatur
IUT	Ingenieurgemeinschaft Innovative Umwelttechnik GmbH
Kcal	Kilokalorier
Kg	Kilogram
kWh	Kilowatt timer
LBP	Liquid packing board
LDPE	Low- densisty Polyethylen
Leoben	Montanuniversität Leoben
LLDP	Lavdensitetspolyethylen
LTP	Pyrolyse ved lav temperatur
m ³	Kubikmeter
MFR	Massesmelteindeks
Mio	Million
MIR	Mellem infrarød stråling
mm	Milimeter
MST	Miljøstyrelsen
MTP	Pyrolyse ved medium temperatur
MVR	Volumesmelteindeks
MW	Municipal Waste
NIAS	Non-intentional added substances
NIR	Nær infrarød
OOP	Offetnlig-private partnerskaber

PC	Polykarbonat
PET	Polyethylenterephthalat
PET	polyethylenterephthalat
POM	Polyoxymethylen
PP	Polypropylen
PS	Polystyren
PVC	Polyvinchlorid
RDF	Refuse-derived fuel
t	ton
UK	Storbritanien
USD	Amerikanske dollars
WEEE	Waste Electrical and Electronic Equipment (elektronisk affald)

1. Sammenfatning

Denne rapport beskriver markedet for plastgenanvendelse på tværs af teknologier og økonomi for at afdække potentialer og markeder for dansk plastgenanvendelse. Der er i rapporten samlet markedsdata og teknisk information om sorteringsteknologier og plastsammensætninger for herigennem at beskrive muligheder og potentialer for øget plastgenanvendelse i Danmark.

Rapporten er udarbejdet af COWI for Miljøstyrelsen i tidsrummet oktober 2019 til april 2020. De to østrigske universiteter Ingenieurgesellschaft Innovative Umwelttechnik GmbH og Montanuniversität Leoben har bidraget med viden om det europæiske marked for plastgenanvendelse og udenlandske sorteringskoncepter.

Markedet for genanvendt plast er komplekst og påvirkes af en række forskellige faktorer, der alle er med til at afgøre, om genanvendelsen er "en god forretning", og hvordan plast genanvendelse kan sikres på den mest hensigtsmæssige måde. For at kunne dække denne kompleksitet og nuancere, hvor der er potentialer for plastgenanvendelse, behandles der i denne rapport seks typer af plast (LDPE, HDPE, PP, PS, PET og mixed-plastics). I tillæg til dette beskrives plasten desuden ud fra kilden til plastaffaldet (f.eks. husholdninger eller industri). Dette skyldes, at plastens sammensætning og forureningsgrad påvirkes af kilden til plastaffaldet. Sorteringsomkostninger, genanvendelsesmuligheder og afsætningspriser kan derved blive stærkt påvirket af kilden til plastaffaldet. Denne sammenhæng fremhæves gennem beskrivelsen af markederne for plastgenanvendelse. Der indsamles herved markedsdata, der afspejler, at markedet for plastgenanvendelse består af undermarkeder, der ikke kun afhænger af de konkrete plastpolymerer.

Rapporten består af fire dele, der ser på tværs af forhold, der påvirker markederne og potentialerne for plastgenanvendelse.

- 1 **Markedskortlægning**, bestående af tre markedskataloger; et for blandet plastaffald, et for sorteret plast og et for plastgranulat. Markedskatalogerne beskriver markedsforholdene for plasttyperne fra de er del af en blandet plastfraktion til de, som plastgranulat, kan indgå i produktionen af et nyt plastprodukt.
- 2 **Teknologikortlægning** er et katalog over udvalgte teknologier til sortering og oparbejdning. Kortlægningen opstiller teknologiernes omkostninger, effektivitet i sorteringsprocessen samt status og udviklingsmuligheder.
- 3 **Analyse af værdikæden** i Danmark, hvor der er opstillet tre udviklingsscenarier, som alle sammenlignes med den nuværende situation. For alle scenarier er der beregnet erhvervsøkonomiske og samfundsøkonomiske omkostninger for en øget sortering i Danmark af blandet husholdningsplast.
- 4 **Analyse af barrierer**, kortlægger de væsentligste barrierer for en effektiv og rentabel genanvendelsesindustri for plast i Danmark.

Markedskortlægningen udgør et opslagsværk, hvor det er muligt at finde information om konkrete plasttyper afhængig af kilde samt sorteringsteknologier. Rapporten er ikke tænkt som en endelig liste over alle mulige markeder og sorteringsmuligheder for plastaffald. Rapporten kan derimod give data og være med til at give en forståelse for enkelte delmarkeder, der kan bidrage til at give et mere samlet og fuldstændigt billede af markederne for plastgenanvendelse.

Dette er ligeledes gældende for teknologikortlægningen, der beskriver fire sorteringskoncepter, for herigennem at give indblik i de teknologiske muligheder og udfordringer for de enkelte plastfraktioner. De forskellige sorteringsteknologier, der tilsammen udgøre et plastsorteringsanlæg, kan ikke betragtes isoleret, da sorteringseffektivitet og -hastighed afhænger af forudgående og efterfølgende sorteringsteknologier i sorteringsanlægget. Teknologierne og deres potentialer og omkostninger beskrives derfor samlet som en del af et sorteringskoncept. I bilag 4 og 5 beskrives de enkelte teknologiske delelementer mere detaljeret. Hovedvægten af beskrivelserne er på mekaniske sorteringsløsninger, der i dag er mest udbredte. Teknologikortlægningen indeholder desuden en kort sektion om kemisk genanvendelse og forventningerne til det fremtidige sammenspil mellem mekaniske og kemiske genanvendelsesteknologier.

Af rapporten fremgår det, at markeder og potentialer for plastgenanvendelse ikke kan betragtes adskilt fra hinanden, da teknologi og økonomi påvirker hinanden i forhold til at realisere genanvendelsespotentialerne, og der sker en vekselvirkning mellem disse i takt med, at markeder og teknologi udvikler sig. Dette gør sig særligt gældende for sorteringsanlæggene, hvor den tekniske behandling løbende kan optimeres og tilpasses markedssituationen, særligt i forhold til behandlingstid, udsorteringsgrad og renhed.

De senere års øget efterspørgsel efter plastsorteringskapacitet i kombination med den kinesiske nedlukning for import af plastaffald har blandt andet gjort det sværere at afsætte plastfraktioner, der er mere tidskrævende at sortere og behandle i efterfølgende led i behandlingskæden. Kortlægningen viser, at sorteringsanlægs sorteringseffektivitet og renheden af output primært er markedsdrevet. Et højteknologisk anlæg kan i højere grad tilpasses til varierende markedsforhold. Når tiltag til at fremme en højere udsortering vurderes, bør der derfor ikke kun anlægges et teknologisk perspektiv men også et markedsmæssigt.

I tillæg til kortlægningen er der gennemført en økonomisk analyse af mulighederne for at øge sorteringskapaciteten i Danmark for blandet plast fra husholdninger. Denne analyse har desuden til formål at undersøge betydningen af en udsortering af plastfraktioner med en høj renhed frem for en høj udsorteringsgrad af plastfraktioner med den lavere renhed.

Det fremgår, at der vil kunne opnås en økonomisk gevinst ved at øge sorteringskapaciteten i Danmark i forhold til at afsætte blandet plast fra husholdningerne til behandling i udlandet. Gevinsten vil i første omgang tilfalde sorteringsanlægget, men vil på sigt kunne resultere i reducerede behandlingsomkostninger. Det økonomiske potentiale skyldes formentlig, at der er en begrænset sorteringskapacitet på det europæiske marked. Omkostningerne til afsætning af plastfraktioner, der kræver en større andel sortering, er derfor forholdsvis høje. Det fremgår desuden, at den største gevinst kan opnås, hvis der fokuseres på udsortering af rene plastfraktioner i høj kvalitet fremfor en generel høj plastudsortering. Dette kan dog reducere den samlede udsorteringsgrad og potentielt vanskeliggøre opfyldelsen af genanvendelsesmål for plast. Behandlingsomkostningerne til sortering af blandet husholdningsplast vil dog overstige det gennemsnitlige gebyr for affaldsforbrænding.

Nedenstående Tabel 1-1 illustrerer de økonomiske hovedresultater af analysen. Tre scenarier er behandlet i analysen; lavteknologisk forsortering, sortering optimeret i forhold til høj udsorteringsgrad og sortering optimeret i forhold til høj renhed af udsorterede polymerer. I alle scenarier forudsættes det, at behandlingskapaciteten er 50.000 ton pr. år, og der behandles en tilsvarende mængde. Det fremgår af analysen, at alle scenarierne er forbundet med økonomiske gevinster. Særlige kundeønsker og krav kan dog være med til at øge behandlingsomkostningerne og forskellene mellem scenarie 2 og 3 indikerer, at disse kan spille en betydelig rolle for de økonomiske resultater.

Tabel 1-1 De erhvervsøkonomiske resultater for etablering af sorteringsanlæg til blandet husholdningsplast

Effekt	Enhed	Scenarie 1: Forsortering (simpel sortering)	Scenarie 2: Høj udsortering	Scenarie 3: Høj udsortering af enkelte polymerer
Behandlet mængde	ton	50.000	50.000	50.000
Indtægt fra behandlingsgebyr*	mio. DKK/år	115	115	115
Transport til sortering	mio. DKK/år	-17	-17	-17
Investering**	mio. DKK/år	-12	-19	-22
Drift	mio. DKK/år	-12	-19	-21
Salg af materiale fra sortering (herunder også sorteringsrest til affaldsforbrænding)	mio. DKK/år	-36	-11	10
Samlet resultat	mio. DKK/år	38	49	65

Note: De økonomiske konsekvenser af de enkelte scenarier er opgjort i forhold til konsekvenserne ved eksport til udlandet. Økonomiske gevinster afspejler således en gevinst i forhold til eksport, hvor plasten sorteres på udenlandske anlæg. Beregningerne er baseret på fuldkapacitetsudnyttelse og ensartede sorteringsløsninger for alle kunder.

** Behandlingsgebyret betales af affaldskunden. De alternative omkostning ved eksport er indirekte afspejlet i behandlingsgebyret, da gebyret er fastsat, så kundens samlede omkostninger svarer til omkostningerne ved alternativ udenlandsk sortering.*

*** årlig afskrivning for en afskrivningsperiode for investeringen på 20 år.*

Krav fra leverandøren af blandet plastaffald vedr. sorteringsanlæggenes sorteringsstrategi kan øge sorteringsomkostningerne. Det samme kan usikkerhed om fremtidige mængder til sortering. Det skal desuden fremhæves, at det positive erhvervsøkonomiske resultat for øget sorteringskapacitet i Danmark afhænger af den alternative omkostning ved afsætning til udlandet. Dette skyldes, at de økonomiske resultater i høj grad afhænger af det sorteringsgebyr, som sorteringsanlægget kan kræve for at sortere plastaffaldet, hvilket må forventes at ændre sig i takt med, at den europæiske kapacitet udvides.

På baggrund af data indsamlet fra interviews i forbindelse med markedskortlægningen beskrives de vigtigste barrierer for en øget sortering i Danmark. Det fremgår, at særligt forskellige krav og ønsker til sorteringen samt usikkerhed i forhold til leverance af plastaffald til sortering virker hæmmende på investeringslysten og sorteringskapaciteten for blandede små plastfraktioner.

Usikkerhed om kommende rammebetingelser, kontrakter med kort løbetid, forskellige indsamlingssystemer og varierende krav til afsætningen beskrives som medvirkende faktorer til, at

der ikke opføres avancerede sorteringsanlæg til husstandsindsamlet plast i Danmark. Blandt andet medfører indførelsen af producentansvar for emballageplast en særlig usikkerhed. Producentansvaret kan dog samtidig bidrage til at sikre en tilstrækkelig mængde, som det ses i Tyskland og Sverige. I forbindelse med Danmarks implementering af producentansvaret for emballageaffald kan der således være et potentiale for at styrke incitamenterne for investering i dansk sorteringskapacitet.

2. Indledning

Klodens Befolkningen er i vækst, og der er et øget pres på vores ressourcer, hvorfor der er behov for at understøtte en grøn omstilling og finde nye forretningsmodeller. Her spiller Danmark en særlig rolle, givet det relativt høje forbrug af ressourcer i Danmark. Ifølge Eurostat er Danmark således det land i EU, der producerer mest husholdningsaffald pr. indbygger. I dette projekt er det blevet analyseret, hvad Danmark kan gøre for, at der i fremtiden sker en øget genanvendelse af plastaffaldet, og at danske affaldssorteringsvirksomheder kan udnytte potentialerne ved en øget dansk genanvendelse af plast. Rapporten ser på en række udviklings- og forretningsmuligheder for genanvendelse af plast. Markedet for genanvendt plast er komplekst og består af en række undermarkeder fra indsamling over sortering til oparbejdning til plast, der kan indgå i nye produkter. Igennem denne behandling har plastsammensætning, renhed og anvendte sorteringsteknologi desuden stor betydning for afsætningsmulighederne. Der kan således ikke tales om ét marked for plastaffald eller ét markedspotentiale. Denne rapport er derfor centreret om en markedskortlægning for markederne for plastaffald gennem værdikæden, hvor der opdeles mellem kilde til plastaffaldet og type af plastaffald. Mulighederne for genanvendelse afhænger desuden af de teknologiske muligheder og der gennemføres derfor også en kortlægning af sorterings- og oparbejdningsteknologier for plast. På den baggrund er der beregnet økonomiske potentialer ved en øget sortering af udvalgt plastaffald i Danmark. Slutteligt afdækkes barrierer for øget plastgenanvendelse i Danmark, og en vurdering af deres betydning for opbygningen af en behandlingsindustri i Danmark.

Analysen er udarbejdet ved at tage udgangspunkt i den nuværende håndtering af plastaffaldet. Dette er gjort ved at opstille den nuværende værdikæde for plast og plastaffald. Værdikæden tager udgangspunkt i produktion, forbrug, indsamling samt sortering og slutter med oparbejdning. Værdikædetilgangen sikrer, at alle led bliver undersøgt, og at ledenes betydning for plastoparbejdningen identificeres.

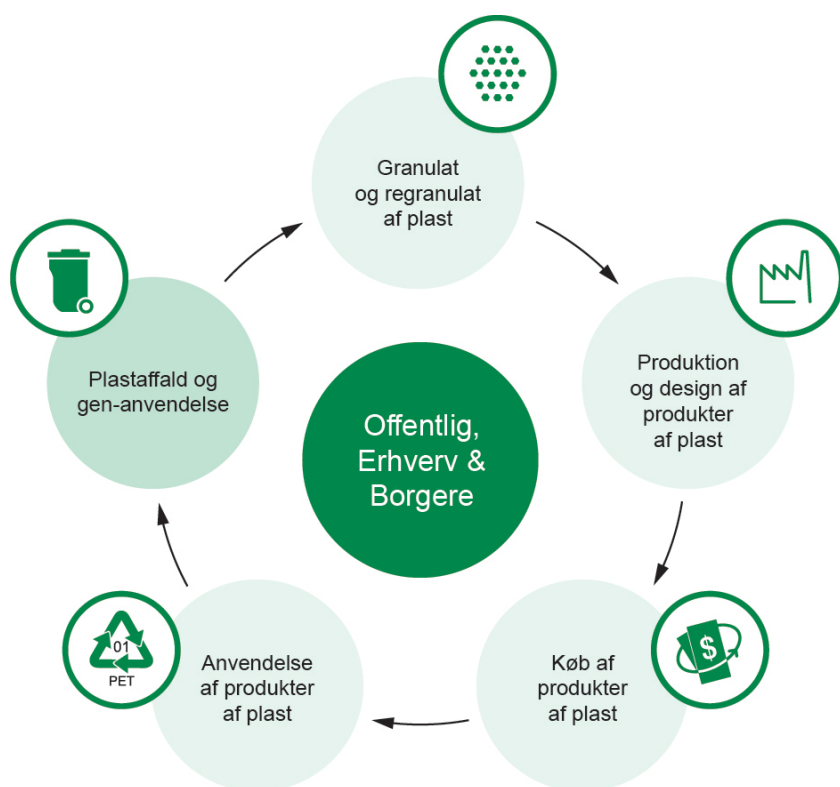
Analysen bygger særligt på interviews gennemført med aktører i værdikæden for behandling af plastaffald. Interviews blev gennemført i oktober og november 2019. Dette giver et mere detaljeret indblik i, hvilke elementer der særligt udgør en udfordring i genanvendelsen, og hvad der driver prisdannelsen på markedet. Disse informationer indarbejdes i markeds kataloger for plast til sortering, sorteret plast og oparbejdet plast, der kan indgå i nye produkter. Dette danner desuden grundlag for de økonomiske beregninger af danske potentialer for en stor behandlingsindustri i Danmark.

Denne rapport er udarbejdet af COWI for Miljøstyrelsen i tidsrummet oktober 2019 til marts 2020. De to østrigske universiteter Ingenieurgesellschaft Innovative Umwelttechnik GmbH (herefter IUT) og Montanuniversität Leoben (herefter Leoben) har bidraget med analyser og baggrundsmateriale til markeds- og teknologikortlægningen i form af rapporten Study about Plastic Sorting and Recycling (IUT / Leoben, 2019)¹. De to universiteter har førende eksperter på genanvendelsesområdet og har leveret viden og indsigt i særligt det internationale marked for genanvendelse samt faktorer der påvirker markedet for genanvendeligt plastaffald. Herudover har universiteterne leveret vigtigt input til kortlægningen af sorterings- og oparbejdningsteknologier.

¹ IUT og Leoben har udarbejdet en baggrundsrapport, der kan tilgås fra følgende adresse: <https://plastikvi-den.dk/media/212448/study-about-plastic-sorting-and-recycling.pdf>

3. Metode og fremgangsmåde

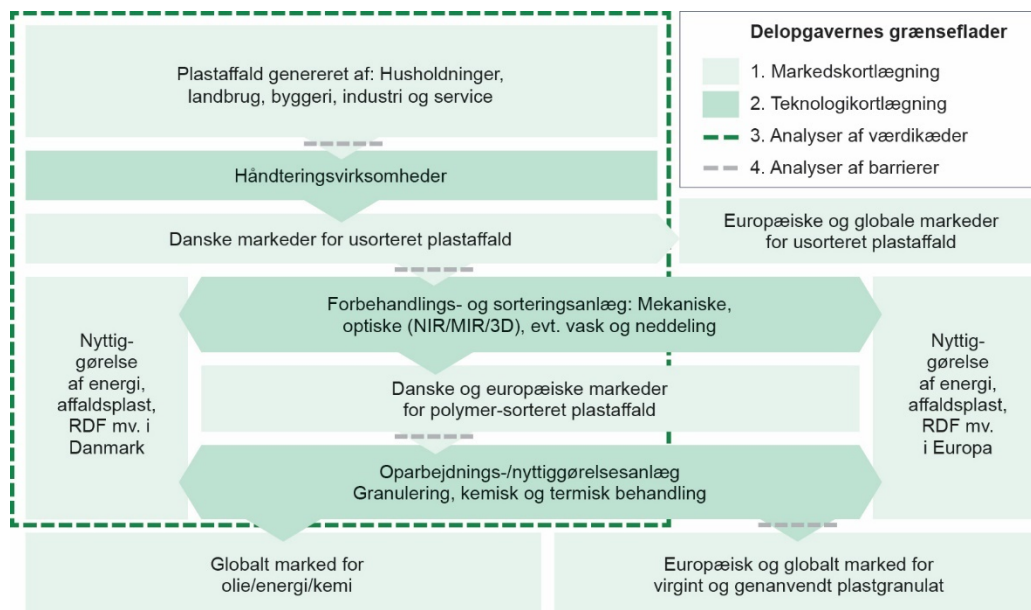
Plast findes i et væld af forskellige typer og former, så for at finde frem til nye udviklings- og forretningsmuligheder, er det nødvendigt med en struktureret tilgang, som følger plastens vej gennem værdikæden. Fokus for denne analyse er fra plast bliver til affald til det kan indgå i et nyt produkt. Det vil sige, den del af det cirkulære kredsløb for plast, der er markeret med en mørkere grøn i Figur 3-1 og betegnes 'Plastaffald og genanvendelse'. Elementerne i kredsløbet er indbyrdes afhængige, og de forretningsmæssige muligheder i forbindelse med affaldsbehandling, genanvendelse og genbrug af plast kan ikke ses uafhængigt af de øvrige led i kredsløbet. Således vil produktionen af plastprodukter og efterspørgslen efter genanvendt plast til nye produkter direkte påvirke potentialerne for plastgenanvendelse og de mest hensigtsmæssige genanvendelsestilgange. Genanvendt plast har f.eks. lidt ændrede egenskaber, der afhænger af sortering og oparbejdning, og som kan være nødvendige at indtænke, når plasten avendes i nye produkter.



Figur 3-1 Overblik over elementerne i et cirkulært kredsløb for plast

Analysen er opdelt i en række delopgaver, som tilsammen danner et større overblik. Sammenhængen med plastens vej gennem værdikæden tager udgangspunkt i plastaffaldet og ender ved slutbehandling, se Figur 3-2. I figuren illustrerer de lysegrønne og mørkegrønne kasser hhv. markederne og teknologien for behandling af plast, mens de blå pile viser plastens vej gennem værdikæden. Den stiplede grønne linje illustrerer den nationale, danske afgrænsning af analysen af den danske værdikæde, hvilke inkluderer en vurdering af de økonomiske potentialer for en øget danske genanvendelsesindustri samt vurdering af faktorer der påvirker de

økonomiske konsekvenser. Sortering og oparbejdning kan foregå både i Danmark og i udlandet, hvilket er årsagen til at den grønne linje krydser disse felter i figuren. De stiplede grå streger illustrerer de barrierer, der er beskrevet og analyseret.

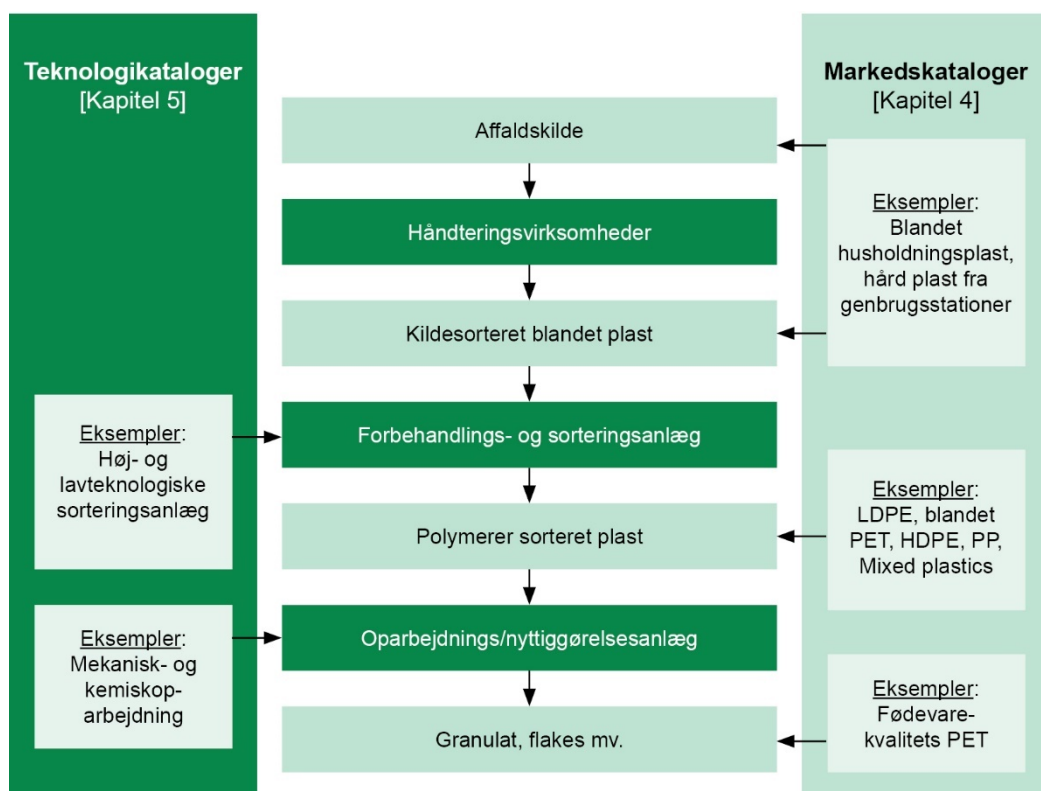


Figur 3-2 Plastens vej gennem værdikæden i Danmark, Europa og globalt

Analysen er opdelt i fire delopgaver, som alle påvirker hinanden. Delopgaverne består af:

- 5 **Markedskortlægning**, hvor der først laves en præsentation af generelle markedstrends, priser og forretningsmuligheder. Herefter er der opstillet tre markedskataloger; et for blandet plastaffald, et for sorteret plast og et for plastgranulat.
- 6 **Teknologikortlægning** er et katalog over udvalgte teknologier til sortering og oparbejdning. Det opstiller teknologiernes omkostninger, effektivitet i sorteringsprocessen samt status og udviklingsmuligheder.
- 7 **Analyse af hele værdikæden** i Danmark, hvor der er opstillet tre udviklingsscenarier, som alle sammenlignes med den nuværende situation. For alle scenarier er der beregnet erhvervsøkonomiske og samfundsøkonomiske omkostninger.
- 8 **Analyse af barrierer** for at kortlægge de væsentligste barrierer for en effektiv og rentabel genanvendelsesindustri for plast i Danmark.

Den enkelte plasttype indgår i flere markeder undervejs, før den endelig kan genanvendes i et nyt produkt. En del ikke-genanvendeligt materiale vil dog forlade værdikæden, det kan dels være plasttyper, der ikke udsorteres eller plasttyper der er forurenet, sammensat eller på anden vis vanskelig at genanvende, men også fejlsorterede ikke-plast elementer. Den reelle genanvendelse for plast og den største værdiskabelse kommer fra det plast, der gennemgår hele værdikæden og bliver genanvendt som plastmaterialer, der kan erstatte virgint plast af høj kvalitet. Værdikæden for plast er illustreret i Figur 3-3. De beskrevne markeder i analysen baserer sig på genanvendelsen af plast og tager derfor udgangspunkt i denne værdiskabelseskæde.



Figur 3-3 Værdikæden for plast, fra affald til produkt

3.1 Markedskortlægning

Markedskortlægningen er udarbejdet og afgrænset ved tre markeder, som hver dækker et antal delvist adskilte markeder, hvor priser og kvaliteter er sammenlignelige for materialerne inden for markederne. I markedskortlægningen er der udarbejdet et markedskatalog, som indeholder alle markedsbeskrivelserne.

- Første marked i værdikæden er markedet for **kildesorteret blandet plast**. I dette marked er fraktionernes værdi og kvalitet primært defineret af kilden, f.eks. husholdninger eller serviceerhverv.
- Næste led i værdikæden er markedet for **polymersorterede fraktioner**. Markedet dækker dermed de fraktioner, som produceres efter en sortering med en eller flere teknologiske behandlinger. I dette marked er den definerende faktor den udsorterede polymer, f.eks. HDPE eller PET.
- De udsorterede polymerer kan være i forskellige renheder, og det sidste marked dækker oparbejdningen til **granulater og pellets**, der kan afsættes direkte til producenter af plastprodukter. De definerende egenskaber er i dette marked polymeren, samt en række mere tekniske kvaliteter for plasten såsom smelteindeks og hvorvidt de er godkendt til fødevarer.

3.2 Teknologikortlægningen

Teknologikortlægningen er udarbejdet som et teknologikatalog, der er opdelt i to områder for teknologier:

- **Sorteringsteknologier:** Omfatter teknologier, der kan behandle blandede plastfraktioner med flere forskellige polymerer og evt. urenheder. Disse teknologier vil i modificeret form også kunne behandle blandinger af plast og andet indsamlet materiale, som f.eks. metal. I beskrivelserne er der fokuseret på en indsamling udelukkende af plast

og eventuelle urenheder. Output fra disse teknologier er typisk rene, sorterede polymerer, der efterfølgende kan oparbejdes yderligere og indgår i nye plastprodukter.

- **Plastoparbejdningsteknologier:** Dækker teknologier, der er egnet til at behandle rene polymerer evt. efter sortering ved hjælp af sorteringsteknologier, som angivet ovenfor. Produktet efter oparbejdning er granulat eller pellets, der kan afsættes til producenter af plastmaterialer.

I teknologikortlægningen er indsamlingen ikke inkluderet som et selvstændigt teknologikatalog, da dette ligger uden for analysefeltet, og der grundlæggende er tale om kendt teknologi. I de tilfælde hvor indsamlingsteknologien – f.eks. via kombineret indsamling eller økonomiske omkostninger hertil – påvirker markedet for afsætning af de indsamlede fraktioner, vil dette blive dækket i markedskataloget. Teknologier der kan øge anvendelsesmulighederne for genanvendt plast er desuden ikke afdækket.

3.3 Analyse af værdikæden

I analysen af værdikæden vurderes de erhvervsøkonomiske- og samfundsøkonomiske konsekvenser ved forskellige tilgange til sortering i Danmark. De økonomiske fakta, som er fundet gennem teknologi- og markedskortlægningen, anvendes i tre scenarier, der danner grundlaget for analysen af værdikæden. Scenarierne vurderes i forhold til omkostningerne ved alternativt at sende plastaffald til behandling i udlandet. Analyserne omfatter udelukkende blandende plastfraktioner.

Den erhvervsøkonomiske analyse belyser de finansielle omkostninger for erhvervet, og der ses kun på de direkte monetære omkostninger, samt beskæftigelsen. De erhvervsøkonomiske resultater opgøres for de enkelte led i værdikæden, så det kan vurderes, om særlige aktører vinder eller taber på ændringerne i værdikæden. Dette omfatter særligt mulighederne for at reducere afsætningsomkostningerne for affaldsproducenterne. Fordelingen af evt. gevinster i værdikæden vil desuden afhænge af den konkrete markedssituation.

I den samfundsøkonomiske analyse medtages fordele og ulemper ved scenarierne ud fra deres samlede påvirkning på det danske samfund. Det betyder blandt andet, at effekten af ændringer i skatter og afgifter ikke direkte indgår i den samfundsøkonomiske analyse, da dette er transaktioner mellem de økonomiske aktører. Forvridningseffekter fra ændret beskatning indgår dog i analysen. I den samfundsøkonomiske analyse anvendes Finansministeriets vejledning og antagelserne heri, jf. Tabel 3-1.

Tabel 3-1 Generelle forudsætninger for den samfundsøkonomiske analyse

Emne	Værdi	Kilde
Priser	Forbrugerpriser	Finansministeriet (2017)
Nettoafgiftsfaktor	0,28	Finansministeriet (2017)
Skatteforvridningstab	0,1	Finansministeriet (2017)
Nationalafgrænsning		Finansministeriet (2017)

I den samfundsøkonomiske analyse indgår værdien af ændringer i udledningen af klimagasser omregnet til CO₂-ækvivalenter. Den samfundsøkonomiske værdisætning af den ændrede udledning af CO₂ baseres på Energistyrelsens fremskrivning af kvoteprisen (Energistyrelsen, 2019).

Generelt for alle økonomiske analyser er der lavet en national afgrænsning. Det betyder at udlandet kun indgå i analyserne som aftager af dansk affald med en forudsat afsætningspris. Den nationale afgrænsning betyder desuden, at ændringer i udledningerne af klimagasser alene omfatter ændringer på dansk territorium. Alle resultater afrapporteres i 2019-priser

De provenumæssige effekter behandles særskilt, så der kan udarbejdes en samlet oversigt over, hvordan dette offentlige provenu påvirkes. Dette omfatter særligt hvordan provenuet fra affalds- og energiafgifter påvirkes.

3.4 Analyse af barrierer for øget dansk genanvendelsesindustri

Analysen af barrierer baseres på litteratur fra tidligere gennemførte analyser for barrierer for øget genanvendelse af plastaffald. Disse underbygges med interviews med aktører i værdikæden for plastaffald for at specificere barriererne og identificere barrierer, der er af særlig stor betydning for, at der ikke er etableret en større sorterings- og oparbejdningskapacitet i Danmark. Barriererne behandles i forhold til, hvordan de påvirker rammerne for at etablere kapacitet til sortering af plastaffald i Danmark. Der foretages en opdeling mellem indsamling, behandling, marked og regulatoriske rammer, hvorved barriererne kan beskrives og behandles fra forskellige perspektiver i værdikæden.

3.5 Indsamling af ny viden og nyt datamateriale

I udarbejdelsen af de fire delopgaver er der foretaget en gennemgang af eksisterende data og indsamlet ny viden gennem interview. Formålet har været at underbygge teorier og data for alle led i værdikæden. Der er udført interview med virksomheder og myndigheder. Samlet set er interviewene fordelt på:

- Danske sorteringsanlæg
- Udenlandske sorteringsanlæg
- Danske affaldsselskaber
- Håndterings- og formidlingsvirksomheder
- Oparbejdningsvirksomheder og mulige aftagere
- Kommuner

Der er gennemført interviews med 15 respondenter, som fremgår af Bilag 2. For at være sikre på en konsistent struktur for de gennemførte interviews, er der udarbejdet en spørgeguide. Denne er vedlagt i Bilag 1. Spørgguiden er blevet tilpasset det/de konkrete led, som respondenterne arbejder i.

4. Markedskortlægning

I dette kapitel beskrives markedskortlægningen. Kapitlet tager udgangspunkt i en generel markedsbeskrivelse af markeder og priser, hvorefter der er udarbejdet markeds kataloger for tre markeder; markedet for blandet plast, markedet for polymer behandlet på sorteringsanlæg og markedet for granulat. Rækkefølgen af beskrivelserne følger plastens vej fra affald til genanvendelse, hvor renheden af plasten forbedres for hvert led.

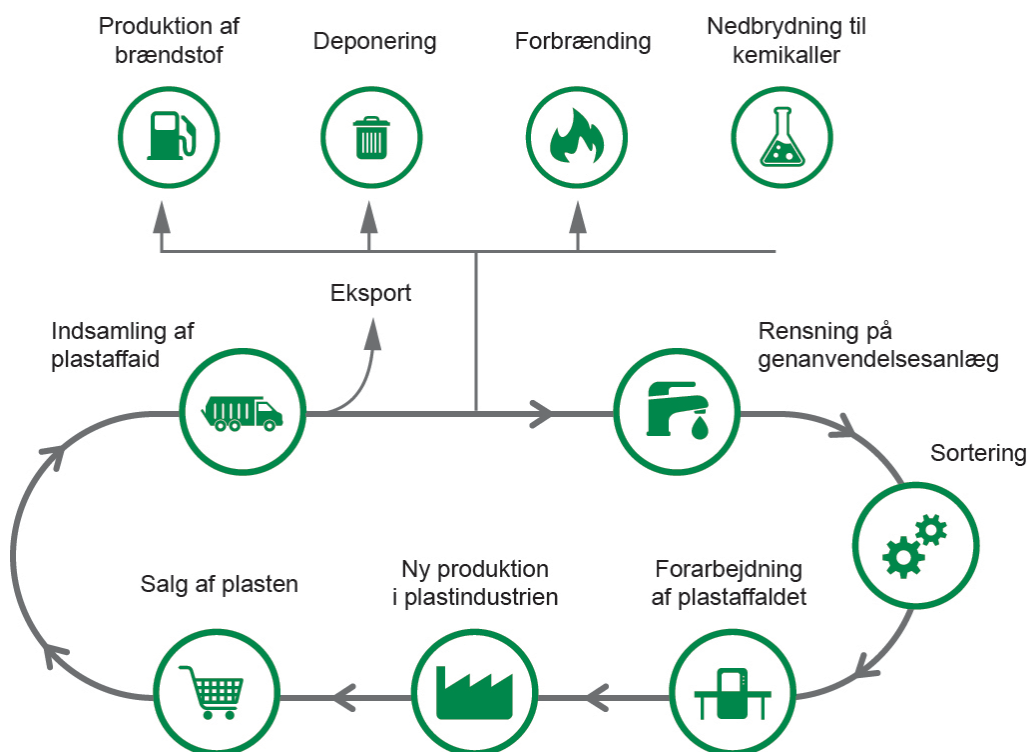
4.1 Generel markedsbeskrivelse

Ifølge Plastikhandlingsplanen fra 2019 genereres der årligt ca. 340.000 tons plastaffald fra industrien og husholdningerne (Fødevareministeriet, 2019A). Af den seneste emballagestatistik for 2017 fremgår det, at den samlede forsyning af plastemballage er på ca. 200.000 tons, hvoraf ca. 42 procent indsamles til genanvendelse (Miljøstyrelsen, 2019A). Samlet set blev der indsamlet 105.000 ton plast (eksklusive PVC) og emballageplast i 2017 (Miljøstyrelsen, 2019D)².

Forbrænding af plast medfører udledning af CO₂, herudover er produktion af ny plast forbundet med CO₂-udledninger. Øget genanvendelse af plast kan således bidrage til de nationale og globale reduktionsmålsætninger for udledning af drivhusgasser. Det gør det nødvendigt at sikre indsamling, behandling og anvendelsesmuligheder for genanvendt plast, og hermed sikre, at mere plast genanvendes i fremtiden. Mulighederne for øget plastgenanvendelse gennem de enkelte led i plastværdikæden afhænger af den forudgående håndtering og behandling. Figur 4-1 viser den cirkulære økonomi for plastaffaldet. Af figuren fremgår et skitseret kredsløb fra produkt til plastaffald og til nyt produkt igen. I kredsløbet vil en del af plastaffaldet kunne blive eksporteret. En del af plasten vil desuden forlade kredsløbet og blive behandlet på anden vis, f.eks. gennem forbrænding, mens andet vil forsætte kredsløbet og blive oparbejdet til nye plastprodukter. Det eksporterede plastaffald vil indgå i et tilsvarende kredsløb i modtagerlandet. Afhængig af modtagerlandet vil en større eller mindre andel af plasten forlade kredsløbet.

Markedet for plastaffald består af flere forskellige delmarkeder, da værdikæden afhænger af den konkrete plastfraktion, herunder kilde, renhed, polymertype og kontamineringsgrad. Den danske håndtering af genanvendeligt plastaffald er i dag generelt rettet mod udsortering og behandling af enkelte elementer og plaststrømme med høj værdi. Dette omfatter især større, ensartede elementer fra industrien og større emner fra genbrugsstationerne. Øvrige elementer eksporteres til udlandet til videre behandling.

² Opgørelsesmetoden er ændret ifm. ny målsætninger for plastgenanvendelse i EU, hvorved genanvendelsen fremover opgøres som den genanvendte mængde frem for mængden indsamlet til genanvendelse. Den ændrede mængde fremgår dog endnu ikke af statistikken.



Figur 4-1 Oversigt over indsamling og behandling af plastaffald

Kilde: Teknologisk institut: "Viden om cirkulære økonomi, plast".

I dagens Danmark er der ikke et betydeligt markedstræk efter genanvendt plast i nye produkter. Det er vurderet, at op imod 70 procent af den oparbejdede plast i Danmark eksporteres til udlandet (information fra interview). Der findes desuden ikke en dansk behandlingskapacitet for blandede plastfraktioner fra husstandene, der kan sikre en renhed, der kan indgå direkte i plastoparbejdning. Den lave danske efterspørgsel efter genanvendt plast indikerer, at danske virksomheder ikke har så stor opmærksomhed på at afsøge muligheder for at gøre brug af genanvendt plast, da det kan stille nye udfordringer til produktionsprocessen. For genanvendelse af plast skal sikre størst mulig værdi for samfundet kræves et tværgående perspektiv gennem værdikæde, der i sidste ende kan sikre afsættelse til højværdi formål under hensyn til omkostningerne i genanvendelses og oparbejdningsledne.

Nye forretningspotentialer i Danmark vil kræve en god kvalitet af plasten, så den kan indgå i produktion af genanvendt plast i Danmark. Dette kræver, at nye virksomheder er villige til at investere i nye anlæg mv. med risiko for, at mængden af den plast, som indleveres, ikke er tilstrækkelig eller for varieret i sammensætning eller kvalitet. Omvendt vil danske virksomheder ved et skift til genanvendt plast kunne opnå lavere omkostninger til råvarer, da prisen på genanvendt plast generelt er lavere end virgint plast (Plasticker, 2019). Danske virksomheder kan på det eksisterende marked importere genanvendte fraktioner fra udlandet, men potentielt vil behandling kunne tilpasses til det danske efterspørgselsmarked. Om der reelt er en god business case, vil senere blive underbygget i en række økonomiske beregninger. Det skal understreges, at udviklingen af yderligere sortering og oparbejdning i Danmark ikke er afhængig af, at der udvikles øget dansk efterspørgsel, da produkterne – i lighed med den nuværende situation – kan sælges på det internationale marked. En større dansk sortering vil dog muligvis kunne fremme samarbejde på tværs af værdikæden og her i gennem fremme dansk efterspørgsel efter genanvendt plast.

Herunder gennemgås udvalgte særlige aspekter, der har betydning for markedsdannelsen for plast til genanvendelse

Udvikling i priser og markedet

Afsætningspriserne for plastmaterialerne er afgørende for, hvordan det i fremtiden vil være mest rentabelt at håndtere plastaffaldet. På baggrund af markedsafdækningen vurderes sammenhængen mellem prisniveauet for virgin plast og genanvendt plast at være mest lig i de sidste led af værdikæden, dvs. når den genanvendte plast (f.eks. i form af granulat) mere direkte kan erstatte virgin plast. Gennem værdikæden kan dette have opstrøms-effekter, men disse kan være tidsforskudte og vanskeligere direkte at aflæse.

Prisfastsættelsen er markedsdrevet, men en række generelle kriterier har betydning for fastsættelsen af prisen på genanvendt materiale:

- **Renhed:** Renere materiale, det vil sige uden f.eks. additiver eller som leverer op til krav til fødevareemballage, kan bruges i flere forskellige anvendelser og har derfor en større efterspørgsel.
- **Urenheder:** Indhold af andre plastpolymere eller materialer påvirker plastens egenskaber og kan nødvendiggøre yderligere oparbejdning eller skabe usikkerhed om plastens anvendelsesmuligheder.
- **Farve:** Hvis materialet er farvet, begrænses anvendelsesmulighederne, da det er nemmere at tilsætte en mørkere farve, og praktisk umuligt at fjerne farve fra det genanvendte produkt.
- **Råvarepriser:** Priserne på polymer afhænger desuden af de tilsvarende råvarepriser. Hvis prisen på råmateriale falder, vil de genanvendte polymerpriser også falde.

Prisudviklingen

Markedet for plast til genanvendelse er ved at udvikle sig til hvad der kan betegnes som et købers marked (IUT / Leoben, 2019). Det vil sige, at det er køberen og den videre behandler af de genanvendelige plastprodukter, der i høj grad kan fastsætte handelsbetingelserne, da der er et stort udbud og få aftager af plastaffald. Dette skyldes særligt, at en relativ stærk dollar kombineret med lave råoliepriser (i 2019) har medført, at primære råmaterialer er blevet økonomisk mere attraktive end genanvendte råmaterialer (IUT). Flere aktører, der afsætter materialer til genanvendelse, har desuden bemærket, at en økonomisk afmatning generelt har reduceret efterspørgslen efter genanvendte materiale i produktion – både plast og andre materialer (interview).

En anden drivkraft for denne udvikling må også formodes at være det kinesiske forbud mod import af plastaffald. Tidligere tillod Kina import af urene plastblandinger, hvor der nu er indført en 99,5 procent-renhedsstandard, før plastaffald kan eksporteres til Kina (Katz, 2019). Importforbuddet for urent plast blev implementeret i januar 2018 og har medført en reduktion af eksporten af plastaffald til Kina på ca. 99 procent (Katz, 2019). Kina var tidligere den største importør af plastaffald fra Europa. Således blev 87 procent af alt europæisk eksporteret plastaffald eksporteret til Kina i årene op til indførelsen af forbuddet (Uken, 2018) – hovedsageligt beskidt og blandet plastaffald. Importforbuddet har derfor haft størst betydning for markedet for disse plasttyper. Respondenter har indikeret, at de mener, at det kinesiske importforbud har bidraget til at gøre afsætningen af blandede plastfraktioner sværere. Dette menes også at

have påvirket priserne for genanvendeligt plast til sortering, da behovet for europæisk sorteringskapacitet er vokset, og der derfor er opstået en underkapacitet. Det skal også ses i sammenhæng med, at der er et større europæisk fokus på at udsortere plast. Tilsammen gør dette, at behandlingsanlæg til plastaffald overvejende fortrækker plast af høj kvalitet. Dette resulterer i sidste ende i ændrede priser for den genanvendelige plast, hvor der kommer en større prisforskel mellem plastaffald af høj og lav kvalitet (IUT / Leoben, 2019).

Flere respondenter gjorde det klart, at kapaciteten af oparbejdningsanlæg er lille, og det dermed sætter prisen for behandling. Denne prissætning er ikke kun baseret på værdien af polymeren, men også på hvor hurtigt det polymersorterede affald kan videresorteres, idet kapacitet er den begrænsende faktor. Dette understøtter, at polymersorterede fraktioner af lavere kvalitet er sværere at afsætte.

Særligt for PET-flasker fremgår det dog, at der kan være en vis afvigelse fra sammenhængen mellem prisen på virgint plast og genanvendt plast. Denne forskel skyldes formentligt et større fokus på at øge indholdet af genanvendt plast i plastemballage. Her kan genanvendt plast fra PET-flasker nemt indarbejdes i produktionen i forhold til andre plastfraktioner fra husholdningerne.

Markedsstørrelsen

Størrelsen af markedet for genanvendt plast afhænger i sidste ende af mængden, der udsorteres hos affaldsproducenten. Affaldsproducentens økonomi i udsortering af plast er afhængig af en række forhold. Hvis der udelukkende ses på selve afsætningen af plast, vil afsætningsprisen for ikke-blandede plastfraktioner typisk være bedre end afsætning til affaldsforbrænding, der har en gennemsnitlig afsætningspris på 440 DKK/t (Dansk Affaldsforening, DI og Dansk Energi, 2016). Hertil skal indregnes ændrede omkostninger til indsamling.

Som det fremgår af markedskataloget for blandet plastaffald, med eller uden blød plast, er omkostningerne ved afsætning af disse højere end forbrændingspriserne.

Incitamenterne for at udsortere plastaffald og omkostningsstrukturen for affaldsproducenten er ikke undersøgt i dette projekt. Det kan således ikke kvantificeres, hvordan ændrede priser på plastfraktionerne påvirker udsorteringen. Det må dog forventes, at sorteringen fra virksomheder er mere følsom for ændringer i markedspriserne end sorteringen fra husholdninger, da omkostningerne løftes mere indirekte af husholdningerne gennem affaldsgebyret. Herudover er det kommunen, der stiller sorteringsmuligheder til rådighed for borgerne, og den enkelte borgers brug af ordningen påvirker typisk ikke direkte borgerens affaldsgebyr.

De europæiske mål for genanvendelse af plastemballage vil alt andet lige øge mængden af plast, der genanvendes frem for at blive forbrændt. Hvis målet om 55 procent genanvendelse i 2025 skal opfyldes, skal yderligere mindst 10 millioner tons genanvendt materiale absorberes i markedet, hvis der sammenlignes med 2014. Dette svarer til mere end en fordobling af genanvendt plastmateriale og kræver et stort skift for producenter af plastprodukter for at aftage denne mængde (IUT / Leoben, 2019). Dette nødvendiggør, at nye markeder for genanvendte materialer bliver identificeret, hvilket særligt vil være i forhold til f.eks. fødevareemballager, hvor der er et stort plastforbrug, men en lille anvendelse af genanvendt plast i dag (IUT / Leoben, 2019)) og (Deloitte, udat)

De store ændringer i markedet – som følge af øget udbud af genanvendt plast – skaber udfordringer og muligheder i hele værdikæden, fra produktdesign, over affaldsindsamling til be-

handling, sortering og oparbejdning af det genanvendte plastmateriale og endelig i afsætnin-gen igen. Dette inkluderer et behov for yderligere kapacitet i markedet, men også samarbejde på tværs af leddene i værdikæden, i takt med at markedet vokser.

Notifikation

For den kildesorterede erhvervsplast begrænses markedet og dermed værdien for en del plast af kravene om notifikation, hvis ikke plasten behandles i Danmark. Notifikationen sikrer, at plast kun eksporteres til passende anlæg, hvor det kan genanvendes på betryggende vis. Til gengæld betyder omkostningerne ved at anskaffe en notifikation på 30-60.000 DKK (inkl. om-kostninger til arbejds løn) plus eventuel sikkerhedsstillelse, at det bliver nødvendigt med en vis mængde affald, for at denne udgift ikke bliver så stor, at den økonomiske gevinst ved genan-vendelsen forsvinder. Hertil kommer, at sagsbehandlingstiden for en notifikation kan være et halvt år. Omkostningerne til notifikation kan være en fordel for oparbejdning af plasten i Dan-mark, da man ved oparbejdning i Danmark vil spare disse omkostninger ved eksport af plast-affaldet.

For husholdningsplast udgør notifikationen en mindre forhindring, idet mængderne her er mere forudsigelige og store. Dog kan kravet om notifikation betyde, at der ikke foretages test af af-faldet, inden kontrakten indgås, da både tidshorisonten for at få en notifikation og prisen gør dette mindre attraktivt. Modtageanlæg har givet udtryk for, at fraværet af test generelt betyder, at modtageanlæggene er mindre sikre på, hvad de modtager, og derfor øger prisen for at kunne håndtere denne usikkerhed.

4.2 Introduktion til markedskatalogerne

I forhold til afgrænsning af markedskortlægning er det valgt at undersøge følgende forskellige typer plast, som bliver anvendt på en række forskellige områder. Plasttyperne er samtidig blandt de mest anvendte typer af plast.

- Polyethylenterephthalat (PET). Bruges f.eks. i plastflasker og kødbakker.
- High-densisty Polyethylen (HDPE). Bruges f.eks. i dunke, kasser og shampooflasker.
- Low- densisty Polyethylen (LDPE). Bruges f.eks. i indkøbsposer og transportfolier.
- Polypropylen (PP). Bruges f.eks. i bægre og emballage til færdigretter.
- Polystyren (PS). Bruges f.eks. i bakker, legetøj og engangskopper.

I 2016 udgjorde ovennævnte plasttyper mere end 80 procent af alt plastaffald i Danmark (Miljøstyrelsen, 2019C). En analyse gennemført af Københavns Kommune viser, at de fem po-lymerer samlet udgør 95 procent af mængden af plastaffald, der indsamles fra husstandene (Københavns Kommune, 2018).

Som det ses, har plasttyperne en række forskellige anvendelser i store dele af økonomien. Genanvendelsesmarkedet afhænger ikke blot de specifikke polymerer, men også kilden til plastaffaldet, da dette kan have betydning for plastelementernes renhed og størrelse.

Sammensætningen af markeder og typer af plast har været med til at konkretisere, hvilke mar-kedsbeskrivelser der er indeholdt i det enkelte markedskatalog. Der er defineret tre markeds-kataloger, som hver indeholder 5 til 6 markedsbeskrivelser. De er som følger:

- **Kildesorteret plast:** Stort plast fra genbrugsstationer; blandet hård og blød hushold-nings-plast (kildesorteret); hård husholdningsplast (kildesorteret); hård plast fra indu-strien; og hård plast fra servicesektoren.

- **Polymerer udsortet på sorteringsanlæg:** LDPE; HDPE; PP; PS; PET; Mixed Plastics.
- **Granulat:** LDPE; HDPE; PP; PS; PET.

Der er i alt udarbejdet 16 markedsbeskrivelser. Hvert markedsområde er beskrevet efter samme struktur, som er angivet i tabellen nedenfor:

Tabel 4-1 Kategorier i markedsbeskrivelserne

Type af plast og typisk indhold i fraktionen: Navnet på plasttypen og, hvor relevant, eksempler på produkter, der indeholder plasttypen.

Polymertype(r): Information om, hvilke polymer(er) plasttypen indeholder, og andre karakteristika, f.eks. om polymeren er farvet/klar.

Karakteristika: Overordnet beskrivelse af egenskaber og kendetegn ved den enkelte plastfraktion.

Opmærksomhedspunkter: Beskrivelse af særlige opmærksomhedspunkter ift. den enkelte fraktion, hvilket f.eks. kan være ift. renhed eller sortering.

Renhed og forventede urenheder: Renhed henviser til den tyske DSD-standard for genanvendt plastmaterialer. For første led opgøres renheden som indholdet af plast, altså den samlede mængde fratrasket rejekt i sorteringen. For urenheder er det en beskrivelse af det tilladte niveau af urenheder, og en beskrivelse af, hvilke urenheder der forventes.

Markedspris (DKK/t): Beskrivelse af markedsprisen som et spænd. Hvor muligt, gives desuden en beskrivelse af specifikke forhold, der kan påvirke markedsprisen. Det skal bemærkes, at markedspriserne løbende ændrer sig, og der derfor kan være et betydeligt spænd i priserne. Negative tal er udtryk for at prisen er negativ og at afsætteren af plasten skal betale for at komme af med plasten til modtageren, mens en positiv pris er et udtryk for at afsætteren af plasten får penge for plasten ved afsætning.

Mængden, der er tilgængelig i DK (t): En vurdering af mængden af de enkelte polymerer, der i dag bliver udsortet og er tilgængelige for markedet.

Afsætningsmuligheder: En ikke-udtømmende liste over de virksomheder, der i denne undersøgelse har indikeret, at de ville være interesseret i at modtage denne type plast, og evt. andre eksempler på virksomheder, der er kendte på det relevante marked.

Næste skridt i værdikæden, mulig behandling: Giver en beskrivelse af mulig efterfølgende behandling af plastressourcen. Dette inkluderer en meget kort beskrivelse af teknologien anvendt i det efterfølgende led. Ved beskrivelsen af teknologien henvises desuden til teknologikortlægningen.

Mulige faktorer, der signifikant reducerer værdien af materialet: En beskrivelse af eventuelle specifikke faktorer, der reducerer materialets genanvendelsespotentialer og værdi. I de tilfælde

hvor materialet har en negativ værdi, vurderes faktorerne i forhold til, om de reducerer værdien ved genanvendelse. Dermed undgås den problematiske situation, hvor urenheder reelt har en højere værdi end plasten.

Markedsudfordringer: Beskrivelse af vigtige trends eller markedsforhold, som påvirker mængder eller priser på markedet.

Kilder til information: Beskrivelse af kilderne til de ovenstående informationer.

Efter hver beskrivelse er udvalgte nøgletal opsummeret i en tabel.

4.3 Markedskatalog for blandede plastfraktioner

Kortlægningen har taget udgangspunkt i plastaffald, der bortskaffes med henblik på genanvendelse. Det betyder, at plast, som bortskaffes med f.eks. restaffald, ikke er omfattet. Plastaffaldet kan være genereret af husholdninger og erhverv, hvilket har stor betydning for, hvordan behandlingen foregår og er organiseret. Plast fra husholdninger vil enten komme fra henteordninger, altså indsamling ved borgerens hjem, eller en bringeordning, altså plast fra en genbrugsstation. Husstandsindsamling af plastaffald i henteordninger vil typisk være som plast bestående af flere forskellige polymer, med eller uden blød plast. Fra genbrugsstationer vil plast indsamles i mere eller mindre rene polymerfraktioner, f.eks. udsorteres der nogle steder, udover blandet hård plast, også PVC og havemøbler (PP). Plast kan komme fra mange typer erhverv, f.eks. industri eller serviceerhverv. Plast fra servicesektoren udgøres i høj grad af emballager, og det betyder, at sammensætningen ligner meget den fra husholdningerne. Plastaffald fra industrien udgøres overvejende af fraktioner bestående af enkelte polymerer, eller kendte rene blandinger. Nogle fraktioner af industriplast varierer dog i forhold til polymerrenhed og kontaminering af plastaffaldet. Ved industriplast forstås således i denne sammenhæng plastrester fra selve produktionen eller plastelementer, der indgår i produktionen.

Konklusionen er hermed, at plastaffaldet er heterogent med stor forskel på den konkrete sammensætning og grad af kontaminering, samt viden herom. De gennemførte interviews viser, at dette har stor betydning for afsætningsmuligheder og -priser. Det er dog ikke muligt konkret at fastsætte en værdi for dette, da mange forskellige forhold kan påvirke markedsstrukturen, såsom den konkrete konkurrencesituation, krav i udbud, udbudte mængder og de globale markedspriser.

Udvælgelse af markeder

Det samlede marked for plastaffald i Danmark udgøres af et stort antal separate markeder. For at kunne beskrive nogle af disse markeder med tilstrækkelig nøjagtighed har det været nødvendigt at fokusere på et mindre antal. De udvalgte markeder kan ses af Tabel 4-2. Dette betyder også, at et antal markeder ikke er dækket. Her er særligt markederne for landbrugsplast, bygge- og anlægsplast og blød plastfolie fra transportemballage større markeder, som det har været nødvendigt at nedprioritere.

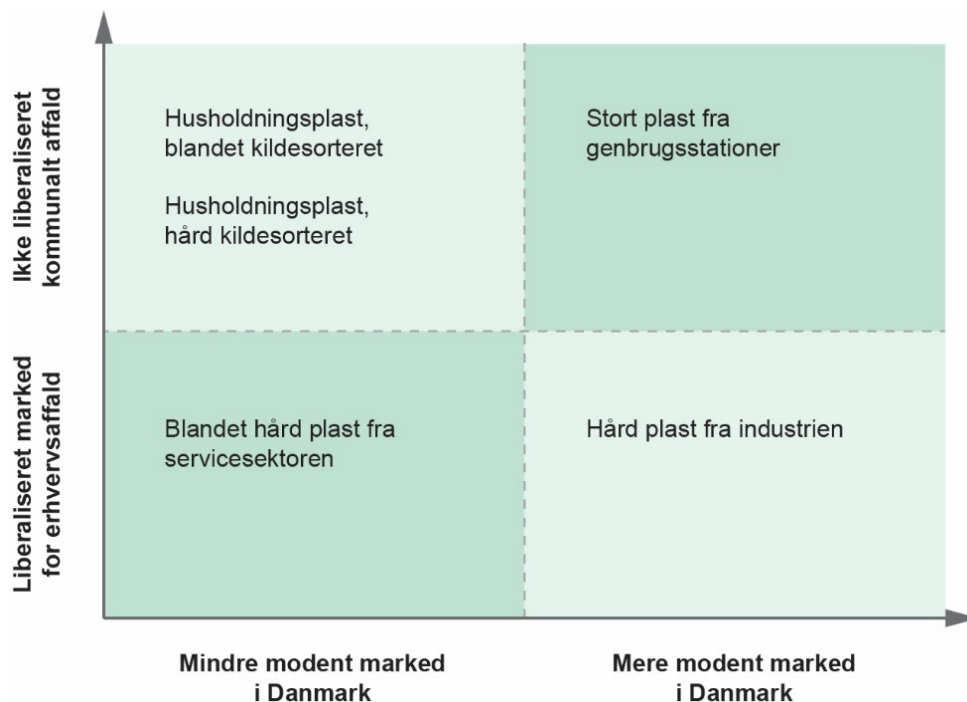
Tabel 4-2 Udvalgte markeder for blandet plast

Markedsnavn	Beskrivelse	Begrundelse for inklusion
Stort plast fra genbrugsstationer (GBS)	Plasten, som kommer fra containeren til plast på genbrugsstationer. Er typisk større emner i hård plast og er kun i mindre grad beskidt.	Stort plast fra genbrugsstationer, er en fraktion, der udgør en stor mængde, og som har været indsamlet igennem mange år, men som dog i sammensætning og urenheder adskiller sig væsentlig fra kildesorteret husholdningsplast.
Kildeindsamlet hård og blød husholdningsplast	En blandet fraktion af mindre emner. Indeholder både hård og blød plast, ofte meget beskidt og et meget stort antal polymerer.	Kildeindsamlet hård og blød husholdningsplast er en meget almindelig fraktion af plast i Danmark. Desuden også den fraktion, der i dag har den umiddelbart laveste værdi.
Kildeindsamlet hård husholdningsplast	En blandet fraktion af mindre emner. Indeholder kun hård plast, ofte meget beskidt og et stort antal polymerer.	Kildeindsamlet hård husholdningsplast er en alternativ kildesortering af plast, som anvendes i det eneste koncept for genanvendelse af husholdningsplast, der foregår 100 % inden for Danmarks grænser. Markedet minder om det for kildeindsamlet hård og blød husholdningsplast, men er medtaget for at vise de forskelle, den alternative indsamling gør for markedet.
Blandet hård plast fra industri (industriplast)	Ren hård plast fra produktion eller logistik, uden kontakt med fødevarer. Udgøres af meget store og rene mængder.	Blandet hård plast fra industri har det klart bedst fungerende marked for genanvendt plast både i Danmark og internationalt. Langt det meste plast, der genanvendes i Danmark i dag, tilhører denne fraktion.
Blandet plast fra servicesektoren	Beskidt plast fra emballering af modtagne varer samt fra transportemballage, både blød og hård. Fraktionen er meget tilsvarende blandet husholdningsindsamlet plast, dog med større emner.	Blandet plast fra servicesektoren udgør en stor mængde plast, der ofte overses i fokuset på husholdningsplaster og industriens velfungerende eksempler. Markedet er dog nærmest ikkeeksisterende i dag.

Differentierede markeder

Markedet for kildesorteret plast udgøres som beskrevet af en række adskilte markeder, hvor to af de beskrevne er modne markeder i Danmark (GBS og Industriplast), mens de tre resterende er mindre modne i Danmark og meget baseret på eksport. Med modne markeder menes i denne kontekst markeder, hvor der er opnået et stabilt marked for afsætning og behandling, og som har strukturer og markedsmekanismer for håndtering i Danmark. De øvrige markeder er mindre udbyggede i Danmark, og her foregår sortering og oparbejdning overvejende i udlandet. Dette skyldes særligt at der er tale om mere sammensatte fraktioner, hvor der overvejende kræves større anlægsinvesteringer for at sikre en sorteringskvalitet, der kan afsættes til videre oparbejdning.

De modne markeder ligger på begge sider af skellet imellem det liberaliserede erhvervsaffald og det ikke-liberaliserede husholdningsaffald. Fælles for de to modne markeder er, at der under de rette forudsætninger kan opnås en positiv handelsværdi for plasten, mens det for de tre øvrige markeder altid er forbundet med en stor udgift at bortskaffe plasten. Se fordelingen af de fem markeder på konkurrencevilkår og modenhed af markedet i Danmark i Figur 4-2.



Figur 4-2 Fordelingen af de fem markeder på konkurrencevilkår og modenhed af markedet i Danmark

Små uhomogene mængder

De fem beskrevne markeder er dog slet ikke samlede markeder: Inden for hvert marked eksisterer en række delmarkeder, og alt efter plastens sammenblandinger og forureninger kan disse kræve behandling på meget forskellige anlæg beliggende primært inden for EU. Disse mange inhomogene fraktioner, særligt fra husstandsindsamlet plast og plast fra serviceerhverv, gør det svært at skabe en forretning ud fra indsamling af disse fraktioner. For husholdningsplasten betyder opdelingen i mange forskellige sorteringssystemer fra husholdninger, at der ikke eksisterer et samlet marked i Danmark, mens det for erhvervsplasten også ofte er delt op imellem mange indsamlere, der ikke nødvendigvis arbejder sammen om håndteringen af plasten. Samlet set består plast fra husholdninger og serviceerhverv, men også industriplasten af et meget højt antal undermarkeder, der adskilles af sorteringskrav, urenheder og skellet imellem det kommunale og det liberaliserede marked. En række af de udfordringer beskrevet i dette afsnit ville kunne håndteres, hvis affaldet var samlet i mere homogene mængder, f.eks. ville notifikationer være en mindre udfordring.

I det følgende beskrives hvert af de plast markeder i selvstændige markeds kataloger.

4.3.1 Stor plast fra genbrugsstationen

Type af plast og typisk indhold i fraktionen

Stort plastaffald fra genbrugsstationerne består typisk af ting som badekar, kasser (foldekasser, mælkekasser, klap-kasser etc.), opvaskebaljer, vasketøjskurve, havemøbler og dunke.

Polymertype(r)

Fraktionen indeholder en del forskellige polymertyper, primært, HDPE og PP, samt i mindre grad ABS og PVC m.fl.

Karakteristika

Plast fra genbrugsstationerne er kendetegnet ved overvejende at bestå af større emner fra husstande og mindre erhverv, men kan også bestå af mindre plastemner, der kunne have været husholdningsindsamlet. De større elementer muliggør en højere grad af manuel pluksortering af særlig værdifulde elementer.

Særlige opmærksomhedspunkter

Sorteringen vil variere mellem forskellige genbrugspladser, da der er forskelle i de fraktioner, der kan udsorteres i. De to mest afgørende fraktioner i denne henseende er havemøbler og PVC. Hvis disse udgør en del af fraktionen, kan det reducere markedsprisen og afsætningsmulighederne for fraktionen. Udsorteret separat har de to fraktioner dog en positiv markedsværdi.

Renhed og forventede urenheder

Renheden (andel af plast, der er målrettet i ordningen på genbrugspladsen) og de forventede urenheder vil afhænge meget af den enkelte genbrugsstations indsamling af plasten og den effektivitet, de opnår i deres sortering på pladsen. Det er derfor ikke muligt at sige noget specifikt om renheden, men generelt kan det siges, at den er væsentligt højere end for den husholdningsindsamlede plast beskrevet i afsnit 4.3.1 og 4.3.2.

Affaldsmængde indsamlet i Danmark

Den angivne affaldsmængde på ca. 18.000 ton i Tabel 4-3 er vurderet på baggrund af indberetninger til affaldsdatasystemet. Mængden består af en kombination af plast afleveret fra husholdninger og erhverv, men vurderes langt overvejende at bestå af plastaffald fra husholdningerne. Det skal bemærkes, at der er stor variation i plastmængderne pr. indbygger, der indsamles fra genbrugsstationerne, og denne forskel kan ikke umiddelbart forklares. Det må forventes, at øget husholdningsindsamling af plast alt andet lige vil reducere mængderne, der afleveres på genbrugsstationerne. På genbrugsstationer kan alle brancher og husholdninger aflevere plast, hvorfor den tilgængelige mængde plast ikke kan opgøres separat.

Afsætningsmuligheder

Det er generelt udtrykt i interviews, at kapacitet for aftagerne ikke er en udfordring og let vil kunne tilpasses. I Tabel 4-3 ses en række eksempler på anlæg, der modtager og behandler denne fraktion.

Næste trin i værdikæden, mulige behandlinger

- Lavteknologisk sortering, baseret på grabsortering og manuel pluksortering som beskrevet i afsnit 5.1.1.
- Højteknologisk sortering, med neddeling som beskrevet i afsnit 5.1.4.

Markedsudfordringer

- Kommunerne, der er ansvarlige for designet af indsamling på genbrugsstationerne, ønsker en øget udsortering af plast og tillader derfor mange fraktioner i genbrugsstationernes plastcontainere. Dette giver en mere blandet fraktion, der er sværere at afsætte.

Kilde: Plastindustrien, <https://plast.dk/hvilke-typer-plast-findes/> , Plastindustrien, Det Store Plastleksikon, <https://plast.dk/det-store-plastleksikon/> , MST Basisfakta-ark om plastaffald, 2016, FORS A/S, Businesscases for sortering af plast, 2016, Miljøstyrelsen / Amager Resourcecenter, Forsøg på nyt testsorteringsanlæg for kildesorterede/ kildeopdelte materialer, Kommunepuljeprojekt, november 2017. , Plastkortlægning 2016, (Sweco, 2016), Oversigt over eksisterende afsætningsmuligheder for plast, metal og organisk affald, (Miljøstyrelsen, 2015), Interview med markedsaktører.

Tabel 4-3 Nøgletal for stor plast fra genbrugsstationer

	Beskrivelse	Kilde
Plasttype	Stor plast fra genbrugsstationer	
Renhed	Omkring 80-86 % udgøres af plast omfattet af indsamlingen.	Interview med aktører MST 2017
Forventede urenheder	○ 3-6 % metal og aluminium ○ under 2 % WEEE ○ 9-12 % andet ikke-plast/-metal i fraktionen.	COWI erfaringstal
Markedspris [DKK/t]	200 til 2.800 DKK/t afhængig af kvalitet og hvorvidt transport er inkl.	Interview med aktører
Mængde, der indsamles i DK	Ca. 18.000 ton	Indberetninger til affaldsdatasystemet (ADS) for 2018
Afsætningsmuligheder	Van Werven, Aage Vestergård Larsen , Dansk Affald , Ragn-Sells, Dansk Affaldsminimering , Expladan	Interview med aktører samt (Miljøstyrelsen, 2015)
Mulige faktorer, der signifikant reducerer værdien af materialet	○ PVC i fraktionen sænker værdien markant. ○ Fejlsorterede plasttagplader kan betydeligt reducere mængden, der kan udsorteres til genanvendelse, og dermed værdien. ○ Organisk affald kan skabe rotteproblemer, og kan derfor risikere at umuliggøre genanvendelse af hele fraktionen. ○ Havemøbler, der har et højt indhold af tilsætningsstoffer i form af kalk, sænker værdien.	Interview med aktører

4.3.2 Kildeindsamlet hård og blød husholdningsplast

Type af plast og typisk indhold i fraktionen

Kildeindsamlet hård og blød husholdningsplast, består f.eks. af kødbakker, andre fødevareremballager, shampooflasker, poser fra grønsager, indkøbsposer og yoghurtbægre.

Polymertype(r)

En del forskellige polymertyper, primært PP, PET, HDPE, LDPE og PS. Derudover vil der i mindre mængder kunne findes andre polymertyper, herunder ABS, PC og PVC.

Karakteristika

Denne plastfraktion består af husstandsindsamlet plast, hvor indsamlingen omfatter både hård og blød plast samlet.

De konkrete typer af polymerer og plastformer, der indgår i denne fraktion, afhænger af den konkrete indsamlingsordning i de enkelte kommuner. Dette betyder at sammensætningen af fraktionen varierer, og hvad der opfattes som urenheder, afhænger af den enkelte kommune. Det skal desuden bemærkes, at hård og blød husholdningsplast i nogle kommuner indsamles blandet sammen med andre fraktioner som f.eks. metal. Disse forhold indvirker samlet på afsætningsmuligheder. Blandet husstandsindsamlet plast er karakteriseret ved at bestå af alle typer plast, dog primært små emner. Emnerne er desuden meget ofte beskidte typiske med rester af fødevarer, da en stor del udgøres af emballager. En del emner består ligeledes af laminater eller er sammensat af flere forskellige typer af polymerer.

Særlige opmærksomhedspunkter

Indeholder typisk en stor mængde uønsket affald, og begrænsede mængder af de enkelte polymerer, da fraktionen består af mange forskellige polymerer.

Renhed og forventede urenheder

Der vil være 20-30 procent urenheder i den indsamlede mængde, som består af dagrenovation, papir, pap og elektronik. Der vil desuden være en mængde metal og aluminium, som typisk udsorteres til genanvendelse, selvom dette ikke er målmaterialet. Faremærkede emballager (som er dækket af transportforordningen) udgør en anden, ofte uønsket, urenhed (Interview med markedsaktører og Miljøstyrelsen, 2017).

Affaldsmængde indsamlet i Danmark

Mængden, der indsamles i dag, udgør ca. 26.000 tons. Dette er en estimeret mængde, der er udregnet ud fra følgende; Af affaldsstatistikken 2017 fremgår det, at der samlet blev indsamlet 55.000 ton plastaffald fra husholdningerne i 2017 (Miljøstyrelsen, 2019D). Fra Miljøstyrelsens affaldsdatasystem fremgår det, at 18.000 tons plastaffald blev indsamlet fra genbrugsstationer, hvilket opgøres som husholdningsaffald. Dermed vurderes den samlet husstandsindsamlet plastmængde at være 37.000 ton. Baseret på den seneste opgørelse af antallet af indsamlingsordninger (Miljøstyrelsen, 2018), kan beregnes at ca. 70 % af husholdningerne, der har henteordninger for plast, har henteordning for både blød og hård plast. Denne andel anvendes på de 37.000 ton, som det er vurderet, der bliver indsamlet gennem henteordninger fra husholdninger. Derved undervurderes mængden indsamlet fra husholdningerne som blandet hård og blød plast, da der må forventes mere indsamlet i en ordning for både hård og blød plast relativt til en ordning kun for hård plast. Denne effekt har dog ikke kunne fastsættes.

Kilde: Kortlægning af kommunale affaldsordninger for husholdningsaffald (Miljøstyrelsen, 2018), Analyse af miljø og økonomi ved kildesortering og kildeopdeling - Sammenligning af forskellige kombinationer af tørre fraktioner (Miljøstyrelsen, 2019E), Preliminary assessment of plastic material flows in Denmark (Miljøstyrelsen, 2019C) og Sammensætning af husstandsindsamlet plastaffald (Københavns Kommune, 2018).

Afsætningsmuligheder

Til denne fraktion vil der typisk anvendes en mægler eller et forsyningsselskab som opsamlingssted og afsætningskanal. Listen i Tabel 4-4 med eksempler på anlæg er kun de anlæg, der foretager den næste sortering af plasten, og inkluderer ikke disse mæglere og forsyningsselskaber.

Næste trin i værdikæden, mulige behandlinger

- Højteknologisk sorteringsanlæg baseret på NIR³-scannere, der udsorterer polymeropdelte fraktioner såsom PE, PP, PS og LDPE som beskrevet i afsnit 5.1.3 og afsnit 5.1.4

Mulige faktorer, der signifikant reducerer værdien af materialet

- Værdien sænkes markant, hvis affaldet er kontamineret med glas.
- Afsætning af små og ikke kontinuerlige mængder sænker værdien, hvis disse eksporteres separat, da udgiften til notifikation så kun fordeles på en mindre mængde, der kan være større usikkerhed om den faktiske sammensætning af den pågældende fraktion og det modtagende sorteringsanlæg kan i mindre grad tilpasse sorteringen til fraktionen.
- Fraktioner med et lavt indhold af PP og HDPE sænker værdien, da disse polymere kan sikre en højere værdi i den efterfølgende sortering og oparbejdning.

Markedsudfordringer

Husholdningsplast indeholder mange produkter af laminat og sammensatte produkter, hvorfor kun en mindre del af plasten er af høj værdi. Introduktionen af producentansvar må forventes at have en stor indflydelse på, hvordan markedet udvikler sig. Øget opmærksomhed på plast i Danmark og EU, herunder emballagedirektivet, kan gøre afsætning vanskeligere, hvis behandlingsinfrastrukturen ikke følger med.

Kilde: Basisfaktaark om plastaffald, (**Miljøstyrelsen, 2016**), Analyse af miljø og økonomi ved kildesortering og kildeopdeling, (**Miljøstyrelsen, 2019E**), Forsøg på nyt testsorteringsanlæg for kildesorterede/ kildeopdelte materialer, (**Miljøstyrelsen, 2017**).

³ Nær infrarød (NIR) scannere er scannere der bestemmer polymertypen af plast baseret på det spektrum af lys der returneres ved belysning med nær infrarød stråling. Se Bilag 4 for en yderligere uddybning.

Tabel 4-4 Nøgletal for kildeindsamlet hård og blød husholdningsplast

Plasttype	Kildeindsamlet hård og blød husholdningsplast blandet
Renhed	70-80 % udgøres af plast omfattet af indsamlingsordningen
Forventede urenheder	20-30 %, heraf ca. 20 % ikke-plastelementer
Markedspris [DKK/t] (prisspænd samt evt. kilde)	-1.400 til -3.000 DKK/t (interview med aktører)
Mængde, der indsamles i DK	ca. 26.000 t (Beregnet på baggrund af data fra affaldsdatasystemet og den seneste opgørelse af indsamlingsordninger, indsamlingseffektivitet og plastpotentiale per husstand)
Afsætningsmuligheder	Veolia Rostock, Alba, SWEREC, Augustin, Svensk Plaståtervinning, Ragn-Sells, Renonord , SUEZ, Umweltdientz Kedenburg, Fortum, EGN, Tønsmeier

4.3.3 Kildeindsamlet hård husholdningsplast

Type af plast og typisk indhold i fraktionen

Kildeindsamlet hård husholdningsplast, består f.eks. af emballageplast som kødbakker, shampooflasker og yoghurtbægre, og andet plast som f.eks. legetøj og køkkenudstyr.

Polymertype(r)

Kildeindsamlet hård husholdningsplast, indeholder en del forskellige polymertyper, primært PP, PET, PS og HDPE, men også i mindre mængder ABS og PVC m.fl. Dog bør det modsat kildeindsamlet hård og blød husholdningsplast ikke indeholde LDPE og LLDP

Karakteristika

Denne plastfraktion består af husstandsindsamlet plast, hvor indsamlingen kun omfatter hård plast. De konkrete polymertyper og plastformer, der bør indgå i denne fraktion, afhænger af den konkrete indsamlingsordning i de enkelte kommuner. Dette betyder, at sammensætningen af fraktionen varierer, og hvad der opfattes som urenheder, afhænger af den enkelte kommune. Dog bør LDPE og LDPP ikke være en del af indsamlingen. Det skal desuden bemærkes, at indsamlingen af hård husholdningsplast i nogle kommuner indsamles blandet sammen med andre fraktioner som f.eks. metal og glas.

Emnerne er primært små og meget ofte beskidte, typiske med rester af fødevarer, da en stor del udgøres af emballager. En del emner består ligeledes af laminater eller er sammensat af flere polymerer.

Særlige opmærksomhedspunkter

En del kommer fra fraktioner indsamlet i kombineret indsamling, hvor den hårde plast udsorteres fra en sammenblanding med f.eks. metal og glas.

Renhed og forventede urenheder

Der vil være 20-30 procent urenheder i den indsamlede mængde, som består af blød plast, dagrenovation, papir, pap og elektronik. Der vil desuden være en mængde metal og aluminium, som typisk udsorteres til genanvendelse, selvom dette ikke er målmaterialet. Faremærkede emballager (som er dækket af transportforordningen) udgør en anden, ofte uønsket, urenhed.

Kilde: Interview med respondenter samt Miljøstyrelsen (2017).

Affaldsmængde indsamlet i Danmark

Mængden, der indsamles i dag, udgør ca. 11.000 tons. Denne mængde er estimeret på baggrund af affaldsstatistikken 2017, hvor der tages højde for, at cirka 30 % af de husholdninger, der har husstandsindsamling af plast, kun har indsamling af hård plast, mens de øvrige 70 % har indsamling af både hård og blød plast (Miljøstyrelsen, 2018). I ovenstående afsnit 4.3.2 opgøres det at den samlede husstandsindsamlet plastmængde er 37.000 tons.

Kilde: Analyse af miljø og økonomi ved kildesortering og kildeopdeling - Sammenligning af forskellige kombinationer af tørre fraktioner (Miljøstyrelsen, 2019E), Kortlægning af kommunale affalds-ordninger for husholdningsaffald (Miljøstyrelsen, 2018), Preliminary assessment of plastic material flows in Denmark (Miljøstyrelsen, 2019C) og Sammensætning af husstandsindsamlet plastaffald (Københavns Kommune, 2018)

Afsætningsmuligheder

Til denne fraktion vil der typisk anvendes en mægler eller et forsyningsselskab som opsamlingssted og afsætningskanal. Listen i Tabel 4-5 med eksempler på anlæg er kun de anlæg, der foretager den næste sortering af plasten, og inkluderer ikke disse mæglere og forsyningsselskaber.

Næste trin i værdikæden, mulige behandlinger

- Højteknologisk sorteringsanlæg baseret på NIR-scannere, der udsorterer polymeropdelte fraktioner såsom PE, PP, PS og LDPE som beskrevet i afsnit 5.1.3 og 5.1.4
- Lavteknologisk sorteringsanlæg baseret på pluksortering eller for sortering som beskrevet i afsnit 5.1.2 og 5.1.1.

Mulige faktorer, der signifikant reducerer værdien af materialet

- Kommer strømmen fra en MRF, hvor der er udtaget en blandet hård plastfraktion fra en sammenblanding, der også indeholder glas, reduceres afsætningsmulighederne og prisen væsentligt.
- Fraktioner med et lavt indhold af PP og HDPE sænker værdien, da disse polymere kan sikre en højere værdi i den efterfølgende sortering og oparbejdning.
- Afsætning af små og ikke kontinuerlige mængder sænker værdien, hvis disse eksporteres separat, da udgiften til notifikation så kun fordeles på en mindre mængde, der kan være større usikkerhed om den faktiske sammensætning af den pågældende fraktion og det modtagende sorteringsanlæg kan i mindre grad tilpasse sorteringen til fraktionen.

Markedsudfordringer

Husholdningsplast indeholder mange produkter af laminat og sammensatte produkter, hvorfor plasten kun indeholder en mindre del plast af højværdi. Dette er dog i mindre grad tilfældet for hårdplast sammenlignet med hård og blød plast samlet. Introduktionen af producentansvar må forventes at have en stor indflydelse på, hvordan markedet udvikler sig. Øget opmærksomhed på plast i Danmark og EU, herunder emballagedirektivet, kan gøre afsætning vanskeligere, hvis behandlingsinfrastrukturen ikke følger med. Generelt er mængderne i denne fraktion faldende, da kommunerne i højere grad indsamler hård og blød blandet plast samlet for at gøre sorteringen lettere for borgerne.

Kilde: MST Basisfaktaark om plastaffald, (**Miljøstyrelsen, 2016**), Analyse af miljø og økonomi ved kildesortering og kildeopdeling (**Miljøstyrelsen, 2019E**), Forsøg på nyt testsorteringsanlæg for kildesorterede/ kildeopdelte materialer (**Miljøstyrelsen, 2017**).

Tabel 4-5 Nøgletal for kildeindsamlet hård husholdningsplast

Plasttype	Kildeindsamlet hård husholdningsplast
Renhed	70-80 %
Forventede urenheder	20-30 % urenheder, heraf ca. 20 % ikke-plastelementer
Markedspris [DKK/t]	-1.000 til -1.500 DKK/t (interview med aktører)
Mængde, der potentielt er tilgængelig i DK	11.000 t (Beregnet på baggrund af data fra affaldsdatasystemet og den seneste opgørelse af indsamlingsordninger, indsamlings-effektivitet og plastpotentiale per husstand)
Afsætningsmuligheder (danske aftagere er markeret med fed)	Dansk Affaldsminimering , Veolia Rostock, Alba, SWE-REC, Augustin, Svensk Plaståtervinning, Ragn-Sells, Renonord , SUEZ, Umweltdientz Kedenburg, Fortum, EGN, Tønsmeier

4.3.4 Hård plast fra industrien

Type af plast og typisk indhold i fraktionen

Hård plast fra industri består af rene enkelt produkter af en eller flere polymerer i en kendt kombination. Eksempler kan være PE-rør, mælkekasser, PET-flasker eller produktionsafskær fra plastproducenter.

Polymertype(r)

HDPE, PP, ABS, PVC, PC, PS mfl. Kan i princippet være alle polymerer. Plastmængden fra den enkelte kilde er stor og ensformig, og dermed kan også indholdet af additiver, farve og evt. copolymerer være kendt.

Karakteristika

Hård plast fra industrien adskiller sig fra de øvrige markeder ved at være et relativt veletableret marked, der har fungeret i mange år. Plasten herfra er typisk produktionsrester eller ikke-føde-vareemballageer, som industrivirksomheder producerer som affald i store, ensformige mængder. Hver industrivirksomhed vil ofte producere forskellig affaldsplast, men denne fremkommer i store mængder og er enten kun en enkelt polymer eller en fast sammenblanding af de samme få polymerer.

Markedet består reelt af et meget stort antal markeder, idet denne fraktion afsættes specifikt efter de(n) polymerer, den består af. Markederne er hver især karakteriseret af, at plasten er ren, tør, fri for urenheder og homogen, dvs. består af en eller kun få polymerer i en fast blanding og ofte også har kendte, specielle egenskaber.

For denne fraktion er der således mindre behov for behandling, før polymererne kan oparbejdes, sammenlignet med de øvrige markeder beskrevet i dette kapitel.

Særlige opmærksomhedspunkter

Hård plast fra industri behandles forskelligt, da behandlingen kan tilpasses den specifikke type plastaffald fra de enkelte virksomheder. Hård plast fra industrien er således et meget varieret marked, hvor afsætningsmulighederne afhænger af de konkrete karakteristika ved plastaffaldet fra den enkelte affaldsproducent. Yderligere vigtige opmærksomhedspunkter er:

- Modtagerne vil typisk kun behandle meget specifikke fraktioner. Derfor kræver afsætning, at den rigtige modtager kan findes og afsætteren kan levere tilstrækkelige mængder.
- Kan have en meget stor værdi, hvis der er tale om de rigtige fraktioner af de rigtige polymerer.

Renhed og forventede urenheder

Afhænger af typen, men typisk accepteres næsten ingen urenheder, <1 %.

Affaldsmængde indsamlet i Danmark

På baggrund af Affaldsstatistikken 2017 (Miljøstyrelsen, 2019D) fremgår det, at der i 2017 blev indsamlet 27.000 tons plastaffald fra industri. Den samlede mængde plastaffald fra industrien er tidligere estimeret til 45.000 tons (Miljøstyrelsen, 2019C), hvilket også inkluderer plastindsamlet som del af restaffaldet til forbrænding. Opgørelsen er forbundet med usikkerhed, da den er baseret på en massebalance analyse. Opgørelsen omfatter både hård og blød plast og mængden af hård plast er dermed lavere end dette.

Næste trin i værdikæden, mulige behandlinger

- Lavteknologisk sortering, baseret på grabsortering og manuel pluksortering som beskrevet i afsnit 5.1.1.
- Finsortering og produktion af pellets eller granulat efter yderligere vask og rensning som beskrevet i afsnit 5.2.1.
- Ingen behov for sortering, direkte til oparbejdning

Mulige faktorer, der signifikant reducerer værdien af materialet

- Sammenblanding af fraktioner, på trods af at disse er rene, kan betyde, at der skal indhentes notifikation ved eksport, idet udgifterne hertil vil skulle fratrækkes markedsværdien.
- Hvis affaldet er beskidt, f.eks. med jord eller madrester, nedsættes afsætningsmulighederne og værdien også væsentligt.
- Små mængder fra mange lokationer kan betyde meget høje indsamlingsomkostninger, der sænker værdien, som affaldsproducenten kan modtage.
- Mængden af plast fra den enkelte kilde kan have betydning for økonomien i afsætningen.

Markedsudfordringer

- Notifikation og sikkerhedsstillelse ses som hindrende for sammenblandinger af polymerer, der fremkommer i mindre mængder. Grundet det specialiserede marked, hvor hver modtager kun kan behandle specifikke polymerer og blandinger, bliver hver notifikation for en lille mængde, og det bliver derfor ikke rentabelt.
- Genanvendelse kan være dyrere end forbrænding, særligt i de ovenfor beskrevne tilfælde. I så fald opleves det ofte, at plasten ikke udsorteres og i stedet forbrændes. Høje indsamlingsomkostninger kan betyde, at værdifulde fraktioner ikke genanvendes.

Kilde: Interview med aktører i markedet, Price Watch Waste Plastics - Germany (EUWID, 2019)

Tabel 4-6 Nøgletal for hård plast fra industrien

Plasttype	Hård plast fra industrien
Renhed	98-99 %
Forventede urenheder	<1 %
Markedspris [DKK/t]	-300 til 800 DKK/t efter udgifter til transport – ikke specificeret på afsætningslokation (interview med aktører)
	1.200 til 7.000 DKK/t for rene industrivarer i ren afsætningspris på det tyske marked (interview med aktører og (EUWID, 2019))
Mængde, der indsamles i DK	27.000 t (Miljøstyrelsen, 2019D)
Afsætningsmuligheder (Danske aftagere er markeret med fed)	A.V. Pehrsson A/S, DAPOFA (Dansk Poly Fabrik), Schoeller plast, Letbæk plast, RC Plast A/S, Aage Vestergaard Larsen, Scrap solutions, Plastix, 4PET/Færch, Dansk Affaldsminimering.
	Derudover kan rene polymerer afsættes på det Europæiske marked, se Bilag 3 for en oversigt over anlæg til oparbejdning af rene polymerer i Tyskland, Holland, Østrig og Storbritannien.

4.3.5 Blandet hård plast fra servicesektoren

Type af plast og typisk indhold i fraktionen

Blandet hård plast fra servicesektoren består f.eks. af fødevarebakker, PE-dunke og andet em-ballageplast (Miljøstyrelsen, 2016).

Polymertype(r)

Blandet hård plast fra servicesektoren består af en del forskellige polymertyper, primært PP, PET, HDPE og PS. Derudover vil der i mindre mængder kunne findes øvrige polymertyper, herunder ABS, PC og PVC.

Karakteristika

Denne plastfraktion består af ruteindsamlet plast fra servicevirksomheder, såsom kontorer, restaurationer og butikker, hvor indsamlingen omfatter mange typer hård plast blandet sammen. De konkrete typer af polymerer og plastformer, der er omfattet af denne fraktion, afhænger af den konkrete indsamlingsordning, som de private indsamlingsvirksomheder tilbyder deres kunder. Dette betyder, at sammensætningen af fraktionen varierer, og hvad der opfattes som urenheder, afhænger af den enkelte indsamler (og dennes afsætning). Afsætningsmulighederne afhænger samlet set af disse forhold.

Blandet hård plast fra servicesektoren er karakteriseret ved at kunne bestå af alle hårde typer af plast, både små og store emner. Emnerne er desuden meget ofte beskidte, typisk med rester af fødevarer, da en stor del udgøres af emballager. En del emner består ligeledes af laminaer eller er sammensat af flere polymerer. Fraktionen kan i sammensætning ligne blandet hård plast fra husholdningerne, dog vil emnerne generelt være større.

Særlige opmærksomhedspunkter

- Indsamles i dag primært som 'rent' affald, der ikke kræver notifikation. Dette påvirker, at affaldsproducenten skal vaske plasten ren, før den afleveres. Fraktionen kan minde om blandet plast fra husholdningerne, men kan kun behandles på private behandlingsanlæg.
- Mængderne, som indsamles i dag, er meget lave, og beskrivelsen af markedet er derfor relativ usikker.

Renhed og forventede urenheder

Der indsamles kun meget lidt af denne plasttype i dag, og der eksisterer derfor ikke tal for urenheden. Denne forventes dog at være lavere end for kildeindsamlet hård og blød husholdningsplast, men højere end for industriplast.

Indsamlere på det liberaliserede marked stiller krav om, at plasten er vasket og helt fri for fødevarerester, før de vil modtage den, og udfører kontrol med dette ved indsamlingen.

Der vil alt andet lige være en mængde urenheder i den indsamlede mængde, som består af dagrenovation, blød plast, papir, pap og elektronik. Der vil desuden være en mængde metal og aluminium, som typisk udsorteres til genanvendelse, selvom dette ikke er målmaterialet. Plasten kan også indeholde faremærkede emballager, der hører under transportforordningen.

Affaldsmængde indsamlet i Danmark

Den totale mængde plast, der indsamles til genanvendelse fra servicevirksomheder, er på baggrund af data indberettet til affaldsdatasystemet opgjort til at være ca. 16.000 tons (Miljøstyrelsen, 2019D), mens den samlede mængde plastaffald tidligere er vurderet til at udgøre ca. 80.000 tons (Miljøstyrelsen, 2019C). Dette udgør dog al sorteret plast og rene transport folier udgør en væsentlig del af dette, særligt af det allerede sorterede, udgør transportfolier langt det meste, da det er en ensartet og ren fraktion med en høj afsætningspris.

Afsætningsmuligheder

Denne plast vil typisk kunne modtages af de samme anlæg, som kan modtage blandet husholdningsaffald, dvs. primært uden for Danmark. En særlig udfordring er, at dette plast ikke kan behandles på kommunalt ejede anlæg, som f.eks. Renonord.

Næste trin i værdikæden, mulige behandlinger

Højteknologisk sorteringsanlæg baseret på NIR-scannere, der udsorterer polymer-opdelte fraktioner såsom PE, PP, PS og LDPE.

Lavteknologisk sortering, baseret på grabsortering og manuel pluksortering.

Lavteknologisk sorteringsanlæg baseret på flyde/sænke eller pluksortering, der udsorterer polymer-opdelte fraktioner såsom PE/PP og PET.

Mulige faktorer, der signifikant reducerer værdien af materialet

- Kommer strømmen fra en MRF, hvor der er udtaget en blandet hård plastfraktion fra en sammenblanding, der også indeholder glas, reduceres afsætningsmulighederne og prisen væsentligt.
- Fraktioner med et lavt indhold af PP og HDPE sænker værdien.
- Små mængder kan reducere afsætningsværdien. Små mængder i forbindelse med indsamlingen kan desuden gøre omkostningerne til indsamling uforholdsvist høje.

Markedsudfordringer

Prisen er højere end forbrænding for denne fraktion. Særligt når indsamlingsomkostningerne indregnes, er prisen mange gange højere. Desuden er kilderne meget små og spredte. Der er derfor ikke tilstrækkeligt volumen hos en enkelt indsamler eller mægler til at betale for at indhente en notifikation.

Indsamles i dag primært som 'rent' affald, der ikke kræver notifikation. Dette betyder, at affaldsproducenten skal vaske plasten ren, før den afleveres, hvad der er meget omkostningsomt for servicevirksomhederne.

Der er ingen eller meget lille kapacitet på anlæg i Danmark, der ønsker at behandle denne fraktion.

Kilde: Økonomisk analyse af øget genanvendelse af tørre affaldsfraktioner fra servicesektoren (Miljøstyrelsen, 2016), Interview med aktører i markedet, Interview med aktører i forbindelse

med andet projekt (**COWI, Igangværende**), Kortlægning af mængderne af de tørre fraktioner i servicesektoren (**Miljøstyrelsen, 2018**).

Tabel 4-7 Nøgletal for hård plast for servicesektoren

Plasttype	Hård plast for servicesektoren	
Renhed	Afhænger af kilden	
Forventede urenheder	Afhænger af kilden, som for husstandsindsamlet plast kan der være en betydelig andel ikke-plastelementer, f.eks. fra hotel og restaurationsbranchen	
Markedspris [DKK/t] (prisspænd samt evt. kilde)	- 400 til - 1.000 DKK/t	Dialog med indsamlingsvirksomheder (COWI, Igangværende).
Mængde, der indsamles i DK	Mindre end 16.000 t	
Afsætningsmuligheder	Dansk Affaldsminimering , Veolia Rostock, Alba, SWEREC, Augustin, Svensk Plaståtervinning, Ragn-Sells, SUEZ, Umweltdi-entz Kedenburg, Fortum, EGN, Tønsmeier, AVL (nogle dele), Dansk Affald	

4.4 Markedskatalog for polymerer behandlet på sorteringsanlæg

Efter plastaffaldet er indsamlet fra kilderne beskrevet i afsnit 4.3, sorteres de i forhold til udvalgte plastpolymere. I dette afsnit af markedskataloget beskrives markedet for udsorteret polymerer og elementer, der påvirker afsætningsmuligheder og -priser.

Markederne for LDPE, HDPE, PP, PS og PET er primært udvalgt, fordi det er disse fraktioner, som sorteringsanlæggene udsorterer blandet plast i. Disse polymerer udgør hovedparten af den indsamlede blandede plast.

Udover de fem udvalgte polymerer er også fraktionen "Mixed plastics" beskrevet. Denne er et restprodukt af blandede polymerer, der opstår som en usorteret rest af ren plast fra sorteringsanlæggene. Det er dermed en fraktion af blandede plasttyper, men uden andre urenheder.

Inden for nogle af de polymersorterede markeder er flere underliggende markeder beskrevet for at illustrere de forskelle, som forskellige sorteringer kan give i afsætningsmuligheder og priser.

Markedsstandard for kvalitet

I Tyskland er kvalitetsstandarderne for sorteret plastaffald, der anvendes i genanvendelsesvirksomhederne for plastaffald, defineret af Grüner Punkt. Disse kvalitetsstandarder udgør basis for handel med polymersorteret plast - også uden for Tyskland, og nævnes som vigtige standarder af de fleste aktører i markedet. De færreste anlæg anvender dog standarderne fra Grüner punkt direkte: I stedet udgør de en referenceramme for en konkret vurdering og aftale om plastens sammensætning og værdi. Den præcise mængde, accepterede urenheder og lignende defineres altså imellem anlæggene, der foretager en optimering af økonomien ud fra afsætningsmulighedernes krav og priser.

Kvaliteten tjekkes generelt ved ankomsten til oparbejdningsanlæg i en indgangskontrol. En væsentlig del af indgangskontrollen omfatter farvefordelingen af de komprimerede baller af affaldsplast. Dette skyldes, at en hovedsageligt klar plast er et krav for de højeste afsætningspriser.

Affaldets oprindelse påvirker derudover vurderingen af kvaliteten af det sorterede plastaffald, da værdien og renheden af plastsammensætningen erfaringsmæssigt afhænger af oprindelsen. Oprindelsen er derfor i sig selv en indikation af materialets værdi.

Der eksisterer derudover en række mere specifikke årsager til afvisning af en sorteret plastaffaldsballe. Indhold af fejlsorterede patroner til tætningsmaterialer såsom silikone i plastaffaldsbollen er en hyppig årsag til afvisning. Disse stammer særligt fra fejlsortering fra bygge- og anlægssektoren og husholdninger. Høj fugtighed af baller kan være en anden grund til afvisning, da høj fugtighed vanskeliggør den efterfølgende oparbejdningsproces. Herudover er en hyppig afvisningsgrund en høj andel urenheder, især for husholdningsaffaldet.

Kinesisk importforbud

Kina, der samlet set har importeret 45 procent (kumulativt) af alt plastaffald eksporteret i verden siden 1992, implementerede i 2018 en ny politik, der forbyder import af det meste plastaffald, medmindre det er af meget høj renhed. Dette betyder, at affaldet og især plastaffald af lav kvalitet nu skal finde nye aftagere. Forbuddet vedrører forskellige typer plast: PET, PE, PVC, PS, "anden" plast, tekstiler og usorteret papiraffald. Det har ført til ophobning af affald i USA og Europa og f.eks. ulovlig affaldsforbrænding i Polen (Brooks, Wang, & Jambeck, 2018).

Det kinesiske forbud betød, at affaldsleverandører begyndte at lede efter nye steder at skille sig af med det værdiløse plastaffald. Lande i Sydøstasien såsom Indonesien, Thailand, Vietnam og Malaysia blev alternative destinationer. Forbuddet har betydet et meget markant fald i afsætningspriserne for sorterede polymerer svarende til ca. en halvering af indtægten fra salg af PP og HDPE og LDPE fra husholdninger stort set har mistet sin værdi (Brooks et. al. 2018).

Komplekst marked

De enkelte sammensætninger og fraktioner af plast skal afsættes til den rigtige modtager. Dette betyder, at værdikæden pr. definition bliver meget international, da de enkelte markeder er højt specialiseret. Det meget komplekse marked for afsætning af polymerer betyder også, at det er nødvendigt med et stort netværk og kontakt med en række forskellige virksomheder for at kunne afsætte alle typer plast og sammensætninger med forskellige typer urenheder eller iboende kvaliteter afhængigt af kilden.

Der er f.eks. meget stor forskel på afsætningen mellem plast indsamlet fra husholdninger og plast indsamlet fra industrien. Affaldskilden fortsætter derfor med at have stor betydning for værdien i dette led. For eksempel kunne farvet HDPE fra industri sælges for DKK 3.400-3.900 pr. ton mens den samme fraktion fra husholdninger kun kunne sælges for DKK 1.270-2.250 pr. ton (priser fra april 2019, EUWID, 2019). De store forskelle skyldes primært urenheder både på plasten og absorberet i plasten. Begge kan lede til produktionsudfordringer på oparbejdningsanlæggene og NIAS⁴ (non-intentional added substances) i den senere produktion.

⁴ Non-intentional added substances (NIAS) er kemikalier eller andre urenheder i et fødevarerod-kendt materiale, der ikke beviser er tilsat materialet for at opnå en teknisk kvalitet i materialet. NIAS kan både være biprodukter fra produktionsprocessen, men kan for genanvendt plast også være blevet optaget i plasten under en tidligere brugscyklus.

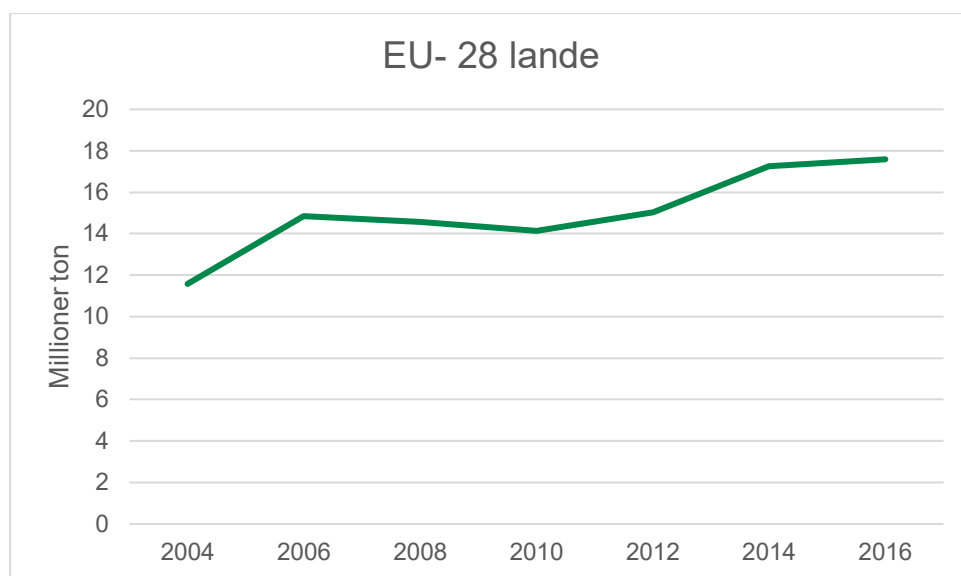
PET-udfordringen

Mixed PET (bestående af en blanding af forskellige typer af PET fra f.eks. flasker og bakker) kan – på trods af et højt indhold af højkvalitets-PET, som det fremgår af f.eks. (EUWID, 2019) og (WRAP, 2019) – ikke opnå en god markedsværdi, hvorfor det ofte eksporteres ud af EU. Den lave værdi skyldes at der ikke eksisterer udbredte og velafprøvede teknologier til adskillelse af fødevare-PET og ikke-fødevare-PET. Det høje indhold af højkvalitets-PET skyldes at der eksisterer en uformel branchestandard i Europa hvor alle PET-emballageprodukter uanset anvendelse produceres af PET der er godkendt til at være i kontakt med fødevare.

Købers marked

Plastaffaldsmarkedet er under forandring, og det er i stigende grad blevet købers marked. Det vil sige, at køberne af plastpolymere har markedskraft til at kunne fastsætte rammerne for priser og krav til plastfraktionen. De nuværende relativt lave priser på råolie (USD 62,90 pr. tønde den 24. september 2019) (Tecson, 2019) resulterer i en øget præference for virgin plast frem for genanvendt plast. Dette skyldes, at prisen for virgin plast er direkte koblet til olieprisen.

Derudover har det europæiske plastmarked ændret sig på grund af det førnævnte forbud mod import af urene plastblandinger, i Kina, der tidligere var den største importør af europæisk plastaffald. Plastaffaldsstrømmene, der er stærkt forurenede og dårligt sorteret, påvirkes mest alvorligt. Som et resultat er der en overforsyning af dette plastaffald på det europæiske marked. Det følger heraf, at oparbejdningsevnerne vil favorisere høj kvalitet af tilgængelig plast. Der sker samtidig også en betydelig stigning i mængden af plast der udsorteres. Således er mængden af plastaffalds steget med ca. 50 % i EU i perioden fra 2004 til 2016, som det fremgår af Figur 4-3 nedenfor.



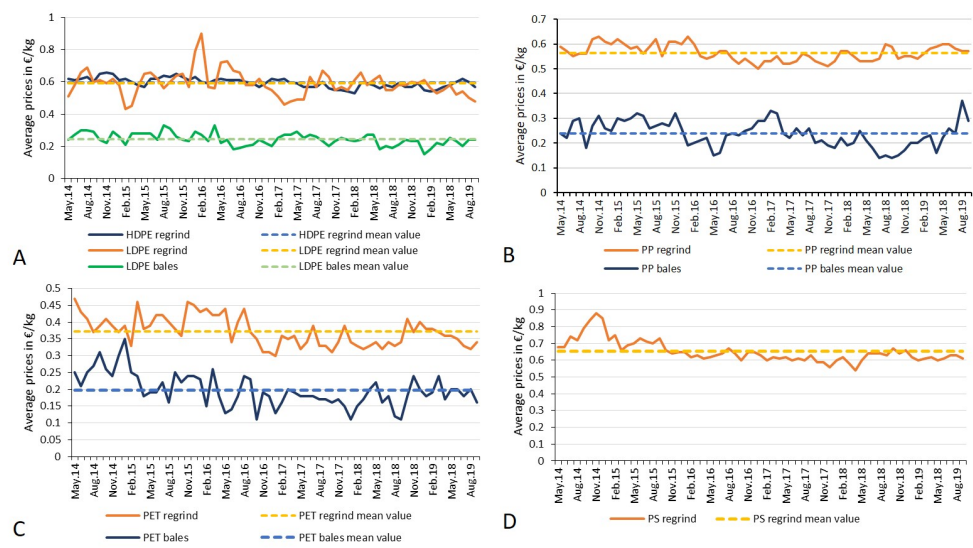
Figur 4-3 Udvikling i mængden af plast affald i EU28 (mio. ton)

Kilde: Eurostat, *Generation of waste by waste category, hazardousness and NACE Rev. 2 activity*

Det høje udbud af plastaffald i kombination med en relativt lav behandlingskapacitet og lav efterspørgsel efter genanvendt plast, giver aftagerne mulighed for at vælge plastaffald af højeste kvalitet, hvilket i sidste ende påvirker prisfastsættelsen. Plastaffald skal derfor have et lavt indhold af udefrakommende og forurenende stoffer samt lav luftfugtighed for at kunne afsættes

på det europæiske marked. Plastaffald af lav kvalitet mister afsætningskanaler og bliver i vid udstrækning brugt til RDF eller anden nyttiggørelse (Sarc, et al., 2019).

Figur 4-4 viser udviklingen i prisen for de fire mest udbredte polymerer. Priserne for "bales" er for plast fra husholdningerne leveret i baller fra et sorteringsanlæg, imens "regrinds" er industriplast. Prisen er for den bedste kvalitet.



Figur 4-4 Prisudvikling for 'bales og 'regrinds' af PE (A), PP (B), PET (C) og PS (D) fra maj 2014 til august 2019 (Plasticker, 2019)

De relativt, men dog svagt faldende priser på f.eks. PE i Figur 4-4 er udtryk for, at de højeste kvaliteter endnu ikke mærker effekten af et overmættet marked i lige så høj grad som de lavere kvaliteter. Priserne, der er angivet i de følgende afsnit, er angivet af virksomheder og erfaring fra de to østrigske universiteter IUT og Leoben Universitetet. Priserne giver herved en realistisk vurdering af prisniveauet for vurdering af potentielle forretningspotentialer.

4.4.1 LDPE

Type af plast og polymertype

Polymertypen LDPE (low-densitet polyethylen) er et termoplastisk materiale, som er meget fleksibelt og sejt i forhold til andre polyethylener. LDPE er en polyolefine. Der eksisterer både et marked for LDPE klar (transparent) og LDPE farvet. Nøgletal for disse er givet i Tabel 4-8 og Tabel 4-9.

Karakteristika

LDPE anvendes primært til folier, og næsten al folie består af LDPE. LDPE er meget udbredt og bliver blandt andet brugt til bæreposer, transportfolier og emballage til sixpacks.

Særlige opmærksomhedspunkter

LDPE adskilles i klar (transparent) og farvet, og opdeles i kvaliteter såsom 90/10 og 80/20. Disse er udtryk for andelen af klar LDPE i fraktionen, således at f.eks. 80/20 har 80 procent klar LDPE og 20 procent farvet LDPE og andre urenheder, som fremgår af Tabel 4-8 og Tabel 4-9

Der eksisterer et relativt stort marked for LDPE. Dog udgør indholdet af urenheder og særligt organiske rester en væsentlig faktor, som udover andelen af farvet plast er afgørende for afsætningen.

Renhed og forventede urenheder

Urenheder i form af andre plasttyper, f.eks.:

- Farvet LDPE (kun for LDPE klar (transparent))
- Andre polymerer
- Flerlagsfolier.

Urenheder i form af metalliske genstande.

Andre urenheder, f.eks.:

- Papir og pap, kartoner (mælkekartoner, juicekartoner etc.) osv.
- Aluminiumsbelagt plast
- Inerte materialer (sten, keramik, glas)
- Organiske urenheder.

Afsætningsmuligheder

Afsætning kan ske til operatører af LDPE-oparbejdningsanlæg⁵ med specifikationer som angivet i afsnit 5.2.1 En oversigt over disse i Tyskland, Holland, Østrig og Storbritannien findes i Bilag 3.

Markedsudfordringer

Markedsudfordringer for LDPE er den store variation af markedspris, interkontinentale lovkrav (Kina-forbud mod import af urene plastblandinger m.m.) samt genanvendelsesmål og krav/definitioner til brug af sekundære råmaterialer (push/pull-faktor).

⁵ <https://www.eucertplast.eu/certified-recyclers>

Tabel 4-8 Nøgleinformation for LDPE klar (transparent)

	Beskrivelse
Plasttype	LDPE klar (transparent)
Renhed	Omkring > 92 % (ifølge specifikationsark nr. 310 <i>Grüner Punkt</i>) Anlægsoperatørerne kræver fortrinsvis >95 %
Forventede urenheder (tilladt mængde urenheder)	Urenheder i form af farvet LDPE Urenheder i form af andre plasttyper (<4 %) Urenheder i form af metalliske genstande (<0,5 %) Andre urenheder (<4 %)
Markedspris [DKK/t]	900-3.230 DKK/t (Interview med markedsaktører)
Afsætningsmuligheder	Operatører af LDPE-oparbejdningsanlæg.
Mulige faktorer, der signifikant reducerer værdien af materialet	○ Lavere renhed end angivet under 'Forventede urenheder' ○ Kritiske urenheder som PVC, silikone etc. ○ Glas, sand, organiske og fiberforureninger.

Kilde: IUT/Leoben (2019)

Tabel 4-9 Nøgleinformation for LDPE farvet

	Beskrivelse								
Plasttype	LDPE-folie farvet								
Renhed	Omkring > 92% (ifølge specifikationsark nr. 310 <i>Grüner Punkt</i>) Anlægsoperatørerne kræver fortrinsvis >95 %								
Forventede urenheder (tilladt mængde urenheder)	Urenheder i form af andre plasttyper (<4 %) Urenheder i form af metalliske genstande (<0,5 %). Andre urenheder (<4 %):								
Markedspris [DKK/t]	<table> <tr> <th>Type</th><th>Pris</th></tr> <tr> <td>Markedspris DKK/t (for bortskaffelse)</td><td>0-380 DKK/t</td></tr> <tr> <td>LDPE, der ikke har været blandet med hårde plastemballager har minimum en værdi på 100 DKK/t</td><td></td></tr> <tr> <td>(Interview med markedsaktør)</td><td></td></tr> </table>	Type	Pris	Markedspris DKK/t (for bortskaffelse)	0-380 DKK/t	LDPE, der ikke har været blandet med hårde plastemballager har minimum en værdi på 100 DKK/t		(Interview med markedsaktør)	
Type	Pris								
Markedspris DKK/t (for bortskaffelse)	0-380 DKK/t								
LDPE, der ikke har været blandet med hårde plastemballager har minimum en værdi på 100 DKK/t									
(Interview med markedsaktør)									
Afsætningsmuligheder	Operatører af LDPE-oparbejdningsanlæg.								
Mulige faktorer, der signifikant reducerer værdien af materialet	○ Lavere renhed end angivet under 'Forventede urenheder' ○ Kritiske urenheder som PVC, silikone, etc. ○ Glas, sand, organiske og fiberforureninger.								

Kilde: IUT/Leoben (2019)

4.4.2 HDPE

Type af plast og polymertype

Polymertypen HDPE (High-density polyethylen) er et termoplastisk materiale produceret af monomeren ethylen. HDPE er en polyolefine. Nøgletal for markedet for HDPE findes i Tabel 4-10.

Karakteristika

HDPE er særdeles formstabil og modstandsdygtig over for fugt. HDPE er meget udbredt og anses som velegnet til genanvendelse. Materialet bliver blandt andet brugt til fremstilling af dunke og affaldsspande. HDPE er den mest anvendte polymer til hårde plastemballager.

Særlige opmærksomhedspunkter

HDPE kan genanvendes sammen med PP, og derfor sorteres HDPE ikke altid fra PP. Blandet HDPE og PP kan kun genanvendes sammen i en downcycling-proces, hvor kun lavkvalitetsprodukter produceres, da blanding forringer de iboende egenskaber for de to plasttyper.

Renhed og forventede urenheder

Urenheder i form af plast, f.eks.:

- Hård PP
- Plastfilm
- Skumplast.

Andre urenheder, f.eks.:

- Papir og pap, kartoner (mælkekartoner, juicekartoner etc.) osv.
- Aluminiumsbelagt plast
- Inerte materialer (sten, keramik, glas)
- Organiske urenheder.

Afsætningsmuligheder

Afsætning kan ske til operatører af HDPE-oparbejdningsanlæg med specifikationer som angivet i afsnit 5.2.1. En oversigt over disse i Tyskland, Holland, Østrig og Storbritannien findes i Bilag 3.

Markedsudfordringer

Markedsudfordringer for HDPE er den store variation af markedspris, interkontinentale lovkrav (Forbud mod import af urene plastblandinger i Kina m.m.) samt genanvendelsesmål og krav/definitioner for brug af sekundære råmaterialer (push/pull-faktor).

Tabel 4-10 Nøgleinformation for HDPE hård plast

	Beskrivelse
Plasttype	HDPE hård plast (volumen <5L)
Renhed	Omkring > 94 % (ifølge specifikationsark nr. 329 <i>Grüner Punkt</i>) Anlægsoperatørerne kræver fortrinsvis >95-98 %
Forventede urenheder (tilladt mængde urenheder)	Urenheder i form af plast: ○ Hård PP (<4 %) ○ Plastfilm (<5 %) ○ Skumplast (<0,5 %) Urenheder i form af metalliske genstande (<0,5 %) Andre urenheder (<4 %)
Markedspris [DKK/t]	800-2.250 DKK/t (Interview med markedsaktør)
Afsætningsmuligheder	Operatører af HDPE-oparbejdningsanlæg.
Mulige faktorer, der signifikant reducerer værdien af materialet	○ Lavere renhed end angivet under 'Forventede urenheder' ○ Kritiske urenheder som PVC, silikones etc. ○ Glas, sand, organiske og fiberforureninger

Kilde: IUT/Leoben (2019)

4.4.3 PP

Type af plast og polymertype

Polymertypen PP (polypropylen) er blandt de mest udbredte plasttyper. PP kan modstå høje temperaturer og har gode kemiske egenskaber. PP er en polyolefine. Nøgletal for markedet for hård PP findes i Tabel 4-11.

Karakteristika

Polypropylen er et hårdt termoplastisk materiale, som blandt andet bliver brugt i medicinal- og tøjindustrien, og til en del bløde plastemballager.

Særlige opmærksomhedspunkter

PP kan genanvendes sammen med HDPE, og derfor sorteres PP ikke altid fra HDPE. Blandet HDPE og PP kan kun genanvendes sammen i en downcycling-proces, hvor kun lavkvalitetsprodukter produceres, f.eks. som paller og fødder til vejrpæle, da blanding forringer de iboende egenskaber for de to plasttyper.

PP kan også anvendes til folier. Håndteringen af disse foregår dog i et separat marked, og PP-folier er derfor ikke dækket i denne beskrivelse.

Renhed og forventede urenheder

Urenheder i form af plast, f.eks.:

- HDPE
- Plastfilm
- Skumplast/udvidet plast.

Andre urenheder, f.eks.:

- Papir og pap, kartoner (mælkekartoner, juicekartoner etc.) osv.
- Aluminiumsbelagt plast
- Inerte materialer (sten, keramik, glas)
- Organiske urenheder.

Afsætningsmuligheder

Afsætning kan ske til operatører af PP-oparbejdningsanlæg med specifikationer som angivet i afsnit 5.2.1. En oversigt over disse i Tyskland, Holland, Østrig og Storbritannien findes i Bilag 3.

Markedsudfordringer

Markedsudfordringer for PP er den store variation af markedspris, interkontinentale lovkrav (Forbud mod import af urene plastblandinger i Kina m.m.) samt genanvendelsesmål og krav/definitioner for brug af sekundære råmaterialer (push/pull-faktor).

Tabel 4-11 Nøgleinformation for PP

	Beskrivelse
Plasttype	PP hård plast (volumen <5L)
Renhed	Omkring > 94 % (ifølge specifikationsark nr. 324 <i>Grüner Punkt</i>) Anlægsoperatørene kræver fortrinsvis >95-98 %
Forventede urenheder (tilladt mængde urenheder)	Urenheder i form af plast: ○ Hård PP (<1 %) ○ Plastfilm (<2 %) ○ Skumplast/udvidet plast (<0,5 %) Urenheder i form af metalliske genstande (<0,5 %) Andre urenheder (<3 %)
Markedspris [DKK/t]	600-2000 DKK/t (Interview med markedsaktører)
Afsætningsmuligheder	Operatører af PP-oparbejdningsanlæg.
Mulige faktorer, der signifikant reducerer værdien af materialet	○ Lavere renhed end angivet under 'Forventede urenheder' ○ Kritiske urenheder som PVC, silikone, etc. ○ Glas, sand og organiske og fiberforureninger.

Kilde: IUT/Leoben (2019)

4.4.4 PS

Type af plast og polymertype

Polymertypen PS (polystyren) er en af de mest udbredte plasttyper grundet den lave pris og alsidigt brug. PS udgør ca. ti procent af det samlede plastforbrug i Danmark (Plastindustrien). Nøgletal for markedet for PS findes i Tabel 4-12.

Karakteristika

PS er en termoplastisk polymer. PS er glasklart og stift materiale. PS bruges blandt andet til bægge, take-away bokse og CD-covers.

Særlige opmærksomhedspunkter

PS findes også som EPS (ekspanderet polystyren) også kaldet flamingo. Det beskrevne marked dækker ikke EPS, der udgør et separat marked.

Renhed og forventede urenheder

Urenheder fra andet plast. Urenheder i form af metalliske genstande.

- Andre urenheder, f.eks.:
- Papir og pap, kartoner (mælkekartoner, juicekartoner etc.) osv.
- Aluminiumsbelagt plast
- Inerter materialer (sten, keramik, glas)
- Organiske urenheder.

Afsætningsmuligheder

Afsætning kan ske til operatører af PS-oparbejdningsanlæg med specifikationer som angivet i afsnit 5.2.1. En oversigt over disse i Tyskland, Holland, Østrig og Storbritannien findes i Bilag C.

Markedsudfordringer

Markedsudfordringer for PS er den store variation af markedspris, interkontinentale lovkrav (Forbud mod import af urene plastblandinger i Kina m.m.) samt genanvendelsesmål og krav/definitioner for brug af sekundære råmaterialer (push/pull-faktor).

Tabel 4-12 Nøgleinformation for PS

	Beskrivelse
Plasttype	PS hård plast (som yoghurt- og margarineindpakning)
Renhed	Omkring > 94 % (ifølge specifikationsark nr. 330 <i>Grüner Punkt</i>).
Forventede urenheder	Urenheder fra andet plast (<3 %)
(tilladt mængde urenheder)	Urenheder i form af metalliske genstande (<0,5 %)
	Andre urenheder (<3 %)
Markedspris [DKK/t]	Ca. -600 DKK/t. Er et lille marked, hvor der i mindre grad er faste markedspriser (interview med markedsaktører)
Afsætningsmuligheder	Operatører af PS-oparbejdningsanlæg.
Mulige faktorer, der signifikant reducerer værdien af materialet	○ Lavere renhed end angivet under 'Forventede urenheder' ○ Kritiske urenheder som PVC, silikone, etc. ○ Glas, sand, organiske og fiberforureninger.

Kilde: IUT/Leoben (2019)

4.4.5 PET

Type af plast og polymertype

PET (polyethylenterephthalat) er af de mest anvendte plasttyper i emballageindustrien. PET er ikke en polyolefine, men tilhører polyesterfamilien. Der eksisterer et marked for en række sorteringer af PET, og nøgletallene for fire af disse er givet i Tabel 4-13

Karakteristika

PET anvendes i stort omfang til flasker, såsom sodavandsflasker, grundet dets styrke og stivhed. Derudover er PET en genanvendelig termoplast.

Særlige opmærksomhedspunkter

PET adskilles i flasker og øvrige emballager, og opdeles i kvaliteter som f.eks. 90/10 og 80/20. Disse er udtryk for andelen af flasker i fraktionen, således at f.eks. 80/20 har 80 procent flasker og 20 procent øvrigt f.eks. PET-bakker og urenheder, som fremgår af Tabel 4-13. Flasker af PET har samme egenskaber og kan derfor genanvendes direkte og har en høj værdi, hvis flaskerne sorteres for sig. Den største variation inden for PET-flasker er farvevariationen, og der eksisterer derfor adskilte markeder for forskellige farver PET-flasker.

PET eksisterer i en række former f.eks. A-PET, C-PET og G-PET. A-PET er klart og anvendes til fødevareremballage til f.eks. drikkevarer, frugt, snacks og salat. C-PET er uigennemsigtigt og anvendes f.eks. til emballage til færdigretter. G-PET bruges til f.eks. drikkedunke og medicinsk udstyr. Disse tre varianter af PET kan bedst genanvendes, hvis de holdes hver for sig i processen. Især kan G-PET ikke genanvendes sammen med A- og C-PET.

Renhed og forventede urenheder

Andre plasttyper. Andre PET-flasker og andet plast (kun for farvesorteret flaske-PET). EPS-varer. PVC-varer. Urenheder i form af metalliske genstande.

Andre urenheder, f.eks.:

- Papir og pap, kartoner (mælkekartoner, juicekartoner etc.) osv.
- Aluminiumsbelagt plast
- Inerte materialer (sten, keramik, glas)
- Organiske urenheder.

Afsætningsmuligheder

Operatører af PET-oparbejdningsanlæg med specifikationer som angivet i afsnit 5.2.1 kan af-tage PET-flasker (transparent, blå og grøn/brun). En oversigt over disse i Tyskland, Holland, Østrig og Storbritannien findes i Bilag 3.

Blandet PET kan ikke sendes til PET-oparbejdningsanlæg, medmindre der er egen adskillel-ses- og rensningsproces inden genanvendelsen, da PET oparbejdningsanlæg er designet til at modtage en ren farvesorteret flaske PET og ikke en blanding af de forskellige underkategorier af PET, som der eksisterer.

Markedsudfordringer

Markedsudfordringer for PET er den store variation af markedspris, den store fokus på flaske PET, der mindsker interessen for andre PET-materialer interkontinentale lovkrav (Forbud mod import af urene plastblandinger i Kina m.m.) og krav/definitioner for brug af sekundære råma-terialer i EU, særligt for produkter med fødevarerkontakt

Tabel 4-13 Nøgleinformation for PET-flasker for hhv. transparent, blå og grøn/brun far-vet PET-flasker

	Beskrivelse
Plasttype	PET-flasker farvet hhv. transparente, blå og grøn/brun
Renhed	>98 % (ifølge specifikationsark nr. 325 <i>Grüner Punkt</i>) for hver af de enkelte farver.
Forventede urenheder (tilladt mængde urenheder)	Andre PET flasker og andet plast (<2 %). EPS-varer (<0,5 %). PVC-varer (<0,2 %). Urenheder i form af metalliske genstande (<0,5 % <i>Grüner Punkt</i>) Andre urenheder (<3 %)
Markedspris [DKK/t]	Transparent: 1.650-3.750 DKK/t (interview med markedsaktører) Blå: 2.100-2.600 DKK/t (interview med markedsaktører) Grøn/brun: 1.100-2.250 DKK/t (interview med markedsaktører)
Afsætningsmuligheder	Operatører af PET-oparbejdningsanlæg.
Mulige faktorer, der signifi-kant reducerer værdien af materialet	○ Lavere renhed end angivet under 'Forventede urenheder' ○ PET-indhold ikke af samme kvalitet som i materialet. ○ Polyester-baserede tekstiler. ○ Kritiske urenheder som PVC, silikonesilikones, etc. ○ Glas, sand, organiske og fiberforureninger.

Kilde: IUT/Leoben (2019)

Tabel 4-14 Nøgleinformationer for blandet PET

	Beskrivelse
Plasttype	Blandet PET (såsom flasker og anden emballage)
Renhed	Omkring > 95 % (ifølge specifikationsark nr. 499 <i>Grüner Punkt</i>).
Forventede urenheder (tilladt mængde urenheder)	PVC, PA, PC-genstande (< 0,05 %). Andet plast (- %) Urenheder i form af metalliske genstande (- %) Andre urenheder (- %)
Markedspris [DKK/t]	-800 - -1200 DKK/t (interview med markedsaktør)
Afsætningsmuligheder	Blandede PET-fraktioner kan ikke sendes til PET-oparbejdningsanlæg, medmindre der er egen adskillelses- og renseproces inden genanvendelsesprocessen.
Mulige faktorer, der signifikant reducerer værdien af materialet	○ Lavere renhed end angivet under 'Forventede urenheder' ○ Kritiske urenheder som PVC, silikonesilikones, etc. ○ Glas, sand, organiske og fiberforureninger.

Kilde: IUT/Leoben (2019)

4.4.6 "Mixed-plastics" (blandet plast)

Type af plast og polymertype

Blandet plast består af både blød og hård plast, som ikke kunne udsorteres til rene polymerer på sorteringsanlægget.

Nøgleegenskaber for markedet blandet plast findes i Tabel 4-15

Karakteristika

En stor del udgøres af en række plastpolymerer, der ikke udsorteres på sorteringsanlæggene, såsom PS, PVC, ABS, POM (Polyoxymethylen) og særligt flerlagsmaterialer i både blød plast og hård plast.

Særlige opmærksomhedspunkter

Fraktionen er meget blandet og indeholder kun meget få værdier. Afsætningen er derfor langt dyrere til genanvendelse end til energinyttiggørelse ved RDF⁶.

Renhed og forventede urenheder

- Papir og pap, kartoner (mælkekartoner, juicekartoner etc.)
- Aluminiumsbelagt plast
- Inerte materialer (sten, keramik, glas)
- Organiske urenheder.

Udover urenheder af andre materialer vil fraktionen også kunne indeholde rester fra plasttyper, der er blevet sorteret på i sortering. Dette omfatter polyolefiner (LDPE, HDPE, PP osv.), der kunne have været udsorteret fra denne fraktion jf. de respektive markeds kataloger

⁶ "Refuse-Derived Fuel", dvs. forbrændingseget sorteret affald

Afsætningsmuligheder

Blandet plastfraktioner kan ikke sendes til de typiske oparbejdningsanlæg. Afsætning af blandet plast kan ske til enten sorteringsanlæg, der anvender manuel sortering uden for Vesteuropa, eller til downcycling. En række plastproducenter producerer produkter, hvor denne plast kan indarbejdes, f.eks. i køreplader og lister. Den tredje mulighed, som også er den billigste, er afsætning til energiudnyttelse som RDF, hvilket ikke opgøres som genanvendelse i Danmark.

Næste trin i værdikæden, mulige behandlinger

Efter en rensningsproces kan materialet i nogle tilfælde behandles med forskellige oparbejdningsprocessor, som angivet i afsnit 5.2.2. Alternativt skal det afsættes til nogle specialiserede behandlere, der producerer lavværdplast, og til produktion af RDF.

Markedsudfordringer

Markedsudfordringer for blandet plast er den store variation af markedspris, interkontinentale lovkrav (Forbud mod import af urene plastblandinger til Kina m.m.) samt genanvendelsesmål. Kinas lukning for plast har ramt denne fraktion særligt hårdt.

Markedet er derfor overmættet på nuværende tidspunkt, og prisen for at sende denne fraktion til genanvendelse har været stigende. Flere aktører beskriver det som meget besværligt grænse til umuligt at afsætte denne fraktion i det nuværende marked.

Tabel 4-15 Nøgleinformation for blandet plast.

	Beskrivelse
Plasttype	Blandet plast (bestående af folier og polyolefiner, PO'er)
Renhed	Omkring > 83 % (ifølge specifikationsark nr. 323 <i>Grüner Punkt</i>).
Forventede urenheder (tilladt mængde urenheder)	Polyolefiner (<7,5 %). Papir og pap (<5 %). PVC-genstande (<0,5 %). Partikler <20 mm (<2 %) Urenheder i form af metalliske genstande (<0,5 %) Andre urenheder (<3 %)
Markedspris [DKK/t]	Markedspris EU-genanvendelse: -1.500 - -2.250 DKK/t (interview med markedsaktør) Markedspris EU RDF: -820 - -1.350 DKK/t (interview med markedsaktør) Markedspris DK RDF: -300 - -450 DKK/t (Ea Energianalyse, 2016)
Afsætningsmuligheder	Fraktioner af blandet plast kan ikke sendes til de typiske oparbejdningsanlæg. Afsætning af blandet plast kan ske til enten sorteringsanlæg, der anvender manuel sortering uden for Vesteuropa, eller til downcycling. En række producenter producerer nogle produkter, hvor denne plast kan indarbejdes, f.eks. køreplader og lister.
Mulige faktorer, der signifikant reducerer værdien af materialet	○ Lavere renhed end angivet under 'Forventede urenheder' ○ Kritiske urenheder som PVC, silikoner etc. ○ Glas, sand, organiske og fiberforureninger.

Kilde: IUT/Leoben (2019)

4.5 Markedskatalog for regranulat

Dette markedskatalog for regranulat er opsat med fokus på de fysiske karakteristika for plasten, hvilket skyldes, at plasten har mere karakter af en råvare fremfor en affaldsfraktion. I oparbejdning kan der indgå et mellemprodukt i form af plastflakes, der afsættes til videre oparbejdning. For at simplificere værdikæden, ses bort fra dette mellemprodukt i oparbejdningsprocessen. Det oparbejdede plastgranulat er generelt i et stadie, hvor den ofte produceres til specifikation, og ikke efter standard, dvs. at egenskaberne primært er defineret af plastproducenterne. For at vise hvordan markedet fungerer, er nøgletal for fem almindelige granulater præsenteret i Tabel 4-16.

Kvalitet og standarder

Kvaliteten og renheden af plasten er afgørende for afsætningen af regranulat. Kvaliteten af regranulat testes nu i laboratorier og ikke blot ved visuelle inspektioner som i de tidligere markedsled (blandet plast og polymer-sorteret plast). Det er særligt de fysiske, reologiske og mekaniske egenskaber for regranulatet, der er afgørende for plastproducenterne, der skal aftage plasten.

I laboratorier testes regranulatet typisk for følgende:

- Fysiske egenskaber: f.eks. Densiteten af ikke-celleplast (DIN EN ISO 1183-1)
- Reologiske egenskaber: f.eks. Massesmelteindeks (MFR) DIN EN ISO 1133-1)
- Mekaniske egenskaber: f.eks. Trækeegenskaber, specifikt elasticitetens modulus (E-Modul) (DIN EN ISO 527-1) og Charpy-slageegenskaber (DIN EN ISO 179/1eA).

Oftest testes også en række andre parameter, som kan inkludere:

- Farve og sammensætning
- Størrelse og form på det granulerede materiale
- Fugtighed
- Filtreringsgraden
- Askeindhold
- Indhold af tungmetaller.

Hårdheden af regranulatet kan give en tidlig indikation af indholdet af andre plastpolymerer, mens form og densitet giver en indikation af indholdet af gasser og lufthuller. Farve og lugt kan give en indikation af tidligere termisk nedbrydning af plasten. Udover at gennemgå test i et laboratorium vil der være en løbende kontrol af parameter såsom pletter, frigivelse af gasser, mekaniske egenskaber og farve.

Branchestandarder

Dialogen med markedet tyder på, at oparbejdningsanlæg betragter Grüner punkt som markedsstandard. For regranulat arbejdes der med to kvalitetsniveauer, 1) plast, der overholder standarderne fra Grüner punkt, og 2) plast, der er markant bedre end standard.

Under Grüner punkt defineres kvalitet og renhedskrav til regranulat inden for følgende parameter:

- Densiteten af ikke-celleplast (DIN EN ISO 1183-1)
- Volumensmelteindeks (MVR), massesmelteindeks (MFR) (DIN EN ISO 1133-1)
- Trækeegenskaber, specifikt elasticitetens modulus (E-Modul) (DIN EN ISO 527-1)
- Charpy-slageegenskaber (DIN EN ISO 179/1eA).

Genanvendelse af sammensat og/eller uren regranulat

Sammensatte og/eller urene granulater udgør en anden stor del af markedet for regranulat af plast (i tillæg til de fem beskrevne granulater).

Det kan f.eks. være LDPE med et indhold af PP-folie eller PP og HDPE i en blanding. Disse sammensætninger af forskellige plasttyper opretholder ikke almindelige kvalitetsstandarder for den enkelte plasttype, men der eksisterer fortsat et stort marked for deres anvendelser. Et sådant produkt følger ikke en bestemt standard eller har en fast værdi, da denne aftales direkte imellem oparbejdningsanlæggene og købere. Dette marked kan derfor ikke beskrives og kvantificeres som for de øvrige regranulater. Mixed plastics vil typisk kunne genanvendes til tekniske produkter med et lavere materialekrav. Eksempler på anvendelsen af sådanne materialer er vejspæle, bænke, spande og lister.

Efterspørgsel flytter den gode plast

Der eksisterer et marked for genanvendt plast, hvor der allerede genanvendes store mængder plast. Det er typisk enten til produkter, hvor der ikke stilles særlige krav til plastens egenskaber og hvor en forholdsvis uren plastfraktion kan anvendes. Alternativt anvendes genanvendt plast fra de reneste plaststrømme, som f.eks. fra industri og retursystemer. Disse affaldsstrømme er i udgangspunktet renere end f.eks. plast indsamlet fra husholdningerne. Gennem oparbejdningen kan derfor sikres et slutprodukt, der i høj grad ligner virgint plast både fysisk og udseendemæssigt.

For plastprodukter i fødevarekvalitet er dette f.eks. genanvendt PET-flasker fra de europæiske retursystemer. Efterspørgslen efter regranulat til disse udvalgte produkter bevirker, at regranulat af høj kvalitet primært afsættes hertil, mens øvrige produkter af plast sandsynligvis primært produceres af virgint plast.

Dette skyldes til dels, at producenterne af plastprodukter vil have plast med samme høje kvalitet, som de kender fra virgint materiale, og derfor ikke ønsker at overgå til en lavere plastkvalitet grundet mulige produktionsudfordringer med den lavere kvalitet samt en markedsstandard, der ikke er indrettet til plast af lavere kvalitet. Ved den nuværende efterspørgsel fremgår det, at virksomhederne der efterspørger genanvendt plast til højværdiprodukter, er villige til at betale en højere pris for meget renplast fraktioner (men begrænsede mængder) frem for at tilpasse produktionen til genanvendt plast af lavere kvalitet fra f.eks. husstandsindsamlet plast. Det ses f.eks. at prisen for genanvendt PET kan være på niveau med virgint PET, så det blandt andet fremgår af Figur 4-6. (WRAP, 2019).

Fødevaregodkendelse af regranulat

Polymertypen PET er den eneste polymertype, som kan godkendes til fødevarekvalitet fra en blandet affaldsfraktion (EFSA Journal 2011;9(7):2184 og Forordning 282:2008). Det skyldes to faktorer: For det første produceres der ifølge markedskortlægningen tilnærmelsesvis ingen PET-emballager i EU, der ikke er lavet af fødevaregodkendt PET. For det andet er polymeriseringsprocessen for PET - i modsætning til f.eks. PE, PP og PS - reversibel i oparbejdningsanlæggene, hvilket betyder, at det er muligt at oprense PET til virgint kvalitet. Som beskrevet i teknologikortlægningen er oparbejdningen af PET væsentligt mere kompliceret end for de øvrige plasttyper, men værdien er på denne baggrund også højere, når denne oparbejdning foretages.

Hvis blandet PET skal kunne genanvendes til fødevarekvalitet, hvor der kan opnås den højeste afsætningspris for PET, kræves der dokumentation for, at minimum 95 procent af plasten

er fødevareemballage i PET (EFSA Journal 2011;9(7):2184 og Forordning 282:2008), samt at oparbejdningsprocessen er godkendt af EFSA. Grundet tilstedeværelsen af ikke-fødevareemballager i PET i affaldsstrømmen⁷ kan dette kun sikres, hvis der foretages en yderligere sortering af PET-emballagerne i fødevareemballager og ikke-fødevareemballager.

EFSA har givet en enkelt tilladelse til at genanvende PE-materialer fra blandede plaststrømme til fødevarer. Denne er givet til det britiske system for mælkeflasker, som er lavet af PE. Markedet forventer, at det ikke er muligt at opnå en lignende undtagelse fremadrettet. Dette skyldes, at forordning 282:2008 sætter som krav, at 100 procent af plasten til oparbejdning skal være fødevareemballage for at give en sådan godkendelse. Der foregår arbejde med en revideret forordning, der muligvis vil kunne skabe nye muligheder for at andre genanvendte plastpolymer kan anvendes i kontakt med fødevarer.

Priser

I markedskortlægningen er følgende parameter identificeret som afgørende for prissætningen af regranulat:

- **Fysiske egenskaber:** Et materiale, hvor de fysiske egenskaber kan garanteres at være tæt på egenskaberne for den tilsvarende virgine plast polymer, har flere potentielle anvendelsesmuligheder og kan derfor afsættes til en højere værdi.
- **Farverenhed:** En renere farve i det genanvendte materiale har ligeledes flere potentielle anvendelsesmuligheder for aftagerne og kan derfor afsættes til en højere værdi. Transparent og ufarvet regranulat er i højeste kurs.
- **Prisen for virgin plast af samme polymer:** Prisen på regranulat er koblet til prisen på den tilsvarende virgine plast. En højere (lavere) pris for virgin plast betyder en højere (lavere) pris for den genanvendte plast.

Andre mindre påvirkende faktorer for prisen på regranulat er:

- **Smeltefiltreringen:** En bedre filteret plast, dvs. uden ikke-smeltbare elementer som glas, giver en højere værdi.
- **Indfarvning af plast:** Hvis der som en del af oparbejdningen foretages en indfarvning af plasten, efter kundens ønske, giver dette også en højere værdi.

Prisudviklingen for LDPE (A), HDPE (B), PP (C) og PS (D) regranulater og granulater af virgine plast på det europæiske marked er vist i Figur 4-5. Ingen pålidelig prisudvikling kunne indsamles for PET på det europæiske marked, og der er derfor alene vist specifikke data om prisudviklingen på det britiske marked.

En sammenligning af prisudviklingen for de virgine granulater og regranulaterne viser, at der er en vis afhængighed mellem begge. Hvis prisen på en plasttype af virgin granulat stiger eller falder, reagerer prisen for regranulat af denne plasttype også med en prisstigning eller et fald. Dette kan mest tydeligt ses for LDPE i Figur 4-5.

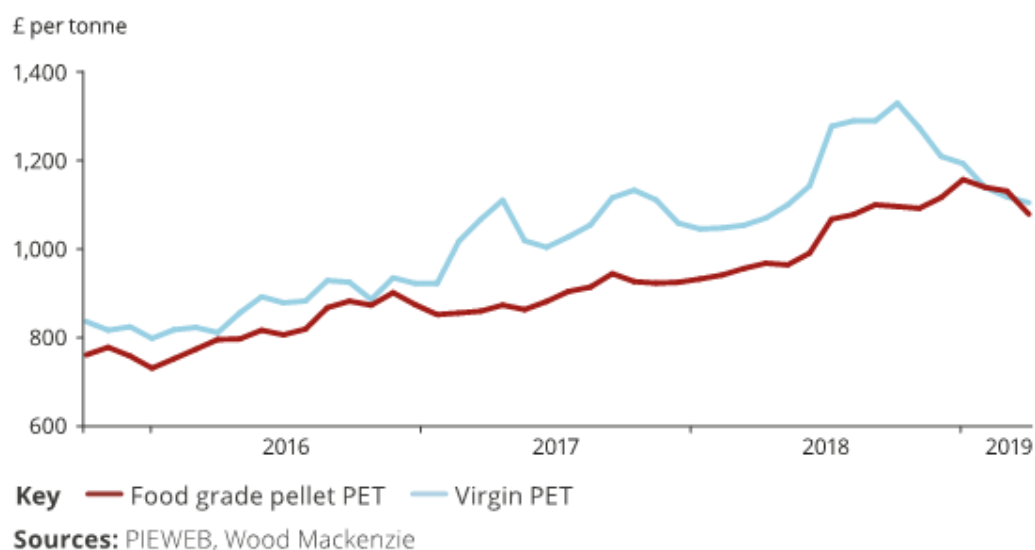
⁷ Ikke-fødevareemballager i PET er produceret af fødevarekvalitets-PET, men de har ikke været anvendt til fødevarer, og det er afgørende.

D

Figur 4-5 Prisudvikling for granulater af virgint og genanvendt LDPE (A), HDPE (B), PP (C) og PS (D). (Plasticker, 2019)

Den gennemsnitlige salgspris for virgine granulater af standardplast (f.eks. PE, PP, PS, PET) i juli 2019 var omkring DKK 8,8 pr. kg, mens den gennemsnitlige salgspris for regranulater af genanvendt plast var DKK 5 pr. kg (Plasticker, 2019). Dette betyder, at granulater produceret af virgint materiale i gennemsnit har en 75 % højere værdi end granulater af genanvendt plast.

PET-markedet i Storbritannien udviser en meget speciel situation, der hænger sammen med nyere national regulering af plast. Som det fremgår af Figur 4-6, er prisen i 2019 for genanvendt, klar fødevaregodkendt PET på niveau med det tilsvarende virgine materiale. Dette har blandt andet baggrund i den såkaldte "Plastic pact", som blev indgået i 2018, og som blandt andet har fokus på at øge mængden af genanvendt plast i emballager, samt en bekendtgørelse af en skat på alle plastemballager, der ikke indeholder minimum 30 procent, genanvendte materialer fra 2022 (WRAP, 2019).



Figur 4-6 Prisudvikling for granulater af virgin og genanvendt fødevarekvalitets-PET (klar/transparent). (WRAP, 2019)

4.5.1 Markedsdata for de mest udbredte granulater

I tabellen på næste side er indskrevet de typiske kvalitetskrav og markedsvilkår for rene polymergranulater.

Tabel 4-16 Nøgletal for LDPE, HDPE, PP, PET og PS regranulater

Polymer	LDPE	HDPE	PP	PET (fødevarekvalitet)	PS
Densiteten af ikke-celleplast (DIN EN ISO 1183-1) [g/cm³]	0,920-0,945	0,940-0,970	0,895-0,920	1,360-1,390	1,050-1,290
Massesmelteindeks (MFR) [g/10 min]	0,5-0,9 ⁽¹⁾	0,1-30,0 ⁽¹⁾	0,1-30,0 ⁽²⁾	20,0-30,0 ⁽³⁾	2,3-8,2 ⁽⁴⁾
Trækegenskaber ⁵ [MPa]	220 - 380	1.170-1.350	850-1.450	3.400-3.700	3.000-3.400
Charpy-slagegenskaber [kJ/m²]	8,00-15,00	4,85-5,15	3,00-5,50	2,00-4,00	8,00-12,00
Pris [DKK/t]	5.250-7.500	5.250-7.500	5.250-7.500	6.750-9.000	5.250-10.500
Kan godkendes af EFSA til fødevarer	Nej	Nej	Nej	Ja	Nej
Eksempler på anvendelser	Plastbæreposer, flasker til shampoo, m.m. Vejpæle / kabelrør.	Skraldespande og plastpaller.	Gulvtæpper, tøj og industrielle fibre, nummerplader, koste, spande og andre beholdere.	Ny emballage, fiberfyld til soveposer, puder og dynejakker.	Nye produkter inden for samme produktkategori. Isolering, plastlister og beholdere.

Kilde: (IUT / Leoben, 2019), <https://plast.dk/wp-content/uploads/2019/02/PLASTLAB-hæfte.pdf>

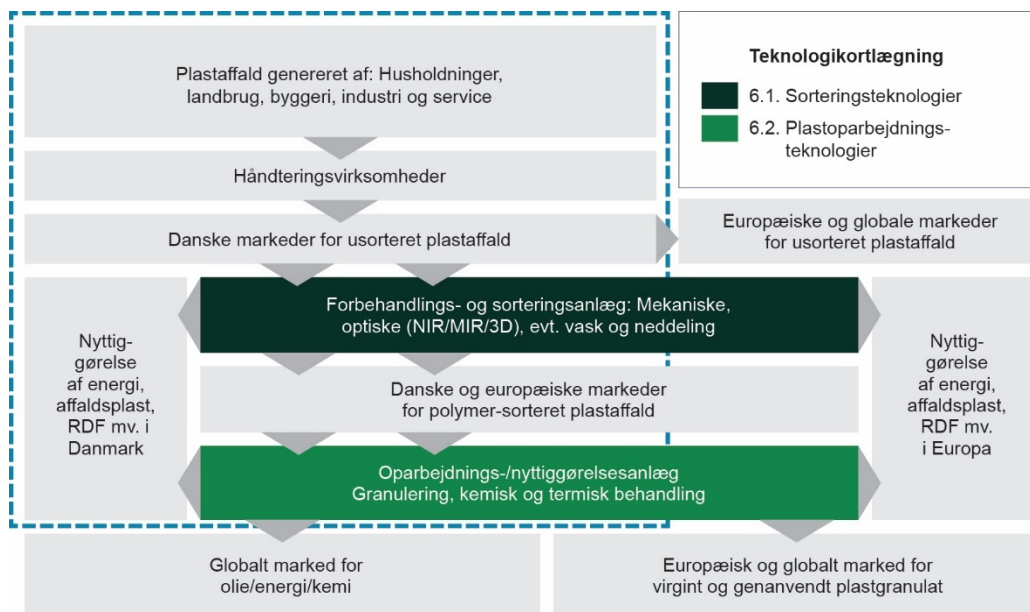
Noter: (1) 190° C | 2,16 kg, (2) 230° C | 2,16 kg, (3) 280° C | 5,00 kg, (4) 200° C | 5,00 kg, (5) specifikt, elasticitetens modulus (E-Modul) [MPa]

5. Teknologikortlægning

I dette kapitel beskrives de tekniske koncepter for hhv. sortering af plast og oparbejdning af plast. Beskrivelsen af de tekniske koncepter gennemgår omkostninger, sorteringseffektivitet, status for brugen af teknologien, og udvalgte udviklingspotentialer ved de enkelte løsninger.

De tekniske løsninger for sortering af plast er udvalgt med udgangspunkt i de danske markeder for usorteret plastaffald, som belyst i Figur 4-3, hvilket har resulteret i beskrivelse af to koncepter for hhv. lav- og højteknologisk sortering, der dækker de fem beskrevne markeder. De tekniske løsninger til oparbejdning af plast tager udgangspunkt i de danske og europæiske markeder for polymer-sorteret plastaffald, som belyst i afsnit 4.4 hvilket har resulteret i en beskrivelse af relevante typiske tekniske koncepter for oparbejdning/reprocessering til sekundær og ny plast, også kaldet regranulat. Figur 5-1 viser de to behandlingsled i værdikæden, der er fokus på i denne kortlægning.

Der findes flere forskellige teknologiske sorterings- og oparbejdningsløsninger. Mekanisk plastsortering og kemisk genanvendelse/oparbejdning baseret på pyrolyse vurderes økonomisk at være de to vigtigste typer af sorteringsteknologier i 2050 Hundertmark et al. (2018). I det følgende er der derfor fokuseret på disse hovedkategorier. Mekanisk sortering omfatter en fysisk adskillelse og opdeling af plastelementer, hvorimod kemisk oparbejdning opdeler plastelementerne på molekylært niveau, hvorfra nye plastelementer kan produceres. Af disse to teknologier er mekanisk sortering i dag den mest udviklet og anvendte teknologi. Mekanisk sortering vurderes forsat i 2050 at være den mest udbredte sortering, men med en forventet årlig vækstrate på 17 % vil pyrolyse ligeledes spille en afgørende rolle i 2050 (Ibid.). De to typer af teknologier kan desuden ses i sammenhæng, da kemisk genanvendelse generelt vil være afhængig af en forudgående mekanisk sortering, men vil kunne håndtere mere blandede plastfraktioner. Sorteringen vil altså forsat foregå udelukkende som mekanisk sortering, mens den efterfølgende oparbejdning vil kunne bestå af kemisk genanvendelse eller mekanisk oparbejdning. Kemisk genanvendelse og oparbejdning skaber således nye afsætningsmuligheder for mekaniske sorteringsanlæg for mere blandede eller sammensatte fraktioner, der kun vanskeligt kan udsorteres til oparbejdning gennem mekanisk genanvendelse.



Figur 5-1 Teknologiske løsninger for sorteringsanlæg og oparbejdningsanlæg belyst i teknologikortlægningen med udgangspunkt i værdikæden for plast

Afgrænsning

Fokus i teknologikortlægningen er, som nævnt ovenfor, på teknologier inden for de to led i værdikæden, der vedrører sortering og oparbejdning. Beskrivelsen af sorteringsteknologier er fokuseret på mekanisk sortering. Ved beskrivelsen af oparbejdningsteknologier beskrives kemisk genanvendelse/oparbejdning, dette er mindre etablerede teknologier og der gives derfor eksempler på udviklingen. Andre områder, der kunne være relevante at belyse med henblik på at forbedre grundlaget for en mere rentabel og effektiv plastgenanvendelsesindustri i Danmark, ville være teknologier i indsamlingsleddet og teknologier forbundet med produktion og design af produkter af plast. Disse teknologier er dog ikke en del af denne kortlægning⁸.

5.1 Sorteringsteknologier

Teknologiindsatsen forbundet med mekanisk sortering af det indsamlede plastaffald beskrives i det følgende stilistisk som enten lavteknologisk eller højteknologisk. Alle plastfraktionerne fra højteknologiske anlæg kan afsættes direkte til videre oparbejdning, hvorimod lavteknologisk sortering overvejende sikrer udsortering af enkelte højværdi fraktioner samt forberedelse af de øvrige affaldsfraktioner til videre sortering. Som variationer hertil kan det blandede plastaffald indsamles sammen med en eller flere andre rene fraktioner. Det kan f.eks. være sammen med metal eller metal/pap, hvor plastaffaldet først sendes igennem en lavteknologisk 'for-sortering', hvorfra output underkastes en højteknologisk sortering.

Udvælgelsen af sorteringsteknologierne er foretaget på baggrund af deres egenskaber og udbredelse, samt anvendelighed til sortering af enten hård og blød plast samlet eller hård plast alene, som beskrevet i markedskataloget for blandet plast i afsnit 4.3.

Udvalgte teknologikoncepter

⁸ De i afsnit 4.5 beskrevne fraktioner, som er output fra oparbejdningsanlæggene, afsættes til plastproducenter. Denne plast har dermed krydset punktet, hvor genanvendelse beregnes i EU, som er ved indgangen til ekstruderen på oparbejdningsanlægget, og de efterfølgende plastproduktionsteknologier falder derfor uden for denne kortlægning.

De enkelte maskiner og teknologier i sorteringsanlæg er sammenbygget sådan at disse tilsammen er tilpasset behandlingen af den modtagne plast. Indstillingen af de enkelte maskiner afhænger af det koncept denne indgår i, f.eks. er det afgørende, om der er en neddeler eller ej før en NIR-scanner, for at kunne beskrive dennes effektivitet. Ligeledes vil NIR-scannere ofte være opsat i en kaskade opsætning, hvor den sidste muligvis kan agere kvalitetskontrol. Den afgørende faktor for proceseffektiviteten er dermed teknologikonceptet og ikke effektiviteten af de enkelte maskiner.

Der er udvalgt fire teknologiske koncepter, som er beskrevet i afsnit 5.1.1-5.1.4, med oplysninger om opbygning, teknik og økonomi for de enkelte anlæg. Koncepterne er ikke udtryk for et konkret anlæg, da de teknologiske løsninger anvendt i markedet er unikke og tilpasset det affald, som den enkelte sorteringsvirksomhed modtager, og den plastløsning, som deres kunder efterspørger. Koncepterne kan i stedet betragtes som sammenfatninger af fire typiske løsninger. De fire koncepter er udvalgt med det udgangspunkt, at de skal dække de fem markeder for blandet plast beskrevet i afsnit 4.3, samt dække både udbredte anlæg i Danmark og i Europa. Baggrunden for udvælgelse af det enkelte teknologikoncept og udbredelsen heraf i Danmark og Europa er beskrevet i Tabel 5-1. Koncepterne repræsenterer moderne sorteringskoncepter udvalgt på baggrund viden fra COWI, IUT og Leoben. Nogle nuværende danske løsninger, så som flyde/sænke løsninger er ikke beskrevet som del af sorteringskoncepterne, da de af forskningsinstitutionerne ikke vurderes at være del af moderne fremtidige sorteringskoncepter.

I hvert koncept indgår en række maskiner, og en beskrivelse af disse fremgår af Bilag 4.

Tabel 5-1 Teknologiske koncepter inkluderet i kortlægningen og begrundelsen for, hvorfor de er udvalgt i teknologikortlægningen

Navn	Overordnet beskrivelse (en uddybende beskrivelse kan ses i afsnit 5.1.1-5.1.4.)	Begrundelse for udvælgelse
Lavteknologisk sortering, koncept 1	Manuel og/eller grab-baseret forsortering af højværdipolymerer efterfulgt af mekanisk separation af metaller og smådele.	Anvendes til behandling af genbrugsstationsplast, og er et eksempel på en teknologi, der har eksisteret på markedet længe. Kan ligeledes anvendes som forbehandling til højteknologiske anlæg. Teknologien er udbredt i Danmark.
Lavteknologisk sortering, koncept 2	Manuel og/eller grab-baseret forsortering af højværdipolymerer efterfulgt af mekanisk separation af metaller og smådele samt manuel sortering af polymerer.	Anvendes til behandling af hård kildesorteret plast fra husholdninger og serviceerhverv, og er et eksempel på en teknologi, der har eksisteret på markedet længe. Anvendes i Danmark.
Højteknologisk sortering, koncept 1	Mekanisk opdeling i bløde og hårde materialer efterfulgt af	Den mest udbredte teknologi til behandling af husholdnings- og serviceerhvervsplast i Europa.

	NIR (nær infrarød stråling) baseret sortering i polymerer med en manuel for-/eftersortering.	Anvendes i Danmark og er udbredt i Europa.
Højteknologisk sortering, koncept 2	Mekanisk opdeling i bløde og hårde materialer efterfulgt af NIR (nær infrarød stråling) baseret sortering i polymerer med en robotbaseret eftersortering.	Er en videreudvikling af den mest udbredte teknologi til behandling af husholdnings-, genbrugsstations- og serviceerhvervsplast i Europa, med den nyeste teknologi, som er ved at blive udbredt i markedet. Anvendes ikke i Danmark, men anvendes på enkelte anlæg i Europa, er yderligere beskrevet i nedenstående sektion om robotsortering.

De følgende tre afsnit beskriver nogle generelle problemstillinger og udviklingspotentialer relateret til sortering af plast.

Sammensat plast

En generel udfordring, som går på tværs af alle sorteringsanlæggene, er et input af sammensat plast herunder laminater. Dette kan være både bløde materialer (f.eks. folier) og hårde materialer (f.eks. dunke), der er sammensat af flere forskellige polymerer. Det kan både være forskellige dele af produktet, der er lavet af forskellige polymerer, og at selve produktet består af flere lag – hvor hvert lag udgøres af forskellige plastpolymerer. Der er indikationer i markedet på, at multilags-emballager vinder frem, fordi der kan opnås de samme egenskaber med et lavere materiale-brug end ved almindelige emballager. Sammensat plast kan ikke sorteres på nogen af de beskrevne sorteringskoncepter, da de ikke består af rene polymerer og derfor vil udsorteres som blandet plast (afsnit 4.4.6). En særlig problemstilling vedrørende multilagsemlager er, at de kan blive fejlsorteret, hvis kun det yderste lag er synligt, og kan dermed lede til en forurening i en ellers ren polymerstrøm. Der findes endnu ikke kommercielle løsninger, der kan sikre genanvendelse af plast fra multilagsemlager.

Sort plast, PET-bakker og robotsortering

Sort plast har længe været et problem i sorteringen på højteknologiske anlæg, der anvender NIR til sortering i polymerer. Problemet skyldes primært farven på platten, Carbon Black og andre sorte elementer, som kan være svære for NIR (nær infrarød stråling) at detektere. Den sorte farve absorberer den nær infrarøde stråling, så de optiske sensorer på NIR-sorteringsmaskinen ikke kan aflæse platten. Det er derfor ikke muligt med denne teknologi at sortere den sorte plast, hverken efter polymerer eller som plast/ikke-plast. Sort plast ender derfor som rejekt, der afsættes til forbrænding eller deponering. Teknologien på området er i kraftig udvikling, og der eksisterer i dag produkter og anlæg, der kan sortere sorte elementer ud af inputstrømmen. De eksisterende anlæg, der har indbygget en sådan teknologi, kan dog kun sortere platten efter farve, og ikke fordelt på polymerer, eller hvorvidt det sorte materiale er af plast. Dette resulterer i en outputstrøm, som indeholder alle sorte inputmaterialer, primært plast, men også andre sorte materialer såsom sortmalet træ og sorte sko. Polymer sortering af sort

plast er teknisk mulig f.eks. med HIS (hyper spectral imaging) og MIR (mellem infrarød stråling), men anlæg er tilbageholdende med at anvende disse, da MIR-strålingen opvarmer plasten, hvilket betragtes som en brandrisiko.

PET-flasker er som beskrevet i afsnit 4.4.5 en af de affaldsstrømme, der har den højeste værdi som output fra sorteringsanlæg. PET-bakker er ligesom PET-flasker lavet af fødevarer-godkendt PET. PET-bakker kunne, hvis de blev udsortet som en separat outputfraktion, have en markant bedre værdi end blandet PET. Der eksisterer dog i dag ikke udbredte teknologier til at sortere PET-bakker fra den øvrige PET. Teknologi til dennes sortering markedsføres af nogle leverandører og nogle anlæg eksperimenterer med at anvende specialiseret NIR eller robotsortering til at opdele PET-fraktionen yderligere ved at tage PET-bakkerne ud, da der formentlig vil være et marked for disse i fremtiden. Sorteringsvirksomheden 4PET foretager i Holland sortering af PET-bakker, denne sortering foretages på en fraktion, der består af udsortet emballageplast.

Robotsortering har igennem en periode været et væsentligt område for nyudvikling. Den primære anvendelse af robotsortering inden for plastsortering er til kvalitetskontrol af input og outputfraktioner, hvor robotter kan anvendes til at fjerne fejlsorteringer fra polymersorterede strømme, eller særligt uønskede elementer i input strømme. I princippet kan robotter anvendes til alle typer sortering. Dog gør deres lave behandlingskapacitet sammenlignet med NIR scannere og mere simpel mekanisk sortering dem mindre velegnet til at foretage sortering af store affaldsstrømme i anlæggene. Til gengæld kan de være meget mere fleksible og kan programmeres til at udtage langt mere specialiserede fraktioner end blot polymersortet plast, f.eks. udsortning af PET-bakker. Dermed kan robotter i fremtiden blive centrale i produktionen af endnu mere specialiserede strømme fra sorteringsanlæg og dermed øge værditilvæksten på anlæggene.

Anlæg er optimeret efter økonomi, ikke efter at opnå den højeste genanvendelsesprocent

De største forretningspotentialer afgør den specifikke opsætning af det enkelte plastsorteringsanlæg. Forretningspotentialet (eller økonomien) bestemmes af flere faktorer, men de primære faktorer er kapaciteten, prisen på inputmateriale (plastaffald) og indtægten ved afsætning (varierer bl.a. efter renhed og PET-fraktion (f.eks. PET-bakker)). Priserne for input er relativt markedsbestemt, og det er begrænset, hvordan opsætning og valg af anlægget kan påvirke disse. Mens indtægten ved f.eks. de polymersorterede fraktioner er afhængige af kvaliteten og mængden, der udsorteres. Anlæggets kapacitet kan f.eks. skrues op og ned, så der sorteres ved en høj hastighed, men med lavere renhed og udsorteringsgrad og omvendt ved en lavere hastighed. Det er en central forståelse af driften og opsætningen af sorteringsanlæg, at disse primært optimeres efter denne økonomiske afvejning og ikke alene efter kvalitet eller genanvendelsesprocenter. Teknologi alene er således ikke afgørende for udsorteringskvaliteten og udsorteringsandelen fra sorteringsanlæg.

5.1.1 Lavteknologisk sortering, koncept 1

Dette koncept retter sig primært mod stort plast opsamlet på genbrugsstationer. Nøgletal for lavteknologisk sortering, koncept 1 findes i Tabel 5-2.

Et anlæg efter dette koncept indrettes med mindst mulig avanceret teknologi til at "rengøre og klargøre" den blandede plast. Anlæggets primære funktion er at udtage elementer af høj værdi og sikre, at den blandede plast, der videresælges, er så ren som muligt for at opnå den bedst mulige afsætningspris. Det vil sige, anlægget foretager primært frasortering af store elementer af højværdi polymerer, urenheder og fejlsorteringer i form af metaller og andre materialer.

Større plastelementer neddeles før afsætning til næste led i værdikæden. Der findes et antal af sådanne anlæg i DK, der primært arbejder med stort plast fra genbrugsstationer.

Beskrivelse af det tekniske koncept

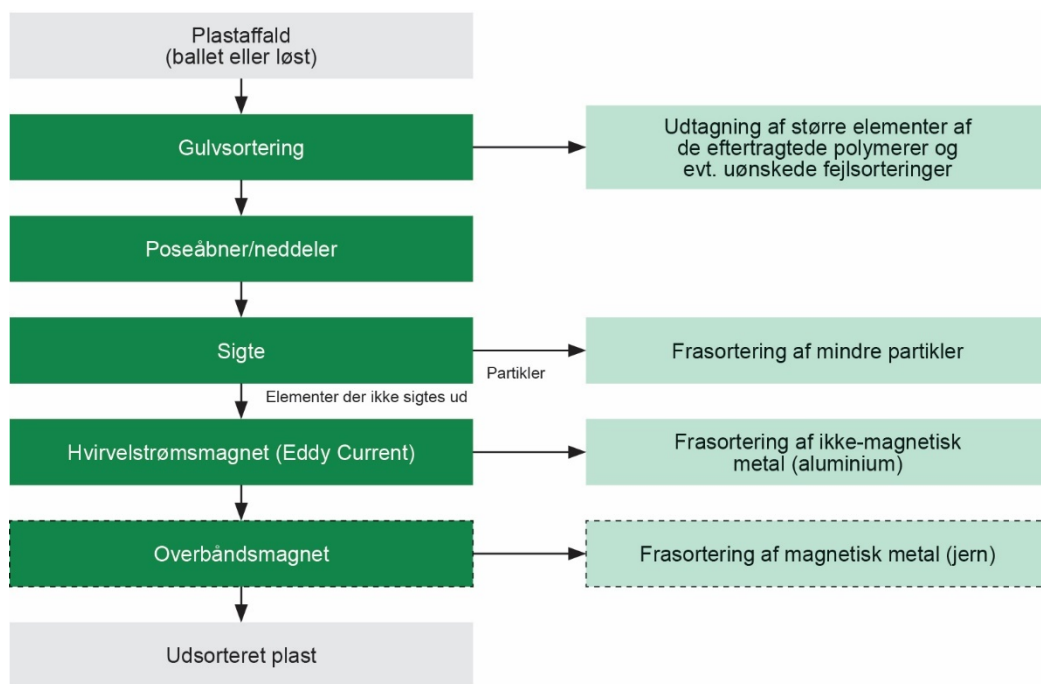
Plastaffald modtages, og der foretages en visuel kontrol. Derefter spredes platen ud på et gulv, og der sorteres enten manuelt eller med grab i platen for at udtage større elementer af de eftertragtede polymerer og evt. uønskede fejlsorteringer. F.eks. kan store PE-dunke udtages, eller havemøbler i PP som særfraktioner i sorteringen. Det resterende plast sendes derefter igennem en neddeler, der også virker som poseåbner, hvorefter en sigte frasorterer mindre dele. Den resterende plast renses derefter for metaller ved hjælp af hvirvelstrøm- og overbåndsmagneter.

Alle udstyrskomponenter er velafprøvede. Anlægskoncept er dog ofte bygget sammen med et stort, avanceret sorteringsanlæg for flere slags materialer eller et oparbejdningsanlæg. Der findes formentlig kun et mindre antal enkeltstående anlæg.

Der er en række centrale udfordringer ift. konceptet. Det primære output fra anlægget er den blandede plastfraktion rensat for fejlsorteret metal og mindre urenheder samt for større fejlsorteringer. Dette betyder, at der fortsat er en række urenheder tilbage i plastmaterialet, som kan forringe kvaliteten og dermed værdien af dette. Derudover er platen ikke opdelt i hård og blød plast, og platen indeholder ikke fuldstændigt tømte emballager/dunke. Det medfører, at modtageren af platen (f.eks. et avanceret sorteringsanlæg eller en oparbejdningsvirksomhed) skal rense denne yderligere for urenheder og sortere yderligere i fraktioner. Og der vil ske en frasortering af meget små plastemner, f.eks. låg fra emballager, til forbrænding.

Manuel sortering kan generelt være en stor udfordring i forhold til arbejdsmiljø, og der bør derfor altid sigtes imod at anvende mindst muligt manuel sortering.

De overordnede materialestrømme i anlægget er vist i nedenstående Figur 5-2.



Figur 5-2 Plastaffaldets vej igennem lavteknologisk sortering, koncept 1

I Tabel 5-2 nedenfor er oplistet en række relevante oplysninger om det tekniske koncept.

Tabel 5-2 Nøgletalskatalog for lavteknologisk sortering, koncept 1

Lavteknologisk sortering, koncept 1	
Udviklingsstatus	Velaftprøvet teknologi og alle udstyrskomponenter er velaftprøvede.
Input materiale	Stort plast fra genbrugsstationer som beskrevet i markeds-katalogets afsnit 4.3.1. Kan også håndtere hård plast fra industrien, jf. markeds-katalogets afsnit 4.3.4., hvis dette kræver en sortering, før det kan afsættes til oparbejdningsanlæg.
Økonomi (investeringsomkostninger samt drift-og vedligeholdelsesomkostninger)	-
Output	○ Blandede emner af især HDPE, LDPE og PP i pressede baller ○ Jern og aluminium ○ Sigterest og større fejlsorteringer.
Proceseffektivitet (% af input sendt til viderebehandling/genanvendelse)	Denne parameter afhænger primært af mængden og typen af andre materialer modtaget sammen med plasten. Anlægget producerer to output strømme af plast. Fra stort plast opsamlet på genbrugsstation vil der typisk kunne udsorteres omkring 20-40% af input som rene polymerer ved grab sortering på gulvet. Den anden fraktion er en ren neddelte mixed plastics fraktion af mindre elementer på 25-40% af input materialet, denne vil dog ofte blive anvendt til RDF. Dette kan dog ikke antages at gælde for andre inputfraktioner. For hård plast fra industrien vil effektiviteten være langt højere, mens der ved behandling af plast fra husholdninger vil være en lavere effektivitet. Effektiviteten for metal sorteringen er omkring 90-95%
Energiforbrug	-
Ansatte	Kan varetages af 1-1½ person pr. skift (ekskl. personale i evt. vejebod) og administration. Drift med et skift pr. dag har en forventet kapacitet på 17.000 ton. pr. år
Rejekt/sorteringsrest	Processen har et tab på omkring 20-25% af plasten i input til rejkt, der samlet udgør omkring 25-45% af det totale input materialet hvis dette er stort plast fra genbrugsstationer. Rejekt fra metalsortering er ca. 10% af metal modtaget i input.

5.1.2 Lavteknologisk sortering, koncept 2

Dette koncept retter sig primært mod kildesorteret blandet småt plast fra husholdninger eller serviceerhverv. Blandet småt plast af forskellig størrelse og sammensætning modtages og grovsorteres i blød plast (folie) og hård plast, samtidig med at fejlsortering og forurenende komponenter frasorteres. Med den tekniske opbygning kan samme anlæg også modtage blandet småt metal fra husholdningerne. Dette teknologiske koncept muliggør behandling af plast og metal der er blandet sammen i indsamlingen.

Anlægget indrettes med mindst mulig avanceret teknologi til at "rengøre og klargøre" den blandede plast. Anlæggets fokus er i stedet at sortere plasten i blød og hård plast, og sikre, at den

blandede plast, der videresælges, er så ren som muligt for at opnå den højest mulige pris, samtidig med, at der sikres lettest mulig afsætning (størst muligt marked). Det vil sige, der foretages frasortering af urenheder og fejlsorteringer i form af metaller og andre materialer. Desuden anses det for hensigtsmæssigt at kunne neddele de største plastemner før afsætning til næste led. Anlægstypen er repræsentativ for enkelte danske anlæg, og er udbredt i f.eks. Storbritannien, hvor den indgår i det der omtales som "simple MRF".

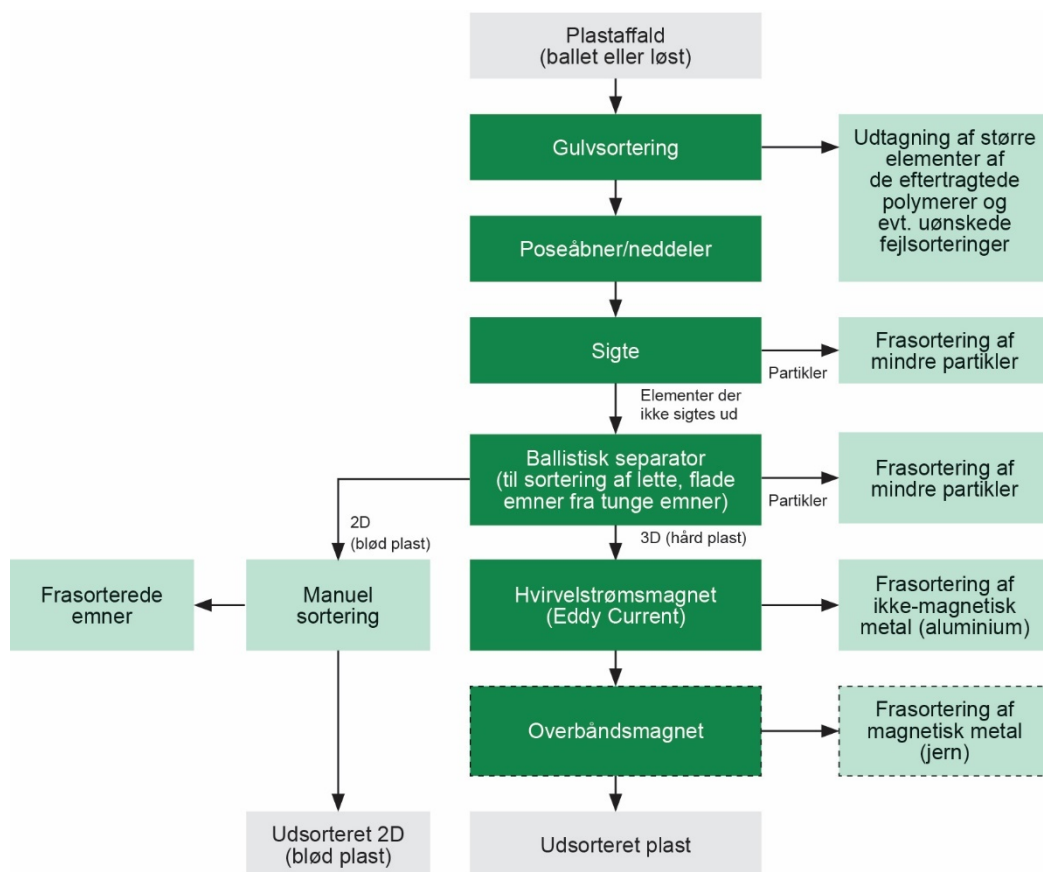
Beskrivelse af det tekniske koncept

Plasten modtages, og der foretages en visuel kontrol. Derefter spredes platen ud på et gulv, og der sorteres enten manuelt eller med grab i platen for at udtage større elementer af de eftertragtede polymerer og evt. uønskede fejlsorteringer af ikke-plast eller uønskede polymerer. Den resterende plast sendes derefter igennem en neddeler, der også virker som poseåbner, hvorefter en sigte frasorterer de små dele. Platen opdeles i bløde og hårde plastmaterialer ved hjælp af en ballistisk separator eller lignende. Der udføres en let manuel sortering for at forbedre kvaliteten af den bløde plast. Den resterende hårde plast renses derefter for metaller ved hjælp af hvirvelstrøms- og overbåndsmagneter.

Alle udstyrskomponenter er velafprøvede. Anlægskoncept er dog ofte bygget sammen med et stort avanceret sorteringsanlæg for flere slags materialer eller et oparbejdningsanlæg. Det forventes derfor, at der kun eksisterer et mindre antal enkeltstående anlæg.

Der er en række centrale udfordringer ved konceptet. Det primære output fra anlægget er den blandede plastfraktion rensat for fejlsorteret metal og mindre urenheder samt for større fejlsorteringer. Dette betyder, at der kan være en række urenheder tilbage i plastmaterialet, som kan forringe kvaliteten og dermed værdien af dette. Det vil sige, at modtageren af platen (f.eks. en oparbejdningsvirksomhed) skal rense denne yderligere for urenheder og sortere efter polymerer. Derudover vil modtageren skulle tage højde for ikke fuldstændigt tømte emballager. Der vil ske en frasortering af meget små plastemner, f.eks. låg fra emballager. Endelig kan manuel sortering være en stor udfordring for arbejdsmiljøet, og der bør derfor altid sigtes imod at anvende mindst muligt manuel sortering.

De overordnede materialestrømme i anlægget er vist i Figur 5-3 nedenfor.



Figur 5-3 Plastaffaldets vej igennem lavteknologisk sortering, koncept 2

I Tabel 5-3 nedenfor er oplistet en række relevante oplysninger om det tekniske koncept.

Tabel 5-3 Nøgletalskatalog for lavteknologisk sortering, koncept 2

Lavteknologisk sortering, koncept 2	
Udviklingsstatus	Alle udstyrskomponenter er velafprøvede. Anlægskoncept er ligeledes velafprøvet især i Storbritannien (hvor dette koncept kendes som "simpelt sorteringsanlæg").
Input materiale	Blandet plast fra husholdninger som beskrevet i afsnit 4.3.2 Eventuelt kan anlægget også anvendes til at rense en fraktion af hård plast fra husholdninger som beskrevet i afsnit 4.3.3 . Anlægget vil også egne sig til blandet plast fra servicevirksomheder.
Økonomi investeringsomkostninger (investeringsomkostninger samt drift- og vedligeholdelsesomkostninger)	Forventede investeringsomkostninger i maskiner og bygninger for anlæg med kapacitet mellem 17.000 t/år og 51.000 t/år er i størrelsesorden 55 til 80 mio. DKK. Forventede driftsomkostninger af samme størrelse anlæg (ekskl. kapitaludgifter, indtægter fra salg af metal samt omkostninger forbundet med videre behandling af sorteringsrester og udsorteret plast) er fra ca. 370 DKK/ton (lille anlæg) til ca. 240 DKK/ton (store anlæg)
Output	Blandede emner af hård plast især HDPE, PP og PET i pressede baller.

	○ Blandede folier, primært LDPE i pressede baller ○ Magnetiske metaller, primært jern ○ Ikke-magnetiske metaller, primært aluminium ○ En sigterest og evt. tørre fejlsorteringer.
Proceseffektivitet (% af input sendt til viderebehandling/genanvendelse)	Afhænger meget af andelen af blød og hård plast samt fejlsortering og mængde af andre materialer modtaget sammen med plastaffaldet. Andelen af plast sendt videre til næste trin skønnes at være i størrelsesorden 70-85 %. Andelen af metaller sendt direkte til genvindingsanlæg skønnes at være ca. 90%. Denne vurdering er baseret på sammensætningen af teknologierne, erfaringstal og interviews.
Energiforbrug	Elektricitet: 20 kWh/t Diesel: 1½ liter/t
Ansatte	Kan varetages af tre-fem personer pr. skift. Maksimal kapacitet forudsætter treholdsskift
Rejekt/sorteringsrest	Rejekt fra metalsortering er ca. 10 % af input metal. Rejekt fra plastsortering er ca. 15-30 % af plastinput. Sorteringsrest fra fejlsortering kendes ikke præcist, idet det afhænger af fejlsortering og mængde af andre materialer sat sammen med det modtagne store plast.

5.1.3 Højteknologisk sortering, koncept 1

Dette koncept retter sig mod kildesorteret blandet småt plast fra husholdninger indsamlet via kommunale indsamlingsordninger eller den tilsvarende plast fra serviceerhverv. Det vil være enten hård og blød plast samlet eller hård plast alene.

Anlægget indrettes med avanceret teknologi til at "rengøre og klargøre" den blandede plast. Anlæggets fokus er på at skabe en outputstrøm af rene polymerer med så lavt indhold af urenheder som muligt. Det vil sige udsortering af polymerer og frasortering af urenheder og fejlsorteringer i form af metaller og andre materialer. Blandet småt plast af forskellig størrelse og sammensætning modtages og grovsorteres i hhv. hårde og bløde materialer samtidig med at fejlsorterede og forurenede komponenter frasorteres. Derefter sorteres disse to plaststrømme i polymerer og en rest af blandet plast. Herefter separeres fejlsorteret metal fra (jern og aluminium). Med den tekniske opbygning kan samme anlæg derved også modtage blandet småt metal fra husholdningerne, så plast og metal må gerne være blandet sammen i indsamlingen. Anlægstypen er udbredt i Europa, hvor der er mange anlæg i f.eks. Tyskland, Holland og Storbritannien. I Danmark eksisterer et anlæg, der umiddelbart tilhører denne type.

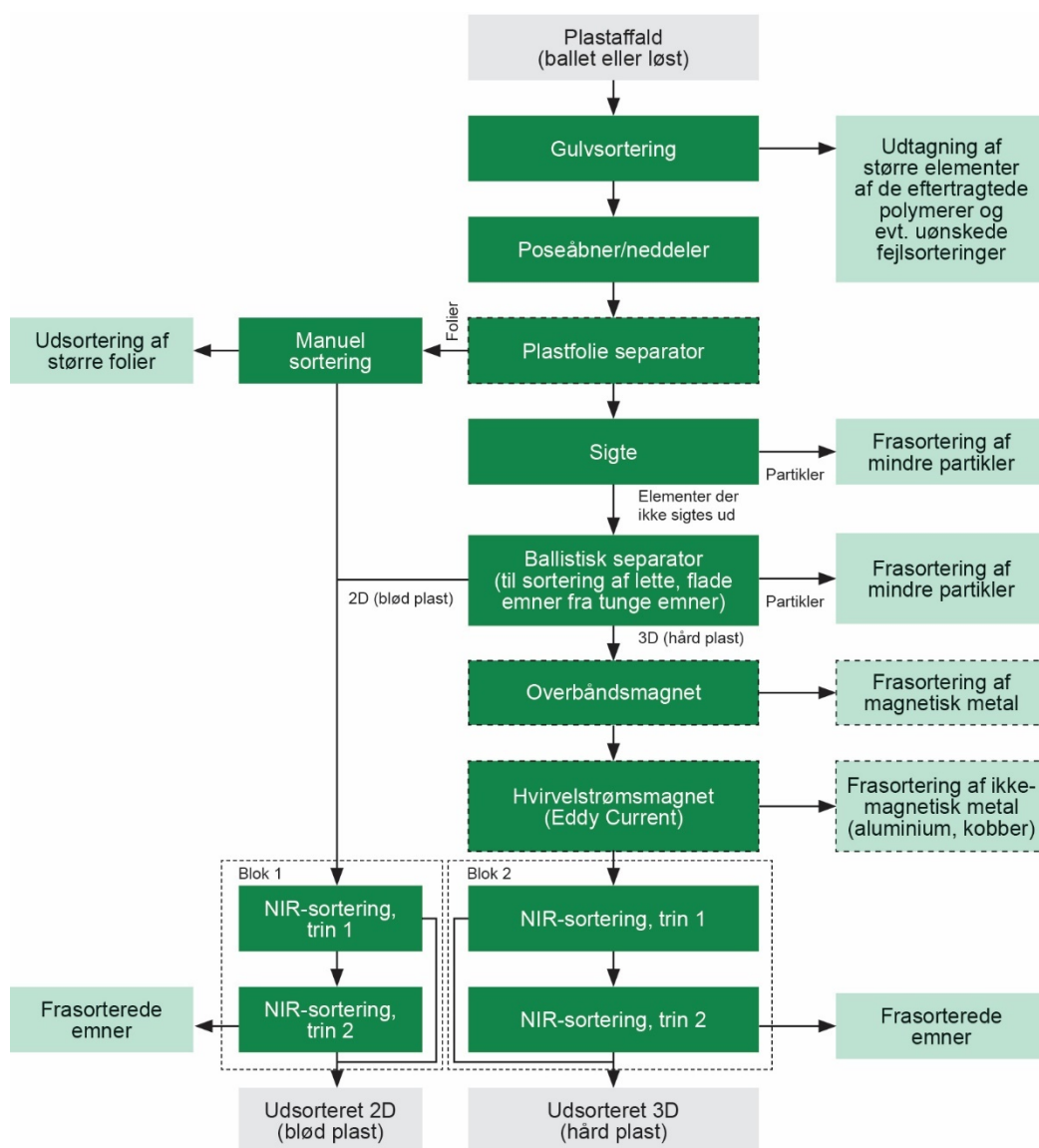
Beskrivelse af det teknologiske koncept

Det indsamlede plastaffald modtages, og der foretages en visuel kontrol. Derefter sendes det igennem en poseåbner, hvorefter en særlig plastfolieseparator frasorterer større bløde elementer (f.eks. plastfolier). Herefter passerer resten af plasten en sigte, som frasorterer de mindre dele som f.eks. skruelåg, sten og andre smådele, ligesom sigtens bevægelser skiller elementer fra hinanden. Efter sigten foretages en yderligere opdeling af materialerne ved hjælp af en ballistisk separator i bløde- og hårde materialer. Strømmen af hårde materiale renses derefter for metaller ved hjælp af hvirvelstrøms magnet (eddy current) og overbåndsmagneter. Begge fraktioner af plast sorteres derefter ved hjælp af NIR-sorteringsmaskiner op i rene polymerer. Derudover sorteres typisk i HDPE, PP, PET og PS fra den hårde fraktion og efter LDPE i den bløde fraktion (LDPE, NIR sorteres ikke på alle anlæg). NIR-sortering udføres for den hårde plast fraktion i flere trin for at opsamle størst mulig mængde og kvalitet af de udsorterede polymerer. Restplast samles i en blandet plastfraktion. Der udføres en manuel sortering på de udsorterede bløde emner for at forbedre kvaliteten af disse.

Alle udstyrskomponenter er velafprøvede. Dog udvikles der fortsat på teknologier til at identificere og sortere sort plast og yderligere opdelt fraktioner.

Af centrale udfordringer ved konceptet kan nævnes følgende: NIR kan ikke identificere og sortere sort plast (carbon black). Folieudsortering er ikke så effektiv på mindre materialer af blød plast. S sammensatte produkter kan enten ikke sorteres eller vil skabe urenheder i plaststrømmene. Et stort indhold af andre materialer i input vil kræve forsortering. De fleste anlæg af denne type er designet til plast, der kommer som en del af en kombineret indsamling med f.eks. metal og LPB (liquid packaging board, f.eks. tetrapak), og har derfor en overkapacitet på visse maskiner i anlægget ved sortering udelukkende af plast.

De overordnede materialestømme i anlægget er vist i Figur 5-4 nedenfor.



Figur 5-4 Plastaffaldets vej gennem højteknologisk sortering, koncept 1

I Tabel 5-4 nedenfor er oplyst en række relevante oplysninger om det tekniske koncept.

Tabel 5-4 Nøgletalskatalog for højteknologisk sortering, koncept 1

Højteknologisk sortering, koncept 1	
Udviklingsstatus	Alle udstyrskomponenter er velafprøvede. Folieseparatoren er dog mindre afprøvet end de øvrige udstyrskomponenter. Anlægskonceptet er ligeledes velafprøvet i Europa. Der foregår løbende udvikling af nyt udstyr til udsortering af sort plast.
Inputmateriale	Småt blandet plast fra kildesorteringsordninger især omfattende emballageplast af HDPE, LDPE, PP, PET og PS. Dertil andet småt plast (legetøj/køkkenudstyr), fejlsorterede materialer og plast sammensat med andre materialer.
Økonomi (investeringsomkostninger samt drift-og vedligeholdelsesomkostninger)	Forventede investeringsomkostninger maskiner og bygninger for anlæg med kapacitet mellem 17.000 t/år og 51.000 t/år er i størrelsesorden 130 mio. DKK. til 165 mio. DKK. Forventede driftsomkostninger af samme størrelse anlæg (ekskl. kapitaludgifter, indtægter fra salg af metal samt omkostninger forbundet med videre behandling af sorteringsrester og udsorteret plast) er fra 550 DKK/t (lille anlæg) til 370 DKK/t (store anlæg)
Output	Plastpolymerer af forskellig kvalitet (renhed/farve) af især HDPE, LDPE og PP i pressede baller. Dertil jern og aluminium samt en sigterest og større fejlsorteringer.
Proceseffektivitet (% af input sendt til viderebehandling/genanvendelse)	Afhænger meget af andelen af blød og hård plast samt fejlsortering og mængde af andre materialer sammensat i den modtagne plast. Andelen af plast sendt videre til næste trin skønnes at være i størrelsesordenen 70-85 %. Andelen af metaller sendt direkte til genvindingsanlæg skønnes at være ca. 90 %.
Energiforbrug	Elektricitet: 40-50 kWh/ton Diesel: 1½-2 l/ton
Ansatte	Kan varetages af seks-syv personer pr. skift.
Rejekt/sorteringsrest	Rejekt fra metalsortering er ca. 10 % af metallet i plastaffaldet, mens rejekt fra plastsortering udgør ca. 15-30 %. Sorteringsrest fra fejlsortering kendes ikke præcist, da det afhænger af fejlsortering og mængden af andre materialer sat sammen med det modtagne plast.

5.1.4 Højteknologisk sortering, koncept 2

Dette koncept retter sig mod dels kildesorteret blandet småt plast fra husholdninger indsamlet via kommunale indsamlingsordninger, dels stort plast fra genbrugsstationen og blandet hård plast fra serviceerhverv.

Anlægget indrettes med avanceret teknologi til at "rengøre og klargøre" den blandede plast. Formålet med anlægget er at skabe fraktioner med rene polymerer med så lavt et indhold af urenheder som muligt. Blandet småt og stort plast af forskellig størrelse og sammensætning modtages og grovsorteres i bløde og hårde plastmaterialer, samtidig med at fejlsorterede og forurenede komponenter frasorteres. Derefter sorteres disse to plaststrømme op i polymerer og en rest af blandet plast. Fejlsortering i form af metal (jern og aluminium) separeres fra. Med den tekniske opbygning kan samme anlæg derved også modtage blandet småt metal fra husholdningerne, så plast og metal må gerne være blandet sammen i indsamlingen. Anlægstypen er ikke udbredt i Europa, og der er ingen anlæg af denne type i Danmark, men det vurderes at nybyggede anlæg i Vesteuropa bygges efter dette grundkoncept og evt. med en tilføjelse af teknologi til sortering af sort plastsortplast.

Beskrivelse af det teknologiske koncept

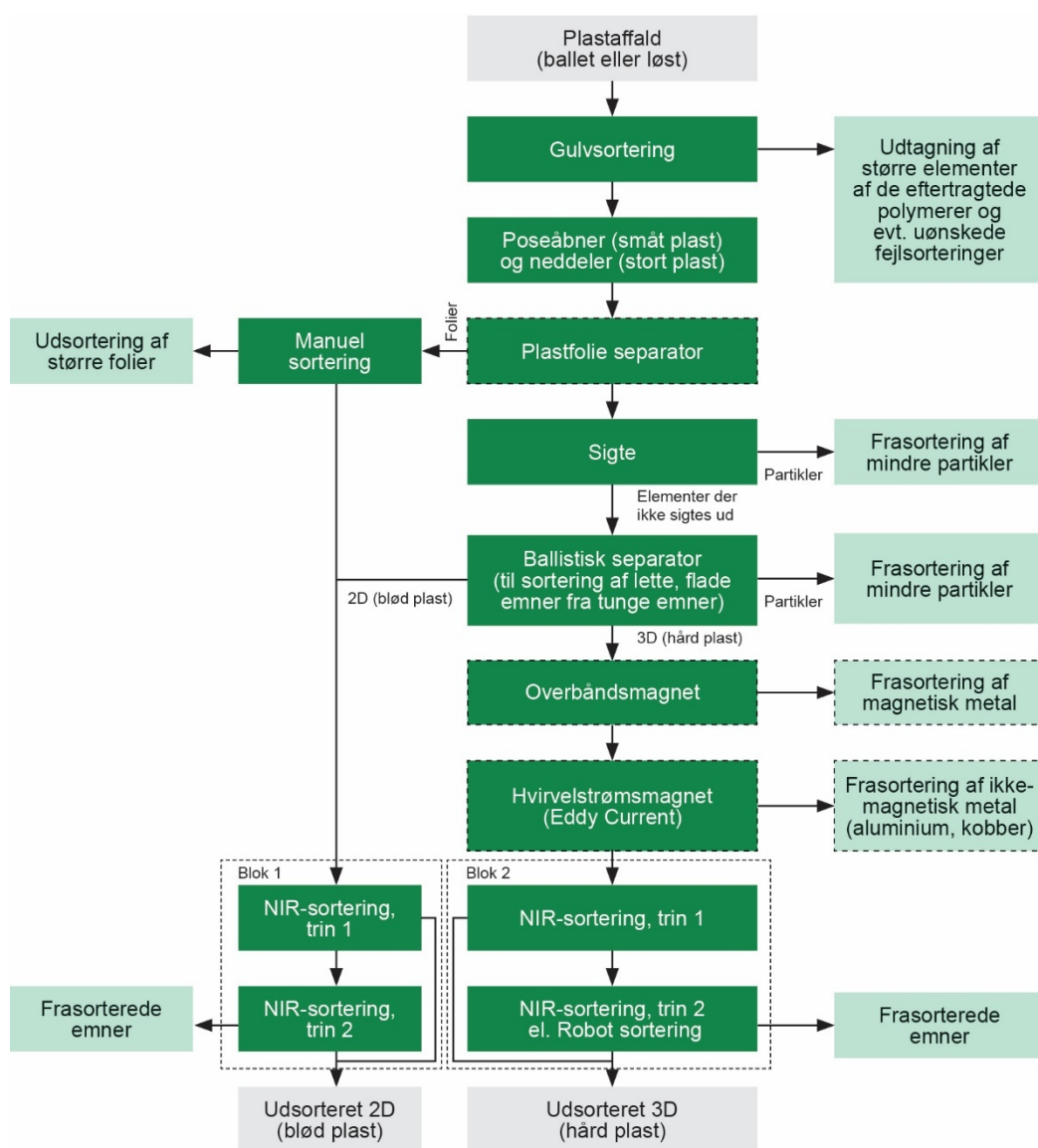
Dette teknologiske koncept er i praksis næsten identisk med anlægget beskrevet under højteknologisk sortering, koncept 1. Dog sker der separat modtagelse af den store plast fra genbrugsstationen med tilhørende grovsortering på gulv, en shredder anvendes i stedet for en poseåbner før videresortering, og robotter anvendes til at foretage kvalitetskontrollen til sidst i processen.

Det indsamlede plastaffald – opdelt på småt plast fra husholdninger og evt. erhverv samt på stort plast fra genbrugsstationen – modtages, og der foretages en visuel modtagekontrol. Derefter sendes småt plast igennem en poseåbner, og stort plast sendes igennem en neddeler. Herefter er processen som beskrevet under højteknologisk sortering, koncept 1 inden den endelige kvalitetskontrol, som under dette koncept varetages af robotter.

Alle udstyrskomponenter undtagen robotterne til kvalitetskontrol er velafprøvede, dog udvikles der fortsat på teknologier til at identificere og sortere sort plast og yderligere opdelte fraktioner.

Af centrale udfordringer ved konceptet kan nævnes følgende: NIR kan ikke identificere og sortere sort plast (carbon black). Folieudsortering er ikke så effektiv på mindre emner af blød plast. Sammensatte produkter kan enten ikke sorteres eller vil skabe urenheder i plaststrømmene. Et stort indhold af andre materialer i input vil kræve forsortering.

De overordnede materialestrømme i anlægget er vist i Figur 5-5 nedenfor.



Figur 5-5 Plastaffaldets vej igennem højteknologisk sortering, koncept 2

I nedenstående Tabel 5-5 er oplyst en række relevante oplysninger om det tekniske koncept.

Tabel 5-5 Nøgletalskatalog for højteknologisk sortering, koncept 2

Højteknologisk sortering, koncept 2	
Udviklingsstatus	Kombinationen af modtagelse af både småt og stort plast på samme anlæg er kun afprøvet i mindre skala. De enkelte operationer med tilhørende udstyr er dog alle velafprøvede. Robotterne til kvalitetskontrol er implementeret på nogle anlæg, men er endnu ikke udbredte. I øvrigt henvises til <i>højteknologisk sortering, koncept 1</i> .
Inputmateriale	Småt blandet plast fra kildesorteringsordninger især omfattende emballageplast af HDPE, LDPE, PP, PET og PS. Dertil andet småt plast (legetøj/køkkenudstyr) og fejlsortering samt andre materialer satsammen med plastelementerne. I tillæg

	stort plast fra genbrugsstationen omfattende både bløde og hårde plastmaterialer.
Økonomi (investeringsomkostninger samt drift-og vedligeholdelsesomkostninger)	Forventede investeringsomkostninger i maskiner og bygninger for anlæg med kapacitet mellem 17.000 t/år og 51.000 t/år er i størrelsesorden 140 mio. DKK. til 175 mio. DKK. Forventede driftsomkostninger af samme størrelse anlæg (ekskl. kapitaludgifter, indtægter fra salg af metal samt omkostninger forbundet med videre behandling af sorteringsrester og udsorteret plast) er fra 600 DKK/t (lille anlæg) til 420 DKK/t (store anlæg).
Output	Plastpolymerer af forskellig kvalitet (renhed/farve) af især HDPE, LDPE, PP, PET og evt. PS i pressede baller. Dertil jern og aluminium samt en sigterest og større fejlsorteringer.
Proceseffektivitet (% af input sendt til videre behandling/genanvendelse)	Afhænger meget af andelen af blød og hård plast samt fejlsortering og mængden af andre materialer, der indgår i den modtagne plast. ○ Andelen af småt plast sendt videre til næste trin skønnes at være i størrelsesorden 70-85 %. ○ Andelen af stort plast sendt videre til næste trin skønnes at være i samme størrelsesorden. ○ Andelen af metaller sendt direkte til genvindingsanlæg skønnes at være ca. 90 %
Energiforbrug	Elektricitet: 45-50 kWh/ton Diesel: 1½-2 l/t
Ansatte	Kan varetages af fem-seks personer pr. skift.
Rejekt/sorteringsrest	Rejekt fra metalsortering er ca. 10 % af inputmetal. Rejekt fra sortering af småt plast er ca. 15-30% af plastinput og fra sortering af stort plast ca. 40 %. Sorteringsrest fra fejlsortering kendes ikke præcist, idet det afhænger af fejlsortering og mængden af andre materialer sat sammen med det modtagne plast.

5.2 Plastoparbejdningsteknologier

Dette afsnit beskriver en række mulige tekniske løsninger til oparbejdning af pellets eller granulater for specifikke polymerer. Denne teknologi tager udgangspunkt i de indsamlede fraktioner af rene polymerer fra industrien eller efter en højteknologisk sortering.

5.2.1 Mekanisk oparbejdning

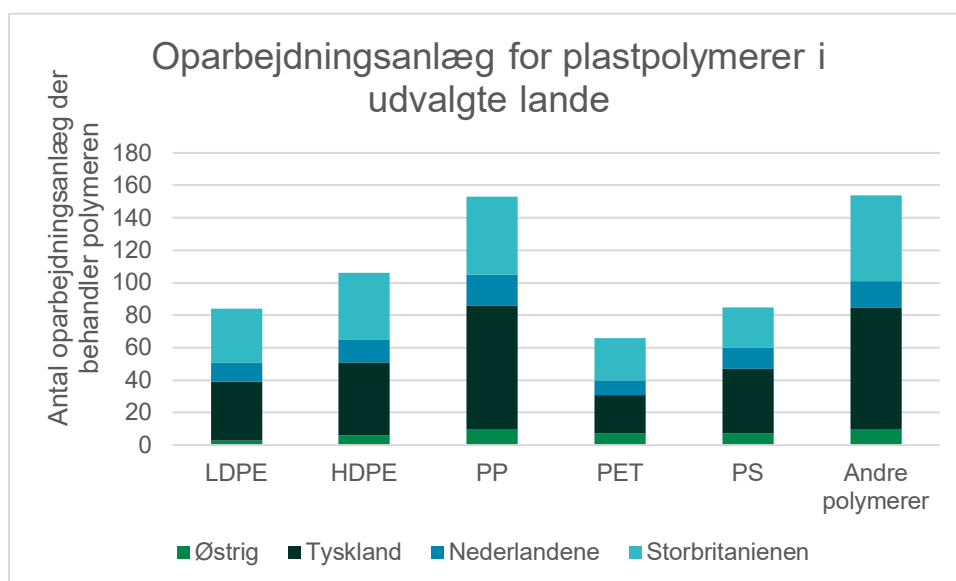
Mekanisk oparbejdning er den mest udbredte og kendte teknologi til genanvendelse af plast. Dette afsnit beskriver tre forskellige teknologiske koncepter for oparbejdning (se Figur 5-7) af de fem polymerer, der er udgangspunkt for analysen (se Tabel 5-6). Behandlingsanlæg for HDPE og PP kan have den samme konfiguration, og linjerne kan køres tidsmæssigt forskudt af hinanden på samme anlæg. Behandlingsanlægget for PS og PET-flasker har en lignende konfiguration, og linjerne kan også køres tidsmæssigt forskudt på samme anlæg. Behandlingen af PS har dog lavere krav til vaske- og ekstruderingsprocessen og efterfølgende lavere investerings- og driftsomkostninger, hvorfor denne behandles i et separat nøgletalskatalog, selvom anlægskonceptet er identisk med PET-anlægget.

Alle tre oparbejdningsanlæg har centrale udfordringer, hvad angår kvalitet på inputmaterialet og vandbehandling, mens oparbejdningsanlægget for PET/PS skal tage et ekstra hensyn ved PET-behandling, da det bl.a. er meget vigtigt at modtage eller sortere PET-flaskerne med høj kvalitet efter renhed og farve.

Behandlingsanlæg i Tyskland, Holland, Østrig og Storbritannien

Der eksisterer i Danmark kun et mindre antal oparbejdnings anlæg (under 10) til oparbejdning af plast. En meget stor del af behandlingen af udsorterede plastpolymerer foregår derfor udenfor Danmark i f.eks. Tyskland, Holland, Østrig og Storbritannien. Antallet af behandlingsanlæg for sorterede plastpolymerer i disse fire lande er omkring 230, jf. Bilag 3, men markedet for disse fraktioner er for nuværende overmættet, jf. kapitel 4.

De fleste anlæg er til behandling af polyolefinerne PP og PE. Hvert af de nævnte anlæg behandler ikke alle underfraktioner og renheder af sorterede polymerer, men arbejder efter mere detaljerede krav til sammensætning, urenheder og kilder mv., og derfor kræver afsætning til disse anlæg ikke blot, at der findes et anlæg, der vil modtage den udsorterede fraktion, men også at denne har kapacitet og vil modtage den udsorterede fraktion med dens nærmere specifikationer. En samlet oversigt over de fundne anlæg i de fire lande kan ses i Bilag 3.



Figur 5-6 Antal oparbejdningsanlæg for udvalgte plastpolymere i udvalgte europæiske lande. Anlæg, der behandler flere polymerer, indgår flere gange i figuren

Plastoparbejdningsanlæg bygges til specifikation

Alle anlæg bygges efter specifikation til den inputstrøm af polymerer, der forventes, og det output, der ønskes. Investeringsomkostninger samt drift- og vedligeholdelsesomkostninger for plastoparbejdningsanlæg afhænger af den givne specifikation, rammebetingelser og andre specifikke forhold, der er forskellige på tværs af anlæg, placering og land.

Betingelser, der påvirker investeringsomkostninger samt drift- og vedligeholdelsesomkostninger for genanvendelsesanlæg:

- Materialespecifikationer (urenheder, materialetykkelse osv.)
- Inputmateriemængde og dermed kapacitet på linjen
- Ferskvandskvalitet og -mængde
- Krav til spildevandskvalitet og -mængde
- Tilgængelighed af alternative varmekilder
- Personaleomkostninger.

Investeringsomkostninger samt drift- og vedligeholdelsesomkostninger til genanvendelsesanlæg skal evalueres individuelt fra sag til sag⁹. Vandbehandlingsprocessen er yderst vigtig for hver specifik genvindingsproces.

Beskrivelse af det teknologiske koncept

Blokdiagrammerne i Figur 5-7 længere nede viser eksempler på løsninger til håndtering af LDPE-, HDPE-, PP-, PS- og PET-fraktioner i vask- og ekstruderingslinjer. De enkelte konfigurationsscenerier er baseret på konventionelle, velafprøvede systemer. Fraktionerne er udvalgt, da de tilsammen udgør langt den største del af oparbejdningsmarkedet og dækker alle rene polymerstrømme fra sorteringsanlæggene belyst i markedskortlægningen. Linjekonfigurationen afhænger meget ofte af 'standardløsningen' for den enkelte leverandør af sådanne linjer.

⁹ Investeringsomkostninger samt drift- og vedligeholdelsesomkostninger er derfor primært angivet i intervaller.

Hver leverandør har sin egen portefølje af maskiner og varierer arrangementet af trinene i henhold til sin portefølje. Der findes systemer til rådighed for at øge kvaliteten af outputproduktet, såsom varmevaskeenheder, beluftningsudstyr, laserfiltre osv. Mere detaljerede beskrivelser af de fire koncepter fremgår af Bilag 4.

Konventionelle oparbejdningsanlæg er typisk bygget på en meget sammenlignelig måde med følgende hovedkomponenter:

Størrelsesreduktion og konditionering: Denne del af anlægget sikrer en homogen fodring af de efterfølgende behandlinger, en reduktion i størrelse og adskillelse af jernpartikler.

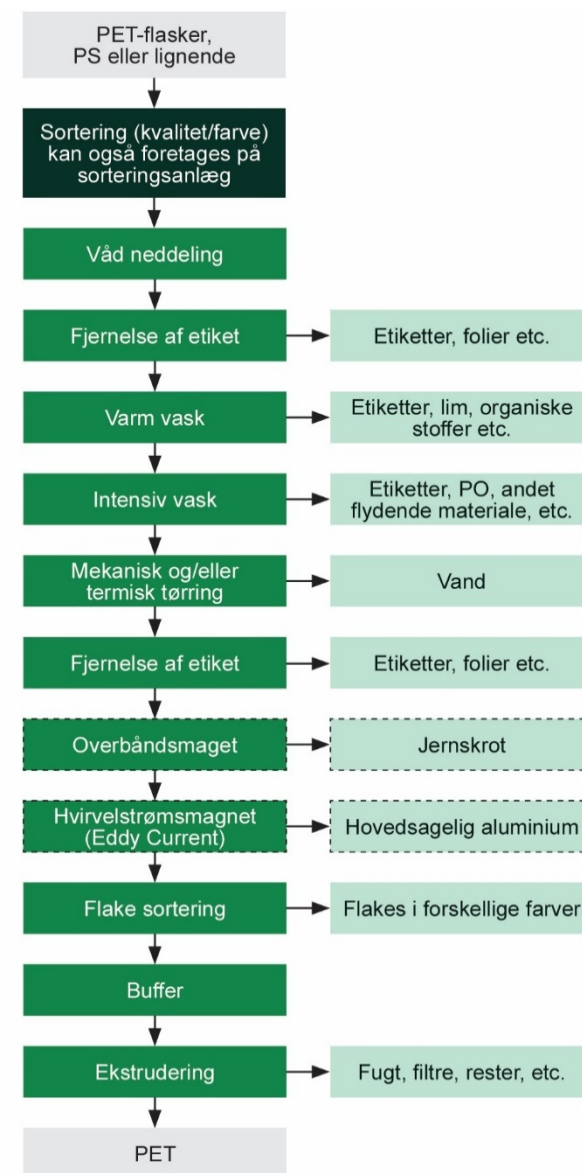
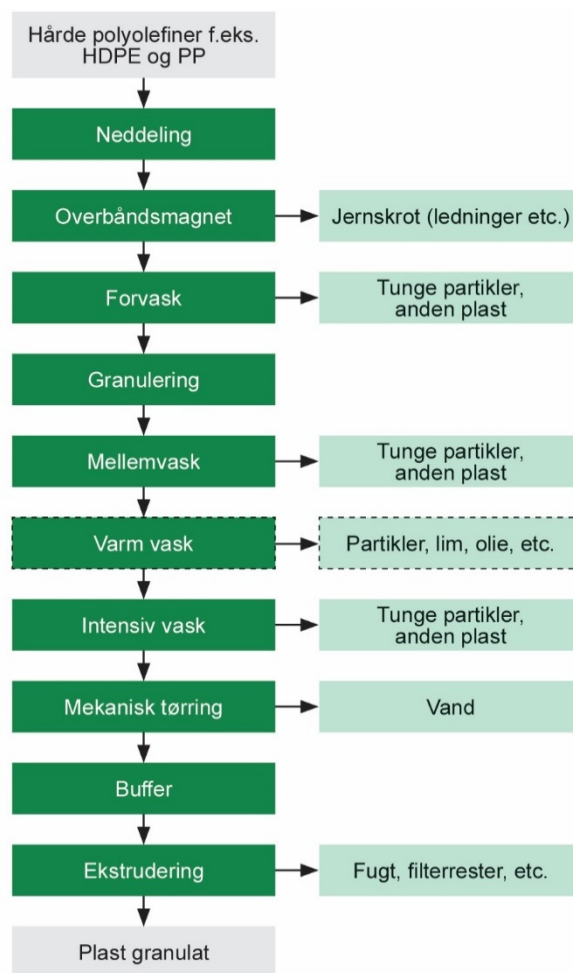
Forvask: Størstedelen af tunge partikler, fremmede plastfraktioner (som enten er flydende eller synkende afhængigt af påføringen), sand og glas ekstraheres under forvasketrinnet. Dette trin beskytter også det følgende granuleringstrin mod alvorlige skader.

Granulering: Plastfraktionen neddeles til ca. 5-10 mm partikelstørrelse og vaskes samtidig ved friktion.

Intensiv vask: Det intensive vasketrin kan omfatte flere vaskeprocesser (varmt og koldt) med forskellige systemer f.eks. friktionsvask og synke-flyde systemer, der ligeledes foretager en densitetsbaseret eftersortering, og skal endelig sikre den nødvendige renhed af outputmaterialet.

Tørring: Udgangsmaterialet skal tørres mekanisk og termisk (i tilfælde af folier) for at få et tilstrækkeligt lavt fugtigindhold i materialet før ekstruderingsprocessen. Varmen til tørring kan frembringes f.eks. med elektricitet, naturgas eller med varme fra alternative processer (i tilfælde af synergier med andre processer på stedet). Tørringsprocessen kombineres ofte også med en separatorenhed til ekstraktion af f.eks. resterende tunge eller lette partikler (afhængigt af anvendelsen) fra materialestrømmen. Ofte opbygges en bufferkapacitet mellem vaskelinjen og ekstruderingen for at have en stabil drift af vaske- og ekstruderingsystemerne.

Ekstrudering: Ekstruderingsprocessen afhænger af inputmaterialet. I tilfælde af PET er ekstruderingsprocessen mere kompliceret og dyr i sammenligning med fx PE, hvilket skyldes den anderledes fysisk-kemiske struktur af materialet og et højere smeltepunkt. Ekstruderingsprocessen er en kombination af adskillige procestrin, såsom skæring, ekstrudering, afgangning, smeltefiltrering og pelletering og er kombineret med enheder såsom afluftning, pneumatisk transport, opbevaring (f.eks. siloer) og/eller bigbag-lastestationer.



Figur 5-7 Skitse af oparbejdningsanlæg til hhv. LDPE (vestre), HDPE og PP (midt) samt PET og PS (højre)

I nedenstående Tabel 5-6 er oplistet en række relevante oplysninger om de tekniske koncepter for oparbejdning af polymer omfattet af analysen.

Tabel 5-6 Nøgletalskatalog for oparbejdningsanlæg

	LDPE	HDPE/PP	PET	PS
Udviklingsstatus	Godkendt teknologi, men mindre velafprøvet.	Velafrøvet standardteknologi.	Velafrøvet teknologi.	Velafrøvet teknologi.
Inputmateriale til anlægget	○ Udsorterede LDPE-strømme som beskrevet i afsnit 4.4.1 ○ Monofraktioner fra produktionsprocesser ○ LDPE-folier (OBS: Den lave tykkelse reducerer linjekapacitet, jo lavere tykkelse jo mere reduceres linjekapaciteten) ○ Landbrugsfolier (OBS: Højere tykkelse end de tyndeste LDPE-folier, men den lave tykkelse reducerer fortsat linjekapaciteten).	○ Udsorteret HDPE som beskrevet i afsnit 4.4.2 eller ○ Udsorteret PP som beskrevet i afsnit 4.4.3 ○ Monofraktioner fra produktionsprocesser.	○ Udsorteret PET flasker som beskrevet i afsnit 4.4.5 Monofraktioner fra produktionsprocesser.	○ Udsorteret PS som beskrevet i afsnit 4.4.4 ○ Monofraktioner fra produktionsprocesser.
Samlet investeringsomkostninger (mio. DKK)¹	En investering i intervallet 22,5-38 mio. DKK skal forventes for en vaskelinje med en indgangskapacitet på 1,2-1,5 ton/time. Omkostningerne for en ekstruder (~ 1 t/time) med håndtering af genanvendelige materialer og opbevaring ligger i området 7- 11 mio. DKK.	En investering i intervallet 30,0-45,0 mio. DKK skal forventes for en vaskelinje med en indgangskapacitet på 2,0-2,5 t/time. Omkostningerne for en ekstruder (~ 1,2-1,5 t/time) med håndtering af genanvendelige materialer og opbevaring ligger i området 7- 11 mio. DKK.	En investering i området 38,0-52,0 mio. DKK skal forventes for en vaskelinje med en indgangskapacitet på ca. 3,0 t/time. Omkostningerne for en ekstruder (~ 1,2 t/time) med håndtering af genanvendelige materialer og opbevaring ligger i området 19-23 mio. DKK. To ekstrudere	En investering i intervallet 30,0-45,0 mio. DKK skal forventes for en vaskelinje med en indgangskapacitet på 2,0-2,5 t/time. Omkostningerne for en ekstruder (~ 1,2 t/time) med håndtering af genanvendelige materialer og opbevaring ligger i området 19-23 mio. DKK. To ekstrudere

			skal overvejes til en vaskelinje med ovennævnte kapacitet.	skal overvejes til en vaskelinje med ovennævnte kapacitet.
Årlige variable drift- og vedligeholdelsesomkostninger (DKK/t) Omfatter omkostninger direkte knyttet til mængden, der behandles på anlægget	Generelt ligger drift- og vedligeholdelsesomkostninger i intervallet 525-675 DKK pr. ton. Drifts- og vedligeholdelsesomkostninger påvirkes af en række hovedparametre, hvis intervaller fremgår af Bilag 6	Generelt ligger drifts- og vedligeholdelsesomkostninger i intervallet 525-675 DKK pr. ton. Drifts- og vedligeholdelsesomkostninger påvirkes af en række hovedparametre, hvis intervaller fremgår af Bilag 6	Generelt ligger drifts- og vedligeholdelsesomkostninger i intervallet 675-750 DKK pr. ton. Drifts- og vedligeholdelsesomkostninger påvirkes af en række hovedparametre, hvis intervaller fremgår af Bilag 6	Generelt ligger drifts- og vedligeholdelsesomkostninger i intervallet 525-675 DKK pr. ton. Drifts- og vedligeholdelsesomkostninger påvirkes af en række hovedparametre, hvis intervaller fremgår af Bilag 6.
Årlige faste drifts- og vedligeholdelsesomkostninger (mio. DKK/år)	Skal beregnes individuelt fra sag til sag.			
Output	Oparbejdet LDPE, der muliggør anvendelse til filmblæsning.	Genanvendt HDPE- eller PP-granulat med bedst mulige støbeegenskaber.	Helst genanvendt PET, der muliggør flaske til flaske genanvendelse.	Oparbejdet PS med bedst mulige støbeegenskaber.
Proceseffektivitet (% af input genanvendt - output/input)	Denne faktor ligger normalt mellem 75 og 80 % effektivitet. Denne faktor afhænger stærkt af følgende faktorer: ○ Mængde af urenheder ○ Fugt i inputmateriale.	Denne faktor ligger normalt mellem 80 og 90 % effektivitet. Denne faktor afhænger stærkt af mængden af urenheder i inputmaterialet.	Denne faktor er normalt mellem 80 og 90 % effektivitet. Denne faktor afhænger stærkt af mængden af urenheder i inputmaterialet.	Denne faktor er normalt mellem 90 og 95 % effektivitet. Denne faktor afhænger stærkt af mængden af urenheder i inputmaterialet.
Energiforbrug (kWh/ton input)²	Energiforbruget ligger normalt i intervallet 800-1.000 kWh/t.	Energiforbruget ligger normalt i intervallet 500-700 kWh/t.	Energiforbruget ligger normalt i området 600-900 kWh/t.	Energiforbruget ligger normalt i området 500-750 kWh/t.
Vandforbrug (m³/ton input)²	Vandforbruget ligger omkring 2-5 m ³ vand pr. ton input	Vandforbruget ligger omkring 2-5 m ³ vand pr. ton input	Vandforbruget ligger omkring 2-5 m ³ vand pr. ton input	Vandforbruget ligger omkring 2-5 m ³ vand pr. ton input
Dampforbrug min. 4 bar ved 133 °C (Kcal/kg output)	Omkring 250 Kcal pr. kg output	Omkring 250 Kcal pr. kg output	Omkring 250 Kcal pr. kg output	Omkring 450 Kcal pr. kg output
Ansatte	Tre-fire ansatte kan varetage driften pr. linje pr. skift. Hertil kommer administrative medarbejdere. En mere specifik opdeling fremgår af Bilag 6. Synergieffekter kan opnås ved mere end en opbejdningslinje.			

Virksomheder	Se Bilag 3 for virksomheder inden for dette forretningsområde i følgende lande; Tyskland, Østrig, Holland og Storbritannien.
Rejekt	Der er flere rejektfraktioner, der stammer fra driften, bl.a.: ○ Metaller (ekstern genanvendelse) ○ Materialer fra flyde synke sorteringen (en blanding af inerte materialer, andre polymerer osv.) (ekstern bortskaffelse) ○ Slam og andet affald fra vandbehandlingsprocessen (ekstern bortskaffelse) ○ Ekstruderingsrester, som f.eks. filterrester (ekstern bortskaffelse eller RDF-behandling).

Kilde: Ekspertise og interviews med leverandører af oparbejdningsanlæg

Note 1: Priserne angivet inkluderer standardkonfigurationen med grundlæggende mekanisk vandbehandling. Priserne inkluderer ikke infrastruktur, civile anlæg, ejendom, yderligere vandbehandlings-systemer osv.

Note 2: Disse data er baseret på den beskrevne standardkonfiguration med grundlæggende mekanisk vandbehandling.

5.2.2 Kemisk oparbejdning

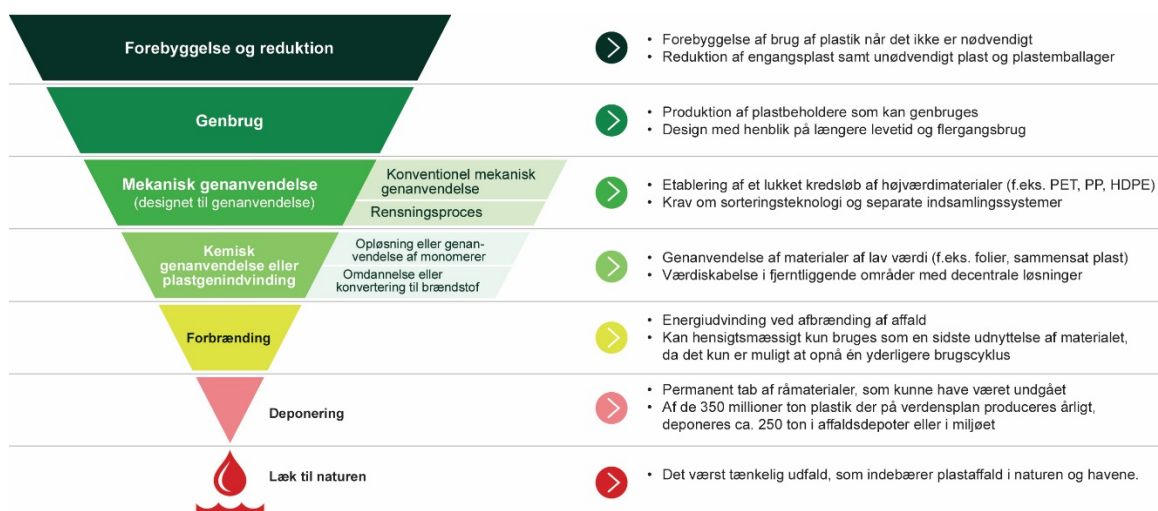
Udover mekanisk oparbejdning som beskrevet i afsnit 5.2.1 ovenfor kan plast også oparbejdes kemisk, også kaldet kemisk, termisk eller feedstock genanvendelse. Kemisk genanvendelse er en meget ny teknologi, og kan derfor ikke beskrives på samme strukturerede måde som mekanisk oparbejdning, idet der i dag ikke eksisterer anlæg i industriel skala, der foretager kemisk genanvendelse af de polymerer denne rapport vedrører. I denne sektion er derfor givet en generel introduktion til, hvad begrebet kemisk oparbejdning dækker over, og en række eksempler på de pilotforsøg og teknologier, der eksisterer indenfor feltet.

Chemical Recycling Europe (ChemRecEurope), der blev oprettet i 2019 for at fremme den kemiske genanvendelse af plastaffald, arbejder med følgende definition af kemisk genanvendelse:

"Kemisk genanvendelse af polymeraffald defineres som enhver oparbejdningsteknologi, der direkte påvirker formuleringen af det polymermateriale eller selve polymeren, og omdanner dem til nyttige produkter såsom monomerer, basiskemikalier og alternative brændstoffer."
(oversat fra engelsk).

Kemisk oparbejdning eller kemisk genanvendelse er flere forskellige teknologier, der er fundamentalt forskellige, men har det tilfælles, at plasten bearbejdes på et kemisk niveau til forskel fra den mekaniske genanvendelse beskrevet i afsnit 5.2.1. Den centrale adskillelse inden for kemisk genanvendelse er af EU-Kommissionen defineret som solventbaseret genanvendelse, depolymerisering og pyrolyse (termisk genanvendelse). Af disse er den mest udviklede pyrolyse, og derfor fokuserer dette kapitel på denne teknologi.

Affaldsrammedirektivets affaldshierarkiet differentierer ikke mellem kemisk og mekanisk genanvendelse. For at illustrere de forskellige roller for kemisk og mekanisk genanvendelse, er kemisk og mekanisk genanvendelse dog indsat i affaldshierarkiet i Figur 5-8. Som det fremgår, er kemisk genanvendelse at se som et trin imellem mekanisk genanvendelse og energiudnyttelse. Dette skyldes, at mekanisk genanvendelse generelt beholder flere af plastens originale karakteristika idet materialet ikke nedbrydes i samme grad i processen, mens kemisk genanvendelse nedbryder plasten til dens monomerer eller endnu mindre bestanddele inden den gensammensættes og er en mulighed for at genanvende plastfraktioner, der ikke vil blive anvendt i den mekaniske genanvendelse. Kemisk genanvendelse kan dermed bidrage til at reducere brugen af behandlingsformerne på de lavere trin i affaldshierarkiet. Miljøstyrelsen har i forbindelse med projektet oplyst, at processer, hvor plast anvendes til produktion af brændsler som f.eks. benzin og diesel ikke betragtes som genanvendelse i Danmark, hvilket ligeledes fremgår af affaldsbekendtgørelsen.



Figur 5-8 Pyramide for plastaffaldshåndtering baseret på BCG (2019)

Teknisk beskrivelse af pyrolyseprocessen

Udtrykket pyrolyse henviser til en termokemisk nedbrydning af organiske materialer forårsaget af ekstern varmetforsyning i fravær af ilt, andre oxidationsmidler eller andre reaktanter.

Afhængig af procestemperatur kan pyrolyse opdeles i følgende kategorier (Quicker, et al., 2014) og (Quicker, 2015):

- Pyrolyse ved lav temperatur (LTP); $T < 500\text{ }^{\circ}\text{C}$,
- Pyrolyse ved medium temperatur (MTP); $500\text{ }^{\circ}\text{C} < T < 800\text{ }^{\circ}\text{C}$,
- Pyrolyse ved høj temperatur (HTP); $T > 800\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Et andet kriterium for at differentiere pyrolyseprocesser er gasopholdstid.

Ved termisk behandling af affald er mellem- og langsomme pyrolysemetoder inden for mellem- og højtemperaturområdet de mest relevante. De produkter, man får ud under disse forhold, er hovedsageligt på gasform. Gassen består hovedsageligt af CO_2 , CO, brint, metan, ethan og ethen. Produkttegenskaber bestemmes af affaldssammensætningen. For eksempel forårsager forskellige dominerende plastfraktioner i inputmaterialet en signifikant ændret sammensætning af produktgassen. En anden vigtig faktor, der har indflydelse på produkterne, man får ud af pyrolyse, er vandindholdet i inputaffaldet (IUT / Leoben, 2019).

Målet for pyrolyseprocessen er rene carbonhydridkæder: $(-\text{CH}_2-)_n$. Mulighederne for dette afhænger af inputmaterialer, som skal have en struktur bestående primært af polyolefiner. Andre plastfraktioner og biomasse indeholder en øget andel af andre elementer (ilt, nitrogen, svovl, klorid), som enten forhindrer direkte dannelse af rene CH_2 -kæder eller markant reducerer indholdet af disse kæder i produktet. Derfor sigter pyrolyseteknologien primært imod at behandle sorterede polyolefiner og kan umiddelbart ikke behandle blandet plast som f.eks. indeholder PET. (IUT / Leoben, 2019).

Når produktolier fra pyrolyse skal bruges som brændstof, skal de opfylde specifikationerne i respektive standarder. For dieselbrændstoffer er dette DIN EN 590, og for benzin er det DIN EN 228. Flere pilotanlæg har produceret produktolier i batchkørsler. Alligevel er kvaliteten af disse olier ikke umiddelbart tilstrækkelig til direkte markedsføring som brændstof. For at opnå de nødvendige produkttegenskaber er efterbehandling, f.eks. hydrogenering, derfor nødvendig.

Centrale udfordringer

De største udfordringer ved pyrolyseteknologien er skala og operationel kompleksitet. Pyrolyse-reaktorer kræver regelmæssig vedligeholdelse, og deres nedetid er kostbar. Et anlæg omfatter typisk flere reaktorer med yderligere enheder opbygget parallelt med hinanden for at øge kapaciteten. Det undersøges som en del af teknologien, om kontinuerlige reaktorer af mindre størrelse er effektive til at forstørre skalaen.

Pyrolyse kræver også en vedvarende og konstant mængde råmateriale af god kvalitet for at fungere effektivt: Dette er en af de største udfordringer ved processen, fordi plasten skal sorteres og rengøres på forhånd for at undgå forurening (dog er rengørings- og behandlingsstandarderne mindre strenge end dem, der kræves ved traditionel oparbejdning).

Fire faktorer er med til direkte at bestemme pyrolysens økonomiske levedygtighed, og de kan variere betydeligt efter region og marked. De inkluderer den mængde plastaffald, der kan håndteres; indkøb og behandlingsomkostninger til råmaterialer; kapacitet og driftsudgifter til pyrolyseanlæg; og potentielle indtægter fra salg af pyrolysegas og -væsker. Derudover er der flere strukturelle og miljømæssige tendenser, der er med til at påvirke disse faktorer og gennemførligheden af pyrolysebaseret oparbejdning på et givent marked (se Figur 5-9).



Figur 5-9 Faktorer der påvirker markedets økonomiske levedygtighed, baseret på BGC (2019)

Eksempler på projekter inden for kemisk oparbejdning

En lang række, også meget store firmaer, har kastet sig over udviklingen af kemisk genanvendelse i de seneste år. I de nedenstående tabeller ses informationer og eksempler på en række udvalgte projekter. Informationerne er primært baseret på virksomhedernes egne oplysninger og forventninger, idet teknologien ikke er færdigudviklet og offentligt kendt.

Navn og sted	Quantafuel (Skive, Danmark)
Beskrivelse	Quantafuel er ved at starte produktion på deres første fuldskalaanlæg i Skive (forventes primo 2020). Anlægget skal kunne behandle 18.000 ton plast om året og producere 15 millioner liter brændstof, primært diesel og en mindre mængde naphta (benzin), gas og tunge olier. Quantafuel arbejder på at optimere deres proces, så der kan produceres en større andel naphta, da dette er ønsket af aftagerne. Processen forventes at have et tab på ca. 10 % til gasformige stoffer, der anvendes til procesvarme på anlægget. I 2019 indgik Quantafuel et partnerskab med BASF, hvor BASF vil modtage alle Quantafuels produkter og anvende disse til produktion af ny plast, der vil være identisk med virgin plast (BASF, 2019). Som inputmateriale kan Quantafuel anvende polyolefiner med mindre urenheder af andet plast og med et indhold på mindre end 5 % kemisk-inert materiale, som sten og glas, og maksimum 5 % vand (Risgaard, 2019). Proceseffektiviteten inklusive den efterfølgende bearbejdning hos BASF til plast og basiskemikalier, f.eks. polyamid(nylon) og ethylen, ligger på omkring 60 % af input til Quantafuel (BASF, 2019). Det er uklart, om dette er effektiviteten for inputplast eller for det samlede input inklusive urenheder.

Yderligere information	https://quantafuel.com/background-of-technology/
------------------------	---

Navn	"ReOil®" Processen – OMV, Østrig (OMV, 2018)
Beskrivelse	ReOil®-processen er baseret på termisk krakning (nedbrydning af større molekyler til mindre gennem opvarmning), en velprøvet raffineringsteknologi, hvorved langkædede kulbrinter krakkes ned i lette kulbrinter med kortere kæder. Denne proces anvender et opløsningsmiddel til at reducere viskositeten af plastinputtet og til at forbedre varmeoverførslen. Det første produktionsanlæg, i laboratorieskala med ca. 5 kg/time, er sat i drift. Et pilotanlæg er under opførelse/planlægning ved Schwechat raffinaderiet i Wien, og skal kunne behandle 100 kg affaldsplast i timen.

Yderligere information	https://www.omv.com/en/blog/reoil-getting-crude-oil-back-out-of-plastic
------------------------	---

Navn	"ChemCycling" processen BASF (BASF, Tyskland)
Beskrivelse	ChemCycling er navnet på en kemisk oparbejdningsteknologi udviklet af BASF. Plasten i denne teknologi bruges til at fremstille syngas eller olier. De resulterende genanvendte råmaterialer kan bruges som input i BASFs produktion. BASF udvikler allerede pilotprodukter, herunder mozzarellaemballage, køleskabskomponenter og isoleringspaneler af materialerne

fra processen i samarbejde med kunder fra forskellige brancher. For eksempel leverer BASF kemisk genanvendt polyamid til Südpack, en producent af filmemballage til fødevarer, der bruger disse materialer til at fremstille flerlagsfilm til en specielt forseglet mozzarella-emballage.

Yderligere information <https://www.basf.com/global/en/who-we-are/sustainability/we-drive-sustainable-solutions/circular-economy/chemcycling.html>

Navn **Neste "Udskiftning af råolie med plastaffald" (Neste, Finland, 2019)**

Beskrivelse Neste undersøger brugen af affaldsplast som råmateriale til brændstoffer, kemikalier og ny plast. Den seneste udmelding var, at målet er at gå videre til et industrielt forsøg i løbet af 2019, der er dog ikke offentliggjort informationer om at dette er lykkedes.

I 2018 blev følgende information offentliggjort på virksomhedens hjemmeside: "Neste, verdens førende producent af genanvendt diesel, UK-baseret kemisk genanvendelsesfirma ReNew ELP ("End-of-Life-Plastics"), og den australske teknologiudvikler Licella går sammen om et udviklingsprojekt til at undersøge potentialet ved at bruge blandet affaldsplast som råmateriale til brændstoffer, kemikalier og ny plast." (oversat fra engelsk).

Yderligere information <https://www.neste.com/companies/products/fossil-fuels/replacing-crude-oil-waste-plastics>

Navn **Indaver "Kemisk genanvendelse af end-of-life plast - Plast2chemicals" (Indaver, Irland, 2019)**

Beskrivelse Affaldshåndteringsfirmaet Indaver har modtaget miljøtilladelse (status: 15.10.2019) til at bygge et demonstrationsanlæg til genanvendelse af 15.000 tons udtjent plast hvert år. Indaver vil behandle de første affaldsstrømme i sommeren 2021. Med sit Plastics2chemicals-projekt har Indaver udviklet en depolymeriseringsteknik til at omdanne plastaffald til basiskemikalier. Under behandlingsprocessen opdeles plasten i mindre kulstofkæder eller monomerer. Polyolefinerne (PE og PP) producerer produkter såsom naphtha. Polystyrenen opdeles i monomerer, der kan anvendes som råmaterialer. Indaver beskriver, at deres proces således leverer nye råvarer med de samme kvaliteter som jomfruelige råvarer. Råvaren skulle herunder også være egnede til fødevareapplikationer. Med installationen af demonstrationsanlægget i Antwerpen skaleres processen fra det nuværende forsøgsanlæg på 2 kg/time til 2 t/time. Det planlægges, at det endelige koncept kan behandle 50 t/time.

Yderligere information

<https://www.indaver.com/ie-en/media-and-downloads/news-detail/press-release-indaver-receives-permit-to-build-a-new-plant-for-the-chemical-recycling-of-end-of-life/>

6. Analyse af værdikæden

I dette kapitel sammensættes analysen af markeder og teknologier for at analysere tre udvalgte scenarier for behandlingen af plastaffald i Danmark.

Analysen består af en sammenligning mellem omkostningerne ved at eksportere plastaffaldet til behandling i udlandet, og tre scenarier for, hvordan en fremtidig behandling af plasten kan foregå i Danmark. Der opstilles business cases for forskellige tilgange til øget behandling i Danmark, og hvilke afvejsninger der kan være til andre hensyn, såsom mål om genanvendelse. De valgte business cases danner grundlag for en beregning af de erhvervs- og samfundsøkonomiske konsekvenser ved øget sortering i Danmark. De cases, der er udvalgt, er baseret på markedskortlægningerne og beskrivelsen af de forhold, der gør sig gældende for de enkelte markeder. I udvælgelsen er der lagt vægt på at illustrere forskelle mellem lav- og højteknologisk sortering, samt forskelle i hvilke typer af polymerer der fokuseres på, særligt hvad angår afvejning mellem høj udsortering og høj renhed af de udsorterede polymerer, samt hvad dette kan betyde for sporbarhed og dokumentation af genanvendelsesinitiativers effekt.

I analysen er der særligt lagt vægt på beskrivelse af forhold for småt plast fra husholdningerne, da det jf. markeds- og teknologikortlægningerne er for disse, der er størst potentiale for en øget dansk behandling af det indsamlet plastaffald.

6.1 Beskrivelse af dagens situation (basisscenarie)

På baggrund af den viden, som er indsamlet i forbindelse med udarbejdelsen af markedsanalysen og teknologikortlægningen, tages udgangspunkt i en basissituation, hvor det blandede plast eksporteres direkte til udlandet. For at beregningerne skal være mest mulig sammenlignelige, antages det, at sammensætningen af fraktionerne er ens for alle scenarier. Analysen baseres på en plastmængde på 50.000 tons årligt, der behandles på et sorteringsanlæg med en tilsvarende kapacitet. Betydningen af sorteringsanlæggets kapacitet undersøges gennem følsomhedsvurderinger, hvor der forudsættes en kapacitet på 17.000 tons, svarende til et mindre sorteringsanlæg med et-holdsskift jf. markedskataloget. I 2017 blev der i Danmark indsamlet 105.000 tons emballageplast og anden plast (eksklusive PVC) til genanvendelse, hvoraf plast fra husholdningerne udgjorde 55.000 tons, hvilket både omfatter større plastelementer fra genbrugspladserne og mindre emner fra husstandsindsamling af plast (Miljøstyrelsen, 2019D). Den husstandsindsamlede plastmængde vurderes i dag at udgøre cirka 37.000 tons, baseret på estimerne i markedskortlægningerne i afsnit 4.3.2 og 4.3.3. Hvis der medregnes dele af mængden indsamlet fra serviceerhverv eller husholdningsplast fra genbrugsstationer, ville mængden dog overstige 50.000 tons (Miljøstyrelsen, 2019D). Der forventes desuden en øget indsamling grundet kommende genanvendelsesmål for husholdningsaffald og plastemballageaffald. Af affaldsfremskrivningen FRIDA fremgår det, at indsamlingen af plast fra husholdninger forventes at stige med cirka 50 procent frem til 2030 (Miljøstyrelsen, 2019F). Der vurderes på den baggrund at være et tilstrækkeligt potentiale for et sorteringsanlæg med en kapacitet på 50.000 ton til håndtering af dansk plastaffald fra husholdningerne. Et sådant anlæg vil udnytte en stor andel af det samlede nationale potentiale, og dermed kan der være en risiko for at kapaciteten i perioder ikke fuldt udnyttes. En kapacitet på 50.000 ton er cirka på størrelse med Swerecs sorteringsanlæg i Sverige.

Analysen baseres på husstandsindsamling af hård og blød plast samlet, da dette er den typiske indsamlingsmetode, og da der samtidig er sket et fald i antallet af kommuner, der kun indsamler hård plast (Affaldskontoret, 2018).

I basisscenariet tages der udgangspunkt i en afsætningspris for hustandsindsamlet plast på 2.300 DKK/t inkl. transport. Denne omkostning er estimeret på baggrund af de afsætningspriser, der er blevet oplyst i forbindelse med projektet. Det skal dog bemærkes, at afsætningspriserne svinger, og at dette til en vis grad er et øjebliksbillede af omkostningerne.

Konsekvenserne af de enkelte scenarier sammenholdes med konsekvenserne ved den nuværende eksport, idet behandlingsgebyret i de enkelte scenarier fastsættes, så omkostningerne for afsætteren af plastaffaldet ikke ændres i forhold til den nuværende situation. Økonomiske besparelser afspejler således en besparelse i forhold til basisscenariet, hvor plasten sorteres på udenlandske anlæg.

6.2 Beskrivelse af fremtidsscenarier

For at belyse de markeds-mæssige potentialer ved en øget national sortering af plast analyseres tre potentielle, fremtidige scenarier for sortering af plasten i Danmark.

Scenarier:

- 1 Scenarie 1 'forsortering': Der foretages en lavteknologisk sortering. Denne sortering har til formål at sikre en så ren plastfraktion som muligt. Ikke-plastelementer bortsorteres og affaldsbehandles i Danmark. Plastfraktionen opdeles i hård og blød plast og eksporteres til yderligere sortering. Udsorteret metal afsættes til videre oparbejdning i udlandet.
- 2 Scenarie 2 'Høj udsortering': Blandet plast sorteres i Danmark og eksporteres til et genanvendelses-anlæg i udlandet. Der sorteres med henblik på høj udsorteringsgrad til genanvendelse fra sorteringsanlægget. Udsorteret metal afsættes til videre oparbejdning i udlandet.
- 3 Scenarie 3 'Høj udsortering af enkelte polymerer': Blandet plast sorteres i Danmark og eksporteres til et genanvendelses-anlæg i udlandet. Der fokuseres på høj udsortering af rene plastfraktioner med høj værdi, mens mixed plastics energiudnyttes i Danmark. Udsorteret metal afsættes til videre oparbejdning i udlandet.

I tillæg til disse tre scenarier foretages i forlængelse af de erhvervsøkonomiske resultater en beskrivelse af mulighederne for at foretage oparbejdning af plasten i Danmark. Denne beskrivelse foretages udelukkende på danske mængder og laves som et tillæg til scenarie 3. Dette skyldes, at det på baggrund af markeds-kortlægningen og dialog med respondenter ikke vurderes, at dansk oparbejdning-kapacitet har en afgørende betydning for den faktiske genanvendelse i Danmark. Det er desuden ikke muligt økonomisk at beskrive et standardanlæg uden et mere konkret anlægsdesign.

Centralt for forskellene mellem scenarie 2 'høj udsortering' og scenarie 3 'høj udsortering af enkelte polymerer' er, at der i scenarie 2 'høj udsortering' er en stor andel plast, der udsorteres som mixed plastics. Det vil sige en ren plastfraktion, der består af forskellige plastpolymerer. I scenarie 3 'høj udsortering af enkelte polymerer' er sorterings-hastigheden lavere, og anlægget skal derfor skaleres større for at sikre en årlig kapacitet på 50.000 tons (hvilket øger investerings- og driftsomkostningerne pr. ton). Til gengæld udsorteres en større andel af de polymerer, der målrettes. Derudover forudsættes det i scenarie 3, at der ikke eksporteres plast i blandede fraktioner som mixed plastics, da det er mere usikkert, hvor meget af denne fraktion der faktisk vil blive genanvendt, og hvordan fraktionen i øvrigt vil blive behandlet. Dette scenarie sikrer herved en bedre sporbarhed for den samlede genanvendelse, men betyder samtidig, at der kommer en større mængde plast til energiudnyttelse (RDF) i Danmark, da mixed plastics ikke eksporteres til videre oparbejdning.

I beregningen af de økonomiske konsekvenser er der taget udgangspunkt i et centralt sorteringsanlæg, der udelukkende sorterer plast. Flere sorteringskoncepter omfatter en sortering af fraktioner, der består af en blanding af flere forskellige materialer, f.eks. plast og metal. I praksis er det sandsynligt, at et sorteringsanlæg, der kan håndtere flere forskellige materialer samlet, vil være mest omkostningseffektivt og muliggøre en bedre tilpasning af sorteringsanlæggets kapacitet til den tilgængelige affaldsmængde. Fokus for denne analyse er dog isoleret set på effekter relateret til håndtering af plast, hvilket medfører, at kun rene plastløsninger er analyseret.

Økonomien i en sorteringsløsning vil afhænge af behandlingstaksten, som sorteringsanlægget kan kræve fra leverandører af plastaffaldet; sorteringsomkostningerne; salgsprisen for de udsorterede plastprodukter; og omkostninger til bortskaffelse af sorteringsrest. Sorteringsresten opgøres i to forskellige fraktioner: en blandet fraktion af plast og ikke-plast elementer til affaldsforbrænding, og plast til energiudnyttelse (RDF). Behandlingstaksten fastsættes af sorteringsanlægget. Det er i beregningerne antaget, at sorteringsanlægget kan sætte et behandlingsgebyr op til det niveau, hvor afsætning til udlandet bliver billigere. Hvis anlægget reguleres ud fra hvile-i-sige-selv regulering, vil behandlingsgebyret skulle fastsættes, så sorteringsanlægget ikke genererer et overskud.

I de enkelte scenarier findes en række grundlæggende forudsætninger, som danner grundlag for vurderingen af de økonomiske konsekvenser i det pågældende scenarie.

Tabel 6-1 Oversigt over anlæg i analysen

	Scenarie 1: Forsortering	Scenarie 2: Høj udsortering	Scenarie 3: Høj udsortering af enkelte polymerer
Anlæg (som beskrevet i teknologikortlægningen)	Lavteknologisk sortering, koncept 2	Højteknologisk sortering, koncept 1	Højteknologisk sortering, koncept 1
Kapacitet (afhængig af skalering) i tons	17.000-51.000	17.000-51.000	17.000-51.000
Måltrettet følgende polymerer	HDPE og PP presset i baller Blandede folier, særligt LDPE presset i baller	HDPE, PP, PET og LDPE	HDPE, PP og PET

Som det fremgår af Tabel 6-2, forudsættes det i scenarie 1, at der kun sker udsortering af blød plast såsom lavkvalitets-LDPE samt udsortering af en blanding af PP, PE og PET. Herudover sker der en udsortering af andet blandet plast (mixed plastics). Alle fraktionerne vil kræve yderligere sortering, før det vil kunne gå til oparbejdning.

Den samlede mængde, der går til videre oparbejdning, er uændret i scenarie 2. Dette skyldes, at scenarie 1 grundlæggende udgør første led i det sorteringsanlæg, der beskrives i scenarie

2. I scenarie 2 foretages en sortering i enkelte polymerer. For LDPE er udsortering til lav kvalitet, da en høj kvalitet af klare og rene polymerer er vanskelig at opnå med udgangspunkt i plastaffald fra husholdningerne.

Scenarie 3 svarer grundlæggende til scenarie 2. Det er dog forudsat, at anlægget opererer ved en lavere hastighed og med flere NIR-scannere, hvorved udsorteringseffektiviteten på enkelte polymerer bliver højere. Der afsættes omvendt ikke plast til videre oparbejdning i blandede fraktioner (mixed plastics). Dette gøres for at sikre et bedre overblik over, hvordan den efterfølgende behandling af plasten foregår, og understøtte en øget genanvendelse til produkter af en relativt højere værdi sammenlignet med genanvendelse af mixed plastics. Mængden, der udsorteres til videre oparbejdning/behandling, er dog mindre.

Den mulige udsortering på fraktioner af polymerer er vurderet på baggrund af Miljøstyrelsen (2019B), beskrivelserne i teknologikortlægningen og oplysninger om udsortering og affaldssammensætning fra de interviewede behandlingsanlæg.

Tabel 6-2 Forudsætning for de udsorterede mængder i total tons for de enkelte scenarier

Effekt	Enheden	Scenarie 1: Forsortering	Scenarie 2: Høj udsortering	Scenarie 3: Høj udsortering af enkelte polymerer
Blandet PET	ton	0	6.000	7.000
HDPE høj renhed	ton	0	4.000	5.000
LDPE lav renhed	ton	9.000	9.000	10.000
Blandet PP/PE/PET	ton	10.000 (PP/PE/PET))	0	0
PP høj renhed	ton	0	5.500	6.000
Mixed plastics	ton	15.000	9.500	0
RDF	Ton	0	0	9.000
Metal	Ton	1.000	1.000	1.000
Til affaldsforbrænding inklusive urenheder.	ton	15.000	15.000	12.000
Andel plast udsortet fra sorteringsanlæg til videre oparbejdning*	%	68 %	68 %	56 %

* Andelen, der udsorteres til videre oparbejdning, svarer ikke til den faktiske genanvendelse. Dels kan der ske en efterfølgende sortering af nogle fraktioner, særlig mixed plastics, hvor nogle elementer vil blive frasorteret. Dels vil der også i plastoparbejdningen blive frasorteret elementer, og der vil være et tab i omsmeltingen af plasten. For den faktiske genanvendelse se Tabel 6-16.

Blandet PET i Tabel 6-2 omfatter en kombination af PET-bakker, PET-flasker og ikke-fødevarer PET. På grund af den høje udsortering af PET-flasker i pant- og retursystemet vurderes der ikke at være et potentiale for udsortering af PET-flasker i en ren fraktion. LDPE er fastsat for alle scenarier som værende af lav renhed, da det er vanskeligt at opnå en høj renhed for LDPE fra blandet plastfraktioner fra husholdningerne. Prisforskellene mellem hhv. blandet PET

og PET-flasker og LDPE i hhv. lav og høj kvalitet fremgår af Tabel 6 3, hvor der fremgår betydelige prisforskelle.

Afsætning af output fra sortering

Efter plastaffaldet er sorteret, afsættes det sorterede plast til virksomheder, der foretager en videreopbejdning af det polymersorterede plast til pellets eller granulat. For scenarie 1 vil det kræve yderligere sortering af plasten, inden denne kan oparbejdes.

I Tabel 6-3 er priser for de enkelte polymerer opgjort, når de afsættes til videre oparbejdning. Udover spændet for priserne, der indikerer den generelle variationen i priserne, skal det også bemærkes, at renhed og sammensætning har betydning for priserne. Effekten på afsætningsprisen følger ikke nødvendigvis faste kategorier og vil blandt andet afhænge af markedssituationen, og i hvilket omfang der er ledig/tilstrækkelig oparbejdningsskapacitet. Kvaliteterne (høj/lav) skal i stedet betragtes som en indikation af betydningen af at kunne sikre sortering til de niveauer for renhed, der efterspørges. Det fremgår af markedskortlægningen, at afsætningen generelt kan være vanskeligere, hvis renheden ikke er tilstrækkelig høj. Betydningen af usikkerhed i afsætningen er ikke direkte afspejlet i priserne, men kan anvendes som en tilnærmelse. Afsætningen vil foregå til forskellige oparbejdningsskapsvirksomheder afhængig af plasttype og renhed.

Tabel 6-3 Afsætningspriser anvendt som forudsætning for beregningerne

Plasttype	Høj salgsværdi (DKK/t)	Mellem salgsværdi (DKK/t)	Lav salgsværdi (DKK/t)
PET blandet	-400	-800	-1.200
PET-flasker	2.200	2.000	1.800
HDPE lav renhed	1.600	800	0
HDPE høj renhed	1.750	1.600	1.450
LDPE lav renhed	-300	-350	-450
LDPE høj renhed	1.500	1.200	900
Blandet PP/PE/PET	500	300	100
PP lav renhed	400	200	100
PP høj renhed	1.150	950	750
Mixed plastics	-1.800	-2.000	-2.300
Til RDF	-300	-350	-450
Til affaldsforbrænding	-300	-440	-600

Kilde: Markedskortlægning for de enkelte plasttyper. Omkostning til affaldsforbrænding er fastsat på baggrund af den gennemsnitlige forbrændingstakst (Dansk Affaldsforening, DI og Dansk Energi, 2019).

Af Tabel 6-3 fremgår det blandt andet, at der er en betydelig prisforskel på PET-flasker og blandet PET. Det danske pant- og retursystem medfører, at dansk plastaffald indeholder en lav andel af PET-flasker, hvilket gør, at PET-flasker ikke i udgangspunktet er økonomisk fordelagtig at udsortere separat. Tysk affald indeholder en højere andel PET-flasker, hvilket med ovenstående priser indikerer en højere værdi af plastaffaldet. Det skal bemærkes, at afsætning af mixed plastics er forbundet med betydelige omkostninger. I det omfang mængden af mixed plastics kan reduceres til fordel for polymer-udsorterede fraktioner, kan det således have en betydelig effekt på økonomien ved afsætning til oparbejdning. Afsætning af RDF til energiuudnyttelse er desuden betydelig billigere end afsætning af mixed plastics til oparbejdning.

Omkostningsforudsætninger for scenarierne

Investeringsomkostningerne afhænger af den konkrete sorteringsteknologi, der anvendes, samt f.eks. hvor mange NIR-scannere, der anvendes på anlægget. Der er derfor en klar sammenhæng mellem den forventede udsorteringseffektivitet og renhed sammenholdt med investeringsomkostningerne. I beskrivelsen af de enkelte sorteringskoncepter i teknologikortlægningen fremgår det, at det lavteknologiske sorteringsanlæg grundlæggende udgør de første

behandlingstrin i et højteknologisk sorteringsanlæg. Dermed udgør investeringsomkostningerne i et lavteknologisk sorteringsanlæg også en delmængde af de samlede investeringsomkostninger for et højteknologisk sorteringsanlæg. Det må dog forventes, at der i anlægsfasen vil kunne opnås visse synergieffekter ved etablering af et højteknologisk sorteringsanlæg, der kan reducere anlægsomkostningerne.

Af Tabel 6-4 fremgår de forudsætninger, der er anvendt til at beregne de økonomiske konsekvenser ved sorteringsanlæggene i de enkelte scenarier. Driftsomkostningerne er fastsat som en omkostning pr. ton behandlet affald. Denne omregnes til en årlig omkostning baseret på omkostningerne ved fuld kapacitet. Investeringsomkostningerne er opgjort som de samlede investeringsomkostninger over anlæggets levetid. Levetiden er fastsat til 20 år, og på den baggrund er investeringsomkostningerne omregnet til en omkostning pr. ton behandlet affald ved fuld kapacitet baseret på en 4 % diskonteringsrate, som svarer til den samfundsøkonomiske diskonteringsrate anvendt af Finansministeriet. Omkostningerne er baseret på oplysningerne fra teknologikortlægningen.

Tabel 6-4 Forudsætninger for omkostninger for sorteringsanlæg

	Enhed	Scenarie 1:	Scenarie 2:	Scenarie 3:
		Forsortering	Høj udsortering	Høj udsortering af enkelte polymerer
Kapacitet	T/år	50.000	50.000	50.000
Driftsomkostninger	DKK/t/år	240	370	426
Investeringsomkostninger (beregnet ved fuld kapacitet i 20 år med 4% diskontering)	DKK/t/år	130	250	288
Samlede investeringsomkostninger	mio. DKK	88	170	196

En øget dansk sorteringskapacitet vil påvirke omkostningerne til transport. I Tabel 6-5 er forudsætningerne for transporten specificeret.

Tabel 6-5 Forudsætninger for transport

	Værdi
Afstand til sortering	110 km
Afstand til affaldsforbrænding	50 km
Transport til oparbejdning	400 km
Køretøjsomkostninger (lastbil 32 ton/70 m³)	8,41 kr./km

Kilde: Miljøstyrelsen (2019B)

6.3 Vurdering af erhvervsøkonomiske konsekvenser ved øget behandling af plast i Danmark

Vurderingen af det erhvervsøkonomiske potentiale fokuserer på det eller de led i værdikæden, som vedrører erhvervsmæssig aktivitet i Danmark, mens led i kæden, som må forventes at foregå i udlandet, ikke medregnes. I vurderingen ses der udelukkende på de direkte finansielle omkostninger og gevinster for de involverede erhvervsparter, som i denne analyse drejer sig om sorteringsanlæg i Danmark. Nedenfor er opstillet de konsekvenser, som opgøres:

- Investeringsomkostninger
- Drifts- og vedligeholdelsesomkostninger
- Salg af materialer
- Bortskaffelse af restprodukter fra sortering
- Gebyr for modtagelse af affald til sortering
- Beskæftigelse.

Et centralt element i etableringen af sorteringsanlæg vedrører investerings- og driftsomkostningerne ved det pågældende anlæg. De faktiske omkostninger vil afhænge af den konkrete sorteringsløsning, herunder hvilke polymerer der målrettes, sorteringseffektiviteten og renhed. Som det fremgår af markedskortlægningen, spiller renheden af inputmaterialet en central rolle for driftsomkostningerne. I denne vurdering er der derfor tale om gennemsnitsbetragtninger, men i følsomhedsanalysen vurderes det, hvordan omkostningerne kan forventes påvirket ved en ændret sammensætning af affaldet. Der foretages desuden følsomhedsberegninger for betydningen for behandlingsomkostningerne, hvis der anvendes mindre anlæg.

Resultatet af analysen udtrykkes i årlige omkostninger (DKK) per ton og sammenholdes med den opnåede genanvendelsesprocent. Markedskortlægningen har tydeliggjort, at valg af renhed og udsorteringseffektivitet i høj grad er markedsbestemte og derfor løbende tilpasses til de konkrete markedsforhold. En højere udsorteringsgrad kan f.eks. sikres ved en langsommere gennemløbshastighed eller flere gennemløb. Dette reducerer omvendt den samlede kapacitet på anlægget. Det økonomiske optimum vil variere med den konkrete affaldsfraktion og afsætningspriser. Der vil dog være grundlæggende forskelle i forhold til, om anlæg optimeres i forhold til driftsøkonomi eller mængde, der udsorteres til genanvendelse. Der kan være situationer, hvor yderligere sorteringsomkostninger ikke modsvarer den ekstra værdi af materiale, der udsorteres. Det kan særligt spille en rolle, hvis der ikke er tilstrækkelig sorteringskapacitet, da det så i højere grad vil være økonomisk optimalt at sikre høj gennemløb på sorteringsanlægget (højere indtægt fra behandlingsgebyret, men mindre udsortering). Spørgsmål om optimering kan også vedrøre teknologi; det kan f.eks. være i forhold til beslutninger om at investere i udstyr til at detektere og udsortere plast farvet med carbon black. Dette er en investering, der i udgangspunktet ikke står mål med værdien af det udsorterede materiale (baseret på dialog med udenlandsk sorteringsanlæg). Teknologien kan på den anden side sikre en højere udsortering. I denne vurdering vil affaldsleverandørens betalingsvilje for en højere udsortering derfor spille en betydelig rolle. I beregningen tages udgangspunkt i, at sorteringsanlægget vil være i stand til at opkræve et behandlingsgebyr, der svarer til 2.300 DKK/t modtaget blandet plastaffald fra husholdningerne inklusive transport. Dette svarer til omkostningen i baseline for eksport af plastaffald til behandling i udlandet. Dermed forudsættes, at etablering af øget dansk sortering i scenarierne ikke medfører ændringer til priserne i markedet. Dette er formentlig ikke fuldt realistisk, og det må forventes, at et eventuelt anlæg vil skulle tilbyde en lavere behandlingstakst for at kunne tiltrække en tilstrækkelig affaldsmængde. Dette vil omvendt medføre en omkostningsreduktion for affaldsproducenten.

Markedsprisen for behandling vil desuden afhænge af konkurrenceforholdet; mængderne, leverandørerne kan tilbyde; og eventuelle krav eller ønsker til behandlingen.

Økonomien og sorteringseffektiviteten i sorteringsanlæggene afhænger ikke kun af den anvendte teknologi, men i høj grad også af, hvordan sorteringsanlægget optimeres. De gennemførte interviews med danske og udenlandske sorteringsanlæg understreger, at der løbende foretages justeringer af behandlingshastighed, renhed og udsorteringsgrad ud fra, hvordan markedet udvikler sig. Det samme gør sig gældende for, hvilken renhed der sorteres til – og særligt hvor meget der udsorteres som blandet plast. Dette er en fraktion, hvor der må forventes et stort efterfølgende tab i genanvendelsesprocessen, da det kun vanskeligt kan genanvendes. Der kan således være konkurrerende hensyn mellem at sikre en høj udsorteringsgrad og en høj renhed af enkelt polymerer. Dette skaber nogle dynamikker, som er vanskelige at værdisætte isoleret set, men kan illustreres gennem de tre scenarier.

6.3.1 Resultater

Den erhvervsøkonomiske analyse af hver af de tre analyserede scenarier viser en overordnet positiv gevinst som følge af en øget national sortering af plastaffald. Dette betyder, at i alle tre scenarier kan behandlingsgebyret, der på baggrund af de nuværende omkostninger ved eksport af plastaffald er forudsat til at være 2.300 DKK/t inklusive transport, dække omkostningerne til sortering i Danmark inkl. afsætning af elementer udsorteret til videre oparbejdning og bortskaffelse af sorteringsrest. Transportomkostningerne til et dansk sorteringsanlæg er ca. 300 kr. pr. ton, hvorved indtægterne isoleret fra behandlingsgebyret er ca. 2000 kr./ton. Som det fremgår af Tabel 6-6, er alle tre scenarier forbundet med en erhvervsøkonomisk gevinst, der dog afhænger af behandlingsgebyret, idet selve behandlingen og afsætning af materialer efter sorteringen er forbundet med omkostninger. Gevinsten er størst for scenarie 3 'høj udsortering af enkelte polymerer'.

Tabel 6-6 Oversigt over business casen for de enkelte scenarier opgjort som årlige gevinster i 2019-priser

Effekt	Enhed	Scenarie 1: Forsortering	Scenarie 2: Høj udsortering	Scenarie 3: Høj udsortering af enkelte polymerer
Indtægt fra behandlingsgebyr*	mio. DKK/år	115	115	115
Transport til sortering	mio. DKK/år	-17	-17	-17
Investering	mio. DKK/år	-12	-19	-22
Drift	mio. DKK/år	-12	-19	-21
Salg af materiale fra sortering	mio. DKK/år	-36	-11	10
Samlet resultat	mio. DKK/år	38	49	65

Note: De økonomiske konsekvenser af de enkelte scenarier er opgjort i forhold til konsekvenserne ved eksport til udlandet. Økonomiske gevinster afspejler således en gevinst i forhold til eksport, hvor plasten sorteres på udenlandske anlæg. Behandlingsgebyret der kan opkræves, afspejler indirekte de alternative omkostning ved eksport.

**Det nødvendige behandlingsgebyr for break-even er specificeret i Tabel 6-7. Det mulige behandlingsgebyr er beregnet på baggrund af omkostningerne ved afsætning til udlandet.*

Afsætningen af materialer består både af afsætningen af de materialer, der sorteres efter, men også afsætningen af øvrige plast og ikke-plastelementer, der findes i fraktionen, der sorteres. Samlet set er der fire outputstrømme:

- Polymerer, der sorteres efter (positiv afsætningsværdi)
- Rejekt til affaldsforbrænding (negativ afsætningsværdi)
- Blandet plast til energiudnyttelse, RDF (negativ afsætningsværdi)
- Afsætning af mixed plastics til genanvendelse (negativ afsætningsværdi)

Det ses desuden, at tiltag til at øge udsorteringen af polymerer i kombination med afsætning af blandet plast til RDF kan være med til at forbedre sorteringsøkonomien (forskelle mellem scenarie 2 og 3). Dette skyldes dels højere afsætningspris for det udsorterede plast for enkelte polymerfraktioner, dels lavere omkostninger til afsætning af blandede plastfraktioner til energiudnyttelse end til videre oparbejdning.

På trods af det positive erhvervsøkonomiske resultat er selve sorteringsaktiviteten dog forbundet med omkostninger.

Som det fremgår af Tabel 6-6, består en betydelig del af det økonomiske resultat for sorteringsanlæggene af indtægter fra modtagelse af affald, hvilket svarer til behandlingstaksten. Hvis der ses bort fra indtægterne fra behandlingsgebyret, fremgår omkostningerne pr. ton affald, som sorteringsanlæggene håndterer af Tabel 6-7. Det fremgår, at omkostningerne er ca. 1.200 DKK/t for det dyreste scenarie og 700 DKK/t for det billigste (svarende til den nødvendige behandlingstakst for break-even), hertil vil der desuden komme transportomkostninger. Dette betyder dermed, at indtægterne fra salg af plast til videre genanvendelse ikke kan modsvare omkostningerne til sortering og bortskaffelse af restprodukter fra sorteringen. Omkostningen er dog i alle scenarier betydelig lavere end affaldsproducenternes nuværende omkostninger til behandling til sortering i udlandet, der vurderes at være 2.300 DKK/t inklusive transport. Affaldsproducenterne vil også skulle betale for transport til sortering i Danmark. Når transportomkostninger til dansk sorteringsanlæg på ca. 300 kr./t fraregnes, giver det mulighed for at kræve en behandlingstakst på 2.000 kr. eksklusive transport. Herved bliver affaldsproducentens omkostninger til behandling af det blandet plastaffald ens ved behandling i Danmark og i udlandet. Dette giver mulighed for en relativ besparelse i scenarierne svarende til mellem 700 DKK/t og 1.300 DKK/t. Ved en øget behandlingskapacitet må det forventes, at behandlingstaksten vil skulle reduceres for at tiltrække tilstrækkelige affaldsmængder. Herved vil behandlingsanlæggets fortjeneste blive reduceret, men affaldsproducenternes omkostninger til behandling vil blive tilsvarende reduceret.

Af den mængde, der sorteres på anlæggene, er det kun en del, der bliver udsorteret som plast til videre behandling. For bedre at kunne sammenligne effektiviteten i scenarierne i forhold til mængden af plast, der udsorteres i de enkelte scenarier, fremgår omkostningerne pr. ton udsorteret plast for hvert af scenarierne ligeledes af Tabel 6-7.

Tabel 6-7 Omkostninger til plastsortering opgjort som den nødvendige behandlingstakst for, at sorteringsanlægget kan give overskud, omkostning pr. ton udsorteret materiale og sorteringsanlægs fortjeneste ved en behandlingstakst på 2.000 DKK/t. svarende til en samlet omkostning på 2.300 kr. inkl. transport for affaldsproducenten.

	Scenarie 1: Forsortering	Scenarie 2: Høj udsortering	Scenarie 3: Høj udsortering af enkelte polymerer
Nødvendigt behandlingstakst for break-even (betaling pr. ton blandet plastaffald, der ankommer til sortering eksklusive transport)	1.200	1.000	700
Samlet fortjeneste pr. ton behandlet ved behandlingstakst på 2.00 DKK/t ekskl. transport	700	1.000	1.300
Omkostning pr. ton plast, der udsorteres til genanvendelse, ikke indregnet behandlingstakst*	1.800	1.500	1.200

*Dette er ikke en takst der betales, men illustrerer den relative omkostning pr. udsorteret ton plast i de enkelte scenarier.

Af ovenstående tabel fremgår det, at den nødvendige behandlingstakst pr. ton er højest i scenarie 1, hvor der kun laves forsortering, og lavest i scenarie 3, hvor der er høj udsortering af enkelte polymerer. Af Tabel 6-6 fremgår det, at resultatet opstår som følge af to effekter. Dels kommer der øgede indtægter fra salg af genanvendeligt plast, hvilket skyldes, at en større andel udsorteres som rene polymer, og de betydelige omkostninger til afsætning af mixed plastics reduceres. I modsat retning trækker de øgede investerings- og driftsomkostningerne i scenariet. Samlet er der dog tale om en økonomisk gevinst for anlægget at have høj udsortering af rene polymerer. Scenariekørsler viser, at et modificeret scenarie 3, hvor der sorteres til mixed plastics frem for RDF, samlet vil være forbundet med højere omkostninger end scenarie 2.

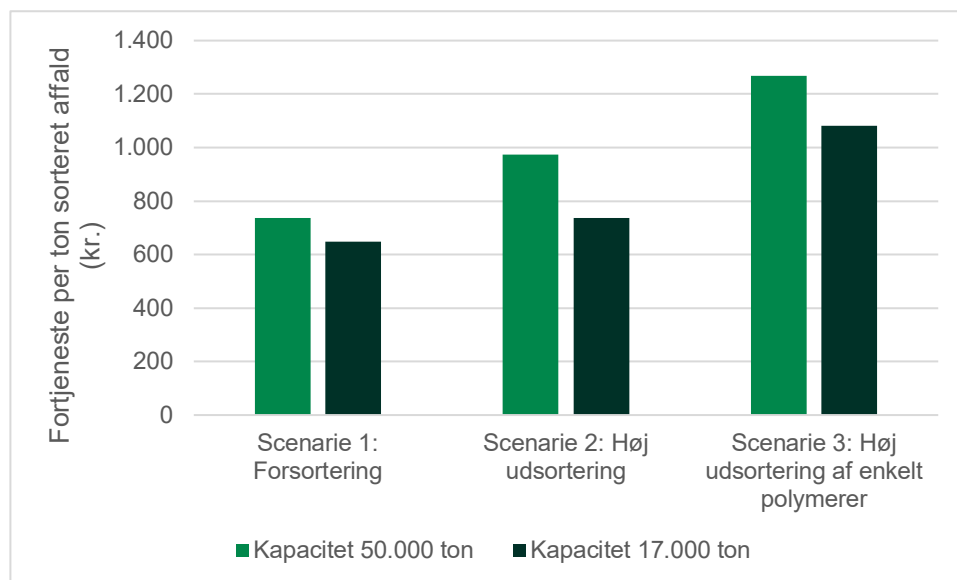
Denne vurdering forudsætter, at anlægget er på fuld kapacitet og frit kan optimere driften i forhold til økonomi. Hertil kommer desuden risikotillæg, som indlægges i udbudsprisen grundet ønsker fra kommuner, f.eks. fastprisaftaler eller kontraktlængde. Det har ikke været muligt at fastsætte værdien af disse forhold, der på forskellig vis kan påvirke de faktiske omkostninger og indtægter. Det skal desuden fremhæves, at mulighederne for at fastsætte behandlingsgebyret afhænger af konkurrenceforholdene. Dette udgør en betydelig usikkerhed, og der bør derfor være særlig opmærksomhed på, hvor stort et behandlingsgebyr der er nødvendigt for break-even. I vurderingen af de enkelte scenarier er desuden ikke vurderet omkostninger til finansiering.

Det kan ligeledes bemærkes af Tabel 6-7, at den nødvendige behandlingstakst overstiger den gennemsnitlige behandlingstakst for affaldsforbrænding på 440 kr./ton (Dansk Affaldsforening, DI og Dansk Energi, 2019). Hertil kommer typisk højere indsamlingsomkostninger for plastaffald relativ til restaffald. Dette betyder, at affaldsforbrænding for blandet plastfraktioner typisk vil være billigere end genanvendelse i alle scenarierne. Dette kan særligt for servicevirksom-

heder med blandt plastaffald være en barriere for at øge genanvendelsen. For husholdningerne er omkostningen bestemt af de ordninger kommunen tilbyder og prisen påvirker ikke i samme omfang den enkelte husholdnings sorteringsbeslutning.

Vurderingen er foretaget for plastaffald alene. Den nuværende indsamling af plastaffald fra husholdningerne foregår, særligt for en-familieboliger, i stor udstrækning som kombineret indsamling med andre affaldsfraktioner (Affaldskontoret, 2018). Dette kan påvirke de økonomiske resultater, da et sorteringsanlæg i givet fald vil skulle kunne håndtere forskellige sammenblandinger af metal og andet materiale, eller der alternativt først skal finde en forsortering sted.

Størrelsen på sorteringsanlæggene er af afgørende betydning for behandlingsomkostningerne pr. ton. Hvis anlæggsstørrelsen i stedet fastsættes til 17.000 tons, ændres omkostningerne pr. ton. Af Figur 6-1 fremgår det, at rangeringen af scenarierne forbliver den samme, hvis der antages en lille sorteringskapacitet. Det ses dog, at forskellen mellem scenarie 1 og 2 bliver mindre, og lavteknologisk sortering dermed bliver mere konkurrencedygtig. Det fremgår desuden, at alle scenarierne forsat medfører en reduktion i omkostningerne pr. sorteret ton relativ til omkostningerne for basisscenariet ved eksport til udlandet.



Figur 6-1 Fortjeneste pr. ton sorteret på dansk anlæg, afhængig af årlig kapacitet på sorteringsanlæg (DKK/t/år)

Af Figur 6-1 fremgår det, at en reduktion i behandlingskapaciteten med ca. 2/3 vil øge behandlingsomkostningerne med ca. 200-400 DKK/t. Dette vil direkte påvirke den nødvendige behandlingstakst i Tabel 6-7 i opadgående retning.

Der kan være et potentiale for en udvidet oparbejdningsindustri i Danmark, men en vurdering af dette potentiale afhænger af mængden af de konkrete polymerer typer der er til rådighed og specificeringen af anlægget. I forhold til oparbejdning af plast, der kommer fra blandede fraktioner fra husholdningerne, er den største udfordring at sikre tilstrækkelige mængder. Det fremgår, at selv i det scenarie, hvor der udsorteres flest rene polymerer, udsorteres der maksimalt 10.000 ton af en bestemt polymer. Det vil være vanskeligt at sikre en hensigtsmæssig økonomi for et anlæg af denne størrelse, til behandling af plast fra husholdningerne. Et sorteringsanlæg med en høj udsortering af rene polymerer vil dog bedst kunne understøtte etableringen af et oparbejdningsanlæg. Mulighederne vil dog afhænge af de konkrete forhold og eventuelle muligheder for import af polymerer til oparbejdning.

6.3.2 Beskæftigelse

Der er i opgørelsen af beskæftigelsen relateret til scenarierne vurderet de direkte beskæftigelseseffekter fra sortering i scenarierne samt øvrig beskæftigelse ved indsamling mv. En øget beskæftigelse i en sektor vil have afledte effekter i andre sektorer, både fra ændringer i udbuddet af arbejdstagere og fra ændringer i det samlede forbrug. Beskæftigelsen beregnes som den direkte effekt i forbindelse med håndteringen af plastaffaldet. Der beregnes ikke beskæftigelseseffekter i forbindelse med ændret transport, da det i høj grad må forventes, at den øgede transport til sorteringsanlægget og videre til oparbejdning vil blive modsvaret af et tilsvarende fald i det nuværende transportarbejde til udenlandske sorteringsanlæg.

Det skal desuden bemærkes, at beskæftigelsesbehovet vil afhænge af sammensætning og fejlsorteringer i det plastaffald, der behandles på anlægget (renhed af input). Dette påvirker direkte sorteringshastigheden på anlægget og dermed antallet af anlæg eller arbejds-skift på et anlæg for at behandle en givet mængde. Baseret på interviews vurderes renheden af output fra sorteringsaktivitet i sig selv at være af mindre betydning for beskæftigelsen, da denne i højere grad vil være afhængig af den valgte teknologi. Ændringen i affaldsbehandlingen vurderes ikke at medføre ændringer for den nationale strukturelle ledighed. Regionalt vil der dog kunne finde en jobskabelse sted. Estimerne for beskæftigelse på sorteringsanlæggene er baseret på vurdering i teknologikortlægningerne. Den direkte beskæftigelse på anlæggene vil variere på tværs af de enkelte scenarier. For hvert scenarie antages desuden tre administrative medarbejdere.

Tabel 6-8 Estimat for antal beskæftigede på sorteringsanlæg i de enkelte scenarier

	Scenarie 1: Forsortering	Scenarie 2: Høj udsortering	Scenarie 3: Høj udsortering af enkelte polymerer
Antal beskæftigede på sorteringsanlæg	15	22	26
Beskæftigelse pr. 1.000 ton behandlet på sorteringsanlæg	0,3	0,4	0,5

Note: Estimerne er baseret på erfaringer indsamlet i forbindelse med fastsættelse af sorteringskoncepterne i teknologikortlægningen. For scenarie 3 er antaget 20 procent øget beskæftigelse i forhold til scenarie 2. For alle scenarier er antaget tre administrative medarbejdere. Estimerne for den direkte beskæftigelse på sorteringsanlæggene i Tabel 6-8 er lidt højere end tidligere estimer fra Miljøstyrelsen (2013), hvor de samlede beskæftigelseseffekter estimeres, og hvor sortering på sorteringsanlæg vurderes at bidrage til ca. 0,2 beskæftigede per 1.000 ton.

Beskæftigelsen på sorteringsanlægget udgør kun en del af den samlet beskæftigelse ved genanvendelse af plastaffald. For at vurdere den samlet beskæftigelse ved behandling af plast fra husholdningerne tages udgangspunkt i en tidligere udarbejdet rapport om beskæftigelseseffekter i affaldssektoren (Miljøstyrelsen, 2013). Det skal bemærkes, at denne beskæftigelse ikke direkte opstår fra øget sorteringsaktivitet i Danmark, da der i scenarierne ikke forudsættes en ændring i indsamlingen. Ved at sammenholde case 1A og 1B fra Miljøstyrelsen (2013) kan genanvendelseseffekten fra øget genanvendelse af husholdningsplast estimeres. Dette inkluderer beskæftigelseseffekter knyttet til indsamling, reduceret affaldsforbrænding og afledte erhverv. Ved at sammenholde beskæftigelseseffekterne og genanvendelseseffekterne beregnes de direkte beskæftigelser at være 0,9 årsværk pr. 1.000 ton. Hvis indirekte effekter inkluderes, estimeres de samlede beskæftigelses effekter til 2,0 årsværk pr. 1.000 ton.

Tabel 6-9 Vurdering af beskæftigelseseffekter af øget genanvendelse af plast opgjort som årsværk pr. 1.000 ton

	Scenarie 1: Forsortering	Scenarie 2: Høj udsortering	Scenarie 3: Høj udsortering af enkelte polymerer
Direkte og indirekte beskæftigelse pr. 1.000 ton husholdningsplast indsamlet (uden danske sorteringsanlæg)	2,0	2,0	2,0
Beskæftigelse pr. 1.000 ton på sorteringsanlæg	0,3	0,4	0,5
Samlet beskæftigelse pr. 1.000 ton	2,3	2,4	2,5

Note: Den samlede beskæftigelseseffekt omfatter også beskæftigelse i forbindelse med eksisterende indsamling af plast til genanvendelse

En øget dansk industri til oparbejdning af plast kan bidrage til øget beskæftigelse i følgeerhverv, og der vil kunne opstå erhvervssamarbejder til at finde anvendelse af plastfraktioner. Plast er dog et internationalt handlet produkt, og yderligere oparbejdning vil være nødvendig for, at den genanvendte plast kan indgå i ny produktion. Fra interviews med aktørerne fremgår det ikke som en barriere for anvendelsen af genanvendt plast i dansk produktion, at oparbejdningen finder sted i udlandet. På den baggrund kan det ikke forventes, at en øget udsortering i Danmark i sig selv vil føre til en betydelig højere økonomisk aktivitet for danske aftagere af genanvendt plast. Med en større del af værdikæden i Danmark er det dog muligt, at der bedre vil kunne udvikles samarbejder på tværs af værdikæden. Effekterne af dette er ikke vurderet i ovenstående.

6.3.3 Provenueffekter ved øget national sortering af plast

En øget national sorteringskapacitet af plast medfører, at bortsorteret materiale udsorteres i Danmark frem for at blive eksporteret til udlandet i forbindelse med, at plastaffaldet eksporteres til udlandet for sortering. Den heraf følgende øgede affaldsbehandling i Danmark har direkte provenumæssige effekter, da en øget affaldsbehandling i Danmark vil medføre ændringer i provenuet fra danske affaldsskatter. Opgørelsen af provenueffekterne er opgjort som de direkte provenueffekter fra øget udsortering. Afledte effekter på import og eksport af affald til affaldsforbrænding vurderes således ikke.

Plastgenanvendelsesaktiviteterne er udelukkende underlagt den generelle beskatning. De ikke-genanvendelige restprodukter, herunder plast- og ikke-plastfraktioner, antages at gå til affaldsforbrænding. Dette medfører øgede provenuindtægter til staten fra affaldsvarmeafgiften og tillægsafgiften på affaldsforbrænding. Skattebetalingen foretages indirekte af sorteringsanlægget i forbindelse med betaling for afsætning af materiale til affaldsforbrænding. Der er i dag en betydelig import af affald til affaldsforbrænding for at udnytte den eksisterende nationale forbrændingskapacitet. Et tiltag, der øger mængden af affald, der affaldsforbrændes i Danmark, vil alt andet lige kunne medføre en reduktion i de importerede affaldsmængder. Effekten vil dog afhænge af, hvordan overskudskapaciteten og importerede affaldsmængder udvikler

sig over tid, og er ikke vurderet her. En eventuel reduceret import vil reducere de samlet provenueffekter. På sigt vil behandlingsmulighederne for restaffald kunne ændre sig, hvilket vil kunne påvirke omkostningerne ved bortskaffelse. Dette er ikke vurderet i dette projekt.

Beregningen af provenueffekterne er baseret på afgiftssatserne i 2019 for affaldsforbrænding, som fremgår af nedenstående tabel.

Tabel 6-10 Satser til beregning af provenuvirkninger

Afgift	Enhed	Afgiftssats	Kilde
Tillægsafgift	DKK/GJ varme fra affald	31,8	(Skatteministeriet, 2015)
Affaldsvarmeafgift før fradrag	DKK/GJ varme fra affald	46,3	(Skatteministeriet, 2015)
Affaldsvarmeafgift efter fradrag	DKK/GJ varme fra affald	19,8	(Skatteministeriet, 2015)
Ændrede energiafgifter på varme-produkt fortrængt af affaldsvarme	DKK/GJ varme fra affald	-37	(Miljøstyrelsen, 2019B)
CO ₂ -kvoter	DKK/t CO ₂	119	(Energistyrelsen, 2019)
Brændværdi plast	GJ/t	11	(Miljøstyrelsen, 2019B)
Brændværdi andet affald	GJ/t	35	(Miljøstyrelsen, 2019B)

På baggrund af ovenstående data beregnes den samlet provenueffekt for de enkelte scenarier.

Alle scenarier medfører øgede provenueffekter, jf. nedenstående Tabel 6-10. Dette skyldes, at den danske stats øgede provenuindtægter fra affaldsforbrænding overstiger provenuet fra energiafgifterne på den energiproduktion, der fortrænges som følge af øget energiproduktion fra affaldsforbrænding. Der forudsættes en alternativ energiproduktion bestående af 26 procent gas, 9 procent olie, 32 procent vind og 33 procent biomasse (Miljøstyrelsen, 2019B).

Tabel 6-11 Skatteprovenu ved øget oparbejdning af affaldsfraktioner i Danmark

Effekt	Enhed	Scenarie 1: Forsortering	Scenarie 2: Høj udsortering	Scenarie 3: Høj udsortering af enkelte polymerer
Ændret energiproduktion fra affaldsforbrænding og RDF i Danmark*	GJ	177.600	177.600	455.000
Ændret affaldsvarmeafgift (efter fradrag)	Mio. DKK	3	3	7
Ændret tillægsafgift	Mio. DKK	6	6	14
Reducerede afgifter på øvrig varmeproduktion	Mio. DKK	-5	-5	-12
Samlet skatteprovenuændring	Mio. DKK	3	3	9
Køb af CO ₂ -kvoter**	Mio. DKK	3	3	5

*Den øgede danske energiproduktion fra affaldsforbrænding opstår fra afbrænding af sorteringsrest fra danske sorteringsanlæg. Dette består af fejlsorterede materialer, der ikke er af plast, samt plastmaterialer, der ikke er udsortet til genanvendelse.

** Virksomheders køb af CO₂-kvoter medfører en indtægt for den danske stat.

6.4 Følsomhed

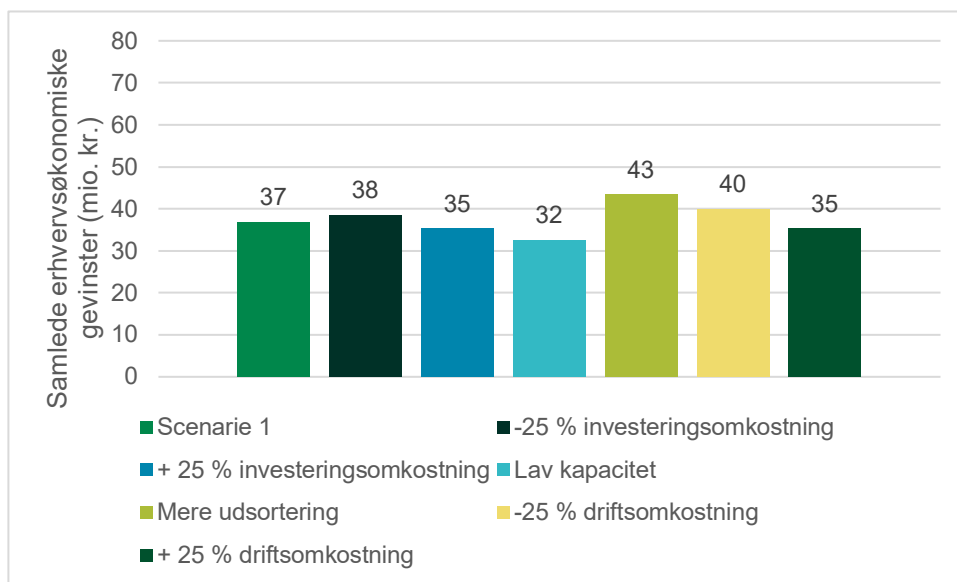
For at vurdere betydningen af de forudsætninger, som beregningen af de enkelte business cases bygger på, er der gennemført følsomhedsanalyser af en række parametre, der kan have særlig betydning for resultaterne. Der er lavet en følsomhedsanalysen af følgende parametre:

- +/- 25% kapitalomkostninger per ton: 25 procent højere/lavere investeringsomkostninger per ton processeret plastaffald
- +/- 25% driftsomkostninger: 25 procent højere/lavere omkostninger til drift og vedligeholdelse
- Lav kapacitet
- Mere udsortering: 20 procent højere udsortering af plastpolymerer.

Det fremgår af nedenstående Figur 6-2, Figur 6-3 og Figur 6-4, at det på tværs af scenarierne er de samme faktorer, der spiller en særlig stor rolle for resultaterne. Dette omfatter særligt en lavere kapacitet for de enkelte anlæg. Hvis der forudsættes en anlægsstørrelse på 17.000 tons, øges både investerings- og driftsomkostningerne pr. behandlet ton, som det fremgår af teknologikortlægningen. Der tages udgangspunkt i forudsætningerne for drifts- og investeringsomkostningerne fra Tabel 5-2 og Tabel 5-4 i teknologikortlægningen. Driftsomkostninger fastsættes herved til 370, 550 og 630 DKK/t for hhv. scenarie 1, 2 og 3 (scenarie 3 beregnes på baggrund af scenarie 2). Tilsvarende fastsættes investeringsomkostningerne til hhv. 55, 130 og 150 mio. DKK. Der sikres omvendt lavere indsamlingsomkostninger.

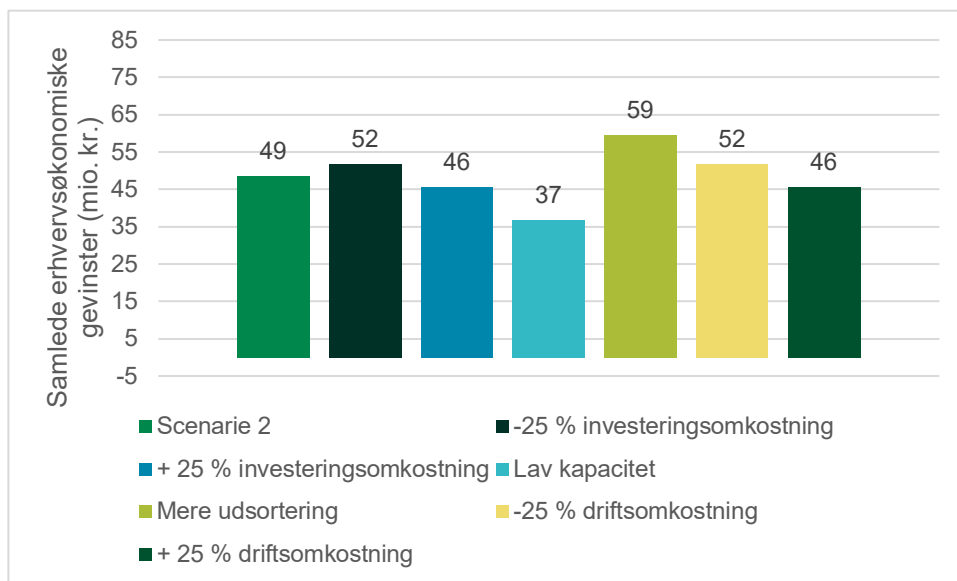
En højere udsortering af de plasttyper, som sorteringen er målrettet, vil omvendt medføre en betydelig forbedret driftsøkonomi i de enkelte scenarier. Det skal dog bemærkes, at dette er under forudsætning af, at der kan opnås en 20 procent højere udsortering, uden at sorteringsomkostningerne stiger tilsvarende. Dette kan give en indikation af betydningen af, at f.eks. andelen af ikke-plastholdige materialer til plastsortering reduceres. Det kan desuden bemærkes, at ændringer i drifts- og investeringsomkostninger har nogenlunde den samme betydning for de samlede økonomiske gevinster for alle scenarier.

Af Figur 6-2 fremgår, at særlig lav kapacitet har betydning for resultaterne i scenarie 1. Investerings- og driftsomkostningerne har omvendt meget lille betydning for det samlede resultat.



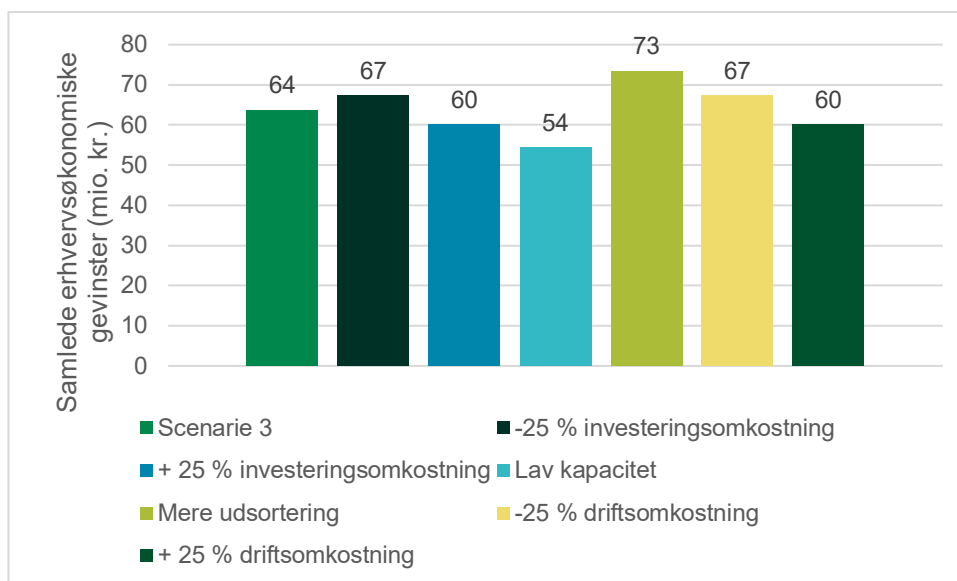
Figur 6-2 Følsomhedsanalyse på erhvervsøkonomiske omkostninger for scenarie 1, forsortering

Af Figur 6-3 ses, at betydningen af de enkelte følsomheder i scenarie 2 svarer til scenarie 1. De resultatmæssige udsving er dog større. Ved lav kapacitet kan det således bemærkes, at resultaterne for scenarie 1 og 2 næsten er ens.



Figur 6-3 Følsomhedsanalyse på erhvervsøkonomiske omkostninger for scenarie 2, høj udsortering

Af Figur 6-4 fremgår følsomhedsresultaterne for scenarie 3. Hvis resultaterne sammenholdes med følsomhedsresultaterne for scenarie 1 og 2, fremgår det, at resultaterne for dette scenarie er mere positive for alle følsomheder. Det fremgår desuden, at udsvingene i følsomhederne er på niveau med udsvingene i scenarie 2.



Figur 6-4 Følsomhedsanalyse på erhvervsøkonomiske omkostninger for scenarie 3, høj værdi.

I forlængelse af følsomhedsberegningerne skal det desuden fremhæves, at resultaterne i høj grad afhænger af den behandlingstakt sorteringsanlægget kan kræve for behandling af plastaffaldet. Betydning af behandlingstakten og den nødvendige behandlingstakt for break-even er præsenteret selvstændigt Tabel 6-7, da dette bedre illustrere betydningen af behandlingstakten.

6.5 Samfundsøkonomisk vurdering

Den samfundsøkonomiske analyse kortlægger fordele og ulemper ved en given ændring i dagens situation. I modsætning til den erhvervsøkonomiske analyse opgøres omkostninger og gevinster som den samfundsøkonomiske værdi af de respektive omkostninger og gevinster. Dette vil sige, at overførsler mellem aktører ikke indgår i den samfundsøkonomiske analyse. Mest betydende så indgår afgifter ikke, da dette blot er en overførsel mellem aktører. Alle omkostninger opgøres desuden i markedspriser. Virksomhedernes faktorpriser er dermed justeret med nettoprisfaktoren for at sikre, at alle priser er sammenlignelige.

6.5.1 Klimaeffekter

Den øgede behandling af plastaffald i Danmark medfører klimaeffekter, der særligt opstår, da der inden for Danmarks grænser sker en ændring i behandlingen af affald. Ved en øget energiproduktion fra afbrænding af sorteringsrester reduceres behovet for anden energiproduktion. Dette medfører en reduktion i anden marginal energiproduktion. Der opstår omvendt øget udledning fra afbrænding af sorteringsrester og evt. RDF. En stor del af det affald, der i dag importeres til affaldsforbrænding, importeres som RDF (Copenhagen Resource Institute, 2017). I praksis vil en øget dansk produktion af RDF således kunne medføre en reduceret import. I det følgende behandles udelukkende de direkte effekter, og eventuelle forskydninger i den øvrige affaldsbehandling inkluderes således ikke.

Klimaeffekten fra energiproduktion, som følge af øget national sortering af plastaffald, opstår som følge af to parametre:

- Ændret affaldsforbrænding
- Ændret anden energiproduktion.

Klimaeffekterne er vurderet på baggrund af forudsætningerne i nedenstående Tabel 6-12. Beregningen omfatter ændringer i udledningen af klimagasser på dansk territorium.

Tabel 6-12 Forudsætninger for vurdering af klimaeffekter

Påvirkning	Enhed	Størrelse
Fortrængt energi ved øget affaldsforbrænding	Kg CO ₂ e/GJ	45
RDF	Ton CO ₂ e/ton	3,6
Sorteringsrest	Ton CO ₂ e/ton	0,8

Note: Forudsætninger baseret på (Miljøstyrelsen, 2019B). CO₂ fra sorteringsrest er beregnet som andel fossil CO₂ baseret på andel af plast i sorteringsresten.

Tabel 6-13 viser, at scenarie 3 vil stå for den største udledning af klimagasser, mens udledningen i scenarie 1 og 2 er mere begrænset. Den relativt store forskel skyldes en øget udledning af klimagasser fra ændret afbrænding af RDF i scenarie 3. Det er væsentligt at bemærke, at den nationale afgrænsning i den samfundsøkonomiske analyse og beslutningen om ikke at eksportere plast i blandede fraktioner i scenarie 3 derved bestemmer resultatet. I basisscenariet, scenarie 1 og scenarie 2 foregår en del af behandlingen og derved udledningen af klimagasser i udlandet. Effekterne på udledningen af klimagasser i udlandet er ikke vurderet og vil afhænge af, i hvilket omfang affaldet afbrændes og energiudnyttes, herunder energieffektiviteten på anlæggene. Danske affaldsforbrændingsanlæg har en relativ høj energieffektivitet, og det

kan derfor forventes, at scenarierne i et globalt perspektiv vil medføre reduktioner i den samlede udledning af CO₂e. Dette vil dog kræve en nærmere analyse af, hvordan sorteringsresten affaldsbehandles i udlandet og hvilken alternativ energi der fortrænges i udlandet.

Tabel 6-13 Udledning af klimagasser i Danmark

	Enhed	Scenarie 1: Forsortering	Scenarie 2: Høj udsortering	Scenarie 3: Høj udsortering af enkelte polymerer
Udledning af klimagasser fra ændret anden marginal energi	Ton CO ₂ e/år	-8.000	-8.000	-19.000
Udledning af klimagasser fra ændret afbrænding af RDF	Ton CO ₂ e/år	0	0	32.000
Udledning af klimagasser fra ændring i affaldsforbrænding af sorteringsrest	Ton CO ₂ e/år	22.000	22.000	11.000
Samlet ændring	Ton CO₂e/år	14.000	14.000	24.000

Note: Det bør bemærkes, at ændringen i udledningen af klimagasser overvejende skyldes en øget energiudnyttelse af affald i Danmark frem for i udlandet. Klimabelastningen uden for Danmarks grænser er ikke vurderet, men må forventes at blive reduceret.

6.5.2 Samfundsøkonomiske resultater

De samfundsøkonomiske konsekvenser af øget sortering fremgår af Tabel 6-14, hvor de årlige omkostninger og gevinster er opgjort. Alle scenarier fører til samfundsøkonomiske gevinster i forhold til basisscenariet, hvor affaldet sendes til sortering i udlandet. Det fremgår desuden, at de største samfundsøkonomiske gevinster sikres i scenarie 3, hvilket skyldes, at den højere samlede værdi af output fra sorteringsanlægget overstiger de øgede sorteringsomkostninger til bedre udsortering.

De samfundsøkonomiske resultater er, ligesom de erhvervsøkonomiske resultater, opgjort som konsekvenserne relativt til at sende plastaffald til udlandet til sortering. De samfundsøkonomiske resultater skal derfor tolkes som effekten i forhold til den nuværende behandling. Det kan på baggrund af resultaterne ikke vurderes, om øget genanvendelse af plast i sig selv er forbundet med samfundsøkonomiske gevinster. Dette skyldes, at resultaterne udelukkende beskriver en ændring i den nuværende behandling af plast indsamlet til genanvendelse. Ændringerne i genanvendelsen er således også udelukkende i forhold til en ændring i den nuværende behandling af plast til genanvendelse.

Det skal bemærkes, at alle resultaterne er opgjort i markedspriser. I den erhvervsøkonomiske analyse er dele af resultaterne i faktorpriser (dvs. f.eks. ude moms). Alle resultaterne er omregnet til markedspriser, så resultaterne er sammenlignelige i et samfundsøkonomisk perspektiv. Omkostningerne ved energiudnyttelse af affaldet er desuden opgjort som omkostningen for samfundet. Dette betyder blandt andet, at afgifter ikke indgår i fastsættelsen af omkostningerne for afbrænding af de enkelte restfraktioner.

Tabel 6-14 Resultater af den samfundsøkonomiske analyse. Alle priser i markedspriser

Effekt	Enhed	Scenarie 1: Forsortering	Scenarie 2: Høj udsortering	Scenarie 3: Høj udsortering af enkelte poly- merer
Undgåede omkostninger til afsætning af usorteret plastaffald i udlandet	Mio. DKK/år	147	147	147
Transport til sortering i DK	Mio. DKK/år	-22	-22	-22
Sorteringsomkostninger, investering	Mio. DKK/år	-8	-16	-18
Sorteringsomkostninger, drift	Mio. DKK/år	-16	-24	-28
Salg af udsorterede materialer	Mio. DKK/år	-45	-14	13
Salg til affaldsforbrænding og energiuudnyttelse	Mio. DKK/år	-6	-6	-10
Skatteforvridning	Mio. DKK/år	-0,3	-0,3	-0,9
Værdi af ændret CO ₂ e-udledning**	Mio. DKK/år	-3	-3	-4
Samlet resultat**	Mio. DKK/år	49	64	82

Effekterne er opgjort som årlige gevinster for samfundet i 2019-priser for en investeringshorisont på 20 år.

*Dele af denne værdi indgår som omkostninger til køb af CO₂-kvoter i forbindelse med energiproduktion.

**Det samlede resultat udgør besparelsen ved, at plastaffaldet behandles i Danmark frem for at blive eksporteret til behandling i udlandet.

Det fremgår af Tabel 6-14, at der samlet er en samfundsøkonomisk gevinst ved alle tre scenarier i forhold til at afsætte materialet til udlandet. Resultatet er afhængigt af, hvor store omkostninger, der udgås ved ikke længere at eksportere affaldet til udlandet. Hvis eksportomkostningerne falder som følge af en øget sorteringskapacitet vil dette reducere gevinsterne ved et dansk anlæg. Resultaterne omfatter desuden ikke investeringsomkostninger i anlægget lige såvel som usikkerhed i forhold til leverede mængder og andre usikkerheder vil kunne reducere resultatet.

6.6 Konsekvenser for dansk affaldsbehandling og genanvendelse

De tre scenarier påvirker på forskelligvis den danske affaldsbehandling. Alle tre scenarier medfører en øget behandling af plastaffald i Danmark. Det er dog vigtigt at holde sig for øje, at ingen af scenarierne forudsætter øget indsamling af plastaffald. Det betyder, at ændringer i affaldsbehandling og faktisk genanvendelse opstår udelukkende som følge af, at der sker forskelle i affaldsbehandlingen.

I basisscenariet eksporteres plastaffald til udlandet, hvor det sorteres og behandles. I hvert af scenarierne sker der en sortering i Danmark. Som en del af sorteringen opstår der sorteringsrejekt og eventuelt en blandet plastfraktion, der kan energiudnyttes (RDF). I basisscenariet ville denne affaldsmængde være blevet sendt til behandling i udlandet sammen med det øvrige plastaffald, hvor der igennem behandlingskæden er en risiko for, at materialer af lav værdi vil kunne forsvinde i behandlingskæden og evt. blive eksporteret til 3. lande. Opdateringen af Basel-konventionen vil minimere denne risiko ved at gøre blandede plastfraktioner anmeldelsespligtig.

Ovenstående betyder, at en øget sorteringsaktivitet i Danmark medfører en større affaldsmængde, der skal affaldsbehandles i Danmark. Det skal understreges, at dette i sig selv ikke påvirker opgørelsen af andelen af dansk affald, der hhv. afbrændes eller genanvendes, eller den samlede affaldsproduktion i Danmark.

Effekterne på affaldsbehandlingen i Danmark består af to effekter:

- Ændret affaldsforbrænding, fordi en større mængde vil blive udsorteret som affald i forbindelse med affaldssortering i Danmark. Kun den direkte effekt på affaldsforbrændingen beskrives. Eventuelle ændringer til mængde af affald, der importeres til affaldsforbrænding i Danmark, vurderes ikke.
- Ændret faktisk genanvendelse, da det potentielt vil være muligt bedre at tilpasse sorteringen til en dansk affaldssammensætning. Med en større del af værdikæden i Danmark vil det desuden være muligt at stille krav om en høj udsorteringsandel og sikre øget sporbarhed. Dette er særligt gældende for scenarie 2 og 3.

Genanvendelsesmålene for hhv. husholdnings- og husholdningslignende¹⁰ plast samt emballageplast betyder, at det kan være økonomisk optimalt ikke kun at vurdere de direkte totale omkostninger, men også omkostningerne pr. ton genanvendt plast. I scenarieberegningerne fremgår omkostningerne pr. ton udsorteret til genanvendelse, men dette angiver udelukkende omkostningerne på selve sorteringsanlægget. Store dele af omkostningerne forbundet med genanvendelse af plast finder sted i forbindelse med husstandsindsamling (Miljøstyrelsen, 2019B). Dette betyder, at en højere sorteringsomkostning alligevel kan reducere de marginale omkostninger for øget faktisk genanvendelse af plast på tværs af hele affaldssystemet, da en større andel af det indsamlede plast herved genanvendes, hvorved de marginale indsamlingsomkostninger kan reduceres.

6.6.1 Basisscenariet og scenariernes betydning for genanvendelsen

Det ændrede affaldsdirektiv, som følge af EU Kommissionens cirkulær økonomi-pakke, medfører, at målene for genanvendelse opgøres på baggrund af mængden, der reelt genanvendes, og ikke mængden, der indsamles til genanvendelse, som målopfyldelse tidligere er blevet beregnet på baggrund af. Denne ændring betyder, at den efterfølgende behandling af affald indsamlet til genanvendelse har betydning for dansk opfyldelse af genanvendelsesmålene.

¹⁰ Svarer til det engelske "municipal waste".

Affaldssortering på et dansk sorteringsanlæg vil kunne sikre et større overblik over, hvad der sker med plastaffaldet, og hvor meget der reelt sendes til videre oparbejdning. Som det fremgår af den erhvervsøkonomiske vurdering, så har andelen af mixed plastics stor betydning for sorteringsanlæggets driftsøkonomi, da afsætningen er forbundet med betydelige omkostninger på ca. 2.000 DKK/t. Mixed plastics udgør samtidig en betydelig andel af den samlede mængde, der kan udsorteres. Eksport af mixed plastics til videre sortering og genanvendelse skaber desuden også en risiko for, at det kun er en lille andel af denne mængde, som faktisk udsorteres og genanvendes, mens den øvrige mængde bortskaffes.

I scenarie 3 sorteres der direkte for at øge kvaliteten i de udsorterede mængder, og derved reduceres risikoen for tab i de efterfølgende behandlingstrin. Der er en stigende opmærksomhed på at forhindre tab i genanvendelsesprocessen. Det har dog vist sig vanskeligt at dokumentere tabene i behandlingsleddene. Tabene i sorteringsprocessen varierer i de enkelte scenarier afhængig af sorteringen, og den udsorterede mængde fremgår af Tabel 6-2. Den udsorterede plast oparbejdes videre, før den kan indgå i nye produkter, hvilket også er forbundet med tab.

Tab i oparbejdningen varierer afhængig af plastmaterialet, som det fremgår i beskrivelsen af plastopbejdningsteknologier i afsnit 5.2, og er gengivet i nedenstående Tabel 6-15. Det skal bemærkes, at disse tab udelukkende omfatter tab i oparbejdning for de pågældende polymer type. Herudover sker der tab i sorteringsprocessen, som fremgår af Tabel 6-2.

Tabel 6-15 Andel af plast udsorteret til oparbejdning, der i forbindelse med oparbejdning ikke bliver genanvendt. Baseret på Tabel 5-6 i afsnit 5.2.1.

Plasttype	LDPE	HDPE/PP	PET	PS
Interval for tab i oparbejdelsen	20-25 %	10-20 %	10-20 %	5-10 %

Hvis der ses bort fra mixed plastics, og der forudsættes et tab i forbindelse med oparbejdningen, som fremgår af ovenstående tabel, fås en reel genanvendelse som præsenteret i Tabel 6-16. Dele af den udsorteret mixed plastics vil kunne genanvendes, enten gennem efterfølgende yderligere sortering eller genanvendt som lavværdi-fyldmateriale. Det har dog vist sig vanskeligt at sikre en tilstrækkelig sporbarhed for mixed plastics i den efterfølgende behandling, hvorved den efterfølgende reelle genanvendelse ikke kan dokumenteres. Miljøstyrelsen er igennem andre projekter ved at skabe et større indblik over tabet i den efterfølgende genanvendelse, der vil skabe større klarhed over, hvor meget mixed plastics der kan forventes at blive genanvendt. I Tabel 6-16 er der indsat en forudsætning om, at 50 procent af den udsorterede mixed plastics kan medregnes i den reelle genanvendelse.

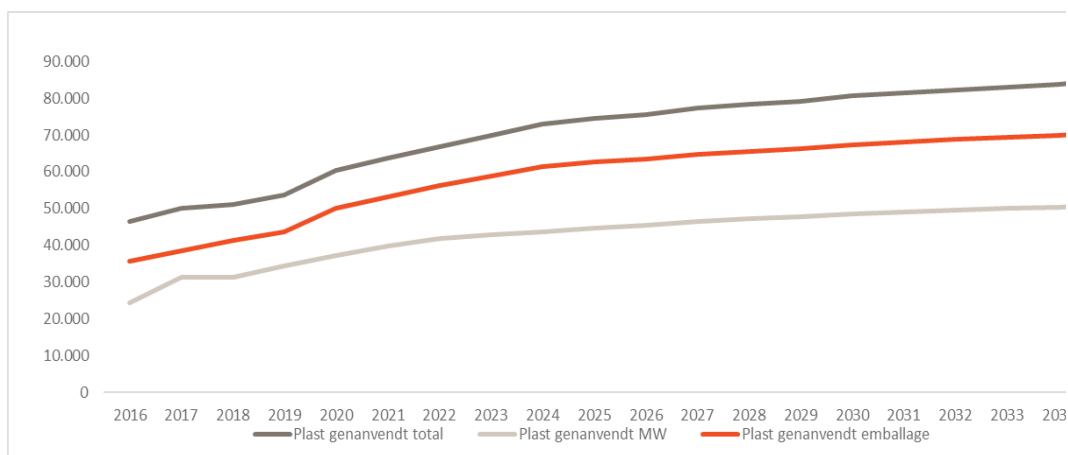
Tabel 6-16 Mængde, der kan forventes genanvendt i de enkelte scenarier.

	Enhed	Scenarie 1: Forsorte- ring	Scenarie 2: Høj udsor- tering	Scenarie 3: Høj udsorte- ring af en- kelte polyme- rer
Mængde udsorteret i scenariet	Ton	50.000	50.000	50.000
Mængde sendt til videre sortering (mixed plastics)	Ton	15.000	9.500	0
Tab i oparbejdning (uden mixed plastics)	Ton	3.000	3.000	4.000
Øget mængde genanvendt plast (inkl. tab i oparbejdning)	Ton	16.000	21.000	25.000
Andel af plastmængden, der er sorteret til genanvendelse (uden mixed plastics)	%	32	43	56
Andel af mixed plastics til downcycling eller videresortering	%	30	19	0
Genanvendelse ved illustrativ forudsætning om reel genanvendelse af 50 % af udsorteret mixed plastics	%	47	52	55
Affaldsforbrænding i Danmark	%	38	38	42
Anden affaldsbehandling i udlandet	%	15	10	0

Det fremgår af Tabel 6-16, at den efterfølgende behandling af den blandede plastfraktion er af afgørende betydning for den reelle genanvendelse fra sortering. Samarbejder, der kan sikre afsætning for fraktionerne i mixed plastics-fraktionen, kan bidrage til at øge den samlede genanvendelse, men det ensporede fokus på mængden, der udsorteres, risikerer at modarbejde en genanvendelse af produkter af høj kvalitet.

På baggrund af affaldsfremskrivningen FRIDA (Miljøstyrelsen, 2019F) og virkemiddelkatalog for øget genanvendelse (Miljøstyrelsen, under udarbejdelse) er der fastsat en baselineudvikling for genanvendelsen af plast. Det vil sige en udvikling af genanvendt plast, hvis der ikke besluttet nye tiltag til at øge genanvendelsen. Udviklingen for hhv. total mængde dansk plast genanvendt, total mængde dansk emballageplast genanvendt, og genanvendt plast fra husholdninger og husholdningslignende plastaffald (Municipal Waste, forkortet MW) er illustreret i Figur 6-5. Det skal bemærkes, at det er den genanvendte mængde, der er opgjort, hvilket afviger fra den indsamlede mængde, da der er tab i sorterings- og genanvendelsesprocessen. Tabet i genanvendelses- og oparbejdelsesprocessen er estimeret til 54 procent (Virkemiddelkatalog for øget genanvendelse, endnu ikke udgivet). Det forudsættes, at dette tab er gældende

for både den historiske genanvendelse og den fremtidige genanvendelse. Dette er en faktor, der er forbundet med betydelig usikkerhed.



Figur 6-5 Den forventede baselineudvikling i reel genanvendelse af plast fra hhv. alle kilder (total), fra husholdninger og lignende (MW) og emballageplast (emballage) baseret på FRIDA-affaldsretningsplan

Note: Det skal bemærkes at dele af fraktionen 'emballageplast' er omfattet af municipal waste, mens andet ikke er. Mængderne i de enkelte kategorier kan derfor ikke lægges sammen for at få den totale mængde

Som det fremgår af ovenstående figur, forventes mængden, der genanvendes at stige i perioden. Dette forventes dog overvejende at skyldes et samlet stigende forbrug af plast. I fremskrivningen opgøres plast, der ikke genanvendes, som en delmængde af andre fraktioner som f.eks. dagrenovation. Det er således ikke muligt direkte på baggrund af FRIDA-fremskrivningen at fastsætte, hvor stor en procentandel af den samlede plastmængde, der genanvendes. Det kan udledes af fremskrivningen, at udvikling efter 2024 skyldes udvikling i de samlede mængder, da fremskrivningens trendudvikling for fordelingen mellem forbrænding, deponering og genanvendelse fra dette tidspunkt ikke længere indgår, og effekten af allerede besluttede politiske tiltag er fuldt implementeret.

Over perioden frem til år 2035 er der dog tale om en betydelig stigning i de samlede plastmængder, der forventes genanvendt. Betydningen af et reduceret tab i genanvendelsesprocessen bliver dermed større over perioden.

Hvis der antages en nuværende reel genanvendelse på 46 procent for alt indsamlet plastaffald (Miljøstyrelsen, 2019B), medfører alle scenarier en øget genanvendelse eller tilsvarende genanvendelse, hvis der forudsættes 50 procent tab i oparbejdningen af mixed plastics. Effekten på genanvendelsen over tid fremgår af Tabel 6-17 nedenfor, hvor ændringen i forhold til baseline for MW, der fremgår af Figur 6-5, er angivet i parentes for de enkelte scenarier. Det skal bemærkes, at scenarierne i de økonomiske beregninger er baseret på sortering af 50.000 tons husstandsindsamlet plast. Sorteringseffekten er i Tabel 6-17 beregnet for et tilsvarende skift for alt MW for herved at kunne tage hensyn til de forventede voksende plastmængder i perioden.

Tabel 6-17 Genanvendt MW i de enkelte scenarier frem til 2035, ændring i tons i forhold til affaldsfremskrivningens baseline i parentes

År	Enhed	Scenarie 1: Forsortering	Scenarie 2: Høj udsortering	Scenarie 3: Høj udsortering af enkelte poly- merer
Forudsat tab fra indsamling til re- elt genanvendt	%	53 %	48 %	45 %
2017	Ton reelt genan- vendt	31.000 (0)	35.000 (+3.000)	37.000 (+5.000)
2025	Ton reelt genan- vendt	45.000 (0)	49.000 (+4.000)	52.000 (+7.000)
2030	Ton reelt genan- vendt	49.000 (0)	53.000 (+4.000)	56.000 (+7.000)
2035	Ton reelt genan- vendt	51.000 (0)	56.000 (+5.000)	59.000 (+8.000)

Note: Tallene er afrundet og der kan derfor forekomme mindre afvigelser, hvis resultaterne sammenlægges

Som det fremgår af ovenstående tabel, vil scenarierne have en effekt på genanvendelsen af MW på mellem 0 og 8.000 tons plast, relative til forventning baseret på affaldsfremskrivningen, der fremgår af Figur 6-5. Mængden af municipal waste er i affaldsstatistikken opgjort til 4,6 mio. ton (Miljøstyrelsen, 2019D) På baggrund af dette vil den øgede genanvendelse i scenarie 3 medføre en ændring i den samlede genanvendelsesandel for municipal waste på ca. 0,1 procentpoint, hvilket usikkerheden taget i betragtning, må betragtes at være nul.

For emballage er der materialespecifikke mål for genanvendelsen. Et reduceret tab i genanvendelsen vil have en større betydning i forhold til dette mål, da det kun omhandler plast. Det skal igen bemærkes, at beregningen er gennemført for den totale plastmængde der indsamles.

Tabel 6-18 Reel genanvendelse af plastemballage i de enkelte scenarier (illustrativ beregning for 2017 viser betydningen, hvis scenarierne havde være implementeret relativt til baseline)

	Basisscenarie	Scenarie 1: Forsortering	Scenarie 2: Høj udsortering	Scenarie 3: Høj udsortering af enkelte poly- merer
Reel genanven- delse i dag (ton)	39.000	39.000	44.000	46.000
Reel genanven- delse år 2017 (%)	19 %	20 %	22 %	23 %
Reel genanven- delse år 2025- 2035 (%)	20 %	21 %	23 %	24 %

Væksten i genanvendelsen i perioden skyldes særligt en forventning om større mængder af plast og til en vis grad forventninger til øget indsamling frem til 2025. Genanvendelsesprocenten er derfor konstant fra 2025 og frem.

Lavere behandlingsomkostninger og mere samarbejde på tværs af værdikæden kan være af væsentlig betydning. For eksempel vil en indsats for at udsortere (eller udfase brugen af) sort plast kunne være af stor betydning, da denne mængde skønsmæssigt udgør i underkanten af ti procent af plasten i Danmark. For eksempel vurderer Københavns Kommune, at seks til syv procent af plasten er sort (oplyst i forbindelse med interview).

7. Analyse af barrierer for en effektiv og rentabel plastgenanvendelsesindustri i Danmark

I dette kapitel er der udarbejdet en analyse af de strukturelle og reguleringsmæssige barrierer for en effektiv og rentabel plastgenanvendelsesindustri i Danmark.

Kapitlet er opdelt i to. Første del præsenterer en kortlægning af værdikæden for plastaffald til produkt. Anden del belyser særligt kritiske barrierer for at opbygge en effektiv plastgenanvendelsesindustri i Danmark.

Analysen af barrierer er særligt fokuseret på barrierer for en øget genanvendelse af blandet plastfraktioner. Dette skyldes, at barriererne for de renere industrifraktioner er mindre. Der kan dog fortsat være barrierer ved rene industrifraktioner, hvilket blandet andet kan skyldes høje omkostninger ved materialegenanvendelse for nogle plastmaterialer relativt til bortskaffelse gennem affaldsforbrænding. De institutionelle barrierer vurderes dog at være mindre kritiske.

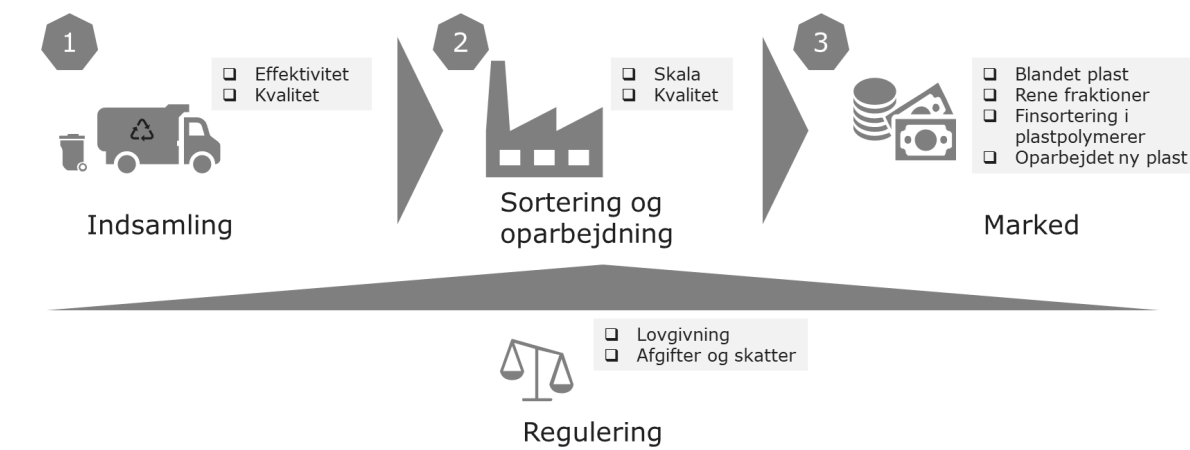
7.1 Barrierers betydning for genanvendelsesindustrien

Analysen tager udgangspunkt i værdikæden for plast, hvor der igennem analysen er fokus på tre specifikke områder i værdikæden:

1. Indsamling
2. Sortering og oparbejdning
3. Afsætning af/marked for blandede og sorterede plastfraktioner.

I tillæg til beskrivelsen af barrierer inden for de tre områder fremhæves tværgående reguleringsmæssige barrierer for en øget genanvendelsesindustri i Danmark. Der kan ligeledes være barrierer i andre dele af værdikæden, f.eks. i forhold til hvordan produkter i plast er designet. Disse barrierer beskrives ud fra, hvordan de påvirker de tre områder i værdikæden. Dette skyldes, at barriererne beskrives ud fra, hvordan de påvirker etablering af genanvendelsesindustri specifikt i Danmark.

De tre områder er illustreret grafisk i nedenstående Figur 7-1.



Figur 7-1 Oversigt over typer af barrierer i indsamlingen, sortering og oparbejdning, og afsætning af plast/market

Analysen af barrierer er udarbejdet ved at gennemgå den eksisterende litteratur på området og gennemføre en række interviews med interessenter, der repræsenterer virksomheder i de forskellige led i værdikæden. I litteratursøgningen er der taget udgangspunkt i de videnshuller, der fremhæves i Plastic Waste Markets – Overcoming barriers to better resource utilisation (Nordisk Ministerråd, 2018A) samt de potentialer og målsætninger der omtales i Innovationsfondens plastrapport The new Plastics Economy (Ellen MacArthur Foundation, 2019). Resultaterne fra disse rapporter er derudover suppleret med yderligere litteratursøgning for at sikre et bredt perspektiv på barriererne for at opbygge en effektiv plastgenanvendelsesindustri i Danmark.

Der er gennemført interviews med fem danske affaldsselskaber/sorteringsanlæg, tre håndterings-virksomheder, to udenlandske sorteringsanlæg, to danske oparbejdningsanlæg, to aftagere af genanvendt regranulat og en dansk kommune. Formålet med de afholdte interviews har været at afsøge aktørernes perspektiver på barrierer på tværs af værdikæden. Det skal bemærkes, at flere af de interviewede virksomheder udfylder flere forskellige roller i værdikæden, og respondenterne kan derfor have belyst barrierer inden for alle tre områder.

Endelig foretages en vurdering af identificerede barrierer og deres betydning for udnyttelse af forretningspotentialerne for øget plastgenanvendelse i Danmark. Muligheder for at overkomme eller lempe barriererne vurderes herudover.

7.1.1 Indsamling

Indsamlingsledet har stor betydning for den videre behandling af plast, og indvirker på økonomiske og miljømæssige effekter ved at genanvende plastaffald.

I denne analyse betegner 'indsamling' den aktivitet, der foregår, fra plasten bliver til affald, til den ankommer til den første behandling. Dette omfatter f.eks. elementer, der måtte begrænse plastmængden, der indsamles, eller indsamlingsmetoder, der vanskeliggør (eller stiller særlige krav til) den efterfølgende behandling.

Hvad angår indsamlingen, peger litteraturen¹¹ særligt på to barrierer, som relateres til indsamling af affald:

- Utilstrækkelig kildesortering (fejlsorteringer og lav udsorteringsgrad).
- Ekstra omkostninger ved at indsamle affaldet i flere forskellige separate fraktioner. Dette er særligt en udfordring, når plast indsamles som en fraktion for sig selv, frem for sammen med andre genanvendelige fraktioner.

Det nødvendige omfang af sortering på centrale sorteringsanlæg afhænger af renheden af det modtagne materiale. Utilstrækkelig kildesortering kan udgøre en barriere, hvis forbrugerleddet, der genererer affaldet, ikke er tilstrækkeligt informeret/motiveret til at sortere det producerede affald i forskellige fraktioner, der muliggør en effektiv indsamling og videre sortering og forarbejdning. Dette gælder som udgangspunkt affald fra både husholdninger og erhverv, men i særlig grad husholdningsaffald. En af de interviewede privatejede affaldshåndteringsvirksomheder nævner netop, at de har fravalgt affald fra husholdningerne, da affaldet er af for dårlig sorteringsgrad, hvilket særligt omfatter urenheder i det indsamlet affald. Baseret på interview med udenlandske sorteringsanlæg er der dog ikke indikationer af, at dansk affald skulle være dårligere sorteret sammenlignet med udenlandsk husholdningsaffald.

Samtidig tyder det på, at sorteringsanlæggene skal tilpasses de udfordringer, der er med husholdningsindsamlet plastaffald, da det naturligt består af mange plasttyper og urenheder. Dette kræver herved samarbejde mellem indsamling og behandling for i begge led at understøtte en bedre udsortering af finsorterede plastpolymerer.

Forskellige kommuner har forskellig praksis og retningslinjer for sortering og indsamling af affaldet. Dette kan udgøre et problem, idet de aktører, der skal modtage affaldet til videre sortering og behandling, ikke kan være sikre på at modtage affald med ensartet sammensætning. Dette kan vanskeliggøre tilpasning af sorteringsanlægget til den type plastaffald, anlægget modtager. Dette er blevet vurderet som en udfordring for særligt danske sorteringsanlæg. Litteraturen nævner, at en række aktører, der i dag behandler erhvervsaffald, i forbindelse med deres vurdering af at bevæge sig ind på markedet for husstandsindsamlet affald, ligeledes har vurderet dette som en betydelig barriere (Nordic Council of Ministers, 2018).

Dette understøttes af denne undersøgelse, hvor en række af de interviewede virksomheder netop peger på kommunale **regler og sorteringsretningslinjer**, der gør, at kvaliteten af plasten er for dårlig, kræver yderligere sortering og har lavere afsætningspriser. Dette, vurderer respondenterne, kunne være undgået, hvis færre plasttyper kunne afleveres i husstandsindsamlingen. En virksomhed nævner, at kommunerne gennem de seneste år har haft stor fokus på at øge mængden af indsamlet plastaffald. Det betyder, at de har gjort det nemt for borgerne at komme af med affaldet og tillader mere urene fraktioner. Der sker blandt andet en større indsamling af blandet hård og blød plast. En række genbrugsstationer har fået døgnåbent, hvilket også har en negativ indvirkning på renheden af denne indsamlede plast, da der så er mindre vejledning til borgerne i forbindelse med sorteringen. Konsekvensen af dette er, at renheden bliver reduceret, hvilket gør afsætningen sværere og kræver større grad af sortering, men til gengæld er den samlede mængde plastaffald, der genanvendes, blevet øget.

Dele af udfordringerne ved forskelligartede plastfraktioner kan henføres til **fraværet af en kommunal fælles/ensartet standard for sortering af plastaffald**¹², herunder f.eks. typer af plast, der indgår i indsamling af plastaffald. Der vil ikke kunne forventes samme renhed og ensartethed som ses ved f.eks. industriplast, men større ensartethed må forventes at reducere sorteringsomkostningerne.

¹¹ NMR (2018), s. 31 ff.

¹² Innovationsfonden s. 12.

Desuden bliver en **manglende værdikædebetragtning** fremhævet, som uanset årsagen, kan resultere i, at en effektiv indsamling og videre sortering og forarbejdning af plastaffaldet bliver besværliggjort. Dette er også knyttet til, hvordan produkter er designet. Hvis produkterne lettere kunne genanvendes, f.eks. ved at undgå carbon black og anvende færre polymerer, ville dette i sig selv stille færre krav til kildesorteringen.

En anden virksomhed nævner, at der i indsamlingsledet bør være fokus på hele værdikæden og forståelse for den videre anvendelse. Det er ikke entydigt klart, hvordan dette ville kunne foregå, men der nævnes som eksempel, at der i indsamlingen skal indtænkes hvilke plasttyper og renhed, som efterspørges i markedet for genanvendt plast. Et andet perspektiv på denne problemstilling, som dog ikke fremgår af respondenternes svar er, at dette omvendt kan tyde på, at sorteringsanlæggene er fokuseret på de plastfraktioner, som har en høj værdi, og ikke sikrer en tilstrækkelig sortering af det samlede plastaffald, der også indeholder plasttyper med en lav eller negativ værdi.

En virksomhed nævner helt konkret, at det ville give mening at ensrette indsamlingen, så plast, som har været i fødevarekontakt, indsamles separat. Fødevareemballage udgør så stor en mængde, at en ren fødevarekategori kunne gøre det nemmere at standardisere og udvide mulighederne for at anvende genanvendt materiale i fødevareemballager. Reelt set er det i dag kun PET, der kan genanvendes til produkter, der er i kontakt med fødevarer, da PET er den eneste fraktion, der kan genanvendes til fødevareemballager, uden fraktionen udelukkende består af emballager til fødevarer. Det skyldes de kemiske egenskaber ved PET samt at PET-emballager overvejende anvendes til emballering af fødevarer eller er i en kvalitet, hvor det er tilladt at anvende emballagen i kontakt med fødevarer. PET-plast er derfor en de facto standard, der gør det muligt at anvende materialet i kontakt med fødevarer igen. En respondent fremhævede at arbejde på at opbygge andre faktiske eller de facto standarder for andre polymerer kunne bidrage til at øge brugen af genanvendt plast i fødevaregodkendte emballager. Dette kunne f.eks. ske ved at sikre separat indsamling af fødevareemballager. Det må dog vurderes, at en yderligere opdeling af indsamlingen hos borgerne formentlig vil være vanskeligt at implementere og forbundet med betydelige yderligere indsamlingsomkostninger. Flere af de interviewede sorteringsanlæg har øget opmærksomhed på udsortering til fødevarekvalitet, blandt andet ved udsortering af PET-bakker. Danske sorteringsanlæg kan dog i dag ikke sortere plastaffald fra husholdningerne til fødevarekvalitet. Nye teknologier, som kemisk genanvendelse, kan på sigt fremme mulighederne for genanvendelse til fødevarekvalitet.

Tabel 7-1 Barriere i indsamlingsleddet for plastaffald inkl. de vigtigste konsekvenser og muligheder for at overkomme barrieren.

BARRIERER	KORT BESKRIVELSE	KONSEKVEN	FORSLAG TIL LØS- NING
Lav kvalitet	Indsamlingsordninger er generelt blevet mere omfattende for at øge genanvendelsen, hvilket har medført flere urene fraktioner.	Der opstår et behov for yderligere sortering. Afsætningspriserne for det indsamlede plastaffald reduceres.	Indføre skærpede krav til sortering. Behovet for at gøre det nemt for affaldsproducenten skal afvejes med betydningen for den efterfølgende sortering og genanvendelse.
Dyrt at indsamle affaldet	Indsamling af plastaffald er en væsentlig omkostning for husholdninger og virksomheder, der producerer små mængder plastaffald. Transport gennem værdikæden kan ligeledes være omkostningsfyldt.	Indsamlingen er lavere – særligt for virksomheder, der i højere grad er omkostningsminimerende og direkte kan påvirke deres omkostninger til affaldshåndtering	Indsamlingsomkostningerne pr. ton indsamlet plast vil kunne reduceres, hvis ensartet plast fra forskellige kilder i højere grad indsamles samtidigt.
Forskellige indsamlingssystemer	Kommuner opstiller mange forskellige systemer (og beholdere) til indsamling, herunder forskel på fraktioner, der skal kildesorteres, samt krav til sortering (sorteringsvejledning).	Sammensætningen af den blandede plastfraktion er varieret. Den efterfølgende håndtering kan i mindre grad optimeres i forhold til den konkrete sammensætning.	Indførelse af mere ensartet sortering f.eks. gennem nationale sorteringsvejledninger. Der foregår allerede et arbejde på dette område.
Manglende værdikæde betragtning	Der kan være en tildens til, at design af indsamlingsordninger ikke tilpasses krav i efterfølgende behandlingsled eller efterfølgende behandlingsled ikke tilpasses sammensætningen i det indsamlede affald	Afsætning af sorteret materiale vanskeliggøres og anvendelsesmulighederne reduceres, da visse urenheder som følge af indsamlingssystemet er vanskelige eller omkostningsfulde af fjerne	Større fokus og samarbejde om hvordan indsamlingsordninger kan designes så de er nemme at anvende, sikre høj ud-sortering tilpasset materiale behov i affagerleddet.

7.1.2 Sortering og oparbejdning

Næste led i værdikæden er 'sortering og oparbejdning'. I denne analyse betegner 'sortering og oparbejdning' de aktiviteter, der foregår på selve anlæggene i løbet af værdikæden. Det kan være i form af lavteknologisk sortering, højteknologisk sortering eller oparbejdning. Behandlingen er nært knyttet til den kildesortering, der foregår i indsamlingsleddet, og de afsætningsmuligheder, der er i markedet, hvorfor nogle af de samme barrierer vil forekomme i dette led.

I gennemgangen af litteraturen er der identificeret en række barrierer, som relaterer sig til behandling af plastaffaldet. Disse barrierer knytter sig særligt til utilstrækkelig sorterings- og oparbejdningsskapacitet i Danmark, særligt drevet af ustabil forsyning og usikkerhed om kvalitet i plastaffaldsfraktionen.

En af de barrierer, som Nordisk Ministerråd (2018) peger på for genanvendelse i Danmark, er, at der ikke nationalt forefindes **tilstrækkelig kapacitet** inden for sorteringsanlæg, der teknologisk set vil være i stand til effektivt at sortere blandet plastaffald i f.eks. forskellige polymerer og farver. En sortering, som kan gøre det muligt at genanvende mest muligt af plastaffaldet og realisere den potentielle værdiforøgelse. I de gennemførte interviews peges der på, at dette kan skyldes en betydelig **investeringsrisiko** ved investering i behandlingskapacitet i Danmark. Denne kan bl.a. relateres til, at virksomhederne har en usikkerhed på affaldsmængderne og hermed afkastet af deres investeringer. For husholdningsaffald vælger kommunerne at foretage behandlingsudbud med en kort løbetid på et til to år. Dette er ikke lang nok tid til, at virksomheder tør foretage investeringer i store sorteringsanlæg, da mængderne hurtigt kan forsvinde igen. Dette understøttes af et dansk sorteringsanlæg, der påpeger, at før sorteringskapaciteten i Danmark kan udvides, er det nødvendigt med en efterspørgsel fra bl.a. kommunerne, og at der laves aftaler om **afsætning med længere kontrakter**. En virksomhed nævner, at de nuværende kontraktformer betyder, at der er usikkerhed i forhold til at lave nye investeringer for husstandsindsamlet plast. Business casen skal have en fast tidshorisont. De vigtigste elementer for at investere i sorteringskapacitet er, at der udarbejdes kontrakter med længere løbetid, større volumen samt nogenlunde ens indsamling og krav til oparbejdning. Dette vil tilsammen gøre det lettere at investere i mere avanceret behandlingskapacitet i Danmark.

En sorteringsvirksomhed peger i interviewet ligeledes på, at de **nuværende kontrakter** med kommunerne på 1-2 år er en barriere. Den nuværende kontraktform kan betyde, at sorteringen skal foregå på en bestemt måde, da kommunerne kan have forskellige ønsker til, hvilke plasttyper der sorteres. En respondent fremhævede, at dette kan hæmme investeringer i teknologier, som kan sikre bedre udsortering og økonomi, da typen og kvaliteten af de udsorterede mængder så ikke passer med, hvad der er specificeret i kontrakten. Det kan f.eks. være en udfordring, hvis der er et potentiale i at sortere på en polymertype, som ikke er omfattet af aftalen eller der laves justeringer, som ikke direkte modsvarer de konkrete krav i kontrakten. Det kan betyde at mulighederne for at have en effektiv sortering begrænses. Der er desuden et behov for, at flere kommuner er villige til at betale en højere pris for en bedre sortering, og at kravene til slutproduktet i højere grad ensortes i kontrakterne.

Denne barriere er også belyst i litteraturen, hvor der peges på, at der ikke er en **tilstrækkeligt stabil forsyning** af plastaffald i tilstrækkelige mængder til, at det vil være rentabelt at investere i sorteringsanlæg, der teknologisk set vil være i stand til effektivt at sortere det blandede plastaffald (Nordic Council of Ministers, 2018). Dette skyldes blandt andet, at særligt kommunerne er tøvende med på forhånd at garantere fastsatte mængder til behandling.

I de gennemførte interviews nævnes etablering af **offentlige og private samarbejder (OPP)** som en mulighed for behandlingsanlæg i Danmark til at opnå en større sikkerhed i forsyning, men det bliver samtidig nævnt, at det er vanskeligt at lave disse samarbejder. Dette skyldes særligt, at kommunerne ikke må have profitdrivende virksomhed, og det derfor kan være vanskeligt at etablere en ejerstruktur, hvor kommuner og private sammen investerer i behandlingskapacitet. Dette vurderes også at udgøre en central udfordring i forhold til at sikre samarbejde på tværs af værdikæden.

Vedrørende driftsøkonomien på de enkelte anlæg nævnes det, at der ville være bedre driftsøkonomi, hvis det var tilladt for **kommunalt ejede anlæg** at modtage husholdningslignende affald fra erhverv. Dette vil skabe udfordringer i kraft af, at kommunalt ejede sorteringsanlæg,

der har andre finansieringsforhold, vil kunne komme i direkte konkurrence med privat, f.eks. hvis aktørerne byder på håndteringen af det samme affald. Konkrete løsninger blev ikke foreslået, men burde undersøges.

For behandlingen af plastaffaldet kan **usikkerhed om kvaliteten** af plastaffaldet udgøre en barriere for at finde aftagere af plastaffaldet, og kan også medføre dårligere afsætningspriser. Hvad angår sortering udgør kommunalt indsamlet husholdningsaffald en særlig udfordring, idet denne type affald som udgangspunkt er uensartet og ofte i indsamlingen sammenblandet med andre materialer og/eller urenheder. Tilsvarende er tryk og etiketter på plastfraktionerne med til at 'forurene' plastaffaldet. Dertil kommer, at plastfraktionerne typisk indeholder en blanding af mange forskellige polymerer. Dette har stor betydning for, hvorvidt plastaffaldet kan genanvendes, og hvilken kvalitet af genanvendt plast der produceres ud af det indsamlede affald. Fra interviews med danske sorteringsanlæg fremgår det, at usikkerheden om kvaliteten spiller en rolle i forbindelse med eksport af affaldet til videre sortering og oparbejdning.

Regler, der har til hensigt at sikre forsvarlig håndtering af affald, kan være med til at gøre det mere administrativt ressourcekrævende og dyrere at sikre genanvendelse af det indsamlede affald. Der skal blandt andet søges om **notifikationer** for at kunne eksportere blandet plastaffald til videre behandling til f.eks. Tyskland eller Sverige. Dette er tilfældet ved eksport af ikke-grønlistet affald til et andet EU-/EØS-land. En række af de interviewede virksomheder påpeger, at det kan være besværligt og omkostningstungt. En virksomhed nævner, at det kan tage op til ni måneder, før en notifikation bliver godkendt. Virksomhederne fremhæver, at notifikationer er nødvendige for at holde styr på affaldet og sikre hensigtsmæssig behandling, men sagsbehandlingstiden for notifikation kan udgøre en betydelig barriere for en effektiv behandling af plastaffaldet.

De interviewede virksomheder mente grundlæggende ikke, at notifikationer og anden dokumentation i forbindelse med eksport af affald udgør et stort problem. Vigtigheden af at sikre kontrol blev fremhævet af flere. En enkelte respondent fremhævede således, at øget kontrol ved grænserne vil være en fordel for de virksomheder, som følger lovgivningen.

Flere fremhævede dog, at de nuværende regler er uflexible og forhindrer, at der køres prøvelæs til udenlandske anlæg for at teste, hvor godt affaldet kan behandles på anlægget. Hvis der kunne køres prøvelæs på op til 200 tons uden notifikation, vil det kunne lette afsætningsmulighederne og sænke omkostningerne for særligt blandet plast. Etablering af højteknologisk sortering vil i sig selv overkomme denne barriere, da finsorterede polymerer kan eksporteres som grønlistet affald, der ikke kræver en notifikation.

EU har besluttet, at alle medlemslande skal indføre producentansvar. Dette kunne bidrage til øget behandling af plastaffald, men på nuværende tidspunkt er aktørerne i den danske værdikæde usikre på, hvordan producentansvaret kommer til at påvirke investeringsmuligheder og driftsomkostninger, da den konkrete struktur for producentansvaret i Danmark endnu ikke er fastlagt. I forhold til usikkerheden om producentansvaret, er særligt spørgsmålet om, hvem der må håndtere og behandle affaldet under producentansvaret, afgørende for, hvem der vil være interesseret i at investere i behandlingskapacitet.

Tabel 7-2 beskriver de identificerede barrierer, deres konsekvens og indvirkning på miljø og økonomi, og endelig gives et forslag til mulige tiltag, der kan reducere/fjerne barrieren.

Tabel 7-2 Barrierer i behandlingsleddet for plastaffald. Indeholder beskrivelse og vurdering af konsekvens af de vigtigste barrierer samt muligheder for at reducere barriererne

BARRIERER	KORT BESKRIVELSE	KONSEKVENS	FORSLAG TIL LEMPELSE
Krav i kontrakt vedr. løbetid og udsortering	Krav til sortering og kort løbetid for kontrakterne kan medføre højere sorteringsomkostninger og forhindre nye investering i sorterings-teknologi	Sorteringsomkostningerne er højere og teknologiske løsninger samt mere hensigtsmæssige sorteringstilgange implementeres langsommere	Partnerskab på tværs af værdikæden for at identificere fleksible kontraktforhold der samtidig skaber sikkerhed for kommunerne og sorteringsanlæggene.
For små mængder plastaffald	Det danske marked er karakteriseret af små mængder af plastaffald, hvilket betyder, at enhedsomkostningerne til højteknologisk sortering er høje. Stordriftsfordele vil kun kunne opnås ved at ét anlæg modtager den fulde nuværende mængde.	Udsortering og oparbejdning af enkelte fraktioner kan være økonomisk u hensigtsmæssig, hvis der udelukkende behandles plastaffald fra hjemmemarkedet.	Indsats for etablering af større fælles anlæg, evt. i OPP, og avanceret sortering. Tiltag til at øge plastmængderne, der indsamles til genanvendelse.
Manglende sikkerhed for stabil forsyning	Sorteringsanlæggene vil ofte ikke være garanteret faste inputmængder (plastaffald) fra kommunerne. Ved afsætning af plast efter sortering er det dog ofte nødvendigt at garantere en bestemt fast mængde.	Risiko for suboptimal anlægsudnyttelse som følge af usikkerhed for fast forsyning og deraf afledt betydning for afsætning af den sorte rede plastplastplast.	Det undersøges, hvorvidt der kan stilles bedre viden til rådighed om forventede mængder fra kommunerne.
Eksisterende regulering	Genanvendeligt plastaffald fra erhverv må ikke behandles på et kommunalt ejet behandlingsanlæg.	Det er omkostnings tungt at investere i etablering af større sorteringsanlæg, hvorfor det vil være en fordel at samle ensartet plastaffald. Det kræver store mængder af plastaffald før at det vil være omkostningseffektivt at gennemføre denne investering.	Understøtte samarbejder mellem virksomheder og kommuner. Afklare muligheder og begrænsninger i OPP-modeller, hvor der behandles affald fra forskellige kilder.

EU-krav om producentansvar	Usikkerhed om den danske implementering af producentansvar for emballager har skabt en usikkerhed i markedet.	Usikkerheden kan virke hæmmende for virksomhedernes investeringslyst i projekter med en længere tilbagebetalingstid.	Afklaring af organisering af producentansvaret med fokus på at sikre fornuftige strukturer for anlægsinvesteringer på tværs af aktørerne.
Krav om notifikation	Ved eksport af plastaffald kræves notifikation og anden administrativ dokumentation.	Øger omkostningerne ved at eksportere plastaffald. Særligt i forbindelse med testkørsler, hvilket kan medføre højere behandlingspriser grundet usikkerhed om plastaffaldets sammensætning. Sagsbehandlingstid kan udgøre en udfordring.	Lempelser i forhold til eksport af mindre mængder af plastaffald, f.eks. i forbindelse med test af modtageranlæg. Reducering af sagsbehandlingstid.

7.1.3 Marked

Da et plastprodukt kan være del af flere forskellige markeder gennem indsamling, sortering og oparbejdning, skal 'marked' forstås bredt og omfatter afsætningen gennem de enkelte led af behandlingskæden for plastaffaldet.

I den gennemgåede litteratur, herunder særligt (Nordic Council of Ministers, 2018) og (Innovationsfonden, 2019), peges der især på tre barrierer:

- Usikkerhed om afsætningsmuligheder og efterspørgsel,
- Usikkerhed om forsyningssikkerhed, samt
- Prisen.

Usikkerhed om afsætningsmulighederne ved den videre oparbejdning dækker over, at der kan være *usikkerhed om kvaliteten af de sorterede affaldsfraktioner*, for så vidt angår polymerrenheden i form af muligt indhold af andre (uønskede) polymerer eller (uønskede) stoffer i øvrigt. Yderligere kan manglende sporbarhed gennem værdikæden forstærke denne usikkerhed. Dette bliver en barriere for produktet, der skal afsættes.

Udover at der kan være en begrundet usikkerhed om kvaliteten af de sorterede affaldsfraktioner, for så vidt angår polymerrenheden, kan det ifølge analysen for Nordisk Ministerråd udgøre en barriere, at der også er en stor variation i kvaliteten af de 'udbudte' mængder. Det nævnes i interviews, at det vil være naturligt at se på Tyskland, hvis der skal skabes et marked for plastaffald i Danmark, grundet de større affaldsmængder i Tyskland. De tyske sorteringsanlæg er tilpasset den tyske affaldssammensætning, så der skal ske en vis tilpasning afhængig af den danske indsamling.

Nogle af de interviewede virksomheder peger på, at **manglende højteknologisk sorteringskapacitet** er en flaskehals for den videre oparbejdning. Hvis der ikke er tilstrækkelig kapacitet på de højteknologiske sorteringsanlæg, vil affaldet ikke kunne komme igennem den nødvendige videre behandling i værdikæden.

Hvad angår afsætningen på markedet, nævner en virksomhed, at kommunerne ikke ønsker at binde sig til **levering af en bestemt mængde** til udsortering. Dette kan være en udfordring for virksomheden i forhold til at sikre stabil afsætning.

En virksomhed nævner, at design for genanvendelse er en væsentlig faktor. Produkter af plast skal kunne genanvendes, og det er vigtigt, at der **ikke anvendes for mange forskellige slags polymerer** i produktionen af produkter af plast. En kommune nævner, at blandet PET ikke har nogen værdi på markedet, da der er et krav om altid at anvende rene PET-fraktioner til fødevareremballage, og sorteringsteknologi til PET af fødevarekvalitet ikke er udbredt.

En anden barriere nævnt i interviews er **efterspørgslen** på markedet. Lige nu er priserne lave, og der er kun en lille efterspørgsel efter genanvendte materialer, så det kræver, at der er nogen, der går forrest for at drive efterspørgslen op. En virksomhed foreslår, at det offentlige går i spidsen for at drive efterspørgslen efter genanvendt plast ud fra den præmis, at krav i offentlige udbud kan være med til at fremme udbuddet af genanvendt plast gennem en stimuleret efterspørgsel. En anden virksomhed nævner ligeledes, at efterspørgslen efter genanvendt plast ikke stimuleres tilstrækkeligt.

I litteraturen nævnes, at der kan være usikkerhed om, hvorvidt og i hvilken udstrækning genbrugsplasten kan erstatte virgin plast i forbindelse med fremstillingen af produkter. Hvilket ligeledes kan være en barriere for efterspørgslen efter **genbrugsplast**. Dette kan afføde et behov for forskning og udvikling relateret til en evt. **anvendelse af genanvendt plast** og dermed påføre producenten ekstra omkostninger. Virksomhederne nævner også i interviews, at urenheder i det genanvendte plastgranulat betyder, at der ofte kan være behov for større materialeanvendelse i det endelige produkt, eller at produktets overflade er mindre pæn som følge af, at produktet indeholder genanvendt plast. Dette betyder, at virksomhedernes betalingsvilje overvejende er lavere for genanvendt plast, da indarbejdelsen af genanvendt materiale kan kræve ændringer til produkternes design, eller at de mekaniske krav til materialet skal tilpasses, så det genanvendte materiale kan indgå i produktionen. Det er ikke muligt at sikre et genanvendt produkt, der har præcis de samme egenskaber som et virgint produkt. Hvis brugen af genanvendt materiale skal øges, vil det derfor også være nødvendigt for aftagervirksomhederne at vurdere, hvilke kvaliteter af inputmateriale de kan acceptere, og evt. differencerne mellem forskellige anvendelser. Dette kan være indgribende ændringer i produktionsprocessen og kan i sig selv udgøre en produktionsrisiko. Det kan således ikke forventes, at markedskræfterne i sig selv udelukkende kan sikre denne omstilling, men kan hjælpes gennem erfaringsudveksling, der kan reducere de samlede risici ved omstillingen til et højere indhold af genanvendt plast i produkterne.

Det sidstnævnte er ikke nødvendigvis en barriere i sig selv, idet der også er en vis variation i forhold til, hvor 'god/høj' kvalitet der er nødvendig ved fremstillingen af et givet produkt. Barrieren er her, at udbydere ikke nødvendigvis kender netop de aftagere, der er interesserede i netop den kvalitet, de kan tilbyde (på et givet tidspunkt) – og omvendt. Det stiller samtidig også krav om, at den genanvendte plast kan leveres til produktionen med høj forsyningssikkerhed og med en sammensætning, der er ensartet fra gang til gang.

Virksomhederne nævner ligeledes **prisen** på materialet som en barriere. Dette kan være i form af, at der er en urealistisk forventning til prisen ved afsætning til sortering. Mange kunder vil ikke betale for at sikre en høj genanvendelse. Et udenlandsk sorteringsanlæg oplyste, at omkostningerne ved den service, de leverer ved deres affaldshåndtering, overstiger værdien af de materialer, der udsorteres. Et stort prisfokus kan medføre downcycling, hvor kun de mest værdifulde affaldsfraktioner bliver udsorteret, og resten anvendes til lavværdi-formål. Det bliver også nævnt, at meget plast i sorteringen alternativt sendes til forbrænding fordi det er billigere end at afsætte til videre oparbejdning for fraktioner, hvor der er meget lille efterspørgsel. Et konkret eksempel var relateret til landbrugsfolier, som generelt har en lavafsalgspris, når

det afsættes til oparbejdning, og hvor plasten ofte vil skulle vaskes eller på anden vis renses, før den kan indgå i en genanvendelsesproces. Dette betyder, at omkostningerne ved genanvendelse kan være høje sammenlignet med bortskaffelse af plastaffaldet gennem affaldsforbrænding, og nogle virksomheder derfor ikke vælger genanvendelse. En respondent vurderede dog at miljøhensyn i stigende grad spiller en rolle for virksomhederne.

Enkelte interviewpersoner mener ikke, at en dansk sorteringsløsning vil kunne konkurrere med udenlandske konkurrenters omkostninger til sortering, hvilket skyldes, at **danske lønninger** generelt er højere end i de nærliggende markeder som f.eks. Tyskland. Dette angives som årsag til, at der derfor ikke bliver investeret i nye teknologiske løsninger. En respondent mener på denne baggrund, at danske virksomheder alene har et forretningspotentiale i udsortering af de mest værdifulde plastemner.

Det er også fremhævet i interviews, at **det danske plastmarked er lille** i en europæisk sammenhæng, og at danske krav kun i ringe grad vil kunne påvirke behandlingen i udlandet, da behandlingen grundlæggende er tilpasset reguleringen i de enkelte lande. Hvis der indføres nationale krav til f.eks. sporbarhed, bør det derfor vurderes, om dette kan udgøre en betydelig udfordring for afsætningen af dansk plastaffald.

Alle disse forhold kan tilsammen medføre usikkerhed om **konkurrencesituationen på markedet** for genanvendt plastaffald og dermed rentabiliteten og forretningsmulighederne på dette marked.

Tabel 7-3 Barrierer i markedet for plastaffald. De vigtigste barrierer i markedet er beskrevet, og muligheder for at overkomme barrieren er beskrevet

BARRIERER	KORT BESKRIVELSE	KONSEKVENNS	FORSLAG TIL LEMPELSE
Manglende efterspørgsel fra det offentlige.	Der er i dag ikke et stort fokus på brugen af genanvendt plast i forbindelse med offentlige indkøb.	Offentlige indkøb er i dag ikke en driver for efterspørgslen efter genanvendt plast.	Et øget fokus på genanvendt plast i indkøbspolitikken, f.eks. ved at stille krav til andel genanvendt plast i udvalgte produkter.
Lav værdi af genanvendt plast	Værdien af den genanvendte plast er lavere end indsamlings- og sorteringsomkostningerne, hvilket kan være en barriere. For nogle plastfraktioner er der økonomiske incitamenter for at foretage en øget udsortering. De samlede omkostninger til indsamling og oparbejdning kan dog overstige omkostninger til affaldsforbrænding.	Noget plastaffald bliver ikke genanvendt, da omkostningerne er for høje.	Kombination af tilskud til genanvendelse og teknologiudvikling. Indførsel af afgifter der øger omkostningerne ved brug af virgint materiale. Andre tiltag der øger værdien af genanvendt plast f.eks. krav til minimum indhold af genanvendt materiale.
Usikkerhed om kvaliteten af den oparbejdede plast.	Usikkerhed om de fysiske specifikationer for den oparbejdede plast.	Svære at afsætte og lave afsætningspriser.	Værdikædeperspektiv, der muliggør et mere ensartet output.
Lav dansk efterspørgsel efter genanvendt granulat.	Danske produktionsvirksomheder efterspørger kun i begrænset omfang genanvendte plastråvarer.	Danmark driver ikke efterspørgslen efter oparbejdet genanvendt materiale.	Erfaringsudveksling med opmærksomhedspunkter, når genanvendt plastmateriale anvendes i produktionen.
For lav sorteringskapacitet og få oparbejdningmuligheder	Den relativt lave sorteringskapacitet og reducerede muligheder for eksport ud af EU medfører at der er en lav efterspørgsel efter blandede	Svært at afsætte plasten og lave afsætningspriser, særligt for plast med flere urenheder.	Et øget fokus på bedre udsortering af plast og øget dansk sorteringskapacitet.

plastfraktioner i lav kvalitet.

Relativt få europæiske oparbejdningsevner medfører yderligere, at oparbejdningsevnerne prioriterer råmaterialer med en høj renhed for at sikre høj produktion.

7.2 Væsentligste barrierer for en genanvendelsesindustri i Danmark

Kortlægningen af barrierer har et bredt perspektiv på, hvad der udgør en barriere for øget genanvendelse af plast. I analysen af betydningen af barrierer fokuseres på opbygningen af en større genanvendelsesindustri i Danmark.

Når der ses på tværs af barriererne, tegner sig et billede af, at organisering af den nuværende affaldshåndtering er afgørende for at sikre en tilstrækkelig økonomi i affaldshåndteringen. Dette kommer blandt andet til udtryk som udmelding om, at plast fra husholdningerne består af små og uensartede mængder, at sorteringsanlæg ikke kan få tilstrækkelig skala, og at der er behov for samarbejde mellem offentlige og private (OPP). Dette omfatter også bemærkninger om usikkerhed i forhold til rammerne for den fremtidige regulering, herunder implementering af producentansvar for emballage.

Af gennemgangen af barrierer fremgår desuden, at sikkerhed i leverancerne og afsætningsforhold kan være af afgørende betydning for dels interessen for at investere i sorteringskapacitet, dels for prissætningen i forbindelse med sortering. Særligt fremhæves korte behandlingsudbud, usikkerhed om leverede mængder til sortering og leverandørspecifikke ønsker til sorteringen.

Endelig er et gennemgående tema på tværs af indsamling, behandling og marked, at øget samarbejde gennem værdikæden vil kunne fremme genanvendelsen. Dette inkluderer blandt andet design af produkter, struktur for indsamlingssystem, fremme af produkter med genanvendt indhold samt udsortering af produkter fra sorteringsanlæg, der efterspørges i markedet.

Dette kan samles til tre barrierer, som er af særlig stor betydning for etableringen af en genanvendelsesindustri i Danmark:

- Nuværende og fremtidig organisering
- Kontraktforhold, herunder sikkerhed i leverancerne, kontraktløbetid og forsyningsmængder
- Samarbejde på tværs af værdikæden.

Herunder uddybes disse tre barrierer.

Organisering

Samarbejde mellem offentlige og private aktører vanskeliggøres blandt andet af, at kommunerne ikke må drive virksomhed med profit. Samtidig betyder den nuværende organisering, at husholdnings- og erhvervsaffald i praksis behandles adskilt. Herved vil et sorteringsanlæg kun

kunne modtage dele af det samlede potentiale for plastaffald, hvilke gør det vanskeligt at udnytte stordriftsfordele. Tættere samarbejder på tværs af offentlige og private aktører vil desuden styrke mulighederne for at investere i sorteringskapacitet. Denne udfordring kan blive af særlig betydning i forbindelse med implementeringen af producentansvaret for emballage. Dette skyldes, at emballageaffald udgør en stor del af det husstandsindsamlede plastaffald. Den konkrete udformning af producentansvaret for emballageplast i Danmark er endnu ikke fastlagt, og denne usikkerhed gør det mindre attraktivt at investere i ny plastsorteringskapacitet. Afhængig af udformningen af producentansvaret vil ansvaret for håndtering af plastemballageaffaldet kunne tilfalde producenter eller kommunen. For at fremme et effektivt producentansvar skal det indtænkes, hvordan ansvarsfordelingen kan understøtte, at rammebetingelserne for etablering af sorteringskapacitet i Danmark styrkes.

Der kan i den forbindelse trækkes på erfaringer fra Danmarks nabolande, som i dag har producentansvar for emballage, og hvor der er større sorteringskapacitet til behandling af plastaffald. Udarbejdelsen af producentansvaret frem til implementeringen senest i 2024 skaber dermed en enestående mulighed for, i samarbejde med aktørerne, at sætte rammer, der kan sikre øget samarbejde mellem offentlige og private aktører. Herved kan der sikres rammebetingelser, der fremmer etablering af sorteringskapacitet for både husholdninger og erhverv, uanset om der er tale om plastemballageaffald eller andet plastaffald.

Kontraktforhold

Ustabil forsyning og korte behandlingsudbud synes i særlig grad at udgøre en barriere for investeringer i større kapacitet inden for avancerede sorteringsanlæg. Flere danske aktører fremhævede, at korte udbud skaber så stor usikkerhed for den fremtidige forsyning, at det hæmmer investering i nye løsninger. Der opleves et fokus på kortsigtede gevinster fra kommunerne frem for at etablere en langsigtet tilgang for at fremme bedre sortering. Det kan blandt andet betyde stort fokus på udsorteringsandelen til genanvendelse frem for at bidrage til sortering, der efterfølgende kan anvendes i højværdiprodukter.

Selve mængden, der behandles på markedet, har betydning for mulighederne for at skabe stordriftsfordele, men respondenterne ser dette som en mindre barriere, da et avanceret sorteringsanlæg vil kunne tilpasses til mængderne på markedet. Aktørerne ser usikkerhed i forsyningen og forsyningsstabilitet som en større udfordring end størrelsen af plastmængden isoleret set. Dette linker dog også til ovenstående punkt om organisering, hvor der fremstår et behov for at fremme samarbejde på tværs af værdikæden.

Forskelligrettede ønsker og krav fra forskellige kommuner kan ligeledes vanskeliggøre og fordyre sorteringsprocessen. Dette forstærkes af, at indsamlingen sker forskelligt i de enkelte kommuner, men dette vurderes ikke i sig selv at være af afgørende betydning, men snarere blot bidrage til større variationer i de ønsker til sorteringen, som der måtte være. Dette tyder på et behov for at finde kontraktformer, der i højere grad kan sikre, at sorteringsanlæggene samtidigt kan drives optimalt, hvilket vil kunne fremme investeringer og på sigt reducere omkostningerne til sortering.

Samarbejde på tværs af værdikæden

En række af de barrierer, der er fremhævet – bl.a. forbindelse med organisering og kontraktforhold — omhandler samarbejde på tværs af værdikæden. For at sikre en effektiv dansk behandling af plastaffald vurderes der at være potentiale for et styrket samarbejde, særligt på tværs af offentlige og private aktører, for at skabe en mere effektiv sortering. Dette vil kunne understøttes af centrale myndigheder gennem forskellige fora for samarbejde, men særligt ved at etablere rammeregulering, der gør det muligt at lave forskellige forsøg for samarbejder. Det kan f.eks. ske ved at give dispensationer, der muliggør innovative samarbejdsstrukturer. OPP og rammerne for kontraktforhold er to områder, hvor støtte til nye forsøg og løsninger vil kunne deles på tværs af sektoren.

8. Samlede konklusioner på muligheder og udfordringer for øget plastbehandling i Danmark

I denne rapport er en række forskellige aspekter af markedet for plast til genanvendelse undersøgt. Dette inkluderer en kortlægning af markederne for genanvendt plast, teknologierne til at sorteresortere og oparbejde plast, samt analyse af potentialer og barrierer i værdikæden for genanvendt plast. Det er gennemgående for analysen, at mulighederne og udfordringerne ved behandling af plastaffald afhænger af den konkrete affaldssammensætning, der igen blandt andet afhænger af kilden til affaldet. Det er desuden afgørende i hvilket omfang håndtering og sortering optimeres i forhold til økonomi eller høj udsorteringsgrad. På baggrund af rapporter er der identificeret en række hovedkonklusioner;

- Sorteringsanlægs sorteringseffektivitet og renheden af output er markedsdrevet. Et højteknologisk anlæg kan i højere grad tilpasses til varierende markedsforhold. I vurderingen af tiltag til at fremme en højere udsortering bør der derfor ikke kun anlægges et teknologisk perspektiv, men også et markeds-mæssigt.
- Større samarbejde på tværs af værdikæden kan fremme, at indsamling, sortering og oparbejdning tilpasses de behov, som findes i aftagermarkedet for genanvendt plast. Samtidig vil aftagermarkedets krav kunne tilpasses til mulighederne i behandlingen for genanvendt plast. Dette vil konkret betyde, at sorteringsanlæg vil kunne specialisere sig i særlige produktgrupper af polymerer, hvilket potentielt vil kunne forbedre både økonomi og kvalitet i genanvendelsen.
- Sorterings- og oparbejdningsskapacitet er en begrænsende faktor. Det er derfor vanskeligere at afsætte blandede plastfraktioner, der kræver meget oparbejdning, ift. rene fraktioner. Dette vil kunne understøtte både en større sortering i Danmark, men også at flere tiltag indføres for at reducere sorteringsanlæggenes mixed plastics-fraktion.
- Danske anlæg til sortering af husstandsindsamlet plast har i dag ikke tilstrækkelig teknisk fleksibilitet til at kunne tilpasse sorteringen optimalt til priserne på verdensmarkedet. Dette skyldes særligt, at anlæggene er relativt små.
- Usikkerhed om kommende rammebetingelser, nuværende rammebetingelser, kontrakter med kort løbetid, forskellige indsamlingssystemer og varierende krav til afsætningen beskrives som medvirkende faktorer til, at der ikke opføres avancerede sorteringsanlæg til husstandsindsamlet plast i Danmark. Blandt andet medfører indførelsen af producentansvar for emballageplast en særlig usikkerhed. Producentansvaret kan samtidig bidrage til at sikre en tilstrækkelig mængde, som det ses i Tyskland og Sverige.
- Det fremgår, at der vil kunne opnås en økonomisk gevinst ved at øge sorteringskapaciteten i Danmark i forhold til at afsætte blandet plast fra husholdningerne til behand-

ling i udlandet. Dette skyldes formentlig, at der er en begrænsende sorteringskapacitet på det europæiske marked og omkostningerne til afsætning af plastfraktioner, der kræver en større andel sortering derfor er forholdsvis høje. Det fremgår desuden, den største gevinst kan opnås, hvis der fokuseres på udsortering af rene plastfraktioner i høj kvalitet frem for en generel høj plastudsortering. Dette kan dog reducere den samlede udsorteringsgrad og potentielt vanskeliggøre opfyldelse af genanvendelsesmål for plast.

- Krav fra leverandøren af blandet plastaffald til sorteringsanlæggenes sorteringsstrategi kan øge sorteringsomkostningerne. Det samme kan usikkerhed om fremtidige mængder til sortering. Det skal desuden fremhæves, at det positive erhvervsøkonomiske resultat for øget sorteringskapacitet i Danmark afhænger af den alternative omkostning ved afsætning i udlandet. Hvis omkostningerne til behandling i udlandet falder, vil det direkte påvirke behandlingstaksten, et dansk anlæg vil kunne kræve.
- Der er ikke klare indikationer af, at dansk husstandsindsamlet plast har betydelig lavere værdi end tysk indsamlet plast. Krav om faste priser i udbud medfører dog en risikopræmie. Det lavere indhold af PET-flasker kan dog medføre en reduceret værdi af det danske plastaffald. Dette er dog forsat uklart. Mindre mængder og generel større usikkerhed vedr. behandling af dansk affald kan dog i sig selv medføre højere priser.
- Der er administrative barrierer, særligt i forhold til notifikation af små affaldsmængder, f.eks. fra serviceerhverv og for at lave test på affaldsfraktioner i udlandet, inden der sorteres i stor skala på en fraktion. Denne usikkerhed medfører ligeledes en risikopræmie for plastaffald der afsættes til udlandet.

9. Litteratur

- Affaldskontoret. (2018). *Kortlægning af affaldsordninger i kommunerne*. Miljøstyrelsen.
- BASF. (2019). Personal communication with Hanna Loyche.
- BCG. (2019). *A Circular Solution to Plastic Waste*.
- Brooks, A. L., Wang, S., & Jambeck, J. R. (Juni 2018). The Chinese import ban and its impact on global plastic waste trade. *Science Advances*.
- COWI. (Igangværende). *Analyse vedr. servicesektoraffald for en dansk kommune*.
- Dansk Affaldsforening, DI og Dansk Energi. (2016). *Benchmarking af affaldssektoren 2016 (data fra 2015)*.
- Dansk Affaldsforening, DI og Dansk Energi. (2019). *BEATE Benchmarking af affaldssektoren 2016 - Forbrædning*.
- Deloitte. (udat). *Blueprint for plastics packaging waste: Quality sorting & recycling*. Hentet fra http://www.plasticsrecyclers.eu/sites/default/files/PRE_blueprint%20packaging%20waste_Final%20report%202017.pdf
- Ea Energianalyse. (2016). *El, varme og affaldsforbrænding - Analyse af import af affald i et langsigtet perspektiv*.
- Ellen MacArthur Foundation. (2019). *The new Plastics Economy*.
- Energistyrelsen. (2019). *Samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger for energipriser og emissioner*. Energistyrelsen.
- EUWID. (2019). *Price Watch Waste Plastics - Germany*.
- Finansministeriet. (2017). *Vejledning i samfundsøkonomiske konsekvensvurderinger*.
- Fødevareministeriet, M.-o. (2019A). *Plastik uden spild - Regeringens plastikhandlingsplan*.
- Hundertmark, T., Mayer, M., McNally, C., Simons, J. T., & Witte, C. (December 2018). *How plastics waste recycling could transform the chemical industry*. Hentet fra McKinsey: <https://www.mckinsey.com/industries/chemicals/our-insights/how-plastics-waste-recycling-could-transform-the-chemical-industry>
- Innovationsfonden. (2019). *The new plastics economy - A Research, Innovation, and Business opportunity for Denmark*.
- IUT / Leoben. (2019). *Study about Plastic Sorting and Recycling*. Kan tilgås på: <https://plastikviden.dk/media/212448/study-about-plastic-sorting-and-recycling.pdf>.
- Katz, C. (7. Marts 2019). *Piling Up: How China's Ban on Importing Waste Has Stalled Global Recycling*. Hentet fra Yale Environment 360: <https://e360.yale.edu/features/piling-up-how-chinas-ban-on-importing-waste-has-stalled-global-recycling>
- Københavns Kommune. (2018). *Sammensætning af husstandsindsamlet plastaffald*.
- Miljøstyrelsen. (2013). *Beskæftigelse i affaldssektoren*.
- Miljøstyrelsen. (2015). *Oversigt over eksisterende afsætningsmuligheder for plast, metal og organisk affald*.
- Miljøstyrelsen. (2016). *Basisfaktaark om plastaffald*.
- Miljøstyrelsen. (2016). *Økonomisk analyse af øget genanvendelse af tørre affaldsfraktioner fra servicesektoren*.

- Miljøstyrelsen. (2017). *Forsøg på nyt testsorteringsanlæg for kildesorterede/kildeopdelte materialer (Kommunepuljeprojekt)*.
- Miljøstyrelsen. (2018). *Kortlægning af kommunale affaldsordninger for husholdningsaffald*. Hentet fra <https://genanvend.mst.dk/projekter/projektbibliotek/2015/kortlaegning-af-kommunale-affaldsordninger-for-husholdningsaffald-1/>
- Miljøstyrelsen. (2018). *Kortlægning af mængderne af de tørre fraktioner i servicesektoren*.
- Miljøstyrelsen. (2019A). *Statistik for emballageforsyning og indsamling af emballageaffald 2017*.
- Miljøstyrelsen. (2019B). *På vej - Mod øget genanvendelse af husholdningsaffald*.
- Miljøstyrelsen. (2019C). *Preliminary assessment of plastic material flows in Denmark*.
- Miljøstyrelsen. (2019D). *Affaldsstatistik 2017*.
- Miljøstyrelsen. (2019E). *Analyse af miljø og økonomi ved kildesortering og kildeopdeling - Sammenligning af forskellige kombinationer af tørre fraktioner*. Miljøprojekt nr. 2066.
- Miljøstyrelsen. (2019F). *Dokumentation FRIDA 2017*.
- Nordic Council of Ministers. (2018). *Plastic Waste Markets - Overcoming barriers to better resource utilisation*.
- Nordisk Ministerråd. (2018A). *Plastic Waste Markets – Overcoming barriers to better resource utilisation*.
- Plasticker. (2019). *bvse Market Report Plastics*. Hentet fra New Media Publisher GmbH: https://plasticker.de/preise/marktbericht_en.php
- Quicker, P. (2015). *Pyrolysis and Gasification – State of the Art*. In: *Waste Management, Volume 5, Waste-to-Energy*.
- Quicker, P., Neuerburg, F., Noël, Y., Huras, A., Weber, K., Eyssen, R., . . . Thomé-Kozmiensky, K. (2014). *State of the Art of Alternative Thermal Waste Treatment Processes*. In: *Waste Management, Volume 4, Waste-to-Energy*.
- Risgaard, H. (2019). *Quantafuel teknologien til omdannelse af lavkvalitetsplast til syntetisk olieprodukter – status og videreudvikling*. DAKOFA konferencen "Vejen ud af plastkrisen - hvordan sikrer vi genanvendelse af borgernes plast?".
- Sarc, R., Friedrich, K., Möllnitz, S., Stephan, H., Roland, P., & Daniel, V. (2019). *BENCHMARK ANALYSIS FOR PLASTIC RECYCLATES IN AUSTRIAN WASTE MANAGEMENT*.
- Skatteministeriet. (2015). *Bekendtgørelse af lov om afgift af stenkul, brunkul og koks m.v.* Hentet fra Retsinformation: <https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=173434#id8c91ec e4-9c7f-4def-afcc-e8ee489e888c>
- Sweco. (2016). *Plastkortlægning*.
- Uken, M. (6. January 2018). *Müllexporte nach China. Die Weltmüllkippe schließt (Waste exports to China. The worlds waste dump closes)*. Hentet fra Zite: <https://www.zeit.de/wirtschaft/2018-01/muellexporte-china-plastikmuell-recycling>
- WRAP. (2019). *Plastics market situation report*.

Bilag 1. Spørgeguide til markedskortlægning

Formål med projektet

For at kunne understøtte et øget genbrug og genanvendelse af plastaffald har Miljøstyrelsen igangsat en analyse, som skal identificere nye udviklings- og forretningspotentialer i genbrug og genanvendelse af plast for danske virksomheder. Her ser vi på plastens vej både i DK og udlandet fra produktion af en plastvare til og med at en ny råvare af plast er oparbejdet ud fra plastaffald. Fokus ligger dog på den del der ligger fra plasten er blevet til affald og indtil den bliver et nyt produkt. Her arbejder vi med 4 led:

- 1 Led: Indsamling af Primær plastaffald (Blandet/usorteret plast) fra husholdning og erhvervsvirksomhed
- 2 Led: Forbehandling- og sortering til polymerer
- 3 Led: Oparbejdning til granulat og flakes
- 4 Led: Anvendelsen af regenereret plast i nye produkter

I denne analyse indgår bl.a. en redegørelse af de erhvervsøkonomiske potentialer i Danmark af en øget genanvendelsesindustri.

Introduktion til spørgeguide

Spørgeguiden starter med et par virksomhedsspecifikke spørgsmål, hvorefter der følger en række spørgsmål afhængig af hvilket led i værdikæden virksomheden opererer i.

Virksomhedsspecifikke spørgsmål

- 4 Angiv navn, firma og kontaktoplysninger
- 5 Hvilke rolle(-r) varetager I i værdikæden?

Roller

Sæt kryds

Transport / indsamling

Mægling

Behandling / sortering

Oparbejdning / nyttiggørelse

Aftager af genanvendt plast

Andet (angiv venligst)

- 6 Hvor store plastmængder (ton) håndterer I i hvert enkelt led? Udfyld skemaet

Led i behandlingskæden

Transport / indsamling

Behandling / sortering

Oparbejdning

Andet

Stort plast fra GBS:

F.eks. 96/4 LDPE

F.eks. PE granulate:

Husholdningsplast
blandet, kildesorteret:

F.eks. 96/4 HDPE

F.eks. PP flakes:

Husholdningsplast
hård, kildesorteret:

F.eks. PE/PP

4

Blandet hård plast fra industri:	4	4
Blandet plast fra servicesektoren:	5	5
Andre fraktioner:	6	6
	(7):	(7):
	(8)	(8)
	(9)	(9)

Behandling /sortering

7. Hvem/hvor modtager i plasten fra?
8. Hvilken betydning har blandingen, kvaliteten og kontamineringsgradens af plasten for jer? Har renheden af det indsamlet plastik betydning for andelen der udsorteres, og hvordan den kan afsættes? Angiv f.eks. ift. 98-2, 95-5.
9. Hvilke priser skal I have (DKK / ton) for den indsamlede plast – evt. fordelt afhængig af forskel i renhed og polymertype? Angiv positiv/negativ pris eller om der er tale om en samlet pakke for affald
10. Hvilken behandling/sortering af plast foretages? Hvad har størst betydning for udsorteringsgraden? Vær opmærksom på om der er tale om: Grovsortering (på anlæg uden polymer sortering) hvor blandet plast adskilles fra evt, andre genanvendelige materialer og forureninger. (fra co-mingled indsamling eller fra restaffalds indsamling) eller Grov- og finsortering på anlæg med avanceret polymersortering mm. Plast adskilles fra andre gen-anvendelige materialer og forureninger (fejlsortering)
11. Hvilken renhed, kvalitet og blanding opnås? (Beskriv hvordan dette opnås)
12. Hvad er jeres kapacitet ift. den nuværende behandlede mængde?
13. Hvilke muligheder er der for at afsætte det behandlede plastaffald (i DK og i udlandet) og hvordan træffes valget? Hvilken betydning har renhed, kvalitet og blanding for efterspørgslen efter plast? Hvor og hvordan bliver den blandede fraktion afsat? Angiv f.eks. ift. 98-2, 95-5. Hvis egen oparbejdning, så springes til afsnit 0.
14. Hvor er det muligt at afsætte plasten uden for Danmark og hvor nemt er det? Har det haft en betydning og i givet fald hvilken, at Kina har stoppet for plastimport? Angiv ift. polymertype og renhed - f.eks. ift. 98-2, 95-5.
15. Hvad forventes det at have af effekt af, at man i regi af Basel konventionen har opnået enighed om at indlemme blandet, ikke genanvendeligt og forurenset plast, således at overførslen kræver samtykke fra modtagerlandet?
16. Hvilke priser kan I opnå (DKK / ton) for den behandlede plast – evt. fordelt afhængig af forskel i renhed og polymertyper i DK og udland? Angiv positiv/negativ pris og ift. 98-2, 95-5

- 17. Hvad er jeres forventede markedsandel? Hvilke andre virksomheder modtager plast med henblik på sortering og/eller afsætning til genanvendelse?**
- 18. Hvilke problemer og udfordringer har I i udførelsen af jeres arbejde eller driften af jeres virksomhed, dels ved håndtering af de nuværende mængder og dels hvis I ger-ne ville håndtere større mængder plastaffald**
- 19. Er teknologien god nok i forhold til sortering af plastaffald?**
- 20. Ser I nogle barrierer både tekniske, markedsmæssige eller lovgivningsmæssige m.fl. ift. at behandle og sortere plastaffald effektivt i Danmark? Hvilken barriere ser I som den vigtigste?**
- Lovgivning: Regler, der forhindrer genanvendelse; manglende regler, som fremmer genanvendelse; manglende fælles danske behandlingskrav til plastaffald
 - Skat/afgifter: Manglende beskatning af ikke at udsortere plast; incidens af affaldsvar-meafgift
 - Skala: Manglende mængder og uensartet kvalitet pga. for små anlæg
 - Indsamling: Manglende fokus på effektivitet, kvalitet og værdikæde i indsamlingsled-det
 - Behandling: Manglende interesse i storskalaløsninger via interkommunalt samar-bejde
 - Kvalitet: Degradering af kvaliteten, manglende markedsenighed om kvalitet/ensartet-hed
 - Marked: Manglende kvalitet i regranulat; manglende efterspørgsel/betalingsvillighed.

Bilag 2. Deltagere i Interview

Kilde	Kontakt	Type
Vestforbrænding	Anders Kiil og Per Runchel	dansk affaldsselskab
NOMI4S	Carsten Zaar Hansen	dansk sorteringsanlæg
Københavns kommune	Jonas Åbo Mortensen	Dansk kommune
Dansk Affald	Jesper Vange Heinzl	dansk sorteringsanlæg
Renonord	Thomas Lyngholm	dansk sorteringsanlæg
Scrap Solutions	Jan Hohberg	dansk sorteringsanlæg
Marius Pedersen	Jeanett Vikkelsøe	håndteringsvirksomheder
Stena	Søren Keller	Håndteringsvirksomheder/ for- midlingsvirksomheder
Ragn-sells	Kenneth Kaasgård	Håndteringsvirksomheder/ for- midlingsvirksomheder
Swerec	Michael Albertsen	udenlandske sorteringsanlæg
SUEZ	Adam Read og Stuart Hayward- Higham	udenlandske sorteringsanlæg
Aage Vestergård Larsen	Franz Cucoliza	Oparbejdnings virksomheder
Færch plast	Carsten Lauritzen	Oparbejdnings virksomhe- der/Aftager
		Udenlandsk sorteringsanlæg
Danbørs	Claus Damgaard	formidlingsvirksomheder
Polyprint	Malene Villadsen	Producent af plastprodukter

Bilag 3. Liste over oparbejdningsanlæg i Tyskland Østrig, Holland og Storbritannien

I denne tabel kan en liste over oparbejdningsanlæg i Tyskland, Holland, Østrig og Storbritannien ses, ud for hvert anlæg er angivet de polymerer de modtager til genanvendelse. Y = ja og N = Nej. Hvis intet er angivet betyder det, at de konkrete accepterede polymerer ikke kendes. Derudover henvises til EUCERT hvor en liste med certificerede oparbejdningsanlæg kan findes. Andre polymerer, der behandles på anlægget er oplyst, som de er oplyst af anlægget. Der kan således være afvigelser i betegnelser og forkortelser.

Virksomhed	Land	Accepterede polymerer					
		LDPE	HDPE	PP	PET	PS	Andre
Arw-Rohstoffhandel GmbH	Østrig	N	Y	Y	Y	N	Y
A.S.A Abfall Service AG	Østrig						
BAGE Plastics	Østrig	N	N	Y	N	Y	Y
Candi Plastic Recycling GmbH	Østrig	N	N	Y	N	Y	Y
Ecoplast	Østrig	Y	Y	N	N	N	N
Ehgartner Entsorgung	Østrig						
FCC Group	Østrig						
Freudenthaler GmbH & Co.KG	Østrig						
HNAT-Kunststoffe GmbH	Østrig	Y	Y	N	N	N	N
Höller Entsorgung GmbH	Østrig						
Kruschitz Gesellschaft m.b.H.	Østrig	Y	Y	Y	Y	N	N
Loacker Recycling GmbH	Østrig	Y	Y	Y	Y	Y	

Virksomhed	Land	Accepterede polymerer					
		LDPE	HDPE	PP	PET	PS	Andre
MBA Polymers Austria Kunststoffverarbeitungs GmbH	Østrig	N	Y	Y	N	Y	ABS
MGG Polymers GmbH	Østrig	N	N	Y	N	Y	Y
OKUV Blaimschein GmbH	Østrig	N	N	Y	Y	Y	Y
OKV Kunststoff-Verwertung GmbH	Østrig						
PET Recycling Team GmbH	Østrig	N	N	N	Y	N	N
PETer Seppel GmbH	Østrig				Y		
PET to PET Recycling Österreich GmbH	Østrig	N	N	N	Y	N	N
Reststofftechnik Ges.M.B.H	Østrig	N	Y	Y	N	N	Y
Rosbacher GmbH	Østrig						
Sepp Träger Recycling	Østrig						
Sky Plastic Group AG	Østrig	N	Y	Y	N	Y	Y
Vorwagner Kreislaufwirtschaft GmbH	Østrig						
Walter Kunststoffe GmbH	Østrig	Y	N	N	N	N	N
Zentraplast Kunststoffrecycling GmbH	Østrig	N	N	Y	Y	Y	Y
AFA Nord GmbH	Tyskland	Y	Y	Y	N	Y	
Arrow Plast Kunststoffrecycling GmbH	Tyskland	Y	Y	Y	N	Y	PC, ABS, PA
Aurora Kunststoffe GmbH	Tyskland	N	Y	Y	N	Y	PC, ABS, PA
Becker + Armbrust GmbH	Tyskland	Y	Y	Y	Y	N	PVC

Virksomhed	Land	Accepterede polymerer					
		LDPE	HDPE	PP	PET	PS	Andre
BEOS-Polymer GmbH	Tyskland	Y	Y	Y	N	Y	PC, PC+ABS, PA, PVC, ASA, SAN, PMMA, TPE, PP- EDPM, u.a.
BeRec GmbH	Tyskland	Y	N	Y	N	Y	LLDPE
BVR Kunststoff GmbH	Tyskland	N	N	N	N	N	PE
Cifra Recycling GmbH	Tyskland	Y	Y	N	N	Y	PA, PVC
Copo Plast	Tyskland	Y	N	Y	N	N	
CPE Entsorgung GmbH	Tyskland	Y	Y	Y	Y	Y	PVC
Dienstleistung, Handel and Transport GmbH	Tyskland	N	N	N	N	N	PVC
DKL-Kunststoffe mbH	Tyskland	N	N	Y	N	Y	PE, ABS, PC
Dockhorn-Kunststoffe e.K.	Tyskland	Y	Y	Y	N	Y	PA, PC, ABS, HIPS
Dörr Bruchsalser Kunststoffe GmbH	Tyskland	N	N	Y	Y	Y	PE, ABS
ERE Kunststoff RAM-Extrusion GmbH & Co.KG	Tyskland	Y	Y	Y	N	Y	PA, PC, ABS
Erich Rada GmbH	Tyskland	N	Y	Y	N	N	PA, PE, ABS
Eu-Rec Plast GmbH	Tyskland	N	N	N	N	N	PE
Euro Kunststoffprodukte Yavuz	Tyskland	Y	Y	Y	Y	Y	PA

Virksomhed	Land	Accepterede polymerer					
		LDPE	HDPE	PP	PET	PS	Andre
FISCHER Gruppe	Tyskland	Y	Y	Y	Y	Y	ABS, PMMA, PA, PVC
General-Industries Polymere GmbH	Tyskland	N	N	N	N	Y	PA, PC, ABS
Gerd Johs. Petersen GmbH & Co. KG	Tyskland	Y	Y	Y	N	N	LLDPE
Hansa-Kunststoff-Recycling	Tyskland	N	N	Y	N	Y	PE, PC, ABS, PA
Haweku GmbH	Tyskland	Y	Y	Y	N	Y	PA, PC, PVC, PBT
Herta Görgens GmbH Kunststoffrecycling	Tyskland	Y	Y	Y	N	Y	PC, PVC, ABS
HP-T Höglmeier	Tyskland	N	N	Y	N	N	PE
Hubert Eing Kunststoffverwertung GmbH	Tyskland	N	N	Y	N	N	PE
Inkurec Ilka Holsten e.K.	Tyskland	Y	Y	Y	N	Y	PA, PC, ABS
Inoplast Kunststoff GmbH	Tyskland			Y			PE
Interseroh Dienstleistungs GmbH	Tyskland	N	N	Y	N	N	Y
Krall Kunststoff-Recycling GmbH	Tyskland	N	N	Y	Y	Y	PA, PC, PE, PVC, ABS
KRS Kunststoff Recycling & Service GmbH	Tyskland	N	N	N	N	N	ABS, PMMA, PA, PVC
Kunststoff Recycling Bartl	Tyskland	N	N	Y	Y	Y	PC, ABS, PE,

Virksomhed	Land	Accepterede polymerer					
		LDPE	HDPE	PP	PET	PS	Andre
Kunststofferzeugnisse Occhipinti GmbH & Co. KG	Tyskland	N	N	N	N	N	PA, PC, ABS
Kunststoffrecycling mit System	Tyskland	N	N	Y	N	N	PA, PE
KVB-Gardelegen	Tyskland	N	Y	N	Y	N	PA, PC, PE, ABS
KVS Plastics GmbH	Tyskland	Y	Y	Y	N	Y	PC, PE, ABS
Laabs GmbH	Tyskland	N	N	N	N	N	PVC
Michael Girstenbrei Recycling GmbH	Tyskland	N	N	N	N	N	PE, PVC
Mirau Kunststoff-Recycling GmbH	Tyskland	Y	Y	Y	Y	Y	PA, PC, LLDPE, POM
MKV GmbH Kunststoffgranulate	Tyskland	N	N	N	N	N	PA
Mtm Plastics GmbH	Tyskland	N	N	Y	N	N	PE
Naftex GmbH	Tyskland	N	N	Y	N	N	PE, PLA, PVC
Nagel-Recycling	Tyskland	N	N	Y	N	Y	PA, PC, PE, ABS, HIPS
NBG Neustädter Baustoffhandels-gesellschaft mbH	Tyskland	N	Y	Y	N	N	PVC, ABS
Neidhardt Rohstoff GmbH	Tyskland	Y	Y	Y	N	Y	PVC
Nico Kunststoffe GmbH	Tyskland	N	Y	Y	N	N	PA, PC, ABS, HIPS
Omnicycle GmbH & Co. KG	Tyskland	N	N	Y	N	Y	ABS

Virksomhed	Land	Accepterede polymerer					
		LDPE	HDPE	PP	PET	PS	Andre
Otto-Rüdiger Schulze Holz- und Baustoffrecycling GmbH & Co. KG	Tyskland	N	N	Y	N	N	PE
Polymer-Zerkleinerung GmbH	Tyskland	N	N	Y	N	N	PE
R.PLAST Kunststoffaufbereit- ungs- und Handels-GmbH	Tyskland	N	N	Y	N	Y	PE, ABS
RDG Kunststoffe GmbH	Tyskland	Y	Y	Y	N	Y	PA, PC, ABS
RE Plano GmbH	Tyskland	N	N	Y	N	N	PA, PE
Re-Plast GmbH	Tyskland	N	Y	Y	N	Y	ABS, PC
RENO Kunststoffprodukte GmbH	Tyskland	N	N	Y	N	Y	PA, PE, ABS
Rissland Kunststoffe GmbH	Tyskland	Y	Y	Y	N	N	PA, PC
Romplast PE-Regenerat GmbH	Tyskland	N	N	N	N	N	PE
RSG Plastic Recycling GmbH	Tyskland	N	N	Y	N	Y	PA, PC
RSH Polymere	Tyskland	Y	Y	Y	N	N	LLDPE
Rüsing Kunststoffe GmbH	Tyskland	N	N	Y	N	Y	PVC, PE, PA, PMMA, ABS
RW-Plast Kunststoffverar- beitung	Tyskland	Y	Y	N	N	Y	PC, ABS, PA
S & B Kunststoffrecycling GmbH	Tyskland	Y	Y	Y	Y	Y	PE, PVC
S + D Polymer GmbH	Tyskland	N	N	Y	N	N	PA, PC, ABS
Sauer Kunststoffe GmbH	Tyskland	N	N	Y	N	N	PE

Virksomhed	Land	Accepterede polymerer					
		LDPE	HDPE	PP	PET	PS	Andre
Schermer GmbH & Co KG	Tyskland	N	N	Y	Y	Y	PA, PE, PVC, ABS
Schmaus Kunststoffaufbereitung	Tyskland	N	N	Y	N	Y	PA, PC, PE, ABS
SM-Polymer	Tyskland	N	N	Y	N	Y	PA, PC, ABS, PE
SYNCO Polymer Recycling GmbH	Tyskland	N	Y	Y	Y	Y	PMMA
Sysplast GmbH & Co. KG	Tyskland	N	N	Y	N	N	PC, ABS
Tenne-Plastics GmbH	Tyskland	N	N	N	N	N	PA, PC, ABS
Uralan Kunststoffverarbeitung GmbH	Tyskland	N	N	Y	N	N	PA, PE, PVC
VEKA Umwelttechnik GmbH	Tyskland	N	N	N	N	N	PVC
Vogt-Plastic GmbH	Tyskland	N	N	Y	N	Y	PE
WELA-Plast GmbH	Tyskland	Y	Y	Y	N	N	PE
Weser Kunststofftechnik GmbH & Co. KG	Tyskland	N	N	N	N	N	PVC
Wipag Süd GmbH & Co. KG	Tyskland	N	N	Y	N	N	PA, PC, ABS
4PET Recycling BV	Holland	N	N	N	Y	N	N
Bas van den Ende Recycling	Holland	Y	Y	Y	N	N	PVC
Clear Polymers B.V.	Holland						
Cumapol Emmen BV	Holland	N	N	N	Y	N	N

Virksomhed	Land	Accepterede polymerer					
		LDPE	HDPE	PP	PET	PS	Andre
Daly Plastics BV/ Caroda BV	Holland	Y	Y	Y	Y	Y	PVC, PA, LLDPE, ABS
De Vries Recycling	Holland	N	N	N	N	Y	N
Drupet BV	Holland	N	N	N	Y	N	N
Heathland B.V.	Holland	Y	Y	Y	Y	Y	PA, PVC, ABS
HSR Verpakkingen	Holland	N	Y	Y	N	N	N
Kunststof Recycling Van Werven BV	Holland	N	Y	Y	N	Y	PE, PVC, ABS
Mewa Kunststoffen Recycling BV	Holland	Y	N	Y	N	Y	PC, Waste Plastic
Morein B.V.	Holland	N	N	Y	N	Y	PC, PE, ABS
Morssinkhof Rymoplast	Holland	Y	Y	Y	Y	Y	N
Ovimo Plastics	Holland	Y	Y	Y	N	Y	HIPS
Philtex	Holland	N	N	Y	N	N	PE
Plastic Recycling Amsterdam	Holland	Y	Y	Y	Y	Y	N
Plasticorp Industries	Holland	Y	Y	Y	N	N	ABS
Q Plastics B.V.	Holland	N	N	N	N	N	ABS
QCP B.V.	Holland	N	N	Y	N	N	PE
REK Europe B.V.	Holland	N	N	N	N	N	Y
Roffelsen B.V.	Holland	N	N	N	N	N	PVC
Scheurwater Kunststof Recycling	Holland	Y	Y	Y	N	Y	ABS, PC

Virksomhed	Land	Accepterede polymerer					
		LDPE	HDPE	PP	PET	PS	Andre
Sri B.V.	Holland	Y	Y	Y	Y	N	N
STIP Recycling	Holland	Y	Y	Y	N	Y	PC, PA, ABS
Tusti B.V.	Holland	N	Y	N	N	N	N
Umincorp, Gebouw 'De Coop-vaert'	Holland	Y	Y	Y	Y	Y	N
Van der Vleuten Kunststofindustrie B.V.	Holland	N	N	Y	N	Y	N
VanBuVé B.V.	Holland	Y	Y	Y	Y	Y	PA, PC, ABS, HIPS
Veolia Polymers	Holland	N	N	Y	N	N	N
300 Recycling	Storbritannien	N	N	N	Y	N	N
ABC Polymers Ltd	Storbritannien	N	N	Y	N	Y	HD
Aim to Recycle	Storbritannien	N	N	N	N	N	PE
AJ Recycling	Storbritannien						
Alpha Polymers Ltd	Storbritannien	N	N	Y	N	N	N
Associated Polymer Resources	Storbritannien	Y	Y	Y	N	Y	PA, PC, ABS, PVC
Aurora Manufacturing Ltd	Storbritannien	Y	Y	Y	N	N	PA, ABS, HIPS
Avanti Recycling Centre	Storbritannien	N	Y	N	Y	N	N

Virksomhed	Land	Accepterede polymerer					
		LDPE	HDPE	PP	PET	PS	Andre
AWS Recycling Ltd	Storbritannien						
Axion Polymers Ltd	Storbritannien	N	N	Y	N	Y	ABS, HIPS
Aylesbury Granulation Services Limited	Storbritannien	N	Y	Y	N	N	ABS, PC
B & J Parr	Storbritannien	Y	Y	Y	Y	N	PVC
Biffa Plc.	Storbritannien	Y	N	Y	N	N	N
Blue Sky Plastic Recycling	Storbritannien	N	N	Y	N	Y	ABS
Bryson Recycling	Storbritannien				Y		
BSP Compounds	Storbritannien	N	N	Y	N	N	ABS, HIPS
C. L. Rye Trading Ltd	Storbritannien	Y	Y	Y	Y	Y	ABS, HIPS
Centriforce Products Limited	Storbritannien	Y	N	N	N	N	N
Chase Plastics Ltd	Storbritannien	Y	Y	N	N	N	N
Cherry Drainage Pipes	Storbritannien	N	Y	N	N	N	N
Cherry Plastics	Storbritannien	N	Y	Y	Y	N	N
Clean Tech U.K. Ltd	Storbritannien	N	N	N	Y	N	N

Virksomhed	Land	Accepterede polymerer					
		LDPE	HDPE	PP	PET	PS	Andre
Centrol Recycling Group Ltd	Storbritanien						
Closed Loop London Ltd	Storbritanien						
County Plastics Limited	Storbritanien	Y	Y	Y	N	N	ABS, HIPS
Cutts Recycling	Storbritanien	Y	Y	N	Y	N	N
Devon Contact Wast Ltd	Storbritanien	N	Y	N	Y	N	N
East Ayrshire Council	Storbritanien						
Ecoplas Ltd	Storbritanien	N	N	N	N	N	PVC
ECoplastics Recycling Ltd	Storbritanien						
EF Plastics UK Limited	Storbritanien	Y	Y	N	N	N	PMMA, ABS, PC
Envirofirst	Storbritanien	N	N	N	N	N	Y
Envirogreen Polymers Ltd	Storbritanien	N	Y	Y	N	N	N
Eurocell Recycle Ltd	Storbritanien	N	N	N	N	N	PVC
Shanks waste Mangement Limited (FCC Environment Group)	Storbritanien						
Ganesh Polymers	Storbritanien	Y	Y	N	Y	N	LLDPE

Virksomhed	Land	Accepterede polymerer					
		LDPE	HDPE	PP	PET	PS	Andre
GD Environmental Services Ltd	Storbritanien	Y	Y	Y	N	N	PVC
Global Plastic (UK) Ltd	Storbritanien	N	N	N	N	N	Y
Granuplas Plastic Recycling	Storbritanien	Y	Y	Y	N	Y	ABS
Green Circle Polymers Limited	Storbritanien	N	Y	Y	Y	N	N
Greenstar Environmental Ltd	Storbritanien						
Grundon	Storbritanien						
ImerPlast UK Ltd.	Storbritanien	N	Y	Y	N	N	N
Impact Recycling	Storbritanien	N	N	Y	N	N	PE
Jayplas	Storbritanien	Y	Y	Y	Y	Y	N
J&B Recycling Ltd	Storbritanien	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Kingsnorth Waste Management Ltd.	Storbritanien	Y	Y	Y	N	N	N
Land Polymers Limited	Storbritanien	N	N	N	N	N	Y
LAS Recycling	Storbritanien						
Light Brothers	Storbritanien	Y	N	Y	Y	Y	PVC; ABS

Virksomhed	Land	Accepterede polymerer					
		LDPE	HDPE	PP	PET	PS	Andre
Lowmac Alloys Limited	Storbritannien						
Luxus Ltd	Storbritannien	Y	Y	Y	N	Y	ABS, PA
MacRebur® Ltd.	Storbritannien	N	N	N	N	N	Y
MBA Polymers, Inc	Storbritannien	N	N	Y	N	N	PC, HIPS, ABS
Merritt Plastics Ltd	Storbritannien	N	N	N	N	N	PVC
Mid UK Recycling	Storbritannien	N	Y	Y	N	N	N
Milspeed Ltd	Storbritannien	N	N	N	N	N	Y
Monoworld Ltd	Storbritannien	Y	Y	Y	Y	Y	PVC
Moore's Recycling Limited.	Storbritannien	N	N	Y	Y	N	PVC, ABS
M. W. Whites Ltd	Storbritannien						
My PC Compounds Ltd	Storbritannien	N	N	Y	Y	Y	PC, ABS, PE, PA
Norpol Recycling Ltd.	Storbritannien	Y	Y	Y	N	Y	N
Parallel Products	Storbritannien	N	N	N	Y	N	N
Penfold Plastics Ltd.	Storbritannien	N	N	N	N	N	PVC

Virksomhed	Land	Accepterede polymerer					
		LDPE	HDPE	PP	PET	PS	Andre
Petlon Polymers Limited	Storbritanien	N	N	N	Y	N	PA
Philip Tyler Polymers Limited	Storbritanien	N	N	Y	Y	Y	PVC, ABS, PC, PE
PLASgran Ltd.	Storbritanien	N	Y	Y	N	Y	HIPS, ABS
PlasRecycle Ltd	Storbritanien	Y	Y	N	N	N	N
Plastic Technology Services Ltd	Storbritanien	Y	Y	Y	Y	Y	N
Plastic Trading	Storbritanien	N	N	N	N	N	PVC
Plumb Polymers Ltd.	Storbritanien	N	N	Y	N	Y	PVC
Polymer Extrusion Technologies (UK) Ltd	Storbritanien	N	N	N	Y	N	N
Polymer Industries	Storbritanien	Y	Y	Y	Y	Y	ABS, PA, PVC, EVA
Polymer Resource Management	Storbritanien	N	Y	Y	N	N	PE
Powerday	Storbritanien						
PPR Wipag Limited	Storbritanien	N	N	Y	N	Y	PA, PVC, ABS
Preston Plastics Ltd	Storbritanien	Y	Y	Y	N	N	ABS, HIPS
Pulse Plastics	Storbritanien	N	Y	Y	N	N	N

Virksomhed	Land	Accepterede polymerer					
		LDPE	HDPE	PP	PET	PS	Andre
Quericia Ltd	Storbritanien						
Recycled Plastics	Storbritanien	N	N	Y	N	N	PC, PVC, ABS, HIPS
Recycled Plastics UK Ltd.	Storbritanien	N	N	N	N	N	PE
Recycled UK Ltd	Storbritanien	Y	Y	Y	N	Y	PVC
Regain Polymers Limited	Storbritanien	Y	Y	Y	Y	Y	PVC
Reliable Recycling Ltd	Storbritanien	Y	Y	Y	N	Y	PE, ABS
Repro Plastics Ltd	Storbritanien	Y	Y	Y	N	N	PC, PE, ABS, HIPS
Roydon Group plc	Storbritanien	Y	Y	N	Y	N	N
Sharp Polymer Solutions	Storbritanien	Y	Y	Y	Y	Y	PC, PVC, ABS, HIPS
Simplas PVC Recycling	Storbritanien	N	N	N	N	N	PVC
Sita UK Ltd	Storbritanien						
Site Serv Ltd	Storbritanien						
Sun Polymer	Storbritanien	N	N	Y	N	N	PE
TNC Plastics Ltd	Storbritanien	Y	Y	Y	N	N	PC, ABS

Virksomhed	Land	Accepterede polymerer					
		LDPE	HDPE	PP	PET	PS	Andre
Toughsheet Building Products	Storbritanien	Y	Y	N	Y	N	PVC, ABS
Van Werven UK Ltd.	Storbritanien	N	Y	Y	N	N	PE
Veolia E S Hampshire Ltd	Storbritanien						
Viridor	Storbritanien						
Webb Plastics Recycling	Storbritanien	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Wessex Recycling	Storbritanien	Y	Y	Y	N	Y	PA, PC
Wiltshire Plastics UK Ltd	Storbritanien	N	N	N	N	N	PC
WM M Briers & Son (Tamworth) Ltd	Storbritanien						
WRC Recycling	Storbritanien	N	N	Y	N	N	PVC

Bilag 4. Nøglekomponenter i et moderne sorteringsanlæg

I dette bilag er de vigtigste teknologier, som anvendes i sorteringsanlæg beskrevet. Beskrivelsen dækker de mest udbredte teknologier og de teknologier anvendte i afsnit 5.1.

Bilag 4.1 Forbehandling

Poseåbner/Pre-shredder (neddelingsmaskine)

Inputmaterialet kan leveres i forskellig indpakning (baller, løs) og fra forskellige kilder. Derfor er det nødvendigt at åbne det indkommende materiale. Hovedfunktionen med denne neddeling ("shredder") er at åbne posen, dekomprimere materialet og homogenisere strømmen.

Der er vigtigt ikke at neddele plsten for meget i dette procestrin, hvis denne neddelingsproces skærer stykkerne i alt for små stykker, kan det give bagslag i den følgende sorteringsproces.



Figur 8-1 Poseåbner 'bag-opener' / Company Metso

Folieseparator

Funktionen af en folieseparator er at udtrække store plastfolier i et tidligt stadie af rense processen. Dette resulterer i en mere effektiv separation, i den efterfølgende forbehandling, såsom sigter og ballistiske sorteringsmaskiner.

En konventionel folieseparator er udstyret med en roterende tromle med pigge til at fange folierne. Disse pigge kan trækkes tilbage i tromlen ved nogle typer separationer. Tromler med luft- eller sugning er også et ofte anvendt system. Disse store fraktioner sorteres dog ofte manuelt, og resterne leveres til de automatiserede sorteringssystemer. En anden mulighed er at makulere de store fraktioner før en automatiseret sorteringsproces. Denne mulighed kan føre til lavere genanvendelse, da en vis mængde plast bliver makuleret til meget små partikler, der ikke kan genkendes i de efterfølgende automatiske sorteringssystemer.



Figur 8-2 Folieseparator / Firma Matthiessen Lagertechnik GmbH

Sigte

Størrelsessortering ("Screening") kan generelt ske med roterende tromler eller en vibrerende flade. Hovedfunktionen i dette behandlingstrin er at udtage store partikler (hullerne er 240 til 300 mm) fra materialestrømmen. Disse større partikler indeholder ofte en anseelig mængde store folier, og denne strøm er generelt ikke egnet til automatiske sorteringsprocesser uden yderligere behandling. Sigter kan også bruges til at udtage mindre elementer såkaldte "fines" i sådanne tilfælde er hullerne væsentligt mindre.



Figur 8-3 Tromle-Sigte/ Company Sutco

Vindsigte ("Windsifters")

Der er et bredt udvalg af vindsigter (maskine som kan indfange lettere materialer fra materialestrømmen) på markedet. De mest almindelige typer er med tromle, sugning eller zigzag vindsifters. Valget af de rigtige vindsifters sker i henhold til anvendelsen og kornstørrelse af det indkommende materiale.

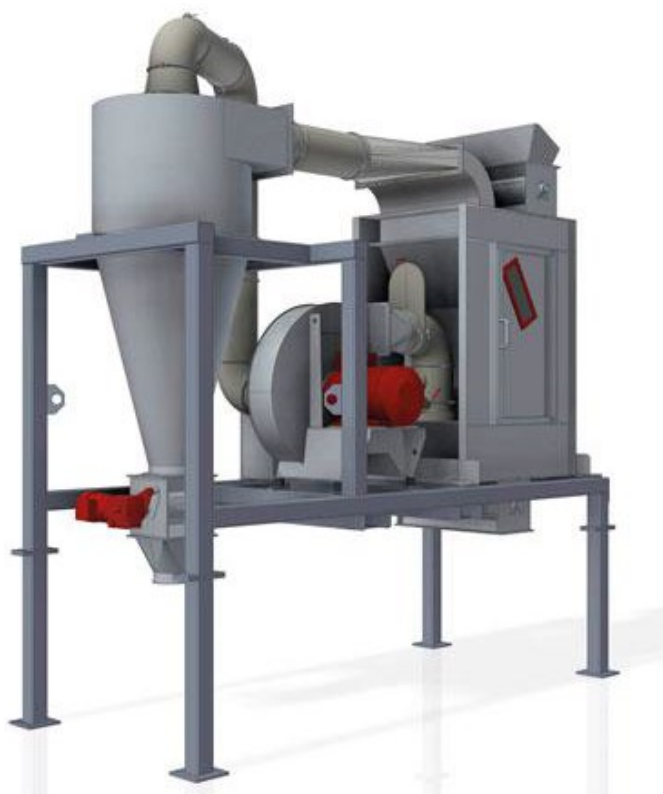
Windsifters er i stand til at udtrække lette eller ultralette partikler fra en materialestrøm.



Figur 8-4 Trumle Windsifter / Company Nihot



Figur 8-5 Cross-Flow Windsifter / Company Nihot

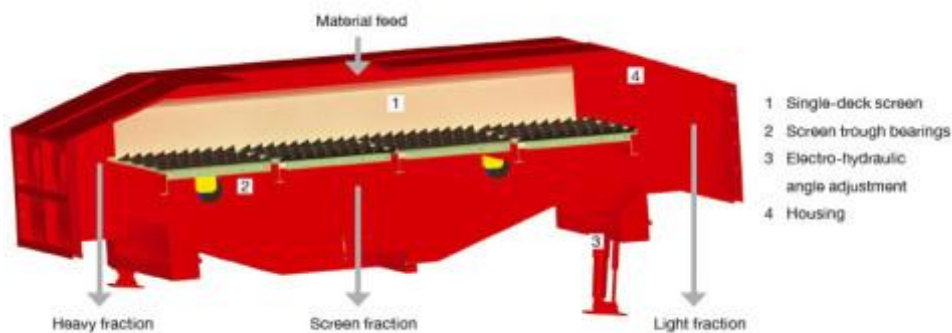


Figur 8-6 Zigzag Windsifter / Company trennso-Technik
Ballistiske separatorer

Denne proces adskiller strømmen i 3 strømme:

- bløde materiale (overvejende plastfolie, papir osv.)
- hårde materiale (overvejende flasker, dåser, dåser, tunge genstande, metaller osv.)
- materiale af finere fraktion

Bløde og hårde materialer kan efterfølgende sendes til forskellige plastsorteringer, de finere fraktioner kan derudover behandles med en ekstra screening og vægtseparator (let/tung) (for at forbedre plastgenanvendelsen) eller den finere fraktion kan evt. sendes direkte til RDF-produktionsprocessen.



Figur 8-7 Ballistisk Sortering / Company IMT

Bilag 4.2 Sortering / separationsenheder

Jern separator

Jern separatorer kan bygges som 'over bånd' magneter (i permanent- eller elektromagnetisk udførelse) eller som magnetisk tromle. En magnet over båndet er normalt placeret på linje med transportbåndssystemet på et overføringspunkt mellem to transportbånd og kan udtrække ferromagnetiske genstande fra forskellige materialestrømme. De ferromagnetiske elementer fjernes med magnetbåndet og frigøres i opsamlingsbokse eller på en udtømningstransportbånd.



Figur 8-8 magnet over båndet/ Company Steinert

Hvirvelstrømmagnet af ikke-magnetiske metaller

(Eddy current separator)

En hvirvelstrømmagnet kan anvendes til at udtrække ikke-ferromagnetiske genstande ved høj elektrisk ledningsevne, såsom aluminium og kobber fra forskellige materialestrømme. Det er vigtigt at vide, at en Hvirvelstrømmagnet ikke, eller kun i meget lille grad, kan adskille metaller med en lavere elektrisk ledningsevne eller legeret stål som rustfrit stål.

En stærk permanent magnet, der hurtigt roterer i den forreste tromle, genererer et pulslignende magnetfelt, der inducerer hvirvelstrømme i de ikke-jernholdige materialer, som skaber et magnetfelt i hvert stykke med modsat polaritet til det permanente magnetsystem. Adskillelsen fra materialestrømmen skyldes den frastødende kraft i området af afbøjningsrullen på 'output'-siden.

Ofte bruges en vibrerende funktion i kombination med separatoren til at sprede materialestrømmen på separatorens fulde bredde. Ændringer af separationsprocessen kan opnås ved justering af hastigheden på rotoren og transportbåndet og ved justering af adskillellesmetoden.

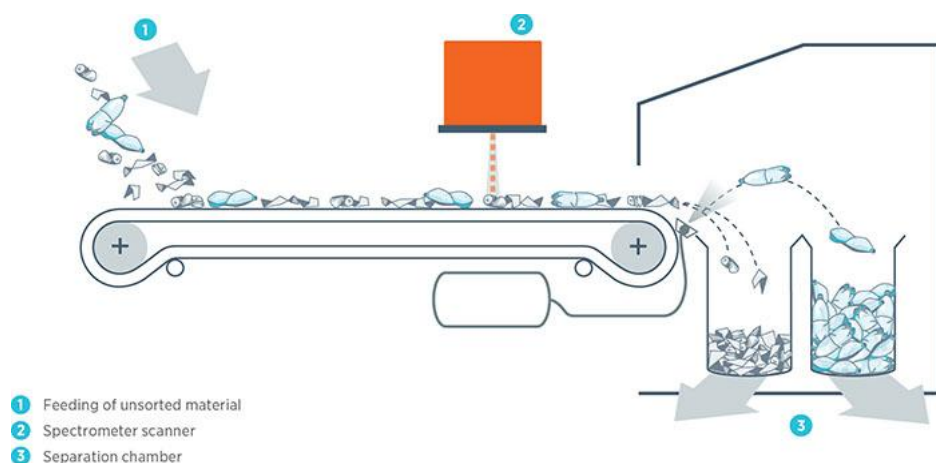


Figur 8-9 'Eddy current' separator / Company Steinert

Automatisk sortering baseret på NIR-Teknologi

NIR-sorteringsprocesser bruges til sortering af polymerer fra bløde og hårde plaststrømme.

NIR-sorteringsmaskiner er automatiske sorteringsmaskiner, der analyserer det reflekterende lys fra et objekt der belyses med nær infrarød stråling og er i stand til at udtrække detekterede genstande ved hjælp af en tryklufsimpuls.



Figur 8-10 NIR-Sortering / Company Tomra

I fuldautomatiske anlæg med 2-trins NIR-løsninger udfører den første maskine sortering af ønskede objekter, og den anden maskine udfører kvalitetssortering for at nå et slutprodukt, der opfylder kravene til den efterfølgende plastopbejdningsproces.

Før restmaterialet sendes til håndtering, er det muligt at implementere en ekstra NIR-sortering, der sigter efter at udsortere alle target materialer, der ikke blev sorteret i første led, hvorefter disse endnu en gang bliver sendt igennem sorteringsprocessen.

Sorteringsrobot

Sorteringsrobotter er en af de nyeste udviklinger inden for affaldshåndteringssektoren. Som beskrevet i Kapitel 5.1 varetager sorteringsrobotterne primært sorteringsopgaver i forbindelse med kvalitetssikring af udsorteret hård plast, desuden anvendes de også til materialer fra bygge- og anlægsaffald.

Mange industrielle robotter bruges normalt til samlebåndsarbejde eller procestrin med høj præcision, der gentages mange gange. Til anvendelse af robotsystemer i affaldshåndteringssektoren stilles andre krav.

Udfordringerne ved at bruge robotteknologier til sortering af affald er hovedsageligt heterogenitet og overfladekontaminering af affaldsstrømmene, de ikke konsekvente former eller masser, der skal gribes af aktuatoren, og den tilfældige placering af genstande i affaldsstrømmen. Frem for alt er processerne til genkendelse af materiale eller objekt med de tilhørende algoritmer og softwaren af stor betydning. Hvis denne software kombineres med passende hardware, og der udføres en yderligere implementering af kunstig intelligens, er robot-systemer i stand til at udføre multitasking-handlinger. Nye fraktioner kan "trænes", hvilket gør teknologien meget frem-tidssikker med hensyn til ændring af affaldsstrømme. Flere systemer er allerede implementeret med succes på markedet for at imødekomme disse krav gennem den korrekte kombination af sensorer, aktuatorer og software. Robotterne, der i nogle tilfælde bruges, erstatter eller interagerer med manuel sortering og/eller finder anvendelse i områder (f.eks. Byggepladsaffald), som ikke er blevet sorteret til dato og/eller tillader automatisk kvalitetssikring og forbedringer (f.eks. Plast).



Figur 8-11 Sorteringsrobot / Virksomhed BHS
Manuel sortering

Manuel sortering udføres af sorteringspersonale, og de sorterede genstande puttes via sorteringskanaler i kasser under sorteringstrinnene. Kasserne kan være selvtømmende eller være beholdere, der aflæsses ved hjælp af en gaffeltruck.



Figur 8-12 Manuel sorteringsstation / Company R&R Beth

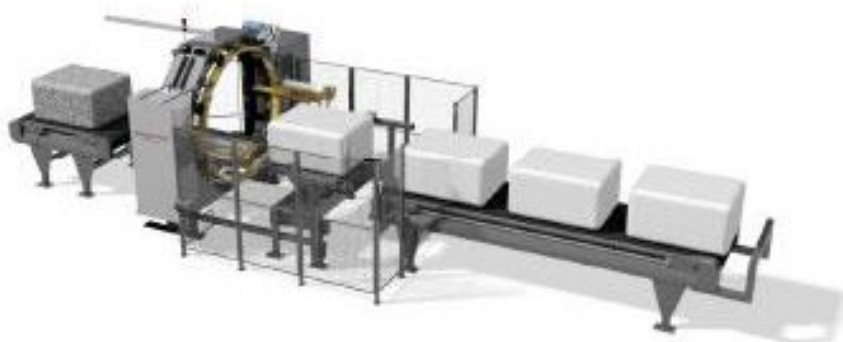
Bilag 4.3 Pakke enheder og resthåndteringssystemer

Baller og ballepresning

En ballepresse og ballepakning er normalt påkrævet for at optimere transportvægten af materialerne til ekstern udnyttelse og for at minimere det interne opbevaringsområde. Derudover reducerer presningen og indpakningen kraftigt muligheden for brand i et opbevaringsrum og dets spredningshastighed.



Figur 8-13 Ballepresning / Company Bollegraaf

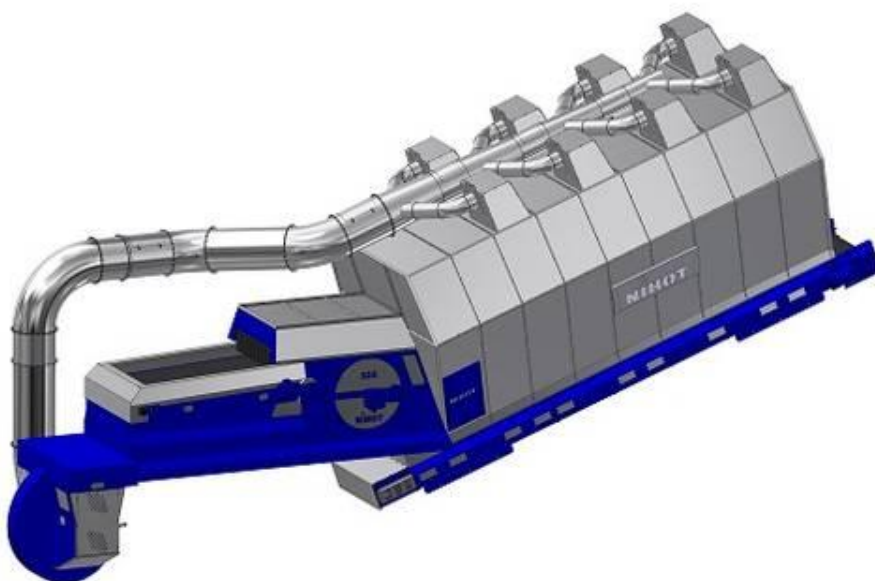


Figur 8-14 Ballepakker/ Company CrossWrap

RDF-behandlingssystem

Alle rester, der ikke kan udvindes som værdifulde eller skadelige materialer, pakkes og sendes normalt til ekstern behandling eller intern behandling med et RDF-forberedelses- og neddelingsstrin.

Forberedelse betragtes som adskillelse af fremmed genstande, der har til opgave at udtrække tunge genstande (sten, resterende metaller) fra materialestrømmen og forhindre RDF-neddeling fra skader på grund af sådanne partikler.



Figur 8-15 Fremmeddeleseparator / firma Nihot

RDF-neddeling udføres normalt som en enkeltmakulerer, der kværner materialet til den ønskede partikelstørrelse. Den neddelte RDF kan derefter leveres til automatiske RDF-bokse til midtvejs-lagring.



Figur 8-16 Sekundær makulator / Company Lindner recyclingtech

Jernseparatorer, hvirvelstrøms udskillere og PVC-sorterere (NIR-sorterere) er normalt inkluderet i et RDF-behandlingssystem.

Bilag 5. Nøglekomponenter i et oparbejdningsanlæg

Bilag 5.1 Nøglekomponenter i konventionelle oparbejdningsanlæg

Neddeling

Det er nødvendigt at implementere en neddelingsenhed til følgende opgaver:

- Åbning af baller
- Afkomprimering af inputmaterialet
- Homogenisering af inputstrømmen
- Størrelsesreduktion inden det første vasketrin

Neddelingsprocessen kan gennemføres som enten en tør eller våd proces, men som udgangspunkt anses den tørre proces som standarden.

Emnestørrelsen på materialet reduceres fra ca. 300 mm (hvilket er emnestørrelsen i sorteringsprocessen) til ca. 100mm.

Magnetisk sortering

En overbåndsmagnet anbefales til frasortering af magnetiske objekter (f.eks. balletråd) inden vaskeprocessen.

Forvask

Forvasken har som funktion at

- adskille tunge partikler fra materialestrømmen (jord, sten, metaller, plast med en densitet $> 1 \text{ kg / m}^3$ som f.eks. PVC)
- fjerne forureninger fra overfladen (dette procestrin har dog en dårlig effektivitet)

Forvaskens funktion er som regel baseret på flyde-synke princippet, det vil sige på adskillelsen af partikler på baggrund af deres specifikke vægt i den samlede materialestrøm. Lette dele flyder på vandoverfladen, og tunge dele synker til bunds i separatoren.

Disse flyde-synke enheder er normalt kombineret med tromler på vandoverfladen, der drejer materialet og skubber emnerne under vandoverfladen. Disse tromler er også relevante i forhold til at sikre tilbageholdelsestiden for materialet inde i separatoren. Den sidste tromle i separatoren er ansvarlig for at overføre den forvaske lette fraktion til det efterfølgende procestrin. De tunge partikler udledes i en form for opsamlingskasser ved hjælp af transportbånd. Materialet afvandes også mekanisk under materialetransporten.



Figur 8-17 En forvask (flyde-synke) enhed fra Herbold Meckesheim



Figur 8-18 En forvask trommle fra Neue Herbold

Kværne

Vådkværn er den mest almindelige teknologi der bruges til at kværne. I en sådan teknologi, bliver indføringsmaterialet vasket og neddelet samtidigt. Materialet neddeles i vand til en partikelstørrelse på ~ 20 mm. Under denne proces bliver store mængder vand ført til et rotorkammer. Da granulatet udledes sammen med vandet, er det nødvendigt at installere en skærm eller afvandingskrue under neddelersens udløb.

En vådsliber er også meget effektiv til at opløse fibermaterialer (såsom i en Tetrapack). Den hjælper med at håndtere de store mængder papirer der kan forekomme i en indgående fraktion (f.eks. som følge af at blandet plast fra husholdningsaffald har mærkater påklisteret).



Figur 8-19 En vådsliber fra Sorema

Intensiv vask

Der findes forskellige teknologier til intensiv vask alt afhængigt af hvilken leverandør man vælger. Disse teknologier består af:

- flyde-synke tank
- hydrocyklon
- turbo vasker

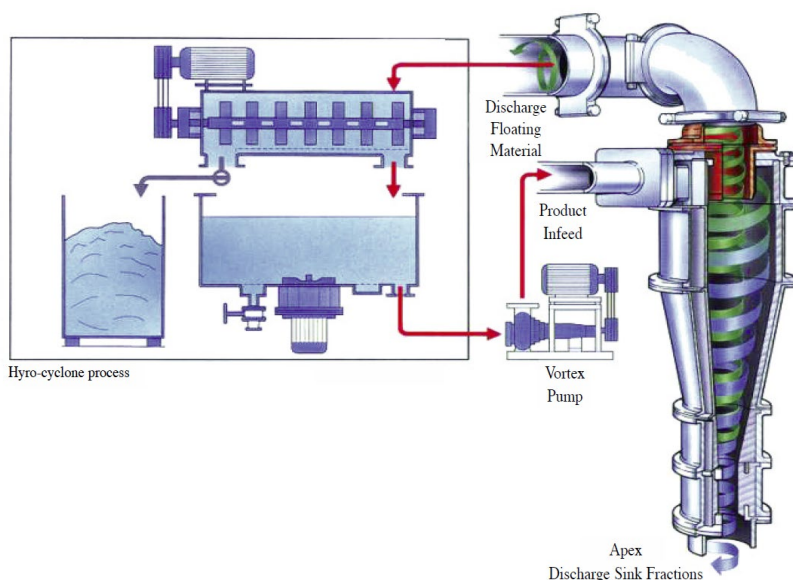
Flyde synke tanke adskiller partikler på baggrund af deres specifikke vægt i den samlede materialestrøm. Lette dele flyder på vandoverfladen, og tunge dele synker til bunds. En sådan teknologi vil typisk anvendes til at adskille PET eller PVC (tunge dele) fra polyolefiner, såsom PE eller PP (lette dele). Den lette fraktion transporteres langs vandets overflade ved hjælp af en padle-tromle ("paddle drum"); og den tunge fraktion udtrækkes af et par pneumatiske ventiler i bunden af beholderen.



Figur 8-20 Flyde-synke tank fra B+B

Hydrocykloner benyttes til lignende adskillelses opgaver som beskrevet ved flyde-synke tanke. Hydrocyklonen arbejder dog med trykkraft fra en pump, og opnår derved en højere separationsseffekt (ca. 20 gange tyngdekraften sammenlignet med flyde-synke tanken, der kun bruger tyngdekraften).

Det lette materiale (som flyder på vandets overflade såsom f.eks. PE / PP) forlader hydrocyklonen sammen med hovedstrømmen i det recirkulerede vand. Tunge partikler (som synker til bunden såsom PET, sten, korn osv.) synker ned i bunden af hydrocyklonen og udledes ved hjælp af et cellehjul. (cell-wheel)



Figur 8-21 Hydrocyklon fra Herbold Meckesheim

De ovennævnte trin er meget ofte anvendt i kombination med friktionsvaskere for at adskille vandkredsløbene.

Friktionsvaskere anvendes typisk efter et vaske- eller separeringstrin og efter en kværnvask (washing grinder) for at adskille (snavs, papirfiber- og / eller opløsningsmiddelholdigt affald) vand fra plastpartiklerne. Friktionsvaskere er typisk bygget af en "hurtig løbende padleskrue" (fast running paddle screw), beskyttet af et skærmhus.

Friktionen inde i maskinen opløser papiret og gør det således muligt at udtrække det fra den flydende plast via linjens vandrensningssystem.



Figur 8-22 Friktionsvasker (friction washer) fra Herbold Meckesheim

Varm vask

Varme vask kan benyttes i tilfælde af forurening og lugt, for at øge materialekvaliteten. Disse vil typisk være batchbetjente systemer. En varm vask består af at materialet bliver blandet sammen med vand (~ 70-80 ° C) med et rengøringsmiddel (f.eks. Kaustisk soda / koncentration 0,5 - 1,5%). En varm-vask enhed er normalt også udstyret med en omrører. Materialet rengøres derved ved hjælp af varmt vand, rengøringsmiddel og friktion. Forureningerne bliver herefter udledt sammen med det varme vand.



Figur 8-23 Varm-vask enhed fra B+B

Mekanisk tørring og termisk tørring

Det er nødvendigt at reducere vandindholdet i produktet inden ekstruderingen til mindst <5 vægt%. Ved tørring af bløde materialer, skal man benytte sig af en kombination af mekanisk og termisk tørring.

Den mekaniske tørring er det første trin i tørringssektionen, og består sædvanligvis af et antal serielle centrifuger. Der er dog et maksimalt antal trin hvor mekanisk tørring er effektiv.

Efter den mekaniske tørring bliver materialet overført til i en termisk tørretumbler. Den termiske tørring kan udføres ved en middeltemperatur og kort retentionstid eller ved en lav temperatur og længere retentionstid. De termiske tørretumblere kan opvarmes med elektricitet, gas eller en alternativ energikilde.

Brug af mekaniske tørringssystemer er tilstrækkelig ved behandling af hård plast såsom HDPE og PP.



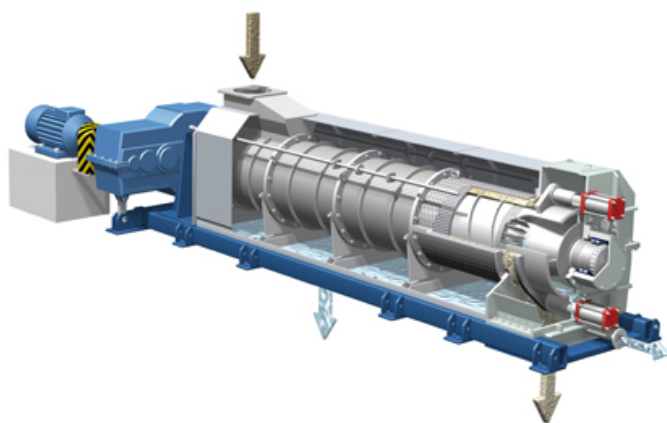
Figur 8-24 Mekanisk tørremaskine (centrifuge) fra B+B



Figur 8-25 Termisk tørremaskine fra B+B

En anden mulighed for blødt plast er at benytte sig af en afvandningspresse (dewatering press) (filter- eller skruepresse), der adskiller væsker fra faste stoffer.

En afvandningspresse (dewatering press) er en enkel, langsomt bevægende enhed, der opnår afvanding ved hjælp af tyngdekraften. Skruepressen presser materialet mod en skærm, filter eller afbøjningsplade, og væsken udledes gennem skærmen til opsamling.



Figur 8-26 Skruепresser (Screw press) fra Andritz

Ekstrudering

Enkelt-skrue (single screw) ekstrudering er den mest moderne teknik til ekstrudering af sekundære råvarer.

Ekstruderingsprocessen består sædvanligvis af følgende komponenter:

- en skærer ved indgangssektionen
- en ekstrudering der består af
- ekstruderingsskrue
- smeltefilter
- afgangning
- pelletering

Plasten tilføres normalt ved hjælp af tyngdekraften fra en topmonteret tragt (normalt udstyret med en skærer) ind i tilførselszonen af ekstruderen. Tilsætningsstoffer, såsom farvestoffer og UV-hæmmer (i enten flydende eller pelletform), bruges ofte og kan blandes i flagerne inde i tragten.

Materialet kommer ind gennem tilførselszonen og kommer i kontakt med skruen. Den roterende skrue tvinger plastflagerne fremad i skruetromlen, der opvarmes til den ønskede smelte-temperatur for den smeltede plast. I de fleste processer er der indstillet en opvarmningsprofil for tromlen, hvor tre eller flere uafhængige kontrollerede opvarmningszoner gradvist øger temperaturen på tromlen bagfra (hvor plasten kommer ind) til fronten. Dette gør, at plasten smelter gradvist, når de skubbes gennem tromlen og reducerer risikoen for overophedning. Overophedning kan nemlig forårsage nedbrydning i polymeren.

Ekstra varme tilføres grundet det intense tryk og friktion, der finder sted inde i tromlen. Hvis en ekstruderingsledning kører kontinuerligt, kan varmeapparaterne faktisk slukkes, og smeltetemperaturen opretholdes af tryk og friktion alene inde i cylinderen. I de fleste ekstrudere er køle-enheder til stede for at holde temperaturen under en indstillet værdi, hvis der genereres for meget varme.

Ekstruderne er også udstyret med afgangsenheder (i 1- eller 2 trin), der udtrækker uønskede gasser, fugtighed osv. ved hjælp af et vakuumpumpesystem.

Foran på tromlen forlader den smeltede plast skruen og bevæger sig gennem en skærmpakke (screen pack) (eller laserfilterenhed) for at fjerne forurenende stoffer i smeltmassen. Denne

skærm tjener også til at skabe modtryk i tøndens. Modtryk er nemlig nødvendigt for at opnå en ensartet smeltning og korrekt blanding af polymeren.

Efter at have passeret gennem skærmen bliver plasten overført ind i en matrice. Plasten skæres til granulat foran matricen ved hjælp af en kniv.

Derefter skal produktet afkøles, og dette opnås normalt ved at overføre granulatet til et vandbad. Efter vandbadet bliver granulatet normalt overført til en tørringscentrifuge, før de pakkes i store poser til transportformål



Figur 8-27 Ekstruderingsenhed fra Erema

Efter ekstruderen kan man benytte sig af en række ekstra udstyr såsom kølere, køleapparater, pneumatiske transportsystemer, siloer og storposefyldestationer.

Ekstrudering med dobbelt skrue bruges hovedsageligt til blanding af forskellige materialer og er ikke den optimale teknologi til standard ekstrudering af sekundære råmaterialer med formål at fremstille et regranulat, som skal sælges på markedet.

Vandbehandling

Vandbehandlingen er yderst vigtig for driften af oparbejdningsanlægget, da vandet er bærer af urenheder.

Der findes modsatrettede flows af vand og plast i oparbejdningsanlægget, hvorved det rene vand kommer ind i modstrømsretningen ved enden af vaskelinjen, og bruges sidste gang ved forvasken. Dette vand vil normalt blive behandlet mekanisk, og delvist recirkuleret. Processen kan variere fra mekaniske til biologiske processer.

Indsatsen for vandbehandling påvirker investeringsomkostningerne for et oparbejdningsanlæg betydeligt, og kan variere meget med hensyn til de lokale kloak- eller spildevandsbehov.

Der findes forskellige additiver og midler afhængigt af processen, der anvendes i den generelle behandlingsproces eller i vandbehandlingen, såsom kaustisk soda, anti-skummidler og flokkuleringsmidler. Brugen af additiver bestemmes i forbindelse med designet af anlægget.

Bilag 6. Oparbejdningsanlæg, fuld teknisk anlæg

Tabel 8-1 Teknologikatalog - oparbejdningsanlæg til LDPE

Udviklingsstatus	Godkendt teknologi
Inputmateriale til anlægget	- Sorterede LDPE-strømme som beskrevet i afsnit 4.4.1 - Monofraktioner fra produktionsprocesser - LDPE-folier (OBS: Lav tykkelse reducerer linjekapacitet) - Landbrugsfolier (OBS: Delvis lav tykkelse reducerer linjekapacitet)
Variable drift- og vedligeholdelsesomkostninger (EUR / ton)	Det er ikke muligt at levere variable omkostninger uden en detaljeret projektbeskrivelse. Generelt ligger drift- og vedligeholdelsesomkostninger i intervallet 70-90 € pr. ton. Drift- og vedligeholdelsesomkostninger påvirkes af følgende hovedparametre, der kan karakteriseres i intervaller som følgende: Tilsluttet strøm (forbrug ca. 60-70%): - Vaskelinje: ~ 1.000 - 1.200 kW pr. Linje - Varm vask: ~ 200 kW pr. Linje (ekskl. Varmekilde, typisk damp) - Termisk tørring: ~ 300 kW pr. Linje - Ekstrudering: ~ 500 kW pr. Ekstruder Andre data: Sliddele: 2 - 5% af investeringsomkostningerne i maskinerne - Frisk vand: 2 - 5 m³ / ton input - Dampkrav: 250 kcal / kg output - Dampparametre: min. 4 bar ved 133 ° C
Samlet investeringsomkostninger (mio. EUR)	En investering i intervallet 3,0 - 5,0 M € skal overvejes for en vaskelinje med en indgangskapacitet på 1,2 - 1,5 ton / t. Omkostningerne for en ekstruder (~ 1 ton / t) med håndtering af genanvendelige materialer og opbevaring ligger i området fra 1,0 - 1,5 M €. Priserne angivet ovenfor inkluderer standardkonfigurationen med grundlæggende mekanisk vandbehandling. Priserne inkluderer ikke infrastruktur, civile anlæg, ejendom, yderligere vandbehandlingssystemer osv.

Pladsbehovene til bygningerne til vaske- og ekstruderingsprocessen er ca. som følger:

- Manipuleringsareal: ~ 500 m²
 - Vaskelinjeareal: ~ 1.200 m²
 - Ekstruderingsareal: ~ 300 m²

Årlig faste drift- og vedligeholdelsesomkostninger (mio. EUR / år)

Skal beregnes individuelt fra sag til sag.

Output

Oparbejdet LDPE der muliggør anvendelse til filmblæsning

Proceseffektivitet (% af input genanvendt - output / input)

Denne faktor er normalt mellem 75 og 80%.

Denne faktor afhænger stærkt af følgende faktorer:

- Mængde urenheder
- Fugt i inputmateriale

Energiforbrug / ton input

Energiforbruget ligger normalt i intervallet 800 - 1.000 kWh / ton.

Disse data er baseret på den beskrevne standardkonfiguration med grundlæggende mekanisk vandbehandling.

Ansatte

Udover de administrerende medarbejdere (anlægsleder, vejebro, revisor, laboratorium osv.) kan følgende varetage driften pr. linje pr. skift:

- 1 person, der påfylder linjen
- 1-2 personer, der tager sig af linjen med hensyn til forebyggende vedligeholdelse og almen drift
- 1 person, der tager sig af ekstruderingsprocessen og materialehåndtering efter ekstruderingsprocessen

Synergier kan overvejes i tilfælde af mere end en oparbejdningslinje.

Virksomheder

Se Bilag 3 for virksomheder inden for dette forretningsområde i følgende lande; Tyskland, Østrig, Holland og UK.

Rejekt

Der er flere rejekt fraktioner, der stammer fra driften af en sådan linje:

- Metaller (ekstern genanvendelse)
- Materialer der synker til bunds (en blanding af inerte materialer, andre polymerer osv., ekstern bortskaffelse)
- Slam og andet affald fra vandbehandlingsprocessen (ekstern bortskaffelse)
- Ekstruderingsrester, som f.eks. filterrester (ekstern bortskaffelse eller RDF-behandling)

Tabel 8-2 Teknologikatalog - Oparbejdningsanlæg til LDPE

Udviklingsstatus	Velfrøvet standard teknologi
Inputmateriale til anlægget	○ Sorteret HDPE som beskrevet i afsnit 4.4.2 eller ○ Sorteret PP som beskrevet i afsnit 4.4.3 ○ Monofraktioner fra produktionsprocesser
Variable drift- og vedligeholdelsesomkostninger (EUR / ton)	Det er ikke muligt at levere variable omkostninger uden en detaljeret projektbeskrivelse. Generelt ligger drift- og vedligeholdelsesomkostningerne i intervallet 70-90 € pr. ton. Drift-og vedligeholdelsesomkostningerne påvirkes af følgende hovedparametre, der kan karakteriseres i intervaller som følgende: Tilsluttet strøm (forbrug ca. 60-70%): ○ Vaskelinje: ~ 600 - 900 kW pr. Linje ○ Varm vask: ~ 200 kW pr. Linje (ekskl. Varmekilde) ○ Ekstrudering: ~ 500 kW pr. Ekstruder Andre data: ○ Sliddele: 2 - 5% af investeringerne af maskinerne ○ Frisk vand: 2 - 5 m³ / ton input ○ Dampkrav: 250 kcal / kg output ○ Dampparametre: min. 4 bar ved 133 ° C
Samlet investeringsomkostninger (mio. EUR)	En investering i intervallet 4,0 - 6,0 M € skal overvejes for en vaskelinje med en indgangskapacitet på 2,0 - 2,5 ton / t. Omkostningerne for en ekstruder (~ 1,2 - 1,5 ton / t) med håndtering af genanvendelige materialer og opbevaring ligger i området 1,0 - 1,5 M €. Priserne angivet ovenfor inkluderer standardkonfigurationen med grundlæggende mekanisk vandbehandling. Priserne inkluderer ikke infrastruktur, civile anlæg, ejendom, yderligere vandbehandlingssystemer osv. Pladsbehovene til bygningerne til vaske- og ekstruderingsprocessen er ca. som følger: - Behandlingsareal: ~ 500 m² - Vaskelinjeareal: ~ 1.200 m² - Ekstruderingsareal: ~ 300 m²

Årlig faste drift og vedligeholdelsesomkostninger (mio. EUR / år)	Skal beregnes individuelt fra sag til sag.
Output	Genanvendt HDPE eller PP-granulat, med de bedst mulige støbeegenskaber.
Proceseffektivitet (% af input genanvendt - output / input)	Denne faktor ligger normalt mellem 80 og 90%. Denne faktor afhænger stærkt af mængden af urenheder i inputmaterialet.
Energiforbrug / ton input	Energiforbruget ligger normalt i intervallet 500 - 700 kWh / ton. Disse data er baseret på den beskrevne standardkonfiguration med grundlæggende mekanisk vandbehandling.
Ansatte	Udover de administrerende medarbejdere (anlægsleder, vejebro, revisor, laboratorium osv.) kan følgende varetage driften pr. linje pr. skift: ○ 1 person, der føder linjen ○ 1-2 personer, der tager sig af linjen med hensyn til forebyggende vedligeholdelse og almen drift ○ 1 person, der tager sig af ekstruderingsprocessen og materialehåndtering efter ekstruderingsprocessen Synergier kan overvejes i tilfælde af mere end en genvindingslinje.
Virksomheder	Se Bilag 3 for virksomheder inden for dette forretningsområde i landene DE, NL, A og UK.
Rejekt	Der er flere afvisende fraktioner, der stammer fra driften af en sådan linje: ○ Metaller (ekstern genanvendelse) ○ Materialer der synker til bunds (blanding af inerte materialer, andre polymerer osv., ekstern bortskaffelse) ○ Slam og andet affald fra vandbehandlingsprocessen (ekstern bortskaffelse) ○ Ekstruderingsrester, som f.eks. filterrester (ekstern bortskaffelse eller RDF-behandling) ○ etc.

Tabel 8-3 Oparbejdningsanlæg til PS

Udviklingsstatus	Velafprøvet teknologi
Inputmateriale til anlægget	○ Sorteret PS som beskrevet i afsnit 4.4 ○ Monofraktioner fra produktionsprocesser
Variable drift- og vedligeholdelsesomkostninger (EUR / ton)	Som beskrevet ovenfor er det ikke muligt at levere variable omkostninger uden en detaljeret projektbeskrivelse. Generelt ligger Drift- og vedligeholdelsesomkostningerne i intervallet 70-90 € pr. ton. Drift- og vedligeholdelsesomkostningerne påvirkes af følgende hovedparametre, der kan karakteriseres i intervaller som følgende: Tilsluttet strøm (forbrug ca. 60-70%): ○ Vaskelinje: ~ 800 - 1.200 kW pr. Linje ○ Ekstrudering: ~ 500 kW pr. Ekstruder Andre data: ○ Sliddele: 2 - 5% af investeringerne i maskinerne ○ Frisk vand: 2 - 5 m³ / ton input ○ Dampkrav: 250 kcal / kg output ○ Dampparametre: min. 4 bar ved 133 ° C
Samlet investeringsomkostninger (mio. EUR)	En investering i intervallet 4,0 - 6,0 M € skal overvejes for en vaskelinje med en indgangskapacitet på 2,0 - 2,5 ton / t. Omkostningerne for en ekstruder (~ 1,2 ton / t) med håndtering af genanvendelige materialer og opbevaring ligger i området 2,5 - 3,0 M €. To ekstrudere skal overvejes til en vaskelinje med ovennævnte kapacitet. Priserne angivet ovenfor inkluderer standardkonfigurationen med grundlæggende mekanisk vandbehandling. Priserne inkluderer ikke infrastruktur, civile anlæg, ejendom, yderligere vandbehandlingssystemer osv. Pladsbehovene til bygningerne til vaske- og ekstruderingsprocessen er ca. som følger: ○ Behandlingsareal: ~ 500 m² ○ Vaskelinjeareal: ~ 1.300 m² ○ Ekstruderingsareal: ~ 300 m²
Årlig faste drift- og vedligeholdelsesomkostninger (mio. EUR / år)	Skal beregnes individuelt fra sag til sag
Output	Oparbejdet PS, med bedst mulige støbeegenskaber.

Proceseffektivitet (% af input genanvendt - output / input)	Denne faktor er normalt mellem 90 og 95%. Denne faktor afhænger stærkt af mængden af urenheder i inputmaterialet.
Energiforbrug / ton input	Energiforbruget ligger normalt i området 500 - 750 kWh / ton. Disse data er baseret på den beskrevne standardkonfiguration med grundlæggende mekanisk vandbehandling.
Ansatte	Udover de administrerende medarbejdere (anlægschef, vejebro, revisor, laboratorium osv.) kan følgende varetage driften pr. linje pr. skift: ○ 1 person, der påfylder linjen ○ 1-2 personer, der tager sig af linjen med hensyn til forebyggende vedligeholdelse og almen drift ○ 1 person, der tager sig af ekstruderingsprocessen og materialehåndteringen efter ekstruderingsprocessen Synergier kan overvejes i tilfælde af mere end en genvindingslinje.
Virksomheder	Se Bilag 3 for virksomheder inden for dette forretningsområde i Tyskland, Holland, Østrig og UK.
Rejekt	Der er flere afvisende fraktioner, der stammer fra driften af en sådan linje ○ Metaller (ekstern genanvendelse) ○ Materialer der synker til bunds (blanding af inerte materialer, andre polymerer osv. Ekstern bortskaffelse) ○ Slam og andet affald fra vandbehandlingsprocessen (ekstern bortskaffelse) ○ Ekstruderingsrester, som f.eks. filterrester (ekstern bortskaffelse eller RDF-behandling) ○ etc.
Informationskilder	Ekspertise og interviews med leverandører af oparbejdningsanlæg

Tabel 8-4 Oparbejdningsanlæg til PET

Udviklingsstatus	Velafprøvet teknologi
Inputmateriale til anlægget	○ Sorteret PET flasker som beskrevet i afsnit 4.4 ○ Monofraktioner fra produktionsprocesser
Variable drift og vedligeholdelsesomkostninger (EUR / ton)	Som beskrevet ovenfor er det ikke muligt at levere variable omkostninger uden definition af et detaljeret projekt. Generelt ligger Drift- og vedligeholdelsesomkostningerne i intervallet 90-100 € pr. ton. Drift- og vedligeholdelses påvirkes af følgende hovedparametre, der kan karakteriseres i intervaller som følgende: Tilsluttet strøm (forbrug ca. 60-70%): ○ Vaskelinje: ~ 900 - 1.300 kW pr. linje ○ Ekstrudering: ~ 500 kW pr. ekstruder Andre data: ○ Sliddele 2 - 5% af investeringerne i maskinerne ○ Frisk vand 2 - 5 m³ / ton input ○ Dampkrav 450 kcal / kg output ○ Dampparametre: min. 4 bar ved 133 ° Drift- og vedligeholdelses påvirkes af følgende hovedparametre, der kan karakteriseres i intervaller som følgende: Tilsluttet strøm (forbrug ca. 60-70%): ○ Vaskelinje: ~ 800 - 1.200 kW pr. linje ○ Ekstrudering: ~ 500 kW pr. ekstruder Andre data: ○ Sliddele: 2 - 5% af investeringerne i maskinerne ○ Frisk vand: 2 - 5 m³ / ton input ○ Dampkrav: 250 kcal / kg output ○ Dampparametre: min. 4 bar ved 133 ° C
Samlet investeringsomkostninger (mio. EUR)	En investering i området 5,0 - 7,0 M € skal overvejes for en vaskelinje med en indgangskapacitet på ca. 3,0 ton / t. Omkostningerne for en ekstruder (~ 1,2 ton / t) med håndtering af genanvendelige materialer og opbevaring ligger i området 2,5 - 3,0 M €. To ekstrudere skal overvejes til en vaskelinje med ovennævnte kapacitet. Priserne angivet ovenfor inkluderer standardkonfigurationen med grundlæggende mekanisk vandbehandling. Priserne inkluderer ikke infrastruktur, civile anlæg, ejendom, yderligere vandbehandlingssystemer osv.

	Pladsbehovene til bygningerne til vaske- og ekstruderingsprocessen er ca. som følger:
	○ Behandlingsareal: ~ 500 m² ○ Vaskelinejareal: ~ 1.300 m² ○ Ekstruderingsareal: ~ 300 m²
Årlig faste drift og vedligeholdelsesomkostninger (mio. EUR / år)	Skal beregnes individuelt fra sag til sag
Output	Helst genanvendt PET, der muliggør flaske til flaske genanvendelse
Proceseffektivitet (% af input genanvendt - output / input)	Denne faktor er normalt mellem 80 og 90%. Denne faktor afhænger stærkt af mængden af urenheder i inputmaterialet.
Energiforbrug / ton input	Energiforbruget ligger normalt i området 600 - 900 kWh / ton. Disse data er baseret på den beskrevne standardkonfiguration med grundlæggende mekanisk vandbehandling.
Ansatte	Udover de administrative medarbejdere (anlægsdirektør, vejebro, revisor, laboratorium osv.) kan følgende varetage driften pr. linje pr. skift: ○ 1 person, der betjener linjen ○ 1-2 personer, der tager sig af linjen med hensyn til forebyggende vedligeholdelse og almen drift ○ 1 person, der tager sig af ekstruderingsprocessen og materialehåndteringen efter ekstruderingsprocessen ○ Synergier kan overvejes i tilfælde af mere end en genvindingslinje.
Virksomheder	Se Bilag 3 for virksomheder inden for dette forretningsområde i Tyskland, Holland, Østrig og UK
Rejekt	Der er flere rejekt fraktioner, der stammer fra driften af en sådan linje: ○ Metaller (ekstern genanvendelse) ○ Materialer der synker til bunds (blanding af inerter, andre polymerer osv. Ekstern bortskaffelse) ○ Slam og andet affald fra vandbehandlingsprocessen (ekstern bortskaffelse) ○ Ekstruderingsrester, som f.eks. filterrester (ekstern bortskaffelse eller RDF-behandling) ○ etc.

Markeder og potentialer for dansk plastgenanvendelse

Analysen kortlægger teknologiske og strukturelle barrierer for at øge genanvendelsen af plast i Danmark og estimerer de økonomiske muligheder for at håndtere og sortere plast indsamlet til genanvendelse i Danmark.

Analysen viser, at der er en øget gevinst ved at sortere plast til renere fraktioner inden det afsættes til genanvendelse, men også at udgifter til håndtering fortsat overstiger indtjening fra salg af materialer.

Rapporten tager udgangspunkt i den nuværende værdikæde for plastgenanvendelse og barrierer er identificeret gennem interviews med hovedaktører på tværs af værdikæden.



Miljøstyrelsen
Tolderlundsvej 5
5000 Odense C

www.mst.dk