

# Regionale beschikbaarheid van organische afval- en reststromen als feedstock voor chemische recycling

Rebel – Smart Delta Resources

Rapportage (definitief) – 4 oktober 2023



## Afkortingen

### Algemeen

<b>AEC</b>	Afval- energiecentrale
<b>BEC</b>	Biomassacentrale
<b>BSA</b>	Bouw- en sloopafval
<b>CFPR</b>	Koolstofvezel versterkte kunststoffen
<b>DKR</b>	DKR specificaties die eisen stellen aan kwaliteit van materiaal
<b>FRP</b>	Fiberglass Reinforced Plastic
<b>GHA</b>	Grof Huishoudelijk Afval
<b>IBC</b>	Intermediate Bulk Container
<b>ODP</b>	Over Datum Producten
<b>PMD</b>	Plastic, Metaal en Drankkartons
<b>RDF</b>	Refuse-derived fuel
<b>RZWI</b>	Rioolwaterzuiveringsinstallatie
<b>SDR</b>	Smart Delta Resources
<b>SRF</b>	Solid Recovered Fuel
<b>TRL</b>	Technology Readiness Level
<b>UPV</b>	Uitgebreide Producenten Verantwoordelijkheid
<b>Mton</b>	Miljoen ton

### Polymeren

<b>PVC</b>	Polyvinylchloride
<b>LDPE</b>	Low-density polyethylene
<b>PE</b>	Polyethylene
<b>PET</b>	Polyetheentereftalaat
<b>PP</b>	Polypropyleen

### Landen

<b>BE</b>	België
<b>DE</b>	Duitsland
<b>FR</b>	Frankrijk
<b>LU</b>	Luxemburg
<b>NL</b>	Nederland
<b>VK</b>	Verenigd Koninkrijk

# Inhoud

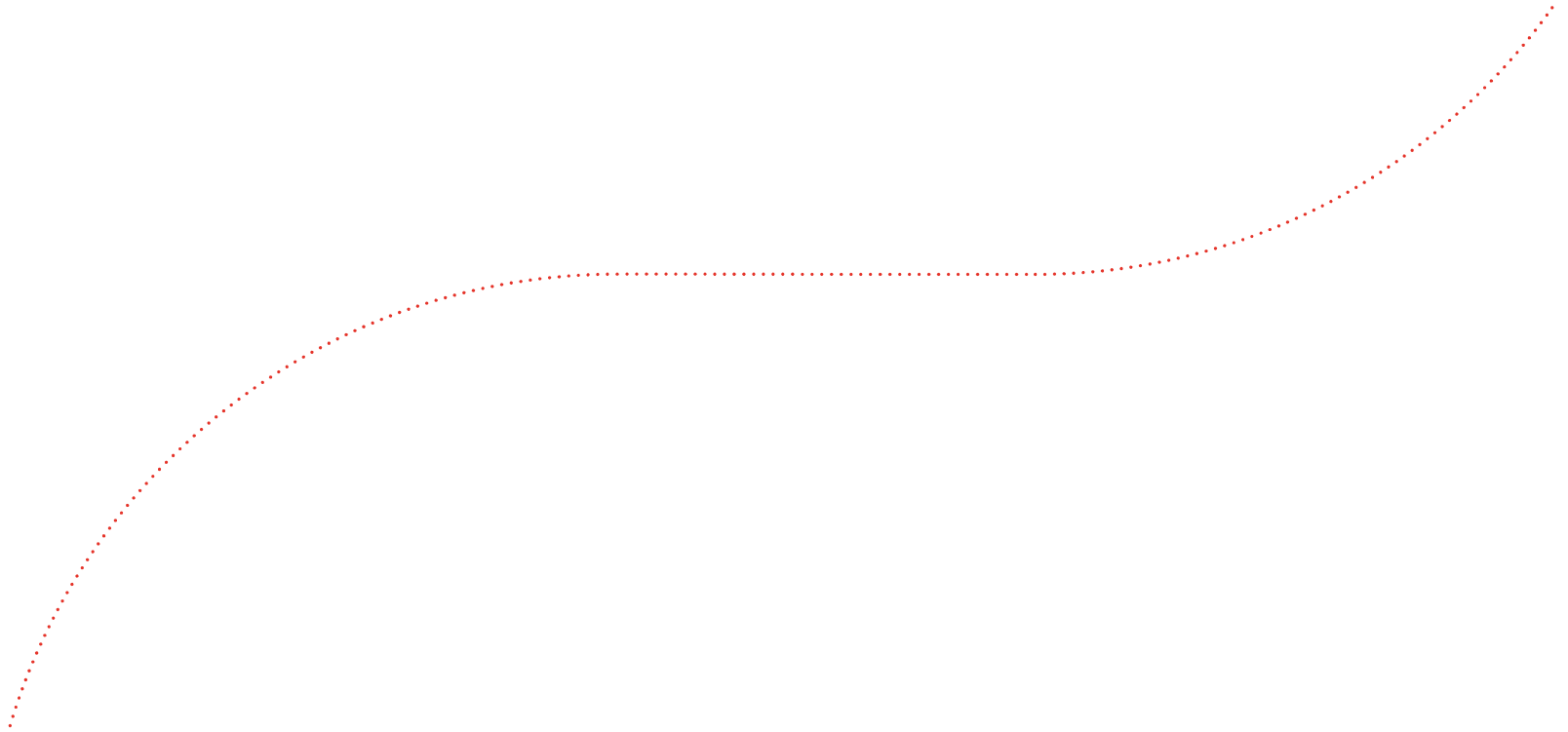
1. **Context en opdracht aan Rebel**
2. **Aanpak**
3. **Resultaten:** afbakening van stromen
4. **Resultaten:** volumes van stromen
  1. Drie benaderingen om tot feedstock volumes te komen
  2. Top-down volumes
  3. Volumes stort en verbranding
  4. Bottom-up volumes
5. **Resultaten:** stromen die vrijkomen langs transportcorridors
6. **Resultaten:** karakteristieken van stromen
7. **Resultaten:** ketenoverzicht
8. **Conclusies**
  
9. **Appendix I:** datavisualisatie
10. **Appendix II:** verantwoording bronnen & data
11. **Appendix III:** theoretisch kader voor afbakening stromen
12. **Appendix IV:** technische targetspecificaties voor pyrolyse en vergassing
13. **Appendix V:** aandeel koolstoffen en energetische potentie per stroom





1.

## Context en aanleiding



## 1. Context en opdracht aan Rebel

# Smart Delta Resources wenst de regionale beschikbaarheid van afval- en reststromen en de verwerkingsmogelijkheden via vergassing en pyrolyse in kaart te brengen.

### Context

- In de brede regio van Smart Delta Resources (SDR) zijn nog vele afval- en reststromen met organisch en polymeer/plastic materiaal aanwezig die op dit moment te weinig benut kunnen worden.
- Daarnaast is er een grote vraag naar industriële gassen (syngas) en basischemicaliën (building blocks) die onder meer geproduceerd kunnen worden door de meer hoogwaardige valorisatie (i.c. chemische recycling via vergassing en/of pyrolyse) van dergelijke afval- en reststromen.
- Met oog op de energietransitie en transitie naar een circulaire economie in haar gebied, wenst SDR de regionale beschikbaarheid van deze specifieke afval- en reststromen, alsook de beschikbare verwerkingsmogelijkheden via vergassing en pyrolyse, in kaart te brengen.<sup>1</sup>

Smart Delta Resources heeft Rebel gevraagd de volgende zaken in kaart te brengen:

1. **De karakteristieken en de regionale beschikbaarheid van afvalstromen** die nog brandbaar zijn en die dus een geschikte feedstock zouden kunnen vormen voor vergassing en/of pyrolyse;
2. **De beschikbare technieken voor vergassing en/of pyrolyse** van deze afvalstromen, incl. de gehele keten die hiervoor nodig is vanaf feedstock tot en met de eindproducten (incl. reststromen die hierbij ontstaan).

In een afzonderlijke vervolgfase moet onderzocht worden hoe deze ketens gelinkt kunnen worden aan activiteiten binnen het lokale havenecosysteem van North Sea Port (incl. de leden van SDR die niet in het havengebied gelokaliseerd zijn).

1. Tekst afkomstig uit: "2022 11 28 Uitvraag regionale beschikbaarheid organisch afval SDR"

## 1. Context en opdracht aan Rebel

**SDR heeft aan Rebel de opdracht gegeven om dit te onderzoeken. Dit document omvat de rapportage van de resultaten van dit onderzoek.**

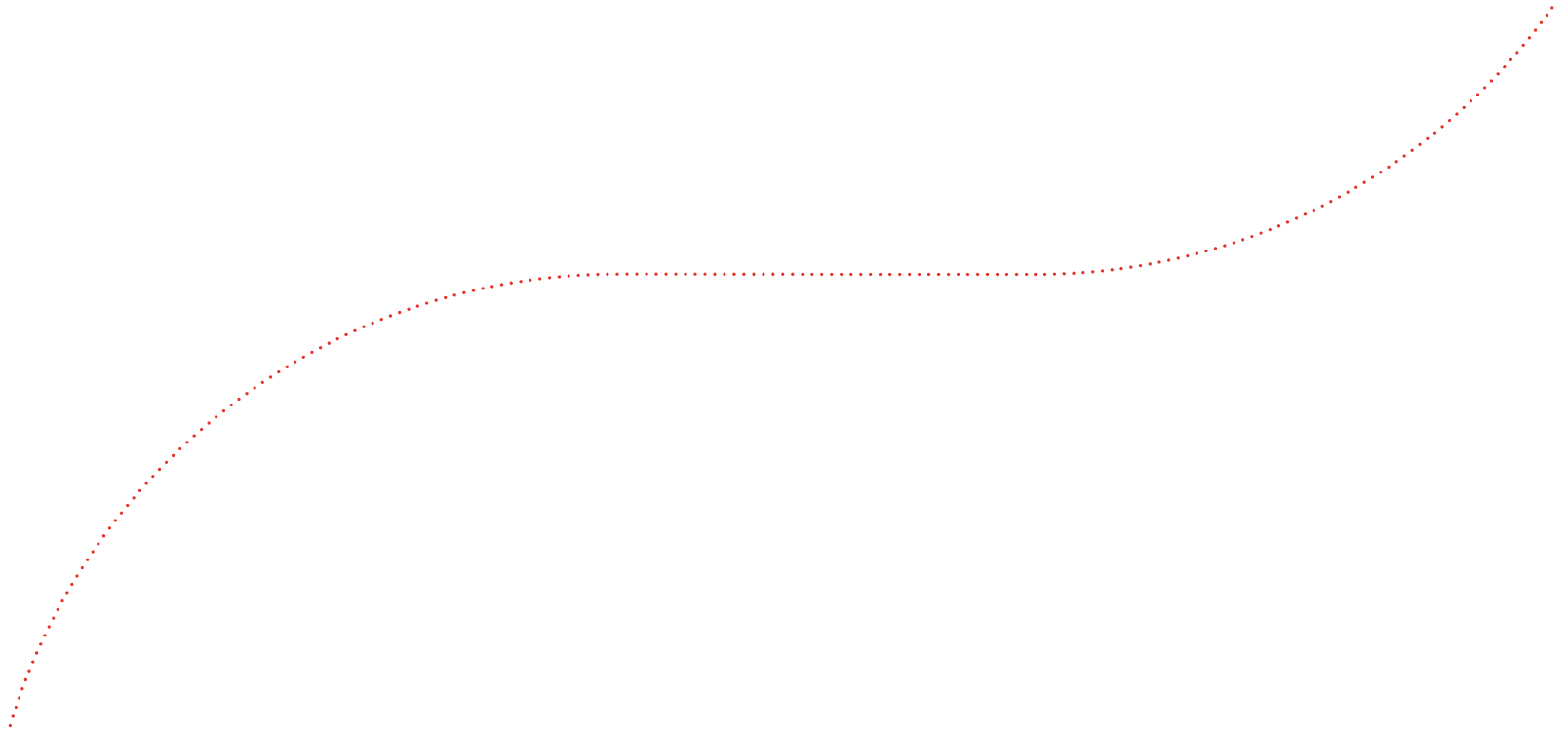
### Dit document:

- Dit document omvat de rapportage over de verschillende onderdelen van deze studie.
- Achtereenvolgens wordt gepresenteerd: de **gehanteerde aanpak**, de **resultaten**, en de **conclusies**.
- De wijze waarop de resultaten getoond zijn (detailniveau, categorisering, etc.), zijn ingegeven door het niveau waarop we data gevonden hebben.
- Separaat levert Rebel aan SDR een (niet openbare) **online tool** waarin een deel van de materiaalstromen zijn gevisualiseerd of zijn weergegeven op een interactieve kaart. Zie **Appendix I: datavisualisatie**.
- Bronvermeldingen zijn zoveel mogelijk weergegeven in de voetnoten en in **Appendix II: verantwoording bronnen & data**. De bronnen die gebruikt zijn voor uitgebreide berekeningen zijn alleen vermeld in de Appendix.



2.

**Aanpak**



## 2. Aanpak

# In 4 stappen is toegewerkt naar inventarisatie van de beschikbaarheid van feedstock en naar een overzicht van de benodigde ketenstappen.

Het doel van deze opdracht is om inzicht te bieden in de karakteristieken en de beschikbaarheid van feedstock stromen voor vergassing en/of pyrolyse. Rebel en SDR hebben gezamenlijk de relevante stromen afgebakend. Vervolgens is door Rebel onderzoek gedaan naar de karakteristieken van deze stromen en zijn volumes in kaart gebracht. Het ketenoverzicht geeft inzicht in de routes die worden afgelegd om tot vergassing en/of pyrolyse te komen.



1. Zie [Appendix I: datavisualisatie](#).

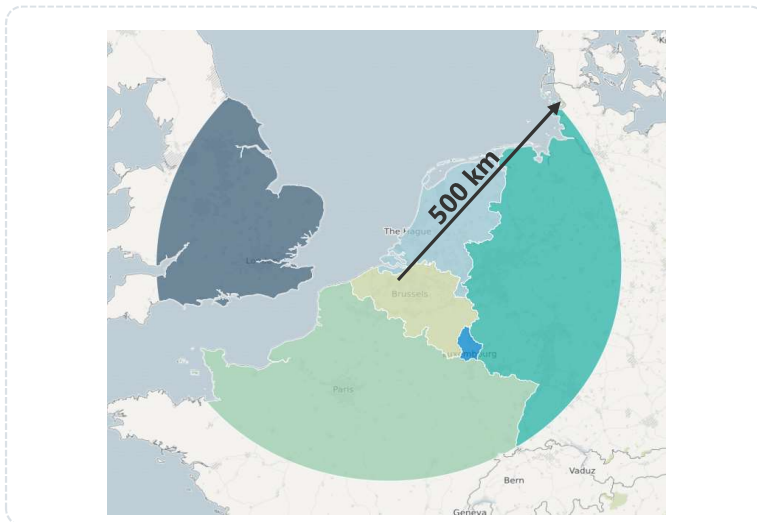


## 2. Aanpak

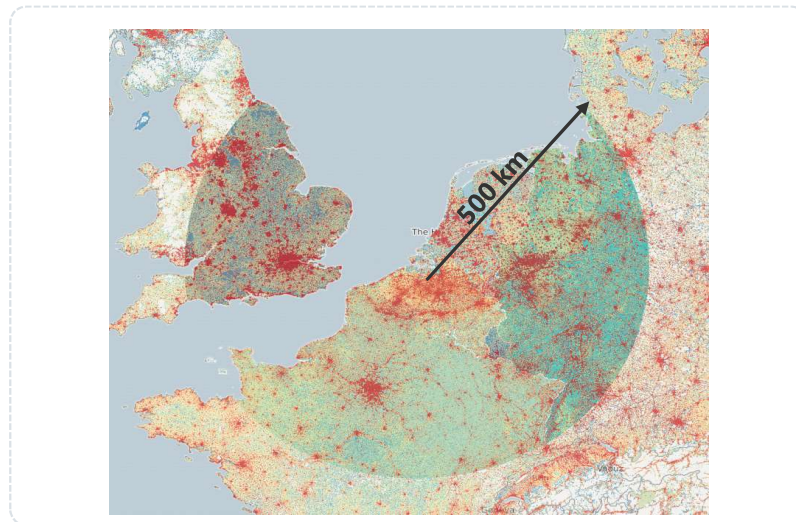
### De geografische scope in dit onderzoek omvat België, Nederland, Luxemburg en delen van Frankrijk, Duitsland en het Verenigd Koninkrijk.

Voor de inventarisatie van volumes, kenmerken en de huidige verwerkingwijze houden we een geografische scope aan van circa 500 km van het SDR gebied (zie Afbeelding 3.1). Dit impliceert: geheel België (BE), geheel Nederland (NL), geheel Luxemburg (LU) en delen van Duitsland (DE), Frankrijk (FR) en het Verenigd Koninkrijk (VK). Bij alle landen maken we gebruik van zowel nationale als lokale volumedata. Voor de landen die niet geheel maar slechts deels in scope zijn (DE, FR, VK) rekenen we nationale volumedata om naar lokaal, op basis van het aantal mensen dat in het scopegebied woont (zie Afbeelding 3.2).<sup>1</sup>

**Afbeelding 3.1** Geografisch gebied binnen een radius van circa 500 km<sup>3</sup>



**Afbeelding 3.2** Populatieverspreiding binnen een radius van circa 500 km<sup>2</sup>



1. Bron: Eurostat

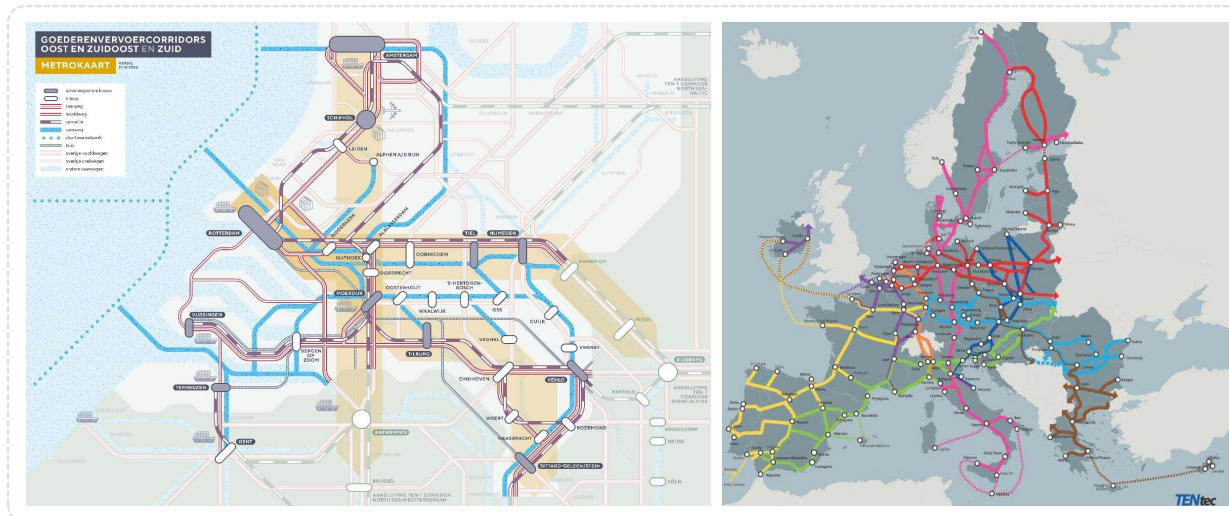
2. Bron: <https://eurogeographics.org/maps-for-europe/>

## 2. Aanpak

### Informatie over de belangrijkste transportcorridors geeft een beter begrip van de routes die feedstock stromen afleggen binnen het scopegebied.

Tevens zijn de belangrijkste transportcorridors (spoor, weg en binnenvaart) naar het brede SDR-gebied in kaart gebracht (Afbeelding 3.3). Deze informatie geeft een beter begrip van de routes die feedstock stromen afleggen binnen het scopegebied en rondom het gebied van SDR in het bijzonder. Waar mogelijk gegeven de beschikbaarheid van data, maken we een inschatting van de volumes die vrijkomen binnen een logische transportafstand van de transportcorridors. Deze informatie gebruiken we om een beeld te vormen van of de ligging van SDR ten opzichte van de vrijgekomen volumes, gunstig dan wel niet gunstig is om deze stromen aan te trekken.

**Afbeelding 3.3** Transportcorridors binnen SDR-gebied<sup>1</sup> (links) en in Europa<sup>2</sup> (rechts)



1. Bron: [Programma Goederenvervoercorridors | Top Corridors](#)
2. Bron: [Trans-European Transport Network \(TEN-T\) \(europa.eu\)](#)



3.

## **Resultaten** **afbakening van stromen**



### 3. Resultaten: afbakening van stromen

## De stromen zijn afgebakend op basis van drie leidende principes: 1) hoogwaardige verwerking, 2) techniek, en 3) focus op grotere volumes.

Het totaal aantal stromen binnen een straal van 500 km dat geschikt is voor pyrolyse dan wel vergassing, is in potentie zeer groot. Om de resultaten van dit onderzoek hanteerbaar en toepasbaar te houden voor vervolgstappen die SDR wil nemen, is gekozen voor een afbakening. Deze wordt gepresenteerd in dit hoofdstuk. In deze afbakening zijn **drie leidende principes** gehanteerd:



#### Principe 1: Stromen worden zo hoogwaardig mogelijk verwerkt

Vanuit een circulariteitsprincipe worden stromen zo hoogwaardig als (technisch en economisch) mogelijk verwerkt. Hierin gaan we uit van de “afvalhiërarchie” zoals aangehouden in het EU Waste Framework Directive, waarin wordt voorgeschreven dat recycling hoogwaardiger is dan verbranding met energierecuperatie. Onderscheid tussen chemische recyclingmethoden maken we op basis van het Nederlandse beleidskader LAP3, waarin pyrolyse en vergassing hoger op de ladder staan dan verbranding met energierecuperatie, maar lager dan mechanische recycling, dissolutie en depolymerisatie.<sup>1</sup>



#### Principe 2: Techniek is leidend

Niet iedere stroom kan middels iedere techniek omgezet worden in grond- of brandstof. De technische beperkingen van pyrolyse en vergassing zijn dan ook leidend voor de afbakening van ons onderzoek.<sup>2</sup> We kijken hierbij naar de **technische specificaties** van pyrolyse en vergassing. Deze vertalen we vervolgens naar een aantal **materiaalkenmerken**.<sup>1</sup>



#### Principe 3: Focus op grotere volumes

Pyrolyse-installaties hebben in de praktijk vaak een minimale capaciteit van 15-25 Kton en vergassingsinstallaties van 150-200 Kton. Deze worden neergezet voor een langere periode (10+ jaar). Deze installaties hebben dan ook behoefte aan continuïteit van feedstock met een redelijk constante samenstelling en een aantal grote feedstock contracten (in geval van vergassingsinstallaties). In dit onderzoek ligt de focus op stromen die naar verwachting in grote volumes vrijkomen. Daarnaast nemen we enkele relevante stromen op die naar verwachting in kleinere volumes voorkomen.

1. Voor meer context bij dit leidende principe, zie [Appendix III: theoretisch kader voor afbakening stromen](#)  
 2. De technische targetspecificaties van pyrolyse en vergassing zijn weergegeven in [Appendix IV](#)

### 3. Resultaten: afbakening van stromen

## Op basis van deze drie criteria komen we voor pyrolyse op een selectie van niet-biogene en biogene stromen rijk aan PP en PE. Deze nemen we mee in het onderzoek.

Voor **pyrolyse** zijn de belangrijkste targetmaterialen PP en PE. Ook is er een aantal materialen die technisch ongunstig zijn voor het pyrolyse-proces en daarom slechts in beperkte mate aanwezig mogen zijn, wil een stroom in aanmerking komen voor pyrolyse. Op basis van de drie leidende principes zijn, in afstemming met de Begeleidingscommissie van deze opdracht, de volgende stromen geselecteerd voor dit onderzoek.

#	Afvalstromen
	<u>Niet-biogeen</u>
1	Landbouwfolies
2	Folies van commerciële ontdoeners (mix of gelamineerd, vooral LDPE, geen PVC of PET)
3	Folies uit sortering PMD en nascheiding (DKR-310)
4	Folies (LDPE) uit sortering bouw- en sloopafval en grof huishoudelijk afval
5	Plastic verpakkingen uit uitpaklijn van over de datum producten (ODP)
6	Mix kunststoffen uit sortering PMD en nascheiding (DKR-350)
7	Residu/uitval sortering en mechanische recycling kunststoffen (met hoge percentages Polyolefines)
8	Kunststoffen van huishoudens, niet zijnde verpakkingen
9	Autobanden (specifieke stroom)
10	Shredder-resten (specifieke stroom)
11	Residu uit papiersortering en –recycling (specifieke stroom) <sup>1</sup>

#	Afvalstromen
	<u>Biogeen</u>
12	Houtafval (inclusief A&B-hout en C-hout)
13	Snoeihout
14	Bermmaaisel/bermgras
15	Zaagsel
16	Slib
17	Meststoffen

1. Afhankelijk v.d. samenstelling van het residu, kan dit ook biogeen of een mix van biogeen en niet-biogeen zijn

### 3. Resultaten: afbakening van stromen

## Voor vergassing ligt de focus in dit onderzoek op restafval dat in grote volumes vrijkomt.

Voor **vergassing** is het belangrijkste targetmateriaal koolstof. Ook is er een aantal materialen die technisch ongunstig zijn voor het vergassingsproces en daarom slechts in beperkte mate aanwezig mogen zijn, wil een stroom in aanmerking komen voor vergassing. Op basis van de drie leidende principes zijn, in afstemming met de Begeleidingscommissie van deze opdracht, de volgende stromen geselecteerd voor dit onderzoek.

In de linker tabel staat de meest voor de hand liggende stroom. In de rechter tabel staat een aantal specifieke stromen die in bepaalde gevallen (kunnen) worden ingezet voor vergassing, maar veelal in lage volumes en/of alleen ter aanvulling van de dominante feedstock. Deze stromen zijn in scope, maar hier wordt in het onderzoek vanwege de verwachte lage volumes niet de focus op gelegd.

#	Afvalstromen (mix van biogeen en niet-biogeen)
1	Restafval in opgewerkte vorm (RDF)

#	Afvalstromen (mix van biogeen en niet-biogeen)
2	Vervuild afval (fire retardants, PFAS, dioxins, Polycyclic hydrocarbons)
3	Gemixte plastics met metaalcomponenten (elektr. app., kabels, etc.)
4	Composieten (FRP's, CFRP)
5	Textielstromen met hoge mate van vervuiling
6	Vervuild baggerslib (van baggerdepot)
7	Zeefgoed uit rioolwaterzuiveringsinstallaties (pre-zuivering)
8	Reststromen uit bodemasreiniging
9	Vinasse (van Cosun)

Tenslotte is een aantal stromen dat genoemd is op de vorige pagina, afhankelijk van de exacte samenstelling, wel of niet daadwerkelijk geschikt voor pyrolyse. Indien deze niet geschikt zijn, komen ze in aanmerking voor vergassing. Dit zijn bijvoorbeeld residu en uitval uit mechanische sortering en recycling van plastics en papier.



4.

**Resultaten:**  
**volumes van stromen**



4. Resultaten: volumes van stromen

## Per type stroom brengen we het maximaal beschikbare volume in kaart. Waar mogelijk vullen we dit aan met specifieke informatie op stroomniveau.

In dit hoofdstuk worden de volumes van de mogelijke feedstock stromen gepresenteerd. Hierbij wordt gebruik gemaakt van drie benaderingen.

1. **Top-down data benadering:** data voor grote regio's (een land of heel Europa), dat van generalistische materiaalstromen op basis van toepassing (bijv. plastics uit elektronica) worden op basis van kentallen specifiek gemaakt voor de relevante regio's. Deze benadering geeft een **realistische bovengrens** aan van de feedstock beschikbaar in een bepaalde categorie.
2. **Stort- en verbranding benadering:** data van de huidige volumes afval die gestort of verbrand worden (en waar op dit moment dus geen hoogwaardige verwerking van mogelijk is). Van deze volumes is niet bekend welk aandeel daadwerkelijk geschikt is voor pyrolyse of vergassing. Deze getallen geven dus een **absolute bovengrens** aan.

Benadering 1 en 2 omvatten beiden de gehele markt en geven dus een totaalbeeld per stroom.

3. **Bottom-up benadering:** aanvullend hierop, brengen we de niet-biogene afvalstromen voor pyrolyse (pag. 13) via een **bottom-up benadering** in kaart. Waar we in de top-down benadering niet-biogene volumes in kaart brengen op basis van de toepassing in producten, kijken we nu naar hoe deze stromen daadwerkelijk vrijkomen op het moment dat ze afval worden. Deze benadering geeft een **ondergrens** aan van de beschikbare feedstock. Dit doen we ook voor een aantal specifieke afvalstromen voor vergassing (pag. 14).



4. Resultaten: volumes van stromen

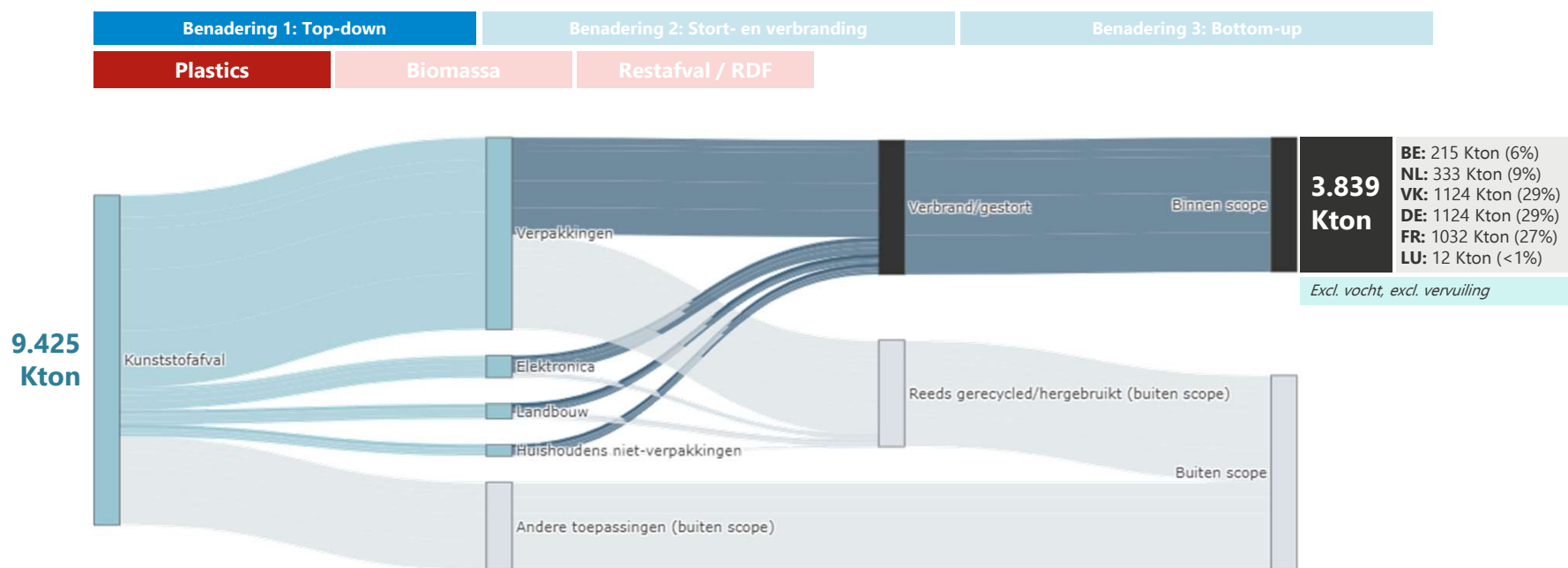
**Bij de top-down volumes wordt uitgegaan van drie typen stromen: plastics, biomassa en restafval.**

Benadering 1: Top-down	Benadering 2: Stort- en verbranding		Benadering 3: Bottom-up
Plastics	Biomassa	Restafval / RDF	

- A. **Plastics**
- B. **Biomassa**
- C. **Restafval / RDF**

## 4. Resultaten: volumes van stromen

**Voor plastics in BE, NL en in de scopegebieden in VK, DE en FR, bedragen de top-down volumes in totaal 4 Mton. Dit is de bovengrens voor plastics in het scopegebied.**



1. Voor de interactieve weergave, zie [Appendix I: datavisualisatie](#)

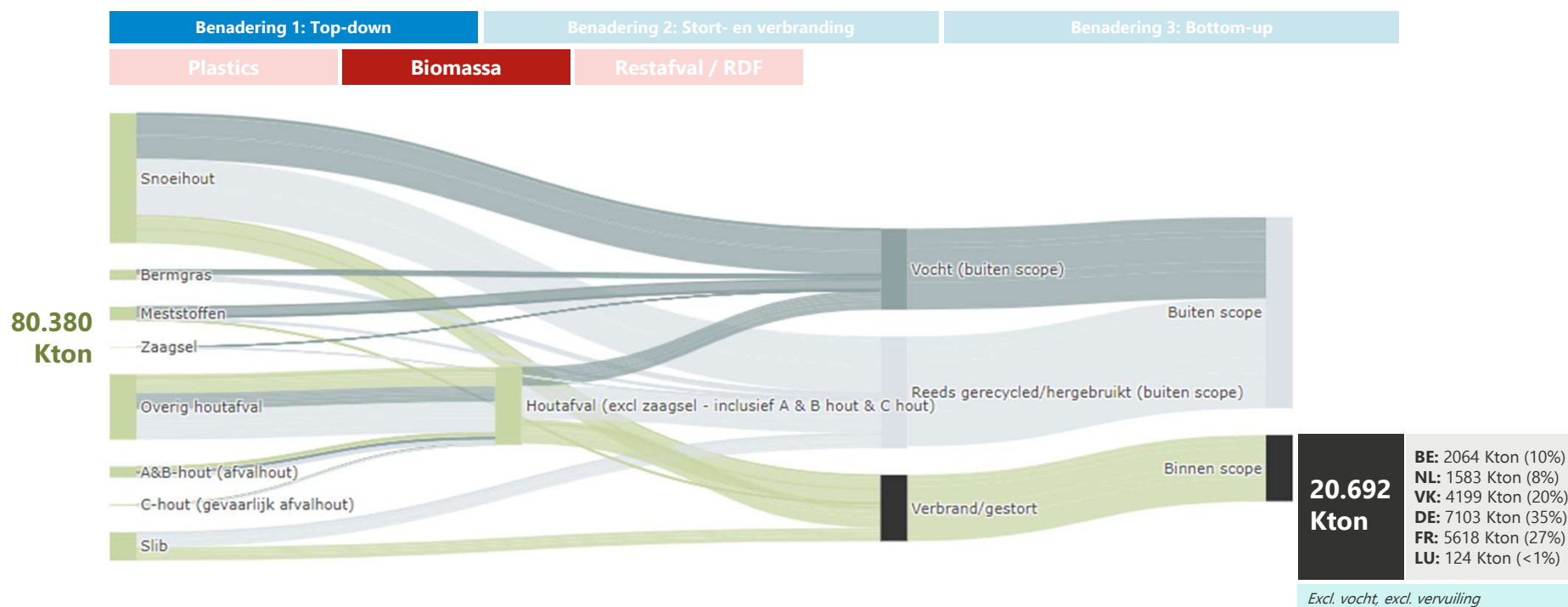
2. Methodiek voor bepalen top-down volumes plastic binnen scope: plastic afval uit relevante toepassingen (toepassingen waar de afgebakende stromen op Pag. 13 in voorkomen) dat nu nog verbrand of gestort wordt (o.b.v. Plastics Europe, 2020), opgeteld per land. Voor Duitsland, Frankrijk en VK is het volume berekend voor het aandeel van de populatie dat in scope is.

3. Het residu van recycling (kunststofafval dat wordt aangeboden aan een recyclinginstallatie maar dat niet gerecycleerd wordt) is onderdeel van de stromen verbrand/gestort.

4. In de categorie 'verbrand/gestort' zitten ook volumes die verbrand worden met energierecuperatie (energy recovery).

## 4. Resultaten: volumes van stromen

**Voor biomassa bedragen de geschatte jaarlijkse volumes in het scopegebied in totaal 20 Mton. Dit zijn volumes die momenteel verbrand of gestort worden.**



1. Voor de interactieve weergave, zie [Appendix I: datavisualisatie](#)

2. Methodiek voor bepalen top-down volumes biomassa: relevante biogene afvalstromen (zie de afgebakende stromen op pag. 13) zijn bepaald op basis van diverse bronnen (zie [Appendix II: verantwoording bronnen & data](#)) en opgeteld per land. Voor Duitsland, Frankrijk en VK is het volume berekend op basis van het aandeel van de populatie (zaagsel, houtafval, slib), bosoppervlakte (snoeihout) of landoppervlakte (bermgrass, meststoffen) dat in scope is.

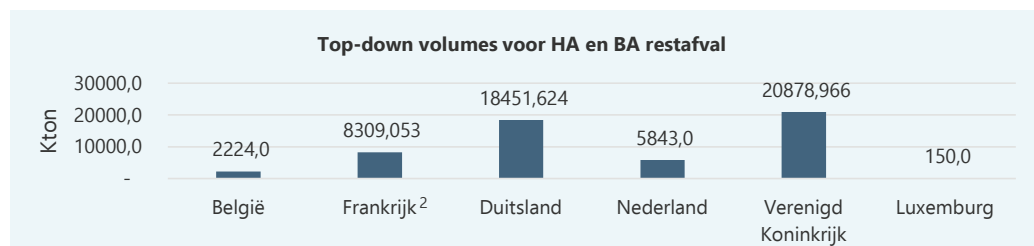
3. In de categorie 'verbrand/gestort' zitten ook volumes die verbrand worden met energierecuperatie (energy recovery).

## 4. Resultaten: volumes van stromen

**Voor restafval komen we tot een inschatting van 36 Mton in het scopegebied. Dit bevat zowel huishoudelijk als bedrijfsmatig restafval.**

Benadering 1: Top-down		Benadering 2: Stort- en verbranding	Benadering 3: Bottom-up
Plastics	Biomassa	Restafval / RDF	

In onderstaande grafiek staan de top-down volumes voor huishoudelijk en bedrijfsmatig restafval weergegeven.<sup>3</sup> In totaal is dit 55.000 Kton. Hier zit ook een onbekend deel van het volume plastics in. Dit betreft het deel van deze stromen die door huishoudens en bedrijven bij het restafval gegooid worden. Voor biomassa geldt dit slechts in zeer beperkte mate. Het restafval wordt op dit moment verbrand of gestort. Voordat dit restafval geschikt is voor vergassing, dient het opgewerkt te worden tot RDF. Op basis van gesprekken met RDF-experts, blijft er naar inschatting **circa 36 Mton aan feedstock (RDF) over voor vergassing**.



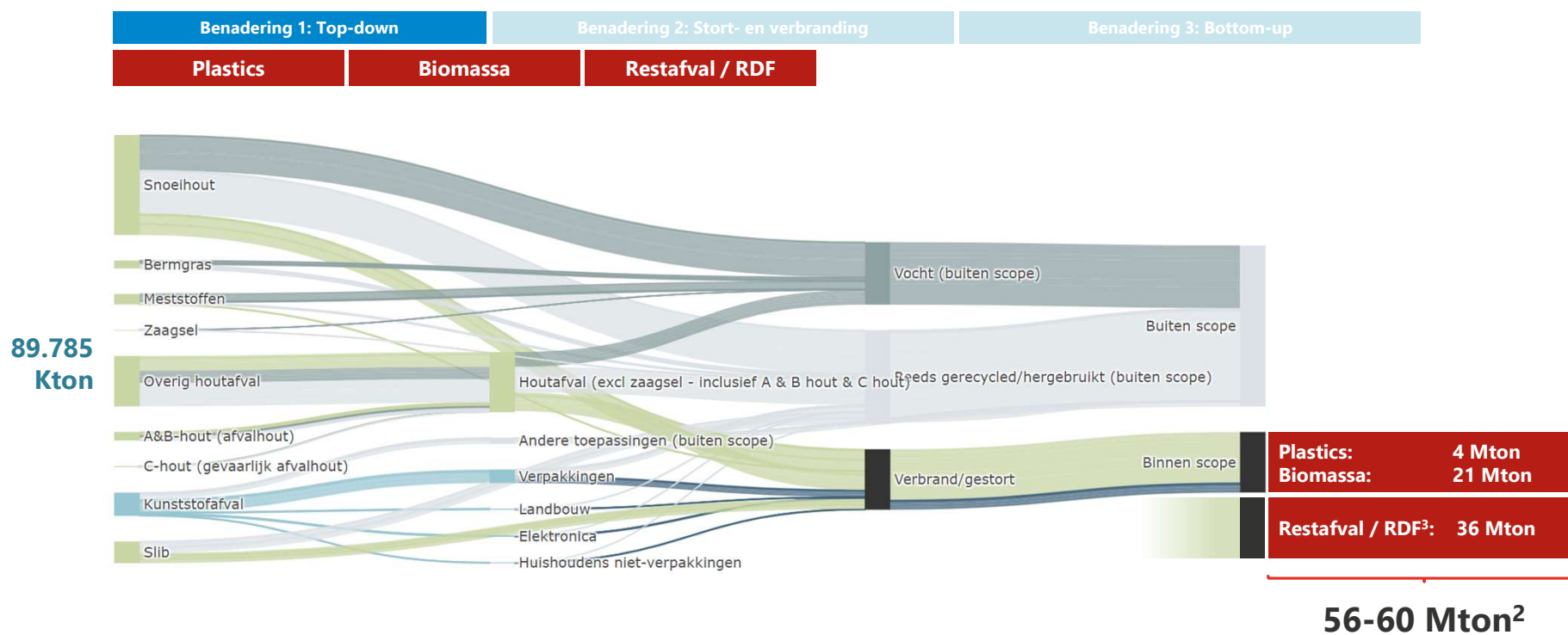
Op dit moment werkt het VK al een deel van dit restafval op tot RDF voor export naar AEC's in o.a. Nederland, Duitsland en Zweden. Dit is ca. 1.250 Kton RDF per jaar voor het gebied in scope. Ook in de andere landen wordt een (onbekend) deel van dit afval – en ander afval – verder opgewerkt tot RDF of SRF en ingezet als brandstof voor bijv. cement- en kalkovens. Concluderend kunnen we stellen dat een onbekend deel van de 36 Mton van de bestaande RDF markt komt. En dat er bovenop de 36 Mton een onbekend volume op de bestaande RDF markt aanwezig is, echter wordt een deel hiervan op verzoek en specificatie van de huidige afnemers (bijv. cement- en kalkovens) gemaakt.

**36.000  
Kton**

1. Methodiek voor bepalen restafval: per land op basis van diverse bronnen (zie [Appendix II: verantwoording bronnen & data](#)) het volume huishoudelijk en bedrijfsmatig restafval bepaald. Voor Duitsland, Frankrijk en VK is het volume berekend voor het aandeel van de populatie dat in scope is.
2. Het volume restafval Frankrijk is excl. het volume bedrijfsmatig restafval.
3. Een deel van dit volume wordt verbrand met energierecuperatie (energy recovery).

## 4. Resultaten: volumes van stromen

Door de top-down volumes bij elkaar op te tellen ontstaat een realistische bovengrens van beschikbare feedstock van circa 56-60 Mton.<sup>2</sup>



1. Voor meer weergaven, zie [Appendix I: datavisualisatie](#)
2. Er is een onbekende mate van overlap tussen de plastic volumes en restafval. De onderkant van de bandbreedte gaat uit van een volledige overlap tussen het volume plastics en restafval, de bovenkant van de bandbreedte gaat ervan uit dat er geen overlap is.
3. Het volume restafval is niet in de Sankey-diagram opgenomen vanwege gedeeltelijke overlap met het volume plastics.
4. In de categorie 'verbrand/gestort' zitten ook volumes die verbrand worden met energierecuperatie (energy recovery).

4. Resultaten: volumes van stromen

**Bij de stort- en verbranding benadering wordt uitgegaan van drie typen volumes: volumes nu verbrand in AEC's of co-verbranders, nu verbrand in biomassacentrales, of gestort.**

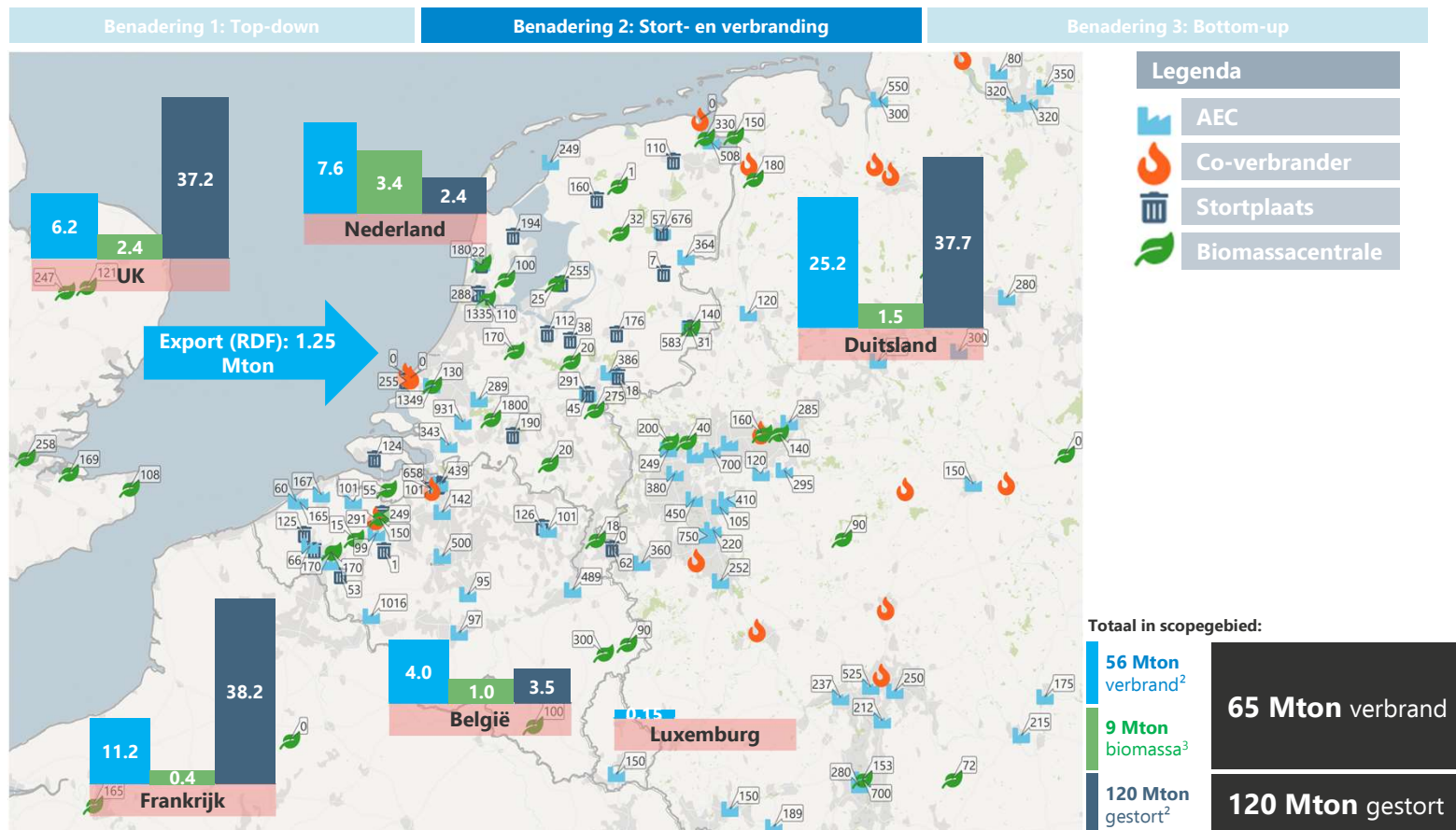
Benadering 1: Top-down

Benadering 2: Stort- en verbranding

Benadering 3: Bottom-up

- A. **Verbrand** 
- B. **Biomassacentrale** 
- C. **Gestort** 

## 4. Resultaten: volumes van stromen

**Binnen het scopegebied wordt 65 Mton verbrand en 120 Mton gestort.**

1. Zie **Appendix I: datavisualisatie** voor de interactieve kaart.

2. Bron voor totale volumes gestort en verbrand per land: EUROSTAT 2020 (voor BE, FR, DE en UK) en RWS 2020 (NL)

3. Excl. import. Deze capaciteit is incompleet. In ons onderzoek spreken we over 20Mton biomassa, waarvan het grootste deel verbrand wordt versus 9 Mton BEC-capaciteit. En van export is maar beperkt sprake.

## 4. Resultaten: volumes van stromen

**Opgeteld komen we bij de benadering stort- en verbranding tot een absolute bovengrens van circa 185 Mton afval dat mogelijk in aanmerking komt voor vergassing en pyrolyse.**



1. Excl. import. Deze capaciteit is incompleet. In ons onderzoek spreken we over 20Mton biomassa als feedstock, waarvan het grootste deel verbrand wordt versus 9 Mton BEC-capaciteit. NB van export is maar beperkt sprake.



4. Resultaten: volumes van stromen

**Bij de bottom-up volumes wordt uitgegaan van twee typen stromen: plastics en specifieke stromen.**

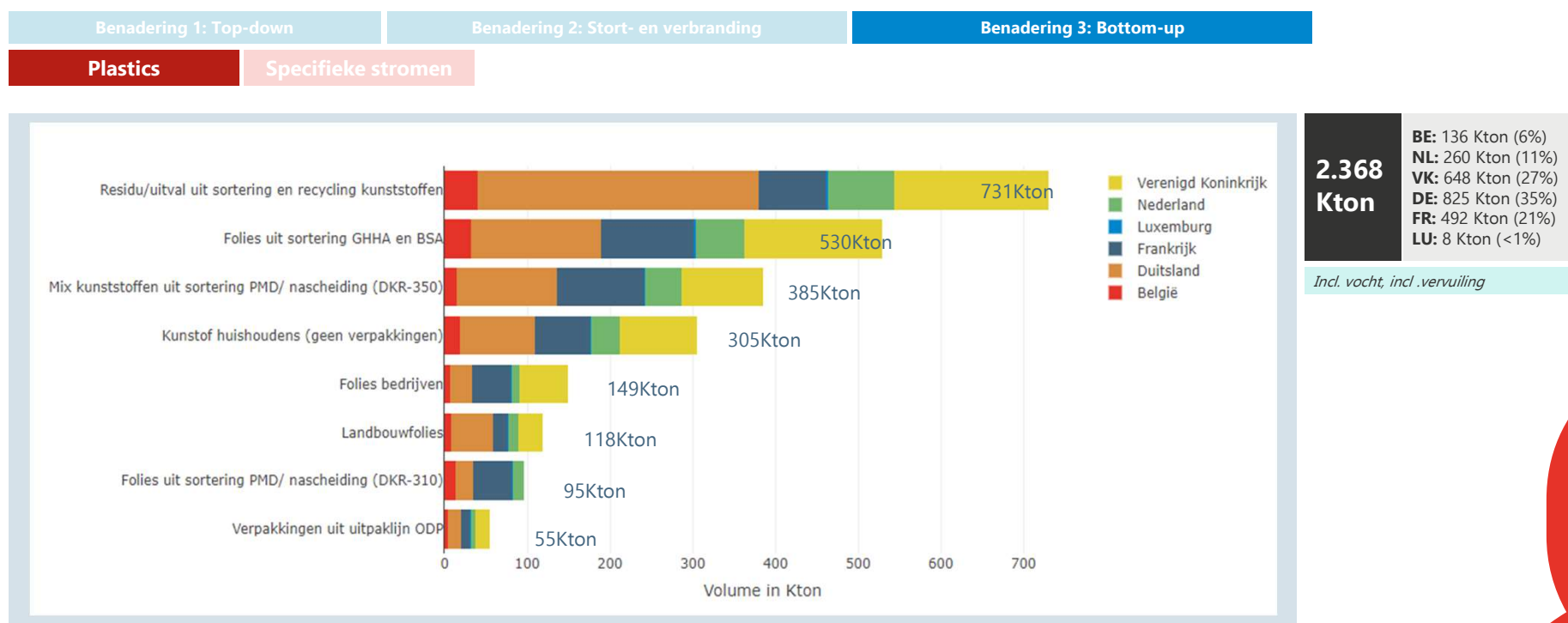


A. **Plastics**

B. **Specifieke stromen**

## 4. Resultaten: volumes van stromen

**De bottom-up volumes voor plastics bedragen in totaal 2.4 Mton. Dit volume geldt als een ondergrens van plastics in het scopegebied.**



1. Voor meer weergaven, zie [Appendix I: datavisualisatie](#)

2. Methodiek voor bepalen bottom-up volumes plastic: per afgebakende stroom (pag. 13) is per land op basis van diverse bronnen (zie [Appendix II: verantwoording bronnen & data](#)) het volume dat nu verbrand of gestort wordt bepaald. Voor Duitsland, Frankrijk en VK is het volume berekend voor het aandeel van de populatie dat in scope is.

3. NB. Een aanzienlijk deel van de DKR-350 en DKR-310 fractie wordt op dit moment geëxporteerd naar Duitsland voor verdere verwerking. De inschatting van Nederlandse betrokken partijen is dat DKR-310 wordt voor ca. de helft) voor hout vervangende producten, zoals landschapsmeubilair, wordt ingezet. DKR-350 wordt voor een onbekend deel ingezet in hout, kunststof en beton vervangende producten (bron Marktverkenning mix kunststoffen en folies (TNO, 2017)).

## 4. Resultaten: volumes van stromen

**Voor de specifieke afvalstromen voor vergassing is data slechts beperkt beschikbaar. Per afvalstroom tonen we enkele kwantitatieve en/of kwalitatieve inzichten.**

Benadering 1: Top-down		Benadering 2: Stort- en verbranding		Benadering 3: Bottom-up	
Plastics		Specifieke stromen			
Vervuild afval (fire retardants, PFAS, dioxins, Polycyclic hydrocarbons)		Onbekend	Geen duidelijk identificeerbare afvalstromen. Data niet beschikbaar.		
Gemixte plastics met metaalcomponenten (elektr. app., kabels, etc.)		Onbekend	Geen bruikbare data gevonden. Kabels na sortering AEEA zijn in ieder geval geen geschikte feedstock voor vergassing. Dit is vaak een combinatie van PVC en metaal.		
Composieten (FRP's, CFRP)		17 64	218	27 0,5 VK: ?	326 Kton
Textielstromen met hoge mate van vervuiling		5 14 20 7 21 0,3	67,3 Kton		
Vervuild baggerslib (van baggerdepot)		Onbekend	Komt vrij bij (grote) baggerprojecten en op baggerdepots. Voorbeeld baggerproject in België ( <a href="#">link</a> ) en overzicht van locaties baggerdepots in Nederland ( <a href="#">link</a> ).		



1. Methodiek voor bepalen bottom-up volumes specifieke stromen: per afgebakende stroom (pag. 14) is per land op basis van diverse bronnen (zie [Appendix II: verantwoording bronnen & data](#)) een inschatting van het volume bepaald. Voor DE, FR en VK is het volume berekend voor het aandeel van de populatie dat in scope is. Voor enkele stromen geen data beschikbaar. Indien relevant, tonen we kwalitatieve inzichten.
2. O.b.v. inzicht van diverse partijen in de textielketen

## 4. Resultaten: volumes van stromen

**Voor de specifieke afvalstromen voor vergassing is data slechts beperkt beschikbaar. Per afvalstroom tonen we enkele kwantitatieve en/of kwalitatieve inzichten.**

	Benadering 1: Top-down	Benadering 2: Stort- en verbranding	Benadering 3: Bottom-up
	Plastics	Specifieke stromen	
Zeefgoed uit rioolwaterzuiveringsinstallaties (pre-zuivering)	1631	45	1143 1
	146 Kton		
Reststromen uit bodemasreiniging	Komt niet in aanmerking voor chemische recycling		
Vinasse (van Cosun)	Komt niet in aanmerking voor chemische recycling		
Autobanden <sup>3</sup>	0	77	25 1 139
	241 Kton		
Shredder-resten	139	740	255 209 VK: ?
	1.346 Kton		
Residu uit papiersortering en -recycling	Uit papiersortering: grote stukken (bijv. hout, vuilniszakken), beperkt volume.		
	Uit papierrecycling: bestaat uit 1) niet geschikte staartfractie en 2) en zeeffractie die alleen geschikt is na lastige en dure opschoningsstap		



O.b.v. cijfers Aquafin, "roostergoed" in Vlaanderen. Bevat alles wat via rooster of zeef wordt tegengehouden bij de pre-zuivering (EURAL-code 19 08 01). Wordt momenteel in Vlaanderen geheel verbrand.

Bevat een zeer lage energetische potentie en aandeel koolstoffen, omdat het een restproduct is uit verbranding.

Bevat veel mineralen en kent al nuttige toepassing in veevoer en bodemverbeteraar. Stroom heeft een waarde, waardoor vergassing strijdig is met leidend principe van hoogwaardige verwerking.

O.b.v. inschatting van het volume aan autobanden verbrand of gestort per land. Geschatte koolstofgehalte in autobanden +/- 73%.

O.b.v. cijfers Eurostat. Cijfers OVMB tonen een hoger volume voor Vlaanderen (400 Kton Post-Shredder-Treatment residu).

1) Komt uit de pulper, bevat vooral metaal. Niet interessant voor pyrolyse. 2) Fijn vermalen papierfractie met o.a. plastic en hout. Flinker opschoning nodig (o.b.v. onderzoek papierindustrie). In NL jaarlijkse enkele duizenden tonnen.

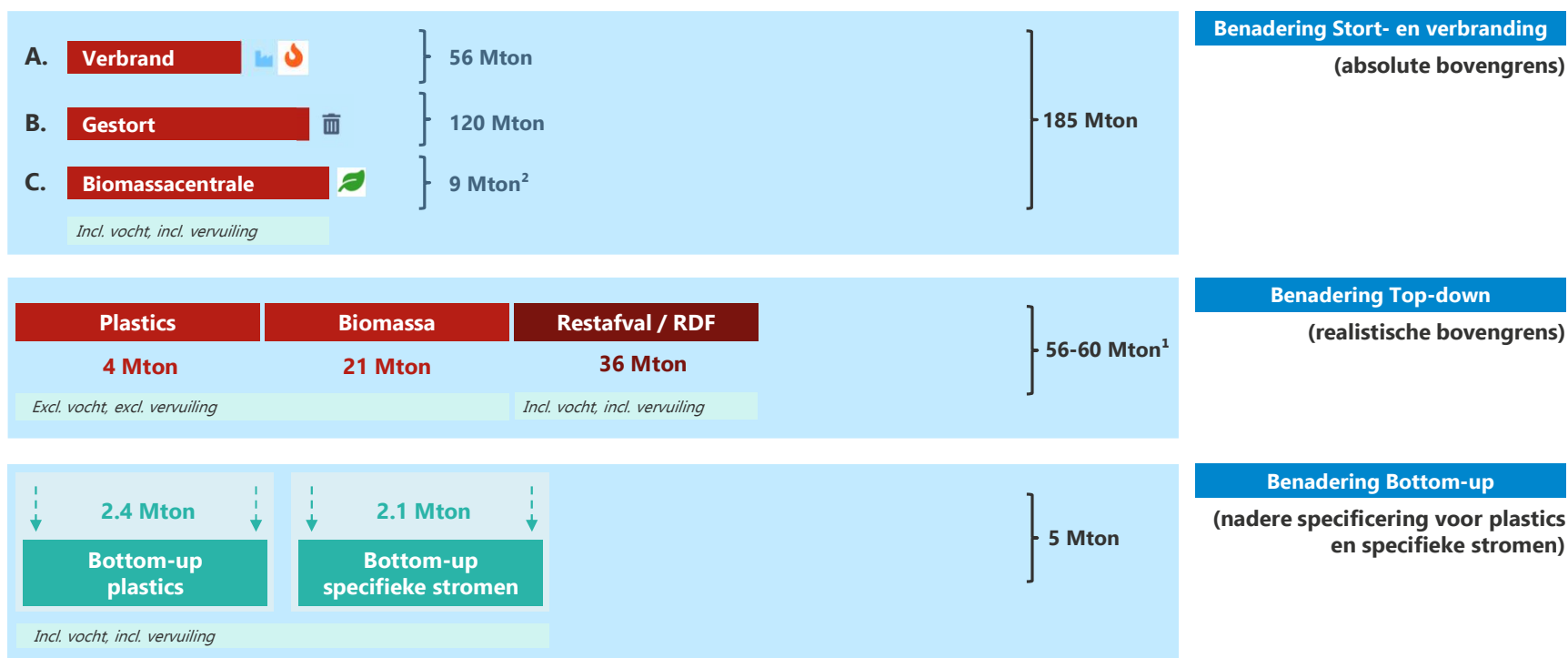
1. Voor meer weergaven, zie [Appendix I: datavisualisatie](#)

2. Methodiek voor bepalen bottom-up volumes specifieke stromen: per afgebakende stroom (pag. 14) is per land op basis van diverse bronnen (zie [Appendix II: verantwoording bronnen & data](#)) een inschatting van het volume bepaald. Voor DE, FR en VK is het volume berekend voor het aandeel van de populatie dat in scope is. Voor enkele stromen geen data beschikbaar. Indien relevant, tonen we kwalitatieve inzichten.

3. Het aandeel autobanden dat in aanmerking kan komen voor pyrolyse en vergassing in België en Nederland is respectievelijk 0,065 Kton en 0,703 Kton en is te wijten aan hoge graad van recyclage.

## 4. Resultaten: volumes van stromen

**Door de drie benaderingen te combineren, ontstaat een realistische bovengrens van 55-60 Mton<sup>1</sup>, met daarboven een absolute bovengrens van 185 Mton.**



1. Er is een gedeeltelijke overlap tussen het volume plastics en het volume restafval / RDF, daarom is een bandbreedte gegeven. De onderkant van de bandbreedte gaat uit van een volledige overlap tussen het volume plastics en restafval, de bovenkant van de bandbreedte gaat ervan uit dat er geen overlap is.

2. Excl. import. Deze capaciteit is incompleet. In ons onderzoek spreken we over 20Mton biomassa, waarvan het grootste deel verbrand wordt versus 9 Mton BEC-capaciteit. En van export is maar beperkt sprake.



5.

**Resultaten**  
**volumes die vrijkomen langs**  
**transportcorridors**



5. Resultaten: volumes die vrijkomen langs transportcorridors

## Het is noodzakelijk dat SDR feedstock op kostenefficiënte wijze naar zich toe kan trekken. De afstand tot het SDR-gebied en haar transportcorridors is hierin bepalend.

In de gebieden rondom SDR zijn meerdere (chemische) recyclingprojecten in ontwikkeling. De projecten zullen met elkaar concurreren om feedstock. Daarom is het belangrijk dat SDR de stromen kostenefficiënt naar zich toe kan trekken. In dit hoofdstuk brengen we in kaart welk deel van de feedstock kostenefficiënt getransporteerd kan worden naar SDR-gebied. Dit doen we op basis van de eerder getoonde transportcorridors (Afbeelding 3.3). Deze informatie gebruiken we om een beeld te vormen van of de ligging van SDR ten opzichte van de vrijgekomen volumes, gunstig dan wel niet gunstig is.

We brengen in kaart welk deel van de feedstock vrijkomt binnen een straal van **25 km** rond de transportcorridors.



### Gangbare kostenefficiënte radius voor transport van afval van en naar op- en overslag

Een kortere afstand tussen het SDR gebied en de stromen zorgt voor lagere transportkosten en daarmee een hogere kostenefficiëntie. Wat de meest optimale afstand is tussen de ontdoener en de op- en overslag, verschilt per afvalstroom. De gangbare maatstaven in de logistieke wereld liggen tussen de 20 en de 40 km. In onze analyse kijken we primair naar een straal van 25 km rond de transportcorridors en secundair naar een straal van 50 km. Bij een straal van 50 km wordt het gebied – en daarmee de volumes – groter, maar wordt het vervoer wel minder kostenefficiënt.

We doen deze exercitie voor 3 stromen. Deze stromen zijn gekozen o.b.v. beschikbaarheid van data rondom de transportcorridors:

1

#### Kunststofstromen DKR-350, DKR-310 en uitval bij kunststof sorteerdors en recyclers

o.b.v. werkelijke locaties sorteerdors en recyclers in NL en BE en aannames over capaciteit en uitval

2

#### Snoeihout

o.b.v. aantal hectare natuur-/bosgebied langs de transportcorridors. Hierbij wordt grasland en agrarisch gebied niet meegenomen.

3

#### Restafval

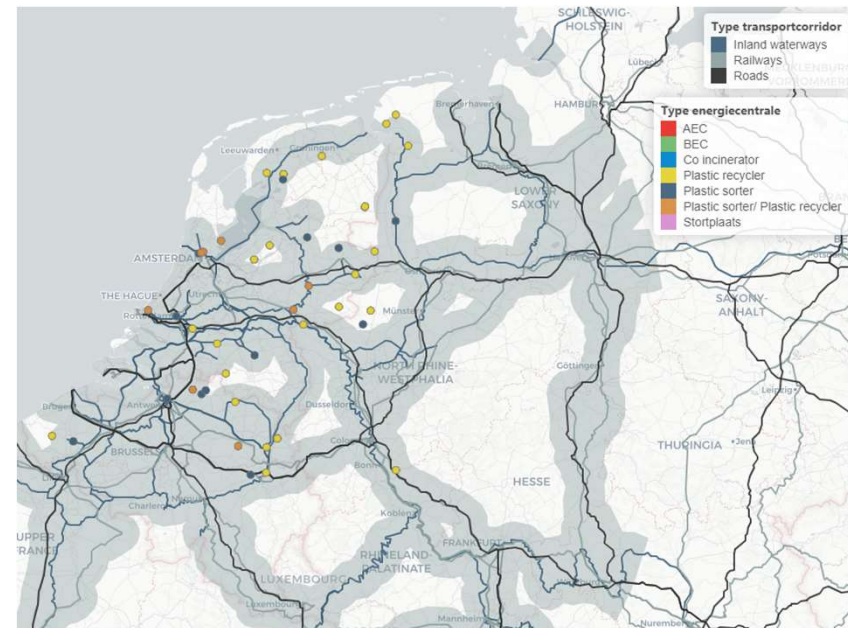
o.b.v. het aantal inwoners langs de transportcorridors

5. Resultaten: volumes die vrijkomen langs transportcorridors

## In nabijheid van de transportcorridors bevindt zich een groot aantal sorteerders en recyclers van kunststoffen. De ligging van SDR ten opzichte van deze installaties is gunstig.

**1. Kunststofstromen DKR-350, DKR-310 en uitval bij kunststof sorteerders en recyclers:** een scan van het aantal plastic sorteerders en recyclers NL en BE leert ons dat er zich minimaal ca. 35 sorteer- en/of recyclinginstallaties<sup>1</sup> bevinden binnen een straal van **25 km** van de transportcorridors. De totale verwerkingscapaciteit van deze installaties is ca. 1.500 Kton<sup>2</sup>. Hiervan is naar schatting **500 Kton residu**<sup>3</sup>. Ter vergelijking, het in Hoofdstuk 4 berekende volume residu en uitval uit plastic sortering en recycling in het hele scope gebied bedraagt 728 Kton. Minimaal **70%** hiervan komt dus vrij op een plek van waaruit kostenefficiënt transport naar SDR-gebied kan plaatsvinden. Wanneer we de straal naar 50 km vergroten wordt dit 80%.

Bij een deel van de bovengenoemde plastic sorteerders komen ook twee andere stromen uit dit onderzoek vrij: folies (DKR-310) en mix kunststoffen (DKR-350). Op basis van deze scan kunnen we echter niet aangeven bij welke sorteerders dit het geval is en daarmee niet welk aandeel van deze twee stromen er vrijkomt binnen een straal van 25 km dan wel 50 km van de transportcorridors.



1. Dit aantal is excl. nascheidingsinstallaties voor restafval.

2. Sorteerd- en recyclinginstallaties hebben in de regel een capaciteit van tussen de 10 en 75 Kton per jaar. Voor deze studie gaan we uit van een gemiddelde capaciteit van 42.5 Kton.

3. Het residu uit sortering en recycling verschilt sterk, afhankelijk van de kwaliteit van de feedstock en de toepassing van de output. Het ligt tussen de 10%-50%. In deze studie werken we met een gemiddelde uitval van 30%.

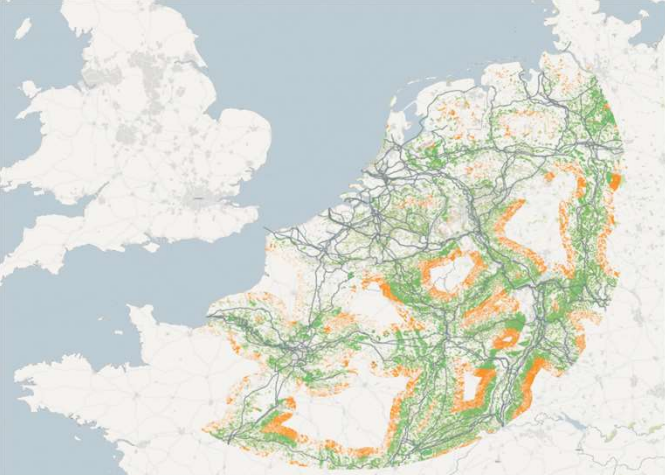


5. Resultaten: volumes die vrijkomen langs transportcorridors

## De ligging van het SDR gebied ten opzichte van het in het scopegebied aanwezige snoeihout is gunstig.

**2. Snoeihout:** circa 50-60% van al het snoeihout in het scopegebied in FR, DE en LU en circa 75-85% van het snoeihout in BE en NL komt vrij binnen een straal van 25 km van de transportcorridors. Bij het vergroten van de straal naar 50 km, stijgen deze percentages naar ruim 80% voor FR, DE en LU en 90-100% voor BE en NL.

	Deel van al het snoeihout in het scopegebied dat vrijkomt...	
	... in straal van 25 km rondom transportcorridors	... in straal van 50 km rondom transportcorridors
<b>NL</b>	83%	98%
<b>BE</b>	77%	94%
<b>FR</b>	61%	80%
<b>DE</b>	63%	84%
<b>LU</b>	54%	83%
<b>VK<sup>2</sup></b>	Transportcorridors niet beschikbaar gesteld, maar goed bereikbaar voor SDR vanwege de nabijheid van zeehavens.	



● Binnen straal van 25 km van transportcorridors  
● Binnen straal van 50 km van transportcorridors

1. Methode: aantal hectare natuur-/bosgebied langs transportcorridors (m.u.v. grasland en agrarisch gebied). De oppervlakte van het gebied waar snoeihout vandaan komt, is berekend aan de hand van de Copernicus "Corine Land Cover" data. Gebieden met de volgende codes zijn aangemerkt als snoeihoutgebied: 141: Green urban areas, 243: Land principally occupied by agriculture, with significant areas of natural vegetation, 244: Agro-forestry area, 311: Broad-leaved forest, 312: Coniferous forest, 313: Mixed forest, 323: Sclerophyllous vegetation, 324: Transitional woodland/shrub

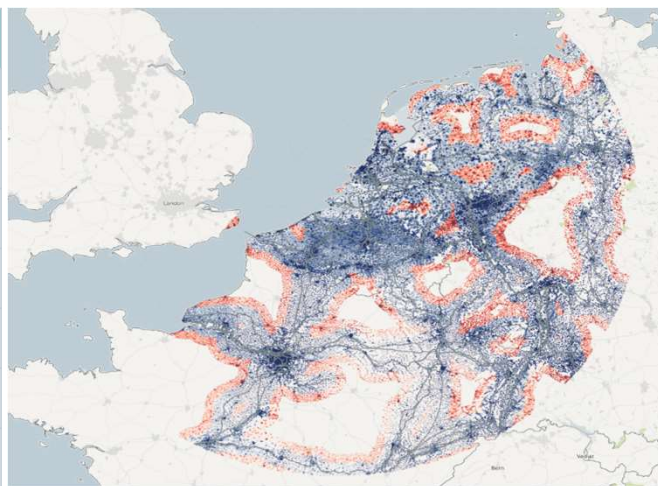
2. Het VK is niet aangesloten op de eerder geïdentificeerde transportcorridors (Afbeelding 3.3) en is daarom niet opgenomen in deze kaart.

5. Resultaten: volumes die vrijkomen langs transportcorridors

## Ook de ligging van het SDR gebied ten opzichte van het in het scopegebied aanwezige restafval is gunstig.

**3. Restafval:** circa 80-85% van het restafval in het scopegebied in FR, DE en LU en circa 90-100% van het restafval in BE en NL komt vrij binnen een straal van 25 km van de transportcorridors. Bij het vergroten van de straal naar 50 km, is dit circa 85-95% in FR en DE. Vrijwel al het restafval in NL, BE en LU (richting 100%) wordt met deze straal bereikbaar.

	Deel van al het restafval in het scopegebied dat vrijkomt...	
	... in straal van 25 km rondom transportcorridors	... in straal van 50 km rondom transportcorridors
<b>NL</b>	90%	99%
<b>BE</b>	97%	100%
<b>FR</b>	80%	87%
<b>DE</b>	80%	93%
<b>LU</b>	84%	96%
<b>VK<sup>2</sup></b>	Transportcorridors niet beschikbaar gesteld, maar goed bereikbaar voor SDR vanwege de nabijheid van zeehavens.	



● Binnen straal van 25 km van transportcorridors  
● Binnen straal van 50 km van transportcorridors

1. Methodiek: werkelijke verdeling van populatie in het scopegebied, weergegeven ten opzichte van de transportcorridors

2. Het VK is niet aangesloten op de eerder geïdentificeerde transportcorridors (Afbeelding 3.3) en is daarom niet opgenomen in deze kaart.



6.

**Resultaten**  
**karakteristieken van stromen**



6. Resultaten: karakteristieken van stromen

## Per stroom tonen we de meest relevante karakteristieken. Hierin maken we onderscheid tussen algemene eigenschappen en informatie over de huidige verwerking.

Onder **algemene eigenschappen** geven we de volgende informatie weer:

- **Euralcode.** Dit is een classificatiesysteem voor afvalstoffen dat gehanteerd wordt binnen de Europese Unie. De codes komen uit de Regeling Europese afvalstoffenlijst (Eural), die geldt sinds 2002.
- **Energetische potentie.** De energetische potentie geeft een indicatie van de hoeveelheid energie die uit een stroom opgewekt kan worden. Indien de energetische potentie heel laag is, zal pyrolyse of vergassing (met grondstof als output) een logischer alternatief zijn voor verbranding met energierugwinning.
- **Koolstofgehalte.** Het koolstofgehalte van een stroom geeft – in combinatie met het rendement van het pyrolyse- en vergassingsproces – aan in hoeveel output (grondstof- of brandstof) een stroom omgezet kan worden.

Voor inzicht in de achterliggende berekening van het aandeel koolstof en de energetische potentie van de niet-biogene stromen zie [Appendix V: aandeel koolstof en energetische potentie per stroom](#)

De informatie over **huidige verwerking** betreft:

- **Huidige verwerkingswijze.** Een grove indicatie van het aandeel van de stroom dat nu gerecycled, verbrand of gestort wordt.
- **Huidige aanleverwijze.** De vorm waarin de stroom op dit moment standaard aangeleverd wordt. Dit betekent overigens niet dat het in de toekomst niet in een andere vorm kan.
- **Huidige tarieven** voor verbranden en storten per land. Dit zijn immers de verwerkingsmethoden waarmee pyrolyse en vergassing willen concurreren.

## 6. Resultaten: karakteristieken van stromen

**Algemene eigenschappen – niet-biogene stromen**

## Algemene eigenschappen (1/3)

	EURAL code	Energetische potentie	Aandeel koolstoffen en volume in scopegebied <sup>1</sup>	
			% koolstof	volume
<b>Niet-biogeen (bottom-up, incl. vocht en vervuiling)</b>				
<b>Landbouwfolies</b>	02 01 04	26 MJ/kg	57%	118 Kton
<b>Folies bedrijven</b>	20 01 39	33 MJ/kg	68%	149 Kton
<b>Folies uit sortering PMD (DKR-310)</b>	20 03 01	32 MJ/kg	69%	95 Kton
<b>Folies uit sortering GHA en BSA</b>	19 12 04	29 MJ/kg	63%	530 Kton
<b>Verpakkingen uit uitpaklijn ODP</b>	15 01 02	21 MJ/kg	51%	55 Kton
<b>Mix kunststoffen uit sortering PMD (DKR-350)</b>	20 03 01	24 MJ/kg	59%	384 Kton
<b>Kunststof van huishoudens (geen verpakkingen)</b>	Diversen	27 MJ/kg	65%	305 Kton
<b>Residu/uitval uit sortering en recycling plastics</b>	Diversen	31 MJ/kg	69%	731 Kton

1. Volumes voor deze specifieke, niet-biogene plastic-stromen zijn gebaseerd op de bottom-up benadering (zie Hoofdstuk 4). Voor het bepalen van de energetische potentie en koolstofgehalte zijn diverse bronnen gebruikt (zie [Appendix II: verantwoording bronnen & data](#) en [Appendix V: aandeel koolstoffen en energetische potentie per stroom](#)).

## 6. Resultaten: karakteristieken van stromen

**Algemene eigenschappen – biogene stromen**

## Algemene eigenschappen (2/3)

	EURAL code	Energetische potentie	Aandeel koolstoffen en volume in scopegebied <sup>1</sup>	
			% koolstof	volume
<b>Biogeen (top-down, excl. vocht en vervuiling)</b>				
<b>Houtafval (inclusief A&amp;B-hout en C-hout)</b>	17 02 01	17 MJ/kg	43%	7.611 Kton
<b>Snoeihout</b>	02 01 07; 03 03 01; 20 02 01	20 MJ/kg	43%	8.693 Kton
<b>Bermaaisel/bermgras<sup>2</sup></b>	20 02 01	18 MJ/kg <sup>3</sup>	44%	0 Kton
<b>Zaagsel<sup>2</sup></b>	03 01 05	18 MJ/kg	43%	0 Kton
<b>Slib</b>	19 08 diversen	10 MJ/kg <sup>3</sup>	28%	4.140 Kton
<b>Meststromen</b>	02 01 06	13 MJ/kg	25%	248 Kton

1. Volumes voor deze meer algemene biogene stromen zijn gebaseerd op de top-down benadering (zie Hoofdstuk 4). Voor het bepalen van de energetische potentie en koolstofgehalte zijn diverse bronnen gebruikt (zie [Appendix II: verantwoording bronnen & data](#) en [Appendix V: aandeel koolstoffen en energetische potentie per stroom](#)).
2. Merk op dat er voor bermaaisel/bermgras en zaagsel geen volume in scope zit. Dit komt omdat deze stromen reeds gerecycled/hergebruikt worden (zie hoofdstuk 4). Voor de volledigheid geven we ze wel mee, inclusief aandeel koolstoffen.
3. Inschatting SDR en Rebel o.b.v. vergelijking met de energetische potentie van de andere stromen

6. Resultaten: karakteristieken van stromen

## Algemene eigenschappen – restafval / RDF

### Algemene eigenschappen (3/3)

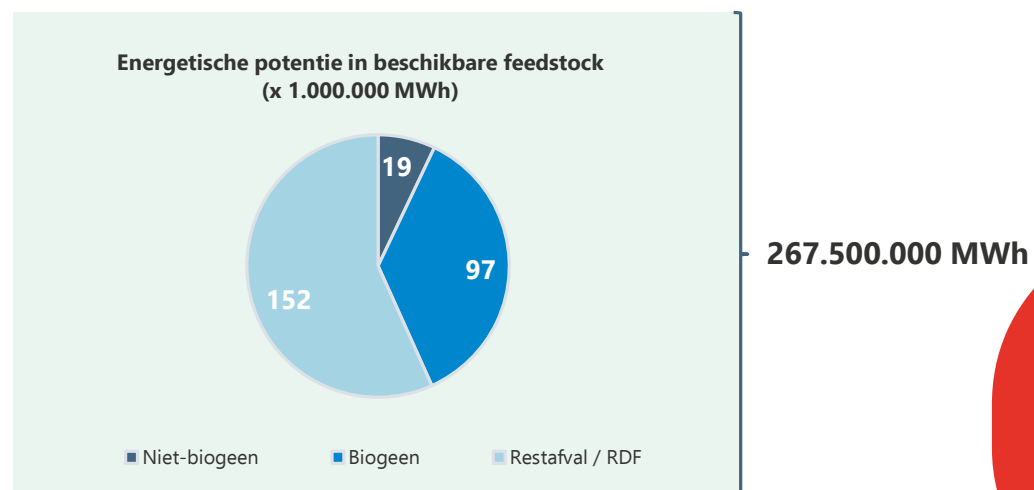
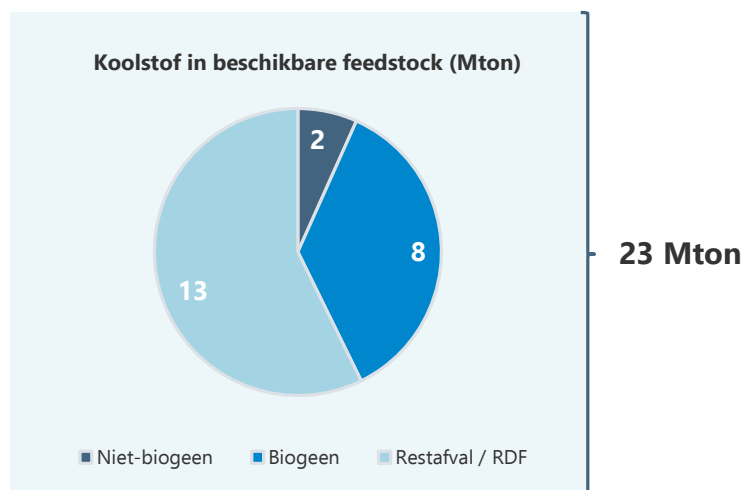
	EURAL code	Energetische potentie	Aandeel koolstoffen en volume in scopegebied <sup>1</sup>	
			% koolstof	volume
<b>Mix (top-down, incl. vocht en vervuiling)</b>				
<b>Restafval / RDF</b>	20 03 01	Restafval: 9.5 MJ/kg RDF: 10-20 MJ/kg <sup>2</sup>	Restafval: 28% RDF: 35%	36.500 Kton

1. Volumes voor deze meer algemene mix-stromen zijn gebaseerd op de top-down benadering (zie Hoofdstuk 4). Voor het bepalen van de energetische potentie en koolstofgehalte zijn diverse bronnen gebruikt (zie [Appendix II: verantwoording bronnen & data](#) en [Appendix V: aandeel koolstoffen en energetische potentie per stroom](#)).

6. Resultaten: karakteristieken van stromen

## De totale hoeveelheid koolstoffen voor de feedstock in scope bedraagt 23 Mton. Gezamenlijk heeft deze feedstock een energetische potentie van 267.500.000 MWh.

De totale hoeveelheid koolstoffen in de beschikbare feedstock is circa **23 Mton**. De totale energetische potentie bedraagt circa **267.500.000 MWh**. Dit totaal is berekend aan de hand van de gegevens op de vorige drie pagina's. In onderstaand diagram staat de opsplitsing van dit totaal naar type feedstock.

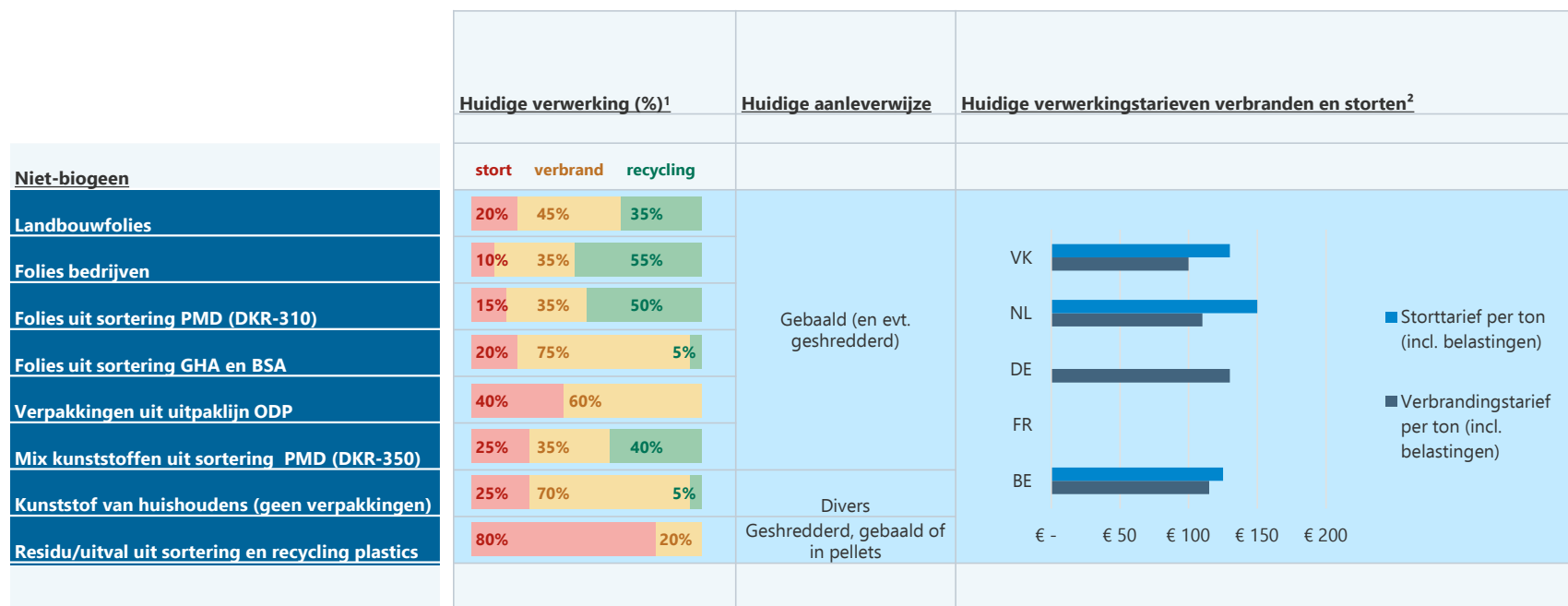




## 6. Resultaten: karakteristieken van stromen

**Huidige verwerking – niet-biogene stromen (mix van stort, verbranding en recycling)**

## Informatie over de huidige verwerking (1/3)

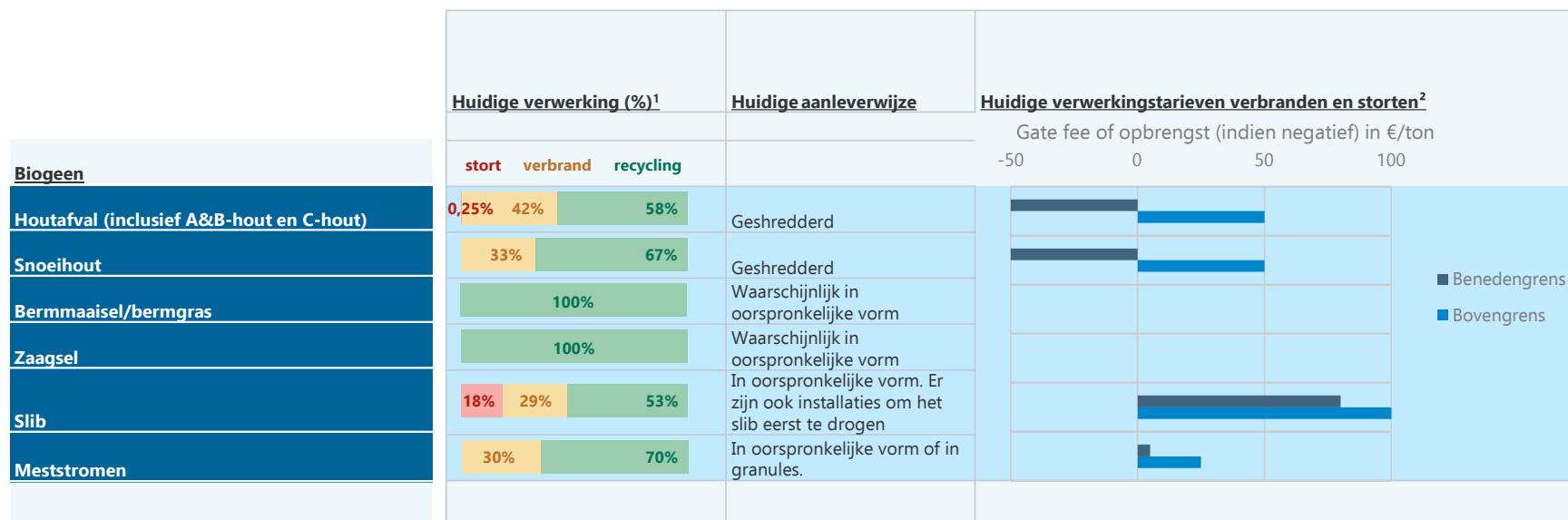


- De huidige verwerking betreft een grove indicatie en is tot stand gekomen op basis van percentages per stroom per land ([Appendix II: verantwoording bronnen & data](#)).
- Per land zijn op basis van diverse openbare en niet-openbare bronnen ([Appendix II: verantwoording bronnen & data](#)) de huidige verwerkingstarieven voor storten en verbranden bepaald. In praktijk kennen de tarieven een bandbreedte, in de grafiek wordt het midden van de bandbreedte getoond. Gegevens voor Frankrijk ontbreken evenals gegevens over storttarief Duitsland wegens geen beschikbaarheid van data. NB. De storttarieven van een aantal specifieke stromen (bijv. shredderresten en bodemas) wijken in België met ca. € 40 per ton af van de getoonde bandbreedte (bron: tarieven en capaciteiten voor storten en verbranden, actualisatie tot 2021, OVAM)

## 6. Resultaten: karakteristieken van stromen

**Huidige verwerking – biogene stromen (grotendeels gerecycled, deels verbrand)**

## Informatie over de huidige verwerking (2/3)



- De huidige verwerking betreft een grove indicatie en is tot stand gekomen op basis van percentages per stroom per land ([Appendix II: verantwoording bronnen & data](#)).
- De huidige verwerkingstarieven gelden in Nederland en zijn op basis van diverse openbare en niet-openbare bronnen bepaald ([Appendix II: verantwoording bronnen & data](#)).

6. Resultaten: karakteristieken van stromen

## Huidige verwerking – restafval / RDF (grotendeels gestort of verbrand)

### Informatie over de huidige verwerking (3/3)

	Huidige verwerking (%) <sup>1</sup>	Huidige aanleverwijze	Huidige verwerkingstarieven			
<b>Mix</b>	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <span>stort</span> <span>verbrand</span> <span>recycling</span> </div>					
<b>Restafval / RDF</b>	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="width: 25%; background-color: #f08080; text-align: center; color: white;">25%</div> <div style="width: 75%; background-color: #f0e68c; text-align: center; color: white;">75%</div> </div>	Restafval: (geperst) in containers Restafval opgewerkt tot RDF: in balen, briketten of pellets	Restafval: zie verwerkingstarieven op pag. 41 RDF: tarieven onbekend, maar de gate fees zijn voor dit type RDF lager dan de verwerkingstarieven op pag. 41. <sup>2</sup>			

1. De huidige verwerking betreft een grove indicatie en is tot stand gekomen op basis van percentages per stroom per land ([Appendix II: verantwoording bronnen & data](#)).



7.

## Resultaten ketenoverzicht

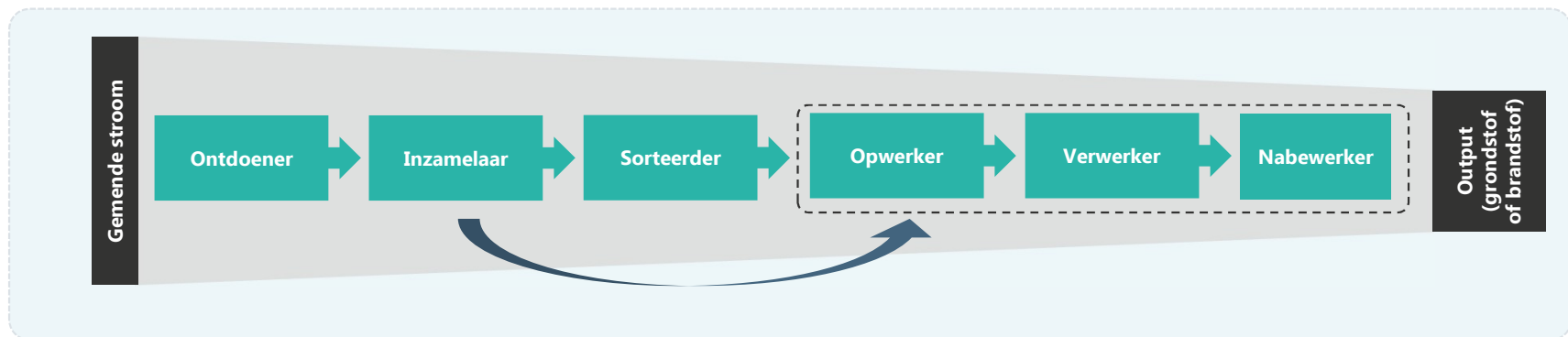


7. Resultaten: ketenoverzicht

## In het ketenoverzicht wordt een onderscheid gemaakt tussen de ketens voor pyrolyse en vergassing.

In Afbeelding 7.1 staat de afvalketen geschetst. Op de volgende 2 pagina's geven we de keten voor pyrolyse en vergassing weer (de omcirkelde stappen in Afbeelding 7.1). Het ketenoverzicht voor pyrolyse en vergassing is een veralgemeniseerde weergave van de werkelijkheid en kan per type installatie en type feedstock op detailniveau verschillen. Omdat chemische recycling van post-consumer afvalstromen een relatief nieuwe activiteit is, is het op dit moment nog niet in beton gegoten wie welke ketenstap uitvoert. De chemische recyclers willen de feedstock zoveel als mogelijk op specificatie ontvangen, zodat zij zelf alleen nog maar een lichte voorbereidingsstap uit hoeven te voeren (bijv. verwijderen van stoorstoffen). Over het algemeen hebben de chemische recyclers de nabewerking van pyrolyse-olie dan wel syngas (intermediates) in de scope van hun proces, soms in samenwerking met een andere partij. Echter, een aantal partijen geeft aan dat het bespreekbaar is om deze nabewerkingsstap achterwege te laten.

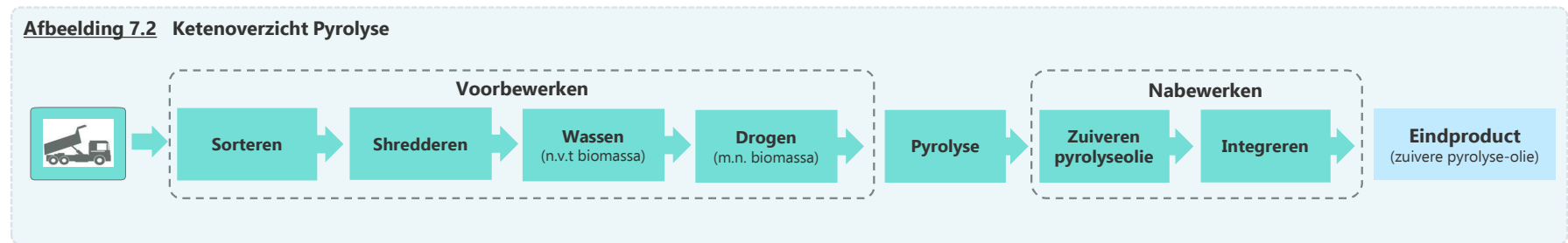
**Afbeelding 7.1** Afvalketen



7. Resultaten: ketenoverzicht

## Pyrolyseketen

In Afbeelding 7.2 staat de pyrolyseketen weergegeven, inclusief outputs en de wijze waarop deze verwerkt (kunnen) worden. Bij pyrolyse wordt de feedstock zonder zuurstof verwarmd. Hieruit ontstaat pyrolyse-olie (intermediate). Deze pyrolyse-olie dient over het algemeen gezuiverd te worden en kan vervolgens op verschillende manieren opgewerkt worden tot diverse eindproducten die ingezet kunnen worden als grondstof of brandstof.

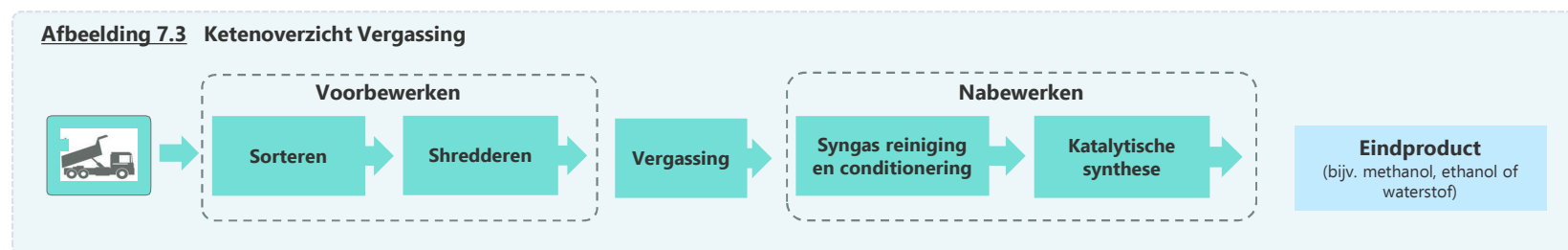


1. Bron: database Rebel en interviews (zie [Appendix II: verantwoording bronnen & data](#)).

7. Resultaten: ketenoverzicht

## Vergassingketen

In Afbeelding 7.3 staat de vergassingketen weergegeven<sup>2</sup>, inclusief outputs en de wijze waarop deze verwerkt (kunnen) worden. Vergassing is het verwarmen van materiaal met toevoeging van zuurstof. De input wordt bij vergassing afgebroken tot de kleinste moleculaire bouwstenen (H<sub>2</sub> en CO). Deze combinatie van bouwstenen wordt syngas genoemd. Dit syngas dient over het algemeen gereinigd te worden en kan vervolgens op verschillende manieren opgewerkt worden tot diverse eindproducten die ingezet kunnen worden als grondstof of brandstof.



1. Bron: database Rebel en interviews (zie [Appendix II: verantwoording bronnen & data](#)).
2. Voor dit onderzoek hebben wij niet naar het proces van superkritische watervergassing gekeken.

7. Resultaten: ketenoverzicht

## Ketenrendement

Het rendement en de kwaliteit van de output van de pyrolyse- en vergassingketen hangt af van de kwaliteit van de input en de specifieke technieken die gebruikt worden. Het materiaalrendement (massa) van de hele keten (incl. voor- en nabewerking) is ongeveer 50%. Massaverliezen in de voorbereiding zijn over het algemeen 10-30% en bevatten deels vocht en materialen die geschikt zijn voor recycling (bijv. metalen). Andere massaverliezen in de keten zijn inert materiaal en residuen (bijv. teer). Nieuwe technologieën worden ontwikkeld om teer verder te vergassen of vorming ervan te vermijden.

Massaverlies treedt ook op bij het aanwenden van off-gas als energiebron voor de verwerkingsinstallatie. Door elektrificatie van de verwerkingsinstallatie, met het idee na elektrificatie het off-gas in te zetten als bruikbaar materiaal/output, kan het materiaalrendement van specifiek de pyrolyse- en vergassingstap 85-90% worden. Verdere ontwikkeling van specifiek de pyrolyse- en vergassingstap is o.a. gericht op koolstof-efficiëntie, met als doel deze naar 95+% brengen.

1. Bron: database Rebel en interviews (zie [Appendix II: verantwoording bronnen & data](#)).



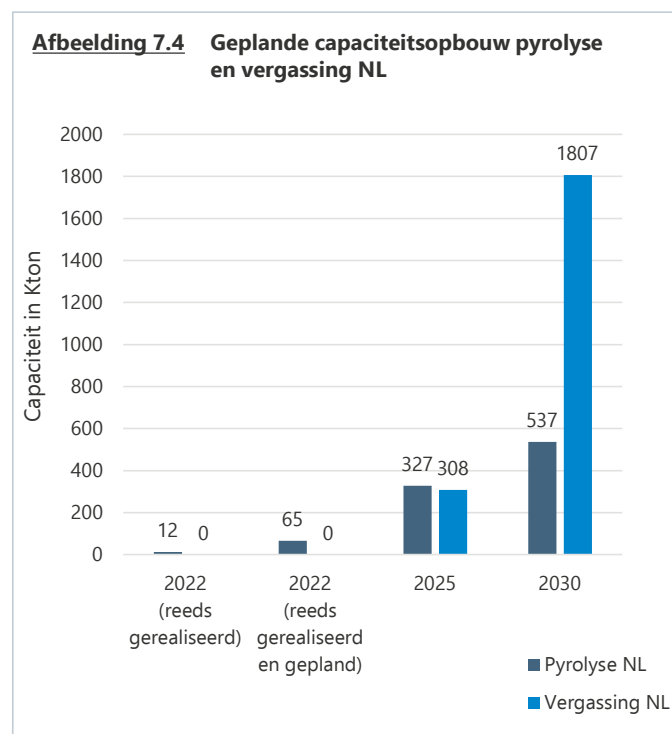
## 7. Resultaten: ketenoverzicht

### Stand der techniek: wereldwijd zijn er diverse pyrolyse- en vergassingsinstallaties gerealiseerd op industriële schaal. Ook binnen het scopegebied zijn er ontwikkelingen.

In de voorbereidingsstap van pyrolyse en vergassing wordt gebruikt gemaakt van standaard-sorteertechnieken zoals magneten, trommelzeven en NIR (near infrared). Het TRL-niveau<sup>3</sup> van deze stap is dan ook 9.

Ondanks dat pyrolyse en vergassing van post-consumer afvalstromen nog relatief nieuw is, zijn er wereldwijd diverse installaties gerealiseerd op industriële schaal. Voorbeelden van pyrolyse-installaties in Europa zijn Quantafuel (Denemarken, 16 Kton), Plastic Energy (Spanje 5 Kton), Blue Cycle (Nederland, 20 Kton) en Renasci (België, capaciteit pyrolyse-installatie onbekend). Voor vergassing is bij ons maar één vergelijkbare installatie bekend, dit is de installatie van Enerkem (Canada, 100 Kton). Daarnaast zijn er binnen het scopingsgebied diverse pyrolyse- en vergassingsprojecten in ontwikkeling. De SDR 'buren' Port of Rotterdam en Port of Antwerp-Bruges hebben stevige ambities voor de ontwikkeling van een grootschalig recyclagecluster<sup>1</sup>, waarvan chemische recycling een onderdeel moeten worden en import van feedstock uit omliggende landen noodzakelijk is bevonden.

Afbeelding 7.4 toont voor Nederland de gerealiseerde en geplande capaciteit (na voorbereiding)<sup>2</sup>. Bij de meeste geplande projecten is de planningsfase afgerond en wordt nu gewerkt aan het rondkrijgen van financiering of het technische ontwerp.



1. Rotterdam towards a circular port, Circle Economy; 2019, [NextGen District becomes a hotspot for the circular economy in Port of Antwerp \(portofantwerpbruges.com\)](#)

2. Gebaseerd op Rapportage Doelbereik 2022 (Rebel – Versnellingsstafel Chemische Recycling, 2023)

3. Het TRL-niveau verwijst naar het concrete ontwikkelingsniveau van een project. Er zijn negen niveaus van vooruitgang waarin een nieuw project zich in kan bevinden. Hoe hoger het niveau, hoe verder gevorderd het product is in het proces van totstandkoming.

## 7. Resultaten: ketenoverzicht

### Beleidsmatige uitdagingen (1/2)

Chemische recycling van post-consumer afvalstromen tot grondstof is relatief nieuw (op grote schaal). Dit brengt vraagstukken en uitdagingen met zich mee op het gebied van ketenintegratie (wie voert welke processtap uit), samenwerking (de chemie- en afvalwereld spreken een andere taal, chemische recyclers hebben baat bij gezamenlijk onderzoek, maar zijn terughoudend in het onderling delen van informatie), regulerend kader en financiering. Uit de Rapportage Doelbereik 2022 (Rebel – Versnellingstafel Chemische Recycling, 2023) blijkt dat de chemische recyclers het gebrek aan een regulerend kader voor chemische recycling als voornaamste risico voor hun activiteiten zien. Concreet zijn er de volgende Europese beleidsmatige uitdagingen<sup>1</sup>:

1. **Erkenning** van chemische recycling als **recyclingmethode**. In Nederland wordt chemische recycling wel erkend als recycling, maar niet even hoogwaardig als mechanische recycling. De positionering van chemische recycling in de afvalhiërarchie is nog in ontwikkeling. Deze gaat mede afhangen van de verschillende recyclingroutes die ontstaan, de verschillende inputstromen die dienen als feedstock en de hoogwaardigheid van het recyclaat van deze routes.
2. Bovenstaande zou ook door moeten werken in **UPV-systemen**. Deze kennen nu alleen doelstellingen op kwantiteit en niet op kwaliteit, waardoor chemische recycling niet (standaard) in aanmerking komt voor een producentenvergoeding.
3. Onzekerheid/ onduidelijkheid over de **einde-afval status** van het output product (bijv. pyrolyse-olie). Een belangrijke oorzaak is dat chemische recycling vaak uit meerdere stappen bestaat en dat de overgang van afval naar einde-afval minder expliciet te duiden is dan bij bijvoorbeeld mechanische recycling. Dit zorgt voor onzekerheid over de potentiële toepassingsmogelijkheden en daarmee onzekerheid over afzet.

<sup>1</sup> Deze beleidsmatige uitdagingen zijn uitdagingen die als dusdanig gepercipieerd worden door chemisch recyclers die (willen) opereren op de Noordwest Europese markt. Het betreft een selectie van uitdagingen die deels zijn overgenomen uit het door de Nederlandse Versnellingstafel Chemische Recycling van Kunststoffen gepubliceerde Whitepaper Chemische Recycling ([link](#)), of zijn gebaseerd op eerdere Rebel-projecten (Rapportage Doelbereik 2022 en diverse niet openbare rapporten) en interviews.

## 7. Resultaten: ketenoverzicht

### Beleidsmatige uitdagingen (2/2)

4. Het kunnen claimen van gerecyclede content via een **massabalans aanpak** kan opschaling van chemische recycling versnellen. Via massabalans kan met een boekhoudsysteem de hoeveelheid gerecyclede koolstof worden bijgehouden. Tot op heden is er vanuit Europa echter geen duidelijkheid over welke allocatiemethodiek in de toekomst gehanteerd gaat worden. Het uitblijven hiervan zorgt voor onduidelijkheid bij ketenpartijen, belemmert het nemen van investeringsbeslissingen en verhoogt bovendien de kans op greenwashing omdat er een minder duidelijk kader wordt gesteld t.a.v. het maken van claims op prestaties.
5. Installaties hebben te maken met **regulering** van zowel **de chemische- als de afvalindustrie** en op zowel het gebied van producten (op Europees niveau bepaald) als op het gebied van afval (op nationaal niveau bepaald). Dit zorgt voor extra complexiteit, bijvoorbeeld bij het verkrijgen van vergunningen.
6. Het opzetten van (innovatieve) chemische recycling installaties vraagt veel financiële middelen. De grote omvang van de projecten kan soms leiden tot een **lagere subsidieerbaarheid of een perceptie van een lagere subsidieerbaarheid**. Overheden redeneren al snel dat een kleine subsidie geen verschil maakt omwille van de grote totale nood aan middelen. Maar ook deze kleine bijdragen kunnen net een belangrijke rol spelen, minstens omwille van de signaalfunctie. Daarnaast is er mogelijke mismatch tussen vraag en aanbod: algemeen zijn er veel subsidies beschikbaar voor innovatieve en duurzame projecten om o.a. grondstoffen terug te winnen, maar mogelijk past een specifieke technologie voor chemische recycling niet in een algemeen beschreven subsidieprogramma. Ook worden sommige subsidieprogramma's door de markt als niet-interessant bestempeld omdat het relatief veel (administratieve) lasten brengt ten aanzien van de te halen subsidie.

1. Deze beleidsmatige uitdagingen zijn een selectie op basis van eerdere Rebel-projecten (Rapportage Doelbereik 2022 en diverse niet openbare rapporten) en interviews.



8.

**Conclusies**



## 8. Conclusies

# We gebruiken vijf criteria<sup>1</sup> om te bepalen welke stromen het meest kansrijk zijn voor SDR

Nu de volumes en karakteristieken van de potentiële stromen voor pyrolyse en vergassing in kaart gebracht zijn en bekend zijn, kunnen we SDR een advies geven over op welke stromen zich te richten. Om te bepalen welke stromen het meest kansrijk zijn voor SDR om aan te trekken, gebruiken we **3 primaire criteria**. Deze zijn gebaseerd op de scope van het onderzoek. Aanvullend zijn er nog andere criteria denkbaar.

- 1. Hoog totaal-volume koolstof:** een hoog aandeel koolstof in combinatie met een hoog volume leidt tot meer bruikbare output van de pyrolyse of vergassing die vervolgens ingezet kan worden als brandstof of grondstof.
- 2. Lage energetische potentie:** bij stromen met een lage energetische potentie zal pyrolyse of vergassing (met grondstof als output) een logischer alternatief zijn voor verbranding met energie-terugwinning. Daarbij merken we op dat verschillende typen thermische verwerkingsinstallaties zijn afgesteld op een range in calorische waarde. Zowel een te lage als een te hoge calorische waarde is voor bepaalde thermische verwerkingsinstallaties niet wenselijk.
- 3. Hoog huidig verwerkingstarief:** er kan makkelijker geconcurrereerd worden met stromen die nu tegen een hoog tarief verwerkt worden.

Richting de toekomst wegen er echter nog **2 andere criteria** mee. Deze zijn gebaseerd op de scope van het onderzoek. Aanvullend zijn er nog andere criteria denkbaar.

- 1. Uitgebreide Producenten Verantwoordelijkheid (UPV)** van toepassing: het belang om afvalstromen die onder producentenverantwoordelijkheid vallen te recyclen is groter en met de financiële bijdrage vanuit de UPV komt de business case van recycling eerder rond. Dit speelt op dit moment slechts in zeer beperkte mate, omdat chemische recycling niet (standaard) meetelt in het behalen van de recyclingdoelen en niet (standaard) in aanmerking komt voor een producentenvergoeding.
- 2. Geen zicht op mechanische recycling** (met een goede kwaliteit output) op korte en middellange termijn: afvalstromen waarvan het technisch of economisch niet haalbaar is om ze (volledig) mechanisch te recyclen, zullen sneller met succes aangetrokken kunnen worden voor chemische recycling.

De tabel op de volgende bladzijde vat deze criteria voor alle onderzochte stromen samen. Omdat de volumes per type stroom (niet-biogeen, biogeen en mix) op verschillende wijze tot stand zijn gekomen (bottom-up versus top-down) beoordelen we per categorie welke stromen het meest kansrijk zijn.

1. De criteria zijn gebaseerd op de scope van dit onderzoek. Er zijn nog andere criteria denkbaar, zoals mate van concurrentie op een stroom of complexiteit van voorbewerking.

## 8. Conclusies

## Samenvattende tabel stromen

Stroom	Volume (stort en verbrand)	Aandeel koolstof	Totaal koolstof	Energ. potentie	Totaal energie	Huidige verwerking <sup>1</sup>			UPV (in NL)	Verwerkingstarief
						stort	verbrand	recycling		
<b>Niet-biogeën (bottom-up)</b>										
	Kton	%	Kton	MJ/kg	x 1.000.000 MWh					€ per ton
Landbouwfolies	118	57%	67	26	0,9	20%	45%	35%	In onderzoek	Verbrandingstarief per ton (incl. belastingen) varieert tussen €100 en €130 voor BE, FR, DE, NL, VK
Folies bedrijven	149	68%	101	33	1,4	10%	35%	55%	Deels en niet volledig in uitvoering	
Folies uit sortering PMD (DKR-310)	95	69%	66	32	0,8	15%	35%	50%	Deels	
Folies uit sortering GHA en BSA	530	63%	334	29	4,3	20%	75%	5%	Deels en niet volledig in uitvoering	
Verpakkingen uit uitpaklijn ODP	55	51%	28	21	0,3	40%	60%		Ja	
Mix kunststoffen uit sortering PMD (DKR-350)	384	59%	227	24	2,6	25%	35%	40%	Deels	
Kunststof van huishoudens (geen verpak.)	304	65%	198	27	2,3	25%	70%	5%	Nee	
Residu/uitval sortering en recycling plastics	731	69%	504	31	6,3	80%		20%	Deels	
<b>Biogeën (top-down)<sup>2</sup></b>										
Houtafval (inclusief A&B-hout en C-hout)	7.611	43%	3.273	17	35,9	0,25%	42%	58%	Nee	Fluctuerende tarieven NL, BE, DE, tussen €50 gate fee en €50 opbrengst
Snoeihout	8.693	43%	3.738	20	48,3		33%	67%	Nee	
Slib	4.140	28%	1.159	10	11,5	18%	29%	53%	Nee	€ 80-100 per ton
Meststromen	248	25%	62	13	0,9		30%	70%	Nee	€ 5-25 per ton
<b>Mix (top-down)</b>										
Restafval / RDF	36.500	35%	12.775	15	152	25%		75%	Deels	Restafval: zie tarieven niet-biogeën. RDF: onbekend
<b>Totaal</b>	<b>59.559</b>		<b>22.532</b>		<b>267,5</b>					

1. De huidige verwerking betreft een grove indicatie en is tot stand gekomen op basis van percentages per stroom per land. 2. De huidige verwerkingstarieven voor biogene stromen, zijn de tarieven die gelden in NL.

## 8. Conclusies

### **De niet-biogene stromen lijken kansrijk om aan te trekken. Dit geldt met name voor folies uit sortering GHA en BSA en residu uit sortering en recycling.**

Op basis van de uitkomsten in de tabel op de vorige pagina kunnen wij per type stroom het volgende concluderen. We benadrukken dat deze conclusies gebaseerd zijn op criteria die niet in scope zijn van dit onderzoek. Er zijn nog andere criteria –niet in scope van dit onderzoek- meewegen om te bepalen of een stroom kansrijk is om aan te trekken.

#### **Niet-biogene stromen**

De niet-biogene stromen zijn allemaal koolstofrijk (min. 50% koolstof) en relatief gezien wordt dit type stroom nog veel gestort. Ten opzichte van storten is chemische recycling een zeer interessant alternatief, ongeacht of de output grondstof of brandstof is. De tarieven voor storten en verbranden zijn relatief hoog en zullen in de toekomst naar alle waarschijnlijkheid toenemen door de uitvoering van beleid om storten en verbranden te ontmoedigen (stort- en verbrandingsbelastingen en CO<sub>2</sub>-tax). Daarnaast is er in alle landen in scope, in meer of mindere mate, sprake van producentenverantwoordelijkheid op verpakkingen. Dit alles maakt de niet-biogene stromen die nu gestort of verbrand worden over het algemeen kansrijk om aan te trekken voor pyrolyse.

Wanneer we de individuele stromen binnen de categorie niet-biogene beoordelen, lijken de volgende stromen het meest kansrijk om aan te trekken voor pyrolyse:

- 1. Folies uit sortering van grof huishoudelijk afval en bouw- en sloopafval.** Met een totaal volume van 530 Kton en een koolstofaandeel van 63%, bevat deze stroom 334 Kton koolstof. Dit is aan de bovenkant van het spectrum van de niet-biogene stromen. Nagenoeg het totale volume van deze stroom wordt gestort of verbrand. Een deel van deze folies kwalificeert als verpakking en kent daarmee, afhankelijk van de wijze van uitvoering, producentenverantwoordelijkheid.
- 2. Residu en uitval uit sortering en recycling van plastic.** Met een totaal volume van 731 Kton en een koolstofaandeel van 69%, bevat deze stroom 504 Kton koolstof. Dit is een de bovenkant van het spectrum van de niet-biogene stromen. Het overgrote deel van deze stroom wordt gestort, de rest wordt verbrand. Een deel van dit residu bestaat uit plastic verpakkingen en valt daarmee onder producentenverantwoordelijkheid.
- 3. Optioneel is de mix kunststoffen uit sortering PMD (DKR 350)** ook interessant. Ook voor deze stroom geldt dat ze veel koolstof bevat (227 Kton in totaal) en dat producentenverantwoordelijkheid van toepassing is. Het verschil met de bovenstaande twee stromen is dat recycling voor een belangrijk deel al plaatsvindt. Hierbij is het dus de vraag: zet de keten in op verbetering van mechanische recycling van deze stroom of op aanvullende inzet van chemische recycling. De reden waarom mechanische recycling niet voor de volledige stroom plaatsvindt is echter geen onderdeel van dit onderzoek.

## 8. Conclusies

### **De biogene stromen kennen een groot totaalvolume, maar lijken op basis van de overige criteria minder kansrijk om aan te trekken dan de niet-biogene stromen.**

Op basis van de uitkomsten in de tabel op de vorige pagina kunnen wij per type stroom het volgende concluderen. We benadrukken dat deze conclusies gebaseerd zijn op criteria die niet in scope zijn van dit onderzoek. Er zijn nog andere criteria –niet in scope van dit onderzoek- meewegen om te bepalen of een stroom kansrijk is om aan te trekken.

#### **Biogene stromen**

Wanneer we de biogene stromen vergelijken met de niet-biogene stromen is het belangrijk om voor ogen te houden dat in de tabel op pag. 56 de volumes van de biogene stromen via de top-down methode tot stand zijn gekomen en de volumes van de niet-biogene stromen via de bottom-up methode en daardoor de niet-biogene volumes per definitie kleiner zijn. Wanneer we het totale top-down volume biogene stromen dat gestort en verbrand wordt (21 Mton) vergelijken met het totale top-down volume niet-biogene stromen dat gestort en verbrand wordt (4 Mton, pag. 18), zien we dat dit volume vijf keer zo groot is.

Echter, de biogene stromen zijn met 25-45% koolstof minder koolstofrijk dan de niet-biogene stromen (50-70%). Daarnaast ligt het aandeel van de biogene stromen dat naar recycling gaat een stuk hoger dan bij de niet-biogene stromen. De tarieven voor verbranding van afval- en snoeihout en mest zijn lager dan de verbrandingstarieven voor de niet-biogene stromen en de mix-stromen. De verbrandingstarieven voor afval- en snoeihout fluctueren echter sterk. Op dit moment neemt de vraag naar biomassa voor verschillende verwerkingsmethoden sterk toe en daarmee wordt het voor verwerkers duurder om deze stromen naar zich toe te trekken. Dit kan echter over een paar jaar anders zijn.

Er zijn twee aspecten die positief bijdragen aan de kansrijkheid van het aantrekken van biogene stromen. Bij de biogene stromen die verbrand worden in een BEC speelt mee dat de publieke en politieke opinie jegens deze wijze van verwerking in de laatste jaren een negatieve draai heeft gemaakt doordat vers hout uit verre landen als feedstock gebruikt werd of wordt. En de energetische potentie van deze stromen ligt met 10-20 MJ/kg lager dan bij de niet-biogene stromen.

Op basis van volume is het dus interessant voor SDR om zich te richten op de biogene stromen. Op basis van de overige criteria, zien wij de biogene stromen over het algemeen als minder kansrijk om aan te trekken voor pyrolyse.

- 1. Slib** vormt hierop wellicht een uitzondering. De totale hoeveelheid koolstof is met 1.159 Kton de moeite waard en de energetische potentie is met 10 MJ/kg. relatief laag. De verwerkingstarieven voor slib liggen hoger dan voor de andere biogene stromen en daarnaast is er op de Nederlandse markt een tekort aan verwerkingscapaciteit. Of er in de andere landen in het scope-gebied ook sprake is van ondercapaciteit zal apart bekeken moeten worden. Ook wordt een deel van deze stroom nog gestort. Dit is niet het geval bij de andere biogene stromen.



## 8. Conclusies

# Mix-stromen en shredder-resten kennen een groot volume en lijken kansrijk om aan te trekken.

Op basis van de uitkomsten in de tabel op de vorige pagina kunnen wij per type stroom het volgende concluderen. We benadrukken dat deze conclusies gebaseerd zijn op criteria die niet in scope zijn van dit onderzoek. Er zijn nog andere criteria –niet in scope van dit onderzoek- meewegen om te bepalen of een stroom kansrijk is om aan te trekken.

### Mix-stromen

Restafval, opgewerkt tot RDF, is veruit de grootste stroom. Met een volume van 36.500 Kton en een koolstofaandeel van 35%, bevat deze stroom 12.775 Kton koolstof. Door beleid dat zich richt op de transitie naar een circulaire economie zien we deze stroom wel langzaam afnemen, over het algemeen ten gunste van mechanische recycling. In de toekomst zullen ook vermindering van materiaal in de productie en consumptiefase en hergebruik hier debet aan zijn. De verwachting is dat de stroom restafval die 'overblijft' steeds viezer zal zijn, deze verandering in samenstelling zal ook voor vergassing minder gewenst zijn. Het totale volume van deze stroom wordt gestort of verbrand. Ten opzichte van storten is chemische recycling een zeer interessant alternatief, ongeacht of de output grondstof of brandstof is. Tarieven voor storten en verbranden zijn relatief hoog en zullen in de toekomst naar alle waarschijnlijkheid toenemen door de uitvoering van beleid om storten en verbranden te ontmoedigen (stort- en verbrandingsbelastingen en CO2-tax). Daarbij moet wel de kanttekening geplaatst worden dat het restafval eerst een flinke opwerkslag moet ondergaan, alvorens geschikt te zijn voor vergassing. Dit brengt ook kosten met zich mee. Alles bij elkaar genomen zien wij restafval, op te werken tot RDF, als een kansrijke stroom om aan te trekken voor vergassing.

### Specifieke stromen

Voor de specifieke stromen hebben we in dit onderzoek alleen gekeken naar volumes en de huidige verwerkingwijze. Op basis hiervan lijken de shredder-resten uit autorecycling (1.346 Kton) een kansrijke stroom. Deze stroom is ook door OVMB als een interessante stroom voor pyrolyse of vergassing genoemd.

Voor een groot deel van de benoemde kansrijke stromen geldt dat deze vrijkomen binnen een afstand van 25 km en dus kostenefficiënt naar SDR-gebied getransporteerd kunnen worden. Voor al deze stromen geldt dat de daadwerkelijke hoeveelheid bruikbare output afhangt van de efficiency van de pyrolyse- dan wel vergassingketen en dat er nog andere criteria – die niet in scope zijn van dit onderzoek – meewegen om te bepalen of een stroom kansrijk is om aan te trekken.



9.

**Appendix I:**  
**datavisualisatie**



## 9. Appendix I

### Datavisualisatie

In deze rapportage zijn de totale volumes feedstock weergegeven in verschillende visualisaties, met behulp van kaarten, staafgrafieken en Sankey-diagrammen. Onderliggende data is beschikbaar via een online datavisualisatie-dashboard, gemaakt met gebruik van R Shiny. In dit dashboard kunnen naar wens andere doorsneden van de data worden weergegeven (per type en per land), en kan de data daarmee op groter detailniveau worden uitgelezen.

Het online dashboard bevat drie pagina's:

1. **Sankey flow diagram:** op deze pagina zijn Sankey flow diagrammen beschikbaar met de volumes van verschillende feedstock stromen. Door een land en één of meer typen feedstock te selecteren, kunnen verschillende doorsneden van de data worden gevisualiseerd. Door de muis boven een feedstock stroom in het diagram te houden of op de stroom te klikken wordt meer data over de stroom ontsloten.
2. **Grafiek plastics bottom-up:** op deze pagina zijn de gevonden volumes plastic feedstock met de bottom-up methode, zoals beschreven in deze rapportage, weergegeven. Hier kan per land gevonden worden wat de volumes zijn die in scope zijn.
3. **Grafiek specifieke stromen:** op deze pagina zijn de gevonden volumes voor de specifieke stromen, zoals beschreven in deze rapportage, weergegeven.
4. **Kaart:** op deze pagina is een kaart te zien waarop wordt weergegeven welke volumes afval op dit moment op welke locaties worden gestort of verbrand. Bij sommige van deze locaties is het volume in Kton onbekend. Door op een locatie te klikken, wordt aanvullende informatie ontsloten. De lijst van gevonden locaties is niet uitputtend; er kunnen aanvullende locaties zijn waar verbranding en stort plaatsvindt.

Toegang tot dit dashboard kan aangevraagd worden bij SDR via het volgende e-mail adres: [office@smartdeltaresources.nl](mailto:office@smartdeltaresources.nl). Het dashboard wordt gehost door Rebel via Shinyapps.





10.

**Appendix II:**  
**verantwoording data & bronnen**



# Data over gebieden in scope

## Algemeen

- ▶ Eurostat Data Browser; diverse jaren; [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/explore/all/all\\_themes](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/explore/all/all_themes)
- ▶ Kaarten gebieden in scope o.b.v. Eurogeographics; geraadpleegd in 2023; <https://eurogeographics.org/maps-for-europe/>
- ▶ Transportcorridors Nederland en België; geraadpleegd in 2023; [Programma Goederenvervoercorridors | Top Corridors](#)
- ▶ Transportcorridors Europa o.b.v. TEN-T; geraadpleegd in 2023; [Trans-European Transport Network \(TEN-T\) \(europa.eu\)](#)

# Data over de volumes en verwerking van de stromen

Niet-biogene stromen   Biogene stromen   Mix-stromen en specifieke stromen

## Top-down volumes en verwerkingwijze

- ▶ Bron voor totale volumes gestort en verbrand voor BE, FR, DE en UK: Eurostat Data Browser; 2020; [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/explore/all/all\\_themes](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/explore/all/all_themes)
- ▶ Bron voor totale volumes gestort en verbrand voor NL: Afvalverwerking in Nederland gegevens 2021; 2023; <https://www.afvalcirculair.nl/publish/pages/91894/afvalverwerking-in-nederland-gegevens-2021.pdf>
- ▶ Eurostat Data Browser; 2020; [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/explore/all/all\\_themes](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/explore/all/all_themes)
- ▶ Plastics Europe Database; 2020; <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/infographics-circular-economy-for-plastics/>

## Bottom-up volumes en verwerkingwijze

- ▶ Activiteitenverslag 2022, Fostplus; 2023; [activity report 2022 \(fostplus.be\)](https://www.fostplus.be/activiteitenverslag-2022)
- ▶ Afvalcijfers op een rij – achterliggende database, CBS; 2021; [Afvalcijfers op een rij \(cbs.nl\)](https://www.cbs.nl/afvalcijfers-op-een-rij)
- ▶ Kunststofketenmodel Rebel; 2018; niet publiek beschikbaar
- ▶ LCKVA Samenstelling ingezameld kunststof/PMD verpakkingen - het effect van inzamelsystemen; 2018; <https://vang-hha.nl/kennisbibliotheek/samenstelling/>
- ▶ Plastics Europe Database; 2020; <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/infographics-circular-economy-for-plastics/>
- ▶ Rapport Afvalprikkel Drift; 2019; <https://drift.eur.nl/nl/publicaties/afvalprikkel/>
- ▶ Rebel database; data over periode 2019 – 2023; niet publiek beschikbaar
- ▶ RVO Landbouwfolie; 2018; <https://data.rvo.nl/subsidies-regelingen/projecten/recycling-landbouwfolie>
- ▶ Samenstelling grof huishoudelijk afval Royal Haskoning, 2017, [https://www.eerstekamer.nl/overig/20171219/uitvoering\\_van\\_moties\\_en\\_samenstelling\\_ingezameld\\_kunststof/PMD\\_verpakkingen \(kidv.nl\)](https://www.eerstekamer.nl/overig/20171219/uitvoering_van_moties_en_samenstelling_ingezameld_kunststof/PMD_verpakkingen)
- ▶ Samenstelling ingezameld kunststof/PMD verpakkingen, KIDV; 2017; [https://www.kidv.nl/media/kunststofketen/rapporten\\_en\\_factsheets/kunststofketen\\_mix\\_kunststoffen.pdf](https://www.kidv.nl/media/kunststofketen/rapporten_en_factsheets/kunststofketen_mix_kunststoffen.pdf)
- ▶ TNO Marktverkenning mix kunststoffen en folies; 2017; [https://www.kidv.nl/media/kunststofketen/rapporten\\_en\\_factsheets/kunststofketen\\_mix\\_kunststoffen.pdf](https://www.kidv.nl/media/kunststofketen/rapporten_en_factsheets/kunststofketen_mix_kunststoffen.pdf)
- ▶ Volume BSA uit Afvalverwerking in Nederland gegevens 2020; 2022; <https://www.afvalcirculair.nl/onderwerpen/linkportaal/publicaties/downloads/downloads-0/afvalverwerking-nederland-gegevens-2020/>
- ▶ Interviews met Nedvang en Renewi; 2023

# Data over de volumes en verwerking van de stromen

Niet-biogene stromen   **Biogene stromen**   Mix-stromen en specifieke stromen

- ▶ Absorbing the Potential of Wood Waste in EU Regions and Industrial Bio-based Ecosystems, BioReg; 2020; <https://cordis.europa.eu/project/id/727958>
- ▶ Afvalverwerking in Nederland gegevens 2021; 2023; <https://www.afvalcirculair.nl/publish/pages/91894/afvalverwerking-in-nederland-gegevens-2021.pdf>
- ▶ Eurostat Data Browser; diverse jaren; [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/explore/all/all\\_themes](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/explore/all/all_themes)
- ▶ CBS; diverse jaren; <https://www.cbs.nl/>
- ▶ CORINE Land Cover 2018 (vector/raster 100 m), Europe, 6-yearly; 2018; <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018>
- ▶ Factors Shaping the Recycling Systems for Plastic Packaging Waste – A Comparison between Austria, Germany and The Netherlands, WUR; 2021; <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/12/6772>
- ▶ Influent fijnzeven in RWZI's STOWA; 2010; <https://www.stowa.nl/sites/default/files/assets/PUBLICATIES/Publicaties%202010/STOWA%202010-19.pdf>
- ▶ Inventaris biomassa 2011-2012, OVAM; 2013; <https://www.vlaanderen.be/publicaties/inventaris-biomassa-2011-2012>
- ▶ Inventarisatierapport Groenvisie Bermen HWN RWS; 2021
- ▶ Marktanalyse biomassareststromen OVAM; 2022; <https://www.vlaanderen.be/publicaties/marktanalyse-biomassareststromen-2022>
- ▶ Resultaten\_overzicht\_2018 Vlaanderen - Omgeving Vlaanderen; 2018; <https://omgeving.vlaanderen.be/nl/monitoringsysteem-duurzaam-oppervlakedelfstoffenbeleid>
- ▶ Sewage sludge management in Europe a critical analysis of data quality; 2016; [https://www.researchgate.net/publication/311273547\\_Sewage\\_sludge\\_management\\_in\\_Europe\\_a\\_critical\\_analysis\\_of\\_data\\_quality](https://www.researchgate.net/publication/311273547_Sewage_sludge_management_in_Europe_a_critical_analysis_of_data_quality)
- ▶ Verkenning chemische recycling, update 2019, CE Delft; 2019; <https://ce.nl/publicaties/verkenning-chemische-recycling-update-2019/>
- ▶ Website EFGF over Cellulose; geraadpleegd in 2023; <https://www.efgf.nl/producten/cellulose/>

# Data over de volumes en verwerking van de stromen

Niet-biogene stromen   Biogene stromen   **Mix-stromen en specifieke stromen**

## Restafval volumes

- ▶ Afvalverwerking in Nederland gegevens 2021; 2023; <https://www.afvalcirculair.nl/publish/pages/91894/afvalverwerking-in-nederland-gegevens-2021.pdf>
- ▶ Belgium Waste to Energy roadmap Rebel; 2022; niet publiek beschikbaar
- ▶ Plan National de gestion des Dechets et Ressources Luxembourg; 2022; [https://environnement.public.lu/fr/offall-ressourcen/principes-gestion-dechets/Plan\\_national\\_de\\_gestion\\_des\\_dechets\\_PNGD.html](https://environnement.public.lu/fr/offall-ressourcen/principes-gestion-dechets/Plan_national_de_gestion_des_dechets_PNGD.html)
- ▶ Prévention, collecte et traitement des déchets ménager; 2022; <https://www.ccomptes.fr/fr/publications/prevention-collecte-et-traitement-des-dechets-menagers>
- ▶ RDF Industry Group data voor 2022; 2023; [The Future of RDF Export Market in Europe – RDF Industry Group](#) (op aanvraag beschikbaar)
- ▶ Perspektiven der thermischen Abfallbehandlung - Roadmap 2040 -Prognos; 2017; [tab roadmap verbranding DE-2040.pdf](#)

## Specifieke stromen

- ▶ Autobanden: General Composition of a Tire; geraadpleegd in 2023; [https://www.researchgate.net/figure/General-Composition-of-a-Tire\\_tbl1\\_328420080](https://www.researchgate.net/figure/General-Composition-of-a-Tire_tbl1_328420080)
- ▶ Autobanden: Optimization of fuel production from waste vehicle tires by pyrolysis and resembling to diesel fuel by various desulfurization methods; 2021; <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016236112004875>
- ▶ Composieten: Data over capaciteit windenergie per land o.b.v. Eurostat; 2021; Eurostat.eu (online data code: NRG\_INF\_EPCRW)
- ▶ Composieten: Data over totaal aan composieten o.b.v. EuCIA in Windeurope; 2020; <https://windeurope.org/wp-content/uploads/files/about-wind/reports/WindEurope-Accelerating-wind-turbine-blade-circularity.pdf>
- ▶ Shredderresten: Cijfer shredderresten OVMB o.b.v. document "221108\_SDRFL\_TF Circular Waste (Final)"; 2022; gedeeld door SDR met Rebel
- ▶ Shredderresten: Data shredderresten van Eurostat; 2020; Eurostat.eu (online data code: env\_waselvt)
- ▶ Textiel: Cijfer textielresidu NL o.b.v. van inzichten van diverse partijen in de textielketen; 2023; niet publiek beschikbaar
- ▶ Textiel: Scenario ontwikkeling kosten- en opbrengsten textielketen Rebel; 2023; niet publiek beschikbaar



# Data over de volumes en verwerking van de stromen

Niet-biogene stromen   Biogene stromen   **Mix-stromen en specifieke stromen**

- ▶ Vervuild baggerslib: voorbeeld baggerproject in België van <https://www.vrt.be/vrtnws/nl/2022/12/12/kranen-halen-17-000-m-vervuild-slib-uit-antitankgracht-in-schil/> en overzicht van locaties baggerdepots NL van <https://www.rijkswaterstaat.nl/water/waterbeheer/beheer-en-ontwikkeling-rijkswateren/baggeren/baggerdepots>
- ▶ Zeefgoed: Data Aquafin over roostergoed RWZI's in Vlaanderen (2018-2023) geëxtrapoleerd naar gehele scopegebied; <https://www.aquafin.be>
- ▶ Zeefgoed: Website Aquafin; geraadpleegd in 2023; <https://www.aquafin.be/nl-be/particulieren>
- ▶ Interviews Renewi, Cosun en onafhankelijk bodemas-expert; 2023

# Data over eigenschappen van de stromen

Niet-biogene stromen   Biogene stromen   Mix-stromen

## Aandeel koolstoffen en energetische potentie

- ▶ Correctie voor PE draagtasjes i.v.m. verbod per 1-1-2016 o.b.v. TNO Marktverkenning mix kunststoffen en folies (Bijlage 4); 2017; [https://kidv.nl/media/kunststofketen/rapporten\\_en\\_factsheets/kunststofketen\\_mix\\_kunststoffen.pdf](https://kidv.nl/media/kunststofketen/rapporten_en_factsheets/kunststofketen_mix_kunststoffen.pdf)
- ▶ Ecoinvent database; 2023; niet publiek beschikbaar
- ▶ Ketenanalyse Huishoudelijk Restafval FFact en BK Ingenieurs ob.v. omrekening NIR waarden 2016; 2018; [https://s3.eu-central-1.amazonaws.com/p0005-prod-b24ed4bd9ec3440d82663a9531074c0e/public/skao\\_publication\\_document/0001/11/1c63d875c4c2f77520abf0e9695dbee98b05b368.pdf](https://s3.eu-central-1.amazonaws.com/p0005-prod-b24ed4bd9ec3440d82663a9531074c0e/public/skao_publication_document/0001/11/1c63d875c4c2f77520abf0e9695dbee98b05b368.pdf)
- ▶ Plastics The Facts, Plastics Europe; 2022; <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-facts-2022/>
- ▶ Samenstelling Polyamide o.b.v. informatie Wikipedia; geraadpleegd in 2023; <https://en.wikipedia.org/wiki/Polyamide>
- ▶ Samenstelling Polycarbonaat o.b.v. informatie Wikipedia; geraadpleegd in 2023; <https://en.wikipedia.org/wiki/Polycarbonate>
- ▶ Samenstelling Styreen en Acrylonitriël o.b.v. informatie Wikipedia; geraadpleegd in 2023; [https://en.wikipedia.org/wiki/Styrene-acrylonitrile\\_resin](https://en.wikipedia.org/wiki/Styrene-acrylonitrile_resin)
- ▶ Some Physical and Chemical Properties of Compost; 2015; <https://www.walshmedicalmedia.com/open-access/some-physical-and-chemical-properties-of-compost-2252-5211-1000172.pdf>
- ▶ Standaardwaarden NIR waarde 2020, Emissie autoriteit; 2022; <https://www.emissieautoriteit.nl/documenten/hulpdocument/2020/06/30/standaardwaarden-nir-2020>
- ▶ Interviews met Renewi; 2023

## Huidige verwerking

- ▶ Plastics Europe Database; 2020; <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/infographics-circular-economy-for-plastics/>
- ▶ Rebel database; data over periode 2019 – 2023; niet publiek beschikbaar
- ▶ Tarieven en capaciteiten voor sorteren en verbranden, actualisatie tot 2021, OVAM; 2022; [https://ovam.vlaanderen.be/documents/177281/3453664/TARIEVEN\\_EN\\_CAPACITEITEN\\_2021\\_publicatie\\_v2.pdf/a5aef26e-2189-bd92-70ea-c79beff214d7?t=1687435190837&download=true](https://ovam.vlaanderen.be/documents/177281/3453664/TARIEVEN_EN_CAPACITEITEN_2021_publicatie_v2.pdf/a5aef26e-2189-bd92-70ea-c79beff214d7?t=1687435190837&download=true)

# Data over eigenschappen van de stromen

Niet-biogene stromen   **Biogene stromen**   Mix-stromen

## Aandeel koolstoffen en energetische potentie

- ▶ Assessment of the occurrence, spatiotemporal variations and geoaccumulation of fifty-two inorganic elements in sewage sludge: A sludge management revisit; 2017; [https://www.nature.com/articles/s41598-017-05879-9#:~:text=1\)%20emphasizes%20the%20presence%20of,in%20the%20sludge%20samples](https://www.nature.com/articles/s41598-017-05879-9#:~:text=1)%20emphasizes%20the%20presence%20of,in%20the%20sludge%20samples)
- ▶ Contributions of hemicellulose, cellulose, and lignin to the mass and the porous characteristics of activated carbons produced from biomass residues by phosphoric acid activation; 2022; [https://www.researchgate.net/figure/Biochemical-composition-in-wt-in-hemicellulose-H-cellulose-C-and-lignin-L\\_fig1\\_343321170](https://www.researchgate.net/figure/Biochemical-composition-in-wt-in-hemicellulose-H-cellulose-C-and-lignin-L_fig1_343321170)
- ▶ ECN Phyllis classification; geraadpleegd in 2023; <https://phyllis.nl/Browse/Standard/ECN-Phyllis#wood%20waste>
- ▶ Energetische valorisatie van hoogcalorische afvalstromen in Vlaanderen Deel 2: Afvalaanbod, procesbeschrijvingen en toepassingsmogelijkheden Eindrapport, Vito; 2003; [https://emis.vito.be/sites/emis/files/pages/migrated/Afval\\_HCA\\_eindrapport\\_Deel\\_1.pdf](https://emis.vito.be/sites/emis/files/pages/migrated/Afval_HCA_eindrapport_Deel_1.pdf)
- ▶ Fuel Properties of Woody Biomass from Pruning Operations in Fruit Orchards; 2017; <https://bioresources.cnr.ncsu.edu/resources/fuel-properties-of-woody-biomass-from-pruning-operations-in-fruit-orchards/>
- ▶ Informatie over zaagsel o.b.v. website Ritsema; geraadpleegd in 2023; [http://www.ritsemafourage.nl/zaagsel/#:~:text=Zaagsel%20is%20bij%20ons%20verkrijgbaar,9%2C5%20ton\)%20per%20container](http://www.ritsemafourage.nl/zaagsel/#:~:text=Zaagsel%20is%20bij%20ons%20verkrijgbaar,9%2C5%20ton)%20per%20container)
- ▶ Lignin Extraction from Lignocellulosic Biomass Using Sub- and Supercritical Fluid Technology as Precursor for Carbon Fiber Production; 2017; [https://www.researchgate.net/figure/Cellulose-hemicellulose-and-lignin-content-in-different-types-of-lignocellulosic\\_tbl1\\_319383292](https://www.researchgate.net/figure/Cellulose-hemicellulose-and-lignin-content-in-different-types-of-lignocellulosic_tbl1_319383292)
- ▶ Manure, A valuable resource, WUR; 2014; <https://edepot.wur.nl/498084>
- ▶ Mulch type and application of manure and composts in strawberry (Fragaria × ananassa Duch.) production: Impact on soil fertility and yield; 2015; [https://www.researchgate.net/publication/273091607\\_Mulch\\_type\\_and\\_application\\_of\\_manure\\_and\\_composts\\_in\\_strawberry\\_Fragaria\\_ananassa\\_Duch\\_production\\_Impact\\_on\\_soil\\_fertility\\_and\\_yield](https://www.researchgate.net/publication/273091607_Mulch_type_and_application_of_manure_and_composts_in_strawberry_Fragaria_ananassa_Duch_production_Impact_on_soil_fertility_and_yield)
- ▶ Optimization of Preparation Conditions of Sewage sludge based Activated Carbon; 2021; <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2090447920301945>
- ▶ Physico-chemical analysis and calorific values of poultry manure; 2010; <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20089391/>
- ▶ Physico-Chemical Characterization of Agricultural Residues as Precursors for Activated Carbon Preparation; 2017; [https://www.researchgate.net/publication/345007222\\_Physico-Chemical\\_Characterization\\_of\\_Agricultural\\_Residues\\_as\\_Precursors\\_for\\_Activated\\_Carbon\\_Preparation](https://www.researchgate.net/publication/345007222_Physico-Chemical_Characterization_of_Agricultural_Residues_as_Precursors_for_Activated_Carbon_Preparation)

# Data over eigenschappen van de stromen

Niet-biogene stromen   **Biogene stromen**   Mix-stromen

- ▶ Recent Research on Municipal Sludge as Soil Fertilizer in China: a Review; 2023; <https://link.springer.com/article/10.1007/s11270-023-06142-w#:~:text=Municipal%20sludge%20contains%20many%20valuable,et%20al.%2C%202019>
- ▶ Samenstelling Acrolinitriël, Butadeen en Styreen o.b.v. informatie Wikipedia; geraadpleegd in 2023; [https://en.wikipedia.org/wiki/Acrylonitrile\\_butadiene\\_styrene](https://en.wikipedia.org/wiki/Acrylonitrile_butadiene_styrene)
- ▶ Samenstelling Bermgras o.b.v. Lignin Extraction from Lignocellulosic Biomass Using Sub- and Supercritical Fluid Technology as Precursor for Carbon Fiber Production; 2017; [https://www.researchgate.net/publication/319383292\\_Lignin\\_Extraction\\_from\\_Lignocellulosic\\_Biomass\\_Using\\_Sub\\_and\\_Supercritical\\_Fluid\\_Technology\\_as\\_Precursor\\_for\\_Carbon\\_Fiber\\_Production](https://www.researchgate.net/publication/319383292_Lignin_Extraction_from_Lignocellulosic_Biomass_Using_Sub_and_Supercritical_Fluid_Technology_as_Precursor_for_Carbon_Fiber_Production)
- ▶ Samenstelling Biomassa, Papier o.b.v. diverse bronnen; geraadpleegd in 2023; [https://www.researchgate.net/figure/Cellulose-hemicellulose-and-lignin-content-in-different-types-of-lignocellulosic\\_tbl1\\_319383292](https://www.researchgate.net/figure/Cellulose-hemicellulose-and-lignin-content-in-different-types-of-lignocellulosic_tbl1_319383292) en [https://www.researchgate.net/figure/Lignin-cellulose-and-hemicellulose-content-of-selected-biomass-52-57\\_tbl1\\_276951365](https://www.researchgate.net/figure/Lignin-cellulose-and-hemicellulose-content-of-selected-biomass-52-57_tbl1_276951365)
- ▶ Samenstelling Meststoffen o.b.v. diverse bronnen; geraadpleegd in 2023; [https://www.researchgate.net/publication/273091607\\_Mulch\\_type\\_and\\_application\\_of\\_manure\\_and\\_composts\\_in\\_strawberry\\_Fragaria\\_ananassa\\_Duch\\_production\\_Impact\\_on\\_soil\\_fertility\\_and\\_yield](https://www.researchgate.net/publication/273091607_Mulch_type_and_application_of_manure_and_composts_in_strawberry_Fragaria_ananassa_Duch_production_Impact_on_soil_fertility_and_yield) en <https://www.walshmedicalmedia.com/open-access/some-physical-and-chemical-properties-of-compost-2252-5211-1000172.pdf>
- ▶ Samenstelling Slib o.b.v. gemiddelde van diverse bronnen; geraadpleegd in 2023; <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2090447920301945> en [https://www.nature.com/articles/s41598-017-05879-9#:~:text=1\)%20emphasizes%20the%20presence%20of,in%20the%20sludge%20samples](https://www.nature.com/articles/s41598-017-05879-9#:~:text=1)%20emphasizes%20the%20presence%20of,in%20the%20sludge%20samples) en <https://link.springer.com/article/10.1007/s11270-023-06142-w#:~:text=Municipal%20sludge%20contains%20many%20valuable,et%20al.%2C%202019> en [https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/env\\_wasgt\\_esms.htm#unit\\_measure1678715205082](https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/env_wasgt_esms.htm#unit_measure1678715205082)
- ▶ Zaagsel: The Use of Waste Biomass from the Wood Industry and Municipal Sources for Energy Production; 2012; <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/11/3083>

## Huidige verwerking

- ▶ Rebel database; data over periode 2019 – 2023; niet publiek beschikbaar

# Data over eigenschappen van de stromen

Niet-biogene stromen   Biogene stromen   **Mix-stromen**

## Aandeel koolstoffen en energetische potentie

- ▶ Ketenganalyse Huishoudelijk Restafval FFact en BK Ingenieurs ob.v. omrekening NIR waarden 2016; 2018; [https://s3.eu-central-1.amazonaws.com/p0005-prod-b24ed4bd9ec3440d82663a9531074c0e/public/skao\\_publication\\_document/0001/11/1c63d875c4c2f77520abf0e9695dbee98b05b368.pdf](https://s3.eu-central-1.amazonaws.com/p0005-prod-b24ed4bd9ec3440d82663a9531074c0e/public/skao_publication_document/0001/11/1c63d875c4c2f77520abf0e9695dbee98b05b368.pdf)
- ▶ RDF/SRF evolution in the MSW sector: coexistence of BMT and selective collection, E.C. Rada & M. Ragazzi; 2015; <https://www.witpress.com/elibrary/sdp-volumes/10/1/916>

## Huidige verwerking

- ▶ Rebel database; data over periode 2019 – 2023; niet publiek beschikbaar
- ▶ Tarieven en capaciteiten voor storten en verbranden, actualisatie tot 2021, OVAM; 2022; [https://ovam.vlaanderen.be/documents/177281/3453664/TARIEVEN\\_EN\\_CAPACITEITEN\\_2021\\_publicatie\\_v2.pdf/a5aef26e-2189-bd92-70ea-c79beff214d7?t=1687435190837&download=true](https://ovam.vlaanderen.be/documents/177281/3453664/TARIEVEN_EN_CAPACITEITEN_2021_publicatie_v2.pdf/a5aef26e-2189-bd92-70ea-c79beff214d7?t=1687435190837&download=true)
- ▶ Interviews met AEB en onafhankelijk RDF-expert; 2023

# Data ketenoverzicht

## Algemeen

- ▶ Chemische recycling in het afvalbeleid, CE Delft; 2019; [CE Delft 190156 Chemische recycling afvalbeleid DEF-update-2020.pdf](#)
- ▶ Feedstock quality guidelines for pyrolysis of plastic waste, Eunomia; 2022; [Feedstock Quality Guidelines for Pyrolysis of Plastic Waste.pdf](#)
- ▶ Innovatie afvalverwerkingstechnieken Doorgelicht, CE Delft; 2017; [CE Delft 2L47 Innovatie afvaltechnieken doorgelicht DEF.pdf](#)
- ▶ Ontwikkeling projecten chemische recycling in Nederland in 2022, Rebel; 2022; <https://rebelgroup.com/wp-content/uploads/Rapportage-doelbereik-chemische-recycling-2022-1.pdf>
- ▶ Rebel database; data over periode 2017 – 2023; niet publiek beschikbaar
- ▶ Rotterdam towards a circular port, Circle Economy; 2019, <https://newsroom.portofantwerpbruges.com/nextgen-district-becomes-a-hotspot-for-the-circular-economy-in-port-of-antwerp>
- ▶ Van vuilniszak naar circulaire chemie, CE Delft; 2020; [CE Delft 180052 Van vuilniszak naar circulaire chemie DEF.pdf](#)
- ▶ Verkenning chemische recycling update 2019, CE Delft; 2019; [CE Delft 2P22 Verkenning chemische recycling Update2019.pdf](#)
- ▶ Ketenrendement vergassing; geraadpleegd in 2023; [Ecoplanta, Spain's first circular methanol facility \(repsol.com\)](#)
- ▶ Interviews met Enkern, Synovatech, Clariter, Neste en DOW

# Data overig

## Algemeen

- ▶ Beleidsuitdagingen chemische recycling o.b.v. het Whitepaper Chemische Recycling van de Nederlandse Versnellingscommissie Chemische Recycling van Kunststoffen; 2023; [https://www.vno-ncw.nl/sites/default/files/whitepaper\\_vtcr\\_nl\\_27\\_juni\\_2023.pdf](https://www.vno-ncw.nl/sites/default/files/whitepaper_vtcr_nl_27_juni_2023.pdf)
- ▶ Nederlands beleidskader LAP3; 2021; <https://lap3.nl/publish/pages/121368/lap3-a04-uitgangspunten-02-03-2021.pdf>
- ▶ Targetspecificaties Pyrolyse o.b.v. Feedstock Quality Guidelines for Pyrolysis of Plastic Waste, Eunomia; 2022; <https://www.eunomia.co.uk/reports-tools/feedstock-quality-guidelines-for-pyrolysis-of-plastic-waste/>
- ▶ Targetspecificaties Vergassing o.b.v. gemiddelden van enkele bij Rebel bekende vergassing-projecten; vertrouwelijk



11.

**Appendix III:**  
**theoretisch kader voor**  
**afbakening stromen**





11. Appendix III

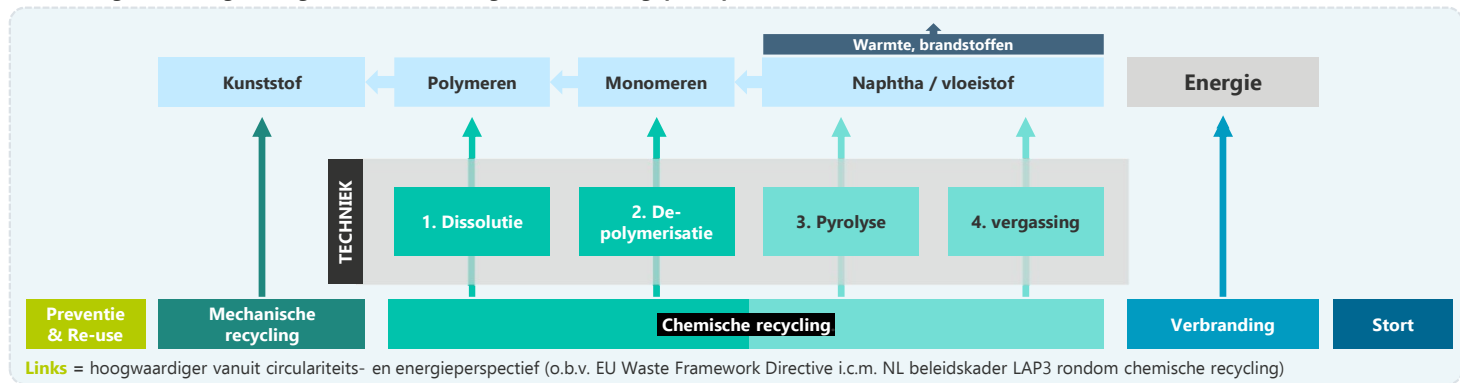
# Theoretisch kader voor afbakening stromen (1/2)



**Principe 1: Stromen worden zo hoogwaardig mogelijk verwerkt**

Het uitgangspunt bij dit principe is de "afvalhiërarchie" zoals aangehouden in het EU Waste Framework Directive (Afbeelding III.1). Onderscheid tussen chemische recyclingmethoden wordt gemaakt op basis van het Nederlandse beleidskader LAP3, waarin pyrolyse en vergassing hoger op de ladder staan dan verbranding met energierugwinning, maar lager dan mechanische recycling, dissolutie en depolymerisatie (zie Afbeelding III.2).

**Afbeelding III.2 Hoogwaardigheid van verwerkingsmethoden toegepast op de kunststofketen (illustratief)**



**Afbeelding III.1 Afvalhiërarchie**



1. LAP3, 2021; <https://lap3.nl/publish/pages/121368/lap3-a04-uitgangspunten-02-03-2021.pdf>



## 11. Appendix III

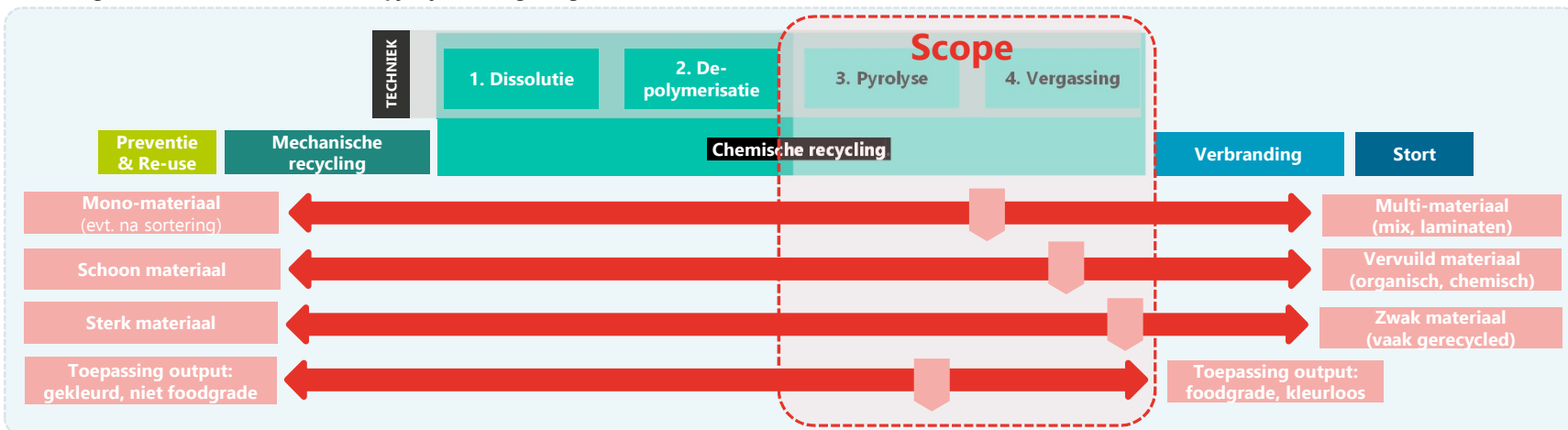
## Theoretisch kader voor afbakening stromen (1/2)



## Principe 2: Techniek is leidend

Chemische recycling concurreert om feedstock met zowel mechanische recycling (de hoogwaardigere oplossing) als met verbranding en stort (de minder hoogwaardige oplossingen). Op basis van **vier bepalende materiaalkenmerken** illustreren we in onderstaande afbeelding wanneer een stroom in aanmerking komt voor pyrolyse en vergassing. De optimale mix van materiaalkenmerken voor pyrolyse en vergassing (de sweetspot) bevindt zich ergens op de assen. Dit is geen exacte wetenschap: de precieze samenstelling van de feedstock kan verschillen afhankelijk van de herkomst van het materiaal en de technische specificaties variëren per individuele installatie. Daarnaast ontwikkelen sorteer- en recyclingtechnieken zich, waardoor verwerkingsmethoden hoger op de circulaire ladder in de toekomst geschikt worden voor een breder pallet aan afvalstromen. In de afbakening wordt daarom ook ruim ingezet.

Afbeelding III.1 Materiaalkenmerken voor pyrolyse en vergassing





12.

**Appendix IV:**  
**technische targetspecificaties**  
**voor pyrolyse en vergassing**



## 12. Appendix IV

**Technische targetspecificaties voor pyrolyse**

In onderstaande tabel geven we een beeld van de specificaties voor **conventionele pyrolyse**.

<b>Pyrolyse</b>	
<b>Targetmaterialen</b>	<b>PP, PE</b>
Minimum % targetmateriaal (PP / PE)	85%
<b>Overige specificaties</b>	<b>Diversen</b>
Maximum % vervuiling	15%
Maximum % PVC / PVDC	1%
Maximum % PET/EVOH/nylon	5%
Maximum % PS	7%
Maximum % hard metaal/glas/vuil/fijnstof	7%
Maximum % papier / organisch materiaal	10%
Maximum % vocht	7%
<i>Bron: Eunomia, 2022<sup>1</sup></i>	

1. Eunomia, 2022; <https://www.eunomia.co.uk/reports-tools/feedstock-quality-guidelines-for-pyrolysis-of-plastic-waste/>

## 12. Appendix IV

**Technische targetspecificaties voor vergassing**

In onderstaande tabel geven we een beeld van de specificaties voor **droge vergassing**.

<b>Vergassing</b>	
<b>Targetmateriaal</b>	
Koolstofgehalte	40 – 100%
<b>Overige specificaties (droge vergassing)</b>	
Grootte van partikels	10 – 70 mm
Vochtgehalte (bij ontvangst)	0 – 25 %
Inert materiaal / assen / mineralen	0 – 20%
Chloor	0 – 1.5%
Zwavel	0 – 1.3%
<i>Bron: vertrouwelijk<sup>1</sup></i>	

1. Gebaseerd op gemiddelden van enkele bij Rebel bekende vergassing-projecten.



13.

**Appendix V:**  
**aandeel koolstoffen en**  
**energetische potentie per**  
**stroom**



## 13. Appendix V

## Aandeel koolstoffen en energetische potentie per stroom

	PET	ABS/SAN	PVC	LDPE	HDPE	PP	PS	Dranken- kartons	Overige plastics	Andere materialen	Overig/ vervuiling	Perce- tage C	Energetische potentie (MJ/kg)	Bronnen & aannames		
Energetische potentie (MJ/kg)	22.95	39	21.51	42.47	42.47	32.78	38.67	22.56	34.26	15.00	9.5			Ecolinvent database. M.u.v. overige stromen, hier hebben we de aanname gedaan dat deze gelijk is aan de calorische waarde restafval (Standaardwaarden NIR waarde 2020, januari 2022 - <a href="https://www.emissieautoriteit.nl/documenten/hulpdocument/2022/07/18/standaardwaarden-nir-2022">https://www.emissieautoriteit.nl/documenten/hulpdocument/2022/07/18/standaardwaarden-nir-2022</a> ). M.u.v. overige plastics, hier hebben we de gem. waarde van alle plastics gepakt Dit is een aanname o.b.v. het aandeel koolstof in restafval (Ketenanalyse Huishoudelijk Restafval, FFact en BK Ingenieurs 2018 ob.v. omrekening NIR waarden 2016 - <a href="https://s3.eu-central-1.amazonaws.com/p0005-prod-b24ed4bd9ec3440d82663a9531074c0e/public/skao_publication_document/0001/11/1c63d875c4c2f77520abf0e9695dbee98b05b368.pdf">https://s3.eu-central-1.amazonaws.com/p0005-prod-b24ed4bd9ec3440d82663a9531074c0e/public/skao_publication_document/0001/11/1c63d875c4c2f77520abf0e9695dbee98b05b368.pdf</a> ). M.u.v. overige plastics, hier hebben we de gem. waarde van alle plastics gepakt		
Aandeel C in kunststof	63%	87%	38%	86%	86%	86%	92%	54%	77%	44%	28%					
<b>Niet-biogeen</b>																
Landbouwfolies				50%									50%	57%	26	Aanname Rebel o.b.v. max. 10% vervuiling in schone stroom (die naar recycling gaat) en relatief zware vervuiling (grond)
Folies bedrijven				70%									30%	68%	33	Aanname Rebel o.b.v. max. 10% vervuiling in schone stroom (die naar recycling gaat) en relatief lichte vervuiling
Folies uit sortering PMD (DKR-310)	3%			61%	1%	7%							28%	69%	32	Marktverkenning mix kunststoffen en folies (TNO, 2017, Bijlage 4), correctie voor PE draagtasjes i.v.m. verbod per 1-1-2016
Folies uit sortering GHHA en BSA				60%									40%	63%	29	Aanname Rebel o.b.v. max. 10% vervuiling in schone stroom (die naar recycling gaat) en relatief medium vervuiling door uitsortering uit gemengde stroom Aanname Rebel, afgeleid van DKR-350 samenstelling i.c.m. typische verpakkingen verse producten. Categorie 'overige stromen' bestaat voor een groot deel uit organische vervuiling
Verpakkingen uit uitpaklijn ODP	15%			9%	2%	9%		25%					40%	51%	21	
Mix kunststoffen uit sortering PMD (DKR-350)	29%			16%	3%	17%							34%	59%	24	Marktverkenning mix kunststoffen en folies (TNO, 2017), correctie voor PE draagtasjes i.v.m. verbod per 1-1-2016
Kunststof van huishoudens (geen verpakkingen)	3%	3%	8%	3%	8%	25%			20%	20%			10%	65%	27	Plastics The Facts (Plastics Europe, 2022, o.b.v. de grote van de bollen bij kunststof uit huishoudens). Materiaal anders dan plastic 20% (inschatting Rebel), vervuiling 10% (inschatting Rebel)
Residu/uitval uit sortering en recycling plastics	9%		10%	14%	10%	15%	5%		23%				15%	69%	31	Plastics The Facts (Plastics Europe, 2022), o.b.v. typen plastic op de markt. Vervuiling 15% (inschatting Rebel)
<b>Biogeen</b>																
Houtafval (A & B hout, C hout)													43%	43%	17	Energetische valorisatie van hoogcalorische afvalstromen in Vlaanderen Deel 2: Afvalaanbod, procesbeschrijvingen en toepassingsmogelijkheden Eindrapport (2003). Zie ook <a href="https://phyllis.nl/Browse/Standard/ECN-Phyllis#wood%20waste">https://phyllis.nl/Browse/Standard/ECN-Phyllis#wood%20waste</a>
Snoeihout													43%	20	Fuel Properties of Woody Biomass from Pruning Operations in Fruit Orchards (2017)	
Bermgras													44%	18	Range van 15-20: inschatting SDR o.b.v. vergelijking tot de andere stromen	
Zaagsel													43%	18	The Use of Waste Biomass from the Wood Industry and Municipal Sources for Energy Production (2012)	
Slib													28%	10	Inschatting SDR o.b.v. vergelijking tot de andere stromen, o.b.v. het feit dat slib ook wel meegestookt wordt in AEC's en de calorische waarde dus niet heel veel zal afwijken v.d. 10 MJ/kg waar de AEC's op mikken	
Meststromen													25%	13	Physico-chemical analysis and calorific values of poultry manure (2010)	
<b>Mix</b>																
Restafval													28%	10	Standaardwaarden NIR waarde 2016 (percentage C) en 2020 (energetische potentie)	
RDF													35%	15	Aandeel C: inschatting SDR afgeleid van restafval. Energetische potentie: interviews experts uit de RDF en AEC sector en E.C. Rada & M. Ragazzi, Int. J. Sus. Dev. Plann. Vol. 10, No. 1 (2015) 109-119 © 2015 WIT Press, RDF/SRF EVOLUTION IN THE MSW SECTOR: COEXISTENCE OF BMT AND SELECTIVE COLLECTION	

1. Voor de getallen in deze tabel zijn diverse bronnen gebruikt (zie [Appendix II: verantwoording bronnen & data](#)).

**Simone d'Hondt**

+31 6 46 76 80 01

Simone.dHondt@Rebelgroup.com

**Luuk van Gemert**

+31 6 52 04 47 45

Luuk.vanGemert@Rebelgroup.com

**Jonathan Verdonck**

+32 477 65 87 14

Jonathan.Verdonck@Rebelgroup.com

Wijnhaven 23

3011 WH Rotterdam

The Netherlands

+31 10 275 59 90

info@rebelgroup.com

www.rebelgroup.com

