



Miljø- og
Fødevareministeriet
Miljøstyrelsen

Ressourceudnyttelse af storskrald ved robotsortering

Faglig afrapportering af arbejdspakke 1

Miljøprojekt nr. 2139

Juni 2020

Udgiver: Miljøstyrelsen

Redaktion:

Annette Hou Adrian, Vestforbrændning

Morten Smith, Vestforbrændning

ISBN: 978-87-7038-200-7

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
1.1	Baggrund	4
1.2	Det indledende arbejde	4
1.3	Arbejdet sættes på stand by	5
2.	Anlægsidé	6
2.1	Den grundlæggende anlægsidé	6
3.	Det første udbud	7
3.1	Udbud med konkurrencepræget dialog	7
4.	Vidensopbygning	8
4.1	Markedsdialog med maskinleverandører	8
4.2	Samarbejde med Gain & Co.	9
4.3	Anlægsdesign	9
4.4	Homogenisering af affaldet	10
5.	Test af ballistisk sigte	12
5.1	Maskinen	12
5.2	Input og output	12
6.	Test af neddelere, tromle- og vindsigte	14
6.1	Maskinerne	14
6.2	Input og output	14
6.3	Neddeleren	16
6.4	Tromlesigten	16
6.5	Vindsigten	16
6.6	Outputtet til robotterne	16
7.	Afsætningsmuligheder	18
7.1	Træ	18
7.2	Pap	18
7.3	Hård plast	18
7.4	Tekstiler	18
7.5	Bøger	19
8.	Inspirerende robotter	20
8.1	Robotanlæg i Malmö, Sverige	20

1. Indledning

1.1 Baggrund

Miljø- og Fødevarestyrelsen gav i 2017 Vestforbrænding tilsagn om økonomisk støtte til at etablere et affaldssorteringsanlæg, specialiseret til håndtering af den del af storskraldet som i dag går til forbrænding. Støtten blev givet af MUDP-midlerne. Anlægget skulle blandt andet indeholde moderne robotteknologi og opføres i Vestforbrændings afdeling i Frederikssund.

Det samlede projekt blev inddelt i fem arbejdsplaner. Denne afrapportering vedrører arbejdet relateret til arbejdsplan 1: Sorteringsprocessen.

I denne arbejdsplan blev de teknologiske muligheder for forsortering, forbehandling og robot-sortering af storskraldet klarlagt og der blev foretaget analyser af forskellige maskiner og teknologier med henblik på valg af det bedste teknologimix til fuldskaalanlægget.

Nærværende afrapportering dokumenterer det gennemførte arbejde og præsenterer den væsentligste lærer fra processerne, samt de beslutninger om det videre arbejde, som blev truffet på baggrund af det gennemførte arbejde.

Rapporten er bygget kronologisk op, således at læseren følger Vestforbrændings læringsproces fra oktober 2015 til december 2018.

1.2 Det indledende arbejde

I efteråret 2015 afholdte Vestforbrænding et temamøde for sine ejerkommuner om hvordan vi får mere genanvendelse ud af storskraldet. Baggrunden for mødet var, at vi mente, at der ender for meget af det genanvendelige affald i den brændbare del af storskraldet. Ideen om at bruge robotter til affaldssortering blev født.



I september 2016 bevilgede Vestforbrændings bestyrelse, på baggrund af en businesscase, penge til et forprojekt, hvor Vestforbrænding undersøgte mulighederne for robotsortering af storskrald nærmere.

Forprojektet indebar blandt andet et forsøg med sortering af storskrald i et ZenRobotics anlæg. ZenRobotics er en finsk virksomhed med speciale i affaldssorteringsanlæg der benytter moderne sensor- og robotteknologi. Vestforbrænding fik gennemført tests på ZenRobotics affaldssorteringsanlæg i Helsinki. Anlægget i Helsinki er specialiseret til sortering af bygge- og anlægsaffald. Anlægget blev testet ift. dets evne til at sortere den meget uhomogene fraktion storskrald. Selvom anlægget er designet til sortering af bygge- og anlægsaffald, viste anlægget stort potentiale for sortering af storskrald, idet testene sandsynliggjorde at omkring 50% af den brandbare del af storskraldet kan udsorteres til genanvendelse.

På baggrund af de lovende testresultater, ansøgte Vestforbrænding i oktober 2017 MUDP-programmet om økonomisk støtte til at gennemføre et projekt med etablering af et affaldssorteringsanlæg med robotteknologi specialiseret til sortering af storskrald.

I november 2017 gav MUDP-sekretariatet tilsagn om økonomisk støtte til projektet.

1.3 Arbejdet sættes på stand by

Det blev i maj måned 2019 besluttet - indtil videre - at indstille Vestforbrændings arbejde med robotsortering af storskrald. Baggrunden for beslutningen var bl.a. at der parallelt med MUDP-projektets indledende teknologiorienterede fase (arbejdspakke 1), internt var arbejdet med en række strukturelle elementer omkring selve robotsorteringsanlægget, herunder de fysiske rammer og sikring af logistik, som viste sig at give en række uforudsete udfordringer, som bl.a. indebar behov for investeringer ud over det interne budget for projektet.

Efter flere overvejelser og undersøgelser af alternative løsninger til de afdækkede udfordringer, blev det på daværende tidspunkt vurderet, at det nødvendige rum for yderligere – interne – investeringer ikke kunne tilvejebringes.

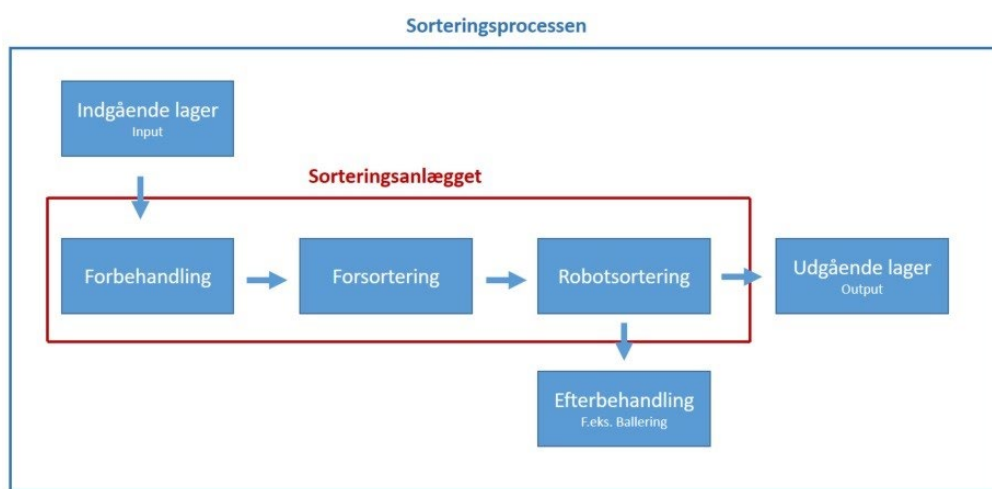
Med afsæt i de mange gode og relevante afklaringer og erfaringer som projektets første fase resulterede i, er robotsortering fortsat et højaktuelt indsatsområde som vurderes at have et stort udviklingspotentiale – og derfor overvejer Vestforbrænding hvordan udviklingsarbejdet med robotsortering vil kunne genoptages og fortsætte.

2. Anlægsidé

2.1 Den grundlæggende anlægsidé

Vestforbrændings grundlæggende ide og ambition var at etablere et anlæg, hvor sorteringen af storskraldet blev udført i ét kontinuerligt forløb, uden mellemliggende manuelle omlæsninger mellem delprocesserne forbehandling, forsortering og robotsortering.

Nedenstående figur illustrer den samlede idé til sorteringsprocessen og sorteringsanlæggets placering i det samlede set up.



3. Det første udbud

3.1 Udbud med konkurrencepræget dialog

I sommeren 2017 gennemførte Vestforbrænding et forløb med konkurrencepræget dialog med potentielle robotleverandører. Vestforbrænding lavede selv den tekniske kravspecifikation. Men da det var første gang, Vestforbrænding prøvede kræfter med denne udbudsform, købte Vestforbrænding konsulentbistand hos advokatfirmaet Horten. Hortens bistand i processtyring og udarbejdelse af de korrekte dokumenter kostede godt 100.000 kr.

Det blev anbefalet at gennemføre en konkurrencepræget dialog, hvor detailplanlægningen i videst muligt omfang ikke blev foruddefineret af Vestforbrænding. Dette skulle undgås for ikke at forhale processen, og for ikke at låse leverandørerne for meget i forhold til bl.a. valg af delkomponenter.

Priserne i tilbuddet var højere end det forventede. Årsagen til de høje priser var, at Vestforbrænding stillede høje krav til anlæggets performance – krav som vi senere indså, var tæt på umulige at leve op til. Vestforbrænding stillede de høje krav, blandt andet fordi vi ikke havde tilstrækkelig indsigt i robotternes muligheder og begrænsninger.

Processen med den konkurrenceprægede dialog viste at Vestforbrænding ikke havde tilstrækkelig viden til at kunne udarbejde et udbud som var forståeligt, og realistisk for potentielle leverandører, at give tilbud på. På den baggrund gik Vestforbrænding i gang med at opbygge mere og bedre viden om affaldssorteringsmaskiner, sensor- og robotteknologi storskald med videre.

4. Vidensopbygning

4.1 Markedsdialog med maskinleverandører

I foråret 2018 inviterede Vestforbrænding maskinleverandører til en markedsdialog om forsor-
tering. I dialogen deltog en række leverandører, som efter et opstartsmøde kom med oplæg til
hvordan de forestillede sig, at den optimale forsortering skulle indrettes.

Opstartsmøderne blev afholdt særskilt med hver enkel leverandør.

I nedenstående skema fremgår hvilke virksomheder der deltog i dialogprocessen, og hvilke
virksomheder der kom med bud på maskiner – med eller uden et prisestimat.

TABEL 1. Deltagende virksomheder i dialogproces vedr. potentielle maskiner i forsoreringen

Virksomhed	Bød ind med	Prisindikation(er)
Metso	Neddeler	Ja
ReTec	Poseåbner	Nej
	Tromlesigte	Ja
	Fingersigte	Nej
	Ballistisk sigte	Ja
	Vindsigte	Ja
	Fødekasse	Ja
Viggo Bendz	Neddeler	Nej
	Tromlesigte	Nej
	Fingersigte	Nej
	Ballistisk sigte	Nej
	Vindsigte	Nej
	Fødekasse	Nej
Komi Contractors	Neddeler / poseåbner	Ja
	Tromlesigte	Ja
	Fingersigte	Ja
	Ballistisk sigte	Ja
	Vindsigte	Ja
	Fødekasse	Ja
OP System	-	-
Dan-Enso	-	-

Gennem dialogen med de potentielle maskinleverandører fik Vestforbrænding en fornemmelse
af, hvilke maskiner der findes på markedet, som egner sig til forbehandling af storskraldet.
Vestforbrænding fik desuden idéer til hvordan man kan sammensætte forskellige maskiner i
en proceskæde der forbereder affaldet til robotsortering.

4.2 Samarbejde med Gain & Co.

Forløbet med den konkurrenceprægede dialog viste at Vestforbrænding ikke havde tilstrækkelig viden om robotteknologi til at kunne udarbejde et udbud, der var tilstrækkeligt forståeligt for tilbudsgiverne. Den manglende indsigt i robotteknologi bevirkede også, at Vestforbrænding ikke kunne formulere præcise krav, som var mulige for robot-leverandørerne at imødekomme.

Af den årsag indledte Vestforbrænding et samarbejde med rådgivningsvirksomheden Gain & Co., som er eksperter i automation og robotteknologi. Gennem et tæt samarbejde med Gain & Co. fik Vestforbrænding ny indsigt i, hvilke muligheder og begrænsninger, den for dette projekt relevante robotteknologi, rummede.

4.3 Anlægsdesign

Et af de grundlæggende spørgsmål ift. design af det endelige anlæg, var spørgsmålet om hvilke robotarme Vestforbrænding skulle satse på - store eller små, eller en kombination heraf. Nedenfor er oplistet nogle af de faktuelle forhold omkring forskellen på store og små robotarme og de fordele og ulemper, som robotarmene har ift. Vestforbrændings ønske om at sortere på storskrald.

Store Robotter

- Kan håndtere store emner, op til ca. 20-30 kg.
- Vil være overdimensionerede hvis der er mange små affaldsemner
- Kræver minimal neddeling i forsortering
- Er mere udbredte og gennemafprøvede i drift

Små robotter

- Kan foretage ca. dobbelt så mange opsamlinger pr. time end de store robotter.
- Kan løfte emner på op til ca. 1 kg.
- Kræver væsentlig neddeling i forsortering
- Er nyere end de store robotter, og derfor mindre gennemafprøvede
- Er mere fremtidssikrede, da mange fraktioner kan neddeles til at passe
- Kræver væsentligt mindre plads end de store robotter

I tillæg til dette hjalp Gain & Co. med at give indsigt i en række generelle overvejelser ift. brug af robotteknologi til sortering af affald, og specifikt storskrald. I det nedenstående er oplistet en række af disse overvejelser/forhold:

Generelle overvejelser om robotter til affaldssortering

- Robotterne kan selv prioritere at sortere de største ting på båndet
- Robotterne kræver at fraktionen der skal sorteres er spredt ud i ét lag, og at der så vidt muligt er afstand imellem emnerne på båndet. Altså ingen bunker eller overlap.
- En sorteringsrobot består af et sensorsystem til at se emner på båndet, samt én eller flere robotarme til at foretage sorteringen. Der kan som regel benyttes 1-3 robotarme per sensorsystem.
- Det er forholdsvist billigt at tilføje ekstra robotarme pr. sensor-enhed, men det kan ikke anbefales at benytte mere end 3 arme per sensorenhed, da det vil nedsætte effektiviteten.
- Det kan være en væsentlig fordel at inkludere et drop imellem sorteringsrobotterne, hvis man har mere end én sensor-enhed.
- Optimal gribe-type afhænger af emnerne. Sugkop kræver jævn gribe-flade, og gribefingre kræver at emnerne ikke er bredere end maksimal åbning af fingrene.

- Hver robot-arm kan sortere i 2-4 fraktioner. Bemærk at ved store mængder af en bestemt fraktion, kan det være nødvendigt at få flere arme til at udsortere til samme fraktion.
- Picks/hour for robotten kan ikke anvendes direkte, da dette kræver at der konstant er emner på båndet som robotten skal opsamle. Forvent at den egentlige udnyttelsesgrad i drift er ca. 30-40% antal reelle picks/hour
- Folier eller andre emner med stort overfladeareal, samt lange genstande som have-slanger mv. kan give problemer for robotterne. Disse kan med fordel neddeles eller fjernes i forsorteringen

Gain & Co. var også med til at vurdere maskinleverandørernes maskiner og maskinleverandørernes bud på maskinvalg, proceskæder osv.

4.4 Homogenisering af affaldet

De enkelte storskraldslæs er meget forskellige. Affaldet i læssene varierer betragteligt ift. både de enkelte affaldsemners størrelse og blandingsforholdet mellem de forskellige affaldstyper (træ, metal, plast, pap osv.). Variationen er stor, fordi der er stor forskel på kommuners storskraldsordninger. Det gælder både ift. hvor ofte der afhentes storskrald og ift. hvilke affaldsprodukter der afhentes. Variationen er også stor fordi det affald som borgerne smider ud varierer over året, og af den simple årsag at storskrald helt generelt kan indeholde mange forskellige ting.

Selvom robotterne har imponerende egenskaber, er der også mange begrænsninger for hvad sensorteknologien kan identificere og hvad robotarmene kan udsortere. Forsorteringen skal derfor sikre en homogenisering af affaldet, der kan medføre at robotterne kan arbejde effektivt.

Åbning af poser

Ca. 30% af affaldet i storskraldet er emballeret i plastposer og/eller papkasser. Det er vigtigt at poserne og papkasserne åbnes, sådan at affaldsemnerne i poserne og kasserne bliver gjort tilgængelige for udsortering.

Tilstrækkelige mængder

Det kan ikke undgås at robotterne præsenteres for materialer, som ikke kan genanvendes. Ikke-genanvendelige materialer skal ikke sorteres af robotterne, men udsorteres i videst muligt omfang i forsorteringen og ellers blot passere gennem anlægget og ende i en samlet restfraktion med henblik på forbrænding.

Robotterne kan ikke udsortere samtlige enheder, som de præsenteres for, pga. deres tekniske begrænsninger. Emner der er meget små eller meget store, kan robotarmene ikke gribe om. Desuden fører båndet materialerne så hurtigt frem, at robotterne ikke kan nå at samle alt det op, som passerer under dem.

Da robotterne hverken kan eller skal udsortere samtlige enheder som de præsenteres for, er det afgørende, at robotterne præsenteres for mere end 50% af inputmaterialet, hvis anlægget skal kunne realisere 50% genanvendelse af de samlede mængder.

Driftsforstyrrende materialer

Hvis papir kommer over til robotterne og lægger sig oven på andre genanvendelige materialer, reduceres robotternes kapacitet, da de ikke kan se det genanvendelige materiale som gemmer sig under papiret.

Hvis folier kommer over i robotten kan de skabe nøjagtig samme problem som papiret. Desuden kan folierne bevirke, at robotarmene inaktiveres, da folierne blandt andet kan sætte sig fast i bevægelige dele. Armene skal så nulstilles, før de bliver driftsklar igen.

Forsortering skal derfor sikre at papir og folier fjernes inden robotsorteringen.

Ikke for stort

Robotarmene som Vestforbrænding satsede på, kan ikke gribe om emner der er mere end 45 cm. på smalleste led og armene kan ikke håndtere emner, der er mere end maksimalt 1,5 meter på længste led. Det vil sige, at de emner som robotterne præsenteres for, skal kunne holde sig inden for dimensionerne 150 cm x 150 cm x 45 cm.

Forsortering skal derfor knække store emner sådan at de opnår de dimensioner som robotterne kan håndtere. Hvis emnerne er for store går de gennem anlægget og bliver ikke udsortet. Det er især træemnerne, som i udgangspunktet kan være for store til robotterne.

Ikke for småt

For at få en så høj effektivitet som muligt i robotsorteringen, skal det enkelte emne være så tæt som muligt på den maksimale størrelse og vægt, som den enkelte robotarm kan håndtere. Derfor må forsorteringsprocessen ikke neddele affaldet mere end højst nødvendigt.

5. Test af ballistisk sigte

Onsdag den 27. og torsdag den 28. juni 2018 gennemførte Vestforbrænding forsøg med en ballistisk sigte til forbehandling af storskraldet.

Formålet med testene var at undersøge hvor godt den ballistiske sigte kan sortere og homogenisere storskraldet med henblik på at vurdere om sigten er egnet som eneste maskine i forbehandlingsprocessen.

5.1 Maskinen

Vestforbrænding lejede en mobil ballistisk sigte af Komi Contractors. Sigten var en Eggersmann BS40 og den vejede 7,7 ton og var 6,5 meter lang. Det var en demomodel, som er kortere end en model indkøbt til almindelig drift. Derfor må en "rigtig" model forventes at yde lidt bedre/anderledes end demomodellen.

Den ballistiske sigte blev justeret undervejs i forsøgene af en medarbejder fra Komi Contractors.

5.2 Input og output

Der blev gennemført 8 testkørsler. Inputtet var "tilfældigt indsamlet" storskrald fra have- og etageboliger i Vestforbrændings ejerkommuner.

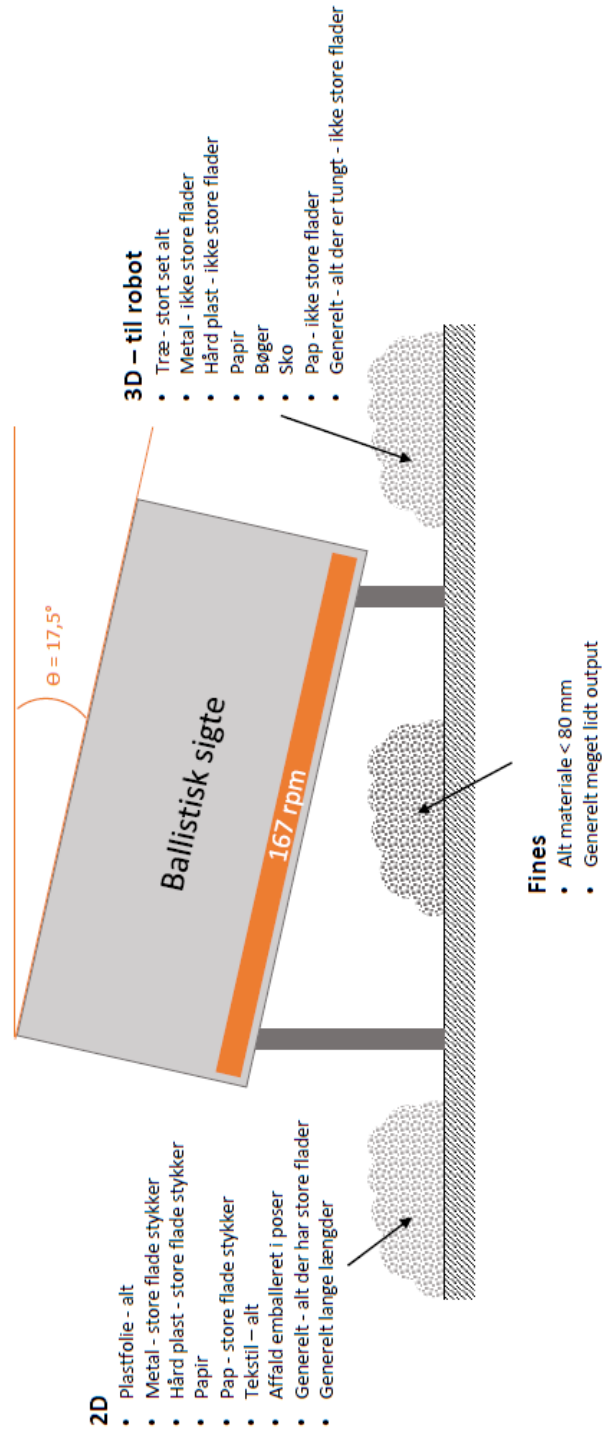
Figuren på næste side viser testopstillingen og hvilke affaldstyper der endte i de forskellige outputs.

Forsøgene viste at den ballistiske sigte er egnet til at frasortere de affaldselementer, som ikke ønskes fremført til robotterne, men at ca. 30% af inputmaterialet ender i den fraktion, som kan føres videre til robotten.

Da ReSRob-projektet har minimum 50% genanvendelse af den brandbare del af storskraldet som succeskriterie, valgte Vestforbrænding ikke at gå videre med undersøgelser af mulighederne for at benytte en ballistisk sigte.

Resultat fra sorteringsforsøg

Resultatet er opnået ved den stejleste vinkel den ballistiske sigte kunne indstilles til ($\theta = 17,5^\circ$).



6. Test af neddelere, tromle- og vindsigte

Torsdag den 13. og fredag den 14. september gennemførte Vestforbrænding forsøg med en proceskæde til forbehandling af storskraldet bestående af en neddeler/poseåbner, en tromle- og en vindsigte.

Formålet med testene var at undersøge om disse maskiner kunne homogeniserer storskraldet, som beskrevet ovenfor, sådan at robotterne kan arbejde så effektivt som muligt.

6.1 Maskinerne

Vestforbrænding lejede en neddeler/poseåbner af virksomheden Metso. Der var tale om en transportabel demomodel med WR4000M LVP skærebord.

Vestforbrænding lejede desuden en vindsigte af virksomheden NIHOT (Nihot Recycling Technology B.V). Der var tale om den transportable demomodel SDi 800.

Derudover blev VFF's egen tromlesigte med 40 mm sold anvendt. Det er en Doppstadt SM 620 (profi). Det var ønsket at benytte et større sold, men det kunne desværre ikke skaffes til testen.

6.2 Input og output

Inputmaterialet bestod af blandet "småt brandbart" indsamlet via storskraldsordninger i Vestforbrændings opland.

Der blev afsat over 40 ton til testen. Det viste sig at være mere end rigeligt, da der kun blev kørt ca. 8 ton gennem maskinerne i løbet af de to testdage.

De 40 ton blev lagt i 2 bunker, hvorfra der blev grabbet to bunker af ca. 4,5 ton. Fra de små bunker, blev der fjernet madrasser og andre store emner. Ingen yderligere screening eller forberedelse af storskraldet blev foretaget inden det blev tilført neddeleren.

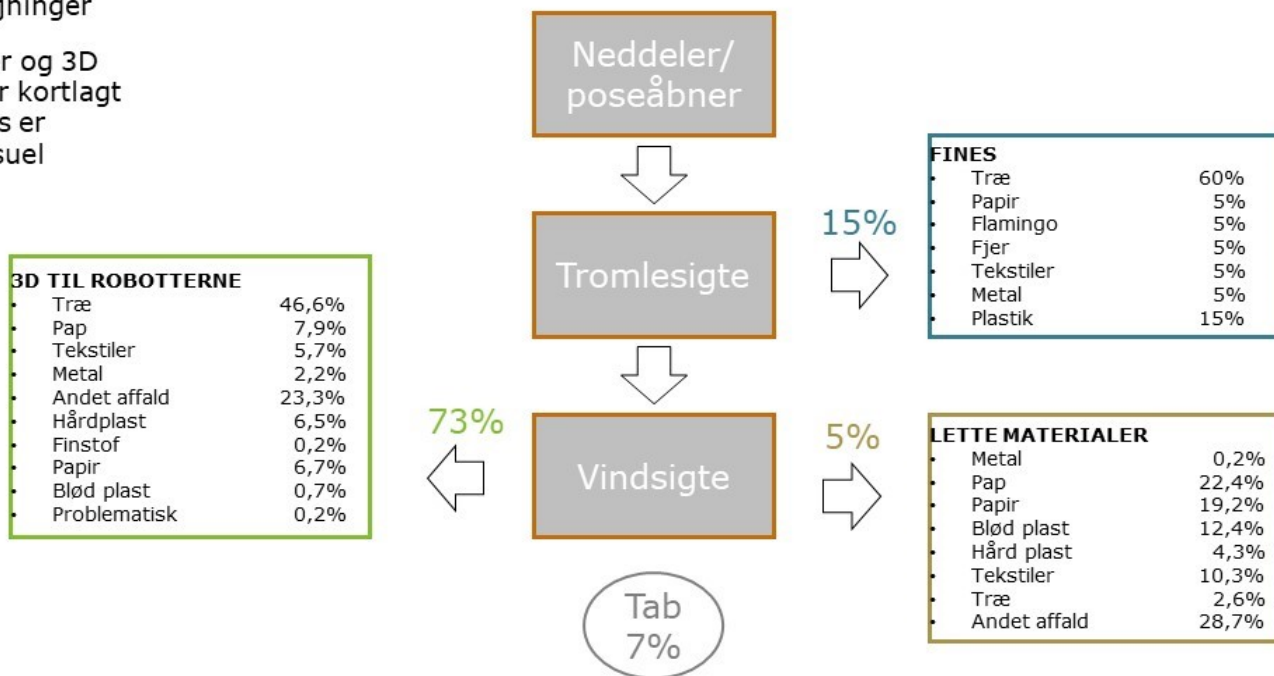
Ca. 73% af materialet som blev tilført neddeleren endte i outputtet til robotterne. Dette var en væsentligt bedre "performance" end den ballistiske sigte, hvor ca. 30% af inputmaterialet endte i outputtet til robotterne.

Figuren på næste side viser opstillingen og massebalancen ved testene.

Resultat af test af forbehandlingsmaskiner 14. sept. 2018 hos VFF

Masseflowet er baseret på konkrete vejninger

Lette materialer og 3D til robotterne er kortlagt af Econet. Fines er kortlæg ved visuel vurdering.



6.3 Neddeleren

For at få en så høj effektivitet som muligt i robotterne, skal det enkelte emne være så tæt på den maksimale størrelse og vægt, som den enkelte robotarm kan håndtere.

Neddeleren neddelte storskrallet mere end nødvendigt. Det blev derfor besluttet at gå efter en neddeler der mere skånsomt kan knække de største emner i inputtet.

6.4 Tromlesigten

Selvom tromlesigten fjernede mange meget små emner, indeholdt robotfraktionen stadig forholdsvis mange små emner. Derfor blev det ønsket, at forsøge at skaffe en tromlesigte med et sold på 10 cm til det endelige set-up.

6.5 Vindsigten

Efter nogle justeringer viste vindsigten, at den effektivt kunne fjerne størstedelen af papiret og folien, samt andet let materiale fra affaldsstrømmen.

Resultatet med ca. 73% af inputtet til neddeleren i robotfraktionen, blev opnået ved at lade vindsigten suge på $\frac{1}{4}$ kraft. Der kan altså fjernes væsentligt mere inputmaterialet, inden der fødes til robotterne, hvis det ønskes.

Papir, fladt pap og andet småt der sænker robotternes effektivitet vil komme med i fraktionen til robotterne, medmindre man suger meget kraftigt. Men suger man meget kraftigt, fjerner man også de materialer vi gerne vil have frem til robotterne, herunder pap og tekstiler.

Finjustering af vindsigten er derfor et af de afgørende parametre for at få den optimale fraktion præsenteret for robotterne.

Vindsigten var en demomodel. En rigtig model kan håndtere større mængder og har flere indstillingsmuligheder, så det må forventes at den endelige vindsigte kan yde endnu bedre end den, der blev testet.

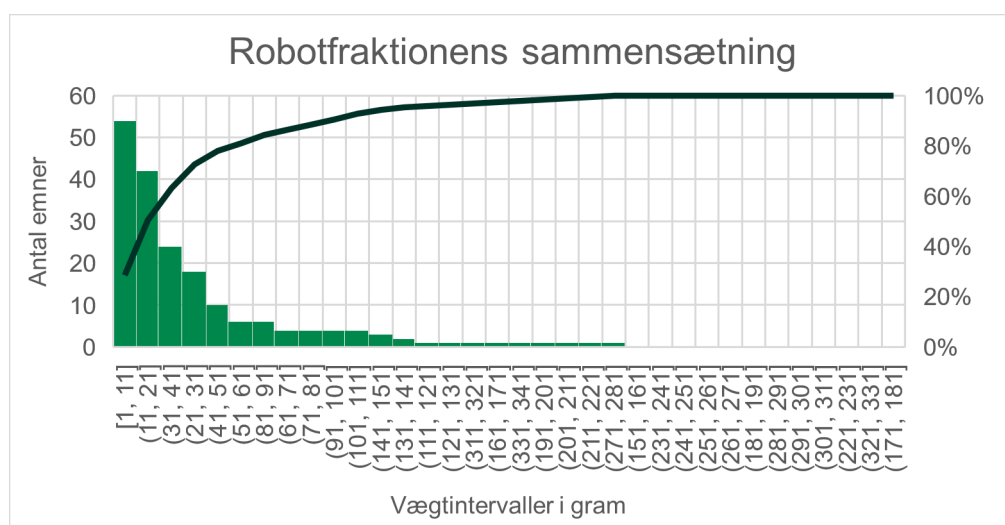
6.6 Outputtet til robotterne

Efter testene af neddeleren, tromle- og vindsigten hjalp Econet med at finsortere indholdet af den outputfraktion (3D), som forventedes at blive videreført til den egentlige robotsortering. Vestforbrænding foretog selv en detaljeret kortlægning af en delmængde af 3D-fraktionen.

Kortlægningen giver ikke et fuldt repræsentativt billede af hvilken sammensætning og karakter vi kan forvente, men dog et billede heraf, som blev udgangspunktet, i det videre arbejde, herunder det endelige udbud.

TABEL 2. 3D-fraktionens sammensætning fra test af neddelere, tromle- og vinsigte

	Metal > 1 kg > 40 cm	Plast > 1 kg > 40 cm	Papir og bøger > 1 kg > 40 cm	Pap > 1 kg > 40 cm	Træ > 1 kg > 40 cm	Tekstiler > 1 kg > 40 cm
Antal emner	29	190	42	90	124	126
Gennem- snitsvægt pr. enhed (g)	239	41	336	44	130	160



7. Afsætningsmuligheder

Vestforbrænding foretog i oktober 2018 en vurdering af afsætningsmulighederne og afsætningsomkostningerne/-indtægterne for de seks fraktioner, som Vestforbrænding i første omgang regnede med, at robotten skulle udsortere 3D-fraktionen i:

7.1 Træ

Træfraktionen indeholdt en stor mængde rent træ og en lille mængde malet træ. Hvis mængden af malet træ eller andet urent træ bliver for stor, kan det skabe problemer for afsætningen af træet på det europæiske marked. Hvis robotterne kan skabe en træfraktion der er lige så ren eller renere, end den renhed affaldsbranchen i dag opnår ved håndsortering, kan det robotsorterede træ uden videre afsættes via Vestforbrændings eksisterende afsætningsaftaler.

Dog vil det robotsorterede træ skulle neddels først – hvilket kan ske sammen med neddelingen af det rene træ der indsamles på genbrugsstationerne. Omkostningerne for afsætning af træet vurderedes på daværende tidspunkt at være 100 kr./ton – 200 kr./ton.

7.2 Pap

Papfraktionen indeholdt ikke kun rent pap, men også pizzabakker, som ikke må indgå i papfraktionen. Der bør derfor foregå en kvalitetskontrol af papfraktionen, inden den tilføres de eksisterende afsætningsstrømme. Dette burde kunne løses relativt nemt, da den eksisterende afsætning indeholder en kvalitetskontrol forud for balletering. Kan robotterne lære at skelne mellem det ønskede og det uønskede pap, bør denne mulighed udnyttes. Indtægterne ved afsætning af pappet vurderes på daværende tidspunkt at være ca. 600 kr./ton.

7.3 Hård plast

Den hårde plast vurderedes at have en sammensætning og generel kvalitet, der er sammenlignelig med fraktionen af samme navn på genbrugsstationerne. Den umiddelbare vurdering var derfor at denne fraktion uden videre kan afsættes via genbrugsstationerne. Omkostningerne hertil blev på daværende tidspunkt vurderet til ca. 1.000 kr./ton.

7.4 Tekstiler

Tekstilkvaliteten var meget lav. Tøjet, linned med videre var i stykker, beskidt og fugtigt. Fraktionen egner sig hverken til genbrug eller til genanvendelse, og den kan ikke indgå i eksisterende systemer. På daværende tidspunkt var der dog en teoretisk mulighed for genanvendelse, som krævede nærmere undersøgelser.

Sidan da er markedet for tekstiler til genanvendelse vendt på hovedet. Man er gået fra en situation hvor tekstilerne til genanvendelse kunne generere indtægter til at være en udgift.

7.5 Bøger

Bøgerne var ikke helt så rene, som de bøger der indsamles på genbrugsstationerne. Ender den faktiske bogfraktion med at være nogenlunde lige så ren, som i dette tilfælde, er det vurderingen at bøgerne kan indgå i den eksisterende afsætning af bøger. Bliver bogfraktionen fra robotanlægget for uren og/eller for stor en andel af den samlede bogmængde, kan det medføre et fald i indtægterne. Indtægterne ved bogsalget var på daværende tidspunkt ca. 600 kr./ton.

En af indsigterne fra processen med at teste maskinerne og sortere outputtene var, at tekstilaffaldet langt fra havde en kvalitet, der sandsynliggjorde genbrug eller genanvendelse af tekstilerne. Det blev derfor Vestforbrændings vurdering at tekstilerne, i forhold til det samlede anlæg/hele projektideen, slet ikke skal være en del af storskraldsindsamlingen.

Alternativt skal der findes en metode til at fjerne så meget tekstil i forsorteringen/forbehandlingen, som muligt. Alternativt og/eller i supplement til dette, bør tekstilerne ikke blive udsorteret af robotterne, men passere igennem anlægget til restfraktionen med henblik på energiudnyttelse.

8. Inspirerende robotter

Vestforbrænding har i løbet af projektet – både før og under selve det MUDP-støttede projekt, besøgt en række affaldssorteringsanlæg som benytter robotteknologi. Disse besøg har alle givet inspiration og viden om muligheder og barrierer for at etablere et affaldssorteringsanlæg specialdesignet til at sortere storskrald.

I de følgende afsnit gives korte præsentationer, af de steder, som Vestforbrænding har besøgt, eksklusiv det findske anlæg som står beskrevet i indledningen.

8.1 Robotanlæg i Malmö, Sverige

Virksomheden Carl F idriftsatte i 2017 et affaldssorteringsanlæg indeholdende robotteknologi specialiseret til sortering af byggeaffald, herunder beton, murbrokker, tømmer, gipsplader, metal, isoleringsmaterialer, plast med videre.

Robotanlægget som ligger i Malmö er placeret oven på et "betonskelet" der skaber 12 kamre under anlægget, således at robotarmene kan udsortere i op til 12 forskellige affaldsfraktioner. For enden af anlægget ender det affald som ikke bliver sorteret af robotarmene i en samlet restfraktion.

Robotanlægget er et ZenRobotics anlæg, som er bygget til at kunne gribe og flytte store og tunge materialer.



Kilde: Besøg i juli 2017 og i oktober 2018

ZenRobotics er en finsk virksomhed, med base i Helinski, med speciale i affaldssorteringsanlæg, der benytter sensor- og robotteknologi.

Storskrald og byggeaffald er ikke ens, men begge affaldsfraktioner/-typer indeholder meget træ og træet, som indgår i storskrald og i byggeaffald, er forholdsvis ens ift. type og størrelse. Besøgene ved anlægget i Malmö har således tjent som både grundlæggende inspiration og som kilde til idéer omkring den konkrete udformning af anlægget i regi af Vestforbrænding.

Robotanlæg i Baetsen, Holland

Baetsen er et anlæg i Holland, der blev idriftsat i 2013, og som bruger ZenRobotics teknologi til at sortere byggeaffald, hvor der primært fokuseres på udsortering af træ. Anlægget kan ud-

sortere ca. 40 ton træ i timen. Baetsens sorteringsanlæg består af flere forskellige sorteringsprocesser, herunder windshifting, tromlesortering, neddeling med videre. Robotsorteringsanlægget består af to robotarme med hver deres scannerenhed. (Kilde: Besøg 12. september 2017)

Robotanlæg i Holstebro, Danmark

NOMI 4S var i 2016 i gang med at udvikle et robotanlæg til finsortering af plast fra husholdningsaffald, som blev indviet i 2017. NOMI's anlæg er inspireret af robotteknologi fra fødevareindustrien, og det er baseret på sugekop til at "gribe" materialerne. NOMIs affald er kildeopdelt og inden robotanlægget udtages metal med en Eddie Current maskine, som udsorterer ikke-magnetisk metal. (Kilde: Besøg 18. juni 2018)

Ressourceudnyttelse af storskrald ved robotsortering - Faglig afrapportering af arbejds-pakke 1

Miljø- og Fødevarestyrelsen gav i 2017 Vestforbrænding tilsagn om økonomisk støtte til at etablere et affaldssorte-ringsanlæg, specialiseret til håndtering af den del af storskraldet som i dag går til forbrænding. Støtten blev givet af MUDP-midlerne. Anlægget skulle blandt andet indeholde moderne robotteknologi og opføres i Vestfor-brændings afdeling i Frederikssund.

Det samlede projekt blev inddelt i fem arbejds-pakker. Denne afrapportering vedrører arbejdet relateret til arbejds-pakke 1: Sorteringsprocessen. I denne arbejds-pakke blev de teknologiske muligheder for forsortering, forbehandling og robot-sortering af storskraldet klarlagt og der blev foretaget analyser af forskellige maskiner og teknologier med henblik på valg af det bedste teknologimix til fuldskaalanlægget.



Miljøstyrelsen
Tolderlundsvej 5
5000 Odense C

www.mst.dk