

2017 • 2018
Faculteit Industriële ingenieurswetenschappen
master in de industriële wetenschappen: verpakkingstechnologie

Masterthesis

Guidelines voor het ontwikkelen van bedrijfsmatige kunststof verpakkingen

PROMOTOR :
Prof. dr. Rosa PEETERS

PROMOTOR :
ing. Karel GEMMEKE

BEGELEIDER :
ing. Gudrun NOWICKI

Jorgen Kaerts

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de industriële wetenschappen:
verpakkingstechnologie



Universiteit Hasselt | Campus Diepenbeek | Agoralaan Gebouw D | BE-3590 Diepenbeek
Universiteit Hasselt | Campus Hasselt | Martelarenlaan 42 | BE-3500 Hasselt



2017 • 2018

Faculteit Industriële ingenieurswetenschappen
master in de industriële wetenschappen: verpakkingstechnologie

Masterthesis

Guidelines voor het ontwikkelen van bedrijfsmatige kunststof verpakkingen

PROMOTOR :

Prof. dr. Rosa PEETERS

PROMOTOR :

ing. Karel GEMMEKE

BEGELEIDER :

ing. Gudrun NOWICKI

Jorgen Kaerts

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de industriële wetenschappen:
verpakkingstechnologie



KU LEUVEN

Woord vooraf

Dit project is de eindhalte van mijn academische opleiding: Industriële Ingenieurswetenschappen Verpakkingstechnologie. Gedurende het hele traject was er fantastische begeleiding vanuit de faculteit om je als student te vormen tot een waardige ingenieur. Mijn interesse in duurzaamheid gecombineerd met verpakking in het algemeen zorgde voor project in samenwerking met VAL-PAC. De kennismaking met de organisatie was een vruchtbare ervaring en bezorgde me een eerste connectie met het werkveld van een ingenieur.

Als eerste wens ik mijn stagepromotor dhr. ing. Gemmeke te bedanken. Zijn enorme steun en behulpzaamheid gedurende het hele project zorgde voor een zeer prettige samenwerking. Ook wil ik de werknemers van VAL-I-PAC voor de aanmoedigingen tijdens het project en de leuke werksfeer.

Speciale dank voor alle bedrijven die meegeholpen hebben aan het project en hun gastvrijheid tijdens de bedrijfsbezoeken en interview.

Verder wil ik ook mevr. ing. Nowicki en het Verpakkingscentrum te Diepenbeek bedanken voor de hulp tijdens mijn analyse van recyclaatmaterialen.

Ook wil ik dhr. Costers bedanken voor zijn gastvrijheid en het delen van zijn kennis over kunststof verpakkingsfolies.

Daarnaast zou ik ook mijn interne promotor mevr. Prof. dr. Peeters bedanken voor de begeleiding gedurende het project.

Ten slotte wil ik vrienden en familie bedanken voor de steun gedurende de hele opleiding en het geloof in een goede afloop.

Inhoud

Woord vooraf	1
Lijst van tabellen	7
Lijst van figuren	9
Verklarende woordenlijst	13
Abstract	15
Abstract in English	17
1. Inleiding.....	19
1.1. Situering en huidige status.....	19
1.2. VAL-I-PAC	20
2. Onderzoeksopzet	21
2.1. Onderzoeksvragen	21
2.2. Doelstellingen.....	22
3. Materialen en methoden	23
3.1. Literatuurstudie	23
3.2. Bedrijfsbezoeken doorheen de waardeketen	23
3.2.1. Betrokken bedrijven	24
3.2.1.1. Renewi Plastics (Figuur 4)	24
3.2.1.2. Rodepa Plastics B.V. (Figuur 5).....	24
3.2.1.3. RKw Hyplast (Figuur 6).....	25
3.2.1.4. Reynaers Aluminium (Figuur 7).....	25
3.2.1.5. Marlux NV (Figuur 8)	25
3.2.1.6. Plastic Union (Figuur 9).....	25
3.2.1.7. Procter & Gamble (Figuur 10).....	25
3.2.1.8. Carrefour Belgium (Figuur 11).....	26
3.2.1.9. Danone (Figuur 12)	26
3.2.1.10. Morssinkhof-RymoPlast (Figuur 13).....	26
3.3. Analyse van recyclaatmaterialen.....	27
4. Literatuur.....	29
4.1. Gebruikte verpakkingsmaterialen.....	29
4.1.1. Polyethyleen algemeen.....	29
4.1.2. Materiaal LDPE (Tabel 4).....	29
4.1.3. Materiaal LLDPE (Tabel 5).....	29
4.1.4. Eigenschappen.....	30
4.1.4.1. Melt Flow Index (MFI)	30
4.1.4.2. Treksterkte.....	31
4.1.5. Krimpfolie	32

4.1.6.	Rekwikkelfolie	33
4.1.7.	Oriëntatie	34
4.1.7.1.	Oriëntatie-effect (Figuur 25)	34
4.1.8.	Productie	35
4.1.8.1.	Cast extrusie	35
4.1.8.2.	Blaasextrusie	36
4.1.9.	Additieven	37
4.1.9.1.	Stabilizers	37
4.1.9.2.	Modifiers	38
4.2.	Wetgeving omtrent recyclage	40
4.2.1.	Definities	40
4.2.2.	REACH - Verordening (EG) nr. 1907/2006	41
4.2.3.	Wetgeving - RICHTLIJN 2008/98/EG	41
4.2.3.1.	Ladder van Lansink	41
4.2.4.	Wetgeving specifiek voor verpakkingsafval - Richtlijn 94/62/EG	42
4.2.4.1.	Samenwerkingsakkoord	42
4.3.	Sorteren en Recycleren	44
4.3.1.	Sorteermethoden voor plastics	44
4.3.1.1.	Near-Infrared (NIR) spectroscopie (sensor-gebaseerd)	44
4.3.1.2.	Tribo-electrostatistische sortering	44
4.3.1.3.	Densiteitsortering	45
4.3.1.4.	Flotatie	45
4.3.1.5.	Hydrocyclone separator (Figuur 38)	46
4.3.2.	Recyclage van plastic	47
4.3.2.1.	Algemeenheden omtrent recyclage van plastic	48
4.3.2.2.	Storende factoren	49
4.3.2.3.	Verbreden van de recyclaatmarkt	50
4.4.	Design for recyclability	51
4.5.	Het belang van en voor Europa	53
4.5.1.	Recyclagedoelstellingen in Europa	53
4.5.2.	Betrokken organisaties in Europa	53
4.5.2.1.	European Association of Plastics Recycling and Recovery Organisations	53
4.5.2.2.	Extended Producer Responsibility Alliance (EXPRA) (Figuur 45)	55
4.5.2.3.	A Circular Economy for Flexible Packaging (CEFLEX) (Figuur 46)	55
4.5.2.4.	Polyolefin Circular Economy Platform (Figuur 47)	55
4.5.2.5.	European Plastic Converters (EuPC) (Figuur 48)	55
4.5.2.6.	PlasticsEurope (Figuur 49)	56

4.5.2.7.	Plastics Recyclers Europe (PRE) (Figuur 50)	56
4.5.3.	Certificaten	56
4.5.3.1.	EuCertPlast (Figuur 51).....	56
4.5.3.2.	Milieukeur (Figuur 52).....	56
4.5.4.	Circulaire economie.....	57
4.5.4.1.	Algemeen.....	57
4.5.4.2.	Go4Circle (Figuur 54)	57
4.5.4.3.	Ellen MacArthur Foundation (Figuur 55)	57
4.5.5.	Europese plasticstrategie	60
4.5.5.1.	Chinese plastic ban	60
4.5.6.	Uitdagingen in de toekomst.....	62
4.5.6.1.	Circular Economy Package (CEP) (Figuur 57)	62
4.5.6.2.	Werkgelegenheid.....	62
5.	Resultaten	63
5.1.	Guidelines (Bijlage D).....	63
5.1.1.	Sensibilisering	64
5.1.1.1.	Producenten	64
5.1.1.2.	Verpakkers.....	65
5.1.1.3.	Ontpakkers.....	65
5.1.1.4.	Sorteerders en ophalers.....	66
5.1.1.5.	Recyclers	66
5.1.2.	Innovatie en verder onderzoek	67
5.2.	Analyse van recycelaatmaterialen.....	68
5.2.1.	Testmaterialen	68
5.2.2.	Testresultaten en vergelijking.....	68
5.2.2.1.	Dikte	68
5.2.2.2.	Treksterkte (Tabel 15-16).....	69
5.2.2.3.	Doorprikweerstand (Tabel 17-18)	71
5.2.3.	Conclusie van analyse	73
6.	Besluit.....	75
	Bibliografie.....	77
	Bijlagen	82
	Bijlage A: Verslagen interviews/bedrijfsbezoeken	82
	Bijlage A1: Renewi Plastics [4]	82
	Bijlage A2: Rodepa Plastics B.V. [5].....	83
	Bijlage A3: RKw Hyplast Belgium [7]	85
	Bijlage A4: Reynaers Aluminium [8].....	86

Bijlage A5: Marlux NV [10]	87
Bijlage A6: Plastic Union [12]	88
Bijlage A7: Procter & Gamble [14].....	89
Bijlage A8: Carrefour Belgium [15].....	90
Bijlage A9: Danone [16]	91
Bijlage A10: Rymoplast [18].....	92
Bijlage A11: Interview Guy Costers [27].....	93
Bijlagen B: Testrapporten - Treksterkte	94
Bijlage B1: Treksterkte – LDPE repro Natural (Nr. 1) – CD.....	94
Bijlage B2: Treksterkte – LDPE repro Natural (Nr. 1) – MD.....	96
Bijlage B3: Treksterkte – LDPE repro Dull-Natural PCR (Nr. 2) – CD.....	98
Bijlage B4: Treksterkte – LDPE repro Dull-Natural PCR (Nr. 2) – MD.....	100
Bijlage B5: Treksterkte – LDPE repro White (Nr. 3) – CD	102
Bijlage B6: Treksterkte – LDPE repro White (Nr. 3) – MD	104
Bijlage B7: Treksterkte – LDPE repro Mixed Color PCR (Nr. 4) – CD.....	106
Bijlage B8: Treksterkte – LDPE repro Mixed Color PCR (Nr. 4) – MD.....	108
Bijlage B9: Treksterkte – LDPE repro Jazz (Nr. 5) – CD.....	110
Bijlage B10: Treksterkte – LDPE repro Jazz (Nr. 5) – MD	112
Bijlage B11: Treksterkte – LDPE repro Black (Nr. 6) – CD.....	114
Bijlage B12: Treksterkte – LDPE repro Black (Nr. 6) – MD.....	116
Bijlagen C: Testrapporten - Doorprikweerstand	118
Bijlage C1: Doorprikweerstand – LDPE repro Natural (Nr. 1) – Binnen-buiten.....	118
Bijlage C2: Doorprikweerstand – LDPE repro Natural (Nr. 1) – Buiten-binnen.....	120
Bijlage C3: Doorprikweerstand – LDPE repro White (Nr. 3) – Binnen-buiten	122
Bijlage C4: Doorprikweerstand – LDPE repro White (Nr. 3) – Buiten-binnen	124
Bijlage C5: Doorprikweerstand – LDPE repro Mixed Color PCR (Nr. 4) – Binnen-buiten.....	126
Bijlage C6: Doorprikweerstand – LDPE repro Mixed Color PCR (Nr. 4) – Buiten-binnen.....	128
Bijlage C7: Doorprikweerstand – LDPE repro Jazz (Nr. 5) – Binnen-buiten	130
Bijlage C8: Doorprikweerstand – LDPE repro Jazz (Nr. 5) – Buiten-binnen	132
Bijlage C9: Doorprikweerstand – LDPE repro Black (Nr. 6) – Binnen-buiten.....	134
Bijlage C10: Doorprikweerstand – LDPE repro Black (Nr. 6) – Buiten-binnen.....	136
Bijlage D: Guidelines voor het ontwikkelen van bedrijfsmatige kunststof verpakkingen	138

Lijst van tabellen

Tabel 1: Verdelingen van bedrijfsmatig kunststof verpakkingsafval.....	19
Tabel 2: Positie van betrokken bedrijven binnen de kunststofwaardeketen.....	24
Tabel 3: Samenvatting testmaterialen	27
Tabel 4: Eigenschappen LDPE [20].....	29
Tabel 5: Eigenschappen LLDPE [20].....	29
Tabel 6: Onderzochte testmaterialen [25]	31
Tabel 7: Recyclagepercentages per materiaal [34].....	43
Tabel 8: Tribo-elektrostatische ladingsvolgorde [40] (zie verklarende woordenlijst)	44
Tabel 9: Dichtheid van polyolefinen	45
Tabel 10: Terminologie categorieën in verband met recyclage [45].....	47
Tabel 11: Deelnemende organisaties EPRO [54].....	54
Tabel 12: Evolutie in recyclagepercentages voor kunststoffen	62
Tabel 13: Samenvatting testmaterialen	68
Tabel 14: Resultaten diktemeting.....	68
Tabel 15: Gemiddelde waarden voor trekeigenschappen in CD	69
Tabel 16: Gemiddelde waarden voor trekeigenschappen in MD	70
Tabel 17: Gemiddelde waarden voor doorprikweerstand van binnen naar buiten	71
Tabel 18: Gemiddelde waarden voor doorprikweerstand van buiten naar binnen	71
Tabel 19: Treksterkte LDPE repro Natural (Nr. 1) - CD - Resultaten	95
Tabel 20: Treksterkte LDPE repro Natural (Nr. 1) - CD - Resultaten zonder uitschieter	95
Tabel 21: Treksterkte LDPE repro Natural (Nr. 1) - MD - Resultaten.....	97
Tabel 22: Treksterkte LDPE repro Dull-Natural (Nr. 2) - CD - Resultaten	99
Tabel 23: Treksterkte LDPE repro Dull-Natural (Nr. 2) - MD - Resultaten	101
Tabel 24: Treksterkte LDPE repro White (Nr. 3) - CD - Resultaten.....	103
Tabel 25: Treksterkte LDPE repro White (Nr. 3) - MD - Resultaten.....	105
Tabel 26: Treksterkte LDPE repro Mixed Color (Nr. 4) - CD - Resultaten.....	107
Tabel 27: Treksterkte LDPE repro Mixed Color (Nr. 4) - MD - Resultaten.....	109
Tabel 28: Treksterkte LDPE repro Mixed Color (Nr. 4) - MD - Resultaten zonder uitschieter.....	109
Tabel 29: Treksterkte LDPE repro Jazz (Nr. 5) - CD - Resultaten.....	111
Tabel 30: Treksterkte LDPE repro Jazz (Nr. 5) - MD - Resultaten.....	113
Tabel 31: Treksterkte LDPE repro Black (Nr. 6) - CD - Resultaten	115
Tabel 32: Treksterkte LDPE repro Black (Nr. 6) - MD - Resultaten	117
Tabel 33: LDPE repro Natural (Nr. 1) – Binnen-buiten - Resultaten.....	119
Tabel 34: LDPE repro Natural (Nr. 1) – Buiten-binnen - Resultaten.....	121
Tabel 35: LDPE repro White (Nr. 3) – Binnen-buiten - Resultaten.....	123

Tabel 36: LDPE repro White (Nr. 3) – Buiten-binnen - Resultaten.....	125
Tabel 37: LDPE repro Mixed Color PCR (Nr. 4) – Binnen-buiten - Resultaten.....	127
Tabel 38: LDPE repro Mixed Color PCR (Nr. 4) – Buiten-binnen - Resultaten.....	129
Tabel 39: LDPE repro Jazz (Nr. 5) – Binnen-buiten - Resultaten.....	131
Tabel 40: LDPE repro Jazz (Nr. 5) – Buiten-binnen - Resultaten.....	133
Tabel 41: LDPE repro Black (Nr. 6) – Binnen-buiten - Resultaten	135
Tabel 42: LDPE repro Black (Nr. 6) – Buiten-binnen - Resultaten	137

Lijst van figuren

Figuur 1: Verdeling van bedrijfsmatig kunststof verpakkingsafval	19
Figuur 2: Logo VAL-I-PAC [2]	20
Figuur 3: Overzicht kunststofwaardeketen.....	23
Figuur 4: Logo Renewi Plastic [73]	24
Figuur 5: Logo Rodepa Plastics [6].....	24
Figuur 6: RKw Hyplast [74].....	25
Figuur 7: Logo Reynaers Aluminium [9].....	25
Figuur 8: Logo Marlux NV [11].....	25
Figuur 9: Logo Plastic Union [13].....	25
Figuur 10: Logo Procter & Gamble [75].....	25
Figuur 11: Carrefour Belgium [76]	26
Figuur 12: Logo Danone [80].....	26
Figuur 13: Logo Morssinkhof-Rymoplast [17]	26
Figuur 14: MTS Adamel L-homargie Mi20-micrometer	28
Figuur 15: MTS 10/M trekbank voor doorprikweerstand	28
Figuur 16: Haltervorm.....	28
Figuur 17: MTS 10/M trekbank	28
Figuur 18: Structuur metalloceen katalysator.....	30
Figuur 19: Meten van MFR [84]	30
Figuur 20: Het effect van materiaaleigenschappen op treksterkte	31
Figuur 21: Het effect van materiaaleigenschappen op verlenging	31
Figuur 22: Structuur krimpfolie [90].....	32
Figuur 23: Algemene opbouw rekwikkelfolie [19, p. 37]	33
Figuur 24: Oriëntatieproces van folies [22, p. 114].....	34
Figuur 25: Oriëntatie-effect (moleculair niveau) [22, p. 115].....	34
Figuur 26: Melt Index van PE-polymeren voor verschillende extrusieprocessen.....	35
Figuur 27: Voorstelling folieproductie a.d.h.v. extrusie [29].....	35
Figuur 28: Voorstelling folieproductie a.d.h.v. blaastechnieken [29].....	36
Figuur 29: Structuur HA(L)S [86].....	37
Figuur 30: Structuur polyisobutyleen (PIB) [85]	38
Figuur 31: Migratieproces Slip agent [22, p. 49]	38
Figuur 32: 4,4'-diamino-2,2'-stilbenedisulfonzuur [87].....	39
Figuur 33: Principe anti-block [22, p. 50]	39
Figuur 34: Ladder van Lansink [83].....	41
Figuur 35: Tribo-elektrostatistische sortering [40]	44
Figuur 36: Densiteit van de voornaamste kunststoffen [41]	45

Figuur 37: Principe van sortering m.b.v. flotatie [42].....	45
Figuur 38: Schematische voorstelling van een hydrocyclone separator [43].....	46
Figuur 39: Voorbeeld natte recyclagelijijn [47]	48
Figuur 40: Opbouw filtersysteem in extruder [88].....	49
Figuur 41: Onderverdeling Design for environment.....	51
Figuur 42: Voorstelling ontwerpproces [49].....	52
Figuur 43: Betrokken Europese landen van EPRO [54].....	54
Figuur 44: EPRO wereldwijd [54]	54
Figuur 45: Logo EXPRA [55]	55
Figuur 46: Logo CEFLEX [56].....	55
Figuur 47: Logo Polyolefin Circular Economy Platform [57]	55
Figuur 48: Logo EuPC [58].....	55
Figuur 49: Logo PlasticsEurope [59]	56
Figuur 50: Logo Plastic Recyclers Europe [52]	56
Figuur 51: Logo EuCertPlast.....	56
Figuur 52: Milieukeur certificaat [61].....	56
Figuur 53: Schema hergebruik economie versus circulaire economie [89]	57
Figuur 54: Logo Go4Circle [62]	57
Figuur 55: Logo Ellen MacArthur Foundation [63].....	57
Figuur 56: Voorstelling circulaire economie volgens Ellen MacArthur Foundation [63]	58
Figuur 57: Logo Circular Economy Package Europe [82].....	62
Figuur 58: Voorstelling kunststofwaardeketen	63
Figuur 59: Stadia voor LCA-studies [67].....	67
Figuur 60: Vergelijking piekbelasting (trekproef)	70
Figuur 61: Vergelijking verlenging bij breuk (trekproef)	70
Figuur 62: Vergelijking piekbelasting (doorprikweerstand)	72
Figuur 63: Vergelijking uitrekking bij piekbelasting (doorprikweerstand).....	72
Figuur 64: Treksterkte - LDPE repro Natural - CD.....	95
Figuur 65: Treksterkte - LDPE repro Natural - MD.....	97
Figuur 66: Treksterkte - LDPE repro Dull-Natural PCR - CD.....	99
Figuur 67: Treksterkte - LDPE repro Dull-Natural PCL - MD	101
Figuur 68: Treksterkte - LDPE repro White- CD.....	103
Figuur 69: Treksterkte - LDPE repro White- MD	105
Figuur 70: Treksterkte - LDPE repro Mixed Color PCR - CD	107
Figuur 71: Treksterkte - LDPE repro Mixed Color PCR - MD.....	109
Figuur 72: Treksterkte - LDPE repro Jazz - CD.....	111
Figuur 73: Treksterkte - LDPE repro Jazz - MD.....	113

Figuur 74: Treksterkte - LDPE repro Black - CD	115
Figuur 75: Treksterkte - LDPE repro Black - MD	117
Figuur 76: Doorprikweerstand - LDPE repro Natural - Binnen-buiten.....	119
Figuur 77: Doorprikweerstand - LDPE repro Natural - Buiten-binnen.....	121
Figuur 78: Doorprikweerstand - LDPE repro White- Binnen-buiten.....	123
Figuur 79: Doorprikweerstand - LDPE repro White- Buiten-binnen.....	125
Figuur 80: Doorprikweerstand - LDPE repro Mixed Color PCR - Binnen-buiten.....	127
Figuur 81: Doorprikweerstand - LDPE repro Mixed Color PCR - Buiten-binnen.....	129
Figuur 82: Doorprikweerstand - LDPE repro Jazz - Binnen-buiten.....	131
Figuur 83: Doorprikweerstand - LDPE repro Jazz- Buiten-binnen.....	133
Figuur 84: Doorprikweerstand - LDPE repro Black - Binnen-buiten	135
Figuur 85: Doorprikweerstand - LDPE repro Black - Buiten-binnen	137

Verklarende woordenlijst

%	Procent
ABS	Acrylonitril-butadien-styreen
CD	Cross direction
CEFLEX	A Circular Economy for Flexible Packaging
CEP	Circular Economy Package
cm ³	Kubieke centimeter
EPRO	European Association of Plastic Recycling and Recovery Organisations
EuPC	European Plastic Converters
EXPRA	Extended Producer Responsibility Alliance
HA(L)S	Hindered amine (light) stabilizers
ISO	International Organisation for Standardization
IVC	Interregionale Verpakkingscommissie
LCA	Life-Cycle Assessment/Levenscyclusanalyse
LDPE	Low-density polyethylene
LLDPE	Linear low-density polyethylene
MD	Machine direction
MFR	Melt mass flow rate – Smeltmassastroomsnelheid
mLLDPE	Metallocene linear low-density polyethylene
mm	Millimeter
mm/min	Millimeter per minuut
MVR	Melt volume flow rate – Smeltvolumestroomsnelheid
M _w	Molecular Weight
MWD	Molecular Weight Distribution
N	Newton
N/mm ²	Newton per vierkante millimeter
PCEP	Polyolefin Circular Economy Platform
PET	Polyethyleentereftalaat
PIB	Polyisobutyleen
PP	Polypropyleen
PRE	Plastic Recyclers Europe
PS	Polystyreen
PTFE	Polytetrafluoretheen/Teflon
PVC	Polyvinylchloride
TD	Transver direction (gelijk aan CD)
ULDPE	Ultra low-density polyethylene
UVA	Ultraviolet absorptie

Abstract

Het stijgende belang naar duurzaamheid zet zowel binnenlandse als Europese instanties aan tot aanpassingen in hun recyclagebeleid. Op het gebied van bedrijfsmatige verpakkingen in België ondersteunt VAL-I-PAC de hele cyclus van verpakkingsmaterialen tot optimale regeling van hun recyclagebezigheden. Groeiende bekommernissen omtrent de recyclage van kunststoffen wereldwijd kwamen aan het licht bij de beslissing van grenssluiting voor kunststofaval door China. Stijging in het recyclagepercentage voor kunststoffen naar 50% in 2025 zet Europa aan tot revaluatie van het huidige systeem. VAL-I-PAC zoekt naar *guidelines* om bedrijven binnen de kunststofwaardeketen af te stemmen op elkaar en zo recyclage te verbeteren. Dit onderzoek focust specifiek op bedrijfsmatige verpakkingen uit polyolefinen, omdat dit ook de grootste kunststoffractie is. Er zijn bedrijfsbezoeken uitgevoerd in de kunststofwaardeketen om inzicht te verwerven en ervaring op te doen vanuit de industrie. Daarnaast moet dit werk ook kennis en inzicht leveren in de recyclage van folies.

Aan de hand van kennis uit een literatuurstudie kunnen verdere richtlijnen onderbouwd worden. De *guidelines* kunnen gebruikt worden om ook de bedrijven te sensibiliseren naar recyclage. Uiteindelijk worden verschillende gradaties in recycleatmateriaal getest op hun treksterkte en doorprikweerstand om gebruikers te informeren over de kwaliteit van recyclageproducten. VAL-I-PAC wenst op een termijn van 5 à 7 jaar het recyclagepercentage voor kunststoffen op te krikken tot 70%

Abstract in English

The increasing importance to sustainability is encouraging both domestic and European authorities to adjust their recycling policy and practices. For industrial packaging in Belgium, VAL-I-PAC supports the entire cycle of packaging materials to optimally regulate their recycling activities. Growing concerns about the recycling of plastics worldwide surfaced because of China's decision of border closure for plastic waste. The increase in the recycling percentage for plastics to 50% in 2025 encourages Europe to reevaluate the current system. VAL-I-PAC looks for guidelines to align the plastic value chain with each other and thus improve recycling. This research focuses specifically on industrial packaging from polyolefins because this is also the largest plastic fraction. Company visits were conducted in the plastics value chain to gain insight and gain experience from the industry. In addition, this work must also provide knowledge and insight into the recycling of films.

On the basis of knowledge from a literature study, further guidelines can be substantiated. The guidelines can be used to make the companies aware of recycling. Finally, different grades in recycled material are tested for their tensile strength and puncture resistance to inform users about the quality of recycling products. VAL-I-PAC wants to increase the recycling percentage for plastics to 70% over a period of 5 to 7 years.

1. Inleiding

1.1. Situering en huidige status

Twee van de grootste problemen waarmee de samenleving van vandaag mee worstelt, zijn zowel klimaatsverandering als de bijkomende duurzame ontwikkeling. Het is dus van uitermate groot belang dat de huidige industrie er zich van bewust is dat de milieu-impact van diensten en producten geminimaliseerd moet worden. Dit omdat het, in een continu veranderende globale markt, van cruciaal belang is dat er is nagedacht over product- en verpakkingsontwerp. Echter is deze nieuwe evolutie niet eenvoudig te verwezenlijken. Verpakkingen moeten voldoen aan vele eisen gesteld door de gebruiker, ook technische elementen spelen een rol. Samen met deze overwegingen moet er dus een minimale of geen milieu impact verwezenlijkt worden. Hierbij kan verpakkingsontwerp gecombineerd met *Design for recyclability* zorgen voor efficiënter gebruik van materiaal, maar ook een daling aan de nood aan nieuwe grondstoffen.

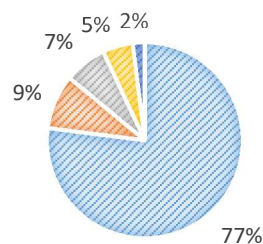
Door een steeds groeiende en meer eisende samenleving wordt het belang van duurzaamheid steeds groter. Met dit groeiend belang zoeken bedrijven steeds vaker naar oplossingen om een competitief voordeel te bekomen ten opzichte van de concurrentie. Ook het steeds nauwkeuriger onderzoek naar de effectieve milieu-impact kan de werkwijze van verscheidene bedrijven beduidend aanpassen. Vele bedrijven hebben geen idee van de afvalberg die ze creëren door bepaalde verpakkingsystemen te gebruiken. Omdat plastic verpakkingen in het algemeen een negatief beeld hebben voor de meeste gebruikers en milieu-activisten, is er nood aan sensibilisering van enerzijds de positieve eigenschappen van plastic verpakkingen en het gebruik ervan. Anderzijds is er tezelfdertijd nood aan het informeren over duurzame mogelijkheden in de afvalfase zoals bv. de recyclage als belangrijke manier van herwinning moet worden aangekaart.

Om op korte termijn een zo groot mogelijke stijging te verwezenlijken in het recyclagepercentage is het bekijken van de meest problematische fractie de meest efficiënte werkwijze. Cijfers uit het septemberrapport 2015 van VAL-I-PAC [1] geven een duidelijk beeld over de verdeling binnen het bedrijfsmatige kunststof verpakkingsafval. In onderstaande tabel 1 en figuur 1 is duidelijk dat de fractie van folies veel groter is dan de andere fracties. De op te stellen guidelines richten zich dus vooral op deze folies. In deze categorie kan er nog een onderscheid gemaakt worden tussen krimpfolies en rekweekfolies.

Tabel 1: Verdelingen van bedrijfsmatig kunststof verpakkingsafval

Soort kunststof	Verdeling (%)
Folie (polyolefinen)	77
Harde kunststoffen	9
Grondstofzakken	7
Bigbags	5
Geëxpandeerd polystyreen	2

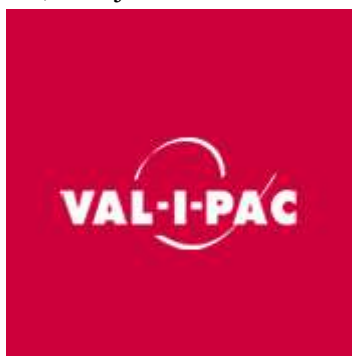
■ Folie ■ Harde kunststoffen ■ Grondstofzakken ■ Bigbags ■ EPS



Figuur 1: Verdeling van bedrijfsmatig kunststof verpakkingsafval

1.2. VAL-I-PAC

De organisatie die instaat voor het coördineren en stimuleren van de recyclage van bedrijfsmatig verpakkingsafval is VAL-I-PAC (Figuur 2) [2]. Deze vzw levert jaarlijks het bewijs dat bedrijfsmatige verpakkingen van haar leden voor minstens 80% gerecycleerd worden. Op deze manier wordt de verpakkingsverantwoordelijkheid vervuld van verpakkende bedrijven in België en bedrijven die verpakte goederen in België invoeren. Vandaag verleent VAL-I-PAC haar diensten aan 7200 verpakkingsverantwoordelijken en 33000 ontpakkers. Ook werkt de organisatie samen met 200 ophalers en recyclers om deze verantwoordelijkheid te vervullen. In totaal heeft VAL-I-PAC ervoor gezorgd dat er 663000 ton verpakkingsafval per jaar gerecycleerd wordt in België (jaarverslag 2016). Het overdragen van deze plichten is echter niet verplicht, bedrijven kunnen deze verplichtingen ook individueel naleven.



Figuur 2: Logo VAL-I-PAC [2]

Voor alle bedrijfsmatige verpakkingen behaalt VAL-I-PAC een recyclagepercentage van 87,5% [3]. Voor bedrijfsmatige verpakkingen vervaardigd uit kunststof ligt dit resultaat gevoelig lager: 53,7%. In vergelijking met 100% voor papier en karton, 84,3% voor hout en een resultaat van 68,2% voor metaal. Het recyclageresultaat voor kunststoffen is dan ook het laagste resultaat voor alle verschillende materialen. Voor de ontpakkers van bedrijfsmatige verpakkingen voorziet VAL-I-PAC premies voor het selectief inzamelen en uitsorteren van het bedrijfsmatige verpakkingsafval. Uiteindelijke wenst VAL-I-PAC bij te dragen tot een meer circulaire economie door zoveel mogelijk bedrijfsmatige verpakkingen in de afvalfase via recyclage nieuwe toepassingen te geven. Dit gebeurt meestal zo lokaal mogelijk zodat onnodige transporten vermeden worden.

VAL-I-PAC wenst haar klanten en de ontpakkers te begeleiden om de recyclageresultaten te verhogen, dit willen ze verwezenlijken door bedrijven te helpen om bedrijfsmatige verpakkingen meer compatibel te maken met de huidige recyclageprocessen. Het bedrijf stelt voor om guidelines op te stellen die bedrijven moeten helpen met het ontwikkelen van verpakkingen die compatibel zijn met de huidige recyclageprocessen binnen een economisch haalbare context. Uiteraard zullen de opgestelde richtlijnen voldoende richting geven voor de belangrijkste kunststoffen verpakkingsmaterialen die als bedrijfsmatige verpakkingen gebruikt worden. Met behulp van deze compatibiliteit wil VAL-I-PAC proberen om zo het percentage op te krikken. Ook VAL-I-PAC er zo voor zorgen dat de recyclage binnen Europa blijft en er zo een circulaire economie wordt gecreëerd voor deze materialen. Het terug inzetten van deze materialen is belangrijk omdat Europa zeer grondstofafhankelijk is.

2. Onderzoeksopzet

Binnen alle materialen van bedrijfsmatige verpakkingen is de recyclage van kunststofverpakkingen het meest problematisch. Hiervoor wordt een recyclageresultaat behaald van 53,7% hetgeen beduidend lager ligt dan het globaal recyclageresultaat voor bedrijfsmatige verpakkingen. De voorgestelde guidelines zullen als doel hebben, om zeker voor bedrijfsmatige kunststofverpakkingen, een beduidende verbetering te realiseren. VAL-I-PAC wenst op een termijn van 5 à 7 jaar dit recyclageresultaat opkrikken te naar 70%.

2.1. Onderzoeksvragen

Welke verpakkingsmaterialen worden er gebruikt in bedrijfsmatige verpakkingen?

- i. *Wat is de verhouding tussen de verschillende materialen die gebruikt worden per sector?*
- ii. *Welke sectoren komen het meest in contact met niet-compatibele recyclageprocessen?*
- iii. *Wat zijn de meest voorkomende verpakkingscombinaties (primair, secundair en tertiair) en wat is hun rol in het recyclageproces?*

Wat is relatie tussen de verschillende verpakkingsmaterialen en hun eigenschappen in het kader van recycleerbaarheid?

- i. *Wat zijn de grootste knelpunten tijdens de recyclage van flexibele kunststoffen?*
- ii. *Wat is de huidige stand van zaken voor België in verband met de recyclage van deze bedrijfsmatige verpakkingen*

Waarom is de nood aan uniforme guidelines een Europees probleem en niet enkel een probleem op Belgisch niveau?

- i. *Zijn de eventueel bestaande guidelines toepasbaar in België en waarom niet/wel?*
- ii. *Welke elementen hebben voor een belangenverschuiving gezorgd?*
- iii. *Staan alle landen in Europa even ver op het gebied van plastic recyclage?*

Welke guidelines moeten er opgesteld worden om ervoor te zorgen dat de ontwikkeling van bedrijfsmatige verpakkingen verbetert in het kader van recycleerbaarheid?

- i. *Wat zijn de belangrijkste elementen die in de guidelines moeten geformuleerd worden?*
- ii. *Aan welke criteria moeten de guidelines voldoen?*
- iii. *Hoe kan men deze guidelines toetsen aan de realiteit en de impact ervan berekenen?*

Hoe kan VAL-I-PAC ervoor zorgen dat voorgestelde alternatieven en richtlijnen zo goed mogelijk nagestreefd worden?

- i. *Hoe kan er aan sensibilisering gedaan worden in bedrijven die bedrijfsmatig kunststof verpakkingsafval genereren waarvoor recyclage belangrijk is? Of in contact komen met het effectieve recyclageproces?*

2.2. Doelstellingen

De uiteindelijke hoofddoelstelling is het formuleren van guidelines om de recyclageresultaten voor bedrijfsmatige kunststof verpakkingen te verhogen met 15% op een termijn van 5 à 7 jaar en de recyclage van deze materialen te organiseren in een Europese circulaire economie. Om het succes van de inzet van deze guidelines te garanderen moet er voldoende nagedacht worden over de sensibilisering bij betrokken bedrijven en de specifieke haalbaarheid van de richtlijnen voor bedrijven.

Om een duidelijk beeld te scheppen van de huidige situatie is een inventaris van de verschillende soorten bedrijfsmatige verpakkingen, gebruikte materialen en de meest voorkomende verpakkingscombinaties van uitermate belang. Zo kunnen de eerste set guidelines de grotere productgroepen verbeteren waardoor er sneller zichtbare resultaten zijn.

Daarnaast is het belangrijk om alle knelpunten in verband met sorteren en recycleren van bedrijfsmatige verpakkingen te definiëren. Dit gebeurt door de eigenschappen van verschillende bedrijfsmatige verpakkingsmaterialen in verband te brengen met de recycleerbaarheid.

Naast het opstellen van guidelines, is het uitermate belangrijk dat de hele kunststofwaardeketen op de hoogte is van de mogelijkheden omtrent recyclage. Veranderingen en aanpassingen kunnen niet opgedragen worden zonder dat men eerst alle spelers sensibiliseert. Kennisoverdracht tussen de verschillende spelers in de kunststofwaardeketen en inzicht op de problematiek kunnen bedrijven aanzetten tot aanpassingen in hun recyclage- en sorteerbeleid. Het sensibiliseren is zeker een nodige stap om de inzet van guidelines te doen slagen.

3. Materialen en methoden

3.1. Literatuurstudie

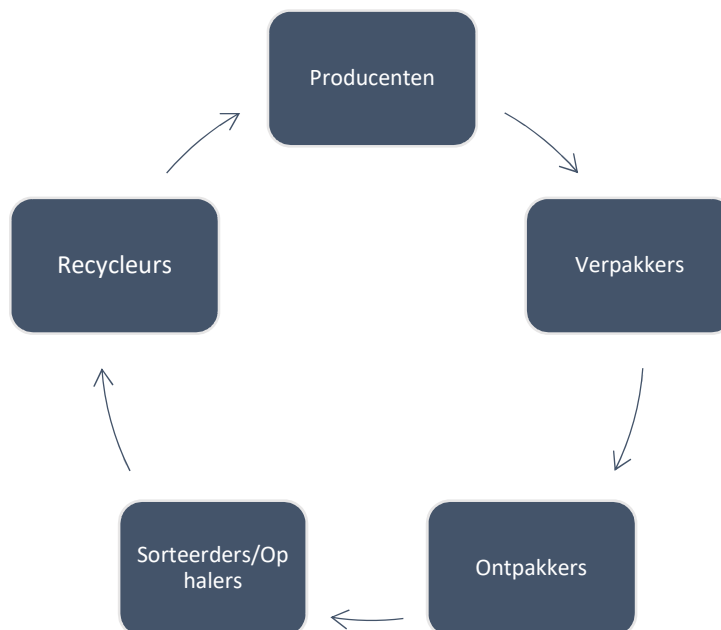
Met de nadruk liggende op bedrijfsmatige folies is het van uitermate belang dat de verschillende materialen grondig onderzocht worden. Samenhangen met de verschillende materialen zijn ook de productie, toevoeging van bepaalde additieven en eigenschappen belangrijke onderdelen. Verder moet de basis van kunststofrecyclage en wetgeving omtrent recyclage gekend zijn. Onderzoek naar de mogelijke stoorstoffen en contaminanten in het proces moeten onderzocht en bepaald worden. Naast deze technische en wettelijke elementen van recyclage zijn er vele organisaties betrokken bij de begeleiding van specifieke folierecyclage. Om een breder beeld te scheppen is kennis over deze organisaties fundamenteel. Al de eerder vernoemde onderdelen worden onderzocht aan de hand van een grondige **literatuurstudie** van voornamelijk academische bronnen.

Onderdelen literatuurstudie:

- Verpakkingsmogelijkheden met kunststof folies
- Wetgeving omtrent recyclage
- Aspecten van sorteren en recycleren (contaminatie, processen, types)
- Design for recyclability
- Het belang van en voor Europa

3.2. Bedrijfsbezoeken doorheen de waardeketen

Naast deze literatuurstudie zullen er **bedrijfsbezoeken** uitgevoerd worden in alle sectoren van de kunststofwaardeketen (Bijlagen A). In onderstaande figuur 3 worden de belangrijkste stappen in deze keten afgebeeld. Binnen de sector van de verpakkers onderscheiden we nog verschillende bedrijven gaande van metaalverwerkers tot voedingsbedrijven. Alle bedrijven waarmee werd samengewerkt in dit project worden in onderstaande teksten kort beschreven. Samen met vergaarde kennis vanuit de industrie zelf moet deze informatie een stevige basis vormen om de guidelines te dragen.



Figuur 3: Overzicht kunststofwaardeketen

3.2.1. Betrokken bedrijven

Elk bedrijf heeft een andere invloed op de kunststofwaardeketen. Hierdoor is het belang van de positie in de waardeketen groot. Sommige bedrijven positioneren zich aan de hand van hun activiteiten in meerdere sectoren en hebben op die manier een bredere kijk om het geheel. In onderstaande tabel 3 is een overzicht zichtbaar van de betrokken bedrijven met hun plaats in de waardeketen.

Tabel 2: Positie van betrokken bedrijven binnen de kunststofwaardeketen

<i>Positie in kunststofwaardeketen</i>	<i>Bedrijf</i>
<i>Producent</i>	Plastic Union
	RKw Hyplast
<i>Verpakkers</i>	Reynaers Aluminium
	Marlux NV
	Procter & Gamble
	Carrefour Belgium
	Danone
<i>Ontpakkers</i>	Reynaers Aluminium
	Marlux NV
	Procter & Gamble
	Carrefour Belgium
	Danone
<i>Sorteerder/Ophaler</i>	Renewi Plastics
	Rodepa Plastics
<i>Recycleur</i>	RKw Hyplast
	Morssinkhof-Rymoplast

3.2.1.1. Renewi Plastics (Figuur 4)

Dit afvalverwerkingsbedrijf is opgericht in 2017 en ontstaan door een fusie van Van Gansewinkel Groep BV en het Engelse bedrijf Shanks Group plc [4]. Renewi onderhoudt zowel recyclage-activiteiten als het ophalen van afval, dit in een breed gamma aan materialen zoals papier, plastic, metaal, hout en anderen. Vestigingen in negen landen in Europa en Noord-Amerika met ongeveer 8000 werknemers bevestigen dat dit een grote speler is op het gebied van afvalophaling. Tijdens al hun activiteiten houden ze duurzaamheid en milieubewustheid in het achterhoofd. De slogan: 'Afval bestaat niet' bevestigt hun intentie om vervuiling te vermijden en onnodig gebruik van eindige natuurlijke bronnen tegen te gaan.



Figuur 4: Logo Renewi Plastic [73]

3.2.1.2. Rodepa Plastics B.V. (Figuur 5)

Recycleren van plastic afval uit verschillende Europese industrieën is het hoofddoel van dit familiebedrijf [5]. Opgericht in 1956 en uiteindelijk doorgroeid tot een marktleider in Europa. Dit met vier vestigingen verdeeld over Nederland, Italië en Slowakije. Ook inspectie van inkomend materiaal en persen van balen zijn activiteiten van deze onderneming. Hierbij bestaan de grondstoffen uit een breed gamma van afvalstromen, gaande van LDPE tot PET. [6]



Figuur 5: Logo Rodepa Plastics [6]

3.2.1.3. RKw Hyplast (Figuur 6)

Productie van polyethyleen (PE) folies is de hoofdactiviteit van deze RKw Groep [7]. De toepassingen waarvoor deze folies geproduceerd worden liggen in de landbouw, tuinbouw, bouw, industrie en convertering. Ook de productie van verpakkings- en barrièrefolie zijn belangrijke activiteiten voor deze kunststofgigant.



Figuur 6: RKw Hyplast [74]

3.2.1.4. Reynaers Aluminium (Figuur 7)

Het ontwikkelen en toepassen van duurzame aluminium producten is het hoofddoel van Reynaers Aluminium [8]. Hierin zijn ze een toonaangevende Europese speler [9]. Hun producten worden toegepast in verscheidene constructies van ramen en deuren tot zonwering en veranda's. Ze produceren zowel voor particulieren, commerciële of industriële projecten.



Figuur 7: Logo Reynaers Aluminium [9]

3.2.1.5. Marlux NV (Figuur 8)

Deze producent van voornamelijk betontegels gelegen te Tessenderlo, Limburg is een belangrijke speler binnen het tuinsegment [10]. Naast betontegels produceert dit bedrijf ook terrastegels, tuinafwerking en andere sierbestrating [11]. Marlux werd opgericht vanuit een fusie van complementaire partners en het aannemersbedrijf Klaps. Deze fusie gebeurde in 2006 en stelde de huidige basis van de onderneming. Ook maakt Marlux N.V. deel uit van de *Building Materials Group CHR*. Hierdoor kunnen ze internationaal een belangrijke speler blijven.



Figuur 8: Logo Marlux NV [11]

3.2.1.6. Plastic Union (Figuur 9)

De nieuwste technologie gecombineerd met geautomatiseerde processen is de basis voor Plastic Union [12]. Door huidig beleid is de productie van LDPE-folies voor allerlei toepassingen hun hoofddoel. Het bedrijf produceert allerlei folieverpakkingen [13]. Steeds innovatief omgaan met veranderingen zorgt er voor dat deze folieproducent kwaliteitsvolle producten kan aanbieden.



Figuur 9: Logo Plastic Union [13]

3.2.1.7. Procter & Gamble (Figuur 10)

Een multinational bedrijf met als hoofddoel het produceren en verdelen van consumentenproducenten [14]. In dit vakgebied is het een van de belangrijkste spelers. Hun producten vallen in verschillende categorieën gaande van haarverzorging tot wasmiddelen. Deze gigant werd opgericht in 1837 toen William Procter en James Gamble hun ondernemingen samenvoegde tot P&G. Tal van bekende merken zijn onderdeel van de grote merkenportefeuille die Procter & Gamble bezit. Voorbeelden zoals Gillette, Braun, Ariel zijn deel van de onderneming. Ook hier zijn ze zeer druk bezig met duurzaamheid en het milieu, voor hun innovatieve inspanningen op dit vlak hebben ze al tal van prijzen gewonnen.



Figuur 10: Logo Procter & Gamble [75]

3.2.1.8. Carrefour Belgium (Figuur 11)

Carrefour Belgium maakt slechts deel uit van Groupe Carrefour. Deze overkoepelende organisatie is de grootste voedingsretailer ter wereld met 12.200 vestigingen in 35 landen [15]. In België was Carrefour de eerste grote retailer die een winkel opende. In totaal doen 80% van de Belgische gezinnen jaarlijks hun boodschappen bij Carrefour. Voor elke consument heeft Carrefour een ander winkelformaat gaande van Hypermarkten tot drive vestigingen. Het hoofdkantoor van het onderdeel in België ligt in Brussel.



Figuur 11: Carrefour Belgium [76]

3.2.1.9. Danone (Figuur 12)

Begonnen als een klein yoghurtbedrijf in 1919 maar uitgegroeid tot een multinationalaal voedingsmiddelbedrijf. Danone is gespecialiseerd in medische voeding, melkproducten, yoghurt en flessenwater [16]. Ze brengen hun producten uit onder een breed gamma aan merken; Evian, Activia, Danone, Actimel, enz. .



Figuur 12: Logo Danone [80]

3.2.1.10. Morssinkhof-RymoPlast (Figuur 13)

Deze plastic recycler gelegen te Lommel, verwerkt allerhande materialen: HDPE, LDPE, PET, PS en PP [17]. Het bedrijf is een groepering van acht verschillende plastic recyclers en produceert zo'n 250 000 ton aan producten per jaar [18]. Hun productgamma beperkt zich niet tot enkel granulaat. Ook maalgoed, samengestelde producten en plastic zakjes zijn producten van Rymoplast. De geproduceerde zakjes zijn gemaakt uit eigen recycalaat en enkel uit LDPE. De activiteiten van Morssinkhof-Rymoplast zijn echter gescheiden in twee groepen: Morssinkhof Plastics en Rymoplast. Beide met andere vestigingen en andere doelen. Rymoplast focust zich vooral op PE folies terwijl Morssinkhof Plastics zich met alle bovenstaande plasticsoorten bezighoudt.



Figuur 13: Logo Morssinkhof-Rymoplast [17]

3.3. Analyse van recycleermaterialen

Om de andere spelers in de kunststofwaardeketen te overtuigen van kwaliteit van het huidige recycleer, is het van uitermate belang dat de eigenschappen gekend zijn. Op dit moment is er een gebrek aan voldoende communicatie tussen de verschillende spelers in de waardeketen. Een deel van deze communicatie omtrent de eigenschappen van het bekomen recycleer is zeer vaag. Om het materiaal toepasbaar te maken moet de kwaliteit ervan bewezen worden. Zowel voor krimp- als rektoepassingen zijn trekeigenschappen en de doorprikweerstand van belang. Om deze karakteristieken te bepalen is ook de dikte een belangrijke parameter.

Naast het ondervragen van de hele kunststofwaardeketen, zal aan de hand van **specifieke testen** recycleer geanalyseerd worden. Deze testen moeten de verschillende gradaties in testmaterialen, beschreven in onderstaande tabel 3, onderscheiden van elkaar op het gebied van trekeigenschappen en doorprikweerstand. De eerste test is een diktemeting met de MTS Adamel L-homografie Mi20-micrometer (Figuur 14), hierbij zullen er bij elke foliesoort 10 stalen getest worden. Uiteindelijk zal het gemiddelde genomen worden van de diktemetingen per foliesoort. Naast de dikte zijn ook de treksterkte en uitrekking belangrijke eigenschappen van deze materialen. Deze trekeigenschappen zullen getest worden met de MTS 10/M trekbank (Figuur 15) volgens ISO 527-3:1995. Uit elke foliesoort worden 5 stalen gesneden met een haltervorm (Figuur 16) (afmeting vermeld in ISO 527-3:1995), dit zowel in *machine direction* (MD) als in *cross direction* (CD). De metingen zijn uitgevoerd met een *loadcell* van 2 kN en met een snelheid van 500 mm/min. Verder werd ook de doorprikweerstand getest met de MTS 10/M trekbank (Figuur 17) volgens norm ASTM F 1306-90 (*Reapproved* 1994). Voor elk materiaal werden 12 stalen getest. Hier wordt er een onderscheid gemaakt tussen binnen-buiten en buiten-binnen. Wegens een gebrek aan testmateriaal van folienummer 2 werden hierop enkel diktemetingen en trektesten uitgevoerd. De testen werden uitgevoerd bij 22,9°C en een relatieve vochtigheid van 53,1%.

Tabel 3: Samenvatting testmaterialen

Nr.	Naam	Productie	Densiteit (g/cm ³)	MFI (g/10min)	Bron
1	LDPE repro Natural	Extrusie	0,90 – 0,94	0,3 – 1,5	Postindustriële afval (LDPE folie)
2	LDPE repro Dull-Natural PCR	Extrusie	0,90 – 0,95	0,4 – 1,8	/
3	LDPE repro White	Extrusie	0,90 – 0,95	0,9 – 1,6	Productieafval witte LDPE folie
4	LDPE repro Mixed Color PCR	Extrusie	0,90 – 0,95	0,4 – 1,5	Gewassen post-consument afval (LDPE folie)
5	LDPE repro Jazz	Extrusie	0,90 – 0,95	0,4 – 1,8	Gewassen post-consument afval (LDPE folie)
6	LDPE repro Black	Extrusie	0,92 – 0,97	0,4 – 1,5	Postindustriële afval (LDPE folie)



Figuur 14: MTS Adamel L-homargie Mi20-micrometer



Figuur 15: MTS 10/M trekbank voor doorprikweerstand



Figuur 16: Haltervorm



Figuur 17: MTS 10/M trekbank

4. Literatuur

4.1. Gebruikte verpakkingsmaterialen

De meest gebruikte plastic verpakkingsmaterialen in de industrie zijn folies, vooral in de vorm van rekwikkelfolie of krimpfolie. Desondanks dat deze toepassingen andere mechanische eigenschappen bezitten zijn ze verwezenlijkt uit hetzelfde basismateriaal. Het merendeel aan kunststoffolies is gemaakt uit *low-density polyethylene* (LDPE). Ook variaties als *linear low-density polyethylene* (LLDPE) en *metallocene* LLDPE (mLLDPE) komen steeds vaker voor.

4.1.1. Polyethyleen algemeen

Het meest gebruikte plastic wereldwijd is polyethyleen, dit heeft het materiaal te danken aan zijn brede inzetbaarheid, betrouwbaarheid en duidelijke stevigheid [19]. Het materiaal kan gebruikt worden voor zowel harde als flexibele toepassingen. Ook complexe vormen zijn mogelijk. Onafhankelijk van de vorm behoudt polyethyleen zijn ultieme eigenschappen. Naast stevigheid is dit polymeer ook een goede isolator, bestand tegen bijtende stoffen. Bijkomend is het betrouwbaar onder vele temperaturen, van tropische warmte tot ijskoude situaties. Al deze eigenschappen zijn aanwezig voor een relatief licht materiaal. Samenvattend is polyethyleen sterk, veilig en veelzijdig.

Het polymeer polyethyleen is het eindproduct van het polymerisatieproces van etheen. Het gebruikte etheen is het eindproduct bij het kraken van nafta. Tijdens het extractieproces van ruwe olie is nafta een nevenproduct dat wordt onder andere gebruikt voor de productie van etheen. Na het aaneenschakelen van de etheendeeltjes tot polyethyleen gedurende het polymeerproces zijn de dichtheid en liquiditeit belangrijke factoren die de eigenschappen van het eindproduct beïnvloeden.

4.1.2. Materiaal LDPE (Tabel 4)

Tabel 4: Eigenschappen LDPE [20]

<i>Eigenschap</i>	<i>Waarde</i>
Densiteit	0,915-0,942 g/cm ³
Melt Flow Index	0,2-20 g/10min
Smeltemperatuur	105-130°C
Glastransitietemperatuur	-32°C (sterke variatie)

Deze vertakte versie van polyethyleen bezit een hoge breukrek, hierdoor wordt het vaak gebruikt voor industriële toepassingen als rekwikkel- of krimpfolie. Daarnaast bezit het een goede waterbarrière en een goede impactsterkte [20]. Ook is het polymeer eenvoudig verwerkbaar. De vertakkingen zorgen voor extra flexibiliteit, doorzichtigheid en sealbaarheid.

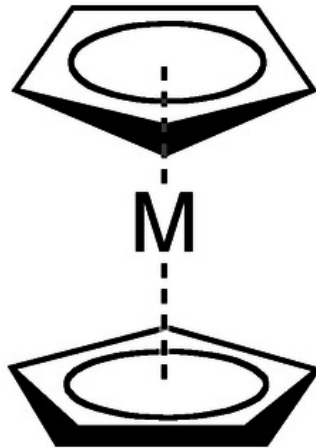
4.1.3. Materiaal LLDPE (Tabel 5)

Tabel 5: Eigenschappen LLDPE [20]

<i>Eigenschap</i>	<i>Waarde</i>
Densiteit	0,915-0,940 g/cm ³
Melt Flow Index	0,2-20 g/10min
Smeltemperatuur	120-145°C
Glastransitietemperatuur	-32°C (sterke variatie)

Dit lineair copolymeer van ethyleen met buteen, hexeen of octeen bezit een hogere breukrek als het bovenstaande materiaal [20]. Verder zorgt de toevoeging van deze vertakkingen tot betere treksterkte en scheureigenschappen. Dit maakt het materiaal optimaal voor rektoepassingen.

Vroeger werd dit materiaal geproduceerd aan de hand van de Ziegler-Natta katalysator [21]. Deze katalysator zorgde voor een verbinding tussen de verschillende eenheden maar had weinig controle over de oriëntatie ervan [22]. Bij polymerisatie is de volgorde en oriëntatie van de structuren een bepalende factor voor de mechanische eigenschappen van het eindproduct. Tegenwoordig gebruikt men een metallocene katalysator (mLLDPE als eindproduct) die veel preciezer omspringt met de constructie van het polymeer. Aan de hand van deze katalysator kunnen de gewenste eigenschappen probleemloos bereikt worden en zal het proces ongecompliceerd te controleren zijn. De katalysator zorgt voor verbeterde mechanische en betere optische eigenschappen. De metallocene katalysator bestaat uit een metaalatom tussen twee koolstofringen waarop de specifieke zijketens zich bevinden (Figuur 18). Deze ketens worden dan afgezet op het polymeer gedurende het proces.

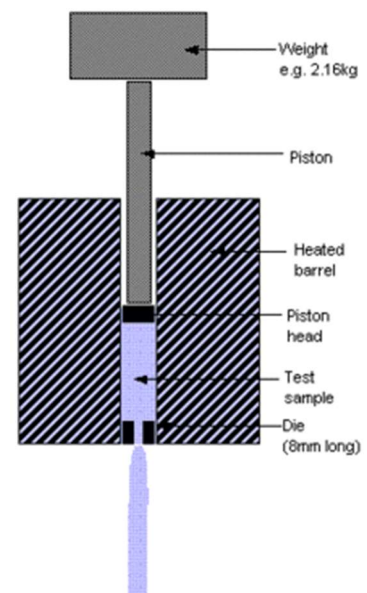


Figuur 18: Structuur metallocene katalysator

4.1.4. Eigenschappen

4.1.4.1. Melt Flow Index (MFI)

De MFI is een maat voor de smeltstroom van een polymeer en deze speelt een belangrijke rol tijdens de productie van plastic [23]. Het wordt als hulpmiddel gebruikt tijdens kwaliteitscontrole van het materiaal. De smeltstroom is een maat voor verwerkbaarheid en is afhankelijk van de viscositeit, keteneigenschappen, verdeling van de ketens en de moleculaire massa. Polymeren met hoog molecuulgewicht bezitten een lage MFI en omgekeerd. Daarnaast is de smeltvloei snelheid omgekeerd evenredig met de viscositeit. Figuur 19 beeldt het principe van de MFI metingen uit. De metingen kwantificeren de smeltmassastroomsnelheid (MFR) of de smeltvolumestroomsnelheid (MVR) van het geëxtrudeerde polymeer tijdens een bepaalde periode (meestal 10 minuten). Dit door een capillair met specifieke afmetingen onder de druk van een dood gewicht. MFI metingen gebeuren altijd onder voorgeschreven temperatuursomstandigheden. Daarnaast bespreekt MFI ook de gemiddelde molecuuldimensies van het smelt en de verwikkeling ervan met andere [24]. Bij polyolefinen wordt er echter meer gebruik gemaakt van de *Melt Flow Rate* (MFR)



Figuur 19: Meten van MFR [84]

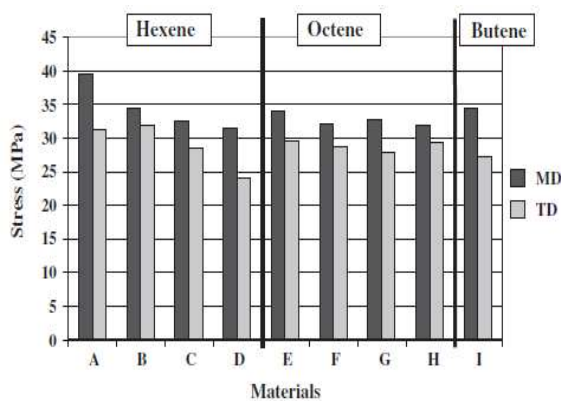
4.1.4.2. Treksterkte

De grootte van de treksterkte en spanning zijn afhankelijk van het moleculair gewicht van het polymeer (Tabel 6) [25]. Belangrijk voor de sterkte van het materiaal is de MFI zoals zichtbaar op onderstaande figuur 20. Er was een vergelijkbare trend voor de CD-breeksterkte, hoewel de treksterkte in CD voor alle films aanzienlijk lager is dan de MD-sterkte [25]. De resultaten tonen aan dat toenemende M_w een progressieve afname in CD breeksterkte voor hexeen-mLLDPE, met slechts een kleine vermindering in CD-Breeksterkte voor LLDPE van octeen comonomeren. De keuze voor een bepaald vertakking is afhankelijk van de toepassing waarvoor het polymeer dient. Figuur 21 toont de breukrek van films. Het patroon is vergelijkbaar met die gevonden voor breeksterkte. Resultaten tonen een stapsgewijze afname van de spanning voor films met toenemende M_w . Over het algemeen waren de waarden in de MD redelijk vergelijkbaar met bijhorende MFI, ongeacht de comonomeereigenschappen.

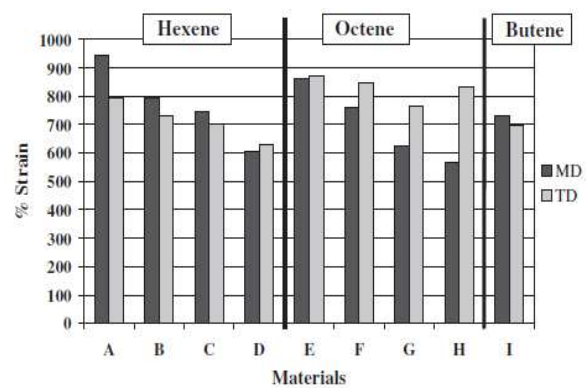
Mengsels van LLDPE en LDPE tonen synergetische effecten in verband met treksterkte en verlenging, dit terwijl de breeksterkte lineair geassocieerd is met de bestanddelen [26]. Dit is een positief effect voor de mechanische eigenschappen van recyclaatmateriaal. Mengsels van LLDPE en LDPE met verhouding 40/60 worden als bruikbaar beschouwd voor blaasextrusie op basis van hun mechanische eigenschappen (negeren van oriëntatie).

Tabel 6: Onderzochte testmaterialen [25]

Polymeer	Type	Comonomeer	Densiteit (g/cm^3)	MFI ($g/10\ min$)	M_w	MWD (Pd)
A	Metalloceen	Hexeen	0,918	4,5	75400	2,2
B	Metalloceen	Hexeen	0,918	2,5	88000	2,5
C	Metalloceen	Hexeen	0,918	2,5	81300	2,3
D	Metalloceen	Hexeen	0,918	1,1	122500	2,4
E	Metalloceen	Octeen	0,917	4,0	85100	3,2
F	LLDPE	Octeen	0,919	1,1	129500	4,0
G	ULDPE	Octeen	0,903	1,5	132500	4,1
H	Metalloceen	Octeen	0,920	0,85	130000	3,3
I	Metalloceen	Buteen	0,905	1,0	112000	2,1



Figuur 20: Het effect van materiaaleigenschappen op treksterkte



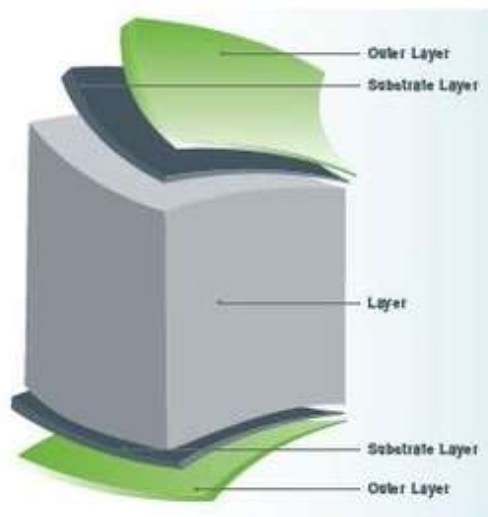
Figuur 21: Het effect van materiaaleigenschappen op verlenging

4.1.5. Krimpfolie

Wanneer krimpfolie wordt gebruikt als tertiaire verpakkingsfolie bezit het materiaal minder specifieke eigenschappen dan in primaire toepassingen [27]. De belangrijkste parameters voor krimpfolies zijn seal-eigenschappen, krimpvermogen (afhankelijk van de oriëntatie), houdkracht en stijfheid. Daarnaast zijn tertiaire krimpfolies dikker dan primaire. Krimpfolie wordt georiënteerd (4.1.7. Oriëntatie) om de gewenste krimpeigenschappen te verkrijgen [22]. Hoe meer de folie georiënteerd is, hoe groter de verkregen krimp. Naast krimpeigenschappen moet het product ook hoge stijfheid bevatten om de verpakte producten te beschermen tegen elementen van buitenaf. Het verpakken met krimpfolie gebeurt in twee fasen. Als eerste wordt de folie rond het pallet gewikkeld of getrokken. Daarna passeert het verpakkingsconcept doorheen een krimp-tunnel of -oven. De warmte veroorzaakt ontspanning van de polymeermoleculen waardoor ze terugkeren naar de niet-georiënteerde staat. Hierdoor krimpt de folie rondom de goederen en het pallet. Gedurende de krimpfase worden er gaatjes in de folie geprikt om ingekapselde lucht te laten ontsnappen en zo luchtballen te vermijden.

Bij deze toepassing is de uniformiteit van de MFI cruciaal. De folie wordt rond het te verpakken product geplaatst en daarna verwarmd zodat het krimp rondom [27]. Zowel uni-axiale als bi-axiale krimp-richtingen zijn mogelijk, deze zijn het gevolg van het productieproces. Indien de MFI niet precies is, zal de verwarming een wisselend effect kennen [28]. Hierdoor kunnen er productiefouten ontstaan zoals brandplekken, gaten of zwakke zones. Krimpfolie kan zowel met cast extrusie als via blaasprocessen geproduceerd worden [22]. Toch is het blaasproces optimaler voor deze toepassing omdat bi-axiale krimpfolie een meer gewild product is (krimpeigenschappen in MD en CD).

Krimpfolie is meestal opgebouwd uit een relatief dikke middenlaag (ten opzichte van de buitenste lagen) met wederzijdse beschermlagen (Figuur 22). Deze buitenste lagen zijn meestal vervaardigd uit LDPE met hogere stijfheid en doorprikweerstand, dit om de verpakte goederen te beschermen tegen elementen van buitenaf. Indien er recyclaatmateriaal beschikbaar is met uitstekende krimpkwaliteiten, is het theoretisch mogelijk om dit te verwerken in de middenlaag. Ook een blend van *virgin* materiaal en recyclaat is een optie om de vereiste eigenschappen te bereiken.

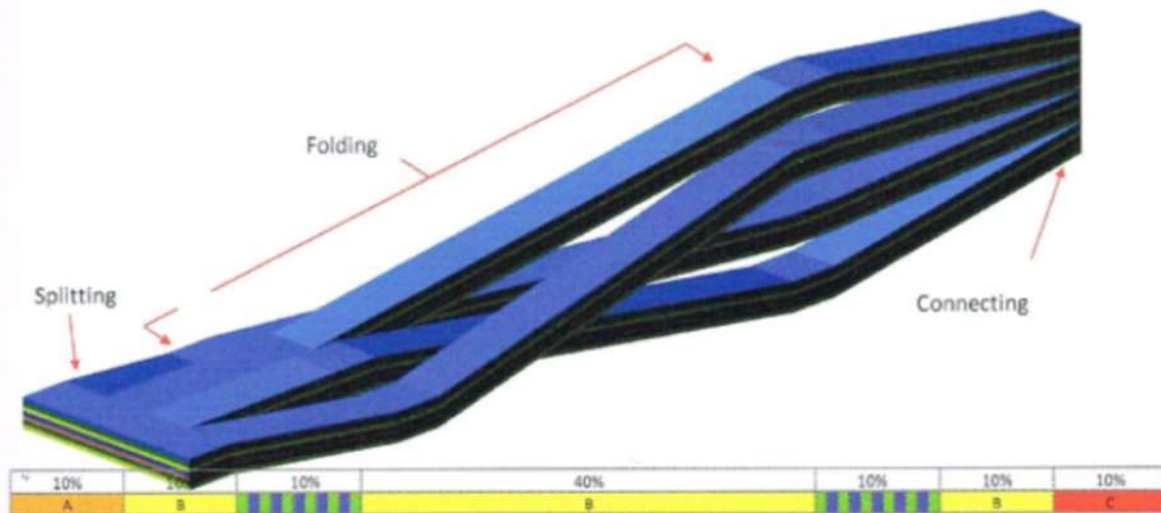


Figuur 22: Structuur krimpfolie [90]

4.1.6. Rekwikkelfolie

Deze toepassing van tertiaire kunststoffolie is een zeer verfijnde optimalisatie. De eigenschappen van dergelijke folies zijn zeer specifiek aan de toepassing waarvoor het gebruikt wordt. Enerzijds bestaan er zeer technische rekwikkelfolies (tot 33 lagen) die bepaalde voorstrekking vereisen [19]. Deze folies worden aangebracht door machines om de voorstrekking te verzekeren. Anderzijds is handmatige rekwikkelfolie een onderverdeling van deze toepassing. Het minder-technische karakter van deze folie vergemakkelijkt het aanbrengen van deze folie, zodat dit ook manueel kan. Uiteindelijk zorgt dit ervoor dat de mogelijkheid moet bestaan om recyclaatmateriaal te verwerken in de tussenliggende lagen (blauw en groen op onderstaande figuur 23), omdat de technische specificatie voor deze laag van minder groot belang zijn op de totale technische capaciteit van de folie [19].

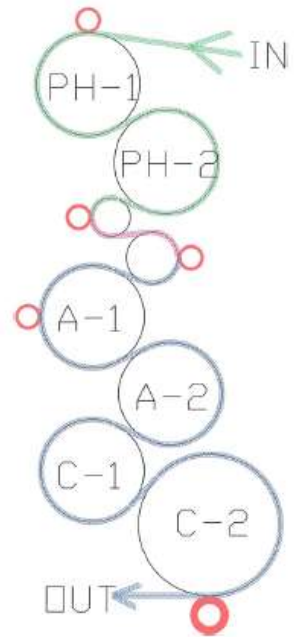
Rekwikkelfolie is een toepassing bestaande uit meerdere lagen, meestal drie tot zeven lagen (Figuur 23) [19]. Elke laag bezit andere additieven en heeft andere eigenschappen. Aan de buitenste laag (A) wordt cling agent toegevoegd om ervoor te zorgen dat deze blijft kleven. Ook dit deze laag bestendig te zijn tegen elementen van buitenaf (hogere doorprikweerstand). Tegengesteld zal er aan de andere zijde (C) meestal anti-block toegevoegd worden om het afrollen van de folie te vergemakkelijken. Het materiaal dat in het midden van de folie (B) zit bepaalt de verstrekkingsgraad (tussen 100% en 300%) en de stevigheid van de folie [27]. Ook wordt er productieafval verwerkt in de folie, dit in een bepaalde zone tussen het midden en de buitenkanten. Meestal wordt rekwikkelfolie geproduceerd aan de hand van cast extrusie omdat de dikte meer controleerbaar is dan bij blaasextrusie. De productie van meerlaagse rekwikkelfolie gebeurt via co-extrusie. Daarna versnijdt een machine de folie om daarna meerdere lagen van dezelfde folie te verlijmen tot een dikker geheel. Dit proces kan folies produceren tot 33 lagen [19].



Figuur 23: Algemene opbouw rekwikkelfolie [19, p. 37]

4.1.7. Oriëntatie

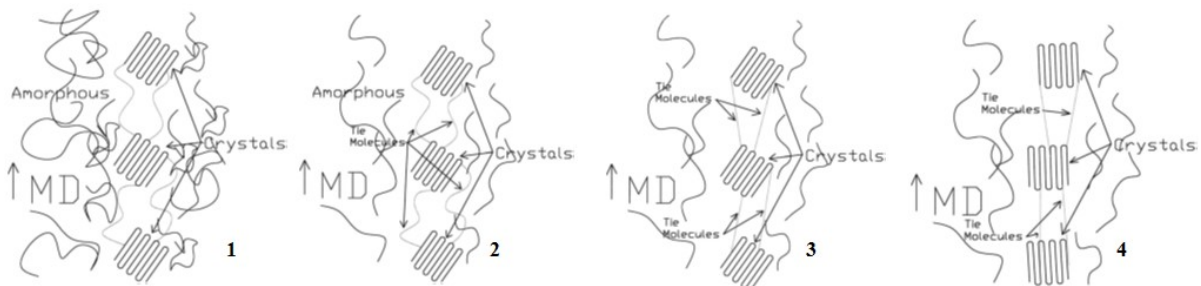
Het oriënteren van folies is nodig om bepaalde eigenschappen te verkrijgen nodig voor sommige toepassingen. Meestal is een film georiënteerd in de MD maar ook bi-axiale oriëntering is mogelijk. Het oriënteren van folies kan fysische en barrière-eigenschappen van het product sterk verbeteren. Ook trekeigenschappen, krimpcapaciteit en stijfheid kan aan de hand van deze methode verbeterd worden. Oriëntatie verloopt altijd volgens vier algemene stappen (Figuur 24). Als eerste is er een voorverwarmingsfase, de rollen (PH-1 en PH-2) verwarmen het materiaal geleidelijk zonder rimpels te veroorzaken. Hierdoor wordt de moleculaire mobiliteit verhoogt zodat de folie kan worden uitgetrokken. De temperatuur van het voorverwarmen bepaalt mede de eigenschappen. Vervolgens zorgen *draw rolls* voor de gewenste oriëntatie door het materiaal uit te rekken. De afstand tussen de rollen kan worden aangepast om de gewenste eigenschappen te verkrijgen. Daarna zorgen *annealing rolls* (A-1 en A-2) voor een verwarming waardoor de eigenschapsverandering, veroorzaakt door draw rolls, behouden blijft. In deze stap worden de krimp eigenschappen van de folie bepaald. Als laatste wordt de folie terug afgekoeld door koelrollen (C-1 en C-2).



Figuur 24: Oriëntatieproces van folies [22, p. 114]

4.1.7.1. Oriëntatie-effect (Figuur 25)

De folie bestaat uit verschillende gebieden van geordende kristallen (semi-kristallijn). Deze gebieden zijn verbonden door moleculen die doorheen de amorfe zones liggen. Meestal liggen de kristallijne gebieden gekanteld op het filmoppervlak. Door uitrekking in MD zullen de verschillende kristallijne gebieden zichzelf uitlijnen in die richting. Dit proces stopt wanneer alle gebieden volledig uitgelijnd zijn in de MD. Na deze fase gaat de film breken omdat de kristalgebieden ontwaren door de tussenliggende trekkrachten.



Figuur 25: Oriëntatie-effect (moleculair niveau) [22, p. 115]

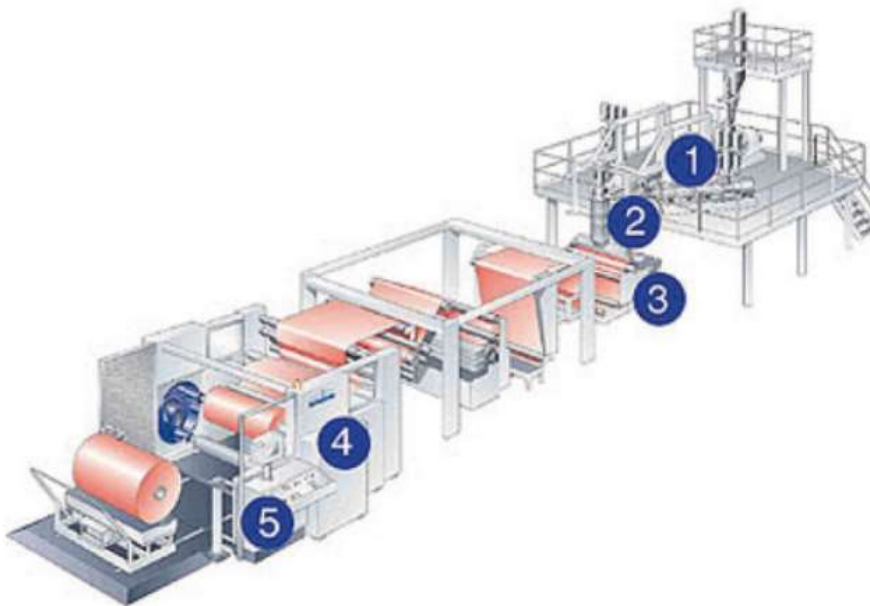
4.1.8. Productie

Plastic folies zijn veelgebruikte materialen in de industrie. Dit voor meerdere toepassingen van verpakkingsconcepten maar ook in rek- en krimpfolie toepassingen voor transportdoeleinden. De productie van deze materialen gebeurt voornamelijk via folie-extrusie of folieblaastechnieken [25]. Bij de extrusie van folies zal de moleculaire oriëntatie pas optreden na de extruder. Deze oriëntatie is het gevolg van een eerste rekking tot aan de eerste koelrollen. De afstand tussen koelrollen en smeltzone bepaalt de oriëntatie en daarbij ook de eigenschappen die hierdoor beïnvloed worden. Ook is de oriëntatie afhankelijk van het productieproces. In onderstaande figuur 26 wordt de keuze van productieproces afgebeeld in verband met de MFI.



Figuur 26: Melt Index van PE-polymeren voor verschillende extrusieprocessen

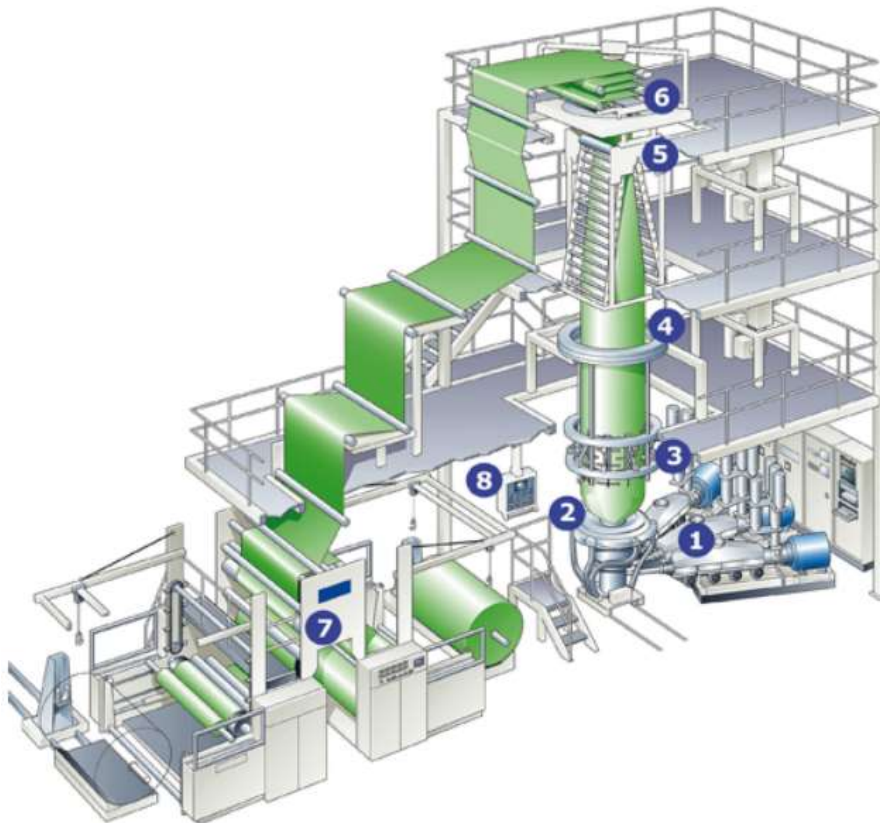
4.1.8.1. Cast extrusie



Figuur 27: Voorstelling folieproductie a.d.h.v. extrusie [29]

In bovenstaande figuur 27 zijn de verschillende stappen van het folie-extrusieproces zichtbaar. In de extruder (1) wordt het granulaat verwarmd tot plastische toestand. Waarna het door de beweging van de schroef in de extruder door een opening (2) geperst wordt. Meteen daarna zorgen rollen (3) voor een zo gelijk mogelijke verdeling. Na deze stap zal de folie zich over meerdere koelrollen verplaatsten waardoor het materiaal ook zijn oriëntatie en eigenschappen zal verkrijgen [29]. Uiteindelijk zorgt een *winding installation* (4) voor het oprollen van de folie, dit onder nauwe controle (5). Deze methode wordt het vaakst gebruikt voor de productie van technische folies zoals rekweekfolie. De reden voor deze keuze is de dikte-optimalisatie die mogelijk is bij deze techniek. Daarnaast is het voorrekken van de folie ook mogelijk bij deze techniek.

4.1.8.2. Blaasextrusie



Figuur 28: Voorstelling folieproductie a.d.h.v. blaas technieken [29]

Naast het produceren van folie met extrusie, bestaat de mogelijkheid om blaas technieken toe te passen. Het blaasproces wordt meestal toegepast omdat men aan de hand van deze techniek bi-axiale folie kan produceren [22]. In bovenstaande figuur 28 zijn de verschillende stappen van het blaasproces afgebeeld. Gelijkend zoals bij extrusieprocessen begint het blaasproces ook met het verwarmen van granulaat tot een bewerkbare toestand in de extruder (1). Daarna wordt het polymeer door een ringvormige opening (2) geduwd waardoor het een dunne tube zal vormen [29]. Gedurende dit proces zal de dikte van de folie steeds gemeten worden (3 en 4). In het midden van deze opening zal er onder hoge druk lucht worden geblazen waardoor er een ballon [30] ontstaat. Ook zal deze lucht zorgen voor afkoeling aan de binnenzijde van de cilinder. Nadat de folies in verticale richting genoeg is afgekoeld zal de tube tussen twee rollen (5) bewegen, hierdoor zullen er zich twee lagen vormen. Na verder koelen over rollen (6) wordt het materiaal opengesneden aan de zijkanten en worden de lagen afzonderlijk opgerold (7 en 8). De grootste voordelen van deze techniek zijn de mogelijkheid om biaxiale oriëntatie te genereren in de folie en het vermijden van onregelmatigheden aan de zijkanten van de folie. De biaxiale oriëntatie zal bepaalde mechanische eigenschappen zoals treksterkte, stijfheid en krimp verbeteren.

4.1.9. Additieven

Bij folietoepassingen komen steeds dezelfde additieven kijken. De bedoeling van deze stoffen is om bepaalde eigenschappen te verbeteren in functie van de toepassingen. Bij rekwikkelfolie wordt aan de binnenzijde anti-blocking agent toegevoegd om ervoor te zorgen dat de folie niet blijft plakken aan elkaar. Daarentegen wordt er aan de buitenzijde cling agent toegevoegd om er juist voor te zorgen dat de folie wel plakt. Onder de additieven kunnen we een onderscheid maken tussen stabilizers (behoud van eigenschappen), *modifiers* (aanpassen van eigenschappen) en vulstoffen (kostenbesparing).

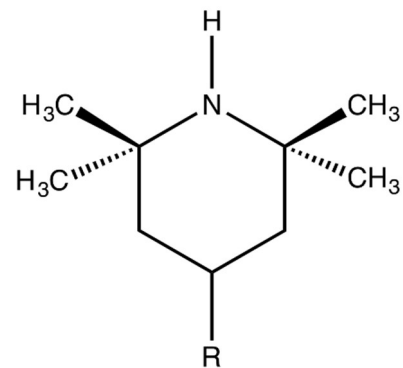
4.1.9.1. Stabilizers

4.1.9.1.1. Antioxidanten

Aan de hand van deze term worden alle verschillende stabilisatieklassen beschreven die gebruikt worden om organische substraten te beschermen [22]. Antioxidanten beschermen vooral tegen thermische en thermo-oxidatieve afbraak. Bescherming tegen deze processen is nodig tijdens opslag, verwerking en omzetting van het product. Dit gebeurt altijd in afwezigheid van UV-licht. Het effect van antioxidant heeft een invloed op de bulk (bulkeffect). De vereisten voor antioxidant tussen de verschillende processen kan variëren waardoor de keuze van het juiste additief vaak moeilijk is. Daarnaast is het afbraakpatroon ook een factor voor de keuze. Door de verschillende afbraakpatronen bij polyolefinen kan de soort antioxidant verschillen bij wisselende materialen. Geëxtrudeerde polyolefinen worden gestabiliseerd aan de hand van het synergetische effect tussen een fenol antioxidant (AO) en een fosfiet (P). Bij industriële folies zorgt dit additief voor bescherming van het organische substraat gedurende de rekprocessen.

4.1.9.1.2. UV-stabilizers

Ook dit additief moet de degradatie van het filmmateriaal verminderen [22]. Foto-oxidatieve degradatie start altijd aan het oppervlakte en migreert zich daarna verder in het materiaal. Het is een niet-homogeen effect en kan aan de hand van *UV-stabilizers* verminderd worden. Bij flexibele plasticverpakkingen gebruikt men twee soorten *stabilizers* voor UV-straling: UV-absorptie (UVA) of *free radical scavenging*. Beide additieven dissociëren het licht in minder schadelijke (langere) golflengtes. Deze golflengtes komen vooral vrij als warmte aan het oppervlak. Aan de hand van deze stoffen kan zowel de verpakking als het product beschermd worden. Voorbeelden van UV-stabilizers zijn carbon zwart of *hindered amine (light) stabilizers* (HA(L)S) (Figuur 29).

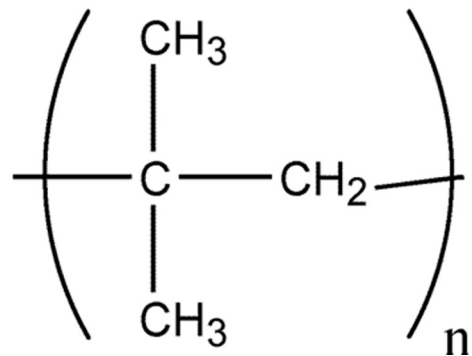


Figuur 29: Structuur HA(L)S [86]

4.1.9.2. Modifiers

4.1.9.2.1. Cling agent: Polyisobutyleen (PIB)

Toevoeging van polyisobutyleen (Figuur 30) master batch is het meest gebruikt als *cling agent* of *tackifier*, dit vooral bij commerciële rekwikkelfolies [31]. Toevoegingen van PIB migreren naar het oppervlak van het polymeer. De migratie van het additief is afhankelijk van de morfologie van de folie, gecreëerd tijdens het productieproces. De kleefkracht van de folies tussen naburige lagen wordt vooral bepaald door de moleculaire massa van het hars. Deze massa ligt tussen de grenswaarden 100g/mol en 3000g/mol. Naast de kleefkracht heeft het ook een effect op andere eigenschappen van de plastic folie zoals *roll telescoping*. Hierbij kan slip tussen de lagen zorgen voor het verkeerd uitlijnen van randen van de folies zodat er inconsequente rollen geproduceerd worden [32]. Verschillen in diktes kunnen ook leiden tot het verkeerd oprollen van plastic folie. Deze rollen kunnen processen verder in de waardeketen verstoren door onregelmatigheden te veroorzaken. En op die manier het proces stil te leggen of te vertragen. Naast roll telescoping kan PIB ook een effect hebben op het geluid van afrollen en het oppervlaktegevoel van de folie zelf. Door de toevoeging van deze batch verbetert men ook de kleefprestaties van coëxtrusie-oppervlaktes ten op zichten van *monolayers* [31].

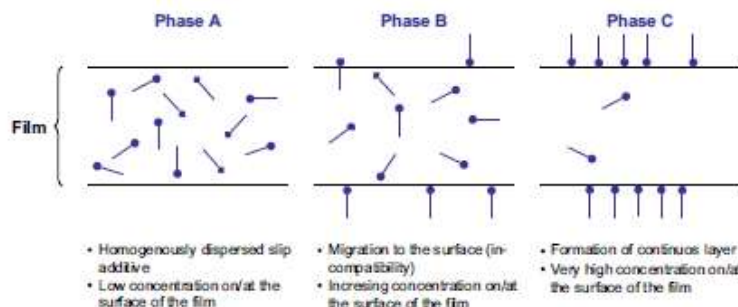


Figuur 30: Structuur polyisobutyleen (PIB) [85]

4.1.9.2.2. Slip agent

Slip is een oppervlakte-effect en ontstaat wanneer folies parallel over elkaar schuiven. Het effect wordt gekwantificeerd met behulp van een wrijvingscoëfficiënt. Indien deze waarde hoog is, zal er veel wrijving zijn tussen verschillende lagen. Te hoge wrijvingswaarden kunnen het productieproces, gebruik en handelingen negatief beïnvloeden. Om slip tegen te gaan wordt slip agent toegevoegd. Deze stof is oplosbaar in het organische substraat. Tijdens de kristallisatie van het polymeer zal de oplosbaarheid overschreden worden. Hierdoor migreert het middel richting het oppervlak waardoor het een continue laag vormt (Figuur 31). De belangrijkste criteria voor dit additief zijn de migratiesnelheid naar het oppervlak en het te veroorzaken effect. Concentratie, temperatuur, substraat (kristalliniteit) en compatibiliteit bepalen deze criteria. De meeste slip additieven zijn vetzuuramiden. De slipeigenschappen kunnen verbeteren door;

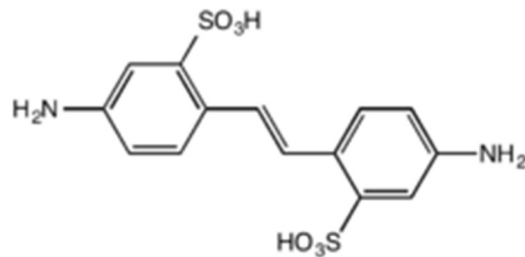
- Verminderen van foliedikte,
- Antiblock agents,
- Snel-migrerende substantie.



Figuur 31: Migratieproces Slip agent [22, p. 49]

4.1.9.2.3. Optical brighteners/Fluorescent whitening agents

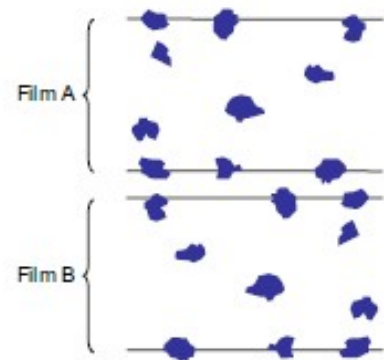
Met behulp van dit additief kan de gele schijn op polyolefinen folies aangepast worden [22]. *Optical brighteners* absorberen het UV licht en emitteren deze energie dan op hogere golflengten. De stof is slechts gedeeltelijk efficiënt bij lage concentraties (< 10 ppm) en de vereisten voor toevoeging zijn zeer specifiek. Enkel indien het technische mogelijk is, via gelimiteerde comptabiliteit en fotostabiliteit, kan het additief zorgen voor een fluorescentie effect. Vele chemische klassen kunnen dit effect veroorzaken (Figuur 32: populaire optical brightener). Daarnaast is het effect afhankelijk van de concentratie en de saturatie in het medium. Indien er ook UV-stabilizers aanwezig zijn, zal het effect afnemen.



Figuur 32: 4,4'-diamino-2,2'-stilbenedisulfonzuur [87]

4.1.9.2.4. Anti-block

Aanliggende folies die aan elkaar kleven door een oppervlakte-effect wordt *blocking* genoemd. Om dit effect te vermijden kan men anti-block toevoegen aan het polymeer. Het effect wordt gekwantificeerd door de kracht die nodig is om deze folies van elkaar te verwijderen (onderen gecontroleerde omstandigheden). Anti-block addieven kunnen verdeeld worden over twee groepen; anorganisch of organisch. Net zoals slip agents, migreert dit additief naar het oppervlak (Figuur 33) waar het zorgt voor een ruwheid (microschaal). Jammerlijk is het juiste werkingsmechanisme van dit additief nog onbekend. Zowel deeltjesgrote als de dispersiegraad spelen een rol voor het anti-block effect. Dit effect kan ook versterkt worden door de toevoeging van bepaalde slip additieven.



Figuur 33: Principe anti-block [22, p. 50]

4.1.9.2.5. Antistats

Naast bovenstaande effecten kan er nog een oppervlakte-effect optreden namelijk; het elektrostatische effect. Door wrijving kan een materiaal elektrostatische ladingen opnemen. Hierdoor is de plastic folie gevoelig aan stof (aantrekking). Dit is een negatief effect voor een toepassing als rekwikkelfolie. Om dit effect te elimineren kan er antistatische additief worden toegevoegd. Dit zijn meestal geladen stoffen (uit verschillende chemische klassen) die het oppervlak voorzien van een eigen lading. De invloed van deze stoffen kan verbeteren indien de relatieve vochtigheid (omgeving) stijgt.

4.2. Wetgeving omtrent recyclage

4.2.1. Definities

Onderstaande wetteksten verduidelijken vele definities die bruikbaar zijn op het gebied van recyclage.

Inzameling:	Het verzamelen van afvalstoffen, inclusief de voorlopige sortering en de voorlopige opslag van afvalstoffen, om deze daarna te vervoeren naar een afvalverwerkingsinstallatie [33]
Preventie:	Maatregelen die worden genomen voordat een stof, materiaal of product afvalstof is geworden, ter vermindering van [33]
Hergebruik:	Elke handeling waarbij producten of componenten die geen afvalstoffen zijn, opnieuw worden gebruikt voor hetzelfde doel als dat waarvoor zij waren bedoeld [33]
Nuttige toepassing:	Elke handeling met als voornaamste resultaat dat afvalstoffen een nuttig doel dienen door hetzij in de betrokken installatie, hetzij in de ruimere economie andere materialen te vervangen die anders voor een specifieke functie zouden zijn gebruikt, of waardoor de afvalstof voor die functie wordt klaargemaakt [33]
Recycling:	Elke nuttige toepassing waardoor afvalstoffen opnieuw worden bewerkt tot producten, materialen of stoffen, voor het oorspronkelijke doel of voor een ander doel. Dit omvat het opnieuw bewerken van organisch afval, maar het omvat niet energierecuperatie, noch het opnieuw bewerken tot materialen die bestemd zijn om te worden gebruikt als brandstof of als opvulmateriaal [33]
Verwijdering:	Iedere handeling die geen nuttige toepassing is zelfs indien de handeling er in tweede instantie toe leidt dat stoffen of energie worden teruggewonnen [33]
Verpakkingsafval:	Alle verpakking of verpakkingsmateriaal waarop de definitie van afvalstoffen in Richtlijn 75/442/EEG van toepassing is met uitzondering van productiereststoffen [34]
Terugwinning van energie:	Het gebruik van brandbaar verpakkingsafval om energie op te wekken door directe verbranding met of zonder andere afvalstoffen, maar met terugwinning van de warmte [34]
Verpakking:	Alle producten, vervaardigd van materiaal van welke aard ook, die kunnen worden gebruikt voor het insluiten, beschermen, verladen, afleveren en aanbieden van goederen, van grondstoffen tot afgewerkte producten, over het gehele traject van producent tot gebruiker of consument. Ook wegwerpartikelen die voor dit doel worden gebruikt, worden als verpakkingsmateriaal beschouwd [34]

4.2.2. REACH - Verordening (EG) nr. 1907/2006

Deze wettekst geeft de registratie, evaluatie, autorisatie en restricties aan in verband met chemicaliën [35], met als hoofddoel het beschermen van mens en milieu. Dit in samenwerkingen met andere Europese wetten die ook van toepassing zijn op chemicaliën. Verder heeft de REACH geen invloed op het onderzoek.

4.2.3. Wetgeving - RICHTLIJN 2008/98/EG

Volgens de Europese Richtlijn 2008/98/EG wordt recycling als volgt gedefinieerd: ‘elke nuttige toepassing waardoor afvalstoffen opnieuw worden bewerkt tot producten, materialen of stoffen, voor het oorspronkelijke doel of voor een ander doel. Dit omvat het opnieuw bewerken van organisch afval, maar het omvat niet energierugwinning, noch het opnieuw bewerken tot materialen die bestemd zijn om te worden gebruikt als brandstof of als opvulmateriaal’ [33]. Daarnaast beschrijft en bepaalt deze richtlijn de basis en de definities in verband met afvalmanagement. Hierbij bespreekt het de verschillen tussen afval en bijproducten. Ook een hiërarchische volgorde op het gebied van afvalmanagement wordt opgesteld door de afvalwetgeving en het beleid van al de Europese lidstaten.

4.2.3.1. *Ladder van Lansink*

Diezelfde hiërarchie komt terug op de Ladder van Lansink (Figuur 34) [36]. Het managen van afval wordt hierbij opgesplitst in zes categorieën die in steeds minderende mate impact hebben op de maximalisatie van natuurlijke bronnen. Hoe hoger de categorie zich op de ladder bevindt, des te beter voor het milieu. Ook de nood aan grondstoffen en de hoeveelheid afval dalen van onder naar boven. Bovenaan bevinden zich afvalpreventie en het hergebruiken, deze onderdelen hebben de hoogste prioriteit (vermijden). Daaronder recycling en energiewinning. Als laatste staan verbranding zonder energiewinning en storten. De belangen van deze ladder zijn het besparen van energie, verminderen van uitstoot, behouden van kostbare grondstoffen en stimuleren van groene technieken. Recyclage van industriële folies is op dit moment de enig haalbare optie. Omdat voor industriële kunststof verpakkingsfolies hergebruik niet mogelijk is. Zowel rekwikkel- als krimpfolie zal na het ontpakken zijn technische eigenschappen verliezen waardoor het materiaal onbruikbaar wordt.



Figuur 34: Ladder van Lansink [83]

4.2.4. Wetgeving specifiek voor verpakkingsafval - Richtlijn 94/62/EG

Deze richtlijn harmoniseert de nationale maatregelen in verband met het beheer van verpakkingen en het afval hiervan [34]. Het doel is het effect op het milieu dusdanig te verminderen en te beperken om zo een hoge milieubescherming te waarborgen. Enerzijds probeert de richtlijn zo de werking van de interne markt te verzekeren en concurrentievervalsingen te voorkomen. Het document is enkel van toepassing op in de handel gebrachte verpakkingen, die vrijkomen op alle niveaus (commercieel, industrieel, kantoonniveau, enz.) ongeacht het gebruikte materiaal. Anderzijds stelt het eisen in verband met de veiligheid, bescherming van menselijke gezondheid en de hygiëne van verpakte producten.

4.2.4.1. Samenwerkingsakkoord

Het Samenwerkingsakkoord is een omzetting van bovenstaande richtlijn [37] naar Belgisch niveau. Het akkoord is rechtstreeks toepasselijk in het Vlaamse, Waalse en Brussels Hoofdstedelijke Gewest. Het toepassingsgebied is net zoals bij Richtlijn 94/62/EG het verwijderen en verwerken van verpakkingsafval, dit op zowel huishoudelijk als bedrijfsmatig gebied. Doch legt het akkoord een splitsing op door organismen te erkennen voor de afzonderlijke gebieden. Voor huishoudelijk verpakkingsafval is dit Fost Plus, terwijl VAL-I-PAC [2] deze rol vervult voor het bedrijfsmatige verpakkingsafval.

4.2.4.1.1. Verpakkingsverantwoordelijke: Type A

Elke onderneming die in België producten heeft ingepakt of laten inpakken [2]. Dit om het op de Belgische markt te lanceren. Deze ondernemingen bezitten meestal aankoopfacturen van verpakkingsmaterialen in de boekhouding.

4.2.4.1.2. Verpakkingsverantwoordelijke: Type B

Elke onderneming die verpakte goederen invoeren of heeft laten invoeren, die bestemd zijn voor gebruik op de Belgische markt maar niet in België zijn verpakt [2]. Zelfs indien de verantwoordelijke deze producten niet zelf gebruikt of ontpakt. Deze ondernemingen bezitten meestal aankoopfacturen van buitenlandse goederen.

4.2.4.1.3. Verpakkingsverantwoordelijke: Type C

Indien de bedrijfsmatige verpakkingen niet onder type A of type B valt qua verpakkingsafval zal elke onderneming die verpakte goederen ontpakt of verbruikt op Belgische grondgebied toch verantwoordelijk worden voor het verpakkingsafval dat ontstaat [2]. Deze ondernemingen ontpakken meestal producten afkomstig uit het buitenland om ze daarna zelf te verwerken. Dit als de opdrachtgever een buitenlands bedrijf is.

4.2.4.1.4. Preventieplicht

Indien een onderneming verpakkingsverantwoordelijke is voor minstens 300 ton verpakkingsafval of voor minstens 100 ton verpakkingsafval waarvoor verpakkingsverantwoordelijke type A toepasselijk is, is deze verplicht om een driejaarlijks preventieplan op te stellen. En dit preventieplan ook in te dien bij de IVC. Ook bestaat de mogelijkheid om zich aan te sluiten bij een sectoraal preventieplan dat door de beroepsfederatie wordt ingediend [2].

4.2.4.1.5. Terugnameplicht

Hiermee verplicht men de verpakingsverantwoordelijken bepaalde percentages te behalen voor zowel recyclage als nuttige toepassing. Deze percentage (Tabel 7) zijn vastgelegd in het Samenwerkingsakkoord en zijn materiaalafhankelijk. Ondernemingen zijn dus niet verplicht hun verpakkingen die ze op de Belgische markt hebben gebracht terug te nemen of op te halen [2].

Tabel 7: Recyclagepercentages per materiaal [34]

<i>Nuttige toepassing</i>	85 %
<i>Recyclage</i>	80 %
<i>Papier en karton</i>	60 %
<i>Kunststoffen</i>	30 %
<i>Hout</i>	15 %
<i>Metaal</i>	50 %
<i>Glas</i>	60

4.2.4.1.6. Informatieplicht

Hierdoor moeten verpakingsverantwoordelijken de Interregionale Verpakkingscommissie (IVC) jaarlijks op de hoogte houden van hun hoeveelheden verpakking waarvoor ze uiteindelijk verantwoordelijk zijn, de behaalde percentages in verband met de terugnameplicht en hoe ze deze vervullen [2].

4.2.4.1.7. Interregionale Verpakkingscommissie (IVC)

Om het beheer van verpakkingsafval te garanderen en naleving van het Samenwerkingsakkoord te controleren werd de Interregionale Verpakkingscommissie opgericht [2]. Om het beleid tussen de 3 Gewesten te harmoniseren werd de IVC opgericht. Deze organisatie controleert de werking van zowel VAL-I-PAC als Fost Plus. Daarnaast verzorgen ze de controleren van de bovenstaande plichten opgelegd door het Samenwerkingsakkoord. Verder verzorgen zijn ook de voorstellen en adviezen voor de regeringen en kennen ze (administratieve en strafrechtelijke) straffen toe indien het akkoord niet nageleefd wordt.

4.3. Sorteren en Recycleren

4.3.1. Sorteermethoden voor plastics

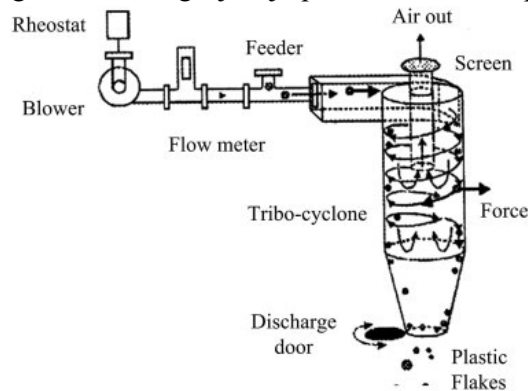
De meeste sorteerprocessen beginnen met het reduceren van grootte van de verschillende polymeren. Hierna volgt *sink-float* separatie om de lichtere fracties (polyolefinen en geschuimde harsen) van de zwaardere kunststoffen te scheiden (ABS, PS, PET, PVC, PC, ...) [38]. De meest rendabele manier van sorteren is sorteren aan de bron. Hierbij wordt het afval meteen gesorteerd volgens materiaalsoort wanneer het vrijkomt. Daardoor zijn verdere sorteringen geen noodzaak en zal de uiteindelijke materiaalstroom kwalitatief stijgen.

4.3.1.1. Near-Infrared (NIR) spectroscopie (sensor-gebaseerd)

Meestal wordt deze sorteertechniek bijgestaan met extra manuele handeling. *Near-Infrared* (NIR) spectroscopie steunt op het principe van spectroscopische identificatie van polymeren. In het geval van polyolefinen is het NIR-spectra vrij onderscheidend [38]. Belangrijk voor de werking van deze methode is de partikelgrootte. NIR spectroscopie is een snelle en goed inzetbare techniek maar is niet toepasbaar voor zwarte onderdelen. Bij deze partikels wordt het licht in het spectrum geabsorbeerd door de aanwezigheid van roet of carbon zwart in deze plastics [39]. Hierdoor is materiaalherkenning en classificatie onmogelijk bij zwarte partikels. Ook is deze techniek duur, oppervlakte-sensitief en het leidt tot lage waarden in materiaalherwinning. NIR installaties zijn meestal zeer robuuste detectiesystemen die toch sensitief genoeg zijn voor trage sorteerprocessen.

4.3.1.2. Tribo-electrostatische sortering

Deze sorteermethode is gebaseerd op de verschillende elektrische lading in (meestal polyolefinen) polymeren. Hierbij bestaat er een tribo-electrostatische ladingsvolgorde (Tabel 8) [40]. Deze techniek is enkel toepasbaar op een mix van twee verschillende polymeren, omdat de verschillende onderdelen tegen elkaar wrijven, hierdoor ontstaat er een positieve en negatieve fractie van partikels. Tribo-electrostatische sortering (Figuur 35) is daardoor ook afhankelijk van oppervlakte-eigenschappen. Deze techniek is ook enkel toepasbaar op droge, propere en niet-oppervlak behandelde polymeren. De verschillende kwaliteitseisen van de operationele omstandigheden zijn echter van cruciaal belang. Temperatuur, relatieve vochtigheid en ladingstijd zijn parameters die het proces kunnen beïnvloeden.



Figuur 35: Tribo-elektrostatische sortering [40]

Tabel 8: Tribo-elektrostatische ladingsvolgorde [40] (zie verklarende woordenlijst)

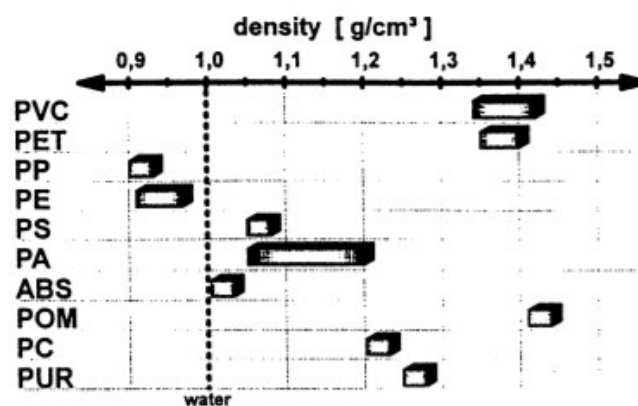
TRIBO-ELECTROSTATISCHE LADINGSVOLGORDE									
Positief einde	ABS	PP	PC	PET	PS	PE	PVC	PTFE	Negatief einde

4.3.1.3. Densiteitsortering

Deze sorteertechniek is de goedkoopste en simpelste van beschikbare technieken. Deze methode maakt gebruik van de verschillende dichtheden van polymeren. Hierbij maakt de vorm en de kleur van het materiaal geen verschil in de uiteindelijke sortering. Bij plastics is het toepassen van dit project echter minder eenvoudig. De dichtheden van polymeren (Tabel 9 en Figuur 36) verschillen niet veel met elkaar en hierdoor is deze techniek minder toepasbaar voor kunststoffen. [20]

Tabel 9: Dichtheid van polyolefinen

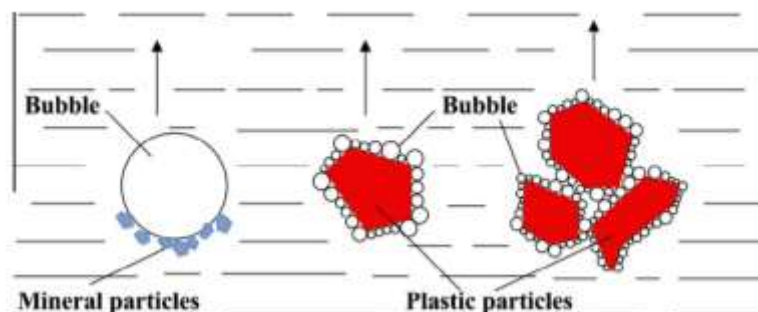
Polymeer	Dichtheid (g/cm ³)
LDPE	0,915-0,942
LLDPE	0,915-0,940
HDPE	0,940-0,960
PP	0,890-0,920



Figuur 36: Densiteit van de voornaamste kunststoffen [41]

4.3.1.4. Flotatie

Flotatie is mogelijk door de verschillende oppervlakte-eigenschappen van materialen, temperatuur, tijd, partikelgrootte, ruwheid van het materiaal en hun gevoeligheid aan bepaalde stoffen. Deze techniek is gebaseerd op het selectief bevestigen van bubbels op het oppervalk van de te scheiden materialen (Figuur 37). De bevochtbaarheid van het oppervlak moet verschillen om scheiding te realiseren. Het verouderen van plastic, nat malen en sink-float separatie zorgen voor een reductie van de bevochtbaarheid van de kunststoffen deeltjes. De toepassingen van deze technieken zijn verdeeld over twee algemene methoden [41].



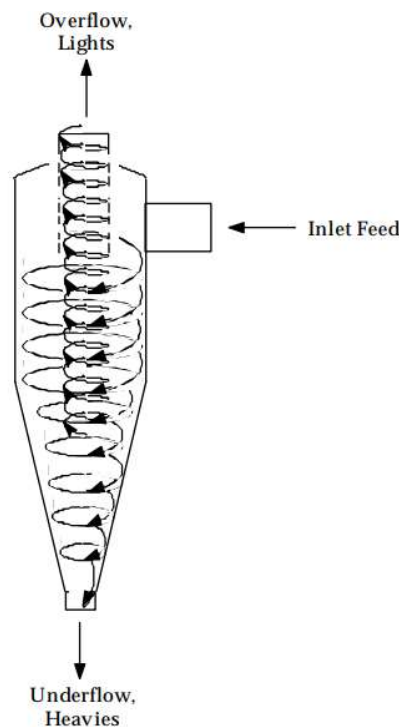
Figuur 37: Principe van sortering m.b.v. flotatie [42]

4.3.1.4.1. Selectieve bevochtiging door chemische of fysische conditionering

Meestal zijn de verschillen tussen de raakvlakenergieën voor verschillende plastics te klein om de vorige methode toe te passen. In deze gevallen is de selectieve modificatie van het hydrofobe oppervlak noodzakelijk. Deze modificatie of bevochtiging kan op een chemische of fysische manier verwezenlijkt worden. Gedurende het proces van chemische conditionering leidt de adsorptie van reagentia op het plastic oppervlak tot een afname van de hydrofobiciteit van het vast-vloeibaar raakvlak [42]. In dit selectief proces wordt uiteindelijk de bevochtigbaarheid van de soorten kunststoffen verbeterd. Om fysische conditionering te verkrijgen moet de hydrofiele graad van het kunststofoppervlak stijgen. Dit kan aan de hand van verschillende methoden: vlambehandeling, vochtige oxidatie of ozonisatie. Deze behandelingen zorgen allemaal voor een oxidatie van het oppervlak waardoor de stijging in hydrofiele graad mogelijk is.

4.3.1.5. Hydrocyclone separator (Figuur 38)

Ook deze techniek steunt op een verschil in densiteit tussen de te scheiden stoffen [43]. De stoffen komen in een werveling terecht. Aan de hand van middelpuntvliedende kracht worden zwaardere deeltjes naar de buitenzijde van het apparaat gestuwd waardoor ze in de buitenste werveling terecht komen. Hierdoor zakken deze materialen naar de onderzijde terwijl licht materialen het apparaat verlaten via de bovenzijden. Belangrijke parameters voor deze techniek zijn het verschil in densiteit, densiteit van de oplossing, deeltjesgrootte, viscositeit van de vloeistof en de vorm van het deeltje.



Figuur 38: Schematische voorstelling van een hydrocyclone separator [43]

4.3.2. Recyclage van plastic

Het recycleren van kunststoffen verpakkingsmateriaal kan een beduidende reductie van emissie en verbruik van grondstoffen verwezenlijken [44]. Dit gepaard met een daling van nodige productie-energie en een afname van minder milieuvriendelijke alternatieven. In de praktijk is het recycleren van dit materiaal echter moeilijker omdat men rekening moet houden met verschillenden *trade-offs* tussen de impact en de positieve elementen ervan. Belangrijk is ook dat de continue verbetering van recycleerbaarheid geen negatief effect heeft op prominente verpakkings eigenschappen zoals veiligheid, functionaliteit en gebruiksvriendelijkheid. Samen met een steeds groeiende industrie van recyclage, moet recyclage een steeds milieuvriendelijkere optie worden.

De recyclage van plastic wordt opgedeeld in vier categorieën (Tabel 10) [45]. Primaire recyclage omhult het proces waarbij afval mechanisch wordt omgezet in producten met dezelfde kwaliteit en eigenschappen. Ook secundaire recyclage is een mechanisch proces. Hierbij zal het eindproduct andere eigenschappen hebben dan het verwerkte afval. Een andere term voor secundaire recyclage is *downgrading*. Naast mechanische recyclage kan recycleren ook op een chemische manier; tertiaire recyclage. Deze manier steunt op de depolymerisatie van het polymeer. Hierbij staat de terugwinning van chemische structuren en monomeren centraal. Als laatste is er quaternaie recyclage wat enkel energie herwinning inhoudt.

Tabel 10: Terminologie categorieën in verband met recyclage [45]

<i>ASTM D5033 definitie</i>	<i>ISO 15270 definitie</i>	<i>Equivalent term</i>
Primaire recyclage	Mechanische recyclage	<i>Closed-loop recycling</i>
Secundaire recyclage	Mechanische recyclage	Downgrading
Tertiaire recyclage	Chemische recyclage	<i>Feedstock recycling</i>
Quaternaie recyclage	Energie herwinning	Valorisatie

In de huidige situatie is enkel mechanische recyclage een oplossing. Dit omdat het chemische recyclageproces nog niet haalbaar is op industrieel niveau. Daarnaast is quaternaie recyclage geen ideale oplossing op het vlak van duurzaamheid. De optimale oplossing is *closed-loop recycling* maar ook het moeilijkste te realiseren bij deze materialen. Perfectioneren van de huidige methodes moet het gedeelte aan downgrading omzetten naar *closed-loop recycling*. Verder in dit werk worden enkel mechanische recyclagemethoden besproken. Enkel omdat dit de enige methode is die op industriële schaal toepasbaar is.

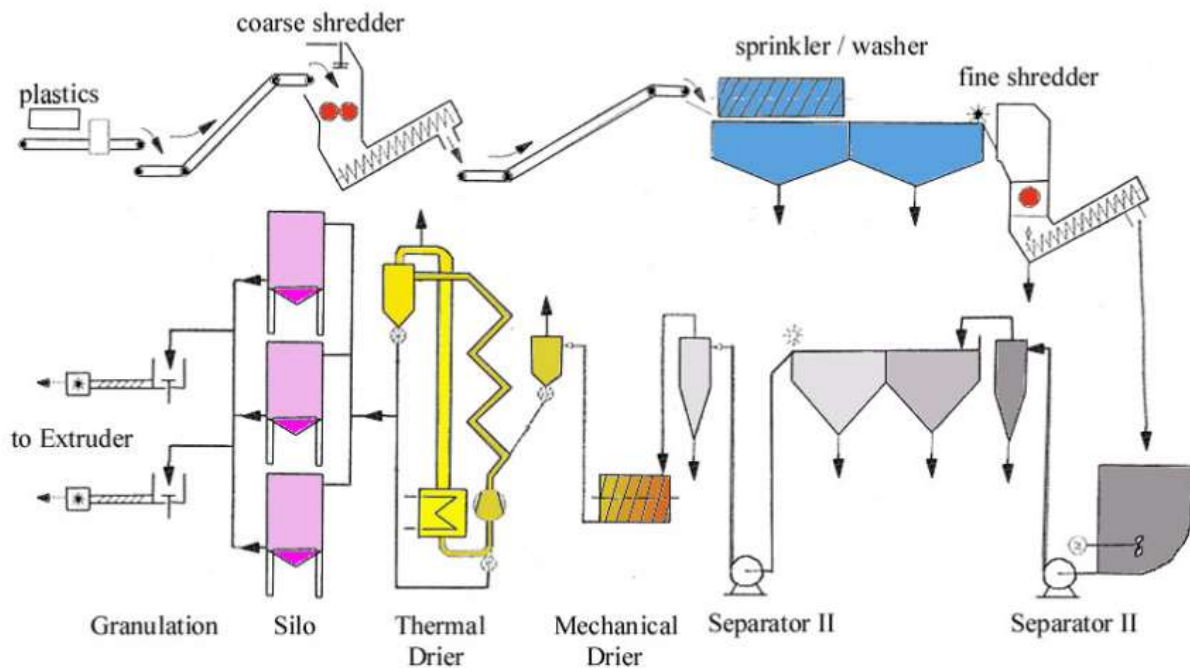
Ook is het belangrijk dat recyclage wordt beschouwd als het omzetten van *post-consumer* afval in recyclelaat. Het herwerken van productieafval hoort niet bij de recyclagepercentages en hierrond is er geen evoluerende problematiek. Verder in het werk zal er enkel rekening gehouden worden met het omzetten van post-consumer verpakkingsafval.

4.3.2.1. Algemeenheden omtrent recyclage van plastic

De problemen bij de recyclage van deze plastic folies zijn voornamelijk het verschil in dikte en de massadichtheid [46]. Variërende diktes en het verschil in massadichtheden maken het moeilijk voor recyclagesystemen om een onderscheid te maken tussen de verschillende polymeren. Normaliter wordt er conventionele luchtafscheiding gebruikt maar in het geval van folies is dit systeem minder tot niet praktisch door het gewicht. Hierdoor worden LDPE en LLDPE folies bijna altijd samen gerecycleerd. Desondanks blijft het probleem in verband met recyclage van deze producten de aanwezigheid van contaminanten zoals labels, steentjes en vuil.

Het recyclageprocessen van folies start bij het openbreken van balen. Hierna worden de folies over een vibrerende transportband en door een metaaldetector gestuurd. Op die manier worden alle ijzerhoudende en niet-ijzerhoudende losse contaminanten verwijderd. Overblijvende steentjes en vuil worden daarna verwijderd in een sedimentatie tank. Door bezinking van deze contaminanten is de uiteindelijke materiaalstroom zuiverder. Nadien verwerkt de granulator de folies tot kleine snippers om meer oppervlakte te creëren voor komende processen. Na de granulator worden de snippers heet gewassen om eventuele residuen, lijm en labels te verwijderen. Afhankelijk van het product zijn meerdere wascycli mogelijk. Vervolgens start de separatie fase waarbij men voornamelijk gebruik maakt van twee verschillende processen. Zowel sink-float separatie als hydrocyclone separatie zijn toepasbaar. Uiteindelijk worden de gesplitste delen gedroogd en ontwaterd om vochtdeeltjes in het extrusieproces te vermijden. De laatste stap van het proces is het pelletiseren of verwerken van het bekomen recyclaat.

De volgorde kan verschillen afhankelijk van het materiaal dat gerecycleerd wordt. Onderstaande figuur 39 beschrijft het proces van een simpele natte recyclagelijijn. Hierbij zijn er meerdere separatorstappen toegepast om eventuele contaminanten en andere plastics te verwijderen. Ook zijn er twee verschillende drogers aanwezig, mechanisch (centrifuge en thermisch).



Figuur 39: Voorbeeld natte recyclagelijijn [47]

4.3.2.2. Storende factoren

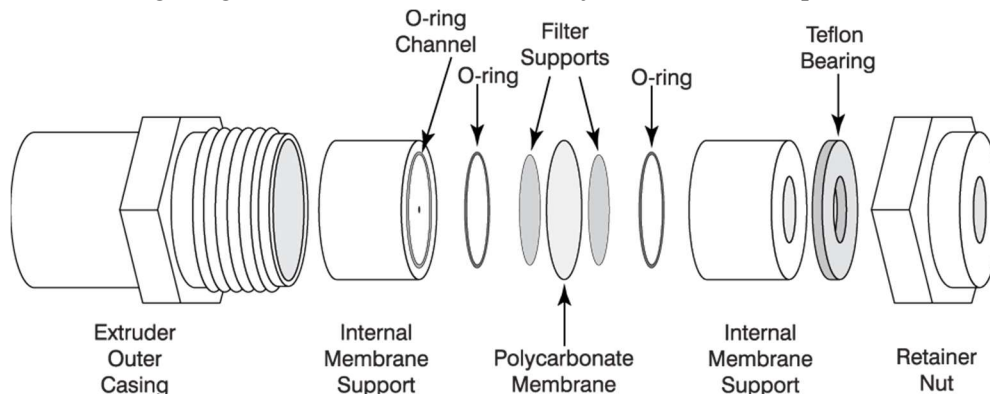
Het proces van folierecyclage is technisch onder controle [5]. Toch zijn er verschillende factoren met betrekking tot de folies die een grote rol spelen voor de uiteindelijke kwaliteit van het recyclaat. De recyclage is dus sterk afhankelijk van parameters die gesteld worden door producenten en verpakkers. Het hele proces van scheiden en recyclage begint bij de bron. Nadenken over de toepassingen enerzijds moet gelijklopen met de uiteindelijke recyclage anderzijds. Kennis bij de bron verhoogt de mogelijkheid tot beter recyclaat. Toch is het produceren van recyclaat met dezelfde helderheid en transparantie als *virgin* materiaal bijna onmogelijk. De zuiverheid van inkomende stromingen is nooit 100%. Dit is logisch door de aanwezigheid van labels, lijm, andere materialen, inkten, pigmenten en additieven. Bij zeer zuivere stromen kan een helder materiaal geproduceerd worden dat zeker voldoet aan de nodige eigenschappen voor de meeste toepassingen.

4.3.2.2.1. Inkten en pigmenten

De hoeveelheid (oppervlakte) inkt of pigment is geen storende factor voor de recyclage van folies op het gebied van kwaliteit [5]. Daarentegen is deze invloed wel duidelijk merkbaar op de kleur van het uiteindelijke recyclaat. Tijdens het recycleren wordt er aan ontgassing gedaan om dergelijke inkten te verwijderen, indien de hoeveelheid inkt stijgt, zal de hoeveelheid schadelijke gassen (chloorhoudende gassen) ook stijgen. Dit heeft echter geen goede invloed op het milieu. Het recycleren van bonte folies is qua kwaliteit geen minderwaardig proces maar de kosten ervan zijn hoger (ontgassing en wassen) en de prijs van het recyclaat is lager dan voor doorzichtige materialen. Ook de grijze kleur van het materiaal heeft een invloed op de prijs van het recyclaat. Het is dus van uitermate belang dat transparante folies zo goed mogelijk worden gesorteerd om snel kwaliteitsverlies te vermijden als het gevolg van inkt en pigmenten. Ook moeten producenten van folies met bedrukkingen er zich van bewust zijn dat hun producten een negatieve invloed hebben het recyclageproces en zo op het milieu. Daarnaast moeten de verpakkers ook gesensibiliseerd worden op dit gebied.

4.3.2.2.2. Labels en lijmen

Door de huidige technieken (natwassen en weken) kunnen zowel de labels als de bijhorende lijm gemakkelijk verwijderd worden gedurende het recyclageproces [5]. Dit wil echter niet zeggen dat het geen invloed heeft op de kwaliteit van het uiteindelijk recyclaat. Het vermijden van overmatig gebruik van labels is belangrijk om de kwaliteit te kunnen waarborgen. Het materiaal waaruit de labels vervaardigd zijn kan ook een invloed hebben op de recyclage. Het gebruik van papier als basismateriaal kan de kwaliteit van het recyclaat verminderen afhankelijk van de hoeveelheid papier aanwezig in het te-recycleren materiaal. Filteren van labelmateriaal tijdens het proces (weken of extrusie (Figuur 40)) kan deze invloed terugbrengen tot een minimum. Toch blijft er steeds een beperkte invloed merkbaar.



Figuur 40: Opbouw filtersysteem in extruder [88]

4.3.2.2.3. Additieven

De aanwezigheid van additieven is van uitermate belang op de uiteindelijke kwaliteit van de recyclaten [5]. Omdat er in dit geval sprake is van secundaire en tertiaire verpakkingen, is de aanwezigheid van additieven echter niet zo storend als andere factoren. De meest gebruikte additieven in deze folies zijn: *UV-absorber*, *blocking agent*, *anti-slip* en *master batch*. Desondanks de meestal ongekende hoeveelheden additief is dit een minimaal tot geen probleem voor het recyclageproces [5]. De al aanwezige additieven kunnen ook van belang zijn in de toepassingen waarvoor het recyclaat gebruikt kan worden. Uiteraard zijn de eigenschappen van het recyclaat afhankelijk van het mengsel van additieven uit het verzamelde materiaal voor recyclage.

4.3.2.2.4. Multi-materiaal

Recyclage van meerlaagse materialen staat nog niet op punt waardoor deze materialen best te allen tijden vermeden moeten worden. Gebruik van compatibele materialen kan verantwoord worden indien er geen kleeflaag gebruikt wordt tussen de verschillende lagen. Tegenwoordig bestaan de meeste folies al uit meerdere lagen, indien dit compatibele lagen zijn met wateroplosbare lijmen geeft dit geen negatief gevolg aan het proces.

4.3.2.2.5. Dikte

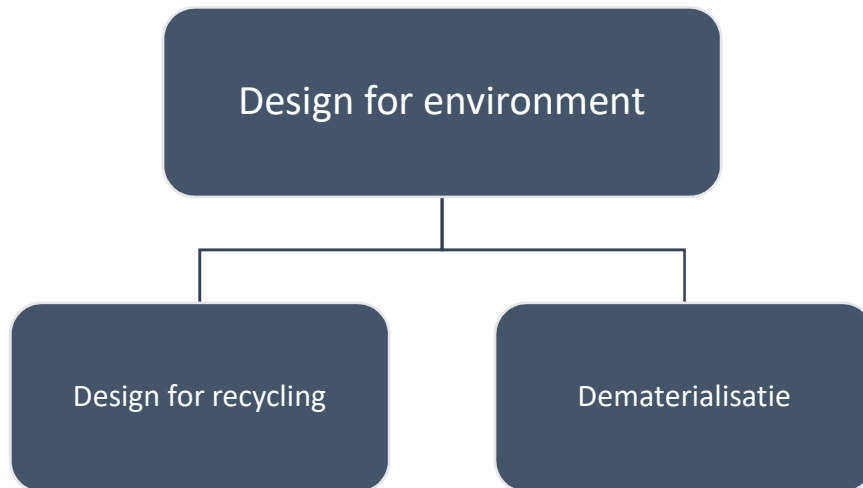
Eén van de belangrijkste stappen in het recycleren van kunststoffen folies is het wassen. Dit kan gebeuren op verschillende manieren (droog- of natwassen). Deze processen steunen beide op de oppervlakte die gewassen moet worden. Een belangrijke parameter is dan de dikte van de folie. Indien de dikte daalt, zal het aantal snippers in de wasinstallatie vergroten. Dit zorgt dus voor een vergroting van het wasbaar oppervlak. Uiteindelijk wordt de output van wasinstallaties dus bepaald door de dikte van de folies omdat de wasbare capaciteit (oppervlakte) van de installatie steeds hetzelfde blijft. Het belang van de dikte kan enkel benadrukt worden indien het over mono-materiaal gaat.

4.3.2.3. Verbreden van de recyclaatmarkt

Om de guidelines in hun opzet te laten slagen moet er een bredere markt gecreëerd worden voor het recyclaat. Zonder een afzetmarkt voor dit materiaal is een verbetering in het recyclagepercentage niet mogelijk. Desondanks de redelijke kwaliteit van het geproduceerde recyclaat worden er geen nieuwe toepassingen of innovaties gelanceerd om het gebruik ervan te promoten. Dit is deels te wijden aan een negatief psychologisch beeld dat de maatschappij heeft over de kwaliteit van recyclaat in het algemeen. De grijze kleur van sommige recyclaten doet denken aan vuilniszakken waardoor de link met afvalmateriaal snel gemaakt wordt. Ook bij andere materialen heeft het gebruik van gerecycleerd materiaal een moeilijke beginfase gekend, denkende aan papier en karton. Het grote verschil tussen plastic en papier/karton is dat er wel kwaliteitsvol plasticrecyclaat produceert wordt maar de vraag te klein is. Terwijl bij papier en karton er een snelle overgang was tot het gebruik van recyclaat met een lagere kwaliteit. Hierdoor wordt duidelijk dat enkel de denkwijze van de gebruikers van plastic producten moet veranderen. Dit hangt samen met het sensibiliseren van bedrijven naar het gebruik toe. Het aankaarten van mogelijke alternatieven voor producten in recyclaat is van uitermate belang om bedrijven mee te krijgen in het guidelines verhaal en uiteindelijk in een meer circulaire vorm van de plasticeten. In de beginfase kunnen deze aanpassingen niet van drastische grootte zijn. Het inbrengen van kleine percentages recyclaat kan zorgen voor een stijgende vraag in de markt en kan zo verdere uitbreidingen mogelijk maken. Aanpassingen om uiteindelijk een pull-systeem te realiseren.

4.4. Design for recyclability

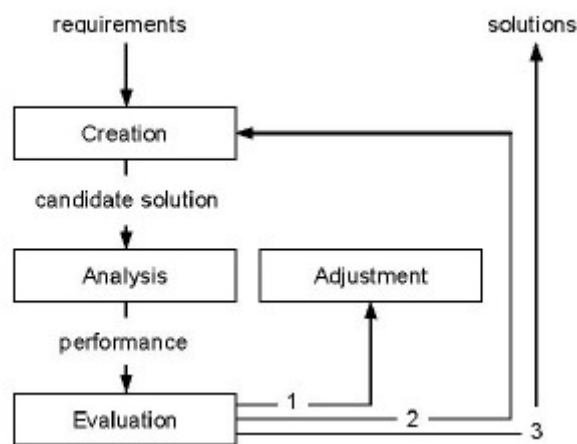
Naast sensibiliseren en verbreden van een bijna onbestaande recyclelaan markt, voor folierecyclelaan, is er duidelijk nood aan ontwerpaanpassingen. Dit in de vorm van design for recyclability of kortweg D4R. Omdat men tegenwoordig steeds meer het milieu in het achterhoofd houdt, groeit het belang naar fundamenteel productdesign. Naast het steeds toenemende belang van milieu en duurzaamheid, zijn andere algemene parameters niet aan waarde verloren. Het storten en opslaan wordt een steeds groter probleem. Echter blijven competitie in de markt en de drang naar globalisatie belangrijke factoren waaraan bedrijven hun succes meten.



Figuur 41: Onderverdeling Design for environment

Design for recycling is slechts een onderdeel van een groter geheel (Figuur 41). Samen met dematerialisatie vormt het *design for environment* [48]. Deze ontwerpsvorm omhult het denken naar een milieuvriendelijker en groener design. Het houdt rekening met alle milieu-impacts die een product of dienst veroorzaakt voor zowel mens als het milieu in het algemeen. Als het bekeken wordt in een grotere context of per levenscyclus van het product. Het reduceren van milieu-impact komt tot stand door enerzijds het productontwerp onder de loep te nemen en daarnaast zorgen voor minder materiaalgebruik. Dematerialisatie wordt steeds belangrijker omdat de maatschappij steeds bewuster is van de eindige grondstofbronnen [48].

Het ontwerpproces van producten volgt meestal dezelfde algemene stappen afgebeeld in onderstaande figuur 42. Na de eindevaluatie volgt men één van de volgende scenario's [49]. Een kleine aanpassing (pad 1) is voldoende om de nodige criteria te beantwoorden. De evaluatie voldoet niet aan de opgestelde doelstellingen en wordt volledig verworpen (pad 2). Ten laatste is een goede evaluatie (pad 3) ook mogelijk waardoor het ontwerp meteen inzetbaar is. In het ontwerp houdt men rekening met materiaalkeuze (voorrang op gerecycleerd materiaal), minder diversiteit in materialen en onderdelen en daarnaast het demonteren of uiteenvallen van het product. Allemaal met recycleerbaarheid als hoofddoel [50]. Recycleerbaarheid wordt meestal gemeten aan de hand van end-of-life scenario's en de compositie van de materialen [51]. Dematerialisatie heeft enkel invloed op de gebruikte hoeveelheid materiaal. Verminderingen van gebruik heeft een directe invloed op het milieu.



Figuur 42: Voorstelling ontwerpproces [49]

Toevoegen van Design for recyclability in het denkproces van algemene guidelines zal het standpunt van VAL-I-PAC beargumenteren. Enkel door ook aan het begin van een productieproces na te denken over de gevolgen kunnen verbeteringen zich voordoen. Producenten moeten meer kennis verwerven over de negatieve gevolgen van enkel beslissingen. Dit kan enkel indien alle spelers in de kunststofwaardeketen gesensibiliseerd worden en er meer communicatie is tussen de verschillende spelers in de keten.

4.5. Het belang van en voor Europa

Europa is zeer afhankelijk van de rest van de wereld op het gebied van grondstoffen. Bronuitputting, groeiende Europese populatie en afvalmanagementproblemen zijn de grootste uitdagingen voor de komende jaren. Als oplossing voor het probleem van afvalmanagement wordt er vooral gekeken in de richting van recycling. Hierbij worden de bronnen spaarzamer gebruikt, zal de uitstoot voor het produceren van virgin materiaal dalen en uiteindelijk de eindeloze afvalberg verkleinen. Europa kan aan de hand van bruikbare managementsystemen een leider worden op het gebied van milieubeleid. Dit natuurlijk enkel indien er met voldoende zorgzaamheid gekeken wordt naar de huidige problemen en de mogelijke kansen bij duurzamere modellen [52].

4.5.1. Recyclagedoelstellingen in Europa

Door stijgende nood naar oplossingen op het gebied van plasticrecyclage, heeft Europa nieuwe doelstellingen gelanceerd [53]. Aanpassingen in een traag Europees beleid en het opstellen van voorstellen om deze doelstellingen te behalen zijn elementen die op de Europese agenda staan. Hierdoor komt het recyclageprobleem in een stroomversnelling. De nieuwe doelstellingen zijn door deze redenen zeer impactsvol. **Tegen 2025 wil Europa ervoor zorgen dat 50% van alle plastic verpakkingen gerecycleerd worden.** Daarnaast moeten alle in de markt gebrachte plastic verpakkingen tegen 2030 volledig herbruikbaar of kostenefficiënt recycleerbaar zijn.

4.5.2. Betrokken organisaties in Europa

4.5.2.1. *European Association of Plastics Recycling and Recovery Organisations*

De *European Association of Plastic Recycling and Recovery Organisations* (EPRO) is een pan-Europees platform dat zich bezighoudt met de ontwikkeling van duurzaam management van kunststoffen [54]. Hierin proberen zij effectieve oplossingen aan te brengen om knelpunten in het management te verhelpen naar de toekomst toe. Bekijken van afvalcollectie, handling en de herverwerking van kunststoffen kan naar hun mening enkel bijdragen aan de duurzaamheid indien er internationale samenwerking is. Deze samenwerking bevat het delen van kennis, het observeren van mogelijke bottlenecks in het proces en het evalueren van voorgestelde oplossingen. Hierdoor kunnen de verschillende leden van EPRO de efficiëntie van hun kunststofrecycling en –herwinning doen stijgen. Ondertussen telt dit venootschap 20 organisaties uit 17 verschillende landen (Tabel 11, Figuur 43-44). Ook Zuid-Afrika en Canada maken deel uit van EPRO.

Alle leden moeten voldoen aan vereisten die zijn vastgelegd door de Europese Unie en bijhorende verpakkingsrichtlijnen. Hierdoor zijn de leden ook verplicht hun ervaringen en informatie te publiceren en uit te wisselen. Daarnaast moeten ze vernieuwende strategieën ontwikkelen in functie van preventie, recyclage en herwinnen van kunststof verpakkingsafval. Ook moeten ze de projecten die efficiëntie en kosteneffectiviteit van recycling en terugwinning van kunststoffen in Europa stimuleren en ondersteunen. Als laatste zijn de leden van EPRO ook verplicht om nieuwe technologieën te evalueren aan de hand van een wetenschappelijke basis. EPRO zelf wil het bewustzijn in verband met plastic recycling verhogen. Hierbij wil de organisatie het gebruik van recyclelaat verhogen en op die manier de kunststofcyclus promoten.

Tabel 11: Deelnemende organisaties EPRO [54]

<i>Land</i>	<i>Deelnemende organisatie</i>
<i>België</i>	Plarebel, VAL-I-PAC
<i>Canada</i>	CleanFARMS
<i>Duitsland</i>	RIGK GmbH, DSD – Duales System Holding GmbH
<i>Finland</i>	The Finnish Plastic Recycling Ltd
<i>Frankrijk</i>	Adivalor, Valorplast
<i>Ierland</i>	IFFPG
<i>IJsland</i>	Icelandic Recycling Fund
<i>Italië</i>	COREPLA
<i>Nederland</i>	Nedvang
<i>Noorwegen</i>	Grønt Punkt Norge
<i>Oostenrijk</i>	Altstoff Recycling Austria
<i>Portugal</i>	Plastval
<i>Spanje</i>	Cicloplast
<i>Verenigd Koninkrijk</i>	RECOUP
<i>Zuid-Afrika</i>	PETCO
<i>Zweden</i>	Plastkretsen / fti
<i>Zwitserland</i>	PRS



Figuur 43: Betrokken Europese landen van EPRO [54]



Figuur 44: EPRO wereldwijd [54]

4.5.2.2. *Extended Producer Responsibility Alliance (EXPRA) (Figuur 45)*

Deze overkoepelende organisatie bevat verpakking en verpakkingsafval herwinnings- en recyclagesystemen en – bedrijven die werken op een non-profit basis [55]. Omdat deze bedrijven dezelfde doelen hebben, vallen hun takenpakketten vaak in elkaar. Het helpen van industrieën met het effectief recycleren en sorteren van afval is één van die taken. Hierbij willen ze als gemeenschappelijk doel dit proces zo economisch efficiënt en ecologisch mogelijk maken. Op dit moment heeft EXPRA leden in 16 EU-lidstaten waaronder België (VAL-I-PAC en Fost Plus). Uiteindelijk wil deze organisatie bewijzen en demonstreren dat het recycleren van verpakkingen van uitermate belang is richting een duurzaam beleid.



Figuur 45: Logo EXPRA [55]

4.5.2.3. *A Circular Economy for Flexible Packaging (CEFLEX) (Figuur 46)*

Dit consortium vertegenwoordigt spelers doorheen de hele kunststofketen [56]. Gaande van polymeerproducenten tot de uiteindelijke recyclers. Hun missie is de zoektocht naar ontwerp oplossingen om uiteindelijk de flexibele kunststofverpakkingen binnen een circulaire economie te krijgen. Hierin willen ze tegen 2020 het aandeel van deze verpakkingen in het circulaire beleid vergroten en daarbij verscheidene afvalpreventievoordelen uitwerken. Tegen 2025 deze organisatie de volledige collectie en sortering infrastructuur vestigen voor post-consument flexibele verpakkingen.



Figuur 46: Logo CEFLEX [56]

4.5.2.4. *Polyolefin Circular Economy Platform (Figuur 47)*

Dit platform is opgericht door de drie grote plasticassociaties (EuPC, PlasticEurope en PRE) [57]. Het doel van de organisatie is het verbeteren van het hergebruik en de recyclage van producten gebaseerd op polyolefinen. Daarnaast promoten zij ook het gebruik van recyclaat als grondstof. Door samenwerking tussen deze industriële takken proberen ze langdurige duurzaamheid te garanderen voor polyolefin-gebaseerde producten.



Figuur 47: Logo Polyolefin Circular

4.5.2.5. *European Plastic Converters (EuPC) (Figuur 48)*

De associatie European Plastic Converters is de handelsorganisatie van Europese plasticverwerkers op het Europese niveau. Het doel van deze associatie is het verbeteren van een open en eerlijke handelsumgeving voor plasticverwerkers [58]. In totaal zijn 27 nationale en 18 sectorale organisaties uit de plasticindustrie aangesloten bij deze associatie. Leden van de EuPC komen uit vier divisies die de verschillende markten qua plasticverwerkers voorstellen. Verpakking, constructie, automobiel (transport) en technische onderdelen. Daarnaast houdt de organisatie steeds de gezondheid, veiligheid en duurzaamheid in het achterhoofd gedurende het hele proces.



Figuur 48: Logo EuPC [58]

4.5.2.6. *PlasticsEurope (Figuur 49)*

Deze Europese handelsassociatie met vestigingen in Brussel, Frankfurt, Londen, Madrid, Parijs en Milaan zorgt voor een onderliggend netwerk tussen zowel Europese als nationale plasticassociaties. Ze representeert meer dan 100 bedrijven die samen verantwoordelijk zijn voor meer dan 90% van de totale polymeerproductie in Europa [59]. Het promoten van recycleermateriaal en een bewustzijnsverhoging kunnen, volgens PlasticsEurope, positieve bijdragen leveren op het gebied van duurzaamheid, innovatie en kwaliteit. Daarnaast vangen ze nieuwe wetenschappelijke studies aan waardoor de kennis over plastics continu verbreed bij hun leden.



Figuur 49: Logo PlasticsEurope [59]

4.5.2.7. *Plastics Recyclers Europe (PRE) (Figuur 50)*

Deze Europese associatie omtrent het recycleren van plastic bevat meer dan 120 leden, verspreid over heel Europa. Het geheel is opgesplitst in zeven werkgroepen afhankelijk van het type polymeer. Daarnaast zijn er nog 3 afdelingen die de interne communicatie versterken.



Figuur 50: Logo Plastic Recyclers Europe [52]

4.5.3. Certificaten

4.5.3.1. *EuCertPlast (Figuur 51)*

Het standaardiseren van milieuvriendelijke kunststofrecyclageprocessen is het hoofddoel van dit certificaat [60]. Daarnaast ondersteunen ze de traceerbaarheid doorheen de kunststofwaardeketen en controleren ze de kwaliteit van recycleermateriaal. Aan de hand van dergelijke standpunten probeert men verheldering te verwezenlijken in de kunststofwaardeketen waardoor recyclers makkelijker kunnen voldoen aan de eisen opgesteld door wetgeving (REACH). Vanuit EuCertPlast kunnen zowel recyclers als controleurs samen een helder netwerk opstellen om bij te dragen aan verbeterde recyclage van kunststoffen in het algemeen. Deze netwerken of schema's werken parallel met de Europese Standaard EN 15343:2007. Specifiek per materiaal zijn er andere normeringen beschikbaar (vb. EN 15344: Kunststoffen – Gerecyclede kunststoffen – Karakterisering van gerecycled Polyetheen (PE)).



EuCertPlast

Figuur 51: Logo EuCertPlast

4.5.3.2. *Milieukeur (Figuur 52)*

Dit Nederlands milieukeurmerk certificeert producten, processen en diensten die milieuvriendelijker zijn dan evenwaardige tegenhangers [61]. Vele producten vallen onder dit certificaat gaande van voedingsmiddelen tot gebruiksartikelen en –diensten. De verduurzaming van processen wordt afgewogen aan de hand van *Life Cycle Assessment*. Deze opgestelde milieucriteria zijn afhankelijk van het product en het producttype.

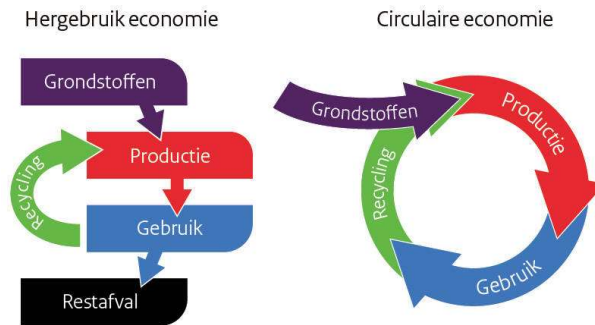


Figuur 52: Milieukeur certificaat [61]

4.5.4. Circulaire economie

4.5.4.1. Algemeen

Circulaire economie is een industrieel systeem dat de problemen van het lineaire model tegengaat door op een herstellende en cyclische manier te kijken naar materialen en diensten (Figuur 53). Hierbij steunt het hele systeem op drie belangrijke principes: behoud van grondstoffen en natuurlijk kapitaal, optimaliseren van hulpbronopbrengsten en finaal het bevorderen van de efficiëntie van het nieuwe systeem.



Figuur 53: Schema hergebruik economie versus circulaire economie [89]

4.5.4.2. Go4Circle (Figuur 54)

Deze bedrijfsfederatie omvat privaatrechtelijke bedrijven die de circulaire economie centraal plaatsen in hun werking [62]. Het platform vertegenwoordigt 220 bedrijven die helpen om productieprocessen fundamenteel om te buigen naar het circulaire systeem. Ook bedrijven met een circulaire visie zijn deel van de organisatie. Naast het ombuigen van het lineaire patroon houden ze ook rekeningen met het milieu en gaan hier respectvol mee om. Het verdedigen van deze belangen gebeurt op lokaal, regionaal, federaal, Europees en internationaal niveau.



Figuur 54: Logo Go4Circle [62]

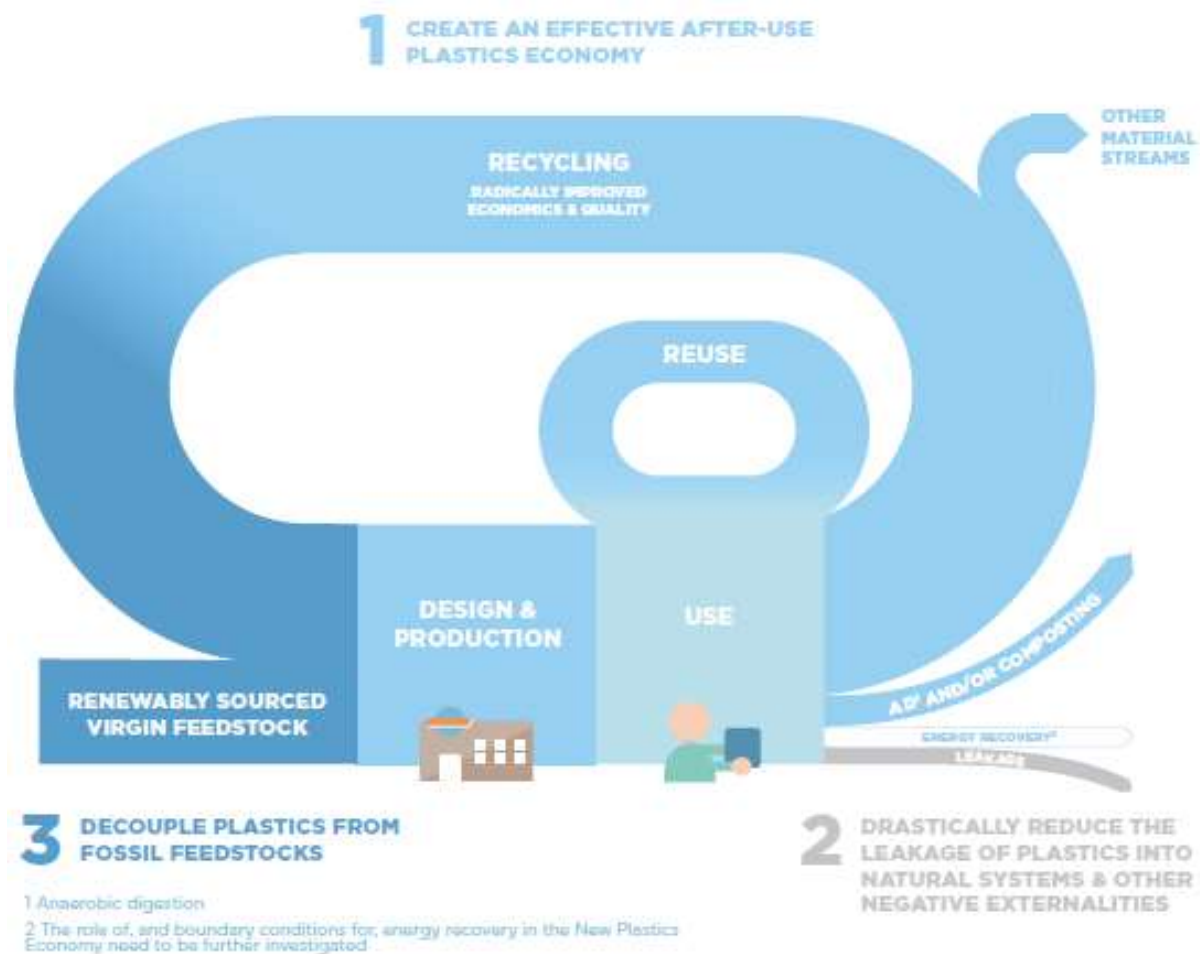
4.5.4.3. Ellen MacArthur Foundation (Figuur 55)

Deze organisatie is een leider op het vlak van circulaire economie. Het promoten en beargumenteren van deze economische vorm is het hoofddoel [63]. Dit doen ze in samenwerking met verschillende partijen, gaande van bedrijven tot regeringen en academies. Aan de hand van hun kennis op het vlak van het circulaire model proberen ze de overgang van lineaire economie naar circulaire te versnellen. Door coöperatie tussen bedrijven en de Ellen MacArthur Foundation worden er schaalbare initiatieven en uitdagingen opgesteld om deze versnelling te vergemakkelijken.

Circulaire economie is volgens de Ellen MacArthur Foundation een leeg kader dat moet worden ingevuld door alle partners in de kunststofwaardeketen [63]. Enkel door medewerking van alle partijen is een circulair model mogelijk. Hierdoor is het van uitermate belang dat kennis wordt gedeeld en er begrip is van alle experts.



Figuur 55: Logo Ellen MacArthur Foundation [63]



Figuur 56: Voorstelling circulaire economie volgens Ellen MacArthur Foundation [63]

De grootste uitdaging is het circulair model oprichten voor de plastic industrie [64]. Zij geloven sterk in het veranderen van de denkwijze die op dit moment heerst in de industrie. De brede mogelijkheden en lage kosten van de kunststof producten, lanceren plastics tot het belangrijkste materiaal van de moderne samenleving. Hierdoor moet er nagedacht worden over het onderhouden van deze waardevolle stroom.

Met behulp van hun *The New Plastics Economy* [63] wil de Ellen MacArthur Foundation ervoor zorgen dat plastic terug in de economie komt, mogelijks via het circulaire principe. Hierin bepalen ze drie belangrijke factoren (Figuur 56) om een nieuwe manier van denken te lanceren in het hele proces. Ook de drie principes van circulaire economie worden verder beschreven in *The New Plastic Economy* [63]. Deze beschrijvingen omvatten steeds de verschillende stappen die moeten worden ondernomen om circulaire economie op te starten en te handhaven.

4.5.4.3.1. Efficiëntie van post-consumentenindustrie

Als eerste moet de post-consumentenindustrie efficiënter worden. Dit kan gebeuren aan de hand van aanpassingen en verbeteringen in de huidige processen. Efficiëntie in huidige processen wordt gezien als de hoeksteen van het project en het is van uitermate belang dat dit gerealiseerd wordt. Opwaarderen van de effectieve waarde van materialen en het toenemen van het slim gebruiken van grondstoffen zijn cruciale stappen om een circulaire economie op te starten. Daarnaast moet de industrie radicale stappen zetten omtrent recyclage op het gebied van kwaliteit en capaciteit. Het circulaire model staat of valt bij de efficiëntie van de recyclage-installatie. Innovatie en onderzoek op deze gebieden moet ervoor zorgen dat het potentieel van recyclage duidelijk wordt en investeringen in deze sector mogelijk worden vanuit hogere instanties. Naast recyclage is het hergebruik belangrijk bij business-to-business (B2B) segmenten. Hergebruik kan de kosten voor de productie van verpakkingen elimineren en dus voor wezenlijke kostenbesparingen zorgen. Toch is voor industriële kunststof verpakkingsfolies hergebruik niet mogelijk. Zowel rekwikkel- als krimpfolie zal na het ontpakken zijn technische eigenschappen verliezen waardoor het materiaal onbruikbaar wordt.

4.5.4.3.2. Lekstroom in natuur verminderen

Ten tweede zal de lekstroom in de natuur zwaar moeten verminderen [63]. Enerzijds door inzameling te verbeteren in landen met grote lekstromen, anderzijds zijn er innovaties nodig op het gebied van bio-gebaseerde materialen. Aan de hand van de afbreekbaarheid van deze materialen zal het effect van de lekstroom op het milieu verminderen. Enkel door grondig onderzoek kan de schade van gelekt plasticafval verminderen. Het behouden van een circulair systeem is enkel mogelijk indien de lekstroom geminimaliseerd wordt. Deze materiaalstroom kan schade toebrengen aan het milieu en heeft dus negatieve gevolgen voor zowel natuur als de mensheid. Elementen van deze stroming zijn vooral verpakkingen voor eenmalig gebruik en de verwachtingen zijn dat deze stroom enkel groter gaat worden. Ook zou 50% van het zwerfvuil (consumentenverpakkingen) in zee voorkomen, dit is ook een schadelijke factor voor het leven in zee [63].

4.5.4.3.3. Ontkoppelen van plastics

Als derde is het loskoppelen van de plastic industrie van fossiele brandstoffen belangrijk [63]. Met loskoppelen bedoelen ze de verschillende verliezen in het proces te verminderen waardoor plastic langer in de waardeketen blijft. Door een meer circulaire aanpak moet het plasticafval verminderen. Hierdoor is de nood aan nieuw materiaal kleiner en zo kan de plasticproductie gedeeltelijk ontkoppelen van fossiele brandstoffen. Gepaard met een beter circulair systeem voor plasticproductie zal de uitstoot van het virgin productieproces verminderen tot een minimum.

4.5.5. Europese plasticstrategie

4.5.5.1. Chinese plastic ban

Sinds januari 2018 stelde de Chinese overheid een verbod tegen de import van plastic afval. Het doel van deze ban is het verminderen van plastic dat ze ieder jaar importeren. Deze import was vooral afkomstig vanuit het westen en dus grotendeels uit Europa. Meer bepaald 51% van 15 miljoen ton (wereldwijd in 2016) werd door China geïmporteerd [65]. Hierdoor moet Europa op korte tijd grote stappen maken op het gebied van recyclage en bijhorende infrastructuur. Het is van belang dat ook de zuiverheid van verschillende stromen bekeken wordt voordat er aanpassingen opgesteld worden.

Dit verbod vanuit de Chinese overheid was de aanleiding voor een Europees rapport over kunststoffen en de strategie die gevolgd moet worden om de beginfase van plasticrecyclage in Europa te begeleiden. In dit rapport uit Europa zijn visie voor de nieuwe toekomstige kunststofeconomie [53]. Het hervormen van de huidige status kan enkel door alle verschillende actoren op elkaar af te stemmen, inspanningen te leveren en uiteindelijk nauwer samen te werken. Met als kerngedachte: “Een slimme, innovatieve en duurzame kunststofindustrie waar ontwerp en productie ten volle inspelen op hergebruik, reparatie en recyclage, levert groei en banen in Europa op, reduceert de uitstoot van broeikasgassen in de EU en maakt Europa minder afhankelijk van ingevoerde fossiele brandstoffen”. Om dit te verwezenlijken bepaalt de strategie deadlines in verband met kunststof in het algemeen tegen 2030. Alle kunststofverpakkingen die vanaf 2030 op de Europese markt gebracht worden, moeten herbruikbaar of recycleerbaar zijn. Daarnaast wil Europa tegen 2030 de huidige capaciteit van zowel sorteren als recycleren verviervoudigen. Hierbij zouden 200.000 nieuwe banen gecreëerd worden, deze gespreid over het hele Europese grondgebied. De integratie van de kunststofwaardeketen is belangrijk om de zoektocht naar hoogwaardige toepassingen te verbreden en te verbeteren. Naast het creëren van meer aanbod moet er een duidelijke vergroting komen van de vraag. Europa wil ook hier een verviervoudiging verwezenlijken waardoor de inkomsten voor de recyclagesector stabiliteit moeten vertonen. Uiteindelijk moeten al deze maatregelen ervoor zorgen dat de uitstoot van CO₂ vermindert en het gebruik van fossiele brandstoffen minimaliseert. Het produceren van alternatieve en innovatieve materialen, die duurzamer zijn dan andere producten, moet worden gesteund vanuit alle verschillende sectoren. Indien Europa slaagt in haar opzet, kan het een leidende rol spelen op het gebied van sorteren en recycleren.

Naast het erkennen van belang en noodzaak van gemeenschappelijke inspanningen, moet de strategie zich vertalen op nationaal en regionaal niveau [53]. Ook het bedrijfsleven moet raakpunten vinden met de strategie. Als eerste wil Europa de kwaliteit en rendabiliteit van de recyclage van kunststoffen verbeteren. Dit door in alle onderdelen van het proces kleine aanpassingen in te voeren. Het ontwerp van kunststofproducten moet overeenstemmen met de recyclage van het product. De communicatie doorheen de waardeketen moet verbeteren, zodat alle betrokken partijen het belang van recyclage begrijpen. Naast ontwerpverbeteringen ziet Europa de gescheiden inzameling als cruciale parameter om de strategie te doen slagen. Enkel aan de hand van deze methode kan de capaciteit op Europees grondgebied stijgen, dit zowel voor het sorteren als het uiteindelijke recycleren. Ook het oprichten van levensvatbare markten voor recyclelaaf is van uitermate belang. Voor alle soorten recyclelaaf moeten er toepassingen tot stand komen om vraag naar recyclelaaf te creëren. Hierdoor wordt het sorteren aantrekkelijker voor bedrijven omdat ze meer opbrengsten kunnen verkrijgen voor hun verpakkingsafval. Dit omdat het materiaal gewild is door de recyclagebedrijven en bij voorkeur enkel zuivere afvalstromen aangenomen worden. Doelgerichte maatregelen op nationaal en regionaal niveau zijn nodig om de huidige obstakels in de kunststofwaardeketen te verwijderen.

De onontwikkelde recycelaatmarkt is misschien het grootste obstakel voor het opkrikken van de kunststofwaardeketen [53]. De onzekerheid die heerst bij producenten en gebruikers over de kwaliteit van gerecycleerde kunststoffen blijft ook een probleem. Producenten twijfelen over de kwaliteitsspecificaties, betrouwbaarheid en het aanbod aan materialen. Ook het huidige gebruik van gerecycleerd materiaal in toepassingen is minimaal, enkel toepassingen met geringe waarde of toepassingen in een kleine afgebakende markt zijn mogelijkheden op dit moment. Samenwerking tussen de chemische sector en recyclagebedrijven moet de expertise verhogen en zodat de kwaliteitsnormen, opgesteld door grote marktspelers, bereikt kunnen worden. Naast het gebrek aan kennis over het product blijft de weerstand van producenten tegen verandering problematisch. Voordelen van een circulair proces zijn onbekend voor meeste producenten of worden tegengehouden door grote spelers om hun waarde in de markt te bewaren. Desondanks bestaan er voldoende voordelen waarin het circulaire verhaal een positieve invloed heeft op de hele sector (automobielandustrie, recyclage van plastic tot bumpers). Uiteindelijk kunnen kwantiteit en kwaliteit enkel verbeteren indien er voldoende geïnvesteerd en er aan nationale of regionale sensibilisering gedaan wordt.

Om de gescheiden inzameling in goede banen te leiden, moeten nationale, regionale en lokale autoriteiten duidelijke stappen zetten [53]. Met als belangrijkste stap het begeleiden van de huidige bedrijven. Aanleren dat sorteren de enige optie is om een duurzaam beleid te kunnen leiden en dat bedrijven meer voordelen hebben aan sorteren dan ze zelf beseffen. In de beginfase is het stimuleren van sorteeractiviteiten met financiële middelen een medewerking van bedrijven te verkrijgen.-. Dit maakt sorteren hopelijk ook aantrekkelijker voor bedrijven. Uiteindelijk moet een betere inzameling en investeringen in dit gebied ervoor zorgen dat minderwaardige kunststofstromen onbestaande zijn.

Naast betrokken bedrijven en ondernemingen moeten Europa en binnenlandse instanties ook burgers stimuleren [53]. Dit vruchtbaar beleid kan leiden tot meer innovatie en ondernemerschap. Om dit te verwezenlijken lijkt het loskoppelen van productie en groei cruciaal. Deze splitsing biedt nieuwe kansen op het vlak van innovatief ondernemen en betere bedrijfsmodellen, met in het achterhoofd een meer circulair materialenbeleid. Door verdere sensibilisering komen er minder kunststoffen in het milieu terecht waardoor de waarde van de keten stijgt. Belangrijk blijft de leidende rol van Europa die zorgt voor stabiliteit tijdens de initiatiefase van opgestelde maatregelen.

4.5.6. Uitdagingen in de toekomst

4.5.6.1. Circular Economy Package (CEP) (Figuur 57)

Door constante veranderingen in de Europese economie introduceerde de Europese Commissie een actieplan om de economie om te zetten naar een meer duurzame vorm [66]. Dit actieplan omvat een reeks nieuwe maatregelen waarin duurzaamheid van materiaal en dienst centraal staat. Als eerste transformeerde men de manier waarop Europeanen omgaan met plastic en plastic producten. Dit aan de hand van een Europese plastic strategie in de circulaire economie [53]. Hierin worden de recyclagepercentages voor plastic producten opgekrikt zoals zichtbaar in onderstaande tabel 12.

Tabel 12: Evolutie in recyclagepercentages voor kunststoffen

Voorgaand recyclagepercentage	35%
Tegen 2025	55%
Tegen 2030	100% hergebruik/kostenefficiënte recyclage

Ten tweede voorziet de Europese Commissie een mededeling die de opties voor aanpak bespreken. Aanpak van de interface tussen product-, afval- en chemische wetgeving die beoordeelt hoe de regels betrekking hebben op elkaar. Als derde wordt er een monitoringkader opgestart om de vooruitgang naar het circulaire systeem te volgen op Europees en nationaal niveau. Ten laatste schreef de Europese Commissie een rapport over de kritieke grondstoffen en het potentieel ervan in het circulaire kader. Dit benadrukt 27 kritische materialen die meer circulair gemaakt moeten worden [53].



Figuur 57: Logo Circular Economy Package Europe [82]

4.5.6.2. Werkgelegenheid

Vooropgesteld in de Europese plastic strategie beweert de Europese Commissie dat het aantal jobs in de recyclagesector zullen verviervoudigen [53]. In totaal komt dit overeen met 200 000 nieuwe banen gespreid over heel Europa. De spreiding van banen komt overeen met de opbouw van 500 nieuwe sorteer- en recyclage-installaties op het Europese grondgebied. Deze groei in werkgelegenheid staat in rechtstreeks verband met de modernisering van Europese sorteer- en recycleerfaciliteiten. Daarnaast zal het onderzoek naar duurzamere oplossingen een stroomversnelling ondergaan waardoor ook daar meer jobs gecreëerd worden. Gezamenlijk zal ook het onderzoek naar innovatieve materialen en alternatieve grondstoffen gestimuleerd worden om het gebruik van minder duurzame materialen te vermijden. Synergie tussen burgers, overheden en het bedrijfsleven moet een vruchtbare voedingsbodem voor innovatie en ondernemerschap stimuleren [53]. Hierdoor ontstaan er duurzamere en veiligere productiepatronen voor kunststoffen wat werkgelegenheid en rijkdom biedt.

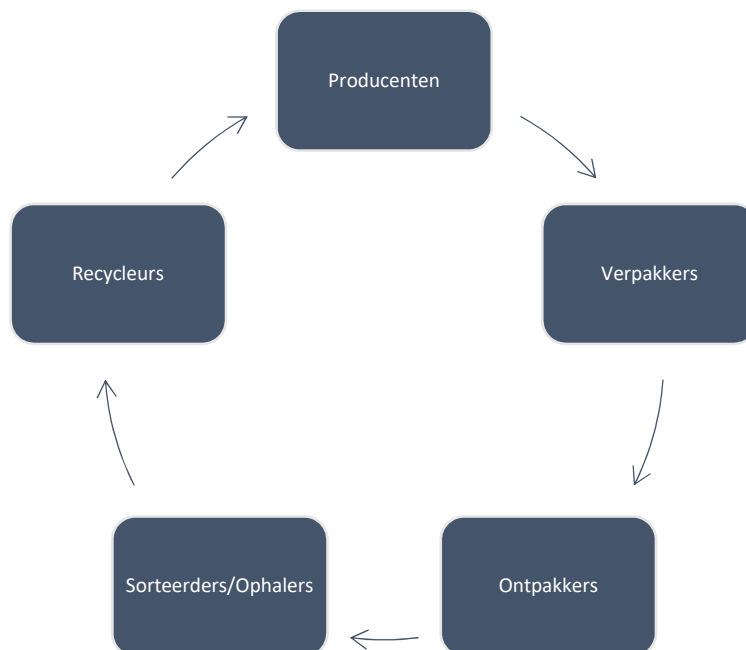
5. Resultaten

5.1. Guidelines (Bijlage D)

Keuze van materiaal mag niet beperkt worden door wettelijke interventies. Naast recycleerbaarheid van plastic verpakkingen, is het van uitermate belang dat spelers uit de kunststofwaardeketen betrokken worden in de problematiek. Bedrijven moeten gesensibiliseerd worden voordat men ze dwingende maatregelen oplegt. De meeste ondernemingen hebben geen idee dat er een probleem is. Zowel stroomopwaarts als stroomafwaarts moet aan sensibilisatie gedaan worden. Bedrijven die het fundamentele principe achter de guidelines begrijpen en ze hierdoor toepassen, zullen een competitief voordeel verkrijgen ten opzichte van anderen.

Het doel van de guidelines (**Bijlage D**) is het verbeteren van de recycleerbaarheid van bedrijfsmatige kunststofverpakkingen en optimaliseren van de sorteersystemen in de industrie. Dit met betrekking op alle processen die het materiaal moet doorlopen zodat er geen complicaties ontstaan in stroomafwaarts processen. Toch mogen zij er niet voor zorgen dat de keuze van materiaal beperkt wordt. Door de guidelines op te nemen in het begin van een proces, kunnen ongewilde problemen qua recycleerbaarheid vermeden en uiteindelijke kostenbesparingen verwezenlijkt worden. Het minimaliseren van kosten voor de gehele kunststofwaardeketen zal vanuit de industriële invalshoek waarschijnlijk het meest belangrijk zijn voor het slagen van opgestelde guidelines.

Maximalisatie van de mechanische recyclagekwaliteit en de aantrekkelijkheid van recyclaat verhogen zijn de streefdoelen. Nadenken over het design van het product is al een grote stap richting recycleerbaarheid en kan op deze manier het gebruik van andere materialen promoten. Daarnaast moet het gebruik van recyclaat gepromoot worden in alle sectoren van de waardeketen (Figuur 58).



Figuur 58: Voorstelling kunststofwaardeketen

5.1.1. Sensibilisering

Om een circulair project te laten slagen zijn er aanpassingen nodig in alle sectoren die een invloed hebben op de kunststofwaardeketen. Om bedrijven te sensibiliseren moeten ze een bredere kijk krijgen op het onderwerp en daarnaast hun invloed begrijpen. Elk onderdeel in de cyclus zal andere waarden vooropstellen en het is van uitermate belang dat alle belangen gehoord worden. Door grotere spelers per onderdeel te overtuigen van de nood aan verbeterde recyclage moet er geprobeerd worden om een belangenverschuiving te realiseren. Grote spelers kunnen een voorbeeldfunctie dragen in de omvorming naar een meer circulair systeem.

Bij verkennende gesprekken in de volledige kunststofwaardeketen is er een duidelijke interesse voor verbetering merkbaar. Vele hebben geen weet van de nood aan samenwerking in de kunststofwaardeketen. Indien alle spelers enkel uitgaan van eigenbelang kan er geen verbetering gerealiseerd worden. Afhankelijk van de positie in de waardeketen zijn de vereisten en werkpunten anders. Het benaderen van bedrijven moet op een specifieke manier (per sector) gebeuren om de sensibilisering in de hele keten te vervolledigen. Naast het benadrukken van eigen belangen is het belangrijk om de noden van andere te verspreiden en verkennende gesprekken te organiseren in de keten.

5.1.1.1. Producenten

Promoten van het gebruik van recyclaat is waarschijnlijk de moeilijkste stap van het hele project. Vele producenten zitten vele vragen ten opzichte van de kwaliteit en willen zich vasthouden op hun normale productiepatronen van virgin materiaal. Testen van recyclaat door externen moet producenten al dan niet overtuigen van de kwaliteit en eigenschappen. Dit gaat uiteraard gepaard met de bijna onbestaande vraag voor folies die gerecycleerd materiaal bevatten. Indien deze vraag kan worden gegenereerd bij de verpakkers, zal er een verschuiving plaatsvinden voor het gebruik van recyclaat. In de beginfase zal er niet meteen een groot prijsverschil ontstaan tussen films met gerecycleerd materiaal en die zonder. Dit is het gevolg van de compensatie van productiekosten met de besparing die men realiseert qua grondstof. Bij folieproductie (extrusie of folieblazen) waarbij men gerecycleerd materiaal gebruikt zijn de productiekosten groter. Dit door de overblijvende onzuiverheden in het recyclaat. Deze contaminanten zorgen voor extra onderhoudskosten en filterkosten tijdens de productie. De extra kosten gemaakt door de producent zullen dan ook meteen verrekend worden in de folieprijs.

Indien de producent zeer specifieke folies blijft produceren, die niet (optimaal) recyclebaar zijn, is een ingreep van de politiek zeer waarschijnlijk. De Europese plastic strategie legt doelstellingen op, die tegen 2025 behaald moeten worden. Zodoende is een afschaffing van sub-optimalisaties geen onwaarschijnlijkheid in de toekomst en zal de producent zich zeker moeten aanpassen. Als producent is het dus van uitermate belang dat hij zelf pionier speelt in het gebruik van recyclaat voordat het een wettelijke verplichting wordt.

Belangrijke aspecten voor producenten:

- Data sheet van gerecycleerd materiaal
- Vraag naar folies met gerecycleerd materiaal
- Prijs van recyclaat en geproduceerde folies
- Verbeterde communicatie met recyclers en verpakkers

Werkpunten voor producenten:

- Onderzoek naar recyclaattoepassingen (testen, marktonderzoek, ...)
- Promoten van recyclaatproducten indien ontwikkeld

5.1.1.2. *Verpakkers*

Vele verpakkers gebruiken folies verwezenlijkt uit virgin materiaal omdat ze niet stilstaan bij recyclageproblemen en complicaties verder in de waardeketen. Ze hebben geen kennis van de problemen die ze veroorzaken. De guidelines moeten ervoor zorgen dat verpakkers begrijpen welke contaminanten het recyclageproces verstoren en verdere spelers in de keten op kosten jagen. Samen met de producenten produceren ze steeds dunnere folies die enkel voor hun positieve invloeden hebben. Dunnere folies met steeds betere eigenschappen zorgen voor verminderde materiaal- en logistieke kosten. Verderop in de keten zal dit materiaal echter minderwaardig worden. Toch ligt de verantwoordelijkheid niet volledig bij de verpakkers. Door het geringe aanbod aan folies met recycelaat en het gebrek aan kennis bij producenten zijn ze deels verplicht om enkel virgin folies te gebruiken.

Belangrijke aspecten voor verpakkers:

- Prijs van folies met gerecycleerd materiaal
- Vertrouwen tussen producent en verpakker omtrent kwaliteit

Werkpunten voor verpakkers:

- Mogelijkheden i.v.m. recycelaatverpakkingen bekijken en indien mogelijk implementeren
- Optimalisatie van huidig sorteersysteem (indien aanwezig)
 - In company trainingen voor werknemers organiseren over groeiende problematiek
 - Evaluatie van werking sorteersysteem opstellen

5.1.1.3. *Ontpakkers*

Ook de ontpakkers zitten met de problemen door de sub-optimalisaties in folieproducten. Door de zeer specifieke verpakkingsmaterialen is het sorteren van folies een moeilijke onderneming. Buiten de grote diversiteit in producten zit deze sector in de kunststofwaardeketen met een ander probleem. Door het geringe gebruik van recycelaatmateriaal krijgen recycleurs hun granulaat niet verkocht. Dit leidt tot een opstapeling van plastic verpakkingsmateriaal. Voor de China ban werden deze folies verzonden naar het Verre Oosten. Zolang de aantrekkelijkheid van het recycelaat niet verhoogt, zal de ontpakker blijven betalen om zijn verpakkingsafval kwijt te geraken. Dit onevenwicht elimineren kan enkel door de vraag naar het recycelaat bij de recycleur te verhogen. Op die manier kan een Pull-systeem gecreëerd worden. Door verbeterde communicatie tussen verpakkers en ontpakkers omtrent het materiaal en productiemethoden kan een verbeterde sortering gerealiseerd worden. Dit zal leiden tot meer zuivere materiaalstromen die waardevoller zijn.

Belangrijke aspecten voor ontpakkers:

- Prijs van verpakkingsafval (betaalt door ophalers of ontpakkers)
- Verbeterde communicatie tussen verpakker en ontpakker
- Simpliciteit van producten waardoor sorteren vergemakkelijkt

Werkpunten voor ontpakkers:

- Optimalisatie van huidig sorteersysteem (indien aanwezig)
 - In company trainingen voor werknemers organiseren over groeiende problematiek
 - Evaluatie van werking sorteersysteem opstellen

5.1.1.4. Sorteerdere en ophalers

De combinatie van de aantrekkelijkheid van recyclaat en de huidige opstapeling van verpakkingsafval zorgen ervoor dat sorteerdere en ophalers moeilijke tijden beleven. Enerzijds is er geen pull-systeem vanuit de recyclaatmarkt. Dit zorgt voor gedempte recyclage omdat recyclere hun recyclaat niet verkocht krijgen. Hierdoor veroorzaken ze een opstapeling van opgehaald verpakkingsafval. Indien zuiverdere materiaalstromen zich aanbieden (sorteren bij ontpakker) kan de uiteindelijke kwaliteit van het recyclaat rechtstreeks beïnvloed worden.

Belangrijke aspecten voor sorteerdere en ophalers:

- Kwaliteit van op te halen verpakkingsafval
- Prijs voor afname

Werkpunten voor sorteerdere en ophalers:

- Indien mogelijk nasorteren op materiaalsoort
- Ontpakkere informeren over mogelijke verbeteringen in het sorteersysteem
- Evalueren van het huidige systeem

5.1.1.5. Recyclere

Als laatste schakel in het huidige lineaire model, kan de recycler weinig veranderen aan het huidige beleid. Door verandering naar een circulair systeem heeft deze sector ook verplichtingen ten opzichte van de andere schakels in de kunststofwaardeketen. De optimalisatie van de recyclaatkwaliteit is zeer belangrijk om het gesloten systeem te verzekeren. Aanpassingen voor zowel producenten als de recyclere zijn belangrijk.

Belangrijke aspecten voor recyclere:

- Afname van recyclaat
- Zuiverheid van inkomende materiaalstromen
- Prijs van afvalstromen
- Communicatie met ontpakkere, sorteerdere, ophalers en producenten

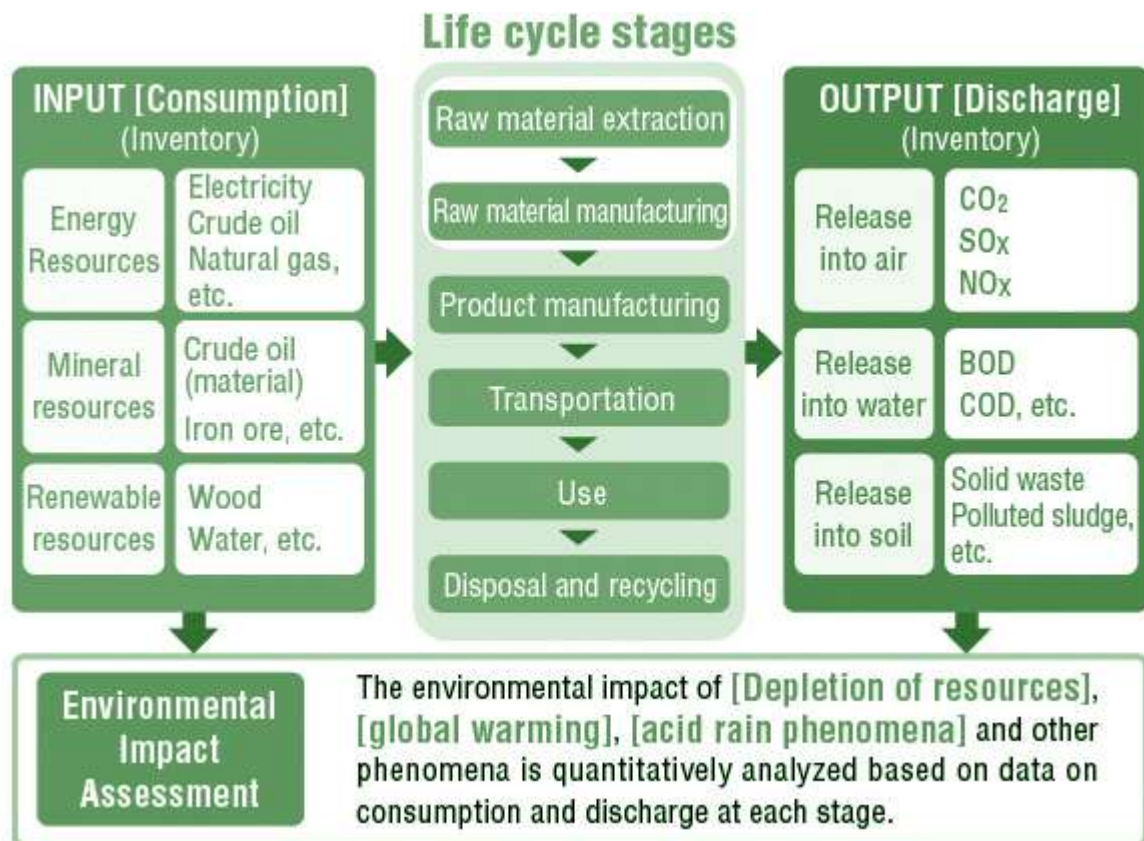
Werkpunten voor recyclere:

- Verbeteren van recyclateigenschappen aan de hand van onderzoek
- Promoten van recyclaat aan de verpakkingsindustrie (promoten van closed-loop recycling)

5.1.2. Innovatie en verder onderzoek

Parallel met de guidelines zijn er andere aanpassingen nodig om de recyclagedoelstellingen te doen stijgen. Naast het verbeteren van de recyclage moet het onderzoek naar nieuwe materialen opgestart worden doorheen de hele waardeketen. Deze onderzoeken moeten een initiatief zijn vanuit de industrie zelf (kunststofwaardeketen), dit mogelijks in samenwerking met naburige universiteiten en onderzoeksfaciliteiten. Enkel door grondig onderzoek kan het volledig potentieel van folierecyclage bereikt worden. Daarnaast moet de mogelijkheid bestaan om gesubsidieerde projecten op te starten tussen de verschillende sectoren in de kunststofwaardeketen, universiteiten en VAL-I-PAC. Innovatie en onderzoek zijn naast de guidelines belangrijkste elementen om de toekomst van kunststofrecyclage te verbeteren.

Verdere projecten kunnen de milieu-impacts van dergelijke aanpassingen op het gebied van materiaalgebruik analyseren. Gebruik van levenscyclusanalyses (LCA) (Figuur 59) kan een verduidelijkend beeld geven over de effectieve impact en spelers in keten overtuigen over mogelijke positieve invloeden van aanpassing. Een studie tussen de impact van huidige dunne folies (moeilijk recycleerbaar) ten opzichte van dikke, circulaire folies (deels tot volledig uit gerecycleerd materiaal) kan een pionierende rol aannemen om gebruikers te overtuigen. Ook studies naar het verbeteren van recycleareigenschappen door aanpassingen in sorteersystemen, recyclageprocessen of materiaalverhoudingen zijn nodig om een circulair systeem te lanceren.



Figuur 59: Stadia voor LCA-studies [67]

5.2. Analyse van recyclaatmaterialen

5.2.1. Testmaterialen

Tabel 13: Samenvatting testmaterialen

Nr.	Naam	Productie	Densiteit (g/cm ³)	MFI (g/10min)	Bron
1	LDPE repro Natural	Extrusie	0,90 – 0,94	0,3 – 1,5	Postindustrieel afval (LDPE folie)
2	LDPE repro Dull-Natural PCR	Extrusie	0,90 – 0,95	0,4 – 1,8	/
3	LDPE repro White	Extrusie	0,90 – 0,95	0,9 – 1,6	Productieafval witte LDPE folie
4	LDPE repro Mixed Color PCR	Extrusie	0,90 – 0,95	0,4 – 1,5	Gewassen post-consument afval (LDPE folie)
5	LDPE repro Jazz	Extrusie	0,90 – 0,95	0,4 – 1,8	Gewassen post-consument afval (LDPE folie)
6	LDPE repro Black	Extrusie	0,92 – 0,97	0,4 – 1,5	Postindustrieel afval (LDPE folie)

5.2.2. Testresultaten en vergelijking

5.2.2.1. Dikte

Tijdens de testen werden er vele nulmetingen uitgevoerd om de micrometer de kalibreren. Hierdoor worden meetfouten (vuildeeltjes of foute kalibratie) vermeden. Desondanks deze metingen waren er verschillen merkbaar tussen de resultaten (Tabel 14).

De onregelmatigheden in de metingen zijn te wijden aan de MFI van de recyclaatmaterialen. Omdat deze waarde niet specifiek genoeg is en de grenzen ver uit elkaar liggen (Tabel 13). Dit zorgt obstakels tijdens het productieproces. Ook het productieproces zelf (blaasextrusie) kan een invloed hebben op de dikte. Door de MFI zal het plastic in wisselende viscositeit uit de extruder komen. Hierdoor kan in het materiaal zelf de viscositeit wisselen waardoor het produceren van een folie met uniforme dikte zeer uitdagend is. Ook omdat de folie geproduceerd is aan de hand van blaasextrusie zal het effect van de MFI versterkt worden. Verder kunnen de nog aanwezige contaminanten ook zorgen voor dikteverschillen.

Tabel 14: Resultaten diktemeting

Nr.	1	2	3	4	5	6
<i>Metingen (mm)</i>	0,1226	0,0685	0,0907	0,0655	0,0480	0,0596
	0,0579	0,1187	0,0828	0,0824	0,0531	0,0622
	0,0609	0,1295	0,0826	0,0702	0,1258	0,0589
	0,0653	0,0509	0,0767	0,0955	0,0604	0,0784
	0,0540	0,0528	0,0803	0,0471	0,0588	0,0543
	0,0395	0,0813	0,0585	0,0613	0,0627	0,0677
	0,0401	0,0726	0,0700	0,0725	0,0667	0,0766
	0,0565	0,0550	0,0616	0,0560	0,0550	0,0670
	0,0461	0,0635	0,0641	0,0739	0,0657	0,0524
	0,0572	0,0651	0,0842	0,0740	0,0592	0,0688
<i>Gemiddelde (mm)</i>	0,0600	0,0758	0,0752	0,0698	0,0655	0,0646
<i>Standaarddeviatie (mm)</i>	0,0236	0,0272	0,0109	0,0136	0,0219	0,0087

5.2.2.2. *Treksterkte (Tabel 15-16)*

Voor de piekbelasting (Figuur 61) in MD is er geen grote afwijking tussen de folies, dit verschilt echter in de andere richting. De afwijking in treksterkte (Bijlagen B) kan een gevolg zijn van de grote variatie in dikte doorheen de hele folie. Opmerkelijk zijn de belastingen bij folienummer 1, dit zou de zuiverste folie moeten zijn en hierdoor ook de sterkste [25]. Deze sterkte is normaliter het gevolg van de geringe aanwezigheid van contaminanten. Dit effect is duidelijk zichtbaar van folienummer 4 tot folienummer 6, deze folies zijn echter geproduceerd uit minderwaardige afvalverhoudingen (90/10, 80/20, ...). Hierbij werd er meer bonte en vuile folie toegevoegd dan bij andere. De nodige kracht in beide richtingen neemt af door de hoeveelheid onzuiverheden. Het minimale verschil tussen de piekbelasting in CD en MD is te wijden aan het productieproces van de folie [68]. Door het blazen van folie verkrijgt men een bi-axiale oriëntatie. Bij cast extrusie is het materiaal in MD stijver en sterker dan in de andere richting [22]. Door deze bi-axiale oriëntatie zal deze sterkte gecompenseerd worden.

Voor de verlenging bij breuk (Figuur 62) is een duidelijk verschil zichtbaar tussen de verschillende richtingen. De verlenging bij CD is groter doordat de polymeerketens zich eerst moeten schikken in de trekrichting en zich daarna pas maximaal verstrekken [22]. Bij MD liggen de polymeren al in de juiste richting en is de verstrekking meteen parallel aan de ketens. Ook hier is een duidelijke afname zichtbaar vanaf folienummer 4 omwille van contaminanten in minderwaardige foliesoorten. Zoals eerder vermeld is het product in MD stijver dan in CD, dit volledig bevestigd door onderstaande figuur (Figuur 62).

Daarnaast is zijn de grotere standaarddeviaties bij piekbelasting in MD een opvallend element. Deze vaststelling verifieert nogmaals de onregelmatigheden van de folies. Het is echter merkwaardig dat de standaarddeviaties bij piekbelasting in CD wel ongeveer gelijk zijn. De conclusie is hier dat het recyclageproces (shredde van afval en gerecycleerd materiaal) zorgt voor variaties in ketenlengtes waardoor de waarden voor piekbelasting in MD sterk schommelen. Ook bij de standaarddeviaties bij verlenging is hetzelfde effect zichtbaar.

De kracht nodig om het materiaal te breken is evenwaardig aan de kracht nodig voor virgin materiaal [69]. Daarentegen is de verlenging bij virgin materiaal (ongeveer 500%) veel groter dan bij het recyclaatmateriaal. Folienummer 4 blijkt het meest gelijkaardig te zijn aan het virgin materiaal van alle testmaterialen.

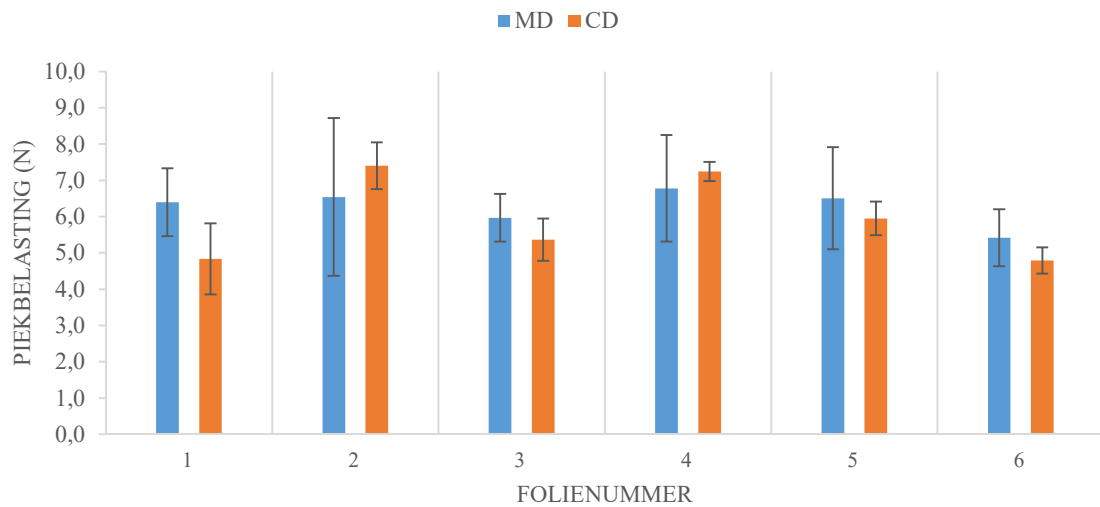
Tabel 15: Gemiddelde waarden voor trekeigenschappen in CD

<i>Folie nr.</i>	<i>Breedte (mm)</i>	<i>Dikte (mm)</i>	<i>Piekbelasting (N)</i>	<i>Standaarddeviatie op Piekbelasting</i>	<i>Verlenging bij breuk (%)</i>	<i>Standaarddeviatie op Verlenging bij breuk</i>
1	6,000	0,060	4,8	1,0	273,2	50,4
2	6,000	0,076	7,4	0,6	395,5	33,9
3	6,000	0,075	5,4	0,6	358,6	36,3
4	6,000	0,070	7,2	0,3	435,1	17,4
5	6,000	0,066	6,0	0,5	371,2	36,3
6	6,000	0,065	4,8	0,4	324,8	28,5

Tabel 16: Gemiddelde waarden voor trekeigenschappen in MD

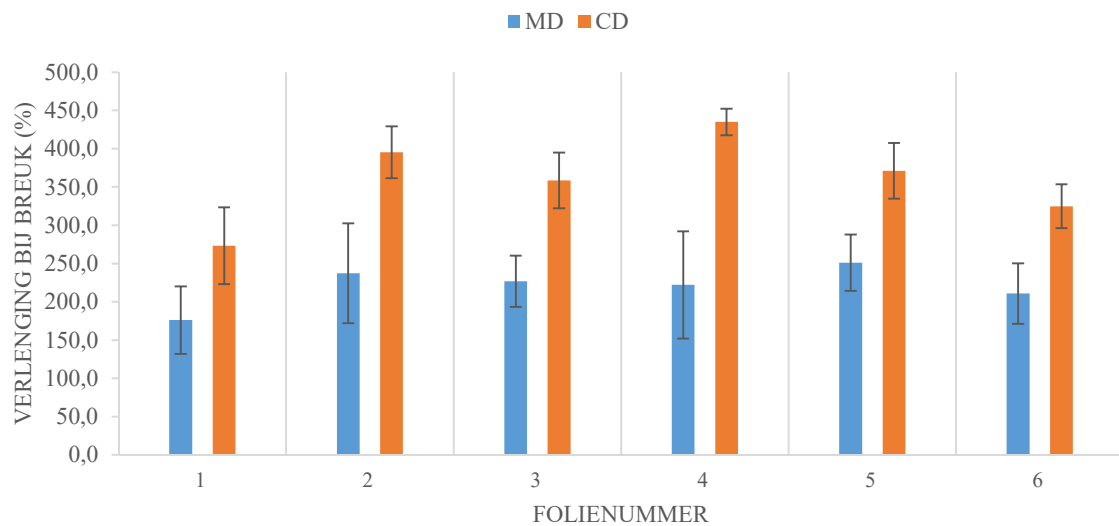
Folie nr.	Breedte (mm)	Dikte (mm)	Piekbelasting (N)	Standaarddeviatie op Piekbelasting	Verlenging bij breuk (%)	Standaarddeviatie op Verlenging bij breuk
1	6,000	0,060	6,4	0,9	176,1	44,2
2	6,000	0,076	6,5	2,2	237,4	65,3
3	6,000	0,075	6,0	0,7	226,8	33,4
4	6,000	0,070	6,8	1,5	222,0	70,2
5	6,000	0,066	6,5	1,4	251,1	36,7
6	6,000	0,065	5,4	0,8	210,7	39,6

PIEKBELASTING



Figuur 60: Vergelijking piekbelasting (trekproef)

VERLENGING BIJ BREUK



Figuur 61: Vergelijking verlenging bij breuk (trekproef)

5.2.2.3. Doorprikweerstand (Tabel 17-18)

Zoals eerder vermeldt ontbreken er resultaten voor folienummer 2 door een gebrek aan testmateriaal.

Voor alle folies zijn de waarden relatief gelijkend. Zowel qua piekbelasting (Figuur 62) als bij de uitrekking (Figuur 63) op datzelfde moment. Gelijke waarden zijn logische resultaten omdat de recycleermaterialen geen specifieke behandelingen heeft gehad voor de oppervlaktes of laminaten zijn [70]. Dit concludeert dat de doorprikrichting geen tot minimale invloed heeft op de doorprikweerstand (Bijlagen C) Daarnaast is af te leiden dat de kleur (door de klant geassocieerd met kwaliteit) van de folie geen grote invloed heeft op de doorprikweerstand van recycleerfolies. Toch zijn er duidelijke fluctuaties te zien bij stalen van hetzelfde materiaal. Dit is te wijden aan de wisselende dikte. Ook de uitschieter van folienummer 4 van buiten naar binnen zal met grote waarschijnlijkheid het gevolg zijn van onregelmatigheden in de foliedikte.

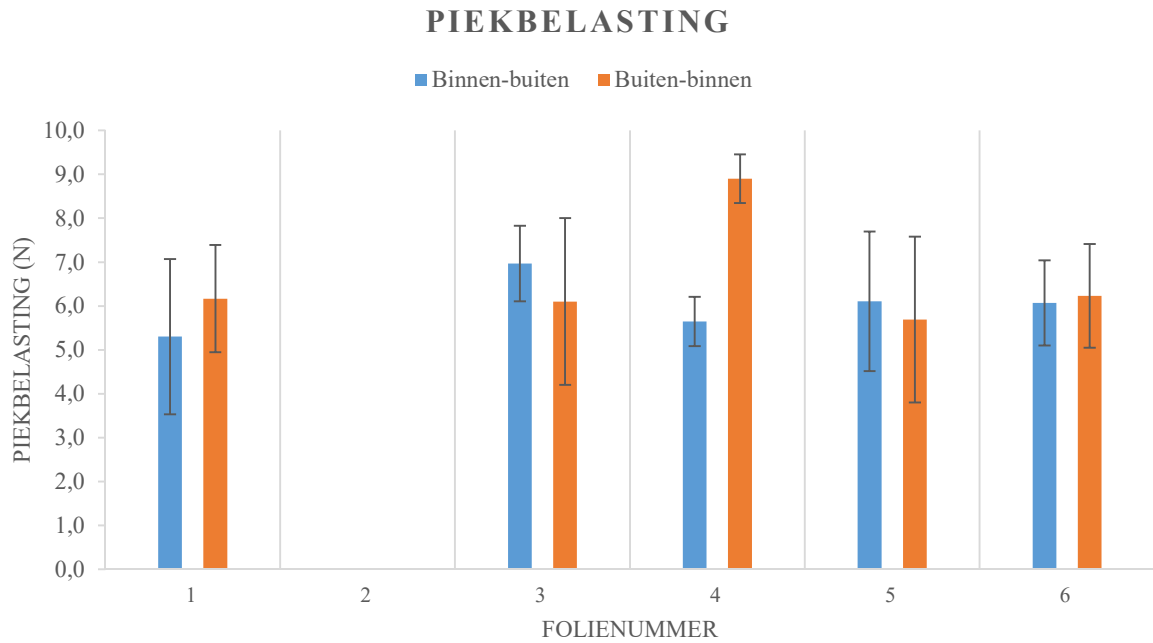
In beperkte mate resulteert het gebruik van gemixt folieafval (bont en helder) bij folienummer 5 (grijs recycleer) toch tot grote fluctuaties in de resultaten. Bij dit materialen zijn de standaarddeviaties voor zowel piekbelasting als voor uitrekking het grootste, onafhankelijk van de doorprikrichting. Dit kan het gevolg zijn van enerzijds het verwerkte folieafval (contaminatie) of anderzijds het productieproces (blaasextrusie) [22].

Tabel 17: Gemiddelde waarden voor doorprikweerstand van binnen naar buiten

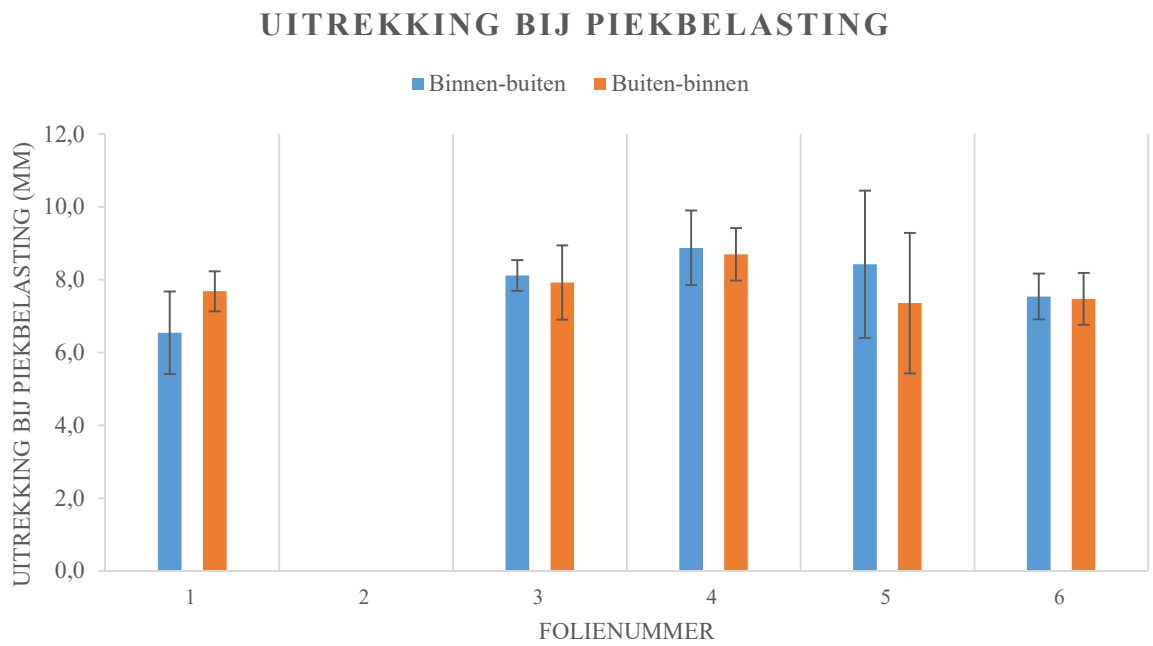
Folie nr.	Breedte (mm)	Dikte (mm)	Piekbelasting (N)	Standaarddeviatie op Piekbelasting	Uitrekking bij piekbelasting	Standaarddeviatie op uitrekking
1	6,000	0,060	5,3	1,8	6,5	1,1
3	6,000	0,075	7,0	0,9	8,1	0,4
4	6,000	0,070	5,6	0,6	8,9	1,0
5	6,000	0,066	6,1	1,6	8,4	2,0
6	6,000	0,065	6,1	1,0	7,5	0,6

Tabel 18: Gemiddelde waarden voor doorprikweerstand van buiten naar binnen

Folie nr.	Breedte (mm)	Dikte (mm)	Piekbelasting (N)	Standaarddeviatie op Piekbelasting	Uitrekking bij piekbelasting	Standaarddeviatie op uitrekking
1	6,000	0,060	6,2	1,2	7,7	0,5
3	6,000	0,075	6,1	1,9	7,9	1,0
4	6,000	0,070	8,9	0,6	8,7	0,7
5	6,000	0,066	5,7	1,9	7,4	1,9
6	6,000	0,065	6,2	1,2	7,5	0,7



Figuur 62: Vergelijking piekbelasting (doorprikweerstand)



Figuur 63: Vergelijking uitrekking bij piekbelasting (doorprikweerstand)

5.2.3. Conclusie van analyse

De onregelmatigheden in de foliediktes zorgen voor wisselende resultaten voor zowel treksterkte als doorprikweerstand. Vooral de standaarddeviaties van alle testen zijn zeer groot wat nogmaals bevestigt dat er veel variatie is in de kwaliteiten van het materiaal. De dikte heeft een duidelijke invloed op deze waarde en dit is terug te brengen op de MFI. Door de onduidelijke specificatie van deze waarde zullen deze wisselende waarden blijven terugkomen. Daardoor is het van uitermate belang dat het onderzoek naar verbeterde recycleateigenschappen gesteund wordt. Enkel hierdoor kan de groei van recycleat toepassingen stijgen en zo zorgen voor een pull-systeem voor kunststoffen verpakkingsafval.

Op dit moment is het recycleatmateriaal niet betrouwbaar genoeg om gebruikt te worden in folietoepassingen. Zowel in krimp- als in rekfolie zullen de eigenschappen onvoldoende beantwoorden aan de nodige eisen. Omdat deze folies zeer technische toepassingen zijn vereisen ze kwaliteitsvol materiaal. Bij krimpfolie zal het materiaal eerder toepasbaar zijn dan bij rekwikkelfolie omdat de krimpeigenschappen grotendeels bepaalt worden door het productieproces en niet door de materiaaleigenschappen. Naast treksterkte en doorprikweerstand, is vooral de MFI een belangrijke factor voor het materiaal. Indien deze parameter verbetert, zullen andere mechanische eigenschappen verbeteren. Mits voldoende onderzoek naar de mogelijkheden van het recycleat en verdere verbeteringen in het recyclageproces, is het toepassen van dit materiaal zeker een optie in de toekomst. De eerste stappen om het gebruik te verhogen is het toepassen van recycleatmateriaal in andere toepassingen om vraag te creëren. Aan de hand van deze vraag zal het recyclageproces rechtstreeks verbeteren omdat recyclagefaciliteiten dan meer middelen bezitten om verder onderzoek te financieren.

6. Besluit

Parallel met de guidelines zijn er andere aanpassingen nodig om de recyclagedoelstellingen te doen stijgen. Naast het verbeteren van de recyclage moet het onderzoek naar nieuwe materialen opgestart worden doorheen de hele waardeketen. Deze onderzoeken moeten een initiatief zijn vanuit de industrie zelf (kunststofwaardeketen), dit mogelijks in samenwerking met naburige universiteiten en onderzoeksfaciliteiten. Enkel door grondig onderzoek kan het volledig potentieel van folierecyclage bereikt worden. Daarnaast moet de mogelijkheid bestaan om gesubsidieerde projecten op te starten tussen de verschillende sectoren in de kunststofwaardeketen, universiteiten en VAL-I-PAC. Innovatie en onderzoek zijn naast de guidelines belangrijkste elementen om de toekomst van kunststofrecyclage te verbeteren.

Verdere projecten kunnen de milieu-impacts van dergelijke aanpassingen op het gebied van materiaalgebruik analyseren. Gebruik van levenscyclusanalyses kan een verduidelijkend beeld geven over de effectieve impact en spelers in keten overtuigen over mogelijke positieve invloeden van aanpassing. Een studie tussen de impact van huidige dunne folies (moeilijk recycleerbaar) ten opzichte van dikke, circulaire folies (deels tot volledig uit gerecycleerd materiaal) kan een pionierende rol aannemen om gebruikers te overtuigen. Ook studies naar het verbeteren van recyclaateigenschappen door aanpassingen in sorteersystemen, recyclageprocessen of materiaalverhoudingen zijn nodig om een circulair systeem te lanceren.

Om een circulair project te laten slagen zijn er aanpassingen nodig in alle sectoren die een invloed hebben op de kunststofwaardeketen. Om bedrijven te sensibiliseren moeten ze een bredere kijk krijgen op het onderwerp en daarnaast hun invloed begrijpen. Elk onderdeel in de cyclus zal andere waarden vooropstellen en het is van uitermate belang dat alle belangen gehoord worden. Door grotere spelers per onderdeel te overtuigen van de nood aan verbeterde recyclage moet er geprobeerd worden om een belangenverschuiving te realiseren. Grote spelers kunnen een voorbeeldfunctie dragen in de omvorming naar een meer circulair systeem.

Op dit moment is het recyclaatmateriaal nog niet betrouwbaar genoeg om gebruikt te worden in tertiaire folietoepassingen. Zowel in krimp- als in rekfolie zullen de eigenschappen onvoldoende beantwoorden aan de nodige eisen. Omdat deze folies zeer technische toepassingen zijn vereisen ze kwaliteitsvol materiaal. Bij krimpfolie zal het materiaal eerder toepasbaar zijn dan bij rekwikkelfolie omdat de krimpeigenschappen grotendeels bepaalt worden door het productieproces en niet door de materiaaleigenschappen. Naast treksterkte en doorprikweerstand, is vooral de MFI een belangrijke factor voor het materiaal. Indien deze parameter verbetert, zullen andere mechanische eigenschappen verbeteren. Mits voldoende onderzoek naar de mogelijkheden van het recyclaat en verdere verbeteringen in het recyclageproces, is het toepassen van dit materiaal zeker een optie in de toekomst. De eerste stappen om het gebruik te verhogen is het toepassen van recyclaatmateriaal in andere toepassingen om vraag te creëren. Aan de hand van deze vraag zal het recyclageproces rechtstreeks verbeteren omdat recyclagefaciliteiten dan meer middelen bezitten om verder onderzoek te financieren.

Bibliografie

- [1] VAL-I-PAC, „Septemberrapport,” Wemmel, 2015.
- [2] „VAL-I-PAC,” [Online]. Available: <http://valipac.be/Belgie/index.php?userlang=nl>.
- [3] VAL-I-PAC, „Jaarverslag 2017,” Wemmel, 2017.
- [4] K. Smets, Interviewee, *Renewi Lokeren*. [Interview]. 9 februari 2018.
- [5] M. Langenhof, Interviewee, *Rodepa Plastics B.V.*. [Interview]. 15 februari 2018.
- [6] „Rodepa Plastics B.V.,” [Online]. Available: <http://www.rodepaplastics.com/>.
- [7] P. Sysmans, Interviewee, *RkW Hyplast*. [Interview]. 16 februari 2018.
- [8] D. Van Brabant, Interviewee, *Reynaers Aluminium NV*. [Interview]. 7 maart 2018.
- [9] „Reynaers Aluminium,” [Online]. Available: <https://www.reynaers.be/nl-BE/particulieren/>.
- [10] R. Verstraten, Interviewee, *Marlux N.V.*. [Interview]. 8 maart 2018.
- [11] „Marlux N.V.,” [Online]. Available: <https://www.marlux.com/be-nl/over-ons>.
- [12] C. Demuynck, Interviewee, *Plastic Union*. [Interview]. 8 maart 2018.
- [13] „Plastic Union,” [Online]. Available: <http://www.plasticunion.be/nl/bedrijf/geschiedenis.html>.
- [14] G. Debelder, Interviewee, *Procter & Gamble*. [Interview]. 9 maart 2018.
- [15] L. Krekels, Interviewee, *Carrefour Belgium*. [Interview]. 9 maart 2018.
- [16] F. Bezati, Interviewee, *Danone*. [Interview]. 6 april 2018.
- [17] „Morssinkhof Plastics,” [Online]. Available: <https://www.morssinkhofplastics.nl/over-ons/het-bedrijf/>.
- [18] R. Bongers, Interviewee, *Rymoplast*. [Interview]. 20 april 2018.
- [19] G. Costers, „Stretch film/Stretch hood: a good way for pallet load securing?,” 2016.
- [20] N. Lepot, *Verpakkingsmaterialen 2: Kunststoffen*.
- [21] R. Van den Berg, „Perfect plastic; Metallocenen maken productie van plastics beter controleerbaar,” *NRC*, 29 november 1997.
- [22] J. R. Wagner Jr., *Multilayer Flexible Packaging*, Elsevier Inc., 2010.
- [23] S. D.C. Guerreiro, I. M. João en L. P. Real, „Evaluation of the influence of testing parameters on the melt flow index of thermoplastics,” *Polymer Testing*, nr. 31, pp. 1026-1030, 2012.

- [24] M. S. Abbas-Abadi, M. N. Haghighi en H. Yeganeh, „Effect of the Melt Flow Index and Melt Flow Rate on the Thermal Degradation Kinetics of Commercial Polyolefins,” pp. 1739-1745, 2011.
- [25] G. M. McNally, C. M. Small, M. W. R. en C. A. H., „The Effect of Polymer Properties on the Mechanical Behavior and Morphological Characteristics of Cast Polyethylene Film for Stretch and Cling Film Applications,” *Journal of Plastic Film & Sheeting*, nr. 21, pp. 39-54, 2005.
- [26] C. Kyucheol, H. L. Byung, H. Kyu-Myun, L. Hoseok en C. Soonja, „Rheological and Mechanical Properties in Polyethylene Blends,” *Polymer Engineering and Science*, nr. 38, pp. 1969-1975, 1998.
- [27] G. Costers, Interviewee, *Stretch- en krimpfolies in het algemeen*. [Interview]. 11 mei 2018.
- [28] A. Kuz'mina, A. Slonov en G. Danilova-Volkovskaya, „The introduction of technology for producing thin, multilayer, polyethylene heat shrink films with improved processing and service characteristics,” *International Polymer Science and Technology*, nr. 5, pp. 38-40, 2015.
- [29] „Packaging Production Systems,” [Online]. Available: <http://contimeta.com/en/catalog/packaging-system/wrap-film>. [Geopend 7 mei 2018].
- [30] „reTAP protocol,” [Online]. Available: <http://infohouse.p2ric.org/ref/04/03943.htm>.
- [31] G. M. McNally, C. M. Small, M. W. R. en C. A. H., „The Effect of PIB Molecular Weight on the Cling Characteristics of Polyethylene-PIB Films for Stretch en Cling Film Applications,” *Journal of Plastic Film & Sheeting*, nr. 21, pp. 55-68, 2005.
- [32] „Telescoped Roll - PrintWiki,” [Online]. Available: http://printwiki.org/Telescoped_Roll. [Geopend 7 mei 2018].
- [33] Het Europees Parlement en de Raad, „Richtlijn 2008/98/EG,” 19 november 2008. [Online]. Available: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/HTML/?uri=CELEX:32008L0098&from=EN>.
- [34] Het Europees Parlement en de Raad, „Richtlijn 94/62/EG,” 20 december 1994. [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/?uri=CELEX%3A31994L0062>.
- [35] Europese Commissie, „REACH,” oktober 2007. [Online]. Available: http://ec.europa.eu/environment/chemicals/reach/pdf/publications/2007_02_reach_in_brief.pdf.
- [36] „Ladder van Lansink,” [Online]. Available: <http://www.recycling.com/downloads/waste-hierarchy-lansinks-ladder/>.
- [37] Belgische Wetgeving, „Samenwerkingsakkoord Verpakkingsafval,” 4 november 2008. [Online]. Available: <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?woId=24588>.
- [38] I. K. Mariam Al-Ali AmMa'adeed, *Polyolefin Compounds and Materials: Fundamentals and Industrial Applications*, Springer International Publishing, 2016.

- [39] K. S. M. K. Wolfgang Becker, „Detection of Black Plastic in the Middle Infrared Spectrum (MIR) Using Photon Up-Conversion Technique for Polymer Recycling Purposes,” *Polymers*, 8 September 2017.
- [40] A. S. T. M. T. F. G. Dodbiba, „Electrostatic separation of shredded plastic mixtures using a tribo-cyclone,” *Magnetix and Electrical Separation*, nr. 11, pp. 63-92, 2001.
- [41] R. P. E. F. Huiting Shent, „A review of plastics waste recycling and the flotation of plastics,” *Resources, Conservation and Recycling*, nr. 25, pp. 85-109, 1999.
- [42] H. W. J.-g. F. Y.-n. L. Chong-qing Wang, „Flotation separation of waste plastics for recycling - A review,” *Waste Management*, nr. 41, pp. 28-38, 2015.
- [43] American Plastic Council, „Development of Hydrocyclones for Use in Plastic Recycling,” 1998.
- [44] P. East, „Plastic Packaging - Recycling By Design 2017,” RECYCLING OF USED PLASTIC LIMITED, Peterborough, Verenigd Koninkrijk, 2017.
- [45] J. Hopewell, R. Dvorak en E. Kosior, „Plastic Recycling: Challenges and Opportunities,” *Philosophical Transactions: Biological Sciences*, nr. 364, pp. 2115-2126, 2009.
- [46] S. K. R. Manas Chanda, „Recycling of Polymers,” in *Plastic Technology Handbook*, D. E. Hudgin, Red., New York, Taylor & Francis Group - CRC Press, 2006, pp. 707-747.
- [47] „Natte recyclagelij,” [Online]. Available: <http://biophysics.sbg.ac.at/waste/plastic.htm>.
- [48] S. A. Jackson, V. Gopalakrishna-Remani, R. Mishra en R. Napier, „Examining the impact of design for environment and the mediating effect of quality management on firm performance,” *Int. J. Production Economics*, nr. 173, pp. 142-152, 2016.
- [49] H. A. Peters, M. E. Toxopeus, J. M. Jauregui-Becker en M.-O. Dirksen, „Prioritizing 'Design for Recyclability' Guidelines, Bridging the Gap between Recyclers and Product Developers,” in *Leveraging Technology for a Sustainable World*, Berkely, Verenigde Staten, Springer, 2012, pp. 203-209.
- [50] F. L. Palombini, M. K. Cidade en J. J. de Jacques, „How sustainable is organic packaging? A design method for recyclability assessment via a social perspective: A case study of Porto Alegre City (Brazil),” *Journal of Cleaner Production*, nr. 142, pp. 2539-2605, 2017.
- [51] Y. Umeda, S. Fukushige, T. Mizuno en Y. Matsuyama, „Generating design alternatives for increasing recyclability of products,” *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, nr. 62, pp. 135-138, 2013.
- [52] Plastic Recyclers Europe, „20 Years Later & The Way Forward - Making more from plastic waste - Strategy Paper 2016,” 2016.
- [53] E. Commissie, „Een Europese strategie voor kunststoffen in een circulaire economie,” Straatsburg, 2018.
- [54] „European Association of Plastic Recycling and Recovery Organisation (EPRO),” [Online]. Available: <http://www.epro-plasticsrecycling.org/partners?ref=1&type=1>.

- [55] „EXPRA,” [Online]. Available: <http://www.expra.eu/en/about/overview>.
- [56] „a Circular Economy for Flexible Packaging,” [Online]. Available: <https://ceflex.eu/>.
- [57] „Polyolefin Circular Economy Platform,” [Online]. Available: <https://www.pcep.eu/who-we-are>.
- [58] „European Plastic Converters,” [Online]. Available: <https://www.plasticsconverters.eu/>.
- [59] „PlasticEurope,” [Online]. Available: <http://www.plasticseurope.org/en/about-us/who-we-are>.
- [60] „EuCertPlast,” [Online]. Available: <https://www.eucertplast.eu/about>. [Geopend 13 mei 2018].
- [61] „Milieukeur,” [Online]. Available: <http://www.milieukeur.nl/19/home.html>.
- [62] „Go4Circle,” [Online]. Available: <https://go4circle.be/>.
- [63] E. M. Foundation, *The New Plastics Economy*, 2016.
- [64] „Ellen MacArthur Foundation,” [Online]. Available: <http://www.uwc.org/news/?pid=38&nid=46&storyid=407>.
- [65] C. Arkin, „China's Ban on Plastic Waste Imports is a Wake-Up Call,” *Earth Island Journal*, 15 februari 2018.
- [66] „Circular Economy Package,” [Online]. Available: http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/index_en.htm. [Geopend 13 mei 2018].
- [67] „LCA-stadia,” [Online]. Available: https://www.kyoceradocumentsolutions.be/nl/index/environment/green_products/lifecycle_asessment.html.
- [68] „Flexographic tensiles,” Polyprint, [Online]. Available: <http://www.polyprint.com/flexographic-tensiles.htm>. [Geopend 21 mei 2018].
- [69] S. Kormin, F. Kromin, M. D. Hossen Beg en M. B. Mat Piah, „Physical and mechanical properties of LDPE incorporated with different starch sources,” in *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 226*, 2017.
- [70] J. Lange, H. Mokdad en Y. Wyser, „Understanding Puncture Resistance and Perforation Behavior of Packaging Laminates,” *Journal of Plastic Film & Sheeting*, nr. 18, pp. 231-244, 2002.
- [71] „EuCertPlast,” [Online]. Available: <http://www.eucertplast.eu/en/>.
- [72] M. P. Charles A. Harper, *Modern Plastics Handbook*, New York: McGraw-Hill, 2000.
- [73] „Renewi plc,” [Online]. Available: <http://www.renewiplc.com/en>.
- [74] „RKw Hyplast Belgium,” [Online]. Available: <http://www.hyplast.be/taal.php?taal=nl>.
- [75] „Procter & Gamble,” [Online]. Available: <https://us.pg.com/>.

- [76] „Carrefour Belgium,” [Online]. Available: <https://www2.be.carrefour.eu/nl>.
- [77] „VAL-I-PAC,” [Online]. Available: <http://valipac.be/Belgie/onze-diensten/index.php>.
- [78] GS1, „GS1 Logistics Label Guidelines,” 2017.
- [79] „Ladder van Lansink,” [Online]. Available: <http://www.recycling.com/downloads/waste-hierarchy-lansinks-ladder/>.
- [80] „Danone,” [Online]. Available: <https://mijn.groept.be/mijn/bedrijven/ondernemersdag/deelnemerslijst/details/index.xml?EvenementBedrijfdeelnameID=13585>. [Geopend 8 mei 2018].
- [81] „VAL-I-PAC,” [Online]. Available: <http://www.valipac.be/Belgie/index.php?userlang=nl>. [Geopend 8 mei 2018].
- [82] „Circular Economy Package,” [Online]. Available: http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/index_en.htm.
- [83] „Ladder van Lansink,” [Online]. Available: <https://www.cumela.nl/milieu-en-omgeving-afvalstoffen/landelijk-afvalbeheerplan-2009-2021-lap-en-asbesthoudend-afval>.
- [84] „Melt Flow Index meten,” [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Melt_flow_index.
- [85] [Online]. Available: http://www.newdruginfo.com/pharmacopeia/usp28/v28230/usp28nf23s0_m65955.htm.
- [86] „Hindered Amine (light) Stabilizer,” [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Hindered_amine_light_stabilizers.
- [87] „4,4'-diamino-2,2'-stilbenedisulfonzuur,” [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Optical_brightener#/media/File:DAMBDSacid.png.
- [88] „Filter extruder,” [Online]. Available: <https://avantilipids.com/divisions/equipment/>.
- [89] „circulaire economie schema,” [Online]. Available: <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/circulaire-economie/alle-grondstoffen-hergebruiken>.
- [90] „Structuur krimpfolie,” [Online]. Available: https://www.getpacked.com.au/p/cryovac-shrink-film-ct-300-series-sealed-air-ct-30/4-Shrink_Film_CT301.

Bijlagen

Bijlage A: Verslagen interviews/bedrijfsbezoeken

Bijlage A1: Renewi Plastics [4]

Bedrijf	Renewi Plastics
Datum	9 februari 2018
Aanwezig	Karel Gemmeke, Jorgen Kaerts, Koen Smets
Verontschuldigd	/
Afwezig	/

- Sorteren aan bron → garantie van kwaliteit verder in SC
- Bulkophaling (afzetcontainers) vs. Melkroutes (logistiek verantwoordelijk)
 - Acceptatie-afspraken:
 - Kwaliteit: inspecteren hoeveelheid bont/helder
 - Enkel detectie op kleur + manueel op stoorstoffen
 - ⇒ Indien stoorstoffen aanwezig: facturatie naar de klant + aannemen tarief restafval
 - ⇒ Houdt geen rekening met additieven en contaminanten
 - ⇒ Foliekwaliteiten: 98/2 (meest gebruikt), 90/10, 80/20, ...
 - ⇒ Eerste controle door ophaler
 - ⇒ Tweede controle bij overslag
 - Specifieke zakken voor (L)LDPE
- Toepassingen voor bontrecycalaat niet talrijk
 - Pull-systeem creëren door betere scheiding van naturel
 - Te weinig afzet op Europese markt
 - Aanzetten tot gebruik van bontrecycalaat
 - Verpakkers en gebruikers overhalen naar grijze verpakkingen
 - ⇒ Staat tegengesteld tegen branding
 - ⇒ Negatief beeld van gerecycleerde materiaal
 - ⇒ Grijs materiaal heeft psychologisch een negatieve waarde (kwaliteit)
 - Vele transparante toepassingen kunnen ook met gerecycleerd materiaal omdat men weinig tot geen rekening houdt met bepaalde materiaaleigenschappen
- Verschillende kleuren hebben geen specifieke invloed op de kwaliteit
 - Hoeveelheid inkt/pigment bepaalt uiteindelijke kwaliteit
 - Hoeveelheid/oppervlakte inkt/pigment => naturel wordt bont
- Geen mix van HDPE (stoorstof) en LDPE mogelijk
- Bedrijven hebben verkeerde ingesteldheid
 - Dunner is beter qua materiaalverbruik en kosten MAAR is tegengesteld aan kwaliteit van het recycalaat
 - Bedrijven kennen het probleem niet
 - MONOSTROOM is cruciaal
- Antwoorden op stellingen:
 - Belang van bijkomende informatie bij ontdoeners is cruciaal
 - Correcte aanbieding aan ophalers betekent betere kwaliteit
 - Secundaire/tertiaire verpakkingen zéér grote kans dat het (L-)LDPE is
 - Recycalaatmarkt voor bont is nodig (materiaaleigenschappen voldoende?)
 - Normering cruciaal → belangen van sortering aanbrenge bij ontpakkers
 - Verbetering realiseren in communicatie en vertrouwen tussen bedrijven
 - ⇒ **Som van vele factoren bepaalt slaagkansen van de guidelines**

Bijlage A2: Rodepa Plastics B.V. [5]

Bedrijf	Rodepa Plastics B.V.
Datum	15 februari 2018
Aanwezig	Karel Gemmeke, Jorgen Kaerts, Mark Langenhof
Verontschuldigd	/
Afwezig	/

- Output van recyclagelijns afhankelijk van de dikte van folie
 - ➔ Wassen van folie is een oppervlakte-afhankelijk proces
 - ➔ De helft dunner folie zorgt bijna voor een verdubbeling van het oppervlak omdat in het totale volume meer folie kan
 - ➔ Probleem 'voorkomen' door mix te maken van dikke en dunne folie
 - ➔ Hoe dikker, hoe beter
- Voordeel van natte waslijnen t.o.v. droogwassen
 - ➔ Scheiding van polyolefinen mogelijk aan de hand van flotatie
 - ➔ Efficiënter omdat er geen andere scheiding moet worden uitgevoerd
- Verwijderen van papieren labels geen obstakel
 - ➔ Folie heeft wel verblijftijd nodig in water (losweken van papier + lijm)
 - ➔ Daarna aan de hand van frictie resterende labeldeeltjes verwijderen
 - ➔ Belangrijk dat de oppervlakte beperkt wordt
 - ➔ Filtreersystemen zodanig kwaliteitsvol dat kleine hoeveelheden papieren labels zo goed als geen invloed hebben op de kwaliteit
- NO-GO: PVC
 - ➔ PVC plakband, folies,
 - ➔ Verbranden in de extruder (lagere verwerkingstemperatuur)
 - ➔ Vrijkomen van vele gassen
- Ontgassing via vacuüm
 - ➔ Eerst filtreren van 'afvalstoffen' om de ontgassing minder te belasten
 - ➔ Efficiënter ontgassen door kleinere 'te-ontgassen' hoeveelheden
- Inkt
 - ➔ Gebruik van inkten op folies heeft GEEN invloed op de kwaliteit van het recyclaat
 - ➔ Wel op de kleur
 - ➔ 98/2 kan omgezet worden tot
 - Doorschijnende, maar geen transparante (virgin) folie ➔ geen naturel folie uit recyclaat
 - Alle kleuren mogelijk
- Lijm:
 - ➔ Meeste lijmen zijn al wateroplosbaar of water-verwijderbare
 - ⇒ Geen parameter voor kwaliteit indien natuurlijk de initiële labeloppervlakte beperkt blijft
- Recyclage van bont folie
 - ➔ 'downcyclen' ➔ altijd grijze (tinten) folie
 - ➔ Kleur afhankelijk
- Scheiding van materialen
 - ➔ Manueel (arbeidsintensief)
 - ➔ Optisch
 - ➔ Wassen = flotatie (efficiëntst)
- Groene/gele schijn op folie
 - ➔ Oorzaken (verbranding)

- Ontstaan van gassen in extruder (door PVC of dergelijke)
- Papier in extruder
- **Technisch is de recyclage van folies onder controle**
- Sorteren = cruciaal
 - ➔ Belang voor bedrijven zelf
 - Kleine moeite ➔ meer zuivere afvalstroom ➔ betere kwaliteit ➔ meer inkomsten voor afvalstroom
 - Win-win voor ontpakker en recycler
 - ➔ Bedrijven moeten 'opvoeding' krijgen in verband met recycleren van kunststoffen
 - Opvoeding moet beseft van het belang van recycleren doen stijgen
 - Op alle niveaus moet er worden nagedacht over sensibilisering
- Blauwe engel certificaat
 - ➔ Verzekert dat een product gemaakt is uit 100% gerecycleerd materiaal
 - ➔ Kan een trekker zijn van het systeem
 - ➔ Dergelijke certificaten moeten verhoogde waarde krijgen op de markt
- "recyclage begint bij de bron"
 - ➔ Technisch is de recyclage van alle mixen van folies mogelijk
 - ➔ Kwaliteit van recyclaat wordt al bepaald bij ontpakker
 - Sorteerder doet enkel aan kwaliteitstoevoeging
- Additieven in folies
 - ➔ Wat?
 - UV, Block, Slip en master batch (kleur of additief)
 - ➔ Vormen geen probleem voor recyclage
 - Additieven die voorkomen in folies komen uiteindelijk terug in het recyclaat terecht
 - Uitvoeren van testen nodig naar eigenschappen van recyclaat
 - Toevoeging van ander recyclaat om gewenste eigenschappen te bekomen
 - Mogelijke problemen worden ontweken via mixen van folies
 - ⇒ Recyclage altijd in mix
- Recyclagebedrijven kunnen hoeveelheden zeker aan
 - ➔ Stijging van hoeveelheden enkel positief voor de sector

Bijlage A3: RKw Hyplast Belgium [7]

Bedrijf	RKw Hyplast Belgium
Datum	16 februari 2018
Aanwezig	Karel Gemmeke, Jorgen Kaerts, Peter Sysmans
Verontschuldigd	/
Afwezig	/

- Vooral productie voor Hoogstraten en omstreken
- Geen productie van rekwikkelfolie of krimpfolie
 - ➔ Enkel zakmateriaal
 - ➔ Materialen voor landbouw
- Enkel recyclage van eigen afvalstroom
 - ➔ Voorkomen van vreemde elementen in het proces
 - ➔ Gekende leveranciers
 - ➔ Alles zwart
- Geen folies voor verpakkingsdoeleinden
- Productie van ingewikkelde multilayers
 - ➔ Geen kennis over onmogelijke recyclage
 - ➔ Enkel kostengericht kijken
- Geen bijkomende sortering door gekende leveranciers

Bijlage A4: Reynaers Aluminium [8]

Bedrijf	Reynaers Aluminium
Datum	7 maart 2018
Aanwezig	Karel Gemmeke, Jorgen Kaerts, Dirk Van Brabant
Verontschuldigd	/
Afwezig	/

- Individueel inpakken van aluminium producten in LDPE folie
 - ➔ Automatische lijn
 - ➔ Niet/waarschijnlijk niet geschikt voor papier
 - ➔ Meteen sealen
 - ➔ Geen vervuilingen
- B2B klanten
 - ➔ Geen psychologisch effect van gerecycleerd materiaal aan eindklant
 - ➔ Klant afhankelijk
- Staan open voor verandering
 - ➔ Prijs en mechanische eigenschappen zijn cruciaal
 - ➔ Kleur speelt 'geen' rol
 - ➔ Matter of zwarte toepassing mogelijk
- Terugkoppeling eind maart
 - ➔ Ook qua sorteren (nieuwe indelingen in bedrijf toelichten)
 - ➔ Andere manier van denken opgeven naar klanten toe

Bijlage A5: Marlux NV [10]

Bedrijf	Marlux NV
Datum	8 maart 2018
Aanwezig	Karel Gemmeke, Jorgen Kaerts, Rik Verstraten
Verontschuldigd	/
Afwezig	/

- Verpakken van betonen producten en tegels
 - ➔ Tegels apart verpakt in kunststoffen folie (LDPE)
 - ➔ Anders europallets met folie
 - ➔ Bij klinkers soms strapbanden
- Verkopen aan particulieren, bouwhandelaars,
- Vooral impact bij verpakkingsmaterialen dat ze zelf uitsturen
 - ➔ Eigen 'te sorteren' fractie (80/20) is minimaal (5,8 ton/jaar)
- Gebruikers worden steeds bewuster van problematiek en nood aan recyclage
 - ➔ Intentie is er
 - ➔ Prijs blijft zeer belangrijke speler
- Keurmerk/label moet bedrijven kunnen overhalen => recycleerbaarheid garanderen
 - ➔ Zoals Blauwe Engel
 - ➔ Initiatief ligt bij bedrijven maar moet worden aangewakkerd door buitenstaande
- Voorstel:
 - ➔ Inbrengen van rekenmodellen:
 - Richtprijzen recyclaat
 - Winstmarges
 - = kwantificeerbaar maken van elementen

Bijlage A6: Plastic Union [12]

Bedrijf	Plastic Union
Datum	8 maart 2018
Aanwezig	Karel Gemmeke, Jorgen Kaerts, Charles Demuynck
Verontschuldigd	/
Afwezig	/

- Blijkbaar: verbod op verpakken van voedingsmiddelen en gevaarlijke middelen met recycalaat?
- Prijzen voor folie-afval zwaar gekelderd
- Geleerde massa > inkt
- Matter materiaal + mindere mechanische eigenschappen
- Folie blazen is een delicaat proces
 - ➔ Minste onzuiverheden kunnen folieballon doen scheuren => productie stil
 - ➔ % recycalaat sandwichen tussen virgin lagen is misschien een mogelijkheid
- In toekomst virgin folie misschien taxeren => verplichten van recycalaatgebruik
- Belangrijkste blijft het sorteren bij de bron
 - ➔ Sorteren staat in rechtstreeks contact met kwaliteit van het eindproduct
 - Daarnaast is prijs cruciaal
- Inspanningen kosten veel moeite => sensibiliseren belangrijk
 - ➔ Imago verbeteren door gebruik van recycalaat
 - ➔ Label?
 - ➔ Circulaire kwaliteit + marketing blijft belangrijk
- Producenten willen machines niet vervuilen met recycalaat
 - ➔ Toepassen op aparte lijnen (verouderde)

Bijlage A7: Procter & Gamble [14]

Bedrijf	Procter & Gamble
Datum	9 maart 2018
Aanwezig	Karel Gemmeke, Jorgen Kaerts, Gian Debelder
Verontschuldigd	/
Afwezig	/

- Interessante federaties/organisaties
 - ➔ Terracycle
 - ➔ Closed Loop Fund
 - ➔ BFA
 - ➔ How2recycle
 - ➔ Go4Cycle
 - ➔ Ceflex
 - ➔ FFRG (Flexible Film Recycling Group)
 - ➔ KIDV
 - ➔ Plastic recyclers Europe
 - Verschillende werkgroepen: materiaalspecifiek
- bezig met verschillende projecten om recycalaat te verwerken in huishoudelijke verpakkingen en sorteerlijnen te optimaliseren
 - ➔ Toevoegen van tracers/watermarks:
 - Traceerbaarheid van huishoudelijk plastic afval te verhogen
 - 'onzichtbare' barcode over het hele product
 - ⇒ Uitlezen met camera's
 - ⇒ Uitleesbaar voor consument (smartphone)
- PureCycle:
 - ➔ Technologieën voor het ontkleuren van polymeren (PP, PET)
- Aliplast (Italië)
 - ➔ Gebruikt recycalaat bij productie van folies
- Graham Holder
 - ➔ Lid Ceflex
 - ➔ Lid European Plastic Federation
- Er moeten gestandaardiseerde normen komen voor recycalaat
 - ➔ Bestaan deze al?
 - ➔ Moeten vertrouwen scheppen tussen producenten en andere bronnen
 - ➔ Kwaliteit garanderen
- Ook P&G willen meegaan in het verhaal indien:
 - ➔ Prijskwestie
 - ➔ Interesse is zeker aanwezig
- Stellen voor om inleidend overzicht te publiceren om bedrijven de eerste keer te sensibiliseren
+ informeren over huidige situatie en het verhaal rond de guidelines

Bijlage A8: Carrefour Belgium [15]

Bedrijf	Carrefour Belgium
Datum	9 maart 2018
Aanwezig	Karel Gemmeke, Jorgen Kaerts, Lotte Krekels
Verontschuldigd	/
Afwezig	/

- Sorteren bij de bron
- Carrefour is zowel verpakker als ontpakker
- Er worden al initiatieven genomen omtrent recyclage
 - ➔ Gradatie van sorteren kan ➔ wat staat er tegenover ➔ voordelen?
- Vraag naar recyclaat opwekken
 - ➔ Korting door goede sortering
 - ➔ Label
 - ➔ Prijsschommeling te weeg brengen
- Sensibiliseren aan de hand van cijfers
- Opleiding naar persoon ➔ sorteren kost niks
- Andere toepassingen kosten voor kleinere bedrijven veel
 - ➔ Moeilijk omslaan
- Vraag naar recyclaat
 - ➔ Prijzen betalen voor folie verminderd
- Manier van sorteren moet op één lijn
 - ➔ Communicatie
 - ➔ Gelijkstellen op andere niveaus
- Vraag en aanbod van cruciaal belang
- Enthousiasme opwekken omtrent deze verpakkingen

Bijlage A9: Danone [16]

Bedrijf	Danone
Datum	6 april 2018
Aanwezig	Karel Gemmeke, Jorgen Kaerts, Feliks Bezati
Verontschuldigd	Philippe Diercxsens
Afwezig	/

- Onderzoek + vraag + sensibiliseren
- Specificaties van recyclaten zijn zeer belangrijk
- Capaciteit pas mogelijk na vraag
- Economische balans ligt niet juist op dit moment
 - ➔ Moet onderzocht worden
 - ➔ Geen vraag? Geen balans?
- Dissolution/precipitation voor LL- en LDPE
- Compatibilizers + LDPE + LLDPE
- Verplichtingen naar recyclaatcontent in tertiaire en secundaire verpakkingen
 - ➔ Bonussen?
- Richten hun gedachtengang volgens New Plastic Economy (Ellen MacArthur Foundation)
 - ➔ Biologische cirkel vs. Technische cirkel
 - ➔ Trapsgewijs downcyclen van LDPE bestaat niet (maar 1 trap)
 - ➔ Recyclable omzetten naar recycling
 - ➔ Virgin vervangen door renewable

Bijlage A10: Rymoplast [18]

Bedrijf	Rymoplast
Datum	20 april 2018
Aanwezig	Karel Gemmeke, Jorgen Kaerts, Ramon Bongers
Verontschuldigd	Herman van Roost
Afwezig	/

- Suboptimalisaties van producenten en verpakkers zorgen voor extra kosten in de keten.
 - ➔ Elk punt heeft andere optimalisatie
 - ➔ Suboptimalisaties tegenhouden
 - ➔ D4R
- Rymoplast:
 - ➔ Verwerken: PE (HD en LD), PET, PS en PP
 - ➔ Groepering van acht plastic recyclers
 - ➔ Produceren (250 000 ton jaarlijks)
 - Granulaten
 - Maalgoed
 - *Compounds*
 - Zakjes (LDPE) uit eigen recyclaat
 - ➔ Recyclaat getest op MFI, additieven, kleur (extra sortering)
- Recyclageproces
 - 1) Shredde
 - 2) Pre-wash
 - 3) Vermalen
 - 4) Hoofdwass (waterpurification)
 - 5) Mechanische droger
 - 6) Hot air dryers
 - 7) Homogenization
 - 8) Regranulatie
 - ➔ Ondertussen: metaaldetectie, hout, ontgassen (restvochten en inkten)
- Lidl doet al nasortering
- Bronsortering is belangrijk
- Multilayers zijn NIET te recycleren
- 99/1 verhouding
- Verkiezen zelf kunststoflabels boven papieren
- Specificaties voor krimp- en rektoepassingen zijn moeilijk
- Producenten van recyclaatproducten betalen minder voor hun korrels maar hebben grotere onderhoudskosten
- Betere kwaliteiten van recyclaat schrikt producenten toch af
- Plasticprobleem is gecreëerd door consumenten en niet door het materiaal zelf
 - ➔ Negatief beeld van prachtig materiaal

Bijlage A11: Interview Guy Costers [27]

Bedrijf	/
Datum	11 mei 2018
Aanwezig	Jorgen Kaerts, Guy Costers
Verontschuldigd	Herman van Roost
Afwezig	/

- Verstrekking van rekfolie tot net voor ketens breken
 - ➔ Temperatuursafhankelijk
- Optimalisatie van folie cruciaal om lading te verzekeren
 - ➔ EUMOS 40509 = normering voor het zekeren van ladingen voor chauffeurs
 - ➔ Overgang naar nieuwe regelgeving
- Geblazen folie
 - ➔ Lijm als additief (cling)
 - ➔ Puncture weerstand verbetert door biaxiale oriëntatie
 - ➔ Minder lagen mogelijk
- Cast extrusie
 - ➔ Snellere productie
 - ➔ Meer lagen mogelijk
 - ➔ Voorrek mogelijk
- Kleuren van folies zorgt voor vermindering in puntweerstand en verstrekkingsgraad
- Middenlaag in stretch film
 - ➔ Productieafval verwerken
 - Vlokken ➔ kalibratie
 - Terug smelten naar granulaat
- Toevoegen van rubberachtig materiaal
 - ➔ Optimaliseren van stugheid en elasticiteit
- MFI belangrijk
 - ➔ Bepaalt uniformiteit van dikte
 - Belangrijk bij krimp
 - Plastische geheugen
 - Recyclaat mogelijk
 - ➔ Grote variatie in MFI leidt tot productiefouten en onregelmatigheden in het productieproces
- Functie van de folie bepaalt recyclage mogelijkheden
- Steeds dunner maken van folie gevaarlijk
 - ➔ Kan leiden tot te dunne folie bij verstrekking (300%)
- Stretch folie is elektrostatisch geladen
 - ➔ Buitenzijden cling of glad
 - ➔ Binnenin ➔ verstrekking verzekeren

Bijlagen B: Testrapporten - Treksterkte

Bijlage B1: Treksterkte – LDPE repro Natural (Nr. 1) – CD

TestWorks Report

pagina 1 van 1



Wetenschapspark 27
B-3590 Diepenbeek
Tel: 011/29 21 61

Sample Name: 1 - CD.mss

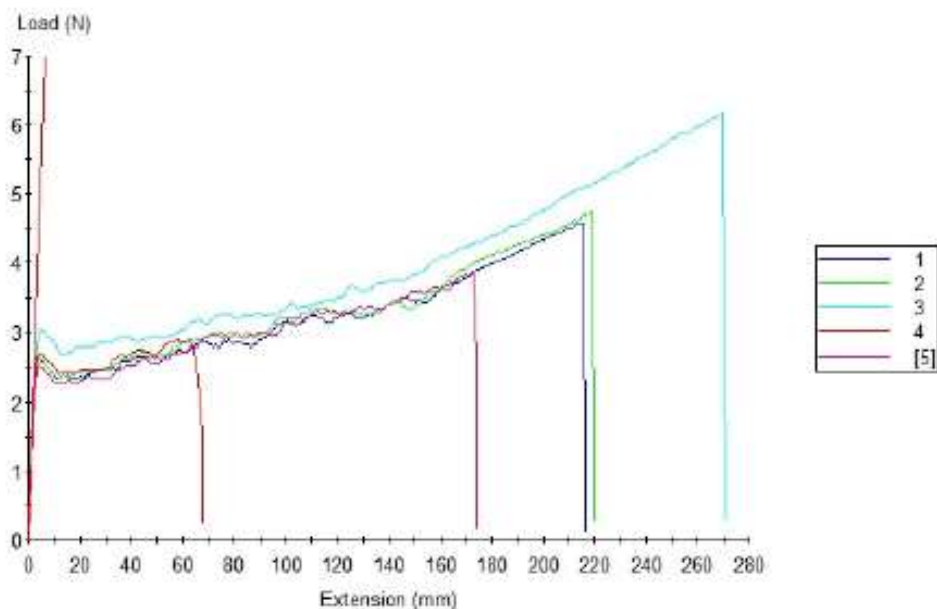
Sample Creation Date: 17/05/2018

Method: VC_Tension_V1.0.msm

Operator: MTS

Results:

Specimen Number	Width mm	Thickness mm	Peak Load N	Extension at Break mm	Stress at Break MPa	Elongation at Break %	Stress at Yield MPa	Modulus MPa
1	6.000	0.060	4.580	214.163	12.721	266.900	7.388	222.476
2	6.000	0.060	4.736	220.162	13.154	274.296	7.388	227.118
3	6.000	0.060	6.180	270.775	17.164	337.337	8.388	246.940
4	6.000	0.060	2.879	65.738	7.221	81.185	7.499	238.729
5	6.000	0.060	3.840	171.790	10.665	214.431	7.110	244.918
Mean	6.000	0.060	4.443	188.526	12.185	234.830	7.555	236.036
Std. Dev.	0.000	0.000	1.218	77.104	3.639	96.328	0.487	10.822



The partial or total reproduction of this document is prohibited without the permission of the UHasselt



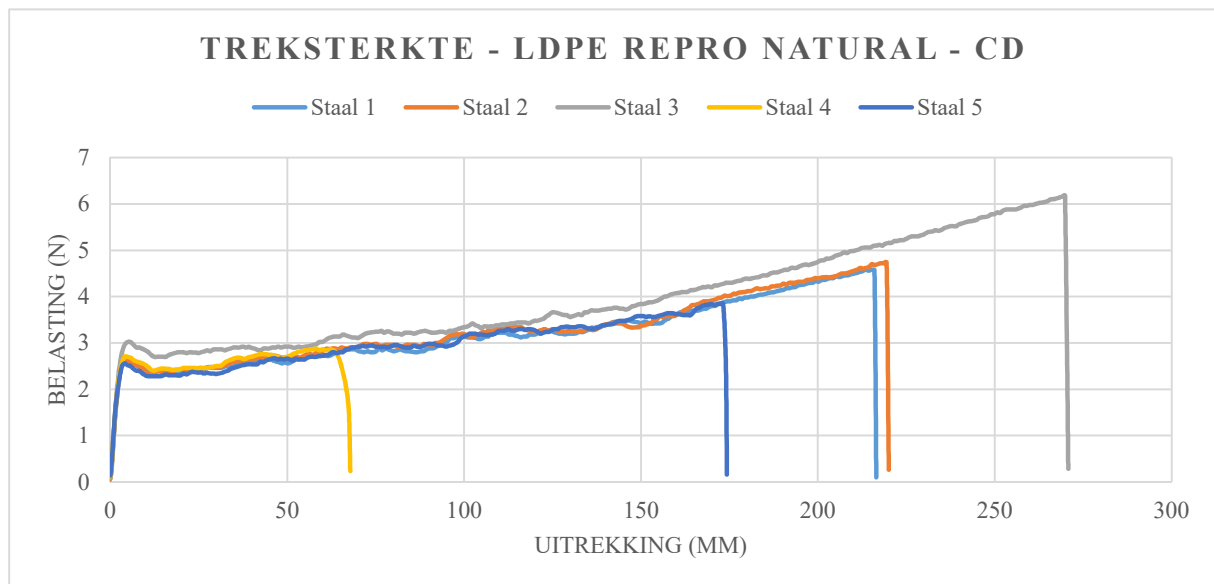
Tabel 19: Treksterkte LDPE repro Natural (Nr. 1) - CD - Resultaten

Staalnr.	Breedte (mm)	Dikte (mm)	Piekbelasting (N)	Uitrekking bij breuk (mm)	Verlenging bij breuk (%)
1	6,000	0,060	4,580	214,136	266,900
2	6,000	0,060	4,736	220,162	274,296
3	6,000	0,060	6,180	270,775	337,337
4	6,000	0,060	2,879	65,738	81,185
5	6,000	0,060	3,840	171,790	214,431
<i>Gemiddelde</i>	6,000	0,060	4,443	188,526	234,830
<i>Standaarddeviatie</i>	0	0	1.218	77,104	96,328

Staal 4 veroorzaakt een uitschieter door een foute meting. Voordat er voldoende belasting stond op het staal, brak het materiaal aan de klemmen. Hierdoor moet deze waarde geschrapt worden om een betrouwbaar resultaat te verkrijgen.

Tabel 20: Treksterkte LDPE repro Natural (Nr. 1) - CD - Resultaten zonder uitschieter

Staalnr.	Breedte (mm)	Dikte (mm)	Piekbelasting (N)	Uitrekking bij breuk (mm)	Verlenging bij breuk (%)
1	6,000	0,060	4,580	214,136	266,900
2	6,000	0,060	4,736	220,162	274,296
3	6,000	0,060	6,180	270,775	337,337
5	6,000	0,060	3,840	171,790	214,431
<i>Gemiddelde</i>	6,000	0,060	4,834	219,216	273,241
<i>Standaarddeviatie</i>	0,000	0,000	0,979	40,556	50,359



Figuur 64: Treksterkte - LDPE repro Natural - CD

Bijlage B2: Treksterkte – LDPE repro Natural (Nr. 1) – MD

TestWorks Report

pagina 1 van 1



Wetenschapspark 27
B-3590 Diepenbeek
Tel: 011/29 21 61

Sample Name: 1 - MD.mss

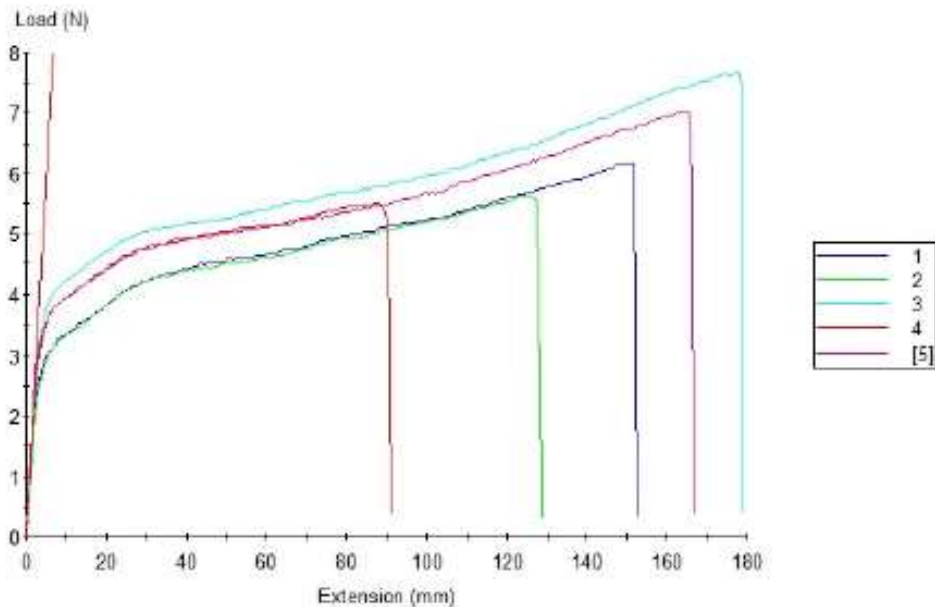
Sample Creation Date: 17/05/2018

Method: VC_Tension_V1.0.msm

Operator: MTS

Results:

Specimen Number	Width mm	Thickness mm	Peak Load N	Extension at Break mm	Stress at Break MPa	Elongation at Break %	Stress at Yield MPa	Modulus MPa
1	6.000	0.060	6.160	149.852	17.109	186.729	17.109	217.086
2	6.000	0.060	5.629	125.771	15.609	156.452	13.665	208.805
3	6.000	0.060	7.690	178.322	21.331	222.253	21.331	256.043
4	6.000	0.060	5.500	88.354	15.248	110.019	15.276	279.273
5	6.000	0.060	7.020	164.446	19.497	204.814	19.497	267.537
Mean	6.000	0.060	6.398	141.349	17.759	176.052	17.375	245.749
Std. Dev.	0.000	0.000	0.933	35.440	2.604	44.218	3.098	31.189

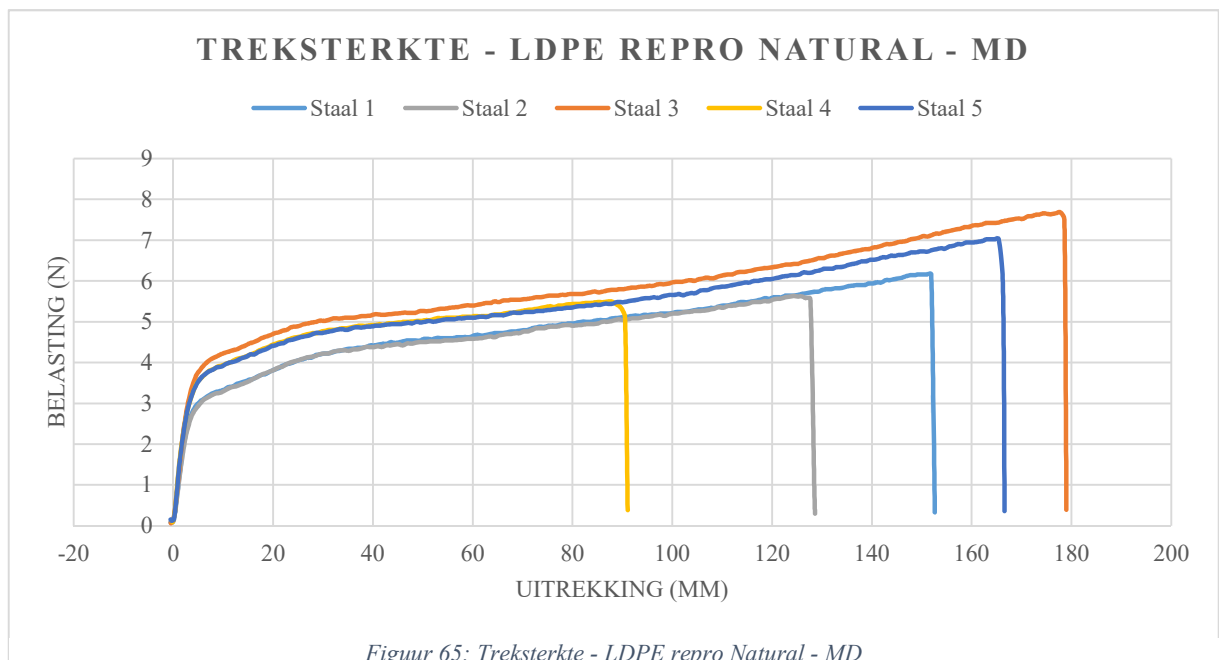


The partial or total reproduction of this document is prohibited without the permission of the UHasselt



Tabel 21: Treksterkte LDPE repro Natural (Nr. 1) - MD - Resultaten

Staalnr.	Breedte (mm)	Dikte (mm)	Piekbelasting (N)	Uitrekking bij breuk (mm)	Verlenging bij breuk (%)
1	6,000	0,060	6,160	149,852	186,729
2	6,000	0,060	5,629	125,771	156,452
3	6,000	0,060	7,680	178,322	222,253
4	6,000	0,060	5,500	88,354	110,015
5	6,000	0,060	7,020	164,446	204,814
<i>Gemiddelde</i>	6,000	0,060	6,398	141,349	176,053
<i>Standaarddeviatie</i>	0,000	0,000	0,933	35,440	44,218



Bijlage B3: Treksterkte – LDPE repro Dull-Natural PCR (Nr. 2) – CD

TestWorks Report

pagina 1 van 1



Wetenschapspark 27
B-3590 Diepenbeek
Tel: 011/29 21 61

Sample Name: 2 - CD.mss

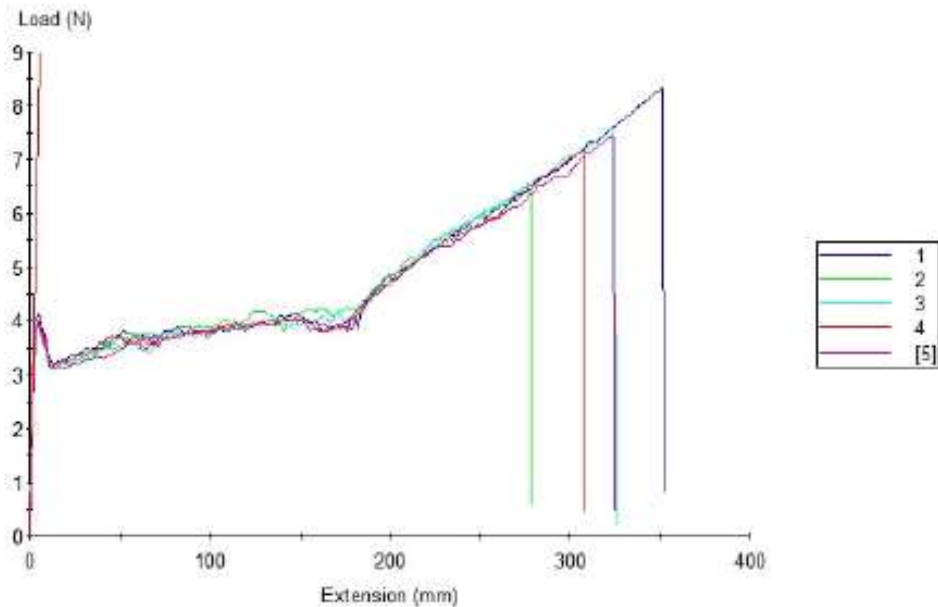
Sample Creation Date: 17/05/2018

Method: VC_Tension_V1.0.msm

Operator: MTS

Results:

Specimen Number	Width mm	Thickness mm	Peak Load N	Extension at Break mm	Stress at Break MPa	Elongation at Break %	Stress at Yield MPa	Modulus MPa
1	6.000	0.076	8.320	351.557	18.245	438.189	8.991	266.517
2	6.000	0.076	6.540	277.580	14.382	345.851	8.620	267.794
3	6.000	0.076	7.555	324.850	16.614	405.231	8.752	264.145
4	6.000	0.076	7.161	308.077	15.748	384.080	8.752	282.749
5	6.000	0.076	7.440	324.439	16.361	404.232	8.631	257.328
Mean	6.000	0.076	7.403	317.301	16.270	395.517	8.749	267.707
Std. Dev.	0.000	0.000	0.646	27.131	1.402	33.870	0.149	9.329

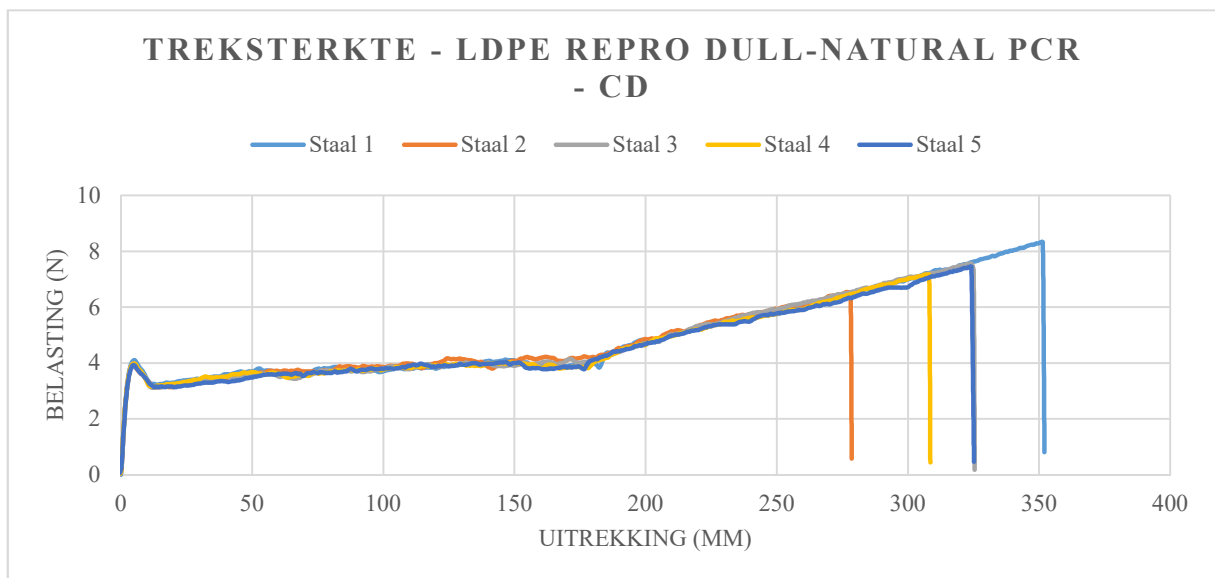


The partial or total reproduction of this document is prohibited without the permission of the UHasselt



Tabel 22: Treksterkte LDPE repro Dull-Natural (Nr. 2) - CD - Resultaten

Staalnr.	Breedte (mm)	Dikte (mm)	Piekbelasting (N)	Uitrekking bij breuk (mm)	Verlenging bij breuk (%)
1	6,000	0,076	8,320	351,557	438,189
2	6,000	0,076	6,540	277,580	345,851
3	6,000	0,076	7,555	324,850	405,231
4	6,000	0,076	7,161	308,077	384,080
5	6,000	0,076	7,440	324,439	404,232
<i>Gemiddelde</i>	6,000	0,076	7,403	317,301	395,517
<i>Standaarddeviatie</i>	0,000	0,000	0,646	27,130	33,870



Figuur 66: Treksterkte - LDPE repro Dull-Natural PCR - CD

Bijlage B4: Treksterkte – LDPE repro Dull-Natural PCR (Nr. 2) – MD

TestWorks Report

pagina 1 van 1



Wetenschapspark 27
B-3590 Diepenbeek
Tel: 011/29 21 61

Sample Name: 2 - MD.mss

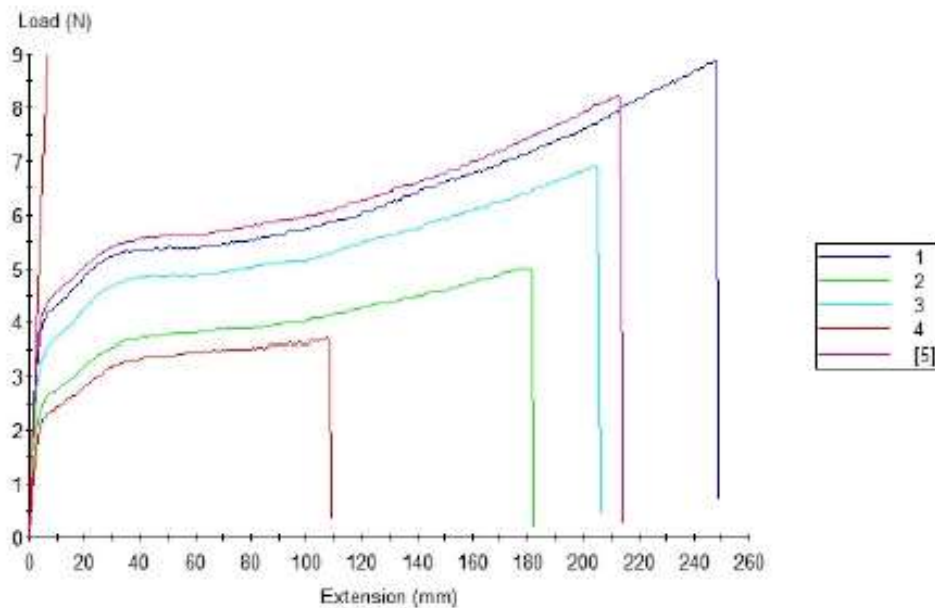
Sample Creation Date: 17/05/2018

Method: VC_Tension_V1.0.msm

Operator: MTS

Results:

Specimen Number	Width mm	Thickness mm	Peak Load N	Extension at Break mm	Stress at Break MPa	Elongation at Break %	Stress at Yield MPa	Modulus MPa
1	6.000	0.076	8.880	248.496	19.527	309.367	11.787	240.019
2	6.000	0.076	5.000	180.212	10.995	223.844	8.488	144.689
3	6.000	0.076	6.912	203.446	15.200	253.514	10.731	197.017
4	6.000	0.076	3.697	107.504	8.131	134.304	7.462	127.179
5	6.000	0.076	8.220	213.444	18.076	265.786	12.359	251.802
Mean	6.000	0.076	6.542	190.620	14.386	237.363	10.165	192.141
Std. Dev.	0.000	0.000	2.173	52.563	4.778	65.302	2.114	55.559

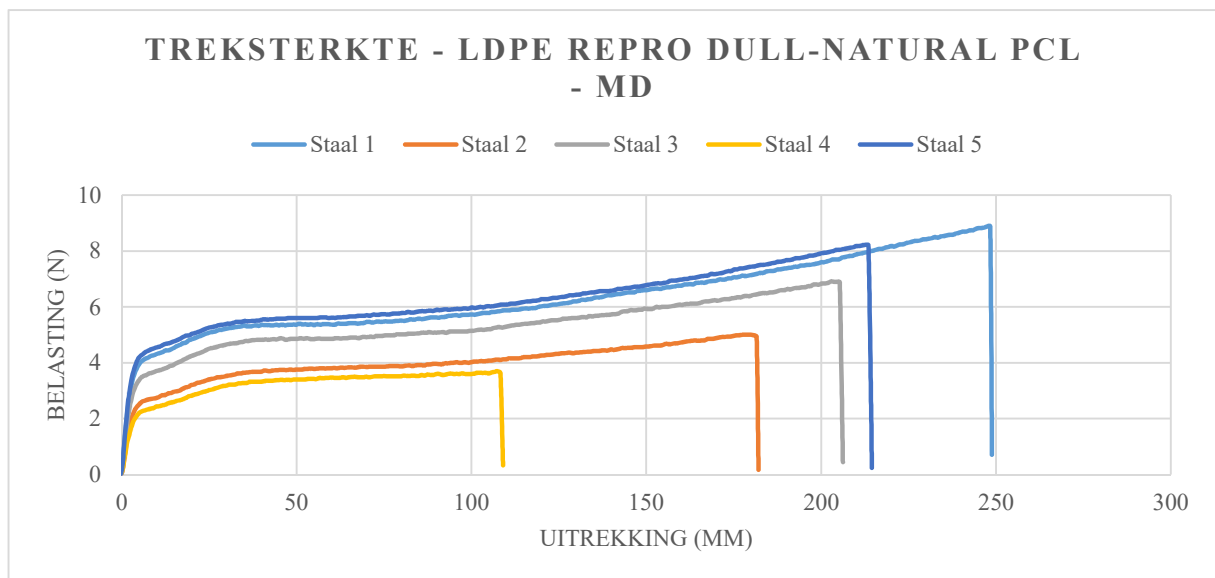


The partial or total reproduction of this document is prohibited without the permission of the UHasselt



Tabel 23: Treksterkte LDPE repro Dull-Natural (Nr. 2) - MD - Resultaten

Staalnr.	Breedte (mm)	Dikte (mm)	Piekbelasting (N)	Uitrekking bij breuk (mm)	Verlenging bij breuk (%)
1	6,000	0,076	8,880	248,496	309,367
2	6,000	0,076	5,000	180,212	223,844
3	6,000	0,076	6,912	203,446	253,514
4	6,000	0,076	3,697	107,504	134,304
5	6,000	0,076	8,220	213,444	265,786
<i>Gemiddelde</i>	6,000	0,076	6,542	190,620	237,363
<i>Standaarddeviatie</i>	0,000	0,000	2,173	52,563	65,302



Figuur 67: Treksterkte - LDPE repro Dull-Natural PCL - MD

Sample Name: 3 - CD.mss

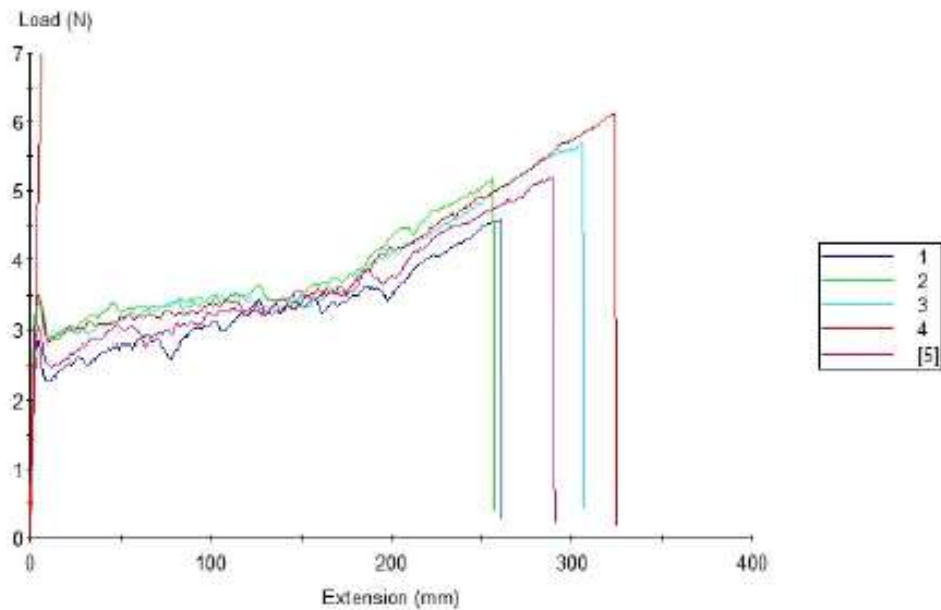
Sample Creation Date: 17/05/2018

Method: VC_Tension_V1.0.msm

Operator: MTS

Results:

Specimen Number	Width mm	Thickness mm	Peak Load N	Extension at Break mm	Stress at Break MPa	Elongation at Break %	Stress at Yield MPa	Modulus MPa
1	6.000	0.075	4.600	260.283	10.202	325.651	6.254	195.230
2	6.000	0.075	5.180	256.606	11.488	320.183	7.762	227.889
3	6.000	0.075	5.697	305.706	12.636	381.788	7.654	204.856
4	6.000	0.075	6.140	325.195	13.617	405.329	7.762	234.457
5	6.000	0.075	5.200	288.237	11.532	359.862	6.742	184.377
Mean	6.000	0.075	5.363	287.205	11.895	358.563	7.235	209.362
Std. Dev.	0.000	0.000	0.583	29.358	1.292	36.347	0.696	21.315

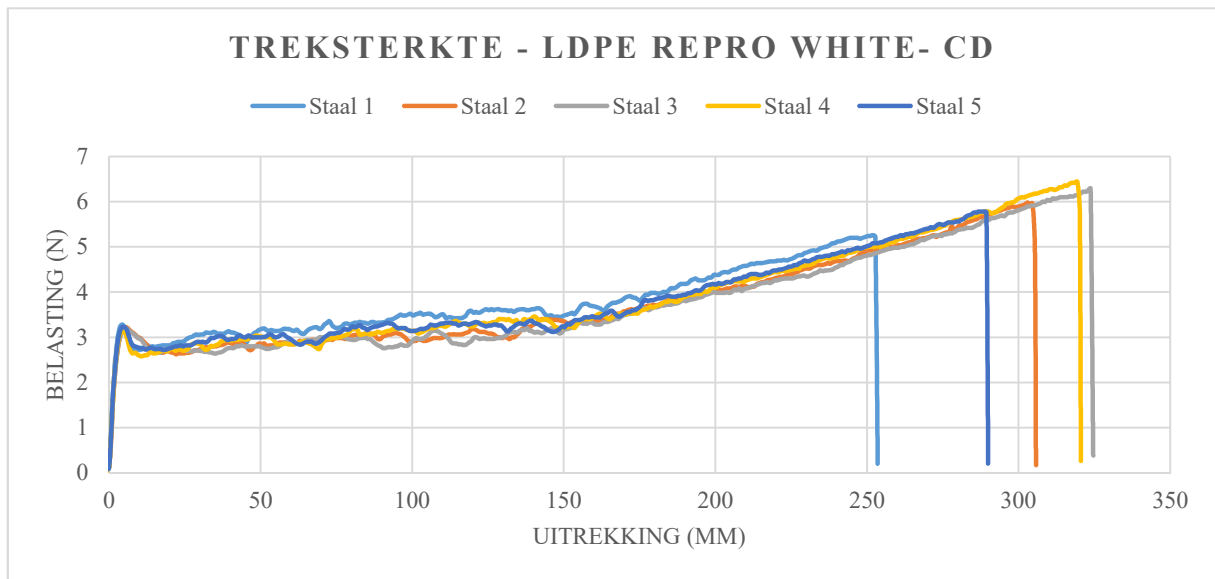


The partial or total reproduction of this document is prohibited without the permission of the UHasselt



Tabel 24: Treksterkte LDPE repro White (Nr. 3) - CD - Resultaten

Staalnr.	Breedte (mm)	Dikte (mm)	Piekbelasting (N)	Uitrekking bij breuk (mm)	Verlenging bij breuk (%)
1	6,000	0,075	4,600	260,283	325,651
2	6,000	0,075	5,180	256,606	320,183
3	6,000	0,075	5,697	305,706	381,788
4	6,000	0,075	6,140	325,195	405,329
5	6,000	0,075	5,200	288,237	359,862
<i>Gemiddelde</i>	6,000	0,075	5,363	287,205	358,563
<i>Standaarddeviatie</i>	0,000	0,000	0,583	29,358	36,347



Figuur 68: Treksterkte - LDPE repro White- CD

Sample Name: 3 - MD.mss

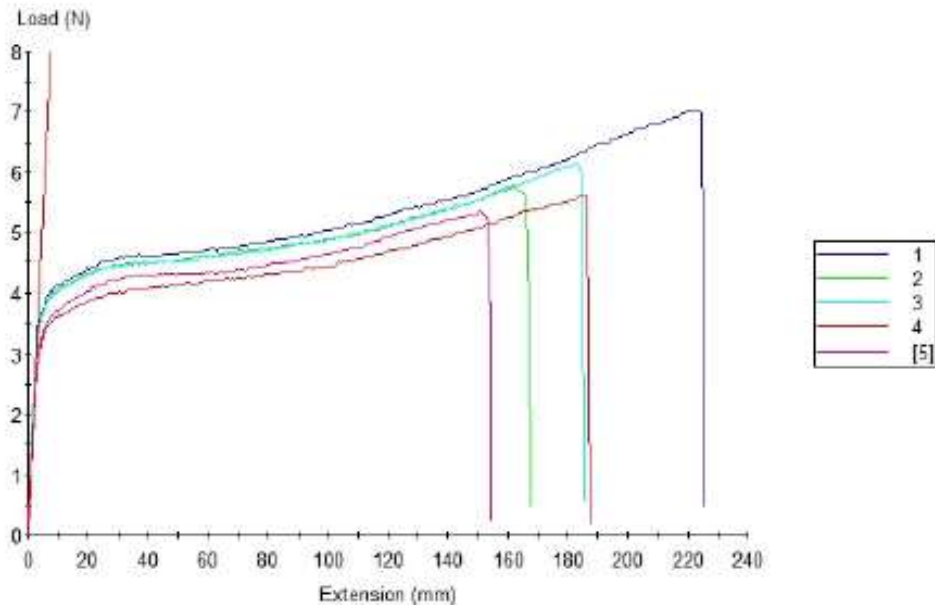
Sample Creation Date: 17/05/2018

Method: VC_Tension_V1.0.msm

Operator: MTS

Results:

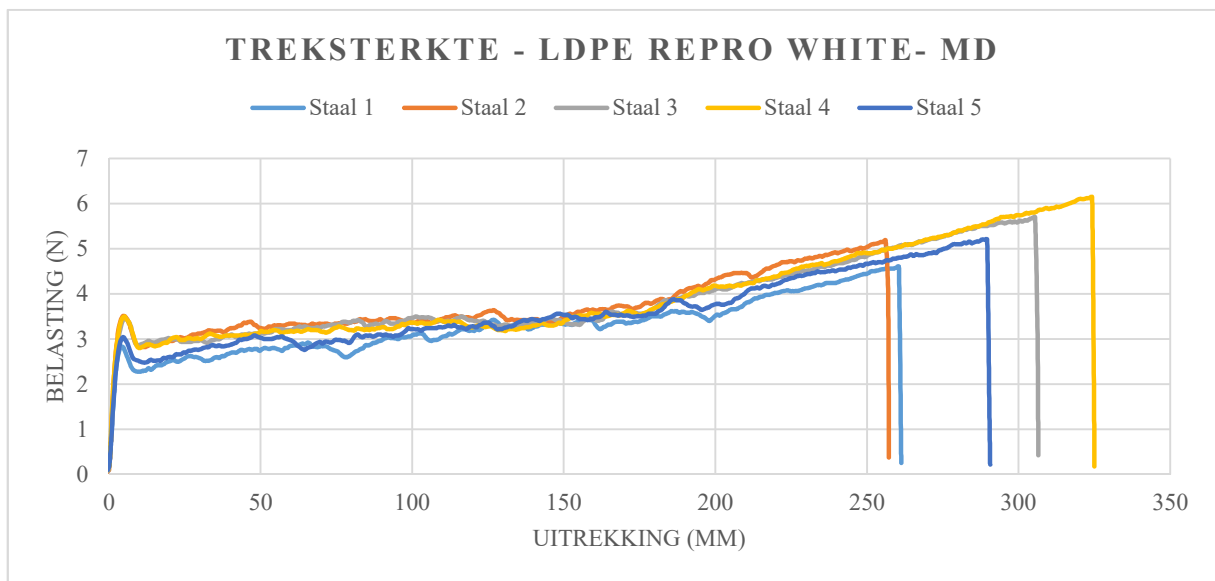
Specimen Number	Width mm	Thickness mm	Peak Load N	Extension at Break mm	Stress at Break MPa	Elongation at Break %	Stress at Yield MPa	Modulus MPa
1	6.000	0.075	7.020	223.335	15.569	278.597	10.246	233.811
2	6.000	0.075	5.737	165.115	12.597	205.746	9.980	234.977
3	6.000	0.075	6.140	183.504	13.617	228.437	9.980	228.338
4	6.000	0.075	5.600	185.102	12.419	230.968	9.403	195.756
5	6.000	0.075	5.340	152.797	11.754	190.379	9.492	190.843
Mean	6.000	0.075	5.967	181.970	13.191	226.825	9.820	216.745
Std. Dev.	0.000	0.000	0.656	26.732	1.487	33.439	0.358	21.619



The partial or total reproduction of this document is prohibited without the permission of the UHasselt

Tabel 25: Treksterkte LDPE repro White (Nr. 3) - MD - Resultaten

Staalnr.	Breedte (mm)	Dikte (mm)	Piekbelasting (N)	Uitrekking bij breuk (mm)	Verlenging bij breuk (%)
1	6,000	0,075	7,020	223,335	278,597
2	6,000	0,075	5,737	165,115	205,746
3	6,000	0,075	6,140	183,504	228,437
4	6,000	0,075	5,600	185,102	230,968
5	6,000	0,075	5,340	152,797	190,379
<i>Gemiddelde</i>	6,000	0,075	5,967	181,971	226,825
<i>Standaarddeviatie</i>	0,000	0,000	0,656	26,732	33,439



Figuur 69: Treksterkte - LDPE repro White- MD

Bijlage B7: Treksterkte – LDPE repro Mixed Color PCR (Nr. 4) – CD

TestWorks Report

pagina 1 van 1



Wetenschapspark 27
B-3590 Diepenbeek
Tel: 011/29 21 61

Sample Name: 4 - CD.mss

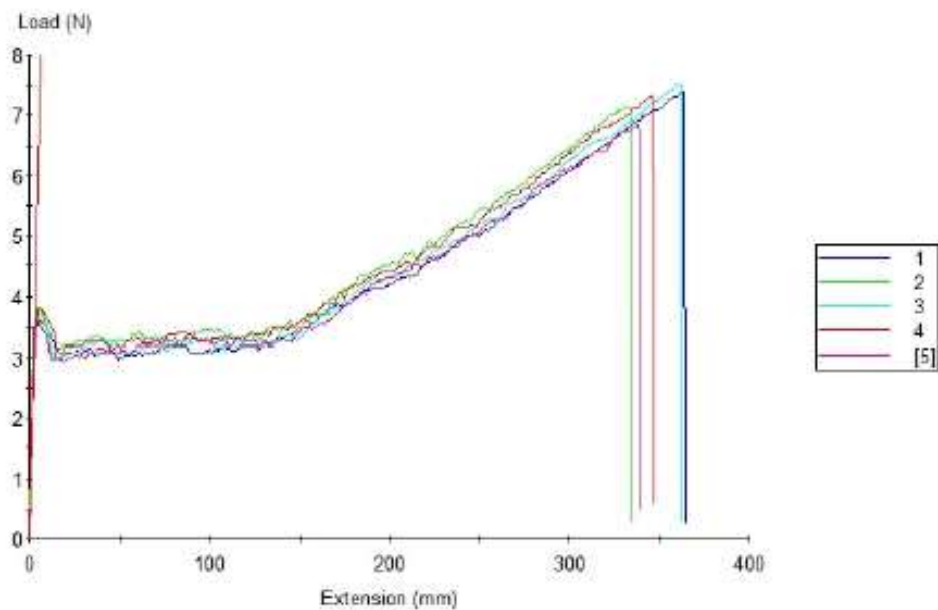
Sample Creation Date: 17/05/2018

Method: VC_Tension_V1.0.msm

Operator: MTS

Results:

Specimen Number	Width mm	Thickness mm	Peak Load N	Extension at Break mm	Stress at Break MPa	Elongation at Break %	Stress at Yield MPa	Modulus MPa
1	6.000	0.070	7.380	363.343	17.611	453.648	8.639	278.877
2	6.000	0.070	7.140	333.504	17.039	415.659	9.116	274.322
3	6.000	0.070	7.520	362.705	17.945	452.061	8.734	211.998
4	6.000	0.070	7.339	346.681	17.513	432.772	9.068	270.766
5	6.000	0.070	6.840	337.854	16.323	421.312	8.591	232.552
Mean	6.000	0.070	7.244	348.817	17.286	435.091	8.830	253.703
Std. Dev.	0.000	0.000	0.263	13.812	0.629	17.358	0.246	29.735

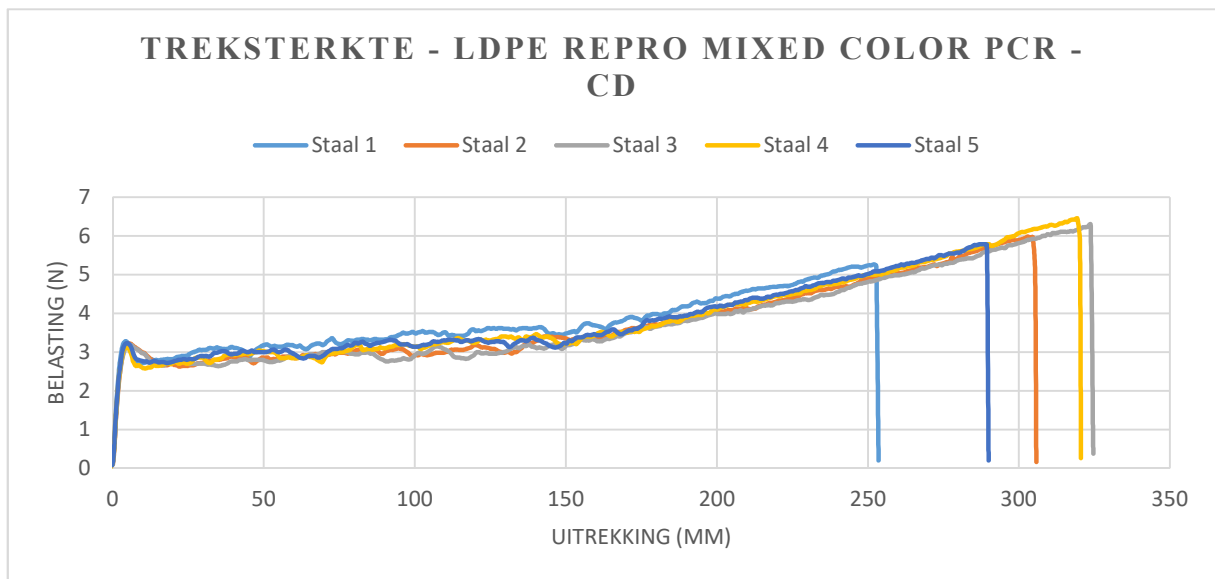


The partial or total reproduction of this document is prohibited without the permission of the UHasselt



Tabel 26: Treksterkte LDPE repro Mixed Color (Nr. 4) - CD - Resultaten

Staalnr.	Breedte (mm)	Dikte (mm)	Piekbelasting (N)	Uitrekking bij breuk (mm)	Verlenging bij breuk (%)
1	6,000	0,070	7,380	363,343	453,648
2	6,000	0,070	7,140	333,504	415,659
3	6,000	0,070	7,520	362,705	452,061
4	6,000	0,070	7,339	346,681	432,772
5	6,000	0,070	6,840	337,854	421,312
<i>Gemiddelde</i>	6,000	0,070	7,244	348,817	435,090
<i>Standaarddeviatie</i>	0,000	0,000	0,263	13,812	17,358



Figuur 70: Treksterkte - LDPE repro Mixed Color PCR - CD

Bijlage B8: Treksterkte – LDPE repro Mixed Color PCR (Nr. 4) – MD

TestWorks Report

pagina 1 van 1



Wetenschapspark 27
B-3590 Diepenbeek
Tel: 011/29 21 61

Sample Name: 4 - MD.mss

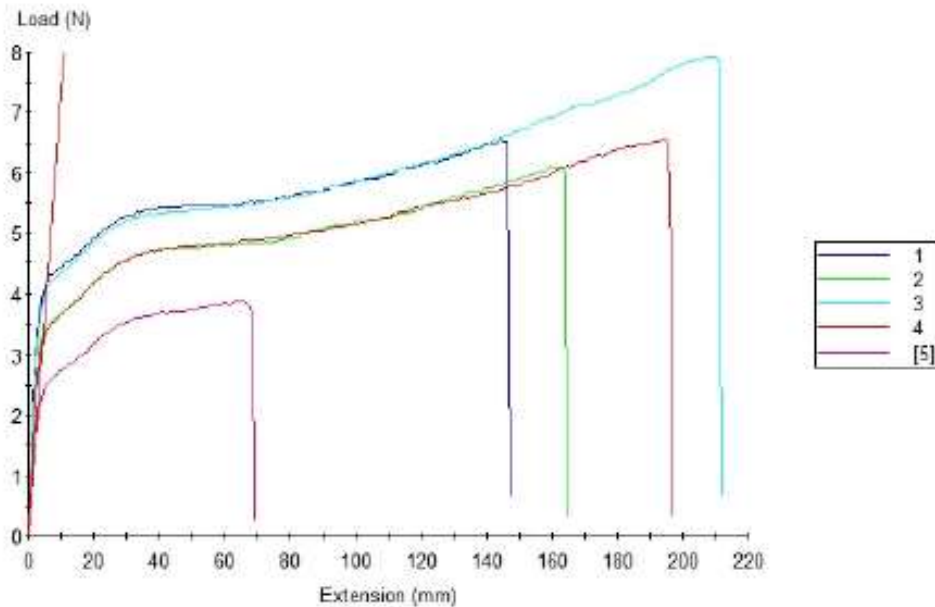
Sample Creation Date: 17/05/2018

Method: VC_Tension_V1.0.msm

Operator: MTS

Results:

Specimen Number	Width mm	Thickness mm	Peak Load N	Extension at Break mm	Stress at Break MPa	Elongation at Break %	Stress at Yield MPa	Modulus MPa
1	6.000	0.070	6.540	144.896	15.607	180.050	13.015	272.145
2	6.000	0.070	6.100	163.279	14.557	203.232	11.359	220.393
3	6.000	0.070	7.920	209.921	18.900	261.649	18.900	262.011
4	6.000	0.070	6.560	194.996	15.655	243.089	15.655	207.418
5	6.000	0.070	3.880	66.937	9.211	82.493	8.782	138.078
Mean	6.000	0.070	6.200	156.006	14.786	194.102	13.542	220.009
Std. Dev.	0.000	0.000	1.466	55.984	3.517	70.178	3.901	53.277



The partial or total reproduction of this document is prohibited without the permission of the UHasselt



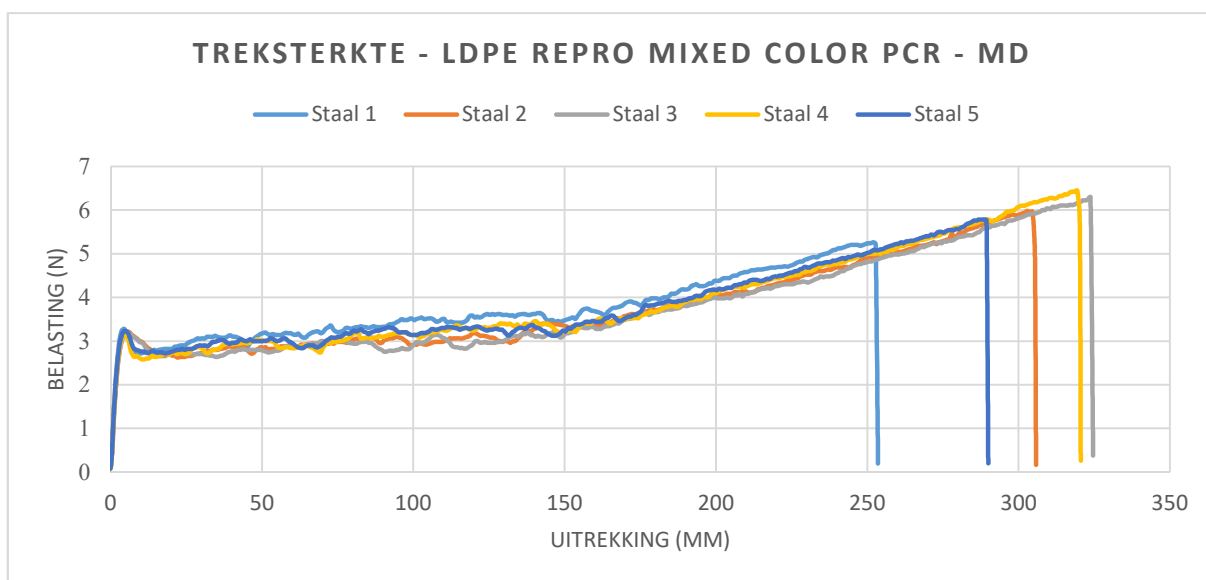
Tabel 27: Treksterkte LDPE repro Mixed Color (Nr. 4) - MD - Resultaten

Staalnr.	Breedte (mm)	Dikte (mm)	Piekbelasting (N)	Uitrekking bij breuk (mm)	Verlenging bij breuk (%)
1	6,000	0,070	6,540	144,896	180,050
2	6,000	0,070	6,100	163,279	203,232
3	6,000	0,070	7,920	209,921	261,649
4	6,000	0,070	6,560	194,996	243,089
5	6,000	0,070	3,880	66,937	82,493
Gemiddelde	6,000	0,070	6,200	156,006	194,103
Standaarddeviatie	0,000	0,000	1,466	55,984	70,178

Staal 5 veroorzaakt een uitschieter door een foute meting. Voordat er voldoende belasting stond op het staal, brak het materiaal door een grote contaminatie in het midden. Hierdoor moet deze waarde geschrapt worden om een betrouwbaar resultaat te verkrijgen.

Tabel 28: Treksterkte LDPE repro Mixed Color (Nr. 4) - MD - Resultaten zonder uitschieter

Staalnr.	Breedte (mm)	Dikte (mm)	Piekbelasting (N)	Uitrekking bij breuk (mm)	Verlenging bij breuk (%)
1	6,000	0,070	6,540	144,896	180,050
2	6,000	0,070	6,100	163,279	203,232
3	6,000	0,070	7,920	209,921	261,649
4	6,000	0,070	6,560	194,996	243,089
Gemiddelde	6,000	0,070	6,780	178,273	222,005
Standaarddeviatie	0,000	0,000	0,789	29,553	37,098



Figuur 71: Treksterkte - LDPE repro Mixed Color PCR - MD

Sample Name: 5 - CD.mss

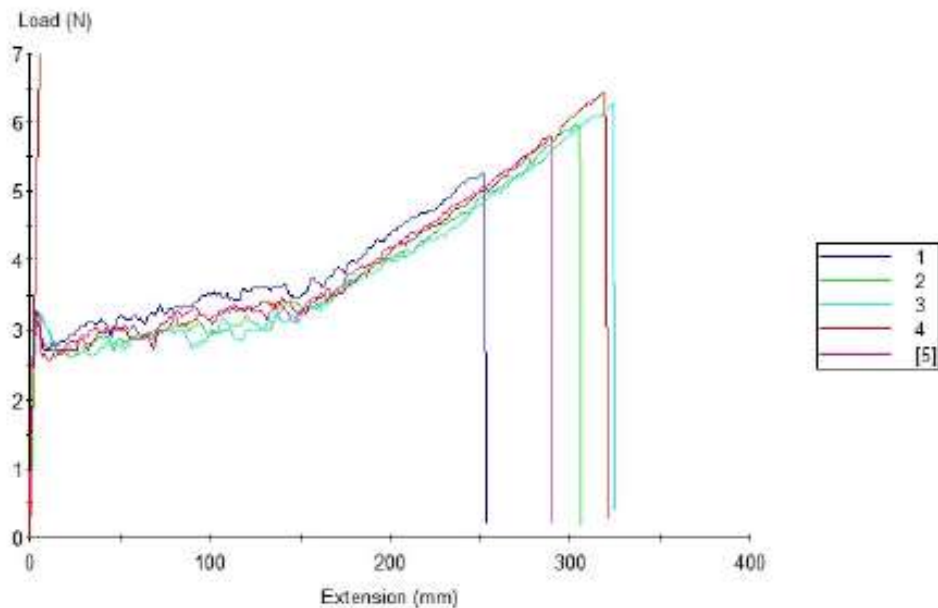
Sample Creation Date: 17/05/2018

Method: VC_Tension_V1.0.msm

Operator: MTS

Results:

Specimen Number	Width mm	Thickness mm	Peak Load N	Extension at Break mm	Stress at Break MPa	Elongation at Break %	Stress at Yield MPa	Modulus MPa
1	6.000	0.066	5.260	252.681	13.376	314.966	8.341	255.815
2	6.000	0.066	5.980	303.479	15.207	378.635	8.188	234.503
3	6.000	0.066	6.291	324.265	15.997	404.679	8.087	240.381
4	6.000	0.066	6.440	319.929	16.377	399.228	7.934	239.340
5	6.000	0.066	5.781	287.531	14.702	358.598	8.195	243.525
Mean	6.000	0.066	5.950	297.577	15.131	371.221	8.149	242.713
Std. Dev.	0.000	0.000	0.464	28.997	1.180	36.342	0.151	8.008

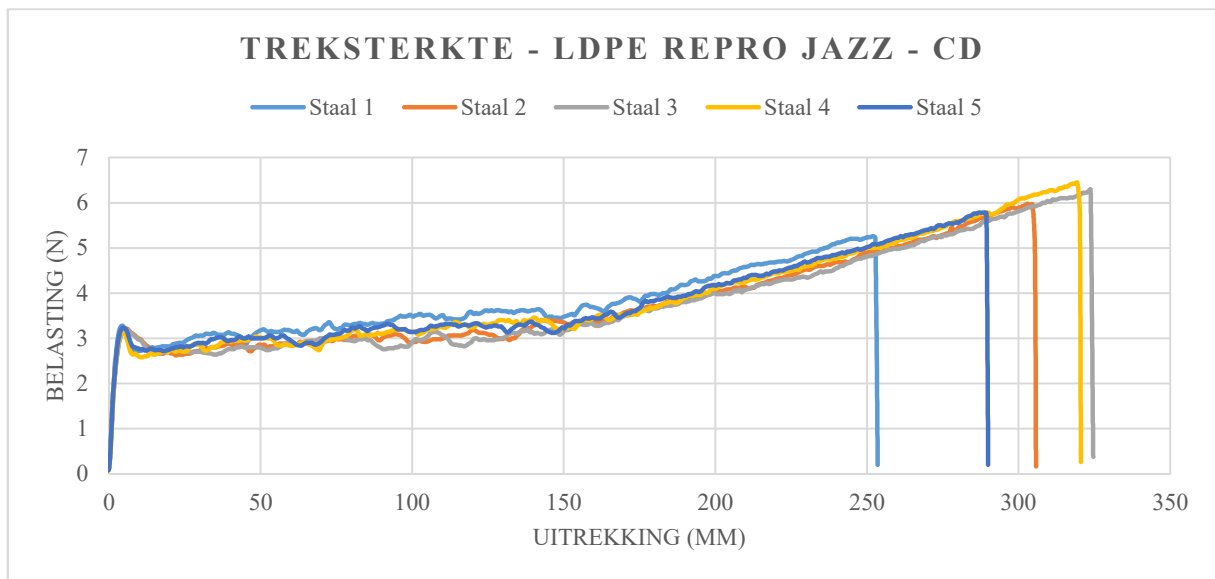


The partial or total reproduction of this document is prohibited without the permission of the UHasselt



Tabel 29: Treksterkte LDPE repro Jazz (Nr. 5) - CD - Resultaten

Staalnr.	Breedte (mm)	Dikte (mm)	Piekbelasting (N)	Uitrekking bij breuk (mm)	Verlenging bij breuk (%)
1	6,000	0,066	5,260	252,681	314,966
2	6,000	0,066	5,980	303,479	378,635
3	6,000	0,066	6,291	324,265	404,679
4	6,000	0,066	6,440	319,929	399,228
5	6,000	0,066	5,781	287,531	358,598
<i>Gemiddelde</i>	6,000	0,066	5,950	297,577	371,221
<i>Standaarddeviatie</i>	0,000	0,000	0,464	28,997	36,341



Figuur 72: Treksterkte - LDPE repro Jazz - CD

Sample Name: 5 - MD.mss

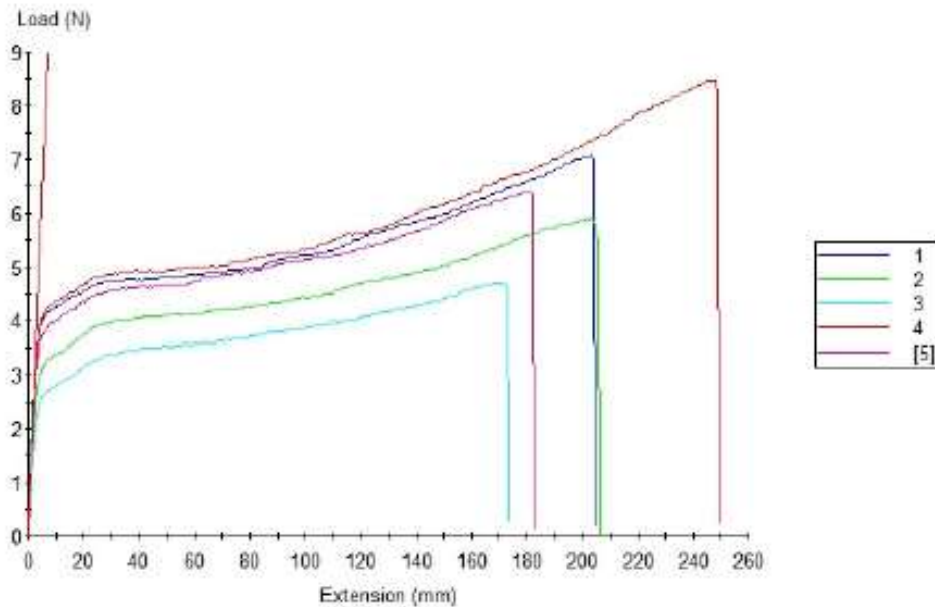
Sample Creation Date: 17/05/2018

Method: VC_Tension_V1.0.msm

Operator: MTS

Results:

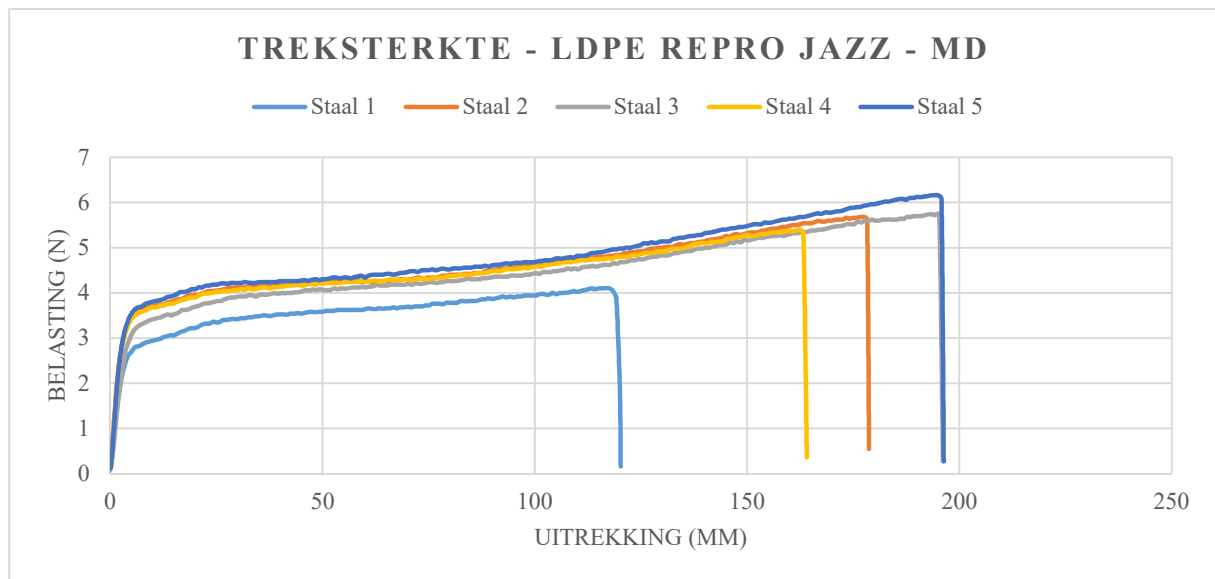
Specimen Number	Width mm	Thickness mm	Peak Load N	Extension at Break mm	Stress at Break MPa	Elongation at Break %	Stress at Yield MPa	Modulus MPa
1	6.000	0.066	7.065	204.007	17.967	254.033	12.054	305.574
2	6.000	0.066	5.900	204.971	14.902	255.175	10.451	237.677
3	6.000	0.066	4.681	170.728	11.901	212.896	8.849	190.668
4	6.000	0.066	8.480	246.961	21.564	307.919	12.511	288.529
5	6.000	0.066	6.400	181.013	16.275	225.366	11.748	257.092
Mean	6.000	0.066	6.505	201.536	16.522	251.078	11.123	255.908
Std. Dev.	0.000	0.000	1.407	29.375	3.590	36.658	1.484	45.058



The partial or total reproduction of this document is prohibited without the permission of the UHasselt

Tabel 30: Treksterkte LDPE repro Jazz (Nr. 5) - MD - Resultaten

Staalnr.	Breedte (mm)	Dikte (mm)	Piekbelasting (N)	Uitrekking bij breuk (mm)	Verlenging bij breuk (%)
1	6,000	0,066	7,065	204,007	254,033
2	6,000	0,066	5,900	204,971	255,175
3	6,000	0,066	4,681	170,728	212,896
4	6,000	0,066	8,480	246,961	307,919
5	6,000	0,066	6,400	181,013	225,366
<i>Gemiddelde</i>	6,000	0,066	6,505	201,536	251,078
<i>Standaarddeviatie</i>	0,000	0,000	1,407	29,375	36,659



Figuur 73: Treksterkte - LDPE repro Jazz - MD

Bijlage B11: Treksterkte – LDPE repro Black (Nr. 6) – CD

TestWorks Report

pagina 1 van 1



Wetenschapspark 27
B-3590 Diepenbeek
Tel: 011/29 21 61

Sample Name: 6 - CD.mss

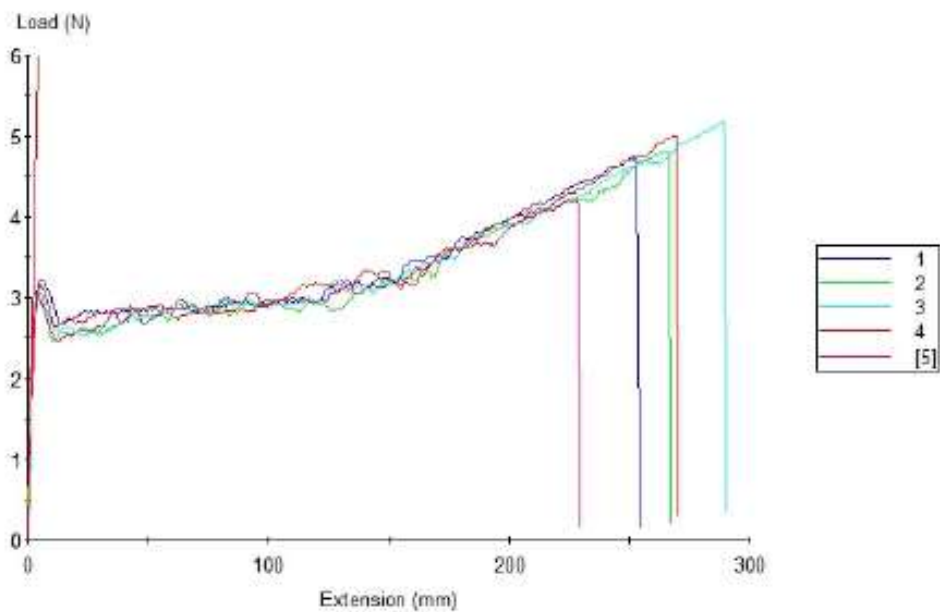
Sample Creation Date: 17/05/2018

Method: VC_Tension_V1.0.msm

Operator: MTS

Results:

Specimen Number	Width mm	Thickness mm	Peak Load N	Extension at Break mm	Stress at Break MPa	Elongation at Break %	Stress at Yield MPa	Modulus MPa
1	6.000	0.065	4.751	252.483	12.258	314.268	8.309	214.334
2	6.000	0.065	4.800	264.929	12.386	330.245	7.844	244.179
3	6.000	0.065	5.180	290.276	13.366	360.930	7.844	214.976
4	6.000	0.065	5.000	269.298	12.902	335.122	8.154	211.302
5	6.000	0.065	4.220	227.527	10.889	283.598	7.896	288.155
Mean	6.000	0.065	4.790	260.902	12.360	324.833	8.009	234.589
Std. Dev.	0.000	0.000	0.362	23.100	0.933	28.505	0.211	32.782

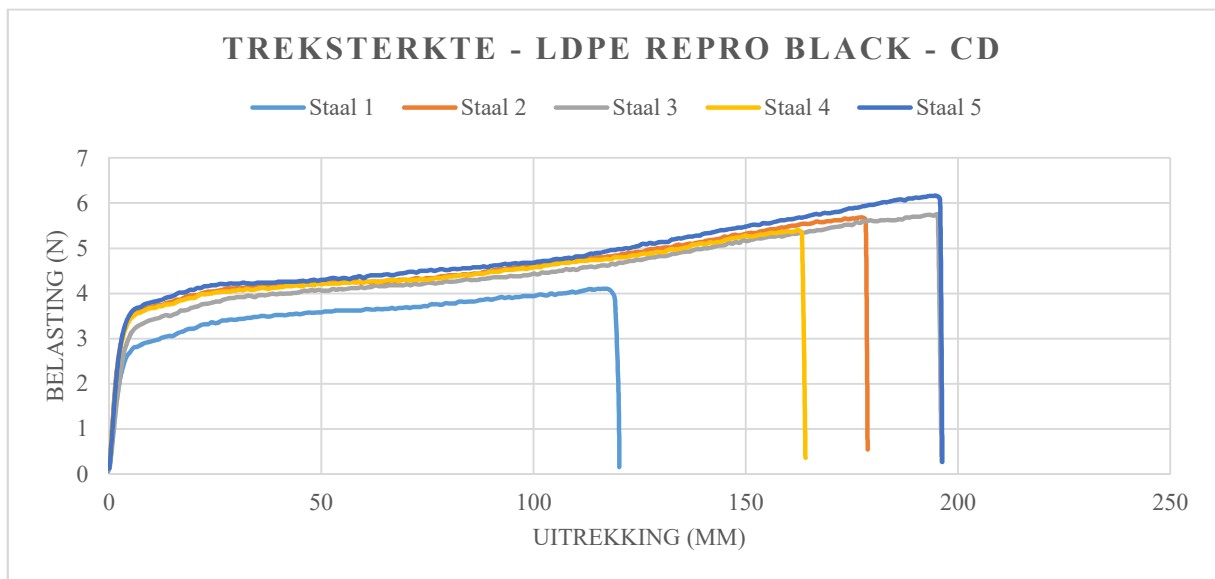


The partial or total reproduction of this document is prohibited without the permission of the UHasselt



Tabel 31: Treksterkte LDPE repro Black (Nr. 6) - CD - Resultaten

Staalnr.	Breedte (mm)	Dikte (mm)	Piekbelasting (N)	Uitrekking bij breuk (mm)	Verlenging bij breuk (%)
1	6,000	0,065	4,751	252,483	314,268
2	6,000	0,065	4,800	264,929	330,245
3	6,000	0,065	5,180	290,276	360,930
4	6,000	0,065	5,000	269,298	335,122
5	6,000	0,065	4,220	227,527	283,598
<i>Gemiddelde</i>	6,000	0,065	4,790	260,903	324,833
<i>Standaarddeviatie</i>	0,000	0,000	0,361	23,099	28,505



Figuur 74: Treksterkte - LDPE repro Black - CD

Bijlage B12: Treksterkte – LDPE repro Black (Nr. 6) – MD

TestWorks Report

pagina 1 van 1



Wetenschapspark 27
B-3590 Diepenbeek
Tel: 011/29 21 61

Sample Name: 6 - MD.mss

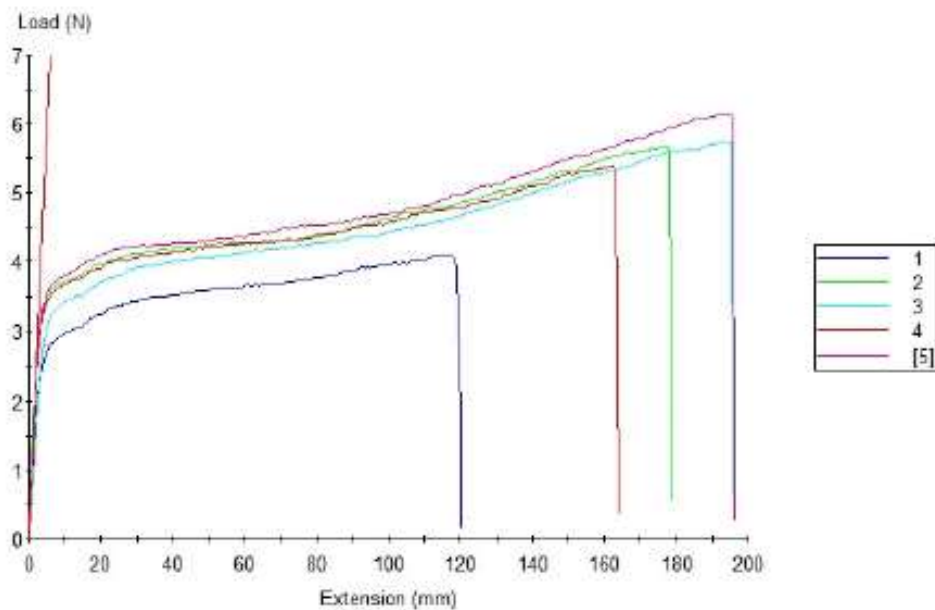
Sample Creation Date: 17/05/2018

Method: VC_Tension_V1.0.msm

Operator: MTS

Results:

Specimen Number	Width mm	Thickness mm	Peak Load N	Extension at Break mm	Stress at Break MPa	Elongation at Break %	Stress at Yield MPa	Modulus MPa
1	6.000	0.065	4.105	117.583	10.592	145.938	9.083	189.467
2	6.000	0.065	5.680	177.449	14.656	220.883	10.837	266.312
3	6.000	0.065	5.740	194.257	14.811	241.895	10.528	178.136
4	6.000	0.065	5.400	163.463	13.934	203.129	10.889	254.507
5	6.000	0.065	6.160	194.507	15.895	241.659	10.941	252.324
Mean	6.000	0.065	5.417	169.452	13.978	210.701	10.456	228.149
Std. Dev.	0.000	0.000	0.782	31.754	2.018	39.645	0.784	41.028

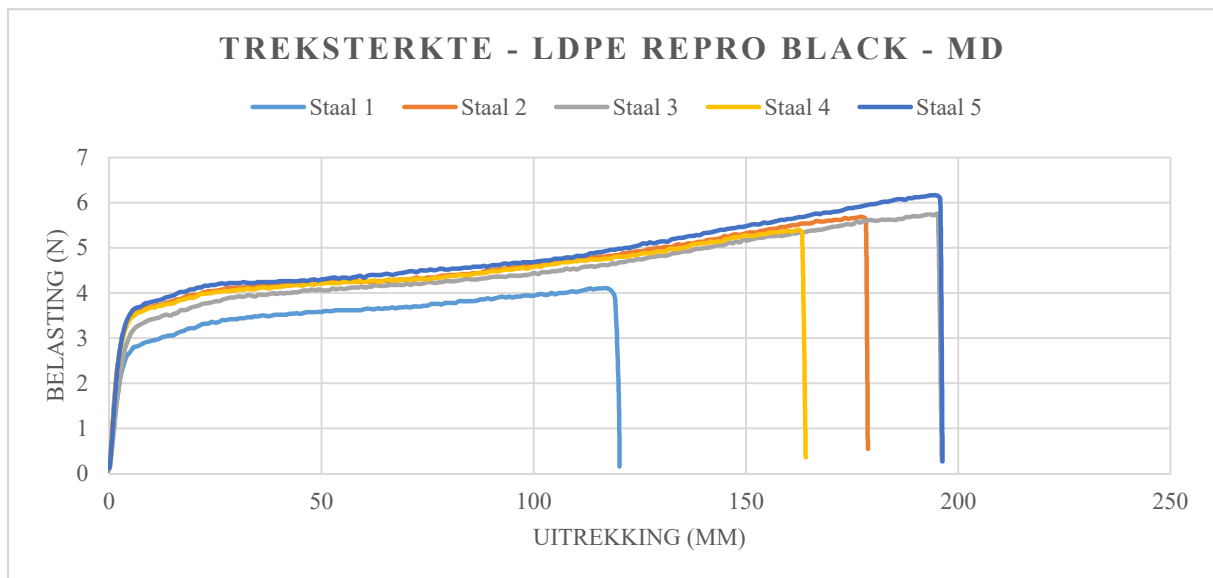


The partial or total reproduction of this document is prohibited without the permission of the UHasselt



Tabel 32: Treksterkte LDPE repro Black (Nr. 6) - MD - Resultaten

Staalnr.	Breedte (mm)	Dikte (mm)	Piekbelasting (N)	Uitrekking bij breuk (mm)	Verlenging bij breuk (%)
1	6,000	0,065	4,105	117,583	145,938
2	6,000	0,065	5,680	177,449	220,883
3	6,000	0,065	5,740	194,257	241,895
4	6,000	0,065	5,400	163,463	203,129
5	6,000	0,065	6,160	194,507	241,659
<i>Gemiddelde</i>	6,000	0,065	5,417	169,452	210,701
<i>Standaarddeviatie</i>	0,000	0,000	0,782	31,754	39,644



Figuur 75: Treksterkte - LDPE repro Black - MD

Bijlagen C: Testrapporten - Doorprikweerstand

Bijlage C1: Doorprikweerstand – LDPE repro Natural (Nr. 1) – Binnen-buiten

TestWorks Report

pagina 1 van 2



Wetenschapspark 27
B-3590 Diepenbeek
Tel: 011/29 21 61

Sample Name: Doorprik 1 binnen-buiten.mss

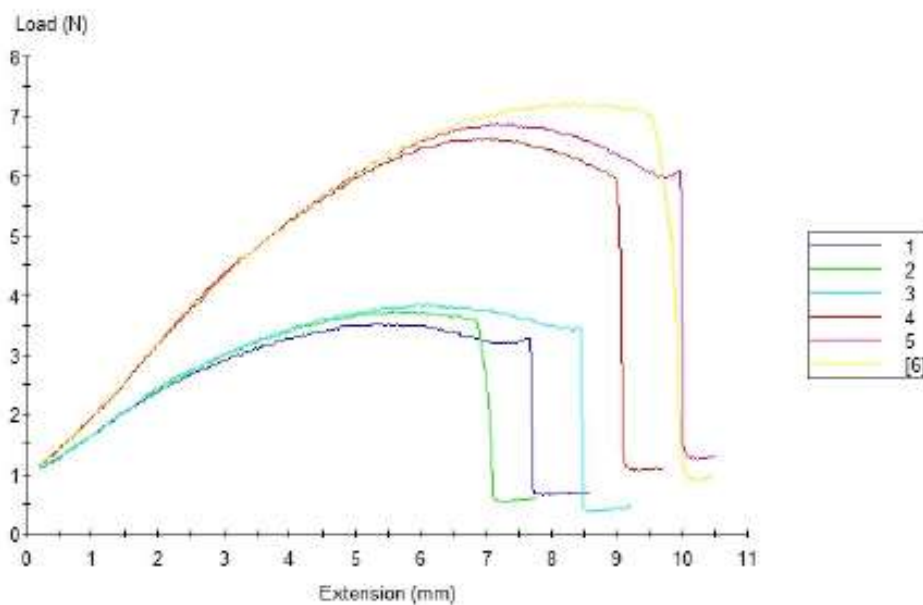
Sample Creation Date: 17/05/2018

Method: Doorprikweerstand.msm

Operator: MTS

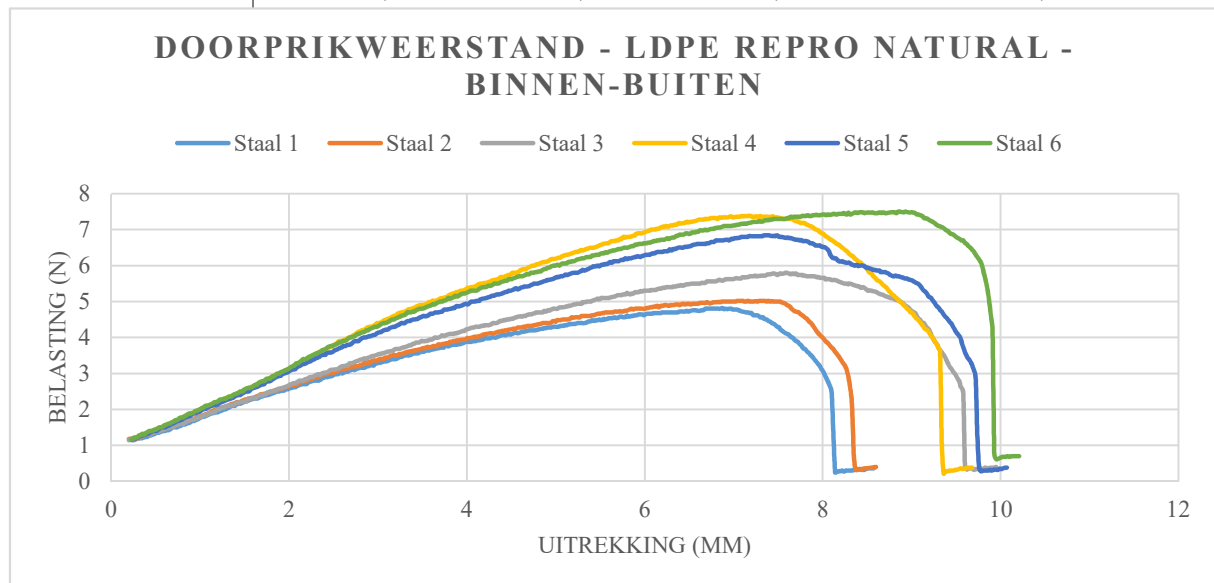
Results:

Specimen Number	Peak Load N	Elongation at Peak mm
1	3.520	5.282
2	3.740	5.570
3	3.840	5.886
4	6.631	7.131
5	6.880	7.173
6	7.200	8.191
Mean	5.302	6.539
Std. Dev.	1.767	1.134



Tabel 33: LDPE repro Natural (Nr. 1) – Binnen-buiten - Resultaten

Staalnr.	Breedte (mm)	Dikte (mm)	Piekbelasting (N)	Uitrekking bij piekbelasting (mm)
1	6,000	0,060	3,520	5,282
2	6,000	0,060	3,740	5,570
3	6,000	0,060	3,840	5,886
4	6,000	0,060	6,631	7,131
5	6,000	0,060	6,880	7,173
6	6,000	0,060	7,200	8,191
<i>Gemiddelde</i>	6,000	0,060	5,302	6,539
<i>Standaarddeviatie</i>	0,000	0,000	1,767	1,134



Figuur 76: Doorprikweerstand - LDPE repro Natural - Binnen-buiten

Bijlage C2: Doorprikweerstand – LDPE repro Natural (Nr. 1) – Buiten-binnen

TestWorks Report

pagina 1 van 2



Wetenschapspark 27
B-3590 Diepenbeek
Tel: 011/29 21 61

Sample Name: Doorprik 1 buiten-binnen.mss

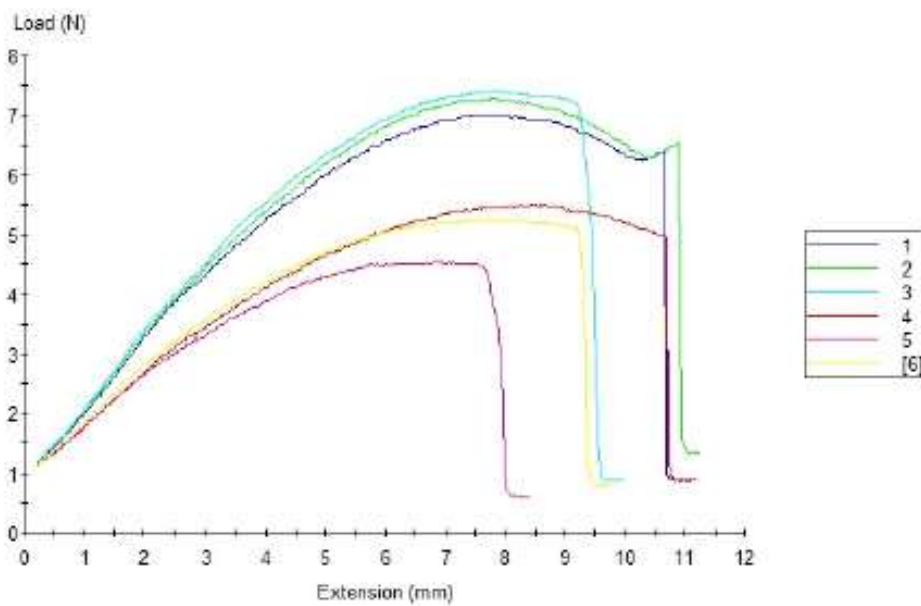
Sample Creation Date: 17/05/2018

Method: Doorprikweerstand.msm

Operator: MTS

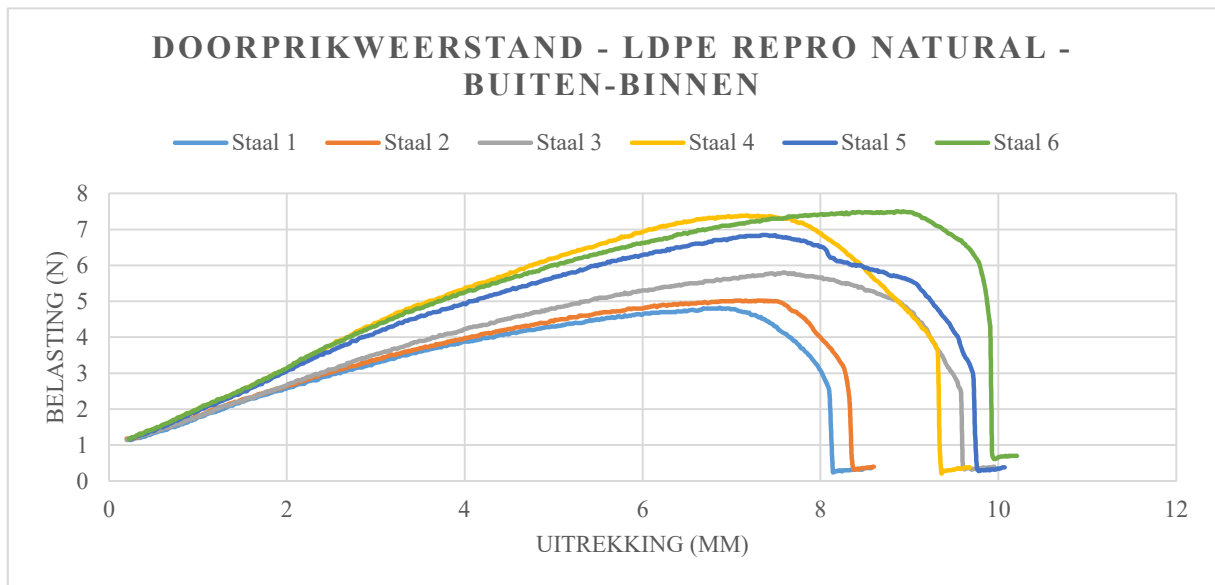
Results:

Specimen Number	Peak Load N	Elongation at Peak mm
1	7.020	7.686
2	7.280	7.781
3	7.411	7.788
4	5.500	8.381
5	4.540	6.693
6	5.249	7.771
Mean	6.167	7.683
Std. Dev.	1.220	0.547



Tabel 34: LDPE repro Natural (Nr. 1) – Buiten-binnen - Resultaten

Staalnr.	Breedte (mm)	Dikte (mm)	Piekbelasting (N)	Uitrekking bij piekbelasting (mm)
1	6,000	0,060	7,020	7,686
2	6,000	0,060	7,280	7,781
3	6,000	0,060	7,411	7,788
4	6,000	0,060	5,500	8,381
5	6,000	0,060	4,540	6,693
6	6,000	0,060	5,249	7,771
<i>Gemiddelde</i>	6,000	0,060	6,167	7,683
<i>Standaarddeviatie</i>	0,000	0,000	1,221	0,547



Figuur 77: Doorprikweerstand - LDPE repro Natural - Buiten-binnen

Bijlage C3: Doorprikweerstand – LDPE repro White (Nr. 3) – Binnen-buiten

TestWorks Report

pagina 1 van 2



Wetenschapspark 27
B-3590 Diepenbeek
Tel: 011/29 21 61

Sample Name: Doorprik 3 binnen-buiten.mss

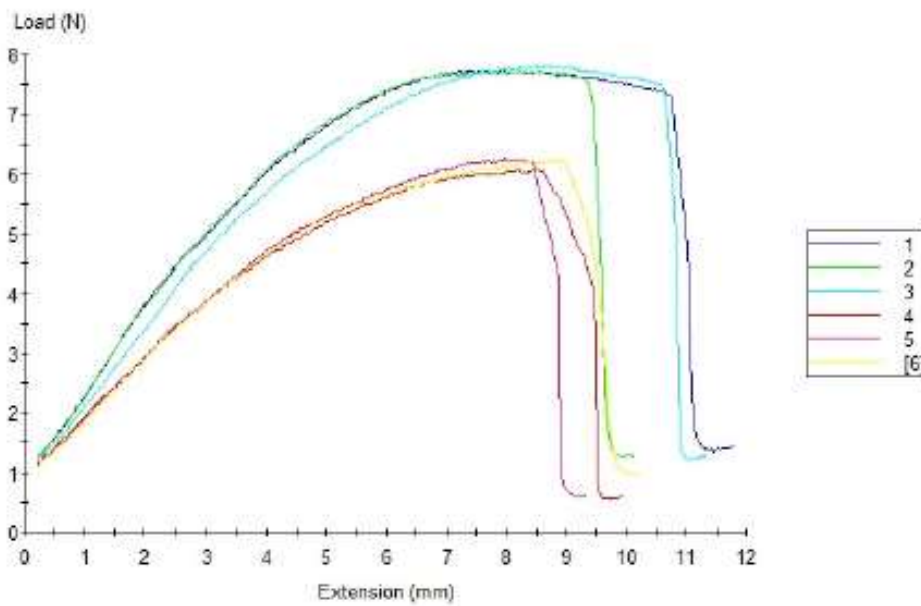
Sample Creation Date: 17/05/2018

Method: Doorprikweerstand.msm

Operator: MTS

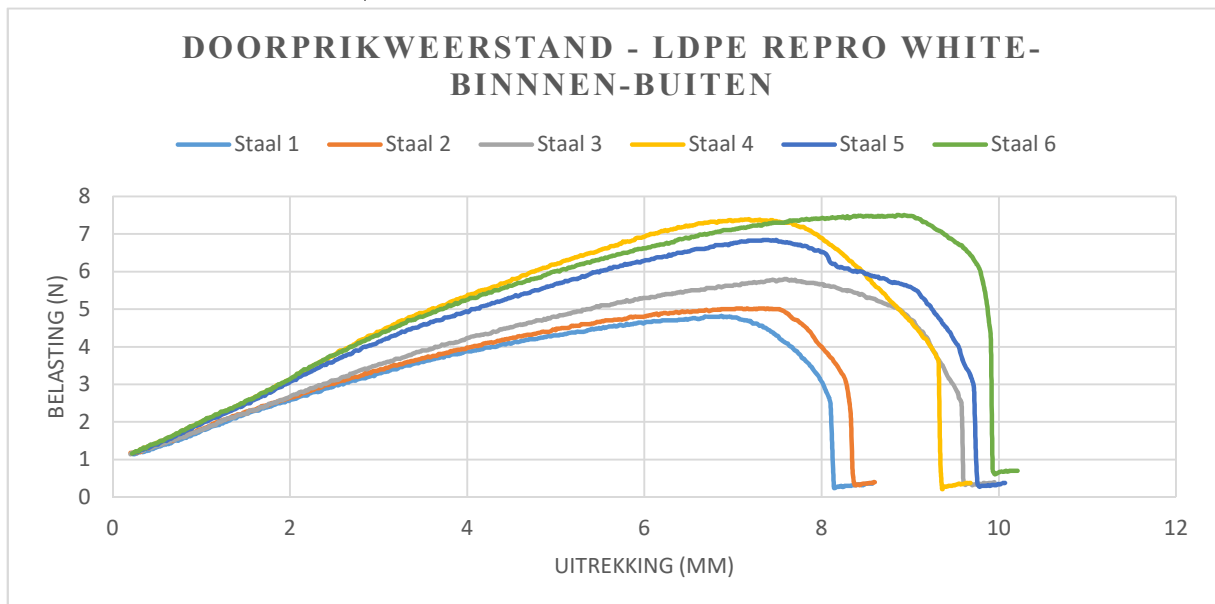
Results:

Specimen Number	Peak Load N	Elongation at Peak mm
1	7.740	7.383
2	7.720	8.100
3	7.800	8.248
4	6.080	8.456
5	6.260	7.974
6	6.220	8.549
Mean	6.970	8.118
Std. Dev.	0.861	0.419



Tabel 35: LDPE repro White (Nr. 3) – Binnen-buiten - Resultaten

Staalnr.	Breedte (mm)	Dikte (mm)	Piekbelasting (N)	Uitrekking bij piekbelasting (mm)
1	6,000	0,075	7,740	7,383
2	6,000	0,075	7,720	8,100
3	6,000	0,075	7,800	8,248
4	6,000	0,075	6,080	8,456
5	6,000	0,075	6,260	7,974
6	6,000	0,075	6,220	8,549
<i>Gemiddelde</i>	6,000	0,075	6,970	8,118
<i>Standaarddeviatie</i>	0,000	0,000	0,861	0,419



Figuur 78: Doorprikweerstand - LDPE repro White- Binnen-buiten

Bijlage C4: Doorprikweerstand – LDPE repro White (Nr. 3) – Buiten-binnen

TestWorks Report

pagina 1 van 2



Wetenschapspark 27
B-3590 Diepenbeek
Tel: 011/29 21 61

Sample Name: Doorprik 3 buiten-binnen.mss

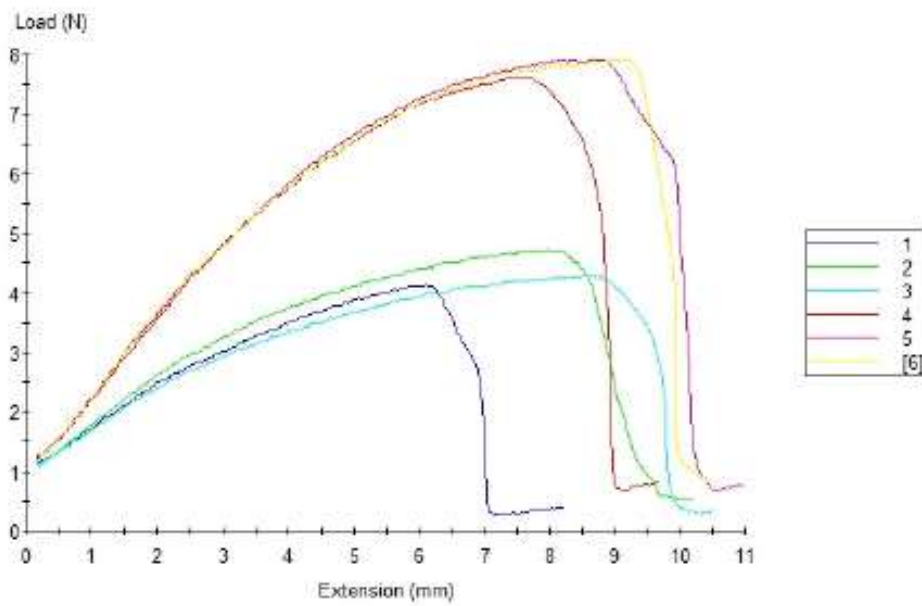
Sample Creation Date: 17/05/2018

Method: Doorprikweerstand.msm

Operator: MTS

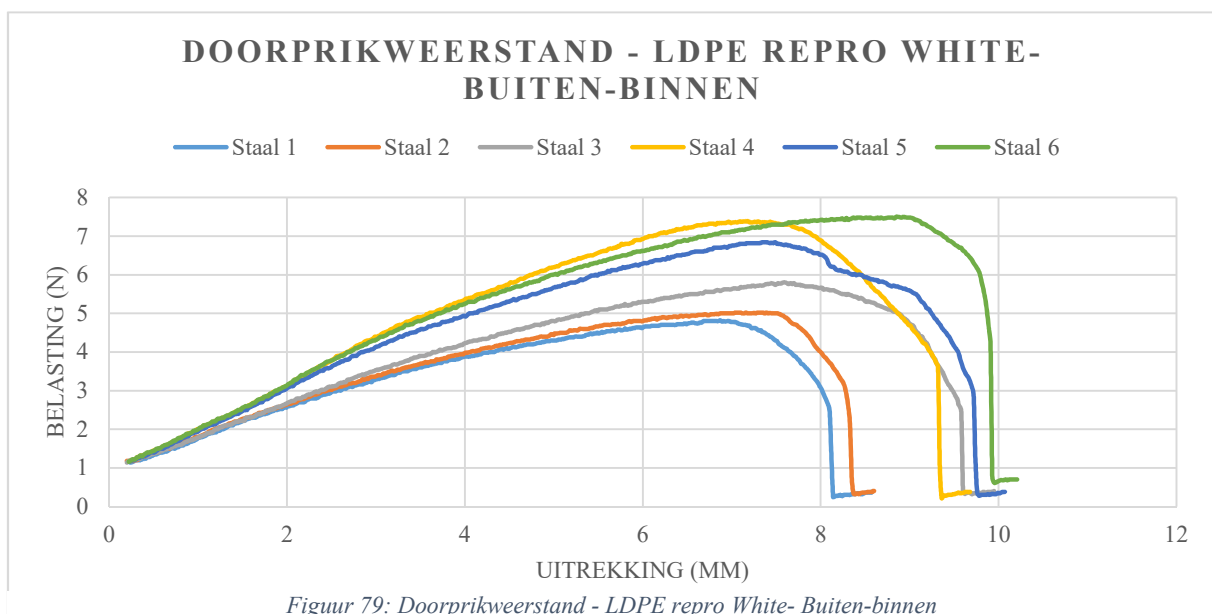
Results:

Specimen Number	Peak Load N	Elongation at Peak mm
1	4.131	6.116
2	4.720	7.956
3	4.285	8.417
4	7.640	7.491
5	7.920	8.662
6	7.920	8.906
Mean	6.103	7.925
Std. Dev.	1.901	1.021



Tabel 36: LDPE repro White (Nr. 3) – Buiten-binnen - Resultaten

Staalnr.	Breedte (mm)	Dikte (mm)	Piekbelasting (N)	Uitrekking bij piekbelasting (mm)
1	6,000	0,075	4,131	6,116
2	6,000	0,075	4,720	7,956
3	6,000	0,075	4,285	8,417
4	6,000	0,075	7,640	7,491
5	6,000	0,075	7,920	8,662
6	6,000	0,075	7,920	8,906
<i>Gemiddelde</i>	6,000	0,075	6,103	7,925
<i>Standaarddeviatie</i>	0,000	0,000	1,901	1,021





Wetenschapspark 27
B-3590 Diepenbeek
Tel: 011/29 21 61

Sample Name: Doorprik 4 binnen-buiten.mss

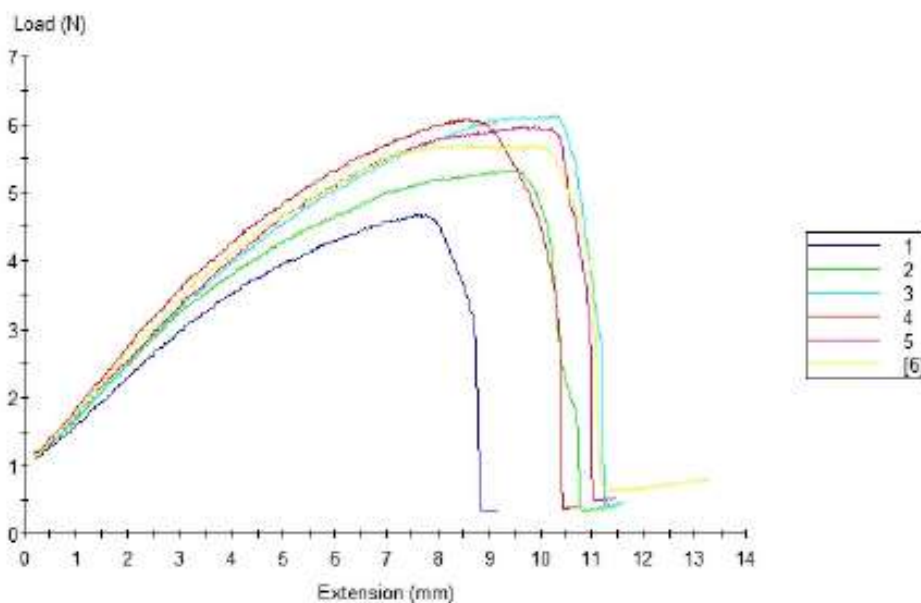
Sample Creation Date: 17/05/2018

Method: Doorprikweerstand.msm

Operator: MTS

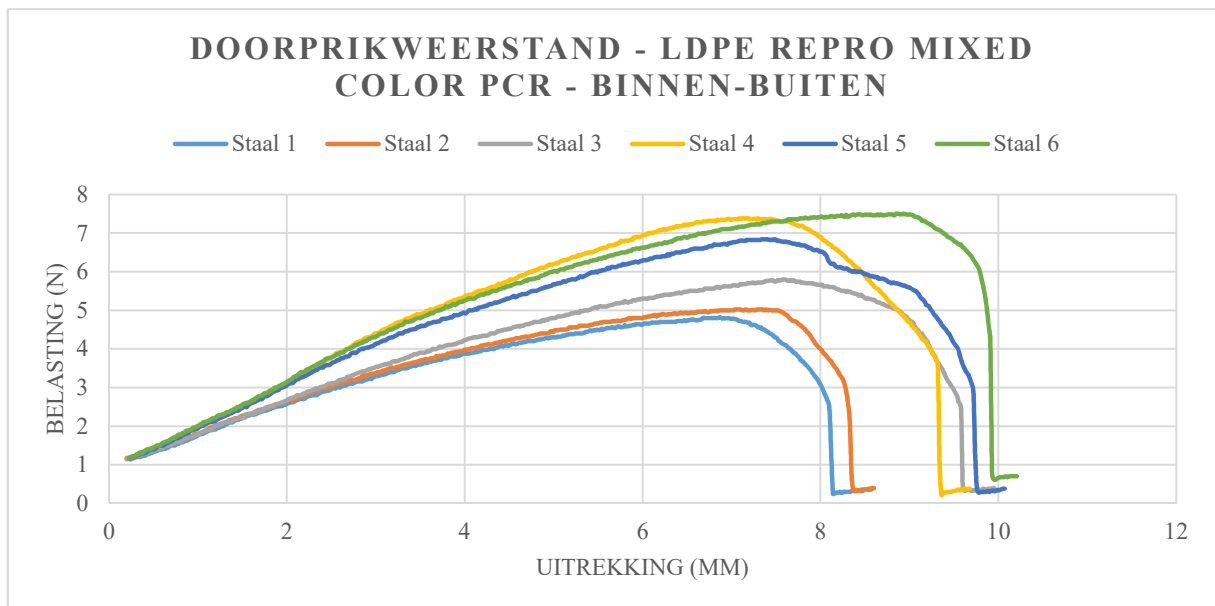
Results:

Specimen Number	Peak Load N	Elongation at Peak mm
1	4.680	7.554
2	5.320	9.148
3	6.137	10.261
4	6.079	8.582
5	5.980	9.703
6	5.700	8.008
Mean	5.649	8.876
Std. Dev.	0.563	1.026



Tabel 37: LDPE repro Mixed Color PCR (Nr. 4) – Binnen-buiten - Resultaten

Staalnr.	Breedte (mm)	Dikte (mm)	Piekbelasting (N)	Uitrekking bij piekbelasting (mm)
1	6,000	0,070	4,680	7,554
2	6,000	0,070	5,320	9,148
3	6,000	0,070	6,137	10,261
4	6,000	0,070	6,079	8,582
5	6,000	0,070	5,980	9,703
6	6,000	0,070	5,700	8,008
<i>Gemiddelde</i>	6,000	0,070	5,649	8,876
<i>Standaarddeviatie</i>	0,000	0,000	0,563	1,026



Figuur 80: Doorprikweerstand - LDPE repro Mixed Color PCR - Binnen-buiten

Bijlage C6: Doorprikweerstand – LDPE repro Mixed Color PCR (Nr. 4) – Buiten-binnen

TestWorks Report

pagina 1 van 2



Wetenschapspark 27
B-3590 Diepenbeek
Tel: 011/29 21 61

Sample Name: Doorprik 4 buiten-binnen.mss

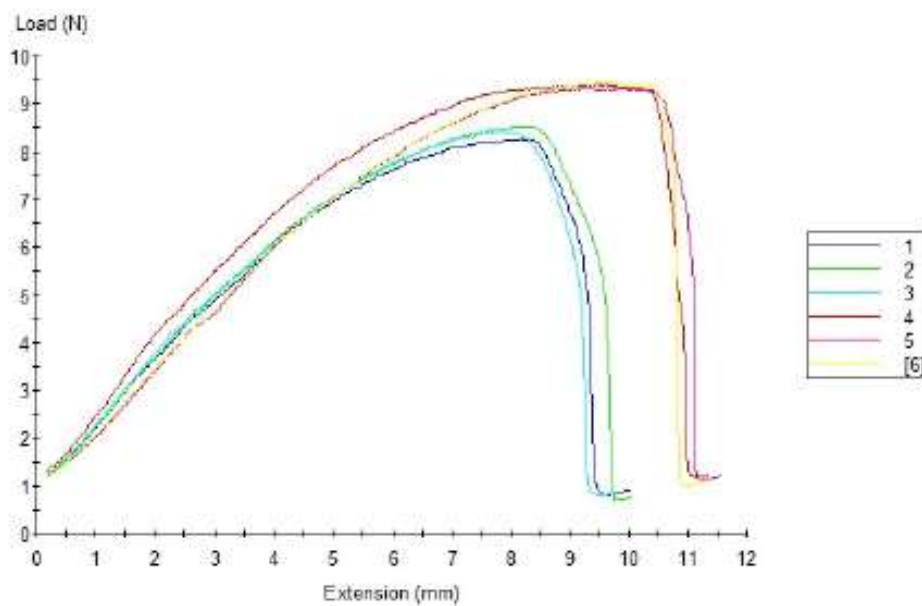
Sample Creation Date: 17/05/2018

Method: Doorprikweerstand.msm

Operator: MTS

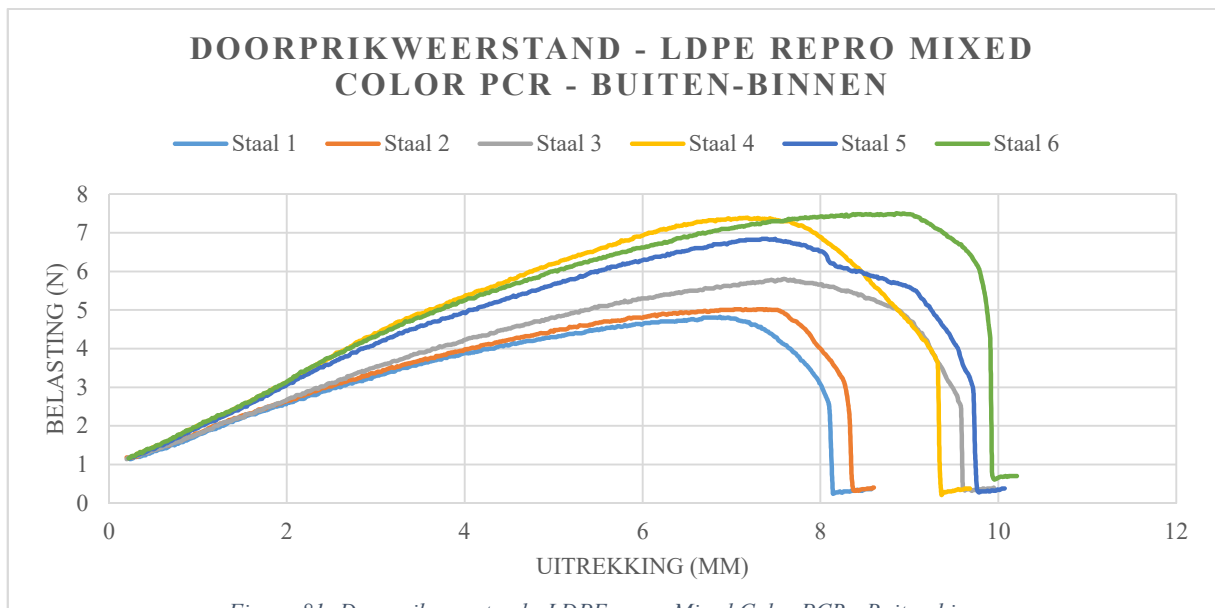
Results:

Specimen Number	Peak Load N	Elongation at Peak mm
1	8.260	8.220
2	8.520	8.163
3	8.420	7.775
4	9.400	9.292
5	9.340	9.264
6	9.460	9.451
Mean	8.900	8.694
Std. Dev.	0.555	0.722



Tabel 38: LDPE repro Mixed Color PCR (Nr. 4) – Buiten-binnen - Resultaten

Staalnr.	Breedte (mm)	Dikte (mm)	Piekbelasting (N)	Uitrekking bij piekbelasting (mm)
1	6,000	0,070	8,260	8,220
2	6,000	0,070	8,520	8,163
3	6,000	0,070	8,420	7,775
4	6,000	0,070	9,400	9,292
5	6,000	0,070	9,340	9,264
6	6,000	0,070	9,460	9,451
Gemiddelde	6,000	0,070	8,900	8,694
Standaarddeviatie	0,000	0,000	0,555	0,722



Figuur 81: Doorprikweerstand - LDPE repro Mixed Color PCR - Buiten-binnen

Bijlage C7: Doorprikweerstand – LDPE repro Jazz (Nr. 5) – Binnen-buiten

TestWorks Report

pagina 1 van 2



Wetenschapspark 27
B-3590 Diepenbeek
Tel: 011/29 21 61

Sample Name: Doorprik 5 binnen-buiten.mss

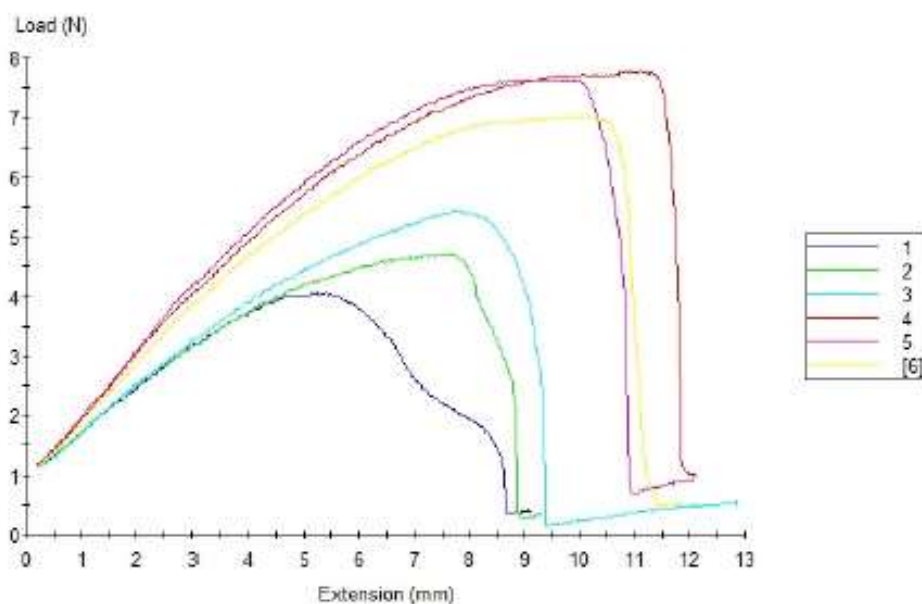
Sample Creation Date: 17/05/2018

Method: Doorprikweerstand.msm

Operator: MTS

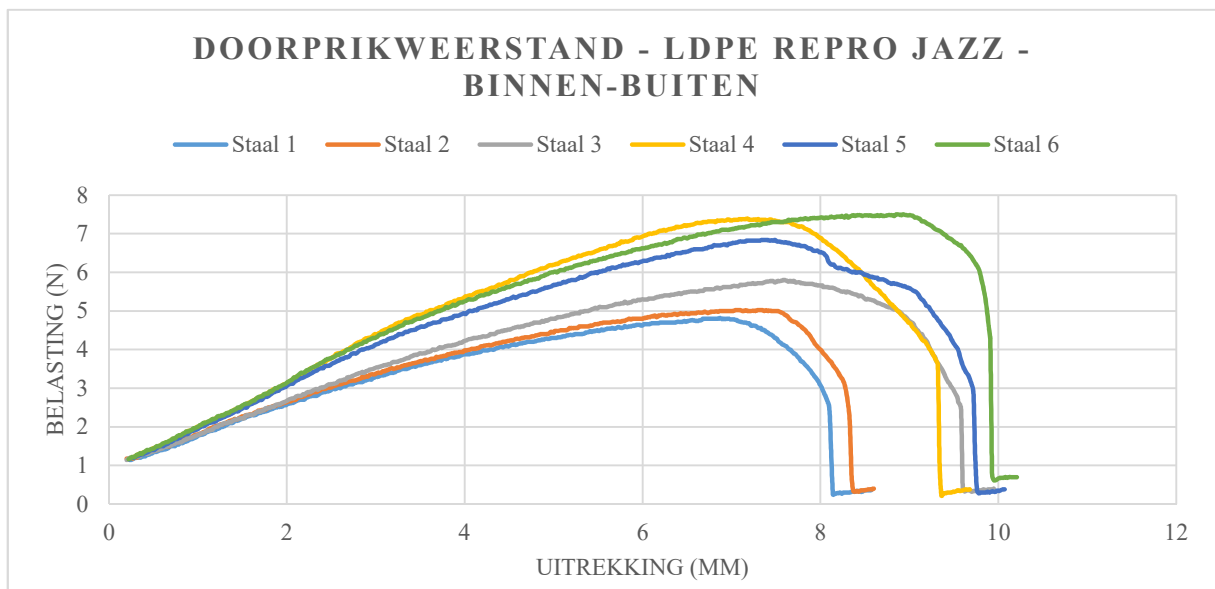
Results:

Specimen Number	Peak Load N	Elongation at Peak mm
1	4.060	5.152
2	4.700	7.447
3	5.440	7.804
4	7.780	10.741
5	7.640	9.644
6	7.020	9.740
Mean	6.107	8.421
Std. Dev.	1.587	2.032



Tabel 39: LDPE repro Jazz (Nr. 5) – Binnen-buiten - Resultaten

Staalnr.	Breedte (mm)	Dikte (mm)	Piekbelasting (N)	Uitrekking bij piekbelasting (mm)
1	6,000	0,066	4,060	5,152
2	6,000	0,066	4,700	7,447
3	6,000	0,066	5,440	7,804
4	6,000	0,066	7,780	10,741
5	6,000	0,066	7,640	9,644
6	6,000	0,066	7,020	9,740
<i>Gemiddelde</i>	6,000	0,066	6,107	8,421
<i>Standaarddeviatie</i>	0,000	0,000	1,587	2,031



Figuur 82: Doorprikweerstand - LDPE repro Jazz - Binnen-buiten

Bijlage C8: Doorprikweerstand – LDPE repro Jazz (Nr. 5) – Buiten-binnen

TestWorks Report

pagina 1 van 2



Wetenschapspark 27
B-3590 Diepenbeek
Tel: 011/29 21 61

condition (s) - general safety - robotic characterization - environmental impact - transport analysis - packaging innovation - recycling

Sample Name: Doorprik 5 buiten-binnen.mss

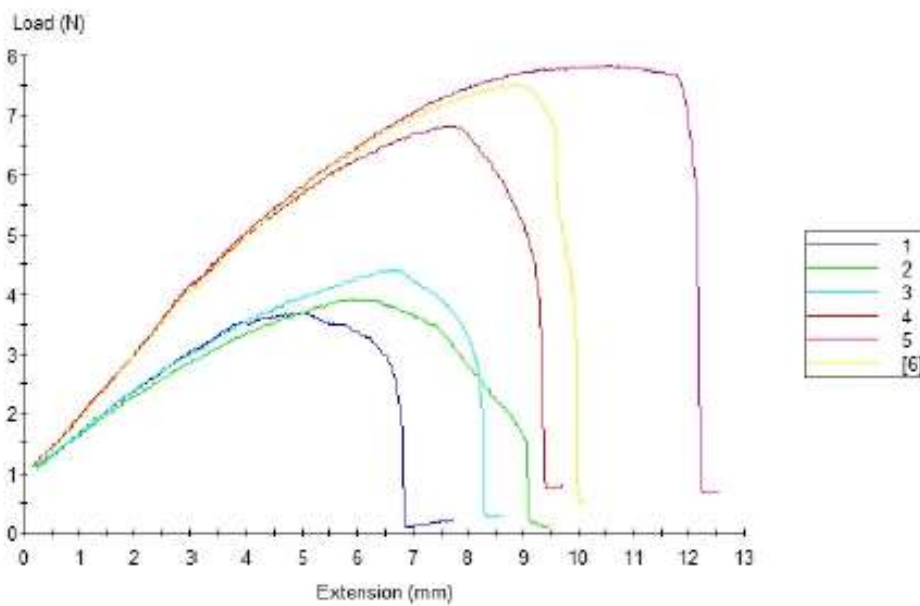
Sample Creation Date: 17/05/2018

Method: Doorprikweerstand.msm

Operator: MTS

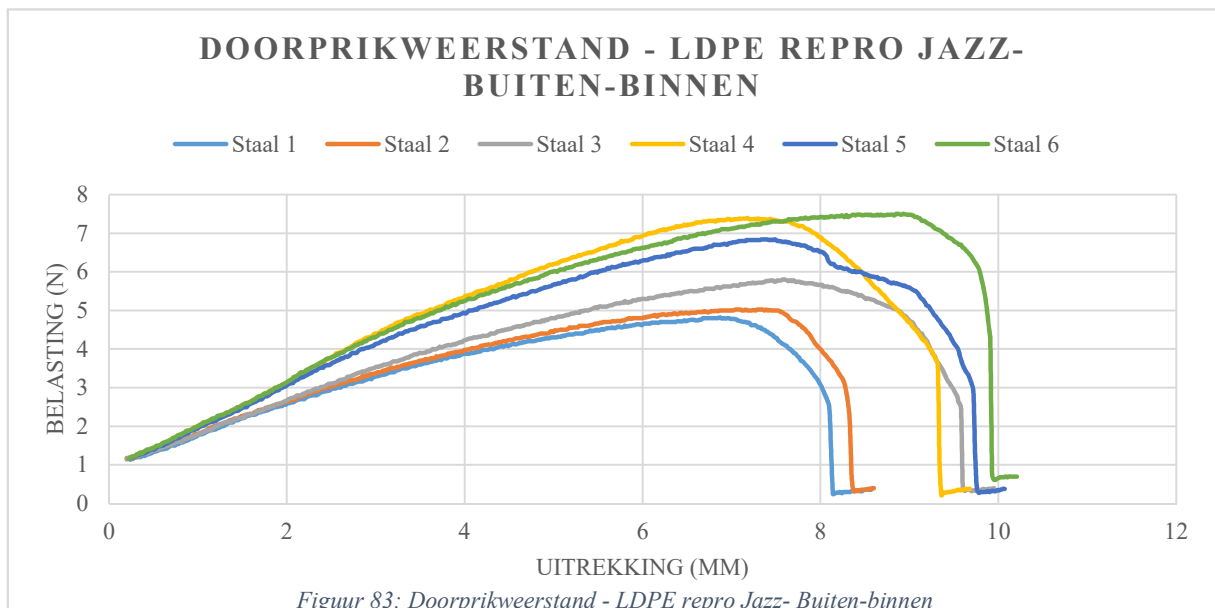
Results:

Specimen Number	Peak Load N	Elongation at Peak mm
1	3.700	5.037
2	3.920	5.923
3	4.400	6.484
4	6.820	7.708
5	7.820	10.265
6	7.500	8.727
Mean	5.693	7.357
Std. Dev.	1.889	1.932



Tabel 40: LDPE repro Jazz (Nr. 5) – Buiten-binnen - Resultaten

Staalnr.	Breedte (mm)	Dikte (mm)	Piekbelasting (N)	Uitrekking bij piekbelasting (mm)
1	6,000	0,066	3,700	5,037
2	6,000	0,066	3,920	5,923
3	6,000	0,066	4,400	6,484
4	6,000	0,066	6,820	7,708
5	6,000	0,066	7,820	10,265
6	6,000	0,066	7,500	8,727
<i>Gemiddelde</i>	6,000	0,066	5,693	7,357
<i>Standaarddeviatie</i>	0,000	0,000	1,889	1,932



Bijlage C9: Doorprikweerstand – LDPE repro Black (Nr. 6) – Binnen-buiten

TestWorks Report

pagina 1 van 2



Wetenschapspark 27
B-3590 Diepenbeek
Tel: 011/29 21 61

Sample Name: Doorprik 6 binnen-buiten.mss

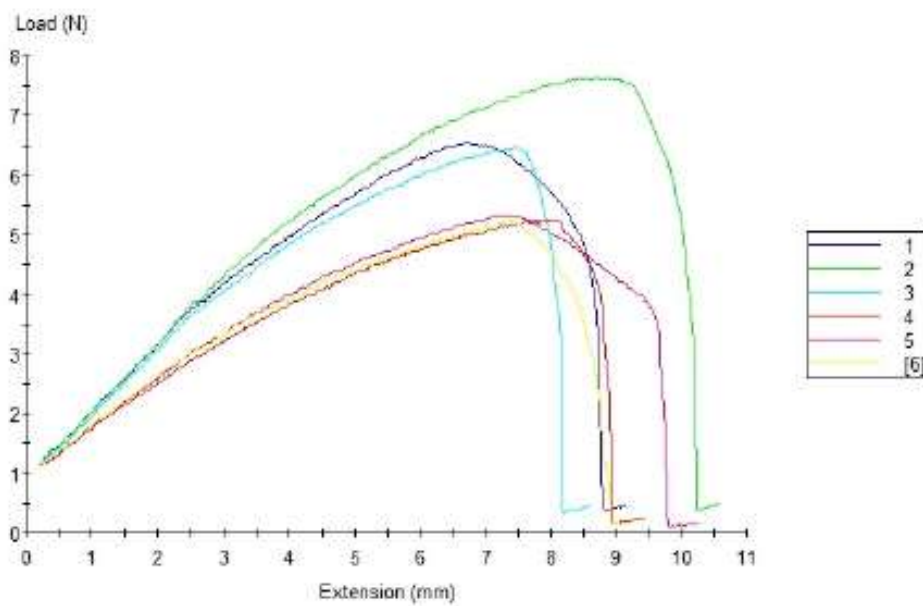
Sample Creation Date: 17/05/2018

Method: Doorprikweerstand.msm

Operator: MTS

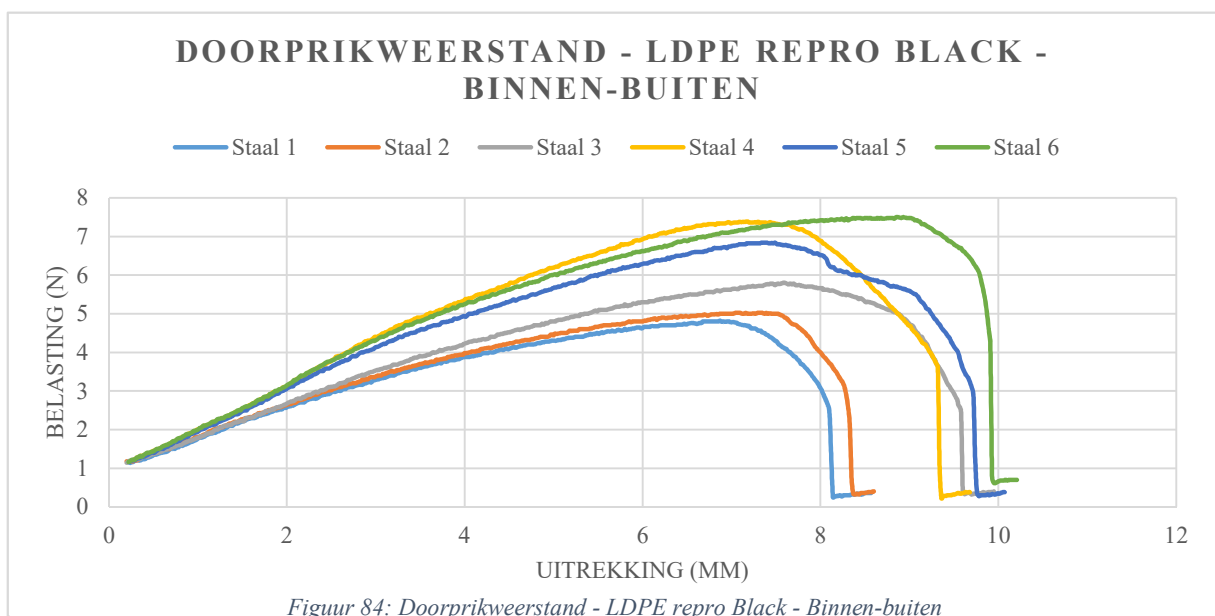
Results:

Specimen Number	Peak Load	Elongation at Peak
	N	mm
1	6.540	6.680
2	7.620	8.424
3	6.460	7.445
4	5.259	8.113
5	5.321	7.306
6	5.220	7.270
Mean	6.070	7.540
Std. Dev.	0.971	0.630



Tabel 41: LDPE repro Black (Nr. 6) – Binnen-buiten - Resultaten

Staalnr.	Breedte (mm)	Dikte (mm)	Piekbelasting (N)	Uitrekking bij piekbelasting (mm)
1	6,000	0,065	6,540	6,680
2	6,000	0,065	7,620	8,424
3	6,000	0,065	6,460	7,445
4	6,000	0,065	5,259	8,113
5	6,000	0,065	5,321	7,306
6	6,000	0,065	5,220	7,270
<i>Gemiddelde</i>	6,000	0,065	6,070	7,540
<i>Standaarddeviatie</i>	0,000	0,000	0,971	0,630



Bijlage C10: Doorprikweerstand – LDPE repro Black (Nr. 6) – Buiten-binnen

TestWorks Report

pagina 1 van 2



Wetenschapspark 27
B-3590 Diepenbeek
Tel: 011/29 21 61

Sample Name: Doorprik 6 buiten-binnen.mss

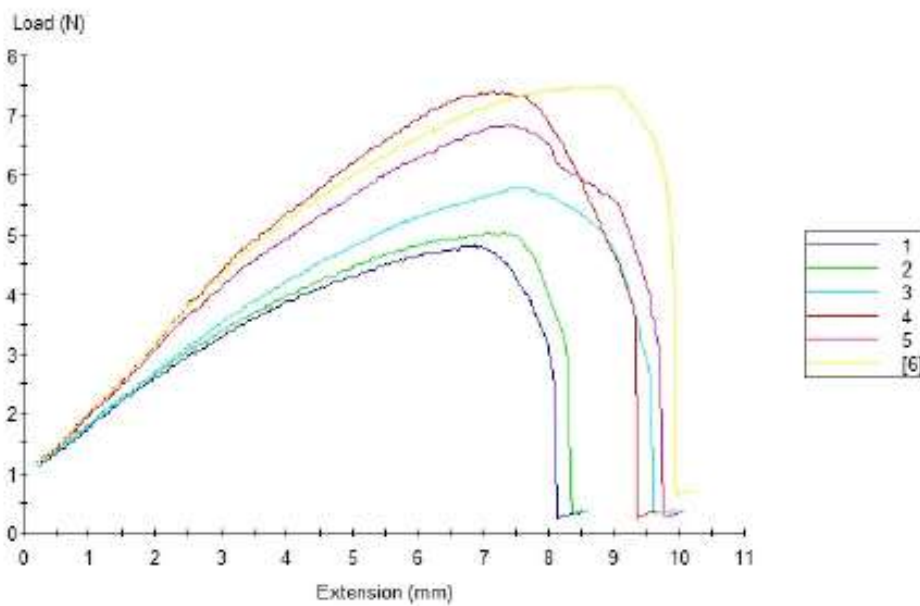
Sample Creation Date: 17/05/2018

Method: Doorprikweerstand.msm

Operator: MTS

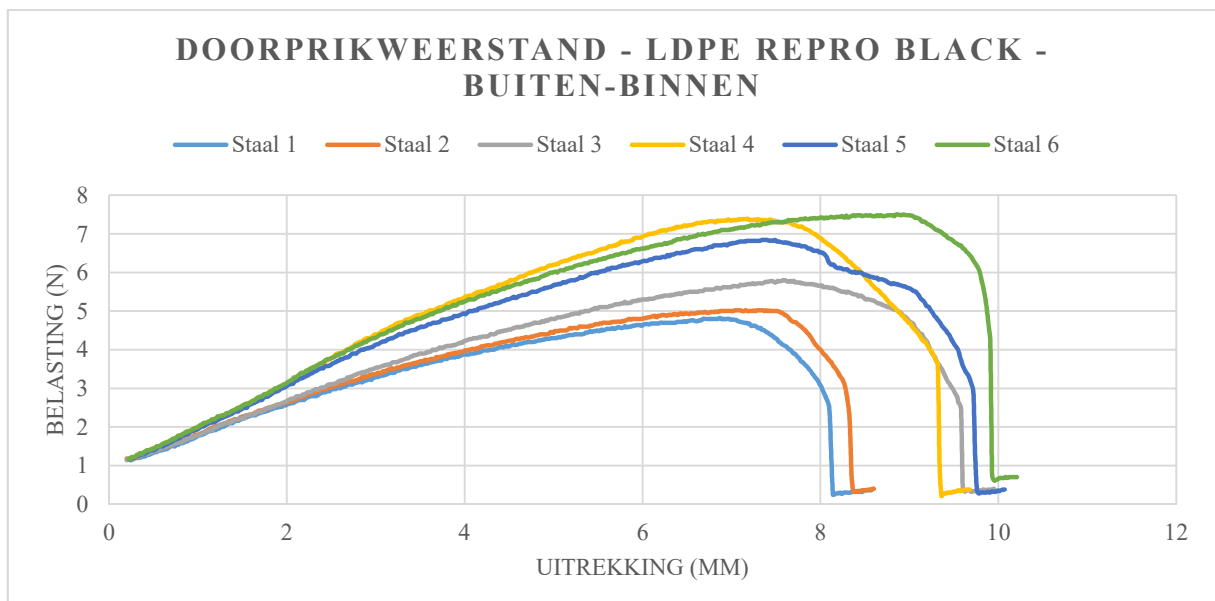
Results:

Specimen Number	Peak Load N	Elongation at Peak mm
1	4.820	6.867
2	5.020	7.037
3	5.800	7.576
4	7.394	7.176
5	6.840	7.343
6	7.500	8.849
Mean	6.229	7.475
Std. Dev.	1.181	0.716



Tabel 42: LDPE repro Black (Nr. 6) – Buiten-binnen - Resultaten

Staalnr.	Breedte (mm)	Dikte (mm)	Piekbelasting (N)	Uitrekking bij piekbelasting (mm)
1	6,000	0,065	4,820	6,867
2	6,000	0,065	5,020	7,037
3	6,000	0,065	5,800	7,576
4	6,000	0,065	7,394	7,176
5	6,000	0,065	6,840	7,343
6	6,000	0,065	7,500	8,849
<i>Gemiddelde</i>	6,000	0,065	6,229	7,475
<i>Standaarddeviatie</i>	0,000	0,000	1,181	0,716



Figuur 85: Doorprikweerstand - LDPE repro Black - Buiten-binnen

Bijlage D: Guidelines voor het ontwikkelen van bedrijfsmatige kunststof verpakkingen

Deze bijlage (p.139 t.e.m. p. 157) is een afzonderlijk en uitneembaar document en beschikt daarom over een afwijkende paginanummering. Desondanks hebben de guidelines rechtstreekse betrekking tot dit project.

GUIDELINES VOOR HET ONTWIKKELEN VAN BEDRIJFSMATIGE KUNSTSTOF VERPAKKINGEN

In samenwerking met VAL-I-PAC



2017-2018
Jorgen Kaerts

Inhoud

1. Introductie	4
1.1. Algemeen	4
1.1.1. Klimaat en duurzaamheid.....	4
1.1.2. Verpakkingen algemeen	4
1.2. Achtergrond.....	4
1.3. Doel	5
1.4. Verpakkingsverantwoordelijken.....	5
1.4.1. Verpakkingsverantwoordelijke: Type A	6
1.4.2. Verpakkingsverantwoordelijke: Type B.....	6
1.4.3. Verpakkingsverantwoordelijke: Type C.....	6
1.5. Verplichtingen van ondernemingen	6
1.5.1. Preventieplicht.....	6
1.5.2. Terugnameplicht.....	6
1.5.3. Informatieplicht	7
1.6. Focus	7
2. Afvalhiërarchie	8
2.1. Waarom recycleren.....	8
2.2. Nut van guideline	8
2.3. Voor wie van toepassing	8
2.3.1. Waarom guidelines volgen.....	9
2.3.2. Voordelen en kosten.....	9
3. Andere verpakkingsmogelijkheden	9
4. Factoren in verband met recyclage.....	9
4.1. Inkten en pigmenten.	10
4.2. Dikte	10
4.3. Labels en lijm.....	10
4.4. Additieven	10
4.5. Mono-materiaal	10
5. Richtlijnen	11
5.1. Sorteren bij de bron	11
5.2. Minimaliseren van contaminatie tijdens het recyclageproces	12
5.3. Evolutie naar flinterdunne folies stopzetten voor secundaire en tertiaire verpakkingen.....	12
5.4. Integratie van recyclaat in nieuwe toepassingen	13
5.5. Evaluatie van huidige sorteersystemen	13
5.5.1. Stappenplan voor verbetering.....	13
5.6. Verbeterde communicatie realiseren tussen rechtstreekse partners	15

6. Innovatie en onderzoek	15
Bijlagen	16
Bijlage 1: Voorstelling onderverdeling sorteren	16
Bijlage 2: RecyClass PE Transparant Natural Flexible film	17
Bijlage 3: RecyClass PE Coloured Flexible film	18

1. Introductie

1.1. Algemeen

1.1.1. *Klimaat en duurzaamheid*

Twee van de grootste problemen waarmee de samenleving van vandaag mee worstelt, zijn zowel klimaatsverandering als duurzame ontwikkeling. Het is dus van uitermate groot belang dat de huidige industrie er zich van bewust is dat milieu impact van diensten en producten geminimaliseerd moet worden. Dit omdat het, in een continu veranderende globale markt, van cruciaal belang is dat er is nagedacht over product- en verpakkingsontwerp plus de ontwikkeling van dergelijke producten en hun bijhorende verpakkingen. Echter is deze nieuwe evolutie niet eenvoudig te verwezenlijken. Verpakkingen moeten voldoen aan vele eisen gesteld door de klant of de gebruiker, ook technische elementen spelen een rol. Samen met deze overwegingen moet er dus een minimale milieu impact verwezenlijkt worden. Hierbij kan verpakkingsontwerp gecombineerd met *Design for recyclability* zorgen voor stijging van de hoeveelheid herwonnen materiaal, maar ook een daling van de nodige grondstoffen.

Door een continue ontwikkeling van een steeds meer vragende samenleving wordt de vraag naar het belang van duurzaamheid steeds groter. Met dit groeiend belang zoeken bedrijven steeds vaker naar tijdelijke oplossingen om een competitief voordeel te bekomen ten opzichte van de concurrentie. Ook het steeds nauwkeuriger onderzoek naar de effectieve milieu impact kan de werkwijze van verscheidene bedrijven beduidend aanpassen. Omdat kunststof verpakkingen in het algemeen een negatief beeld hebben voor de meeste gebruikers en milieuactivisten, is er duidelijk nood aan sensibilisering van de positieve invloeden van plastic en het gebruik ervan. Ook de recyclage als belangrijke manier van herwinning moet worden aangekaart.

1.1.2. *Verpakkingen algemeen*

Allereerst heeft een verpakking in het algemeen vier verschillende functies; conserveren en beschermen van het product, informeren richting de gebruiker, bundelen van het product en uiteindelijk het transporteerbaar maken. Voor alle toepassingen zijn deze functies anders verdeeld en wegen ze in andere mate door op de producent en verpakker. Het evenwicht vinden is een intensief proces en vindt zijn weg vooral in het initiële design van het product. Afhankelijk van de rangorde van de verpakkingen (primair, secundair of tertiair) kunnen er nog andere parameters gesteld worden.

Daarnaast is de verpakking een zeer nauwkeurige reflectie van de manier waarop consumenten leven en waaraan de consument waarde hecht. Vanuit markttrends, vragen van de klant en branding wordt er vaak ingespeeld op de noden van de klant zonder stroomafwaartse processen van de verpakkingen in acht te nemen. Incompatibiliteit van verschillende materialen en verlaging van uiteindelijke recycleerbaarheid zijn gevolgen van het roekeloos produceren van verpakkingen waarbij men fouten maakt in het designproces.

1.2. Achtergrond

Recyclage is een proces dat alle sectoren doorheen de *supply chain* beïnvloedt. Het samenbrengen van belangen uit al deze onderdelen is een belangrijke stap richting het begrijpen van het recyclageproces enerzijds en het beseffen van het maatschappelijke belang ervan anderzijds. Communicatie en vertrouwen tussen de verschillende schakels is een bijna-onbestaand fenomeen en zorgt uiteindelijk voor een minder productieve en efficiënte samenwerking. Het navolgen van deze *guidelines* moeten bedrijven afstemmen op elkaar om zo de uiteindelijke kwaliteit van het recycleerbaar te verhogen en het maatschappelijke belang van verbeterde recyclage op de kaart zetten.

1.3. Doel

Voor alle bedrijfsmatige verpakkingen behaalt VAL-I-PAC een recyclagepercentage van 87,5%, voor bedrijfsmatige verpakkingen vervaardigd uit kunststof ligt dit resultaat gevoelig lager: 57,3% [1]. In vergelijking met 100% voor papier en karton, 84,3% voor hout en een resultaat van 68,2% voor metaal. Het recyclageresultaat voor kunststoffen is dan ook het laagste resultaat voor alle verschillende materialen.

VAL-I-PAC wenst uiteindelijk haar klanten en de ontpakkers te begeleiden om de recyclageresultaten nog te verhogen en dit te verwezenlijken door bedrijven te helpen om bedrijfsmatige verpakkingen meer compatibel te maken met het bijhorende recyclageproces. VAL-I-PAC stelt voor om deze hulp aan te bieden in de vorm van guidelines. Deze richtlijnen moeten bedrijven uiteindelijk helpen met het ontwikkelen van verpakkingen die compatibel zijn met de huidige recyclageprocessen en dit in een economisch haalbare context. Uiteraard zullen de opgestelde richtlijnen voldoende richting geven voor de belangrijkste verpakkingsmaterialen die in bedrijfsmatige verpakkingen gebruikt worden. Met behulp van deze compatibiliteit wil VAL-I-PAC proberen om zo het percentage op te krikken.



Figuur 1: Het VAL-I-PAC systeem [1]

1.4. Verpakkingsverantwoordelijken

Alle verpakkingen van producten die op de Belgische markt gezet worden en de verpakkingen die worden ontpakt op Belgisch grondgebied vallen onder de wetgeving omtrent verpakkingsverantwoordelijken. Afhankelijk van de manier waarop de verpakking op de markt gebracht wordt of het type verpakking valt de ontpakker of producent onder een andere categorie van verpakkingsverantwoordelijkheid. Slecht één verpakkingsverantwoordelijke bestaat per verpakking, toch kan een onderneming aan meerdere types beantwoorden. Hieruit onderscheiden we drie verschillende types verpakkingsverantwoordelijken.

1.4.1. *Verpakkingsverantwoordelijke: Type A*

Elke onderneming die in België producten heeft ingepakt of laten inpakken. Dit om het op de Belgische markt te lanceren. Deze ondernemingen bezitten meestal aankoopfacturen van verpakkingsmaterialen in de boekhouding.

1.4.2. *Verpakkingsverantwoordelijke: Type B*

Elke onderneming die verpakte goederen invoeren of heeft laten invoeren, die bestemd zijn voor gebruik op de Belgische markt maar niet in België zijn verpakt. Zelfs indien men deze producten niet zelf gebruikt of ontpakt. Deze ondernemingen bezitten meestal aankoopfacturen van buitenlandse goederen.

1.4.3. *Verpakkingsverantwoordelijke: Type C*

Indien de bedrijfsmatige verpakkingen niet onder type A of type B valt qua verpakkingsafval zal elke onderneming die verpakte goederen ontpakt of verbruikt op Belgische grondgebied toch verantwoordelijk worden voor het verpakkingsafval dat ontstaat. Deze ondernemingen ontpakken meestal producten afkomstig uit het buitenland om ze daarna zelf te verwerken.

1.5. Verplichtingen van ondernemingen

Het samenwerkingsakkoord legt enkel verplichtingen op voor ondernemingen die verantwoordelijk zijn voor bedrijfsmatig verpakkingsafval.

1.5.1. *Preventieplicht*

Indien een onderneming verpakkingsverantwoordelijke is voor minstens 300 ton verpakkingsafval of voor minstens 100 ton verpakkingsafval waarvoor men verpakkingsverantwoordelijke type A is, is deze verplicht om een driejaarlijks preventieplan op te stellen. Daarna moet men dit plan ook indienen bij de IVC. Ook bestaat de mogelijkheid om zich aan te sluiten bij een sectoraal preventieplan dat door de beroepsfederatie wordt ingediend.

1.5.2. *Terugnameplicht*

Hiermee verplicht men de verpakkingsverantwoordelijken bepaalde percentages (Tabel 1) te behalen voor zowel recyclage als nuttige toepassing. Deze percentages zijn vastgelegd in het Samenwerkingsakkoord en zijn materiaalafhankelijk. Ondernemingen zijn dus niet verplicht hun verpakkingen die ze op de Belgische markt hebben gebracht terug te nemen of op te halen.

Tabel 1: Recyclagepercentages vastgelegd in Samenwerkingsakkoord

Nuttige toepassing	85 %
Recyclage	80 %
Papier en karton	60 %
Kunststoffen	30 %
Hout	15 %
Metaal	50 %
Glas	60 %

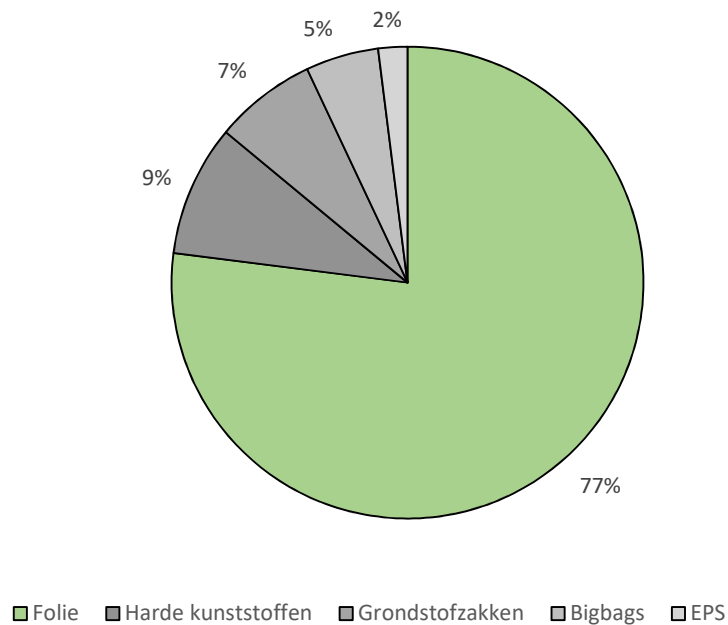
1.5.3. Informatieplicht

Hierdoor moeten verpakkingsverantwoordelijken de IVC jaarlijks op de hoogte houden van hun hoeveelheden verpakking waarvoor ze uiteindelijk verantwoordelijk zijn, de behaalde percentages in verband met de terugnameplicht en hoe ze deze vervullen

1.6. Focus

Vooraf op het gebied van kunststoffen is verbetering van recyclage broodnodig. Sprekende over bedrijfsmatige kunststoffen verpakkingen kunnen we stellen dat deze verpakkingen vooral van secundaire en tertiaire aard zijn. Bovendien is het grootste aandeel (Figuur 2), van bedrijfsmatige kunststoffen verpakkingen, de foliefractie (77%). De focus van deze guidelines is deze fractie omdat kleine verbeteringen op dit vlak een grote invloed heeft op de totale recyclage van kunststoffen

Verdeling van bedrijfsmatig kunststof verpakkingsafval



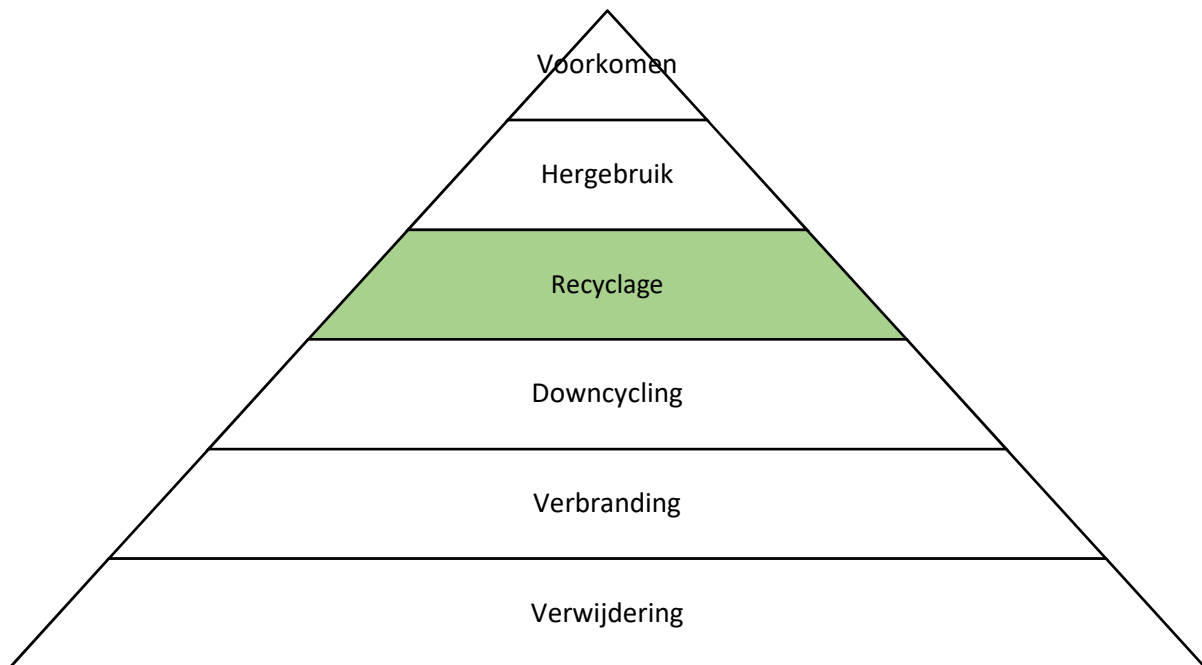
Figuur 2: Verdeling van bedrijfsmatig kunststof verpakkingsafval

2. Afvalhiërarchie

Recyclage van folies is het hoogst haalbare resultaat op het gebied van afvalhiërarchie, preventie is niet altijd mogelijk op het gebied van folies. Het uitvoeren van verpakkingsdiagnoses, die VAL-I-PAC samen met Fost Plus aanbiedt aan leden, kan de preventie stimuleren. Door de uitstekende kwaliteiten die deze polyolefinen bezitten kan preventie een uitdaging worden. Ook hergebruik is echter niet mogelijk bij technische folies omdat na het ontpakken de uitstekende kwaliteiten verdwijnen of verslechteren (rekwikkel- en krimpfolie).

2.1. Waarom recycleren

Bij folies is hergebruik en voorkomen meestal geen optie door de zeer specifieke kwaliteiten en eigenschappen die ze bezitten, toch zijn er andere verpakkingsmogelijkheden (zie: 3. Andere verpakkingsmogelijkheden). Hierdoor wordt recyclage echter zeer belangrijk. Toch moet men begrijpen dat een eeuwige recyclage van polymeren tot op vandaag niet mogelijk is. Net zoals bij cellulose-vezels is het aantal recyclagebeurten van LDPE en LLDPE beperkt. In het kader van circulaire economie en uitputting van grondstoffen is het belang van recycleren in Europa in stijgende lijn.



2.2. Nut van guideline

De guidelines willen geen volledig strategische overzicht geven over alle problemen die opduiken bij het recyclageproces maar de sectoren die in contact komen met de problematiek wegwijs maken in de *dos* en *don'ts* bij gebruik en productie van folies.

2.3. Voor wie van toepassing

Alle bedrijven en verantwoordelijken die in contact komen met het produceren, gebruiken en recycleren van bedrijfsmatige verpakkingsfolies hebben baat bij het naleven van dergelijke guidelines, met als doel hen te informeren, sturen en ondersteunen bij deze problematiek.

2.3.1. *Waarom guidelines volgen*

Progressie in recycleerbaarheid en –proces kan enkel ontstaan indien alle sectoren in direct contact met de problematiek meer communiceren met elkaar en vertrouwen op elkaar. Standardisatie van bepaalde handelingen moeten ervoor zorgen dat dit vertrouwen snel groeit en knelpunten uit het huidige proces wegwerken. Voor elke sector zijn er andere voordelen verbonden aan het volgen van de guidelines.

2.3.2. *Voordelen en kosten*

Indien alle sectoren meewerken aan een efficiëntere recyclage zal de uiteindelijke kwaliteit van het recycleerbaar stijgen. Dit staat in rechtstreeks verband met een verbreding van het toepassingsgebied en het beter toepasbaar zijn van het recycleerbaar. Hierdoor kan het gebruik van recycleerbaar een boost krijgen omdat de hoge kwaliteit ervoor zorgt dat sectoren geen argwaan meer hebben ten opzichte van het materiaal. Dit is een eerste stap richting een circulair beleid. Continue verbetering in de cyclus leidt uiteindelijk tot een volledige integratie van een duurzame gedachte op het gebied van folierecyclage.

3. Andere verpakkingsmogelijkheden

Verbeteren van de recycleerpercentages blijft het hoofddoel van dit rapport. Toch kan er best aandacht besteed worden aan andere verpakkingsopties. De voorgestelde kunststof folies zijn zeer technische en hoogwaardige folie, hierbij zijn ze uiterst geschikt voor palletzekering en andere transportfuncties. Omdat deze folies moeilijker te recyclen zijn dan andere kunststof producten is het voorkomen van technische folies ook een optie. Er bestaan meerdere mogelijkheden die dezelfde functie (palletzekering) kunnen vervullen.

Indien de producten het toelaten is overstappen naar **strapbanden** een mogelijkheid. Ten opzichte van folieproducten bespaart deze verpakkingsopties in de meeste gevallen verpakkings tijd en –kosten. Qua materiaal zijn er verschillende opties voor strapbanden. Daaronder beter recycleerbare materialen zoals papier en metaal, maar ook verschillende kunststofsoorten. De palletisatie van kartonnen dozen kan ook aan de hand van lijmen. Hierbij worden de ribben en/of hoekpunten van de **kartonnen dozen verlijmd** tijdens het stapelen. Bovenstaande verpakkingsopties zijn gemakkelijker en efficiënter te recyclen tot evenwaardige producten dan technische verpakkingsfolies.

4. Factoren in verband met recyclage

Het proces van folierecyclage is technisch onder controle. Toch zijn er verschillende factoren met betrekking tot de folies die een grote rol spelen voor de uiteindelijke kwaliteit van het recycleerbaar. De recyclage is dus sterk afhankelijk van parameters die gesteld worden door producenten en verpakkers. Het hele proces van recyclage en scheiden begint bij de bron. Nadenken over de toepassingen enerzijds moet gelijklopen met de uiteindelijke recyclage anderzijds. Kennis bij de bron verhoogt de mogelijkheid tot beter recycleerbaar.

Toch is het produceren van recycleerbaar met dezelfde helderheid en transparantie als *virgin* materiaal bijna onmogelijk. De zuiverheid van inkomende stromingen is nooit 100%. Dit is echter logisch door de aanwezigheid van labels, lijm, andere materialen, inkten, pigmenten en additieven. Bij zeer zuivere stromen kan een helder materiaal geproduceerd worden dat zeker voldoet aan de nodige eigenschappen voor de meeste toepassingen.

4.1. Inkten en pigmenten.

De hoeveelheid (oppervlakte) inkt of pigment is geen storende factor voor de recyclage van folies op het gebied van kwaliteit. Daarentegen is deze invloed wel duidelijk merkbaar op de kleur van het uiteindelijke recyclaat. Het recycleren van bonte folies is qua kwaliteit geen minderwaardig proces maar de kosten ervan zijn hoger (ontgassing en wassen) en de prijs van het recyclaat is lager dan voor doorzichtige materialen. Het is dus van uitermate belang dat transparante folies zo goed mogelijk worden gesorteerd om snel kwaliteitsverlies te vermijden als het gevolg van inkt en pigmenten.

4.2. Dikte

Eén van de belangrijkste stappen in het recycleren van kunststoffen folies is het wassen. Dit kan gebeuren op verschillende manieren (droog- of natwassen). Deze processen steunen beide op de oppervlakte die gewassen moet worden. Een belangrijke parameter is dan de dikte van de folie. Indien de dikte daalt, zal het aantal snippers in de wasinstallatie vergroten. Dit zorgt dus voor een vergroting van te wassen oppervlak. Uiteindelijk wordt de output van wasinstallaties dus bepaald door de dikte van de folies omdat de wasbare capaciteit (oppervlakte) van de installatie steeds hetzelfde blijft. Het belang van de dikte kan enkel benadrukt worden indien het over mono-materiaal gaat.

4.3. Labels en lijm

Door de huidige technieken (natwassen en weken) kunnen zowel de labels als de bijhorende lijm gemakkelijk verwijderd worden gedurende het recyclageproces. Dit wil echter niet zeggen dat het geen invloed heeft op de kwaliteit van het uiteindelijk recyclaat. Het vermijden van overmatig gebruik van labels is belangrijk om de kwaliteit te kunnen waarborgen.

Het materiaal waaruit de labels vervaardigd zijn kan ook een invloed hebben op de recyclage. Het gebruik van papier als basismateriaal kan de kwaliteit van het recyclaat verminderen afhankelijk van de hoeveelheid papier aanwezig in het te-recycleren materiaal. Filteren van het materialen tijdens het proces kan deze invloed terugbrengen tot een minimum. Toch blijft er steeds een beperkte invloed merkbaar.

Daarnaast is het type lijm dat men gebruikt op de labels ook belangrijk tijdens meerdere stappen in het recyclageproces. Bij het wassen van de folies moeten de labels zich losmaken van de folie om zo een kwaliteitsvoller recyclaat te produceren.

4.4. Additieven

De aanwezigheid van additieven is van uitermate belang op de uiteindelijke kwaliteiten van het recyclaat. De meest gebruikte additieven in deze folies zijn: *UV-stabilizer*, *blocking agent*, *anti-slip* en *master batch*. Desondanks de meestal ongekeerde hoeveelheden additief is dit geen probleem voor het recyclageproces zelf. De al aanwezige additieven zijn echter ook van belang in de toepassingen waarvoor het recyclaat gebruikt kan worden. De additieven moeten dus niet verwijderd worden om een toepasbaar recyclaat te garanderen. Uiteraard zijn de eigenschappen van het recyclaat afhankelijk van het mengsel van additieven uit het verzamelde afvalmateriaal.

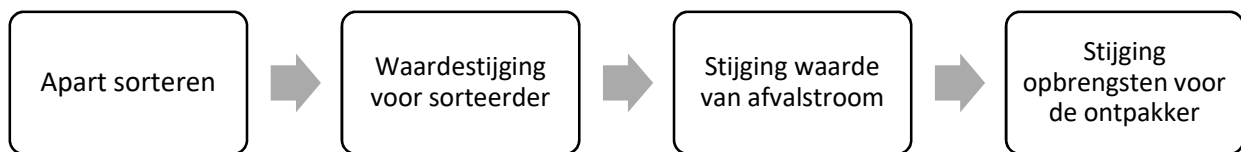
4.5. Mono-materiaal

Recyclage van *multilayers* staat nog niet op punt waardoor deze materialen dus te allen tijden vermeden moeten worden. Gebruik van compatibele materialen (LDPE en LLDPE) kan verantwoord worden indien men geen kleeflaag gebruikt tussen de verschillende lagen.

5. Richtlijnen

5.1. Sorteren bij de bron

Sorteren bij activiteiten aan het begin van het proces is eenvoudiger dan in stroomafwaartse processen. Het scheiden van verschillende materialen is veel efficiënter bij de bron dan bij sorteerdere. Hoe later in het recyclageproces hoe moeilijker en hoe meer kosten voor het doeltreffend sorteren van verpakkingsafval. Ook zorgt het apart sorteren van folies voor een stijging in opbrengsten voor de ontpakker. De bedragen die men ontvangt voor zuivere stromen zijn hoger dan voor minder kwaliteitsvolle stromen. Apart sorteren heeft dus voordelen voor zowel de ontpakker als de uiteindelijke recycler.



Het creëren van uniformiteit omtrent de kwaliteit van folies is broodnodig om de efficiëntie van het hele circulaire proces te verbeteren. Uniformiteit in de cyclus kan verbeteren aan de hand van een classificatiesysteem dat steunt op de verschillende factoren die de uiteindelijke recyclage verstoren. Het opsplitsen van materiaalkwaliteit en hoeveelheid onzuiverheden zorgt voor een toevoeging van waarde aan het verpakkingsafval.

Qua materiaalkwaliteit blijft transparant het meest kwaliteitsvol. Dit omdat er bij recyclage steeds een klein verlies aan transparantie voorvalt. Samenvoegen van transparante en heldere (gerecycleerde transparante folies) folies heeft geen grote invloed op de uiteindelijke kwaliteit van het recyclaat. Daarnaast moeten bonte folies apart worden ingezameld omdat de uiteindelijke kleur van het recyclaat wijzigt en dus zorgt voor een vermindering van kwaliteit ten opzichte van sommige toepassingen.

Op het gebied van onzuiverheden kan er opgedeeld worden in verschillende classificaties afhankelijk van de soort en de hoeveelheid (**Bijlage 1**). Natuurlijk zijn folies zonder onzuiverheden het meest kwaliteitsvol, gevolgd door folies met minimale contaminatie. De grenswaarde (bepaald verder in dit rapport) is voor elke soort onzuiverheid anders en bepaalt op zijn beurt ook de kwaliteit van het uiteindelijke recyclaat.

Informereren naar de volgende schakel in de cyclus kan niet over het hoofd gezien worden. Een uniforme aanpak doorheen alle sectoren zal de communicatie tussen en het vertrouwen in andere verbeteren. Documentatie van de juiste classificatie is cruciaal om ervoor te zorgen dat er geen problemen opduiken in verdere processen. Het juist aangeven en sorteren van verpakkingsafval kan bedrijven helpen om hun aandacht te vestigen op het gebied van recyclage.

5.2. Minimaliseren van contaminatie tijdens het recyclageproces

De technische kant van het recyclageproces is volledig onder controle, toch kunnen meerdere elementen een kwaliteitsvolle recyclage verstoren. Ten eerste is de materiaalkeuze van uitermate belang voor de uiteindelijke kwaliteit en de zuiverheid van het proces. Het gekozen materiaal dient compatibel te zijn met het recyclageproces van de folie (LDPE). Hierdoor zijn labels gemaakt uit LDPE het meest geschikt voor recyclage omdat ze volledig compatibel zijn. Daarnaast zijn papieren labels deels compatibel, ze verstoren in kleine mate het proces. Indien men het labeloppervlak bij papieren labels minimaliseert zal deze storing te niet gedaan worden. Ook labels vervaardigd uit PP kunnen gerecycleerd worden met LDPE, omdat ze ongeveer dezelfde verwerkingstemperatuur hebben en moeilijk te verwijderen aan de hand van sorteerprocessen

Niet-compatibele materialen moeten te allen tijde vermeden worden. Ze verstoren het recyclageproces in dergelijke mate zodat het recyclaat van zéér lage kwaliteit is. Vooral PVC moet vermeden worden omdat het tijdens het proces zorgt voor vele giftige gassen die niet wenselijk zijn. Ook lijmen, inkten en pigmenten mogen in geen enkel geval de kwaliteit van het eindresultaat beïnvloeden.

Standaardiseren van de soort en hoeveelheid contaminatie die aanwezig mag zijn is zeer belangrijk. Aan de hand van richtlijnen (**Bijlage 1**), kunnen spelers in de kunststofwaardeketen hierover geïnformeerd worden. Ook kunnen verpakkers en ontwikkelaars van verpakkingen zich aanpassen aan deze richtlijnen om de recycleerbaarheid van hun producten te verbeteren. Indien er begrip ontstaat voor deze richtlijn en alle spelers deze opnemen in hun sorteersysteem is de ruimte voor verandering. Sorteersystemen kunnen zo meer zuivere en meer recyclebare materiaalstromen voortbrengen.

5.3. Evolutie naar flinterdunne folies stopzetten voor secundaire en tertiaire verpakkingen

De hedendaagse trend in verband met folies is het steeds dunner maken van het materiaal. Voor sommige toepassingen kan dit een effectief verschil genereren op meerdere gebieden (kostenbesparingen). Ook het steeds toevoegen van meer lagen wordt veel toegepast. Deze twee elementen zijn daarentegen negatief voor het recyclageproces.

De negatieve effect van steeds dunnere folies staat in rechtstreeks verband met het verminderen van de output van het recyclageproces. De belangrijkste fase in het recyclageproces is het wassen, hierbij is het wasbaar oppervlakte de bepalende parameter voor de output. Indien de dikte van het materiaal daalt, zal de wasbare oppervlakte stijgen en dus uiteindelijk de output van de wasinstallatie dalen. Het steeds dunner worden van folie heeft geen negatieve invloed op de kwaliteit van het recyclaat maar zorgt ervoor dat de werkbare capaciteit drastisch verminderd. Het gebruiken van dikkere folies heeft geen grote nadelen voor de verpakkers zelf, dikkere folies zijn meer waard voor recyclers. Hierdoor zal de prijs die men krijgt voor dit afvalmateriaal groter worden omdat het wenselijker is voor de recyclage-installatie.

Daarnaast is het gebruik van multilayers bij secundaire en tertiaire folies niet nodig. Ze moeten niet dezelfde eigenschappen bezitten als de primaire verpakkingsmaterialen en voldoende sneller aan de nodige parameters. Het toevoegen van meerdere lagen om bepaalde eigenschappen als gasdoorlaatbaarheid en waterbestendigheid te verbeteren zijn dus niet cruciaal bij bedrijfsmatige folieverpakkingen. Behouden van materialen bestaande uit éénzelfde materiaal is zeker een mogelijkheid. Het belang van mono-materialen is groot omdat er geen toepassingen bestaan om multilayers, vervaardigd uit meerdere materiaalsoorten, efficiënt te recycleren. Enkel indien de separatie van meerdere lagen mogelijk is, kan het gebruik van meerlaagse folies gevalideerd worden. Indien het gebruik van een multilayers nodig is om bepaalde mechanische eigenschappen te bereiken mogen er enkel compatibele materialen gebruikt worden. In het geval van LDPE is dit enkel LDPE, LLDPE en PP (maar dit in zeer minimale mate (< 3%)).

Naast de evolutie naar folies bestaande uit vele lagen moet de complexiteit van al de verschillende lagen geminimaliseerd worden. Dit gaat recht in tegen het principe van ladingzekering en dergelijke. Maar indien er geen verschuiving zal plaatsvinden in het recycleatgebruik zal de overheid tot grote waarschijnlijkheid ingrijpen, met het verbieden van bepaalde verpakkingsfolies tot gevolg. Aan de hand van dit argument moet het produceren van dikkere, meer circulaire, folies met recycleat gepromoot worden ten opzichte van zeer technische, niet-recycleerbare folies. Enkel met behulp van alle spelers binnen de kunststofwaardeketen kunnen dergelijke voorstellen plaatsnemen in de huidige situatie.

5.4. Integratie van recycleat in nieuwe toepassingen

Het gebruik van recycleat in het huidige verpakkingsmateriaal is slechts van minimale mate. Dit is het gevolg van enerzijds het geringe aanbod aan recycleatverpakkingen en anderzijds de kwaliteit van het huidige recycleat. Toch moet men nadenken over de huidige mogelijkheden om recycleat toe te passen. Enkel door de vraag naar recycleat te verhogen zal er uiteindelijk beter materiaal op de markt komen. Het recycleat zal kwalitatief mee groeien met het gebruik waardoor er meer mogelijkheden ontstaan. Zowel voor het recycleat van bont folieafval als voor het transparante afval zijn er nieuwe toepassingen nodig.

Evalueren van de mogelijkheden omtrent het wisselen van verpakkingsmateriaal voor welbepaalde toepassingen is een cruciale stap richting het verbeteren van recycleatmateriaal. Daarnaast moet men ook nadenken over de kwaliteit van verpakking die men gebruikt. Niet alle toepassingen vragen voor een transparante virgin folie. Bovendien kan het invoegen van een nieuw verpakkingsstelsel een bedrijf voorzien van een beter en groener imago.

5.5. Evaluatie van huidige sorteersystemen

Het checken van het eigen sorteersysteem is de eerste stap richting verbetering. Knelpunten in het systeem aanhalen en verhelpen kan een toegevoegde waarde betekenen voor het sorteerrendement. Dit rendement staat rechtstreeks in verhouding met het financiële aspect van verpakkingsafval en kan een doorslaggevende factor zijn. Bijkomend kan het toepassen van uniforme richtlijnen omtrent recyclage (**Bijlage 1**) het systeem verbeteren. Hierdoor zitten alle spelers in de kunststofwaardeketen op dezelfde lijn en begrijpen ze de problematiek omtrent plastic recyclage beter.

5.5.1. Stappenplan voor verbetering

- 1) Voer een afvalaudit uit
- 2) Neem contact op met producenten en recycleurs om huidig recyclagesysteem te verbeteren
- 3) Overweeg andere verzamelmethoden
- 4) Train medewerkers
- 5) Plaats verzamelbakken op gepaste locaties
- 6) Kies een verantwoordelijke voor folie-inzameling (binnen het bedrijf)
- 7) Onderhoud communicatie met recycleur en ophaler over de kwaliteitsvereisten
- 8) Houd werknemers op de hoogte over veranderingen in het sorteersysteem
- 9) Indien mogelijk: Nasortering organiseren

5.5.1.1. Voer een afvalaudit uit

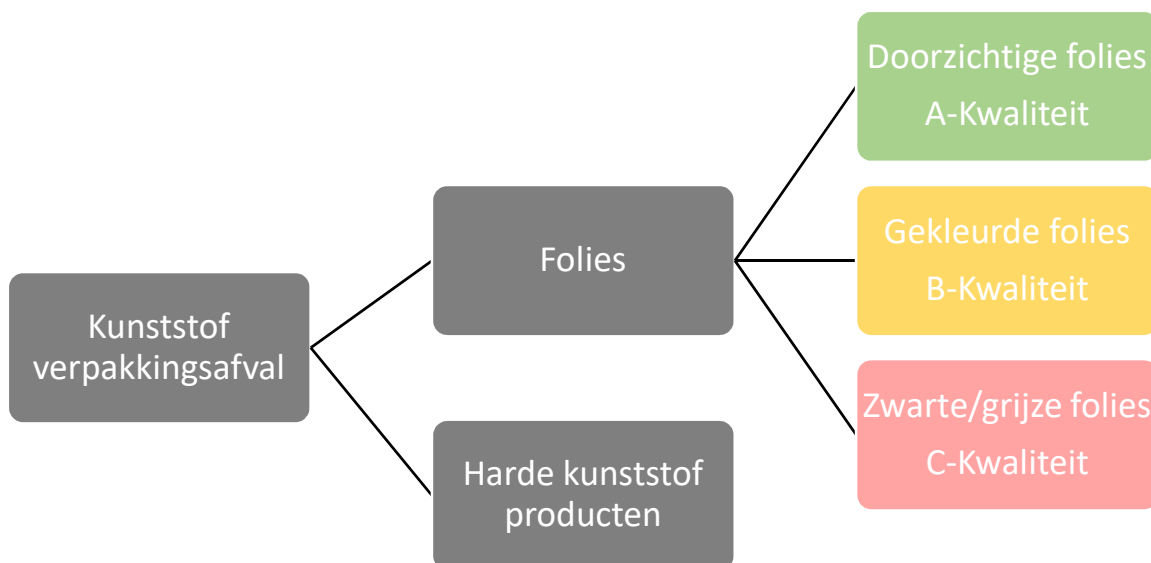
Bekijk de inhoud van afvalbakken, en –containers om te evalueren wat er precies misloopt in het sorteersysteem. Weet welk folieafval genereerd wordt in het bedrijf om efficiënt te sorteren.

5.5.1.2. Neem contact op met producenten en recycleurs om huidig recyclagesysteem te verbeteren

Naast kennis over het recyclage- en productieproces, kunnen deze sectoren assistentie bieden door technische informatie te delen over de folies. Enerzijds vermelding van welke producten er verwerkt zitten in de folie, anderzijds de compatibiliteit van de folies met het recyclageproces.

5.5.1.3. Overweeg andere verzamelmethoden

Indien er voldoende folie vrijkomt in het bedrijf, moet de overweging gemaakt worden op specifiekere te sorteren. Met behulp van verkregen informatie van recycleur en producent samen met de richtlijnen opgesteld door RecyClass (Bijlage 2 en Bijlage 3) kan het sorteren opgedeeld worden (Figuur 3). In onderstaande figuur wordt een kleurencode voorgesteld die overeenkomst met de RecyClass-richtlijnen en verder uitgewerkt is in **Bijlage 1**. Door folies te sorteren aan de hand van deze kleurencode zal de waarde van de afzonderlijke stromen verpakkingsafval verhogen. Daarnaast is het zeer belangrijk dat er geen andere afvalstoffen in de afzonderlijke stromingen verzeild geraken.



Figuur 3: Onderverdeling kunststof verpakkingsafval

5.5.1.4. Train medewerkers

Naast het evalueren van het systeem is het opleiden van werknemers cruciaal. Deze mensen zorgen namelijk voor de sortering zelf en zijn de eerste stap in het recyclageproces. Aan de hand van *In Company Training* of audits moeten werknemers gestimuleerd worden om beter te sorteren. Deze trainingen zijn fundamenteel om de recyclagepercentages binnen het bedrijf op te krikken. In combinatie met aanpassingen vanuit de evaluatie moet het verbeterde sorteersysteem veel efficiënter zijn.

5.5.1.5. *Plaats verzamelbakken op gepaste locaties*

Om de efficiëntie van sortering te verhogen, moet er geanalyseerd worden waar kunststof verpakkingsfolies vrijkomen. Deze analyse moet de locatie aanduiden waar verzamelbakken geplaatst moeten worden. Aan de hand van een goede analyse kan het aantal bakken verminderen (op éénzelfde locatie) waardoor vergissingen tot een minimale waarde geëlimineerd worden.

5.5.1.6. *Kies een verantwoordelijke voor folie-inzameling (binnen het bedrijf)*

Sortersystemen kunnen enkel werken indien er voldoende controle is op de werkvloer zelf. Om dit te verzekeren, is het aanduiden van een verantwoordelijke van cruciaal belang. Door een werknemer aan te duiden die constant aanwezig is, zullen vergissingen en sorteerfouten stilaan verminderen.

5.5.1.7. *Onderhoud communicatie met recycleur en ophaler over de kwaliteitsvereisten*

Sorteren op zich is een goed gegeven maar moet dit de ontpakker communiceren met de ophaler. Indien de ophaler weet welke stromen folieafval ter beschikking zijn zal hij zich kunnen aanpassen om de stromingen in geen enkel geval te mengen.

5.5.1.8. *Houd werknemers op de hoogte over veranderingen in het sorteersysteem*

Buiten de nodige trainingen van werknemers, moeten deze mensen op de hoogte blijven van veranderingen in het sorteersysteem om hun gemotiveerd te houden.

5.5.1.9. *Indien mogelijk: Nasortering organiseren*

Indien de middelen er zijn om nasortering te organiseren voor kunststof folieafval, zal dit rechtstreeks de materiaalstroom zuiverder maken. Nasortering moet worden gecommuniceerd met de ophaler om dubbele sorteringen te vermijden.

5.6. *Verbeterde communicatie realiseren tussen rechtstreekse partners*

Implementeren van nieuwe materialen is een sprong in het diepe voor vele ondernemingen. Om deze uitdaging te vergemakkelijken moeten alle sectoren in de waardeketen elkaar beter informeren. De verbetering in communicatie kan op verschillende gebieden, van data sheets tot het opbouwen van vertrouwen tussen de sectoren. Ook vermeldingen van recycleatgebruik en materiaalsoort kunnen behulpzaam zijn voor stroomafwaartse spelers. Eventuele vermelding van gebruikte inkten, labels, enz. (kwaliteit van het afval (zie **Bijlage 1**)) kan bruikbaar zijn voor het nadien sorteren van het verpakkingsafval.

6. Innovatie en onderzoek

Parallel met de guidelines zijn er andere aanpassingen nodig om de recyclagedoelstellingen te doen stijgen. Naast het verbeteren van de recyclage moet het onderzoek naar nieuwe materialen opgestart worden. Deze onderzoeken moeten een initiatief zijn vanuit de industrie (kunststofwaardeketen). , dit mogelijks in samenwerking met naburige universiteiten en onderzoeksfaciliteiten. Enkel door grondig onderzoek kan het volledig potentieel van folierecyclage bereikt worden. Daarnaast moet de mogelijkheid bestaan om gesubsidieerde projecten op te starten tussen de verschillende sectoren in de kunststofwaardeketen, universiteiten en VAL-I-PAC. Innovatie en onderzoek zijn naast de guidelines belangrijke elementen om de toekomst van kunststofrecyclage te verbeteren

Bijlagen

Bijlage 1: Voorstelling onderverdeling sorteren

	Volledige compatibiliteit Meest zuivere afvalstroom voor productie van hoogwaardig recycleermateriaal ⇒ A-Kwaliteit	Gedeeltelijke compatibiliteit Resultaat: Kwalitatief recycleerbaar voor vele (minderwaardige) toepassingen ⇒ B-Kwaliteit	Lage compatibiliteit Resultaat: grijs- of zwartkleurig recycleerbaar geschikt voor minderwaardige toepassingen (downcycling-) ⇒ C-Kwaliteit
Polymeren	LDPE, LLDPE	Multilayer PP/PE	PVC en andere polymeren
Foliekleur	Doorzichtig/helder	Gekleurde folies	Grijze en zwarte folies
Labels (beperkte oppervlakte: < 5%)	LDPE-label, LLDPE-label, Papieren label (recyclage papier mogelijk, echter liefst kunststof labels)	PP-label (opp. < 5%)	Gemetalliseerd label en andere
Tapes	LDPE, LLDPE, Papier (wateroplosbare lijm (< 60°C))		
Lijmen	Wateroplosbaar (< 60°C) of in-water- verwijderbaar		
Inkten (EUPIA-guidelines)	Niet-toxisch inkten	Inkten die uitlopen	Toxische of gevaarlijke inkten
Directe print	Lasermarkeringen	Printoppervlak < 50% van totale oppervlakte	Printoppervlak > 50% van totale oppervlakte
Additieven			Concentraties > 0,97 g/cm ³

Bijlage 2: RecyClass PE Transparant Natural Flexible film

PE Transparent Natural Flexible film			
	<p>Full compatibility YES</p> <p>Materials that passed the testing protocols with no negative impact OR materials that have not been tested (yet), but are known to be acceptable in PE recycling</p>	<p>CONDITIONAL Limited compatibility</p> <p>Materials that passed the testing protocols if certain conditions are met OR materials that have not been tested (yet), but pose a low risk of interfering with PE recycling</p>	<p>NO Low compatibility</p> <p>Materials that failed the testing protocols OR materials that have not been tested (yet), but pose a high risk of interfering with PE recycling</p>
Polymer	PE-LD; PE-LLD; PE-HD	multilayer PP/PE	any other polymer
Colours	unpigmented; transparent; white	light colours; translucent colours	dark colours
Barrier	barrier in the polymer matrix	barrier layer EVOH (in polyolefinic combination film); metalized layers	barrier layer PVC; PA, PVDC; any other barrier layer foaming agents used as expandant chemical agents; aluminium
Additives			additives concentration ≥ 0.97 g/cm ³
Labels	PE label	Paper label	metalized labels; any other
Adhesives	water soluble (less than 60°C)		
Inks	non toxic - follow EUPIA Guidelines	inks that bleed	toxic or hazardous inks
Direct Printing	laser marked; production or expiry date	printing covering < 50%	printing covering $\geq 50\%$



Last updated November 2017

Bijlage 3: RecyClass PE Coloured Flexible film

PE Coloured Flexible film

	<p>Materials that passed the testing protocols with no negative impact</p> <p>OR</p> <p>materials that have not been tested (yet), but are known to be acceptable in PE recycling</p> <p>Full compatibility</p> <p>YES</p>	<p>Materials that passed the testing protocols if certain conditions are met</p> <p>OR</p> <p>materials that have not been tested (yet), but pose a low risk of interfering with PE recycling</p> <p>Limited compatibility</p>	<p>Materials that failed the testing protocols</p> <p>OR</p> <p>materials that have not been tested (yet), but pose a high risk of interfering with PE recycling</p> <p>Low compatibility</p> <p>NO</p>
Polymer	PE-LD; PE-LLD; PE-HD	multilayer PP/PE	any other polymer
Colours	light colours; translucent colours	dark colours	
Barrier	barrier in the polymer matrix	barrier layer EVOH (in polyolefinic combination film); metallized layers	barrier layer PVC; PA, PVDC; any other barrier layer foaming agents used as expandant chemical agents; aluminium
Additives			additives concentration ≥ 0.97 g/cm ³
Labels	PE label	Paper label	metallized labels; any other
Adhesives	water soluble (less than 60°C)		
Inks	non toxic - follow EUPIA Guidelines	inks that bleed	toxic or hazardous inks
Direct Printing	laser marked; production or expiry date; printing covering < 50%	printing covering $\geq 50\%$	

Auteursrechtelijke overeenkomst

Ik/wij verlenen het wereldwijde auteursrecht voor de ingediende eindverhandeling:
<i>Guidelines</i> voor het ontwikkelen van bedrijfsmatige kunststof verpakkingen

Richting: **master in de industriële wetenschappen: verpakkingstechnologie**
Jaar: **2018**

in alle mogelijke mediaformaten, - bestaande en in de toekomst te ontwikkelen - , aan de Universiteit Hasselt.

Niet tegenstaand deze toekenning van het auteursrecht aan de Universiteit Hasselt behoud ik als auteur het recht om de eindverhandeling, - in zijn geheel of gedeeltelijk -, vrij te reproduceren, (her)publiceren of distribueren zonder de toelating te moeten verkrijgen van de Universiteit Hasselt.

Ik bevestig dat de eindverhandeling mijn origineel werk is, en dat ik het recht heb om de rechten te verlenen die in deze overeenkomst worden beschreven. Ik verklaar tevens dat de eindverhandeling, naar mijn weten, het auteursrecht van anderen niet overtreedt.

Ik verklaar tevens dat ik voor het materiaal in de eindverhandeling dat beschermd wordt door het auteursrecht, de nodige toelatingen heb verkregen zodat ik deze ook aan de Universiteit Hasselt kan overdragen en dat dit duidelijk in de tekst en inhoud van de eindverhandeling werd genotificeerd.

Universiteit Hasselt zal mij als auteur(s) van de eindverhandeling identificeren en zal geen wijzigingen aanbrengen aan de eindverhandeling, uitgezonderd deze toegelaten door deze overeenkomst.

Voor akkoord,

Kaerts, Jorgen

Datum: **4/06/2018**