

Plastics in the Circular Economy
Professorship Circular Plastics & Sustainable Polymers
 Rudy Folkersma

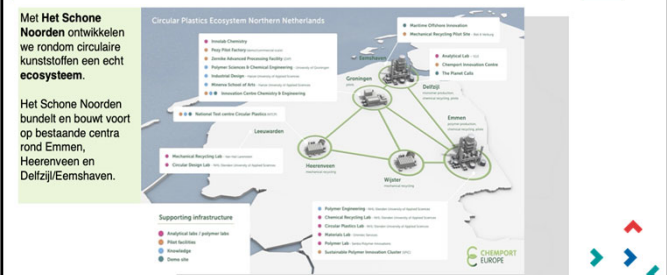
NHL STENDEN

1

CHEMPORT EUROPE / Het Schone Noorden

Mei Het Schone Noorden ontwikkelen we rondom circulaire kunststoffen een echt ecosysteem.

Het Schone Noorden bundelt en bouwt voort op bestaande centra rond Emmen, Heerenveen en Delfzijl/Eemshaven.



Supporting infrastructure

BOOST

2

CHEMPORT EUROPE / Het Schone Noorden

Chemport Europe staat voor de verduurzaming van de chemie in Noord-Nederland met de volgende programmalijnen:


- Circulaire Kunststoffen
- Biomassa
- H₂ als grondstof
- CO₂ als grondstof

BOOST

3

CHEMPORT EUROPE / Het Schone Noorden

Visie van Het Schone Noorden.



Krachten bundelen in gemeenschappelijke agenda

Ecosysteem dat rust op vier impactvolle pijlers

Underscheiden door echte systeemoplossingen

Lopende initiatieven zetten we nog meer in hun kracht!

BOOST

4

CHEMPORT EUROPE / Het Schone Noorden

De missie, visie en ambitie wordt gedragen en uitgevoerd door bedrijven, kennisinstellingen en overheden.



Bedrijven/industrie

Kennisinstellingen

Overheid/samenleving

Opdrachtgeversgroep

Betrokken partijen

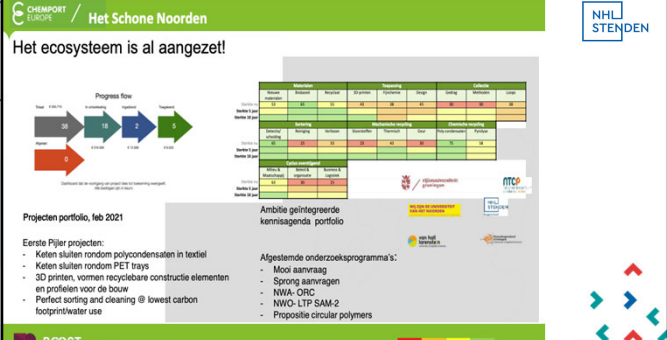
Nieuw aangeschreven partijen

BOOST

5

CHEMPORT EUROPE / Het Schone Noorden

Het ecosysteem is al aangezet!



Progress flow

Projecten portfolio, feb 2021

Eerste Pijler projecten:

- Keten sluiten rondom polycondensaten in textiel
- Keten sluiten rondom PET trays
- 3D printen, vormen recyclebare constructie elementen en profielen voor de bouw
- Perfect sorting and cleaning @ lowest carbon footprint/water use

Afgestemde onderzoeksprogramma's:

- Mooi aanvraag
- Sprong aanvragen
- NWA-ORC
- NWO-LTP SAM-2
- Propositie circular polymers

BOOST

6

NHL Stenden University of Applied Sciences

Professorship Sustainable Polymers

- 3D printing (FDM en SLA)
- Biopolymers (biobased and/or biodegradable)
- Yarns and fibers
- Biocomposites

Professorship Circular Plastics

- Mechanical recycling
- Chemical recycling
- Product design

Professorship Green Logistics
 Professorship Computer Vision
 Professorship Water Technology

7

Closing the Loops

Consortium bereikt doorbraak in recycling kunststof verpakkingen

Het consortium van vier PPO's, Akzo Nobel Plastics, NHU/STU en een Vrijgestuurd en Creatief team heeft 'Closing the Loops' succesvol afgesloten. Dit project is een samenwerking van vier partijen (PPO's) voor het ontwikkelen van een nieuwe recycling-technologie voor kunststof verpakkingen. Het project is gericht op het ontwikkelen van een nieuwe recycling-technologie voor kunststof verpakkingen. Het project is gericht op het ontwikkelen van een nieuwe recycling-technologie voor kunststof verpakkingen.

8

Mechanical Recycling Laboratory

Sorting, washing and analysis of polymers from waste

Current research mechanical recycling

- Post consumer waste
- Recycling of mixed plastic waste
- Post recycling
- Recycling of plastic polymer
- Recycling of plastic
- Washing
- Detergency efficiency
- Optimizing washing conditions

Sorting & analysis

- X-ray sorting
- Near infrared sorting
- Hyperspectral imaging
- (Near) Infrared spectroscopy

Recycling process in recycling laboratory

1. Plastic waste
2. NIR Sorting
3. Shredding
4. Washing
5. Dewatering
6. Rinsing

Preparation and sorting

Washing

Analysis and sorting

Other facilities NHTL Stenden Leuvenaren

- IR/NIR Spectroscopy
- DSC
- TGA
- DSC

9

Grease removal of PET trays (Cumapol)

- Wasprocedure on a small scale
 - Washing with NaOH and Tubiwash
 - Rinsing with water
 - Drying
- Wasprocedure on a large scale
 - Shreddering of PET-trays
 - Rinse
 - Washing with NaOH and Tubiwash
 - Rinsing with water
 - Drying
- Infrared spectroscopy (IR)
 - Determining functional groups
- Differential Scanning Calorimetry (DSC)
 - Determining melting and congealing behavior

10

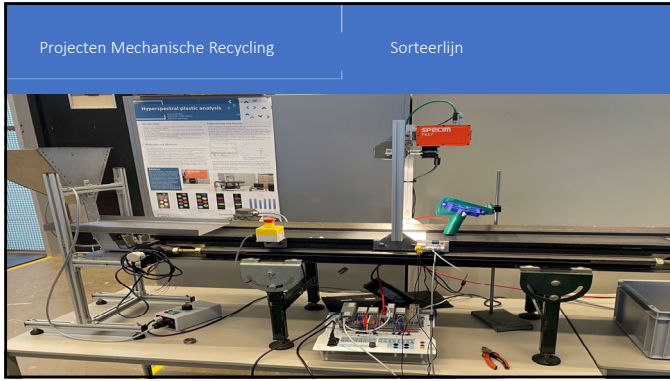
IR Techniques

11

Wavelength range of methods

Method	Wavelength Range (cm ⁻¹)
ATR	~4000 - 1000
MIR-transmissie	~4000 - 600
NIR-transmissie	~13000 - 4000
NIRA	~10000 - 4000
FX17-camera	~10000 - 6000

12




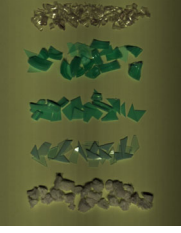
13



14

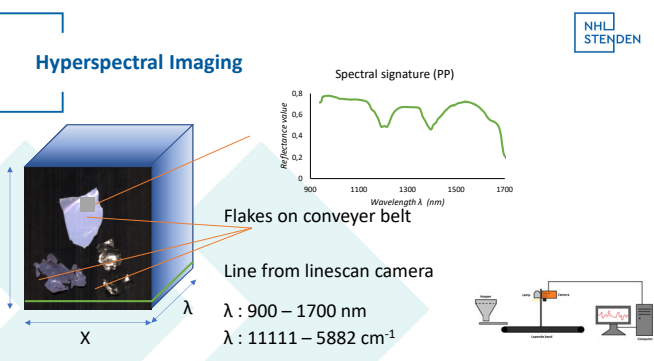
Detection of Plastics with FX-17 camera

- Differentiating between different kind of plastics
 - Shape, colour, content, additives
- FX-17 
- Research: Hyperspectral image a solution in combination with neural network?



15

Hyperspectral Imaging



Spectral signature (PP)

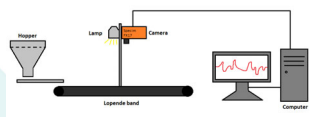
Flakes on conveyer belt

Line from linescan camera

$\lambda : 900 - 1700 \text{ nm}$
 $\lambda : 11111 - 5882 \text{ cm}^{-1}$

16

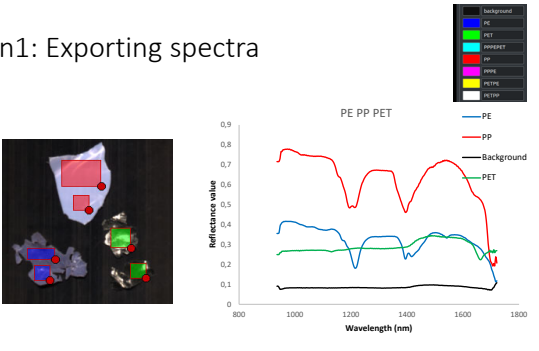
Hyperspectral Imaging



- Options for data analysis
 - Exporting spectra
 - Training neural network
 - Sorting (future)

17

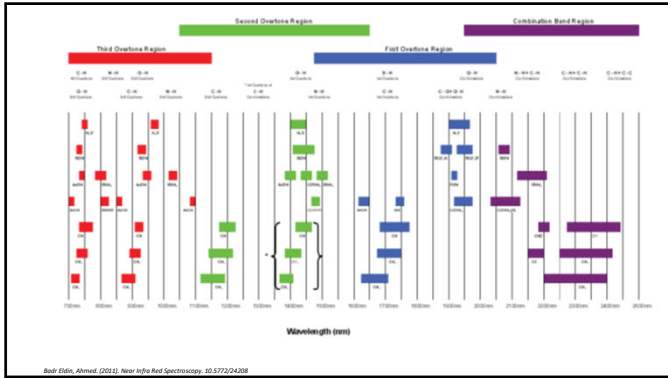
Option1: Exporting spectra



PE PP PET

Background

18



19

Option 2: training neural network

- background
- PE
- PET
- PPPEPET
- PP
- PPPE
- PETPE
- PETPP

20

Training the neural network

- Define classes (categories)
- Train with defined samples
- Validate
- Test unknown samples

- Best class is selected for each pixel
- No combination or (none) outcome

21

Deep learning datasets

MNIST

MS-COCO

training set of 60,000 examples and a test set of 10,000 examples

330k images, 80 object categories, 5 captions per image, 250,000 people with key points

- Plastic database: 257 samples

22

Deep learning

Semantic Segmentation: GRASS, CAT, TREE, SKY

Classification + Localization: CAT

Object Detection: DOG, DOG, CAT

Instance Segmentation: DOG, DOG, CAT

No objects, just pixels | Single Object | Multiple Object

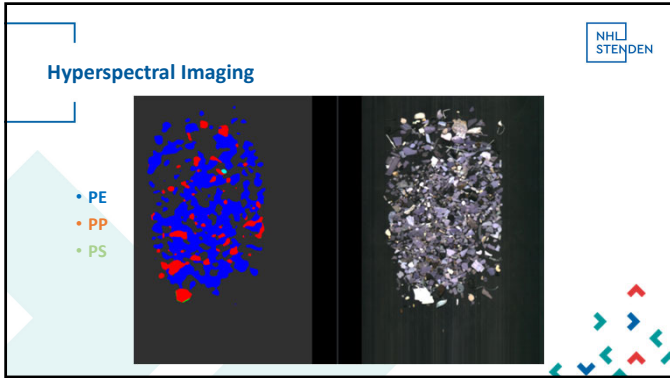
https://towardsdatascience.com/object-detection-using-deep-learning-approaches-an-end-to-end-theoretical-perspective-4c27ee83d6

23

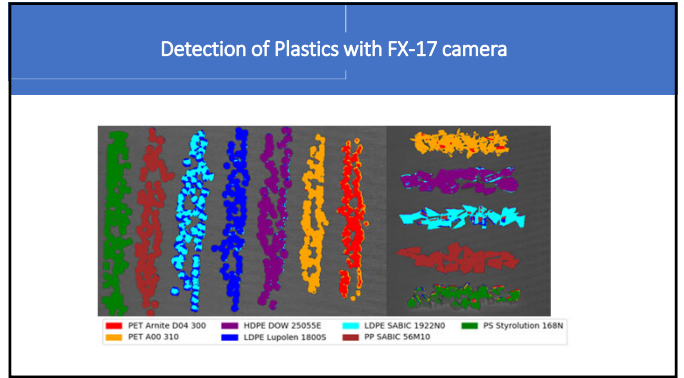
Recognition PP PE PET

NHL STENDEN

24



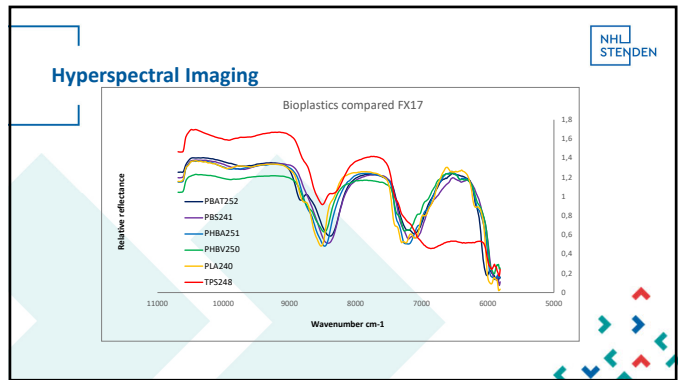
25



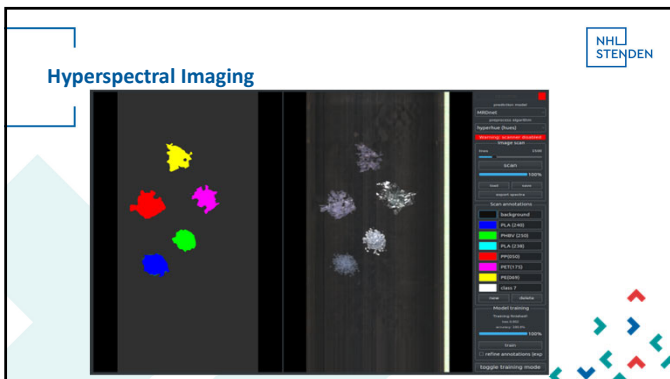
26



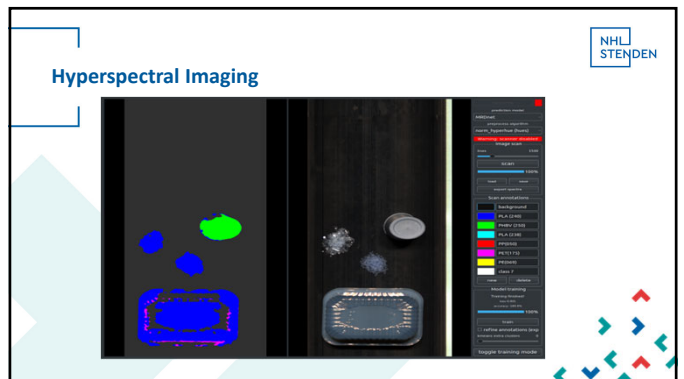
27



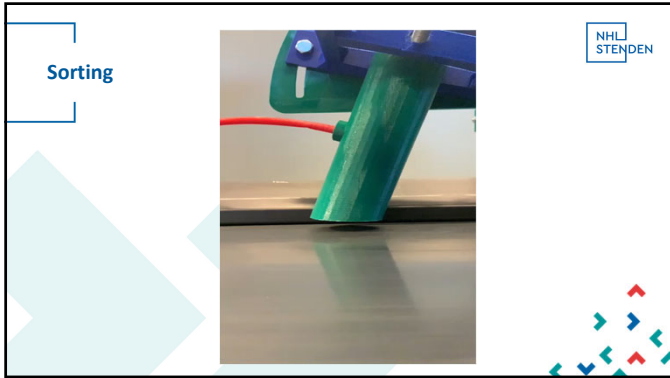
28



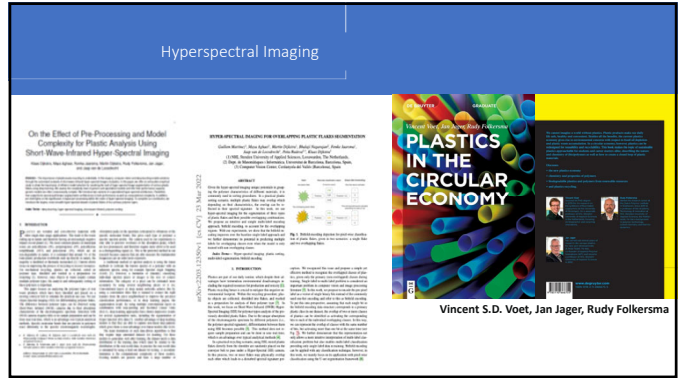
29



30



31



32



33