# Recycling en voedselveiligheid

Carrousellezing Platform voedselveiligheid

11 december 2024, Ulphard Thoden van Velzen

WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

# PET flessen recycling als iconisch voorbeeld

# PET flessen grondstoffen

- Statiegeldsysteem
  - Gegarandeerd >95% voorgaand drankgebruik
  - Geen sorteerfouten
  - Alle flessen zijn *designed-for-recycling* (NL)
- Flessen uit PMD inzameling
  - Bevat wel sorteerfouten
  - Met beperkte sorteer-inspanning geschikt te maken
  - Bevat enkele non-food-flessen en design-fouten

+De eis >95% voorgaand levensmiddelgebruik heeft EFSA ingesteld om de instroom van gebromeerde vlamvertragers uit WEEE-PET te beperken in 2010 (Anna Gergley)
+Uit wasmiddel- en wasverzachterflacons kan dezelfde goede kwaliteit rPET gemaakt als uit drankflessen. DOI:10.3390/molecules25214998

# Recyclingprocessen bij PET

- Sortering bij ontvangst, magneet, ECS
- Malen, windziften, spoelen
- Heet alkalisch wassen met surfactanten, spoelen
- Drijf-zink scheiding
- Drogen, flake-sorteren
- Extrusie met vacumeren en smeltfilter
- SSP nacondensatie
    - Herstelt molecuulgewicht & verwijderd veel vluchtige stoffen

# Kwaliteit van de meetgegevens

- Publieke literatuur
- Gefragmenteerd regio, tijd
- Herkomst rPET vaak niet beschreven
  - Acetaldehyde & aldehyden
  - Oligomeren
  - Benzeen, styreen, limoneen
  - BPA, weekmakers

- Data van grote bottelaars
- Systematische NIAS data over vele jaren
- Zeer gedetailleerd > 300 NIAS
- Vertrouwelijk

# Contaminatie-routes voor PET flessen

1. Afbraak van de PET-keten: acetaldehyde, 2-methyl-1,3-dioxolaan, ethyleen glycol, oligomeren
2. ~~Afbraak van IAS~~: (geen IAS aanwezig in PET)
3. Productresiduen en afbraakproducten: Limoneen, menthol
4. ~~Consumentenmisbruik~~: (bewijs ontbreekt, incidentie moet minder dan 0.02% zijn)
5. Migratie van labels: Weekmakers
6. Kruisvervuiling met andere verpakkingen & objecten
7. Kruisvervuiling via de atmosfeer
8. Thermische omzettingen: benzeen, styreen

Onopgelost
Aceton,
Acroleïne,
BPA,
Butanon

DOI: 10.1002/pts.2528; 10.3390/recycling8010024

WAGENINGEN UNIVERSITY & RESEARCH

# Verwijderen van NIAS uit PET

1. Uitdampen gedurende de levenscyclus: acetaldehyde
2. Migratie tijdens gebruik: acetaldehyde
3. Uitwassen: ethyleen glycol
4. Vacuüm-extrusie
5. De-contaminatie/ nacondensatie
    a. SSPC: acetaldehyde, benzeen, styreen, nonanal, 2-methyl-1,3-dioxolaan, PET-dimeer...

Alleen stoffen met een hoog molecuulgewicht worden onvoldoende uit rPET verwijderd, maar gelukkig migreren deze ook nauwelijks

# rPET is voorlopig voedselveilig

- 230 combinaties van PET fles grondstoffen en recycling processen hebben positieve opinies van EFSA gekregen onder 282/2008/EU en 40 daarvan worden nu eerst gerevalueerd onder 1616/2022/EU
- Systematische analyse van rPET laat een aantal NIAS zien
  - Zeer lage gehaltes -> geen prioriteit voor de volksgezondheid
  - Enkele systemische
  - Enkele incidentele met lage voorkomenskansen
  - Grote variaties in plaats en tijd
  - Delicate balans die constante kwaliteitsmonitoring vereist

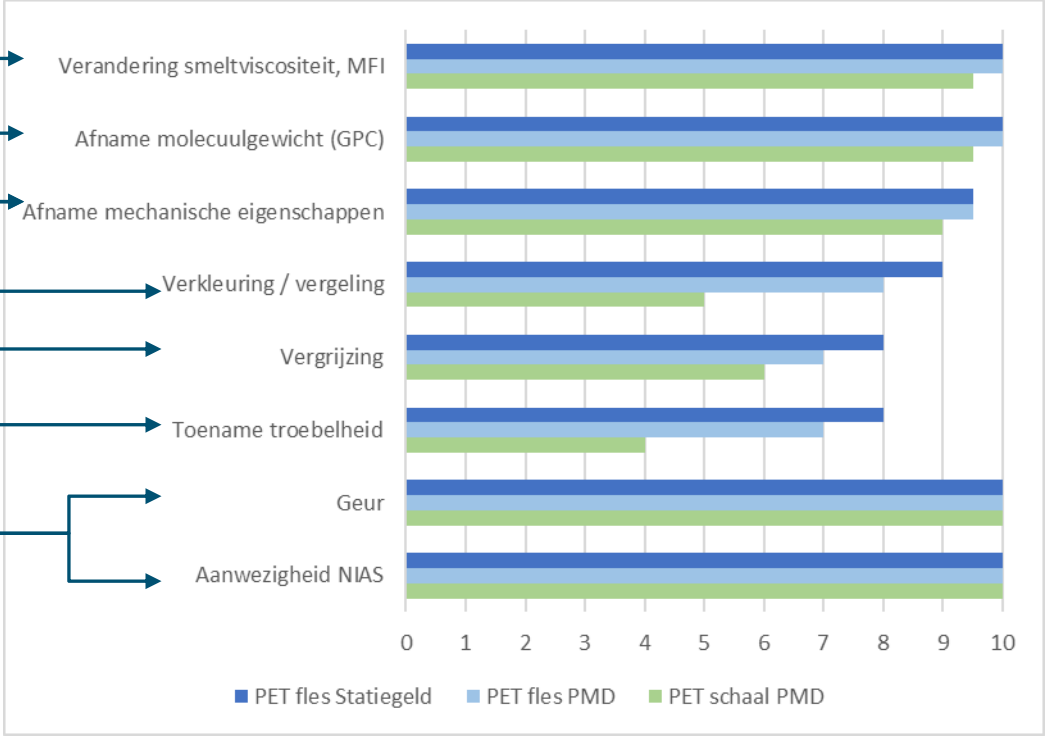
# PET kwaliteitsbeeld

Molecuulgewicht herstelt door SSP

Vergeling door oxidatie

Deeltjesverontreiniging

SSP verwijdert meeste vluchtige stoffen



# PET flessen recycling processen

- Statiegeld + D4R garanderen de grondstofkwaliteit
- Nacondensatie garandeert de kwaliteit rPET
- De-contaminatie > contaminatie

- Toch meerdere NIAS met onduidelijke oorsprong
    - Lage prioriteit voor de volksgezondheid
    - Potentieel imago risico voor merkeigenaren

# Recycling van vormvast PE en PP

# PE en PP sorteerproducten uit PMD

- **PE**
- Meest flessen & flacons
- Bedrukking meest op labels
- Melkfles ~20-25%
  - *Designed-for-recycling*

- **PP**
- Heterogeen
- Allerlei schalen, potjes, bakjes
- Deels gepigmenteerd
- Spuitgiet, blaas en dieptrek
- Bedrukking vaak IML en direct

# Recyclingprocessen bij HDPE / PP

- Sortering bij ontvangst, magneet, ECS
- Malen, windziften, spoelen
- (Heet alkalisch) wassen met surfactanten, spoelen — Geur
- Drijf-zink scheiding
- Drogen
- (Maalgoed-sorteren, kleur en NIR) — Polymeerzuiverheid — Kleur, MFI Kerfslagsterkte...
- Extrusie met vacumeren en smeltfilter — Vorming vluchtige stoffen door ontbinden lijm- en drukinktresten — Geur NIAS

# HDPE melkflessen

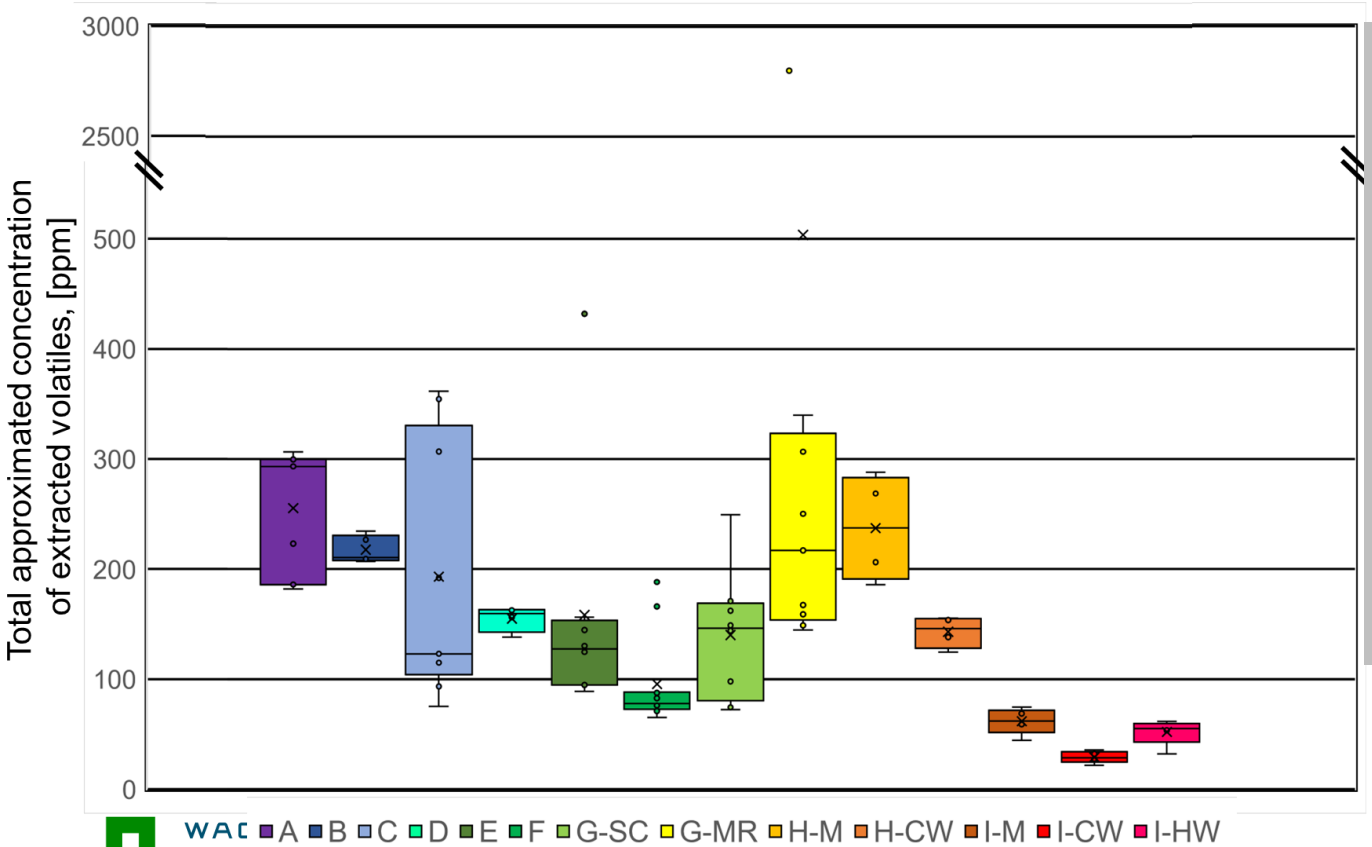
Meest gangbare ontwerp

Gesorteerd uit PMD

Gesorteerd uit nascheiding

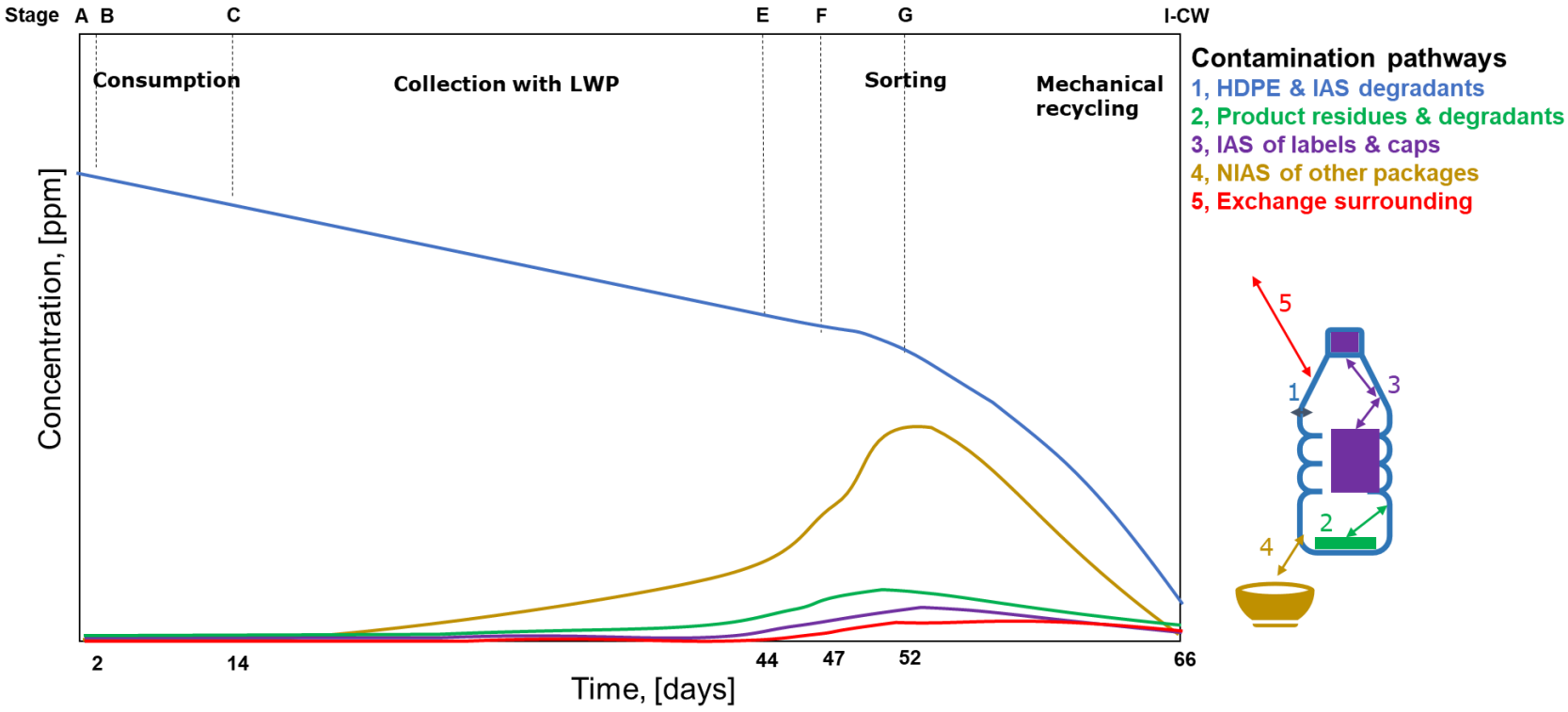
Deze flessen zijn D4R op materiaalniveau

# Concentratie vluchtige stoffen langs de keten




A Productie
B Direct geledigd na productie
C Ingezameld bij huishoudens
D Bederf test
E Gewonnen uit PMD
F Overslag station PMD
G-SC Sorteerproduct bron PMD
G-MR Sorteerproduct na PMD
H-M 65% gemalen flessen
H-CW 65% gemalen & koude was
I-M 100% gemalen
I-CW 100% gemalen & koude was
I-HW 100% gemalen & hete was

# Vluchtige stoffen in melk flessen langs de keten




https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.142571

# Contaminatie routes voor HDPE flessen

1. Degradatie van HDPE : Alkanen, alkenen
2. Degradatie van IAS: Verschillende t-butyl-phenolen
3. Product residu en afbraak daarvan: Vetzuren, Aldehydes, Limoneen, Squaleen
4. Consumenten misbruik: geen bewijs van gevonden, zelfs na honderden flessen analyseren
5. Migratie van labels, doppen: Weekmakers, erucamide en andere anti-slipmiddelen
6. Kruis-vervuiling met andere verpakkingen: Vetzuur esters, weekmakers, eucalyptol
7. Kruis-vervuiling via de atmosfeer: Aromatische koolwaterstoffen
8. Thermische conversies: Vetzuur-nitrilen

# Verwijdering van NIAS uit rHDPE

1. Verdamping tijdens levensduur: Kleinere alkanen en alkenen
2. Migratie gedurende gebruik
3. Verwijdering tijdens wassen: Vetzuren
4. Vacuüm extrusie: Alkanen en alkenen met een middelmatige ketenlengte, aldehydes
5. Toegesneden de-contaminatie: Zwaardere alkanen, alkenen, aldehydes, weekmakers...
    a. Gas-stripping
    b. Oplosmiddel extractie

# HDPE melk flessen recycling

- Vaak : de-contaminatie > contaminatie
  - Gerecycled HDPE bevat minder VOC’s dan nieuw HDPE
- Incidenteel: de-contaminatie < contaminatie
  - In het huidige recycling systeem kan incidentele vervuiling in het sorteerbedrijf niet worden uitgesloten
- Volgende stappen:
  - Statiegeld of aparte sortering
- Toegestaan in VS, VK, nog niet in de EU

# Volgende stap is aan ondernemers

- EFSA wacht op voldoende praktijkdata en levert dus voorlopig geen “guidelines” vooraf

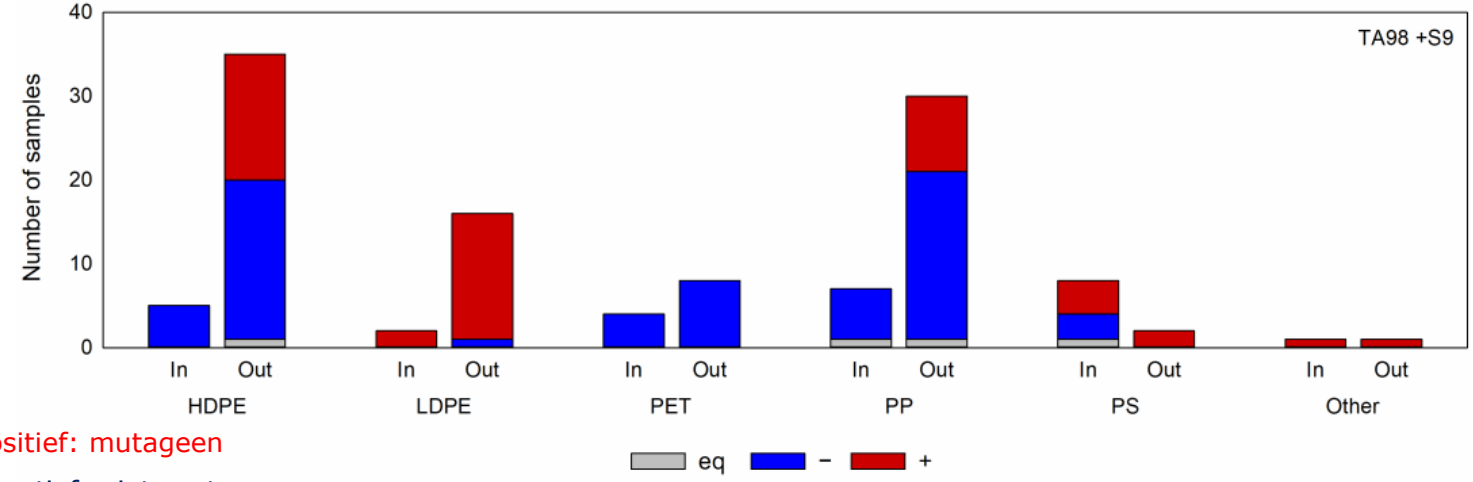
- Welke ondernemer durft een dure sprong in het duister aan?
    - Aparte sortering invoeren
    - Aparte recycling uitvoeren
    - De-contaminatieproces uit-ontwikkelen

# Voedselveilige recycling van PP verpakkingen?

- PP degradeert sneller dan HDPE in de keten en vormt meer vluchtige alkanen en alkenen
- Meer heterogeen dan PE
- Groot deel is <u>bedrukt</u>
- Veel pigmentering
- Veel schalen met deksels / sluitfolie
- Substantiële hoeveelheden productrest

# Herfst 2023: Veel recyclaten zijn mutageen

- Veel PE, PP, PS recyclaten blijken **sterk mutageen**
  - Hypothese: nitrocellulose bedrukte verpakkingen vormen nitrosamines tijdens extrusie




AMES test positief: mutageen

AMES test negatief: niet-mutageen

Hoge prioriteit voor de volksgezondheid

DOI: 10.3390/recycling8060087

WAGENINGEN UNIVERSITY & RESEARCH

# Huidige hypothese over mutagene activiteit

- Kirchnawy (OFI): nitrocellulose ontbindt tijdens extrusie in een groot aantal nitrosamines
- Lisecki (UM/DTU) & Guo (TUHH): meeste drukinkten en lijmresten vormen een veelvoud van vluchtige stoffen in extruder
- Als dit waar blijkt te zijn, zijn er drie mogelijkheden:
  - Volledige ont-inkting voor extrusie (technisch lastig)
  - Bedrukking alleen op afwasbare / afneembare etiketten
  - D4R: verbod op nitrocellulose (80% van de markt)



https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2024.134375
https://doi.org/10.1007/s11783-024-1888-0

# (On)zekerheid?

- Gegeven de grondhouding van EFSA om elk denkbaar risico uit te sluiten, is het gebruik van bedrukking dat niet verwijderd wordt voor extrusie per definitie niet met voedselveilige recycling in overeenstemming

- Inkten bestaan uit tientallen complex chemicaliën die veranderen tijdens het drukproces en het alkalische wasproces. Dit kan per definitie niet beheerst worden.

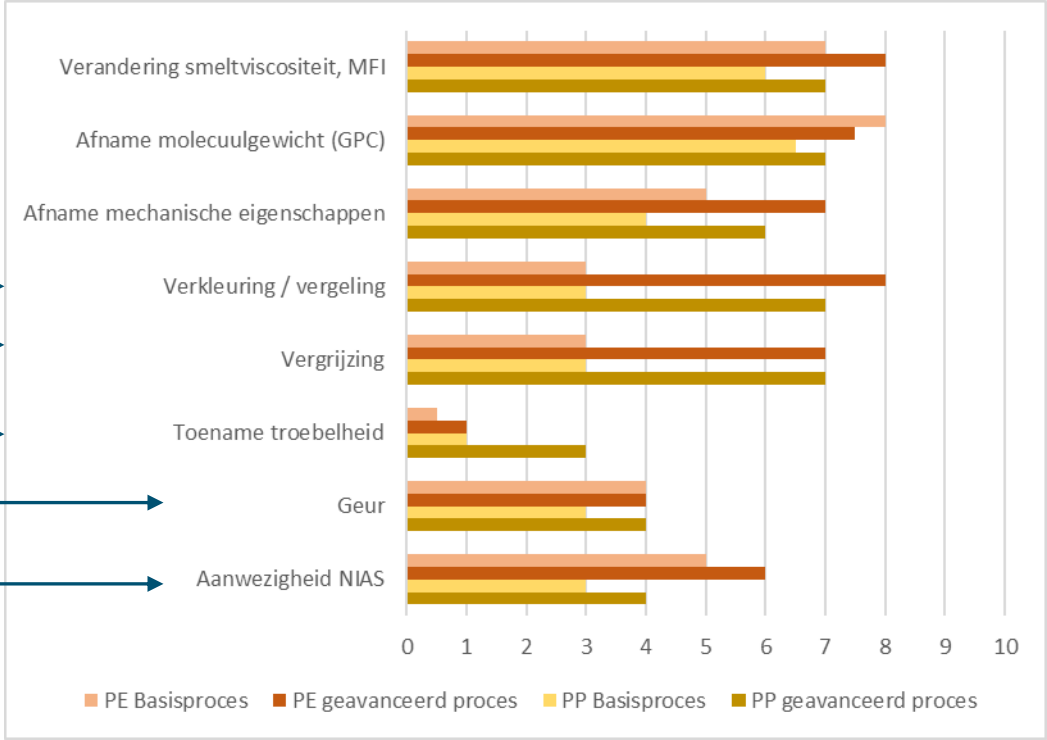
# Kwaliteitsbeeld PE en PP (uit PMD)

Degradatie

Polymeer en deeltjesvervuiling

Productresten

Ontbinden lijm-, drukinktresten
Degradatie

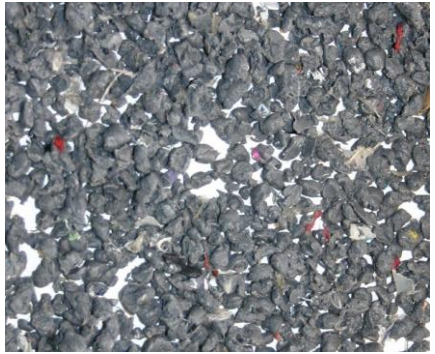



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

# Recyclingprocessen bij Folie en MIX

- <u>Nat-mechanisch</u>
- Magneet, ECS, Malen
- Windziften, spoelen
- Wassen met surfactanten, spoelen
- Drijf-zink scheiden, drogen
- Extrusie met vacumeren en smeltfilter

- <u>Droog-mechanisch</u>
- Magneet, (ECS), malen
- Windziften, zeven
- Agglomereren / pelleteren



# Voedselveilige recycling van folies?

- Meeste folies zijn bedrukt, bevatten veel IAS, enkelen pigment, plakband, labels, etc.
- Heterogeen mengsel
  - PE folie
  - PP folie
  - Meerlaags folies
- Substantiële de-contaminatie zal vereist zijn!

# Verpakkende bedrijven: design-for-recycling

materiaalniveau

- Standaardisatie verpakkingen op hoofdcategorieën
  - één grade, vorm, kleur, bedrukkingswijze...
- Bedrukking op makkelijk afwasbare / afneembare etiketten
- Zorg dat alle sub-componenten machinaal verwijderbaar zijn
  - dus ook de reclamestickers van de retail
  - mono = mono en niet stiekem toch multi

molecuulniveau

- Kies je additieven in <u>alle</u> componenten zorgvuldig: anti-slip agents, antioxidanten, weekmakers, tackifiers...
  - Zo min mogelijk & zo onschadelijk mogelijk

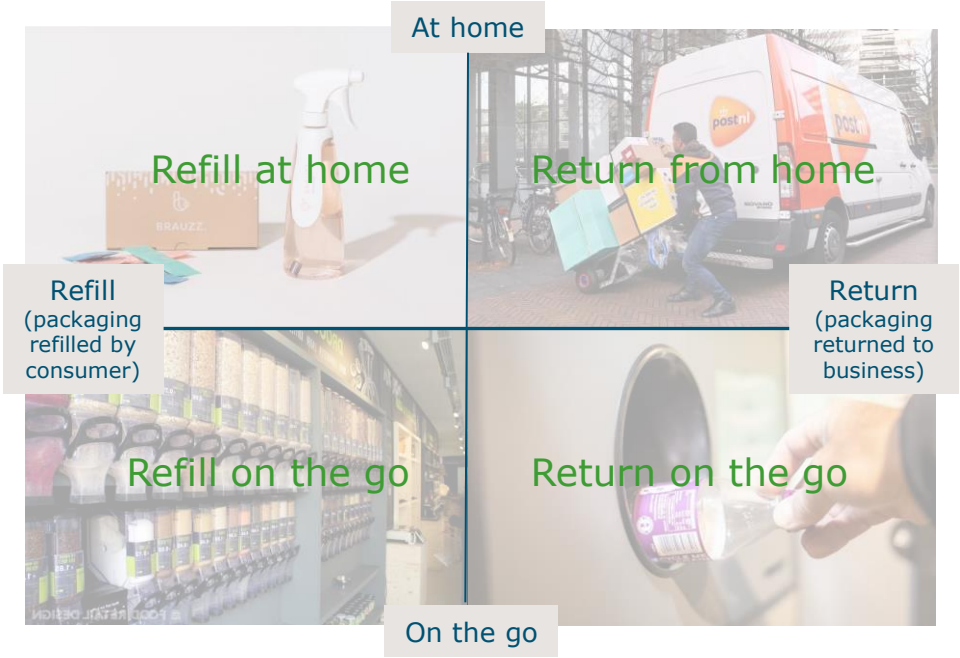
# Wie neemt het voortouw?

- Merkeigenaren hebben geen belang bij standaardisatie
- Standaardisatie en anti-kartel-wetgeving zijn mogelijk strijdig
- Geen enkele partij (inclusief overheid) heeft voldoende kennis en macht

# Hergebruik en voedselveiligheid

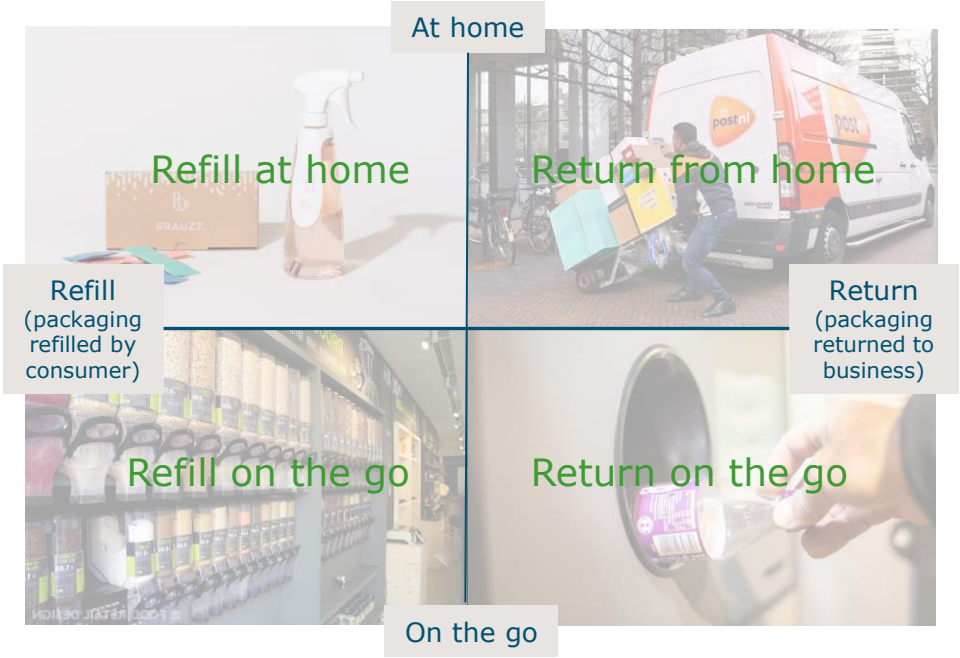
WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

# Businessmodellen voor hergebruik




- **Refill at home:** users refill their reusable container at home (e.g., with refills delivered through a subscription service)
- **Refill on the go:** users refill their reusable container away from home (e.g., at an in-store dispensing system)
- **Return from home:** packaging is picked up from home by a pick-up service (e.g., by a logistics company)
- **Return on the go:** users return the packaging at a store or drop-off point (e.g., in a deposit return machine)

# Voedselveiligheidsrisico bij businessmodellen




- Bij Refill-systemen ligt de hoofdverantwoordelijkheid bij de burger en is het risico voor het bedrijf beperkt

- Bij Return-systemen ligt de hoofdverantwoordelijkheid bij het bedrijf

# Drijfveren voor het opzetten van hergebruik

- Politieke doelstellingen
  - Reductie- en hergebruiksdoelstelling in PPWR
- Competitief voordeel in enkele deelmarkten (stedelijk, jongeren)
- Regionale marktafscherming (vooral in grote landen)

# Barrières voor hergebruiksystemen

- Voedselveiligheidsrisico's bij Return-systemen
  - Alleen glas en roestvrijstaal zijn 100% te reinigen
- Aanzienlijke investeringen in infrastructuur nodig
- Onzekerheid over medewerking burgers
- Onderlinge afhankelijkheid betrokkenen in de waardeketen
  - Retail: statiegeld en logistiek
  - Producenten: standaardisatie

  } Geeft voldoende omlopen
- Andere dimensies van duurzaamheid: $CO_2$ reductie, microplastics

# Conclusie

- Voor zowel voedselveilige recycling als hergebruik is een samenhangend beleid van belang
    - Standaardisatie van verpakking
    - Verwijderbare labels met bedrukking

- Wie neemt de regie?

# Hartelijk dank

Voor duurzame en veilige circulariteit er is kennis en regie nodig

ulphard.thodenvanvelzen@wur.nl