

Master Thesis 2020/2021

The Environmental Impact of a
Transition to On-Demand Knitwear

Report

Marije Lytske Hester



Image Credits:
Photographer:
Model:
Concept:
Styling:
Post-production:

Tristan Melano
Sanele Xaba Junior
New Industrial Order
Virgile Blossa
Louisa Enthoven

‘It always seems impossible, until it is done’

Nelson Mandela

The Environmental Impact of a Transition to On-Demand Knitwear

Comparing the Bulk Supply Chain to the On-Demand Supply Chain of a Knitted Jumper

Keywords: Digitalisation, On-Demand Manufacturing, 3-D Knitting, Environmental Impact, LCA, Nearshoring, Overstock, Fashion-On-Demand

The following research was conducted for the Amsterdam based start-up, New Industrial Order. The research is presented in this Master Thesis, required for the Degree of Master of Science Innovative Textile Development from Saxion University of Applied Sciences in Enschede.



Thesis supervisor & first reader: Dr.Ir. H.W.M. van Bommel

Second reader: Dr. Ir. H. Gooijer

Student

Marije Lytske Hester

MSc Program

Innovative Textile Development

Student email

488982@student.saxion.nl

Supervisor

Dr.Ir. H.W.M. van Bommel

Company Supervisor

Rosanne van der Meer, New Industrial Order

Summary

The study was conducted in commission of New Industrial Order (N.I.O), a laboratory for Fashion-On-Demand based in Amsterdam. A knowledge gap in literature was identified concerning the environmental performance of On-Demand manufacturing. To fill the gap, a preliminary Life Cycle Assessment was initiated, comparing a Bulk supply chain, modelled on a potential client of N.I.O, to an On-Demand supply chain of a knitted jumper. Characteristic of a Bulk supply chain is the existence of overstock, which connotes negative environmental impact. The study's purpose was to give N.I.O further in-depth knowledge of the environmental impact of their business concept in relation to their potential client's. The main research question formulated for this study reads: *What is the environmental implication of exchanging Bulk manufacturing for On-Demand manufacturing?*

To balance and cross check information, the study combined qualitative and quantitative methods, such as:

- a review of literature
- semi-structured interviews with stakeholders across the supply chain
- a preliminary Life Cycle Assessment based on the ISO 14040&14044 guidelines

The study's initial results showed a relatively small difference between the Bulk jumper and the On-Demand jumper. The On-Demand jumper results were even found to be higher in the categories Climate Change and Primary Energy Content compared to the Bulk jumper. This was due to the higher impact of the plastic carrier bag in Packaging and the use of Air Freight in Transport. To this end, a Sensitivity Analysis (SA) was performed on four topics:

- SA 1 focused on the effect of different product distribution routes within the Bulk supply chain
- SA 2 researches alternative On-Demand Packaging Material
- SA 3 mapped out On-Demand Transport scenarios (P1, P2, P3, P4)
- SA 4 looked into applying Economic Allocation of Overstock

The study found that the Unsold stock Distribution route has a higher impact in the Climate Change impact category than both the Bulk Retail Route and the On-Demand Scenario, due to the extra transport that is needed to distributed the overstock to other

markets. The study also showed a favorable outcome if the packaging material in the On-Demand supply chain would reduce its use of plastic by switching to paper-based material. As for Transport, the results support a reduction of impact when production is moved closer to the demand, however a more profound decrease in environmental impact was seen by substituting the use of Air Freight for Truck. A trade off in delivery time extension will be an additional effect.

The study can conclude that the implementation of economic allocation to adjust the Bulk scenario with adding the 'avoided impact' of overstock showed a positive outcome for the On-Demand jumper supply chain. The Bulk scenario with 'avoided impact' reported an increased impact of between 10 and 17% across all the impact categories. Based on this scenario, the study has shown that exchanging Bulk manufacturing for an On-Demand manufacturing strategy would result in a reduction in environmental impact.

While the study used Economic Allocation to include the factor of Overstock, a misalignment has been observed with relationship between the level of environmental impact and economic value due to the exclusion of consumer behavior influence. The study therefore requires further research and recommends adopting another research method for the same comparison: Eco-costs/Value Ratio. The purpose of EVR is to match the value of a product or service to its environmental impact (Figure 32), it therefor makes room to model consumption patterns or 'intention to buy' (TU Delft, 2021; Vögtlander, 2017). This would be an additional step towards closing the knowledge gap and beneficial for N.I.O's business development.

Acknowledgements

This work could not have been conducted without the help and guidance of the following people, to whom I owe a big thanks;

- Rosanne van der Meer and the New Industrial Order team for giving me the opportunity to work with them on their visionary mission, and for showing me the development of N.I.O in the FieldLab at AMFI despite a pandemic. It is truly inspirational and I've learned a lot from you. Thank you for helping me along, thinking with me and connecting me with your network.
- Dr.Ir. H.W.M. van Bommel for accepting to be my supervisor during this process. Thank you for your comments, advice and engagement throughout this research.
- A special thanks to Dr. Ir Natascha M. van der Velden, without her expert guidance this thesis wouldn't be what it is. Thank you for your time, motivation, enthusiasm and involvement on top of the vital knowledge and understanding of LCA's you've brought to my research.
- Dr. Ir. Joost G. Vögtlander for making the time and effort to provide me with valuable feedback and sharpen my understanding of Economic Allocation.
- Anton Luiken, Dr. Jens Oelerich for supporting me with advice, reflection and provided assistance in the use of tools.

Furthermore, I would like to express gratitude to the people who have participated in the interviews and conversations done for the research, thank you for your openness and willingness to share your experiences and knowledge with me.

I would like to thank my class of MS ITD 2019 for sharing the experience of this Master, a special shout out to Pi-Kuang Tsai, Roos Herder, Sarah de Visser, Prarthana Metrani and Margot Chevalier. A massive thanks to Mary Molloy and Theresia Grevinga, for all the conversations, for keeping my spirits up and my focus on my goals.

And last, the people whom I owe an indefinite amount of gratitude because of their constant support in whatever I decide to do: my dear friends Bente Hottinga, Stefanija Najdovska and Michiel Kieft. Thank you for listening, cooking dinners (or eating my cooking) and being my happy place. My parents, Marleen Bijlsma & Albert Hester, brother, sister & inlaws: Thank you for your unconditional love, jokes and support!

Table of Content

SUMMARY	4
ACKNOWLEDGEMENTS	6
LIST OF FIGURES	9
LIST OF TABLES	10
GLOSSARY AND ABBREVIATIONS	12
1. INTRODUCTION.....	14
<i>Development of the Fashion Industry</i>	<i>14</i>
<i>The European Textile Market</i>	<i>15</i>
<i>The European Green Deal.....</i>	<i>16</i>
1.1 NEW INDUSTRIAL ORDER.....	18
1.2 PROBLEM STATEMENT	20
1.3 RESEARCH SCOPE & OBJECTIVE.....	23
1.4 METHODOLOGY	26
<i>Review of Literature.....</i>	<i>26</i>
<i>Interviews.....</i>	<i>27</i>
<i>Life Cycle Assessment.....</i>	<i>27</i>
2. REVIEW OF LITERATURE	29
ON-DEMAND MANUFACTURING.....	29
INDUSTRIAL APPAREL KNITTING	30
3. LIFE CYCLE ASSESSMENT	34
3.1 INTRODUCTION TO LCA	34
3.2 GOAL & SCOPE OF THE STUDY	36
3.2.1 <i>Functional Unit.....</i>	<i>39</i>
3.2.3 <i>System Boundaries</i>	<i>41</i>
3.2.3.a. Shared Processes Part 1.....	44
3.2.3.b. Bulk Supply Chain.....	54
3.2.3.c. On-Demand Supply Chain	57
3.2.3.d. Shared Processes Part 2.....	59
3.3 LIFE CYCLE INVENTORY.....	60
4. RESULTS	61
4.1 BULK SUPPLY CHAIN.....	62
4.2 ON-DEMAND SUPPLY CHAIN.....	62
4.3 COMPARATIVE ANALYSIS	63
5. SENSITIVITY ANALYSIS.....	65
5.1 BULK ALTERNATIVE DISTRIBUTION ROUTES	66
5.2 ON-DEMAND PACKAGING MATERIAL	69
5.3 ON-DEMAND TRANSPORT	71
5.4 ECONOMIC ALLOCATION OF OVERSTOCK	74
6. DISCUSSION.....	77
THE EFFECTS OF PACKAGING AND TRANSPORT	77
THE EFFECTS OF OVERSTOCK	78
THE RELATIONSHIP OF ON-DEMAND MANUFACTURING AND KNITTING TECHNOLOGY	80
LIMITATIONS OF THE STUDY	81
7. CONCLUSION	83
8. RECOMMENDATIONS	85

9. REFLECTION.....	87
10. REFERENCES	89
APPENDIX I.....	101
LCI DATA AND ASSUMPTIONS	101
<i>Shared Processes Part 1</i>	101
<i>Bulk Supply Chain</i>	106
<i>On-Demand Supply Chain</i>	108
<i>Shared Processes Part 2</i>	109
APPENDIX II.....	111
RESULTS BULK.....	111
RESULTS ON-DEMAND	113
APPENDIX III.....	116
SENSITIVITY ANALYSIS 1	116
<i>Alternative Bulk Distribution Routes</i>	116
<i>Alternative Bulk Routes – 1 jumper</i>	118
APPENDIX IV	122
SENSITIVITY ANALYSIS 3.....	122
<i>Data adjustment</i>	122
<i>Results</i>	124
APPENDIX V	125
SENSITIVITY ANALYSIS 4.....	125
<i>Detailed data</i>	125
APPENDIX VI	130
INTERVIEWS.....	130
1. <i>LCA Expert</i>	132
2. <i>Knit Engineer</i>	144
3. <i>3-D Knitwear Manufacturer</i>	159
4. <i>Buying Expert</i>	169
5. <i>Consultant Sustainable Textiles</i>	171

List of Figures

Figure 1. Flowchart of New Industrial Order workflow	19
Figure 2. Bulk Push system and On-Demand Push-Pull system	20
Figure 3. Two key aspects of N.I.O	24
Figure 4. Visualization of the overlap of Bulk position and N.I.O envisioned position	25
Figure 5. Cut & Sew production method (Peterson, 2016a)	31
Figure 6. Fully Fashioned production method (Peterson, 2016a)	32
Figure 7. Complete Garment production method (Peterson, 2016a)	33
Figure 8. Shima Seiki WHOLEGARMENT Mach 2XS Machine at Field Lab	33
Figure 9. A system in LCA, adapted from Vögtlander (2017)	34
Figure 10. 4 LCA phases and the process phases In Modint Ecotool	36
Figure 11. Scope of the study	37
Figure 12. Product Breakdown Structure of the Beats Royal 20AWP	39
Figure 13. Total System, processes and boundaries flow chart	43
Figure 14. The shared processes of the Raw Material and Manufacturing Phases	44
Figure 15. Wool micron Grades and Uses (IWTO,2020)	46
Figure 16. Lanaset®/SOLOPHENYL® dye bath procedure (Huntsman,2007)	50
Figure 17. Lanaset®/NOVACRON® F/FN dye bath procedure (Huntsman, 2007)	51
Figure 18. Supply Chain 1: Bulk processes	54
Figure 19. Bulk: Distribution options specification	55
Figure 20. Supply Chain 2: On-Demand Processes	57
Figure 21. On-Demand Distribution specification	57
Figure 22. The shared processes of the Usage Phase and End of Life	59
Figure 23. Product Use stages (Adapted from Sandin et al, 2019)	59
Figure 24. Climate Change and Primary Energy Content results	61
Figure 25. Water Use and Chemical Use results	61
Figure 26. Comparing results	64
Figure 27. Sensitivity Analyses 1, 2, 3, 4 Overview	65
Figure 28. SA 1: Distribution Scenarios	66
Figure 29. SA 3: Transport Map On-Demand Jumper Production 1	71
Figure 30. SA 3: Transport Map On-Demand Jumper Production Scenarios P2, P3, P4	72
Figure 31. SA 4: Assumption for the stock amounts sold	74

List of Tables

Table 1. Data retrieved from Kort, van der Vusse & van Grootel (2020)	21
Table 2. Research methods	26
Table 3. Interviewees overview	27
Table 4. Functional Unit – product specification	40
Table 5. Data Requirements	42
Table 6. Overview total impacts Bulk	62
Table 7. Overview total impacts On-Demand	63
Table 8. SA 1: Bulk Assumptions and Stock Data	66
Table 9. SA 1: Bulk Distribution	67
Table 10. Pathway 1. E-Com Route	67
Table 11. Pathway 2. Unsold Route	68
Table 12. SA 1: Distribution Scenario Results	69
Table 13. SA 2: Overview Packaging phase impacts per category	70
Table 14. SA 2: Overview total impacts per category	70
Table 15. SA 3: Overview total impacts per production location	73
Table 16. SA 3: Overview total impacts per production location Truck	73
Table 17. SA 4: Bulk Assumptions and Stock Data	75
Table 18. SA 4: Bulk amount – Price proportion	76
Table 19. SA 4: Overview total impacts per category	76
 Appendix	
Table 29. A1: Raw Material data	101
Table 21. A1: Raw Material - Pretreatment data	102
Table 22. A1: Raw Material – Transport data	103
Table 23. A1: Raw Material – Transport data	103
Table 24. A1: Manufacturing – Spinning data	103
Table 25. A1: Manufacturing – Dyeing data	104
Table 26. A1: Yarn Manufacturing – Transport data	105
Table 27. A1: Manufacturing – Knitting data	105
Table 28. A1: Bulk Manufacturing – Packaging data	106
Table 29. A1: Bulk Garment – Transport data	107
Table 30. A1: Bulk Manufacturing – Packaging data	107
Table 31. A1: Bulk Usage – Transport data	108
Table 32. A1: O-D Manufacturing – Packaging data	108
Table 33. A1: O-D Usage – Transport data	109
Table 34. A1: Usage – Domestic Laundering	109
Table 35. A1: Disposal – Transport data	110
Table 36. A1: Disposal – Post User treatment	110

Table 37. A2: Results Bulk Climate Change	111
Table 38. A2: Results Bulk Primary Energy Content	112
Table 39. A2: Results Bulk Water	112
Table 40. A2: Results Bulk Chemical	112
Table 41. A2: Results Bulk Land	113
Table 42. A2: Results On-Demand Climate Change	113
Table 43. A2: Results On-Demand Primary Energy Content	114
Table 44. A2: Results On-Demand Water	114
Table 45. A2: Results On-Demand Chemical	115
Table 46. A2: Results On-Demand Land	115
Table 47. A3: Alternative Bulk 900 – Climate Change	116
Table 48. A3: Alternative Bulk 900 – Primary Energy Content	116
Table 49. A3: Alternative Bulk 900 – Use of Water	117
Table 50. A3: Alternative Bulk 900 – Use of Chemicals	117
Table 51. A3: Alternative Bulk 900 – Land Use	118
Table 52. A3: Alternative Bulk 1 – Climate Change	118
Table 53. A3: Alternative Bulk 1 – Primary Energy Content	119
Table 54. A3: Alternative Bulk 1 – Use of Water	119
Table 55. A3: Alternative Bulk 1 – Use of Chemicals	120
Table 56. A3: Alternative Bulk 1 – Land Use	120
Table 57. A3: Sensitivity Analysis 1: Distribution Scenarios	121
Table 58. A4: Overview Transport in On-Demand Supply Chain P1	122
Table 59. A4: Overview Transport in On-Demand Supply Chain P2	122
Table 60. A4: Overview Transport in On-Demand Supply Chain P3	123
Table 61. A4: Overview Transport in On-Demand Supply Chain P4	123
Table 62. A4: Overview Transport Impact Categories	124
Table 63. A4: Overview Transport Impact Categories Lorry	124
Table 64. A5: Bulk amount – Price proportion	125
Table 65. A5: Economic Allocation Impact Climate Change	125
Table 66. A5: Economic Allocation Impact Primary Energy Content	126
Table 67. A5: Economic Allocation Impact Water Use	126
Table 68. A5: Economic Allocation Impact Chemicals Use	126
Table 69. A5: Economic Allocation Impact Land Use	127
Table 70. A5: Bulk + avoided Impact, Impact Climate Change	127
Table 71. A5: Bulk + avoided Impact, Impact Primary Energy Content	128
Table 72. A5: Bulk + avoided Impact, Impact Water Use	128
Table 73. A5: Bulk + avoided Impact, Impact Chemical Use	129
Table 74. A5: Bulk + avoided Impact, Impact Land Use	129

Glossary and Abbreviations

Digitalisation

the use of digital technologies

Industry 4.0 / The Fourth Industrial Revolution

'the digital transformation of the entirety of industrial and consumer markets'
(Ghobakhloo, 2019).

Circular Economy (CE)

'is a systematic approach to economic development designed to benefit businesses, society and the environment. The Circular Economy is regenerative by design and aims to decouple growth from the consumption of finite resources' (Ellen MacArthur Foundation, 2017).

Fast Fashion

low-cost, low-quality clothing collections that imitate luxury brands and is typically designed as a fast-response system (Joy et al, 2012).

Ready-made *Bought or found in a finished form and available to use immediately*
(Cambridge, 2021e).

On-Demand (O-D) facilitating something at a time of someone's need

New Industrial Order (N.I.O)

Product-on-Demand 1 - piece quantity within 7 working days (N.I.O).

Overstock *'to have or buy more goods or supplies than are needed'* (Cambridge (2020b).

In the context of this study: products sold at discounted rates or are unsold and unused.

Unsold stock is defined in this context as products which have not been sold by the brand through the usual sales channels and for which alternative routes have to be found.

Life Cycle Assessment (LCA)

Climate Impact Forecast (CIF)

Nearshoring bringing business processes closer to the sales market.

Aesthetical lifespan indicates the deterioration of the garment with the effects of abrasion damage, pilling and losing shape.

Cumulative Energy Demand (CED)

The combined direct and indirect energy use through a process (Röhrlich et al, 2000)

Primary Energy is a form of energy which has not been converted in a process and is still in the form of raw fuels (e.g. oil, coal, gas, hydro etc.)

Primary Energy Content (PEC)

Sensitivity Analysis (SA)

Life Cycle Inventory (LCI)

1. Introduction

Development of the Fashion Industry

With the rise of globalization, neoliberalism in the West and technologies such as the internet, economies grew in the 1990s and so did the consumption of clothes and textiles. According to the European Environment Agency the amount of clothes bought in the European Union from 1996 to 2012 increased with 40% (EPRS, 2019). Globally, the consumption of clothing has doubled over the last 15 years (Ellen MacArthur Foundation, 2017). In the early 1990s, the industry introduced a new system known as 'fast fashion'. Fast fashion can be understood as low-cost, low-quality clothing collections that imitate luxury brands and is typically designed as a fast-response system (Joy et al, 2012). The term was first used by the New York Times in 1989 in reference to Zara (Chen et al, 2012; Gazzola et al, 2019). What used to be 2 seasonal collections a year in 1998, in a fast fashion system it can reach up to 24 collections a year, effectively changing consumer behavior to treating the products as 'disposables' (EPRS, 2019). The environmental burden of this system, including over 92 million tonnes of annual waste production and 79 trillion liters of water consumed globally, and the social impact of the exploitation of people working in low labor cost countries, combined with the now palpable threats of climate change has led to a global call for fundamental changes in today's fashion system (Niinimäki et al, 2020; Gazzola et al 2019).

In the search of solutions to the industry's extensive issues there is a rather sizable emphasis on Digitalisation and on Circular Economy (CE) strategies in many industry reports and research papers. To clarify these two concepts: digitalisation can be understood as '*the use of digital technologies*', is an integral part of a concept called Industry 4.0, also referred as the Fourth Industrial Revolution, a term coined by the German government in 2011 (Saniuk, Grabowska & Gajdzik, 2020). Industry 4.0 is defined as '*the digital transformation of the entirety of industrial and consumer markets*' (Ghobakhloo, 2019). The transformation is founded on the development of communication and information technologies and data storage (Nascimento et al, 2019). The transformation extends to new ways of working and presents questions the repercussions technologies have on societies. Circular Economy (CE) can be

understood as a regenerative system considering economic, environmental and social pillars and which decouples growth from finite resources consumption (Ellen MacArthur Foundation, 2017). The two concepts are complementary in the way that Digitalisation can enable and realize CE strategies in businesses (Nascimento et al, 2019; European Commission, 2019).

Several studies indicated that the reinvention of 'fashion' in light of digitalisation will be closely connected to the developments in textile technology and shaped by Circular Economy ideas and strategies. CE strategies for textile products include Design for Recycling, Product-Service-Systems, re- and upcycling possibilities, Near or Re-shoring manufacturing, product personalization and customization through co-creation (Deloitte, 2019). A catalyst function in CE strategies is reserved for 3-D technologies, which promises to radically change the way clothing is designed, manufactured, and consumed (Geczy & Karaminas, 2019; EPRS, 2019; McKinsey&Company, 2020). Furthermore, in McKinsey&Co and the Business of Fashion annual report '*The State Of Fashion*', business leaders indicated to have a pessimistic outlook on the future of (fast) fashion at the start of 2020 and with the arrival of the Covid-19 pandemic at the same time, this pessimism deepened. And continues to do so, as the effects of the pandemic are currently resulting in a humanitarian and financial global crisis, with the largest economic contraction since World War II (McKinsey&Company, 2020). However, the crisis has also underlined the importance of digitalisation and innovation across the entire value chain.

The European Textile Market

In 2019, the European Textile & Clothing Industry registered a turnover of € 162 billion of, collectively, 160 000 companies and which employed 1,5 million people. An astounding 99.8% of the companies are micro (0-9 employees) and SMEs (10-249 employees) and only 0.2% are large corporations employing over 250 people. On average the European consumer spend € 600 on clothing and consumes 26kg of textiles per person, of which 11kg is discarded (Euratex, 2020; European Commission, 2020a). However, the Covid-19 pandemic is set to reduce the EU Textile & Clothing Industry turnover in 2020 with an estimated €50 billion and around 65% of EU and US consumers expect to be reducing their expenditures on clothing as consumer sentiment is hitting rock bottom (McKinsey&Company, 2020; Euratex, 2020).The

recovery curve of this crisis is still uncertain, forecasts of McKinsey and Oxford Economics show that even with the most positive scenario, GDP levels won't be back up until start of 2021. Additionally, it may take up to 2 years to regain consumer confidence (McKinsey&Company, 2020). EU brands are urged to reassess their core businesses, and increase agility and resilience to navigate an increasingly uncertain world by investing in digital strategies (EFCR, 2020).

The European Green Deal

The European Green Deal is the growth strategy present by the European Union (EU) on 11th of December 2019, with the aim to make the EU climate-neutral by 2050. The strategy is translated into a New Circular Economy Action Plan where steps are outlined to move towards a resource efficient, inclusive, circular economy and is closely related to the United Nations Sustainable Development Goals (European Commission, 2019).

The action plan first identifies a policy framework to ensure sustainable product design, as approximately 80% of the impact is determined by design choices (European Commission, 2020a; Ahmah et al, 2018). Furthermore, 5 product groups have been specified based on their environmental impact and potential for circular alternatives:

1. Electronics
2. ICT
3. Textiles
4. Furniture
5. High impact intermediary products

The EU strategy for Textiles, which is set to be presented in Q3 of 2021, will include measures on easy access to reuse and repair services (the 'right to repair'), incentives for circular material use and production processes, supply chain transparency and supporting higher separate waste collection and recycling practices (European Commission, 2020a; European Commission, 2021).

Additionally, in terms of geopolitics, the European Union are shifting their trade relation away from China, and look for partnerships closer to home in the regions of Eastern Europe, the Balkans and Africa. This is an attempt to shorten supply chains for environmental benefit as well as moving away from a dependency on the increasingly authoritarian China who is expanding its influence on the Eurasian continent alongside the development of the Belt and Road Initiative (EFCR, 2020).

The crucial role of digitalisation and new technologies as an enabler of CE strategies has been mentioned throughout the multiple initiatives connected to the European Green Deal and is promised to receive support, financial and otherwise, by the EU for further development as they are deemed fundamental to achieving the set goals by 2050 (European Commission, 2019).

Based on the New Circular Economy Action Plan from the EU, the Secretary of State Van Veldhoven presented to the Dutch Government its policy program Circular Textiles on 14th of April 2020 (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2020). The policies mentioned previously outlined by the EU are now translated on national level with local partners, institutes and organizations. Among the points in the program are implementing extended producer responsibility, initiative to extend producer responsibility to reduce exporting post-consumer textiles out of the EU, the use of recycled cotton in the denim industry, development of an ecolabel or certification, reduction of fast fashion and overstock production, sustainable E-commerce packaging, Microplastics, collecting and recycling of textiles and European collaborative partnerships. The program will be further developed after the EU strategy for Textiles is presented in the Spring of 2021.

1.1 New Industrial Order

The Amsterdam based start-up New Industrial Order (N.I.O) describes itself as a laboratory for Fashion On-Demand. An initiative for artists, engineers, designers and entrepreneurs to collaborate and build a new system revolving around on made-to-order clothing, produced On-Demand and with 3-D Knitting Technology. The main focus of such a new system is on catering to real, unique individuals/consumers. This means shifting focus from mass homogenous product production to ultra-customizable products. N.I.O's core value is to '*stop the waste but keep the fashion*' (New Industrial Order, internal document, 2020). Three missions are outlined to achieve this core value which are aligned with the EU Green Deal and Sustainable Development Goal 12, Responsible Consumption and Production of the United Nations:

1. N.I.O aims to minimize waste of materials in the production process by creating a design and development strategy that helps designers and brands get access to 3-D knitting production.
2. N.I.O aims to stop profit driven demand and replace it with true consumer driven demand by designing a digital infrastructure (KnitCloud) needed to facilitate On-Demand production.
3. N.I.O aims to create a circular business model within the textile and yarn industry by setting conditions in for example product design and yarn sourcing.

In light of that vision, N.I.O. has designed an independent business platform, called KnitCloud (Figure 1). KnitCloud is an online, business-to-business platform, which is created for:

- on the demand side; Designers and Brands (target customer N.I.O are high-end Micro and SMEs carrying knitwear products)
- on the supply side; 3-D Knitting Manufacturers (to bridge machine downtime in between large production orders)

The purpose is to make a short and effective digital supply chain in order to minimize resources, transport, lead times and making customized, quality products-on-demand.

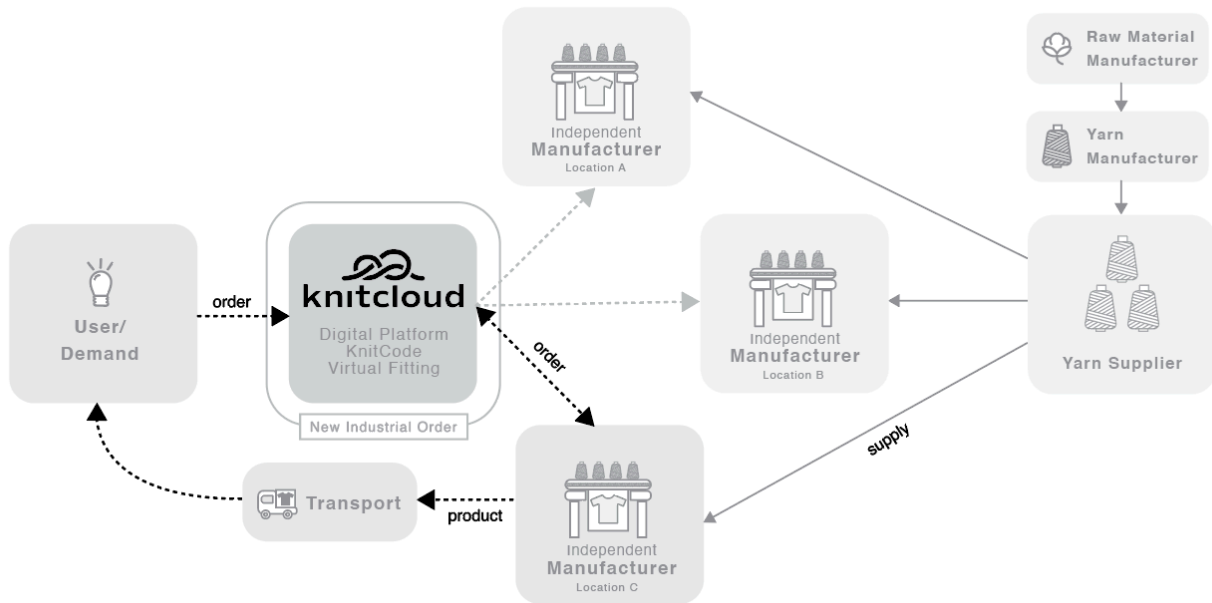


Figure 1. Flowchart of New Industrial Order workflow

The company states its definition of On-Demand manufacturing as the ability to produce a product from a 1-piece quantity within 7 working days and at a competitive pricing level (New Industrial Order, internal document, 2020).

The value creation of KnitCloud is focused on 3 main aspects:

- The focus on the automation component of 3-D Knitting machines by connecting it to a cloud platform, digitally and directly connecting brands and manufacturers, demand and supply.
- The recyclability of the garment produced by 3-D knitting (from one continuous yarn).
- The focus of technology integration in the platform such as optimal virtual form, fitting and design of the garment through virtual fitting tools, digital prototyping and KnitCode building blocks (pieces of programmed knitwear patterns).

These aspects highlight the unique position of intermediary, with extended service offering, which KnitCloud can occupy in the supply chain and the unique selling points of the technology.

As of January 2021, New Industrial Order is conducting research into 3-D Knitting and KnitCode generation in a FieldLab experiment with a Shima Seiki Whole Garment Mach 2XS 153 in collaboration with Amsterdam Fashion Institute.

1.2 Problem Statement

New Industrial Order, as the name already implies, aims to transition to an On-Demand supply chain in the Knitwear Industry. However, currently the main production method remains Mass or Bulk production in most segments of the Fashion Industry, and in most commonly in the Fast Fashion segment. Bulk production is done in large batch sizes and the demand needs to be predicted before placing an order, this is where the problem lies that On-Demand ensures to solve (Maldini et al, 2018). Due to this aspect of forecasting consumer demand combined with the brand's need for maximizing profit by stimulating overconsumption, Bulk production tends to overproduce products that are not wanted, increasing the risk of overstock (BoF, 2019; Liu, Xu & Zhu, 2020). Overstock can be understood as '*to have or buy more goods or supplies than are needed*' and is pointed out as one of the causes of excess environmental burden (Cambridge, 2020b; Muthu, 2020).

The main difference between a Bulk supply chain and an On-Demand supply chain is the existence of garment stock. The existence of garment stock is a combined effect of a Minimum Order Quantity (MOQ) stated by manufacturers, large batch production and the Push system (Figure 2). A Push Strategy is characterized by supplying a demand from inventory, while a Pull Strategy is supplying a demand through direct production. Push-Pull systems are a hybrid system that balance between, in this case fiber or yarn stock, and keeping acceptable lead-times. When the stock is further down the stream, the lead time on product delivery increases. On-Demand supply chains are more likely to have the hybrid Push-Pull system (Liu, Xu & Zhu, 2020).

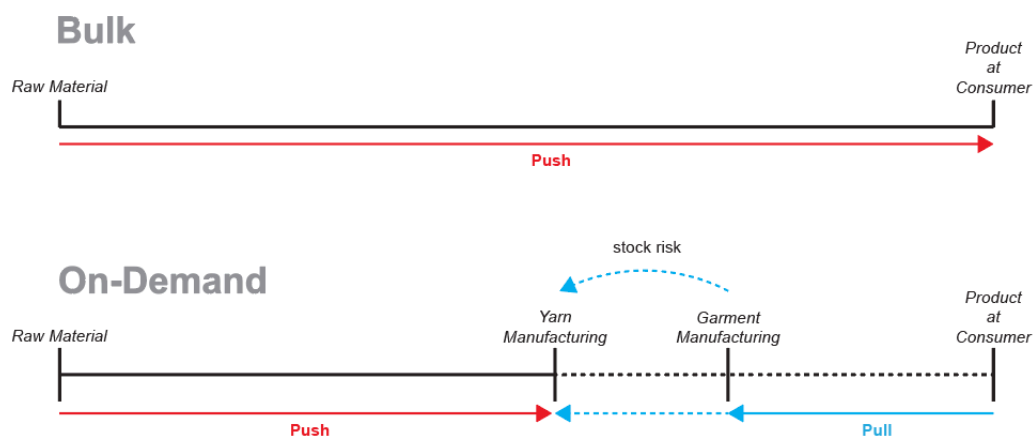


Figure 2. Bulk Push system and On-Demand Push-Pull system

Exact data concerning overstock levels and trajectories are difficult to find, companies prefer keep this information confidential as it could give an indication to the performance of the company and potentially damage Brand image (Wijnja, 2016). Though, a recent report by Kort, van der Vusse & van Grootel (2020) concerning unused textiles in The Netherlands presented an overview based on general market data. The study showed 94% of produced clothing in the Dutch market is sold, of which 30% is sold at a discount after the retail season. Leaving unsold stock at 6% of the total amount of produced clothing. Of the 6% unsold stock several routes have been identified, as shown in Table 1.

Table 1. Data retrieved from Kort, van der Vusse & van Grootel (2020)

Process	Sub Process	Percentage
Warehouse stock		100%
Retail Product – full price		64%
Retail Product – discount 50%		30%
Unsold Stock		6%
6% Unsold specified:		
	Remains in stock	18%
	Donate to Charity	36%
	Sold in other countries	35%
	Resold by jobbers	6%
	Mechanically Recycled	3%
	Incinerated	2.8%

The estimation from Kort, van der Vusse & van Grootel (2020) indicated that the percentage of unused clothing in the unsold stock batches that is destroyed, is very small. The rest of the produced clothing finds a way to a consumer; however, this does not necessarily imply that there was a ‘need’ for the products by the consumer. This presented the question, what would be considered ‘overstock’? By putting a discount on the product, the sales strategy changes to tempting consumers by low prices, rather than a more durable motivation. The discount strategy is used by the brand to get rid of excess stock and thereby trying to maximizing profits (CFI, 2015). Discount as a reason for purchase has been signaled in studies, along with color preference, event

specific demands or to combine with the rest of the wardrobe (Maldini et al, 2018; Statista, 2017). The On-Demand supply chain only employs one price range and does not have a need for discount strategies due to the lack of overstock. To that end, the study will understand overstock as products sold at discounted rates or are unsold and unused.

On-Demand promises to only produce where there is true demand and eliminate overstock. The strategy is therefore often hailed as the sustainable alternative for Bulk production and the future of apparel manufacturing (BoF, 2019; McKinsey&Company, 2020) However, substantial studies on the environmental impact of the two strategies that support this claim could not be found. In general, there is a limited amount of peer reviewed LCA studies on textile and apparel products, and studies made public performed in relation to companies often lack critical review (Muthu, 2020). On-Demand production is at the core of New Industrial Order's business model, this study has attempted to provide data concerning the environmental impact of exchanging Bulk production for an On-Demand alternative through a preliminary LCA study.

1.3 Research Scope & Objective

To measure environmental impact the study used the Life Cycle Assessment (LCA) method, a scientific method widely used to study environmental impact indicators such as carbon emissions, energy usage or water usage. The limitations in LCA studies lie in the variations of determining the Functional Unit and system boundaries, without a detailed description of the underlying assumptions it is difficult to assess whether data and results are reliable (Muthu, 2020).

In 2019, New Industrial Order has performed a Carbon footprint indication of its personalized On-Demand knitwear using the Climate Impact Forecast (CIF) tool, to get an idea of the best-case-scenario impact. The CIF analysis is based on a different scenario and assumptions than presented in this study. To clarify, assumptions made in the CIF analysis include;

- people with made-to-measure clothes consume less clothes
- People who buy ready-made clothes generally don't wear 80% of what's in their closet.
- Made-to-measure clothing is worn more, valued more and held on to longer and a product replacement rate of 4 to 1 compared to ready-made garments

(New Industrial Order, Internal documents, 2019)

As N.I.O indicated via the best-case-scenario assumptions above, everything is based on a change in consumer behavior, because if the consumer doesn't buy less – how much difference does an On-Demand Whole Garment product make? Recent studies into product personalization found that personalized products were not kept long by the consumer than their ready-made alternatives. The wardrobe study by Maldini et al (2018) did not establish that personalized products were used more or replaced the need for buying more and new products. It was also found that consumer motivations for purchasing new items were not to replace worn out garments, in fact the garments in the consumer's wardrobe are not even considered during a new purchase. Rather, no specific pattern was discovered in consumer motivation for purchasing making it difficult to predict behavior and underlining the necessity for more research to better understand consumer behavior (Maldini et al, 2018; Park & Yoo, 2018). Kotahwala (2020) in an article about the psychology of sustainable consumption points towards a consumer tendency to first satisfy their self-interests before considering environmental aspects of a product. This results in an inconsistency between the

intention of buying sustainable and the actual behavior, also known as the attitude-behavior gap (Dhir et al, 2021). This indicates more an impulse to go for instant gratification. Subsequently, the CIF assumptions could not be supported by recent studies, thus different assumptions were made in this study; not sketching a best-case-scenario but rather a transition based the current supply chain on a potential client of N.I.O. It will therefore not be possible to compare the results of the CIF study and this research.

Two overarching parameters are involved in the study: the Supply Chain and the Knitting Technology, where the fundament of New Industrial Order is built on On-Demand production and 3-D Knitting Technology (Figure 3).

The product this study will compare is a jumper. The jumper is a garment which covers the upper torso and arms while being closed at the front. The garment traditionally consists

of different knitted pattern pieces, which need to be connected together creating seamlines. A commonly used industrial technology for high quality knitted jumpers is Fully Fashioned Flat Bed Knitting, this technology is further discussed in Chapter 2 (Woolmark, 2020d).

3-D knitting technology, such as the Shima Seiki Whole Garment Mach 2XS 153 with which N.I.O is currently running tests, offers the possibility to eliminate these seamlines. This functionality facilitates efficient manufacturing of complex garments. However, the elimination of the seamlines and pattern pieces results in a fundamentally different garment. The difference in end product poses a barrier in the comparison of a Bulk Fully Fashioned Knitted Jumper, as is the current situation, with a N.I.O envisioned On-Demand Whole Garment Knitted Jumper as shown in Figure 4. Considering that On-Demand is the primary function to the missions as set out by N.I.O described in the previous chapter, the study has fixed the Knitting Technology parameter and focused on the difference in the Supply Chain parameter to provide N.I.O with data concerning the environmental impact of these two systems.

The outcome of the study aims to serve as a foundation for the next research to build upon, which is directed at establishing feasibility of the platform from a business

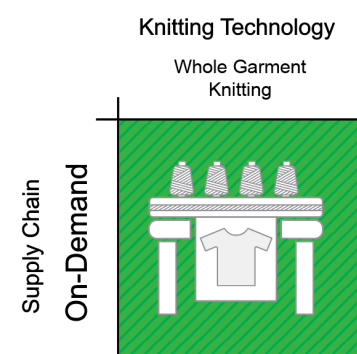


Figure 3. Two key aspects of N.I.O

economic perspective at a later stage. The study additionally serves to identify areas for further in-depth research.

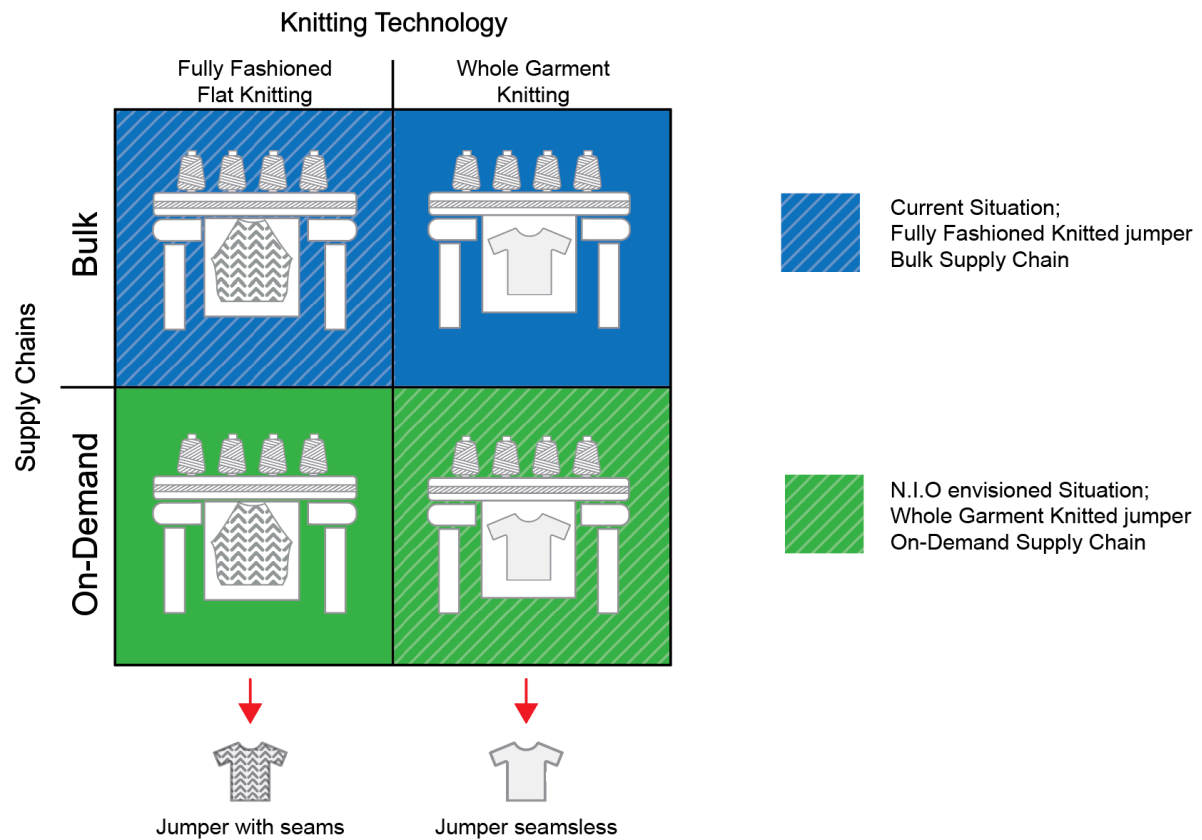


Figure 4. Visualization of the overlap of Bulk position and N.I.O envisioned position

To that end, the main research question is formulated as follows:

What is the environmental implication of exchanging Bulk manufacturing for On-Demand manufacturing?

To answer the main question the study outlined the following sub questions:

1. Which industrial knitting technologies are available in the market?
2. What is On-Demand manufacturing?
3. What is the product specification of the jumper and the Functional Unit?
4. How does the Bulk knitwear supply chain operate?
5. How does the On-Demand supply chain operate?
6. How does the environmental impact of an On-Demand jumper compare to the impact of a Bulk knitted jumper?
7. Which parameters influence the environmental impact of the On-Demand supply chain according to the Results and how do they influence the impact?

1.4 Methodology

The study combined qualitative and quantitative methods to balance and cross check information. An overview of the research questions and applied methods is presented in Table 2.

Table 2. Research methods

Sub Question	Methods	Output
1. Which industrial knitting technologies are available in the market?	Review of Literature	Review of Literature
2. What is On-Demand manufacturing?	Review of Literature	Review of Literature
3. What is the product specification of the jumper and the Functional Unit?	LCA Interviews, Market Data	Functional Unit
4. How does the Bulk knitwear supply chain operate?	LCA Review of Literature, Interviews, Market Data	System Boundaries - Bulk
5. How does the On-Demand supply chain operate?	LCA Review of Literature, Interviews, Market Data	System Boundaries – On-Demand
6. How does the environmental impact of an On-Demand jumper compare to the impact of a Bulk knitted jumper?	LCA Output	Results
7. Which parameters influence the environmental impact of the On-Demand supply chain according to the Results and how do they influence the impact?	LCA Sensitivity Analysis	Discussion

Review of Literature

A review was conducted of scientific literature from online databases such as Science Direct, Research Gate, Springer, Emerald, Taylor and Francis Online and Google Scholar. Peer-reviewed papers and articles were selected from various journals. The selection criteria determined that the papers cannot be dated earlier than 2015 to safeguard relevance in relation to the topic. Exceptions are made for specific textiles

processing information, such as dyeing methods, which have remained unchanged till present day, from encyclopedias and other books. Key search words include: “On-Demand” AND/OR “Digitalisation” AND/OR “3-D Knitting” AND/OR “Knitting Technology” AND/OR “Fashion On-Demand” AND/OR “LCA” AND/OR “Circular Textiles” AND/OR “Product on Demand” AND/OR “Environmental Impact”.

Relevant market data from reliable sources such as Statista, Grandview Research and Euratex, on the European Apparel and Knitwear market was included. Additionally, information from governmental documents, European commission communications and business reports by consultant firms such as McKinsey&Company, pertaining up-to-date information on the broader business context of the study and concerning the repercussions of the Covid-19 pandemic.

Interviews

Semi-structured interviews were taken with stakeholders across the supply chains to source data and information necessary to form scenarios and verify assumptions. In case an interview could not take place face-to-face or digitally, a questionnaire was sent instead. Below an overview of the interviewee’s position and area of expertise. The interview protocol and transcripts can be found in Appendix VI.

Table 3. Interviewees overview

No.	Interviewee’s position	Supply Chain Position
1.	Post-doctoral researcher Design for Sustainability and independent consultant	n/a
2.	Knit Engineer 3-D Knit programming	Garment Manufacturing
3.	3-D Knitwear Manufacturer	Garment Manufacturing
4.	Buying Expert - Head of Buying	Usage – Warehouse stock
5.	Independent consultant	Usage – Unsold stock

Life Cycle Assessment

As mentioned in Chapter 1.2 and 1.3, the research set out to do a comparative Life Cycle Assessment (LCA) study of a Bulk and On-Demand supply chain and covered the largest part of the study. The benchmark of the study was the Bulk supply chain,

which was modelled on a potential client of N.I.O. The product of the supply chain was selected from the brand's Autumn/Winter collection, the selection was made based on a comparison with N.I.O's product representation on their website. The Bulk product information was gathered through open sources such as their website and web shop. Furthermore, the study followed the standardized methodology, ISO 14040 & 14044, which outlines 4 main phases in performing an LCA: Goal & Scope, Life Cycle Inventory, Life Cycle Impact Assessment and Interpretation. However, the Life Cycle Impact Assessment, or LCIA, is the phase where the LCI data is analyzed and translated into environmental impact and was not included in the study due to the requirement of expert knowledge and skills not accessible for this study. The Interpretation phase was applied throughout the LCA, as an iterative process. A Sensitivity Analysis was included after the initial results of the comparison indicated a set of parameters eligible for the analysis, namely:

- Bulk alternative distribution routes
- On-Demand packaging material
- On-Demand Transport
- Economic Allocation of Overstock

The Economic Allocation of Overstock was based on the guidelines for economic allocation as stipulated in ISO 14044. Subsequently, the study has discussed the results of the analysis in Chapter 6: Discussion. Due to the absence of the LCIA phase, the study was considered a preliminary assessment, also referred to as a screening, rather than a full assessment (Muthu, 2020).

The study used the Modint Ecotool to perform the preliminary LCA in. The tool is mainly used for quick scan comparative LCAs, therefore the study has selected to use this specific tool (Bijleveld, 2012). The Modint Ecotool is an excel-based tool designed for users, such as companies or designers, operating in the textile supply chain. However, the tool is not in accordance with ISO standards due to concealment of data sources within the tool. When possible, the study added LCI data sourced from other studies and research papers to supplement the standardized Modint Ecotool data.

Moreover, a detailed description of the LCA phases and Modint Ecotool can be found in Chapter 3: Life Cycle Assessment.

2. Review of Literature

On-Demand Manufacturing

In Chapter 1.2, the study already explained how the On-Demand system is characterized by letting demand pull products onto the market, rather than products being pushed. Therefore, On-Demand refers to the facilitating something at a time of someone's need, the strategy is used widely from music and video services to carsharing or software as a service. Whereas On-Demand Manufacturing, sometimes also referred to as Manufacturing On-Demand (MOD), is specifically aimed at the manufacturing process of goods which relies on a cue from the client, and is gaining traction due to the development of digital technologies such as 3-D printing and laser cutting across many different industries (Techopedia, 2021; Gazzola et al, 2019). Subsequently, N.I.O's lab is centered around Fashion On-Demand, this concept focusses on providing clothing and accessories through On-Demand manufacturing in the Fashion Industry. In literature several terms are used in relation to Fashion-On-Demand, such as:

- *Made-to-order: used to describe something made in a particular way because a customer asked for it to be made in that way (Cambridge, 2021a)*
- *Made-to-measure: made specially to fit a particular person (Cambridge, 2021b)*
- *Custom-made: specially made for a particular person (Cambridge, 2021c)*
- *Just-in-time: A just-in-time system of manufacturing is based on presenting only the amount of goods needed at a particular time and not paying to produce and store more goods than are needed (Cambridge, 2021d)*

To denote the opposite, the term 'ready-made' is used and can be understood as: *bought or found in a finished form and available to use immediately (Cambridge, 2021e)*. Ready-made products are associated with Mass or Bulk manufacturing and are therefore usually standardized products (Shao, 2019). In Fashion-On-Demand, it is noticeable that it is catering to the specific unique wishes of the customer, a service which could be provided through (mass) customisation or personalization (Park & Yoo, 2018; Peterson, 2016). The two terms are often used interchangeably however, to clarify, the difference between personalisation and customisation lies in that

personalization is done *for* the customer (this is achieved through collecting customer data) while customisation is done *by* the customer. Especially within the Fashion Industry, it is a challenge to find the right level of customization options to present to the customer (Deloitte, 2019). This customer-need centralization in product development requires the development of co-creation tools and spaces, this is a new task for designers working in the industry (Van der Velden, 2016).

The benefits of Fashion-On-Demand lie in lower investment expenses due to smaller batch sizes and therefore smaller inventories, an increase in flexibility and quicker turnaround times. However, production costs are generally higher and so are the transport costs unless the production is Near or On-shored. Nearshoring, or On-shoring is a strategy often mentioned in relation to the Circular Economy, and implements bringing business processes closer to the sales market, sometimes it can also involve bringing back processes which were once outsourced or Off-shored (McKinsey&Company, 2020b; McKinsey&Company, 2019). The beneficial effects will be increased if On-Demand manufacturing and automation is combined with Nearshoring, as it could enable same-day production and 24hr-delivery while maintaining low environmental impact (McKinsey&Company, 2018a). Although Nearshoring would be beneficial for reducing environmental impact, which is currently burdened mainly on production countries, has additional drawbacks such as the large economic and social impact on countries relying on textile manufacturing such as China, India, Vietnam and Bangladesh (Niinimäki et al, 2020). The effects of pulling out of the production countries can already be seen through the proceedings of the Covid-19 pandemic, such as the effect of lack of social security for workers when the global brands cancel orders and payments (Majumdar, Shaw & Sinha, 2020).

Industrial Apparel Knitting

Since the development of the first weft knitting machine by William Lee in 1589, there have been multiple inventions in technology that helped knitwear to evolve into the industry it is today (Shima, 2018). In the fashion industry a wide variety of knitted fabrics are used, from jerseys (weft-knitted) to tricots (warp-knitted), all with their own specific properties and applications. Of the total revenue of knitted fabric market in 2018, 70.2% was taken up by Asia Pacific and in specific by China (Knitting Industry, 2019; Reports and data, 2020). Weft-knit fabrics take up the largest share of the

industry with 60.8% in 2018 and is mainly used in products such as underwear, jumpers, scarves and hats (Grandview Research, 2019) Weft knitting is done on 2 types of machinery: circular knitting, and flat knitting of which flat knitting comes in different varieties such as single bed, V-bed or Complete garment (Knitting Industry, 2019; Power, 2015; Kadolph, 2014).

Today, three main production methods are used in knitted garment production and show the evolution of knitting:

1. Cut & Sew, often utilizing circular knitted fabrics to produce jerseys (single/double knit)
2. Fully Fashioned Knitting, utilizing flatbed knitting machines
3. Complete Garment Knitting

Cut & Sew is a production method which cuts a body and sleeves from a knitted fabric, and joining each part by stitching (Figure 5). However, such knitwear products have stiff seams and restrict knit-specific stretch ability. The sewing process is time consuming and labor intensive, and the material wasted through 'cut loss' drive up product costs. This method is mainly used in the Jersey and Sweat categories of knitwear products, which are in turn knitted on circular knitting machines. The knitting costs of this method are quite low, however the labor costs, waste costs and number of machines and operations needed are the highest among the three methods (Apparel Resources, 2010).

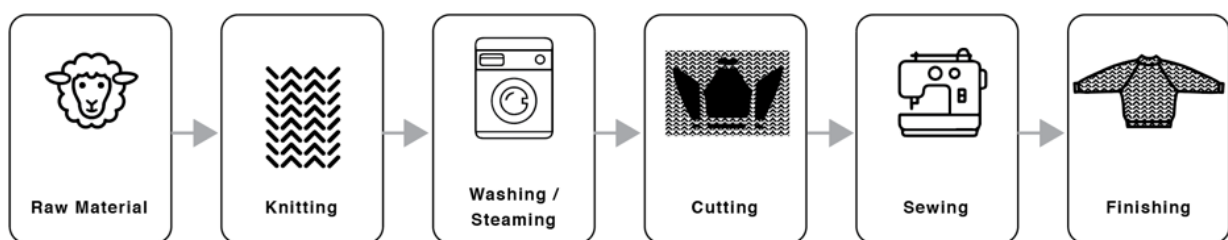


Figure 5. Cut & Sew production method (Peterson, 2016a)

Fully Fashioned Knitting is a type of (V-bed) flat knitting which produces separate knitted panels in the shape of the garment patterns (Figure 6). The panels are linked together through using a linking machine. The linking of the panels, similar to sewing, creates seamlines although linked uses the same yarn as used in the knitted garment. A positive development in Fully Fashioned Knitting is that it eliminates cutting waste.

This method is currently used a lot in the higher segment of the Fashion Industry for jumpers, due to their high-quality standard (Woolmark, 2020d)

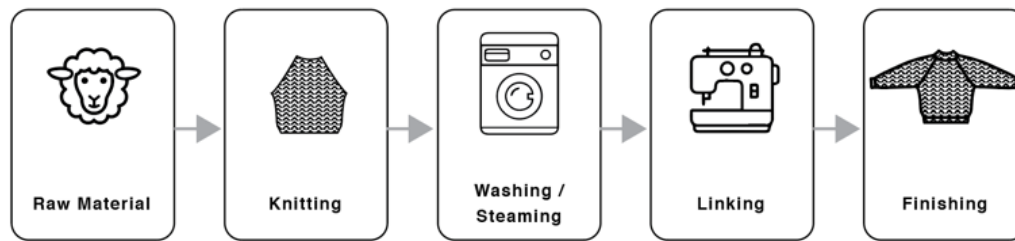


Figure 6. Fully Fashioned production method (Peterson, 2016a)

Complete garment knitting is a type of flatbed knitting technology which produces, as the name already indicates, a complete garment. In literature the terms, *3-D knitting*, *Seamless Knitting*, *Whole Garment Knitting* and *Complete Garment Knitting* are used interchangeably to describe the same technology: producing a knitted garment in a seamless piece (Figure 7).

- 3-D Knitting in the context of production technology refers to the instant 3-D shape of the knitted garment. However, this term is also used to describe 3-D knitted material where the structural composition of the fabric has 3 dimension such as spacer fabrics.
- The description Seamless Knitting, rather refers to the absence of especially side seamlines. This can also refer to circular knitting machines, which can also be used to create semi-seamless or even fully seamless garments (Fibre2Fashion, 2013).
- WHOLEGARMENT Knitting is a term used by the leading knitting machine manufacturer, Shima Seiki, to describe the concept it has developed since 1995 based on flat knitting machines to produce entire seamless garments (Shima, 2018; Peterson, 2010).
- Complete Garment Knitting is the generic term used for the technology (Peterson, 2016).

This type of innovative machinery has 2 frontrunners in developing the technology, namely the German company Stoll and the Japanese company Shima Seiki (Knit Engineer, interview can be found in Appendix VI). Of the three methods, Whole Garment has high knitting costs, but low labor costs due to the almost complete automation, very low waste costs and low number of machines and operations needed to produce a Whole Knitted garment (Apparel Resources, 2010).

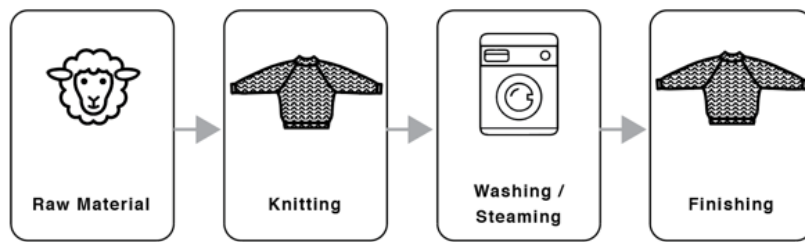


Figure 7. Complete Garment production method (Peterson, 2016a)

Whole Garment Knitting has the potential to streamline and automate the workflow and therefore to product On-Demand. It can facilitate quicker changes in garment design and fit and offer customization options (Peterson, 2010). Although it needs to be pointed out, that while the technology knits complete garments, for different collars for example, a Linking process of separate panels is still necessary (N.I.O, personal communication, 2021). At the time of writing, much of the innovative technology's potential remains to be tested, a gap N.I.O is attempting to fill in the Field Lab with AMFI in Amsterdam (Figure 8). Currently, these types of Whole Garment machines are used for Bulk production in high fashion, sportswear and undergarments (3-D Knitwear Manufacturer, interview is available in Appendix VI).



Figure 8. Shima Seiki WHOLEGARMENT Mach XS machine at the Field Lab, University of Applied Sciences Amsterdam (photographed during visit 28th October 2020).

3. Life Cycle Assessment

3.1 Introduction to LCA

Life Cycle Assessment (LCA) is the most widely used method of measuring overall environmental impact. The method maps out a life cycle of the studied subject and attaches quantitative data to input and output of the system containing specific processes in the lifecycle phases (Figure 9). The lifecycle phases consist of raw material, manufacturing, transport, use and disposal or end-of-life (Muthu, 2020).

It can be applied to products, services or processes from:

- cradle-to-grave, meaning from raw material cultivation till the End of Life
- cradle-to-gate, which stretches from raw material cultivation till factory gate excluding the distribution, the use phase and end of life phase
- gate-to-gate, only measuring a specific segment of the life cycle
- cradle-to-cradle, characterized by the end-of-life phase being a recycling process instead of disposal.

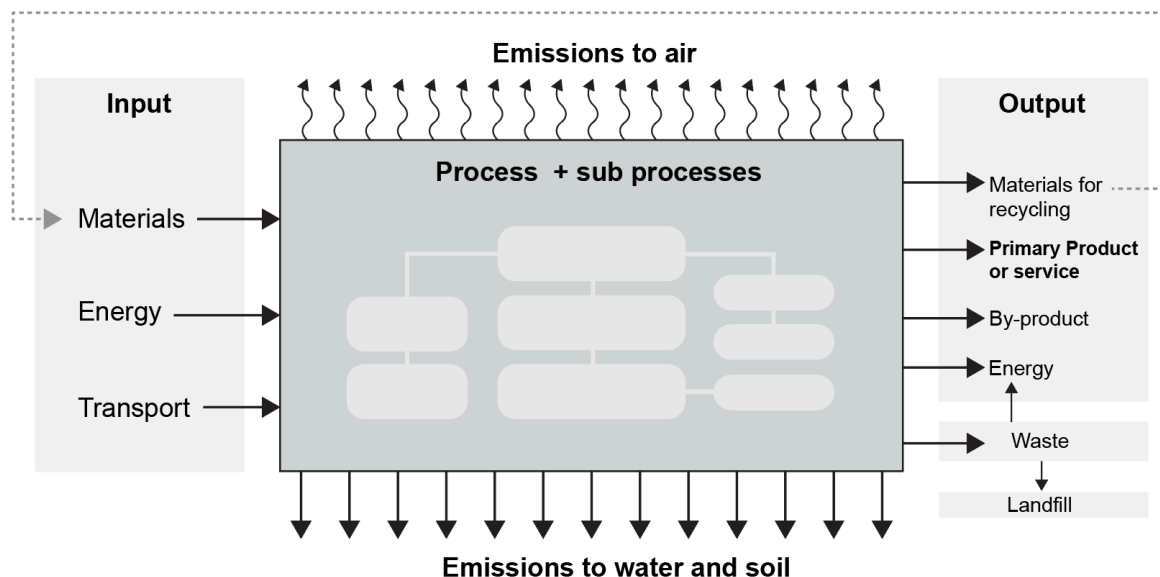


Figure 9. A system in LCA, adapted from Vögtlander (2017)

In ISO 14040 and 14044 a standardized procedure is stipulated, containing 4 phases: Goal & Scope, Life Cycle Inventory, Life Cycle Impact Assessment and Interpretation. As previously states the LCIA phase is excluded from this preliminary assessment and will not be discussed further.

Goal & Scope

At the start of the LCA, the goal & scope of the study are defined in detail. This chapter should include the relevance of the study (the why), the intended audience for the study (the who) and whether the results are to be made accessible to the public (Muthu, 2020). The scope further includes the Functional Unit, System Boundaries, Assumptions and Limitations of the LCA and the Data Requirements.

In the **Life Cycle Inventory** (LCI), all the data is compiled according to the previously determined scope of the LCA. These are data points referring to the input of water, energy, raw materials usage and the output to soil and air of a process (Figure xx). The LCI analysis has 4 stages:

1. Presenting the processes in the system boundaries in a flowchart
2. Data collection method (primary data sourcing)
3. Collection of data
4. Evaluating and reporting of results

The data points can be sourced from LCI databases such as ecoinvent, other published LCA papers and studies, industry data sheets or primary data measured at manufacturers (Muthu, 2020).

Interpretation is used as an iterative process throughout the whole LCA study. It refers to moment of reflection and interpreting the results, to check whether they align with the set goal & scope.

Modint Ecotool v.3.0 April 2017

The Modint Ecotool is an excel-based tool created by research and consultancy organization CE Delft in 2010 and developed in a joint venture with Agency NL and Alcon Consultancy. It was developed in response to demands for insight into products environmental performance by the Dutch Textile Industry.

The tool contains LCA data supplied by manufacturers and sourced in databases such as ecoinvent. In the tool, a cradle-to-grave life cycle can be modelled according to process phases already present (Figure 10). In the dropdown menu per life cycle

phase fixed process options are presented with LCA data attached. However, there is also the possibility to enter manually LCI data sourced from papers or other sources in the option 'own process'.

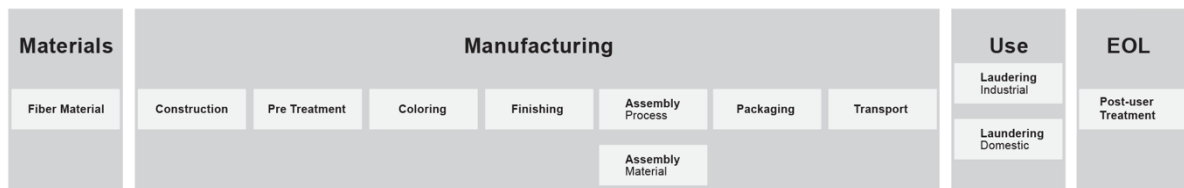


Figure 10. 4 LCA phases and the process phases in Modint Ecotool

The results of the process input can be viewed in the 'Scorecard'. The tool presents the results in the following impact areas:

- CO₂ (kg CO₂-eq.)
- Primary Energy Content (MJ)
- Water (liter)
- Chemicals (kilo)
- Land (m²)
- Mass Balance

Additionally, multiple scenarios or supply chains can be modelled and the results compared in the scorecard.

Electricity in the tool offers 5 choices of electricity mixes, namely: UCTE mix, Dutch grey mix, Turkish mix, Chinese mix, Own electricity production (green)

UCTE refers to Union for the Coordination of Transmission of Electricity, one of the largest electricity networks in the EU. The term UCTE is outdated and currently known as ENTSO-E, European Network of Transmission System Operators for Electricity.

3.2 Goal & Scope of the study

The goal of the study was to measure the environmental impact of On-Demand knitwear in comparison to Bulk produced knitwear modelled on a jumper made by a potential user (a brand) of KnitCloud. The first step is to see whether exchanging the Bulk-produced jumper with an On-Demand version of the same jumper is a 'better' environmental choice and on which factors this is dependent. This means the quality standards are assumed to be the same for both jumpers. The results of the

comparison give an indication into the environmental effects of a transition from Bulk manufacturing to On-Demand manufacturing. The results benefit the development of mission 2 of the company and the general roadmap of integrating the N.I.O supply chain in to current business models. The content of this report is intended initially for N.I.O internal use and can be published or made available by Rosanne van der Meer. Additionally, the results can be used for presentation, marketing and research purposes by N.I.O.

The scope of the study encompassed measuring the environmental impact of 2 jumpers with seams, made via two supply chains (Figure 11);

1. Bulk Supply Chain

2. On-Demand Supply Chain

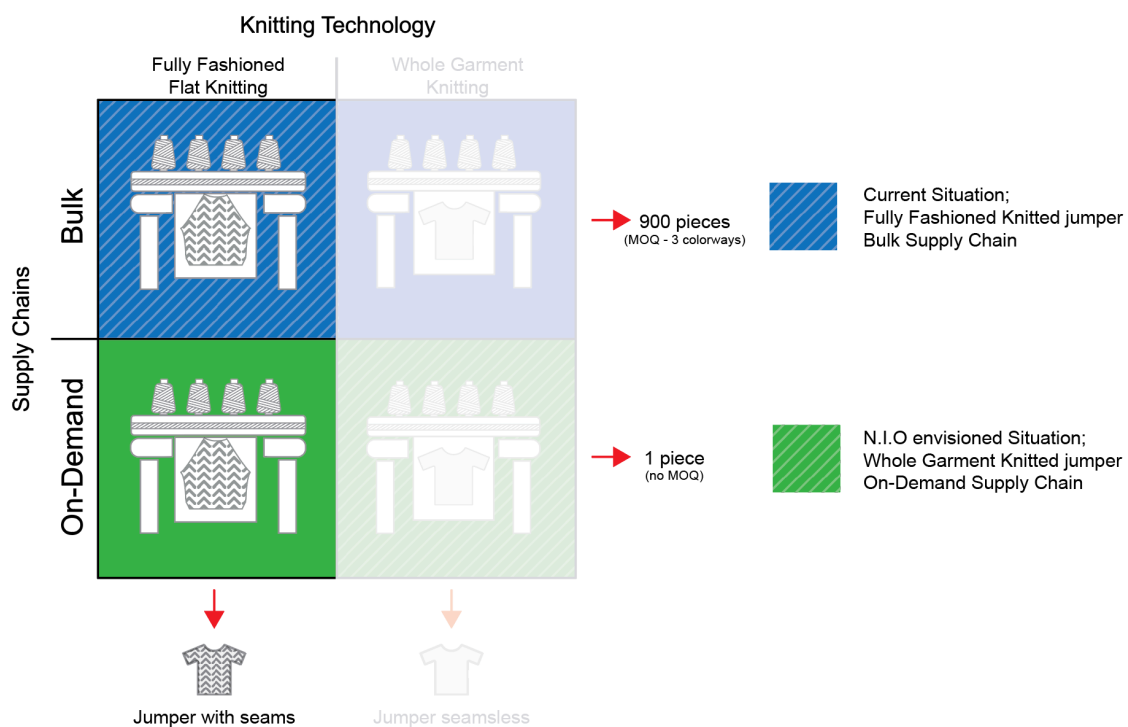


Figure 11. Scope of the study

The study is aimed at the European market as the development of New Industrial Order and the KnitCloud technology is currently located in Amsterdam, The Netherlands. Therefore, the scenario for the Bulk supply chain is modelled on a jumper made by the Dutch brand Humanoid. The choice for this particular brand was based on the following criteria:

- Indicated by New Industrial Order as being a potential client
- The brand is of Dutch origins, mainly selling in the European Market
- The brand is in the higher segment of the market, where the price increase of innovative technology would have added value
- The brand is known to create timeless pieces designed to outlast short cycle trends

The Bulk scenario has an estimated order quantity of 900 pieces in total. Due to the minimum order quantity (MOQ) of 300 pieces per colorway with bulk manufacturers, to sell one jumper in one colorway, at least 300 have to be ordered and produced (Buying Expert, personal communication, 2020; Knit Manufacturer, personal communication, 2020). The jumper offered by Humanoid comes in three colorways, therefore the order quantity is assumed to be 900 pieces.

The scenario for the On-Demand jumper is based on an estimated order quantity of the jumper in 3 color ways is 1 piece in total, as per N.I.O's definition of On-Demand: 1 piece quantity produced in 7 days. Because of N.I.O's On-Demand system, no garment stock in a warehouse is needed and the decision on which colorway to order can be made right before production.

By fixing the quality standard of the product that is compared, it automatically fixed certain processes in the system boundaries, such as raw material cultivation, manufacturing processes, use and disposal. The difference of the systems is focused on the Packaging and Transport portions of the supply chains.

Besides Packaging and Transport, additional parameters of alternative Bulk scenarios and Economic Allocation of Overstock are tested in Chapter 5. the Sensitivity Analysis.

3.2.1 Functional Unit

A Functional Unit is the combination of the functional definition of the system and the unit in which it is expressed and can be summarized in the following equation (Vogtländer, 2017); $FU = (\text{system function}) \text{ per } (\text{unit of calculation})$. To establish the correct functional unit, 4 questions can be asked: 'What', 'How much', 'How well' and 'How Long' (Wiedemann et al, 2020).



Figure 12. Product Breakdown Structure of the Beats Royal 20AWP

The 'What' is the product made by the respective supply chains, which in this study is a jumper. The Cambridge dictionary formulates its functional definition as: *'a piece of clothing with long sleeves that is usually made from wool, is worn on the upper part of the body and does not open at the front'* (Cambridge, 2020). The product specifications in this study is modelled on the 'Beats' jumper from the 20AWP collection of the Dutch brand Humanoid (Figure 12). As indicated by Humanoid in the product specifications on their website, the product is made of a 50/50 Merino/Lyocell blend and estimated at a 15-gauge knit. The total weight of the jumper is estimated at 200 grams, and is offered in 3 colorways: Royal Blue, Black and Turtle Dove. The yarn is a 2-ply yarn at 50 nm or 200dtex.

The study assumes that the product manufactured by the respective supply chains has the same quality and lifespan, thereby assuming no quality difference in ready-made or made-to-order. Based on the wardrobe study presented in the report 'Measuring the Dutch Clothing Mountain' by Maldini et al (2017), the average number of jumpers and cardigans owned by a person in the Netherlands is 14 pieces. 22% of the total amount of jumpers identified in the study remained unused. Reflecting this percentage on the 14 jumpers average per person, indicated 3 jumpers are not in active use leaving 11 jumpers in active use (Maldini et al, 2017). Due to the light weight and fiber combination it is assumed that the studied jumper is not worn as much in high summer (July/August) or winter (January/February) and therefore, in combination with the total estimate of 11 jumpers in an average wardrobe, worn on average once every two weeks. A study by Wageningen University indicated that a garment in The Netherlands is kept for 3 years and 5 months, although this study is outdated, considering Humanoid is not categorized as a fast-fashion brand therefore the timeless design of the jumper and the high-quality materials used, the study still deems the time indication accurate in the current day context (Uitdenbogerd et al, 1998). This totals to (2 wears per month * 41 months) 82 wears by the first user during the product's aesthetical lifespan before discarding. The aesthetical lifespan indicates the deterioration of the garment with the effects of pilling, abrasion damage, and losing shape. Additionally, the estimate coincides with the assumptions made in the recent study of woolen garments by Wiedemann et al (2020), who indicated through a survey that the average lifetime wears of a 100% merino woolen garment amounted to 79 wears by the first user and 109 wears in total.

Functional Unit: *A jumper used twice a month for 3 years and 5 months.*
The reference flow is 1 jumper.

Table 4. Functional Unit – product specification

Product	Specification	Unit (in kg)
Jumper	1 jumper = 200gr Yarn: Merino/Lyocell 50/50 2 ply, 200dtex or 2/50nm	200gr / 100 = 0,2 kg

3.2.3 System Boundaries

The system boundaries determine which product processes, main and sub, are included in the analysis. The systems in the study are subdivided into 3 streams: Shared processes, Bulk processes and On-Demand processes (Figure 13). The processes that are shared by both supply chains are in the first half of the LCA, namely in the Raw Material Phase and the Manufacturing Phase (Shared Processes Part 1) and in the second half of the LCA the Product Use Phase and the End of Life Phase (Shared Processes Part 2).

The processes are discussed in detail according to the product flow, starting with the Shared processes Part 1, followed by the Bulk processes, the On-Demand processes and closing with the Shared processes Part 2.

Excluded from the study

The study does not consider the subsystems of manufacturing the machinery used along the supply chains. In the Manufacturing Phase, the Finishing process and subprocesses are excluded from the system boundaries. In the Usage Phase, the study does not include the scenarios for Second Hand use. Nor does it include the flow of Product Returns, a flow often found in e-commerce channels. The Unsold Stock flows are excluded from the system boundaries or the base study, however will have a function in the Alternative Bulk Distribution scenarios and the Economical Allocation of Overstock in the Sensitivity Analysis (Chapter 5).

Data requirements

As outlined by ISO 14040 and 14044 the following data quality requirements parameters should be included, especially when the results of the study are to be published. The criteria in ISO pertain to: Time related coverage, Geographical coverage, Technology coverage, Precision, Completeness, Representativeness, Consistency, Reproducibility and Sources of the data.

The details are discussed in Table 5 below.

Table 5. Data Requirements

Requirement	Details
Time-related coverage	The study aimed to source data which is not dated earlier than 2015. However, the exact original sources of data points used from the standard Modint Ecotool database are unknown.
Geographical coverage	The data connected to the processes and their geographical locations are matched whenever possible. Due to the limitation of Modint Ecotool this is not always possible and presents uncertainty. In assigning electricity mixes to processes, the most geographical relevant option is chosen.
Technological coverage	The study applied the status quo of relevant country and industry concerning technological application in the discussed processes.
Precision, Completeness, Representativeness	Whenever possible, the study selected the most representative data. Whenever the data deviates, the study has mentioned this in the LCI assumptions (Appendix I).
Consistency, Reproducibility	The study has supplied detailed description of the methodology and tools (Chapter 1) used and the assumptions made during the course of the study. A limitation is the accessibility of the Modint Ecotool, which can be made available by Modint.
Sources of the data	Data is sourced from scientific peer reviewed papers and published studies. All consulted sources are listed in the References.

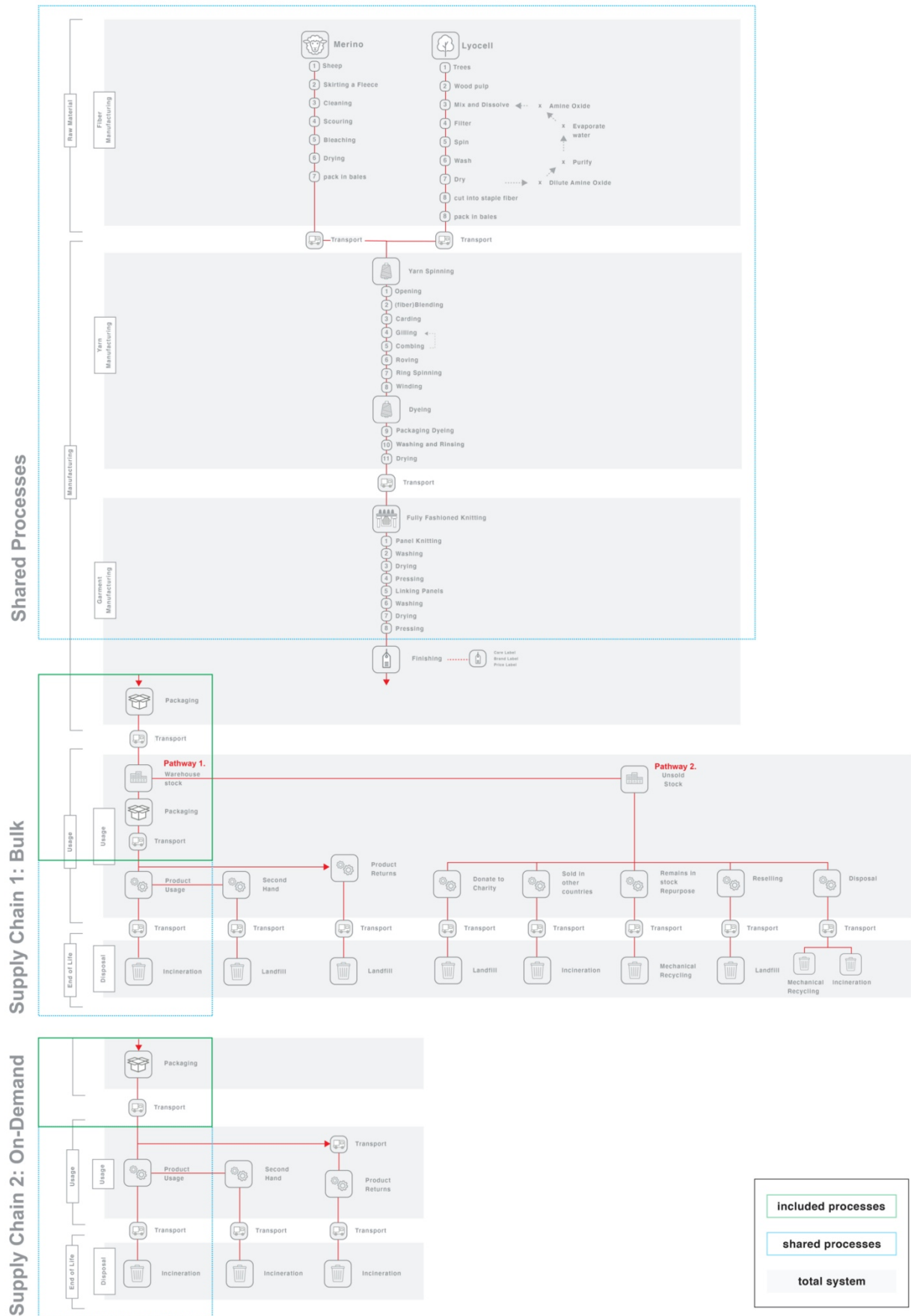


Figure 13. Total system, processes and boundaries flowchart

3.2.3.a. Shared Processes Part 1



Figure 14. The shared processes of the Raw Material and Manufacturing

Raw Material - Fiber Manufacturing

This study assumes that the same yarn, a 50% Merino wool / 50% Lyocell fiber blended yarn, is used in both supply chains for both jumpers. The process starts with two different raw material inputs; a protein fiber and a cellulose fiber, as depicted in Figure 14.

Merino Wool

Wool is a protein fiber consistent of keratin, sourced from animal hair such as sheep, goats, camels and rabbits. As indicated in the General Product Information (Chapter 2.1), the research uses Merino wool, which is a wool type from Merino sheep and known for its soft and fine fibers. The sheep breed was originally bred in Spain however is currently predominantly found in Australia and New Zealand (Mathers & Wardman, 2015; Woolmark, 2020a).

Wool from Merino sheep is the finest wool with a fiber diameter ranging from 15-25 μm and a fiber length of 60-100 mm. The range of 18.5 μ – 20.5 μ qualifies the best for high end apparel use, such as the Humanoid jumper (Figure 15). Western Australia (WA) was highlighted as the region in Australia to produce fine Merino Wool of approximately 20 μ (Wiedermann et al, 2016). Woolmark's Merino farmer 'Red Gully' located close to the town Esperance, WA, is known for supplying Merino fiber with an average of 18 μ , this is within the range of the product application suitable for this study. (Woolmark, 2020b). A Merino sheep is sheared once a year in the spring, and a fleece from a sheep produces around 5 kilograms of quality fiber (Kadolph, 2014; Fletcher, 2014). After shearing the fleece, also referred to as grease wool, contains 30 to 70% of impurities such as squint, sand and dirt (Kadolph, 2014). Therefore, wool, as one of the only fibers, needs to be prewashed in a pretreatment process called scouring. Scouring is done at a scouring facility; the study assumes this process will take place in close proximity to the farm. During scouring, the wool is washed in hot water at 65 °C with an alkali and non-ionic detergent to help remove the waxes (Mathers & Wardman, 2015; Woolwise, 2009). The byproduct of this process is lanolin, a wool wax used in cosmetics, the co-production of this product is not included in this study. Because the yarn needs to be dyed in a range of shades, of which one is a pale shade (Turtle Dove), the fibers need to be subjected to a bleaching step in the scouring process. To achieve a good degree of whiteness, hydrogen peroxide (H_2O_2) is used at PH 8-9 for 1-2 hours at 50-60 °C, although the wool fibers will be damages under alkali conditions (Mathers & Wardman, 2015). Subsequently, the wool is dried by hot air. The sourced wool is then packed into high density bales which are most economic for shipping per sea freight, the bales weigh approximately 300 – 450 kilograms (Woolwise, 2009; Woolmark, 2020c).

Wool Micron Grades & Uses	
Micron (μ) /Grade	Use
14.5 μ and finer – Extrafine 14.6-16.5 μ – Ultrafine 16.6-18.5 μ – Superfine	Next-to-skin baselayers & garments such as shawls, scarves, hats, babywear, gloves, underclothing
18.5-20.5 μ – Fine	Next to-skin apparel and high-quality fashion; high-quality, soft-handling fabrics & knitting yarns
20.6-22.5 μ – Medium 22.6-25 μ – Broad	A variety of woven apparel cloths, knitting yarns and furnishings such as thicker sweaters, socks, blankets, rugs and industrial felts.
26-32 μ - Coarse	Rugs, upholstery and insulation
32-48 μ	Carpets

Figure 15. Wool micron Grades and Uses (IWTO, 2020)

Transport

The study bases the assumption of the origins of the Merino wool used in the product on Western Australia, the sheep are held by the farm 'Red Gully' near the town of Esperance. Additionally, the biggest port in Australia managing about 452 million tons of cargo is Port Hedland located in the West of the country (World Atlas, 2017). The fiber is transported from Esperance to Port Hedland by truck which covers 1807 kilometers via highway 95 and Goldfields highway.

In 2018, the Port of Genoa handled the largest volume of cargo in Italy (Statista, 2020). The shortest and fastest route from Port Hedland to the Port of Genoa, via the Suez Canal, is 7606 nautical miles (Sea-Distances, 2020b). One nautical mile (nm) converts to 1.852 kilometers, resulting in 7606 nm converting to 14086.3 kilometers. The transit time of sea freight is approximated at an average of 40 days, depending on the speed of the vessel and the freight route (Sea-Distances, 2020b).

Lyocell

Lyocell is a man-made regenerated cellulose fiber, similar to viscose, and fall under the general category of Rayons. Lyocell differs from viscose in its reduced environmental impact during production, using an organic solvent spinning process. The organic solvent, N-methylmorpholine-N-oxide (NMMO), is used in a 99.5% closed loop process. The largest producer of lyocell fiber, trademarked under the name Tencel®, is Lenzing AG in Lenzing, Austria (Mathers & Wardman, 2015; Chen, 2015;

Fletcher, 2014; Textile Exchange, 2020a). The manufacturing location of the fiber is at Lenzing's facility in Heiligenkreuz, Austria (Shen et al, 2010).

Tencel® raw material consists out of, often eucalyptus and beech, hard wood trees grown in sustainably managed forests accredited with certifications such as Forest Stewardship Council (FSC), Programme for the Endorsement of Forest Certification (PEFC and Sustainable Forestry Initiative (SFI) (Textile Exchange, 2020b; Shen et al, 2010; Fletcher 2014). The Eucalyptus tree grows in warm climates located in the southern hemisphere (Shen et al, 2010). Additionally, the trees grow relatively fast, needing 7 years to mature making the tree an efficient source of hardwood. The majority of eucalyptus pulp is manufactured in Brazil, although Lenzing states that for their fiber production the raw materials and pulp is only sourced from certified manufacturers in Scandinavia, The Baltic States, South Africa and the United States (Lenzing, 2020). This study assumes the raw material is grown and processed into pulp in South Africa, due to having a suitable climate, contradictory to Scandinavia, for eucalyptus tree growth. The majority of eucalyptus used for pulp in South Africa grows in KwaZulu Natal province forests (Forestry South Africa, 2018). The pulp is produced according to the Kraft pulping method, which is a process using a hot mixture of water, sodium hydroxide (NaOH) and sodium sulfide (Na₂S) to breakdown the bonds between the lignin, hemicellulose and cellulose of the woodchips needed to create pulp (Numera Analytics, 2020; Shen et al 2010). The process recovers the chemicals and heat used in the cooking and uses the recovered energy in the pulping process, the largest amount of pollution comes from sodium salts emissions (Cheremisinoff & Rosenfeld, 2010). After the wood pulp arrives at the plant in Austria, it is mixed with the N-methylmorpholine-N-oxide (NMMO) and subsequently heated until the pulp is dissolved. The substance resulting from this process is called 'dope' (Chen, 2015). The dope is then extruded through a spinnerette after which the filament proceeds to go into a diluted amino oxide bath which sets the fibers, this method is also referred to as the dry jet wet spinning method. The filaments are then finished and carded before being cut into staple fibers and gathered in bales for export.

Transport

The pulp is assumed to be manufactured in the close proximity of the forest and within the same province, consequently the pulp is then sent by sea freight from the largest

port of South Africa and similarly located in the KwaZulu Natal province; the Port of Durban (international Trade Association). In 2018, the Port of Genoa handled the largest volume of cargo in Italy and is the closest port to the Lenzing's fiber manufacturing facility in Heiligenkreuz, Austria (Statista, 2020). One nautical mile (nm) converts to 1.852 kilometers, the distance from the Port of Durban to the Port of Genoa, routed via the Suez Canal, is 5975 nm or 11065.7 kilometers (Sea-Distances, 2020a). The transit time of sea freight is approximated at an average of 25 days, depending on the speed of the vessel and the freight route (Sea-Distances, 2020a). From the port of Genoa to pulp will be transported via truck to the fiber manufacturing location of Lenzing in Heiligenkreuz, Austria. This covers 951 kilometers, on the fastest route via Verona (A22), Innsbruck (A12), Salzburg (A1).

Manufacturing - Yarn Manufacturing

In 2016, Tencel® and Woolmark Company announced a partnership in producing a lyocell/merino blended yarn for the high-end market. The blend is already popular in the European and US market and frequently used in the knitwear sector. The blend is marketed as the 'best of both worlds' due to mixing cellulose and protein fiber properties into a blend which is both suitable for winter and summer due to increased thermal regulation (Lenzing, 2016). Woolmark works with spinners and suppliers worldwide, of which Italy and France are mentioned as European countries for yarn manufacturing (Woolmark, 2021). Additionally, Italy is indicated as the largest producer in the EU textile industry, therefore this study assumes the yarn manufacturing including dyeing takes place in Italy by manufacturer Tollegno 1900 (Skills4Smart, 2020; Knit Manufacturer personal communication, 2020). Tollegno1900 is known for their worsted knitting yarn collection and manufactures, amongst others, various kinds of merino wool blended yarns in their plant in Tollegno (Tollegno1900, 2021).

Transport

The lyocell fibers are transported from Heiligenkreuz, Austria to the yarn manufacturer in Tollegno, Italy by truck via the fastest route over the A2 past Graz, A4 past Verona and Milan and covers 946 kilometers.

The Merino fibers are transported from the port of Genoa to the yarn manufacturer in Tollegno, Italy by truck via the fastest route over the A26 and covers 183 kilometers.

Ring Spinning

Both the Merino wool fibers and Tencel® fibers are long, 60 – 150 mm, staple fibers (Alagirusamy & Das, 2015). In wool yarn manufacturing two systems are commonly used;

1. the Woollen system, for shorter wool fibers, making thicker yarns ideal for heavyweight fabrics.
2. The Worsted system, for long and high-quality fibers resulting in strong but lighter yarns.

A long staple fiber blend of Tencel® and Merino is assumed to use the Worsted manufacturing system, and to be a spun blend yarn which blends the fibers of two bales at a 50/50 ratio at the start of the process (Elhawary, 2015; Woolmark, 2020c). Followed by carding of the blended fibers, this process opens up, disentangles and straighten the fibers resulting in slivers. Next, the slivers continue to the gilling process where the fibers are aligned by being passed through a series of pinned combs improving the evenness of the slivers and combing it into a single sliver. After which the sliver continues to a combing machine where all the short fibers are combed out and used in the woollen process. The combed slivers repeat the processes gilling, and combing before eventually being drawn into a worsted roving (Elhawary, 2015). The worsted rovings are then spun into a yarn by the ring spinning method, a method widely used in the textile industry. During ring spinning, the fibers are twisted around each other to manufacture a fine and strong yarn. This method was selected due to the ability of producing fine yarns suitable for the application of a jumper, although this method also knows a few disadvantages such as a slower production speed and a higher energy use due to the need of rotation movements of the machinery (Elhawary, 2015; Wiedemann et al, 2020). The yarn is assumed to be a 2-ply yarn at 50 nm or 200dtex, based on information New Industrial Order has supplied indicating their standard merino wool yarn at 2/48nm and a standard lyocell yarn at 2/50nm.

Package Dyeing

Dyeing can take place in multiple phases of the manufacturing process, namely in the fiber phase, yarn phase, fabric phase or garment phase. For the application of a high-quality jumper, yarn dyeing or package dyeing is the preferred method due to the increased quality of the method, batch production (the production quantities can vary from 1kg to 1000kg) and dye penetration (Buying Expert, personal communication, 2020; Kadolph, 2014). In this method the spun yarn is wound on perforated cones and inserted into a high-pressured tank for dyeing, additionally this is an exhaust dyeing process (Richards, 2015). Before dyeing the yarn, a pre-treatment process washing and rinsing to remove oils from the spinning process is necessary for an optimal dyeing result. Washing can be done with detergent and soda ash at a neutral pH level around 7, for 20-40 min at 50-60°C, followed by a warm and cold rinse (Huntsman, 2007). The jumper in this study is offered in 3 colorways: Royal Blue, Black and Turtle Dove. To dye a protein and cellulose base fiber blend the dye type combination is acid dye and cellulose dye (Ibrahim, 2011). Two procedures can be used in dyeing a blend such as merino/lyocell, namely:

1. One-bath, milling acid dye and direct dye

LANASET® / SOLOPHENYL®

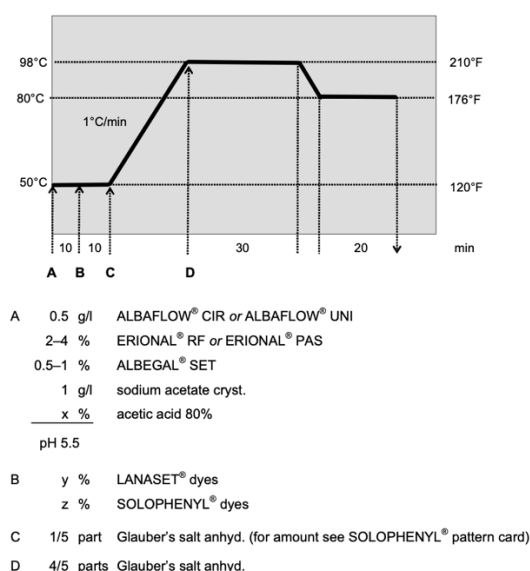
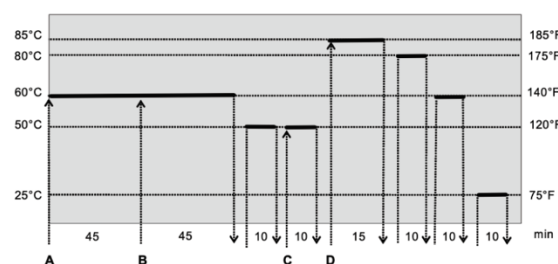


Figure 16. Lanaset®/SOLOPHENYL® dye bath procedure (Huntsman,2007)

2. Two-bath, milling acid dye and reactive dye

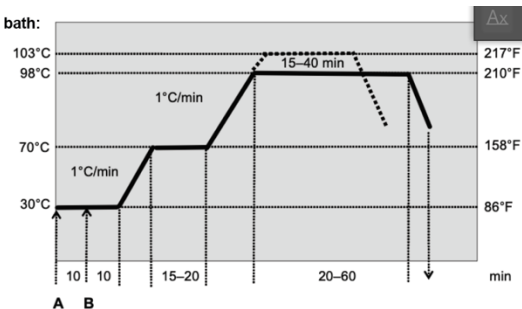
LANASET®/NOVACRON® F/FN

First bath: NOVACRON® F/FN dyeing procedure



A:	ALBAFLOW® FFC	g/l	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	LYOPRINT® RG	g/l	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	NOVACRON® (based on pure CEL)	%	0-0.5	0.5-1	1-2	2-3	3-4	4-5
	Glauber's salt	g/l	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80
B:	soda ash	g/l	2	3	4	5	5	6
C:	acetic acid 80% pH 7		x	x	x	x	x	x
D:	ERIOPON® R LIQ	g/l	1	1	1	1.5	1.5	2

second bath:



A	0.5 g/l	ALBAFLOW® CIR or ALBAFLOW® UNI
	1 g/l	MIRALAN® Q
	1-1.5 %	ALBEGAL® SET
	5-10 %	Glauber's salt anhyd
	4 %	ammonium sulfate
	x %	acetic acid 80%
	pH 7-5.5	(see table)
B	y %	LANASET® dyes

Figure 17. Lanaset®/NOVACRON® F/FN dye bath procedure (Huntsman,2007)

The one-dyebath method, mixing acid dye with direct dye, is recommended for pale to medium shade and is economically attractive because of the shorter process, however quality of the dyeing will be lower. While the two-dyebath method with reactive dye is used for medium to dark shades and results in a higher fastness level in the cellulose fiber (Huntsman, 2007). Due to higher quality achieved by the two-bath method, this study assumes to use the acid/reactive dye combination and process in the dyeing phase. According to this method, the cellulose fiber is dyed first, as shown in Figure 17. Reactive dyeing forms a covalent bond between the dye molecule and the fiber and is done under a pH level >7. The fixation is advised to be done with soda ash, to prevent damage to the wool fiber. Before the second bath, tending to the dyeing of the protein fiber, the yarn needs to be washed with detergent and rinsed. The acid dye for the wool in the second bath forms an ionic bond between dye molecule and fiber at a pH around 5, at a higher pH level the exhaust level is lower, which in turn would result in higher effluent pollution due to wasted dyestuff (Fisher, 2017). After dyeing the yarn requires a rinse to get rid of excess dyestuff, followed by drying. The yarn is ready to be knitted into a garment.

Transport

The finished yarn is transported from the yarn manufacturer in Tollegno, Italy to the garment manufacturer Sousa's, Viera and Veloso in Barcelos, Portugal by truck. The fastest route is via Turin, Toulouse and Leon and covers 1940 kilometers.

Manufacturing - Garment Manufacturing

Fully Fashioned Knitting

Fully Fashioned Knitting is a method of knitting where the panels (front, back and sleeves) are knitted into the exact pattern pieces by widening, activating needles, or narrowing, deactivating needles. In doing so, the method eliminates cutting waste as was common in the traditional Cut&Sew method, which is still used for T-shirts and Sweatshirts for example (Apparel Resources, 2010). Fully Fashioned Knitting can be done on industrial flatbed knitting machines, such as the bestselling CMS 530 by the German brand Stoll (Stoll, 2021). The machine is frequently used by European manufacturers (Knit Engineer, personal communication, 2020; Knit Manufacturer, personal communication, 2020). The brand Humanoid indicated on their website that 80% of the production of their products takes place in Europe (Humanoid, 2020). The majority of clothing in the European Union is manufactured in the southern European countries such as Italy, Portugal and Greece (European Commission, 2020b). Additionally, fine knitting for high end markets is presumably done in Portugal, therefore the manufacturing sight is assumed to be at garment manufacturer Sousa's, Viera and Veloso in Barcelos, Portugal (Buying Expert, personal communication, 2020).

A garment produced according to the fully-fashionable knitting process starts with the knitting of the 4 separate panels, namely the front panel, back panel, right sleeve and left sleeve. After the panels are knitted they are washed, dried and pressed to eliminate shrinkage. Next, the knitted panels are inspected on mistakes and then continue to the Linking process where the panels are connected by a linking machine which is manually operated. The garment is then washed, dried and finally pressed again (Knit Manufacturer, personal communication, 2020; Knit Engineer, personal communication, 2020).

The time needed for this process varies according to the type of garment, complexity of the garment design and skill level of the employees. For a simple garment, such as a jumper, the production time takes an average of 75 minutes (Apparel Resources, 2010).

Finishing

In the finishing stage of the garment, the necessary labelling will be added. These consist out of a Brand Label, a Care Label and a Price Tag. The brand label, as indicated in the product breakdown structure Figure 1, is a polyester woven label. The Care Label is a mandatory label disclosing information about the composition of the fabric and product care outlined in the European Union's regulation on textile labelling and fiber composition (Eur-Lex, 2018). Care Labels are often printed on white polyester satin woven labels, the material choice is generally based on durability during washing. The Price tag is usually a part of the hangtag branding, made out of cardboard and paper printed with inkjet. The impact of the used material in this phase and their respective manufacturing processes are not taken into the system boundaries of this study, as the appliance of the labels is the same for both supply chains.

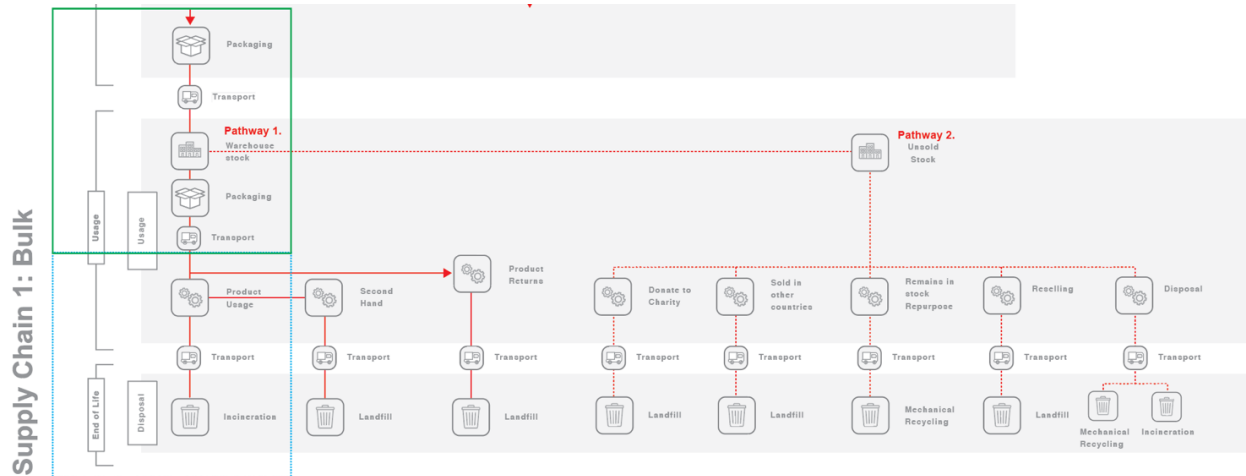


Figure 18. Supply Chain 1: Bulk Processes

The study continues to outline the processes of 2 different supply chains, the first is characterized by the Bulk order approach and the second by the On-Demand order approach (see next Chapter). In the Bulk Supply Chain, a quantity of 900 jumpers is made, as a result of the Minimum Order Quantity of 300 pieces per colorway by the manufacturers. Outlined in Figure 16 are the modelled pathways of the jumpers, based on literature and qualitative research, for the Usage Phase and End of Life Phase. Pathway 1 is the route the majority of the Bulk follows; this route is subdivided in the distribution phase into 2 option: retail route and an e-commerce route, which will be further discussed in the Usage chapter below. Pathway 2 lays out the options for routes of unsold stock, usually one route is chosen for the entire excess batch. Unsold stock is defined in this context as product which have not been sold by the brand through the usual sales channels and for which alternative routes have to be found. In this study, Pathway 1 is used to model the bulk impact on, however all different routes have their own level of impact.

Manufacturing

Packaging

The jumpers are individually packed in a polybag and gathered in a cardboard box for transport. Sandin et al (2019) estimated a 20-gram plastic packaging and 60-gram corrugated cardboard per kilogram of garment, based on weighing similar product

packaging in their study. This study will use this estimate for the packaging of the jumpers.

Transport

The finished garments are transported from the garment manufacturer Sousa's, Viera and Veloso in Barcelos, Portugal to the warehouse of Humanoid in Arnhem, The Netherlands by truck. The fastest route is via Paris, Lille and Antwerp and covers 2063 kilometers.

Usage

Before distribution to the brand's sales channels around the Netherlands, the jumpers are stored in the main warehouse. Pathway 1 is the route of all the sold stock, this includes the products sold at full price during the retail season Autumn/Winter and the products sold after season at a 50% discount. The system boundaries do not include the scenarios for a second user (e.g. Second Hand) or Product Returns, despite the latter being a major problem in the fashion industry in relation to e-commerce channels, it falls out of the scope of this study.

Consequently, two options are laid out as possible routes to the consumer (Fig. 17), namely:

1. Via retail stores, e.g. the main flagship store of Humanoid in Arnhem
2. Via e-commerce platforms, such as the brand's own web shop

The percentage of online sales worldwide has been increasing over the last years, and is expected to grow at an 11.4% rate per year.

Supply Chain 1: Bulk Pathway 1. Sold Distribution specification

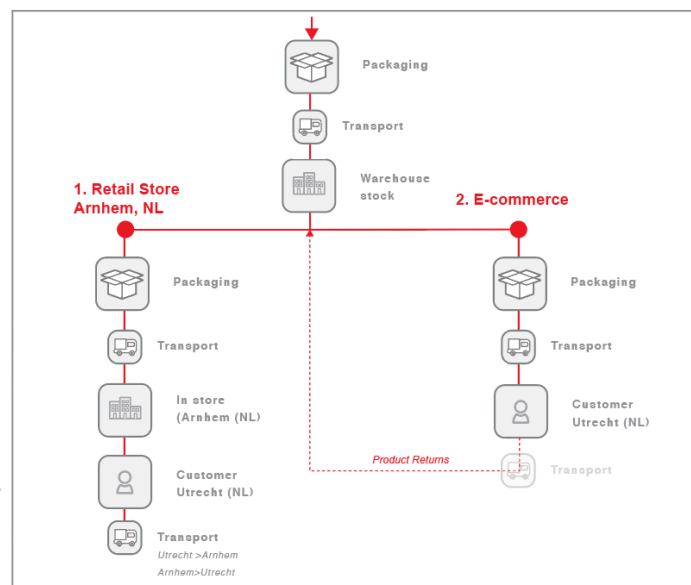


Figure 19. Bulk: Distribution options specification

E-commerce channels make up for approximately 21% of the sales, while 79% is sold through offline channels, it has to be noted that these number are pre-Covid19 (Statista, 2021). In this study, however, the retail option is followed for the scenario as it is the most used route.

Packaging

The poly bag packaging is assumed to remain the same as during the earlier transport, assumed is a dosed supply to the stores and therefor an additional 60-gram corrugated cardboard packaging material per kilogram of garment.

Transport

The garments are then transported from the warehouse to the flagship store which both are located in Arnhem, The Netherlands. The transport distance is considered negligible.

The customer is assumed to make a return trip by car from their location in Utrecht, The Netherlands to the store in Arnhem, The Netherlands. The distance of the return trip is 134 kilometers.

3.2.3.c. On-Demand Supply Chain

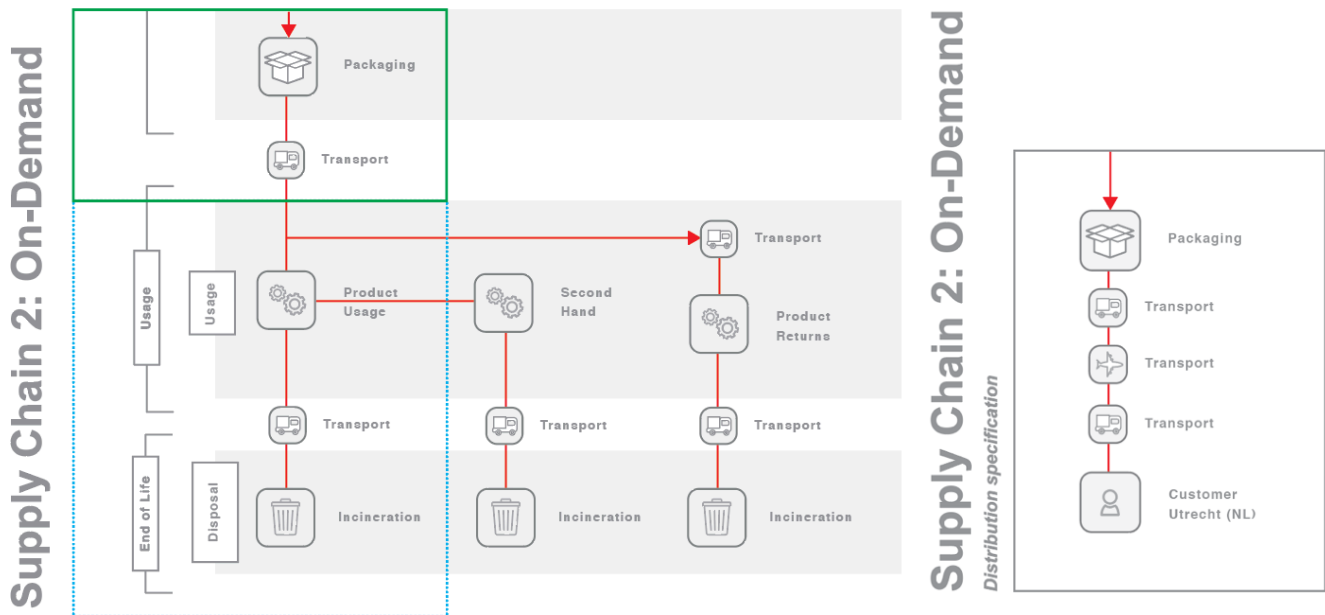


Figure 20. Supply Chain 2: On-Demand Processes

Figure 21. On-Demand Distribution specification

The On-Demand supply chain is characterized by only producing and delivering a garment when the customer demands. A streamlined product flow can be seen in Figure 20, because the manufacturer won't produce the jumper unless the order was placed by the customer via the N.I.O Knitcloud platform, the need for a warehouse is obsolete. Additionally, the garment manufacturer also becomes responsible for shipping the product directly to the customer (Figure 21).

Manufacturing

Packaging

The jumpers are individually packed in a polybag and a carrier or flyer bag for transport. Sandin et al (2019) estimated a 20-gram plastic packaging per kilogram of garment, based on weighing similar product packaging in their study. This study will use this estimate for the polybag packaging of the jumpers.

The carrier bags are a thicker plastic than the poly bag. A polythene carrier bag of 40cm x 30cm was weighed for reference, at 28 gram per carrier bag transporting 1 jumper (DHL, 2021). This translates to 140 gram per 1 kg of garment.

Transport

The finished garments are first transported from the garment manufacturer Sousa's, Viera and Veloso in Barcelos, Portugal to the Francisco de Sa Carneiro Airport, Portugal by Van. The fastest route covers 53 kilometers. The package is then shipped by Airfreight from Francisco de Sa Carneiro Airport, Portugal to Eindhoven Airport, The Netherlands, the flight covers 1536 kilometers. The last part of the transport is from Eindhoven Airport, The Netherlands to Utrecht, The Netherlands by van and covers 87 kilometers.

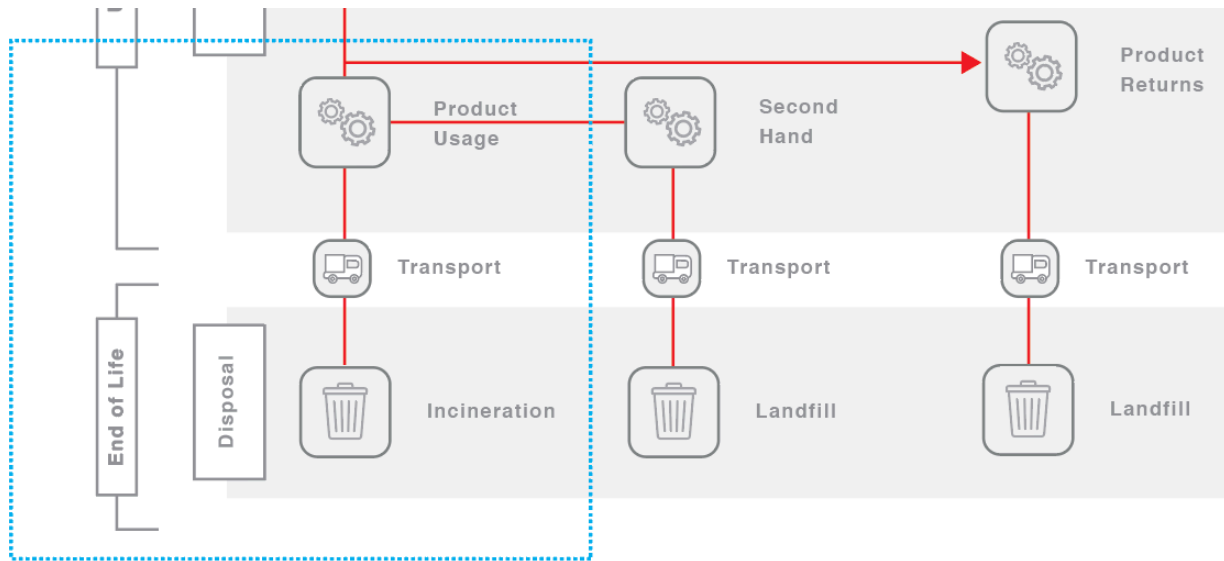


Figure 22. The shared processes of the Usage Phase and End of Life

The second part of the shared processes include the Product Usage phase and the End of Life phase as depicted in Figure 22.

Usage

Product Usage

Of the sold jumper, the product usage phase includes 3 steps as shown in Figure xx (Sandin et al, 2019).

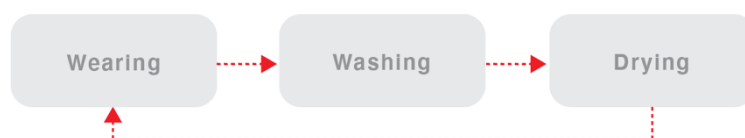


Figure 21. Product Use stages (Adapted from Sandin et al, 2019)

The garment is estimated to be washed after an average of 3 wears, resulting in (82 wears / 3 wears) 27 washing cycles (Laitala, 2017; Sandin, 2019; Nolimal, 2018). The fiber blend of wool and lyocell requires a domestic wool washing program at 30 °C with a mild washing detergent. The garment is then flat dried, because tumble drying will shrink the garment and additionally, wrinkling is also reduced by this drying method.

End of Life

Disposal

According to CBS statistics of 2019, 86 kton of textiles was collected separately through textile collection containers. Post-consumer clothing waste in the Netherlands is deposited in Textile recycling bins of charities such as Reshare by Leger des Heils or collection companies such as Sympany. Collected wearable clothing goes to markets in Africa, Asia and Eastern Europe (FFact, 2020; Milieucentraal, 2021). Whereas, Sympany sorts the collected clothing in to re-wearables, which are sold onward, recyclables, where the material is shredded also known as mechanical recycling, and rest waste which is incinerated (Sympany, 2021). Textiles in the Netherlands are not allowed to be landfilled, and material which cannot be recycled or reused is incinerated (Maldini et al, 2017). However, 174 kton of textiles ended up in household waste streams and proceeded to be incinerated for energy recovery (Maldini et al, 2017; CBS, 2021).

After using the jumper for the lifetime indicated in the Functional Unit, it is assumed that the jumper is no longer eligible for second hand reuse. Therefore, the end of life for the jumper is assumed to be incineration for energy recovery.

Transport

The jumper is assumed to be discarded in household waste and moved to an AEC, Afval Energie Centrale, of which there are 13 located across the country that burn household waste (Rijkswaterstaat, 2020). An average distance of 100km is assumed for this leg of transport.

3.3 Life Cycle Inventory

The inventory of the study was built using secondary data available within Modint Ecotool and added secondary data sourced from other LCA studies executed by reputable sources. Inputs, Outputs and related calculations are discussed per process in detail in Appendix I.

4. Results

The shared processes for both supply chain have the same impact; the results show in the Climate Change and the Primary Energy Content category, the Fiber Material phase as the highest impact category followed by Construction and Domestic Laundry (Figure 24).

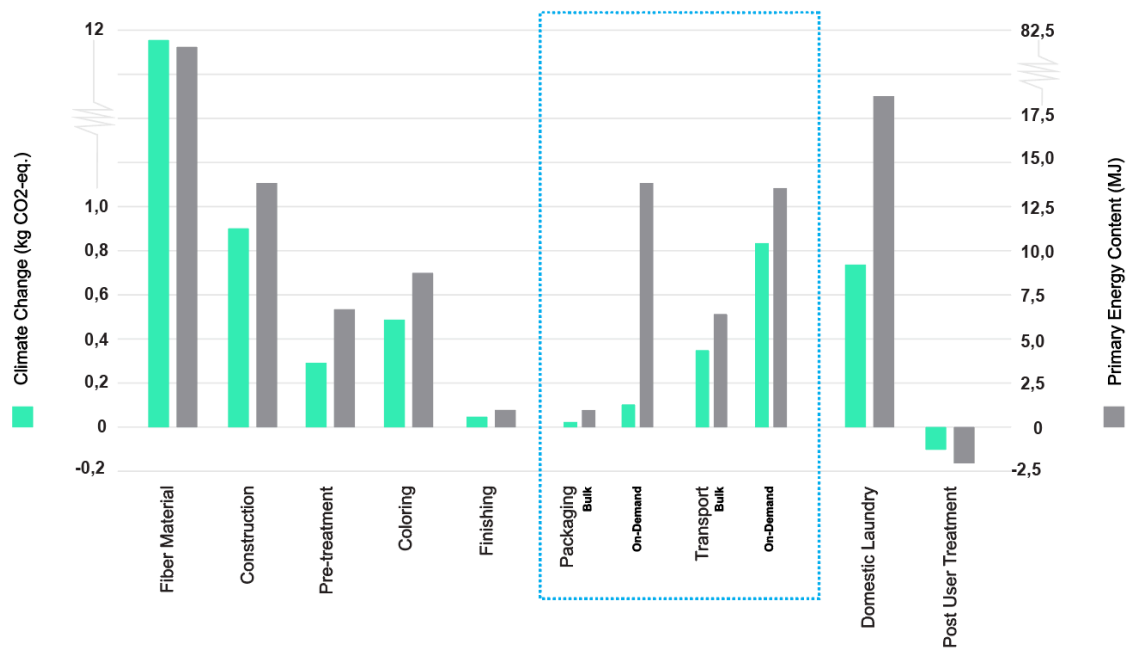


Figure 24. Climate Change and Energy Content results

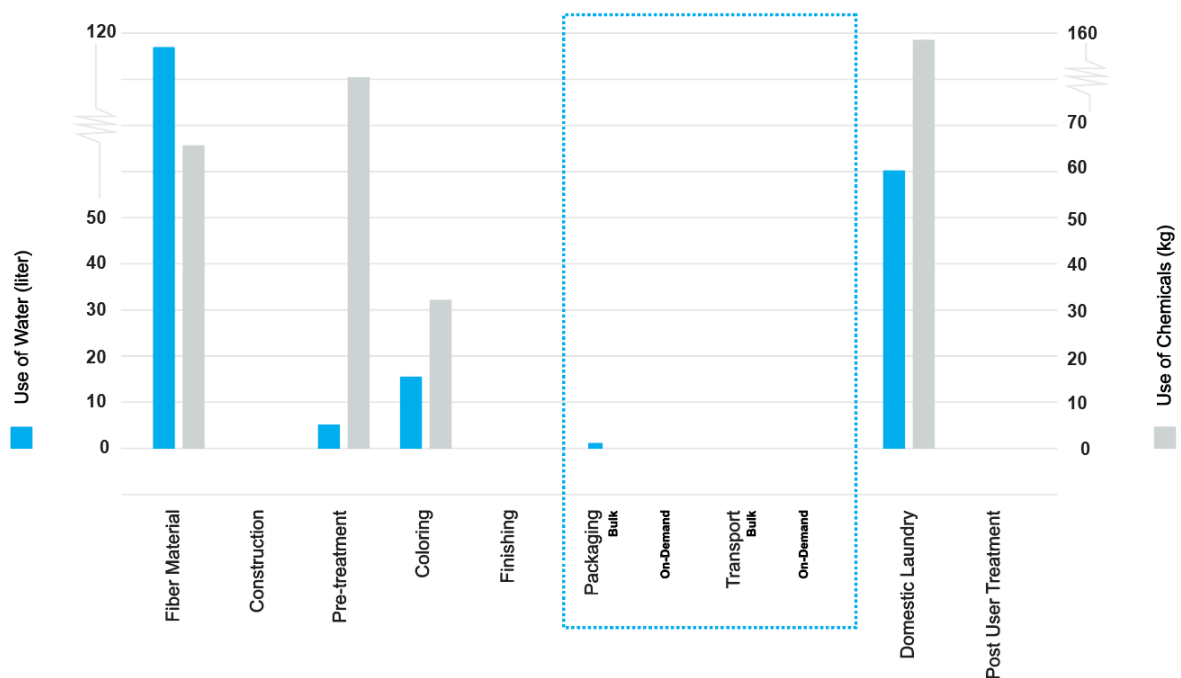


Figure 25. Water Use and Chemical Use results

The use of water shows to be highest in the Fiber Material Phase, followed by the Domestic Laundry Phase (Figure 25). The use of Chemical is registered highest in the Domestic Laundry Phase, however concise data pertaining the use of pesticides or fertilizers in the Fiber Material Phase of wool is missing. Additionally, the use of Land is highest in the Fiber Material Phase.

4.1 Bulk Supply Chain

The start input of fiber material was 0.204 kg, this is based on the FU unit 0,2 kg plus the 2% product loss which occurs during the processing. The setting of the tool was to measure the entire product life, and the washing cycles to 27. The total impact of 1 Bulk jumper via the Retain scenario results in 14.6 kg CO₂-eq, 135.9 MJ of energy, 228 liters of water, 357.5 kg of Chemical and 26.75 m²a of Land use (Table 6).

The detailed results can be found in Appendix II.

Input Fiber Material	0.204 kg (0.2kg + 2% product loss)
Washing Cycles	27
Life Cycle	<i>Impact of entire product life</i>

Table 6. Overview total impacts Bulk

Impact Category	Bulk 1 jumper
Climate Change (kg CO ₂ -eq)	14.6141
Primary Energy Content (MJ)	135.998
Use of Water (liter)	228.07
Use of Chemicals (kg)	357.47
Use of Land (m ² a)	26.75

4.2 On-Demand Supply Chain

The start input of fiber material was 0.204 kg, this is based on the FU unit 0,2 kg plus the 2% product loss which occurs during the processing. The setting of the tool was

to measure the entire product life, and the washing cycles to 27. The total impact of 1 On-Demand jumper results in 14.9 kg CO₂-eq, 143.9 MJ of energy, 227.6 liters of water, 357.5 kg of Chemical and 26.7 m²a of Land use (Table 7).

The detailed results can be found in Appendix II.

Input Fiber Material	0.204 kg (0.2kg + 2% product loss)
Washing Cycles	27
Life Cycle	<i>Impact of entire product life</i>

Table 7. Overview total impacts On-Demand

Impact Category	On-Demand 1 jumper
Climate Change (kg Co ₂ -eq)	14.923
Primary Energy Content (MJ)	143.988
Use of Water (liter)	227.64
Use of Chemicals (kg)	357.47
Use of Land (m ² a)	26.7

4.3 Comparative Analysis

The results show a relatively small level of difference is made by the Packaging and Transport segments between the Bulk jumper and the On-Demand jumper.

In Figure 26 shows the On-Demand jumper results are respectively 2.1% and 5.1% higher in the categories Climate Change and Primary Energy compared to the Bulk jumper. This is due to the higher impact of the carrier bag in Packaging and the Air Freight in Transport. Consequently, the Bulk jumper results are small increase in Water Use and Land Use due to the cardboard use, where the impact corresponds to natural resources (trees) needed for paper manufacturing, in Packaging.

The Bulk scenario in Pathway 1, which models the routes of sold stock products, is based on a Retail route, however in the e-Commerce route the same carrier bag packaging that On-Demand uses would be used. E-commerce is a rapidly growing

sales channel, which is accelerated by the Covid19 pandemic. The Unsold stock routes are many and varied but of which the majority of the routes result either in a sale of the jumper or a use of the jumper. The study will look further into the effect of the different scenarios in Sensitivity Analysis 1.

Additionally, both the Packaging and Transport scenarios of the On-Demand life cycle were adjusted in material type and the production facility's distance to the demand and type of transport used in Sensitivity Analysis 2 and 3.

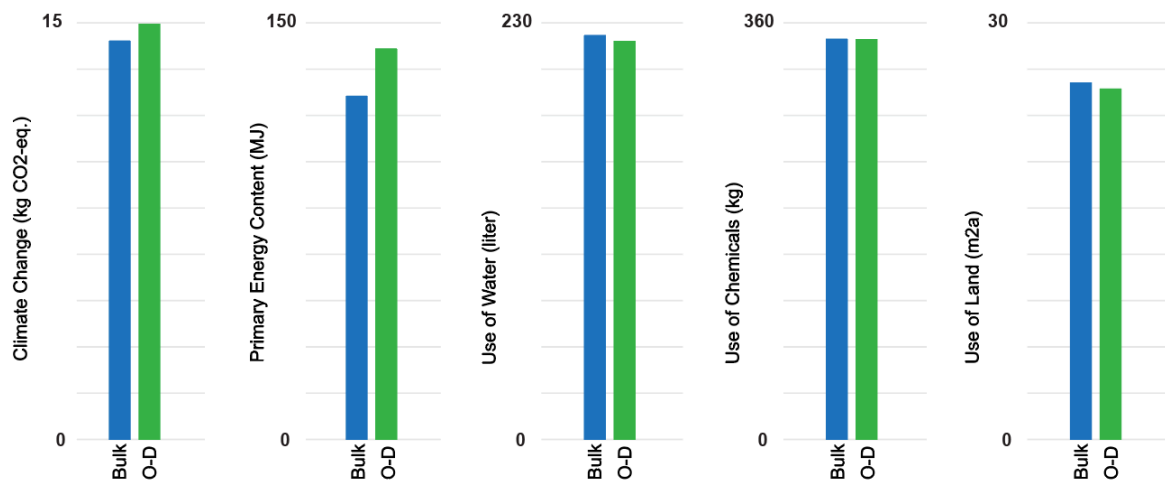


Figure 26. Comparing Results

Furthermore, the Bulk scenario under this base scenario could not account for the effect of overstock, which is a significant negative factor in the Bulk supply chain. This incapability resulted in an incomplete representation of the Bulk scenario, therefore Sensitivity Analysis 4 attempts to present a more accurate interpretation by implementing Economic Allocation of Overstock to the Bulk scenario.

5. Sensitivity Analysis

In the previous Chapter, four topics have been selected for the Sensitivity Analysis (SA) as depicted in Figure 27. For each of the topics an additional research question has been formulated.

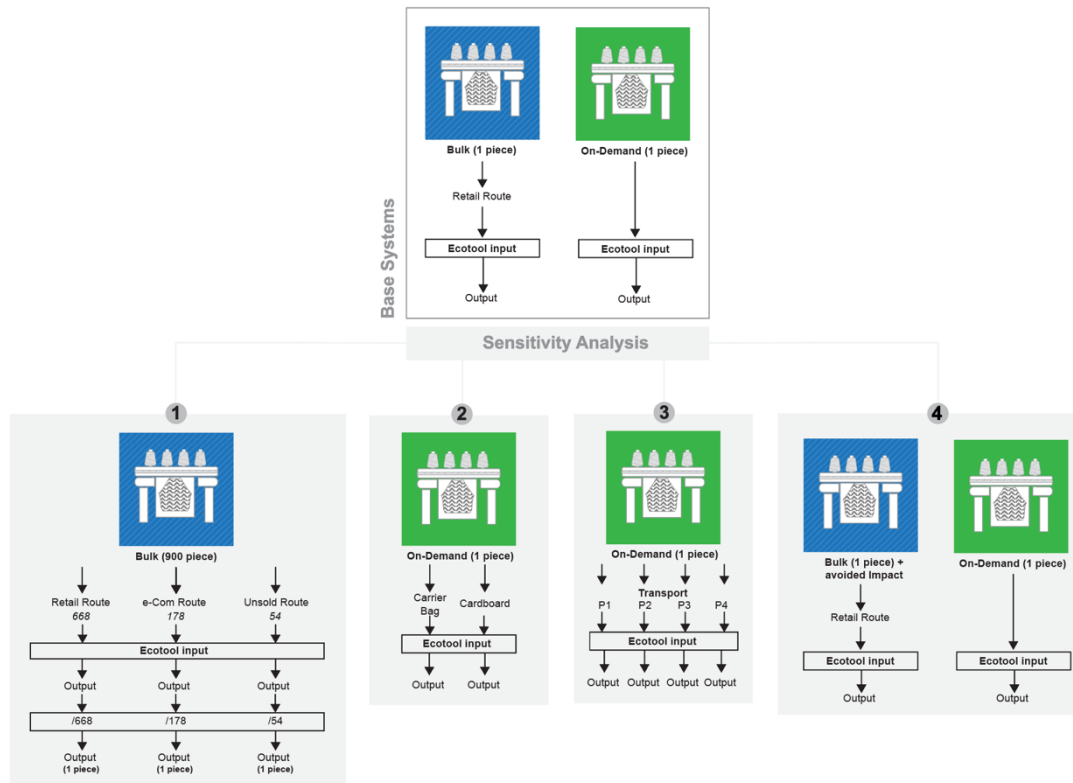


Figure 27. Sensitivity Analyses 1, 2, 3, 4 Overview

SA 1 focused on the effect of different product routes within the distribution phase of the Bulk supply chain. The question formulated: *How much do alternative Bulk distribution routes deviate from the Retail route assumption and how does it relate to On-Demand results?*

SA 2 researches alternative On-Demand Packaging Material. The question formulated: *Which packaging alternatives can reduce the impact in the On-Demand supply chain?*

SA 3 mapped out On-Demand Transport scenarios. The question formulated: *How close does the production need to be to the demand, and which alternative transport methods can be used?*

SA 4 looked into applying Economic Allocation to measure the environmental effect of overstock. The question formulated: *How can the effect of overstock of the Bulk Supply Chain be translated into environmental impact?*

5.1 Bulk Alternative Distribution Routes

How much do alternative Bulk distribution routes deviate from the Retail route assumption and how does it relate to On-Demand results?

The different Bulk distribution scenarios were identified in the system boundaries as:

1. Pathway 1: Retail
2. Pathway 1: e-Commerce
3. Pathway 2: Unsold stock

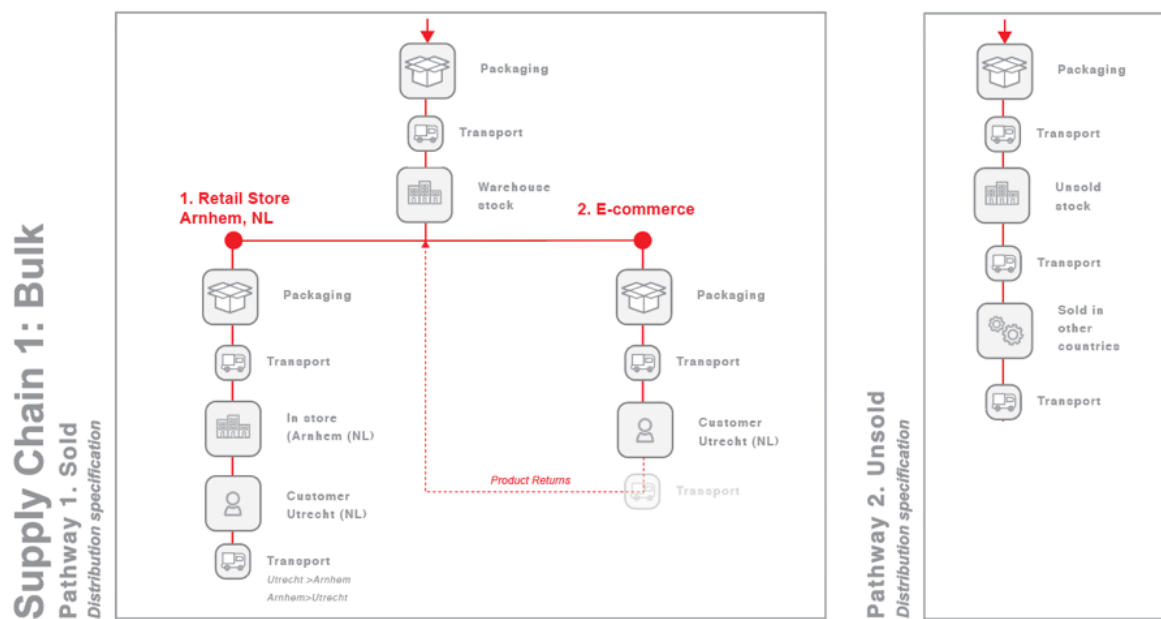


Figure 28. SA 1: Distribution Scenarios

To analysis the different distributions routes, the bulk order of 900 jumpers needs to be divided proportionally over the routes. For this division, the study used the data provided by Kort, van der Vusse & van Grootel (2020) as displayed in Table 8 below.

Table 8. SA 1: Bulk Assumptions and Stock Data

Pathway	Process	Sub Process	Bulk Quantity	Percentage	Source
1.	Warehouse stock		900	100%	
	Retail Product – full price		576	64%	(Kort, van der Vusse & van Grootel, 2020)
	Retail Product – discount 50%		270	30%	(Kort, van der Vusse & van Grootel, 2020)
2.	Unsold Stock		54	6%	(Kort, van der Vusse & van Grootel, 2020)

As mentioned in Chapter 3.2.3 System Boundaries, e-Commerce channels make up for approximately 21% of the sales, while 79% is sold through offline channels (Statista, 2021). Of the 900 jumpers stored in the warehouse, 846 jumpers are sold through either one of these two channels and 54 jumpers remain Unsold. The 846 jumpers are then subdivided according to the Retail/e-Commerce data (Table 9).

Table 9. SA 1: Bulk Distribution

Option	Bulk Order Quantity	Percentage	Source
1. Retail Store	668	79%	(Statista, 2021)
2. E-commerce	178	21%	(Statista, 2021)

E-Commerce

21% of the 846 jumpers (178 jumpers) sold through Pathway 1, is distributed via the e-Commerce route. The e-Commerce scenario follows the product from the Warehouse stock directly to the customer located in Utrecht, The Netherlands by delivery service (e.g. DHL, PostNL) and is packaged in a carrier bag such as the one used in the On-Demand scenario. For the transport a single journey is assumed, due to the use of local delivery services.

Table 10. Pathway 1. e-Com Route

Input Fiber Material	178 jumpers * 0,2 = 35,6 kg (+2% product loss- 36 kg)
Input Packaging	LDPE: 0.004 x 178 = 0.712 kg Carrier bags: 178 * 0.028 = 4.984 kg
Input Transport	Arnhem warehouse to customer in Utrecht, NL 67 km Van <3.5t

Unsold Stock

As presented in Table xx, 35% of unsold stock is sold in other countries, either via online discount platforms or other outlet shops (Kort, van der Vusse & van Grootel,

2020; Jobber, personal communication, February 11th, 2021). Humanoid has retail store sales channels throughout Europe, as an average estimated Paris is selected as reference point. The whole unsold stock batch is assumed to be moved to the same point for further distribution (Jobber, personal communication, February 11th, 2021).

Disposal

As of 2017 France has an EPR (extended producer responsibility) policy for textiles, this results in an increase in textile collection for recycling and a diversion of textiles from landfills. However, at the time of writing, the majority of waste is still estimated to be disposed via incineration (Bukhari, Carrasco-Gallego & Ponce-Cueto, 2018).

Table 11. Pathway 2. Unsold Route

Input Fiber Material	54 jumpers *0,2 = 10,8 kg (+2% product loss- 10.9 kg)
Input Packaging	LDPE: 0.004 x 54 = 0.216 kg Cardboard: 0.012 x 54 = 0.648 kg
Input Transport	Arnhem warehouse to Paris, France 523 km Van <3.5t

Results

In the results the total impacts of 1 jumper per distribution route are compared (Table 12). The results of the sensitivity analysis show that the highest impact factor originates from transport; the high impact in the Climate Change impact category of Unsold Bulk comes from extra transport that is needed to distributed the overstock to other markets. The packaging material in the e-Commerce route has limited influence due to the decreased use of transport used by the delivery services. The changes have no effect on the use of Chemicals and a very small effect on the use of Land. In the Energy Use category, On-Demand still performs worse compared to Bulk, although the difference is smaller in the e-Com and

Unsold scenarios. The extended data leading to these Results can be found in Appendix III.

Table 12. SA 1: Distribution Scenario Results

Impact Category	Bulk Retail 1 jumper	Bulk e-Com 1 jumper	Bulk Unsold 1 jumper	On-Demand 1 jumper
Climate Change (kg Co2-eq)	14.6141	14.3601	15.7648	14.923
Primary Energy Content (MJ)	135.998	136.62	138.6367	143.988
Use of Water (liter)	228.07	227.855	227.854	227.64
Use of Chemicals (kg)	357.47	357.47	357.47	357.47
Use of Land (m2)	26.75	26.7253	26.7253	26.7

5.2 On-Demand Packaging Material

Which packaging alternatives can reduce the impact in the On-Demand supply chain?

The carrier bag, or flyer bag, was chosen as the standard packaging material used for shipping 1 jumper on air freight in the On-Demand supply chain. This packaging material takes up least space in transport and protects the product best against moisture. However, the use of these carrier bags results in an increase in environmental impact through the use of additional plastic, therefore another option presented by delivery services, would be to use a corrugated cardboard box (DHL, 2021).

On-Demand Jumper	
Carrier Bag Packaging substitute	Corrugated Cardboard, 337 x 320 x 52, weighing approx. 80 grams
Mass Input Packaging	$180 * 0.08 = 14.4$ kg (calculated per 900 jumpers and divided by 900 to gather results for 1 jumper)

Results

Table 13. SA 2: Overview Packaging phase impacts per category

Impact Category	Bulk 1 jumper	On-Demand 1 jumper	On-Demand cardboard 1 jumper
Climate Change (kg CO ₂ -eq)	0.0178	0.082	0.019
Primary Energy Content (MJ)	0.528	1.432	0.528
Use of Water (liter)	0.43	0	0.501
Use of Land (m ²)	0.05	0	0.059

Decrease of 76.8% in CO₂ emissions and 59% in Primary Energy Content by exchanging the On-Demand packaging material to cardboard. However, it also results in the use of extra Water and Land previously avoided by the use of plastic (Table 13). The slightly increased results of On-Demand Cardboard compared to Bulk, is accredited to the increase in weight in cardboard used to package 1 jumper.

In the total impacts of the supply chain the influence is minimal; CO₂ 0.4% decrease, PEC 0.6% decrease, 0.2% increase in water and 0.2% increase in Land as shown in Table 14.

Table 14. SA 2: Overview total impacts per category

Impact Category	Bulk 1 jumper	On-Demand 1 jumper	On-Demand cardboard 1 jumper
Climate Change (kg Co ₂ -eq)	14.6141	14.923	14.86
Primary Energy Content (MJ)	135.998	143.988	143.142
Use of Water (liter)	228.07	227.64	228.14
Use of Land (m ²)	26.75	26.7	26.759

5.3 On-Demand Transport

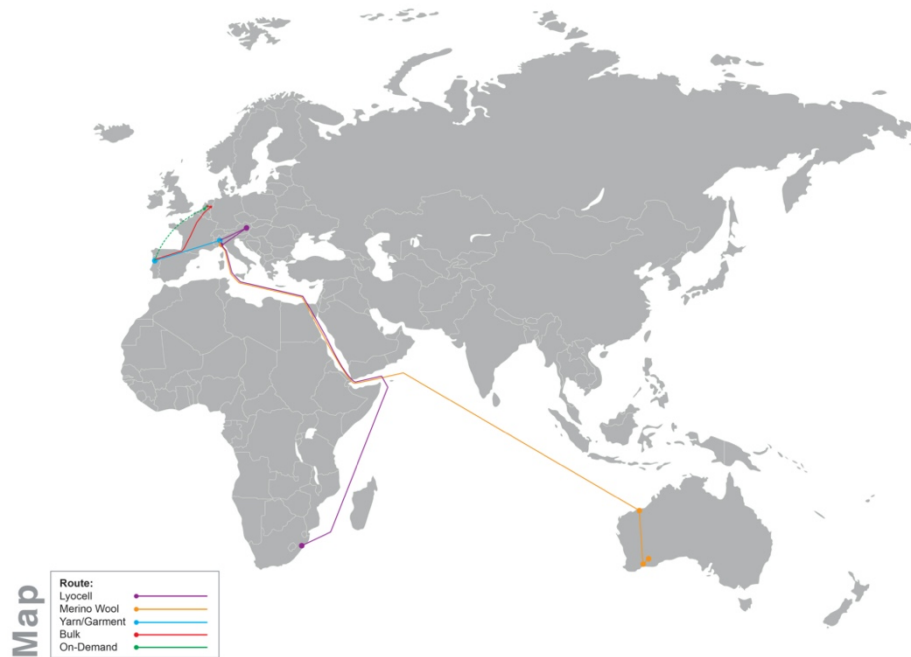


Figure 29. SA 3: Transport Map On-Demand Jumper Production 1

How close does the production need to be to the demand, and which alternative transport methods can be used?

The On-Demand scenario, as depicted in Figure 29, assumed the yarn production to be located in Tollegno, Italy, the garment production in Barcelos, Portugal and used Air Freight to transport the product to the end consumer in Utrecht, The Netherlands. This scenario is referred to as Production 1 (P1). In this analysis three additional garment production locations in Europe were appointed (Figure 30), namely;

Production 2 (P2): Prato, Italy, a town in Tuscany known for its affiliation with wool and recycled wool specialization (Hall, 2019).

Production 3 (P3): Paris, France, Despite Germany having a higher percentage of the market concerning apparel output (Eurostat, 2018), the study assumes France for the production location due this country, like Italy, catering to a higher segment in the apparel industry suited for On-Demand production.

Production 4 (P4): Amsterdam, The Netherlands, where N.I.O is currently working. The extended data can be found in Appendix IV.

Map detail: Europe

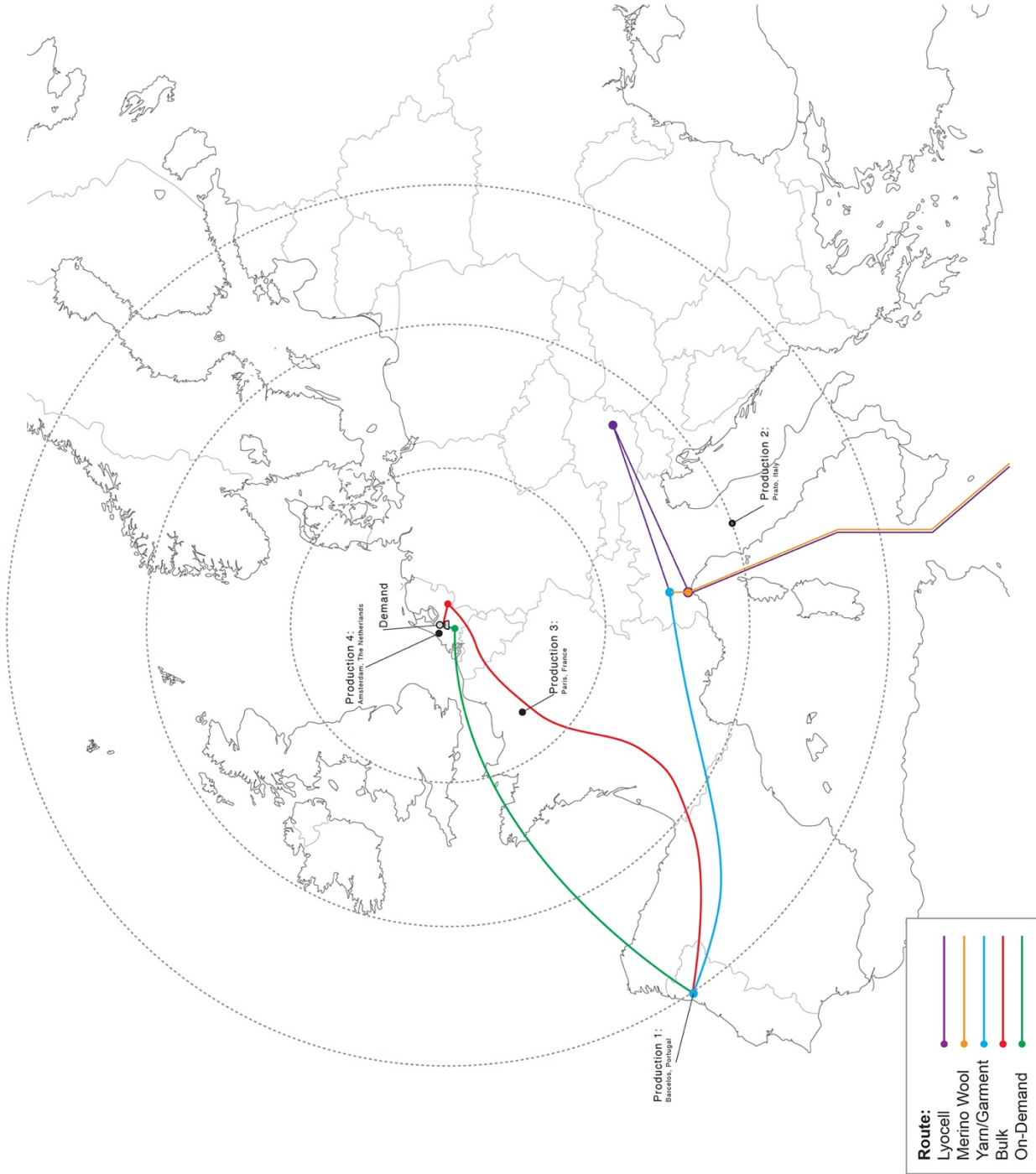


Figure 30. SA 3: Transport Map On-Demand Jumper Production Scenarios P2, P3, P4

Results

Table 15 shows moving the garment production closer to demand reduces the impact of the transport. P4 has the closest proximity to the demand and therefore does not need Air Freight. In P4, the garment to end consumer uses transport by van. Only in P4 of the scenarios, is the Climate Change and Primary Energy Content impact of On-Demand lower than the Bulk alternative.

Table 15. SA 3: Overview total impacts per production location

Impact Category	Bulk 1 jumper P1	On-Demand P1 1 jumper	On-Demand P2 1 jumper	On-Demand P3 1 jumper	On-Demand P4 1 jumper
Climate Change (kg Co ₂ -eq)	14.6141	14.923	14.63	14.45	14.317
Primary Energy Content (MJ)	135.998	143.988	138.375	136.721	134.68

*The extended data leading to these Results can be found in Appendix IV.

Exchanging Air Freight for Lorry 16-32t

Air Freight has a large environmental impact, the study exchanged Air Freight for transport by truck. Although it is unlikely that a quantity of 1 jumper will be transported by truck, it reduced the impact significantly especially on the longer distance transports such as P1 and P2 (Table 16). P3 results in a lower impact than P4 (by a fraction), due to the slightly shorter, more efficient connection of the route from the yarn production in Tollegno, Italy. All Production scenarios under the assumption of transport by truck, outperform the Bulk alternative.

Table 16. SA 3: Overview total impacts per production location Truck

Impact Category	Bulk 1 jumper P1	On-Demand P1 1 jumper	On-Demand P2 1 jumper	On-Demand P3 1 jumper	On-Demand P4 1 jumper
Climate Change (kg Co ₂ -eq)	14.6141	14.33	14.32	14.30	14.317
Primary Energy Content (MJ)	135.998	134.68	134.718	134.436	134.68

*The extended data leading to these Results can be found in Appendix IV.

5.4 Economic Allocation of Overstock

How can the effect of overstock of the Bulk Supply Chain be translated into environmental impact?

As stated in ISO14044, assigning economic value in an LCA is referred to as economic allocation. On this topic ISO14044 stipulates '*where physical relationship alone cannot be established or used as the basis for allocation, the inputs should be allocated between the products and the functions in a way that reflects other relationships between them. For example, environmental input and output data might be allocated between co-products in proportion to the economic value of the products*' (Vogtländer, 2017). In order to measure the effect of the overstock on the Bulk jumper's environmental impact, the aspect of economic value needed to become a part of the study. To do so, the study made assumptions as to what to consider 'avoided impact', or overstock as mentioned in Chapter 1.2.

The study assumes that for the jumpers sold at Full Price during Autumn/Winter season in the Bulk supply chain, the same number of jumpers could be sold in the On-Demand supply chain which only knows one price range and does not employ discount strategies due to the lack of overstock. The definition of a season in this context can be understood as a traditional fashion sales season, where Autumn / Winter is running from July to December. This assumption, visualized in Figure 30, is based on the customers willingness or desire to have and optimally use this garment without a discounted price being a purpose for buying.

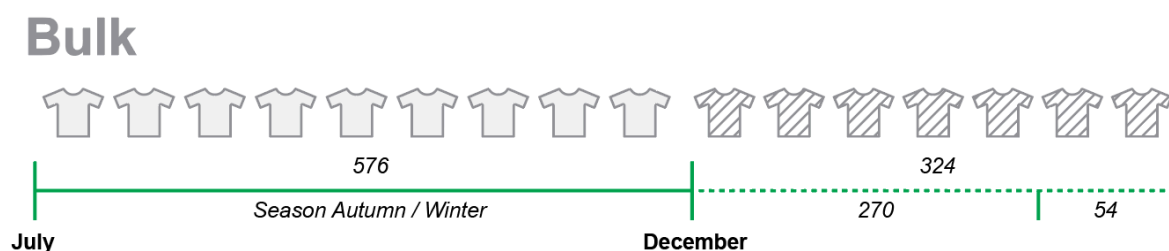


Figure 30. SA 4: Assumption for the stock amounts sold 1. Full price (576) 2. Discounted price (270) 3. Minimum price (54) in Bulk Supply Chain based on Kort, van der Vusse & van Grootel (2020).

The quantities of jumpers mentioned in Figure 30, are based on the percentages identified by Kort, van der Vusse & van Grootel (2020) in their study about unused

textiles in the Netherlands, and are reflected on the assumed 900 jumpers bulk order quantity (Table 17).

An estimation of an interviewed Buying Expert pointed to a different division and predicted that 30-40% of the jumper order will not be sold by the brand over the selling period including sales due to the style and colorways of the jumper (Full interview transcript can be found in Appendix VI). Thereby, suggesting an overstock quantity of 270-360 pieces to be more likely. This indicates the complex forecasting needed to estimate the motivation of the consumer to purchase a product. However, the study resumes the sensitivity analysis based on the data provided by Kort, van der Vusse & van Grootel (2020).

Table 17. SA 4: Bulk Assumptions and Stock Data

Pathway	Process	Sub Process	Bulk Quantity	Percentage	Source
1.	Warehouse stock		900	100%	
	Retail Product – full price		576	64%	(Kort, van der Vusse & van Grootel, 2020)
	Retail Product – discount 50%		270	30%	(Kort, van der Vusse & van Grootel, 2020)
2.	Unsold Stock		54	6%	(Kort, van der Vusse & van Grootel, 2020)

The co-products in the system of Bulk-produced jumpers are the discounted and unsold stock figures, the environmental impact of these co-products is distributed in relation to the economic value of the products (Table 18.). Retail price at 100% is € 239,00 as stated by Humanoid in their web shop, Discounted price at 50% is € 120,00 as stated by Humanoid in their web shop and an estimated minimum price of € 24,00.

Consequently, the percentages of the sales value are proportionately applied to the environmental impact of the total 900 jumpers Bulk Pathway 1 Retail scenario. The avoided environmental impact of the Discount jumpers (18.95%) and the Unsold Stock jumpers (0.75%) are added to the environmental impact of the Bulk order. The choice to add the relative impact of both the Discounted and Unsold jumpers is previously mentioned in Chapter 1.2 and relates to the buying motivation which is assumed

reflected in the economic value. The detailed data leading to the results can be found in Appendix V.

Table 18. SA 4: Bulk amount – Price proportion

Product	Bulk Amount Jumpers in pieces	Bulk Amount Jumpers in %	Prices per piece	Price Bulk amount	Sales value in %
Jumper Sold Full Price	576	64%	€ 239,00	€ 137.664,00	80.3%
Jumper Sold Discount	270	30%	€ 120,00	€ 32.400,00	18.95%
Jumper Unsold stock	54	6%	€ 24,00	€ 1,296,00	0.75%
Total	900	100%		€ 171.360,00	100%

Results

The results in Table 19 show an added 'avoided impact' of between 10 and 17% over all the impact categories. The largest difference is found in the use of Water (16.6%) and Land (16.5%), followed by Climate Change (13.2%), Primary Energy Content (11.2%) and the use of Chemical (10.8%). When modelling the relationship between economic value and the Bulk production, the results show a favorable outcome for the On-Demand jumper scenario.

Table 19. SA 4: Overview total impacts per category

Impact Category	Bulk + avoided burden 1 jumper	On-Demand 1 jumper	Difference with On-Demand %
Climate Change (kg Co ₂ -eq)	17.198	14.923	Decrease of 13.2%
Primary Energy Content (MJ)	162.2	143.988	Decrease of 11.2%
Use of Water (liter)	272.98	227.64	Decrease of 16.6%
Use of Chemicals (kg)	400.9	357.47	Decrease of 10.8%
Use of Land (m ²)	31.96	26.7	Decrease of 16.5%

6. Discussion

The initial outcome of the comparison between Bulk and On-Demand production do not show a direct improvement in environmental impact. Indicating that, in this scenario, solely exchanging production method does not create a positive effect on its own, but rather the opposite was achieved in impact categories, such as Climate Change and Primary Energy Content. The factors identified as influential to this outcome were submitted to a sensitivity analysis, the results of these analyses are discussed in the chapter. Additionally, a critical review of the role of instrumental elements such as Knitting Technology, Consumer Behavior and the limitations of the study are presented.

The effects of Packaging and Transport

In the Alternative Bulk scenarios, adjustments were made in both Packaging and Transport assumptions. The e-Commerce route seems to slightly perform better, in spite of using more plastic packaging, than the other Bulk scenarios. While this sales channel is growing and even dominating the market during the Covid-19 pandemic, it is important to note that in order to get a more complete view on the impact of this channel the Product Returns need to be included into the system. This is due to the high amount of returns this channel generates, often based on fit, size, color and quality deviations (Kaushik et al, 2020). For example, in Germany, 72% of online shoppers buy multiple varieties of the garments and return the items which are not pleasing (Narvar, 2019). No studies or reports have been found concerning the return rate among On-Demand manufactured garments.

Changing the Packaging Material in the On-Demand scenario from a plastic carrier bag to corrugated cardboard, gave a decrease of 76.8% in CO₂ emissions and 59% in Primary Energy Content. Although percentage of the packaging in the total life cycle of the jumper is small, in total the waste produced and resources used by, especially plastic, packaging materials in the fashion industry are significant. The use of paper - based alternatives is one option and the results from the sensitivity analysis shows a steep decrease of emissions for these alternatives, others that are currently researched by multiple institutes are Bio-based plastics such as PE and industrial

compostable PLA/PHA and Recycled PE (Fashion for Good, 2019). The research into innovative packaging alternative are also mentioned by Secretary of State Van Veldhoven in the briefing concerning the Dutch Circular Textiles policy, with the purpose to find the most efficient packaging and methods for packaging collecting strategy, ultimately reducing CO₂ emissions (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2020).

The modifications made to the garment production location in the Transport Phase of the On-Demand supply chain showed a logically decreasing level of impact upon narrowing the distance between the demand and the garment production. However, this distance is not only relative to the garment manufacturing location but to the yarn, and eventually the fiber, manufacturing location as well. For the yarn to be distributed across the EU, a central location would be optimal with easy access to a port and other methods of transport. Additionally, as the pandemic and the recent blockage of the Suez channel showed the world more than ever, long global supply chains increase the risk of disruption which can cause for example, shortages in raw materials such as the merino wool from Australia. A shift is expected originating from the need to optimize supply chains by moving them closer to the sales market, making them more resilient to disruption, transparent and sustainable.

The sensitivity analysis on Transport in the study adjusted an additional sub-parameter: the exchange of transport by Air Freight for a Truck alternative. While this is unlikely in terms of a 1-piece transport on the merit of the fastest delivery, yet if delivery time would be extended the transport by road would be a better alternative than by air in terms of environmental impact. Air Freight is known to have far higher negative environmental impact than other means of transport. Consequently, it has been noted by the European Commission in the European Green Deal, that the current 75% of freight by truck in the EU is to shift to either rail or inland waterways in the coming years (European Commission, 2019). These transport options in combination with time-related aspects should be studied further in future research.

The effects of Overstock

In an attempt to include the environmental impact of overstock, which is considered a co-product to the system, the study applied economic allocation to the Bulk scenario.

The results show an added 'avoided impact' of between 10 and 17% over all the impact categories. Economic Allocation functions according to the rule; the strongest shoulders carry the heaviest burden (J. Vögtlander, personal communication, March 10, 2021). Although the results show the relationship between the declining economic value and the decline in the volume of jumpers sold, the reflection of this economic value on the level of impact raised the question if the relation shows that cheaper products carry a lower environmental burden and whether this adheres to reality. The relation between economic value and environmental impact is, in this manner, not accurate. While this mismatch in relationship is not ideal, in earlier experiments during the study the percentages of Kort, van der Vusse & van Grootel (2020) were directly reflected on the environmental impact, relaying the total avoided impact of the Discounted and Unsold stock quantities on the Bulk scenario. This resulted in a sizable increase in impact. However, the experiment was criticized for not being in line with ISO standards (J. Vögtlander, personal communication, March 10, 2021) and for not correcting the impact of the Discounted and Unsold stock by the level of which they were still complying to the Functional Unit: '*A jumper used twice a month for 3 years and 5 months*'. Reasoning that although the jumper is discounted (the economic value decreased), it does not immediately imply that the jumper will not be used for the lifespan set in the FU (quality). By the application of economic allocation, the avoided impact comes out lower and effectively corrects the impact to a more realistic interpretation.

No comparable studies have been found using economic allocation to reflect overstock. This section of the study requires further research to the underlying relationships between (economic) value and environmental impact, not only for the Bulk scenario as was performed for this study but additionally for the On-Demand scenario to make a better comparison.

A critical remark can also be made on the assumption that '*On-Demand only produces one jumper and therefore does not have any garment overstock*'. Before the garment could be produced in such a short amount of time, comply by quality demands and lead to complete satisfaction of the consumer who has not had any experience with the garment beforehand, in all likelihood more than 1 jumper has to be produced (Maldini, 2019). This partially addresses pre-consumer waste in the form of development samples, which would also be needed in the Bulk supply chain, though

frequent changes in single piece garment designs on a knitting machine could prove to need more samples (Knit Engineer interview, full transcript is available in Appendix VI). Through testing and development of On-Demand technology more data on the topic of excess material use in On-Demand production needs to become available.

Additionally, while On-Demand manufacturing may not need garment stock, it does need yarn stock at the garment manufacturer or fiber stock at the yarn manufacturer, depending on how far downstream the stock risk has moved. Clearly, postponing the processing of material into the final product leaves room for redirecting towards a different garment design if the demand changes. It creates flexibility without the burden of having stock sitting in a warehouse. However, as the yarn is already dyed the options could be limited. It is possible to postpone the yarn dyeing and even order small quantities of custom dyed yarn via yarn stock services at a high price, mentioned by an interviewed Knit Manufacturer (Full transcript is available in Appendix VI), the trade-off will be longer lead times and higher costs for smaller quantities.

The relationship of On-Demand manufacturing and Knitting Technology

To realize the vision of New Industrial Order, the company relies on two pillars: On-Demand manufacturing and Whole Garment Knitting Technology. Due to the difference in garment types that are manufactured by different technologies (e.g. seamlines versus seamless), a comparison between a Fully-Fashioned knitted Bulk jumper and a Whole Garment knitted N.I.O jumper could not be realized. The study modelled a Fully Fashioned On-Demand scenario instead, however the viability of this scenario is limited, because the processes in the chain would lose too much in terms of productivity speed, to be economically feasible. The extra time the Linking process will take could be as significant as 20 - 50%, the loss of productivity would be in the checking of technical spec sheets by the operators, changing of yarns, the applications of different trims and potentially different types patterns that need linking (N.I.O, personal communication, 2021). Manufacturers for that reason do not want to use Fully Fashioned Knitting Technology for On-Demand production, here Whole Garment Knitting comes into play to offer potential.

For a brand such as Humanoid to move On-Demand manufacturing would be a drastic disruption in supply chain and they would be more likely to gradually move towards a

system change (BoF, 2019). Additionally, a move to Whole Garment Knitting means moving to a new type of garment. This evokes a new set of questions, revolving around consumer demand for quality, fit and aesthetic and the level in which Whole Garment can satisfy that demand. For example, to which extent do seamlines or the lack thereof determine a product's quality? Is a seamless Whole Garment knitted product (aesthetically) valued more by the consumer than a Fully-Fashioned knitted product? And questions related to the level of freedom in design and the replacement rate of On-Demand Whole Garment products versus Ready-Made Fully Fashioned.

The role of the consumer lies at the basis of a successful change to an On-Demand system. Although, changing consumer behavior towards purchasing less seems to be quite the challenge. It would fundamentally require a change to the understanding of fashion, preferably moving away from viewing it as entertainment but rather as a valuable functional product, as is pointed out by Niinimäki (2020).

Whole Garment Knitting might feature another interesting possibility, one that Fully-Fashioned Knitting does not: the use of one single yarn. N.I.O suggests that this technical feature of the Knitting technology could theoretically be used to unravel the garment at the end-of-life and reuse the yarn, setting it up for a circular business approach. Whether it is possible and how to reuse the unraveled yarn, remains to be seen and forms an interesting subject for further research.

Limitations of the study

The study has encountered some limitations. The Modint Ecotool posed a barrier in confirming data quality requirement due to a lack of transparency in data sources. The use of **CED**, Cumulative Energy Demand, in the tool is therefore impossible to assess, supplement or replace with additional data.

The set-up of the tool is also static in its input phases which are modelled on a textile fabric Cut&Sew workflow rather than a Fully-Fashioned Knitting workflow, this caused for example a misalignment in the communication of the exclusion of the Finishing stage in the system boundaries but in the results the stage is included because the only possibility to select a drying & fixing process is in the eco-tool Finishing phase.

Lack of access to primary data concerning sales data in Bulk supply chain. The study approached Humanoid multiple times for cooperation, however the brand declined to respond to the requests. The lack of willingness from brands to share this type of sensitive information, a limitation observed in other studies as well (e.g. Wijnja, 2016), made that the study had to be conducted based on national market averages rather than representative data based on a participating brand.

The difference in garment type produced by the two knitting technologies show the limitation of the study not being able to present a comparison to the current Bulk manufacturing and of N.I.O envisioned manufacturing (including Whole Garment Knitting), more in-depth research into the quality aspect is first needed to better understand how and if a transition could be realized, or possibly by using a different method to model such as EVR (Eco-costs/Value Ratio).

7. Conclusion

This research conducted a preliminary Life Cycle Assessment comparing a Bulk supply chain, modelled on a potential client of New Industrial Order (N.I.O), to an On-Demand supply chain of a knitted jumper. The purpose of the study is to supplement the knowledge gap in literature concerning the environmental performance of On-Demand manufacturing. Studies regarding the environmental impact of the two strategies could not be found. Moreover, the study aimed to give N.I.O further in-depth knowledge of the environmental impact of their business concept in relation to their potential client's concept. The study will present the conclusion of the research, through answering the main research question:

What is the environmental implication of exchanging Bulk manufacturing for On-Demand manufacturing?

The base scenario assumed a Bulk jumper modelled on a Retail pathway and an On-Demand jumper, which both were assumed to abide by the set Functional Unit: *A jumper used twice a month for 3 years and 5 months*. The study has initially found a relatively small difference between the Bulk jumper and the On-Demand jumper. The On-Demand jumper results were even found to be higher in the categories Climate Change and Primary Energy Content (PEC) compared to the Bulk jumper. This was due to the higher impact of the plastic carrier bag in Packaging and the use of Air Freight in Transport.

Subsequently, a sensitivity analysis was performed on four topics:

- SA 1 focused on the effect of different product routes within the distribution phase of the Bulk supply chain.
- SA 2 researches alternative On-Demand Packaging Material.
- SA 3 mapped out On-Demand Transport scenarios (P1, P2, P3, P4).
- SA 4 looked into applying Economic Allocation to measure the environmental effect of overstock.

The study found that the Unsold stock Distribution route has a higher impact in the Climate Change impact category than both the Bulk Retail Route and the On-Demand

Scenario, due to the extra transport that is needed to distributed the overstock to other markets. The study also showed a favorable outcome if the packaging material in the On-Demand supply chain would reduce its use of plastic by switching to paper-based material. On the topic of Transport, the study resumes that only when moving the production to the closest proximity of the demand (P4), would the impact of both Climate Change and PEC be the lower than the Bulk supply chain. Additionally, all production scenarios under the assumption of transport by Truck instead of Air Freight, outperform the Bulk supply chain, this would however lead to longer delivery times.

Moreover, the study can conclude that the implementation of economic allocation to adjust the Bulk scenario with adding the 'avoided impact' of overstock show a positive outcome for the On-Demand jumper supply chain. The Bulk scenario with 'avoided impact' reported an increased impact of between 10 and 17% across all the impact categories. Based on this scenario, the study has shown that exchanging Bulk manufacturing for an On-Demand manufacturing strategy would be result in a reduction in environmental impact.

While the study used Economic Allocation to include the factor of Overstock, a misalignment exists with relationship between the level of environmental impact and economic value due to the exclusion of consumer behavior influence. The study therefore requires further research to the underlying relationships between economic value, environmental impact and emotional value (consumer-product attachment). The research should include the Bulk scenario as was performed for this study, but additionally for the On-Demand scenario under the same approach.

The study has encountered limitations, they include:

- The Modint Ecotool lack of transparency in data sources and modelling flexibility.
- Lack of access to primary data concerning sales data in Bulk supply chain.
- The difference in garment type outcome of the two knitting technologies limited the study in not being able to present a comparison to the current Bulk manufacturing and of N.I.O envisioned manufacturing.

8. Recommendations

The study concluded that further research is needed into the underlying relationships between economic value, environmental impact and the influence of the consumer, of Bulk and On-Demand supply chains, using the Bulk supply chain as a benchmark. Thus, the study recommends to redo the LCA and replace the use of the Modint Ecotool for the use of an ISO approved method for a better assessment, in specific the EVR model which uses the eco-cost system (in line with ISO 14008 “Monetary valuation of environmental impacts and related environmental aspects”). Eco-costs are characterized by using a single indicator (€) to communicate the prevention of the environmental burden of a product or service e.g. the costs represent what should be paid to reduce environmental impact to stay within planetary boundaries. The calculation of the eco-costs includes the LCIA midpoints (Figure 31), in contrast to the

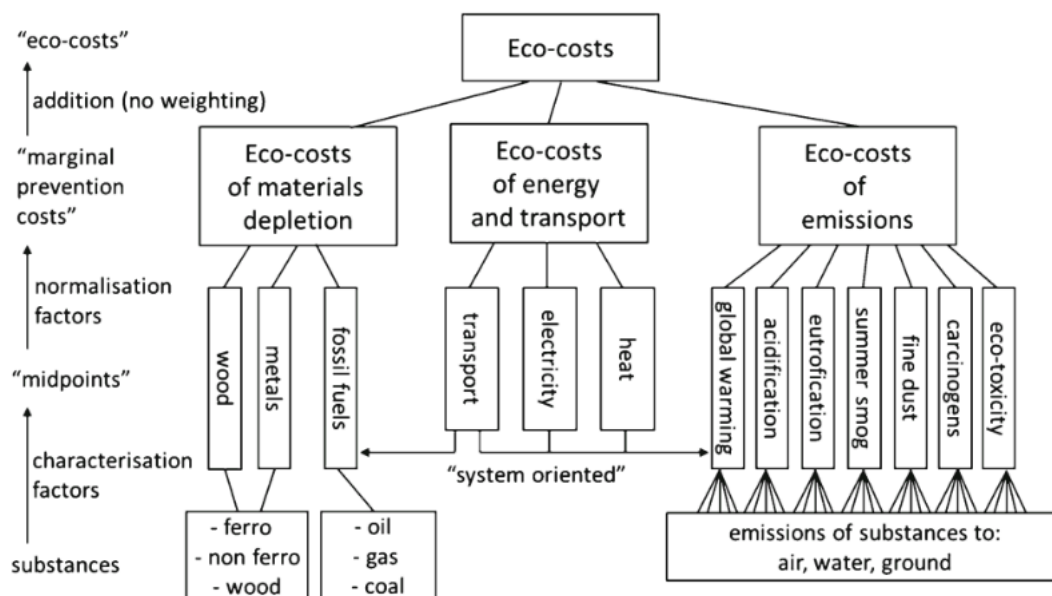


Figure 31. Eco-cost calculation system (Vögtlander, 2017).

Modint Ecotool. Additionally, general databases of eco-costs are open source and can be found on www.ecocostvalue.com. The eco-costs were first presented in the Journal of Life Cycle Assessment in 1998 and are a part of a larger method of eco-cost/value ratio, EVR.

Consequently, the study suggests to proceed with the overarching method of EVR. This method aligns with the goal of the study because the purpose of EVR is to match the (market) value of a product or service to its environmental impact (Figure 32), it

therefor makes room to model consumption patterns or ‘intention to buy’ (TU Delft, 2021; Vögtlander, 2017). The method’s functionalities are summarized as; firstly, being usable for the same products with different quality standard, secondly, connects the consumer point of view with the manufacturer point of view and thirdly, the method can be used as a specification to economic allocation in LCA (EcocostsValue, 2021).

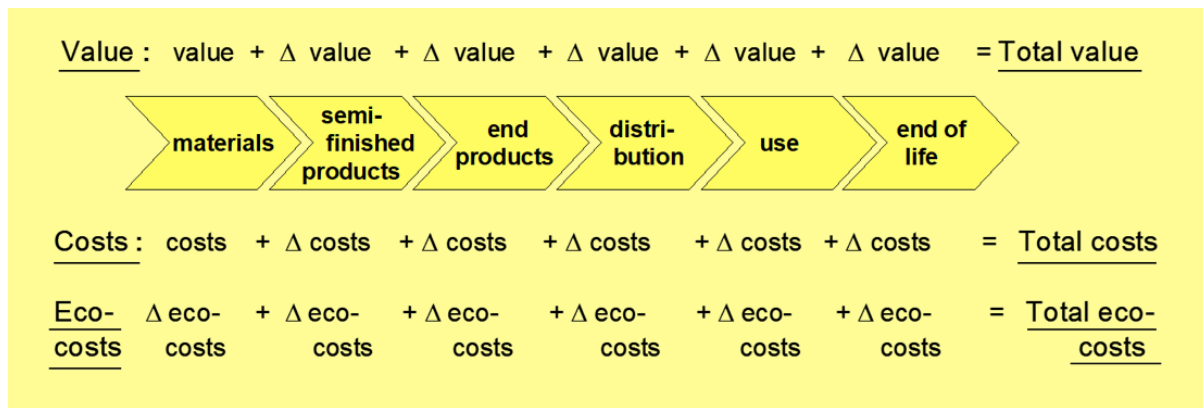


Figure 32. Porter's Value Chain combined with LCA Chain (Vögtlander,, 2011; EcocostsValue, 2021)

The EVR should be as low as possible, which would point out low eco-costs and high value, to achieve a product or service fit for long term market proposition (Figure 33). It would be valuable for N.I.O to get an indication in where they are on the spectrum compare to the Bulk manufactured jumpers, as this method could compare the different quality standards.

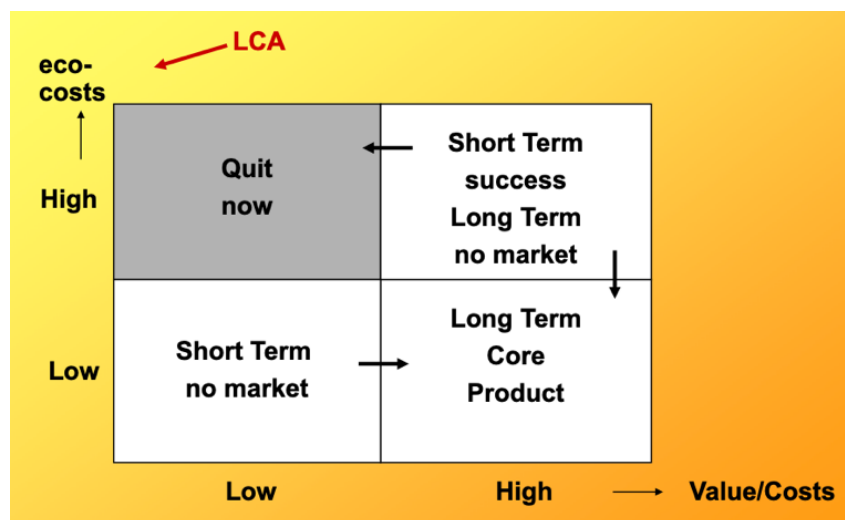


Figure 32. Porter's Value Chain combined with LCA Chain (Vögtlander,, 2011; EcocostsValue, 2021)

Furthermore, additional research is recommended in the field of Whole Garment Knitting, concerning garment functionality and quality standards, circular design possibilities, customization possibilities and recycling/reuse possibilities.

9. Reflection

I have experienced this thesis research and the MSc trajectory as a fascinating, educational and intense challenge. I started out my thesis research way to ambitious, partly because of excitement over the topic and working with New Industrial Order, and partly due to a lack of insight into the topic. Despite my effort to approach the thesis assignment in a systematic manner doing preparatory research, the assignment still contained an incredibly complex multifaceted case. In the first months of the research I slowly gained a better understanding, through many mistakes and wrong turns, of what I was looking at in my research. It was at times frustrating but I understand that's how it works. I don't think I have ever read so much in such a short period and still feel like I'm missing out on most of the knowledge I would like to have or need to have to fully comprehend the topic. What is it they say? *'the more you know the less you understand'*. In the summer of 2020, I began the research with a few questions and at the end of the research I am left with, at least, double the amount of additional questions. Along the way, I sometimes got sidetracked or distracted by those questions and details related to the research topic and subsequently was always forced to cross the ever-present reflection checkpoint: *Is this relevant?*

I've noticed that I've unconsciously always labored under the illusion that research and science are very neat, tidy and orderly by their nature, but I've come to experience it is messy, confusing and complex. Researchers and scientists are the ones who make it neat and tidy, create order to the chaos of information.

Doing my thesis during an unprecedented global pandemic came with its share of struggles, the lack of human contact for example and isolation were at times difficult. Sometimes I lost the sense of purpose of the research because of the distance between sitting at home behind a computer all day and the actual industry – it sometimes felt out of touch and abstract. Having to be your own constant motivator and at the same time maintain relentless self-discipline (not only with thesis work but also in maintaining a healthy lifestyle) without the outlet of social gatherings or trips abroad has proved to be exhausting. Additionally, I reconfirmed in myself the need for frequent conversations and debates with people; to bring order to the chaos of thoughts, clear up misunderstandings and check ideas during a research. Luckily, the women in my Master year started their thesis at the same time and we kept in touch.

We created our own sounding board through Teams meetings and an appgroup, of course I can't speak for everyone but for me it was a helpful way to feel more focused on the research and breach to feeling of isolation.

That being said, working closely with both Rosanne van der Meer and the ever-motivating Natascha van der Velden was an inspiring experience, I feel lucky I got the opportunity to learn from them (the CLO3D course I was allowed to join with N.I.O was that extra cherry on top for me!). With their assistance, advice, network and involvement I feel like I got the best out of my thesis study and it leaves me hopeful and excited for the future. Contributing to the development of a better world through research and design gives me a sense of purpose. I hope to continue the research in perhaps a PhD or equivalent, as this study presents so much areas for research.

10. References

- Ahmad, S., Wong, K. Y., Tseng, M. L., & Wong, W. P. (2018). Sustainable product design and development: A review of tools, applications and research prospects. *Resources, Conservation and Recycling*, 132, 49-61.
doi:10.1016/j.resconrec.2018.01.020
- Alagirusamy R., Das A. (2015). Chapter 8: Conversion of fiber to yarn, an overview. *Textiles and Fashion*. p 159-189. Woodhead Publishing, Cambridge, UK.
ISBN : 9781845699314
- Apparel Resources (2010). Flat Knit production a comparative analysis. Retrieved on January 9, 2021, from <https://apparelresources.com/technology-news/manufacturing-tech/flat-knit-production-comparative-analysis/>
- Apparel Resources (2010). Flat knit production a comparative analysis. Retrieved on October 15, 2020, from <https://apparelresources.com/technology-news/manufacturing-tech/flat-knit-production-comparative-analysis/>
- Ashman N., Janssen C., van der Vaart I., Bos I., Bakker A. (2020). Fast Fashion Onderzoek, vermindering van de negatieve impact. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. KPlusV. Retrieved on February 4, 2021, from <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2020/04/14/onderzoek-fast-fashion>
- Business of Fashion (2019). The Year Ahead: Mass-Market goes On-Demand. Retrieved on 10, March, 2021 from <https://www.businessoffashion.com/articles/news-analysis/the-year-ahead-mass-market-goes-on-demand>
- Bukhari M.A., Carrasco-Gallego R., Ponce-Cueto E (2018). Developing a national programme for textiles and clothing recovery. *Journal of Waste Management & Research* 2018, Vol 36(4) p. 321-331. Doi:10.1177/0734242X18759190
- Cambridge (2020a). JUMPER: Meaning in the Cambridge English Dictionary. Retrieved October 20, 2020, from <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/jumper>
- Cambridge (2020b). OVERSTOCK: Meaning in the Cambridge English Dictionary. Retrieved November 28, 2020, from <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/overstock>

- Cambridge (2021a). MADE-TO-ORDER: Meaning in the Cambridge English Dictionary. Retrieved January,6, 2021, from <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/made-to-order>
- Cambridge (2021b). MADE-TO-MEASURE: Meaning in the Cambridge English Dictionary. Retrieved January,6, 2021, from <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/made-to-measure>
- Cambridge (2021c). CUSTOM-MADE: Meaning in the Cambridge English Dictionary. Retrieved January,6, 2021, from <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/custom-made?q=Custom-made>
- Cambridge (2021d). JUST-IN-TIME: Meaning in the Cambridge English Dictionary. Retrieved January,6, 2021, from <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/just-in-time?q=Just-in-time>
- Cambridge (2021e). READY-MADE: Meaning in the Cambridge English Dictionary. Retrieved January,6, 2021, from <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/ready-made?q=Ready-made>
- CBS (2021). Steeds meer Textiel in Nederland. Retrieved on February, 16, 2021, from <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2021/05/steeds-meer-textiel-in-nederland>
- Corporate Finance Institute (2015). Push Marketing Strategy. Retrieved on February 25, 2021 from <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/knowledge/strategy/push-marketing-strategy/>
- Chen (2015). Chapter 4: Synthetic Textile Fibers: Regenerated Cellulose Fibers. Textiles and Fashion. P79-95. Woodhead Publishing, Cambridge, UK. ISBN : 9781845699314
- Cheremisinoff, N.P., Rosenfeld P.E. (2010). Sources of air emissions from pulp and paper mills. Handbook of Pollution Prevention and Cleaner Production. William Andrew, 2010. ISBN : 978-0-08-096446-1
- Design for Longevity (2020). Material Deep Dive : Tencel (MMC fiber). Retrieved December 21, 2020, from <https://designforlongevity.com/articles/material-deep-dive-tencel-mmc-fibre>
- Deloitte (2019). The Deloitte Consumer Review. Made-to-order:The rise of mass personalization. Retrieved on 26, September, 2020

- from <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/Documents/consumer-business/ch-en-consumer-business-made-to-order-consumer-review.pdf>
- Dhir A., Sadiq M., Talwar S., Sakashita M., Kaur P. (2021). Why do retail consumers buy green apparel? A knowledge-attitude-behaviour-context perspective. *Journal of Retailing and Consumer Services* 59, 102398. Doi: 10.1016/j.retconser.2020.102398
- DHL (2021) An Essential packaging guide for express shipments. Retrieved on 3, March, 2021 from https://www.dhl.com/content/dam/downloads/g0/express/shipping/packaging/dhl_express_packing_guide_en.pdf
- EcocostsValue (2021). Eco Cost Value. Retrieved from April, 1, 2021 from <https://www.ecocostsvalue.com>
- EFCR (2020). Report European Council of Foreign Relations, The End of Europe's Chinese Dream. Retrieved from https://www.ecfr.eu/article/commentary_the_end_of_europes_chinese_dream
- EPRS (2019). Report European Parliamentary Research Service: Environmental Impact of the Textiles and Clothing Industry. Retrieved from [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2019/633143/EPRS_S_BRI\(2019\)633143_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2019/633143/EPRS_S_BRI(2019)633143_EN.pdf)
- Euratex (2020). Report: Facts and Key Figures of The European Textile and Clothing Industry. Retrieved from <https://euratex.eu/facts-and-key-figures/>
- Eurostat (2018). Where do our clothes come from? Retrieved from <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/EDN-20200424-1>
- European Commission (2019). The European Green Deal. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1576150542719&uri=COM%3A2019%3A640%3AFIN>
- European Commission (2020a). Circular Economy Action Plan. Retrieved from https://ec.europa.eu/environment/circulareconomy/pdf/new_circular_economy_action_plan.pdf
- European Commission (2020b). Textile and clothing in the EU, Economic importance of the industry. Retrieved December, 21, 2020, from https://ec.europa.eu/growth/sectors/fashion/textiles-clothing/eu_en

- European Commission (2021). Initiative: EU Strategy for textiles. Retrieved on February 3, 2021, from <https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12822-EU-strategy-for-sustainable-textiles>
- Eur-Lex (2018). REGULATION (EU) No 1007/2011 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 27 September 2011 on textile fibre names and related labelling and marking of the fibre composition of textile products and repealing Council Directive 73/44/EEC and Directives 96/73/EC and 2008/121/EC of the European Parliament and of the Council. Retrieved on January 9, 2021, from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:02011R1007-20180215>
- Elhawary I.A (2015). Chapter 9: Fiber to yarn, staple-yarn spinning. Textiles and Fashion. p 191-212. Woodhead Publishing, Cambridge, UK. ISBN : 9781845699314
- Fashion for Good (2019). White Paper: Polybags in the fashion industry: evaluating the options. Retrieved March, 20, 2021 from https://fashionforgood.com/wp-content/uploads/2019/12/FashionforGood_Polybags_in_the_Fashion_Industry_Whitepaper-1.pdf
- Fibre2Fashion (2013). Seamless Garment Technology, Application and Benefits. Retrieved October, 5, 2020, from <https://www.fibre2fashion.com/industry-article/7047/seamless-garment-technology>
- FFact (2020). Massabalans textile 2018. Onderzoek naar de massabalans van het in Nederland ingezamelde afgedankte textile en de route en resultaten van de verwerking. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. FFact strategy & implement. Retrieved on January 5, 2021, from <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2020/04/14/rapport-massabalans-textiel-2018-2020>
- Fletcher (2014). Sustainable Fashion and Textiles, Design Journeys. Routledge, New York. ISBN: 978-0-414-64456-3
- Forestry South Africa (2018). South African Forestry and Forest Products Industry 2018. Retrieved on December 23, 2020, from https://www.forestry.co.za/uploads/File/industry_info/statistical_data/statistical

[%20data%20april%202020/South%20African%20Forestry%20&%20Forest%20Products%20Industry%20-%202018.pdf](#)

Grandview Research (2019). Knitted Fabric Market Size, Share & Trends Analysis Report 2019-2025. Retrieved on October, 8, 2020 from

<https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/knitted-fabric-market>

Hall C.A. (2019). Mixing it Up in Prato: identifying innovation hotspots within mechanical textile recycling. Conference, Global Fashion 2018. ISBN: 978-989-54263-0-0

Humanoid (2020). Sustainability. Retrieved November 19, 2020, from

<https://www.shophumanoid.com/nl/sustainability>

Huntsman (2007) Textile Effects. LANASET® dyes, Dyeing system for wool and wool blends. Wool/Cellulose blends, p 29. Retrieved on January 3, 2021, from

<https://www.textile-dyes.co.uk/lanaset.pdf>

Ibrahim N. A (2011). Dying of textile fiber blends. Handbook of Textile and Industrial Dyeing. Woodhead Publishing, Cambridge, UK. ISBN: 978-1-84569-695-5

International Trade Association (2020). South Africa – Country Commercial Guide. Ports and Marine. Retrieved on December 23, 2020, from

<https://www.trade.gov/knowledge-product/south-africa-port-and-logistics>

Inspectie Leefomgeving en Transport (2019). Bodemas. Retrieved on February, 28, 2021 from <https://www.ilent.nl/onderwerpen/bodemtoezicht/bodemas>

ISO (2020). ISO 14040 : 2006, Environmental Management – Life Cycle Assessment – Principles and framework. Retrieved from

<https://www.iso.org/standard/37456.html>

International Wool and Textile Organization (2020). Wool & Skin. Retrieved from

https://iwto.org/wp-content/uploads/2020/04/IWTO_Wool-Skin.pdf

Joy A., Sherry J.F., Venkatesh A., Wang J., Chan R. (2012). Fast Fashion, Sustainability, and the Ethical Appeal of Luxury Brands. Fashion Theory, Volume 16, Issue 3, p273-296. Doi: 10.2752/175174112X13340749707123

Kadolph S.J (2014). Chapter 19 Dyeing and Printing. Textiles, Pearson Education Limited, Essex. ISBN: 978-1-292-02135-5

Kaplan, E., & Koç, E. (2010). Investigation of Energy Consumption in Yarn Production with Special Reference to Open-End Rotor Spinning. *Fibres & Textiles in Eastern Europe* Vol 18 No.2 (79) p.7-13.

- Kaushik V., Kumar A., Gupta H., Dizit G. (2020). Modelling and prioritizing the factors for online apparel returns using BWM approach. *Electron Commerce Research*. Doi: 10.1007/s10660-020-09406-3
- Klepp, Laitala & Wiedemann (2020). Clothing Lifespans: What should be measured and how. *Sustainability* 2020, 12, 6219. Doi: 10.3390/su12156219
- Kotahwala K. (2020) Chapter 15 – The psychology of sustainable consumption. *Progress in Brain Research* Vol. 253, p. 283-308. Doi: 10.1016/bs.pbr.2020.05.033
- Kort M., Van Der Vusse R., Van Grootel M. (2020). Rapport: Ongebruikt textile. Onderzoek naar de wijze waarop de textielketen omgaat met ongebruikt en nieuw textile. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. RebelGroup Executives. Retrieved on January 28, 2021, from <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2020/11/17/eindrapport-omgang-textiel>
- Knitting Industry (2019). Knitted Fabrics Market to witness significant growth. Retrieved from <https://www.knittingindustry.com/knitted-fabrics-market-to-witness-significant-growth/>
- Laitala K., Klepp I.G., Henry B.K. (2017). Use phase of apparel: A literature review for Life Cycle Assessment with focus on wool. Technical Report, Consumption Research Norway – SIFO. Retrieved on February 10, 2021, from https://www.researchgate.net/publication/323551373_Use_phase_of_apparel_A_literature_review_for_Life_Cycle_Assessment_with_focus_on_wool
- Lenzing (2020). Wood and dissolving wood pulp. Retrieved December 22, 2020, from <https://www.lenzing.com/sustainability/production/resources/wood-and-dissolving-wood-pulp>
- Lenzing. (2016). Partnership between the Lyocell fiber TENCEL® and Merino Wool – Fiberbox – The worldwide botanic fiber news. Retrieved October 26, 2020 from <https://fiberbox.lenzing-fibers.com/emailbox/issue-03-2016/partnership-between-the-lyocell-fiber-tencel-and-merino-wool/>
- Liu L., Xu H., Zhu S. X. (2020). Push verse pull: Inventory-leadtime tradeoff for managing system variability. *European Journal of Operational Research*, 287, 119-132. Doi: 10.1016/j.ejor.2020.04033
- Maldini I., Bregman L., Duncker L., Piltz G., Duscha L., Cunningham G., Vooges M., Grevinga T., Tap R., van Balgooi F. (2017). Measuring the Dutch clothing

mountain, data for sustainability-oriented studies and actions in the apparel sector.

Maldini I., Stappers P.J., Gimeno-Martinez J.C., Daanen H.A.M (2018). Assessing the impact of design strategies on clothing lifetimes, usage and volumes: The case of product personalization. *Journal of Cleaner Production*, 210, 1414-1424. Doi: 10.1016/j.jclepro.2018.11.056

Majumdar A., Shaw M., Sinha S.K. (2020). COVID-19 debunks the myth of socially sustainable supply chain: A case of the clothing industry in South Asian countries. *Sustainable Production and Consumption* Vol 24, 150-155. Doi: 10.1016/j.spc.2020.07.001

Mather, R. R., & Wardman, R. H. (2015). *The chemistry of textile fibres*. Cambridge: Royal Society of Chemistry. ISBN 9781782620235

Mckinsey&Company (2018). Faster Fashion: How to shorten the apparel calendar. Retrieved on February, 25, 2021 from <https://www.mckinsey.com/industries/retail/our-insights/faster-fashion-how-to-shorten-the-apparel-calendar>

Mckinsey&Company (2018a). Is Apparel Manufacturing coming home? Nearshoring, automation and sustainability – establishing a demand-focused apparel value chain. Retrieved on November, 6, 2020 from https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/industries/retail/our%20insights/is%20apparel%20manufacturing%20coming%20home/is-apparel-manufacturing-coming-home_vf.pdf

Mckinsey&Company (2019). Fashion on Demand. Retrieved February, 10, 2021, from <https://www.mckinsey.com/industries/retail/our-insights/fashion-on-demand#>

Mckinsey&Company (2020a). The State Of Fashion 2020: Coronavirus Update. Retrieved from http://cdn.businessoffashion.com/reports/The_State_of_Fashion_2020_Coronavirus_Update.pdf?int_source=article2&int_medium=download-cta&int_campaign=sof-cv19

Mckinsey&Company (2020b). Time for Change: how to use the crisis to make fashion sourcing more agile and sustainable. Retrieved on March, 15, 2021 from <https://www.mckinsey.com/industries/retail/our-insights/time-for-change-how-to-use-the-crisis-to-make-fashion-sourcing-more-agile-and-sustainable>

- Mckinsey&Company (2021). The State of Fashion 2021. Retrieved on January 13, 2021, from <https://www.mckinsey.com/industries/retail/our-insights/state-of-fashion>
- Milieu Centraal (2021). Kleding krijgt tweed eleven. Retrieved on January 10, 2021, from <https://www.milieucentraal.nl/bewust-winkelen/kleding/kleding-krijgt-tweede-leven/>
- Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (2020). Beleidsprogramma circular textile 2020-2025. Retrieved on 9, February, 2021 from <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2020/04/14/beleidsprogramma-circulair-textiel>
- Muthu S.S (2020). Assessing the Environmental Impact of Textiles and the Clothing Supply Chain (Second Edition). Woodhead Publishing. ISBN: 8780128197837
- Nascimento D.L.M, Alencastro, V, Guelhas O.L.G, Caiado R.G.G, Garza-Reyes J.A, Tortorella, G.L (2019). Exploring Industry 4.0 technologies to enable circular economy practices in a manufacturing context; a business model proposal. *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 30, Issue 3. Doi: 10.1108/JMTM-03-2018-0071
- Navar (2019). Report: The state of online returns: A global study. Retrieved on March, 14, 2021 from https://see.narvar.com/2019-09-GLO-WebContent-Consumer-Report>Returns_2019-Report-The-State-of-Online-Returns-EN---PDF-LP.html
- Niinimäki, K., Peters, G., Dahlbo, H., Peters G., Perry P., Rissanen T., Gwilt A. (2020). The environmental price of fast fashion. *Nat Rev Earth Environ* 1, 189–200. Doi : <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0039-9>
- Numera Analytics (2020). Overview of Wood Pulp. Retrieved December 21, 2020, from <https://numeraanalytics.com/overview-wood-pulp/>
- Nolimal S. (2018). Life Cycle Assessment of Four Different Sweater. DePaul Discoveries: Vol 7, issue 1, Article 9. Retrieved on December, 29, 2020 from <https://via.library.depaul.edu/depaul-disc/vol7/iss1/9>
- Park M., Yoo J. (2018). Benefits of mass customized products: moderating role of product involvement and fashion innovativeness. *Heliyon*, Vol. 4, Issue 2. Doi: 10.1016/j.heliyon.2018.e00537

- Peterson J., Mattila H. (2010). Mass Customisation of knitted fashion garments: Factory Boutique Shima – a case study. *International Journal of Mass Customisation*, Vol 3, No3, p.247-258.
- Peterson J. (2016a) Customisation and Fashion Logistics Effects of Flat Knitted Fashion Products using Complete Garment Technology SAMAND'OR – A Case Study. *Journal of Textile Science & Engineering* 6: 232. Doi: 10.4172/2165-8064.1000232
- Peterson J. (2016b) The Co-design process in Mass Customisation of Complete Garment Knitted Fashion Products. *Journal of Textile Science & Engineering* 6: 270. Doi: 10.4172/2165-8064-8064.1000270
- Power E.J (2015). Chapter 12: Yarn to Fabric, Knitting. Textiles and Fashion. p 289-305. Woodhead Publishing, Cambridge, UK. ISBN : 9781845699314
- Richards P.R (2015). Fabric Finishing: Dyeing and Colouring. Textiles and Fashion. p 475-505. Woodhead Publishing, Cambridge, UK. ISBN : 9781845699314
- Techopedia (2021). Manufacturing On-Demand (MOD). Retrieved on January 13, 2021, from <https://www.techopedia.com/definition/10725/manufacturing-on-demand-mod>
- Textile Exchange (2020a). Tencel Lyocell Fibers. Retrieved December 21, 2020, from <https://store.textileexchange.org/product/material-summary-tencel/>
- Textile Exchange (2020b). Preferred MM Cellulosic. Retrieved December 21, 2020, from <https://textileexchange.org/learning-center/preferred-mm-cellulosics/>
- Tollegno1990 (2021). Retrieved on January 4, 2021, from <https://www.tollegno1900.it/products/luxury-yarn-collection/>
- TU Delft (2021). Indicator Sytem Eco-cost. Retrieved on March, 26, 2021 from <https://www.ecocostsvalue.com/#learnmore>
- Reports and Data (2020). Knitted Fabric Market size Report. Retrieved from <https://www.reportsanddata.com/report-detail/knitted-fabric-market>
- RIVM (2018). LCIA: The ReCiPe model. Retrieved on August, 5, 2020, from <https://www.rivm.nl/en/life-cycle-assessment-lca/recipe>
- Rijkswaterstaat (2020). Afvalverwerking in Nederland: gegevens 2018 / Werkgroep Afvalregistratie. Retrieved on 8, March, 2021, from <https://www.afvalcirculair.nl/onderwerpen/linkportaal/publicaties/downloads/download-0/afvalverwerking-nederland-gegevens-2018/>

- Röhrlich, M., Mistry, M., Martens, P.N. *et al.* A method to calculate the cumulative energy demand (CED) of lignite extraction. *Int. J. LCA* **5**, 369–373 (2000).
<https://doi.org/10.1007/BF02978675>
- Sandin G., Roos S., Spak B., Zamani B., Peters G. (2019). Environmental Assessment of Swedish clothing consumption – six garments, sustainable futures. Mistra Future Fashion Report. Retrieved on December, 1, 2020, from <http://mistrafuturefashion.com/impact-of-swedish-clothing-consumption/>
- Saniuk, Grabowska & Gajdzik (2020). Social Expectation and Market Changes in the context of developing the Industry 4.0 Concept. *Sustainability* 2020, Vol 12, 1362. Doi: 10.3390/su12041362
- Sea-Distances (2020a). Route #1 Port of Durban, South Africa to the Port of Genoa, Italy. Retrieved on December 25, 2020, from <https://sea-distances.org>
- Sea-Distances (2020b). Route #1 Port of Hedland, Australia to the Port of Genoa, Italy. Retrieved on December 25, 2020, from <https://sea-distances.org>
- Shao X. (2019). What is the right production strategy for horizontally differentiated product: Standardization or mass customization? *International Journal of Production Economics*, 223, 107527. Doi: 10.1016/j.jipe.2019.107527
- Shen L., Worrell E., Patel M.K. (2010). Environmental impact assessment of man-made cellulose fibres. *Resources, Conservation and Recycling*, 55, 260-274. Doi: 10.1016/j.resconrec.2010.10.001
- Shima, M (2018). Wholegarment: The Philosophy and Technology of a Fashion Revolution. LID Publishing. ISBN: 978-1-911498-82-7
- Shima Seiki (2020). Knitting Trade Journal. Intelligent Design, A custom-made supply chain for sustainable knits. MCL News & Media, West Yorkshire.
- Skills4Smart TCLF Industries 2030 (2020) European Clothing Industry. Retrieved from <https://www.s4tclfbblueprint.eu/project/tclf-sectors/european-clothing-industry/>
- Statista (2020). Volume of container cargo handled in the main Italian ports in 2018. Retrieved on December 25, 2020, from <https://www.statista.com/statistics/661873/leading-ports-in-teu-handling-in-italy/>
- Statista (2017). U.S. consumers reasons for buying new clothes 2017. Retrieved on 10, March, 2021 from <https://www.statista.com/forecasts/761154/us-consumers-reasons-for-buying-new-clothes>

- Statista (2021). Fashion eCommerce report 2020. Retrieved on February 22, 2021, from <https://www.statista.com/study/38340/e-commerce-report-fashion/>
- Sympany (2021). Inzamelen. Retrieved on January 31, 2021, from <https://www.sympany.nl/kledinginzameling/>
- Van der Velden, N.M., Patel, M. K. & Vögtlander, J.G. (2014). LCA benchmarking study on textiles made of cotton, polyester, nylon, acryl or elastane. *International Journal of Life Cycle Assessment* Vol. 19, 331-356. Doi: 10.1007/s11367-013-0626-9
- Van der Velden (2016). Making Fashion Sustainable: The Role of Designers. Dissertation. Retrieved on September, 15, 2020, from <https://doi.org/10.4233/uuid:8c66ca0a-605e-4f22-a4f1-f59b7e9ac874>
- Varvaresso (2020). Tencel Wool Yarn (TEWO). Retrieved from <https://varvaressos.eu/en/yarns/blended-yarns/tencel-wool-yarn-tewo/>
- Vogtländer J. G. (2011). Eco-efficient Value creation, the model of the Eco-costs/Value Ratio. Retrieved on March, 30, 2021, from <https://www.ecocostsvalue.com/EVR/img/college%20EVR%202011.pdf>
- Vogtländer J. G. (2017). LCA, a practical guide for students, designers and business managers. Delft Academic Press, Delft, The Netherlands. ISBN: 97890-6562-3614
- Wijnja G. (2016). Mapping obsolete inventory in the Dutch apparel industry. Retrieved on November 12, 2020, from <https://api.futureproof.community/uploads/533f4c3f41690f93c32556361f9f30c4.pdf?language=en>
- World Atlas (2017). Busiest cargo ports in Oceania. Retrieved on December 25, 2020, from <https://www.worldatlas.com/articles/busiest-cargo-ports-in-oceania.html>
- Woolmark (2020a). The history of Merino Wool. Retrieved on December 27, 2020, from <https://www.woolmark.com/fibre/the-history-of-merino-wool/>
- Woolmark (2020b). About Wool Growers. Retrieved on December 28, 2020, from <https://www.woolmark.com/fibre/woolgrowers/>
- Woolmark (2020c). Wool Processing. Retrieved on December 29, 2020, from <https://www.woolmark.com/industry/use-wool/wool-processing/>

- Woolmark (2020d). Knitting. Retrieved on December 30, 2020, from <https://www.woolmark.com/industry/use-wool/wool-processing/worsted-knitting/>
- Woolmark (2021). Textile Innovation, the Wool Lab. Retrieved on January 4, 2021, from <https://www.woolmark.com/industry/source-wool/the-wool-lab/>
- Woolwise (2009). Wool Scouring. Retrieved on December 29, 2020, on <https://www.woolwise.com/wp-content/uploads/2017/07/Wool-482-582-08-T-03.pdf>
- Weidema B., Wenzel H., Petersen C., Hansen K. (2004) The Product, Functional Unit and Reference Flows in LCA. Environmental News No. 70, 2004. Danish Ministry of the Environment. Retrieved on February 26, 2021, on https://www.researchgate.net/publication/259645341_The_Product_Functional_Unit_and_Reference_Flows_in_LCA
- Wiedemann S.G., Yan M.J., Henry B.K., Murphy C.M. (2016). Resource use and greenhouse gas emissions from three wool production regions in Australia. *Journal of Cleaner Production*, 122, 121-132. Doi: 10.1016/j.clepro.2016.02.025
- Wiedemann S.G., Biggs L., Nebel B., Bauch K., Laitala K., Klepp I.G., Swan P.G., Watson K. (2020). Environmental impacts associated with the production, use, and end-of-life of a woollen garment. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 25, 1486-1499. Doi: 10.1007/s11367-020-01766-0

Appendix I

LCI Data and Assumptions

Shared Processes Part 1

Raw Materials – Fiber Manufacturing

Electricity mix selected for this process: UTCE mix

Merino Wool

The impact from Merino wool is derived from water, land, CED fossil, CED non-fossil and GHG emissions. The use of fertilizers and pesticides is not included.

Lyocell

The land use reflects on acres needed to grow the trees. The water use, chemicals use and CED input is needed in for the process of pulping.

Table 20. A1: Raw Material data

LCA Phase	Input/Output	Ecotool	Source
Raw Materials / Wool	Water	1091 liter	Modint Ecotool
	Land	261 m ² a	Modint Ecotool
	CED fossil	290	Modint Ecotool
	CED non-fossil	390	Modint Ecotool
	GHG (CO ₂ eq.)	110kg	Modint Ecotool
Raw Materials / Lyocell	Water	20 liters	Modint Ecotool
	Land	1.6 m ² a	Modint Ecotool
	Chemicals H ₂ O ₂ /NaOH	0.65 kg	Modint Ecotool
	CED fossil	43	Modint Ecotool
	CED non-fossil	59	Modint Ecotool
	GHG (CO ₂ eq.)	2.6	Modint Ecotool

Merino Wool

Pretreatment of Wool: Scouring, Bleaching, Drying. Due to the lack of data about bleaching of wool, the process for cotton has been selected to substitute the effect.

Table 21. A1: Raw Material - Pretreatment data

LCA Phase	Input/Output	Ecotool	Source
Raw Material / Scouring	Electricity	0.10 kWh	Modint Ecotool
	Steam	0.1 kg	Modint Ecotool
	Water	25 liters	Modint Ecotool
	Chemicals – sodium dithionite	0.03 kg	Modint Ecotool
	Chemicals - tensides	0.03 kg	Modint Ecotool
Raw Material / Bleaching (data from cotton bleaching)	Chemicals H ₂ O ₂ /NaOH	0.45 kg	Modint Ecotool
Raw Material / Drying - thermofixation	Electricity	0.22 kWh	Modint Ecotool
	Gas	0.09 m ³	Modint Ecotool

Transport

Fiber	<i>Merino Wool</i>	<i>Merino Wool</i>
Leg	<i>1</i>	<i>2</i>
From	<i>Esperance, Australia</i>	<i>Port Hedland, Australia</i>
To	<i>Port Hedland, Australia</i>	<i>Port of Genoa, Italy</i>
Transport Type	<i>Sea Freight</i>	<i>Sea Freight</i>
Distance	<i>1807 km</i>	<i>14086.3 km</i>

Fiber	<i>Lyocell</i>	<i>Lyocell</i>
Leg	<i>1</i>	<i>2</i>
From	<i>Port of Durban, South Africa</i>	<i>Port of Genoa, Italy</i>
To	<i>Port of Genoa, Italy</i>	<i>Heiligenkreuz, Austria</i>
Transport Type	<i>Sea Freight</i>	<i>Sea Freight</i>
Distance	<i>11065.7 km</i>	<i>951 km</i>

Table 22. A1: Raw Material – Transport data

LCA Phase	Input/Output	Ecotool	Source
Raw Material / Transport Lorry 16-32t	CED fossil	0.0028075719263 MJ per km	Modint Ecotool
	GHG (CO ₂ eq.)	0.00016787106 kg	Modint Ecotool
Raw Material / Transport Sea freight	CED fossil	0.00017 MJ per km	Modint Ecotool
	GHG (CO ₂ eq.)	0.000011 kg	Modint Ecotool

Manufacturing – Yarn Manufacturing

Electricity mix selected for this process: Dutch grey mix

Fiber	<i>Merino Wool</i>	<i>Lyocell</i>
Leg	<i>1</i>	<i>1</i>
From	<i>Port of Genoa, Italy</i>	<i>Heiligenkreuz, Austria</i>
To	<i>Tollegno, Italy</i>	<i>Tollegno, Italy</i>
Transport Type	<i>Lorry 16-32t</i>	<i>Lorry 16-32t</i>
Distance	<i>1807 km</i>	<i>14086.3 km</i>

Table 23. A1: Raw Material – Transport data

LCA Phase	Input/Output	Ecotool	Source
Raw Material / Transport Lorry 16-32t	CED fossil	0.0028075719263 MJ per km	Modint Ecotool
	GHG (CO ₂ eq.)	0.00016787106 kg	Modint Ecotool

Ring spinning

The yarn is assumed to be a 2-ply yarn at 50 nm or 200dtex. Exact data on the blended fiber used by the study could not be found. Instead, data was selected from Kaplan & Koç (2010) for Ring Spinning of a 200dtex cotton yarn using 3.52 kWh per kg.

Table 24. A1: Manufacturing – Spinning data

LCA Phase	Input/Output	Ecotool	Source
Manufacturing / Spinning 200dtex combed cotton yarn Italy	Electricity	3.52 kWh per kg	Kaplan & Koç (2010) Van der Velden (2014)

Product loss

The product loss for wool in the worsted process are short fibers, all the short fibers are combed out and used again in the woollen process (Elhawary, 2015). Additionally, for staple yarns which consist for more than 50% of viscose fibers the losses in the drawing, roving, spinning, twisting and winding steps of the process are considered negligible (Sandin et al, 2019). Therefore, no product loss will be registered for this phase.

Package Dyeing

Table 25. A1: Manufacturing – Dyeing data

LCA Phase	Input/Output	Ecotool	Source
Manufacturing / Package Dyeing - rinsing	Electricity	0.95 kWh	Modint Ecotool
	Steam	5.4 kg	Modint Ecotool
	Water	65 liters	Modint Ecotool
	Chemicals, inorganic (salts, other)	0.02 kg	Modint Ecotool
	Chemicals, coating	0.10 kg	Modint Ecotool
	Chemicals, complex sequestering agents	0.02 kg	Modint Ecotool
	Chemicals, inorganic pigments	0.02 kg	Modint Ecotool
Manufacturing / Drying - Fixation	Electricity	0.22 kWh	Modint Ecotool
	Gas	0.09 m ³	Modint Ecotool

Transport

Finished yarn

Fiber	<i>Merino/Lyocell Yarn</i>
Leg	<i>1</i>

From	<i>Tollegno, Italy</i>
To	<i>Barcelos, Portugal</i>
Transport Type	<i>Lorry 16-32t</i>
Distance	<i>1940 km</i>

Table 26. A1: Yarn Manufacturing – Transport data

LCA Phase	Input/Output	Ecotool	Source
Raw Material / Transport Lorry 16-32t	CED fossil	0.0028075719263 MJ per km	Modint Ecotool
	GHG (CO ₂ eq.)	0.00016787106 kg	Modint Ecotool

Manufacturing – Garment Manufacturing

Electricity mix selected for this process: Dutch grey mix

Fully Fashioned Knitting

The standard Modint Ecotool knitting, < 17 tex data indicated a 4.5 kWh per kg. The data was compared to data selected from the overview provided by Van Der Velden et al (2014). The study provided information on a thick knitted cotton jumper, 2.29 kWh per kg, and a thin knitted cotton jumper, 4.59 kWh. Van der Velden (2014) presented the relation between energy use and gauge number/thickness of yarn; low gauges/thin yarns use more energy than high gauges/thick yarns.

The FU is set at 15 gauge, and therefore the data provided by Van der Velden is selected as most representative.

Table 27. A1: Manufacturing – Knitting data

LCA Phase	Input/Output	Ecotool	Source
Manufacturing / Knitting Fully Fashioned flat knitting (CO thin sweater)	Electricity	4.59 kWh per kg	IFTH2 Van der Velden et al. (2014)
	Light Fuel oil	0.19 MJ	

Product loss

Product loss during knitting is assumed to be 1.5% (Larsen, 2007; Sandin et al, 2018). The Modint Ecotool rounds this number up to 2%, which additionally coincides with the 2-3% material loss indicated by Swan (2010) used in the recent study of Wiedemann et al (2020).

Bulk Supply Chain

Electricity mix selected for this process: Dutch grey mix

Packaging

Plastic: 0.02 kg (/5 = 0.004 kg / 4 gr per jumper)

- Total Mass input: 180 kg * 0.02 kg = 3.6 kg

Cardboard: 0.06 (/ 5 = 0.012 kg / 12 gr per jumper)

- Total Mass input: 180 kg * 0.06 kg = 10.8 kg

Table 28. A1: Bulk Manufacturing – Packaging data

LCA Phase	Input/Output	Ecotool	Source
Manufacturing / Corrugated board	Water	17.9 liter	Modint Ecotool
	Land	2.1 m ² a	Modint Ecotool
	CED fossil	4.4	Modint Ecotool
	CED non-fossil	10.2	Modint Ecotool
	GHG (CO ₂ eq.)	0.3	Modint Ecotool
LDPE foil	CED fossil	45.6	Modint Ecotool
	CED non-fossil	-0.9	Modint Ecotool
	GHG (CO ₂ eq.)	2.6	Modint Ecotool

Transport

Product	<i>Jumper</i>
Leg	<i>1</i>
From	<i>Barcelos, Portugal</i>
To	<i>Arnhem, The Netherlands</i>
Transport Type	<i>Lorry 16-32t</i>
Distance	<i>2063 km</i>

Table 29. A1: Bulk Garment – Transport data

LCA Phase	Input/Output	Ecotool	Source
Raw Material / Transport Lorry 16-32t	CED fossil	0.0028075719263 MJ per km	Modint Ecotool
	GHG (CO ₂ eq.)	0.00016787106 kg	Modint Ecotool

Packaging

Cardboard: 0.06 (/ 5 = 0.012 kg / 12gr per jumper)

- Total Mass input: 180 kg * 0.06kg = 10.8 kg

Table 30. A1: Bulk Manufacturing – Packaging data

LCA Phase	Input/Output	Ecotool	Source
Manufacturing / Corrugated board	Water	17.9 liter	Modint Ecotool
	Land	2.1 m ² a	Modint Ecotool
	CED fossil	4.4	Modint Ecotool
	CED non-fossil	10.2	Modint Ecotool
	GHG (CO ₂ eq.)	0.3	Modint Ecotool

Transport

In the modelling of the customer travel to the store, the Modint Ecotool had a limitation in that the smallest transport type is a Van.

Product	<i>Jumper</i>	<i>Customer to store & return</i>
Leg	<i>1</i>	<i>2</i>
From	<i>Arnhem, The Netherlands</i>	<i>Utrecht, The Netherlands</i>
To	<i>Arnhem, The Netherlands</i>	<i>Arnhem, The Netherlands</i>
Transport Type	<i>Lorry 16-32t</i>	<i>Car</i>
Distance	<i>negligible</i>	<i>134 km</i>

Table 31. A1: Bulk Usage – Transport data

LCA Phase	Input/Output	Ecotool	Source
Usage / Transport Van<3.5t	CED fossil	0.034MJ per km	Modint Ecotool
	GHG (CO ₂ eq.)	0.0019 kg	Modint Ecotool

On-Demand Supply Chain

Manufacturing

Electricity mix selected for this process: Dutch grey mix

Packaging

Plastic: 0.02 kg (/5 = 0.004 kg / 4 gr per jumper)

- Mass input packaging: $180 * 0.02 = 3.6$ kg

Carrier bags: 0.14 kg

- Total Mass input: $180 \text{ kg} * 0.14 \text{ kg} = 25.2$ kg

Table 32. A1: O-D Manufacturing – Packaging data

LCA Phase	Input/Output	Ecotool	Source
Manufacturing / Corrugated board	Water	17.9 liter	Modint Ecotool
	Land	2.1 m ² a	Modint Ecotool
	CED fossil	4.4	Modint Ecotool
	CED non-fossil	10.2	Modint Ecotool
	GHG (CO ₂ eq.)	0.3	Modint Ecotool
LDPE foil	CED fossil	45.6	Modint Ecotool
	CED non-fossil	-0.9	Modint Ecotool
	GHG (CO ₂ eq.)	2.6	Modint Ecotool

Transport

Product	Jumper	Jumper	Jumper
Leg	1	2	3

From	<i>Barcelos, Portugal</i>	<i>FSC Airport, Portugal</i>	<i>Eindhoven Airport, The Netherlands</i>
To	<i>FSC Airport, Portugal</i>	<i>Eindhoven Airport, The Netherlands</i>	<i>Utrecht, The Netherlands</i>
Transport Type	Van<3.5t	<i>Air Freight</i>	Van<3.5t
Distance	<i>53 km</i>	<i>1536 km</i>	<i>87 km</i>

Table 33. A1: O-D Usage – Transport data

LCA Phase	Input/Output	Ecotool	Source
Usage / Transport Van <3.5t	CED fossil	0.034 MJ per km	Modint Ecotool
	GHG (CO ₂ eq.)	0.0019 kg	Modint Ecotool
Air Freight short - medium distance	CED fossil	0.025 MJ per km	Modint Ecotool
	GHG (CO ₂ eq.)	0.0016 kg	Modint Ecotool

Shared Processes Part 2

Usage

Electricity mix selected for this process: Dutch grey mix

Product Usage

Domestic Washing: 27 washing cycles. The fiber blend of wool and lyocell requires a domestic wool washing program at 30 ° C with a mild washing detergent.

Table 34. A1: Usage – Domestic Laundering

LCA Phase	Input/Output	Ecotool	Source
Usage / Washing	Electricity per kg laundry (kWh/kg)	0.16 kWh/kg	Gooijer&Stamminger (2016)
Washing 30C, average load	Water	17.6 liter	Modint Ecotool
	Chemicals tensides	0.03 kg	Modint Ecotool

Drying

The garment is then flat dried, because tumble drying will shrink the garment.

End of Life

Electricity mix selected for this process: Dutch grey mix

Transport

Product	<i>Jumper</i>
Leg	<i>1</i>
From	<i>Utrecht, The Netherlands</i>
To	<i>Average location incineration facility</i>
Transport Type	<i>Lorry 16-32t</i>
Distance	<i>100 km</i>

Table 35. A1: Disposal – Transport data

LCA Phase	Input/Output	Ecotool	Source
Disposal / Transport Lorry 16-32t	CED fossil	0.0028075719263 MJ per km	Modint Ecotool
	GHG (CO ₂ eq.)	0.00016787106 kg	Modint Ecotool

Disposal

Incineration for energy recovery in an AEC.

Table 36. A1: Disposal – Post User treatment

LCA Phase	Input/Output	Ecotool	Source
Disposal / Incineration	CED fossil	-10.5 MJ per km	Modint Ecotool
	CED non-fossil	-0.4 MJ per km	Modint Ecotool
	GHG (CO ₂ eq.)	-0.6 kg	Modint Ecotool

Appendix II

Results Bulk

Input Fiber Material	0.204 kg (0.2kg + 2% product loss)
Washing Cycles	27
Life Cycle	<i>Impact of entire product life</i>

Impact on Climate Change (kg Co2-eq.)

Table 37. A2: Results Bulk Climate Change

Eco Tool Input Phase	Bulk Pathway 1 Retail 1 jumper
Fiber Material	11.6
Construction	0.89
Pre-treatment	0.32
Coloring	0.476
Finishing	0.072
Packaging	0.0178
Transport	0.3743
Domestic Laundry	0.749
Post User Treatment	-0.115
Total	14.6141

Primary Energy Content (MJ)

Table 38. A2: Results Bulk Primary Energy Content

Eco Tool Input Phase	Bulk Pathway 1 Retail 1 jumper
Fiber Material	82.4
Construction	13.9
Pre-treatment	6.4
Coloring	8.68
Finishing	1.22
Packaging	0.528

Transport	6.25
Domestic Laundry	18.8
Post User Treatment	-2.18
Total	135.998

Use of Water (liter)

Table 39. A2: Results Bulk Water

Eco Tool Input Phase	Bulk Pathway 1 Retail 1 jumper
Fiber Material	112.8
Construction	
Pre-treatment	5.03
Coloring	14.51
Finishing	
Packaging	0.43
Transport	
Domestic Laundry	95.3
Post User Treatment	
Total	228.07

Use of Chemicals (kg)

Table 40. A2: Results Bulk Chemical

Eco Tool Input Phase	Bulk Pathway 1 Retail 1 jumper
Fiber Material	66
Construction	
Pre-treatment	100.62
Coloring	32
Finishing	
Packaging	
Transport	
Domestic Laundry	158.85
Post User Treatment	

Total	357.47
-------	--------

Land Use (m2)

Table 41. A2: Results Bulk Land

Eco Tool Input Phase	Bulk Pathway 1 Retail 1 jumper
Fiber Material	26.7
Construction	
Pre-treatment	
Coloring	
Finishing	
Packaging	0.05
Transport	
Domestic Laundry	
Post User Treatment	
Total	26.75

Results On-Demand

Input Fiber Material	0.204 kg (0.2kg + 2% product loss)
Washing Cycles	27
Life Cycle	<i>Impact of entire product life</i>

Impact on Climate Change (kg Co2-eq.)

Table 42. A2: Results On-Demand Climate Change

Eco Tool Input Phase	On-Demand 1 jumper
Fiber Material	11.6
Construction	0.89
Pre-treatment	0.32
Coloring	0.476
Finishing	0.072
Packaging	0.082

Transport	0.849
Domestic Laundry	0.749
Post User Treatment	-0.115
Total	14.923

Primary Energy Content (MJ)

Table 43. A2: Results On-Demand Primary Energy Content

Eco Tool Input Phase	On-Demand 1 jumper
Fiber Material	82.4
Construction	13.9
Pre-treatment	6.4
Coloring	8.68
Finishing	1.22
Packaging	1.432
Transport	13.336
Domestic Laundry	18.8
Post User Treatment	-2.18
Total	143.988

Use of Water (liter)

Table 44. A2: Results On-Demand Water

Eco Tool Input Phase	On-Demand 1 jumper
Fiber Material	112.8
Construction	
Pre-treatment	5.03
Coloring	14.51
Finishing	
Packaging	
Transport	
Domestic Laundry	95.3

Post User Treatment	
Total	227.64

Use of Chemicals (kg)

Table 45. A2: Results On-Demand Chemical

Eco Tool Input Phase	On-Demand 1 jumper
Fiber Material	66
Construction	
Pre-treatment	100.62
Coloring	32
Finishing	
Packaging	
Transport	
Domestic Laundry	158.85
Post User Treatment	
Total	357.47

Land Use (m2)

Table 46. A2: Results On-Demand Land

Eco Tool Input Phase	On-Demand 1 jumper
Fiber Material	26.7
Construction	
Pre-treatment	
Coloring	
Finishing	
Packaging	
Transport	
Domestic Laundry	
Post User Treatment	
Total	26.7

Appendix III

Sensitivity Analysis 1

Alternative Bulk Distribution Routes

Impact on Climate Change (kg Co2-eq.)

Table 47. A3: Alternative Bulk 900 – Climate Change

Eco Tool Input Phase	Bulk Retail 668 jumpers	Bulk e-Com 178 jumpers	Bulk Unsold 54 jumpers
Fiber Material	7737.8	2054.5	627.4
Construction	594.1	157.7	48.2
Pre-treatment	214.0	56.8	17.4
Coloring	317.9	84.4	25.8
Finishing	48.1	12.8	3.9
Packaging	11.9	0.1	0.8
Transport	250	62	28.9
Domestic Laundry	500.8	133	40.6
Post User Treatment	-76.7	-20.4	-6.2
Total	9597.9	2541	851.3

Primary Energy Content (MJ)

Table 48. A3: Alternative Bulk 900 – Primary Energy Content

Eco Tool Input Phase	Bulk Retail 668 jumpers	Bulk e-Com 178 jumpers	Bulk Unsold 54 jumpers
Fiber Material	55071.8	14622.5	4465.5
Construction	9267.5	2460.7	751.5
Pre-treatment	4278.5	1136.0	346.9
Coloring	5803.2	1540.8	470.6
Finishing	815.7	216.6	66.1
Packaging	352.8	3.0	19.1

Transport	4175.2	1031.3	489.4
Domestic Laundry	12561.8	3335.4	1018.6
Post User Treatment	-1462.3	-388.3	-118.6
Total	90864.0	24240.9	8603.4

Use of Water (liter)

Table 49. A3: Alternative Bulk 900 – Use of Water

Eco Tool Input Phase	Bulk Retail 668 jumpers	Bulk e-Com 178 jumpers	Bulk Unsold 54 jumpers
Fiber Material	75359.1	20009.1	6110.5
Construction			
Pre-treatment	3359.3	892.0	272.4
Coloring	9695.8	2574.4	786.2
Finishing			
Packaging	287.2	1.1	11.6
Transport			
Domestic Laundry	63668.4	16905.0	5162.6
Post User Treatment			
Total	152369.9	40418.8	12343.2

Use of Chemicals (kg)

Table 50. A3: Alternative Bulk 900 – Use of Chemicals

Eco Tool Input Phase	Bulk Retail 668 jumpers	Bulk e-Com 178 jumpers	Bulk Unsold 54 jumpers
Fiber Material	44089.5	11706.5	3575.0
Construction			
Pre-treatment	67213.4	17846.3	5450.0
Coloring	21380.0	5676.8	1733.6
Finishing			
Packaging			
Transport			
Domestic Laundry	106114.1	28175.1	8604.3
Post User Treatment			

Total	238797.0	63404.6	19362.9
-------	----------	---------	---------

Land Use (m2)

Table 51. A3: Alternative Bulk 900 – Land Use

Eco Tool Input Phase	Bulk Retail 668 jumpers	Bulk e-Com 178 jumpers	Bulk Unsold 54 jumpers
Fiber Material	17812.2	4729.4	1444.3
Construction			
Pre-treatment			
Coloring			
Finishing			
Product Assembly			
Packaging	33.7	0.1	1.4
Transport			
Domestic Laundry			
Post User Treatment			
Total	17845.8	4733.9	1445.7

Alternative Bulk Routes – 1 jumper

Impact on Climate Change (kg Co2-eq.)

Table 52. A3: Alternative Bulk 1 – Climate Change

Eco Tool Input Phase	Bulk Retail 1 jumper	Bulk e-Com 1 jumper	Bulk Unsold 1 jumper
Fiber Material	11.6	11.6	11.6
Construction	0.89	0.886	0.8926
Pre-treatment	0.32	0.3191	0.3222
Coloring	0.476	0.4742	0.4778
Finishing	0.072	0.0719	0.0722
Product Assembly			

Packaging	0.0178	0.086	0.0148
Transport	0.3743	0.3483	0.5352
Domestic Laundry	0.749	0.7472	0.7519
Post User Treatment	-0.115	-0.1146	-0.1148
Total	14.6141	14.3601	15.7648

Primary Energy Content (MJ)

Table 53. A3: Alternative Bulk 1 – Primary Energy Content

Eco Tool Input Phase	Bulk Retail 1 jumper	Bulk e-Com 1 jumper	Bulk Unsold 1 jumper
Fiber Material	82.4	82.4	82.4
Construction	13.9	13.9	13.9
Pre-treatment	6.4	6.4	6.4
Coloring	8.68	8.68	8.68
Finishing	1.22	1.22	1.22
Product Assembly			
Packaging	0.528	1.6062	0.3537
Transport	6.25	5.7938	9.063
Domestic Laundry	18.8	18.8	18.8
Post User Treatment	-2.18	-2.18	-2.18
Total	135.998	136.62	138.6367

Use of Water (liter)

Table 54. A3: Alternative Bulk 1 – Use of Water

Eco Tool Input Phase	Bulk Retail 1 jumper	Bulk e-Com 1 jumper	Bulk Unsold 1 jumper
Fiber Material	112.8	112.8	112.8
Construction			
Pre-treatment	5.03	5.03	5.03
Coloring	14.51	14.51	14.51
Finishing			

Packaging	0.43	0.215	0.214
Transport			
Domestic Laundry	95.3	95.3	95.3
Post User Treatment			
Total	228.07	227.855	227.854

Use of Chemicals (kg)

Table 55. A3: Alternative Bulk 1 – Use of Chemicals

Eco Tool Input Phase	Bulk Retail 1 jumper	Bulk e-Com 1 jumper	Bulk Unsold 1 jumper
Fiber Material	66	66	66
Construction			
Pre-treatment	100.62	100.62	100.62
Coloring	32	32	32
Finishing			
Packaging			
Transport			
Domestic Laundry	158.85	158.85	158.85
Post User Treatment			
Total	357.47	357.47	357.47

Land Use (m2)

Table 56. A3: Alternative Bulk 1 – Land Use

Eco Tool Input Phase	Bulk Retail 1 jumper	Bulk e-Com 1 jumper	Bulk Unsold 1 jumper
Fiber Material	26.7	26.7	26.7
Construction			
Pre-treatment			
Coloring			
Finishing			
Packaging	0.05	0.0253	0.0253

Transport			
Domestic Laundry			
Post User Treatment			
Total	26.75	26.7253	26.7253

Results

Table 57. A3: Sensitivity Analysis 1: Distribution Scenarios

Impact Category	Bulk Retail 1 jumper	Bulk e-Com 1 jumper	Bulk Unsold 1 jumper	On-Demand 1 jumper
Climate Change (kg Co2-eq)	14.6141	14.3601	15.7648	14.923
Primary Energy Content (MJ)	135.998	136.62	138.6367	143.988
Use of Water (liter)	228.07	227.855	227.854	227.64
Use of Chemicals (kg)	357.47	357.47	357.47	357.47
Use of Land (m2)	26.75	26.7253	26.7253	26.7

Appendix IV

Sensitivity Analysis 3

Data adjustment

Production 1. Barcelos, Portugal

Table 58. A4: Overview Transport in On-Demand Supply Chain P1

LCA Phase	From	To	Distance (km)	Transport type
Raw Material				
<i>Merino Wool</i>	Esperance, Australia	Port Hedland, Australia	1807	Lorry 16-32t
	Port Hedland, Australia	Port of Genoa, Italy	14086.3	Sea Freight
<i>Lyocell</i>	Port of Durban, South Africa	Port of Genoa, Italy	11065.7	Sea Freight
	Port of Genoa, Italy	Heiligenkreuz, Austria	951	Lorry 16-32t
Yarn Manufacturing				
<i>Merino Wool</i>	Port of Genoa, Italy	Tollegno, Italy	183	Lorry 16-32t
<i>Lyocell</i>	Heiligenkreuz, Austria	Tollegno, Italy	946	Lorry 16-32t
Garment Manufacturing				
	Tollegno, Italy	Barcelos, Portugal	1940	Lorry 16-32t
Usage				
	Barcelos, Portugal	FSC Airport, Portugal	53	Van<3.5t
	FSC Airport, Portugal	Eindhoven, The Netherlands	1536	Air Freight
	Eindhoven, The Netherlands	Utrecht, The Netherlands	87	Van<3.5t
Disposal				
	Average location NL	Average location NL	100	Lorry 16-32t

Production 2. Prato, Italy

Table 59. A4: Overview Transport in On-Demand Supply Chain P2

LCA Phase	From	To	Distance (km)	Transport type
Garment Manufacturing				

Usage	Tollegno, Italy	Prato, Italy	403	Lorry 16-32t
	Prato, Italy	A Vespucci Airport Florence, Italy	15	Van<3.5t
	A Vespucci Airport Florence, Italy	Eindhoven, The Netherlands	955	Air Freight
	Eindhoven, The Netherlands	Utrecht, The Netherlands	87	Van<3.5t

Production 3. Paris, France

Despite Germany having a higher percentage of the market concerning apparel output (Eurostat, 2018), the study assumes France for the production location due to this country, like Italy, catering to a higher segment in the apparel industry.

Table 60. A4: Overview Transport in On-Demand Supply Chain P3

LCA Phase	From	To	Distance (km)	Transport type
Garment Manufacturing				
	Tollegno, Italy	Paris, France	759	Lorry 16-32t
	Paris, France	CDG Airport, Paris	27	Van<3.5t
	CDG Airport, Paris	Eindhoven, The Netherlands	360	Air Freight
Usage	Eindhoven, The Netherlands	Utrecht, The Netherlands	87	Van<3.5t

Production 4. Amsterdam, The Netherlands

Table 61. A4: Overview Transport in On-Demand Supply Chain P4

LCA Phase	From	To	Distance (km)	Transport type
Garment Manufacturing				
	Tollegno, Italy	Amsterdam, The Netherlands	1125	Lorry 16-32t
Usage	Amsterdam, The Netherlands	Utrecht, The Netherlands	45	Van<3.5t

Table 62 A4: Overview Transport Impact Categories

Impact Category	Production 1. Barcelos, Portugal	Production 2. Prato, Italy	Production 3. Paris, France	Production 4. Amsterdam, The Netherlands
Climate Change (kg Co ₂ -eq)	0.849	0.556	0.376	0.243
Primary Energy Content (MJ)	13.336	7.723	6.069	4.028

Exchanging Air Freight for Lorry 16-32t**Table 63.** A4: Overview Transport Impact Categories Lorry

Impact Category	Production 1. Barcelos, Portugal	Production 2. Prato, Italy	Production 3. Paris, France	Production 4. Amsterdam, The Netherlands
Climate Change (kg Co ₂ -eq)	0.256	0.246	0.229	0.243
Primary Energy Content (MJ)	4.028	4.066	3.784	4.028

Appendix V

Sensitivity Analysis 4

Detailed data

Economic Allocation

Table 64. A5: Bulk amount – Price proportion

Product	Bulk Amount Jumpers in pieces	Bulk Amount Jumpers in %	Prices per piece	Price Bulk amount	Sales value in %
Jumper Sold Full Price	576	64%	€ 239,00	€ 137.664,00	80.3%
Jumper Sold Discount	270	30%	€ 120,00	€ 32.400,00	18.95%
Jumper Unsold stock	54	6%	€ 24,00	€ 1,296,00	0.75%
Total	900	100%		€ 171.360,00	100%

Economic Allocation reflected on Environmental Impact

Impact on Climate Change (kg Co2-eq.)

Table 65. A5: Economic Allocation Impact Climate Change

Eco Tool Input Phase	Bulk Retail 900 jumpers	Full Price 80.3 %	Discount 18.95%	Unsold Stock 0.75%
Fiber Material	10440	8383.32	1978.38	78.3
Construction	801	643.203	151.78	6.017
Pre-treatment	288	231.264	54.576	2.16
Coloring	428.4	344	81.18	3.22
Finishing	64.8	52	12.3	0.5
Packaging	16.02	12.86	3	0.16
Transport	336.87	270.5	63.83	2.54
Domestic Laundry	674.1	541.3	127.7	5.1
Post User Treatment	-103.5	-83.1	-19.6	-0.8
Total	13152.69	10383.8	2450.5	96.99

Primary Energy Content (MJ)

Table 66. A5: Economic Allocation Impact Primary Energy Content

Eco Tool Input Phase	Bulk Retail 900 jumpers	Full Price 80.3 %	Discount 18.95%	Unsold Stock 0.75%
Fiber Material	74160	59550.48	14053.32	556.2
Construction	12510	10045.53	2370.6	93.87
Pre-treatment	5760	4625.28	1091.52	43.2
Coloring	7812	6273	1480.4	58.6
Finishing	1098	881.7	208.1	8.2
Packaging	474.2	380.8	89.9	3.5
Transport	5625	4516.9	1065.9	42.2
Domestic Laundry	16920	13586.8	3206.3	126.9
Post User Treatment	-1962	-1575.5	-371.8	-14.7
Total	122398.2	98285.8	23194.5	917.9

Use of Water (liter)

Table 67. A5: Economic Allocation Impact Water Use

Eco Tool Input Phase	Bulk Retail 900 jumpers	Full Price 80.3 %	Discount 18.95%	Unsold Stock 0.75%
Fiber Material	101520	81520.6	19238	761.4
Construction				
Pre-treatment	4527	3635.18	857.87	33.95
Coloring	13059	10486.4	2472.7	97.9
Finishing				
Packaging	387	310.8	72.2	4
Transport				
Domestic Laundry	85770	68873.3	16253.4	643.3
Post User Treatment				
Total	205263	164826.2	38897.3	1539.5

Use of Chemicals (kg)

Table 68. A5: Economic Allocation Impact Chemicals Use

Eco Tool Input Phase	Bulk Retail 900 jumpers	Full Price 80.3 %	Discount 18.95%	Unsold Stock 0.75%
Fiber Material	59400	47698.2	11256.3	445.5
Construction				
Pre-treatment	90558	72718.1	17160.7	679.2

Coloring	28800	23126.4	5457.6	216
Finishing				
Packaging				
Transport				
Domestic Laundry	142965	114800.9	2835.9	1072.2
Post User Treatment				
Total	321723	258343.6	60966.5	2412.9

Land Use (m2)

Table 69. A5: Economic Allocation Impact Land Use

Eco Tool Input Phase	Bulk Retail 900 jumpers	Full Price 80.3 %	Discount 18.95%	Unsold Stock 0.75%
Fiber Material	24030	19296.1	4553.7	180.2
Construction				
Pre-treatment				
Coloring				
Finishing				
Packaging	45	36.1	8.5	0.4
Transport				
Domestic Laundry				
Post User Treatment				
Total	24075	19332.2	4562.2	180.6

Bulk + avoided Impact and On-Demand

Impact on Climate Change (kg Co2-eq.)

Table 70. A5: Bulk + avoided Impact, Impact Climate Change

Eco Tool Input Phase	Bulk + avoided impact 900 jumpers	Bulk + avoided impact 1 jumper	On-Demand 1 jumper
Fiber Material	12496.68	13.88	11.6
Construction	958.797	1.06	0.89
Pre-treatment	344.736	0.38	0.32
Coloring	512.8	0.57	0.476
Finishing	77.6	0.086	0.072
Packaging	19.18	0.02	0.082
Transport	403.24	0.45	0.849
Domestic Laundry	806.9	0.89	0.749

Post User Treatment	-123.9	-0.138	-0.115
Total	15496.033	17.198	14.923

Primary Energy Content (MJ)

Table 71. A5: Bulk + avoided Impact, Impact Primary Energy Content

Eco Tool Input Phase	Bulk + avoided impact 900 jumpers	Bulk + avoided impact 1 jumper	On-Demand 1 jumper
Fiber Material	88769.52	98.6	82.4
Construction	14474.47	16.08	13.9
Pre-treatment	6894.72	7.66	6.4
Coloring	9351	10.39	8.68
Finishing	1314.3	1.46	1.22
Packaging	567.6	0.63	1.432
Transport	6733.1	7.48	13.336
Domestic Laundry	20253.2	22.5	18.8
Post User Treatment	-2348.5	-2.6	-2.18
Total	146510.6	162.2	143.988

Use of Water (liter)

Table 72. A5: Bulk + avoided Impact, Impact Water Use

Eco Tool Input Phase	Bulk + avoided impact 900 jumpers	Bulk + avoided impact 1 jumper	On-Demand 1 jumper
Fiber Material	121519.4	135	112.8
Construction			
Pre-treatment	5418.82	6.02	5.03
Coloring	15629.6	17.37	14.51
Finishing			
Packaging	463.2	0.52	0
Transport			
Domestic Laundry	102666.7	114.07	95.3
Post User Treatment			
Total	245699.8	272.98	227.64

Use of Chemicals (kg)

Table 73. A5: Bulk + avoided Impact, Impact Chemical Use

--	--	--	--

Eco Tool Input Phase	Bulk + avoided impact 900 jumpers	Bulk + avoided impact 1 jumper	On-Demand 1 jumper
Fiber Material	71101.8	79	66
Construction			
Pre-treatment	108397.9	120.4	100.62
Coloring	34473.6	38.3	32
Finishing			
Packaging			
Transport			
Domestic Laundry	146873.1	163.2	158.85
Post User Treatment			
Total	360846.4	400.9	357.47

Land Use (m2)

Table 74. A5: Bulk + avoided Impact, Impact Land Use

Eco Tool Input Phase	Bulk + avoided impact 900 jumpers	Bulk + avoided impact 1 jumper	On-Demand 1 jumper
Fiber Material	28763.9	31.9	26.7
Construction			
Pre-treatment			
Coloring			
Finishing			
Packaging	53.9	0.06	
Transport			
Domestic Laundry			
Post User Treatment			
Total	28817.8	31.96	26.7

Appendix VI

Interviews

All the interview transcripts displayed below have been reviewed and approved by the interviewees to be used in this report anonymously.

A data collection protocol was established and communicated to the interviewees beforehand via a research brief including a short description on the study and the researcher. No personal data is required for the study and the content will be used anonymously. The steps were outlined as follows:

Questionnaire

- A Questionnaire is sent to you via email
- Fill out the Questionnaire to the best of your ability
- Please read Data Consent clause at the end of the Questionnaire and sign at the bottom
- Send the document back to 488982@student.saxion.nl
- Any concerns about the Questionnaire or any questions relating to the research, please contact Marije Lytske Hester at 488982@student.saxion.nl

Interview

- The general outline of questions will be sent to the interviewee by the researcher a day before the interview via email
- The interview will be conducted digitally via Teams
- The interview will be recorded with approval of the interviewee.

Transcript

- The interview will be transcribed
- The transcript is sent back to the interviewee for approval
- The transcript will be edited until approved by interviewee
- Data of the interview will be processed accordingly in the research

Research Data Management

After receiving the data, the data will be processed by the researcher.

Collected data, results and final thesis report will be stored in 2 protected clouds:

1. Saxion University OneDrive – Marije Lytske Hester
2. Personal Drive – Marije Lytske Hester (backup)

Authorized people who have access to the data on the clouds: Marije Lytske Hester (researcher) and Rosanne van der Meer (New Industrial Order). The final report and results are under a non-disclosure agreement of New Industrial Order. For MSc Degree evaluation the draft/final report and results will be shared with the professors of Saxion University of Applied Sciences. Sharing the results with external parties has to be authorized by Rosanne van der Meer - New Industrial Order. After finishing the Thesis, the data will be removed from the Saxion University Drive and the Google Drive – copies of the results and the report might be stored by New Industrial Order and Marije Lytske Hester.

No.	Interviewee's position	Supply Chain Position
1.	Post-doctoral researcher Design for Sustainability and independent consultant	n/a
2.	Knit Engineer 3-D Knit programming	Garment Manufacturing
3.	3-D Knitwear Manufacturer	Garment Manufacturing
4.	Buying Expert - Head of Buying	Usage – Warehouse stock
5.	Independent consultant	Usage – Unsold stock

Interview Transcript

Interviewee	[REDACTED]
Position interviewee	Post-doctoral researcher Design for Sustainability, [REDACTED] and independent consultant
Date	3 rd of November 2020
Location	Digital - Microsoft Teams
Weather	12 °C , sun
Time	14:00 CET
Notes: Language of the interview is Dutch.	

M = researcher

N = interviewee

Recording

M: Ik wil je natuurlijk even vragen of het OK is als ik dit gesprek opneem, dan kan ik het verder uitschrijven.

N: Ja.

M: Ik heb al een vragen alvast opgestuurd, ik dacht dat is in ieder geval handig.

N: Ik had 'm gezien. Ja, je had ze opgestuurd. Maar je mag ze ook vertellen hoor, ik weet niet wat je handig vindt?

M: Ja ik praat ze er doorheen. Zoals ik al zei, ik ben geen LCA expert en ik heb ook absoluut niet de illusie dat ik een volledige LCA kan uitvoeren in m'n eentje in 4 maanden tijd. Dat is leuk end ie kans is redelijk klein. Wat ik wel graag zou willen doen is zo dicht mogelijk komen bij een antwoord op mijn hoofdvraag. Die heb ik ook in het document gezet. En mijn doel is om te kijken wat de laagste impact zou zijn voor een 3D, On-Demand jumper vergeleken met de conventionele jumper.

N: Ja

M: De eerste stap is natuurlijk het bepalen van de Functional Unit (FU). En dat is een cruciaal onderdeel van het geheel omdat dat wat je precies aan het meten ben. Nou vind ik dat dus ook heel erg lastig omdat in mijn onderzoek, werk je natuurlijk vanuit 2 verschillende systemen en manieren van ordering. Dus ik zit te strugglen met 'OK, hoe formuleer ik de goede FU die het hele plaatsje meeneemt'. Ook voor het On-Demand, dus ik zat te strugglen over hoe ik dat het best kan doen. Ik heb eerder een vergelijkend onderzoek uitgevoerd gebaseerd op het vervangen van het ene product met het andere product, maar dat ik wel anders. Hier kan ik niet van 1 product uitgaan... snap je wat ik bedoel?

N: Ja, ik heb daar al een beetje over nagedacht. Ik dacht trouwens nog, die onderzoeksvraag zou ik toch nog iets anders formuleren. Ik ben er nog niet helemaal uit hoe, maar ik vind hem niet helemaal helder eigenlijk.

M: Ja

N: Maar misschien helpt het om er nu even over te praten. Zoals ik erover heb nagedacht eigenlijk. Want uiteindelijk.. ik zeg maar gewoon wat ik denk, redelijk intuïtief, maar uiteindelijk denk ik dat de essentie van het verschil eigen is dat je bij de ene systeem de 1 maakt (1 trui) en bij andere systeem maak je er 500. Om uiteindelijk maar die ene te kunnen verkopen.

M: Precies

N: Dus de essentie van je vergelijking is eigenlijk dat.

M: Ja

N: En wat je dus ook vaak doet met een LCA op het moment dat je zo'n vergelijking maakt en dat heet dan Streamlinen in LCA – dan kun je eigenlijk alles wat in beide systemen gelijk is kun je wegstrepen. En dat gaat je heel veel tijd schelen en bovendien geeft dat juist de informatie die je wilt. Maar het is een beetje brainstormen wat ik doe, dus het is niet gezegd dat dit nu het antwoord is maar meer ook om jou te helpen erover na te denken Ik weet ook niet 1,2,3 het antwoord maar dat is wel hoe ik erover na heb gedacht. Uiteindelijk denk ik dat als jij zou kunnen uitzoeken hoeveel truien worden er eigenlijk gemaakt terwijl er maar 1tje bij een klant belandt. Dan is dat aantal truien die er dus teveel worden gemaakt dat is eigenlijk teveel aan milieu impact. En dan zou je uiteindelijk de impact van al die truien kunnen meten en dat dan zetten tegenover die ene trui die van NIO word gemaakt. En gezien jou tijd, je heb niet super veel tijd om dat helemaal precies uit te rekenen maar je kan natuurlijk steeds verfijnder kijken wat de impact is van die hoeveelheid truien. En de tijd is een limiterende factor en dan weet ik dat je gebruik moet gaan maken van bestaande data. Ja voor merino wol, zou je moeten kijken van, nou heb ik data voor merino wol, zijn er data bekend. Ja en transport, als je weet dat je merino wol uit Nieuw Zeeland komt dan weet je dat het via vliegtuig of boot worde vervoert weet je wel en dan kun je daar de data van gebruiken. Ten opzichte van het hier maken in Amsterdam op de machine. Dat zijn een beetje de gedachte die ik een heb. Ik weet niet of je het daarmee eens bent?

M: Ja.

N: En als je dat dan als systeem hebt en je gaat naar je FU. Ik heb al je vragen gelezen, dan kom je natuurlijk op een lange levensduur, dat is al een moeilijke vraag eigenlijk. Hoe vergelijk ik nou een sweater met een lange levensduur met een korte levensduur. Maar je antwoord zit eigenlijk in die aanvang, want als je 1 NIO sweater hebt waar je 10 jaar mee doet en die andere moet je 10 keer vervangen omdat die er na een jaar al niet meer uit ziet. Dan weet je dat je die ene hebt tegenover 10 andere. Dus dat zijn dan.. een kwestie van aantallen, en dan uiteindelijk wil je de impact weten. Dus als je het hebt over een FU dan kun je een sweater nemen, maar je kunt ook zeggen ik neem een sweater die voor 10 jaar 1 keer per week gedragen kan worden. Dat kun je zelf bepalen, dat is dan een aanname die je doet. (Kanttekening 11/13/2020: *bij voorkeur gebruik je natuurlijk*

waarheidsgetrouwe data, maar die zijn waarschijnlijk erg moeilijk te vinden) Ja dus op die manier zou je het kunnen benaderen, want ik weet niet hoe jij zelf...welke FU zit je zelf aan te denken?

M: Nou ja ik zat daar dus een beetje mee in de knoop zelf want je hebt 1000 jumpers order grootte voor 1 stijl in 1 collectie die je dan technisch zou willen vervangen met een On-Demand strategie of versie. Dus dan krijg je er maar 1 voor terug. Alleen ja, als je gaat rekenen moet je dat ... dan moet je er wel een tijdsaspect aan vast knopen want anders dan.. of klanten.. of..

Of ga je dan als je een jumper in store heb en laten we zeggen dat dan in een half jaar tijd de helft word verkocht..

N: Ja dat weet je dus niet, maar dat is wel super interessant want dat is juist bijna voor jou onderzoek waardevoller om uit te zoeken, dan precies hoeveel carbon footprint de wol heeft. Want de wol is in allebei de systemen gelijk. Het gaat er juist om, je maakt er 1 met NIO of je maakt er 100, die eigenlijk allemaal niet precies voldoen, op 1 na die die klant dan dus koopt. Eigenlijk is dat een beetje de gedachte waar ik nu aan zit te denken, maar misschien is het ook goed om een keer met Harrie en Rosanne een beetje te sparren. Want je kunt natuurlijk als FU altijd 1 sweater nemen, en dan 1 sweater in het ene systeem en 1 sweater in het andere systeem. Maar dan ga je voorbij aan, dat er in het conventionele systeem veel meer geproduceerd word dan wat we eigenlijk nodig hebben en juist dat is het grote voordeel van het systeem van NIO. Eigenlijk dat wil je dan uitdrukken in cijfers. En ik denk dat je dat in eerste instantie met cijfers moet doen en dat je daarna zou kunnen doorrekenen naar LCA-achtige indicatoren als carbon footprint of water footprint.

M: Ik zat te denken inderdaad 'wat vergelijk ik precies'.. Als je 1000 tegen 1 zet, als je kijk naar order sizes, dan leg je de focus op het On-Demand aspect van NIO – wat dat ook de added value zou moeten zijn van überhaupt dat hele systeem. En als je 1 jumper tegen 1 jumper..

N: Nee dat heeft geen zin..

M: Met NIO is het wel zo, zelfs als zou je een On-Demand system hebben.. waar je yarn vandaan komt bepaald natuurlijk ook heel erg de impact die je hebt en waar de manufacturer zit ook. Dus als je On-Demand manufacturer is Singapore zit en je moet alsnog 1 jumper inlaten vliegen dan schiet je daar natuurlijk geen zak mee op. Dus daar zitten best wel parameters aan die ik wel heel interessant zou vinden om terug te koppelen aan NIO van .. Ja dit is een goed systeem maar je moet je yarn in een straal van 300 km sourcen.

N: Ja

M: Maar kan dat nog steeds als je je FU op ordersize zet?

N: Ja, dan.. transport data worden heel vaak gegeven per kilogram. Dus 1000 jumpers kan je altijd omrekenen naar kilogrammen. En dan het transport naar kilogram omrekenen.

M: Daar haalt meestal de mass production z'n voordeel vandaan, dat je natuurlijk in 1 keer heel veel verscheept en daardoor gaat je footprint van naar beneden.

N: En wat je dan zult merken is...tenzij je gaat vliegen, vliegen is grote impact, maar per boot vervoeren is vaak niet eens zo'n grote impact ten opzichte van andere processen. Maar dat moet je toch altijd even uitrekenen. Je mag het niet zo maar aannemen, maar bij andere analyses zit de impact toch vooral in de productie fases, dus in het materiaal en in de productie fase. Maar het is wel heel interessant om te weten, dat kan natuurlijk toch wel uitmaken, wat jij zegt als je toch wil gaan kijken naar 1000 jumpers ten opzichte van 1. Als je er 1000 gaat vervoeren kan het best wel heel veel schelen misschien ten opzichte van 1tje, maar dat is lastig inschatten nu en zult je moeten doorrekenen. Maar dat is denk ik niet heel veel werk, dat best wel goed te doen.

M: Ja.

N: Want die data krijg je per kilogram en dan is het een kwestie van even omrekenen en dan zou je die afstandstabellen gewoon kunnen maken. En dat is dan eigenlijk een soort van sensitiviteit analysis zoals jij die bedoelde.

Zo van, maakt het nou heel erg uit transport, of materiaal, maakt dat heel erg veel uit of niet. Dat kun je dan berekenen.

M: Ja dat was inderdaad wel onderdeel van mijn plan. Daarnaast vind ik het wel heel lastig, want zoals overstock is een belangrijk aspect, als je qua ordersize gaat kijken. Ik weet alleen niet hoe je dat dan meeneemt in het model. Want het word niet gebruikt, maar wel geproduceerd en dan word het, neem ik aan, in een verbrandingsoven gegooid.

N: Maar op zich is de analyse niet heel moeilijk maar het moeilijkste is, wat is het aantal van die overstock?

M: Ja

N: En dat is eigenlijk het meest interessante getal om te weten. En zeg maar, om dan LCA data te vinden, en die zijn niet perfect, van een wollen sweater dat moet niet zo moeilijk zijn en daar hoeft je niks aan te rekenen. Het verschil is alleen die ene van NIO en die 500 overstock van die andere. Dat is dan eigenlijk waar de analyse op neer gaat komen. En je zou dan nog al dat soort extra sensitiviteit dingen kunnen meenemen zoals wol uit Australië of wol uit Abcoude wat zou dat dan schelen. Dat soort dingen zou je dan extra maken, maar ik denk dat de essentie van je onderzoek is die overstock waar je het nu over hebt. En dat die wordt verbrand ook nog eens een keer.

M: ja daar ga ik vanuit.

N: Ja of dat iemand toch een sweater koopt en na een week denkt 'nah dit is het toch niet', ik had eigenlijk een ander kraagje gewild, doe m maar weg' dat gebeurd ook nog vaak, dat mensen het een van twee keer gebruiken maar dat het dan net niet is.

M: Dat is wel lastig om dat erbij te nemen,

N: Ja dat is inderdaad bijna niet te doen

M: Nee

N: Maar je kan het wel beschrijven, zoals allemaal scenario's die de analyse zouden kunnen beïnvloeden. En dan zou je een schatting kunnen geven, als je maar heel duidelijk aangeeft welke aannames doe ik en welke keuzes maak ik,

wat laat ik weg en wat neem ik mee – in principe is het dan OK. Als je het maar wel heel duidelijk beschrijft en het moet wel ergens op slaan.

M: Ja

N: In de wetenschap worden heel vaak aannames gedaan anders kom je nooit verder, maar als je het maar wel goed beschrijft.

M: dat is key inderdaad.

N: Dat is erg belangrijk

M: De LCI data, in ons vorige project hebben we het voornamelijk gesourced uit andere research articles en wij werkten met een variatie van de Modint Ecotool. Ik heb geloof ik toegang tot Modint Ecotool alleen de een raad het af en de ander zegt; bij gebrek aan beter, just use it. Heb jij nog advies voor databases die toegankelijk zijn? Ik heb Open LCA wel een geprobeerd maar, meine gutte, wat een ingewikkelde materie.

N: Ja, er staat ook niet heel veel data in volgens mij. Dat weet ik dus niet. Daar weet ik te weinig van. Modint Ecotool, weet ik ook eigenlijk weinig van behalve dat ik weet wie hem heeft gemaakt. En ik weet dus niet precies welke data daarachter zitten en of dat recentelijk vernieuwd is. Dus dat zou je misschien aan Harrie kunnen vragen of hij dat weet, en op zich denk ik dat die best wel bruikbaar is. Als je daarmee kunt werken, dan zou je daar best wel wat mee moeten kunnen doen. Het is alleen mij nog steeds in al die jaren niet helemaal duidelijk geworden welke data daar nou precies achter zit en hoe ze daarachter komen. Of dat nou een beetje klopt of niet.

M: Nee dat is inderdaad niet heel transparant nee.

N: Nee he.

M: Dat hebben wij ook vraagt, maar tot op de dag van vandaag geen antwoord op gekregen.

N: Nee klopt. Maar goed als het niet te veel tijd kost dan zou je dat kunnen proberen en wat je ook zou kunnen proberen is die waar ik altijd mee heb gewerkt; ecokosten. Ik weet niet of je daar wel een van hebt gehoord?

M: Ja ik heb het boek gelezen van Joost (Vogtländer) over LCA.

N: Ja dat! Dat boekje over LCA van Joost en daar zit die data allemaal achter. En dat kan je dus gewoon op e website kijken en dan kan je de data downloaden.

M: Ja dat is de Idemat?

N: Ja Idemat, en daar staan ook data in die ik dus ook zelf heb gegenereerd. Dat zijn data van mijn PhD onderzoek, die kun je gebruiken. Dat is in die zin het meest transparant, denk ik, omdat daar precies bij staat waar ze vandaan komen.

M: Ja

N: en dan kan je je berekeningen gewoon in Excel maken, maar dat kan met Modint Ecotool volgens mij ook toch?

M: Zou zo maar kunnen.

N: Dat weet ik eigenlijk ook niet, verder weet ik het niet.

M: De ecokosten, hoe werkt dat precies? Ik heb het wel gezien, maar de Modint Ecotool werkte dan weer niet in ecokosten dus dat konden we niet gebruiken. Want dan is de vertaalslag gemaakt van impact naar een soort van kosten analyse?

N: Ja klopt. Nou, die ecokosten zijn eigenlijk de kosten die geïnvesteerd zouden moeten worden in duurzame maatregelen. Dus als de ecokosten 3 euro zijn van een bepaald product zou je eigenlijk 3 euro moeten investeren om de impact te niet te doen van je product.

M: Okay

N: Dat is eigenlijk hoe je het moet lezen zeg maar. Maar uiteindelijk, als je ermee gaat werken kun je het beste de ecokosten gebruiken als een maat voor de duurzaamheid en hoe hoger die maat hoe slechter. Dus iets met ecokosten 6 is 2x zo slecht als iets met ecokosten 3. Dus in die zin zou ik die euro's, ja die moet je er officieel bijzetten, maar om het te begrijpen is het makkelijker om ze weg te halen. En dan is het eigenlijk een vergelijkende tool, dus iets van 1 is, is beter dan iets wat 2 is. Op die manier kun je het interpreteren. En het mooie is dat die maat, is alles omvattend. Die zegt iets over de Carbon Footprint, water verbruik, materiaal uitputting en toxiciteit. De maat ecokosten is zeg maar alles in 1. Terwijl ook heel veel indicatoren zeggen maar iets over 1 heel klein stukje, dus alleen over CO2 of alleen over water. Maar dat is dus bij ecokosten niet zo. Dat is eigenlijk een beetje hoe je het zou kunnen lezen zeg maar.

M: Ja dus alles is in 1 kosten, in 1 nummer uitgedrukt?

N: Ja in 1 indicator, getal is het uitgedrukt. En in die tabellen kun je ook die andere vinden. Dus als je zegt ; nou dat vind ik niet nodig, ik wil alleen de carbon footprint weten, dan staan die er ook in . Die staat er dan achter. Dus als je zegt ik vind toxiciteit niet zo belangrijk, dat kan. Tegenwoordig word heel veel in Carbon Footprint gemeten omdat dat nu zo'n belangrijk iets is. En toxiciteit is heel moeilijk en ingewikkeld, dan kun je zeggen – ik kijk alleen naar carbon footprint. Dus dan weet ik wat het effect is op het broeikas effect. Als je dan 6 of 3 hebt, dan is het bij die 6 dus twee keer zo hoge invloed op de Carbon Footprint dan eentje van 3. Dus op die manier kun je het meten en uitdrukken ook. Dus dat is een beetje hoe je dat zou kunnen doen.

M: Dat is misschien wel het overwegen waard, ik zat zelf te denken aan: Carbon Footprint, Water en Energie.

N: Ja dat kan, dat zijn 3 hele belangrijke indicatoren. Alleen energie alleen kun je dan weer niet uit de Idemat tabel halen. Dat is dan wel weer wat lastiger, dat zou je dan moeten kijken. In principe valt dan de energie natuurlijk wel een beetje onder de CO2, want de CO2 voor die energie is ook meegenomen in het CO2 getal. Misschien is het dan niet nodig om te zeggen ik kijk apart naar energie. Maar aan de andere kant is het voor de textiel industrie wel super interessante maat, energie. Dus ja dan moet je even bepalen wat voor jou haalbaar is in de tijd die je hebt en wat ook illustratief is zeg maar.

M: Ja, dat is nog wel een volgende vraag die ik had, over innovatieve machinery zoals de Shima Seiki, waar N.I.O graag mee wil werken. Dat soort data is niet zo makkelijk om te vinden.

N: Nee dat gaan ze niet geven. Ik ken dat. Ik heb dat ook gehad, in het textiel lab dat we daar stonden van - we wilden weten wat voor energie een bepaalde machine – en het enige wat we konden doen is zelf meten. Maar dan moesten we

dus zelf 5 meter hoog op een ladder klimmen om een meet instrument ertussen te doen, dus dat werkt ook niet echt. Heel soms helpt het als je – ik weet niet of ze data hebben... (interrupted)

Soms hebben ze specificaties van de machine, waarbij dan het energie verbruik word genoemd. Maar ik weet niet of je dat hebt kunnen vinden?

M: Ik ben vorige week langs de enige Shima Seiki Whole Garment geweest die hier in Nederland staat en die staat bij het AMFI. Maar die staat daar ook pas.. nou ja al een tijdje.. maar niemand weet hoe die ermee moet werken.

N: Nee, ik ken het hele verhaal van Rosanne. Maar er zou dus bij die machine een handleiding kunnen zitten.

M: Daar had ik ook op gehoopt.

N: Waar dan in staat wat het energie verbruik is van die machine. Of online, zou je kunnen kijken of je dat kunt vinden – maar ik denk het niet.

M: Ik zal het nog ns vragen. Ik heb het vorige week inderdaad gevraagd aan de knit engineer die nu bezig is met het leren programmeren voor die machine. Maar die had daar nog geen flauw idee van. Want ik dacht wel, jullie hebben in ieder geval die machine, dus dat komt vast wel met een of andere handleiding.

N: Ja, dat zou moeten. Wat je dus kunt doen, als je in een fabriek wil weten de energie verbruik van een machine, dan heb ik wel een analyse gedaan dat je dan het jaarverbruik van de hele fabriek – en dan weet je er staan 10 van zoveel machines en 20 van zoveel – en dan kun je ongeveer kijken hoeveel energie zo'n bepaalde machine verbruikt op jaarbasis bijvoorbeeld. Maar ja dat is bij deze ook niet het geval want er zijn natuurlijk maar een paar van ter wereld. Maar ik denk niet dat het heel veel andere energie verbruik heeft dan een relatief geavanceerde breimachine van een.. noem eens een brei fabrikant..

M: Stoll, Santoni

N: Ja, dat denk ik. En die hebben wel gewoon online informatie staan. Dus daar zou je wel kunnen kijken naar specificatie van de machine, die verbruikt zoveel energie en dat lijkt ongeveer wel op deze machine. Hij is wel heel geavanceerd maar hij zal niet veel meer verbruiken dan een geavanceerde Stoll machine.

M: Nee

N: Dat zou je kunnen kijken of je dat kan vinden.

M: En dan daar gewoon een aanname in doen.

N: Ja want anders zou je echt die machine moeten meten. Dat zou ik niet doen.

M: Ja en mijn onderzoek is wat dat betreft net iets te vroeg omdat het FieldLab nog niet begonnen is.

N: En het is een heel gedoe..

M: Nee dan ga ik het op deze manier doen.

N: Wij hebben dat toen ook gedaan, in mijn proefschrift kijken en in mijn artikel LCA Benchmarking, heb je die wel eens gezien? Daar staan hele grote tabellen in met allerlei energie gegevens van machines.

M: Ja daar zat ik gisteravond doorheen te bladeren. Die kwam ik tegen inderdaad en toen dacht ik 'O ja handig'.

N: Zelfs staan daar machines in genoemd. Nou als je er niet uit komt moet je het maar even laten weten maar ik denk dat je daar ook wel iets in kunt vinden.

In Tabel 4 staat knitting data, Mayer & Co

M: ja dat is circular knitting machine

N: Ja zie je daar hebben we dus data van en die hebben we volgens mij gewoon online gevonden, ja in van die brochures. Daar zou je kunnen kijken.

M: Ja kan me voorstellen dat daar wel data punten over te vinden zijn

N: Ja dus dat is dat. Je wilde nog iets vragen over die ecokosten? In principe kun je die, nou ja als je de juiste data vind en je rekent het om naar kilogram en dan kun je ze gewoon optellen he, en dan krijg je uiteindelijk een totaal getal

M: Ja ik moet sowieso dat boek van Joost er even bij pakken om te kijken hoe ik dat het beste allemaal kan doen

N: Ja

M: die ecokosten hebben we eerder niet gebruikt

N: Nee maar anders dan kijk je eerst of het lukt met Modint ecotool en als dat niet lukt dan kun je altijd nog overstappen naar ecokosten. Want de ecotool heb je al een mee gewerkt toch?

M: Ja nou ja, een variatie daarvan die speciaal gemaakt was voor FTN, Federatie Textiel Beheer Nederland – de wasserijen. Voor hun leden hebben ze een toegankelijke LCA tool gemaakt, de FTN eco tool, maar die is wel gebaseerd op Modint – en komt ook van CE Delft geloof ik.

N: O ja.

M: dus dat zal ongetwijfeld op dezelfde data gebaseerd zijn.

N: Ja maar in principe kun je voor een eerste analyse kijken en als je denk dit is niet voldoende of komt niet goed uit dan kun je altijd nog naar de ecokosten kijken.

M: Ja

N: Ja en als je tijd hebt voor allebei dan is het alleen maar interessant om ze te vergelijken.

M: Ja

N: Dat kun je ook nog als alternatief doen, als je het niet vertrouwt.

M: Ja want de LCIA fase is ook weer een verhaal apart. Ik vind dat dus wel lastig om te begrijpen soms. Je hebt natuurlijk de data punten uit de industrie, je LCI data, en vervolgens worden die weer onderverdeeld door ReCiPe in midpoints en endpoints. Maar dat is eigenlijk meer het doorberekenen van .. hoe de impact zich vertaalt in de echte wereld toch, soort van cause and effect.

N: Ja je weet het echt allemaal heel goed.

M: Oh, Ik lees altijd en dan denk ik' begrijp ik dit nou goed of..'

N: Volgens mij weet je het allemaal best wel goed, maar het is ook wel allemaal lastig om te begrijpen en te vertalen. En om dat dan duidelijk op te schrijven ook nog eens. En snap je het nog zelf en dan denk je - okay nou moet ik het nog gaan opschrijven.

M: Ja precies, en er komen ook elke keer weer dingen bij kijken dat je denkt; Oh nee dit klopt niet. Wij hadden de vorige keer ook fouten gemaakt – ik ben natuurlijk ook geen natuurkunde student en ik heb ook geen scheikunde achtergrond – zou

ik heel graag willen maar.. dat we erachter kwamen dat we per ongeluk green house gas emission en electricity of nee.. Wacht.. nou ja we hadden primary data en secondary data maar dat was natuurlijk hetzelfde dingen alleen was het ene bewerkt en het andere onbewerkt en daar kwamen we te laat achter want daar zijn we gewoon niet in opgeleid.

N: Ja, maar uiteindelijk.. je bedoelt dat je die door elkaar hadden gehaald? Of dubbel geteld?

M: Ja dubbel geteld

N: Ja dat is wel heel vervelend eigenlijk. Primary en Secondary data kun je heel goed naast elkaar gebruiken

M: Nee wij hadden het allebei gebruikt.

N: Wat heel erg helpt is het uit te tekenen, van die blokken diagrammen maken. Dat helpt sowieso altijd heel erg. En het vooral niet moeilijker maken dan het is.

M: Dat is altijd lastig

N: Wat ik net zei met dat Streamlinen, het is niet eens zo zeer gebruik van maken, het voegt niks toe aan je analyse bepaalde dingen. Als dat zo is, moet je het eigenlijk ook niet meenemen. Tenzij je de absolute getallen wil weten, maar eigenlijk boeit dat nu niet. Dat is niet wat je nu wil weten. Je moet heel erg met een LCA, en dat heb ik laatst ook weer tegen mensen gezegd – ik moet een college geven – het moeilijkste met LCA is vaak het bepalen van Goal & Scope en daarna is het eigenlijk een invul oefening. Het meest tijdrovend en meest moeilijke is helemaal goed een design van je LCA te maken.

M: Dat vergt ook echt wel.. en dat vind ik ook spannend – dat je echt bepaalde strikte keuzes moet maken.

N: Ja maar dat geeft niet, het geeft niet om af en toe terug te moeten. Dus op een gegeven moment moet je gewoon gaan beginnen, en als je er dan achter komt dat je dingen niet mee moet nemen dan kun je het gewoon weglaten dan ga je weer terug. Het is ook niet een 1 weg proces, het is heel logisch dat je er achter komt dat bepaalde dingen anders moeten. Je moet niet blijven verzanden in het denken, denken, denken. Op een gegeven moment ga je gewoon beginnen en dan kom je er vanzelf achter dat bepaalde dingen wel of niet handig zijn. Zo zou ik het echt doen. Anders blijf je maar denken en kom je er toch niet uit.

M: Nee dat klopt helemaal

N: Ja want dat merk ik een beetje aan jou dat je zo erg aan het.. En die beslissingen zijn niet voor eeuwig. Want als je erachter komt dat het beter anders kunnen doen dan pas je het aan.

M: Ja das ook geen man overboord.

N: Nee, helemaal niet erg. Het is erger als jij iets ontwerpt en je zet er een schaar in en dan is het echt stuk. Maar met dit kun je weer opnieuw beginnen. En ik dacht nog ken je deze studies van Mistra?

M: Nee maar het logo komt me bekend voor.

N: Ik vind dit altijd wel fijne studies, deze is misschien nog vrij ingewikkeld, maar het leest best wel lekker en als je iets over LCA wilt lezen.. Mistra Future Fashion heeft heel veel LCA studies gedaan.

M: Het is altijd wel fijn om voorbeeld te hebben van hoe vergelijkbare studies zijn uitgevoerd.

N: Je hebt ook nog andere, die heet iets met Swedish garments ofzo In Zweden hebben ze 5v verschillende garments geanalyseerd. En er zit een T-shirt bij en een jeans, jacket en dress , volgens mij net geen sweater. Das jammer voor jou en ook geen wol, Maar die moet je ook even bekijken en die is wat uitgebreider. Zij hebben wel hele uitgebreide LCAs gemaakt.

M: Oh ja ik heb m gevonden. Wel grappig dat het altijd een clubje onderzoekers is die altijd daar die artikelen overschrijft.

N: Zij hebben echt super goed werk gedaan. Heb je die environment assessment of Swedish clothing consumption, 6 garments, heb je die?

M: Oh ik heb een met 5 garments. Hebben ze er nog 1 gedaan.

N: Een paar

M: O ja die van 5 is uit 2016. Die van 6 uit 2019, beter.

N: Ja die zijn heel leuk om te lezen.

M: Ik zat nog te denken, in mijn studie nu heb ik als voorbeeld een Nederlands merk genomen en dat heet Humanoid – omdat Rosanne hen aandroeg als potentiële klant en ze had hen eerder gesproken enz. En ik heb een jumper stijl uit hun collectie genomen als een case study alleen is die gemaakt van een blended yarn, en dat is bijster interessant maar dat is wel een pittig.. omdat je met proteïne en cellulose productie en ik zie nu in die studie van Mistra dan komen dat soort blends wat minder vaak voor dus dan al data wat minder voor de hand liggend zijn om te vinden.

N: Nee dat ga je ook niet kunnen vergelijken, want een trui van N.I.O is 100% merino.

M: Nou Rosanne zei wel – merino/lyocell is wel een blend die we zouden kunnen gebruiken. Dat is dan misschien nog toe te passen. En N.I.O (supply chain) is natuurlijk sowieso gewoon guesswork.. dus ik zit wel te denken moet ik een wat makkelijkere yarn type kiezen

N: Nou nee, je kunt een aantal dingen doen. Je moet natuurlijk, relatief gezien, de meest waarheidsgetrouwe situatie nemen. Als ik nu een trui van N.I.O zou bestellen, van wat voor materiaal zou die dat gemaakt zijn?

M: Ik denk van 100% merino

N: Ja, dus dat is eigenlijk dan een gegeven. En die wil je dan vergelijken met een 50/50 trui van Humanoid?

M: Nou ja het doel is natuurlijk op zich dat die van Humanoid... het type sweater van Humanoid betaalt al en die zou N.I.O via de knitcloud kunnen. Produceren On-Demand. Op zich lijkt me dan dat Humanoid leading is in materiaal in die manier.

N: dat is een goede gedachte denk ik, en dan doe je dus die aanname dat dat gaat gebeuren. Maar dan zal voor je vergelijking je materiaal niks uitmaken

M: Nee

N: Maar het is wel een interessante analyse, het is wel interessant om van die sweater LCA gegevens te krijgen. Maar ja je moet kijken of dat lukt, maar voor je

vergelijking gaat het niks uitmaken. Want de N.I.O trui is lyocell/wol en je Humanoid trui is ook lyocell/wol. Het mooiste zou zijn als Humanoid dus een LCA heeft van een artikel.

M: denk het niet.

N: nee denk het ook niet. Er zijn ook nog studies en die vind ik ook interessant, en niet om je te overladen met werk dat je het moet lezen allemaal, maar de IWTO – die ken je he?

M: Ja die heb ik gevonden.

N: Die hebben ook LCA studies gedaan.

M: die studies zelf heb ik nog niet gevonden maar de IWTO zat ik al op de website te kijken

N: Daar zijn ook wetenschappelijk artikelen van beschikbaar. Dus ja, die is er gewoon. Ik weet niet of deze openbaar is maar die hebben ook verschillende studies gedaan maar alleen over wol en niet over een trui.

M: Ik was bezig met de supply chains naast elkaar uit te tekenen, en als je die supply chain uittekent en je gebruikt dezelfde raw material processes dan ga je daar geen verschil in zien en kan je dat van elkaar wegstrepen, maar het is wel zo dat op zich natuurlijk wat wel uit zou maken als ze dus de yarn – dus de merino en lyocell of alleen de merino – ergens anders sourcen, uit Engeland in de plaats van Australia. Maar dat is dan de sensitivity analysis ding, of..?

N: het is niet perse sensitivity, maar je kunt daar gewoon een berekening je van maken en dat komt neer op het vergelijken van 1 kg vervoeren per boot uit Australia of uit Engeland, dat zou dan het verschil zijn

M: Ja, transport

N: de vraag is of dat een groot verschil is of niet? Ik denk dat misschien een groter verschil is misschien wel, zou kunnen, als ze kiezen voor 75% wol en 25% lyocell.

M: andere blend

N: Ja als N.I.O dan toch zu beslissen we willen die blend, dan zou je ook nog een advies kunnen geven in welke hoeveelheden ze dat het beste kunnen doen. En dan krijg je, hard op denkend, dat lyocell er veel beter uit gaat komen – je kan het beste een trui maken van 100% lyocell – aan de andere kant als dat materiaal kwalitatief minder hoogwaardig is, als het maar 2 jaar te gebruiken is. Dan krijg je natuurlijk dat je 5 truien nodig hebt, van die met heel veel lyocell ze maar. Dan moet je dus ook even berekenen. Snap je nog wat ik bedoel?

M: Ja, dit is een soort van eindeloze studie.

N: De samenstelling zou vooral interessant zijn, dat bedoel ik eigenlijk

M: In N.I.O's business model is yarn stock bij de manufacturer is natuurlijk een dingetje want hun concept is natuurlijk dat ze On-Demand willen produceren, met verschillende manufacturers in Europa die dan via zo'n Knitcloud business aannemen, en dat is op zich heel erg leuk. Maar ik heb heel kort even met 1 manufacturer in China die met 3D knitting werkt gesproken, en die zei, ja dat hartstikke leuk maar ik kan mijn garen niet inkopen voor 1 stuk. Dat is niet te doen. Hoe ga je dat dan organiseren? Dus yarn stock en quality control is best wel een hekel punt.

N: Wat nou wel leuk zou zijn en ook heel haalbaar is al jij dat model, zou kunnen berekenen. Want misschien maakt het niet zo veel uit dat er 1 machine staat in Midden Oosten in de plaats van 10 machines in ieder land in Europa, omdat waarschijnlijk die transport afstand niet zo heel veel uit zal maken. Maar dat weet ik natuurlijk niet zeker, en dat moet je dan berekenen.

M: Ja

N: en dan ook nog, dan komt er een sociaal aspect bij, als zo'n trui om een boot moet en hij is een maand onderweg – dan moet iemand een maand wachten. En dat vinden mensen natuurlijk ook niet zo leuk, dat zijn wel aspecten die je ook moet beschrijven en mee moet nemen.

M: Ja, sowieso de hele optie Customization is heel complex, en ik zal proberen te beschrijven – het is wel iets wat Shima Seiki wel aankaart als soort van de heilige graal dat die machine dat allemaal zou moeten kunnen – maar ik heb de knitwear engineer gesproken en die zegt ook dat is lang niet zo makkelijk als dat zij het laten klinken. Alleen ik ga dat niet meenemen in m'n studie, dan word het zo veel te ingewikkeld.

N: Nee, en dat kan je duidelijk zeggen – dit laat ik buiten beschouwing. En als aanbeveling voor vervolg onderzoek, kan je dat wel doen.

M: Ja

N: Blijven wel hele interessante aspecten. Het leukste is gewoon als je natuurlijk in de winkel komt en je trui gebreid ziet worden.

M: dat zou ideaal zijn, als dat zou kunnen. Ik had nog 1 vraag, in uw dissertatie schrijft u over yarn thickness dat dat een hele grote impact heeft op uitstoot, als ik het dan toch over yarn heb...ik zit erover te twijfelen om dat mee te nemen – is dat van zo'n grote aandeel om dat het waard is om mee te nemen? Kan ik dat überhaupt wel meenemen?

N: Ja je kan het meenemen want het staat gewoon in die tabellen. Dus daar kun je gewoon kijken, voor wat de impact is per verschillende garen diktes. Ja dat zou je mee kunnen nemen, maar kan het niet nu uit m'n hoofd zeggen. Het is wel 1 van de stellingen die heel veel uitmaakt in energie verbruik. Dus hoe dunner het garen hoe hoger heet energie verbruik, en dat is met dit soort machines wel echt het geval.

M: Ja

N: dus dat speelt wel mee, en je zou kunnen kijken naar als ik bijvoorbeeld een twee keer zo dik garen neem- scheelt dat echt zoveel? Als je echt gaat rekenen op product niveau, dat je daar wel naar kunt kijken, zeker.

M: Dat is op zich voor N.I.O ook wel interessant, dat ze zouden kunnen kijken wat voor stijlen ze kunnen laten kitten – ik weet het niet

N: als het heel veel uitmaakt is het voor hen interessant om te weten.

M: misschien is dat ook wel weer een ander onderzoek.

N: Ja je zou het ook als een los onderzoek kunnen zien, je kunt ook zeggen van nou, mijn basis case is die Humanoid trui met een bepaalde dikte garen..

M: Ja en die is heel fijn!

N: Ja maar goed dan hou je dat aan voor de berekening en in de vergelijking maakt het niet uit. Maar als je erover gaat beginnen dan moet je het wel doorrekenen. En anders is de garen dikte gewoon een gegeven.

M: *Ja ik vond het wel heel interessant – ik had daar zelf nog niet aan gedacht.*

N: nee niemand, voordat wij eraan dachten. Dat is echt kwalijk er waren voor die tijd allemaal mensen LCAs aan het maken, maar helemaal niet over na gedacht.

N: Je hebt een mooi project te pakken, leuk om te volgen. Stuur maar door als je iets hebt.

M: *Ja super, zal ik doen.*

Super bedankt voor je tijd!

N: hou me op de hoogte.

Eind recording.

2. Knit Engineer

Interview Transcript

Interviewee	[REDACTED]
Position interviewee	Knit Engineer [REDACTED] 3D Knit
Date	28 th of October
Location	[REDACTED] [REDACTED] GC Amsterdam
Weather	11 °C , rain
Time	15:00 CET
Notes: Half of the data influenced by presence of Rosanne van der Meer (N.I.O) in the interview. Language of the interview is Dutch.	

M = researcher

H = interviewee

R = Founder N.I.O

Recording Part 1

M: Ik wil je natuurlijk eerst toestemming vragen voor het opnemen van het interview.

H: Ja, goed.

M: Ok, mooi. Even kijken, ik weet niet of je het document hebt doorgelezen? Daar heb ik ook een stukje vertelt over mijn research en wat ik probeer te doen voor N.I.O en wie ik ben, maar wij kennen elkaar al.

H: Ja, precies. Wist natuurlijk niet wat je allemaal gedaan hebt in de tussentijd dus dat was heel leuk om te horen.

M: Ja inderdaad. Ja bizarre route gevaren.

H: Same here, minder ver. Ik heb ook wel een gegript, dan ben ik een paar jaar in het buitenland gaan wonen end dan ben ik in België gaan wonen. Nou ja, daar zat het bedrijf waar ik wilde werken.

M: Voor welk bedrijf heb je daar gewerkt?

H: Voor Cousy, dat is een breigoed bedrijf. Daar wordt breigoed ontwikkeld en geproduceerd voor high end klanten anders kan het niet uit natuurlijk. Dus voor Paul Smith, Adidas, Y3, Dries van Noten, Ann deMeulemeester en kleinere designers. Dat verschilde heel erg per klant in hoeverre je ook nog ontwierp. Sommige klanten kwamen met inspiratie foto's en een 'ja, doe maar wat', dan kun je niet bij mijn puur technische collega terecht maar wel heel goed bij mij, vind ik zelf. Ik vind dat super leuk. Dat was bijvoorbeeld bij Paul Smith het geval en bij Y3 ook. Dan was ik aan het brainstormen met de designer en dan ging ik textiel ontwerpen. Bij bijvoorbeeld Dries van Noten gingen ze meer...hadden ze zelf ook al proefjes gemaakt op de handbreimachine en wisten ze veel meer al wat ze wilden. En dan is het meer product development, maar ook daar maak je eigenlijk wel design keuzes, want je maak heel veel proeflappen. En als je een proeflab maakt en je denkt 'dit is het nog niet helemaal' dan doe je weer iets anders, zodat de klant een van je proeflappen goedkeurt zsm.

M: Ja daar gaat het vaak over.

H: Ja.

M: Dat is wel heel erg leuk. Wat voor technieken gebruiken ze (Cousy) daar het meest? Waarmee heb je daar het meest gewerkt?

H: Nou ook flatbed knitting en dan van deling 3 tot 16. Ja en de technieken die je daarop doet verschilt gewoon heel erg, qua.. dat was heel erg de vraag van de klant. Sommige fabrieken inderdaad breien bijna alleen plain jersey, maar wij deden ook allerlei technieken zelf uitvinden zeg maar. Want je kunt eindeloos bindingen uitvinden natuurlijk, met breigoed dat weet je ook. Ja, dan gaat het een grote brei van technieken.

M: Maar wel voornamelijk flatbed, geen circular?

H: Nee circular niet, dan heb je weer iets heel.. dan moet je ook snijden en in elkaar locken. Heb ik zelf ook niet veel affiniteit mee.

M: Ja, das weer een vak apart begrijp ik. Even kijken, dan wil graag beginnen met mijn vragen. Voordat de tijd straks voorbij is.

H: Ja hoor!

M: Mijn eerste vraag – ging eigenlijk over de functional differences tussen de Stoll en de Shima.

(What are the major functional differences between Stoll CMS Knit&Wear and Shima Seiki Mach 2X/2S?)

H: Nou, ik ben dus niet echt bekend met de Stoll Knit&Wear machines. Voor zover ik weet, zijn dat min of meer de normale Stoll machines maar dan breder en een paar dingen zoals meer... nouja andere technische details bij naalden. En voor zover ik weet heeft Stoll niet meer die machines met 4 bedden in de range. Ik weet dat mijn collega in Cousy maakte af en toe een Knit&Wear programma, maar dan op een gewone Stoll machine en hij had ook met Shima gewerkt en die zei toch 'ja *hmm, bij Stoll blijft er toch wel heel vaak nog dat de overdracht (van steken) niet goed*' bij Stoll hebben ze ook geen stitch presser, voor zover ik weet, ik denk ook niet op de Knit&Wear machines – ik weet niet zeker. Maar daardoor gaat bij Knit&Wear ben je alle courses ben je steken aan het overleggen, en dat gaat dan soms mis en dan heb je een hele trui gebreid maar dan zit er in het midden zit er 1 steek aan mekaar, nou dan kan dus de hele trui weg. En dan volgens hem, maar dat is dus ook alleen maar hear say, maar hij is wel de beste programmeur die ik ken – of een van de beste - werkt dat dus gewoon minder goed. Ze (Stoll) zijn er ook later mee begonnen, met die ontwikkeling en ik ben ook onder de indruk dat ze er niet echt meer in geloven of niet meer voor gaan. Zij zijn meer op de toer van de ADF gegaan, ik weet niet of je die machine kent?

M: Nee

H: Ok, dat is ADF. Dat is een machine met een onafhankelijke van de slede bewegende yarn carriers, waardoor die heel erg geschikt is voor intarsia met heel veel yarn carriers. Ook voor plaiting waarbij halverwege de toer de voorste en de achterste draad wisselen. Nou dat is helemaal hun parade paardje. Knit&Wear is dat sowieso niet (meer). In hoeverre ze daarmee bezig zijn weet ik niet maar ik weet in ieder geval dat dat niet hun 'oh dit is onze top of the bill technology' dat is de ADF.

M: Ja ok, dus Shima is bijna dan de enige in die markt op dit moment?

H: Ja ik weet niet of er nog vage Koreaanse en Chinese machine bouwers zijn, die zullen het vast namaken, vast wel.

M: proberen in ieder geval.

H: Maar, ook bij gewone breimachines vind ik de namaak die er is al niet echt indrukwekkend. Als ik dan in een fabriek kom en daar hebben ze namaak Stolls, tenminste de fabrieken waar ik geweest ben (misschien zijn er ook super goeie namaak Stolls – dat weet ik dus niet, ik ken niet alle machines op de wereld) maar dan hoorde ik zelfs het verschil. Ik vroeg, toen was ik naar zeg maar mijn rol als designer, om vrij simpele dingen zoals 'kunnen er hier korte toeren?' 'ja, nee dat kan die machine niet'. En toen dacht ik; Ja Ok, inferieure boel. Maar nogmaals daar heb ik niet veel ervaring mee.

M: Nee. Eigenlijk is Shima is het neusje van de zalm voor WholeGgarment knitting. En dat komt voornamelijk ook waarschijnlijk omdat ze de techniek zelf gepioneerd hebben natuurlijk.

H: Ja, en ze vrij precies zijn op kwaliteit.

M: Maar kwaliteit, in het functioneren van de machine? Op welke manier hebben ze toegevoegde waarde?

H: Ik merk het in wat voor soort machines zij hebben. Zij zijn heel erg van, Ok we produceren zo veel mogelijk onderdelen in house. En ja dat zijn details. Ik heb het idee dat de machines hoger van kwaliteit zijn, de software is soms iets minder toegankelijk, maar dat is mijn ervaring persoonlijke ervaring. Als iemand het hierop geleerd heeft vind ik misschien Stoll weer minder toegankelijk. Maar Shima is voor mij nu makkelijker dan Stoll, aangezien ze een stitch presser hebben, waardoor een mindering of een bind-off over het algemeen veel minder problemen oplevert dan bij Stoll.

M: Dus dat hebben ze goed ontwikkeld. Okay, en dit is.. maar wat ik begreep is dat dit (de Shima Seiki Whole Garment in de kelder van de HvA) de enige in heel Nederland is op dit moment?

H: Dat eh, voor zover ik weet is dat zo ja.

M: Dat is best wel een challenge natuurlijk.

H: Ja best wel. Ik vind het ook lastig dat... kijk, als je een cursus bij de machine bouwer doet zoals ik bij Stoll heb gedaan, nouja dan leer je wel iets. Maar uiteindelijk leer je het meest van in een fabriek werken. En, ik heb niet de mogelijkheid om in een fabriek setting met die whole garment te leren werken, ik moet het maar een beetje in mijn uppie doen. Dus dat is, nou ja gelukkig lijkt de brei technische kennis wel overdraagbaar te zijn. Maar dat is wel echt een challenge.

M: Zeker als bijvoorbeeld, meer van dat soort machines hier naar Nederland zouden komen, welke professions/kennis hebben we dan nodig? Hebben we die kennis wel in huis?

H: Nee. Dat is echt heel specialistische kennis, in die zin is het dan leuk dat ik de voorhoede zou zijn want op dat moment ben ik dan degene die er dan het meeste van af weet. Maar ik weet er nog...mijn Shima programmeren is nog lang niet op het niveau van mijn Stoll programmeren. In die zin de brei technische kennis gelukkig wel, maar daar is er ook weinig van in Nederland, of in ieder geval niet op niveau vind ik. Maar ik heb ook very high standards want soms ook vermoeiend is. Een van mijn collega's die had ook echt nog de soort van technische hogeschool voor brei techniek gevolgd. Ja, die bestaat niet meer. Dus, aan de andere kant bracht ik weer wat. Nou, dat weet ik niet, maar hij had bijvoorbeeld echt geen materiaal gevoel. Maar hij had wel, ik merkte dat bij mij die brei en machine technische kennis hier en daar een hiaat heeft. Omdat ik niet 4 jaar hoge school brei techniek heb gedaan, dat bestaat niet meer. Nou heb ik gelukkig wel wat van die lui opgestoken.

M: Maar only so much. Ja, een whole garment staat dus hier bij de HvA, als wij daar bijvoorbeeld met N.I.O (of een andere ontwerper, dat maakt opzich niet uit)

een On-Demand productie op willen draaien, wat voor mensen en welke expertise is er nodig om dat te doen? Om zo'n machine te gebruiken?

H: Soms bevind expertise zich ook bij 1 persoon. Functies lopen soms een beetje in elkaar over, afhankelijk van hoeveel er in 1 persoon zit. Dus je hebt een Brei Technicus nodig, die kan een Shima programmeren. Die kan ook de machine bedienen, dus een programmeur kan ook breien, alleen de vraag is gaat de programmeur de productie draaien? Dan zou je eventueel ook nog een Breier, of Operator, moeten hebben. 1 operator voor 1 machine is alleen niet zo efficiënt, meestal heeft 1 operator meerdere machines die dan programma's draaien. Als je als programmeur een programma maakt, de eerste keer dat je gaat breien (sowieso maak je eerste een proeflap) dan zie je wat er mis is, ga je het weer veranderen. Nou ja net zolang totdat het programma op punt staat. Dan kun je het over de schutting gooien naar de operators, en die moeten dus wel de machine in kunnen rijgen, kunnen communiceren met de programmeur welke draad geleiders welke kleur, dat soort dingen (schijnt soms heel moeilijk te wezen). Daarna heb je iemand nodig (kijk, dat kan ik hier wel even demonstreren), iets komt van de machine af met afval garen aan de onderkant en dat scheidingsdraad en dan komt het pand en aan de bovenkant is het of in een keer afgekant, bind-off. Dan moet je dus iemand hebben die dat verder afwerkt.

M: een soort van Finisher?

H: Ja, en dat dan dezelfde persoon die dan de was doet? Kan. Meestal zijn er een paar mensen die de draadjes instoppen, het afvalgaren eraf halen, en dat blijft nog steeds – ook met whole garment. Nog steeds moet er draadjes ingestopt worden afgeknoopt, draadjes door lusjes gehaald worden en dan moet iemand wassen en drogen. Tenzij je een soort van lage kwaliteit fabriek runt, dan doe je niet wassen maar ja, je gaat geen lage kwaliteit Whole Garment maken.

M: Daar is de technologie niet voor bedoelt nee.

H: Nee, daar is het te duur voor. Dan heb je normaal ertussen in zitten: het aan elkaar zetten. Nou dat is bij Whole Garment in die zin niet zo, behalve....ik heb hier dus een trui. (laat sample zien) Die necklines van een Whole Garment zijn toch een beetje meh. Meestal word daar toch nog een kraag op gelinkt. Zeker hier die achterkant, als je nou een goede knit designer bent dan verzin je dus een bepaalde style die geen neckline nodig heeft, maar dat moet dan wel net binnen wat je mooi vind passen. Wil je een normale trui, ja dan mist die toch een kraag. En dan heb je dus een Linker nodig.

M: Maar is het dan niet meer fully fashioned? Of een mixture (van whole garment en fully fashioned)?

H: Nouja, het is geen mixture. Het is wel een whole garment, en het is een garment dat is waar. Maar eigenlijk wil je er toch nog een kraag opzetten. Dan heb je toch nog de linker nodig. Het is alleen inderdaad, je gaat niet meer zijnaden in elkaar zetten dus dat scheelt een hele hoop werk voor meneer of mevrouw de Linker. En dan moet het nog gestoomd worden.

En dan heb je nog, bij productie komt natuurlijk een hoop meer kijken, de productie planning, garens bestellen, garens kiezen. Vaak ligt dat niet bij de designer, zelf

ben ik vertrouwd met garens bestellen, enige productie planning als programmeren. Maar afhankelijk van de grote van de fabriek is dat opgesplitst in allemaal verschillende personen. Ja en je heb ook de mensen die het inpakken, en het lijkt allemaal niks totdat je volume hebt, tot je aantallen hebt. Als ik als programmeur ook de packaging en alles moet gaan doen.. nou kan ik je vertellen dan mag ik er een paar uur bij krijgen.

M: Ja.

H: en ik ben ook een dure inpakker dan.

M: zeker weten.

H: dus dat heb je ook allemaal nodig. Productie is helaas niet een druk op de knop.

M: En de production speed van de machine, heb jij daar een idee van? Hoe snel die een jumper breit?

H: Dat hangt af van de Gauge (deling) en van de techniek. Dus als je een deling 3 hebt.. ik weet niet in hoeverre je bekend bent met gauges?

M: Nee

H: No worries. Deling is hoe grof het breisel uiteindelijk wordt. Dat zegt daar iets over.

Deling staat voor het aantal naalden per inch. Dit is een Deling 7, dus dan zijn er 7 naalden per inch. Het zegt over het algemeen ook iets over de grootte van de kop van de naald. En het bepaald hoe grof of hoe fijn het breisel wordt.

Dit is bijvoorbeeld een Gauge 16.

M: Ja dus hoe hoger de Gauge hoe fijner de Knit?

H: Ja. De deling die de Whole Garment in de kelder heeft is Deling 15.

M: O ja dat is best wel fijn.

H: Ja die trui komt daarvan af. Dus dat duurt langer, want hij moet veel vaker heen en weer om een centimeter te bereiken in lengte. Hij heeft veel meer steken nodig om het pand te vormen. Nou heb ik nog niet veel, of helemaal geen, ervaring met die Whole Garment behalve dat ik er een keer een trui uit heb zien komen. Ik denk die trui, gewoon een single jersey Deling 15 trui ik denk 25 minuten. Wat ik best wel heel snel vond dus don't shoot me if i'm wrong, maar ik denk zoiets. Maar stel je maakt een jacquard, of kabels of wat dan ook dan duurt het langer. En per Deling, een Deling 3, als je gewoon flatbed heb dan kan er een pand uitkomen binnen 7 minuten ofzo. En dit is een trui met allemaal ottomans, allemaal van die ribbeltjes (technique) en het krimpt ook nog een na die tijd, nou ik denk dat 1 pand wel meer dan een uur kostte. Dus ja er zit heel veel verschil in.

M: Hoe moeilijker het ontwerp hoe meer tijd het kost.

H: Ja, hoe meer time-consuming de techniek is en hoe fijner de gauge hoe langer.

M: de volgende vraag is mbt tot hoeveel garen het kost voor bijvoorbeeld 1 jumper, maar dat is natuurlijk van een hele hoop parameters afhankelijk. Maar als je het hebt over die 15 Gauge single jersey in 25 minuten, weet je ongeveer hoeveel garen hierin zit?

H: Nou, die trui kun je wegen, en dan ga ik dadelijk daar kanttekeningen bij zetten. Dit is een wool-acryl knit en hij is 210 gsm.

(part of the recording is missing) insert notes.

Recording Part 2

(Important note: Rosanne entered the interview space, was present for the remainder of the interview and occasionally intervened in the interview. Data from this point onward answers might be biased)

R: Digital Stitch Control System.

H: Ja, dat meet dus exact de lengte van het garen wat er gebruikt wordt. Ehm, maar daarvoor moet je dus ook om het in te stellen, moet die machine eerst garen verspillen- wat breien, dit bijvoorbeeld. Maar volgens mij heeft hij nog meer gebreid, om die eerste trui.. voor het in stellen van DSCS. Dus daar komt ook direct een kritische noot, als je 1 trui wil breien – normaal doe je die garen verspilling voor DSCS doe je 1 keer en daarna brei je 100 truien. Nu doe je dat een keer en dan brei je 1 trui. Dat is wel.. dan kun je die verspilling niet uitsmeren over meerdere truien. Dat is wel jammer.

R: Dat is al opgelost. In concept.

H: Ja, in theorie. Ik ben ook benieuwd of dat in theorie is opgelost en ik ben ook benieuwd hoe dat in de praktijk werkt.

M: Dan heb ik nog een vraag over.. en deze is heel specifiek en ik weet niet of je die data hebt überhaupt, ik ben opzoek naar de energy usage van de Whole Garment.

H: Dat zou je aan Shima Seiki moeten vragen.

M: Ja dat gaan ze me natuurlijk nooit vertellen.

H: Ze zijn wel vrij secretive. Ik weet ook niet hoe je zoiets moet meten. Je kunt misschien wel kijken wat het wattage van zo'n machine is en dan kun je het uitrekenen denk ik.

R: Daar heb ik berekeningen van liggen van heel lang geleden. Dat zouden we nog eens kunnen toetsen.

M: Voor mijn onderzoek komt dat waarschijnlijk te laat, maar dan zou ik een estimation moeten doen. Dat maakt niet uit, dat dacht ik al.

Dat heb ik wat vragen over de customization options van de Shima. Hoeveel kleuren kan die knitten? In zo'n stijl jumper.

H: Dan moet ik even de machine bekijken. Het is ook nog, kijk als je een gewoon voorpandje hebt..(wijst voorbeeld aan) Marije, als je dit al weet moet je het wel zeggen he.. als je voorpand dan brei je dit deel met 1 draadgeleider. Hier moet nog een draad geleider bij, dus stel je bent jacquard aan het breien met 3 kleuren, heb je er hier 3 nodig en hier ook 3 nodig – dus dat gaat snel. Volgens mij is het bij Whole Garment zo dat je voor de mouw 1 nodig hebt, voor het midden en voor de andere mouw. Nou als je jacquard gaat breien met 3 kleuren heb je er al 9 (draadgeleiders) nodig.

R: Ik heb de neiging om wat ik er ook van weet te willen te delen, is dat wel of niet handig?

Ik kan het misschien later aanvullen, want ik heb dit soort dingen natuurlijk gesproken met Shima Seiki mensen.

M: voor mijn interview is het handig dat zij (Hanneke) spreekt anders dan wordt het twee tegelijk ... (inaudible)

M: Ok, dus voor een jacquard zou je er 9 nodig hebben?

H: Als het een 3 kleuren jacquard is, bijvoorbeeld.

M: In principe zou dat kunnen?

H: Ik denk dat hij het op die manier doet, maar ik ben nog niet met de Whole Garment aan het werk. Dus helemaal exact kan ik de vragen over Whole Garment niet beantwoorden.

M: Nee. We hadden het net al over de Gauge range, de fijnste is 15?

H: Oh ik weet niet in welke range ze (Shima) ze verkopen, dat weet ik niet.

M: Maar hier staat een 15.

H: Ja.

M: Dit is ook wel weer een extensive question, wat is de set-up process voor de machine voor een nieuwe customized jumper? Stel je hebt zo'n jumper (rode single jersey sample), maar je doet misschien een andere kleur, andere yarn – wel dezelfde model.

H: Dat is dus de vraag, dat verschilt bij elk verschillend customization ding is dat een ander verhaal. Als je de afbeelding van een jacquard wilt veranderen is dat een ander verhaal dan wanneer je de kleur van de jumper wil veranderen. Ja, over het algemeen moet je dus ook voor een andere kleur, moet je wel-ook gewoon op flatbed - een kleur test doen voordat je productie doet. De geel komt er vaak in een andere afmeting uit dan zwart, met dezelfde instellingen. Dan moet je de instellingen aanpassen om de geel met hetzelfde programma even groot te laten worden als de zwart.

Stel ik heb een zwarte pullover ontwikkeld voor Paul Smith, Paul Smith die houdt heel erg van kleuren en wil m in het geel, groen, blauw etc. wat ik dan deed voor de productie, en dat is ook echt nodig als je dat niet doet gaat het echt wel verkeerd, is van elke trui dan een rug pand breien en ze dan naast elkaar leggen en dan eens zien.. 'ja geel is 3 centimeter korter' nou dan ga ik hem iets losser zetten, nog een keer breien, nog een keer wassen, hopelijk issie dan even groot. En dan zet ik dat als note bij de productie, bij Stoll was dat npk, dat bij geel een npk -0,3 gebruikt moet worden.

Dus ja, dan zou je moeten werken met een aantal kleuren die je van tevoren getest heb.

M: En met het programmeren, hoeveel werk is het om daarin veranderingen aan te brengen of hoeft dat niet zo zeer?

H: nee voor het... als je hem vaster of losser wil breien dan is dat niet zo'n grote verandering, dat is een instelling die je op de machine kunt doen. Andere customizations, aan wat voor dingen denk je dan?

M: Bijvoorbeeld sizing, als mensen hun eigen size kunne doorgeven in een bepaalde stijl van jumper?

H: In principe is dat best wel veel werk. Toch wel weer een handmatige dat patroon veranderen. Tenzij je daarvoor helemaal iets ontwikkeld, voor 1 patroon. Ik weet bijvoorbeeld voor de steunkousen fabriek in Haarlem, daar hebben ze zelf een programma ontwikkelt – omdat het altijd hetzelfde programma is, die steunkous – dus ze hebben dat programma onder verdeeld in aparte gedeeltes en als die maten worden ingevuld van de klant dan past hun programma, dat brei programma aan. Die creëert een nieuw programma met de juiste afmetingen.

M: Die hebben een software daarvoor ontwikkelt.

H: Ja, maar dan moet je dus wel een vrij homogeen product hebben. Customization kan, maar... daarom vraag ik welke customization, want je kan tools ontwikkelen om dingen aan te passen.

M: Dat zou dan een extra stap zijn.

H: En met extra size aanpassingen zijn, dan krijg je weer hetzelfde verhaal als met de mouw en het pand. Dan komt er het niet uit zoals je berekend had, omdat het veel breder is dan moet ook de aftrek aangepast worden, het komt er anders uit. Het komt er niet de eerste keer goed uit. Ik zou ook willen dat het niet zo was.

M: Mijn volgende vraag was, hoe lang zou het dan duren - als je dezelfde jumper hebt, maar je past de kleur of size aan – hoelang is die aanpas tijd daartussen?

H: Dat kan ik voor de Whole Garment nog niet zeggen, dat zou iets zijn wat we moeten onderzoeken.

M: OK, dat moet nog getest worden.

H: Ja dat is denk ik ook iets wat Rosanne wil gaan onderzoeken.

Ik weet dat het bij gewoon flatbed knitting niet..sowieso moet je er weer induiken, en als ik heel snel ben dat ik het in een kwartier gefixt heb. Voor een simpel is. Maar misschien dat het met de Whole Garment echt anders is, dat zou wel kunnen. Want daar is het programmeren van standard styles heel erg geautomatiseerd.

M: OK. Bij verschillende Shima Machines (van hetzelfde type), en als je dezelfde order naar de ene machine en de andere machine stuurt komen ze er dan hetzelfde uit? Of hoe zit dat met quality standard.

H: Ik kan je wel vertellen over mijn ervaring met hoe dat normaal gesproken is, met een Stoll machine in België en Roemenië. Ik heb die fabrieken aan elkaar gekoppeld en als ze in België niet genoeg machines hebben staan van een bepaalde Gauge of niet genoeg capaciteit van zeg maar Gauge 14, dan sturen ze de productie order ... dan hebben zij het sample ontwikkeld en die is goed gekeurd door de klant, verkocht door de klant op fashion week.. dan sturen ze de productie order naar Roemenië. Daarvoor word eerst ook een sample gemaakt in Roemenie, krijgt Roemenie een programma en krijg het voorbeeld, en toch is het niet altijd direct goed – ook al hebben ze het programma. Maar ze hebben een andere was machine, een andere was programma's, een andere link mevrouw. Het hangt heel erg van de stijl af, ik heb vrij heterogeen gewerkt dus sommige dingen zijn makkelijk te repliceren en anderen ja, dat ging niet in 1 keer helemaal goed. Nou denk ik wel dat DSCS dat dat ook het makkelijker maakt om hetzelfde resultaat te krijgen uit verschillende machines op verschillende locaties. Omdat je het daarmee wel even groot kunt krijgen in theorie, heb ik nog niet geprobeerd maar in theorie

kun je dat nog wel even groot krijgen. Afwerking, dat is soms nog even zoeken. Hangt van de stijl en garen af.

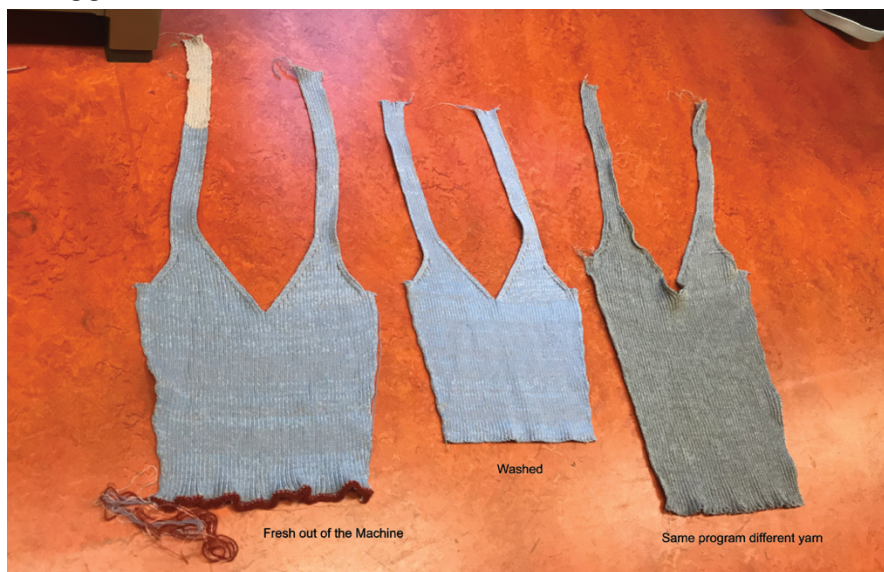
Stel dat je stijlen gestandaardiseerd hebt en je hebt het op punt staan, elke fabriek heeft het was programma voor dat garen en dat breisel, dan kunnen ze dat daarna... stel België breit de hele tijd dezelfde uniformen en dit garen met een bepaalde vaste en steek. Roemenië is het ook gelukt om het op exact dezelfde manier te breien en af te werken – dan hebben ze die gegevens en dan kunnen ze voor dat garen en dat breisel kunnen ze dat repliceren.

M: in dezelfde quality standard.

H: Je moet dat van tevoren hebben uitgezocht.

M: Behoorlijk wat voorbereidingswerk.

H: Ik wil je nog wat laten zien. Dit is een oefen ding van mij, maar even om iets uit te leggen.



Dit is het na het wassen (2), mensen denken dan dat je een ander garen kan kiezen maar je kunt dan overnieuw beginnen met het (brei) programma. Om te illustreren (3) is hetzelfde programma, maar je kunt zien dat het niet werkt en er niet uit ziet en andere afmetingen heeft.

M: OK, nee zo werkt het niet. Mag ik een foto maken?

H: Ja natuurlijk.

M: Best een goede illustratie.

H: Dat weet Rosanne vast ook wel, maar ook knitwear designers is dat nog niet duidelijk. Dan is het prototype er en dan zeggen ze 'nou toch ook in dit garen' ja...

M: begin maar weer overnieuw.

Er is met Whole Garment ook de mogelijkheid om digital prototyping te gaan doen. Dat is heel interessant, dingen zoals CLO3D en Shima Seiki eigen software FIZ.

H: FIZ is eigenlijk gewoon de design afdeling van Shima Seiki software, die software bestond al. Alleen is het nu los verkrijgbaar. Eerst moest je het hele APEC systeem met zowel programmeren als design en de hardware aanschaffen en nu kun je ook subscription-based alleen de design afdeling aanschaffen.

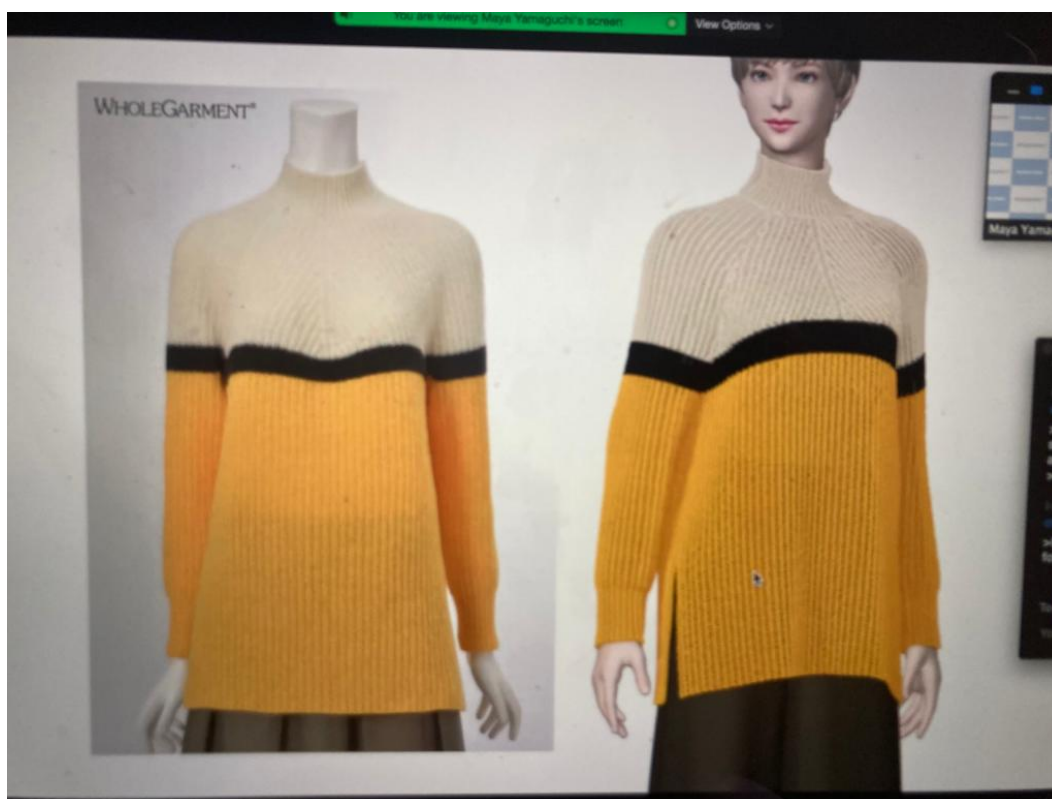
M: Maar die doet wel net als CLO3D, de digital prototyping?

H: Ja maar meer gericht op breien. Wat ik heb gehoord is dat CLO3D nog niet goed met breisels om kan gaan en dan is het eigenlijk te verkiezen om er niet mee te werken. Want dat wil iemand iets wat dan digitaal is ontworpen, maar qua breisel is het dan geeneens mogelijk. En ik denk dat dat wel ondervangen is met de Shima Seiki Software. Die is vanuit een knit tech visie ontwikkelt, er worden steken gekozen en garen en dan krijg je best wel een goede weergave van wat je zou kunnen doen. Ik denk wel dat voor een klanten geen digital prototype ipv echt prototype zullen accepteren, maar ik zou het toch super fijn vinden om mee te werken want vaak vragen designers dingen die niet werken. En dan kun je wel zeggen dat het niet werkt maar dan willen ze het toch. En dan heb je het prototype helemaal gemaakt 2 dagen laten, super veel werk voor iedereen. En dan vinden ze het niet tof. Ja en ik zou dan, ook al accepteren ze geen digital prototype zou ik toch een digital prototype sturen om te zeggen *‘zo word het ongeveer, leuk?’*. *‘Niet leuk? Ok mooi’* dan heb ik en de fabriek het niet voor niks gemaakt. In die zin is het wel echt een toegevoegde waarde. Het is heus niet helemaal hetzelfde, maar .. Ik heb je wat screenshots gestuurd van Shima Seiki webinar. Waar ze laten zien dit is het digital prototype versus echte prototype, en dat was best wel goed – nou komt dat ook van Shima Seiki dus zullen ze niet zo snel iets laten zien wat niet goed is.

M: das geen goede reclame.

H: Dat is toch leuk gelukt. Maar dat hoop je dus dat het zo is in het echt, maar ik kan me voorstellen dat dat dus met hun software veel beter is dan met CLO3D. CLO3D daar kan iemand wel iets ontwerpen maar dan moet je nog het garen erbij zoeken, plus je weet vaak... ik kan wel aardig voorspellen wat een garen doet en wat geschikt is waarvoor. Maar de meeste mensen kunne dat niet zo goed, dus je hebt een bepaald effect in CLO3D – ga maar in de garen boeken kijken en probeer dat dan nog maar eens na te bootsen wat diegene daar gemaakt heeft. Dat lijkt

me minder handig. De Shima Seiki software daar zie ik wel toepassingen voor, zeker wel. Dat hebben ze wel goed gedaan.



M: Nou schijnt het wel zo te zijn dat ze in CLO3D bezig zijn knit technieken erin te maken.

H: Dat moet ik even aan een collega vragen, die heeft er wel mee gewerkt. Zo'n programma maar dan speciaal voor knit. (19/11/2020 additional note: programma heet KaleidoKnit)

M: of dat je dan zelf kan aanleveren maar dan moet je dus eigenlijk een software maken die compatible is met CLO3D.

H: het hangt een beetje af wie het gebruikt. Als je het gebruikt voor ene consument, dan wordt het problematisch als het niet superfantastisch werkt. Want dan ontwerpen ze iets en die consument koopt dat en die krijgt iets wat niet exact hetzelfde is. Dat wordt niet op prijs gesteld. Als het voor designers is, dan kan et wel helpen. Want dan is het allicht beter dan een platte illustrator tekening. Dus het hangt van het gebruik af.

M: Ja. Kun je nog andere problematische punten aangeven voor customization en Shima?

H: Dat is een hele grote vraag. Nee ik zou dan toch moeten weten wat voor customization.

M: Shima prijst de machine aan als geschikt voor individualisatie. Zo zetten ze hem natuurlijk ook in de markt.

H: Ja, ik ben heel benieuwd hoe dat gaat werken.

M: Dat moet je nog ondervinden.

H: Ja dat moet ik nog meemaken. Ik heb die ervaring nog niet met de machine. Ze zijn daar zeker verder in dan anderen, zoals met DSCS.

M: Dan had ik nog een vraag over garen. Garen maakt een hele hoop uit. Zijn er nog specifieke garen die niet suitable zijn? Hoe word je begrenst door de machine.

H: ja dat vraag ik me dus af. Er zijn dus altijd garen die, ook op een normale flatbed, moeilijker zijn dan anderen. Stel je wilt bijvoorbeeld kabels breien van linnen, daar sta ik niet om te springen. Omdat linnen vrij droog is en niet rekbaar en met kabels ga je heel erg trekken en dan gaat dat knappen, dat wordt moeilijk. En de slechtere kwaliteit kasjmier en wol zal ook eerder knappen. Knappen is een soort nachtmerrie van de brei community. Dat zijn minder standaarddingen.

Met de Whole Garment vraag ik me dus af, maar dat zal ik moeten kijken, en dat zal ik moeten proberen en vragen aan Didier – ons contact binnen Shima Seiki, maar hij is altijd heel druk en zit in Parijs..Ik wil een paar garens bestellen voor de Whole Garment en toen zag ik een hele leuke kleine bouclette in katoen, en toen dacht ik *‘ja ik weet et niet zeker, hoe dat gaat’*. Bij Shima zullen ze zeggen dat alles kan, maar dat is dus niet zo. Je weet ook op een gewone machine, bepaalde technieken met bijvoorbeeld veel overdragen (van steken) – dan blijft iets sneller hangen in een bouclette of een pluizige mohair. Nou zijn er wel veel stitchpressers op de machine, dus misschien is dat wel beter dan mijn ervaring met Stoll. Feit blijft dat voor Whole Garment heel veel wordt overgedragen (steken), als je gewoon jersey blijft dan kun je op je bed blijven. Maar als je een 1:1 breit ben je elke rij aan het overdragen. En dan moet je wel een bepaalde sterkte garen voor hebben, hele zwakke garen zullen dat niet overleven. Maar denk niet dat er hele grote beperkingen zijn. Maar vroeg mezelf wel af *‘een bouclette? Een pluizige mohair?’* word dat lastiger of niet, dat is iets om uit te proberen.

M: Vooral omdat Shima op hun eigen website best wel basic garen gebruiken voor de garments van de Whole Garment. Ik heb nog geen fluffy yarns voorbij zien komen.

H: Ja, ik vraag me dus heel erg af of dat lekker zal gaan. Misschien wel misschien niet.

M: Testing Phase. De garen keus, hoe correspondeert die in terms of programming? Voor elke yarn, heb ik gehoord dat je een nieuw stuk programming nodig hebt. Hoe zit dat precies?

H: Ik weet niet of het helpt met het beeld.. kijk een steek in een bepaald breisel heeft een bepaalde verhouding. Je moet het eigenlijk zien als baksteen, je hebt een baksteen die bijvoorbeeld heel smal is en heeft hoog, maar je hebt ook baksteen die heel plat is en breed of eentje die vierkant is. Er is natuurlijk niet een soort tool, zoals vectors in illustrator, waarmee je de vorm van de bakstenen kan veranderen. Dus je moet opnieuw beginnen met die bakstenen (nieuwe afmetingen).

Voor de ene moet je, om een vierkant te krijgen van 10 x 10, moet je 12 bakstenen in de basis en 28 in de hoogte. En voor de andere, 228 in de basis en 10 in de hoogte. Heel extreem voorbeeld maar je kunt de vorm van de steken niet veranderen. Dus daarom moet je opnieuw opbouwen.

M: Dat is echt afhankelijk van het type garen, de kleur van de garen..

H: en de wassing.

M: en dat moet je eigenlijk constant veranderen in je programma?

H: Niet als je hetzelfde breit, maar anders moet je opnieuw beginnen met je programma.

Als ik nu dat hempje wil maken maar in een ander garen, dan moet ik echt from scratch beginnen.

M: Als je dan wel de program hebt voor dat specifieke programma hebt, dan zou je hem gewoon kunnen laden?

H: Ja, je moet wel eventueel garen inrijgen dat soort dingen. Maar dan kun je m gewoon laten, want je hebt alle gegevens.

Recording Part 3

M: Wat denk je persoonlijk over de mogelijkheid van Shima voor On-Demand en Customized garment manufacturing?

H: Ik moet je daarop nog een antwoord schuldig blijven, omdat ik nog niet met de machine gewerkt heb.

Ik kan alleen antwoord geven vanuit mijn ervaring met huidige knitwear development en dan denk ik *'nou ja, je moet dus al boundaries hebben. Je moet een bepaald model werken, een bepaald garen hebben. T is niet alsof de klant dan zo even een nieuw garen kan kiezen, dat zijn dingen die constant blijven. Maar misschien is at op maat al veel verder ontwikkeld en is dat met een paar klikken aan te passen, dat zou kunnen – weet ik niet'*

Maar je blijft in die zin dus wel gelimiteerd door de brei techniek. Je moet al dingen voorbereid hebben, je kunt niet opeens besluiten dat het geel word. Want dan had je voor Geel al alles uit moeten proberen, alle keuzes die er mogelijk zijn moeten al wel uitgetoetst zijn. En een jacquard veranderen, als je het hebt over customization, dan denk ik nog eerder aan een jacquard veranderen dan ergens opeens kabels in verwerken. Zo makkelijk gaat dat niet, ook niet bij Whole Garment. Maar een jacquard aanpassen, mwah – behalve dat ook de afbeelding van een jacquard effect heeft op de brei techniek. Kan het wel even laten zien hier met een double face, tubular jacquard. (uitleg naar aanleiding van sample: veranderen van stitch single jersey naar 1:1 geeft andere structuur aan de stof door verandering van steek verhouding) De techniek die daar het minste last van heeft is een pique jacquard of een birdeye jacquard (3 color – front customized AW back is pixelated (The Fashion Run-Up, 2016)). Toch zie je dat ook afhankelijk van de afbeelding, de breitechniek iets anders is, het resultaat. De pique jacquard zou ik wel aandurven, elke keer een andere afbeelding wat de klant maar wil, met een pique jacquard wel met een tubular niet. Dat heb ik wel geleerd van DJay, deze machine is heel precies, daar kun je ook niet iemand voor opleiden die nog niet normaal kan breien met flatbed knitting machines. Het is een heel gevoelig, precieze machine, dus je kunt niet ongestraft dingetje veranderen. Een pique jacquard wel maar zelf dat weet ik natuurlijk nog niet zeker.

Dus afhankelijk van de technique zijn er wel customization mogelijkheden.

M: En mijn laatste vraag; wat denk jij dat een On-Demand Fashion System in de weg staat?

H: Ja dat is een hele uitgebreide vraag is waar je uren over kunt praten. Ik weet niet wat ik daar in een paar zinnen over moet zeggen.

M: Of wat je vanuit jou ervaring hebt gezien?

H: Ja, dat mensen voorbij gaat aan ontwikkeling. Mensen kennen geen productie meer en denk dat het een printer is, met een druk op de knop er iets uit komt. Als ze toch een wisten hoeveel bloed, zweet en tranen er in het programmeren gaat zitten, en in het afstellen, maar niet alleen dat. Ook in het linken, de ene link dame is dat andere niet. Er is zo veel mensen werk aan. Ik denk vooral ook dat mensen vooral geen besef hebben van hoe iets gemaakt wordt. Je kunt ook veel praktischer kijken wat het in de weg staat of economischer kijken wat er in de weg staat, is het te duur? En ik heb ook geen beeld, want ik leef ook in mijn bubbel, in hoeverre de wereld dat wil. Dat valt me natuurlijk heel erg op, als je tienermeisjes ziet, in groepjes dan hebben ze vaak een variatie van dezelfde outfit aan. Ze hebben dan alle 3, witte gymmen aan een skinny grijze jeans en een zwart bomber jasje met een bepaalde details. En dan heb je nog wat originelere tienermeisjes en die hebben allemaal een colbertje aan, en allemaal een wijde broek of een cullotte en vintage pumps. Allemaal variaties van hetzelfde en ik weet helemaal niet of ze wel willen customizen, misschien wel? Ik weet niet of mensen dat willen. Vaak valt het wat tegen. Ook voor hen zul je boundaries moeten zetten, ontwerpen is niet zo makkelijk als mensen denken. Mensen denken dat ontwerpen net zo iets is als shoppen, maar als je het echt moet doen dan valt dat tegen. Dan denk je dat je en tof idee hebt en dan maak je het en denk je 'oh helemaal niet tof'. En daar word je wel beter in, maar voor een consument... en nouja voor productie kun je de consument sowieso niet laten ontwerpen maar ook voor de consument zelf niet. Maar On-Demand is...maar we hebben het over Customization. Er zijn zo veel aspecten aan. Ja en de industry. Het is echt heel veel werk om voor 1 iemand een trui te maken. Het is een stuk minder werk om 100 truien te maken in 1 keer. Het is relatief zo veel minder werk. En hoe kun je dat nou.. de hoeveelheid werk voor 1 trui - ik snap dat dat ook het onderzoek moet zijn. Hoe kun je de hoeveelheid werk voor 1 trui verkleinen. Maar normaal gesproken, ik krijg ook vaak de vraag 'kun je een trui voor mij breien' Ja doe. Ontwerpen is ook veel werk, wat ik nu vaak doe is niet ontwerpen omdat ik zo weinig tijd heb om het programmeren te leren dus dan maak ik snel even een streepje want ik heb geen tijd om te ontwerpen. Ontwerpen is ook trial en error soms, en dan de ontwikkeling. Afhankelijk van het programma, als het op Stoll is en het is een simpele trui, nou met wat geluk ben ik er in een paar uur mee klaar maar dan moet het nog gebreid worden. En sowieso eerst een proef lapje – dat moet ik wassen, dan moet je het eens zijn met het proeflapje – dan word de trui ontwikkeld op basis van het proeflapje. Het eerste prototype niet goed, komt er net niet helemaal uit zoals je wil. Tweede prototype maken: Jeetje! Super veel werk om 1 trui te maken! En ook als de trui al ontwikkeld is en je wil er 1 maken.. dan moet je dus voor 1 persoon de machine inrijgen, voor

1 persoon moet je erbij blijven staan, of eb je nog andere machines. En daarna moet je dat ene truitje naar de was brengen en moet iemand het afwerken. Dames in de confectie, ja sorry t waren allemaal dames sorry, waar ik mee gewerkt heb, die willen vaak heel precies weten wat ze moeten doen. Ze willen niet allemaal verschillende dingen waarbij ze zelf moeten improviseren. Ik heb het een keer overgenomen van iemand met zwangerschapsverlof en iemand zei ' OK, *wat moet ik met deze panden doen?*' en ik dacht- ja jij bent op dit vlak de expert, ik was nog heel jong en denk dan ja dat vind die oudere mevrouw niet leuk als ik ga vertellen wat ze moet doen.. zegt ze '*Nee jij bent de baas.*' Dus ze gaan niet als ze allemaal verschillende truien krijgen..dan moet je al iemand hebben die daar OK mee is en dan zelf bedenkt wat die ermee moet doen. En ja, Wassen en in elkaar zetten.. Als je een stapel hebt, dan wordt het uitgesplitst. Dan zit er een dame de mouwen te doen de andere zit het voorpand te doen.. ja het is meer werk, 1 stuk.

Misschien kun je dingen samenvoegen, maarja je kunt niet wit en zwart tegelijk wassen. Kortom, het is logistiek een dingetje denk ik. Maarja in de juiste prijs klasse kan dat denk ik wel, maarja is het dan van iedereen? Als je een fabriek helemaal anders inricht... als dat het ding is, dan kan het waarschijnlijk wel. Het is heel veel om uit te zoeken.

M: Zeker. Daar is dit onderzoek een start van is. We kunnen hier heel lang over praten.

H: Ja ik weet niet of ik nu de juiste dingen heb gezegd of misschien denk ik vanavond '*ik had nog dit moeten zeggen of ik dwaalde af.*' Het kan niet zomaar heel makkelijk inde bestaande fabriek worden geïmplementeerd, dat is eigenlijk wat ik met het laatste wilde zeggen. Ik wil niet zeggen '*het kan niet*' maar het is een totaal ander proces dan hoe het nu gaat.

M: Dat is inderdaad zo. Ik wil je in ieder geval erg bedanken voor je tijd alvast.

H: Graag gedaan ik hoop dat je er iets aan zult hebben.

Eind recording.

5. 3-D Knitwear manufacturer

Interview Transcript

Interviewee	██████████
Position interviewee	Executive Director ██████████
Date	24 th of November
Location	Digital Teams meeting
Weather	NL: 8 °C ,sun ██████████ 7 °C ,cloudy
Time	14:00 CET
Notes:	

M = researcher

N = interviewee

Recording

M: For my research I would love to ask you some questions, Is it OK for me to record this? I will make a transcript of the interview later.

N: Yes

M: OK, then I will put on the recording

M: Could you tell me a little bit about yourself and your company?

N: Yes, so I am the owner of Jenadin knitwear manufacturing. This year we are 7 years old, we started in 2013. We are quite a small manufacturer, we have 4 Stoll machines with seamless technology and since 2019 in November we bought a machine which is 18 gauge but without seamless technology. At the moment we have 5 machines. In our manufacturing we produce small quantities, this is what differs us from other manufacturers – small quantities. We start from 5 pieces of 1 article and then.. we are the first one in Ukraine to Merino wool. In 2015 it was not only the seamless technology we introduced to the market in Ukraine, we also introduced more expensive yarn. So since 2015 we have been working with Merino wool, cashmere, cashmere and silk, and since a few year also with Mohair and silk. We are trying to work with...I wouldn't say high end yarn...but premium ones. We have our own brand, we actually have 2 – one is only natural yarn and the second one was 50/50, 50% natural and 50% synthetic. It was a bit different yarn and models and it helped us in 2015 when we had problems with revolution and war and everything, it saved us basically.

We have 2 brands, last year we introduced a private label for our products, so clients can produce...they can take our designs and put their main label in to the garment

M: A yes, a white label collection

N: Yes, we did that which was quite popular and still is quite popular. And the third one we produce and develop totally new designs for client's designers. From the sketch, from the prototype, from the photo's, it's basically the idea of the client from the beginning to the end – to the proper garment. This is kind of the product and services we produce. In our manufacturer we have machines, the washing facility (drying & washing) and the press (for ironing) and the linkage machine for putting together the garment. Cause as we have the seamless machine, the garment doesn't need to be linked but the neckline still needs. Unfortunately, because of the technology sometimes you need to do that. And we have a regular fully fashioned – where you need to put together all the pieces together into the garment. We have the full process, I would say, from knitting to packaging. Since this year we have had a lot of request from outside Ukraine, and we realized that a lot of companies/brands are looking to produce not in China anymore..

M: No

N: They are looking for something new, nearby so they are looking to change supplier/manufacturer. Everybody who worked with China, the clients... how do you say.. China provides everything. From main labels, care labels, paper labels, photo's, everything! So for us, as small manufacturer, we work in a bit of a different way and we were specializing on producing a good knitwear, with reliable suppliers and good quality yarn and a good finish. But now, can you think of a place where do you order a main label but in small quantity, and all these other things including packaging...so it's a new thing for us, I would say, but we are struggling a bit as I said we are small production. At the moment we are 20 people, and we have 5 people in the office and 15 people in production, at the beginning of this year we had 26 people so it feels a bit like the workload is too much. Sometimes one person is responsible for development or they have more responsibilities at the moment. Everything is slowed down but at some point it's too much also. It's new things for us, not just knitting not just yarn but the whole process including care labels and packaging.

M: That's quite an expansion!

N: Yes, but you need to be flexible as we understand, and I think it's our main advantage – we were flexible from the beginning and we are looking to.. the main thing is to produce a good quality product. And sometimes in development it takes more time, our terms of development of a garment is 2 weeks – from 2 weeks and sometimes it can go up to 3 months because basically samples and yarn go back and forth, but at the end of the day the client should be satisfied with the product so this is the main thing. We don't do it just quickly, yes as quickly as possible but we want to deliver good quality. So yea I talked about a lot of thing and jumped from..

M: That's okay!

N: Sometimes you should stop me and ask me a question.

M: It's really interesting what you're telling me, so I'm happily listening. How did you meet Rosanne and how do you know New Industrial Order?

N: We met, I think it was the first of the second exhibition on internet. We had a chat and we showed our product, that we have seamless, and she also showed what they did with Shima and what kind of yarn they use and the idea of this project. Which is very interesting. Regarding the environment it is amazing I would say. That's why we started talking, and it's really interesting. I had an idea a year ago, to combine in our manufacture to have 2 types of machinery Stoll and Shima. When I started talking with different producers who are working on Shima, they told me nobody do that, nobody is working on both Stoll and Shima.

M: it's either..

N: Yes, and I like this challenge. Nobody is working on this, maybe we can try. But there is... with programming and machinery I see some problems and then corona started so then...(disrupted)

So I saw the question you had about the difference between Stoll and Shima later, but yes the project with Rosanne is very interesting.

M: Yes I agree! Okay so it's via digital conference, I thought it was a Tradeshow

N: Yes it was trade something...but it was online. It's a new platform and it's amazing cause last year I went traveling to different countries in missions, and as you understand the tickets, hotel, traveling and everything is quite expensive so this opportunity to meet different people around the world and you are sitting in your office..

M: pretty good!

N: Yes! Why didn't we do this earlier?

M: Was (the conference) of WTiN? World Textile Information Network? Was it that one?

N: I have to check.

M: Yes there is more online now. I went to this tradeshow (WTiN) it was pretty OK to do online.

N: Yes for the first meeting it was quite OK, and then you have the interesting to continue.

M: I would like to ask you some questions about knitting machinery. Because you've just told me you work with Stoll and I've also read that on your website, do you have experience with working with Shima Seiki as well or just with Stoll?

N: We don't have any experience with Shima Seiki, I know one company they produce on Shima and around Ukraine we know the companies but we never sourced. We went to ITMA, and we saw Shima produce seamless garments and it was amazing, I was like OK I want that machine – can I take it? Can we pay in instalments? The technology is quite amazing – with pockets. For seamless garment Shima has more to give in technology, because of the seamless pockets which is a limitation in Stoll. But Shima they produce it without a problem. Another thing is we started with seamless and we went into the market in 2015 as the first producer seamless garment, but the thing is that it's not that popular.

M: Or not that known yet? In the market?

N: When we show the client they say 'wauw cool, amazing!' but in the end they want the regular knitwear. We are trying to develop our collection in seamless garment, to show the client the possibilities and everything, but at some point we went a bit into the other direction. For seamless technology we need to invest more, for teaching our programmers to do that. Because it's a technology that goes so fast and develops so fast, the possibilities are endless and you need to be up to date with that. We are lacking that point, there is not a lot of clients who want to do that (seamless). We produce it and we can produce it, we are learning and last year our programmers went to Moscow for training for 2 weeks. And basically we need to do that twice a year, every year and maybe not even for 2 weeks. But yes, you never stop learning.

M: Definitely not, that's why I went back to school haha. In the beginning why did you choose for Stoll and not for Shima Seiki immediately?

N: I guess the main thing was that it's a European brand, and when we talked research before we opened, we had another production they've been using Stoll for a very long time. We talked and then we decided it's better to work with Stoll.

M: So it's a good point to start with whole garment, to begin with Stoll instead of Shima Seiki?

N: Yes, Shima is next hopefully. We went to Dusseldorf last year on a mission, and we went to University. They have a laboratory for knitting and sewing. And I thought of course, the people who study there after they finish University they know kind of everything – they know the technology of Stoll and they can produce the good garments. They also have the latest technology for sewing machines, I asked how can the University afford this? And they told us that the companies provide the machinery, for the students to learn. And that's amazing, especially for programming, around the world this profession is very valuable. It's a good strategy and I wish we had this in Ukraine.

M: But there isn't?

N: In Ukraine, no. in our University, we have students every year and they do an internship. Every year 4 or 5 students come to us from different disciplines, but they do not do programming. This kind of professional is not there.

M: but it's necessary

N: Yes very, we're a small manufacturer – I'm curious about Shima and Stoll and I understand there's other programs to make life easier for producers (manufacturers) and less time consuming and for the last 2 years environment. So to have a small laboratory in Ukraine, cause the cost in Ukraine is lower than in Europe, so maybe it's a good idea that around Europe the students come and study in Ukraine, the cost of living is cheaper. So this thing about the universities, yes we have this problem. That there aren't any courses on programming, and the other thing we don't have is how to work on linkage machines.

M: Yes, in entire Europe it's an issue I think. We lost those professions and now we want to get them back but that takes some effort. Also with the Shima Seiki, nobody in the country knows how to program it. That's an interesting problem we have in general.

I had a question, in which areas does whole garment technology (Stoll or Shima) offer added value in the supply chain process over full fashioned knitting? So in which ways is it better than flatbed fully fashioned?

N: There's some advantages and disadvantages, for seamless you use less yarn, not less yarn, but the right amount so there is no waste. The disadvantage in seamless technology, sometimes when you have a program the needle broke in the machine, you need to stop and it was when the garment was almost finished – you need to start all over again. There's always advantages and disadvantages, when you produce 100 pieces it's very good – the seamless technology I would say much better, but for us, as we produce small quantities (5 pieces) it's an issue. You change a lot of different programs on the machine and then you need to put the right tightness (each garment has a different tightness of fabric) the person needs to remember to put the right information, and we have that information but still it's people not robots so when you put another garment it goes like that. So in big quantities, seamless technology is amazing, you have the whole garment then you don't need to have the cost for employment of the linkage machine, it's time

saving. For seamless garment process you have knitting, then you take out the threads and then you wash it, dry it, press it and it goes to packaging. Oh and labelling and then it goes to packaging. With regular, all of this process but you have a linkage machine, you put the whole garment together, then you put the label and then it goes to packaging. One part of the process is taken out when it's seamless, so it's time, cost and space saving in the building – it's much better.

M: Does linking take much time, for one garment to be linked together? Cause that is still all manual right? You have to put all the stitches on the linking machine, which cannot be done by a robot you need a person.

N: You know, I have a friend he is the producer of socks and he has this machine called (*note: the name of the manufacturer of the machine is Busi Giovanni*) ...I don't remember exactly. So it knits the sock, it finishes and then you have an open... sorry.. tube when it knits the toes it also does the linkage. So it's automated! And I said 'why can we not have this on the Stoll machines!' – that the robot can take the garment for one machine and put it on the linkage machine. But maybe in the future, I don't know if it's possible but I think .. with socks it works. This technology is expensive obviously, and the sock is more expensive in than the normal price. But you don't need an employee cause it's automated and timesaving, but yes it's amazing. I wish we had that.

M: Patience

N: But to your question, it depends, it can take 20 minutes for a linkage machine for a neckline, it can take 10 minutes. We have some garments that take one hour and a half to put together, it's all depending on the complexity of the garment. The simple one is about 10-20 minutes, and then we have dresses. We work a lot with designers, and for example one product can be knitted for 5 hours in the machine and then you have 7 or 8 pieces and then you need to put everything together and sometimes with specific yarn it takes more time. For example, with silk we take quite a long time to put it together because it's kind of very sensitive if your hands are moist, it depends on the yarn, on the garment, on the employee.

M: Many aspects. That's very interesting, and now you said you have an 18 gauge machine, that's super fine.

N: Yes, I was dreaming when we started in 2015 and after 2 years clients were asking 'what about 18 gauge' , I said 'Yes, it's a possibility' and we are still experimenting. We have produced a few garments for our clients, we didn't do a full capsule collection because of Covid so we work for a few clients.

M: With 18 gauge, what do you even make with that? Cause it's so fine, you need a really really thin yarn? Silks I can understand maybe that's a good possibility

N: We work we Merino, and cashmere and silk. We are experimenting with a sports brand, a new client in Ukraine. We are the first manufacturer in Ukrainian market with an 18 gauge machine, and the client wanted sports leggings – because its very thin – but we explained that it's not that equipment, there is specific equipment that produced sports leggings (circular knitting?) and everything. But he said: 'No no, I want this'. So we are still working on developing this, it's quite tough with yarn because it is polyamide and elastane which is very stretchy. What we mostly do

for fashion is focus on warmth, figure but sports it is about performance and elasticity. It's quite different for us and totally new, it takes time. We had a problem with the linkage, we bought a linkage machine..

M: That's so fine

N: Yes but it's amazing. We have a Merino turtle neck and it's like second skin. You don't feel it at all, it's so thin. But we are still learning how to work with this machine properly.

M: That's very interesting indeed. But anyway, before I go off track... In my research I am comparing a basic style jumper, the fact that its produced On-Demand is already very different from Bulk. You already said your order sizes are quite small for Whole Garment, you have a MOQ of 5 pieces, but on average a bulk order size what would you usually produce on a Whole Garment?

N: We have 3 different categories of pricing: from 5-15 of 1 article in 1 color (can be different sizes), 16-30 and from 31-60. This is the average that we produce is 16, this is the mid pricing of 1 garment in 1 color. Right now it's a bit changed, we are trying to be more flexible with clients and demand. We understand that it's a hard time for everybody, we've had some requests to produce 1 or 2 garments from clients that we know for a long time... We work with designers a lot and when it's Fashion Week they need samples and then they come with orders. In some way it is...for production in China, they are not interested they work with MOQ of 300 pieces (per garment and colorway) and it's straight away, so we are more flexible than that. But you have a disadvantage then that you produce 5 samples, they clients give to the buyers and the buyers say '2, I will take, the others no' so you have this problem. But the clients come back, thank god. So the minimum average is 16 pieces of one order for a clients design. We have quite high prices for production, but you have the opportunity to produce 5 pieces and the advantage of those 5 pieces is that yes they are more expensive but you don't have stock – the money isn't sitting (in a warehouse). It's invested, you produced it and then you have the time to get your money back, but this is for a specific segment and niche market. It's not the mass market. It's good to be able to research the market with a first small order, it's good for the companies.

M: Is the Whole Garment efficient in terms of production speed for Bulk order production?

N: We love it, when we have a good order for whole garment. We have this garment and the time of knitting is 60 minutes, it's seamless and very light – around 200gsm of yarn – Merino Wool. When we have an order for this garment, it's super quick. The machine is working, washing, drying, we don't use linkage machine so yea we are kinda of relieved, all the production people when we have the order for seamless garment are relieved. But if the seamless garment has ajour or jacquard...one dress is totally seamless and from viscose – it's a long dress and it knits for 270 minutes, it's a bestseller, clients, whole sale and retailers love it but for production it takes time and sometimes with ajour you have issues. It all depends on the design of the garment...so sometimes it is better to produce a regular garment than seamless cause otherwise it will be more expensive and time

consuming. If you think in terms of money then yea you need to check what kind of technology is better for that design, if it is dependent on the environment then of course seamless is better because of the (lack of) waste.

So your question about the production time, for the simple seamless it's 60minutes (which is great costs), the seamless dress is 270 minutes, and then in regular jumper it's the average of 90minutes. With client's design it really depends on the complexity of their design.

M: Yea I can understand, and the same goes for the next question: How much yarn would it take to knit a basic jumper? It also depends on the type of yarn..

N: Yes what type of yarn and what kind of stitch you are using.. so the 60minutes it's about 200gsm and that's 100% Merino wool. The dress which is 270 minutes, it was 94% viscose and 6% polyester, a different yarn, I think it was around 400gsm.

M: And Merino is quite light weight?

N: Yes, and this garment was not knitted every needle, so it was 1 was coming out.. so it was fluffy and it feels like Cashmere but it's not, because of the way it's knitted. Everybody loves this model.

M: Do you have any data on the machine's energy use?

N: I can check, I know that we have a technical instruction for Stoll where I think they tell it. I don't think I know how we will be able to provide this... In our building we have one (energy supply) for the whole building and we have 4 floors with computer offices and linkage machines so yea....

M: Yea that's a lot of machinery on one electricity grid.

N: Yes. When we started this project in 2012, we had our own building which was already standing so it wasn't built especially for production, so I guess if it was a project from scratch, including building the building – I think you should divide work knit / knitwear floor etc. and then you can measure. It's the right way, but yea...

M: No I understand. I had some questions about yarn as well.. because I look at On-demand versus Bulk, and with Bulk of course you get a big order so you as a manufacturer already know what you are investing in and you are delivering the product and the risk is basically with the brands to sell this and put it into stock. When the supply chain changes to On-Demand, as a manufacturer you need to have a yarn stock to be able to produce On-Demand garments, how would that work?

N: I was thinking about this, because of the Covid we have the same issue. We stopped producing for ourselves, and start producing just for clients. The last time we bought the yarn was in January 2020 and at the moment we bought it as well, we are waiting for delivery. That was the question of some of our clients, everybody needs the yarn, good yarn, to produce on our manufacturing. With our yarn manufacturer they have a MOQ of 27 kilos of one color, so it's a box, and then they can send less but there's extra cost and then they can send per Fed-Ex. In terms of delivery it can be managed but..

M: It's expensive

N: Yes, so if we talk about not mass market but average...I don't know how its possible.. I understand with Cashmere and Silk producers, they can provide Stock

Service. For some articles they have Stock Service, and from that service you can buy 1 kilo. So for example if you work with expensive yarn, expensive product – it's easy to get...you have the specific color that can you provide then you decide on the (inaudible) of production of the garment, for example if the person orders from you it says that it takes from 5 to 8 days to produce, so you have time to buy 2 kilos or 3 kilos for that order to be delivered to your manufacturer and be produce it in this time period. This is possible with expensive yarn for a high cost product. It's one way of doing things to not invest in the yarn. Another way is more expensive and risky, you need to have a limited colors (10 colors) and you always need to have it in your facility, so you need to restock it when the amount is going low, it's achievable but you need to invest into the yarn and you don't know how long it will take to sell it.

M: That's a big risk to take

N: Yes, but there is always risk. These are the 2 ways I can think of. And the best way, obviously, is to produce in Ukraine or another country. So every manufacturer will have their own supplier in their country.

M: Yes that's the dream. I can also imagine that the dyeing of the yarn is another thing, Do you use yarn dye or garment dye?

N: Yarn. Yarn Dye, yes. In ITMA we saw the technology for garment dyeing, yea I guess in some ways it's good to manage colors, but still need to test all the colors every shade. This theory...(interrupted)

We work with Italian manufacturers, we always pay before we get the yarn...nobody give like 30 days or 2 weeks payment terms or 50% pay upfront. They always say they don't work like that. Because we are small and our quantity is small, if we would order 2 or 3 tones a month then there would be good terms and they would be able to but this amount we buy a year. So we don't get good discounts.

M: You get the Merino yarn for Italy, do you know if it's also produced in Italy? Or if the raw materials come from the other side of the planet?

N: It's dyed in Italy, our manufacturer use Merino wool from Australia and Argentina, and two more countries. I have an official letter them stating where they source their material from, because at the start of this year clients started asking for certificates. Most of the companies do this from a marketing strategy, to pretend to be environmentally friendly.

I have a thing about this, I understand it's a business and people need to get the money from the business. From this Covid, in the last year, people are using marketing to sell and 'eco-friendly' stuff and at the end of the day it's not eco and it's not friendly. The problem I saw, and I even questioned myself, the consumer he doesn't want to get involved, so it's easy for him to read 'oh it's eco, it's environmental friendly' and sometimes they don't even know what the certificate means. So it's like how about let's make the world a better place? I'm quite angry with that, that people use this as a marketing tool. The business I understand but I don't understand people that don't want to be involved with it.

M: What do you think about the future of Whole Garment machines for On-Demand manufacturing? Do you think it will have a future?

N: At the moment it's an amazing idea, I just realizing that the consumer is quite spoiled with choice. I'm just trying to imagine how it would work; as I understand it's a basic style that I know the size, and I can go on the website to choose what I need and choose the simple things and order. Like this I think it can work, there is potential but the people are spoiled. The consumer, they like to have a choice, a variety of colors – they will not buy it but they want to have the opportunity to have this, and if they love the brand... There's brands that have from shoes to umbrella, and it's OK but you pay for the brand but not for the quality. As I understand more and more, is that you need to specialize on something to produce a good quality, that you can be proud of your product and not be ashamed of it. It's not just about money, it is the total package, you think about everything – and it's the relationship with clients.

With time there's more and more people who are responsible, they think about the environment and I hope there will be even more and more in the world.

It's an amazing project, it's a great idea, but I am trying not to put how is everything working and how people responding. It's the beginning of the project, I think with people believing and working on this project and talking to producers and customers it will be great, it's new.

M: We have to have faith and try it out! We are the transition generation.

N: It's time and the project is new and different and there's a lot of small things that you need to think about how to connect everything, I can imagine haha hold on!

M: We will. I have asked pretty much everything I need to know, do you have any questions?

N: I think just one, how long do you work on this project?

M: January and February, although I might extend a little depending on the data collection. I will make a transcript of this conversation, which you can read through and edit if you need.

I really want to thank you for your story and its very helpful and interesting to heard what you are doing.

N: If you have any more questions, just send me a email.

End recording.

4. Buying Expert

Interviewee	██████████
Position interviewee	+20 years of experience in managing Buying, Sourcing and Quality Assurance teams in a variety of international fashion and sports brands.
Date	20th of November 2020
Location	Digital Questionnaire
Notes: Anonymity - No personal data will be used in the report or communicated with the company.	



Product: Beats 20AWP
Colorways: Black, Royal Blue, Turtle Dove
Material: 50% merino wool / 50% lyocell yarn
Weight: 200 gsm
Gauge: 15 (estimate)
Production Method: Fully Fashioned flatbed knitting

M = researcher
 LJ = interviewee

M: In your opinion, based on the jumper as described above from the Dutch brand Humanoid, what would be the order quantity of this type of jumper style?

LJ: 900 pcs

M: What would be an estimated/average MOQ for this product?

LJ: 300 p/color or 250 if combined with more orders (of other products using the same yarn)

M: The study assumes that the jumper is produced in Europe, based on Humanoid's statement claiming 80% of their garment production is located within Europe, in your experience - which European countries are most likely to produce this jumper?

LJ: Portugal because of fine gauge and more high-end product

M: Which type of dying method would be used most? Yarn Dye or Garment Dye?

LJ: Yarn Dye

M: Based on the jumper style above, and on your experience with comparable products/brands, could you give an estimate on how much overstock a style like this would have?

LJ: Difficult to predict without historic data, but from buying perspective I would not have bought 3 colors – but limited to 2 colors- since price is relatively high and styles are basic + I would say overstock will be relatively high: I think black is most commercial, followed by turtle dove, royal blue is not a very easy color: based on this I would say overstock even after sales would be around 30-40%

M: In the Netherlands, officially overstock is not allowed to be incinerated, after sales/outlet – what is most likely to happen to overstock?

LJ: Selling to jobber to sell outside current market without label

5. Consultant Sustainable Textiles

Interview Transcript

Interviewee	[REDACTED]
Position interviewee	Founder at [REDACTED]
Date	5 th of February 2021
Location	Microsoft Teams Meeting
Weather	NL: 8 °C , cloudy
Time	14:00 CET
Notes: Interview language - Dutch	

M = researcher

A = interviewee

Recording

M: Altijd wel handig al het officieel opgenomen wordt.

A: ...Doe ze de groeten als je ze tegenkomt

M: Als het goed is mag ik binnenkort langs bij het FieldLab, ik heb 'm al gezien – de Shima maar toen was die nog niet in gebruik. Nu zijn ze net aan het breien dus ik mag hopelijk een middagje komen kijken.

A: ze zijn in Amsterdam net wat opener dan in Enschede als het gaat om praktijk. In Enschede is het strak dicht getimmerd, maar ja het is niet anders. Corona corona corona.

M: Ja, ben er ook wel klaar mee moet ik zeggen. Maar ik had een lijstje met vragen opgestuurd.

A: Ja, die heb ik hier voor me staan - Overstock

M: Ik heb natuurlijk het rapport doorgenomen 'measuring the dutch clothing mountain', die overigens ook weer gebruikt is in een recenter rapport voor het ministerie van infrastructuur en waterstaat over Ongebruikte Kleding.

A: Is dat het rapport van de Rebel Group waar je het over hebt?

M: Ja die ja, klopt

A: Want dat is.. er – dat ging niet over overstock, de rebel group ging over overstock, 6% -..en er is een ander onderzoek, wat er in NL in de kledingkasten ligt. Er is onderzoek gedaan door de universiteit Leiden, die daar iets over heeft geschreven. Half januari is dat verschenen, en dat kun je vinden op...

M: Ik zit sowieso een beetje te klooiën met alle definities. Service life, physical life, social lifespan, 1 user, multiple users....

A: Beste wat je kunt doen is een definitie lijst maken in je verslag.

M: En kiezen

A: Ja, dit is mijn definitie hiervan en zo heb ik het opgevat. Als je dat niet doe.. ander ga je het allemaal ter plekke definiëren en dan heb je drie keer de definitie van een begrip en die is net even iets anders.

M: Dat kan niet

A: Dat kom je wel tegen

M: Al die definities word ik wel simpel van. Dat komt wel goed uit , ik heb nu m'n FU op ' a jumper used 1 time a month for 2,5 years in kg' en dat heb ik uit een oud onderzoek van Nederlandse...

A: Wat je moet omschrijven is dat je dus een jumper hebt die je een keer per maand gaat dragen en dan reken je het uit per kilogram en dan weeg je die jumper en dan zeg je nou dit is het dus per jumper.

Ecotool rekent alleen maar in kilogram.

M: Ja

A: dus ik reken uit wat een kilogram jumper kost, wat die aan alles opvreest – elektriciteit CO2 enz. En dan heb je al die getallen en dan zeg je op het allerlaatste moment die jumper weegt 300gr. Dus die kilo * 0,3 en dan heb je het per jumper te pakken

M: Die FU doe je dus pas als laatst

A: Ja die doe je als laatst, dus je rekent het allemaal uit per kg. Wat je nog wel moet definiëren is hoe vaak je het gaat wassen.

M: Ja

A: of zeg je deze jumper die mass customized (on-demand) wordt gemaakt, wat ik even vaak als een vergelijkbare jumper die je bij de Primark koop. Dan je het wassen vergeten, want je rekent het allemaal relatief uit maar je moet er iets over roepen in je verslag.

M: Ik heb mijn onderzoek verdeeld in 2 LCA's, omdat ik er halverwege achter kwam dat het niet in 1 kan

A: Alles kan in 1

M: Dan kwam ik in de clinch met type FU die ik het gemaakt

A: maar als je alles in kg uitrekent, kom je altijd in kg uit. Die FU komt achteraf. Die FU is en jumper maar is dat maat M of maat XL?

M: Nouja ik heb LCA1 het product als FU gemaakt, met de bulk en on-demand supply chain en de knitting tech is hetzelfde. Want Rosanne kaartte aan, als je met Whole Garment werkt krijg je fundamenteel een ander product. Omdat al die naden weg zijn, dus eigenlijk kun je dat niet vergelijken omdat het niet hetzelfde product is. Vandaar dat ik er 2 van heb gemaakt.

A: Je confectie is anders daar speelt het in, maar ik neem aan dat je allebei moet stomen en fixeren. Je hebt daar heel veel van die dingen.

Je hebt het over 40 draagbeurten. Het op zich niet uit hoe je het doet.. 40 keer dragen is trouwens niet overdreven veel he.

M: Nee

A: das niet overdreven duurzaam. Eigenlijk zou je moeten zeggen, zo'n fully-fashioned garment gaat die langer mee? Of faalt die op de naden. Een trui die faalt op de naden kom je volgens mij niet tegen, op die naden komt nauwelijks kracht.

Waar je verschilt hebt tussen fully-fashioned breien en een doek breien, is dat je veel meer stof moet breien en meer afval. En die machine van Rosanne is geen afval

M: Whole Garment, nee

A: Nee, daar heb je geen afval nee. En op sociale gronden is die een stuk beter maar dat meet je niet met eco-tool. Er zit weinig fysieke arbeid aan. Het is programmeren, de machine aanzetten en wachten tot hij eruit valt. Je kunt m dicht bij de consument produceren, dus dat transport heb je niet. Dus ja, dat soort dingen zijn er aan de hand. Daar zit wel wat voordeel in.

Zullen we jou vragen lijst even afhandelen?

M: Ja graag

A: Dus de Overstock van Rebel Group staat dat het 6% is van alles. Ik kan dat niet beoordelen. En ze geven ook aan wat ermee gebeurd he? deeltje wordt gerecycled, deel gaat naar het buitenland, beetje wordt verbrandt.

M: Nou, eh...die onderverdeling?

A: Ja en waar het naartoe gaat. En dan is de vraag wat blijft er in Nederland? Deel gaat naar de kringloop, outlets, daar blijven die partijen. En als het high fashion of een dure brand is dan wordt het vernietigd.

M: Ja dan wordt het afgekocht en ..

A: dan wordt het vertrouwelijk vernietigd door Frankenhuis en dan is het klaar.

M: Ja dat had ik ook gevonden, 3% wordt mechanisch gerecycled en 2.8 naar de afval energie centrale . Maar ze hebben er geen percentage bij genoemd..

En in de Dutch Clothing Mountain weet je niet waar het naartoe gaat.

A: nee da weet je niet. En 6% overstock is op dit moment wishful thinking.. op dit moment is het eerder 60% overstock dan 6%. En heb gaat nergens naartoe, dat raak je niet kwijt

M: Dat gaat de mechanische recycling in waarschijnlijk?

A: Dat is nog niet bekend waar dat naartoe gaat. De overheid die vergoed bedrijven voor een deel van hun overstock op dit moment en is het de vraag wat ze ermee mogen doen. Ik heb geen idee op dit moment.

.....

M: Maar die percentage die naar goede doelen gaat, uit andere stukken blijkt dat die ook naar het buitenland gaat

A: ja je mag ervan uit gaan dat die naar het buitenland gaan.

M: Dat is hetzelfde laken in pak

A: 2/3 of ¾ verdwijnt dus naar het buitenland.

M: Ja dat is dus gewoon het probleem exporteren.

A: Ja, ben je er vanaf , uit het zicht.

M: Ja lekker. Anyway..

A: Daar staan ook nummers in, hoeveel miljoen stuks. Ik zou zeggen overstock in NL is 30 miljoen stuks / 35 miljoen stuks, dus gemiddelde tussen die 2 getallen. En hoe groot die overstock partijen gemiddeld zijn hangt heel sterk af van de grootte van het bedrijf. Dat gaat van enkele stuks tot honderden of duizenden stuks.

M: ik heb nu de percentages gebruik uit het rapport op deze stijl want ik zou niet weten hoe ik het anders zou moeten doen.

A: Ja. En dit laat nog buiten beschouwing wat er wel geproduceerd is maar in land van oorsprong blijft.

M: Ja dat heb ik niet meegenomen want dat is een hele zoektocht.

A: Ja, en ik heb dat ook van geruchten. Maar daar blijven soms hele grote hoeveelheden achter, dat er meer wordt besteld dat uiteindelijk afgenomen worden. Ze betalen op het moment dat het afgenomen wordt he.

M: Ja dat werd wel duidelijk met de crisis

A: Dat was een van de pijn punten ja.

He en het afschrijven die kleding, ik weet niet hoe dat precies werkt.

M: Nee ik ook niet.

A: Ja waarschijnlijk mogen ze het aftrekken van d winst, of staat het niet meer op de balans. Ik heb geen idee.

M: Het werd opgemerkt door roosmarie ruigrok van clean and unique. Maar ik vroeg me af in hoeverre dat aantrekkelijk is voor... je wil toch altijd toch wat terug krijgen voor je product.

A: Je het blijven wel kosten.

M: En anders leid je extra verlies dus volgens mij is het een soort last resort is. Tenzij je je merk wil beschermen maar dan moe je al Burberry zijn.

A: Hey en recycling..knitwear mechanisch recycling, Frankenhuis kan dat

M: er is veel meer info over denim

A: maar dat kan zeker, knitwear recyclen op deze manier – mechanisch recyclen. Op dit moment in Nederland kan alleen Frankenhuis dat doen. Binnenkort kan (Idid?)... in Den Haag heeft dan de mogelijkheid die kan doen. En in buitenland kom je bij Altex in Gronau.

M: Duitsland..

A: op de grens bij Enschede. In België en Frankrijk heb je ook dit soort recyclers. Hoe hoogwaardiger het materiaal is..en als je het hebt over wol wordt het interessant want dat is een hoogwaardig materiaal en dan wil je dat graag kunnen vervezelen.

M: Dat brengt me op de volgende vraag, want waar ik mee werk is een blend van wol en lyocell.

A: Dat maakt voor vervezelen niet uit. De metalen pinnetjes zien dat niet, hooguit dat je de instelling van de machine voor moet aanpassen. Blend zijn geen probleem.

M: maar dat wordt alles op een grote hoop gegooid.

A: je kunt het sorteren, zoals wol / acrylic wordt apart gesorteerd bij sorteer centra. Want dat brengt meer op dan katoen, en nog veel meer als poly cotton.

M: maar kun je wol dan wel weer scheiden dan

A: waarom zou je dat willen?

M: geen idee, ligt eraan wat je ermee wil doen

A: Als je wol gemengd is met acrylic en je wilt er weer een trui van maken, dan maak je er een wol/acrylic trui van met een beetje virgin wol en acrylic toevoegen

en dan weer aan de gang. Weer spinnen. Dat is wel de pragmatische weg, iedereen roept je moet 100 % pure materialen hebben, Nee – je moet gewoon uitgaan van een functioneel materiaal want een wol acrylic is een functioneel materiaal die veel langer mooi blijft dan 100% wol. En dan probeer je het op die manier weer te recyclen. Die acrylic eruit halen en de wol laten zitten is bijna niet mogelijk. Dat zijn intiem geblende mengsels. Wol oplossen heeft geen zin dus dan moet je acrylic proberen op te lossen zonder wol te beschadigen. Ik heb het nog niet gezien. Je moet gewoon mechanisch recyclen

M: maar dan moet je dus zorgen dat altijd de juiste blends bij elkaar zitten.

A: Je zou dus wolrijke mengsels bij elkaar kunnen doen, en dan het liefst ook breisels met dezelfde structuur. Want strak of open gebreide materialen, daar moet je je recycling process op instellen.

M: dat hangt dus van veel factoren af

A: Ja als je kwaliteit wil wel, dan moet je door sorteren. Als dat je niet zoveel interesseert want ik gooi het dan toch in een nonwoven, of het gaat ergens in waar je het nooit meer ziet. En dan brengt een mengsel nog 50, 60, 70 cent per kilo op.

M: dus knitwear word alleen bij Frankenhuis mechanisch gerecycled. Maar er zijn toch ook nog andere plekken.. Brandjes?

A: die doen alleen vernietiging. Vertrouwelijke vernietiging. Dat noemen ze ook shredderen maar dan komen er alleen reepjes textiel uit waar je verder niks mee kan.

M: Goh wat een goed business model

A: Uniformen gaan daarin, truien met labels dat soort dingen.

M: Maar dat doet Frankenhuis ook.

A: Die vervezelt ook. Die maakt er ook vezels van.

M: das toch een stuk beter

A: Brandjes vernietigd alleen maar en brengt het dan weg naar een verbrandingsoven of een recyclelaar.

Chemisch recyclen gaat met katoen, wol niet, polyester gaat, polyamide gaat. Dat zijn bekende wegen. En als je mengsels heb die moet je dan zuiveren. Wol, katoen kan je prima zuiveren door te carboniseren – sterk zuur dan los je cellulose op en dan blijft je wol over, die kan daartegen. Katoen polyester, wordt wel gedaan dat je de katoen ook degradeert enzymatisch of chemisch. Of andersom, dat je de polyester degradeert – een alkalische hydrolyse – zodat je de bouwstenen van je polyester terug krijgt en de katoen overhoud. Polyester recycling 100% kun je doen via extrusie. Anders wel via chemische methodes, die zijn in ontwikkeling bij ionica. Dat is een Nederlandse start up. In Emmen zit Cure, die doen ook chemische recycling van polyester.

M: Met een merino/lyocell blend, zou je de lyocell kunnen oplossen

A: Via de-carboniseren en dan gooi je het lyocell left over weg. En dan hou je de wol over, die is 4x zo veel waard.

M: Wordt dat vaak dan weer hersponnen en dan krijg je van die recycled wool garments?

A: Ja ja, dat gebeurt in Prato op grote schaal. Al 100 jaar, Prato naast Florence is het wereld centrum voor wol recycling

M: *Ah ja ik heb het in een aantal studies voorbij zien komen*

A: en dan komen we bij de LCA, de FU hebben we het al over gehad even

M: *Ja*

A: maar 1 dag per maand 3,5 jaar dat zijn 42 draagbeurten, als die dan versleten is...

M: *dat is de vraag, het is gebaseerd op een verouderde studie. Ik moet daarvoor beter data vinden*

A: dat moet je gewoon zelf inschatten. Een jumper 1 x per maand dan draag je m 12 x per jaar..ja t zal een vrouwen ding zijn.

M: *haha*

A: ik zou zeggen zoiets draag je 1x per week gedurende 2 jaar lang.

M: *en dan is nog de vraag issie dan versleten of is men er dan op uitgekeken en gooit die m dan weg*

A: Als je m... dan gebruik je m vrij intensie, dan zal die wel aan z'n esthetische einde zijn.

M: *Esthetische einde*

A: Ja dan begint hij een beetje te flubberen en ziet hij er niet zo mooi meer uit , er zitten misschien wat pillingen in. Maar met een verflusje erbij..

M: *Met een beetje onderhoud*

A: Nouja maar met zo'n trui zou ik zeggen 100 draagbeurten. En ja zo'n trui hoe vaak moet je die wassen, 1x per 5 of 10 draagbeurten. Dan gaat 'ie zo'n 25 wasbeurten mee, voor een wol/lyocell trui lijkt me dat een aannemelijke iets..

M: *Inschatting*

A: expert guess! Het maakt niet zo uit, maar je moet kiezen. Je kunt zeggen; m'n eigen expertise is, dat ik zoveel truien per jaar koop. Dan neem je n=1 en n ben je zelf. En dan zeg je hoe lang doe je ermee. Ik denk dat jij langer met een trui doet dan 1 x per maand 3,5 jaar.

M: *Ja dat klopt, het reflecteert niet mijn gedrag nee.*

A: Dus ik zou zeggen elke dag een ander, 7 truien of weet ik veel wat. 7 setjes, dat is al een mooie kledingkast voor iemand die er bewust mee bezig is. Zo'n trui is... ik weet niet hoe je die aan de man wil brengen?

Dat wordt al een mass customized ding gebracht, ik weet niet of je gerecycled garens gaan gebruiken

M: *Daar wordt ook naar gekeken.*

A: Dat maakt hoe je zo'n ding in de markt kunt positioneren.

M: *Ja*

A: En als die trui 1 dag in de maand 3,5 jaar dan denk ik die komt bij de primark vandaan.

M: *Denk je? primark? 3,5 jaar*

A: als die dat haalt

M: *Nou, ik ga er in ieder geval nog even naar kijken.*

A: Ja

M: En met LCA 2 waarin die knitting tech veranderd is... ik vind het sowieso lastig

A: Als je vlakke banen breit en je moet daar nog snit uit knippen en recyclen, en in elkaar steken, daar zit wel milieu winst in. Voor de rest... als je een personalized ding heb speciaal voor mij gemaakt dan hecht ik me daar meer aan en dan gebruik ik m langer. Maar in jou verhaal zul je dat dus moeten uitleggen, omdat je zegt voor die reken ik 100 draagbeurten en de andere 50. Omdat de waarde die ik aan een trui hang, wat ik voor 25 euro heb gekocht op zalando – dat is een gebruiks artikel. En een trui die ik speciaal laat maken door Rosanne, die zal ik langer gebruiken. Die is ook meer op mij gemaakt..

Als je dat soort aannames maakt dan heb je zo 50% milieu winst.

M: Maar dan zou je ook een FU moeten zetten op.. ook op een jumper?

A: Het gaat over het kilogram, als je de levensduur mee wilt nemen dan is kilogram textiel verbruik per jaar, is je beste FU.

M: Textiel verbruik per jaar in kg

A: Dus als ik een jumper heb die half zo lang meegaan, heb ik dubbel zo veel verbruik aan materiaal. Bij de ene kleeid ik me 50x en de andere 100x, dus wil ik me bij optie 1 ook 100x kleden moet ik er 2 van hebben

M: en dan gaat het per user

A: in feite ga je terug naar draagbeurten, bij de ene zeg je die kan ik 100x dragen en de ene 50x

M: en dan is je FU draagbeurten per... uh kilogram

A: per kilogram. De FU, heb ik net al gezegd, kun je die altijd omrekenen naar kledingstuk. Modint Ecotool rekent altijd per kilogram materiaal

M: je doet altijd 1 kg

A: ja of 100 of 1000, want dan zie je alle cijfers achter de komma

M: ja die fout hebben we de vorige keer gemaakt

A: En dan kijk je in ecotool.. ik neem 1000 kilo als product. En dan ga je later de FU kiezen en dan zeg je, hij weegt geen 1000 kilo maar 300gram. En dan vertaal je die 1000kilo naar 300 gram. Alles delen door 3333.

M: en dat vul je in bij de Mass Input

A: Maak je daar niet druk over. Je komt wel tot een FU, die relevant voor wat je wil bewijzen.

M: voor je process input maakt dat niet uit

A: Ja voor je process input maakt t niks uit. Dus dat maakt het lekker makkelijk. Dus als je een keer dat dingetje ingevuld hebt in de ecotool en die kun je verder manipuleren.

M: Ik heb lopen klooiën in de ecotool. En nu snap ik inderdaad dat de Mass Input 1 kg, 100kg, 1000kg kan zijn

A: Ja op het eerste tapblad/overview. Daar kun je invullen wat je wilt. In de scorecard geeftie geen cijfers achter de komma maar vaak wil je dat wel weten. Dus dan is het handiger om een grotere hoeveelheid door te rekenen en dan pakt hij hem wel

M: Want bij de file management/overview, as ik zit met een 50/50 blend bij de fiber doe ik dan 500gr wol en 500gr lyocell, zolang je maar binnen dat process op 1 kilo uitkomt.

A: ja of 500 kilo en 500 kilo

M: ja maar 50/50 is inderdaad dus gewoon 2 halve invullen

A: Ja en dan vraag je hoe integreer ik overstock in de ecotool. Daar kun je nog wel een slimigheid mee doen, overstock wordt niet functioneel gebruikt – dat is een aanname die je kunt doen. Dan reken je die 6% extra materiaal, want dat is wat je niet gebruikt. En je snij afval is dan ook nog 10% en die moet je ook meerekenen want die ga je wel verven en spinnen en breien. En dat reken je dat door en dan kom je snel op dat je gebreide materiaal (fully fashioned of whole garment knitting) dat je 15-20% zuiniger bent.. dat is niet helemaal waar. Omdat waarschijnlijk de breimachine het energie verbruik wat lager is. De hoeveelheid grondstof die je invult is doorslaggevend voor je milieu impact. Overstock zou ik zeggen is niet - functioneel gebruikt en het afval 10/15% (cut&sew?). Dat betekent dus (als ik op een trui van 1000 kilogram wil uitkomen) dat ik wel met 1200 kilogram vezels moet beginnen.

M: Ja. Als ik On-demand vergelijk 1 sweater en met de andere moet ik er 900 maken.. waar blijft die impact? Kan ik dat in 1 keer meenemen... maar de dingen die verkocht worden neem je eigenlijk niet meer in je environmental impact.

A: Whole Garment is production on-demand (die wordt pas gemaakt wanneer er een order voor is), die andere worden gewoon gemaakt en daarom heb je overstock en afval. Daar heb je snijafval van de boord en panden en extra energie input nodig in confectie. Want bij Whole Garment kun je de confectie op 0 zetten..daar maak je een beetje winst. Maar dat is niet gigantisch voor de rest. Omdat je dezelfde garen hebt, en die zijn hetzelfde process. Dus je moet kijken ik input heb waarin zit de verschillen?

Ik hou er ook rekening mee dat ik er in de retail fase meer overhoud, dat is niet 0 maar dan 6% van Rebel group – de kleine maten en de grote maten blijven hangen en moeten vernietigd worden. En dus moet ik met meer materiaal starten om uiteindelijk op hetzelfde hoeveelheid stuks en truien uit te komen.

M: Van die bulk, heb je dus eigen geen last – environmentally.

A: Nee, van de rest heb je geen last. De last komt pas later, en de transport dus..zou een issue kunnen zijn.

M: mjjaaa uh..

A: Ja daar ben ik ook niet zeker van. Of je nou het garen transporteert of het hele doek. Het enige wat je kunt zeggen ik gebruik Italiaanse wol, dan gaat t naar China en vervolgens komt het hier, of het gaat van Italië rechtsreeks naar Amsterdam waar het gebreid wordt. Dan maakt transport niet uit. Als je zegt in China gebruiken ze Chinese wol en in Nederland Italiaanse wol dan maakt het niet zo heel veel uit.

M: Nee.

A: Als het allemaal Australische wol zijn, wat ik me ook kan voorstellen. Of het als wol garen of vol doek wordt getransporteerd maak t dat niets uit.

M: Waar het verschil zit dat ze zoveel verschillende kanalen moeten hebben om die stock eruit te pushen om er zo toch nog wat return voor terug te krijgen.

A: Milieutechnisch gezien,

M: maakt t niet zo uit

A: de vraag is of die trui ooit nog als trui gebruikt wordt of datie ergens naar toe gaat en wordt versneden en het een poetsdoek wordt. Als het model niet ziet of als er een fout in zit.

M: dat is niet te achterhalen

A: je weet niet of het afval is geworden

M: met On-Demand ook niet toch?

A: met On-Demand weet je exact waar die naar toe gaat

M: voor hetzelfde geldt pas dat toch ook niet

A: dan is het niet goed gemaakt en is het een productiefout

M: ik kan denk ik wel weer even vooruit

A: ja ik heb wel wat gedachtes gespard! En als er wat is dan hoor ik van je

M: Ja hartstikke bedankt, ik weet je te vinden

A: Goed weekend!

M: Hetzelfde

End recording.