

RAPPORT

**Evaluatie afvalballen over water
L'Ortye Beatrixhaven Maastricht**

Klant: Holding L'Ortye BV.

Referentie: BI8717-RHD-ZZ-XX-RP-Z-0001

Status: S0/P03.01

Datum: 27 december 2022

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no.35
3818 EX Amersfoort
Water & Maritime
Trade register number: 56515154

+31 88 348 20 00 **T**
+31 33 463 36 52 **F**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Evaluatie afvalballen over water L'Ortye Beatrixhaven Maastricht

Sub titel:

Referentie: BI8717-RHD-ZZ-XX-RP-Z-0001

Status: P03.01/S0

Datum: 27 december 2022

Projectnaam: Evaluatie vervoer van ballen afval over water L'Ortye Beatrixhaven Maastricht

Projectnummer: BI8717-101-100

Auteur(s): Hans Vermij, Robin van den Berg en Erik Groen

Opgesteld door: Robin van den Berg, Erik Groen

Gecontroleerd door: Hans Vermij en Erik Groen

Datum: 27 december 2022

Goedgekeurd door: Hans Vermij

Datum: 27 december 2022

Classificatie

Open

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden veelelvoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.

Let op: dit document bevat mogelijk persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V.. Voordat publicatie plaatsvindt (of anderszins openbaarmaking), dient dit document te worden geanonimiseerd of dient toestemming te worden verkregen om dit document met persoonsgegevens te publiceren. Dit hoeft niet als wet- of regelgeving anonimiseren niet toestaat.

Inhoud

1	Inleiding	6
1.1	Aanleiding	6
1.2	Doelstellingen	7
1.3	Organisatie	7
1.4	Onderzoeksopzet	8
1.5	Leeswijzer	8
2	Vorbereiding pilot	9
2.1	Aanleiding	9
2.2	Potentieel voor modal shift	10
2.3	Planning	10
2.4	Vergunningverlening	11
2.5	VGM-plan	11
3	De Pilot	13
3.1	Inleiding	13
3.2	Inname en verballen	13
3.3	Opslag en laden	19
3.4	De vaart	21
3.5	Lossen	23
3.6	Energieverbruik landzijdige materieel	23
4	Evaluatie logistieke concept	25
4.1	Inleiding	25
4.2	Inname	25
4.3	Proces van het balen	27
4.4	Opslag en laden	28
4.5	Varen en lossen	29
5	Evaluatie duurzaamheidsaspecten	30
5.1	Inleiding	30
5.2	Uitgangspunten en methodiek	30
5.3	Vergelijking van scenario's	32
5.4	Uitkomsten	35
5.5	Doorkijk emissies scheepvaart	37

6	Conclusies en aanbevelingen	40
6.1	Hoofdconclusie	40
6.2	Vorbereidingen	40
6.3	Uitvoering	40
6.4	Duurzaamheid	42

Tabellen

Tabel 1: Interne beoordeling verschijningsvorm afval	9
Tabel 2: Aantal vrachtauto's gelost met afval	14
Tabel 3: Ordening van het grote depot	16
Tabel 4: Ordening van het kleine depot	17
Tabel 5: Ordening van het duurzaamheidsdepot	17
Tabel 6: Aantal ritten naar type vrachtauto en vervoerd gewicht	25
Tabel 7: Vervoergegevens	31
Tabel 8: Indeling balen in vrachtauto	34
Tabel 9: Vervoersgegevens vrachtauto met verbaald afval	34
Tabel 10: aantal balen in vol schip (afmetingen groot Rijnschip)	38
Tabel 11: Vervoersgegevens	39

Figuren

Figuur 1: Impressie van de weegbrug en vrachtauto's	13
Figuur 2: Cyclustijden inname, aanrijtiden weegbrug naar verbaalmachine	15
Figuur 3: Handmatige schets stapelplan	16
Figuur 4: Verbaalmachine en opstelling	17
Figuur 5: Rijden naar het depot, opbouw opslag en laden schip	20
Figuur 6: Laadplan schip	21
Figuur 7: Groot Rijnschip: Wiljaco F	21
Figuur 8: Motor Wiljaco-F	22
Figuur 9: De vaart	22
Figuur 10: Reisverslag schipper	23
Figuur 11: Lossen bij AVR	23
Figuur 12: Aanvoer	25
Figuur 13: Proces balen	27
Figuur 14: Proces schipladen	28

Figuur 15: Proces varen en lossen	29
Figuur 16 Scenario's en effectmeting	33
Figuur 17: Scenario A: Totale CO ₂ – emissies	35
Figuur 18: Scenario B: Totale CO ₂ -emissies inclusief emissies alle processen	36
Figuur 19: Scenario B: Totale CO ₂ -emissies alle processen, verbaalproces elektrisch	36
Figuur 20: Scenario C: Totale CO ₂ emissies	37
Figuur 21: Laadplan vol schip (groot Rijnschip)	38
Figuur 22: Totale emissies bij inzet vol schip	39

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Uit onderzoek van de Topsector Logistiek¹ is gebleken dat een groot deel van het huishoudelijk afval uit de provincie Limburg over een enkele afstand van 300 km (enkele afstand) per vrachtwagen wordt vervoerd naar een Afval Energie Centrale (AEC) in Wijster. Daar dient het afval als brandstof om elektriciteit op te wekken. Het onderzoek laat zien dat het vervoer over water één van de alternatieven is om afval duurzamer te vervoeren. Immers, een groot aantal afval-energiecentrales is aan het water gelegen en verwerkt al gebaald huishoudelijk afval uit Engeland en Italië. In het algemeen geldt dat transport over water interessanter wordt wanneer een minimale afstand van 100 tot 150 km overbrugd moet worden. In de Verschillende testen met vervoer over water van afval in 2013, 2017 en 2018 met losgestort afval en in perscontainers), lieten zien dat deze afstand is afgenomen tot ongeveer 30-50 kilometer in grootstedelijke gebieden. Omdat veel AECs meer dan 150 km van Limburg verwijderd zijn, lijkt Limburg daarom uitermate geschikt voor transport over het water, want Limburg is goed ontsloten door de Maas en het Julianakanaal. De Maasroute vormt een van de belangrijkste scheepvaartroutes binnen Nederland en Europa.

Een aanzienlijk deel van de afvalstromen tussen Limburg en AECs wordt nu over de weg vervoerd en komt in aanmerking voor vervoer over water. Daarom heeft L'Ortye een pilotproject met gebaald afval over water naar de verwerker AVR Rijnmond in Botlek uitgevoerd in de tweede helft van oktober 2022. In de pilot is gezocht naar de juiste logistieke oplossingen om het aandeel vervoer over water te vergroten. Het afval dat is vervoerd is bedrijfsafval. In de toekomst kan zowel bedrijfsafval als huishoudelijk restafval onder de noemer stedelijk afval worden vervoerd.

Het is de bedoeling dat de ervaringen die met de pilot zijn opgedaan, ook gebruikt worden voor andere trajecten in Nederland. De AECs in Nederland verwerken jaarlijks ongeveer 7,5 miljoen ton afval. Daarnaast worden veel circulaire stromen naar verwerkers vervoerd die worden opgewerkt tot hernieuwbare grondstoffen. Ook deze stroom kan in aanmerking komen voor het vervoer over water, want ook deze wordt nu via de weg vervoerd. In de uitgevoerde pilot is gezocht naar de juiste logistieke oplossingen om het aandeel vervoer over water te vergroten.

L'Ortye is een inzamelaar van onder andere bedrijfsafval in Limburg en beschikt over kadefaciliteiten waar afvalstoffen geladen/gelost kunnen worden. In de voorbereiding van de pilot heeft L'Ortye intensief overleg en afstemming gehad met de omgevingsdienst, de provincie en andere organisaties zoals Bureau Voorlichting Binnenvaart, LIOF en Zuid-Limburg Bereikbaar. Daarnaast is onderzocht welke technische oplossingen en operationele organisatie het meest passend lijkt. Daaruit blijkt dat de afstand vanuit Zuid-Limburg naar de verwerker (AVR Rijnmond) en de vaarroute passend zijn voor afvalvervoer over water. Samen met de provincie Limburg middels Blue Ports Limburg werkt L'Ortye mee aan een stimulering van de modal-shift van weg naar water. Dit levert (CO₂) milieuwinst op, een betere energiebalans door afval pas te verbranden als meer behoefte aan energie aanwezig is, voorkomt congestie op het Limburgse wegennetwerk en vermindert de behoefte aan personeel (chauffeurs). De pilot wordt mede gefinancierd door een subsidie van de Connecting Europe Facility (CEF)² en een bijdrage van de Topsector Logistiek.

¹ Bureau Voorlichting Binnenvaart: Eindnotitie Stakeholderonderzoek afval over water, in opdracht van Topsector logistiek, 2019

² CEF: Connecting Europe Facility van de EU

1.2 Doelstellingen

Het doel van de pilot is het opdoen van ervaring en proefondervindelijk testen van de verschillende mogelijkheden om afval te verballen, op te slaan en te vervoeren met een schip, inclusief de processen daar omheen. In Nederland wordt al "gemengd stedelijk afval" per schip vervoerd, maar enkel in perscontainers. Echter ervaring met het gebaald vervoer ontbreekt nog. Bij de AECs worden al balen geperst om veilige tussenopslag in depot mogelijk te maken zonder geuroverlast en broeigevaar. In het achterland (herkomstgebieden van afval) gebeurt dit nog niet.

De pilot moet antwoord geven op een aantal vragen om tot een realistische en haalbare vervoerspropositie te komen. Deze vragen zijn:

- Hoeveel verdichting is er mogelijk door het balen van het afval? De beantwoording van deze vraag geeft noodzakelijke informatie voor de businesscase.
- Hoe ontwikkelt de warmte zich in een baal? Dit kan worden gemeten door het gebruiken van sensoren tijdens de pilot. Deze vraag geeft inzicht in de risico's van broei, waardoor brand kan ontstaan. Door meting kunnen de resultaten ook worden gedeeld met de omgevingsdiensten en de verzekering. Deze continue monitoring, met behulp van sensoren, is uniek en niet eerder in Nederland uitgevoerd.
- Hoe hoog kunnen de balen worden gestapeld tijdens de opslagperiode? Welk materieel past het beste om deze balen veilig en efficiënt op te slaan?
- Welke impact hebben verschillende factoren op de vergunning? Te denken valt hierbij vooral aan zaken zoals brandcompartimentering, geur, geluid, etc.
- Welke partijen kunnen ook "gemengd stedelijk afval" aanleveren zowel voor de pilot als op de lange termijn? Te denken valt aan landelijke maar ook regionale spelers.
- Welke partners zijn nodig om een dergelijke activiteit succesvol te ontwikkelen?

De pilot is succesvol als:

1. Geen praktische belemmeringen aanwezig zijn voor de vergunningverlener ten aanzien van veiligheid en milieu. Door middel van ervaringen en temperatuurmonitoring moet blijken hoe, in samenwerking met de regionale uitvoeringsdienst, een optimale terreinindeling voor handeling en opslag wordt bereikt. De veiligheid en milieuaspecten, met name voor de temperatuurontwikkeling, worden beschreven in een separaat rapport van WSP. Dit aspect blijft in dit rapport buiten beschouwing.
2. De CO₂ uitstoot via het transport met schepen aantoonbaar lager ligt dan het transport over de weg.
3. De extra kosten van verballen en transport over het water opwegen tegen de te boeken milieuwinst en betere aansluiting tussen vraag naar afval en aanbod van energie vanuit de AEC's. Deze afweging wordt door WSP uitgewerkt in een separaat rapport over de Maatschappelijke Kosten en Baten Analyse (MKBA). Dit aspect blijft in dit rapport buiten beschouwing.

1.3 Organisatie

De volgende partijen zijn betrokken bij de uitvoering van deze pilot:

- **Afvalinzamelaars:** Het gaat om het vervoer vanaf de inzameling naar het inzamelpunt, lees: kade en opslagterrein. Omdat L'Ortye binnen een zo kort mogelijke periode de pilot wil uitvoeren en over voldoende volume (200 ton per dag) wil beschikken, is de samenwerking gezocht met RENEWI.
- **Havenexploitant/operator:** L'Ortye is met haar havendivisie eigenaar van meerdere terreinen aan de Limburgse wateren, en ziet daarmee toe op veiligheid en beheer op de kade. L'Ortye verzorgt de totale handling inclusief het verballen en de opslag van het afval.

- **Binnenvaartoperator:** Partij die het vervoer over water uitvoert vanuit Limburg naar de afval energiecentrale. Voor de pilot is het schip Wiljaco-F van 110 meter lang en capaciteit 3,236 ton van de firma Fransbergen gecharterd. Het schip is een CEMT Va schip uit 2009, recent volledig gereviseerd en voorzien van een nieuwe motor in 2019, die voorbereid is op Stage V.
- **Verwerker:** Het gaat hier om AECs waar de balen worden gelost en verwerkt in de verbrandingsoven. In de pilot is het afval naar AVR Rijnmond in de Botlek gebracht.



1.4 Onderzoeksopzet

De evaluatie van de pilot in dit rapport bestaat uit:

- Het logistieke proces, zoals het inwegen, (ver)balen, opslaan, intern transport en overslag. Gedurende de pilot zijn metingen verricht van de cyclustijden van de hiervoor genoemde operaties. Deze leveren inzichten en operationele ervaring op ten aanzien van het balen, opslaan en overslaan in het schip.
- De duurzaamheidsaspecten (o.a. weg versus water). De emissies naar lucht van het vervoer over water en over de weg worden bepaald. Het gaat om het verschil tussen beide modaliteiten van de CO₂-emissie. Voor zowel het wegvervoer als binnenvaart worden gegevens uit de boardcomputer uitgelezen (vaar/rijtijd, oponthoud voor schutten of congestie en overige bijzonderheden). Op basis van kengetallen wordt voor elke vervoersmodaliteit berekend wat de verschillen zijn in CO₂-emissie, uitgaande van het vervoerd gewicht per schip en vrachtauto, uitgedrukt in ton en tonkilometers. Dit wordt gedaan voor de pilot waarin het schip meer balen mee had kunnen nemen en voor de toekomstige situatie indien vervoer over water permanent plaatsvindt en het schip volledig is afgeladen.
- Conclusies en aanbevelingen. Het gaat om lessons learned en aanbevelingen.

1.5 Leeswijzer

Dit evaluatierapport is als volgt opgebouwd: In hoofdstuk 2 worden de voorbereidingen van de pilot beschreven en in hoofdstuk 3 de uitvoering van de pilot zelf, waarin het schip minder tonnen heeft vervoerd dan mogelijk. Hoofdstuk 4 evalueert het logistieke concept en hoofdstuk 5 de duurzaamheidsaspecten van de pilot, waarin de situatie wordt vergeleken voor verschillende scenario's. Elk scenario heeft twee varianten. In de eerste variant wordt de CO₂-emissie bepaald van de hoeveelheid vervoerd gewicht (of balen) uit de pilot. In de tweede variant gaat het om de CO₂-emissie van het vervoerd gewicht/(aantal balen) als het schip volgeladen is, zoals in de toekomst wordt beoogd. Hoofdstuk 6 sluit af met conclusies en aanbevelingen.

2 Voorbereiding pilot

2.1 Aanleiding

L'Ortye heeft in de voorbereiding van de pilot onderzocht wat de mogelijkheden zijn afval los gestort of in containers over het water te vervoeren. Uit dit interne onderzoek is gebleken dat los gestort afval of transport in containers minder geschikt zijn dan het transport van gebaald afval. De keuze is gevallen op het vervoer van balen afval, omdat naar verwachting de geuroverlast en het risico op broei (en dus brand) minder zal zijn. Bovendien is minder opslagcapaciteit bij AECs nodig, doordat de balen in het achterland worden opgeslagen. AECs houden voorraad aan als strategische buffer voor de brandstof toevoer (lees: afval) naar de verbrandingsovens. Gebaald afval is interessant omdat balen luchtdicht verpakt en lang bewaarbaar zijn. Tabel 1 vat de voor- en nadelen samen voor de verschijningsvorm van het afval.

Tabel 1: Interne beoordeling verschijningsvorm afval

Verschijningsvorm afval	Voordelen	Nadelen
Afval los gestort in schip	Goedkoopste variant (qua extra investeringen).	Hoog brandrisico en problemen met morsen, geuroverlast en verwaaiing. Er is een overkapte buffercapaciteit nodig en een overdekte hal bij de AEC om afval te kunnen ontvangen.
Afval in containers	Nauwelijks sprake van verwaaiing. Er is geen overkapte buffercapaciteit nodig.	AECs zijn er niet op ingericht om grote containers te kunnen kiepen, hoog brandrisico en bij open containers blijft geuroverlast een probleem. Investering in containers nodig en complex om containers geladen retour te laten komen. Duurste optie in vergelijking met balen of los gestort
Balen van afval	Geuroverlast is veel minder. Reductie van opslagcapaciteit. Interesse bij AECs omdat balen luchtdicht en bewaarbaar zijn en AECs zijn ingericht om balen te ontvangen.	Hogere overslagkosten, meestal vooral aantrekkelijk over grotere afstanden.

Bron: interne evaluatie L'Ortye

L'Ortye ziet kansen in het vervoer over water van gebaald gemengd stedelijk afval. Dit betekent dat het afval wordt "verpakt" in balen met een net gewikkeld in folie. Praktisch betekent dit dat het bedrijfsafval op de overslaglocatie in Maastricht dagelijks wordt gestort door de verschillende inzamelvoertuigen. In Maastricht wordt het bedrijfsafval vervolgens met een installatie dagelijks tot een luchtdichte baal verpakt. Deze werkwijze zal waarschijnlijk een aantal voordelen te hebben, zoals:

- Minimale milieuhinder (ongedierte en geur).
- Groter vervoersvolume per schip. Reststromen hebben een laag soortelijk gewicht en door het verballen kan een schip veel tonnen vervoeren. Dit is enerzijds kostenbesparend, maar kan ook effect hebben op de reductie op de CO₂ uitstoot in de logistieke keten.
- Schone opslag van het "gemengd stedelijk afval" als grondstof, opgespaard tot een scheepslading.
- Overslaglocaties in het achterland en AECs kunnen het afval opslaan voor tijden van weinig aanbod en veel vraag naar energie. Dit wordt steeds urgenter, in verband met de pieken en dalen in de productie van hernieuwbare energie. Gebaald afval fungeert dan als een energiebuffer. Daarnaast zijn er seizoen fluctuaties, die nu worden opgevangen door het afval tijdelijk los te storten op een aantal locaties waar dit (nog) is toegestaan.
- Schepen kunnen na een beladen vaart met afvalballen eenvoudig retourstromen meenemen, omdat het ruim schoon blijft en zo minder leegvaart kilometers maken. Hierdoor wordt CO₂ uitstoot gereduceerd.

In de praktijk wordt zowel bedrijfsafval, restafval als huishoudelijk afval vervoerd. Deze stromen lenen zich voor het vervoer over water. Het doel is Afval Samenwerking Limburg (ASL) te laten zien dat transport over water vanuit Limburg praktisch mogelijk en duurzaam is. Daarom heeft L'Ortye tijdens de proef het bestuur van ASL, de bestuurders van de provincie en de minister uitgenodigd om zelf te zien hoe afval wordt gebaald en in het schip wordt geladen. De totale doorlooptijd van de pilot bedroeg ca. 3 weken. Naast het uitvoeren van de pilot wordt ook een duurzaamheidsproef met de balen afval gehouden door balen een langere periode (circa een half jaar) op te slaan en de milieueffecten daarvan te analyseren en af te stemmen met de omgevingsdienst. De evaluatie van de duurzaamheidsproef valt buiten de evaluatie in dit rapport.

2.2 Potentieel voor modal shift

L'Ortye heeft in de voorbereiding van de pilot zowel horizontale en verticale samenwerking in de keten opgezocht. Hiervoor is gesproken met AECs en afvalinzamelaars, die aan dezelfde AECs leveren als L'Ortye. In eerste instantie is contact gelegd met AECs waar L'Ortye al afval aanlevert en daarnaast heeft zij collega's betrokken die bij deze zelfde AECs aanleveren om hiermee een snelle en efficiënte samenwerking te kunnen realiseren.

Aangezien dit bedrijfsafval grote gelijkenis vertoont met huishoudelijk restafval kunnen de uitkomsten van de pilot ook door Afval Samenwerking Limburg (ASL) gebruikt worden om het huishoudelijke restafval vanuit Limburg duurzamer te gaan vervoeren. ASL is een samenwerkingsverband van een groot aantal Limburgse gemeenten die momenteel jaarlijks 150.000 ton huishoudelijk restafval transporteren naar Drenthe om het daar te laten verwerken. Dit zou idealiter van de weg naar het water kunnen verschuiven. Aangezien het huishoudelijk afval van ASL niet geshredderd (verkleind) mag worden in verband met eventuele nascheiding bij de AECs, is bij de pilot vooraf gekozen om "gemengd stedelijk afval" niet te shredderen. Het afval wordt geperst in balen die vervolgens worden omwikkeld met een net en kunststoffolie.

Als de uitkomsten van de proef gunstig zijn, zou dit betekenen dat er een relatief laagdrempelige oplossing voor handen lijkt te zijn om afval op een duurzame manier via het water te kunnen gaan vervoeren. Dit kan leiden tot reductie van vrachtautobewegingen. In de voorbereidingen op de pilot is een inschatting van dit effect gemaakt. In een voorbeeldberekening is uitgegaan van het traject Zuid-Limburg naar Moerdijk, omdat toen nog niet vaststond dat in de pilot gebaald afval naar AVR in de Botlek zou worden vervoerd. De berekening liet zien dat waarschijnlijk veel voordeel valt te behalen, maar de pilot zal duidelijk moeten maken of het balen van afval een robuuste, efficiënte en duurzame manier van afvalvervoer is.

2.3 Planning

Vooraf aan de pilot zijn meerdere interne vergaderingen gehouden, waarin alle aspecten van de pilot zijn besproken, uiteenlopend van de timing tot aan de PR-aspecten van de pilot. In de planning zijn de volgende activiteiten opgenomen:

- A. Vergunningen traject: Het gaat om de aanvraag voor een milieu-neutrale verandering van de inrichting van het terrein, het opstellen van een veiligheid, gezondheid en milieuplan (VGM-Plan) en het inschatten van de benodigde vergunningsperiode en het aanmelden van de scheepvaartroute melden bij de Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT), hetgeen achteraf niet nodig was;
- B. Gereed maken terrein en afvoer aanwezige houtdepots. Dit betreft het shredderen, afvoeren van aanwezig hout en verscheping van houtsnippers naar verwerkers, zodat de kade en terrein beschikbaar zijn voor de pilotperiode;
- C. Aanpassing van de Inrichting van het terrein, zoals schoonmaak en aanvegen van het terrein met een veegauto, het inrichten van terrein met blokken, installeren van een schafteet incl. toilet;

- D. Aanvoer van het afval. Het gaat hier om het maken van afspraken over depotvorming, de aanvoer van afval. Verder moet duidelijk worden wie afval accepteert, wie afval inweegt etc.;
- E. Afvoer van balen. Voor het aanbieden van balen afval bij AVR zijn afspraken nodig;
- F. Balenpers inhuren: Definitieve opdracht verstreken, de aanvoer materieel en operationeel maken, balen maken en afvoermaterieel;
- G. Laden balen in schip met kraan: Definitieve opdracht verstrekken, de aanvoer kraan t.b.v. laden regelen, balen laden in schip en afvoer kraan t.b.v. laden;
- H. Schip: varen van balen met schip. Definitieve opdracht verstrekken, varen met schip naar AVR en balen lossen uit schip bij AVR;
- I. Huur Aggregaat 200 kVA voor mobiele balenpers: Definitieve opdracht verstrekken, plaatsen generator en afvoer generator;
- J. Meetapparatuur (temperatuur, CO₂, zuurstof, etc.): Definitieve opdracht verstrekken, materialen leveren, sensoren aanbrengen, monitoring en sensoren uit af te voeren balen verwijderen, en
- K. Brandstofvoorziening: Tank 2.000 liter.

De voorbereiding is september echt van start gegaan en de pilot (exclusief de duurproef) is rond 10 november afgerond. De totale tijd van de pilot bedraagt ongeveer 7 tot 8 weken.

In april 2022 is de interne analyse van de mogelijke pilot begonnen. Hier stond de vraag centraal: Hoe werkt dat balen maken en verschepen? Gedurende deze tijd zijn verschillende rapporten geraadpleegd over opslag van afval in balen. Uit Duitse studies is gebleken dat dit goed mogelijk is. Verder wordt in verschillende landen al op deze manier gewerkt. Analyse van filmpjes, rapporten en promotiemateriaal hebben geholpen de pilot vorm te geven en in eerste aanzet uit te werken, alvorens de aanvraag van een tijdelijke vergunning is gedaan.

2.4 Vergunningverlening

Het uitvoeren van de pilot kent een vergunningplicht, omdat de voorgenomen activiteiten afwijken van de huidige vergunde werkzaamheden op de locatie Klipperweg 8-10. De vergunning is nu van kracht voor Houtrecycling Limburg en op- en overslag van afval is een andere activiteit dan nu vergund. Daarom zijn in juni 2022 voorbereidingen gestart voor het aanvragen van een tijdelijke vergunning voor het uitvoeren van de pilot met gemengd stedelijk afval.

Het vergunningstraject is ingezet door Houtrecycling Limburg BV (onderdeel van L'Ortye Holding). In juli 2022 zijn de voorbereidingen en eerste contacten met het bevoegd gezag gelegd. De aanvraag voor de tijdelijk vergunning is door WSP begeleid. Op 6 oktober is de vergunning aangevraagd en 13 oktober is deze verleend.

2.5 VGM-plan

Voorafgaand aan de pilot is een VGM-plan opgesteld. Dit VGM-plan heeft als doel om voor de pilot specifiek project informatie beschikbaar te maken met betrekking tot onder andere:

- De risicovolle taken en bijbehorende maatregelen;
- De risico's die voortkomen uit omgevingsaspecten;
- Betrokkenen, verantwoordelijkheden en bevoegdheden binnen het project;
- De wijze waarop moet worden gehandeld bij calamiteiten.

Voor een VGM-plan is een inventarisatie van risicovolle taken, bijbehorende risico's en het beoordelen van risico's nodig.

Het VGM is opgesteld door Houtrecycling Limburg, onderdeel van het L'Ortye Transportbedrijf. Laatstgenoemde heeft een integraal managementsysteem waarbij aandacht geschonken wordt aan de Kwaliteit van het proces, goede Arbeidsomstandigheden alsmede het Milieu (KAM). Dit VGM-plan biedt aanvullende informatie op de activiteiten van toepassing zijnde vigerende Arbeidsomstandigheden-wetgeving. Het doel van het VGM-plan is:

- Het kenbaar maken van de VGM-doelstellingen.
- Het zichtbaar maken van de VGM-organisatiestructuur.
- Het benoemen van functionarissen.
- Het omschrijven van specifieke VGM-risico's en de hiervoor noodzakelijke beheersmaatregelen.

Het VGM-plan is bij aanvang en tijdens de uitvoering van de activiteiten het formele document waarin afspraken zijn vastgelegd over de uitvoering van deze activiteiten, kijkende vanuit veiligheidskundige en arbeid hygiënische uitgangspunten. Het VGM-plan was voor alle betrokken partijen als bijlage van het VGM-plan toegankelijk en op de locatie ter inzage aanwezig.

In het proces van het opstellen van het VGM-plan is een taak-risico analyse uitgevoerd, welke apart is gerapporteerd. Verder zijn toolbox meetings gehouden met de betrokken werknemers en uitvoerders.

3 De Pilot

3.1 Inleiding

Dit hoofdstuk beschrijft de uitvoering van de pilot in de periode van 17 oktober (start) tot en met 7 november (eind). Per fase in het proces volgt een beschrijving van de werkzaamheden en verzamelde informatie. Deze informatie dient als input voor de evaluatie van het logistieke proces (hoofdstuk 4) en de duurzaamheidsaspecten (hoofdstuk 5).

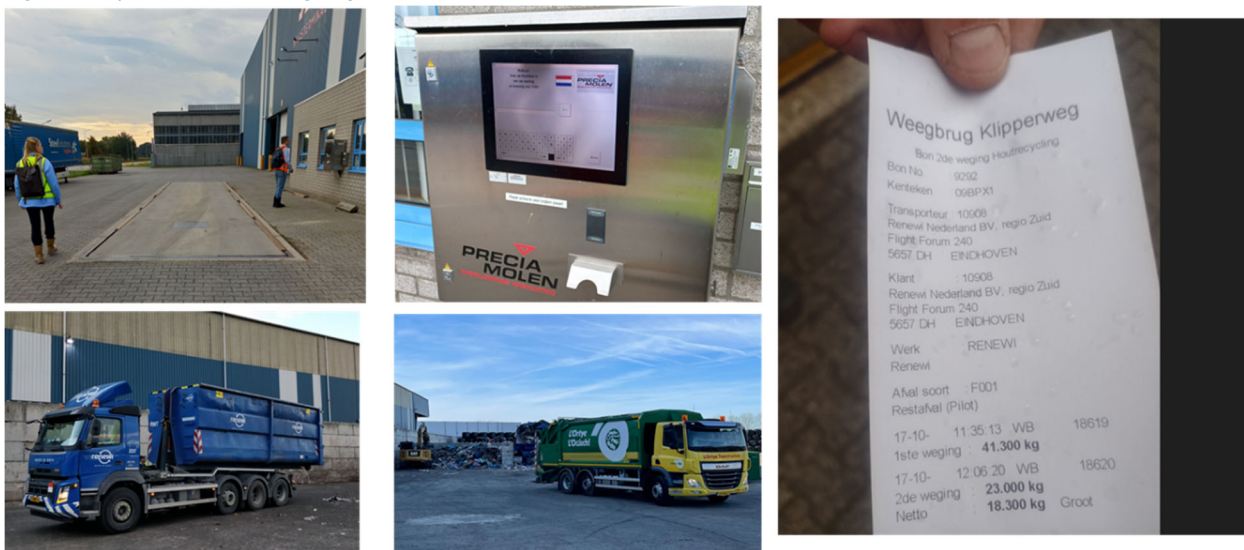
In de pilot is bedrijfsafval op locatie Klipperweg dagelijks tot een luchtdichte baal verpakt, opgeslagen en eenmalig verscheept over water naar AVR. Dit proces is nieuw voor L'Ortye en de afvalverwerkende sector. Inzicht in de cyclustijden is essentieel voor het ontwikkelen van de business case. Om deze informatie te krijgen is 11 dagen lang het baalproces gevolgd en zijn meetgegevens opgenomen. Royal HaskoningDHV ontwikkelde hiervoor een registratieformulier (zie startoverleg) en heeft uitleg gegeven over wat en hoe moet worden gemeten.

3.2 Inname en verballen

Inname. Het eerste proces in de pilot bestaat uit het innemen van gemengd stedelijk restafval op de locatie Klipperweg. Vrachtauto's komen aan en rijden naar de weegbrug vlak voor het terrein om gewogen te worden. Daarna rijden de trucks het terrein op naar gemarkeerde vakken waar het afval wordt gestort en grote afvalstukken die niet voldoen aan de acceptatievoorwaarden worden uit gesorteerd. Dit afval wordt vervolgens met een verreiker en mobiele grijperkraan aangeschoven, opgetast, gelicht en in de trechter (voeding) gestort van de verbaalmachine. Na het lossen van de vrachtauto rijdt deze terug naar de weegbrug om opnieuw te worden gewogen. Het verschil tussen de eerste weging (aankomst) en de laatste weging (vertrek) is het gewicht van de (netto) verwerkte lading. De weegbrug is verbonden met de administratieve systemen van L'Ortye en worden automatisch geregistreerd.

Figuur 1 geeft een indruk van de aankomst van de vrachtauto's, de weegbrug, de aanmeldkast/automaat, het type vrachtauto's en de bon met daarop de weeggegevens

Figuur 1: Impressie van de weegbrug en vrachtauto's



Het afval is aangevoerd in 4 verschillende typen vrachtwagens: een kraakpersauto, een haakarm container auto (1 container), een haakarm container combinatie (twee containers, waarvan één op een aanhanger) of een vrachtwagen met walking-floor. Het afval is afkomstig uit Limburg en is afkomstig van RENEWI en L'Ortye. In Tabel 2 is een overzicht opgenomen van het aantal vrachtauto's gelost met afval tijdens de pilot.

Tabel 2: Aantal vrachtauto's gelost met afval

Datum	Type vrachtwagen	Aantal balen	Tonnen
17-10-2022	Totaal	126	102,6
	- Container combi		81,4
	- Walking floor		21,2
18-10-2022	Totaal	242	197,7
	- Container combi		129,3
	- Walking floor		59,1
	- Onbekend		9,3
19-10-2022	Totaal	219	166,2
	- Container combi		132,7
	- Walking floor		23,5
	- Onbekend		10,0
20-10-2022	Totaal	273	190,2
	- Container combi		89,8
	- Walking floor		95,1
	- Kraakpersauto		5,2
21-10-2022	Totaal	100	93,6
	- Container combi		47,1
	- Walking floor		46,5
24-10-2022	Totaal	220	161,3
	- Container combi		109,2
	- Walking floor		52,2
25-10-2022	Totaal	248	179,4
	- Container combi		100,4
	- Walking floor		79,0
26-10-2022	Totaal	194	135,5
	- Container combi		87,2
	- Walking floor		44,2
	- Kraakpersauto		4,0
27-10-2022	Totaal	97	68,9
	- Container combi		24,6
	- Walking floor		44,3
Totaal pilot	Totaal	1.719	1.295,3
	- Container combi		801,6
	- Walking floor		465,1
	- Kraakpersauto		9,3
	- Onbekend		19,3

In totaal is 1.295 ton afval aangevoerd, waarvan 801,6 ton in een vrachtauto aanhanger combinatie, 465,1 ton in een vrachtauto met een walking-floor en 9,3 ton in een kraakpersauto. Van 19,3 ton is niet vrachtautotype niet bekend.

Cyclustijden inname. De cyclustijden van de verschillende typen vrachtauto's zijn gemeten op verschillende momenten van de dag over een periode van 11 dagen. De metingen zijn uitgevoerd door stagiaires van L'Ortye, onder toezicht van L'Ortye. Royal HaskoningDHV heeft hiervoor een formulier ontwikkeld, waarop de cyclustijden snel zijn te registeren. De verzamelde informatie over de cyclustijden is weergegeven in Figuur 2

Figuur 2: Cyclustijden inname, aanrijtiden weegbrug naar verbaalmachine



Stortvak. Het stortvak is een U-vormig compartiment bestaande uit stapelbare betonblokken. De buitenmuur is 4 meter hoog. De binnen afmeting van de achterwand is 8,8 meter breed en 2,4 meter hoog. De zijwand is 11,2 meter lang en eveneens 2,4 meter hoog. Het vak was niet voorzien van een overkapping.

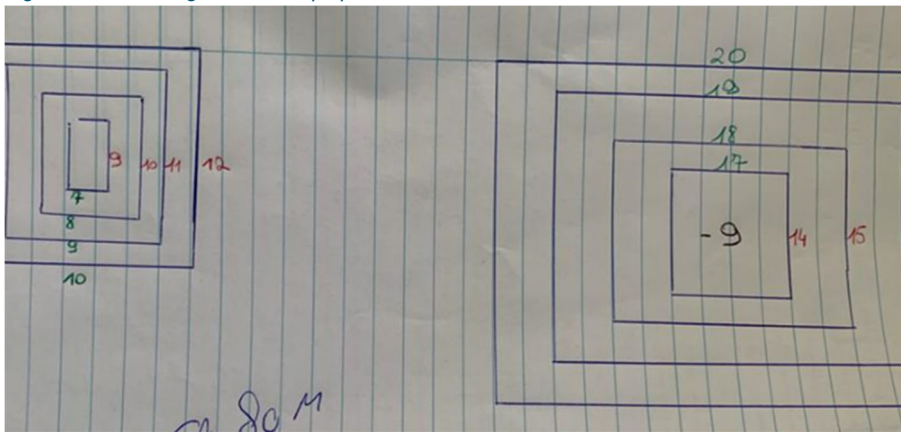
In het stortvak opereerden twee machines:

- 1) Een mobiele kraan met sorteergrijper met als functie om afval buiten de specificatie (zoals over gedimensioneerd) uit te sorteren. Het uit gesorteerde materiaal werd verzameld in een open-top container. De machiniste op de mobiele kraan was tevens de acceptant.
- 2) Een verreiker met een grijper om de baalmachine te voeden en om het gestorte afval op te tasten. De verreiker werd ook gebruikt om gemorst afval te verzamelen en op te ruimen.

Verbalen. De tweede stap in het proces bestaat uit het verbalen van gemengd stedelijk restafval op het terrein. Nadat de trucks afval in de daarvoor bestemde vak hebben gestort, wordt het afval in de voedingstrechtter gestort van de verbaalmachine. Daarna maakt de verbaalmachine balen van het afval, voorzien van een net en daaromheen gewikkeld folie. Aan het einde van de lijn van de verbaalmachine is een kleine opslagbuffer voor geproduceerde luchtdicht verpakte balen. Deze balen worden vervolgens met een verreiker met balenklem in een tijdelijk depot gereden. In totaal zijn tijdens de pilot 1.719 balen geproduceerd. Een klein deel daarvan (200 balen) wordt apart gezet voor een duurzaamheidstest en blijft buiten beschouwing. Voor de opslag van de balen die voor de AVR bestemd zijn, zijn twee depots gemaakt: Eén groot en één klein depot. Een derde depot was voor de opslag van de balen voor de duurzaamheidstest. Het grote depot had een omvang van 24,0 meter x 20,4 meter.

In totaal zijn daar 1.152 balen opgeslagen in een stapel van vier balen hoog. Het kleine depot had een omvang van 14,4 meter x 12,0 meter met in totaal 362 balen, vierhoog gestapeld. Tijdens de pilot is overwogen ook vijfhoog te stapelen maar uiteindelijk is daar vanwege het bereik van de verreiker vanaf gezien. Figuur 3 laat de handmatige schets zien voor het kleine en grote depot, die vooraf is berekend aan de hand van programmatuur van de fabrikant³.

Figuur 3: Handmatige schets stapelplan



De balenopslag bestond uit drie delen:

1. Groot depot - horizontaal versprongen gestapeld

Tabel 3: Ordening van het grote depot

	Lengte	Breedte	Balen per laag
1 ^e laag	20 balen, (24 meter)	17 balen (20,4 meter)	340 balen
2 ^e laag	19 balen	16 balen	304 balen
3 ^e laag	18 balen	15 balen	270 balen
4 ^e laag	17 balen	14 balen	238 balen
Totaal			1.152 balen

³ Link: <https://www.flexus.se/en/scalable-solution>

2. Klein depot - verticaal versprongen gestapeld

Tabel 4: Ordening van het kleine depot

	Lengte	Breedte	Balen per laag
1 ^e laag	12 balen (14,4 meter)	10 balen (12,0 meter)	120 balen
2 ^e laag	11 balen	9 balen	99 balen
3 ^e laag	10 balen	8 balen	80 balen
4 ^e laag	9 balen	7 balen	63 balen
Totaal			362 balen

3. Depot - verticaal recht gestapeld t.b.v. duurzaamheidsproef

Tabel 5: Ordening van het duurzaamheidsdepot

	Lengte	Breedte	Balen per laag
1 ^e laag	20 balen (24,0 meter)	5 balen (6,0 meter)	100 balen
2 ^e laag	20 balen	5 balen	100 balen
Totaal			200 balen

Tijdens de pilot zijn meerdere stapelmethodes uitgetoetst:

- Horizontaal met een kleine tussenruimte voor de grijper of balenklem;
- Horizontaal zonder tussenruimte voor de grijper of balenklem, en
- Verticaal (staand).

Iedere volgende stapel laag is half versprongen voor stabiliteit van de stapel. Er is tijdens de pilot tot vier hoog gestapeld. In totaal zijn 1.714 balen gestapeld van de 1.719 geproduceerde balen. Figuur 4 geeft een indruk van de opstelling van de machine, het aggregaat (verbaalmachine is elektrisch, voor de proef is een aggregaat gebruikt) en de verschillende delen van de verbaallijn en folies.

Figuur 4: Verbaalmachine en opstelling







3.3 Opslag en laden

De derde stap in het proces bestaat uit het uitnemen van balen uit het depot en overslaan naar het binnenvaartschip. Een verreiker met balenklem en een wiellader met een gekromde klem nemen ieder één baal per keer uit het depot en transporteren deze naar de kade. De balen worden horizontaal in elkaar verlengde neergelegd. De balen worden per twee door een hydraulische mobiele havenkraan met een platte klem van de kade opgepakt (balen horizontaal georiënteerd en geklemd tussen de kopse kanten) en in het schip geladen. Dit doet de kraan zowel met balen die door de verreiker en de wiellader op de kade zijn geplaatst als ook door middel van directe overslag uit het grote depot. Uit het grote depot worden de balen ook per twee in één kraancyclus naar het schip overgeslagen.

Figuur 5 geeft een indruk van het rijden van de balen naar depot, de opbouw van het depot, het rijden van depot naar de kade en het laden van het schip. De verreikers en de kraan zijn door dienstverleners ingezet, onder de regie van opdrachtgever L'Ortye. In het depot zijn temperatuursensoren in een aantal balen aangebracht in verband met de monitoring van de temperatuurontwikkeling. Deze balen zijn zowel naar AVR vervoerd als in opslag genomen voor een duurzaamheidstest. De temperatuurmonitoring en duurzaamheidstest zijn onder andere bedoeld om met diverse sensoren temperatuur, CO₂, zuurstofgehalte en methaan in een baal bedrijfsafval te meten. Tijdens de pilot is een aantal combinaties van sensoren getest met als doel:

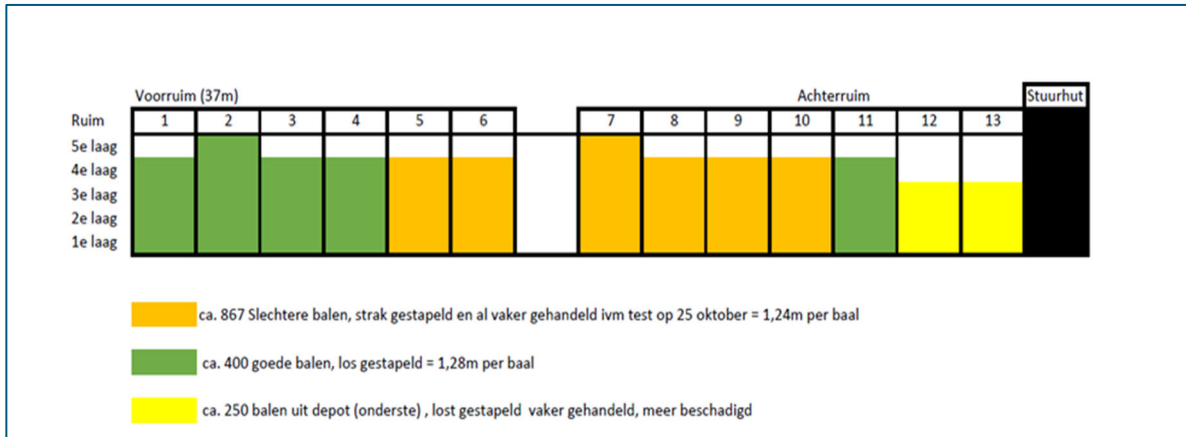
- de beste combinatie van sensoren samen te stellen voor een broeidetectie bij een mogelijk permanente verdichtings- en verbaalactiviteit;
- tijdens de pilot temperatuur, CO₂, zuurstofgehalte en methaan te meten en deze online beschikbaar te stellen aan L'Ortye, RUD-Zuid Limburg en Veiligheidsregio

Figuur 5: Rijden naar het depot, opbouw opslag en laden schip



Laadplan schip. Vooraf aan de afvaart is een laadplan opgesteld. Hierbij is gebruik gemaakt van ervaringen van het overslaan op een duwbak op de demonstratie-dag halverwege de pilot. In Figuur 6 is een schets van het laadplan aangegeven. Balen die al eerder waren gehandeld tijdens de testfase met de duwbak, waarin is nagegaan hoe het schip kon worden geladen (met name hoe te stapelen in het ruim), zijn in de midden secties van het ruim geladen; goede balen in het voorruim en iets beschadigde balen in het achterruim. Het schip was niet vol beladen.

Figuur 6: Laadplan schip



3.4 De vaart

Het schip dat is ingezet in de pilot is de Wiljaco F. Het is gebouwd in 2009 en in 2021 helemaal gereviseerd en voorzien van een nieuwe motor. Het schip heeft de volgende afmetingen: lengte: 110 meter; breedte: 11,45 meter, 3,65m diep. Het laadvermogen bedraagt 3.236 ton of 3.600 m3 ruiminhoud. Het schip vaart meestal op de Rijn tussen NL en Duitsland met bouwmaterialen. Het schip is weergegeven in Figuur 7.

Figuur 7: Groot Rijnschip: Wiljaco F



Het schip beschikt over een CCR 2 motor van 1 jaar oud. De motor is voorbereid op ombouw naar Stage V. Het motortype is CAT- 3512 en de boegschroef van het type CAT-C18. De scheepsmotor wordt weergegeven in Figuur 8.

Figuur 8: Motor Wiljaco-F



Op 4 november is het schip afgevoerd naar de Sint-Laurens haven (AVR) in de Botlekaven in Rotterdam, waar het op 7 november is aangekomen. Het schip is via de Maas, het Maas-Waalkanaal en de Waal gevaren. Onderweg heeft het schip overnacht in Sambeek en later in Rotterdam langs het Noordeiland de auto afgezet. Bij aankomst bij de AVR is het schip afgemeerd en gelost.

In is een impressie van de vaart weergegeven in Figuur 9.

Figuur 9: De vaart



De schipper heeft een beknopt reisverslag gemaakt dat is weergegeven in Figuur 10.

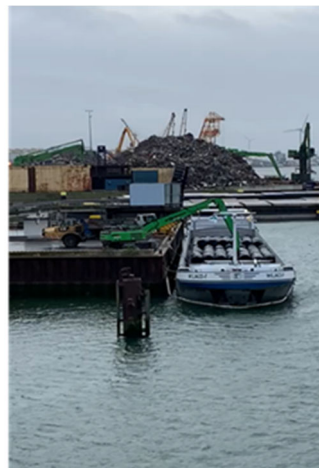
Figuur 10: Reisverslag schipper



3.5 Lossen

Op 7 november is het schip aangekomen en afgemeerd aan de kade bij AVR aan de Sint-Laurens haven in de Botlek. Een mobiel kraan heeft de balen uit het schip gelost en in een dump truck geladen. De dump truck is vervolgens naar het losplatform van de oven gereden om de balen te lossen. Figuur 11 geeft een indruk van het lossen van het schip

Figuur 11: Lossen bij AVR



3.6 Energieverbruik landzijdige materieel

In de pilot is gebruik gemaakt van een mobiele balenpers, die is voorzien van elektriciteit via een generator, twee diesel aangedreven verreikers en een kleine sorteerkraan (midgraver om sporadisch grove stukken uit te sorteren). Aan de kade is een diesel aangedreven kraan gebruikt om balen te laden. Het totale brandstofverbruik van de balenpers, de twee verreikers en de kleine midgraver met sortergrijper bedraagt

1.650 liter. Dit is gebleken uit het aftanken van het materieel. De machines zijn gehuurd en allemaal afgeleverd met een volle brandstoftank.

De 1.650 liter is de totale hoeveelheid brandstof nodig om de balen te produceren en in depot te zetten. Het verbruik van de verreikers bij het laden van het schip was 6,74 liter per uur (opgave van de fabrikant) en die van de kraan 12,47 liter per uur. De verreikers en kraan zijn 11,8 uur ingezet.

De verbaalmachine zelf heeft een geïnstalleerd vermogen van 55 kW. Het energieverbruik tijdens de pilot wordt geschat op 40 tot 50 kWh per uur. Deze was aangesloten op een dieselgenerator (cap. 200 kVA).

4 Evaluatie logistieke concept

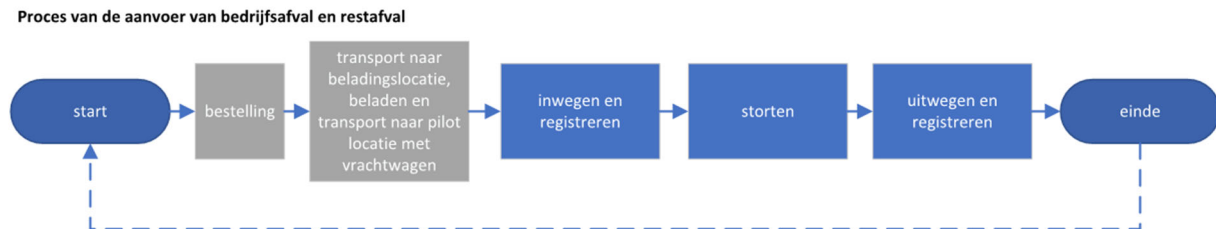
4.1 Inleiding

De evaluatie van het logistieke proces, zoals inwegen, (ver)balen, interne opslag, overslag, het varen en het lossen komen in dit hoofdstuk aan de orde. Op basis van de verzamelde gegevens tijdens de pilot en best practices in de industrie is een evaluatie van het logistieke proces uitgevoerd. Hiervoor worden de verschillende stappen uit het proces gevolgd van inname tot aan het storten van afval op de aanvoerlijn bij de AEC.

4.2 Inname

Het proces van de aanvoer en inname van het stedelijk gemengd afval (bedrijfsafval en restafval) is weergegeven in Figuur 12.

Figuur 12: Aanvoer



Aanvoer van afval. De aanvoer van afval heeft plaatsgevonden in vier verschillende type vrachtauto (combinaties), namelijk een haakarm container auto met 1 container, een haakarm container combinatie met 2 containers, een kraakpersauto en een walking-floor auto. De vrachtwagens kwamen goed gespreid over de dag aan. Dit werd deels veroorzaakt door het heen en weer rijden met dezelfde auto's en het was een vereiste om de hoeveelheid opgeslagen losgestort afval binnen de vergunde hoeveelheid te houden. In totaal zijn 77 ritten uitgevoerd, als volgt onderverdeeld in Tabel 6.

Tabel 6: Aantal ritten naar type vrachtauto en vervoerd gewicht

	Aantal ritten	Gemiddelde verblijftijd op pilot locatie (mm:ss)	Gemiddelde aanvoer (ton)
Container auto (solo)	22	9:24	5.30
Container combinatie	33	37:19	20.76
Kraakpersauto	2	7:35	4.63
Walking floor auto	20	22:44	23.26

De **haakarm container auto** zonder aanhanger is minder efficiënt in termen van transport dan de container combinatie. Er wordt immers maar de helft van de lading per rit getransporteerd. De verblijftijd op de loslocatie is echter wel significant korter (ordegrootte 9 minuten versus 37 minuten) op de loslocatie. Afhankelijk van het laadproces (opladen van geladen containers) kan dit ook voor de laadlocatie gelden. Het is voor te stellen dat bij het pendelen tussen twee locaties over relatief korte afstanden dit efficiënter is dan de container combinatie.

De **haakarm container combinatie** is een efficiëntere manier van transport van het afval. Per rit wordt meer dan 20 ton afval aangevoerd. Aangezien de containers afneembaar zijn kan het laden van de container ontkoppeld worden van de ritten van de vrachtauto. De container kan geladen klaargezet worden om op te

laden en te transporteren (met een permanente baalinstallatie voer je alles op de korte afstand direct aan zonder aanhanger. Dat is het voordeel van het baalproces).

De container combinaties hebben relatief veel tijd op de pilotlocatie nodig om te lossen. Dit heeft niet zo zeer te maken met de configuratie van de pilot, maar is inherent aan het concept. Er zijn vele handelingen nodig om beide containers gelost te krijgen: Afkoppelen van de aanhanger. Verwijderen van het net. Lossen (kiepen) van de eerste container. Afzetten van de container op de grond. Positioneren achter de aanhanger voor het overzetten van de container van aanhanger naar truck. Verwijderen van het net. Lossen van de tweede container. Positioneren achter de aanhanger. Terug overzetten van de container op de aanhanger. Vastzetten van de container. Positioneren en oppakken van de eerste container. Vastzetten van de container. Positioneren en aankoppelen van de aanhanger.

De handelingen vragen ook de nodige manoeuvreerruimte van de vrachtwagen. De vrachtwagen moet tijdens het proces de aanhanger van zowel de voorkant als de achterkant benaderen en moet hiervoor omrijden. Het geheel van al deze handelingen (zoals omrijden, achteruitrijden, rond de vrachtwagen lopen) zorgen voor een verhoogd veiligheidsrisicoprofiel.

De **kraakpersauto** is primair bedoeld voor het inzamelen van het afval en transporteren naar een nabij gelegen afvalverzamelstation. Indien de afstanden kort zijn naar de binnenvaartoverslaglocatie is het efficiënt om de kraakpersauto direct daar te laten lossen. Naar mate de afstanden groter worden, zou het efficiënter kunnen zijn om de kraakpersauto's te laten lossen bij een lokaal afvalverzamelstation. De lading wordt daar overgeslagen naar een efficiëntere transportmode voor transport naar de binnenvaartoverslaglocatie. De kraakpersauto heeft de kortste verblijftijd op de loslocatie.

De **walking-floorauto** is een efficiënte manier van transporteren. In deze pilot is de hoogste lading per rit gerealiseerd. De auto is zelflossend zonder te kiepen. Het mechanisme van de walking floor werkt de lading naar buiten geholpen door een meeloopschot. Het lossen gaat wel langzamer dan het kiepen van een container. Dit ook terug te zien in de verblijftijd op de pilot locatie: orde grootte 25 minuten. Van de verblijftijd op de locatie wordt een groot deel gependend in het losvak, terwijl een container combinatie ook een aanzienlijke verblijftijd buiten het losvak heeft. Een ander nadeel van de walking-floor auto ten opzichte van het containertransport is dat de laadeenheid en vrachtauto één geheel vormen. Hierdoor kan een lading niet klaargezet worden, tenzij trailers worden doorgewisseld maar dat komt niet vaak voor.

De container auto (1x), de kraakpersauto en de walking-floorauto voeren op de locatie afgezien van verschillen in draaicirkels vergelijkbare manoeuvres uit.

In- en uitwegen. Het in- en uitwegen gebeurde efficiënt. Hiervoor werd gebruik gemaakt van een bestaande samenwerkingsovereenkomst voor het gebruik van een vast opgestelde weeginstallatie van het aangrenzende perceel (Klipperweg 10A). De weeginstallatie is elektronisch verbonden met de systemen van L'Ortye en voorzien van kentekenplaatherkenning. Registratie gebeurde automatisch.

Stortvak. Met de megablokken is op een efficiënte wijze een stortvak gecreëerd. In het stortvak opereerde gelijktijdig twee machines de mobiele kraan met sorteergrijper en de verreicher om het materiaal op te tasten en in te voeren in de baalmachine. Dit zou verder geoptimaliseerd kunnen worden naar één werktuig voor beide functies.

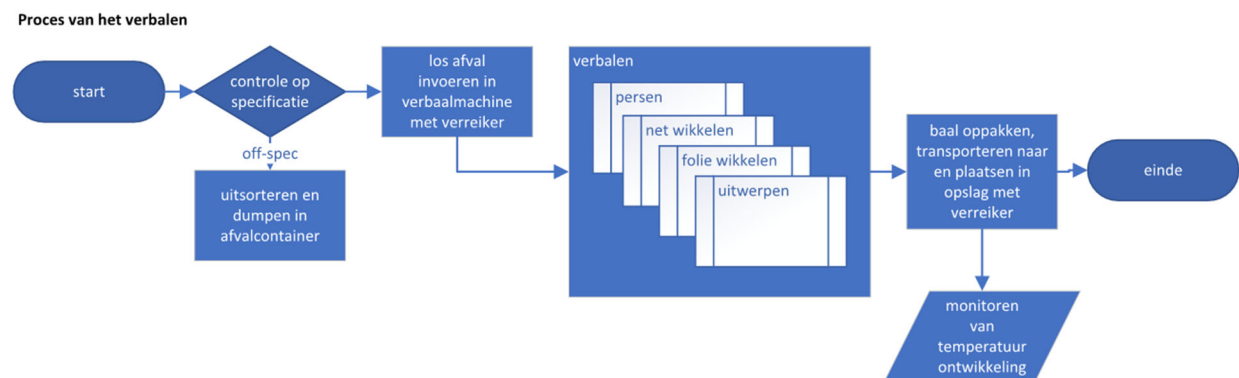
Invloed van weersomstandigheden op het losgestorte afval. Het verwaaien van het afval werd zoveel mogelijk voorkomen door de positie- en oriëntatiekeuze van het stortvak ten opzichte van de heersende windrichting, verder werd de hoeveelheid materiaal in het vak beperkt gehouden door het zo snel mogelijk en ieder geval dezelfde dag te verbalen en regelmatig op te schonen. Tijdens inspecties van Royal

HaskoningDHV is geen verwaaid materiaal aangetroffen over het terrein. Het ontbreken van een overkapping betekent dat het stortvak niet beschermd was tegen vochtindringing als gevolg van neerslag. Tijdens onze inspecties hebben we lichte neerslag meegemaakt. Dit kan invloed hebben op de ontwikkeling van broei in het verbaalde afval. Aangezien het afval snel werd verbaald (ongeveer 1.5 uur) is het niet heel lang blootgesteld aan de regen. Voor een definitieve opstelling wordt het aanbevolen om de stortvakken te beschermen tegen wind en neerslag. Dit is een mogelijk groot voordeel van balen maken en opslaan in Maastricht. Bij de AEC's wordt nu afval gebaald dat vaak weken buiten in weer en wind heeft gestaan.

4.3 Proces van het balen

Het proces van de aanvoer en inname van het stedelijk gemengd afval (bedrijfsafval en restafval) is weergegeven in Figuur 13

Figuur 13: Proces balen



In de voorbereiding heeft L'Ortye een zorgvuldig selectieproces van een baalmachine doorlopen. De machine heeft goed gefunctioneerd. Er zijn enkele incidenten geweest met vastlopers. Hieruit komt naar voren dat voorsorteren van afval noodzakelijk is.

Het aantal lagen folie moet voldoende bescherming geven dat de balen tijdens het verdere proces niet meer dan 15% beschadigd oppervlak oplopen. De folieconsumptie kan mogelijk nog geoptimaliseerd worden. Bijvoorbeeld in de agrarische sector kan het foliegebruik tot de helft minder zijn. Het optimum zal in de praktijk gezocht moeten worden.

Tijdens de demonstratie-dag op dinsdag 25 oktober was een duwbak aanwezig om het laden en lossen van een binnenvaartschip aan de genodigden te demonstreren. Tijdens de demonstratie is een aantal balen meerdere keren in het schip geladen en weer terug in de opslag geplaatst. Naarmate de balen vaker overgeslagen werden nam de hoeveelheid beschadigingen zichtbaar toe. Deze situatie wordt echter als niet representatief beschouwd. In een eindsituatie zal een baal zo min mogelijk handelingen ondergaan.

Het proces werd door 2 man bedient. Eén persoon in de verreiker die de machine voedde met afval en daarnaast ook gemorst materiaal rond de machine weghaalde. Een tweede persoon op een verreiker die was uitgerust met een balenklem om de balen af te voeren van de machine naar de opslag. De personen oogden zeer ervaren en hadden het proces goed onder controle. De operators waren erg responsief bij verstoringen en extra handelingen zoals het verwisselen van folierollen. De baalmachine zelf was de beperkende factor in termen van capaciteit. Aanvoer en afvoer konden de machine goed bijhouden.

Er is in totaal 1.295 ton afval gebruikt om 1.719 balen te produceren die in depot zijn opgeslagen, dit resulteert in een gemiddeld gewicht per baal van 753 kg per baal. Het gewicht per baal lijkt niet heel constant

te zijn. Er is ook 4 maal een batch van 8 balen gewogen. Laagst gemeten gemiddeld gewicht over 8 balen was 710 kg. Hoogst gemeten gewicht 838 kg.

De grootte van de balen is een inherente eigenschap van de baalmachine en kan niet gewijzigd worden. De afmeting van een baal bedragen ongeveer (hoogte x diameter): 1,20 meter x 1,20 meter. Als de baal wordt beschouwd als een perfecte cilinder dan is het volume van een baal 1,4 kubieke meter. In werkelijkheid zal een baal wat uitbuiken, zeker als deze verticaal belast wordt in een opslagstapel.

De dichtheid van een enkele baal met een gemiddeld gewicht in de pilot is berekend op 535 kg per m³. De bulk opslagdichtheid van een partij balen zal lager zijn door de loze ruimte tussen de individuele balen.

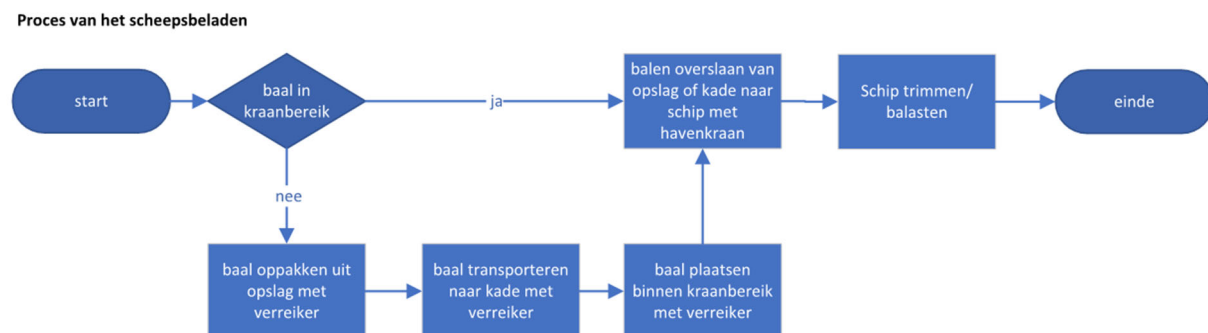
In de proef werd één verreiker met balenklem gebruikt om de balen van de baalmachine naar het depot te rijden en in het depot te plaatsen. De capaciteit bleek ruim voldoende. De operator had ruim voldoende tijd om naast het afvoeren van de balen ook andere taken uit te voeren zoals folie wisselen en stringen en kleine verstoringen in de baalmachine te verhelpen.

Tijdens de pilot hebben alle machines op diesel gedraaid. De baalmachine werkt zelf op stroom met een geschat stroomgebruik van zo'n 40 tot 50 kWh / uur (opgave fabrikant: 40 kWh / draaiuur), maar omdat er geen netaansluiting voor de proef voorhanden was is de baalmachine gevoed door middel van een dieselaggregaat. De twee verreikers en de kleine sorteerkraan waren ook allen diesel-aangedreven. Op het moment is er met het oog op de energietransitie een elektrificatieslag gaande. De vraag naar elektrische mobiele werktuigen zal alleen maar toenemen, verder aangewakkerd door de CO₂ en stikstofproblematiek. Fabrikanten van mobiele werktuigen spelen hierop in door elektrische varianten van het aanbod te ontwikkelen en op de markt te zetten. Ook van zwaardere werktuigen zoals bijvoorbeeld reach stackers zien we elektrische varianten op de markt verschijnen die een volledige shift op een batterij kunnen draaien. Het is daarom niet ondenkbaar dat binnen afzienbare tijd de gehele operatie van het verballen emissieloos kan worden uitgevoerd.

4.4 Opslag en laden

In Figuur 14 wordt het proces van het laden van het schip weergegeven.

Figuur 14: Proces schipladen



In de depots werd tot 4 hoog gestapeld. Er zijn geen zichtbare indrukkingen van de balen zichtbaar. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat de zwaarst belaste balen altijd midden onderin stapel zitten en onder belasting niet zichtbaar zijn vanaf de rand van de stapel. Elders in de wereld wordt veel hoger gestapeld: 8 hoog stapelen is geen uitzondering.

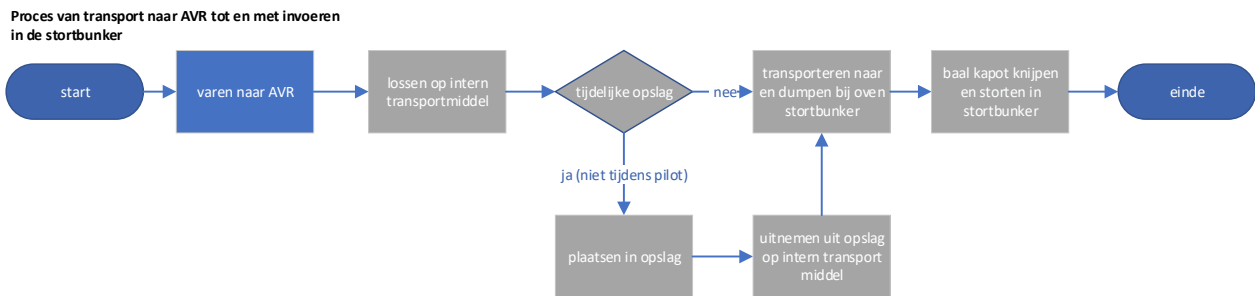
De voertuigen voor het transport van depot naar kade hadden voldoende manoeuvreerruimte en de chauffeurs waren goed op elkaar ingespeeld om elkaar niet te hinderen. De wiellader was uitgerust met een niet optimale, maar wel gekromde klem, waardoor de balen werden geklemd tussen de punten van de klem.

De mobiele havenkraan, de verreiker en de wiellader waren allemaal diesel-aangedreven. In een eindsituatie is er potentie om de overslag met een elektrische overslagkraan uit te voeren om emissies te voorkomen. Zoals hierboven genoemd zijn ook fabrikanten van mobiele werktuigen druk aan het ontwikkelen om hun aanbod te elektrificeren. Het is niet ondenkbaar dat dit op niet afzienbare tijd beschikbaar op de markt is.

4.5 Varen en lossen

In Figuur 15 wordt het proces van het varen en lossen van de lading weergegeven.

Figuur 15: Proces varen en lossen



Het schip dat voor deze test is ingezet is een CEMT klasse- Va schip (Groot Rijnschip) met een grote capaciteit. Op basis van de verwachte vervoervolume, indien de pilot definitief wordt geïmplementeerd, wordt minimaal 1.500 ton per week vervoerd. Nader onderzoek naar het exacte verwachte vervoervolume en inzet mogelijkheden van een zo zuinig mogelijk schip wordt aanbevolen. De motor van het ingezette schip in de pilot was een CCR2 genormeerde motor. Het verdient sterke aanbeveling een Stage V genormeerde motor aan boord te hebben. Een Stage V motor kan uitgerust met roetfilters duurzamer vervoeren, want deze stoot minder CO₂, NO_x en PM₁₀ (fijnstof) uit dan een CCR2 motor. Hier wordt in het volgende hoofdstuk verder aandacht aan besteed en doorkijk naar de toekomst geschetst.

De vaart is goed en veilig verlopen. Het schip was op vrijdagochtend 4 november volledig geladen en klaar voor de afvaart, maar pas in de middag vertrokken. De vaartijd was vooraf ingeschat op 22 uur op basis van de Blue Road Map en die stemt goed overeen met de werkelijke reistijd.

Het lossen bij de AVR verliep goed. Tijdens de test zijn alle balen naar het losplatform gegaan. In de toekomst zal dit niet altijd gebeuren, want een groot deel van de balen zal dan in opslag kunnen gaan. In welke mate dat kan is nu niet duidelijk en hangt af van de afspraken tussen de verwerker (AEC) en de inzamelaar, de houdbaarheid (duurzaamheidsproef loopt nog) en de snelheid waarmee afval dient te worden verwerkt. Mogelijk zal L'Ortye de rol van deponhouder op zich gaan nemen.

5 Evaluatie duurzaamheidsaspecten

5.1 Inleiding

Dit hoofdstuk gaat in op de duurzaamheidsaspecten (klimaat en luchtkwaliteit) van de pilot. Het beschrijft de gehanteerde methodieken en uitgangspunten, de emissies van de pilot en conclusies en aanbevelingen om de reducties van emissies verder te optimaliseren.

In deze pilot worden balen afval per schip vervoerd vanaf het haventerrein van L'Ortye in Maastricht (Klipperweg 8-10) naar de AVR-afvalverwerking terminal in de Botlek (Professor Gerbrandyweg 10, Rotterdam). Normaliter vindt het vervoer per as plaats. De pilot moet duidelijk maken of vervoer over water praktisch mogelijk is, past binnen de randvoorwaarden voor milieu, bijdraagt aan een beter klimaat (CO₂-reductie).

In opdracht van L'Ortye zijn ook de effectberekeningen uitgevoerd van de emissies CO₂ vanuit het oogpunt van het klimaat. De emissies van de testvaart zijn vergeleken met de emissies van het vervoer per as, om aan te tonen of in deze pilot het vervoer over water duurzamer is dan het wegvervoer of niet. Verder wordt een doorkijk gegeven van de CO₂ emissie wanneer het schip vol is geladen en de verbalingslijn en materieel zijn geëlektrificeerd

5.2 Uitgangspunten en methodiek

Vervoer per as wordt normaliter uitgevoerd door een container combiwagen of een truck met een walking floor. In de praktijk zijn er weinig verschillen tussen deze drie opties op het gebied van duurzaamheid. Bij de berekeningen is een walking floor oplegger van 90 m³ aangehouden. Het betreft een nieuwe vrachtwagen die eigendom is van L'Ortye en in de toekomstige opzet vaak zal worden gebruikt. De vrachtwagen voldoet aan de emissie-eisen voor Euro VI (inclusief ad-blue). Dit is momenteel de strengste Europese emissiestandaard voor vrachtwagens en geldt sinds 2013. Bij vervoer per as is er sprake van een beladen rit heen en een onbeladen rit terug aangezien de vrachtwagen opnieuw met afval zal worden gevuld bij het afvalinzamelstation van L'Ortye.

In de pilot is rekening gehouden met een beladen rit heen, en een onbeladen rit terug om de emissie vergelijking zo eerlijk mogelijk te houden. In realiteit zal het schip waarschijnlijk bij aankomst in Rotterdam enige wachttijd op bevrachten kennen en vrij snel weer elders worden volgeladen en naar een bestemming varen.

Voor het berekenen van de emissies is de methodiek gehanteerd uit de Studie naar Transport Emissies van Alle Modaliteiten (STREAM) van CE Delft. In STREAM zijn op basis van beladingsgraden voor verschillende transportmodaliteiten en typen vracht emissiefactoren per tonkilometer gedefinieerd voor weg, spoor, binnenvaart, zeevaart en luchttransport. Deze emissiefactoren beschrijven de emissie van een vervoerde ton vracht per kilometer. Het zijn gemiddelden uit 2018 en representatieve logistieke parameters voor transport in of met een herkomst of bestemming in Nederland. De kengetallen in het rapport kunnen alleen gebruikt worden om verschillende modaliteiten direct met elkaar te vergelijken op basis van een case die in de praktijk mogelijk is.

Bij de emissieberekening wordt de Tank-To-Wheel (zogenaamde TTW) uitstoot bepaald. Dit houdt in dat alleen de uitlaat- en slijtage-emissies die ontstaan door verbranding van brandstof tijdens het gebruik van het voertuig worden meegenomen en dus niet de emissies die vrijkomen tijdens winning, het transport en het raffinageproces van brandstoffen of bij de productie en het transport van elektriciteit. In Tabel 7 zijn de

gehanteerde vervoersgegevens en uitgangspunten voor beide vervoermiddelen opgenomen, die van belang zijn in de emissieberekening.

Tabel 7: Vervoergegevens

Aspect	Vrachtwagen	Schip	Schip
Vervoermiddel	Walking floor vrachtwagen Euro VI Diesel	Wijako-F schip CCR2 gecertificeerd	Wijako-F schip Stage V gecertificeerd
Vervoersafstand (enkel) Maastricht – Botlek	210 km Waarvan 5 km door de stad	260 km	260 km
Totale vervoerd gewicht	1.152 ton	1.152 ton	1.152 ton
Max. laadvermogen	22 ton	3.236 ton	3.236 ton
Vervoervracht per rit	22 ton	1152 ton	1152 ton
Aantal retour ritten/vaarten pilot	53	1	1
Voor- en natransport	Nee	Nee	Nee
Per rit afgelegde tonkilometers	4.620	299.520	299.520
Totale afgelegde tonkilometers	244.860	299.520	299.520

Het nadeel van STREAM is dat wordt uitgegaan van een gemiddeld schip met een gemiddeld brandstofverbruik. Gezien het in deze pilot om een daadwerkelijk gevaren/gereden route gaat en er brandstofverbruik is bijgehouden, is een schatting met STREAM aan de hand van kengetallen een minder exacte benadering dan de emissie berekenen met een brandstof-gerelateerde methode zoals de CO₂-prestatieladder. De CO₂-prestatieladder van de Stichting Klimaatvriendelijk Aanbesteden en Ondernemen (SKAO)⁴ geeft per vervoertype en type brandstof CO₂-emissiefactoren per hoeveelheid verbruikte brandstof. De CO₂-emissies zijn berekend op basis van het brandstofverbruik zoals geregistreerd in de praktijk.

De standaardwaarden uit STREAM zijn op bepaald op basis van de beladingsgraden in de praktijk voor standaard schepen. Voor deze pilot zijn het werkelijke brandstofverbruik en de emissie-eisen van Euro VI en CCR2 zodanig aangepast, dat het zoveel mogelijk met de praktijksituatie overeenkomt. Hier zal naar gerefereerd worden als de 'tailor made' methode en dit resulteert in een 'tailor made' beladingsgraad en emissiefactor.

Emissiefactoren voor vrachtwagens zijn gedifferentieerd naar type weg en weggedrag, aangezien dat bepalend is voor de hoeveelheid emissie. Daar is in de berekeningen rekening mee gehouden. Bij vervoer per as is de transportafstand 210 km waarvan de eerste 3 km en de laatste 2 km niet op de snelweg plaatsvinden, hiervoor wordt de emissiefactor 'stad' gehanteerd. Voor de overige 205 km wordt de emissiefactor 'snelweg' gehanteerd.

De totale geschatte emissies van de testvaart en het vervoer per as zijn berekend door de emissiefactor te vermenigvuldigen met de totale hoeveelheid te vervoeren vracht en de transportafstand van de Klipperweg naar de terminal van AVR. De STREAM 'tailor made' emissie factoren zijn hier gehanteerd. De emissies van de daadwerkelijk gereden testrit en gevaren testvaart zijn berekend op basis van het geregistreerde brandstofverbruik in de praktijk met de CO₂-prestatieladder. Om het brandstof verbruik van vervoer per as

⁴ SKAO (2015), *Handboek CO₂-Prestatieladder 3.0*, 10 juni 2015.

te verkrijgen, is de boordcomputer afgelezen van een vergelijkbare vrachtwagen die ongeveer dezelfde transportroute heeft afgelegd. Hierbij is in totaal 84 liter brandstof verbruikt voor een retourrit. Dit brandstofverbruik en de lading en afstand van de testrit geven een emissiefactor per tonkilometer. Om de totale emissies van vervoer per as te berekenen is deze emissiefactor vermenigvuldigd met de totaal te vervoeren lading en de afstand van de Klipperweg 8-10 naar de terminal van AVR. Het brandstofgebruik is gebaseerd op het reisverslag van de schipper.

5.3 Vergelijking van scenario's

Het vergelijken van vervoer per as en vervoer over water kan op verschillende manieren plaatsvinden, afhankelijk van de vraag of de uitstoot van de landzijdige baalmachine, interne transportmiddelen en de laadkraan wel of niet worden meegeteld. In de scenario's worden daarom verschillende mogelijkheden onderscheiden in van het vervoer van afval in balen en/of samengeperst losgestort (bedrijfsafval) op de vervoerrelatie Maastricht – Rotterdam.

Deze scenario's luiden:

- Scenario A: Uitstoot vergelijking tussen een vrachtwagen met samengeperst los gestort afval en een schip met verbaald afval. Het gaat om het transport van het wegvervoer de binnenvaart zonder voorafgaande processen
- Scenario B: Uitstoot vergelijking tussen een vrachtwagen met samengeperst los gestort afval (inclusief het persproces) en een schip met verbaald afval (inclusief de machines nodig om het afval te verbalen en in het schip te laden).
- Scenario C: Uitstoot vergelijking tussen een vrachtwagen (oplegger/trailer) met verbaald afval en een schip met verbaald afval. Dit is de situatie waarin de overslaglocatie van het wegvervoer wordt verplaatst naar de baallocatie op de Klipperweg in Maastricht

In Figuur 16 worden deze scenario's schematisch weergegeven. In de figuur is aangegeven welke processen wel en welke niet met elkaar zijn vergelijken en doorgerekend in de effecten op de emissies. De groene vlakken in het schema geven aan dat dit onderdeel in de logistieke keten is meegenomen in de emissieberekeningen. De scenario's worden na de figuur verder toegelicht.

Figuur 16 Scenario's en effectmeting

	Aanbieders	Transport	Inzamelstation (Zonder toegang tot waterweg)					Transport naar binnenvaart terminal	Binnenvaart terminal				Transport	AEC
			Lossen	Opslaan	Opstuwen	Laden vrachtwagen (opgestuwd)	→		→	→	→	Vrachtwagen (samengeperst)		
Scenario A Pilot situatie														
Vrachtwagen	Losgestort, samengeperst afval	Inzamelen	Inzamelwagen	Lossen	Opslaan	Opstuwen	Laden vrachtwagen (opgestuwd)	→	→	→	→	→	Vrachtwagen (samengeperst)	Lossen
Binnenvaartschip	Verbaald transport	Inzamelen	Inzamelwagen	Lossen	Opslaan		Laden vrachtwagen (losgestort)	Vrachtwagen	Lossen	Verbalen	Opslaan	Overslaan	Binnenvaart (balen)	Lossen
Scenario B Samengeperst afval over de weg en balen over water (balen van losgestort afval)														
Vrachtwagen	Losgestort, samengeperst afval	Inzamelen	Inzamelwagen	→	→	→	→	→	Lossen	→	Opslaan	Opstuwen, laden vrachtwagen	Vrachtwagen (samengeperst)	Lossen
Binnenvaartschip	Verbaald transport	Inzamelen	Inzamelwagen	Lossen	Opslaan	→	Laden vrachtwagen (losgestort)	Vrachtwagen	Lossen	Verbalen	Opslaan	Overslaan	Binnenvaart (balen)	Lossen
Scenario C balen over de weg														
Vrachtwagen	Verbaald transport	Inzamelen	Inzamelwagen	→	→		→	→	Lossen	Verbalen	Opslaan	Overslaan	Vrachtwagen (balen)	Lossen
Binnenvaartschip	Verbaald transport	Inzamelen	Inzamelwagen	→	→		→	→	Lossen	Verbalen	Opslaan	Overslaan	Binnenvaart (balen)	Lossen

Legenda
Buiten scope van de evaluatie
In scope van de evaluatie
Onderdeel van uitstootberekening
Binnen scenario tegen elkaar weggestreept voor uitstootberekening

Scenario A: In scenario A wordt alleen de transport-gerelateerde uitstoot over de weg met de transport-gerelateerde uitstoot over water vergeleken. Dit weerspiegelt een situatie waarin wordt gekozen voor of het vervoer van samengeperst losgestort afval over de weg (“opbulken/persen” in Hoensbroek) met het vervoer van balen afval per schip plaats vanuit locatie Klipperweg.

Scenario B: Dit scenario weerspiegelt de huidige situatie waarbij het afval bij AVR los gestort wordt, en waarin het verballen gezien wordt als een extra handeling die nodig is voor het vervoer over de weg en over het water. Deze vergelijking wordt gedaan met dezelfde methode als scenario A, waaraan de uitstoot van de machines wordt toegevoegd. De machine-gerelateerde emissies voor het vervoer per schip zijn de emissies die worden uitgestoten tijdens het verbaalproces, het in en uitnemen van balen in en uit het depot en het laden van het schip. De machine-gerelateerde emissies voor het vervoer met vrachtwagen zijn de emissies die worden uitgestoten bij het opstuwen van het afval voor het laden van de vrachtwagen (op locatie Hoensbroek). Met de CO₂-prestatieladder is aan de hand van de verbruikte diesel van het materieel de uitstoot berekend worden.

Scenario C: Dit scenario vergelijkt de transport-gerelateerde uitstoot over de weg met de transport-gerelateerde uitstoot over water voor het vervoer van balen, dus zowel over de weg als over water. Dit weerspiegelt een waarschijnlijke toekomstige situatie waarin bedrijfsafval of stedelijk restafval verbaald wordt vervoerd, ongeacht van het transportmiddel. De overslaglocatie van het wegvervoer valt dan samen met de baallocatie op de Klipperweg. Voor de effectberekening van dit scenario wordt de eerder beschreven methodiek gebruikt met een aangepaste lading voor de vrachtwagen. Aangenomen is dat deze in totaal 32 balen vervoert in een standaard trailer (13,6 meter). Deze berekening is te vinden in Tabel 8. In de effectberekeningen wordt gerekend met 32 balen; gelijk aan 24,1 ton afval (met gemiddeld gewicht per baal van 0,753 ton). Hierdoor zijn er minder vrachtwagen ritten nodig dan wanneer het afval los gestort wordt vervoerd. De rest van de methodiek blijft gelijk aan die in scenario A.

Tabel 8: Indeling balen in vrachtauto

	Afmetingen vrachtwagen	Afmetingen baal	Aantal balen in trailer
L	13,6	1,24	8
B	2,55	1,24	2
h	3	1,21	2
Totaal			32

Dit leidt tot aangepaste vervoersgegevens voor de vrachtwagen. Deze zijn samengevat in Tabel 9.

Tabel 9: Vervoersgegevens vrachtauto met verbaald afval

Aspect	Vrachtwagen
Vervoermiddel	Trailer / oplegger; Euro VI Diesel
Vervoersafstand (enkel) Maastricht – Botlek	210 km, waarvan 5 km door de stad
Totale vervoerd gewicht	1.152 ton
Max. laadvermogen	50 ton
Vervoervracht per rit	24,1 ton
Aantal retour ritten/vaarten pilot	48
Voor- en natransport	Nee
Per rit afgelegde tonkilometers	5060
Totale afgelegde tonkilometers	242.888

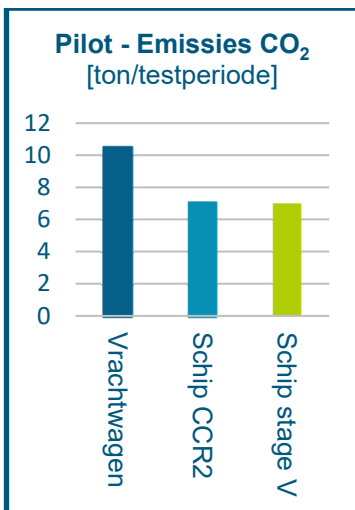
5.4 Uitkomsten

Alle drie scenario's zijn op basis van de uitgangspunten en gehanteerde methodiek doorgerekend. De uitkomsten daarvan zijn:

Scenario A: Loggestort over de weg en gebaald in schip. In Figuur 17 **Error! Reference source not found.** zijn de berekende emissies van de pilot voor de vrachtauto en het schip weergegeven. Het betreft de totale emissies in tonnen, uitgaande van de totaal vervoerde vracht van 1.152 ton van de Klipperweg naar de AVR terminal. In de bijlage zijn tabellen met de berekeningen opgenomen. Het figuur toont dat het vervoer per as voor een hogere CO₂-emissie zorgt dan het schip met CCR2 motor.

De berekende uitstoot van het schip was respectievelijk 6,99 ton CO₂ (CCR2) en 6,78 ton CO₂ (Stage V). De uitstoot van het aantal benodigde ritten om dezelfde lading naar AVR te transporteren bedroeg 10,47 ton CO₂. Dit is 3,48 ton CO₂ (CCR2), resp. 3,69 ton CO₂ (Stage V) meer dan het schip. Vervoer van afval over water zorgt daarmee dus voor een CO₂ afname van 33% (CCR2), resp. 35% (Stage V) ten opzichte van het vervoer met een vrachtwagen.

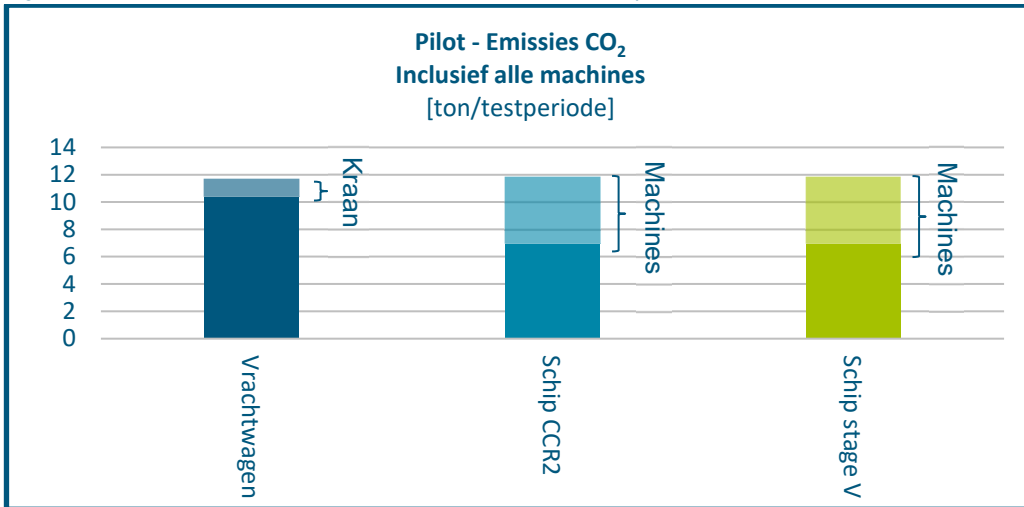
Figuur 17: Scenario A: Totale CO₂ – emissies



Scenario B: Loggestort over de weg, gebaald per schip inclusief emissie balenproductie en op- en overslag vrachtauto (opstuwen). Figuur 18 toont de berekende CO₂-emissies van scenario B. Voor het vervoer over de weg zijn dit de CO₂-emissies van scenario A, inclusief de emissies van het de opslag en het laden van de vrachtwagen (inclusief opstuwen). Voor het vervoer per schip zijn dit de CO₂-emissies van scenario A, inclusief de emissies van het verbaalproces en de opslag en het laden van het schip. Hierbij zijn alle machines elektrisch (opgewekt door een aggregaat) of diesel aangedreven.

De berekende uitstoot van het schip was 11,83 ton CO₂ (CCR2), respectievelijk 11,47 ton CO₂ (Stage V). De uitstoot van het aantal benodigde ritten om dezelfde lading naar AVR te transporteren bedroeg 11,70 ton CO₂. Het verschil is erg klein en nagenoeg gelijk aan het schip.

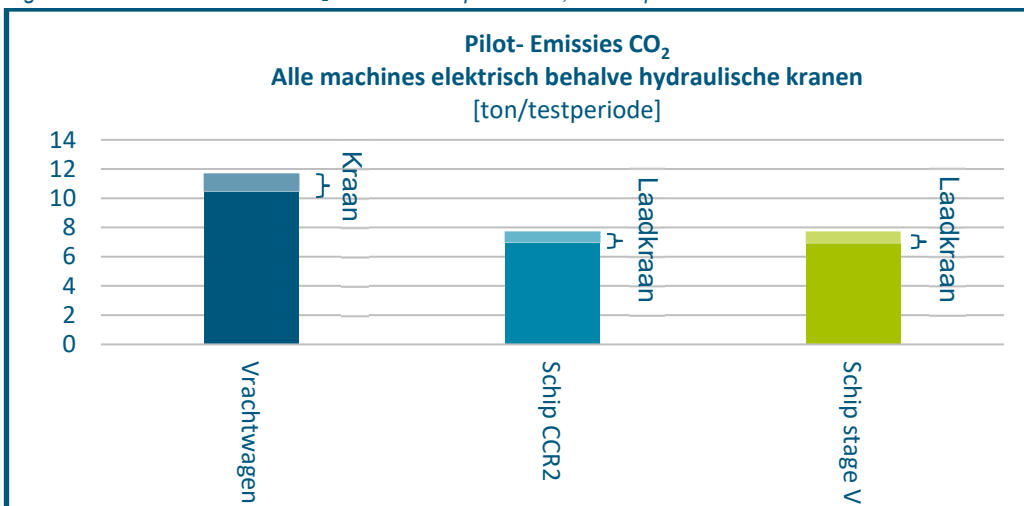
Figuur 18: Scenario B: Totale CO₂-emissies inclusief emissies alle processen



Wanneer de vaste verbaalopstelling in werking zal treden na de pilot, zal het grootste gedeelte van de machines echter geëlektrificeerd worden. Figuur 19 toont de CO₂-emissies van een geoptimaliseerd scenario B. Dit zijn de totale CO₂-emissies inclusief de emissies van het verbaalproces zelf, maar dan voor het scenario waarbij alle machines die deel van de vaste verbaalopstelling elektrisch zijn afgezien van de laadkraan om het schip te laden en de laadkraan gebruik voor het opstuwen van het afval voor vervoer per vrachtwagen. Deze optimalisering heeft een groot effect. De CO₂-emissies zijn significant lager bij de inzet van het schip ten opzichte van het wegvervoer.

De berekende uitstoot van het schip (CCR2 en stage V gecertificeerd) was 7,75 ton CO₂ en de uitstoot van het aantal benodigde ritten om dezelfde lading naar AVR te transporteren bedroeg 11,70 ton CO₂. Dit is 3,95 ton CO₂ meer dan het schip. Vervoer van afval over water zorgt daarmee dus voor een CO₂ afname van 34% ten opzichte van het vervoer met een vrachtwagen.

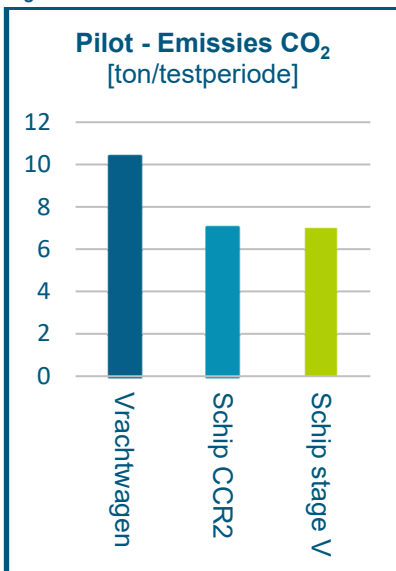
Figuur 19: Scenario B: Totale CO₂-emissies alle processen, verbaalproces elektrisch



Scenario C: Balen afval over de weg en over per schip. Figuur 20 toont de emissies van scenario C. Dit zijn de totale emissies waarbij het afval vervoerd per vrachtwagen is verbaald. Het schip scoort erg gunstig in uitstoot van CO₂ ten opzichte van het wegvervoer.

De berekende uitstoot van het schip (CCR2 en stage V gecertificeerd) was 6,99 ton CO₂ (CCR2) en 6,78 (Stage V). De uitstoot van het aantal benodigde ritten om dezelfde lading naar AVR te transporteren bedroeg 10,38 ton CO₂. Dit is 3,39 ton CO₂ (CCR2), resp. 3,6 CO₂ (stage V) meer dan het schip. Vervoer van afval over water zorgt daarmee dus voor een CO₂ afname van 33% (CCR2), resp. 35% (Stage V) ten opzichte van het vervoer met een vrachtwagen

Figuur 20: Scenario C: Totale CO₂ emissies



5.5 Doorkijk emissies scheepvaart

Stage V Motor: Het schip Wiljaco-F van de testvaart is uitgerust met een CCR2 motor, wat vandaag de dag niet de duurzaamste keuze op het gebied van scheepsmotoren is. De scheepsmotor is voorbereid op ombouw naar een stage V motor. Indien in de toekomst gevaren zal worden met een nieuwere Stage V motor, zal dit veel effect hebben op de duurzaamheid van het vervoer over water. Deze zal qua CO₂ uitstoot vergelijkbaar zijn met een CCR2 motor.

Elektrificatie. Zowel het schip als de auto kunnen op lange termijn elektrisch worden. Indien dit het geval is, is vervoer over water in het voordeel aangezien het laadvermogen schip is groter. Hierdoor kan per zijn er minder transportbewegingen vereist voor dezelfde hoeveelheid afval. Als het aantal vrachtenwagens achter elkaar wordt gezet die nodig zijn om een volgeladen schip (3.236 ton) te vervangen, dan geeft dat een file van meer dan een anderhalve kilometer lang (87 vrachtauto's x min. 20 meter).

Tijdens de pilot heeft een diesel aangedreven aggregaat het benodigde vermogen geleverd aan de machines die nodig zijn op het afval te verballen. Dit draagt bij aan de totale uitstoot voor het vervoeren van afval in balen over water. In de praktijk zijn verbaalmachines en kranen hybride of volledig elektrisch aangedreven. In de definitieve situatie waarin de pilot wordt geïmplementeerd zal worden overgegaan naar een vaste opstelling van het materieel in verband met de grote volumes. Een schatting van L'Ortye geeft aan dat het om 75.000 ton per jaar kan gaan. In de toekomstige opstelling zal gebruik worden gemaakt van vrijwel volledig elektrisch materieel zonder voeding door een aggregaat.

Ook zal aan de hand van de resultaten van de pilot het proces geoptimaliseerd worden. Er moet rekening mee gehouden worden dat de uitstoot van de machines tijdens de pilot hierdoor niet een-op-een vergelijkbaar zijn met potentiële uitstoot van de toekomstige situatie. Er wordt bij de resultaten daarom ook

nog een scenario gepresenteerd waarbij wordt uitgegaan van elektrische apparaten in de vaste opstelling met een diesel gedreven laadkraan.

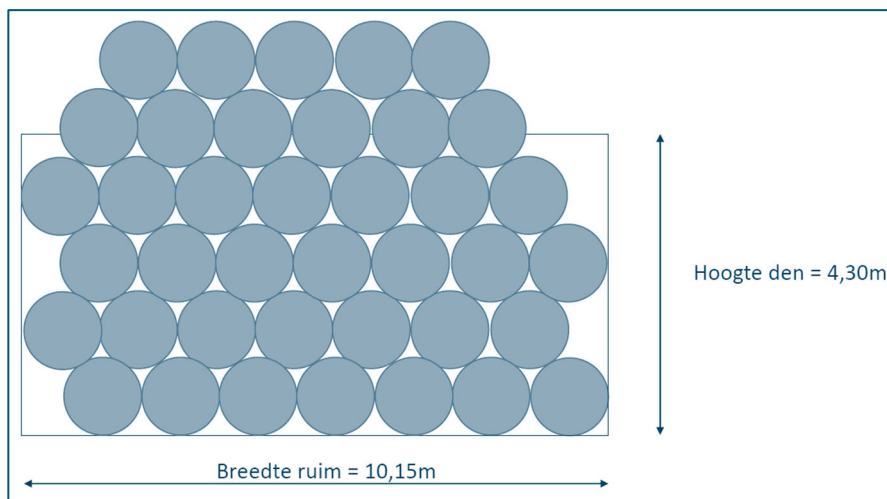
Vol geladen schip. In de definitieve situatie worden, idealiter, de balen opgeslagen tot er genoeg zijn om een schip vol te laden. Een vol schip heeft ruimte voor maximaal 2.534 balen met een totaal gewicht van circa 1.909 ton (gemiddeld gewicht van 1 baal is 0,753 ton), indien balen 6 hoog worden gestapeld. In dat geval is een deklast van toepassing. Vrij zicht op de gangboorden en de lading is dan mogelijk door het beweegbare stuurhuis. In de pilot is ongeveer 60% van de scheepsruimte benut ten opzichte van de maximaal te benutten ruimte

Het aantal balen in een groot Rijnschip schip met dezelfde afmetingen als de Wiljaco-F is weergegeven in Tabel 10. Bij het bepalen van het uiteindelijke laadplan is aangenomen dat het technisch haalbaar is om de balen tot 6-hoog te stapelen. Dit resulteert in een volgeladen schip met 2.535 balen. Een schets van de doorsnede van dit laadplan is weergegeven in Figuur 21.

Tabel 10: aantal balen in vol schip (afmetingen groot Rijnschip)

Aantal lagen	Voorruim 37 x 10,15m	Achterraum 43 x 10,15m	Totaal aantal balen
4	840	980	1.820
5	1.020	1.190	2.210
6	1.170	1.365	2.535

Figuur 21: Laadplan vol schip (groot Rijnschip)



Bron: interne berekening L'Ortye

Een gemiddelde baal weegt 0,753 ton, wat leidt tot een geschatte lading van een volgeladen schip van 1.909 ton. Om een indicatie te geven van de te besparen CO2 met transport over water, volgt een emissie berekening op basis van CE-STREAM, omdat het werkelijk brandstofverbruik niet gemeten is.

De vervoersgegevens zijn opgenomen in Tabel 11.

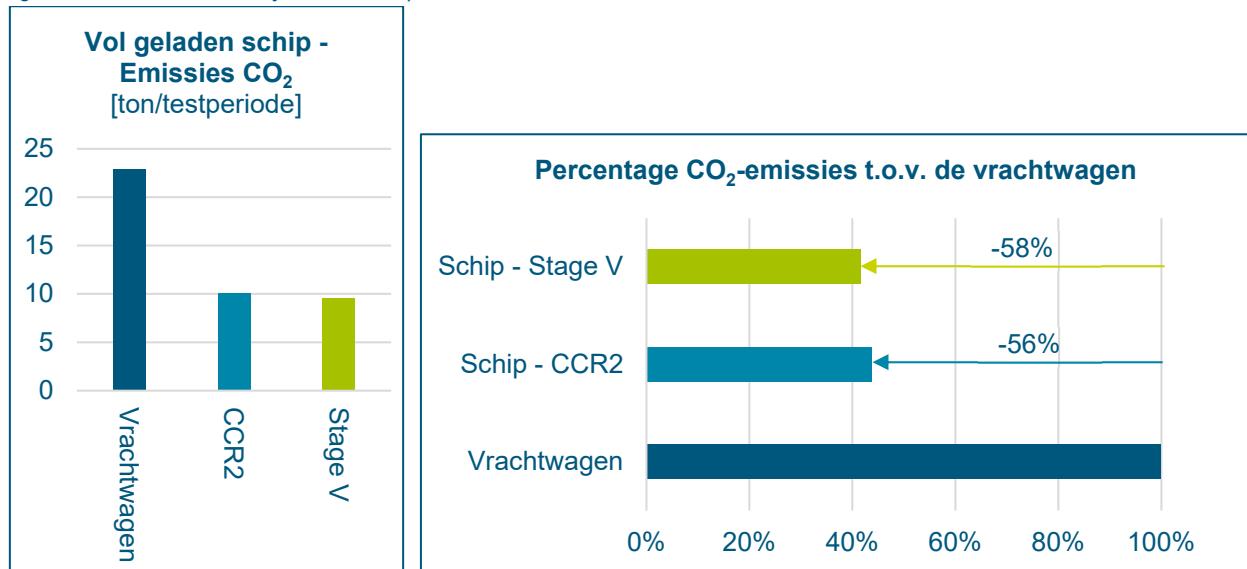
Tabel 11: Vervoersgegevens

Aspect	Vrachtwagen	Schip
Vervoermiddel	Walking floor vrachtwagen Euro VI Diesel	Schip vergelijkbaar met Wiljako-F Stage V gecertificeerd
Vervoersafstand (enkel) Maastricht – Botlek	210 km Waarvan 5 km door de stad	260 km
Totale vervoerd gewicht	1.909 ton	1.909 ton
Maximaal laadvermogen	22 ton	3.236 ton
Vervoervracht per rit	22 ton	1.909 ton
Aantal retour vrachtritten/vaarten	87	1
Voor- en natransport	Nee	Nee
Per rit afgelegde tonkilometers	4.620	496.302
Totale afgelegde tonkilometers	401.940	496.302

Dit leidt tot de CO₂-emissies in Figuur 22, waarin eveneens de besparing CO₂ door inzet van het schip wordt afgebeeld. Een vaart met een vol geladen schip stoot 9,54 ton CO₂ uit, en het aantal benodigde ritten om dezelfde lading naar AVR te transporteren stoten samen 22,94 ton CO₂ uit. Dit is respectievelijk 12,9 en 13,4 ton CO₂ meer. Vervoer van afval over water zorgt daarmee dus voor een CO₂ afname van 56-58% ten opzichte van het vervoer met een vrachtwagen.

De conclusie luidt: Vervoer van afval over water met een vol Stage V schip leidt tot een CO₂ afname van 58% ten opzichte van het vervoer met een vrachtwagen.

Figuur 22: Totale emissies bij inzet vol schip



6 Conclusies en aanbevelingen

6.1 Hoofdconclusie

Uit deze evaluatie wordt de volgende hoofdconclusies getrokken:

1. Het doel van deze pilot was het op doen van ervaring en proefondervindelijk testen van de verschillende mogelijkheden om afval te verballen, op te slaan en te vervoeren met een schip, inclusief de processen daar omheen. Dat doel is bereikt. Gedurende de pilot is voldoende informatie verzameld en ervaring opgedaan om een grondige evaluatie uit te voeren.
2. De pilot is succesvol, omdat voldoende aangetoond is dat geen praktische belemmeringen aanwezig zijn in het logistieke proces, de uitstoot van CO₂ significant lager is.
3. Vervoer van afval over water met een vol Stage V schip leidt tot een CO₂ afname van maar liefst 58% ten opzichte van het vervoer met een vrachtwagen.

De voorbereiding en uitvoering van de pilot is per proces in de logistieke keten geanalyseerd. De samenvattende conclusies daarvan worden weergegeven in de volgende paragrafen.

6.2 Voorbereidingen

De conclusies met betrekking tot de voorbereidingen van de pilot luiden:

- a. De voorbereidingen met betrekking tot het logistieke proces, met name het verballen, is ruim op tijd begonnen. Als gevolg daarvan is er vroegtijdig erkent dat bevoegd gezag toestemming moet verlenen voor een tijdelijke vergunning voor de uitvoering van de pilot.
- b. Tijdens de voorbereidingen is uitvoerig de logistieke operatie verkend en geanalyseerd, met nadruk op het maken van balen, omdat dit nog een relatief nieuwe verwerking is, maar al langer in het buitenland en veel AECs bestaat. Hieruit is naar voren gekomen dat de nadruk op de voordelen voor de duurzaamheid en de milieuaspecten moet liggen. Om deze reden heeft L'Ortye gekozen zich te laten assisteren door een gespecialiseerd adviesbureau (WSP) voor milieuonderzoek. De resultaten daarvan maken geen deel uit van dit rapport. Om zoveel mogelijk informatie te verzamelen tijdens de pilot, is ook gebruik gemaakt van het inzetten van werkstudenten. Deze hebben in de voorbereiding op de pilot, uitvoerig instructie gekregen. Omdat het verballen van afval een niet veelvoorkomend proces is, heeft een dialoog vooraf plaatsgevonden met leveranciers van verbaalmachines. Dit heeft tot verschillende inzichten geleid, waaruit uiteindelijk de geschikte leverancier uit voortgekomen is.
- c. Vooraf is geen draaiboek opgesteld, mede omdat de voorbereidingstijd kort was. Hierdoor heerste soms onduidelijkheid over wie verantwoordelijk was en wanneer wie welke taak op zich moest nemen.

6.3 Uitvoering

De conclusies met betrekking tot de uitvoering van de pilot luiden:

Algemeen:

- a. De uitvoering van de pilot is beoordeeld als een gestroomlijnd en geordend proces. Hierbij was goed nagedacht over het reduceren van mogelijke overlast van deze manier van afvalverwerking. Het terrein werd meerdere keren per dag schoongemaakt, om verwaaiing, geur en ongedierte tegen te gaan. Overnacht is geen losgestort afval achter gelaten.

- b. De betrokken partijen waren goed op de hoogte gesteld van hun te verrichten activiteiten. De operators waren zeer bedreven en vakbekwaam, ondanks dat communicatie met deze anderstalige partij soms lastig was. De werkstudenten werden gedurende de pilot uitvoerig begeleid.

Aanvoer en verwerking afval.

- a. Aanvoer afval: RENEWI leverde het afval voor de proef, aangevuld met afval uit eigen opslag van L'Ortye. De kwaliteit van het afval liep uiteen wat in sommige gevallen tot kortstondig vastlopen van de verbaalmachine heeft geleid. Het soortelijk gewicht van het afval liep ook uiteen wat tot variërende baal gewichten leidt. Voor het efficiënt verwerken van afval is een continue toevoer van afval nodig en dat vergt samenwerking. Incidenteel ontstond er een gebrek aan continue toevoer, mede door de restrictie in de vergunde opslagcapaciteit (150 ton). Wellicht valt dit in de toekomst door een betere planning op te lossen.
- b. Verwerking afval. Het verwerkingsproces van de pilot begint met het aanschuiven van afval door een mobiele grijperkraan, gecombineerd met een verreiker om de trechter van de verbaalmachine te voeden. Dit kan in de toekomst worden vervangen door een enkele machine die het uitsorteren, optasten en voeden in één operatie uitvoert.
- c. De verbaalmachine kan volgens opgave van de fabrikant 30 tot 35 balen per uur produceren. Rekening houdend met de ondersteunende processen en handelingen (folie verwisselen, onderhoud, etc.) schat de fabrikant in dat 25-30 balen per uur in de praktijk haalbaar is. In de pilot is productiviteit gemeten van ongeveer 25 balen per uur. Gedurende de inspectie van de pilot door Royal HaskoningDHV en uit de registratieformulieren zijn weinig storingsmeldingen gevonden.
- d. Aantal foliewikkelingen. De balen mogen conform vergunning 15% schade hebben aan het wikkeloppervlak. In de praktijk blijkt dat het percentage beschadigingen fors lager is uitgevallen.

Opslag van balen en laden schip.

- a. De verreiker die balen van de baalmachine naar het depot heeft gereden, was uitgerust met een ronde baalklem. Dit voorkwam beschadiging van de baal en zorgde voor efficiënt vervoer. Dit is de juiste klem voor deze toepassing en dient in de toekomst ook voor de verreikers gebruikt te worden.
- b. In de pilot zijn verschillende manieren van stapelen in het depot toegepast: verticaal stapelen zonder tussenruimte, horizontaal stapelen met balen tegen elkaar aan geplaatst of horizontaal stapelen met een tussenruimte per twee balen. In de praktijk blijkt dat 4 hoog verticaal stapelen de voorkeur geniet. Hoger stapelen is verticaal stapelen is niet getest. Elders in de praktijk (buitenland) wordt hoger gestapeld, zelfs tot 8 hoog (niet duidelijk is wat de samenstelling van het afval is).
- c. Laden van schip. Bij het verplaatsen van de balen van het depot naar de kade, zijn een verreiker en een wiellader ingezet. De wiellader was niet voorzien van de juiste klem, waardoor puntbelasting op de baal ontstond. De balen werden vervolgens door de kadekraan in het schip geplaatst. Dit was een doordacht concept, waarbij de cyclustijden van de verreiker en wiellader goed aansloten op die van de kraan. Het proces verliep efficiënt omdat de kraan ook tussendoor uit het depot kon pakken.
- d. Halverwege de pilot tijdens de demonstratie dag is het laad- en losproces getest op een duwbak. Het laadplan van het schip is daarvan afgeleid. Door deze test zijn veel balen veelvuldig overgeslagen en beschadigd geraakt. Aangenomen wordt dat in een gestroomlijnde operatie deze oefenhandeling niet plaatsvinden en vrijwel schadevrij wordt gewerkt.

De vaart en het lossen van het schip.

- a. Het schip heeft gevaren conform de vooraf aangenomen reisplanning. Tijdens de vaart zijn geen bijzonderheden geconstateerd. Het wordt aanbevolen in de toekomst een schip in te zetten met een stage V motor.
- b. Het lossen bij de AVR verliep goed. Het samenspel tussen de loskraan en de dump trucks kan wellicht beter. De kraan moest van tijd tot tijd wachten totdat één van de twee dump trucks weer terugkwam van

het losplatform. Op gelijke wijze ontstond ook wachttijd voor de shovel bij het losplatform om de balen te breken en weer te wachten op een volgend batch met balen.

- c. Tijdens de test zijn alle balen naar losplatform gegaan. In de toekomst zal dit niet altijd gebeuren, want een groot deel van de balen zal dan in opslag kunnen gaan. In welke mate dat kan is nu niet duidelijk en hangt af van de afspraken tussen de verwerker (AEC) en de inzamelaar, de houdbaarheid (duurzaamheidsproef loopt nog) en de snelheid waarmee afval dient te worden verwerkt.

6.4 Duurzaamheid

De conclusies met betrekking tot de duurzaamheid van de pilot luiden:

- a. De pilot heeft voldoende aangetoond dat de uitstoot van CO₂ kan verminderen. Dit geldt voor alle drie scenario's:
- Scenario A: Uitstoot vergelijking tussen een vrachtwagen met samengeperst los gestort afval en een schip met verbaald afval. Het gaat om het transport van het wegvervoer de binnenvaart zonder voorafgaande processen
 - Scenario B: Uitstoot vergelijking tussen een vrachtwagen met samengeperst los gestort afval (inclusief het persproces) en een schip met verbaald afval (inclusief de machines nodig om het afval te verballen en in het schip te laden).
 - Scenario C: Uitstoot vergelijking tussen een vrachtwagen (oplegger/trailer) met verbaald afval en een schip met verbaald afval. Dit is de situatie waarin de overslaglocatie van het wegvervoer wordt verplaatst naar de baallocatie op de Klipperweg in Maastricht
- b. Het ingezette schip was uitgerust met een CCR2 motor. Indien in de toekomst gevaren zal worden met een nieuwere Stage V motor, zal dit veel effect hebben op de duurzaamheid van het vervoer over water.
- c. Zowel het schip als de auto kunnen op lange termijn elektrisch worden. Indien dit het geval is, is vervoer over water in het voordeel aangezien het laadvermogen schip is groter. Hierdoor zijn minder transportbewegingen vereist voor dezelfde hoeveelheid afval. Als het aantal vrachtenwagens achter elkaar wordt gezet die nodig zijn om een volgeladen schip (3.236 ton) te vervangen, dan geeft dat een file van meer dan een anderhalve kilometer lang (87 vrachtauto's x min. 20 meter).
- d. In de definitieve situatie waarin de pilot wordt geïmplementeerd zal worden, zal worden overgegaan naar een vaste opstelling van het materieel in verband met de grote volumes. In de toekomstige opstelling zal gebruik worden gemaakt van vrijwel volledig elektrisch materieel zonder voeding door een aggregaat. Verder zal aan de hand van de resultaten van de pilot het proces verder geoptimaliseerd kunnen worden. Er moet rekening mee worden gehouden dat de uitstoot van de machines tijdens de pilot hierdoor niet één-op-één vergelijkbaar zijn met potentiële uitstoot van de toekomstige situatie.
- e. Indien het schip vol wordt geladen en een Stage V motor heeft kan een CO₂ afname van maar liefst 58% worden bereikt ten opzichte van het vervoer met een vrachtwagen. Een vaart met een vol geladen schip stoot 9,54 ton CO₂ uit, en het aantal benodigde ritten om dezelfde lading naar AVR te transporteren stoten samen 22,94 ton CO₂ uit. Dit is per vaart 13,4 ton CO₂ meer. Bij 52 vaarten per jaar is de besparing dan 696,8 ton CO₂.