



Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

Genanvendelse af organisk forurennet plast



Dansk Affaldsminimering ApS

MUDP rapport

Januar 2021

Udgiver: Miljøstyrelsen

Redaktion: Dansk Affaldsminimering,

ISBN: 978-87-7038-270-0

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

1.	Indledning	4
2.	Baggrund	5
3.	Formål	6
4.	Gennemførelse af projekt	7
4.1	Arbejdspakke 1: Teknologivalg	7
4.2	Arbejdspakke 2: Teknologiudvikling	10
4.3	Arbejdspakke 3: Procesintegration og tests	15
4.4	Arbejdspakke 4: Testproduktion og demonstration	15
5.	Resume	17
6.	Konklusion	18
	Bilag 1 - Flowchart	19

1. Indledning

Dansk Affaldsminimering ApS (DAM) har som den første virksomhed i Danmark, udviklet et vaskeanlæg til rensning og genanvendelse af den organiske forurenede plastemballage (post-consumer plastic) fra de kommunale indsamlingsordninger og fra offentlige og private virksomheder.

Ved valg af de rette teknologier og en teknologisammensætning som fungerer i praksis, vil DAM i fremtiden operere med et total plast genanvendelsesanlæg, hvor outputtet har en markant bedre kvalitet, øget anvendelsesmuligheder samt tilføring af en markant positiv miljøeffekt til den cirkulære økonomi.

I Danmark produceres der årligt ca. 340.000 tons plastaffald i danske husholdninger og virksomheder, hvoraf 215.000 tons i dag sendes til forbrænding (Regeringens plastikhandlingsplan, december 2018).

2. Baggrund

DAM's produkt er et cirkulært system, hvor organisk plastemballage indsamles og rengøres, sorteres, neddeles og pelleteres til genanvendelse med en sorteringskvalitet, som giver flere anvendelses-muligheder.

Plasten som behandles på DAM's anlæg, indleveres fra kommunale indsamlingsordninger, virksomheder og offentlige institutioner.

I 2019 behandler DAM 1.527 tons post-consumer plast med følgende fordeling:

- Kommunalt indsamlet husholdningsplast
 - o Randers Kommune, kildeindsamlet til forbehandlingsanlæg: 279 t
 - o Reno Vest: kildesorteret, 198 t
 - o Kolding Kommune: kildesorteret, 159 t
- Virksomheder og offentlige institutioner: 891 t

Emballageplasten fra de kommunale indsamlinger indeholder mange forskellige plasttyper og fremmedlegemer, som metaller og elektronik fra især de kildesorterede indsamlinger. Derfor er husholdningsplasten en omkostningstung fraktion at regenerere, da spildprocenten er stor, set i forhold til regenerering af emballageplast fra virksomheder og offentlige institutioner.

For at øge rentabiliteten og genanvendelsesgraden på den husstandsindsamlede emballageplast, har projektgruppen valgt udelukkende at fokusere på denne fraktion i projektet.

Ved genanvendelse af organisk forurenede emballageplast fra de kommunale indsamlingsordninger leverer anlægget i dag følgende output.

- PP/PE til genanvendelse (flyde fraktion): 55%
- Slam til bortskaffelse (fines/lim/papir/organiske rester): 10%
- PET/ABS/PS/PA/HVO/mineralfyldt PP og multi-layer (synkefraktion): 35%

Flyde fraktionen afsættes i dag til plastproducenter i enten flagerne eller granulat. Fraktionen kan tilpasses de enkelte produkters krav og specifikationer.

Slamfraktionen indeholder de urenheder der vaskes af plasten i processen. Det er ikke muligt for DAM med virksomhedens eksisterende sorteringsteknologi at mindske denne mængde eller bearbejde fraktionen yderligere. Fraktionen bortskaffes korrekt til videre bearbejdning/genanvendelse hos Kingo Carlsen.

Synke fraktionen, er plast med en højere massefylde end 1, og som derved synker under sorteringsprocessen. Fraktionen består af flere forskellige plasttyper og kan ikke genanvendes i sin nuværende form. Fraktionen har følgende sammensætning:

- PET: 95%
- Andre polyolefiner: 5%

Synke fraktionen sendes i dag til forbrænding. Tesen i dette projekt er, at der via teknologisk udvikling, kan designes maskiner til yderligere sortering af fraktionen og dermed opnår denne fraktion tilstrækkelige krav til renhed så plasttyperne kan bruges til genanvendelse og dermed øge genanvendelsesgraden signifikant på det samlede genanvendelses-anlæg.

3. Formål

Formålet med projektet er at øge plast genanvendelsesgraden fra 55% til 91% på DAM's egenudviklede plast genanvendelsessystem.

Grundet den store andel af PET i synke fraktionen, er det optimalt miljømæssigt og kommercielt at arbejde med at klargøre denne plasttype til genanvendelse.

Synke fraktionen indeholder 95% PET, hvilket ikke er en tilstrækkelig renlighed/ensartethed til at blive genanvendt. Det er derfor et mål for projektgruppen at opnå en materiale-ensartethed på min. 99% i PET-fraktionen, for at sikre, at plasten kan afsættes til genanvendelse. De resterende 5% polyolefiner kan tilsættes til den i forvejen genanvendelige flyde fraktion.

I dette projekt skal der udvikles, tilrettes og installeres automatiserings-/robotteknologi, der kan sortere mellem de forskellige plasttyper fra den organisk forurenede plast (bakker, emballage mm.) i synke fraktionen, for at opnå større materiale-ensartethed. Ved at sortere på neddelte plastflager (max. 10 mm x 15 mm) har projektgruppen en forventning om, at spildprocenten i synkefraktionen reduceres med 26% til 9% (fra de nuværende ca. 35%).

4. Gennemførelse af projekt

Projektet gennemføres i perioden 1. oktober 2018 til 31. marts 2020 af Dansk Affaldsminimering ApS. Igennem projektet var benyttet der af eksterne aktører bl.a. Aage Vestergaard Larsen, maskinleverandører m.fl. til rekvirering af div. tests samt intern udvikling i forhold til løbende omstilling og tilpasning i produktionen.

4.1 Arbejdspakke 1: Teknologivalg

4.1.1 Dataindsamling

I dataindsamlingsfasen har projektgruppen fundet en række artikler som input til projektet – neden for er titlerne på to udvalgte artikler:

“Effect of the medium’s density on the hydrocyclonic separation of waste plastics with different densities” skrevet af Shuangcheng Fu et.al.

”Grouping of mixed waste plastics according to chlorine content” skrevet af Ryunosuke Kikuchi et.al.

Via dataindsamling fra Internettet, messedeltagelse, telefonisk kontakt med div. maskinleverandører samt fysiske besigtigelser af reference anlæg har projektgruppen i denne fase af projektet oparbejdet viden til udvælgelse af 3 mulige teknologier, som kan være velegnet til sortering af plasttyperne i synkefraktionen – se tabel nedenfor:

Teknologi	Begrundelse for teknologivalg
Flyde/sænke kar med ændret massefylde på sorteringsmedie.	Projektgruppen havde et vist kendskab til teknologien på forhånd, og det er en relativ billig og simpel teknologi. Det var endvidere projektgruppens vurdering, at videreudvikling/tilretning af teknologien kunne varetages af virksomheden.
NIR-teknologi/flagesorter	Denne eksisterende og kendte sorteringsteknologi på bl.a. plast, som benyttes på andre plastsorteringsanlæg. Teknologien kan udføre sortering på tørt materiale.
Hydro-cyklon	Hydro-cyklon sorterer på massefylde, hvilket umiddelbart passer godt til de forskellige plasttyper i synkefraktionen grundet plasttypernes forskellige massefylde. Det vurderes indledende at Hydro-cyklonen har større sorterings nøjagtighed end ved sortering på flyde/sænkekar

4.1.2 Teknologianalyse og testforløb ved leverandører

Flyde/sænke kar med ændret massefylde på sorteringsmedie:

Formålet med densitetssorteringen er at frembringe en synkefraktion der består af PET med en renhed på 99%. PET har en massefylde på 1,43 modsat ABS og andre polyolefiner som alle har en massefylde under 1,10. Ved at hæve massefylden til over 1,10 vil urenheder sorteres fra PET plasten.

Projektgruppen har udviklet og bygget et flyde-/sænkesystem, der kan processere med ændret masse fylde. Det er et galvaniseret kar, hvor man ved tilsætning/dosering af salt i forskellige mængder, kan ændre massefylden på vand. Ved de første tests konstaterede projektgruppen, at karret var for lille på aftrækssiden, dvs. at materialet ikke kunne komme videre fra bunden af karret med tilstrækkelig hastighed, hvilken sænkede kapaciteten på det samlede system.

DAM investerede efterfølgende i et andet kar med større aftræk og i rustfrit stål.



FIGUR 1. Flyde/sænkekar. Kædetransportør i aftræk, som transporterer synkefraktionen.



FIGUR 2. Aftræk i flyde/sænkekar, set fra siden.

Igennem flere test med forstørret aftræk kunne projektgruppen konstatere, at gennemløbet blev forøget med 300-400 kg i timen, hvilket gav den fornødne kapacitetsforøgelse på anlægget. Projektgruppen har efterfølgende eksperimenteret med tilsætning af salt i varierende mængder for at opnå en tilfredsstillende densitetssortering af fraktionen i karret. Projektgruppen ændrede massefylden i vandet men oplevede i alle tilfælde, at en stor andel af plasten blev til "ubåde" (ubåde er betegnelsen for plast der hverken vil flyde eller synke). "Ubådene" er plasttyper der i sin produktion er tilsat egenskaber (f.eks. kalk), som påvirker dens oprindelige massefylde samt multi-layer plast. Plasmængden kan være sammensat af både PP (flyder) og PET (synker). Grundet hastigheden på aftrækket oplevede projektgruppen desværre også, at nogle polyolefiner sank for hurtigt og sorteringsgraden dermed blev forringet.

FTIR-test ved Aage Vestergaard Larsen viste følgende sammensætning af synkefraktionen:

- PET 84% (før 95%),
- Polyolefiner 9% (før 5%),
- ABS 7% (før 0%)

Den stigende polyolefiner andel i synkefraktionen stammer fra flydefraktionen, og er dermed mistet genanvendeligt materiale. Siden sidste FTIR-test, inden projektets start, fandtes der ikke ABS i synkefraktionen. Projektgruppen mener, at årsagen til at den forekommer nu, skal findes i inputmaterialet fra de forskellige kommuner. Før projektstart stammede FTIR test fra inputmateriale udelukkende fra Randers Kommune, som har manuel plastsortering inden fremsendelse til DAM. Her frasorteres bl.a. elektronikplast, som typisk indeholder ABS. Det nye inputmateriale til test fra forskellige kommuner uden manuel forsoring, hvor elektronikplasten ikke er sorteret fra, giver nogle nye udfordringer, som projektgruppen skal forholde sig til, da DAM i fremtiden skal kunne håndtere materialeinput fra forskellige kommuner på samme tid.

Konklusion: Densitetssortering med salt i flyde/sænkekar virker ikke efter hensigten, da en stor andel af plasten fordeler sig som "ubåde" i vandet og er for langsom til at fordele sig i forhold til

det aftræk der er i karret. Det er ikke muligt at ramme en korrekt densitet, da inputtet fra kommunerne er konstant foranderligt både i sammensætning af plasttyper men også i forhold til den kvalitet (massefylde) som plasttyperne forandres til i emballageproduktionen. Ensartede sortering fra kommunerne vil forenkle automatisering af sorteringsprocesser hos genanvendelsesvirksomhederne og øge kapaciteten markant samt reducere driftsomkostningerne signifikant.

Det nye kar har dog øget kapaciteten på gennemløbet med knap 100% og dermed forbedret rentabiliteten på genanvendelsen af plasten i hele processen, og derfor projektgruppen har valgt at integrere det nye kar permanent på anlægget.

NIR-teknologi/flagesorter:

Ved at scanne plasten i synkefraktionen med NIR (nærinfrarød) teknologi, er det muligt at frasortere andre plasttyper (16%) end PET i fraktionen og dermed opnå den ønskede PET-renhed.

Projektgruppen har sendt en test af synkefraktion til Viggo Bendz, som forhandler NIR teknologi i Danmark. Testfraktionen er videresendt til Steinert i Tyskland, som producerer og kundetilpasser NIR teknologier til kundens behov.

Steinert konkluderede, at en stor del af flagerne var for små og generelt uens til, at teknologien kan sortere på materialet. Teknologien kræver, ifølge Steinert, en flage-størrelse på 10-40 mm.

Konklusion: I processen neddeler projektgruppen flagerne til 10–15 mm men sprøde plasttyper som f.eks. PET, har tendens til at springe/splintre i kværnprocessen, som giver et output med en spredning på mellem 2 mm og 15 mm. Det er muligt at hæve sold størrelsen i kværnen, så der kan opnås den ønskede flagestørrelse på 10-40 mm, men det vil i så fald ikke være muligt at opretholde renheden af plasten, da en større overflade af labels, lim og organiske rester vil kræve længere ligge-/absorberingstid for at blive opløst i vandet, hvilket vil medføre en ikke rentabel kapacitet på anlægget. Det er derfor ikke muligt at opnå en tilstrækkelig ren PET-fraktion med NIR-teknologi.

Hydro-cyklon:

Hydro-cyklon teknologien sorterer på plasttypernes massefylde ved brug flow/tryk. Plastflager filtreres ved hjælp af centrifugalkraften og vægtforskellen mellem væsken og plaststykkerne. Ved at indstille hydro-cyklonen på den rette hastighed er det muligt at sortere på de forskellige plasttypers massefylde i synkefraktionen:

- PET – massefylde 1,37 – 1,43
- ABS – massefylde 1,10
- Polyolefiner – massefylde 0,90-0,96

Ved at indstille tryk og flow i hydro-cyklonen svarende til en massefylde i intervallet 1,15 – 1,35 (over 1,10 og under 1,37 samt tolerance pga. usikkerhed), er det muligt at separere polyolefiner og ABS fra PET, hvilket giver en tilfredsstillende PET-renhed til genanvendelse. Polyolefinerandelen (9%) kan tilføjes til nuværende polyolefiner-fraktion, og dermed hæve genanvendelsesgraden af polyolefiner.

Det har ikke været muligt at få testet synke fraktionen på et eksisterende genanvendelsesanlæg der bruger hydro-cyklon teknologi, da disse produktioner udelukkende genanvender fødevarer-godkendt plast. Det er ikke muligt at dokumentere, at alt plasten i DAM's fraktion er fødevarer-godkendt (der kan være emballage fra sutter, elektronik, legetøj mm). Derfor vil et testforløb med synkefraktion på disse produktioner medføre forurening i anlæggene, hvilket ikke er formålstjenligt.

Projektgruppen valgte at sende en testfraktion til Herbold Meckesheim i Tyskland, da de udvikler og sælger denne teknologi. Testforløbet var planlagt hos dem i april 2019, men Herbold valgte at aflyse grundet travlhed. De kunne tilbyde et nyt testforløb i september 2019, med efterfølgende leveringstid af maskinen på 8-12 mdr. Herbold Meckesheim blev efterfølgende afskrevet som mulig testpartner og leverandør til projektet. Projektgruppen er efterfølgende blevet kontaktet af repræsentant fra Herbold Meckesheim, da aflysninger i deres testcenter muliggjorde et testforløb inden for en kortere tidshorizont.

Projektgruppen havde i mellemtiden indledt et udviklingssamarbejde med Belki Teknik, som er en lokal virksomhed, der leverer løsninger til filtrering og separering af procesvæsker og har en del praktisk erfaring med hydro-cyklon teknologien. Hos Belki er det muligt at lave en tilpasset løsning, som er markant billigere end køb af standard maskine hos Herbold samt tilpasninger på det eksisterende anlæg.

Belki har ikke før udviklet hydro-cykloner til plast separering, men de har indvilliget i at udvikle et simpelt testanlæg til projektet, for at afklare potentialet og sorteringsnøjagtigheden med teknologien. Testanlægget blev udviklet, så projektgruppen kunne ændre på tryk og flow i cyklonen under forsøgene ved hjælp af forskellige dimensioneringer på indgang og udgang.

Konklusion: Resultaterne fra hydro-cyklon testanlægget viste, at teknologien kunne sortere flagerne i output størrelse på 2-15 mm, hvilket NIR-teknologien ikke var i stand til. Der er derfor grundlag for at videreudvikle på hydro-cyklon teknologien i samarbejde med Belki.



FIGUR 3. Test separation på testopstilling hos Belki Teknik ApS. Stor si: PET. Lille si: PP, PE.



FIGUR 4. Ivan Skjellerup, stifter af Belki Teknik ApS 1. test separation på testopstilling.

4.1.3 Valg af grundteknologi

Projektgruppen har evalueret fordele/ulemper ved de forskellige teknologier baseret på forskellige videnskabelige artikler (nævnte i afsnittet 4.1.1.) samt indhentet yderligere viden om disse teknologier fra Mogens Hinge som er lektor på Aarhus Universitet.

Ud fra ovenstående analyse på de udvalgte teknologier, har projektgruppen valgt at udsortere PET i synkefraktion med hydro-cyklon teknologien.

4.2 Arbejdspakke 2: Teknologiuudvikling

4.2.1 Leverandørvalg

Belki Teknik har i samarbejdet med DAM, udviklet og bygget hydro-cyklonen til sortering af plasttyperne i synkefraktion.

4.2.2 Kravsspecifikation/teknologiindhold

Der findes ikke en tilgængelig hydrocyklon på markedet i dag, hvor massefylden løbende kan ændres og tilpasses i forhold til det materialeinput som DAM modtager fra kommuner/virksomheder. Da plasten som skal separeres og genanvendes, altid vil være uens og forskelligartet,

er det derfor et krav at hydrocyklonen bygges så tryk og flow kan justeres og tilpasses løbende.

Cyklonen skal kunne aftage synkefraktionen i samme flow som den genereres på vaskeanlægget (se Bilag 1 - Flowchart), da den skal indgå i DAM's samlede genanvendelses anlæg.

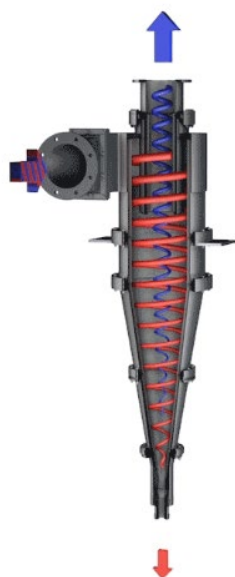
Der skal bygges en vandtank med integreret mixer tank. Oven på vandtanken monteres et Belki papirbåndfilter, (specialudviklet af Belki men indgår i standardproduktprogrammet), som transporterer de fraserede PET flager væk fra systemet til videre bearbejdning samt filtrerer der leder vandet tilbage til mixertanken, så vandet kan recirkuleres in-line og dermed sikres et minimalt forbrug af vand.

Det skal undersøges, om det er nødvendigt at lave flokning på vandet for optimal rensning og genbrug

På vandtanken i mixersektionen monteres en pumpe som suger synkefraktionen op i indgangen til hydrocyklonen. I hydrocyklonen samles de lette partikler (PP og PE) i indercyklonen (midten) og føres ovenud. Den tunge fraktion (PET og ABS) cirkulerer i yderkanten og udtages i bunden af cyklonen.

Der er observeret misfarvninger på de lyse PET-flager i synkefraktion, som kan forringe kvaliteten (hvilket vil resultere i lavere salgpris). Misfarvningerne stammer sandsynligvis fra metalpartikler fra knivene i kværneprocessen på vaskeanlægget. Partiklerne kan opfanges i et magnetisk vandfilter, hvor permanente magneter frembringer et magnetfelt, som opsamler partiklerne. Det forlænger ligeledes vandets levetid og mindsker generelt slid.

Vortex belægning, der mindsker slid på indersiden af cyklonen. Slides indersiden for hurtig, ændres dimensionerne som påvirker flow og sortering og dermed kvalitet af output.



FIGUR 5. Hydrocyklon med konisk bundudløb.

4.2.3 Udvikling og projektering med leverandør

Design af hydro-cyklon

Projektgruppens udgangspunkt i den første simple test hos Belki var baseret på en standard hydro-cyklon med konisk bundudløb som viste, at det er muligt at sortere på eksisterende flager i deres nuværende størrelse.

Hos Herbold fik projektgruppen mulighed for at teste materialet på virksomhedens testanlæg. I Herbold's anlæg transporteres materialet først igennem en flat-bottom cyklon, som normalt er lavet til at sortere metaller og mineraler (som sten) ud af fraktioner (for at beskytte deres anlæg), hvorefter det blev ført over i en skråtstillet cyklon (samme princip som var testet på hos Belki). Det viste sig hurtigt, at det ikke var muligt at hæve massefylden tilstrækkeligt, så den tunge PET-andel blev separeret fra de andre plasttyper, og derfor blev testen afbrudt. Projektgruppens konklusion var, at en cyklon fra Herbold ikke vil løse projektets udfordring

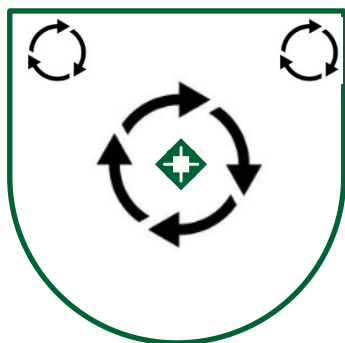
Da projektet formål er at sortere den tungeste plasttype ud (PET), blev projektgruppen inspireret af Herbold's flat-bottom cyklon, der netop er designet til at sortere tungt materiale ud, og projektgruppen besluttede derfor, at samarbejde med Belki om at udvikle en "kombi-cyklon", der både har egenskaber fra en konisk standard cyklon og fra en flat-bottom cyklon. I denne kombination vil projektgruppen kunne generere et anderledes gennemløb i cyklonen og den fladere bund gør, at der kan dannes højere tryk oven ud, og dermed sorteres på op til 2,5 gange tungere materiale i cyklonen og samtidig separeres PET fra de resterende plasttyper.

Vortex belægning

Da projektgruppen har valgt at bygge hydro-cyklonen med flat-bottom, nedsættes/bremser rotationshastigheden i cyklonen automatisk i forhold til et konisk bundudløb og dermed mindskes sliddet på indersiden af cyklonen. Det er derfor ikke længere, som udgangspunkt, en økonomisk fordelagtig løsning, at tilføje en Vortex belægning på indersiden af cyklonen. Vortex belægningen vil også påvirke friktionen med en ukendt faktor i cyklonen, da cyklon med vortex belægning ikke er lige så glat som stålet. Projektgruppen har desuden konstrueret cyklonen med en højere godstykkelse på stålet, som dermed er modstandsdygtigt overfor slid i en længere periode.

Vandtank og Mixer tank

Projektgruppen har konstrueret/bygget en vandtank, der skal indeholde procesvand og mixer tank. Mixer tanken skal sikre en jævn tilførsel af de forskellige plasttyper ind i cyklonen. Mængden af plasttyper i synkefraktionen er ikke stabil i sit flow, da den er bestemt af et varierende materialeinput fra vaskeanlægget, og det er vigtigt for processen, at der konstant skabes et stabilt forhold mellem vand og materiale. For at opnå disse forhold, har projektgruppen designet mixer tanken med 2 retvinklede hjørner, der vil sikre et optimal flow og mix ind i pumpen:



FIGUR 6. Mixer tank, illustration

Test af pumper

Projektgruppen har testet flere forskellige typer af Vortex pumper. Vortex pumpen har til formål at suge plasten ud af mixer tanken og videre op i cyklonen.

Centrifugal pumpe m/ Vortex løbehjul:

Det er ikke muligt at skabe et stabilt flow grundet de begrænsede muligheder for placering af sugerøret i mixer tanken. Herbold bruger denne type pumpe på deres cykloner, og det var derfor nærliggende for projektgruppen at starte med at teste denne. Projektgruppen konstaterede, at der ikke er tilstrækkeligt med plads i kammeret

Konklusion: Denne type pumpe virker ikke optimalt i anlægget.

Centrifugal pumpe m/ dobbelt lamelløber:

Pumpen skaber stabilt flow, men plasten havde tendens til at pakke i løbehjulet.

Konklusion: Pumpen virker, men med for stor risiko for at danne en flaskehals og slid i løbehjulet.

Dykpumpe til stationær montage m/ super Vortex pumpehus m/Vortex løbehjul:

Løberen i denne pumpe kan tage en partikel størrelse på op til 80 mm og projektgruppen undgår derved, at plasten sidder fast imellem pumpehuset og løbehjulet

Konklusion: pumpen virker til formålet og flaskehals undgås.

Projektgruppen har derfor valgt at indkøbe en dykpumpe m/super Vortex pumpehus med m/Vortex løbehjul til hydro-cyklon.

Flow-meter

Projektgruppens udgangspunkt var, at der skulle udvikles et flow meter på afgangssiden af cyklonen, så tryk og flow kunne justeres elektronisk. Dette har projektgruppen efterfølgende valgt ikke at arbejde videre med, da der kan indstilles tryk og flow mekanisk ved at regulere størrelsen af afgangen i bunden af cyklonen (fungerer fint). Et flow meter vil dog stadig være relevant i en videre optimering af cyklonen, da den forenkler arbejdsgangen i indstilling af maskinen, men ikke et krav for at opnå projektgruppens ønskede output.

Flokning

Det har været nødvendigt at afklare behovet for tilsætning af polymer-additiver, til flokning af partikler i vandet og om flokningen er mulig. Procesvand indeholder mange små partikler, som ikke kan opsamles i filtrene, men som sandsynligvis vil påvirke massefylden i hydro-cyklonen. Partiklerne stammer fra papir, plast, glasstøv, sand m.m. Ved at tilsætte et polymer additiv til vandet i et flokulatoranlæg, er det muligt at få de små partikler til at samle sig i flokke, en såkaldt flokning, og dermed gøre partiklerne store nok til, at det kan opfanges i filtret. I synkefraktionen medtages der vand fra rensningsprocessen, som er kontamineret med partikler.

KD-Group har stillet udstyr til rådighed og projektgruppen har i samarbejde med KD-Group udført en række tests på DAM's anlæg. Testforløbet viste, at partiklerne med succes kan flokkes med polymeradditiv. Polymeradditivet klæber sig fast på partiklerne og sænker dermed massefylden på partiklerne, som derfor får dem til at hæve sig i vandsøjlen, hvor filteren på vaskeanlægget nu kan opsamle dem.



FIGUR 7. Flokulatoranlæg



FIGUR 8. Test af slam volume index, Procesvand fra vaskeanlæg.



FIGUR 9. Test af slam volume index, Procesvand fra vaskeanlæg, tilsat polymer



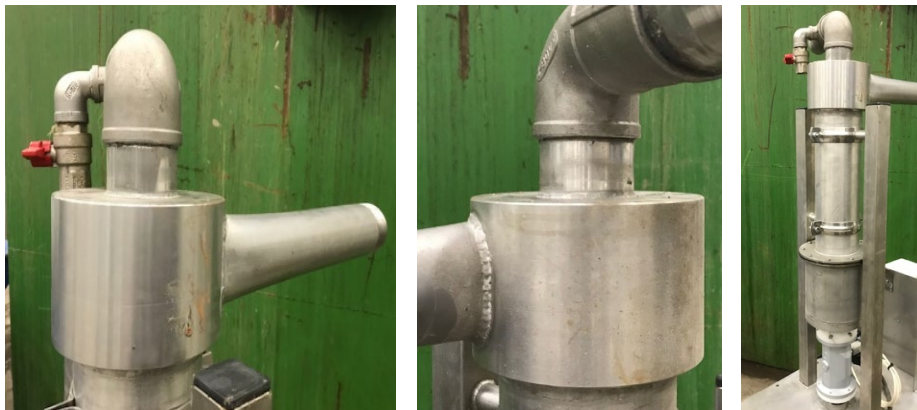
FIGUR 10. Analyse og gennemgang af test

4.3 Arbejdspakke 3: Procesintegration og tests

4.3.1 testforløb og tilretning af procesteknologi ved leverandør

Projektgruppen har i samarbejde med Belki Teknik bygget og udviklet hydrocyklonen hos Belki Teknik, og har i processen løbende kørt test. Hydrocyklonen blev efterfølgende kørt ned på DAM's anlæg.

På DAM's anlæg er der bygget og udviklet vandkar og mixertank, rørværk, test af pumper og forsøg med flokning.



FIGUR 11. Mixertank samt rørværk

4.3.2 Procesintegration

Cyklonen skal integreres med DAM's eksisterende anlæg og skal ubemandet kunne modtage og behandle synkefraktionen fra vaskeprocessen i det eksisterende flow. Synkefraktionen fra vaskeanlægget tilføres via en sliske ned i mixertanken. Fra hydro-cyklonen føres PET plsten ud af bunden og videre over i en drycleaner/centrifuge. Den lette fraktion føres fra toppen af cyklonen over på Belki papirbåndfilteret, hvor vandet filtreres fra, og tilbageføres til vaskeanlægget, hvor det tørreres med flydefraktion.

4.3.3 Testforløb på virksomhed

Projektgruppen har monteret og kørt med cyklonen på nuværende anlæg og cyklonen har gennem en række testforløb vist, at den fungerer efter hensigten, og der kan separeres PET fra de øvrige polyolefiner. Test fraktion blev sendt til analyse ved Dansk Materiale Netværk, for at afklare renhedsgraden i PET-fraktionen. Analysen viste en PET-fraktion uden PP og PE, men stadig indeholdt 2% ABS. Der er opnået en renhedsgrad i PET-fraktionen på 98%. Andelen af ABS-stammer fra elektronikplast tilsat flammehæmmer. Flammehæmmer øger massefylden på ABS, hvilket giver udfordringer i sorteringsprocessen.

Projektgruppen har lavet testforløb med forøget massefylde i cyklonen uden at overstige 1,37 (massefylde på PET), men det har stadig ikke været muligt at undgå ABS i PET-fraktionen.

Da vi tidligere i projektet har konstateret, at ABS tilføres fra kommuner uden forbehandlingsanlæg, er vi af den overbevisning, at det udelukkende vil være muligt at lave en 100% ren PET-fraktion fra husholdningsemballage indsamlet via forbehandlingsanlæg.

I den periode der er kørt med testanlægget, har der ikke vist sig et behov for at flokke partiklerne, men projektgruppen mener fortsat, at det bliver en nødvendighed over tid.

4.4 Arbejdspakke 4: Testproduktion og demonstration

Projektgruppen har i testforløbet konkluderet, at Hydro-cyklonen kan separere PET til en renhed på 98%, hvilket er tæt på det krævede minimum for genanvendelse af PET. ABS frasorteres på forbehandlingsanlæg og det er med hydrocyklonen muligt, at opnå min. kravet på 99 % renhed når husholdningsplasten modtages fra kommuner som benytter forbehandlingsanlæg - fx Randers Kommune, se Bilag 1 - Flowchart.

Projektgruppen har dog valgt ikke at implementere hydro-cyklonen på anlægget i den daglige drift på nuværende tidspunkt, da flere parametre internt i processen og i markedet gør, at det på nuværende tidspunkt ikke er en rentabel løsning – se uddybende argumenter neden for:

Materialeinput

Sammensætningen af plastemballage fra de danske husholdninger har ændret sig markant siden projektet startede. Vi har set en væsentlig stigning af PET i de indsamlede fraktioner. Det skyldes, at Danish Crown og Tulip har indkøbt 125.000.000 PET kødbakker til erstatning af de eksisterende PP kødbakker. Dette har de valgt at gøre for at imødekomme brugen af genanvendt plast. PET er på nuværende tidspunkt den eneste fødevarer-godkendte emballage, der kan produceres i genanvendt plast, da plasten der bruges til PET kødbakkerne kommer fra PET flasker, indsamlet via Dansk Retursystem.

Dette medfører, at vi mister 15-20 % polyolefine andel i flydefraktion, som i stedet havner i synkefraktion, hvilket medfører en forringet genanvendelsesgrad af husholdningsemballage og en dårligere rentabilitet i det samlede genanvendelseskoncept.

Afsætning

Der er i øjeblikket en meget stor efterspørgsel efter genanvendt PET-emballage til fødevarerproduktion (RPET), men da vi ikke kan dokumentere, at PET fraktionen udelukkende består af fødevarer-godkendt plast, har vi ikke mulighed for at afsætte plasten til de fødevarer-godkendte produktioner. Der findes ingen teknologi, som kan sortere på, om plasten er fødevarer-godkendt eller ej. Markedsprisen på fødevarer-godkendt RPET i flagerne er pt. 7,5 kr./kg

Der er mulighed for at afsætte PET fraktionen i sin nuværende form, til f.eks. fiber- og reb produktion. Markedsprisen på flager er pt. 1,5 kr./kg, hvilket ikke er rentabel i forhold til investeringer og operationelle omkostninger, som implementeringen af hydrocyklon-processen kræver. Pga. den stigende andel af PET i husholdningen, forventer vi at denne pris vil falde yderligere.

Salgsprisen skal 4-dobles, før det er rentabelt at investere i hydro-cyklonen og satse på at genanvende synkefraktionen.

Fugt og kvalitet

PET er en plasttype med en lukket molekylestruktur, som gør, at den er tæt i modsætning til PP og PE, der har en åben molekylestruktur. Når PET neddeles ødelægges/nedbrydes molekylestrukturen som gør, at den optager vandet i vaskeprocessen. For at kunne genanvende PET må den maksimalt indeholde 0,02% vand.

For at indsamle yderligere viden om fugtindholdet, kvaliteten og potentialet i PET-fraktionen, har vi kørt et testforløb ved plastproducenten MV Plast i Randers, som vil forsøge sig med at støbe emner i plasten. Vi ved at PET flagerne på nuværende tidspunkt indeholder for meget fugt, og MV-plast har derfor tørret flagerne i et varmekammer. Vi har gennemført i alt 4 testforløb, som alle viste, at PET plasten ekspanderer i produktionsanlægget. Plasten ekspanderer pga. damp og altså fugt, som stadig befinder sig i plasten. For at opnå en tilstrækkelig tørhed i flagerne skal den krystalliseres i en tørreproces ved 130 grader i 4 timer og i samme proces ekstruderes til en pille, da krystallerne ellers øjeblikkeligt vil optage fugt fra luften.

Investeringer:

For at opnå en optimal proces-integration på DAM's anlæg, kræves derfor følgende investeringer til færdiggørelse af setup, bl.a.

- Mekanisk tørring til PET-flagerne fra hydro-cyklonen
- Ekstruderlinje med tilhørende krystaliseringsanlæg

Projektgruppen har som tidligere nævnt, kørt test og intern demonstration af anlægget, men der har ikke efterfølgende været gennemført en offentlig demonstration af projektet. Projektgruppen har valgt ikke at implementere hydrocyklonen, før DAM har likviditet og afsætningsgrundlag til at investere i de omkringliggende processer, så hydrocyklonen kan implementeres i det eksisterende anlæg med optimalt output. Det har af kapacitetsmæssige årsager i produktionen været nødvendigt at nedtage testanlægget for at opretholde en optimal proces på det eksisterende vaskeanlæg.

5. Resume

Formålet med denne rapport er at beskrive Dansk Affaldsminimerings udvikling og test af sorteringsteknologi til at forøge genanvendelsesgraden i deres spild med 26% af organisk forurennet plast. Rapporten er resultatet af 18 måneder projektforløb, som blev igangsat d. 01.10.2018 og afsluttet d. 31.03.2020. Rapporten indeholder dokumentation af udfordringer, beslutninger, testforløb samt status for anvendeligt sorteringsteknologi.

Baseret på mange års erfaring samt omfattende dataindsamling beskrives 3 potentielle sorteringsteknologier, som er udvalgt til at sortere synkefraktionen for at opnå min. 99% materiale ensartethed i PET-fraktionen. I den efterfølgende del beskrives fordele/ulemper ved de enkelte teknologier, interne testforsøg samt testforløb med eksterne virksomheder. Videreudvikling af den valgte hydro-cyklon teknologi med udvalgt leverandør samt forsøg med procesintegration beskrives efterfølgende. Afsluttende argumenteres for fravalg af teknologi samt konklusion for hele projektet/projektforløbet.

6. Konklusion

Dansk Affaldsminimering [DAM] har igennem de seneste 18 måneder gennemført MUDP projektet ” Genanvendelse af organisk forurenede plast”. Gennemførelse af et større offentligt støttet udviklingsprojekt har været en spændende og lærerig proces, som har givet virksomheden mange forskelligartede input til, hvordan udviklingsprojekter skal håndteres fremadrettet, og hvilke udviklingsprojekter virksomheden kan indgå i.

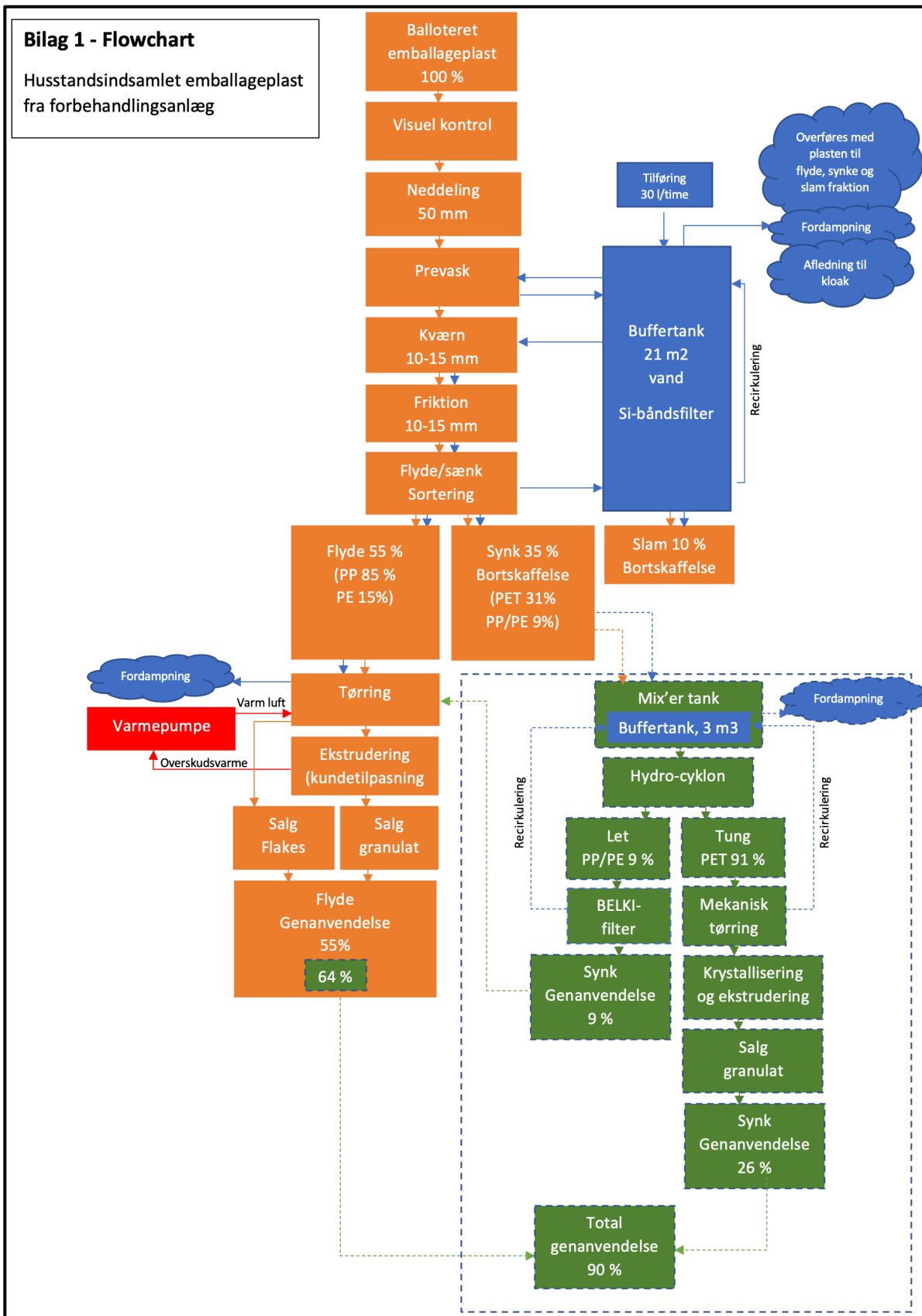
De forskellige udviklings- og testforløb under projektet og samarbejdet med videns institutioner og teknologileverandører, har været med til at løfte virksomhedens tekniske vidensniveau, hvilket vil blive et vigtigt bidrag til forøget konkurrenceevne i fremtiden inden for genanvendelsesindustrien.

Det har ikke på nuværende tidspunkt været muligt for DAM at indføre den rette teknologi til at forøge genanvendelsesgraden for organisk forurenede plast, men DAM er overbevist om at den vidensopbygning som er oparbejdet i dette projekt, vil bidrage til at sikre at DAM investerer i de rette sorteringsteknologier, når virksomheden igen begynder at modtage et materiale input, som gør det muligt at anvende avanceret sorteringsteknologi.

Selvom projektet på nuværende tidspunkt ikke har medført implementering af teknologi til at hæve genanvendelsesgraden, så vil DAM arbejde videre med disse teknologier. Det gælder ikke mindst Hydro-cyklon teknologien, som på et senere tidspunkt bliver relevant at implementere som en vigtig delproces i DAM's samlede genanvendelses anlæg

DAM har kun delvist opnået det ønskede resultat i dette udviklingsprojekt, men virksomheden vil fortsat indgå i nye udviklingsprojekter – med eller uden offentlig støtte. Videreudvikling af sorteringsteknologier, automatering af processer og forøgelse af genanvendelsesgraden er afgørende for branchens og virksomhedens udvikling.

Bilag 1 - Flowchart



Genanvendelse af organisk forurenede plast

Formålet med projektet var at øge plast genanvendelsesgraden fra 55% til 91% på Dansk Affaldsminimerings egenudviklede plast genanvendelsessystem.

Grundet den store andel af PET i synke fraktionen, var det optimalt miljømæssigt og kommercielt at arbejde med at klargøre denne plasttype til genanvendelse.

Synke fraktionen indeholdte 95% PET, hvilket ikke var en tilstrækkelig renlighed/ensartethed til at blive genanvendt. Det var derfor et mål for projektgruppen at opnå en materialeensartethed på min. 99% i PET-fraktionen, for at sikre, at plasten kan afsættes til genanvendelse. De resterende 5% polyolefiner kan tilsættes til den i forvejen genanvendelige flyde fraktion.

I projekt udvikles, tilrettes og installeres automatiserings-/robotteknologi, der kan sortere mellem de forskellige plasttyper fra den organisk forurenede plast (bakker, emballage mm.) i synke fraktionen, for at opnå større materiale-ensartethed. Ved at sortere på neddelte plastflager (max. 10 mm x 15 mm) havde projektgruppen en forventning om, at spildprocenten i synkefraktionen kunne reduceres med 26% til 9% (fra ca. 35% inden projektstart).



Miljøstyrelsen
Tolderlundsvej 5
5000 Odense C

www.mst.dk