

Ontwikkeling van een algoritmisch design framework om een nieuwe, innovatieve ondersteuningsmethode in beha's te introduceren.

Eline Voskuilen

Studentennummer: 02010463

Promotor: prof. Jan Detand

Begeleider: dhr. Geert Van der Biest (R&D ingenieur Van de Velde)

Masterproef ingediend tot het behalen van de academische graad van
Master of Science in de industriële wetenschappen: industrieel ontwerpen

Academiejaar 2021-2022

Ontwikkeling van een algoritmisch design framework om een nieuwe, innovatieve ondersteuningsmethode in beha's te introduceren.

Eline Voskuilen

Studentennummer: 02010463

Promotor: prof. Jan Detand

Begeleider: dhr. Geert Van der Biest (R&D ingenieur Van de Velde)

Masterproef ingediend tot het behalen van de academische graad van
Master of Science in de industriële wetenschappen: industrieel ontwerpen

Academiejaar 2021-2022

TOELATING TOT BRUIKLEEN

“De auteur geeft de toelating deze masterproef voor consultatie beschikbaar te stellen en delen van de masterproef te kopiëren voor persoonlijk gebruik. Elk ander gebruik valt onder de bepalingen van het auteursrecht, in het bijzonder met betrekking tot de verplichting de bron uitdrukkelijk te vermelden bij het aanhalen van resultaten uit deze masterproef.”

“The author gives permission to make this master dissertation available for consultation and to copy parts of this master dissertation for personal use. In all cases of other use, the copyright terms have to be respected, in particular with regard to the obligation to state explicitly the source when quoting results from this master dissertation.”

VOORWOORD

Ik wil graag de mogelijkheid nemen om mijn promotor Jan Detand te bedanken voor zijn mentorschap. Zonder zijn hulp, expertise en vertrouwen zou deze thesis nooit zover gekomen. Zelfs in moeilijke tijden stimuleerde hij me om een zo goed mogelijk resultaat af te leveren.

Verder wil ik ook Geert Van der Biest en Lien Van de Velde, beiden deel uitmakend van het R&D team bij Van de Velde NV, bedanken voor het delen van hun kennis en expertise tijdens mijn begeleiding.

Elke meeting hielp me vooruit om deze thesis met een nieuw gevonden professionele aanpak tot een goed einde te brengen. Ik wil ook iedereen bedanken die deelnam aan mijn enquêtes en interviews.

Een speciaal woord van dank gaat uit naar een van mijn medestudenten aan de Universiteit Gent voor het uitvoeren van mijn gebruikerstest en het bieden van hulp waar nodig.

ABSTRACT (nl.)

De beha is een onmisbaar kledingstuk in de garderobe van veel mensen. Hoewel de beha een belangrijk kledingstuk is in het dagelijks leven, draagt 70-80% van alle vrouwen de verkeerde maat beha. Dit kan leiden tot ernstige gezondheidsgevolgen, waaronder schaafwonden, huiduitslag, het zogenaamde 'bh-bandje defect' en zelfs het 'prikkelbare darm syndroom'. Uit markt-, in de vorm van een enquête (n = 116), en ergonomisch onderzoek is gebleken dat veel problemen teruggekoppeld kunnen worden aan de huidige beugel. Daarom richt deze thesis zich op de verkenning van mogelijke, innovatieve alternatieven voor de huidige beugel.

Voor deze studie is de dubbele diamant-methodologie toegepast om op een nieuwe en innovatieve manier te onderzoeken hoe steun geboden kan worden in een beha zonder de traditionele beugel. Deze methodologie bestaat uit vier verschillende fasen en kapitaliseerde op testen en prototyping. Er werd een gebruikerstest uitgevoerd om zoveel mogelijk feedback te krijgen. Deze bestond uit een 2-daagse draagtest gevolgd door 2 enquêtes (n = 1). Bovendien werd een enquête verspreid om de verschillende meningen met betrekking tot esthetiek te evalueren (n = 59), wat nuttig inzicht verschafte in het stijlperspectief. Het uiteindelijke proof of concept is een beha met een nieuw, innovatief ondersteuningssysteem, opgebouwd uit een op maat gemaakt patroon, geproduceerd met een Brother VR borduurmachine. Het concept heeft geen behoefte aan een traditionele beugel en kan de borsten alleen ondersteunen met het geborduurde patroon.

Keywoorden - BH, methodologie, gebruikerstest, ondersteuningssysteem, borduurwerk, beugel, patroon

Development of an algorithmic design framework to introduce a new innovative support method in bras.

Eline Voskuilen

Supervisor(s): Jan Detand, Geert Van Der Biest

Abstract - The bra is a staple in many people's wardrobe. Even though the bra is a key clothing item in everyday life, 70-80% of all women are wearing the wrong size bra. [1], [2] This could lead to severe health consequences including skin abrasions, rashes, the so-called 'bra-band defect' and even irritable bowel syndrome. [3]–[5] Conducted market -, in the form of a survey (n = 116), and ergonomic research determined that many problems can be linked back to the current underwire. For that reason, this study focused on the exploration of possible, innovative substitutes for the current underwire.

For this study, the double diamond methodology is applied to explore a new and innovative way to ensure support in a bra without the traditional underwire. This methodology consists of four distinct phases and capitalized on testing and prototyping. [6] A user test was conducted to gain as much feedback as possible. This entailed a 2-day wearing test followed by 2 surveys (n = 1). Furthermore, a survey, to assess different viewpoints regarding aesthetics was conducted (n = 59), providing useful insight on style perspective. The final proof of concept is a bra with a new, innovative support system made up out a custom pattern, produced with a Brother VR embroidery machine. The concept has no need for a traditional underwire and can support the breasts merely with the embroidered pattern.

Keywords – bra, methodology, user test, support system, embroidery, underwire, pattern

I. INTRODUCTION

A. Context

The bra is a clothing/fashion item that has existed for over 100 years. Throughout these years the bra has seen many shapes and models following fashion trends and time periods. Innovations and evolutions followed one another resulting in the push-up -, the strapless -, the sports bra and many more. After the 90's these evolutions stagnated and further revolutions were often material based ending with bra as we know it today.

B. Current situation

In 1998 research showed that 70% of all women were not wearing the correct size bra. [2] Another study went more in depth and determined that 70% wears a bra size that is too small and 10% wears a size too big. [1] This may be due to the fact that size labels are often misleading and women often do not know what indicates a proper fitting bra. These indications are necessary as various styles of bras from individual brands could have different sizes. In 2019 Dr. Burbage touched upon this topic in a 'New York Times' article. [6] Now, wearing an

incorrect bra size might seem harmless, but it could lead to serious health consequences.

C. Health risks

As mentioned before, wearing a wrong size bra may seem harmless, the health consequences are anything but harmless. Research has proven that the most common problem, breast pain, is caused by a lack of support provided by an ill-fitting bra. [7] Other health issues appear where the underwire ribbon rubs consistently against the skin under or next to the breasts. After breast pain, rashes and skin abrasions are most common occurring issues caused by too small a size. [5], [8]

Back pain, shoulder pain and neck pain are symptoms that can be traced back to long-term use of a badly fitting bra, specifically in the case of larger chested people. The shoulder pain is mainly caused by the shoulder straps. The "bra-strap defect" develops as a result of constant weight bearing over several years or in combination with breast hyperplasia (the underdevelopment of the breast). [4], [9]

Other health consequences can include stomach ache, cramps, gas, diarrhoea and even irritable bowel syndrome.[3] Bad posture, a decreased feeling of comfort and shame are also indirect problems caused by a wrong size bra.[5], [8]

Key factors that influence these health consequences are age, cup size, bra style, health history, lifestyle and diet.

II. STATE OF THE ART

A. Innovation through material

As mentioned before, most revolutions in the past years are material based as sustainability has become more important in the clothing industry in general. Furthermore, benchmarks have proven that material-based solutions are promising alternatives. A few examples of this principle are: Soft Revolt, Mindd and most recently added to this list Arkaï. All these companies strive to provide adequate support without the use of an underwire. Arkaï in particular focusses on a 'growing along with your size' concept. [10]

B. Innovation through technique

In the recent years, a combination of 3D printing and fabric has shown great promise. It is commonly used in the clothing industry but on a detail level, rather than to enhance mechanical aspects of the fabric.

One company that specialises in combining 3D printing with modern day bra construction is 'Ari' by Lidewij van Twillaert. They provide a custom solution that makes use of 3D scans. The bras are made to order to avoid unnecessary waste. During

the process, close attention is paid to individual needs and everything is custom measured to ensure a perfect fit and deliver the most pleasant experience possible, resulting in a personalised bra. [11]

They are currently working on a new development that will be permanently integrated into their bras. ‘Curvearis’ is a breast support element that can be incorporated into bras that follows the unique curve of the breast. It is produced with a specialised 3D printer and then sewn into the bra. Figure 2 shows very clearly the area in which this element is sewn into.[12]



Figure 1: The bra shows the use of the ‘Curvearis’ concept sewn into the area that follows the natural curve of the breast.

III. DESIGN CHALLENGE

A. Objective

The aim of this study is to explore and test if a new support method in bras can be introduced to serve as a possible replacement in the future. This study addressed the following research question:

‘Is it possible, by relying on modern and technical applications, to create a new, innovative support method in bras, which is not based on the use of a traditional underwire?’

As no specific target group emerged through market research, it was decided to focus solemnly on women that wear a bra. Within this target group no difference is made between women with a small or large cup size as the results of this study should be applicable to both.

B. Requirements and demands

To meet the standard of set target audience, a list of requirements and wishes is drawn up to later use as a reference guide when evaluating the prototype.

These requirements and demands are based on certain levels. These include requirements on a technical -, material -, safety -, aesthetical – and production level.

IV. METHODS

A. Double diamond methodology

This study uses the double diamond model by the Design Council. This model is based on two principles, divergence and convergence, which are applied in four separate phases.

1) *Discover: In this phase divergence is key as it is encouraged to gather as much information as possible regarding the research topic. In this phase techniques like surveys, in depth interviews and others are used to collect the needed information.*

2) *Define: After collecting as much information as possible, bot relevant and not, it is time to converge into a specific direction. Within this phase determining a package of requirements is key. In this the demands and wishes of the target group are bundled.*

3) *Develop: This stage starts with an ideation phase in which divergence again is used to broaden the work field on which further inspiration will be drawn. Ideation through benchmarks, brainstorm sessions and other are frequently used tools in this stage.*

4) *Deliver: In this phase prototypes and tests are of the upmost importance. Here it is key to gather as much feedback as possible to conclude results and to further refine the current idea.*

Within this model it is possible to work with feedback loops. Figure 1 clearly illustrates with arrows (in blue) where these feedback loops are located. These can be used to re-verify certain parameters in a current design.

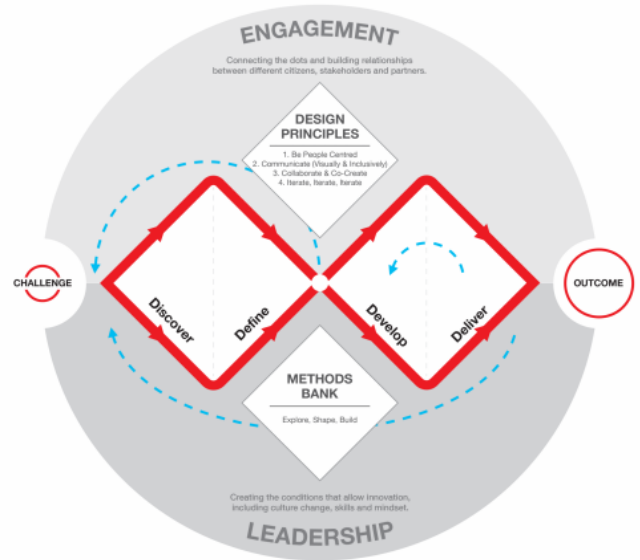


Figure 2: A schematic display of the double diamond model by the design council.

V. DESIGN PROCESS

A. Discover

To gain a first understanding of the problem and its context, a literature review was performed. In this review, topics like anthropometric measuring systems, health risks and others were explored. Additionally, surveys and in depth-interviews

were conducted to get a better understanding of the market, the consumer and the problems related to wearing a bra.

1) *Market research*

A first market related survey (n = 116) was launched to get a better understanding of the current market situation. The goal of this survey was to prove a need for another support solution within bras. Results of this survey showed that almost 75% of all participants always or often experience problems when wearing a bra. 79,8% percent of these participants indicated that these problems occurred in terms of comfort and 42,1% occurred in terms of durability. Fortunately, only 3,5% experienced serious health issues. Only 4,4% indicated to never encounter any problems while wearing a bra.

After the survey, to gather more in-depth knowledge, a list of interviews (n = 10) was conducted. In these interviews, a matching questionnaire was used, to specifically understand more about the problem zones in a bra and how certain problems influence the perception of comfort. These interviews took place in a private setting and the participants were asked to bring a bra that caused discomfort.

The results of the interviews included the struggle with the bra bands, the perception that bras are not inclusive enough and most importantly, comfort trumps the aesthetical aspects of bras. 75% of the participant indicated that comfort is a top priority while choosing a bra. The interviews confirmed the results of the survey and offered a better understanding of the problems needing to be tackled in this study.

2) *Ergonomic research*

With a better understanding of the current problems, these needed to be linked to ergonomic measurements or interpretations. The ergonomic research showed the lack of a universal measuring system for breasts. In 2019 a Turkish study was conducted to try and objective certain universal reference points and parameters when measuring breasts. [13]

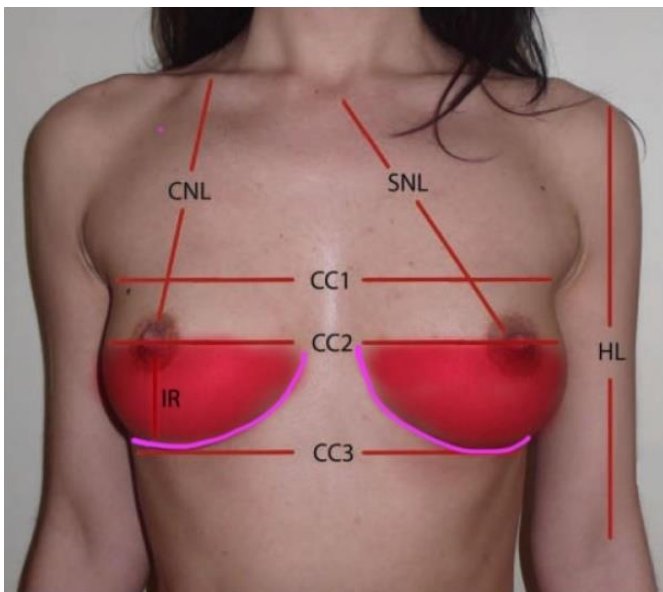


Figure 3: Figure was sourced in [13] and shows the isolated areas in which breasts need additional support.

This data and measuring model were used to isolate certain areas of the breast where additional support could be of use.

B. *Define*

In this phase, the requirements and wishes of the user were mapped out. The table below shows some examples of the requirements on a technical level.

Table 1: Technical requirements from the target group.

1	The new support method must be usable for cup sizes A-K.
2	The new support method must be usable for circumference sizes 65-115.
3	The new support method can be used as custom solution.
4	The new support method does not use an underwire.
5	The new support method does not use other materials from the non-textile family.
6	The new support method provides as much support as a steel underwire.

To apply support to the isolated zones within a bra, it was decided to use an algorithm developed within Grasshopper. This software application makes it possible to generate accurate support patterns on the intended zones with various inputs. This way the requirements and wishes of the target group can be met whilst using a innovative and technical design.

C. *Develop*

Through the use of benchmarks three separate innovation opportunities were identified. These were further explored to investigate the potential regarding this study.

1) *Fibre reinforced 3D printing*

A Markforged 2 printer was used to evaluate the possibilities within fibre reinforced printing. Based on technical drawings, a CAD geometry was constructed that could then be converted to a stl file to integrate into the slicer software. It soon became apparent that the current underwire profiles were not suitable for the 3D printer. Only after some adjustments was it possible to integrate a fibre-reinforced layer in the model.

Even with these modification, the results were not as expected. Because of the stiff fibre, the printer was not able to follow the entire curve of the underwire. This caused the fibre to re-appear between the print layers.

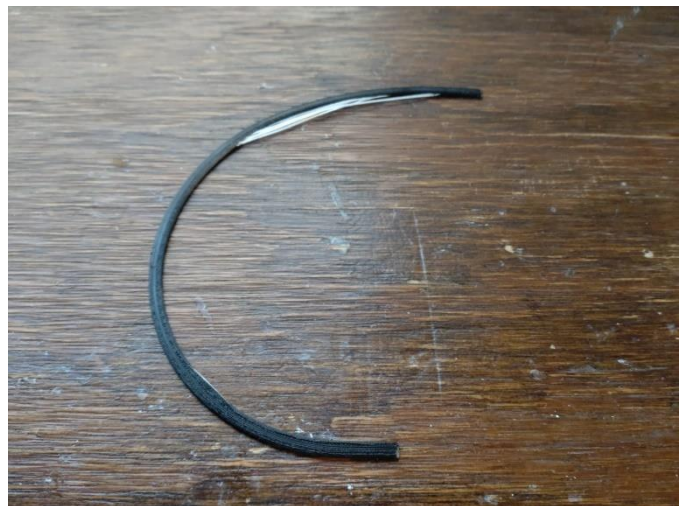


Figure 4: The result of the printed wire, clearly showing the fiber-re-appearing between the layers.

The printed model did show potential, but in terms of mechanical properties it does not come close enough to the current underwire to serve as a possible replacement.

2) 3D printing on textile

3D printing on fabric promised great potential, but the different parameters of both the filament and the fabric make it difficult to find an ideal combination. Several tests were done with PLA, TPC and TPU in combination with lycra and tulle.

The geometry used for printing was taken from grasshopper codes, developed with generative design.

The best results came from a combination of PLA and lycra. Sadly, PLA is too stiff a material to wear against the skin. This could lead to wounds or irritations and is therefore a not desirable material. A second successful test was done with a combination of TPU and tulle. These gave an indication of good mechanical properties and counteracted the stretch in the fabric.

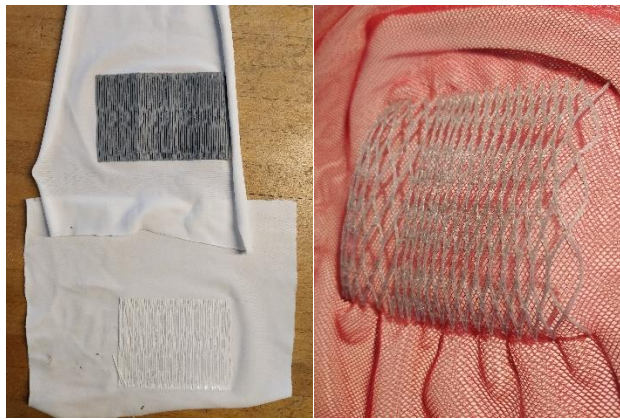


Figure 5: Right: The test combination with TPC and tulle. Left: The test combination with PLA and lycra.

Unfortunately, TPC did not adhere to either fabric, resulting in the worst results.

3) Embroidery on elastic textile

Currently embroidery is mainly used to add details or enhance certain areas with a logo or an image. The difference between manual - and machine embroidery stitches is almost non-existent and has some benefits regarding mechanical properties after stitching. Flexural strength, self-weight and textile thickness increases with the use of embroidery. In the case of elastic and stretchable fabrics, there is a noticeable decrease in elongation after adding embroidery. This way the ability of stretching the material is reduced.

To evaluate this, several samples have been produced. One test concentrated the difference between the various machine stitches available and a second test focused on the application of patterns. Again, these patterns were generated in grasshopper software.



Figure 6: Right: The successful test concentrated on the various stitches available, indicated by a number. Left: the successful test, testing a, in grasshopper generated, pattern.

Both tests had a positive outcome. In consultation with Van de Velde NV, it was decided to continue with the principle of embroidering on elastic fabrics.

D. Deliver

1) Prototyping

The prototype was based on the initial model, 'Elis' by Marie Jo, which was made available by Van de Velde. This was to avoid having to design a whole new bra. In order to produce a successful prototype, we looked at how the shape of the algorithmic pattern could be transferred to a 3D surface. In order to obtain a good approximation, a conversion method was used that allowed the 3D surface to be converted into a 2D surface. The appropriate pattern was then projected onto those surfaces.

These patterns were then converted to an image to use as a reference on the embroidery machine's software. The result of the embroidery are approximations of the support zones that will be converted into a usable prototype. This is done by aligning the embroidery zones with the sewing pattern used for the cups.

As the embroidery is only an approach, part of it is lost in the trimming process. The current bra cups are removed from the original model so that the new cups from the prototype can be sewn into the bra.



Figure 7: The prototype cups that are sewn into the existing bra.

To ensure that the embroidery lies not directly against the skin, a second layer is added into cups. To complete the prototype, the cups are attached to the straps. For this, a decent sewing machine (brand: Husqvarna), with a simple straight stitch is used. The rough finish of the prototype can be attributed to the fact that this is a quick-and-dirty prototype that

is only suitable for user tests. A high-end prototype could not be finished within the time frame of this study.



Figure 8: The finished prototype.

2) User test

The main focus of this user test is to test and compare the wearing comfort between a bra with an underwire and a bra with the new, innovative support method. The degree of support provided by the new support method is also important. In order to assess this, appropriate test criteria were drawn up.

The user test runs over a period of 2 days. This is because both the initial model and the modified version, the prototype, will have to be worn. The evaluation will take place over a full day because the comfort of a bra cannot be measured with only 5 to 10 minutes of use. That is why a normal day's use is chosen.

During the user test it was also recommended to do as much as possible what one would normally do. Also, the participant was asked to evaluate the bra on four different moments throughout the day. For this user test, fitting test criteria were drawn up that the participant could use to indicate their observations.



Figure 9: The participant while wearing the prototype in a front-, side and back view.

The results that were formulated based on the test criteria were linked back to the requirements and wishes of the target group. This concluded that not all technical requirements have been met yet, because the scope of the user tests is currently limited. This is due to long machine and production times, leading to a single prototype. In further iterations, it is important to evaluate the minimum and maximum regarding

cup – and circumference sizes. The requirements for material, aesthetics, safety and production have been met.

Additionally, the results given by the user test can be seen as successful as the prototype can indeed be used as a substitute for the current underwire. The first iteration can be seen as a success but needs further development and optimisation.

3) Quality test

When introducing a new support method, user tests are not the only important verification that needs to take place. Within this study a quality test was performed in the form of a washing test. When wearing a bra, it is important that neither the embroidery nor the fabric deforms during washing or wearing, the embroidery does not come off and the colours are retained after production. These parameters thus formed the test criteria. An example of these criteria is given in the table below.

Table 2: 2 test criteria used to evaluate the washing test.

1	The extent to which the fabric is distorted by the embroidery.
2	The extent to which the embroidery loses its shape.

The washing test was performed on a normal cycle taking 30 minutes on 30°C. A light detergent was used as well.

The results that came out of this test concluded that washing has almost no influence on the embroidery. Neither the fabric nor the embroidery distorted or lost its shape. Therefore, it can be said that the combination embroidery on Lycra is successful within the concept of the new innovative support method.

4) Aesthetical survey

In order to gain more insight into how the public views a possible new support method from an aesthetic point of view, a quick survey (n = 59) was used. The focus was mainly on the possible aesthetic added value of embroidery and how the user could experience this. This was tested by displaying different patterns and using a rating system from 1-5, with 1 = very pretty and 5 = not my taste. The emphasis on possible personalization was also mentioned in the survey.

A last point raised in the survey was the additional price people were willing to pay for the personalization option.

The results of this aesthetical survey included that 88% of all the participants liked the prototype and would be inclined to wear this. From the 59 participants, 4 decided not to give their further opinion. From the ones that did, 70% said they liked the idea of personalization and saw it as an advantage. More than 50% also stated that the rated pattern had similarities with lace, making it an enhancing aesthetical feature.

VI. CONCLUSION

The results from earlier sample- and the user test indicate that the use of a grasshopper algorithm as the basis for an innovative support method has potential. A first iteration can be considered successful.

Currently, the production process used to create the prototype could not be used to produce high numbers of bras. This is due to the long machine times and lack of optimisation in terms of the digital workflow.

The addition of extra steps to the bra production process also increases production costs. Still, one cannot fully compare the costs of a customised solution with the costs of standardised

bras. However, a better understanding of the cost distribution is needed to optimise future possibilities.

It can be concluded that further iterations are possible, but a first proof of concept within this study can be seen as a success. The research question was stated as followed:

'Can a new support method be provided in bras that is not based on the use of a brace, by means of a modern and technical application?'

Within this study this research question has been answered.

VII. FUTURE WORKS

In order to match the current bra production process, a lot of optimisation and innovation is still needed. The results obtained in this study can be seen as a baby step towards further possibilities as the results are only a first iteration. Further developments can be discussed in three different areas.

A. Technically

Fibre reinforced printing currently offers promising results when it comes to simple geometry. An option to explore here is a redevelopment or optimisation of the printhead or the printer. Here it is important to know which mechanical properties the material should definitely have after printing and to use these as starting parameters.

3D printing on textiles is an interesting path with a lot of potential, which needs further testing. The difficulty with this technique lies in the different parameters of both the filament and the textile. It should be possible to develop a filament specifically for use on several types of textiles. One company that is currently already working on this is Stratasys.

B. Optimisation

Optimisation within this theme could take place at a machine and digital level. There are many ways to optimize embroidery machines. For small runs, an optimisation of the stitching speed should certainly take place. A possible upscaling to industrial embroidery would offer extra possibilities. However, it should not be forgotten that the use of embroidery, at high industrial speed or as detail work, is always more time-consuming than not using these machines. The added value of this technique will have to be considered for every application.

A second line of thought is a link between the embroidery machine and Rhino with the Grasshopper plug-in to control the machine algorithmically.

A third line of thought focuses on the digital workflow that is created by using different CAD packages in combination with 3D scanning. Harmonisation between different CAD packages which are often used in combination is desirable.

C. Financially

The current production of underwires and bras cannot yet be replaced by the result from this study. The focus of this study was on the technical development of an algorithmic framework and less on the economic profit model. In further steps, production costs and a business model will have to be considered. It is also important to investigate the market feasibility.

A first step can be the application of an effort/impact matrix. This is to see how much time, energy, risk and money you are willing to put into the new support method in order to achieve

maximum impact. [14] This also makes it possible to look very closely at where added value lies.

ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to thank my supervisor Jan Detand for his mentorship. Without his help, expertise and trust, this study would never have reached the point it did. Even in challenging times he pushed me to deliver my best possible result.

I also want to thank Geert Van der Biest and Lien Van de Velde, both part of the R&D team at Van de Velde NV, for sharing their knowledge and guiding me with their expertise. Every meeting helped me develop further to complete this study with a newfound professional approach. I want to thank everyone participating in my surveys and interviews as well. A special thanks goes out to one of my fellow students at University Ghent for performing my user test and providing help when needed.

REFERENCES

- [1] K. Wood, M. Cameron, and K. Fitzgerald, "Breast size, bra fit and thoracic pain in young women: A correlational study," *Chiropr. Osteopat.*, vol. 16, 2008, doi: 10.1186/1746-1340-16-1.
- [2] E. A. Pechter, "A new method for determining bra size and predicting postaugmentation breast size," *Plast. Reconstr. Surg.*, vol. 102, no. 4, 1998, doi: 10.1097/00006534-199809040-00056.
- [3] Amy, "7 bijwerkingen van het dragen van de verkeerde bh-maat," *Mooi Verouderen*. <https://www.mooiverouderen.com/7-bijwerkingen-van-het-dragen-van-de-verkeerde-bh-maat/> (accessed Apr. 20, 2022).
- [4] H. A. Mentz, A. Ruiz-Razura, and L. A. Miniel, "Correction of the bra strap shoulder groove deformity in women," *Plastic and Reconstructive Surgery*, vol. 120, no. 7, 2007. doi: 10.1097/01.prs.0000264660.73371.14.
- [5] J. Wakefield-Scurr, "Wearing an ill-fitting bra isn't just uncomfortable, it's bad for your health," *The Conversation*, Aug. 15, 2018. <https://theconversation.com/wearing-an-ill-fitting-bra-isnt-just-uncomfortable-its-bad-for-your-health-100292> (accessed Apr. 20, 2022).
- [6] A. Perling and C. Colizza, "Are 8 Out of 10 Women Really Wearing the Wrong Bra Size?," *The New York Times*, Jul. 10, 2019. Accessed: Apr. 20, 2022. [Online]. Available: <https://www.nytimes.com/2019/07/10/style/lingerie-are-8-out-of-10-women-really-wearing-the-wrong-bra-size-a-bra-myth-busted.html>
- [7] J. Scurr, W. Hedger, P. Morris, and N. Brown, "The prevalence, severity, and impact of breast pain in the general population," *Breast J.*, vol. 20, no. 5, 2014, doi: 10.1111/tbj.12305.
- [8] S. Danquah, "Wrong bra size can lead to many health problems, women told," *Ghana New Agency*, Oct. 18, 2021. <https://www.gna.org.gh/1.21227931> (accessed Apr. 20, 2022).
- [9] D. B. Vermeulen, "Plastische heekunde: Borstassymetrie," *ZOL*, 2018. <https://www.zol.be/plastische-heelkunde/ingrepen/borst/borstassymetrie-ongelijke-borsten> (accessed Apr. 25, 2022).
- [10] "Arkaï – The Perfect Fit®." <https://www.arkai.be/> (accessed May 22, 2022).
- [11] "Ari van Twillert – Wear the story." <https://www.arivantwillert.com/> (accessed May 22, 2022).
- [12] "Curvearis – Ari van Twillert." <https://www.arivantwillert.com/curvearis/> (accessed May 22, 2022).
- [13] D. K. Avşar, A. C. Aygıt, E. Benlier, H. Top, and O. Taşkinalp, "Anthropometric breast measurement: A study of 385 Turkish female students," *Aesthetic Surg. J.*, vol. 30, no. 1, 2010, doi: 10.1177/1090820X09358078.
- [14] Bureau Tromp, "Hoe prioriteer je verbeterideeën?" <https://bureautromp.nl/prioriteren-verbeterideeën-effort-impact-matrix/> (accessed May 22, 2022).

Voor Rens en Oma

01 INTRODUCTIE

1.1 De Beha	23
1.2 Huidige situatie	24
1.3 Gezondheidsgevolgen	25
1.4 Proces	26
1.4.1 Tijdlijn	26
1.4.2 Methodologie	27
1.5 Stakeholders	29

02 ONDERZOEK

2.1 Marktonderzoek	31
2.1.1 Kwalitatief onderzoek	31
2.1.1.1 Resultaten	31
2.1.2 Kwantitatief onderzoek	38
2.1.2.1 Resultaten	38
2.2 Ergonomisch onderzoek	39
2.3 Probleemstelling	41
2.4 Relevantie	42
2.4.1 Ergonomisch vlak	42
2.4.2 Sociaal vlak	43
2.5 Doelgroep	44

03 IDEATION

3.1 Overzicht problemen	46
3.1.1 Pakket van eisen	47
3.2 Benchmarks	48
3.3 Grasshopper Algortime	51
3.4 Opportuniteiten	52
3.4.1 Vezel versterkt printen	52
3.4.2 3D printen op textiel	57
3.4.3 Borduren op elastische stof	63
3.5 1 ^e Verificatie	69

04 UITWERKING

4.1 Plan van aanpak	72
4.1.1 Analyse steunzone	72
4.2.1 Koppeling grasshopper algortime	73
4.2 Workflow	73
4.2.1 Overview workflow	73
4.2.2 3D scans	73
4.2.3 Verwerking 3D scans	74
4.2.4 Workflow Siemens NX	75
4.2.5 Workflow Rhino	80
4.2.5.1 Lange workflow	80
4.2.5.2 Versnelde workflow	85
4.2.6 Implementatie grasshopper	86
4.3 Toevoeging patronen	87
4.3.1 Toegevoegde waarde	87
4.3.2 Soorten patronen	87
4.3.3 Toepassing patroon	90

05 VERIFICATIE

5.1 Prototype	95
5.1.1 Uitgangsmodel	95
5.1.2 Uitwerking prototype	96
5.2 User test met oog op comfort	99
5.2.1 Opzet gebruikstest	99
5.2.2 Test criteria	100
5.2.3 Resultaten Prototype	101
5.2.4 Vergelijking bestaand model	106
5.3 Enquête met oog op experience	108
5.3.1 Esthetische mogelijkheden	108
5.3.2 Resultaten	109
5.4 Kwaliteitstest	113
5.4.1 Opzet wastest	113
5.4.2 Test criteria	114
5.4.3 Resultaten	115
5.4.3.1 Wastest met oog op vorm	115
5.4.3.2 Wastest met oog op steeksoort	118

07 DUURZAAMHEID

7.1 Duurzaamheid	123
7.1.1 Design Justice	123
7.1.1.1 Problem framing	123
7.1.1.2 Toepassing D4S	125
7.1.1.3 Connectie met SDG's	129
7.1.1.4 Conclusie	130
7.1.2 Eco-Design	130

09 REFERENTIES

135

06 CONCLUSIE

6.1 Conclusie	121
---------------	-----

08 TOEKOMST

8.1 Reflectie	132
8.2 Future works	133

10 APPENDIX

139

LIJST MET FIGUREN

Figuur 1: Tijdlijn thesis	26
Figuur 2: Het double diamond model van de design council Bron [22]	27
Figuur 3: Het double diamond model toegepast op het verloop van de thesis	27
Figuur 4: Het Van de Velde NV logo	29
Figuur 5: weergave gegevens voor leeftijd 20-29	31
Figuur 6: Weergave gegevens voor leeftijd 31-64	31
Figuur 7: weergave gegevens voor leeftijd 20-29	32
Figuur 8: Weergave gegevens voor leeftijd 31-64	32
Figuur 9: weergave gegevens voor leeftijd 20-29	33
Figuur 10: Weergave gegevens voor leeftijd 31-64	33
Figuur 11: weergave gegevens voor leeftijd 20-29	34
Figuur 12: Weergave gegevens voor leeftijd 31-64	34
Figuur 13: weergave gegevens voor leeftijd 20-29	35
Figuur 14: Weergave gegevens voor leeftijd 31-64	35
Figuur 15: weergave gegevens voor leeftijd 20-29	35
Figuur 16: Weergave gegevens voor leeftijd 31-64	35
Figuur 17: Grafische weergave van de probleemzones op vlak van comfort	36
Figuur 18: Grafische weergave van de probleemzones op vlak van duurzaamheid	37
Figuur 19: Grafische weergave van de probleemzones op vlak van ergonomie	37
Figuur 20: Grafische weergave van de probleemzones op vlak van ergonomie	38
Figuur 21: Comfort vs. Uiterlijk matrix	39
Figuur 22: Weergave van de universele referentiepunten en parameters uit de Antropometrische studie uit bron [27]	40
Figuur 23: Weergave van de geïsoleerde steunzones op figuur uit de antropometrische studie uit bron [27]	40
Figuur 24: Grafische weergave van de onderlinge relatie die de verschillende subgroepen hebben	44
Figuur 25: Grafische weergave van de probleemzones en meer gedetailleerd waar de beugel stoort.	45
Figuur 26: In kaart brengen van de gevolgen die het verwijderen van de beugel heeft	46
Figuur 27: Een overzicht van verschillende benchmarks op een matrix van esthetisch vs. beugel.	49
Figuur 28: Afbeelding van de 'Curvearis' beha.	50
Figuur 29: Afbeelding van de 'Arkaï Perfect fit' beha.	50
Figuur 30: Voorloper van het huidige grasshopper algoritme	51
Figuur 31: Overzicht van methodes hoe vandaag de dag met vezels versterkt geprint kan worden. Bron [36]	53
Figuur 32: De beugeldoorsnede C3.0 afkomstig van de technische tekeningen van Van de Velde	54
Figuur 33: Aangepaste beugelsnede, gebaseerd op de C3.0 beugeldoorsnede.	54
Figuur 34: Weergave van het CAD-model in de Eiger slicer software.	54
Figuur 35: 3D geprinte beugel van onyx in combinatie met glasvezel waarbij de vezel duidelijk tussen de de verschillende lagen uitkomt	56
Figuur 36: Grafiek over het gedrag van verschillende materialen wat stijfheid aangaat. Deze grafiek is overgenomen uit bron [37]	56
Figuur 37: Microscopische weergave hoe het filament tussen de natuurlijke vezels vloeit	57

afhankelijk van de Z-hoogte van de printkop. Deze afbeelding is overgenomen uit bron [39]	
Figuur 38: Hemp vezel stof	58
Figuur 39: Voorbeeld van een polyester stof	58
Figuur 40: Voorbeeld van hoe de opspanning van textiel op een 3D printer eruit ziet.	59
Figuur 41: Prusa i3 MK3S+	60
Figuur 42: Printtest van lycra waarop PLA geprint is	62
Figuur 43: Testprint met lycra en TPC. Slechte hechting	62
Figuur 44: Testprint van tule en TPU. Geslaagde hechting	62
Figuur 45: Weergave van het verschil tussen een digitaal ontwerp en het uiteindelijke geborduurde resultaat. bron[51]	64
Figuur 46: Weergave van het verschil tussen de digitale weergave van een borduursteek en het geborduurde resultaat bron[51]	64
Figuur 47: Voorbeeld van een stabilisator	64
Figuur 48: De Brother VR borduurmachine	65
Figuur 49: User interface van de software PE-Design	65
Figuur 50: User interface van de software PE-Design	66
Figuur 51: Afbeelding die gebruik werd om een test van de verschillende steeksoorten te doen	66
Figuur 52: weergave van het testresultaat van de verschillende steken, geborduurd op lycra	63
Figuur 53: Het borduursel voor uitrekken	64
Figuur 54: Het borduursel na uitrekken	64
Figuur 55: Weergave van de geïsoleerde steunzones op figuur uit de antropometrische studie uit bron [27]	68
Figuur 56: Grafische weergave van de volledige workflow in combinatie met het gebruikte CAD-pakket	73
Figuur 57: Afbeelding van de Artec EVA lite scanner	74
Figuur 58: Stap 1 het importeren van de scan, in stl formaat, in Siemens NX	75
Figuur 59: Overzicht van alle bewerkingstools die beschikbaar zijn in Siemens NX	75
Figuur 60: Overzicht van alle bewerkingstools die beschikbaar zijn in Siemens NX	75
Figuur 61: Stap 2 het juist oriënteren van de stl file	76
Figuur 62: Stap 3 het bijsnijden van de ruwe stl met behulp van het gebruik van planes	76
Figuur 63: Stap 4 het uitvoeren van een 'Cleanup facet body' commando	77
Figuur 64: Stap 4 het opvullen van mogelijke gaten die nog in het facet body zitten	77
Figuur 65: Het model voor de toepassing van 'smooth'	78
Figuur 66: Het model na de toepassing van 'smooth'	78
Figuur 67: De surface tools die beschikbaar zijn op Siemens NX	78
Figuur 68: Stap 6 het gebruik van rapid sufacing tools om de surfaces van de steunzones te construeren	78
Figuur 69: Stap 6 weergave van het resultaat van de surfaces	79
Figuur 70: Stap 1 het importeren van de opgeslagen stl file van de surfaces, gevormd in Siemens NX	80
Figuur 71: Stap 2 het kopieëren van de mesh edges m.b.v. 'Extract mesh edges' tool	80
Figuur 72: Selectie vastzetten op enkel punten	81
Figuur 73: Stap 3 mesh control points van de volledige mesh worden ingeschakeld.	81
Figuur 74: Stap 4 de mesh control points worden gebruikt om een curve te vormen	81
Figuur 75: Stap 5 mesh control points worden op de mesh edges ingeschakeld	82

Figuur 76: Stap 6 hetzelfde principe als bij stap 4	82
Figuur 77: Stap 7 het commando 'curve network' wordt gebruikt	83
Figuur 78: Stap 8 herhaal voor de andere surface om volgend resultaat te krijgen	84
Figuur 79: Export optie STEP file	85
Figuur 80: Overzicht van de exporteer instellingen binnen Siemens NX	85
Figuur 81: Het surface vanuit Rhino wordt in Grasshopper door het gebruik van 'set on surface' gelinkt.	86
Figuur 82: Nu is het commando surface actief. Als je erop klikt wordt de surface in Rhino groen aangeduid	86 87
Figuur 83: Vormstudie van verschillende patronen	87
Figuur 84: Een overzicht van alle 'paneling tools' in Grasshopper	90
Figuur 85: 1e deel van de code, deze specificeert zich enkel op het patroon	90
Figuur 86: 2e deel van de code, hierin zijn de surfaces vanuit Rhino gedefinieerd	91
Figuur 87: 3e deel van de code	91
Figuur 88: 4e en laatste deel van de code.	91
Figuur 89: het patroon zonder het gebruik van attractor points	92
Figuur 90: het patroon met gebruik attractor points	92
Figuur 91: 3e deel van de code, met variatie	92
Figuur 92: Resultaat van de curve op de surfaces in Rhino	93
Figuur 93: Model 'Elis' van Marie Jo	95
Figuur 94: Patroondeel 'Elis' cup	95
Figuur 95: 'Smash' commando in Rhino	96
Figuur 96: Weergave de platte surface met daarop het geprojecteerde patroon	96
Figuur 97: borduur pad linker cup	97
Figuur 98: borduur pad rechter cup	97
Figuur 99: Brother VR machine in gebruik	97
Figuur 100: Voorkant cups	98
Figuur 101: Achterkant cups	98
Figuur 102: Uitgenomen cups	98
Figuur 103: Cups ingenaaid in beha	98
Figuur 104: Prototype op hanger	99
Figuur 105: Prototype plat op tafel	99
Figuur 106: Huidige borduurzones	101
Figuur 107: Gewenste borduurzones	101
Figuur 108: Visuele weergave van het verschil in densiteit van het patroon op de linker- en rechter cup	102
Figuur 109: De pasvorm van de beha na het aandoen in voor-, zij- en achter aanzicht	103
Figuur 110: De pasvorm van de beha in zijaanzicht doorheen de dag	103
Figuur 111: 3D scan vooraanzicht originele beha	106
Figuur 112: 3D scan vooraanzicht prototype beh	106
Figuur 113: Te beoordelen esthetische opties	109
Figuur 114: Gegevens enquête interesse in het prototype	109
Figuur 115: Weergave voorkeurspatroon	110
Figuur 116: Design E	110
Figuur 117: Weergave gegevens of patronen kant gelijk zijn	111
Figuur 118: Weergave gegevens of beha steun zou bieden	111

Figuur 119: Verhouding extra betalen personalisatie met kosten beha	112
Figuur 120: Borduursel om de verschillende steken te testen	114
Figuur 121: Borduursel met vormkenmerken	114
Figuur 122: Borduursel voor het wassen	115
Figuur 123: Borduursel na het wassen	115
Figuur 124: Borduursel voor het wassen	117
Figuur 125: : Borduursel na het wassen	117
Figuur 126: Een lingerie campagne van enkele jaren terug waar toen veel kritiek op kwam.	123
Figuur 127: Een lingerie campagne gefocust op vrouwen en 'sexy' zijn.	124
Figuur 128: Een lingerie campagne gefocust op het vrouwelijke en schattige	124
Figuur 129: Design for sustainability model van Ceschin & Gaziulusoy, 2020	125
Figuur 130: De huidige standaard, weergegeven op een statistisch staartmodel.	126
Figuur 131: De nieuwe standaard, weergegeven op een statistisch staartmodel. Zo is er 100% bereik van de markt.	126
Figuur 132: Een stappenplan van hoe een borstprothese gebruikt kan worden om een beha op te vullen.	127
Figuur 133: Een vergelijking van assortiment per cupmaat op de website van Hunkemöller 1	127
Figuur 134: Een vergelijking van prijs afhankelijk van merk en cupmaat	128
Figuur 135: DSG nummer 3, met als hoofddoel: 'Good health and well-being'	129
Figuur 136: DSG nummer 5, met als hoofddoel: 'Gender equality'	129
Figuur 137: Een voorstelling van een effort/impact matrix.	134

LIJST MET TABELLEN

Tabel 1: Gegevens enquête over leeftijd en comfort tijdens het dragen.	31
Tabel 2: Gegevens enquête over cupmaat en model bij leeftijd 20-29	32
Tabel 3: Gegevens enquête over cupmaat en model bij leeftijd 31-64	32
Tabel 4: Gegevens enquête over hoe draagfrequentie correleert met comfort ervaring bij leeftijd 20-29	33
Tabel 5: Gegevens enquête over hoe draagfrequentie correleert met comfort ervaring bij leeftijd 31-64	34
Tabel 6: Gegevens enquête over hoe comfort wordt beïnvloed door het model beha van leeftijd 20-29	34
Tabel 7: Gegevens enquête over hoe comfort wordt beïnvloed door het model beha van leeftijd 31-64	34
Tabel 8: Gegevens enquête over waar de meeste problemen optreden	35
Tabel 9: Overzicht test resultaten van het vezel versterkt printen	55
Tabel 10: Materiaal eigenschappen van PLA, TPC en TPU. Deze gegevens zijn samengevoegd uit volgende bronnen: [40], [47], [48]	61
Tabel 11: Overzicht test resultaten van 3D printen op textiel met de afzonderlijke parameters per test	61
Tabel 12: Overzicht van het verschil tussen machinaal - en handmatig borduren en hun effect op verschillende parameters. Info afkomstig uit bron [50]	63
Tabel 13: Overzicht van de verschillende steeksoorten en hun resultaat op lycra	64
Tabel 14: Overzicht van de resultaten op lycra en hun geobserveerde resultaat op textiel	68
Tabel 15: Overzicht van de resultaten op lycra en hun geobserveerde resultaat op textiel	69
Tabel 16: Overzicht van de verschillende patronen, hun inspiratie en hun vermoede eigenschappen	89
Tabel 17: Een opsomming van alle test criteria om het uitgangsmodel met het prototype te vergelijken	99
Tabel 18: Een opsomming van alle test criteria om het prototype te beoordelen	100
Tabel 19: De antwoorden van de testpersoon per test criterium	102
Tabel 20: Verificatie aan de hand van de vooropgestelde eisen en wensen	105
Tabel 21: Vergelijking tussen het uitgangsmodel en het prototype aan de hand van de test criteria gegeven voor de gebruiker	108
Tabel 22: Gegevens enquête over de interesse in het dragen van het prototype	109
Tabel 23: Gegevens enquête over de algemene voorkeur binnen de aangeboden patronen	110
Tabel 24: Gegevens enquête de gelijkheid met kant	110
Tabel 25: Gegevens enquête over de algemene aanname over de steunvoorziening	111
Tabel 26: Gegevens enquête de correlatie tussen fan zijn van personalisatie en de meerwaarde ervan	111
Tabel 27: Gegevens enquête de correlatie tussen de ervaring van personalisatie en de extra stap naar kopen toe	112
Tabel 28: Gegevens enquête de correlatie tussen de waarde inschatting van personalisatie en het totaal bedrag van de beha 1	112
Tabel 29: Opsomming test criteria voor de wastest	114
Tabel 30: Eisen rond wassen en drogen en hun verificatie in de test	115
Tabel 31: Ppsomming resultaten van de wastest met oog op de verschillende steeksoorten	116
Tabel 32: Opsomming resultaten van de wastest met oog op de vormkenmerken	118

LIJST VAN AFKORTINGEN & SYMBOLEN

FDM	Fused deposit modeling
PLA	PolyLactic acid
TPC	Thermoplastic copolyester
TPU	Thermoplastic polyurethane
CAD	Computer aided design

A woman with long dark hair, wearing a white lab coat, is shown in profile, looking at a black bra she is holding. The background is a brightly lit laboratory with other people in white lab coats working at a table. The overall tone is professional and scientific.

01

INTRODUCTIE

- 1.1 De Beha
- 1.2 Huidige situatie
- 1.3 Gezondheitsgevolgen
- 1.4 Proces
 - 1.4.1 Tijdlijn
 - 1.4.2 Methodologie
- 1.5 Stakeholders

1.1 De Beha

Het verhaal van de beha begint rond het jaar 1890. Voor die tijd was het enige waar vrouwen over beschikten korsetten. Het eerste idee voor een beha verschijnt hier op de markt, maar krijgt geen voet aan wal door de grote korsetindustrie en het feit dat de mensen nog niet klaar zijn voor de volgende stap. [1]

De eerste echte ontwikkeling komt pas rond het jaar 1900. Rayon, een nieuw synthetisch materiaal, brengt een revolutie teweeg, niet alleen in de kledingindustrie maar ook in de lingerie sector. Effectieve toepassingen van het materiaal exploderen dan ook rond 1920. [2]

In 1922 maak Ida Rosenthal, een Russische immigrante, naam en faam met een nieuw beha systeem, tegenwoordig beter bekend als de voorloper van het huidige cupmaten systeem. Dit zorgt voor de eerste ontwikkeling richting de beha zoals we hem nu kennen. Dit gebeurde onder de merknaam Maidenform. [1], [3], [4]

Niet veel later wordt het lot van het korset bezegeld door de introductie van Lastex. Dit materiaal zorgt voor meer ondersteuning, elasticiteit en is lichaamsvriendelijker. Het oude korset met zware baleinen wordt al snel aan de kant gegooid. [1]

In de tussentijd wordt het cupmaten systeem van Ida Rosenthal enthousiast overgenomen. Dit leidt tot de cupmaten A tot D. [3]

Tijdens de tweede wereldoorlog is er een serieuze materiaal schaarste die ervoor zorgt dat de meeste vrouwen duurzame beha's dragen die lang meegaan. [3] Dit is dan ook de periode dat cups in beha's worden geïntroduceerd. Niet om als push-up te dienen, maar om de tepels te verbergen. Papieren patronen worden ook populair. Zo kunnen vrouwen hun eigen beha's naaien. [1]

Na de oorlog wordt het een heel ander verhaal. Vooral jonge vrouwen besteden veel tijd aan hun onderkleding en de Duitse beha industrie boomt. Ook nu worden torpedobeha's of 'bullet bras' populair. [5]

Tegelijkertijd wordt de vraag naar voedingsbeha's groter door de naoorlogse babyboom. [1] In 1947 wordt het concept inkijk geïntroduceerd door Frederick Mellinger en zijn push-up beha. Dit veranderde het modebeeld drastisch en voor het eerst wordt een beha als 'sexy' gezien. [6]

De jaren hierna blijft de beha evalueren en een verdere revolutie komt in het jaar 1959. Lycra doet zijn intrede in de beha wereld. De stretchvezel zorgt voor een beter draagcomfort en voor het eerst verschijnt er een beha op de markt zonder schouderbandjes. De strapless beha is geboren. [1]

Eind jaren 70 wordt joggen populair. De beha's die op dat moment verkrijgbaar zijn, zijn niet geschikt voor deze lichamelijke beweging. Lisa Lindahl bedenkt daarom de eerste sportbeha. [4], [7] Verder is op dat moment de discorage de grootste fashion invloed. Dit leidt tot vleeskleurige beha's zonder bandjes dit het populairst zijn om te dragen onder haltertopjes. [1]

In de jaren 80 zorgen veel ontwikkelingen voor een evolutie in de beha wereld. Dit ook het moment waarop de beugelbeha zijn intrede doet. Het innaaien van metalen beugels zorgt vooral bij vrouwen met een grote cupmaat voor uitzonderlijk veel steun. Zo is de beugelbeha ineens niet meer weg te denken in de lingerie wereld. [1]

Later, midden in de jaren 90, wint de 'wonderbra' eindelijk aan populariteit. Deze werd al eerder ontwikkeld in 1964, maar wordt nu pas populair. Zo ontstaat het push-up effect van beha's zoals we die vandaag nog vaak zien. [4]

In de jaren 2000, ligt er naast comfort ook een focus op duurzame materiaalkeuze. In 2007 werd een eerste beha geïntroduceerd waarin een mix materiaal met daarin bamboe werd toegepast. Populaire merken zoals Chantelle en Ballet volgden snel. [1]

Twee jaar komen beha's met memory foam cups op de markt. Deze zorgen voor een beter comfort en passen zich door lichaamswarmte aan, aan de borsten tijdens dagdagelijkse dagbesteding. [4], [6] Dit is ook de laatste evolutie die de beha tot op de dag van vandaag heeft doorgemaakt.

De beha is niet enkel een comfort item, het is een vaste waarde die in bijna elke vrouwengarderobe is terug te vinden. Het is een mode item en zorgt voor zelfzekerheid en voorziet tegelijkertijd steun en comfort. Iets wat het intussen al meer dan 100 jaar doet.

1.2 Huidige situatie

De beha is in veel dames garderobes niet meer weg te denken en wordt dagelijks gedragen. Ondanks de hoge frequentie waarin vrouwen een beha dragen, weten maar weinig vrouwen hoe de maatvoering en de constructie van dit intieme kledingstuk in elkaar zit. Uit zelfs afgenomen diepte-interviews (n=10) blijkt dat 90% niet weet wat voor enorme krachten invloed hebben op een beha en 20% durft het maatadvies dat aangemeten wordt, in de winkel, in de wind te slaan.

Een aanname uit het onderzoek van plastisch chirurg Dr. Pechter (1988) is, dat minstens 70% van alle vrouwen een foutieve maat beha draagt. [8] Een andere studie gaat hier dieper op in en concludeerde dat 80% van de vrouwen de verkeerde maat draagt, waarvan 70% een te kleine maat en 10% een te grote maat. [9] Dit kan te wijten zijn aan het feit dat vrouwen vaak niet weten waar ze op moeten letten en dat maatkaartjes aan beha's vaak een niet eenduidig beeld geven.

In een artikel uit de 'New York Times' is Carrie Gergely aan het woord, een bra fitter bij Victoria's Secrets en eveneens winkelmanager: *"Women, she said, didn't know how the cups were supposed to fit. They didn't know where the chest plate between the breasts was supposed to lie, they didn't know how the straps were supposed to rest, or where it should hit on their back. They just had no concept of how they were supposed to wear the bra."* [10]

Het probleem ligt dus niet zozeer bij de maat die op het kledinglabel staat, maar meer dat vrouwen zelf niet weten waar ze op moeten letten voor een goede fit. Zo zegt Dr. Burbage in hetzelfde artikel dat ze afhankelijk van de behastijl en beha fabrikant een andere maat heeft. [10] Een conclusie zou kunnen zijn dat beha maten al net zo artificieel zijn als confectie kledingmaten. Echter is dragen van een foutieve beha niet zonder gevolgen.

1.3

Gezondheidsgevolgen

Net als bij het dragen van een te kleine schoen, een foutieve sterkte lens of het werken op een slecht afgestelde bureaustoel, kan het dragen van een verkeerde beha maat tot ernstige gezondheidsgevolgen leiden.

Onderzoek heeft uitgewezen dat het meest voorkomende probleem borstpijn is, te wijden aan te weinig steun door een slecht zittende beha. In extreme gevallen kan onvoldoende borststeun zelfs leiden tot het uitrekken van borstligamenten wat op lange termijn leidt tot borstverslapping. [11]

Verder kunnen er huidproblemen ontstaan op de plaats waar het beugellint tegen de huid drukt. Het langdurig dragen van een foutieve beha maat kan zelfs tot littekenweefsel leiden. Dit is een veel voorkomend probleem bij de keuze van een te kleine maat beha, dit kan zelfs leiden tot blaren op de huid. [12], [13]

Een te strakke beha kan ook lymfevaten afknijpen, waardoor gif- en afvalstoffen niet correct afgevoerd kunnen worden in het lichaam. In ernstige gevallen kan dit mogelijks de oorzaak zijn van cysten, tumoren en zelfs borstkanker. [14]

Ook de werking van het middenrif kan door tussenkomst van een te strakke beha hinder ondervinden. Het middenrif masseert de spijsverteringsorganen wat op zijn beurt leidt tot een goede spijsvertering. Als dit gehinderd wordt door een te strakke beha kan dit gevolgen hebben als het 'prikkelbare darmsyndroom'. Minder ernstige gevolgen zijn buikpijn, darmkrampen, gas en diarree. [14]

Rugpijn, schouderpijn en nekpijn zijn ook symptomen die teruggekoppeld kunnen worden aan het langdurig dragen van een foutieve beha maat bij grote borsten. In het geval van schouderpijn wordt dit voornamelijk veroorzaakt door de schouderbandjes. Het 'beha-band defect' ontwikkelt zich als gevolg van constante gewichtsdragende spanning gedurende meerdere jaren of in combinatie met borsthyperplasie (de onderontwikkeling van de borst). [15], [16]

Andere gevolgen zijn een slechte houding, algemeen draagdiscomfort en schaamte. Ook het vermijden van sport is een indirect gevolg van een slecht passende beha. [12], [13]

Op het vlak van gezondheid, mogen de materialen waaruit een beha is gefabriceerd niet over het hoofd gezien worden. De huid is het grootste orgaan van het menselijke lichaam. Beha's net als andere intieme kledingstukken (onderbroeken, jarretels en kniekousen), worden dicht tegen de huid gedragen, waarbij het dragen van doorluchtende stoffen van uiterst belang is. [17]

Als de huid niet genoeg lucht krijgt kan dit uitslag, irritaties, bacteriële – en schimmelinfecties tot gevolg hebben. [17]

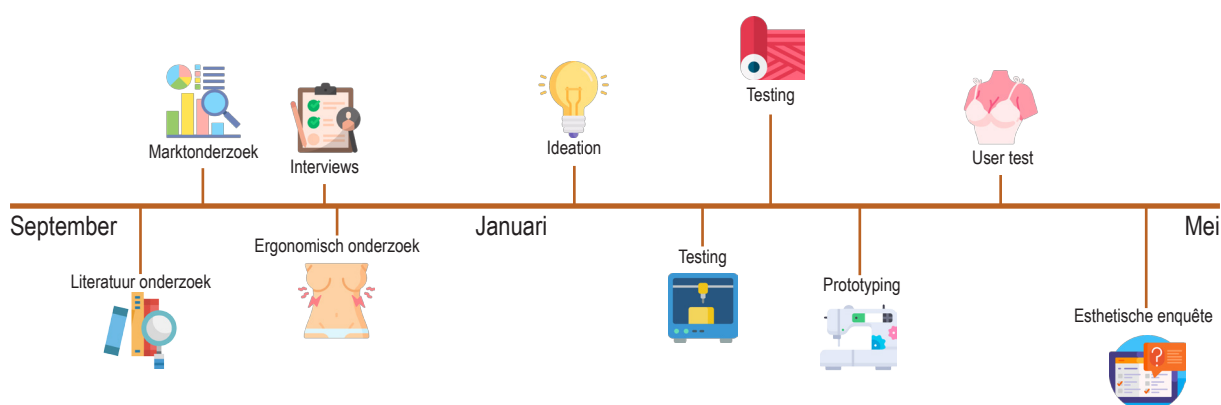
Belangrijke factoren die deze gezondheidsgevolgen beïnvloeden zijn leeftijd, cupmaat, behastijl, gezondheidshistorie, levensstijl en eetpatroon.

1.4.1 Tijdlijn

Binnen deze thesis werd een tijdlijn gevolgd die samenhangt met de gebruikte methodologie: 'The design thinking methodology'. Daarin zijn 4 grote fases te onderscheiden nl: discover, define, develop en deliver.

Per grote fase zijn verschillende tools gebruikt om informatie te vinden en te streven naar het best mogelijke eindproduct.

Het tijdsbestek van deze thesis liep van september 2021 tot juni 2022.



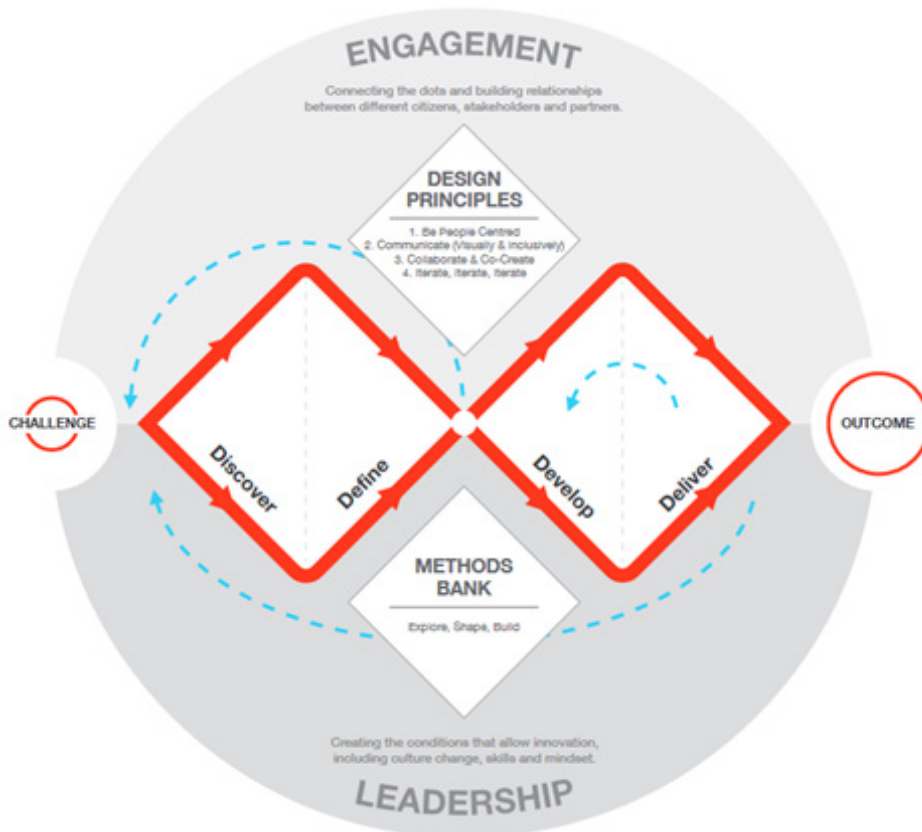
Figuur 1: Tijdlijn thesis

1.4.2 Methodologie

Binnen deze thesis wordt er gebruik gemaakt van de double diamond approach by de design council. Binnen deze aanpak wordt er een verschil gemaakt tussen convergeren en divergeren. [18] Het divergeren begint met de discover of ontdekkingsfase. In deze fase wordt onderzocht waar het probleem ligt, tot welke frustraties deze problemen leiden, welke stakeholders van belang zijn binnen de scope, of de markt opstaat voor nieuwe oplossingen en aan welke noden en wensen de oplossing moet voldoen. Dit is nodig om de context en relevantie van het probleem te kennen. In deze fase wordt breed gedacht en zoveel mogelijk informatie verzamelt. Enkele belangrijke tools tijdens deze fase zijn: stakeholders mapping, interviews en vragenlijsten, literatuurstudie en analyse van noden en wensen. [19]

Na deze fase wordt er verder gegaan met de define of definieer fase. In deze fase wordt er geconvergeerd om heel specifiek een duidelijke probleemstelling te definiëren. Als de scope, complexiteit en betrokkene partijen gekend zijn, kan er specifiek gekeken worden hoe de noden en wensen van de doelgroep vervuld kunnen worden. De resultaten van die analyse liggen aan de basis van de develop of ontwikkelingsfase. [20]

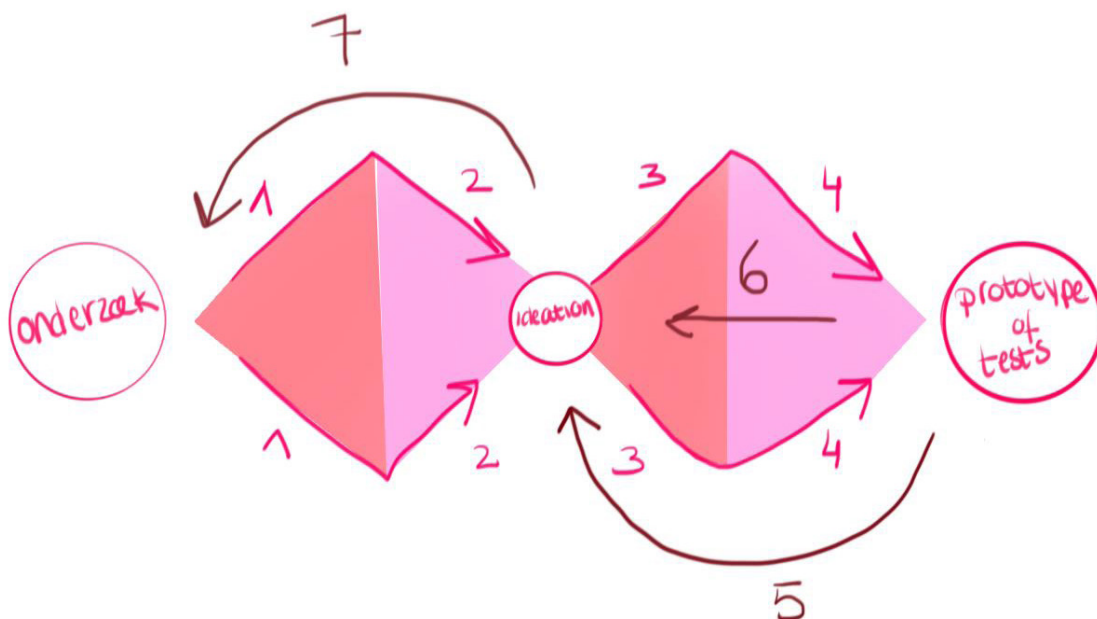
De ontwikkelingsfase is opnieuw een moment om te divergeren. De probleemstelling is gekend, dus wordt er heel breed naar mogelijke oplossingen gekeken. De belangrijkste tools binnen deze fase zijn: snel visualiseren (rough sketching), prototypen en scenario's. [21]



Figuur 2: Het double diamond model van de design council Bron [22]

In de laatste fase wordt er weer samengevoegd. Tijdens de deliverfase wordt heel gericht ideeën verder uitontwikkeld. Binnen deze fase is het van belang om te testen, te evalueren en zoveel mogelijk feedback te verzamelen. Op die manier kan er heel gericht aan probleem oplossen worden gedaan om zo het product, de service of een framework uit te werken. [23]

Binnen deze masterthesis werd dit model herhaaldelijk toegepast aangezien er een ingebouwde feedback loop zit tussen bepaalde fases.



Figuur 3: Het double diamond model toegepast op het verloop van de thesis

Bovenstaand schema illustreert hoe de double diamond binnen deze thesis is toegepast. De belangrijkste stappen zijn in onderstaande tekst toegelicht.

1: Er wordt naar zoveel mogelijk informatie over het probleem gezocht. Dit door middel van een marktonderzoek, een literatuurstudie, ergonomisch onderzoek, ervaringen en inzichten van Van de Velde. Dit is ook de fase waarin gedivergeerd wordt.

2: Het gaat verder met convergeren. Van alle informatie die vergaard is zullen enkel de relevante dingen invloed hebben op een mogelijke oplossing. Binnen deze fase worden probleemzones aangeduid en een pakket van eisen en wensen opgesteld, dat achteraf als aftoetsing van mogelijke oplossingen gebruikt kan worden.

3: In de ideation fase wordt er opnieuw gedivergeerd. Dit om zoveel mogelijk relevante ideeën te bedenken en eventueel rudimentair uit te werken. Hier is het belangrijk om zoveel mogelijk opportuniteiten te vinden en te ontdekken. Als inspiratie wordt in deze fase gebruik gemaakt van benchmarks. Deze geven al een algemeen idee van welke producten er reeds op de markt zijn.

4: Hier worden de ideeën uit de ideation fase getest. Met dat in het achterhoofd zullen er heel wat ideeën afvallen door een lage slaagkans. Hier wordt dus opnieuw geconvergeerd.

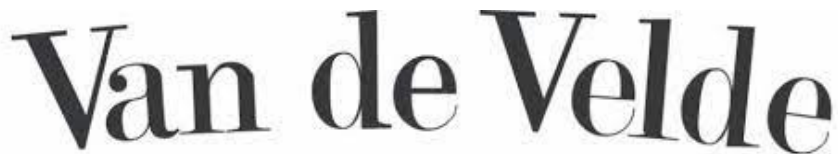
5: Prototypes die positieve resultaten opleveren of potentieel vertonen dienen dieper uitgewerkt te worden. Opnieuw wordt hierrond een ideation fase gedaan, echter ligt deze op een hoger niveau dan de oppervlakkige ideation die hieraan voorafgaat.

6: Tussen het divergeren en convergeren in de ideation fase, dat wil zeggen tussen ideeën en uitwerking van de ideeën zit een duidelijke terugwerkende kracht. Als tests negatieve resultaten opleveren of weinig potentieel vertonen, wordt er terug naar de ideeën fase gegaan om nieuwe uitwerkingen te bedenken. Dit is ook de fase waar sampletests geëvalueerd worden op potentiële materiaaleigenschappen die in latere uitwerkingen van belang kunnen zijn. Hierbij kan worden afgetoetst of er aan alle eisen en wensen, die zijn opgesteld in de context fase, is voldaan. Is dit niet het geval, wordt er teruggegaan naar de ideation fase.

7: Als, na het verifiëren van sampletests of een eventueel prototype, blijkt dat er niet genoeg informatie is om mee verder te gaan, kan er geopteerd worden om terug bij het begin te beginnen. Dit zou eventueel nuttig kunnen zijn als totaal nieuwe informatie uit de feedback van gebruikstesten of sampletesten komt.

1.5 Stakeholder

Deze thesis is gemaakt in samenwerking met Van de Velde, een Belgisch lingerie bedrijf dat de merken Marie Jo, Prima Donna en Andres Sarda produceert. Het bedrijf werd in 1919 opgericht, destijds nog als korsettenfabriek. In 1981, kwam het met een eigen lingerielijn op de markt, waarna het uitgroeide tot het bedrijf dat het vandaag de dag is. [24]



Van de Velde

Figuur 4: Het Van de Velde NV logo

Gezien het thema van deze thesis en de kennis waarvoor het bedrijf, dat al meer dan 100 jaar bestaat, beschikt, maakt dat Van de Velde een van de belangrijkste stakeholders is binnen deze thesis. Verdere stakeholders die hun kennis hebben ingebracht in de thesis zijn de Universiteit Gent, Labeledby, Kelheim Fibres GmbH en uiteraard alle vrouwen die bijgedragen hebben tot de enquête, de 3D scans of gebruikerstesten.

In de komende hoofdstukken wordt beschreven hoe onderzoek werd verricht, een probleemstelling werd bepaald, een ideegeneratie werd toegepast, een digitale workflow werd opgesteld, een prototype werd vervaardigd en hoe dit prototype gestaafd werd.

02

ONDERZOEK

- 2.1 Marktonderzoek
 - 2.1.1 Kwalitatief onderzoek
 - 2.1.1.1 Resultaten
 - 2.1.2 Kwantitatief onderzoek
 - 2.1.2.1 Resultaten
- 2.2 Ergonomisch onderzoek
- 2.3 Probleemstelling
- 2.4 Relevantie
 - 2.4.1 Ergonomisch vlak
 - 2.4.2 Sociaal vlak
- 2.5 Doelgroep

2.1 Marktonderzoek

2.1.1 Kwalitatief Onderzoek

Om voeling met de markt te krijgen en een algemeen idee van alle problemen te krijgen, startte het kwantitatief onderzoek met een algemene enquête die op sociale media werd verspreid. Om een zo groot mogelijk doelpubliek te bereiken. Het hoofddoel van de enquête was de relevantie van het probleem vaststellen. Het heeft weinig zin een oplossing te bedenken voor iets dat alleen een enkeling ervaart.

Aan de enquête hebben 116 personen (n=116) deelgenomen. Deze steekproef grootte van 116 is genoeg om relevant te zijn voor het onderzoek.

Om de resultaten op een correcte manier te kunnen verwerken, werd er onderscheid gemaakt tussen 3 grote leeftijdsgroepen:

- De leeftijdscategorie 14-19 jaar met 5 antwoorden.
- De leeftijdscategorie 20-29 jaar met 72 antwoorden.
- De leeftijdscategorie 31-64 jaar met 37 antwoorden.

Er is een kleine marge doordat niet iedereen zijn leeftijd heeft doorgegeven.

Bij de verwerking van dit kwantitatief onderzoek worden bewust de resultaten in de leeftijdscategorie 14-19 jaar buiten beschouwing gelaten door de beperkte beschikbare data binnen deze groep. De getrokken conclusies en genomen aannames zijn afkomstig uit de data van de andere twee leeftijdscategorieën.

Om diepere inzichten te verkrijgen in de data werd er gebruik gemaakt van kruisanalyse om te onderzoeken of er tussen bepaalde resultaten een correlatie vastgesteld zou kunnen worden.

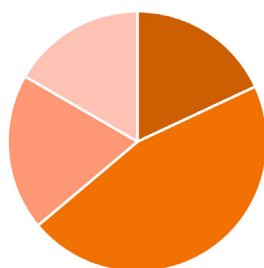
2.1.1.1 Resultaten

De correlatie tussen leeftijd en comfort

	Ja	Meestal	Soms	Nee
20-29	13	33	14	12
31-64	12	16	4	4

Tabel 1: Gegevens enquête over leeftijd en comfort tijdens het dragen.

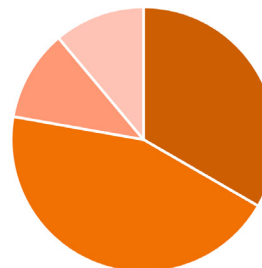
Comfort bij bh dragen (leeftijd 20-29)



■ Ja ■ Meestam ■ Soms ■ Nee

Figuur 5: weergave gegevens voor leeftijd 20-29

Comfort bij bh dragen (leeftijd 31-64)



■ Ja ■ Meestam ■ Soms ■ Nee

Figuur 6: Weergave gegevens voor leeftijd 31-64

Uit de cirkeldiagrammen kan worden afgeleid dat de leeftijdscategorie 31-64 jaar een duidelijker beeld geeft over welke beha voor het meest comfort zorgt. In deze leeftijdsgroep vindt meer dan 75% het dragen van een beha meestal of altijd comfortabel. Uit de resultaten van de leeftijdsgroep 20-29 jaar kan worden afgeleid dat deze groep nog zoekende is naar een comfortabele beha. Eventuele fashiontrends kunnen in dit geval ook invloed hebben op de resultaten.

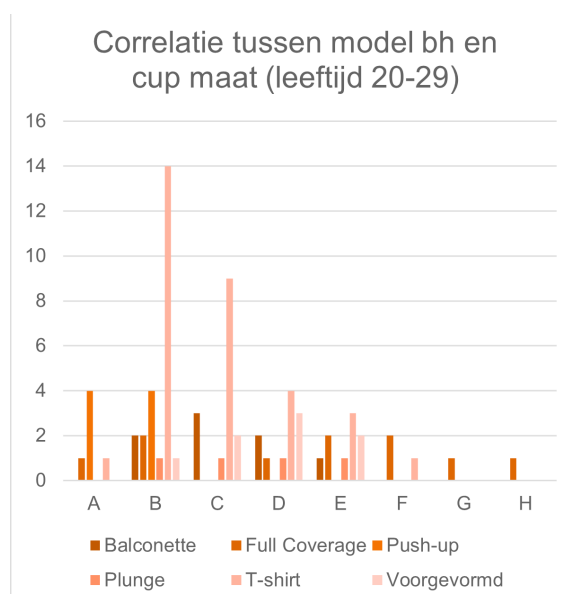
De correlatie tussen cupmaat en het type beha

Cupmaat	Balconette	Full coverage	Push-up	Plunge	T-shirt	Voorgevormd
A	-	1	4	-	1	-
B	2	2	4	1	14	1
C	3	-	-	1	9	2
D	2	1	-	1	4	3
E	1	2	-	1	3	2
F	-	2	-	-	1	-
G	-	1	-	-	-	-
H	-	1	-	-	-	-

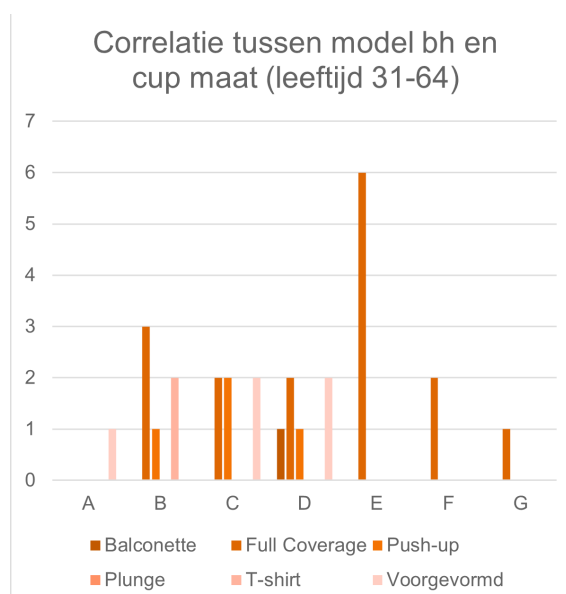
Tabel 2: Gegevens enquête over cupmaat en model bij leeftijd 20-29

Cupmaat	Balconette	Full coverage	Push-up	Plunge	T-shirt	Voorgevormd
A	-	-	-	-	-	1
B	-	3	1	-	2	-
C	-	2	2	-	-	2
D	1	2	1	-	-	2
E	-	6	-	-	-	-
F	-	2	-	-	-	-
G	-	1	-	-	-	-

Tabel 3: Gegevens enquête over cupmaat en model bij leeftijd 31-64



Figuur 7: weergave gegevens voor leeftijd 20-29

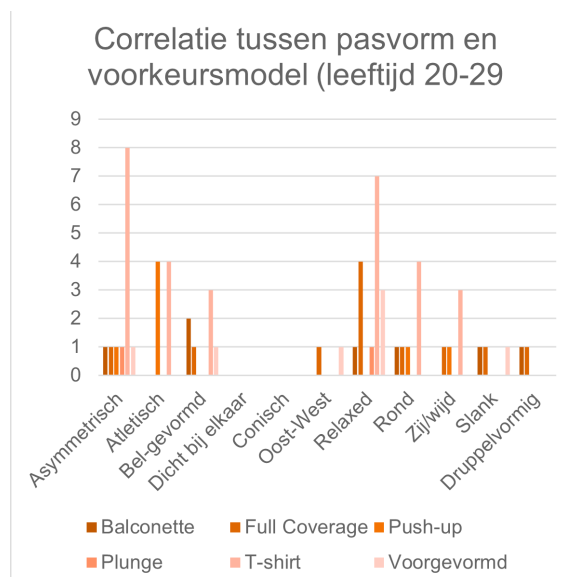


Figuur 8: Weergave gegevens voor leeftijd 31-64

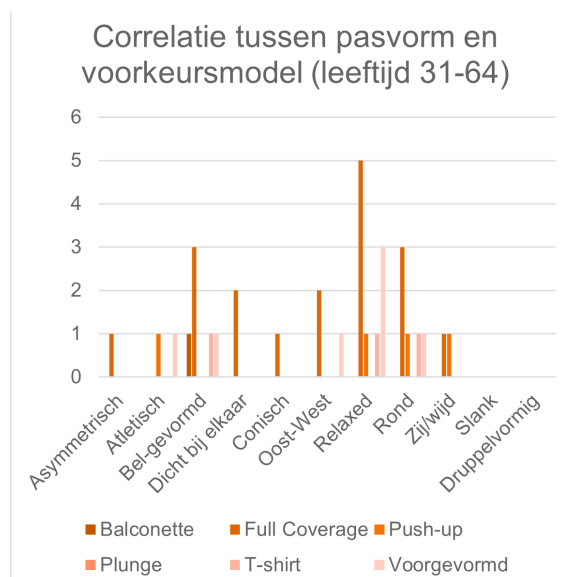
Een opvallend gegeven, dat bij beide leeftijdscategorieën van toepassing is, is dat hoe groter de cupmaat, hoe frequenter de gebruiker voor een full coverage beha kiest. Dit kan erop wijzen dat dit model beha het meest geschikt is voor grote maten of dat vanaf een grote cupmaat het assortiment in beha modellen beperkter wordt. We zien wel dat tot cupmaat E het assortiment groot genoeg is om meer variatie te bieden.

Verder duikt de push-up beha maar tot cupmaat D op in de resultaten. In de leeftijdscategorie 31-64 jaar wordt de full coverage cup over het algemeen het meeste gedragen.

De correlatie tussen borstvorm en pasvorm



Figuur 9: weergave gegevens voor leeftijd 20-29



Figuur 10: Weergave gegevens voor leeftijd 31-64

Uit de staafdiagrammen komt duidelijk naar voren dat tussen deze twee resultaten geen correlatie te vinden is. De resultaten zijn voor beide leeftijdsgroepen zo uiteenlopend om een verband te zien tussen de pasvorm en de borstvorm.

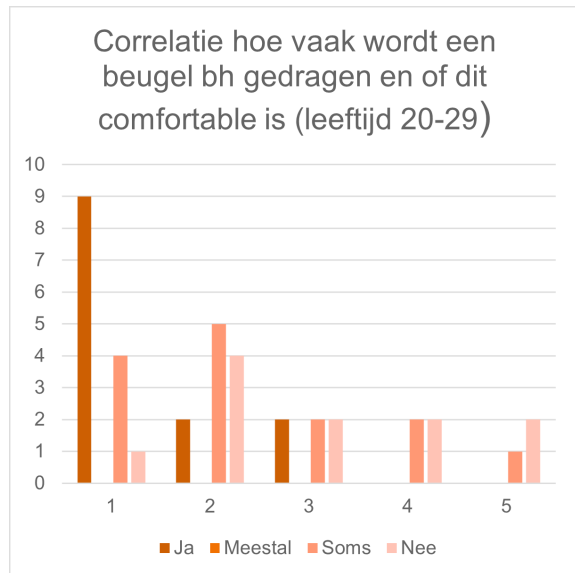
De correlatie tussen draag frequentie en het draagcomfort (1 = elke dag, 5 = nooit)

	Ja	Meestal	Soms	Nee
1	9	-	4	1
2	2	-	5	4
3	2	-	2	2
4	-	-	2	2
5	-	-	1	2

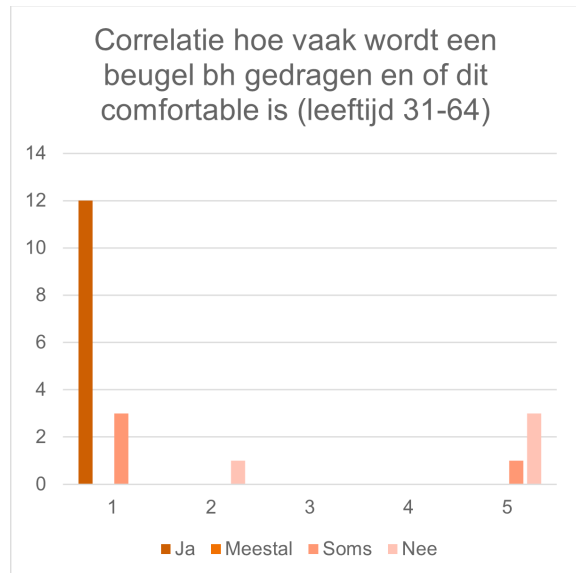
Tabel 4: Gegevens enquête over hoe draagfrequentie correleert met comfort ervaring bij leeftijd 20-29

	Ja	Meestal	Soms	Nee
1	12	-	3	-
2	-	-	-	1
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-
5	-	-	1	3

Tabel 5: Gegevens enquête over hoe draagfrequentie correleert met comfort ervaring bij leeftijd 31-64



Figuur 11: weergave gegevens voor leeftijd 20-29



Figuur 12: Weergave gegevens voor leeftijd 31-64

Uit deze resultaten komt een duidelijk verschil naar voren tussen de twee verschillende leeftijdscategorieën. Het is opvallend dat dames die al langer een beha dragen zeker weten welk model beha hun het meeste comfort biedt en hier kijken ze ook niet meer vanaf. Dit is bij de leeftijdsgroep van 20-29 minder het geval. Dit kan slaan op het feit dat het marktaanbod voor die leeftijdsgroep anders is dan voor een oudere leeftijdsgroep.

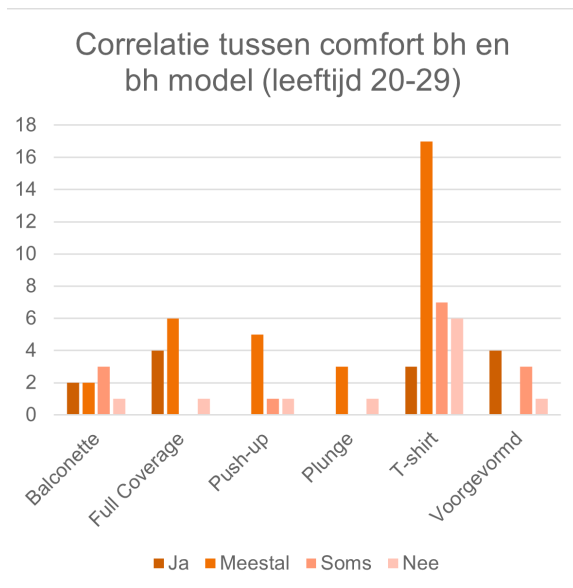
De correlatie tussen model en comfort

	Balconette	Full Coverage	Push-up	Plunge	T-shirt	Padded
Ja	2	4	-	-	3	4
Meestal	2	6	5	3	17	-
Soms	3	-	1	-	7	3
Nee	1	1	1	1	6	1

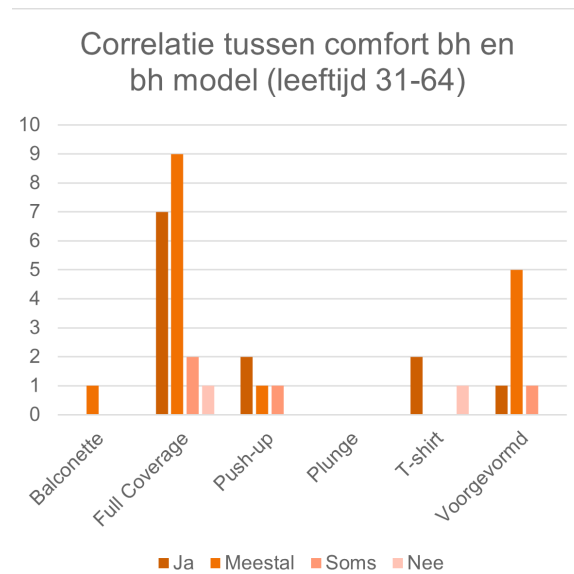
Tabel 6: Gegevens enquête over hoe comfort wordt beïnvloed door het model beha van leeftijd 20-29

	Balconette	Full Coverage	Push-up	Plunge	T-shirt	Padded
Ja	-	7	2	-	2	1
Meestal	1	9	1	-	-	5
Soms	-	2	1	-	-	1
Nee	-	1	-	-	1	0

Tabel 7: Gegevens enquête over hoe comfort wordt beïnvloed door het model beha van leeftijd 31-64



Figuur 13: weergave gegevens voor leeftijd 20-29



Figuur 14: Weergave gegevens voor leeftijd 31-64

Wat af te leiden is uit de resultaten in de staafdiagrammen is dat in de leeftijdscategorie 31-64 jaar, sneller een full coverage beha gekocht zal worden. Dit wordt in deze leeftijdscategorie als meest comfortabel ervaren. Dit kan te wijten zijn aan de jaren ervaring die deze personen hebben.

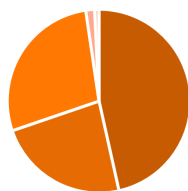
In de leeftijdsgroep 20-29 zien we dat de T-shirt beha heel populair is. Dit waarschijnlijk omdat deze een breed winkelaanbod hebben en overal beschikbaar zijn. Denk aan de populaire winkels zoals H&M, Hunkemöller, Etam, etc.

Op welk vlak treden de meeste problemen op

	Vlak van Comfort	Vlak van ergonomie	Vlak van duurzaamheid	Vlak van gezondheid	Geen problemen
20-29	60	30	36	2	1
31-64	25	9	7	2	4

Tabel 8: Gegevens enquête over waar de meeste problemen optreden

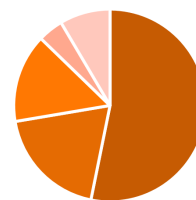
Meest voorkomende problemen (Leeftijd 20-29)



- Op vlak van comfort
- Op vlak van ergonomie
- Op vlak van duurzaamheid
- Op vlak van gezondheid
- Geen

Figuur 15: weergave gegevens voor leeftijd 20-29

Meest voorkomende problemen (Leeftijd 31-64)



- Op vlak van comfort
- Op vlak van ergonomie
- Op vlak van duurzaamheid
- Op vlak van gezondheid
- Geen

Figuur 16: Weergave gegevens voor leeftijd 31-64

Uit de cirkeldiagrammen is af te leiden dat de meeste problemen optreden op het vlak van comfort. Verdere problemen liggen op vlak van duurzaamheid en ergonomie. De minste problemen komen voor op vlak van gezondheid.

Algemene resultaten

- T-shirt beha is meest gedragen model
- Meer dan 50% draagt nooit of soms een alternatief op een beugelbeha
- 47,5% is niet of soms tevreden over de pasvorm van een beugelbeha
- Ongeveer 75% ervaart altijd, soms of vaak problemen met een beha
- De meeste problemen doen zich voor op het vlak van comfort
- Volgens de bevrageden ligt de oplossing bij het herontwerp van de beugel en het bijhorende beugellint
- 62,6% vindt een herontwerp gewenst

Voornaamste probleemzones

In de enquête werd gevraagd om, op basis van 4 verschillende categorieën, probleemzones in de beha aan te duiden. Deze 4 categorieën werden gestaaft: comfort, duurzaamheid, ergonomie en gezondheid.

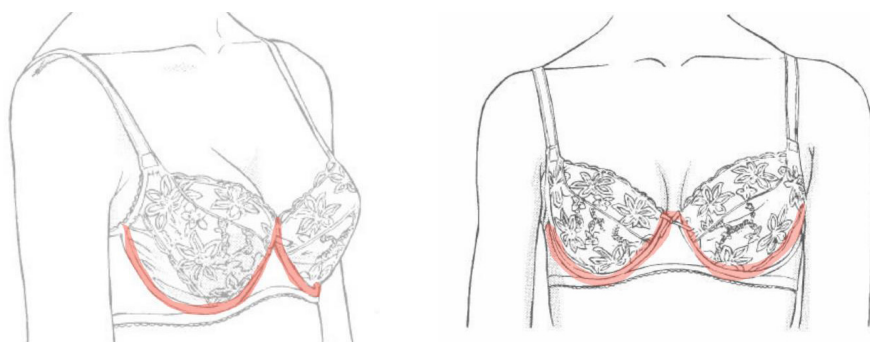
Uit eerdere resultaten kunnen we al concluderen dat de meeste problemen voorkomen op vlak van comfort, maar die vraag beantwoord niet, waar deze probleem het vaakst voorkomen.

Op vlak van comfort zijn de meest voorkomende problemen de volgende:

- De beugel komt door slijtage of slechte productie uit het beugellint en prikt in de huid tussen de borsten.
- De beugel komt door slijtage of slechte productie uit het beugellint en prikt in de huid onder de oksel.
- Irritatie op de huid onder de borsten door wrijving tussen het beugellint en de huid.
- De beha oefent druk uit op huid onder de borsten.

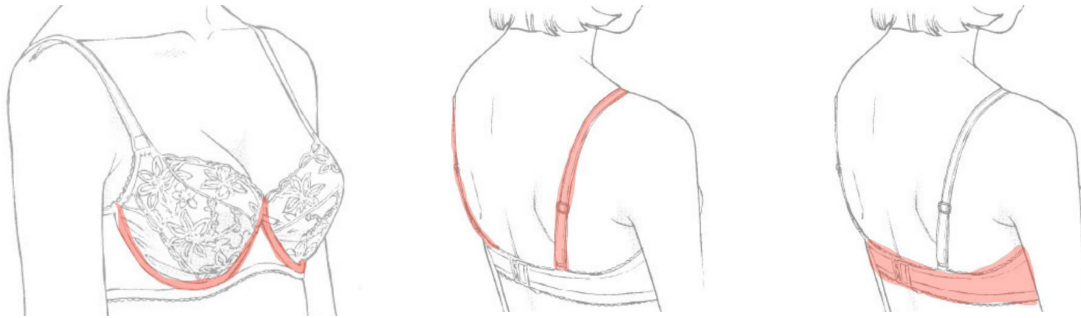
Deze problemen kunnen dus teruggekoppeld worden aan volgende zones:

- De beugel in combinatie met het beugellint.



Figuur 17: Grafische weergave van de probleemzones op vlak van comfort

Ook hier komt het beugellint naar voor als een probleemzone. De andere algemene slijtage van materiaal wordt binnen de enquête snel teruggeleid naar het rugpand en de schouderbandjes.

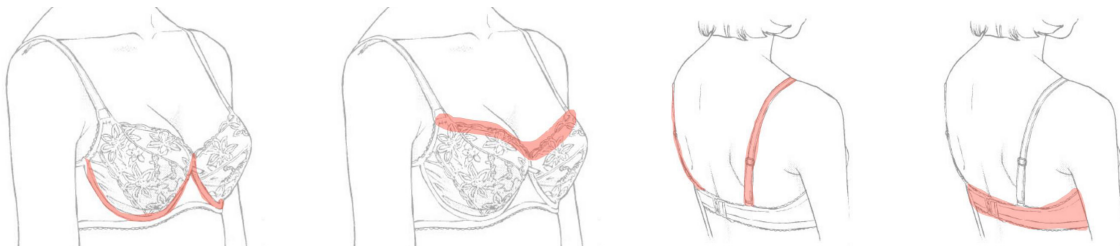


Figuur 18: Grafische weergave van de probleemzones op vlak van duurzaamheid

Het meest voorkomende problemen op vlak van ergonomie zijn de volgende:

- De beha oefent druk uit op de huid onder de borsten.
- De plaatsing van de bandjes voelt verkeerd of fout.

Opnieuw kan worden opgemerkt dat het beugellint in combinatie met de beugel weer in opspraak komt. De verdere zone die hiernaar voor komt zijn de bandjes en de zone waar de bandjes op de beha zijn bevestigd. Dit is zowel bovenaan of aan de zijkant van de cups en op het rugpand.

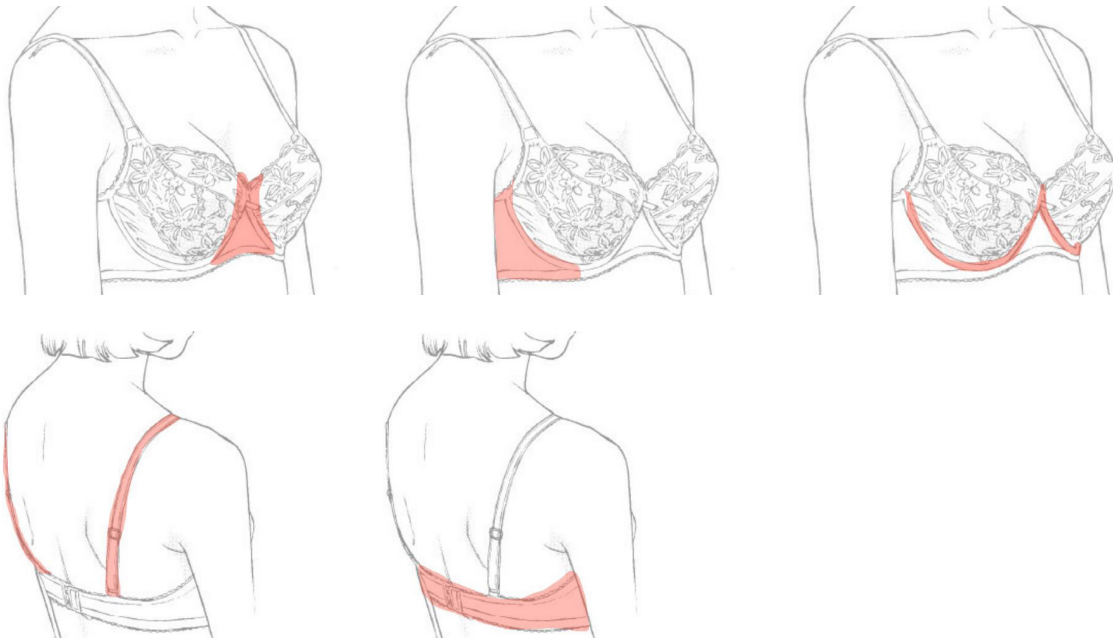


Figuur 19: Grafische weergave van de probleemzones op vlak van ergonomie

De laatste categorie waar problemen werden vastgesteld is op vlak van gezondheid. Hieruit kwamen volgende problemen naar voren:

- Huidirritaties
- Nek & rugpijn

Volgens de bevroagden (n = 116) komen deze problemen door verschillende zones van de beha. Het rugpand, de middenvoor, het beugellint in combinatie met de beugel en de bandjes komen hier in opspraak.



Figuur 20: Grafische weergave van de probleemzones op vlak van gezondheid

2.1.2 Kwantitatief Onderzoek

Een kwantitatief onderzoek resulteert vaak in grote hoeveelheden informatie, die diepgang mist. Het doel van een kwalitatief onderzoek is om een grotere diepgang te bereiken binnen deze kwantitatieve informatie. Daarom werden er diepte-interviews afgenomen bij 10 vrouwen die binnen de doelgroep van dit onderzoek vallen.

Deze 10 vrouwen hebben ook de enquête ingevuld. Hierin hadden ze allemaal aangegeven geïnteresseerd te zijn in verder onderzoek in de vorm van interviews.

In deze interviews is een bijpassende vragenlijst gebruikt die breed kon worden toegepast. De volledige vragenlijst is in bijlage ... te vinden. De antwoorden die op de interviews gegeven zijn, zijn eveneens in bijlage ... te vinden.

Voor het diepte-interview werd ook gevraagd om een beha mee te nemen die voor problemen zorgde of die tijdens het dragen een gevoel van ongemak met zich meebracht. Sommige dames hadden meerdere beha's voorhanden.

2.1.2.1 Resultaten

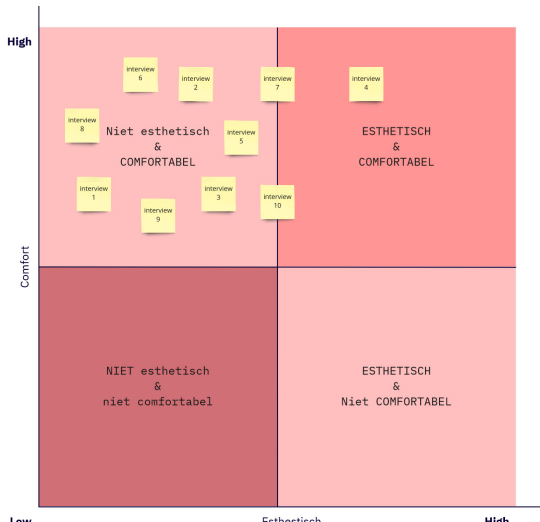
De focus van het diepte-interview was voornamelijk om een diepgang te krijgen in de al gekende informatie. Er is dus gericht gevraagd waar de problemen zich voordeden, hoe de gebruiker deze ervaarde, wat er specifiek voor ongemak of irritaties zorgde, hoe ze het eventueel zelf zouden oplossen, of ze het esthetische boven comfort kiezen en wat ze bereid zijn voor een oplossing te betalen.

Hieronder zijn de belangrijkste bevindingen te vinden:

- Beha maten zijn net zo artificieel als kledingmaten.
- Beha's zijn niet inclusief genoeg, je moet maar net in het plaatje passen.
- Het beugellint en de beugel vormen wel degelijk een probleem.
- Andere problemen (bandjes, ...) zijn veelal individueel.

- Comfort gaat boven look.
- Een all-in comfortabele oplossing mag +/- €100 kosten.
- Een goedkope beha is in geen geval beter dan een dure beha.
- Beugels worden veelal gekozen voor de comfort- en ondersteuningsfactor.

Verder werd er ook specifiek gevraagd wat belangrijker was, comfort of look. De resultaten van de 10 testdames, zijn hieronder te vinden.



Figuur 21: Comfort vs. esthetisch uiterlijk matrix

2.2 Ergonomisch Onderzoek

Binnen de discipline productontwerp en productontwikkeling wordt er binnen ergonomische studies vaak belang gehecht aan de Europese Machinerichtlijn. Deze beschrijft bepaalde voorwaarden waaraan machines moeten voldoen om op te Europese markt te kunnen en mogen komen. [25]

Deze houden zowel veiligheids- als gezondheidseisen in betreffende het ontwerp en de bouw van de machines. Bij de veiligheids- en gezondheidseisen worden ook belangrijke ergonomische maten gedefinieerd:

- Lichaamsmaten
- Bewegingsruimte

Deze waarden worden beïnvloed door geslacht, lengte en leeftijd. De norm EN614 beschrijft deze ergonomische ontwerpprincipes. Deze worden uitgedrukt in minimum P5 en maximum P95 en optimaal van P1 tot P99. In dit geval staat P voor percentiel en geeft het cijfers een percentage aan. [25] Dat wil zeggen dat als men iets bijvoorbeeld een handvat voor een hamer ontwerpt met een P95 in het achterhoofd, wil dat zeggen dat 95% van zowel de mannelijke als vrouwelijke populatie deze hamer zou moeten kunnen gebruiken. Het handvat zou dan enkel te klein zijn voor P96-P99.

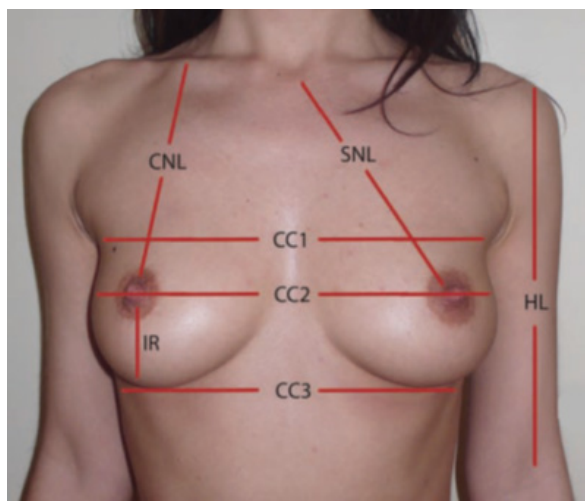
Lichaamsafmetingen worden met de norm EN547 beschreven. Deze rekent met een gemiddelde van de Europese populatie. Specifieke maten en percentielen kunnen vaak worden teruggevonden in DIN-tabellen [25]. Een goede database hiervoor is DINED (<https://dined.io.tudelft.nl/en>), een tool ontworpen door de TU Delft.

Echter binnen deze thesis kan dit systeem niet gebruikt worden door de grote variatie in vrouwenborsten. Verder is het een moeilijk proces om correcte en volledige opmetingen te doen van vrouwelijke borsten, dit door het volume, de topology en door het feit dat borsten nooit in exact dezelfde houding vallen. [26]

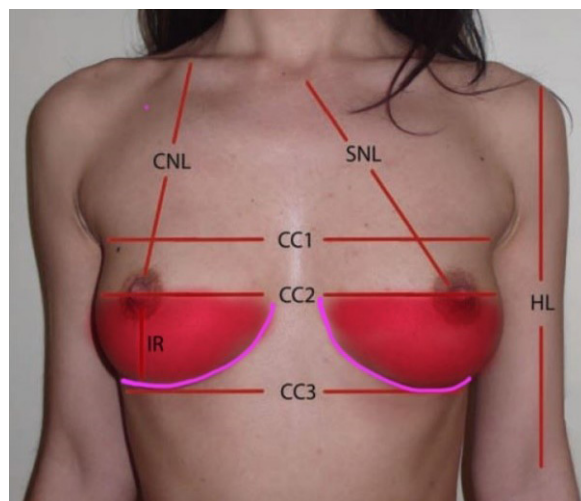
Factoren zoals leeftijd, hormoonspiegel, levensfase, medische achtergrond en BMI spelen ook een rol in hoe borsten zich presenteren en hoe deze evalueren. [27] Onderzoek heeft ook uitgewezen dat leeftijd een rol speelt, maar de rol van BMI significant groter is aangezien het borstvolume van vrouwen, met overgewicht en obesitas, 2 tot 3 keer groter is dan dat van vrouwen met een BMI van 25 of minder. [28]

Momenteel kunnen er op veel manieren al metingen van borsten worden gedaan, maar het grote probleem blijft de afwezigheid van een standaard protocol binnen de opmetingsmethode. Een Turkse studie uit 2019, mikt op het verkrijgen van objectieve resultaten voor bepaalde universele referentiepunten en parameters. [27] Een weergave van deze universele referentiepunten en parameters is op onderstaande afbeelding terug te vinden.

Het effectieve doel van de studie was het meten van de parameters en referentiepunten, het bepalen van gemiddelde waarden van de parameters en het berekenen van het borstvolume van vrouwelijke studentes. Aan de studie zelf namen 385 vrouwen deel (n = 385). [27]



Figuur 22: Weergave van de universele referentiepunten en parameters uit de Antropometrische studie uit bron [27]



Figuur 23: Weergave van de geïsoleerde steunzones op figuur uit de antropometrische studie uit bron [27]

Wat in bovenstaande foto een opvallend gegeven is, is dat de bolling van de borst zich vooral bevindt in de zone onder de tepel. Beugels in beha's bevinden zich altijd onderin en volgen de natuurlijke curve van de borst. Als men deze twee gegevens combineert, zoals in figuur 23 visueel afgebeeld is, kan men concluderen dat die zone de meeste ondersteuning nodig heeft. Deze zone wordt afgebakend door de beugel (paarse lijn op figuur 23) en de CC2 lijn.

Deze zone, vooral in beha's met grote cups, heeft vaak een extra dubbeling voorxw steun optimalisatie. Op vlak van steunvoorziening is dit de interessantste zone om op te focussen.

2.3 Probleemstelling

Zoals in de historie van de beha terug te vinden is (hoofdstuk 1), heeft deze al heel wat innovatieve stappen gemaakt sinds de introductie van het korset. De innovatie is, structureel gezien, stilgevallen vanaf midden jaren 80. Na de introductie van de beugel werd veelal naar het materiaal gekeken, vormtechnisch is er weinig veranderd.

In de huidige situatie (1.2) wordt besproken dat 70-80% van alle vrouwen niet de correcte maat beha draagt wat in sommige gevallen tot ernstige gezondheidsgevolgen (1.3) kan leiden. Verder blijkt uit marktonderzoek dat de beugel aan de grond ligt van veel problemen. De beugel is altijd ingenaaid onder in de beha en volgt de natuurlijke kromming van de borst.

Uit ergonomisch onderzoek is af te leiden dat de zone tussen de beugel en de tepel de meeste steun nodig heeft. Alleen is dit niet per se de zone die de meeste steun ondervindt in een klassieke beha.

Al deze argumenten dragen bij tot de redenen, waarom een re-design van een beha gewenst is:

- Structureel gezien is de beha de laatste 40 jaar onveranderd gebleven.
- De beugel zorgt voor veel problemen op vlak van draagcomfort.
- 70-80% draagt een foutieve maat beha.
- Mensen met grote borsten hebben momenteel geen alternatief voor de beugel.
- Steun voorziening beter plaatsen

Daarom wordt er binnen de scope van deze thesis vooral nagedacht over volgende vraag:

'Kan er, door middel van een moderne en technische toepassingen, een nieuwe ondersteuningsmethode in beha's worden voorzien die niet gebaseerd is op het gebruik van een beugel?'

Deze heeft zich binnen deze thesis vertaald naar:

'De ontwikkeling van een algoritmisch design framework om een nieuwe, innovatieve ondersteuningsmethode in beha's te introduceren.'

2.4.1 Ergonomisch vlak

De ergonomische relevantie van deze masterthesis kan teruggekoppeld worden aan de huidige beha situatie (1.2) en de gezondheidsgevolgen (1.3) van een slecht passende beha.

Onderzoek wijst uit dat ongeveer 70-80% van alle vrouwen een foutieve beha maat draagt. [9] Mogelijks door weinig aanbod, een bepaald schoonheidsbeeld, ze laten geen maat opnemen, ze weten niet waar ze op moeten letten en het maatkaartje kan een vertekend beeld geven.

Momenteel zijn beha maten, net als kledingmaten, gestandaardiseerd. Dit om een zo breed mogelijk publiek aan te spreken, tegen relatief lage kosten. Standaardisatie in kleding is iets dat is opgekomen begin 20e eeuw. Het toenmalige maatsysteem dat al vanaf 1812 in gebruik was, werd door de opkomst van massaproductie standaard ingevoerd voor iedereen. Dit systeem werd definitief afgeschaft, echter in 1955 verschijnt het oude systeem, in een nieuw jasje, weer op de markt. [29] Dit maatsysteem kennen we als het Amerikaanse maat systeem.

De huidige maatwaardes komen helaas niet meer overeen met die uit 1955. In Europa is een norm voorgesteld rond maat standaardisatie die bedrijven vrijwillig kunnen volgen. Maar dit is geen verplichting en zo kunnen fabrikanten zelf bepalen welk maatsysteem ze volgen. [29] Hieruit kan geconcludeerd worden, dat een beha met maat 85C van Triumph (Duits merk) heel anders kan passen dan dezelfde maat beha van Chantelle (Frans merk).

Universele maatsystemen helpen niet om verwarring te voorkomen en draagcomfort van beha's te garanderen. Het framework dat binnen deze thesis ontwikkeld wordt, kan toegepast worden op individueel niveau en creëert de mogelijkheid om op maat te werken.

Een maatoplossing voorzien heeft enkele voordelen:

- Het algoritme kan op elk mogelijke scan worden toegepast.
- Het algoritme kan zowel bij vrouwen met een grote cupmaat als bij vrouwen met een kleine cupmaat gebruikt worden.
- Het is een innovatieve manier om op een nieuwe methode steun te voorzien.
- De gezondheidsgevolgen die het dragen van een slecht passende beha heeft, zullen verdwijnen door een op maat gemaakte oplossing.

Hier is de relevantie om verdere gezondheidsgevolgen te voorkomen en ervoor te zorgen dat minder vrouwen een foutieve beha maat dragen in het dagelijkse leven.

2.4.2 Sociaal vlak

Product ervaring is een van de belangrijkste factoren om tijdens het ontwerpproces rekening mee te houden. Producten waar gebruikers een emotionele connectie mee hebben, zullen een grotere impact hebben op de manier van gebruik. Die impact kan zowel positief als negatief zijn. Een goed voorbeeld hiervan is een smartphone.

Een beha is niet anders. Lingerie, net als kleding, kan een positieve of negatieve invloed hebben op het gebruik. In deze context gaat het eerder over het gevoel dat de gebruiker ervaart. Uit een studie uit 2013 blijkt dat, uit de onderzochte doelgroep, vrouwen vooral belang hechten aan comfort, zowel fysiek als psychologisch. In het onderzoek staat beschreven dat bij het zien van een dame, volledig gekleed in complexe lingerie (lingerie set inclusief jarretels en jarretelgordel) niet als sexy werd waargenomen. Dit omdat een vrouw zich eerst comfortabel moet voelen, om zich sexy te voelen. Verder komt dit ook goed naar voren in getuigenissen van vrouwen met kinderen of zwangere vrouwen. Deze gaven duidelijk aan dat het ondergoed dat ze droegen een negatieve impact had op de gevoelsbeleving. Ze voelden zich noch sexy noch erg vrouwelijk. De zwangerschap gaf ze echter wel een ultiem vrouwelijk gevoel. [30]

Men kan dus zeggen dat, hoe meer comfort een vrouw ervaart, hoe beter ze zich voelt in haar lingerie. Desondanks mag het esthetische aspect van beha's en lingerie in het algemeen niet vergeten worden. Een combinatie van de twee zal tot een optimale uitkomst leiden.

Zoals in de huidige situatie staat beschreven (1.2) draagt 70-80% van alle vrouwen een foutieve beha maat. [9] Dit heeft discomfort en mogelijks gezondheidsgevolgen tot gevolg, wat op zijn beurt weer een negatieve impact heeft op het gebruik. Een beha die als onaangenaam of pijnlijk ervaren wordt tijdens het dragen, zal niet vaak gedragen worden. Als deze wel gedragen wordt, zal de vrouw in kwestie, geen optimaal draagcomfort ervaren. Met als gevolg weinig zelfvertrouwen of een ongemakkelijk voorkomen.

Indirect kan men hieruit afleiden dat 70-80% van alle vrouwen die een foutieve beha maat draagt, zich ook niet optimaal comfortabel voelt. In het geval van een goed passende beha, d.w.z. een beha die goed aansluit, niet te strak zit, niet te los zit, waar de bandjes niet in de schouders trekken en waar geen borstvolume uitpuilt uit de cups, zal de gevoelsbeleving een stuk positiever zijn.

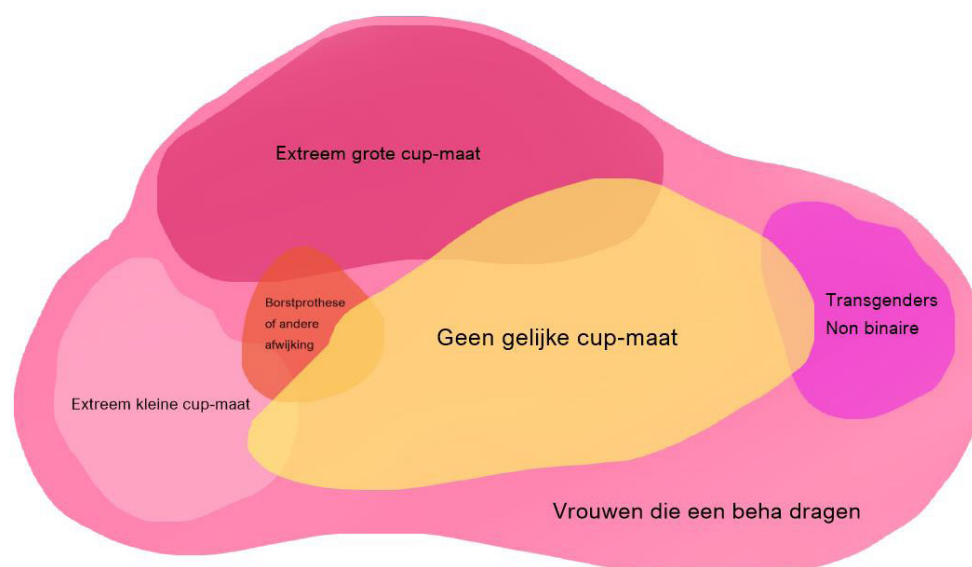
Zoals eerder is aangehaald in de ergonomische relevantie (2.4.1) kan een maatoplossing ook hier verschillende voordelen bieden:

- Comfort verhoogd de gevoelservaring tijdens het gebruik van een beha.
- Een beter gevoel zorgt voor een toename in zelfvertrouwen en voorkomen.
- Een individuele aanpak bij het produceren en passen kan een positief effect hebben op de customer journey.
- Op maat werken zorgt ervoor dat minder vrouwen een foutieve maat beha dragen.

Het is van belang dat vrouwen een positieve en goede ervaring aan het dragen van een beha overhouden. Aangezien het percentage vrouwen dat een foutieve beha maat draagt, nog zo hoog is, wil dit zeggen dat een oplossing op sociaal gebied ook zeker als relevant wordt ervaren.

Het doelpubliek dat binnen de scope van deze thesis interessant kan zijn bestaat uit verschillende subgroepen. Overkoepelend kan gezegd worden dat alle mensen die een beha dragen tot de algemene doelgroep behoren.

Verder kan deze nog verder onderverdeeld worden in verschillende categorieën.



Figuur 24: Grafische weergave van de onderlinge relatie die de verschillende subgroepen hebben

Aangezien deze thesis momenteel vooral toespitst op het technische aspect van een nieuwe innovatieve ondersteuningmethode, wordt er niet gekozen voor een specifiek gebruikersprofiel. Binnen de marktanalyse en de enquête is er ook geen specifieke doelgroep met speciale noden naar voor gekomen. Hier werd dan ook niet op geselecteerd.

Voor verdere gebruikerstests en andere, binnen deze thesis, wordt er uitgegaan van een gemiddelde gebruiker. Zo worden de extremen vermeden. Wel zal er een link gelegd worden naar een maatoplossing die in grote lijnen op het merendeel van de doelgroep toegepast zou kunnen worden.

Toekomstige toepassingen zouden zich in geval van een specifiek thema wel kunnen toespitsten op volgende subgroepen:

- Mensen met een extreem kleine omtrek maat
- Mensen met een extreem kleine cupmaat
- Mensen met een extreem grote omtrek maat
- Mensen met een extreem grote cupmaat
- Transgenders en non-binaire mensen
- Mensen die een borstprothese dragen
- Mensen met een extreem cup verschillen tussen de borsten



03 IDEATION

- 3.1 Overzicht problemen
 - 3.1.1 Pakket van eisen
- 3.2 Benchmarks
- 3.3 Grasshopper Algoritme
- 3.4 Opportuniteiten
 - 3.4.1 Vezel versterkt printen
 - 3.4.2 3D printen op textiel
 - 3.4.3 Borduren op elastische stof
- 3.5 1^e Verificatie

In hoofdstuk 2 (Onderzoek) wordt het kwalitatieve en kwantitatieve onderzoek besproken. Tijdens het onderzoek werd gevraagd om probleemzones binnen de beha aan te duiden. Dit werd op 4 verschillende vlakken afgetoetst: op vlak van comfort, duurzaamheid, ergonomie en gezondheid.

Binnen het kader van deze thesis zijn vooral de resultaten op vlak van comfort en op vlak van ergonomie zeer interessant. Specifiek wordt ervoor gekozen om de probleemzone van de bandjes (inclusief bevestigingspunten) niet te behandelen binnen de scope van deze thesis. Wel is dit een aandachtspunt dat in verdere ontwikkelingen kan worden meegenomen. Meer informatie hierover is terug te vinden in hoofdstuk 7.

Op vlak van comfort zijn de meest voorkomende problemen de volgende:

- De beugel komt door slijtage of slechte productie uit het beugellint en prikt in de huid tussen de borsten.
- De beugel komt door slijtage of slechte productie uit het beugellint en prikt in de huid onder de oksel.

Het meest voorkomende probleem op vlak van ergonomie is het volgende:

- De beha oefent druk uit op de huid onder de borsten.

Bovenstaande problemen kunnen alle 3 worden gelinkt aan het beugellint in combinatie met de beugel. Dit is dan ook een zone waar veel problemen worden ervaren. Onderstaande afbeeldingen geven een overzicht over de grootste probleemzones:



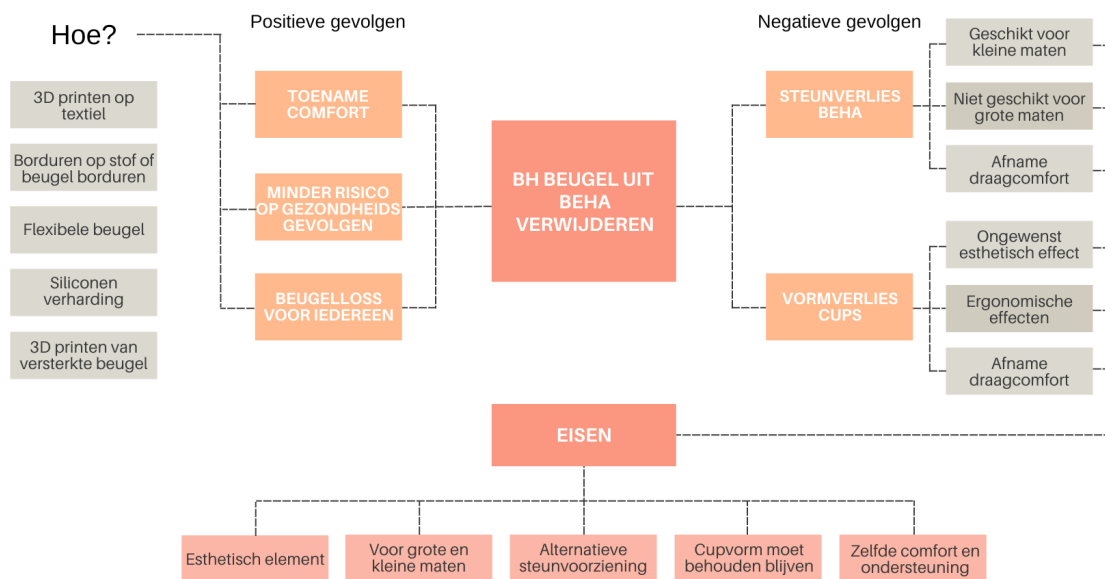
Figuur 25: Grafische weergave van de probleemzones en meer gedetailleerd waar de beugel stoort.

Deze zones zijn een afleiding uit de resultaten van zowel de kwalitatieve als kwantitatieve enquête. Het beugellint in combinatie met de beugel is ook de zone die bij het analyseren van de meest voorkomende probleemzones ook het vaakst naar voren kwam.

De zone of de curve waar het beugellint loopt, is de natuurlijke naad tussen de cups en het rug- en voorpand. Deze curve kan als het ware als verbinding tussen de twee hoofdonderdelen van de beha worden gezien. Dat wil zeggen dat het ene, het andere beïnvloed. Een oplossing om deze zone aan te pakken, zal dus effect hebben op de cups en/of op het rug- en voorpand.

Een voor de hand liggende oplossing om te probleemzone aan te pakken, is het verwijderen van de beugel en het beugellint uit de constructie van een beha. Onderstaand schema geeft weer welke

gevolgen dit met zich meebrengt.



Figuur 25: In kaart brenging van de gevolgen die het verwijderen van de beugel heeft

In de figuur is duidelijk af te lezen dat het verwijderen van de beugel zowel positieve als negatieve gevolgen kan hebben. Uit de negatieve gevolgen kunnen we dan weer afleiden wat de hoofdeisen zijn betreffende de mogelijke oplossing die aangeboden kunnen worden. Ook zijn er al enkele opties gegeven hoe een eventuele oplossing aangepakt kan worden.

3.1.1 Pakket van eisen

Technische eisen

1. De nieuwe ondersteuningsmethode moet voor cupmaten A-K te gebruiken zijn.
2. De nieuwe ondersteuningsmethode moet voor omtrekmaat 65-115 te gebruiken zijn.
3. De nieuwe ondersteuningsmethode kan als maatwerk gebruikt worden.
4. De nieuwe ondersteuningsmethode maakt geen gebruik van een beugel.
5. De nieuwe ondersteuningsmethode maakt geen gebruik van ander materiaal uit de niet textiel familie.
6. De nieuwe ondersteuningsmethode zorgt voor evenveel steun als een stalen beugel.
7. De nieuwe ondersteuningsmethode voorkomt rek in de breedte richting.
8. De nieuwe ondersteuningsmethode laat rek in de lengte richting toe.

Eisen naar materiaal

9. De nieuwe ondersteuningsmethode past het principe van dematerialisatie toe.
10. De nieuwe ondersteuningsmethode maakt gebruik van elastische, synthetische stof.
11. De nieuwe ondersteuningsmethode maakt gebruik van synthetische garen.
12. De nieuwe ondersteuningsmethode maakt gebruik van materiaal binnen dezelfde materiaal familie. (Enkel textiel)
13. De constructie van de beha met nieuwe ondersteuningsmethode mag niet falen bij aandoen, dragen en uitdoen.

14. De constructie van de beha met nieuwe ondersteuningsmethode mag niet falen bij het gebruik van de wasmachine.
15. De constructie van de beha met nieuwe ondersteuningsmethode mag niet falen bij het gebruik van een droger.

Eisen naar veiligheid

16. Het nieuwe ontwerp is net als een traditionele beha te gebruiken.
17. De nieuwe ondersteuningsmethode mag niet voor verwondingen zorgen.
18. De nieuwe ondersteuningsmethode kan geen wonden op de huid veroorzaken.
19. De nieuwe ondersteuningsmethode kan geen huidirritaties veroorzaken.

Eisen naar esthetiek

20. De nieuwe ondersteuningsmethode moet een esthetisch/decoratief element hebben.
21. De vorm van de cups van de beha moet behouden blijven.
22. De vorm van de cups moet zo goed mogelijk behouden blijven.
23. De nieuwe ondersteuningsmethode moet een bepaald niveau van personalisatie toelaten.

Eisen naar productie

24. De productie van de beha met nieuwe ondersteuningsmethode moet veilig uitgevoerd kunnen worden.
25. Tijdens de productie moeten machinerichtlijnen en veiligheidsrichtlijnen gevolgd worden.

3.2 Benchmarks

Het gebruik van benchmarks kan een algemeen idee geven van de alternatieve producten of gelijkaardige producten die al op de markt verschenen zijn. Binnen de scope van deze thesis werd tijdens het zoeken naar benchmarks vooral gefocust naar de oplossingen zonder beugel die vandaag te dag al op de markt te vinden zijn. Hier en daar werd ook gekeken naar alternatieven die eventueel wel nog steeds over een beugel beschikken. Ook deze zijn opgenomen in de benchmarks, maar minder interessant voor de scope van deze thesis.

Binnen de gevonden resultaten werd opnieuw onderscheidt gemaakt tussen de oplossingen die vooral gefocust zijn op comfort en op het esthetische.



Figuur 27: Een overzicht van verschillende benchmarks op een matrix van esthetisch vs. beugel.

Wat opvalt is dat 3D printen hier en daar al een rol begint te spelen op een innovatieve manier. Verder wordt er vooral gebruik gemaakt van textiel dat op een bepaalde manier versterkt is of innovatieve patronen die versterking garanderen op plaatsen waar deze het hardst nodig is.

Een interessant voorbeeld om te belichten zijn de beha's van Lidewij van Twillaert. Dit is een maatoplossing die gebruik maakt van een 3D scan. De beha's worden op aanvraag gemaakt om afval en verspilling tegen te gaan. Tijdens het proces wordt er aandacht besteed aan de individuele wensen en alles wordt op maat gemaakt. Dit om een zo aangenaam mogelijke ervaring te bieden, met een persoonlijke beha als resultaat. [31]

Momenteel zijn ze bezig met een nieuwe ontwikkeling die standaard in hun beha's wordt geïntegreerd. 'Curvearis' is een borst ondersteuningselement dat in beha's kan worden verwerkt, dat de unieke curve van de borst volgt. Het wordt geproduceerd met een gespecialiseerde 3D printer en vervolgens ingenaaid in de beha. [32]



Figuur 28: Afbeelding van de 'Curvearis' beha

Een tweede voorbeeld dat interessant is om te belichten is de meegroei beha van Arkai. Deze is gespecialiseerd voor cupmaten A tot C en richt zich vooral op pubers die op korte tijd een grotere cup nodig hebben. Deze beha zorgt ervoor dat niet bij elke verschil in cup grootte een nieuwe beha aangekocht moet worden. Ook speelt deze beha in op comfort aan een betaalbaar prijsje. [33]



Figuur 29: Afbeelding van de 'Arkai Perfect fit' beha.

Uit deze resultaten kan worden afgeleid dat 3D printen tot een innovatieve oplossing zou kunnen leiden, maar ook versterking aanbrengen op of in het textiel zou tot interessante resultaten kunnen leiden. Een andere optie is om de beugel concreter te bekijken. Is er een manier om deze te produceren, maar problemen te elimineren. Ook hier zou 3D printen een oplossing kunnen bieden.

Zo kunnen er 3 gebieden onderscheiden worden waarin momenteel opportuniteiten liggen:

- 3D printen met versterkingsmateriaal
- 3D printen op stof om de beugel te vervangen
- Stof versterken op cruciale plekken waar extra steun nodig is

3.3 Grasshopper algoritme

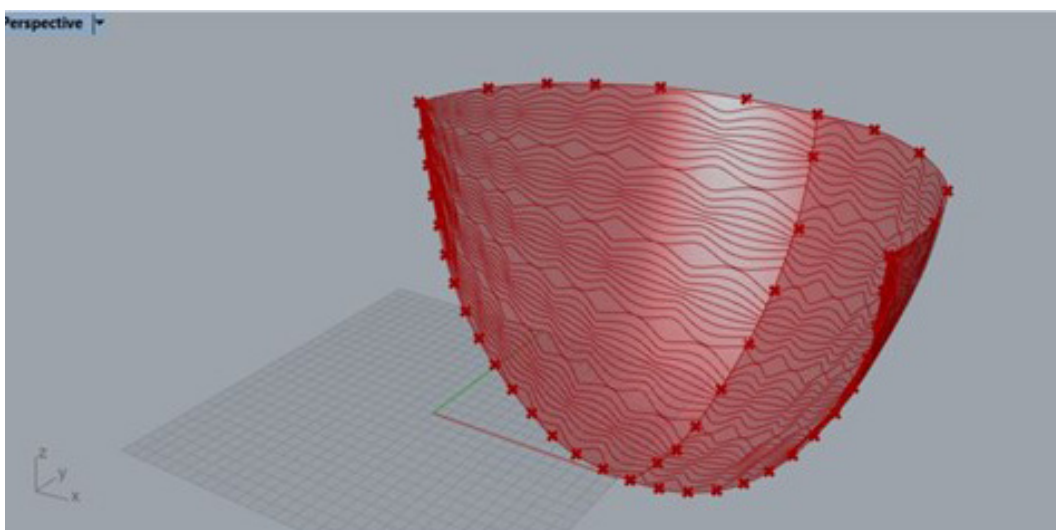
Na het bestuderen van de benchmarks komt al naar boven dat er vraag is naar een innovatieve oplossing die het esthetische met comfort combineert. Wat ook opvalt is dat veel van de benchmarks momenteel vooral materiaal gericht werken.

Het idee voor een uitgewerkt algoritme binnen grasshopper, dat in functie van maatwerk gebruikt kan worden, werd al eerder geëxploreerd in een ander opleidingsonderdeel binnen de bachelor industrieel ontwerp (ontwerp voor geavanceerde productiemethodes en -omgevingen [34]). In dit opleidingsonderdeel werd er gefocust op het toepassen van grasshopper in combinatie met innovatieve manieren om Rapid prototyping en AM te gebruiken. Dit was een soloproject en werd volledig uitgewerkt door mezelf.

Naar aanleiding van dit project werd het potentieel ingeschat en werden opties besproken om verder uit te werken. Om die reden vormt dit de basis van het huidige idee, de uitwerking binnen het voorgaande opleidingsonderdeel was voornamelijk rudimentair en technisch. Aan marktonderzoek, ergonomische onderzoek, benchmarks en dergelijke werd op dat moment geen aandacht besteed. Dit zijn dingen die binnen de thesis al zijn onderzocht.

Uit het voorgaande opleidingsonderdeel en de benchmarks was al naar voor gekomen dat 3D printen op stof tot zeer interessante, innovatieve en potentiële oplossingen kan leiden. Deze techniek, met insteek voor gebruik op textiel, is nog niet echt geoptimaliseerd en andere opties mogen niet worden uitgesloten.

Het idee voor het gebruik van een algoritme is het volgende: een mogelijkheid om een alternatieve ondersteuningmethode te voorzien die niet gebaseerd is op het gebruik van een beugel. Ook moet het mogelijk zijn om op maat te kunnen werken met gebruik van 3D scans of modulaire CAD-modellen. Om dit doel te bereiken zal er gebruik gemaakt moeten worden van surface modellen in combinatie met patronen die door middel van generatief ontwerp gemodelleerd zijn.



Figuur 30: Voorloper van het huidige grasshopper algoritme

Een voorloper van dit concept, dat binnen de scope van deze thesis valt, is te vinden in figuur 30. Voor een algemene toepassing zou een verfijnder model nodig zijn.

Na het uitwerken van het algoritme zal ook gekeken moeten worden hoe de technische kant van het verhaal omgezet kan worden naar een bruikbare techniek om een prototype te produceren. Hiervoor vormen volgende 3 opties een goed aanknopingspunt:

- 3D printen met versterkingsmateriaal
- 3D printen op stof om de beugel te vervangen
- Stof versterken op cruciale plekken waar extra steun nodig is

3.4 Opportunities

Vanuit een innovatie oogpunt zijn er 3 opties die binnen de scope van deze thesis onderzocht kunnen worden. Elk van de 3 opties wordt besproken op vlak van de huidige situatie, dit houdt productie en gebruik in, en hoe het testproces met betrekking op deze thesis verlopen is.

De 3 opties zijn:

- Met vezelversterking printen
- 3D printen op textiel
- Borduren op elastisch stof

3.4.1 Met vezel versterkte beugel printen

Huidige situatie

De huidige beugel is hoofdzakelijk van metaal gemaakt. Enkele varianten die nog voorkomen zijn van plastic gemaakt, maar dit marktaandeel is enorm klein door het verschil in support tussen een metalen beha en een plastic beha. Gewoonlijk hebben alle metalen beugels een nylon coating aan de uiteindes om te voorkomen dat deze uit het beugellint schieten en zo de gebruiker verwonden. Deze nylon tips zijn hebben vaak een kleurensysteem dat gelinkt is aan de verschillende cupmaten. [35]

Het huidige productieproces van de metalenbeugels ziet er als volgt uit: het begint met draadtrekken en walsen om van $\varnothing 5\text{mm}$ draad naar het gewenste profiel te gaan. Vervolgens gebeurt het plooiën en op lengte snijden, waarna de uiteindes te voorzien van een nylon coating d.m.v. dipping. [35]

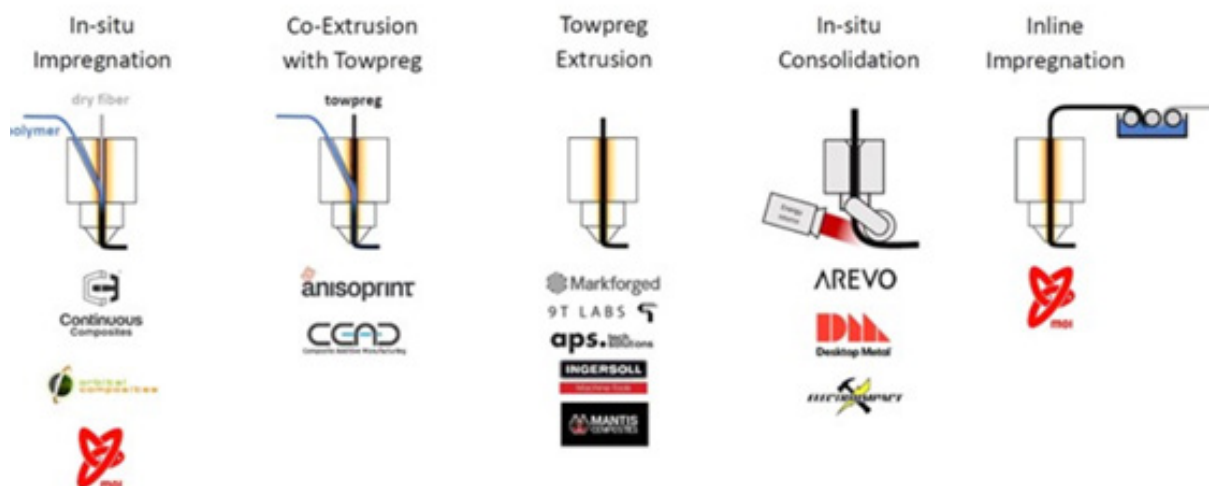
Op dit moment is er nog geen alternatief voor een metalen beugel te vinden. Dit omdat er heel specifieke eisen en materiaaleigenschappen aan de huidige beugels zijn gekoppeld. Voornamelijk beugels voor grote cupmaten hebben specifieke materiaaleigenschappen om optimale ondersteuning te voorzien.

Toch zijn er heel wat 3D printers in opmars die qua printkwaliteit en materiaaleigenschappen dicht in de buurt komen van de huidige eisen. Een eerste optie hierin is om te kiezen voor een 3D print die versterkt is met vezels. Concreet zou het dan gaan over een beugel die 3D geprint is en versterkt met glas- of carbonvezel.

Tegenwoordig zijn er veel marktspelers te vinden op het versterkt 3D print landschap. Onderlinge verschillen tussen bedrijven zijn: het printvolume, printsnelheid, geschikte toepassingen van de prints,

afneemmarkt en materialen. Verder is er ook een verschil tussen de bedrijven die gebruik maken van 3D printers en bedrijven die gebruik maken van robotisch printen. [36]

Het versterkt 3D printen zelf kan in verschillende technieken worden onderverdeeld. Op onderstaande afbeelding zijn de verschillende technieken vereenvoudigd afgebeeld met daaronder de bedrijven die op die manier werken.



Figuur 31: Overzicht van methodes hoe vandaag de dag met vezels versterkt geprint kan worden. Bron [36]

Testproces

Om de vezel versterkte printen te testen, werd er gebruik gemaakt van de Markforged 2, beschikbaar gesteld door de UGent in samenwerking met het IDC in Kortrijk. Zoals in figuur 31 te zien is, maakt de Markforged 2 gebruik van Towpreg Extrusion. Dit houdt in dat na het opwarmen de vezel door de printkop wordt gevoerd zonder dat bij het proces extra materiaal komt kijken. Dit wordt mogelijk gemaakt door de dual-extrusion printkop waarvoor deze printer beschikt. [36] Verder is proces van het printen sterk te vergelijken met het klassieke FDM printen.

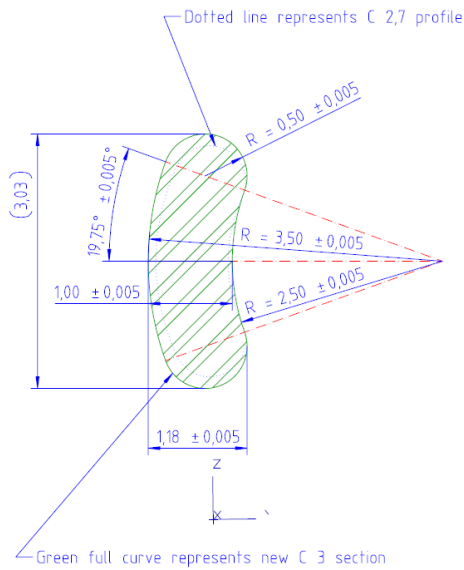
De slicer die wordt gebruikt voor het printen op de Markforged 2 is Eiger (<https://www.eiger.io/>). Het online printplatform maakt het mogelijk om prints in te stellen en in de wachtrij te plaatsen. Zo hoeft er geen vaste connectie te zijn tussen slicer software en de printer.

Binnen Van de Velde wordt er gebruik gemaakt van verschillende beugelprofiel doorsnedes. C2.1 en C2.5 worden momenteel vooral toegepast bij beha's met een kleine cupmaat. De zwaardere profielen C2.7 en C3.0 zullen in dit geval tot interessantere resultaten leiden. C3.0 is het grootste beugelprofiel dat momenteel nog in het beugellint past bij Van de Velde.

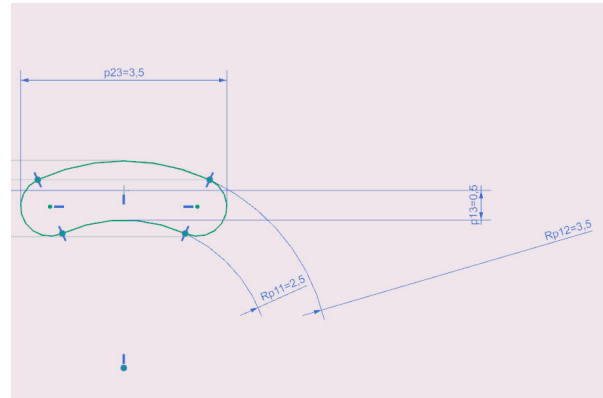
De technische tekeningen voor het beugelprofiel en de lengte in combinatie met de kromming is terug te vinden in de appendix achteraan.

Na het importeren van de stl files in Eiger en het instellen van de files, werd al snel duidelijk dat de profielen, in hun huidige afmetingen weliswaar geprint kunnen worden, enkel zonder glas- of carbonvezel. Dit door de sterke kromming die de beugel maakt en het te kleine beugelprofiel. Om succesvolle prints af te leveren die vezel versterkt zijn, werden er aanpassing aan het snedeprofiel gemaakt. Een vergelijking van het huidige snedeprofiel en het aangepaste snedeprofiel is in

onderstaande foto's te vinden.

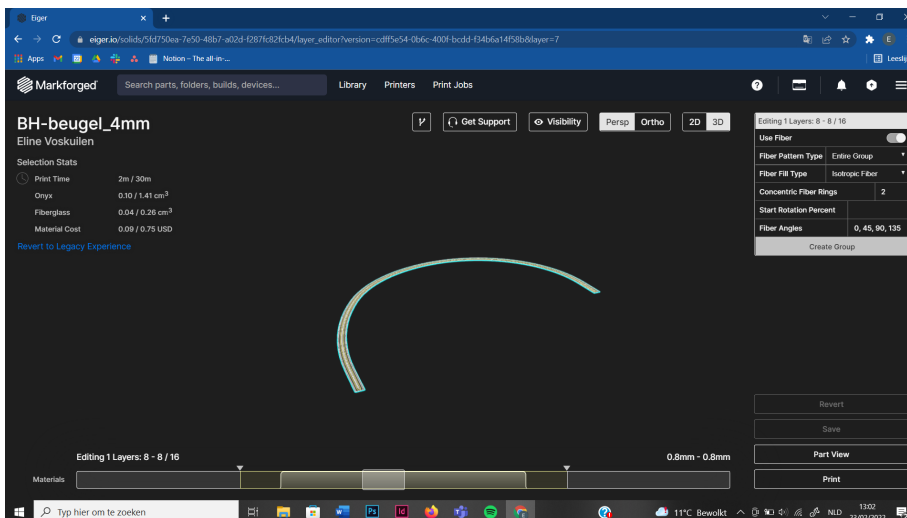


Figuur 32: De beugeldoorsnede C3.0 afkomstig van de technische tekeningen van Van de Velde



Figuur 33: Aangepaste beugelsnede, gebaseerd op de C3.0 beugeldoorsnede.

Met het nieuwe snede profiel is het wel mogelijk, volgens de Eiger slicer software, om te printen met een deel ingelegde vezel.



Figuur 33: Weergave van het CAD-model in de Eiger slicer software.

Er werden in totaal 3 beugels geprint met de Markforged 2, waarvan 2 met glasvezel en eentje zonder.

Beugelprofiel	Materiaal	Geprint?	Treksterkte (N/mm ²)	Voordelen	Nadelen
C2.7	Staal	Nee	1800-2100	Goede steun.	Geen vervangende techniek aanwezig op de markt die huidige productie beugels kan overnemen.
C3.0	Staal	Nee	1800-2100	Goede steun.	Geen vervangende techniek aanwezig op de markt die huidige productie beugels kan overnemen.
Aangepast C3.0	Onyx	Ja	40	Voor de toepassing van een beugelbeha, heeft dit prototype geen voordeel.	Niet sterk genoeg.
Aangepast C3.0	Onyx + glasvezel	Ja	40 + 590 (sterkte vezel)	Interessante mogelijkheid naar toekomst toe.	Geometrie is te strak gekromd waardoor de printer de vezel niet correct in de kromming kan leggen.
Aangepast C3.0	Onyx + carbonvezel	Nee			

Tabel 9: Overzicht test resultaten van het vezel versterkt printen.

Zoals in de datasheet van onyx is terug te vinden: Onyx is een micro vezel gevuld met glasvezel. Ondanks dat dit materiaal 1.4 keer zo sterk is als ABS, voldoet het niet aan de eigenschappen van het huidige beugelmateriaal. [37] De treksterkte ligt te ver af van die van staal. Ook onyx in combinatie met de glasvezel leidt niet tot het gewenste resultaat. Qua sterkte komt het dichterbij de huidige beugel, maar de printer is gelimiteerd in zijn uitvoering.

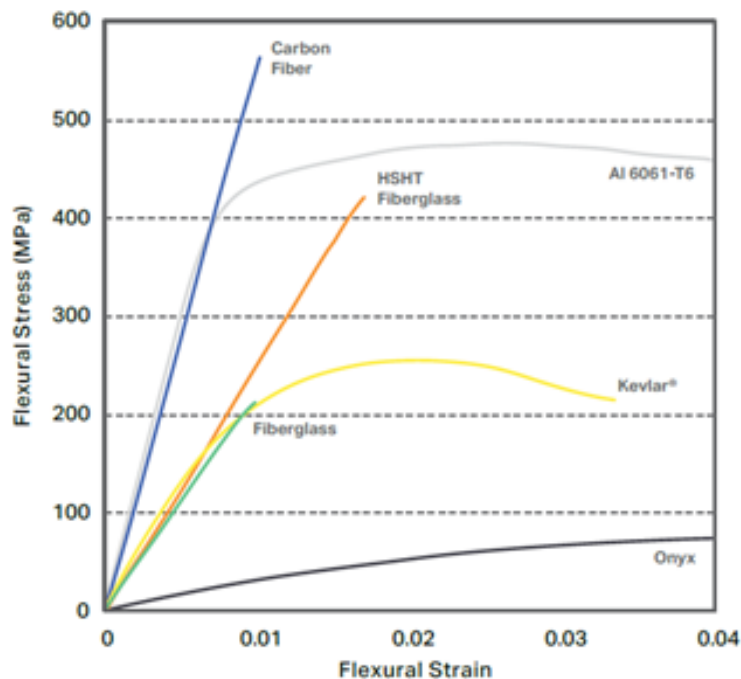
Door de stijfheid van de vezel is de printer gelimiteerd in tegelijkertijd de kromming volgen en de vezel correct extruderen. Dit had als bijgevolg dat de vezel niet volledig is weggewerkt in de print, maar een bridge vormt. In een tweede poging leidde dit opnieuw tot hetzelfde resultaat.



Figuur 35: 3D geprinte beugel van onyx in combinatie met glasvezel waarbij de vezel duidelijk tussen de printlagen uitkomt.

Om een egale afwerking te garanderen zou de uitstekende vezel verwijderd kunnen worden, maar dit zorgt voor een verlies in sterkte omdat men de volledige vezel onderbreekt.

Verder werd er nog gevraagd naar de expertise van Max Schoepen. Deze raadde aan om niet met carbonvezel te experimenteren aangezien die vezel nog stijver is als glasvezel. Het bovengenoemde bridge effect zou bij gebruik van carbonvezel versterkt worden en eventueel tot grove printfouten kunnen leiden. Dit is ook terug te vinden in onderstaande grafiek. Hieruit is ook af te leiden dat onyx op zichzelf een redelijk flexibel materiaal is. [37]



Figuur 36: Grafiek over het gedrag van verschillende materialen wat stijfheid aangaat. Deze grafiek is overgenomen uit bron [37]

Aangezien de toepassingen en het gebruik van de Markforged 2 printer momenteel beperkt zijn wat de scope van de thesis betreft, werd de testfase van deze opportuniteit na het printen van 3 beugels afgerond.

3.4.2 3D printen op textiel

Huidige situatie

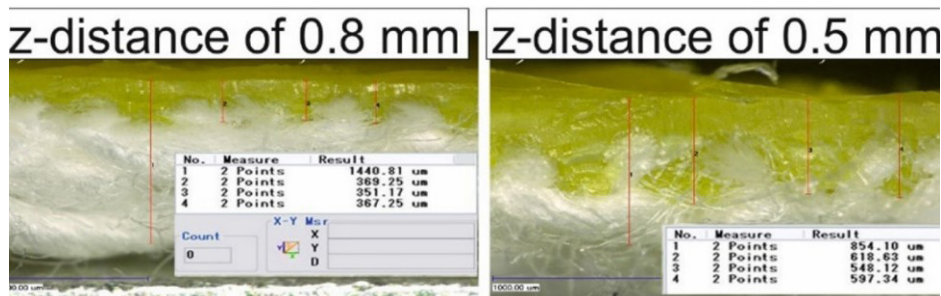
3D printen op textiel wordt al door enkele bedrijven gedaan. Een voorbeeld hiervan is Labeleby, een bedrijf gevestigd in Eindhoven. Verder zijn er ook bedrijven die zich specialiseren in het ontwikkelen van 3D printers die specifiek geschikt zijn voor het printen op textiel, zoals Stratasys. Momenteel wordt 3D printen op textiel veelal gebruikt als extra decoratief element of in combinatie met elektrische toepassingen.

Het belangrijkste element bij het 3D printen op textiel is de hechting van de verschillende materialen. Daarbij is het onderscheid tussen natuurlijke vezels en synthetische vezels een significant verschil. Beide materialen gedragen zich anders onder thermische invloed.

Natuurlijke vezels

Natuurlijke vezels, in tegenstelling tot synthetische vezels, zijn niet-thermoplastisch. Stoffen geproduceerd van natuurlijke vezels zullen onder invloed van warmte niet opwarmen of smelten. Verder heeft de hitte ook geen invloed op de krimp van het materiaal. Dit wil ook zeggen dat tijdens het printen met natuurlijke vezels, geen voorverwarmd printbed nodig is. [38]

Een eerste parameter die van belang is voor een goede hechting tussen filament en textiel met natuurlijke vezels, is de positie van de Z-as. De structuur van stof met natuurlijke vezels is zeer open. Bij een juiste instelling van de Z-hoogte, kan het printfilament goed tussen de vezels vloeien. Voor het gebruik van PLA-filament wordt voor de Z-hoogte een richtwaarde rond de 0.5 mm genomen. Bij deze hoogte kan het filament goed tussen de vezels vloeien om een goede hechting te garanderen. Dit is ook duidelijk zichtbaar in onderstaande afbeelding. [39]



Figuur 37: Microscopische weergave hoe het filament tussen de natuurlijke vezels vloeit afhankelijk van de Z-hoogte van de printkop. Deze afbeelding is overgenomen uit bron [39]

Een tweede parameter die in acht genomen moet worden, is de temperatuur waarmee het filament geëxtrudeerd wordt. Een hogere temperatuur van de nozzle leidt tot een vloeibaarder filament, waardoor het materiaal dieper tussen de vezels kan doordringen. Echter is deze temperatuur niet altijd op te schalen en is deze beperkt tot de uiterste temperaturen van het materiaal dat als filament gebruikt wordt. [39] Zo wordt bij het gebruik van PLA een richttemperatuur aangehouden tussen de 210-230°. [40]

Een derde parameter die van groot belang is om een goede hechting te garanderen, tijdens het 3D printen, is de printsnelheid. Daarbij is vooral de printsnelheid van de eerste laag relevant. Toch heeft de snelheid een minder grote invloed op de algemene hechting in vergelijking met de Z-hoogte. [39]

Voorbeelden van stoffen met natuurlijke vezels zijn: katoen, linnen, zijde, wol, etc.



Figuur 38: Hemp vezel stof

Synthetische vezels

Synthetische vezels ook wel kunststof vezels genaamd, zijn in tegenstelling tot natuurlijke vezels, wel beïnvloedbaar door warmte. Dit omdat synthetische vezels geproduceerd worden aan de hand van petroleum. Synthetische stoffen zullen in geval van blootstelling aan extreme hitte, bijvoorbeeld een vlam, smelten. Op gebied van hechting tussen filament en synthetische stof zitten meer uitdagingen dan bij natuurlijke stoffen. Dit omdat synthetische stoffen vaak een gladde oppervlakte finish hebben. Dit zorgt ervoor dat ondanks een goede Z-hoogte, het gesmolten filament niet goed tussen de vezels kan vloeien. [41]

Verder speelt temperatuur een grote rol. In tegenstelling tot andere stoffen, zijn de stoffen vervaardigd uit synthetische vezels vaak gladder en hebben ze een fijnere structuur waardoor het vloeibare filament moeilijker tussen de individuele vezels in kan vloeien. Idealiter wordt er ook in het geval van synthetische stoffen gekozen voor een gewoven stofsoort om dit probleem te vermijden.

In het proces van 3D printen op synthetisch textiel, hebben zowel het print materiaal als de textiel dezelfde basiscomponent, nl. kunststof. Dit maakt dat een andere verbindingmethode nodig is om een goede hechting te garanderen, in dit geval versmelting. [42]

Tijdens het printen moet de hitte van het filament de bovenste laag van het textiel lichtjes smelten om zo beide materialen aan elkaar te versmelten. Bij het afkoelen of stollen wordt zo een samenhangend geheel gevormd. Is de temperatuur van de nozzle en dus het filament niet hoog genoeg, zullen de kunststof deeltjes in het textiel niet smelten en zullen de twee materialen niet goed aan elkaar hechten. Hieruit kan geconcludeerd worden dat in het geval van 3D printen op synthetische textiel, de oppervlakte afwerking, de chemische samenstelling van beide materialen en de verwerkingsparameters van belang zijn. [42]

Voorbeelden van synthetische vezels zijn: viscose, polyamide, polyester, etc.



Figuur 39: Voorbeeld van een polyester stof

Verder zijn ook de verschillende manieren waarop 3D printen met textiel gecombineerd kan worden belangrijk. Op dat vlak kunnen we onderscheid maken tussen 3 verschillende technieken.

1. Apart 3D printen en vervolgens op het textiel naaien

Hierbij worden de 3D print onderdelen apart geprint en vervolgens op het textiel gemonteerd. Dit kan door middel van stikken of borduren.

2. 3D printen door de stof

Deze techniek wordt over het algemeen het meest toegepast in de textielindustrie omdat het eenvoudig toe te passen is. Deze techniek wordt veelal gebruikt om decoratie op stof aan te brengen. Vooral bij cosplayers is dit een populaire manier om kostuums te maken. Dit omdat deze techniek toestaat, dat na het printen, het materiaal nog in alle richtingen bewogen kan worden. Er worden geen vrijheidsgraden ingeperkt. Dit maakt het mogelijk toepassingen te vervaardigen die op het menselijke lichaam te gebruiken zijn en meebewegen. [43]

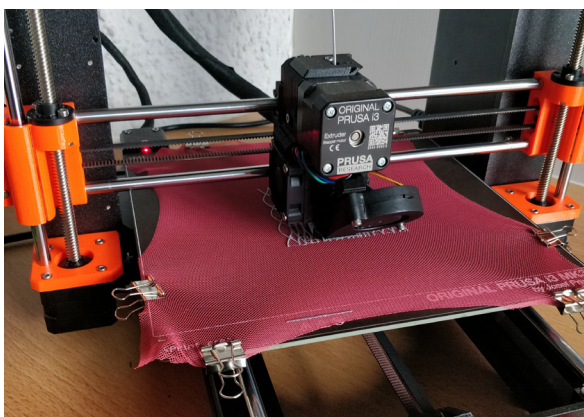
Tijdens dit proces worden om te beginnen enkele lagen filament geprint om vervolgens een mesh stof over de print te leggen en vervolgens de print verder te laten lopen. Om het textiel op zijn plaats te houden is het opspannen van het textiel of de stof aangeraden. Daarbij is het belangrijk dat de fijnmazige stof diep genoeg in de print wordt gedrukt om het verdere printproces niet te hinderen. Op die manier wordt de stof vastgezet tussen de verschillende printlagen. [43]

De enige beperkende factor binnen dit proces is dat de stof die je tussen de layers legt, fijnmazig moet zijn, zoals tule. Hierdoor is men in de toepassingen van dit proces erg beperkt. [44]

3. 3D printen direct op de stof

Een laatste techniek is het direct 3D printen op de stof. Dit is de techniek waarbij het printmateriaal direct wordt aangebracht op de stof. Op deze manier kan het filament direct tussen de vezels van de stof vloeien en zo een optimale hechting garanderen.

In tegenstelling tot eerdere technieken is deze het meest geavanceerd omdat de printinstellingen en parameters afwijken van het traditioneel printen. Hierbij spelen de Z-hoogte, printsnelheid en temperatuur een grote rol. Verder is het ook van belang om aandacht te besteden aan het opspannen van de stof. Deze zal op het printbed moeten worden opgespannen.



Figuur 40: Voorbeeld van hoe de opspanning van textiel op een 3D printer eruit ziet.

Als alle parameters (z-hoogte, printsnelheid en materiaal) kloppen en het opspannen correct verloopt, kan er goede hechting gegarandeerd worden tussen stof en printmateriaal.

Deze hechting of verbinding kan op vlak van mechanische eigenschappen voor zeer interessante resultaten zorgen. Momenteel wordt printen op stof veelal met PLA en ABS uitgevoerd omdat deze materialen goed combineren met verschillende soorten textiel en interessante mechanische eigenschappen vertonen als resultaat. In een onderzoek uit 2015 werd dit getest door herhaaldelijk hetzelfde 3D object op verschillende textiel soorten te printen. [45]

Net als het printen door stof wordt deze techniek, tot nu toe, vooral gebruikt om decoratie of versiering aan te brengen op te stof. Toekomstige mogelijkheden zou echter ook versterking op strategische plekken en reparatie zijn. [46]

Er kan geconcludeerd worden dat 3D printen op textiel voor heel wat toepassing uitstekend geëigend is. Personalisatie, versterkende mechanische eigenschappen, verwerking van elektronische onderdelen of het aanbrengen van interessante of tactiele structuren zijn enkele van de toepassingen waarvoor vandaag de dag, 3D printen op textiel zeer geschikt is. Toch blijven de toepassingen beperkt en is massaproductie moeilijk op te starten door de lange productietijden en de bijkomende kosten.

Testproces

Om een idee te krijgen hoe 3D printen op textiel al reeds wordt toegepast, werd er contact opgenomen met Jessica Joosse van Labeledby, een bedrijf gevestigd in Eindhoven. Deze suggereerde om vooral met tests aan de slag te gaan en te kijken welk filament het beste met welke stof combineert. Fusion deposition modeling, FDM printen is het meest geschikte proces om te experimenteren met 3D printen op textiel. De tests werden uitgevoerd op een Prusa i3 MK3S+ in combinatie met aangeleverd textiel van Van de Velde.



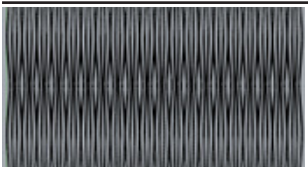

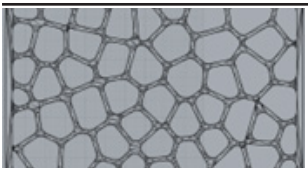
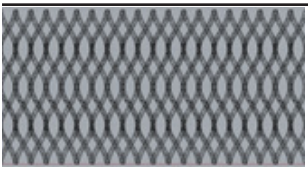
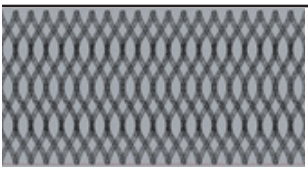
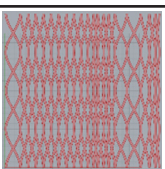

Figuur 41: Prusa i3 MK3S+

Specifieker gaat het om lycra, tule, een all-over of kant, alleen behoren ze tot de familie van synthetische vezel stoffen. Qua printmateriaal werd er geopteerd voor flexibele materialen, TPC en TPU, maar om een goede vergelijking te bekomen, werd er ook getest met PLA. In onderstaande tabel (10) zijn de verschillende materiaaleigenschappen van TPC, TPU en PLA terug te vinden.

	PLA	TPU	TPC
Nozzle temperatuur (°)	210-230	210-230	220-240
Bed temperatuur (°)	50-70	40	20-60
Flexibel	Nee	Ja	Ja
Printsnelheid (mm/s)	40-80	15-40	20-50

Tabel 10: Materiaal eigenschappen van PLA, TPC en TPU. Deze gegevens zijn samengevoegd uit volgende bronnen: [40], [47], [48]

De verschillende printinstellingen en hechtingsresultaten zijn in tabel 11 te vinden. De hechting op de stof wordt aangeduid met goed (materiaal hecht goed op stof), gemiddeld (materiaal hecht in eerste instantie maar kan loskomen) en slecht (materiaal hecht niet en komt tijdens het printen al los).

Type patroon	Type textiel	Filament	Inflow	Bed temp.	Temp. First layer	Temp. Rest layers	Hechting op stof
	Lycra	PLA	1,1	60	215	215	Goed
	Lycra	TPC	1,25	50	240	240	Slecht
	Lycra	TPC	1,25	55	250	250	Slecht
	Tule	TPC	1,25	60	260	250	Slecht
	Tule	TPU	1,25 + retractie uit	60	235	220	Gemiddeld
	Tule	TPU	1,25 + retractie aan	60	235	220	Goed
	Tule	PLA	1,1	60	215	215	Slecht

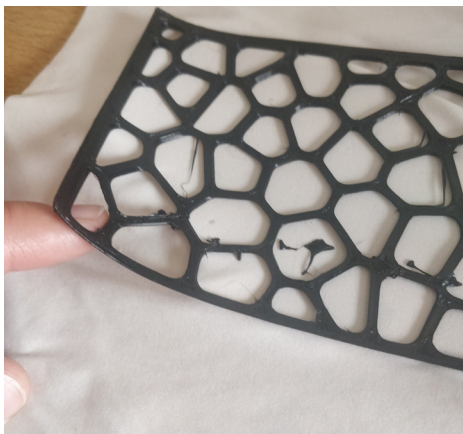
Tabel 11: Overzicht test resultaten van 3D printen op textiel met de afzonderlijke parameters per test.

Wat uit bovenstaande tabel geconcludeerd kan worden is dat ondanks dat het flexibele materiaal voor de bestemde toepassing gewenst is, dit veel minder goed op het beschikbare materiaal hecht. PLA heeft de beste resultaten op vlak van hechting, maar is voor de bestemde toepassing minder geschikt.

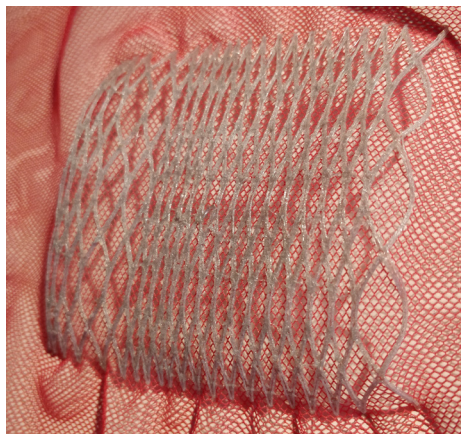


Figuur 42: Printtest van lycra waarop PLA geprint is

Ook op een fijnmazige stof zoals tule, hecht voornamelijk TPC niet. TPU daarentegen hecht in sommige gevallen wel. De 6e rij in tabel 11 geeft een overzicht van de instellingen die nodig zijn om TPU goed aan fijnmazige stof, in dit geval tule, te laten hechten.



*Figuur 43: Testprint met lycra en TPC.
Slechte hechting*



*Figuur 44: Testprint van tule en TPU.
Geslaagde hechting*

De reden dat TPC moeilijk of niet hecht en TPU maar in sommige gevallen, is omdat het smeltpunt van de plastic deeltjes in de stof hoger ligt dan de nozzle temperatuur van TPC en TPU, wat resulteert in een gemiddelde of slechte hechting. Wel kan er aan de hand van literatuur geconcludeerd worden dat 3D printen op textiel wel degelijk kan, mogelijks echter niet in voor de toepassing binnen de scope van deze thesis.

3.4.3 Borduren op elastische stof

Huidige situatie

Borduren is een techniek die al jaren honderden wordt toegepast in de textielindustrie. Het is zowel cultuur als tijdsperk gebonden. Toepassingen hiervan zijn veelal als versiering of applicatie te vinden op een varia aan kledingstukken. Tegenwoordig wordt borduren niet enkel voor esthetische doeleinden gebruikt, maar ook in toepassingssectoren zoals automotive, aerospace, constructie, Healthcare (wondverhelping en weefsel engineering) en voor slim textiel. [49] Op die manier wordt borduren ook een techniek van de 21e eeuw genoemd.

Een belangrijk voordeel dat deze techniek heeft is duurzaamheid. Dit omdat bij applicatie van borduursel er binnen 1 materiaal familie gewerkt wordt. Dat wil zeggen dat tijdens een recyclage proces beide materialen, zowel de draad als het textiel, op dezelfde manier verwerkt kan worden. Verder is borduren een semipermanente hechting en kan deze losgemaakt worden.

Borduren kan met de hand of machinaal. Beide hebben een effect op volgende mechanische eigenschappen van het textiel dat gebruikt wordt: het eigen gewicht van het textiel, de dikte van het textiel, de buigstijfheid van het textiel, de streksterkte van het textiel en de rek van het textiel. [50]

	Machinaal borduren	Handmatig borduren
Eigen gewicht	Neemt toe (factor 1.5) ↑	Neemt toe (factor 3) ↑↑
Textiel dikte	Neemt toe (factor 1) ↑	Neemt toe (factor 2) ↑↑
Buigstijfheid	Neemt toe (meer als handmatig) ↑↑	Neemt toe ↑
Treksterkte	Neemt af ↓↓	Neemt lichtjes af ↓
Rek	Neemt toe ↑↑	Neemt lichtjes toe ↑

Tabel 12: Overzicht van het verschil tussen machinaal - en handmatig borduren en hun effect op verschillende parameters. Info afkomstig uit bron [50].

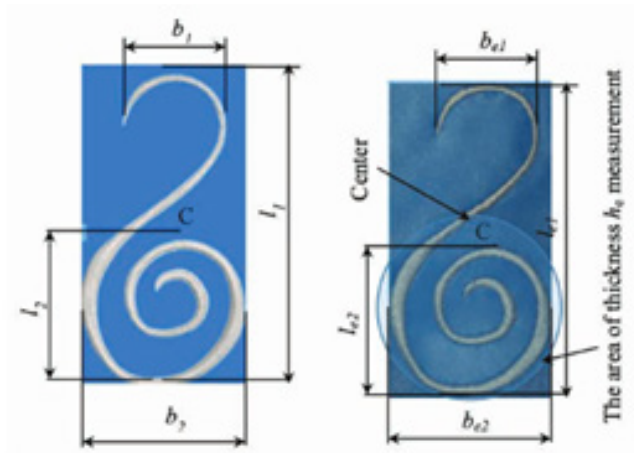
De eerste 3 resultaten die in bovenstaande tabel kunnen worden teruggevonden (eigen gewicht, textiel dikte en buigstijfheid) zijn te verklaren door de extra toevoeging aan materiaal. Afhankelijk van de steeksoort kan materiaal evenwichtig (simpele vulsteek) of geconcentreerd (satijnsteek) aangebracht worden op de stof.

Over het algemeen beïnvloeden handgemaakte evenals machinaal steken de stof evenveel, heeft machinaal borduren heeft een hogere waarde als handmatig borduren door de constante steeksnelheid, steeklengte en draadspanning die een borduurmachine kan aanhouden. Bij handmatig werk moet er altijd een foutmarge worden gerekend. Zo zal de buigstijfheid bij het machinaal borduren hoger zijn als handmatig borduren. [50]

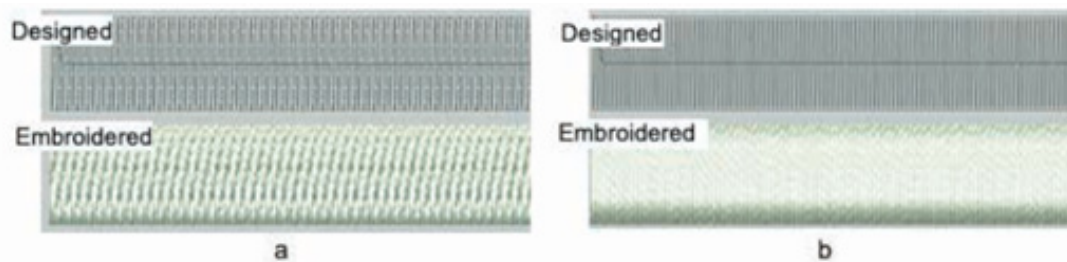
Handgemaakte borduursteken hebben opvallend genoeg wel een groter effect op alle andere stoffeigenschappen, buiten buigstijfheid. Dit is te wijten aan de oneffenheden van handgemaakt borduurwerk. [50]

Wel moet opgemerkt worden dat de zone waarop geborduurd wordt, in geval van elastische stoffen, een dramatische afname in rek ondervindt. Iets wat binnen de scope van deze thesis zeker interessant is. In tegenstelling tot handmatig borduren, is ervoor machinaal borduren een productiefiler nodig dat de machine kan lezen, ook wel g-code genaamd. Bij het gebruik van deze software moet altijd rekening

worden gehouden met machine-afwijkingen, toleranties, materiaal afwijkingen en systeemfouten. In dit geval beïnvloeden de steeksoort, steekdichtheid en draadtype hoe het originele design zal worden overgebracht op de stof. [51]



Figuur 45: Weergave van het verschil tussen een digitaal ontwerp en het uiteindelijke geborduurde resultaat. bron[51]



Figuur 46: Weergave van het verschil tussen de digitale weergave van een borduursteek en het geborduurde resultaat bron[51]

Zo kan de breedte van een borduurwerk beïnvloed worden door het soort steek dat gekozen wordt. Dit is goed zichtbaar in figuur 45. Het is dus aan te raden enkele tests te doen om zo de juiste instellingen van het borduurwerk in te schatten. Het is van belang om te weten welke steek, welk type draad en hoe de steeksnelheid invloed heeft op de stof waarop geborduurd zal worden. Zo kan men ook vaststellen of een stabilisator nodig is onder de stof of niet. [51]



Figuur 47: Voorbeeld van een stabilisator

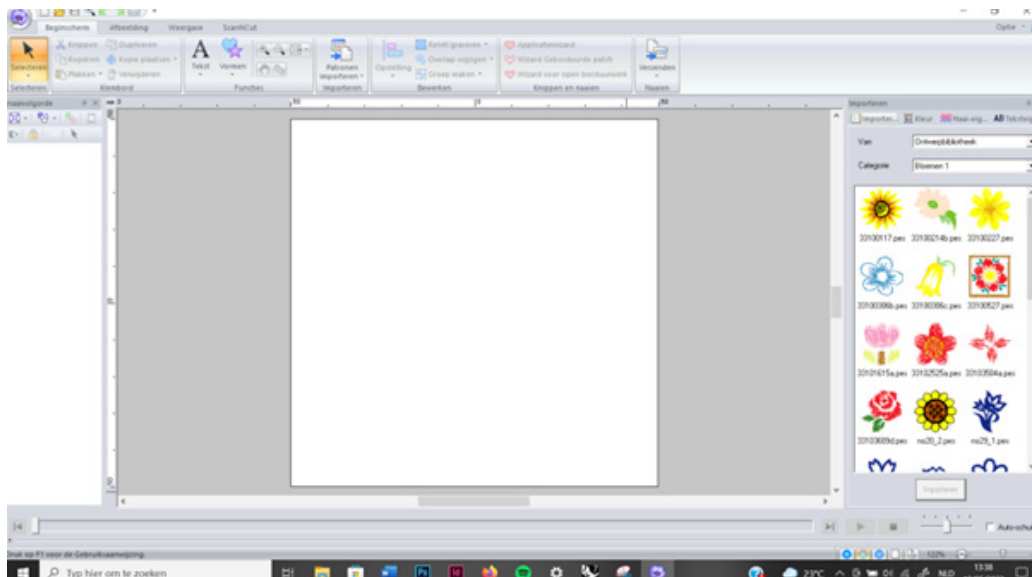
Testproces

Om verschillende borduursteken en hun effect op elastisch textiel te testen, werd er gebruik gemaakt van de Brother VR CNC borduurmachine. Deze werd ter beschikking gesteld door de UGent, Howest en het IDC Kortrijk.



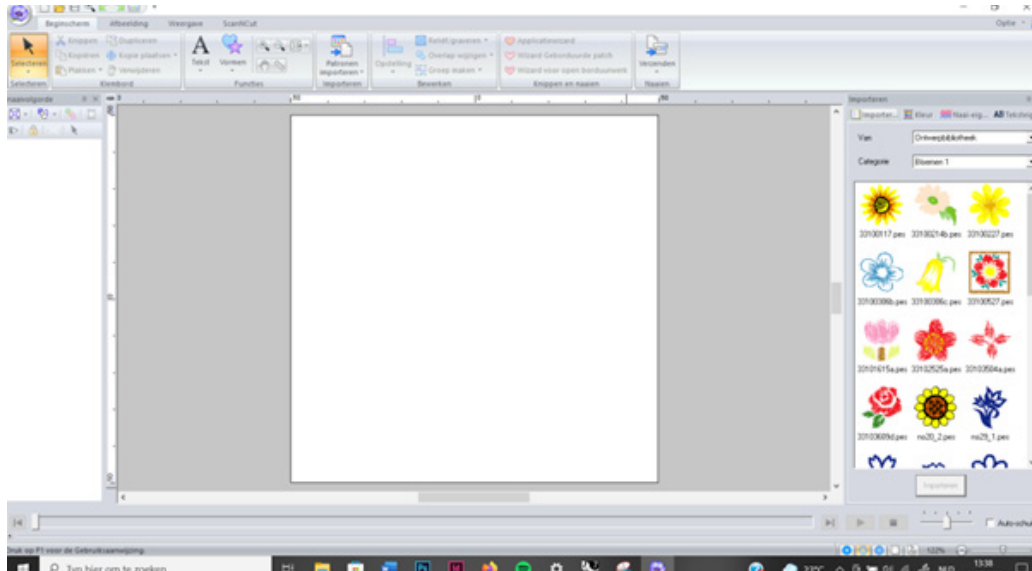
Figuur 48: De Brother VR borduurmachine

Als voorbereiding op het gebruik, werd er kennis vernomen via een video op youtube. Hierin werd de opbouw van de machine en eenvoudig gebruik grondig uitgelegd. [52] Een verdere introductie werd gegeven door Bieke Masselis. Hierbij stond de toelichting over het gebruik van de bijhorende software centraal. De Brother VR beschikt over zijn eigen software genaamd: PE-Design. Het gebruik hiervan wijst zichzelf uit en is eenvoudig in gebruik. De interface zelf is vrij basic en weinig flexibel in gebruik. Voor een grotere diepgang hoe deze software gebruikt kan worden om te ontwerpen, dient de daarvoor bedoelde handleiding gebruikt te worden. [53] Binnen de scope van deze thesis werd hiervan geen gebruik gemaakt.



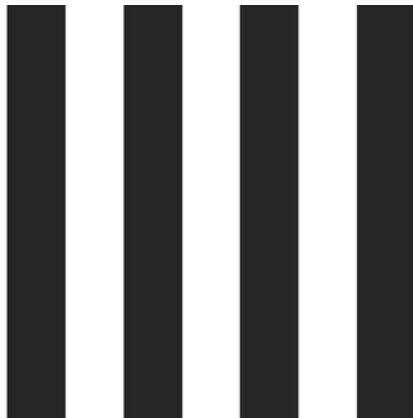
Figuur 49: User interface van de software PE-Design

Het voordeel dat deze software heeft is dat afbeeldingen automatisch kunnen worden omgezet in 'geperforeerde' bestanden die de software herkent en indeelt in borduurpaden. Op deze manier is het mogelijk simpele afbeelding van het internet te gebruiken om bv. logo's en dergelijke succesvol op truien of T-shirts te borduren. Ook zelfontworpen 2D digitale tekeningen (bij gebruik van sketchbook of illustrator) kunnen op deze manier in de software worden ingevoerd.



Figuur 50: User face van de software PE-Design

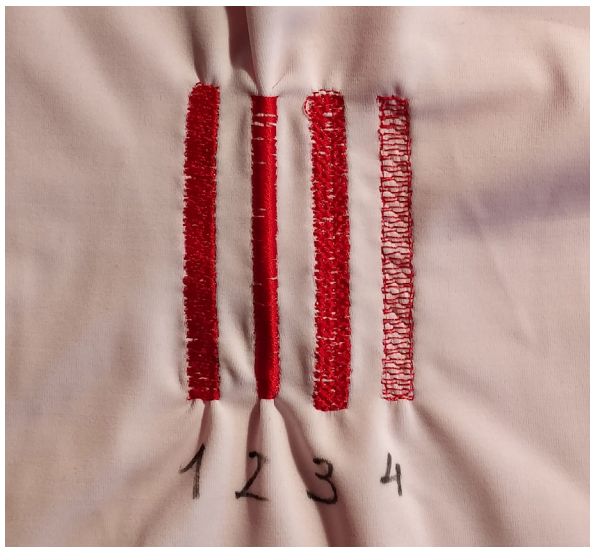
Deze methode werd ook gebruikt om een afbeelding te gebruiken om de steken in tabel 13 te testen en hun effect op elastische stof te evalueren. De test met onderstaande figuur werd 2 keer uitgevoerd. Een eerste keer enkel op lycra en een tweede keer op een combinatie van lycra en tule. Bij de tweede test werd de tule gebruikt als vervanging van een eventuele stabilisator.



Figuur 51: Afbeelding die gebruik werd om een test van de verschillende steeksoorten te doen

	Steeksoort	Opvulling	Trek op stof	Stretch op steek	Resultaat
1	Vulsteek	Goed	Gemiddeld	Niet	Geschikt voor toepassing
2	Satijnsteek	Goed - gemiddeld	Groot	Gemiddeld	Niet geschikt voor toepassing
3	Geprog. Vulsteek	Goed	Gemiddeld tot niet	Niet	Geschikt voor toepassing
4	Pipingsteek	Slecht	Niet	Gemiddeld	Niet geschikt voor toepassing

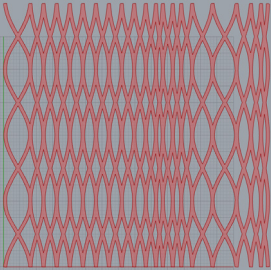

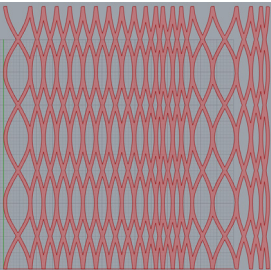
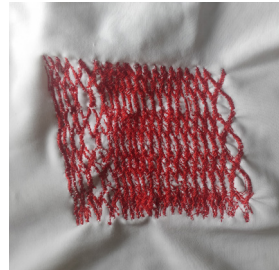
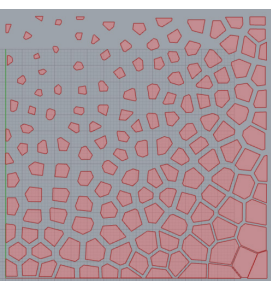

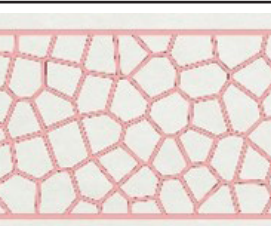
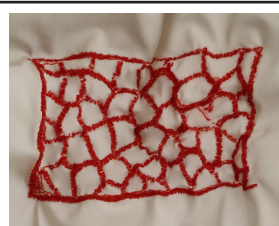
Tabel 13: Overzicht van de verschillende steeksoorten en hun resultaat op lycra



Figuur 52: weergave van het testresultaat van de verschillende steken, geborduurd op lycra

Zoals in figuur 52 duidelijk te zien is trekt de borduurmachine bij het uitvoeren van de satijnsteek het materiaal het meest samen en dit onafhankelijk van het gebruik van tule. Dit fenomeen komt bij de andere steken in veel mindere maten voor. Bij de pipingsteek is dit helemaal niet het geval, echter voor de toekomstige toepassing is het gebruik van de pipingsteek niet geschikt doordat deze het borduurpad niet volledig genoeg vult.

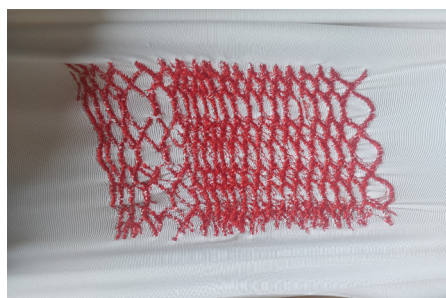
Daarom gaat de voorkeur uit naar de vulsteek en de geprogrammeerde vulsteek. Deze instelling werden in vervolg testen gebruikt. Hierbij werd in plaats van simpele strepen, gebruik gemaakt van de patronen die in hoofdstuk 4 (4.4) worden besproken. Dit om het effect van de verschillende patronen op de rekbare stof te testen.

	Patroon	Resultaat op stof	Rek in lengte richting	Rek in breedte richting
1			De rek in richting van het patroon (op de afbeelding van links naar rechts) rek nog voldoende mee voor toekomstige toepassing.	De rek in de hoogte is beperkt tot de breedte van het patroon. In deze richting is er maar rek van een millimeter.
2			De rek in richting van het patroon (op de afbeelding van links naar rechts) rek nog voldoende mee voor toekomstige toepassing.	De rek in de hoogte is beperkt tot de breedte van het patroon. In deze richting is er maar rek van een millimeter.
3			De rek in de richting van het patroon (op de afbeelding van links naar rechts) heeft een lichte afname ten opzichte van de originele rek.	De rek in de hoogte heeft een lichte afname ten opzichte van de originele rek.
4			Het patroon zelf knijpt de stof lichtjes samen. Wel kan het nog voldoende in lengterichting worden uitgetrokken.	Het patroon zelf knijpt de stof lichtjes samen. Wel kan het nog voldoende in de breedte richting worden uitgetrokken.

Tabel 14: Overzicht van de resultaten op lycra en hun geobserveerde resultaat op textiel



Figuur 53: Het borduursel voor uitrekken



Figuur 54: Het borduursel na uitrekken

Een interessant gegeven uit bovenstaande tabel is dat de rek van het patroon vooral wordt beïnvloed door het soort patroon. Patronen waar de elementen los staan, zoals bij teststuk 3 is te zien, hebben slechts een minimale verminderde rek op de plaats van het borduursel.

De andere patronen hebben een sterkere invloed op de vermindering van rek in de stof. Dit zijn dan ook de patronen waar verder mee geëxperimenteerd zal worden.

3.5

1^e Verificatie

Alle 3 de opties (vezel versterkt 3D printen, printen op textiel en borduren op elastische stof) hebben hun voor- en nadelen. In een eerste ideation fase zijn al verschillende toepassingen getest en werd er gekeken hoe verdere ontwikkelingen hierop zouden kunnen worden toegepast.

	Voordelen	Nadelen	Toekomst?
Vezel versterkt 3D printen	3D printen zou een flexibele manier zijn om de huidige productiemethode te vervangen of aan te vullen	-Materiaal eigenschappen komen nauwelijks in de buurt van de gewenste, huidige eigenschappen. -Toepassing van de printer is beperkt door stijfheid van de vezel, huidige printer is hier niet geschikt voor.	Momenteel vormt het 3D printen van een beugel geen uitvoerbare oplossing door de te grote beperkingen van de huidige 3D printers die met vezels printen.
3D printen op textiel	-Innovatieve oplossing om versterking op de stof aan te brengen -Toegevoegde waarde op esthetisch vlak -Flexibele manier om op maat te gaan werken.	-Moeilijk uit te voeren op 'gewone' printers, printkop zou al uitgerust moeten zijn om op hoge temperaturen te printen. -Bij slechte hechting kan de print loskomen van de textiel. -Niet alle textielsoorten zijn voor deze toepassing geschikt. -Weinig geschiktheid voor was testen. -Nadelig op vlak van duurzaamheid.	3D printen op textiel wordt al toegepast, maar vooral voor esthetische doeleinden. Echter maken de hechting en de duurzaamheid het moeilijk om op grote schaal toe te passen voor steun-eigenschappen. Wel zou dit een interessante piste zijn om later op terug te komen.
Borduren op elastische stoffen	-Voordelig op vlak van duurzaamheid omdat met hetzelfde soort materiaal gewerkt wordt. -Borduren op elastische stoffen zorgt ervoor dat de rek in de stof verdwijnt. -Toegevoegde waarde op esthetisch vlak	-Wordt veelal in 2D vlak gedaan, weinig CNC-borduurmachines die 3D werken -Bij bepaalde behapatronen zal steunpatroon niet volledig kunnen doorlopen	Veelbelovende manier om extra steun in materiaal te leggen zonder ingewikkelde toepassingen te gebruiken. De invloed van de patronen op de rek heeft veel potentieel.

Tabel 15: Overzicht van de 3 geëxploreerde technieken, hun voor- en nadelen en toekomst perspectief

Na het afwegen van de verschillende voor- en nadelen werd, in samenspraak met Van de Velde, beslist dat borduren op elastische stoffen mogelijks tot de beste resultaten zou kunnen leiden. Dit door de interessante mechanische eigenschappen die door de toevoeging van borduursel ontstaan. Vandaar dat dit het productieproces is waarop verdergegaan zal worden.

Dit, in combinatie met de voorloper van het grasshopper algoritme, biedt mogelijkheden om een maatoplossing uit te werken die multi-inzetbaar is door het gebruik van 3D scans. Deze maken het mogelijk om de klassieke CAD-modeleerstep over te slaan en direct op bruikbare stl files door te werken.

Zo hoeft er niet apart tijd een aandacht besteed te worden aan het modelleren van complexe, organische figuren. Dit maakt het ook mogelijk om meer op persoonlijk niveau te werken.

04

UITWERKING

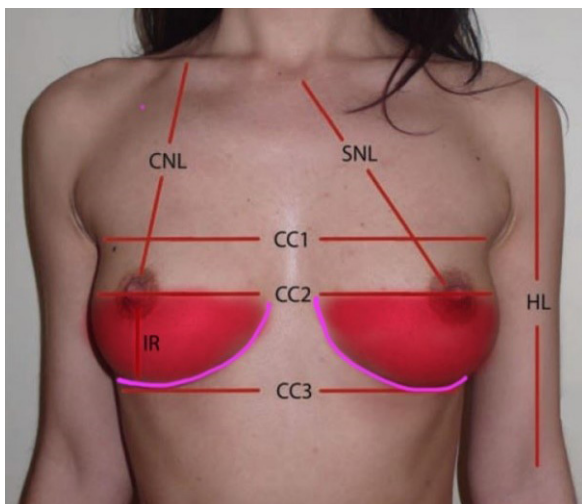
- 4.1 Plan van aanpak
 - 4.1.1 Analyse steunzone
 - 4.2.1 Koppeling grasshopper algoritme
- 4.2 Workflow
 - 4.2.1 Overview workflow
 - 4.2.2 3D scans
 - 4.2.3 Verwerking 3D scans
 - 4.2.4 Workflow Siemens NX
 - 4.2.5 Workflow Rhino
 - 4.2.5.1 Lange workflow
 - 4.2.5.2 Versnelde workflow
 - 4.2.6 Implementatie grasshopper
- 4.3 Toevoeging patronen
 - 4.3.1 Toegevoegde waarde
 - 4.3.2 Soorten patronen
 - 4.3.3 Toepassing patroon

Nu beslist is om verder te gaan op borduren en dit toe te passen om een innovatieve ondersteuningsmethode uit te werken, moet er gekeken worden waar de ondersteuning precies nodig is.

Vervolgens zal er gekeken worden hoe deze steunzones geïsoleerd en omgezet kunnen worden naar bruikbare CAD-geometrie. Hierin wordt gebruik gemaakt van een uitgebreide digitale workflow.

4.1.1 Analyse steunzones

Zoals in het ergonomisch onderzoek al naar voor is gekomen, is er nog geen universeel protocol om vrouwenborst op te meten. Dit door de afwezigheid van een goed antropometrisch systeem. Wel zijn er antropometrische parameters die opgemeten kunnen worden. [27] Een overzicht hiervan is terug te vinden in het ergonomische onderzoek (2.2). Op onderstaande foto zijn deze parameters nog eens terug te vinden.



Figuur 55: Weergave van de geïsoleerde steunzones op figuur uit de antropometrische studie uit bron [27]

Zoals eerder vermeld is het duidelijk dat de bolling van de borst zich vooral bevindt in de zone onder de tepel, deze wordt afgeschermd door de CC2 lijn en de CC3 lijn. De beugels in beha's volgen altijd de natuurlijk curve van de borst zelf, op de foto is dit afgebeeld met de paarse curve. Het gebied tussen de CC2 lijn en de paarse curve op de foto leidt tot het rode gebied tussen de 2.

Deze zone, vooral in beha's met grote cups, heeft vaak een extra dubbeling voor steun optimalisatie. Dit is dan ook de zone die bij het verwijderen van de beugel, de meeste ondersteuning nodig heeft.

Vandaar wordt, bij het verwerken van de scans, deze zone als leidraad gebruikt om bruikbare surfaces te produceren. De uiteindelijk surfaces zullen niet 100% overeenkomen met de aangeduide zones op figuur 55, dit omdat er ook gekeken moet worden naar de eigenschappen die de surfaces moeten hebben voor hun toepassing in grasshopper.

4.1.2 Koppeling Grasshopper algoritme

In de voorloper van het huidige grasshopper algoritme werd er gebruik gemaakt van een vooraf geconstrueerde geometrie. Hierdoor werd het model heel persoonlijk in gebruik en niet zo zeer een algoritme.

Binnen deze thesis is het de bedoeling een algoritme uit te werken dat voor verschillende mensen gebruikt kan worden en waarbij enkel de input, in dit geval de gewenste steunzone, veranderd hoeft te worden.

Het gebruik van 3D scans, laat toe om deze input zelf te bepalen. De input die in grasshopper nodig zal zijn zal bestaan uit surfaces die afgeleid kunnen worden uit de gemaakte 3D scans. Om deze afleiding te bekomen is een uitgebreide workflow nodig die in onderstaande tekst beschreven staat.

Het gebruik van grasshopper en de afgeleide steunzones zal het mogelijk maken om heel gericht en heel persoonlijk patronen te projecteren op de oppervlaktes van de steunzones.

4.2 Workflow

4.2.1 Overview workflow

Onderstaande tijdlijn geeft weer hoe ruwe scans worden verwerkt tot een bruikbaar resultaat voor het grasshopper algoritme. Ook staat bij elke stap welk CAD-pakket of welke software nodig is om de workflow volledig uit te voeren.



Figuur 56: Grafische weergave van de volledige workflow in combinatie met het gebruikte CAD-pakket

De gedetailleerde workflow, per stap, wordt in volgende puntjes (4.2.2 – 4.2.5) volledig toegelicht.

4.2.2 3D scans

Recente ontwikkelingen in CAD-software maken steeds meer mogelijk op vlak van surface modeling, enkel blijft het menselijk lichaam een uitdaging. Dit door zijn hoge complexiteit, zowel extern als intern.

In veel gevallen wordt om die reden bij het modeleren, in CAD-software, uitgegaan van 3D scans. Door middel van 3D scans kan de hoge complexiteit van het menselijke lichaam vertaald worden naar 3D CAD-software zonder enige moeite. Dit maakt het ook eenvoudiger om vervolgens het CAD-model te modeleren naar de 3D scan. Dit opent ook de deuren naar oplossing op maat.

Om 3D scans van damestorso's te bemachtigen, werd er gebruik gemaakt van de Artec EVA lite scanner beschikbaar gesteld door de UGent. Deze scanner maakt ook gebruik van zijn eigen nabewerkingssoftware die in eerste instantie al gebruikt kan worden voor een eerste verwerking.



Figuur 57: Afbeelding van de Artec EVA lite scanner

Het scannen werd in een afgesloten ruimte gedaan met toestemming van de testpersoon. Tijdens het scannen werd er onderscheid gemaakt tussen 2 verschillende situaties:

- Een scan van de borsten met een beha aan.
- Een scan van de borsten zonder beha.

In beide situatie werd er aan de testpersoon gevraagd om de armen in een T-houding te houden. Aangezien enkel de voorkant van de scan van belang is, werd er bewust gekozen om enkel te focussen op de voorkant van het lichaam. Dit om overbodige verwerkingstijd in te korten en te beperken.

4.2.3 Verwerking scans

Na het scannen wordt een eerste verwerking binnen de software van Artec zelf gedaan. Deze werkt de scan tot op een bepaald niveau al bij. Om een eerste iteratie te bekomen, worden de standaard instellingen gehanteerd en worden er al stukken van de scan verwijderd die in de toekomst niet nodig zullen zijn.

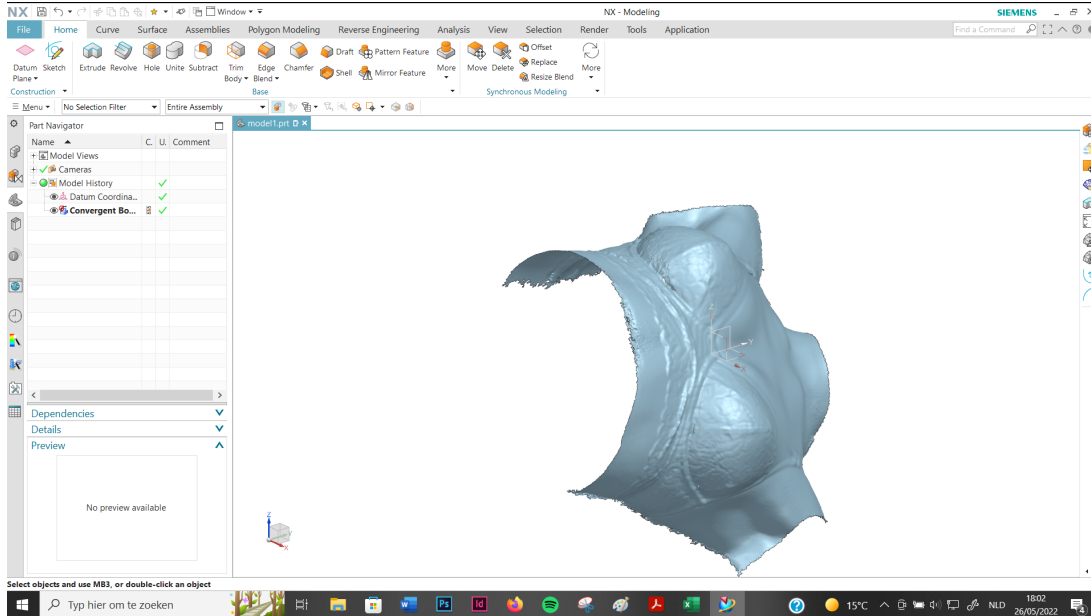
Hierna zullen 2 workflows elkaar opvolgen om tot een voldoende goed resultaat te komen dat in Grasshopper geïmplementeerd kan worden.

- Een workflow in Siemens NX
- Een workflow in Rhino

Beide workflows zijn nodig om dat de verschillende bestandtypes niet uitwisselbaar zijn tussen Siemens NX en Rhino.

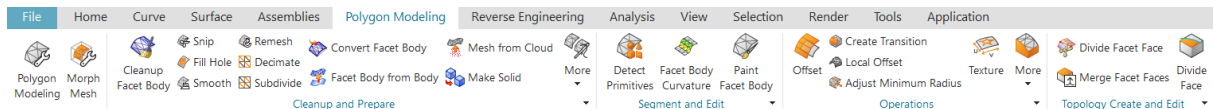
4.2.4 Workflow Siemens NX

De workflow van de verwerking van de scans binnen Siemens NX begint met het **importeren van de stl file** van het gescande object, in dit geval een damestorso. Om dit te doen worden de basis instelling van de CAD-software gebruikt.

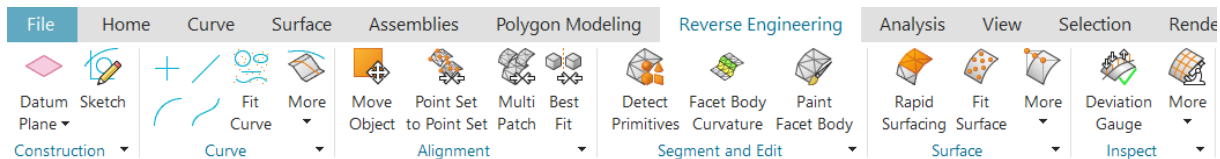


Figuur 58: Stap 1 het importeren van de scan, in stl formaat, in Siemens NX

Het bewerken van stl files in Siemens kent een uitgebreide waaier aan tools en brengt veel mogelijkheden met zich mee. Het is daarom van belang om eerst een verfijning van de scan resultaten in Siemens NX te doen om zo het vervolg werk te vereenvoudigen.

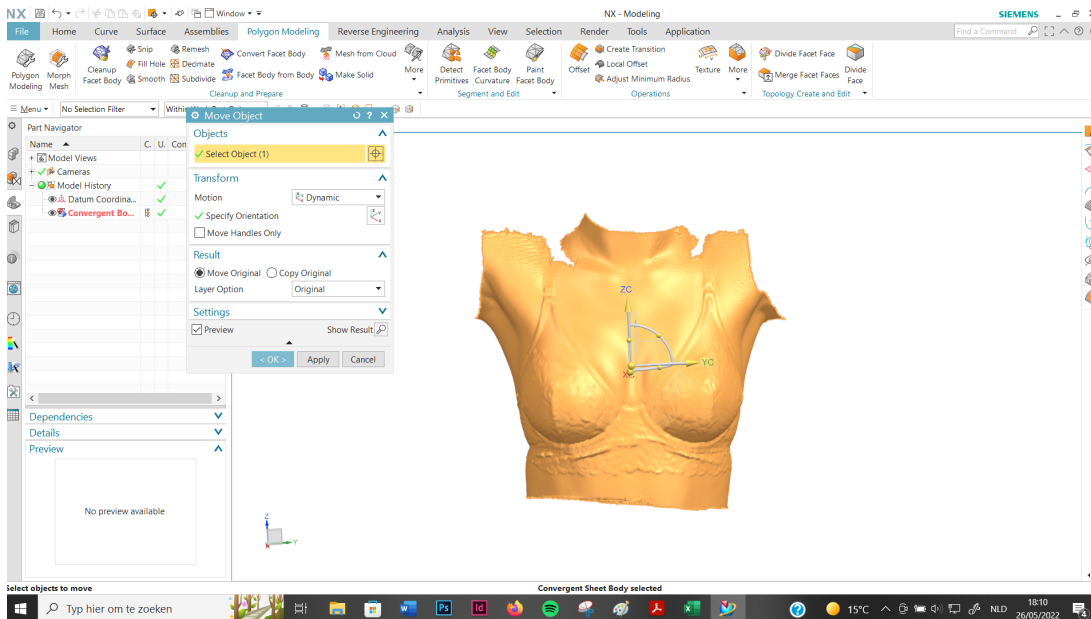


Figuur 59: Overzicht van alle bewerkingstools die beschikbaar zijn in Siemens NX



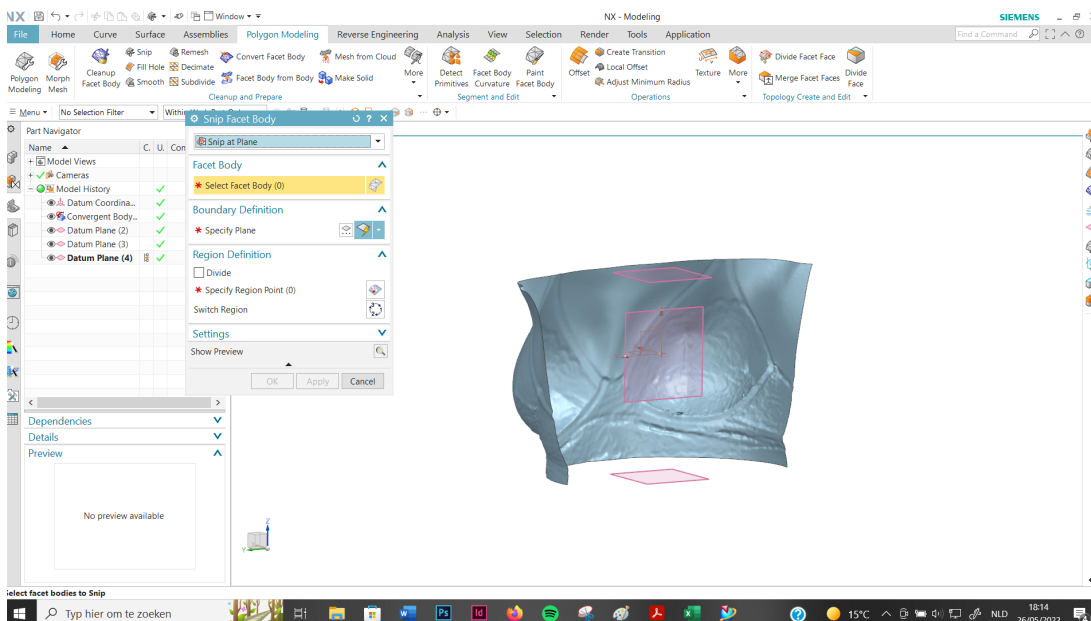
Figuur 60: Overzicht van alle bewerkingstools die beschikbaar zijn in Siemens NX

Na het importeren van de stl file, zal de **oriëntatie** van het gescande object moeten worden aangepast, dit omdat de coördinatensystemen van beide programma's (Artec scan software en Siemens NX) heel anders liggen. Dit is nodig om de volgende stap binnen de workflow toe te passen.



Figuur 61: Stap 2 het juist oriënteren van de stl file

Als het object **juist georiënteerd** is, zal opvallen dat niet alle randen van het object egaal zijn. De scan zelf heeft ook een ruwe afwerking rond de randen. Om een bruikbaar vlak te krijgen is het dus van belang om **het ruwe object bij te snijden**. Dit wordt gedaan door middel van planes. In het geval van de damestorso zijn er 3 planes nodig een 4 puntvlak te creëren. *Deze stap in de workflow kan als optioneel worden gezien. Het nut van deze stap hangt af voor het eindresultaat dat men wenst te bekomen.*

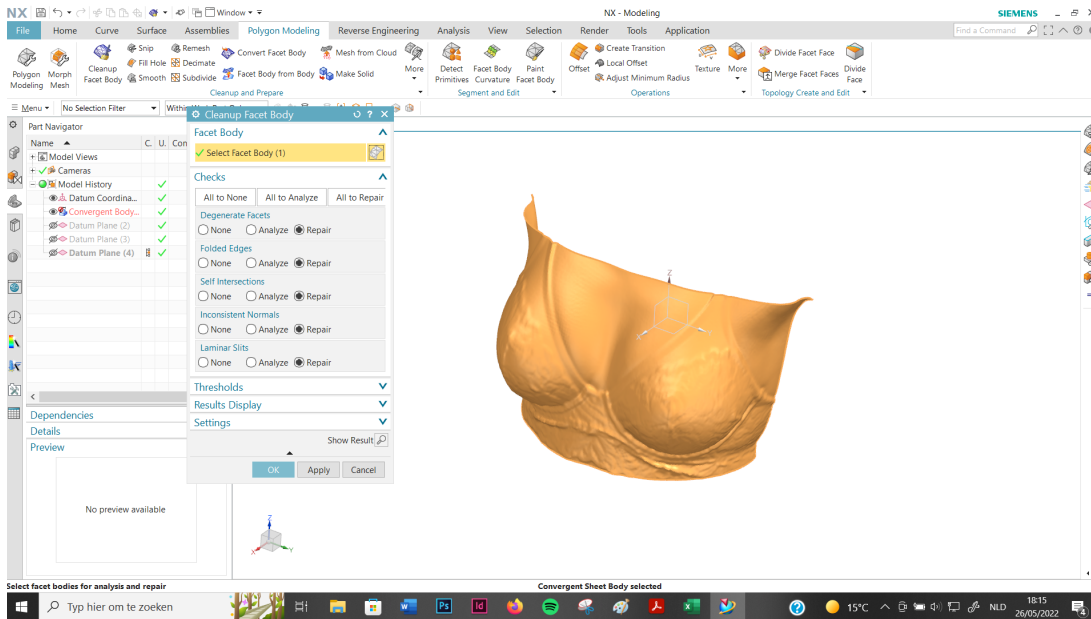


Figuur 62: Stap 3 het bijknijden van de ruwe stl met behulp van het gebruik van planes

Nu het werkvlak verkleint is, kunnen imperfecties op het werkvlak worden aangepast. Een eerste stap hierin is om de tool 'Cleanup facet body' te gebruiken. Deze verwijdert al een deel imperfecties, maar bij bijvoorbeeld grote gaten in de scan, zal de software het niet zelf kunnen oplossen.

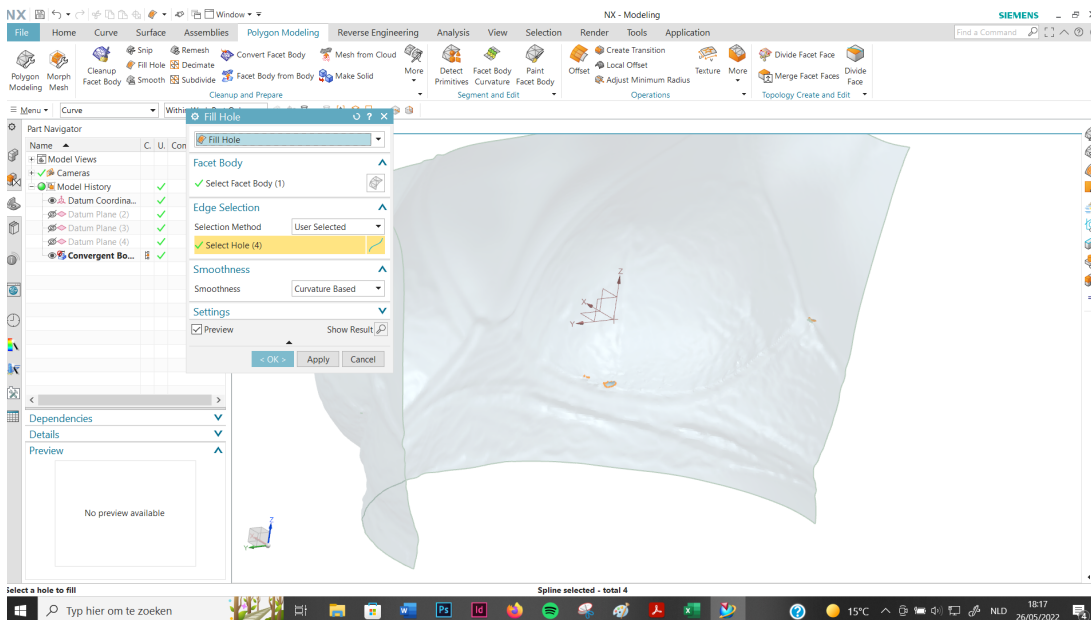
Figuur 62: Het commando 'Cleanup facet body' dat gebruik wordt in stap 4 van de workflow





Figuur 63: Stap 4 het uitvoeren van het 'Cleanup facet body' commando

Nadat de 'cleanup facet body' zijn werk heeft gedaan, kan er nog manueel worden bijgewerkt. Dit betreft voornamelijk **gaten die opgevuld moeten worden**. Hiervoor wordt de tool 'fill hole' gebruikt. Naargelang het surface waarop men aan het werken is, kan men bij het gebruik van deze tool verschillende opties kiezen op vlak van continuïteit. Dit om een zo goed mogelijk finish van het opvullen van het gat te garanderen.

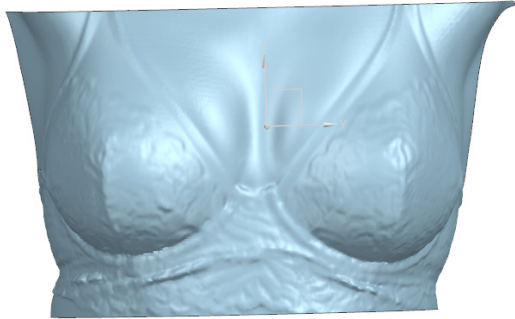


Figuur 64: Stap 4 het opvullen van mogelijke gaten die nog in het facet body zitten

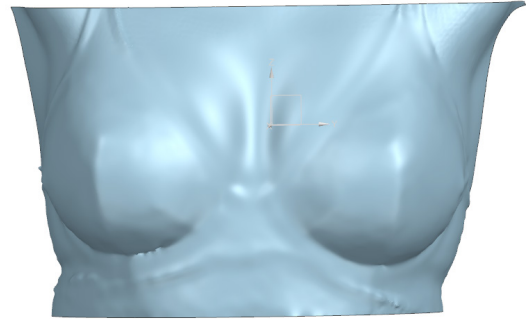
Merk op, binnen de scope van deze thesis hoeft het scan model er niet piekfijn uit te zien, aangezien het scan model enkel een indicatie is om surfaces van af te leiden. Dit om de originele scan zo dicht mogelijk te benaderen.

Omdat de scanner van Artec zo accuraat scant, worden ook oppervlakte texturen meegenomen in de

scan. Concreet betekent dit dat texturen zoals kant, all-overs (kant dat op een rekbare tule is aangebracht), de beugel en strikjes ook mee worden genomen in de scan. Om het effect hiervan de verminderen kan de 'smooth' tool worden gebruikt om het oppervlak glad te trekken. Merk op, dit is maar tot een bepaald niveau mogelijk.

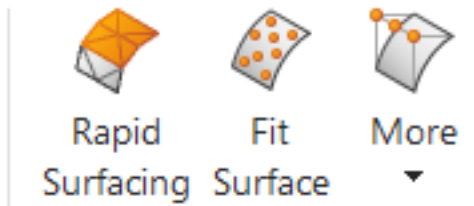


Figuur 65: Het model voor de toepassing van 'smooth'

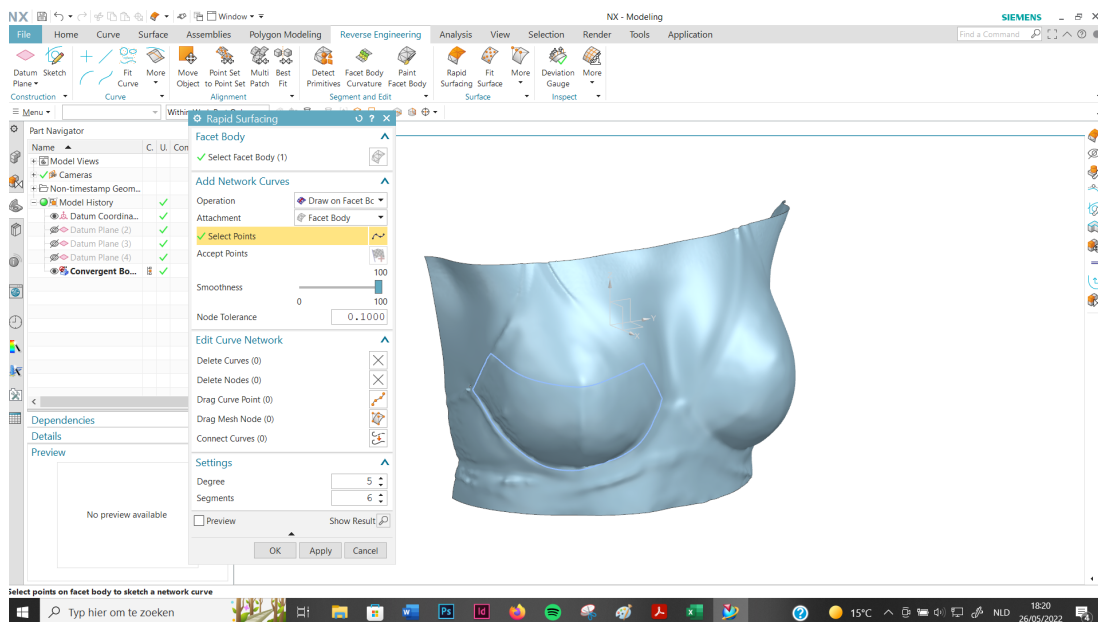


Figuur 66: Het model na de toepassing van 'smooth'

Als de gaten opgevuld zijn en de gladheid van het oppervlak geoptimaliseerd is, kunnen er met behulp van de tool 'Rapid surfacing' **surfaces gevormd** worden die de originele scan goed tot zeer goed benaderen. Bij het gebruik van de tool is het belangrijk dat het vlak dat men construeert uit 4 zijden bestaat. Bijgevolg hiervan is dat men 4 curves op het vlak moet construeren. De verschillende controlepunten kunnen achteraf per curve nog worden aangepast.



Figuur 67: De surface tools die beschikbaar zijn op Siemens NX



Figuur 68: Stap 6 het gebruik van rapid surfacing tools om de surfaces van de steunzones te construeren

Als alle 4 de curves zijn geconstrueerd, kan men ook nog kiezen welke graad de curves hebben en uit hoeveel segmenten deze bestaan. De combinatie hiervan bepaalt de kwaliteit van het surface, als resultaat van de curves. Dit proces wordt ook herhaald om een tweede surface te vormen.



Figuur 69: Stap 6 weergave van het resultaat van de surfaces

Nu beide surfaces gevormd zijn en de steunzone weergegeven, kunnen beide surfaces apart worden opgeslagen als stl. Dit formaat is nodig om beide surfaces te openen in Rhino.

Om de workflow nog eens samen te vatten:

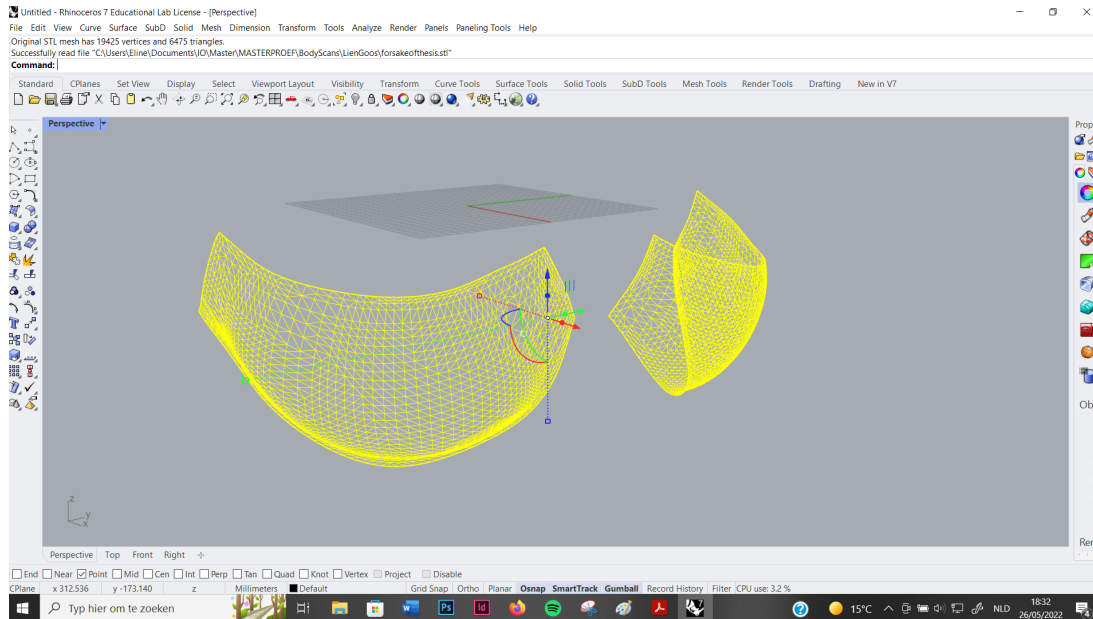
1. Het importeren van de stl file
2. Het object juist oriënteren voor de verwerking
3. Object bijsnijden met planes
4. Mogelijke gaten opvullen
5. Het surface smooth maken
6. Rapid surfacing (ongeveer zones van steun aanduiden)
7. Het exporteren van de resultaten als stl files voor Rhino

Een deel van deze workflow (stap 1-5) kan in de software van Artec zelf ook worden doorgevoerd. Tijdens het opstellen van deze workflow ontbrak het aan kennis om het in deze software al door te voeren.

4.2.5 Workflow Rhino

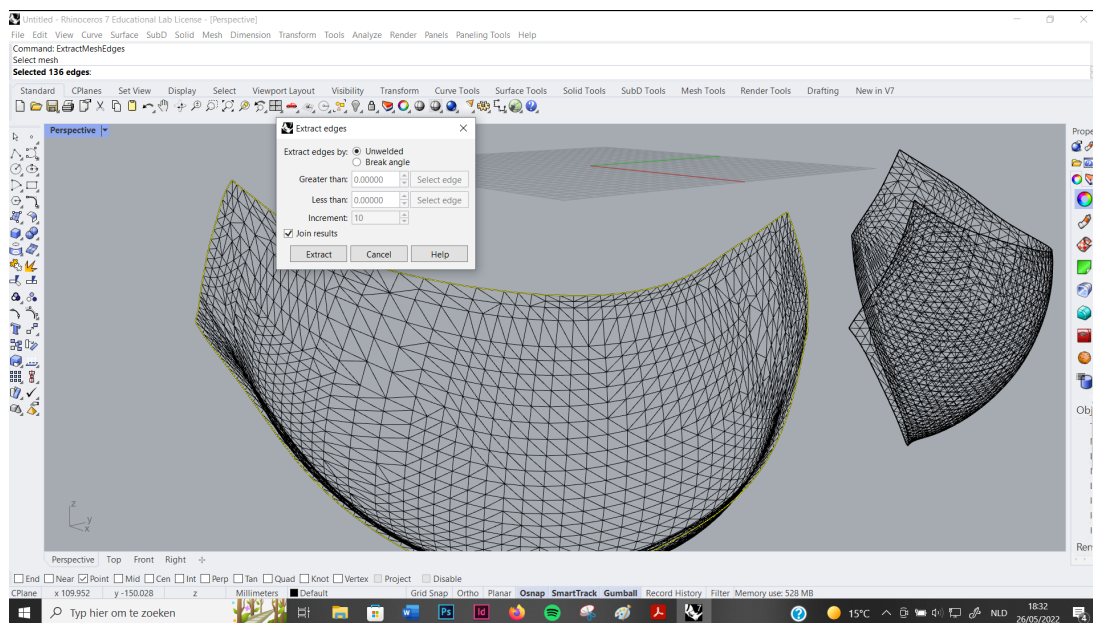
4.2.5.1 Lange workflow

De workflow binnen Rhino begint met het importeren van de verfijnde stl van Siemens NX. Aangezien de bestandtypes onderling niet uitwisselbaar zijn, zal het resultaat van de stl in Rhino een mesh zijn. Om de mesh binnen Rhino overzichtelijker te maken, kan ervoor gekozen worden om een remesh toe te passen in Siemens NX.



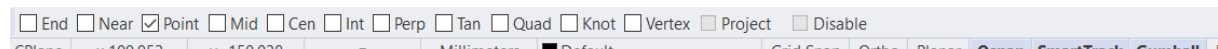
Figuur 70: Stap 1 het importeren van de opgeslagen stl file van de surfaces, gevormd in Siemens NX

In het modeling pakket van Rhino zitten heel wat tools die het mogelijk maken om toch bruikbare surfaces te vormen van de meshes. Een eerste stap hierin is om de mesh edges te kopiëren en er een loop van te maken. Zo is zijn de edges van de volledige mesh al geïsoleerd en kunnen deze later eenvoudiger teruggevonden worden. Hiervoor wordt de tool 'Extract mesh edges' gebruikt.



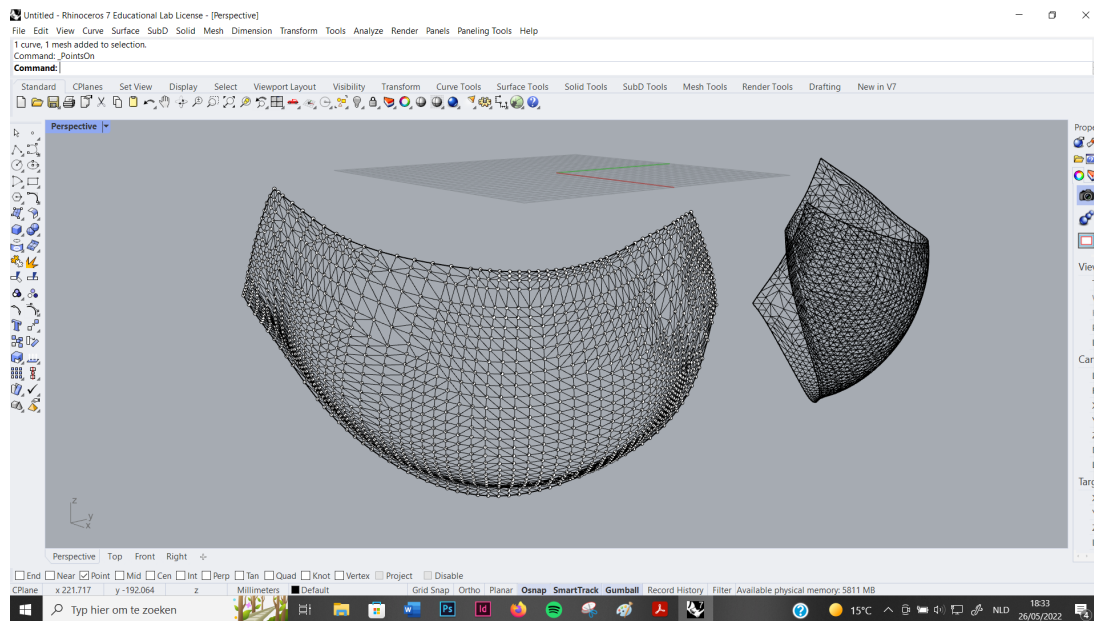
Figuur 71: Stap 2 het kopiëren van de mesh edges m.b.v. 'Extract mesh edges' tool

Nadat de mesh edges gekopieerd zijn, wordt de focus weer gelegd op de volledige mesh zelf. Met het commando: 'show object control points' worden alle controlepunten van de mesh zichtbaar. Dit is gewenst om later een curve te vormen aan de hand van controlepunten. Om te voorkomen dat Rhino in het wilde weg punten selecteert, wordt er onderin gekozen om te filteren op punten. [54]

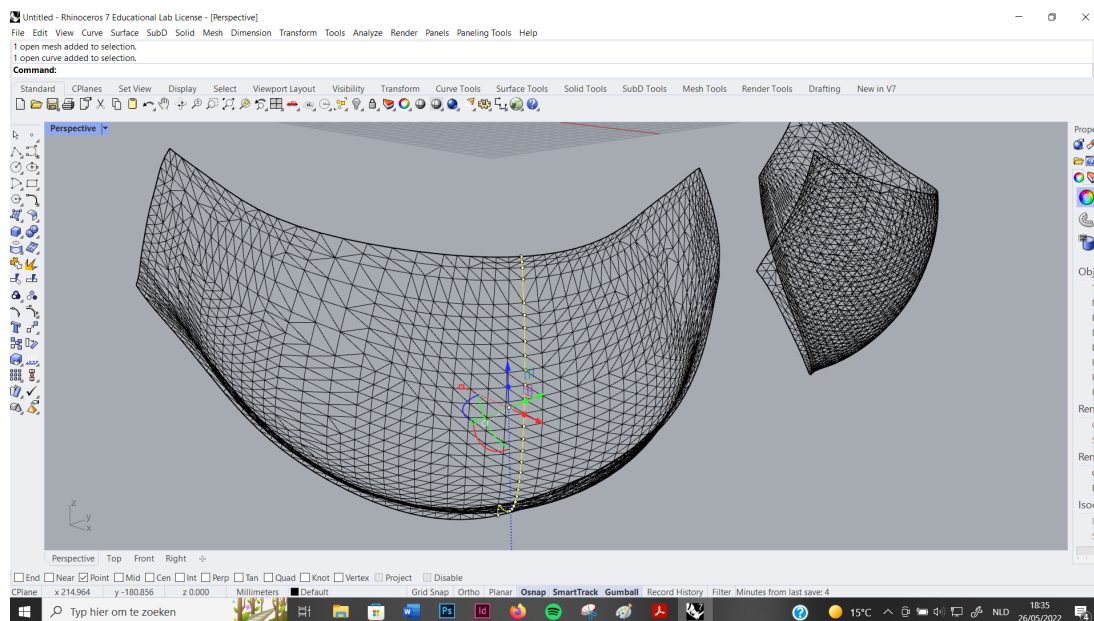


Figuur 71: Selectie vastzetten op enkel punten

Zo is het mogelijk om door middel van de tool 'control point curve' een curve te creëren aan de hand van controlepunten. [54]

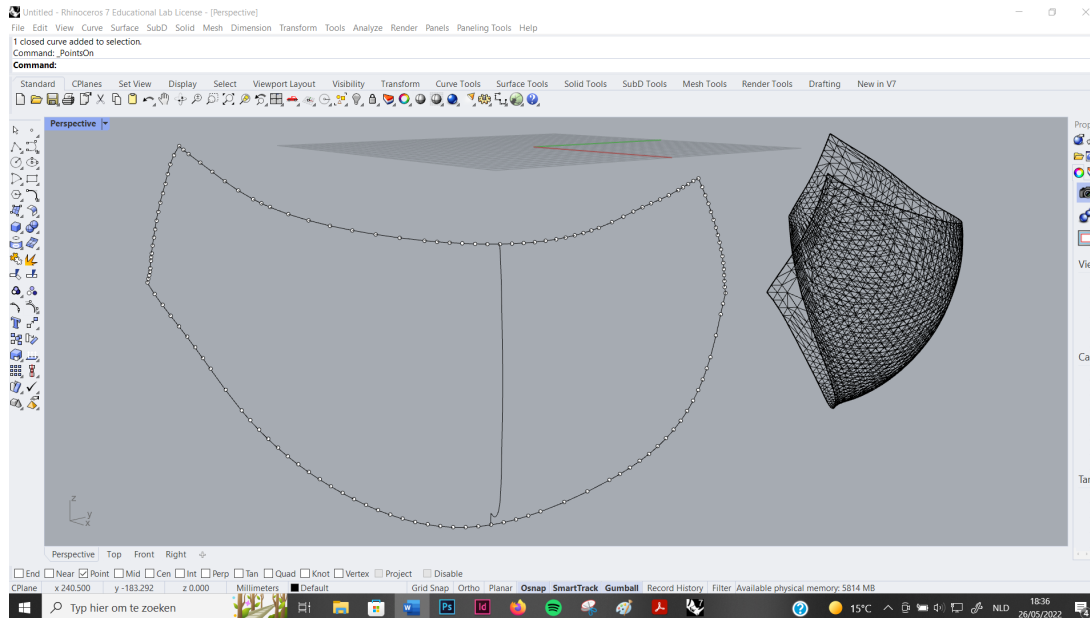


Figuur 73: Stap 3 mesh control points van de volledige mesh worden ingeschakeld.



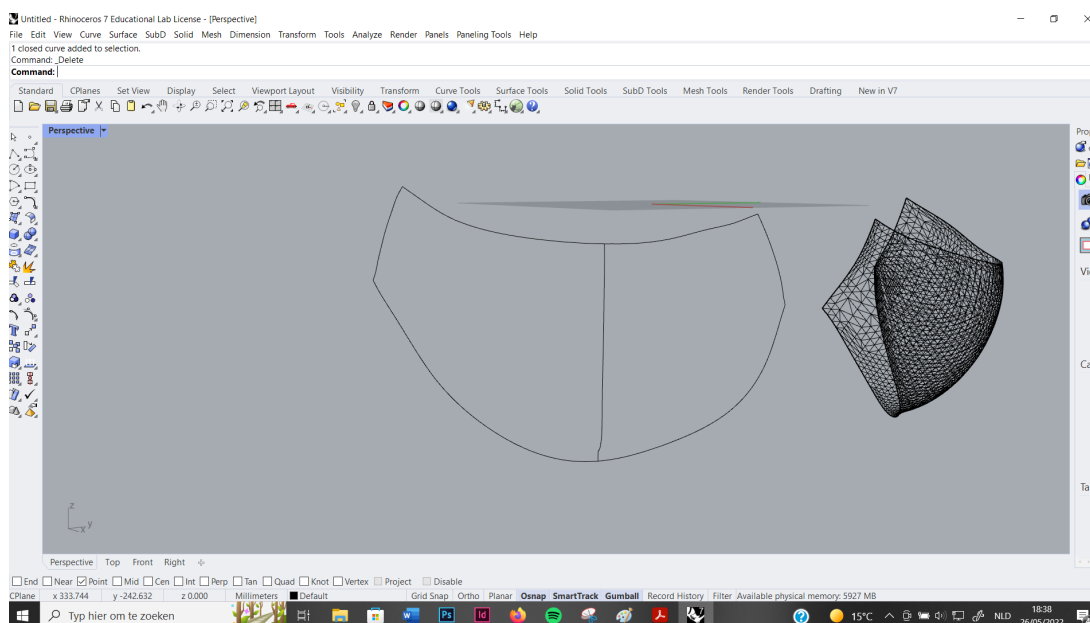
Figuur 74: Stap 4 de mesh control points worden gebruikt om een curve te vormen

Deze methode wordt toegepast op een van de curves die ongeveer in het midden van de surface ligt. Dit omdat hier de kromming van het surface het sterkst is. Nadat deze curve tot stand gekomen is, worden de controlepunten van de volledige mesh weer uitgeschakeld. [54] Eventueel zou nu de volledige mesh verwijderd kunnen worden, maar dit is optioneel.



Figuur 75: Stap 5 mesh control points worden op de mesh edges ingeschakeld

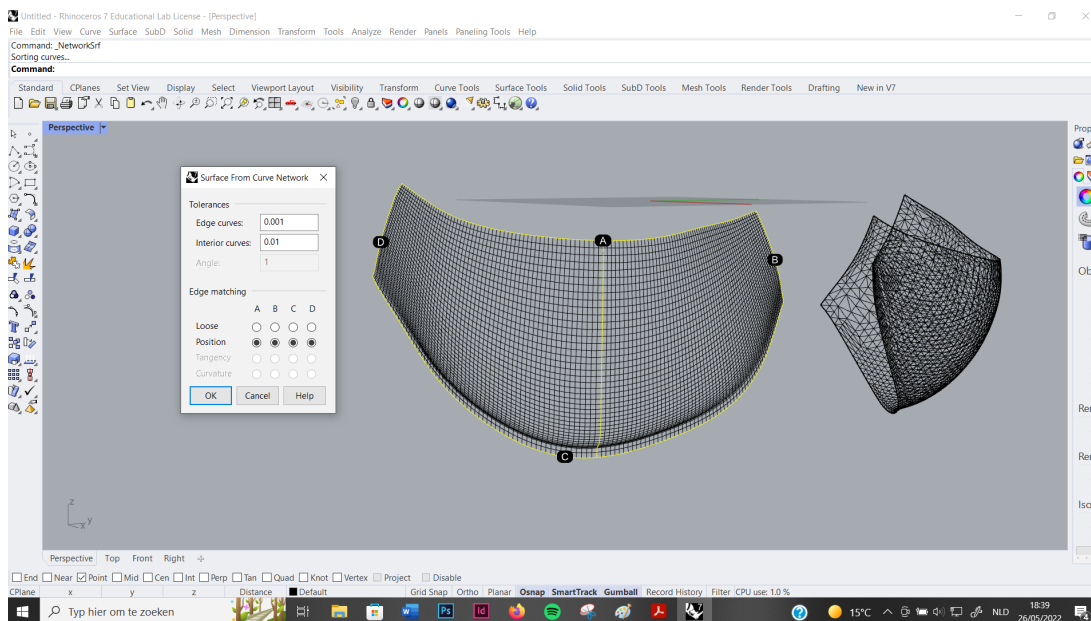
Na het uitschakelen van de controlepunten van de mesh, worden de mesh edges opnieuw geselecteerd en worden hiervan de controlepunten ingeschakeld. Om een correct surface te vormen binnen Rhino zijn minstens de 4 verschillende edges curves nodig. Daarom wordt het bovenstaande proces herhaald met de controlepunten op de mesh edges.



Figuur 76: Stap 6 hetzelfde principe als bij stap 4

Nu enkel nog de 4 edges curves en de curve in het midden van het vlak overblijven, kan het commando 'curve network' gebruikt worden om een passend surface te construeren. Bij het selecteren van alle curves zal de software doorgaans zelf al de juiste volgorde van de curves voorspellen, zo niet zal dit met de hand uitgevoerd moeten worden.

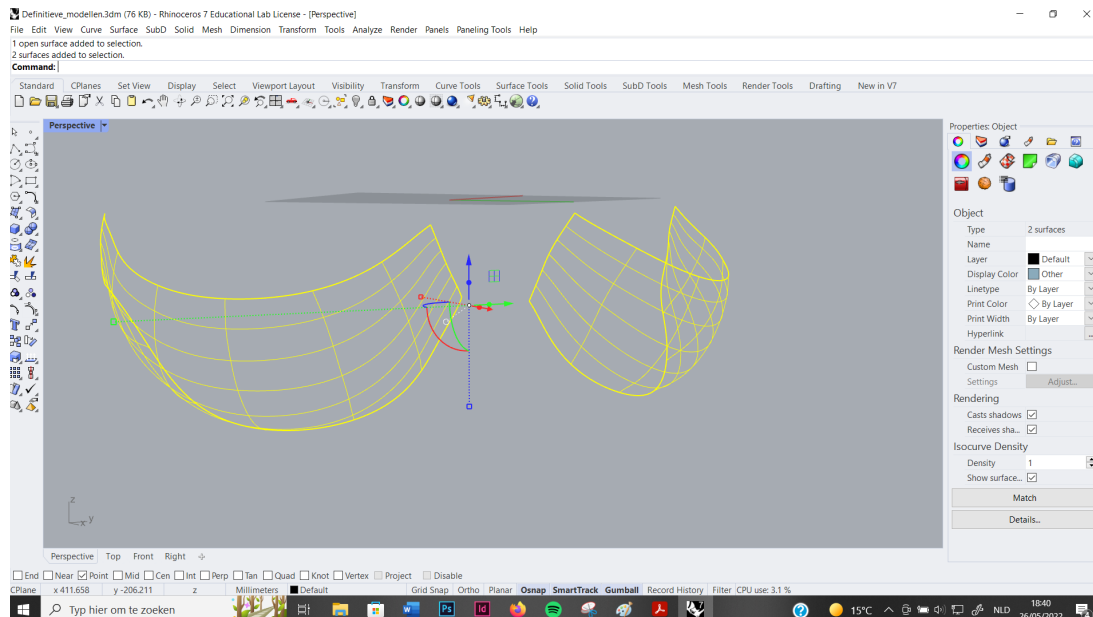
Dit door eerst 2 of 3 curves in de eerste richting te selecteren en vervolgens 2 of 3 curves in de andere richting. Rhino zal zo zelf een passend surface vormen tussen de verschillende curves. Door de complexe kromming van het surface wordt in dit geval gekozen voor curve network. Als enkel de mesh edges of edge curves gebruikt worden om het surface te creëren wordt de complexe kromming van het vlak achterwege gelaten door het programma. Dit zou het surface te veel vereenvoudigen, idealiter wordt een zo accuraat mogelijke benadering aangehouden.



Figuur 77: Stap 7 het commando 'curve network' wordt gebruikt

Bovenstaand proces wordt herhaald voor de 2e mesh.

Na het correct uitvoeren van bovenstaande workflow, zou de uitvoering in 2 passende surfaces moeten resulteren.



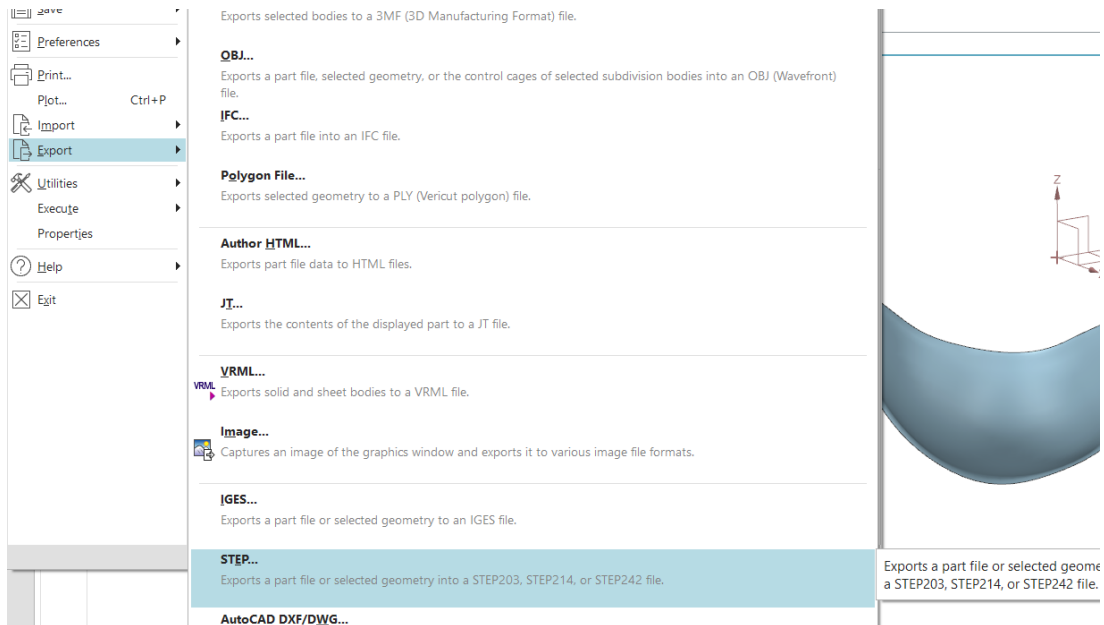
Figuur 78: Stap 8 herhaal voor de andere surface om volgend resultaat te krijgen

Om de workflow nog eens samen te vatten:

1. Het importeren van de stl (resultaat zal een mesh zijn)
2. Mesh edges selecteren
3. Control points van de mesh inschakelen
4. Control points op mesh gebruiken om een curve te vormen op het meest gekromde vlak van de surface
5. Control points op de mesh uitschakelen en mesh control points op de curves van de mesh edges inschakelen
6. Curves natekenen door middel van de control points
7. Het commando curve network gebruiken om van de 5 resulterende curves een surface te vormen
8. Herhaal het proces voor het andere surface

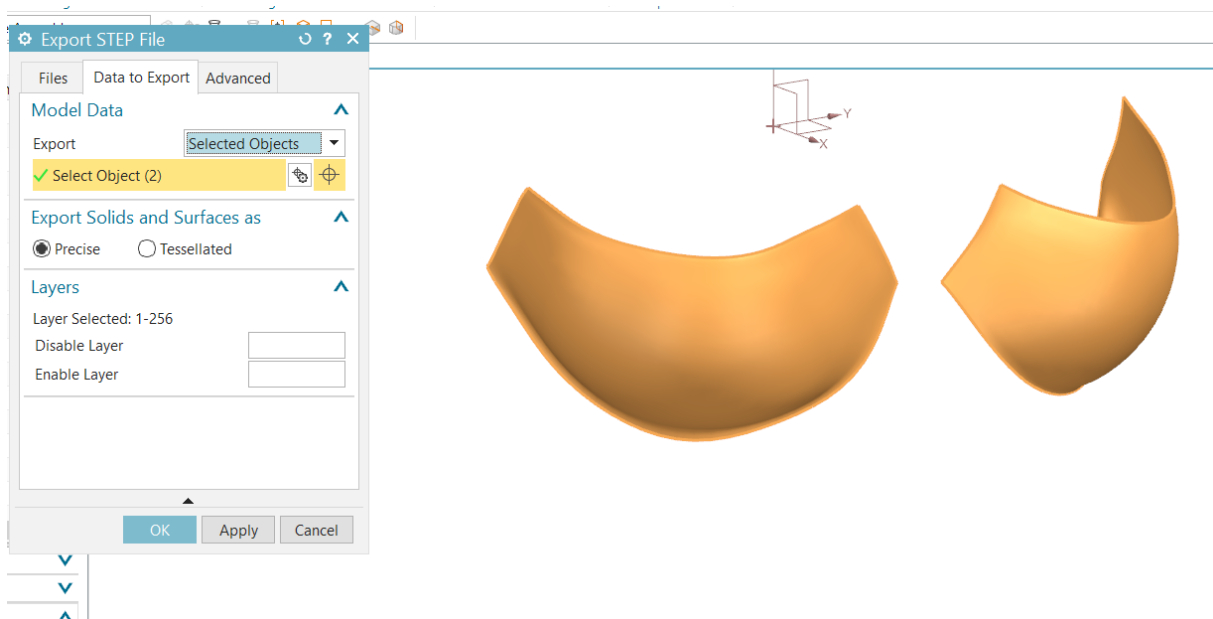
4.2.5.1 Versnelde workflow

Bovenstaande workflow kan heel wat tijd innemen en is in veel gevallen omslachtiger. Om dit proces te versnellen kan er ook voor gekozen worden om de files vanuit Siemens NX te exporteren als STEP file. Dit file formaat is een ISO-norm die het mogelijk maak om tussen verschillende CAD-software, die niet dezelfde Kernel hebben, data uit te wisselen. [55]



Figuur 79: Export optie STEP file

Bij het exporteren is er een optie om enkel de manual geselecteerde objecten te exporteren. In dit geval kan ervoor gekozen worden om enkel de surfaces te selecteren. Wil je een overzicht beeld met de volledig bijgewerkte scan, kan ervoor gekozen worden deze ook te selecteren.



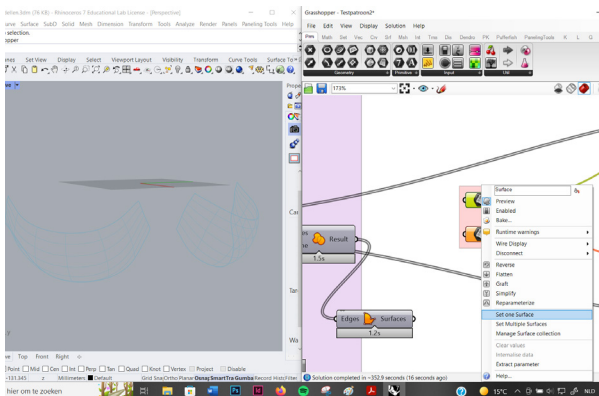
Figuur 80: Overzicht van de exporteer instellingen binnen Siemens NX

Na het exporteren kan de geëxporteerde STEP file geïmporteerd worden in Rhino. Deze zal de surfaces inladen als open surface. Dit formaat kan perfect gebruikt worden om de vervolg workflow van Grasshopper op toe te passen.

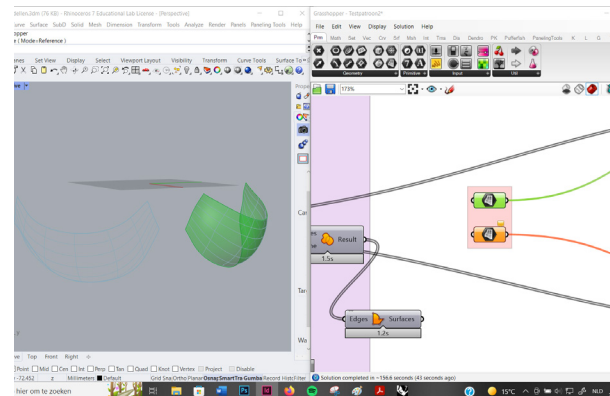
4.2.6 Implementatie Grasshopper

De implementatie van de surfaces uit Rhino in Grasshopper is de laatste stap binnen de verwerking van de 3D scans. De implementatie is nodig om het algoritme uit te bouwen.

De eerste stap om het algoritme in grasshopper te beginnen is dat de surfaces, die in de vorige stappen werden gecreëerd in Rhino, worden ingebracht in grasshopper. Dit kan door het commando 'surface' te gebruiken en in het menu van het commando op 'selecteer een surface/set one surface' te klikken en vervolgens het commando aan de surface uit Rhino koppelen.



Figuur 81: Het surface vanuit Rhino wordt in Grasshopper door het gebruik van 'set on surface' gelinkt.



Figuur 82: Nu is het commando surface actief. Als je erop klikt wordt de surface in Rhino groen aangeduid.

Op deze manier kan een bestaand surface uit Rhino worden ingeladen en hoeft het niet apart in grasshopper gemodelleerd te worden. Verdere nabewerkingen kunnen na het inbrengen van het surface beginnen.

De voordelen van deze methode zijn:

- Het surface hoeft niet apart vanuit grasshopper gemodelleerd te worden.
- Het ingeladen surface kan zonder problemen gebruikt worden voor verdere toepassingen binnen grasshopper.

De nadelen van deze methode zijn:

- 'Deconstruct' tools zijn nodig om de surface op te breken in bruikbare stukken. In geval van sommige toepassingen is dit een stap die nodig is voor verder gebruik.

4.3

Toepassing patronen

4.3.1 Toegevoegde waarde

Het toepassen van ondersteuningspatronen in een grasshopper algoritme, laat door het gebruik van 3D scans toe om effectief een maatoplossing aan te bieden. Dit garandeert dat elke beha specifiek voor de gebruiker ontworpen is.

Door het gebruik van een algoritme hoeft enkel en alleen de input, in dit geval de gewenste te ondersteunen zone verkregen door 3D scans en de daaropvolgende digitale workflow, te worden veranderd om hetzelfde principe keer op keer toe te passen.

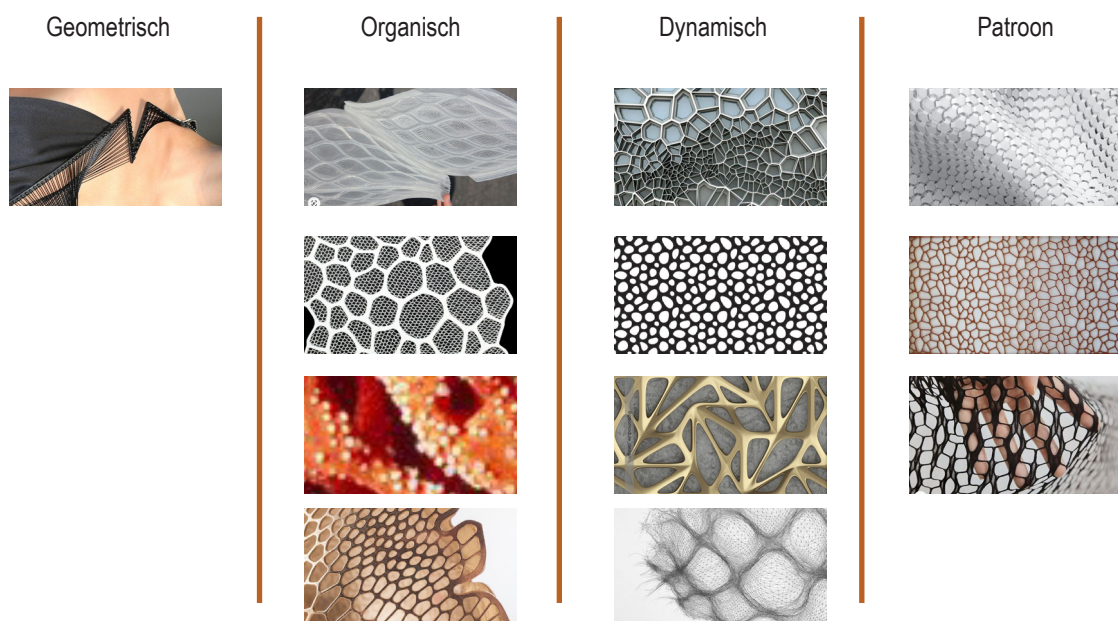
Aangezien in grasshopper de geometrieën voor de patronen op voorhand kunnen worden uitgewerkt, kunnen op eender welk moment worden toegepast of veranderd. Daarbij is de keuze van het toe te passen patroon vrij.

Dit maakt dat personalisatie een grote toegevoegde waarde kan zijn. Verder hangt deze personalisatie nauw samen met het niveau van esthetische waarde dat de gebruiker kan kiezen. Zo zou zowel het garen als het patroon gekozen kunnen worden. Een optie hierin is om zelfs verschillende patronen te kiezen voor de rechter- en linkerborst, afhankelijk van welke steun nodig is.

4.3.2 Soorten patronen

Om mogelijk toe te passen patronen te genereren, wordt er gebruik gemaakt van generatief design. Hiervoor wordt de plug-in Grasshopper in Rhino toegepast. Deze software plug-in van Rhino maakt het als het ware mogelijk om gecodeerd te ontwerpen.

Inspiratie voor mogelijke patronen werd gekoppeld aan organische vormen, natuurlijke patronen (biomimicry) en andere. Deze werden vergeleken in een rudimentaire vormstudie, dit omdat het werkelijk effect van het patroon op textiel niet voorspeld kan worden tot tests zijn uitgevoerd.

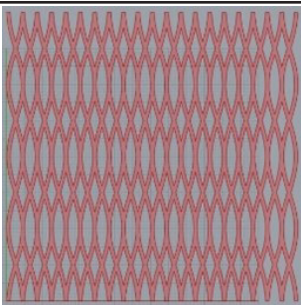

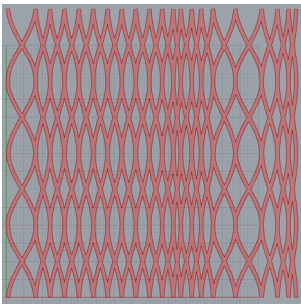

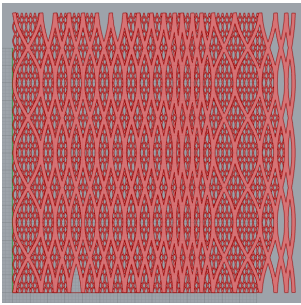

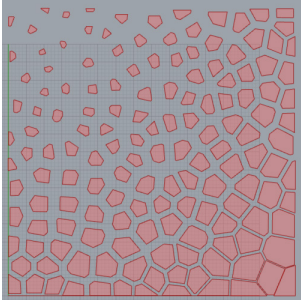
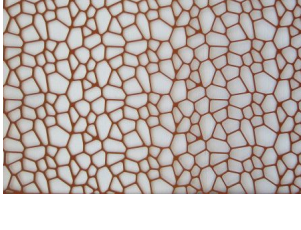


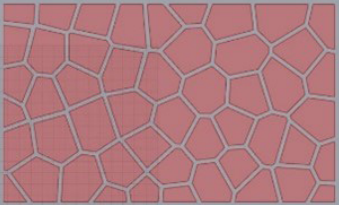
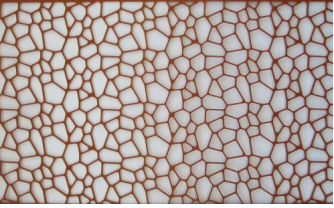
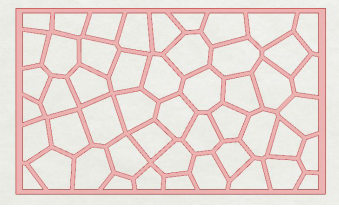
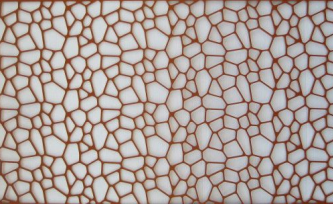
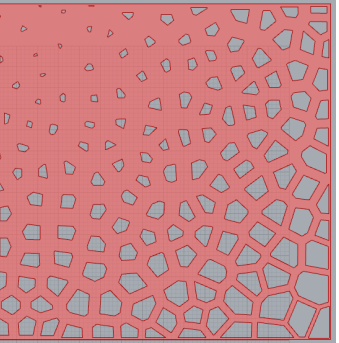

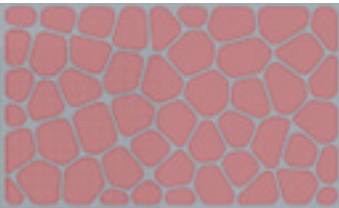

Figuur 83: Vormstudie van verschillende patronen

De patronen werden als inspiratie gebruikt om binnen grasshopper uit te werken. Aangezien deze enkel als uitgangspunt werden gebruikt zijn de bekomen patronen geen exacte kopieën, maar iteraties op de gegeven inspiratie. De grasshopper code per patroon kan worden teruggevonden in de appendix.

Onderstaande tabel geeft de patronen weer die werden uitgewerkt, hun inspiratie en de vermoedelijke eigenschappen die deze op textiel zullen vertonen.

Enkele patronen werden al gebruikt om tests uit te voeren op textiel zowel d.m.v. borduren op textiel als 3D printen op textiel. De resultaten hiervan kunnen worden teruggevonden in hoofdstuk 3 (3.4.2 en 3.4.3). Zoals daar al is geconcludeerd komen de genomen aannames niet altijd overeen met de geconstateerde resultaten.

	Soort patroon	Inspiratie	Eigenschappen
1			Het patroon is symmetrisch en overal dicht. Omdat er nog voldoende tussenruimte is tussen de verschillende banen, wordt ervan uit gegaan dat het patroon in de lengte richting overal even veel meerekt.
1.1			Het patroon is symmetrisch rond de midden as. Op sommige plaatsen is het patroon dichter dan op andere plaatsen. Dit doet vermoeden dat bij het uitrekken sommige stukken meer zullen openrekken dan andere stukken. Dit zou gezien de toepassing een gewenste eigenschap zijn.
1.2			Dit is een adaptie op het voorgaande patroon. Ook hier zijn sommige delen van het patroon dichter als andere stukken. Wel zit er nu tussen alle banen nog een kleine vertakking. Vermoedelijk zal deze kleine vertakking het mee rekken van de stof in lengte richting voorkomen.
2			Het patroon is op sommige plekken geconcentreerder dan op andere plekken. Echter zit er tussen alle patroondelen wel tussenruimte. Deze ruimte kan ervoor zorgen dat het patroon eenvoudig uit te rekken is. Wel zal het op de dichtst geconcentreerde stukken moeilijker zijn.

2.1			<p>Hier is de verhouding patroon en tussenruimte gelijkmatiger verdeelt. De tussenruimte zal toelaten dat het patroon lichtjes op te rekken is, maar door de grote van de vlakken zal er de stof niet te veel uitgetrokken kunnen worden.</p>
3			<p>In tegenstelling tot patroon 2.1 en 3.2, wordt hier de tussenruimte als patroon gezien. Als de stof wordt opgespannen kan dit voor een samentrekkend effect zorgen. Wel zou het invullen van de tussenruimte voor een stevigheid kunnen zorgen aangezien de stof dan niet verder dan de maximale opspanning van het borduursel kan worden uitgetrokken.</p>
3.1			<p>Dit is een adaptie op patroon 3. Wel zou het invullen van de tussenruimte voor een stevigheid kunnen zorgen aangezien de stof dan niet verder dan de maximale opspanning van het borduursel kan worden uitgetrokken. Zeker op plaatsen waar het meer geconcentreerd is, zou de rek beperkt kunnen blijven.</p>
3.2			<p>Hier is de verhouding patroon en tussenruimte gelijkmatiger verdeelt. De tussenruimte zal toelaten dat het patroon lichtjes op te rekken is, maar door de grote van de vlakken zal er de stof niet te veel uitgetrokken kunnen worden. Het verschil met patroon 2.1 zit hem in de afrondingen van de afzonderlijke patroondelen.</p>

Tabel 16: Overzicht van de verschillende patronen, hun inspiratie en hun vermoede eigenschappen

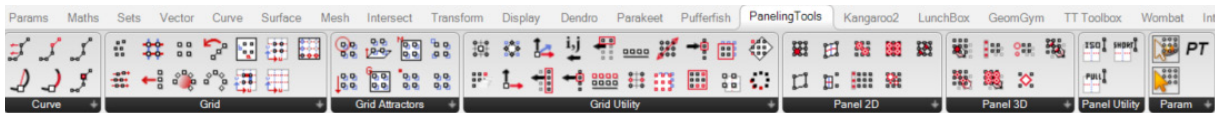
Vanuit een esthetisch oogpunt kunnen bovenstaande patronen dienstdoen om het niveau van personalisatie te verhogen ingeval van commercialisering van deze techniek.

In een gebruiksscenario zou er na een 3D scan aan de gebruiker gevraagd kunnen worden welk patroon hun het meest interesseert. Dit zou aan de hand van samples gedaan kunnen worden. Zo zou de gebruiker zowel het patroon, als de kleur, als het gebruikte textiel kunnen kiezen om zo een maximaal gepersonaliseerd eindproduct te bekomen.

Vooraf op vlak van customer journey zou dit een pluspunt zijn. Verdere uitleg hierover is terug te vinden in future works.

4.3.3 Toepassingen patronen

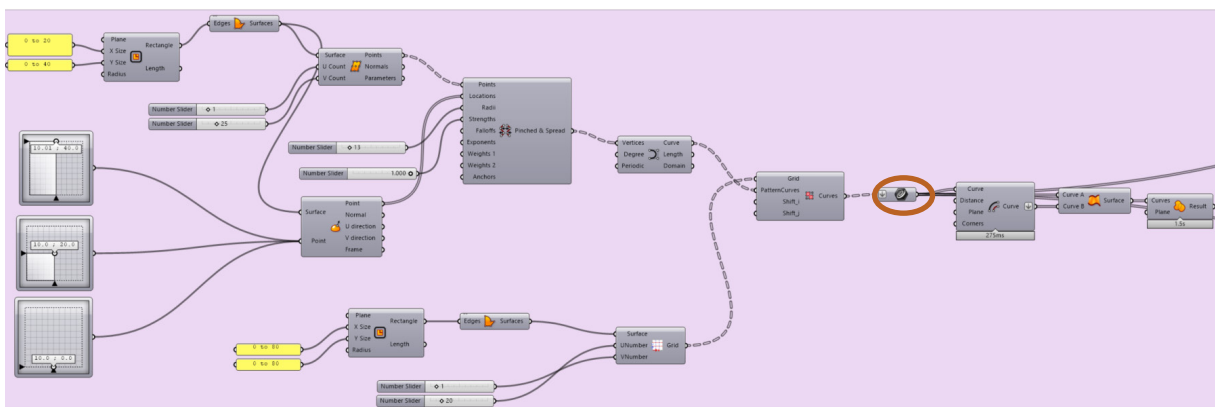
Binnen deze thesis is het verkrijgen van een algoritme dat toegepast kan worden op verschillende 3D scans het doel. Om dit tot stand te brengen wordt grasshopper gebruikt. Om de patronen op de surfaces, die in voorgaand hoofdstuk zijn besproken (4.3.2), geconstrueerd zijn, te projecteren, wordt er binnen grasshopper gebruik gemaakt van de plug-in 'paneling tools'. Deze laat toe om een grid op een surface te plaatsen om zo een bestaand patroon om te zetten en op de grid te projecteren.



Figuur 84: Een overzicht van alle 'paneling tools' in Grasshopper

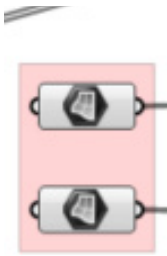
De volledige grasshopper code kan worden teruggevonden in de appendix. In onderstaande tekst staat de code per onderdeel uitgelegd aan de hand van kleurcodes .

Kleur één: Deze kader geeft de code voor het patroon dat is toegepast weer. Het resultaat van deze kader is een geometrie, het patroon in curves, dat later gebruikt wordt om aan een '2D paneling' tool te koppelen. Deze zet de curves om in de grid.



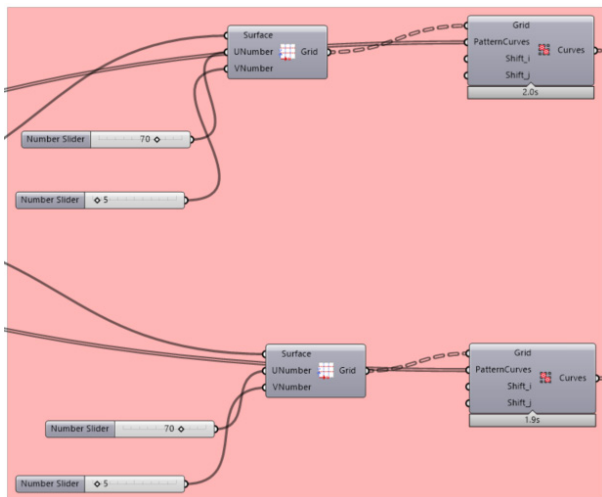
Figuur 85: 1e deel van de code, deze specificeert zich enkel op het patroon

Kleur twee: De surface tool definieert de surface waarop een grid geprojecteerd zal worden. Zoals in eerdere workflow staat uitgelegd, komt deze tot stand door verwerkingen in Siemens NX en in Rhino.



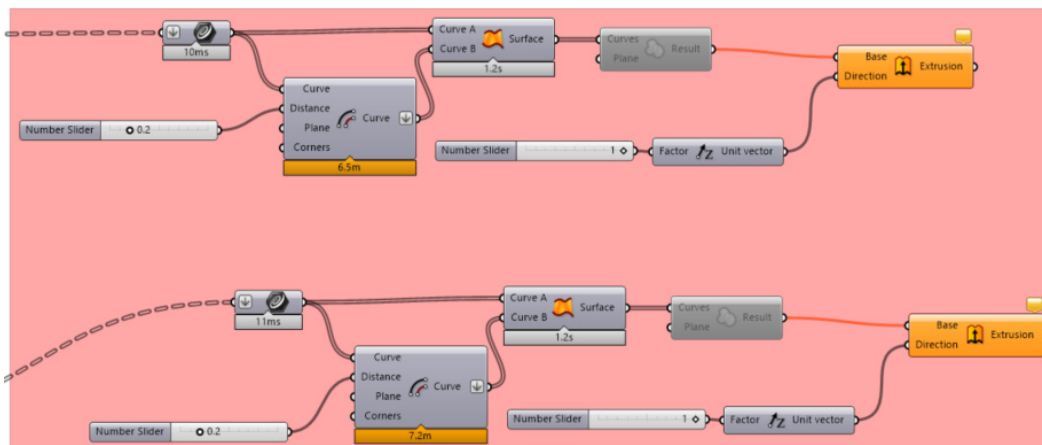
Figuur 86: 2e deel van de code, hierin zijn de surfaces vanuit Rhino gedefinieerd

Kleur drie: Hier begint het gebruik van paneling tools of gaat het verder. Nu het surface gedefinieerd is, kan het door middel van een grid overlay onderverdeeld worden in U en V vlakken. Na het toepassen van de grid kan er door middel van '2D paneling tools' een bestaande geometrie, in dit geval een patroon op het vlak geprojecteerd worden.



Figuur 87: 3e deel van de code

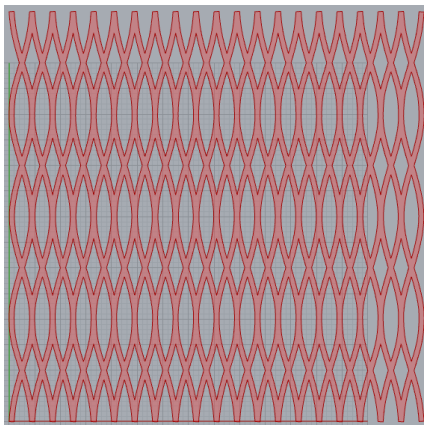
Kleur vier: De laatste stap is om van de geometrie een surface vlak te maken. Dit wordt gedaan door middel van 'tool voor kopiëren lijnen op een afstand' en 'boundary surface'.



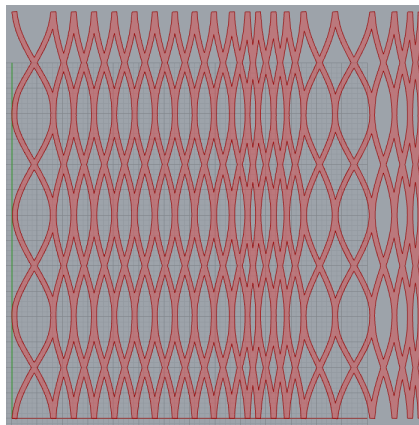
Figuur 88: 4e en laatste deel van de code.

Het gebruik van paneling tools begint, afhankelijk van het soort patroon, bij het patroon dat gebruikt wordt. Per patroon is er een aparte workflow. Zoals in het vorige hoofdstuk vermeld is (4.3.2) zijn de aparte codes per patroon terug te vinden in de appendix.

Op deze manier kan eender welk patroon op eender welk surface geprojecteerd worden. Op deze manier is het heel eenvoudig om het visuele effect van verschillende patronen te observeren, evalueren en uit te testen. Daarbij kan ook rekening gehouden worden met de densiteit binnen de patronen zelf. Hiervoor zijn er opnieuw een reeks tools die toegepast kunnen worden. Hierbij is het belangrijkste het juist plaatsen van grid attractors. Deze grid attractor punten geven aan waar een patroon dichter of juist meer open moet zijn. Een voorbeeld hiervan is in onderstaande foto's weergegeven.

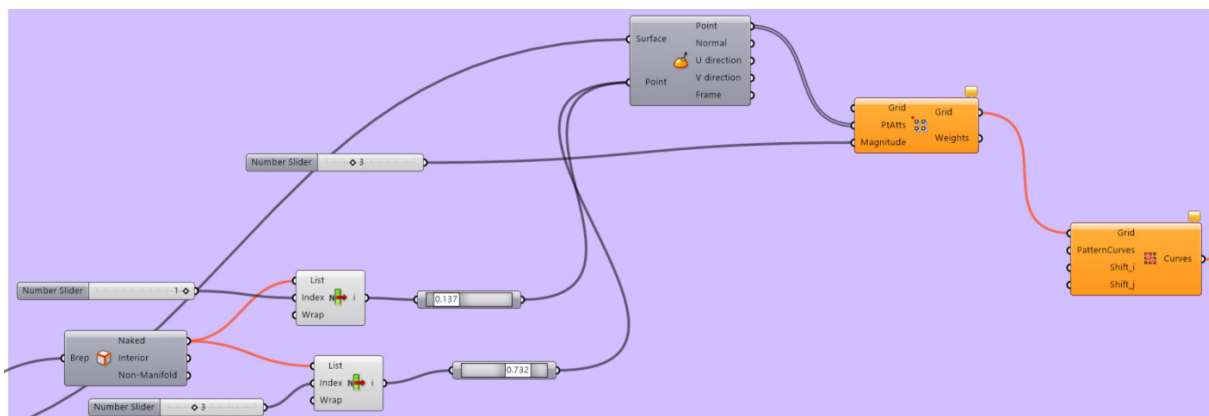


Figuur 89: het patroon zonder het gebruik van attractor points



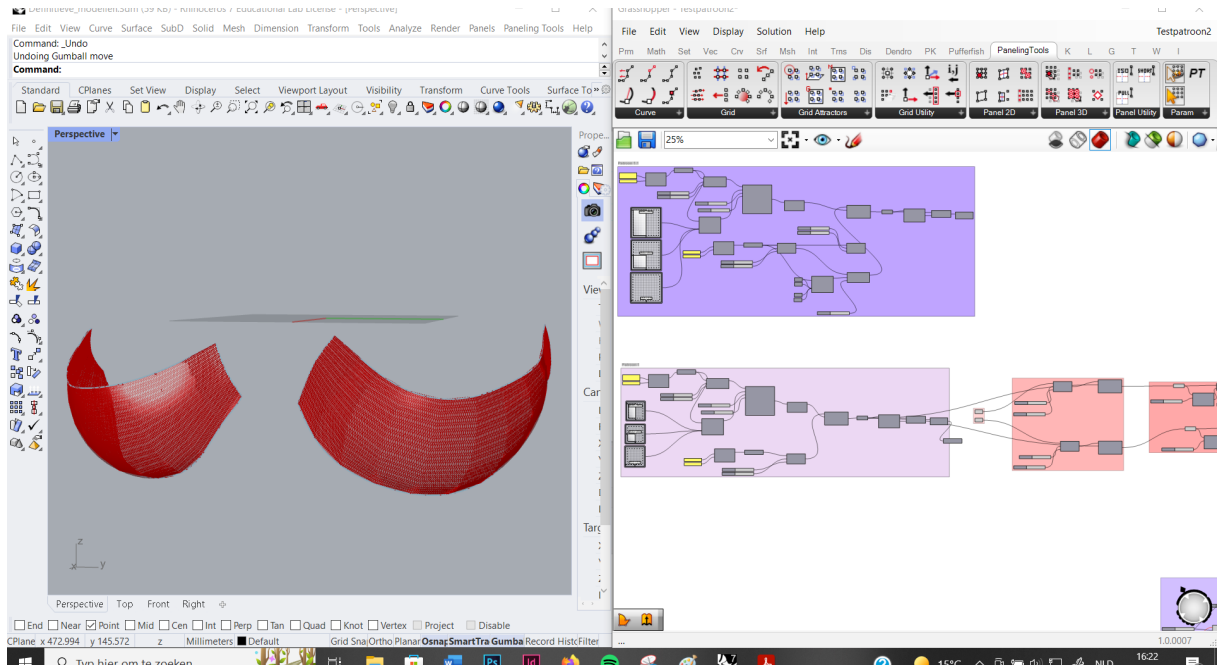
Figuur 90: het patroon met gebruik attractor points

Bovenstaande figuren geven aan hoe dit in een 2D vlak gebeurt. Dit kan ook worden toegepast op surfaces die worden ingeladen in grasshopper. De code van stap 3 verandert hierdoor een beetje en afhankelijk van het patroon en het surface kunnen de tools voor de attractor points ook verschillen.



Figuur 91: 3e deel van de code, met variatie

Door een verschil in densiteit te kunnen generen, komt het algoritme pas echt tot stand. In combinatie met verschillende surfaces die van verschillende 3D scans gegenereerd kunnen worden kan er als het ware een 'maatoplossing' gecreëerd worden. De volgende stap binnen de zoektocht naar een innovatieve ondersteuningsmethode is om de huidige bevinden te testen op een gebruiker.



Figuur 92: Resultaat van de curve op de surfaces in Rhino



05

VERIFICATIE

5.1 Prototype

5.1.1 Uitgangsmodel

5.1.2 Uitwerking prototype

5.2 User test met oog op comfort

5.2.1 Opzet gebruikstest

5.2.2 Test criteria

5.2.3 Resultaten Prototype

5.2.4 Vergelijking bestaand model

5.3 Enquête met oog op experience

5.3.1 Esthetische mogelijkheden

5.3.2 Resultaten

5.4 Kwaliteitstest

5.4.1 Opzet wastest

5.4.2 Test criteria

5.4.3 Resultaten

5.4.3.1 Wastest met oog op vorm

5.4.3.2 Wastest met oog op steeksoort

5.1 Prototype

5.1.1 Uitgangsmodel

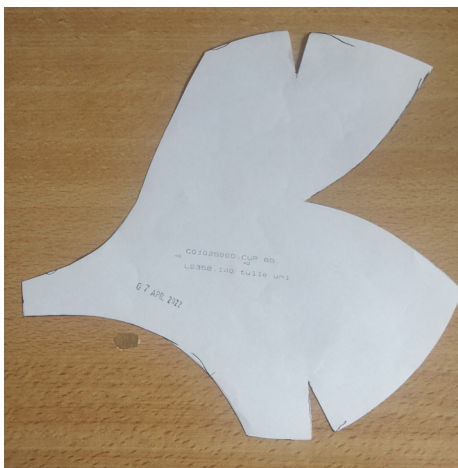
Om een goede vergelijking te kunnen maken tussen het prototype en de huidige beha, wordt een bestaand model van Marie Jo als uitgangsmodel gekozen. Op deze manier kunnen de twee beha's (het prototype en het originele model) met dezelfde criteria worden vergeleken. Zo kan er een objectieve mening gevormd worden over het prototype.

Voor de gebruikstesten werd het model 'Elis' gekozen van Marie Jo. Dit is een plunge model, dat wil zeggen dat de middenvoor lager op het borstbeen terecht komt waardoor er een grotere uitsnijding is voorzien. Dit type beha wordt vooral gedragen bij kledingstukken met een diep uitgesneden nek of als de gebruiker dit een comfortabel model vindt. Voor de gebruikstesten werd de maat 65D aangehouden. Dit omdat deze overeenkomt met de beha maat van de testpersoon.



Figuur 93: Model 'Elis' van Marie Jo

Bijhorend cup-patroon werd aangeleverd door Van de Velde om later, bij het produceren van het effectieve prototype, te gebruiken.



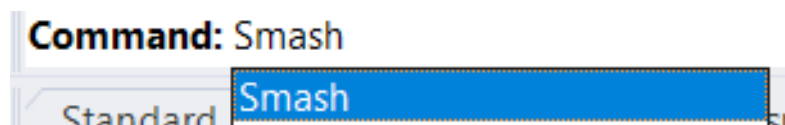
Figuur 94: Patroondeel 'Elis' cup

5.1.2 Uitwerking Prototype

Voor de uitwerking van het prototype werd uitgegaan van het begin model dat beschikbaar werd gesteld door Van de Velde. Dit om te voorkomen dat een hele nieuwe beha geconstrueerd zou moeten worden. Specifiek werden er 2 beha's voorzien van het model 'Elis' van Marie Jo.

De eerste beha werd verkoopklaar gelaten. De tweede beha werd bewerkt om als test prototype te gebruiken.

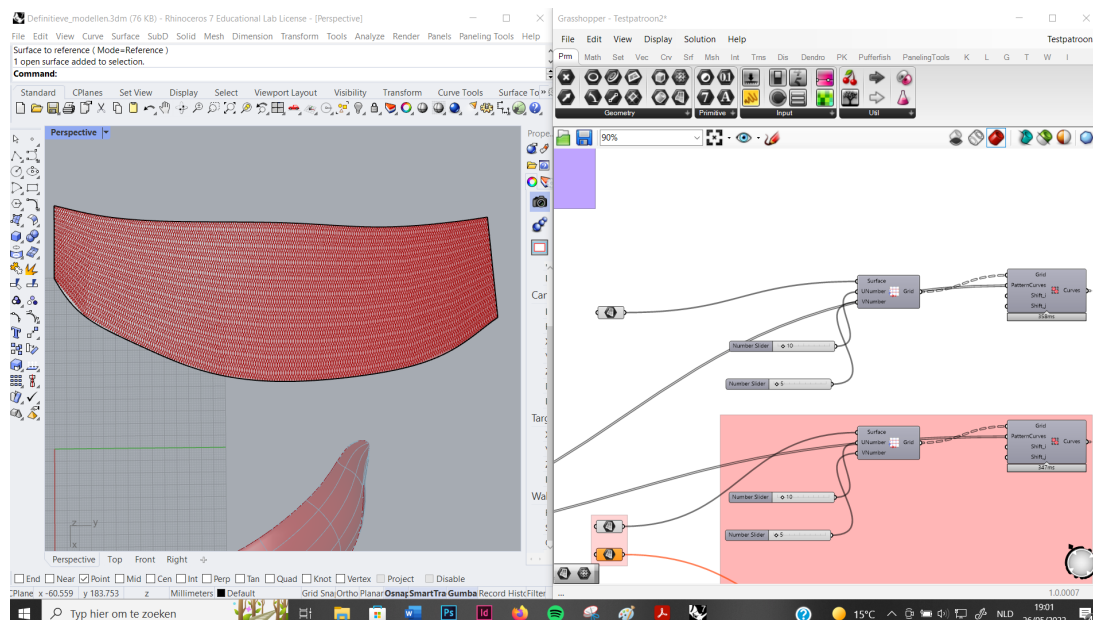
Om een geslaagd prototype te produceren moet er gekeken worden hoe de vorm van het algoritmisch patroon succesvol kan worden overgebracht op een 3D oppervlak. Om een goede benadering te bekomen, werd er gezocht naar een manier om van het dubbel gekromde oppervlak een 2D vlak te bekomen. Binnen het CAD-pakket van Rhino zit een handige tool die hiervoor gebruikt kan worden, nl. 'Smash'.



Figuur 95: 'Smash' commando in Rhino

Dit commando maakt het mogelijk om een oppervlak als het ware plat te slaan op het XY-vlak. Merk op, dit is enkel een benadering aangezien, zoals op figuur 84 te zien is, de platte projectie van een dubbel gekromd oppervlak altijd knipjes nodig heeft om na opvouwen zijn volledige ronding aan te nemen.

Vervolgens kan de volledige toepassing van het patroon opnieuw worden gedaan op het surface dat na het 'smash' commando ontstaat.



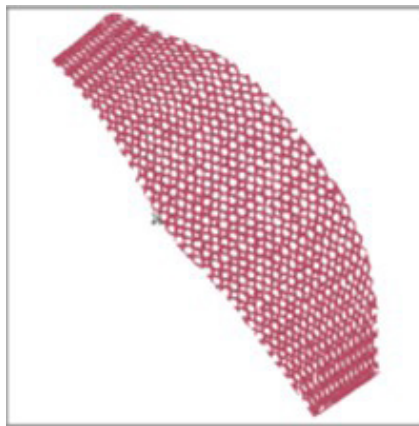
Figuur 96: Weergave de platte surface met daarop het geprojecteerde patroon

Het patroon dat vervolgens op de surface geprojecteerd wordt zal een dikte krijgen. Hiervan kan een schermafbeelding genomen worden of een jpg. of png. bestand geëxporteerd worden. Op deze manier kan de borduursoftware herkennen welke borduurpaden het moet vormen. De uitleg over hoe de software toegepast wordt is terug te vinden in hoofdstuk 3 (3.4.3) Dit wordt voor beide kanten (zowel

rechts als links) herhaald. In de borduursoftware levert dit volgende resultaten op.

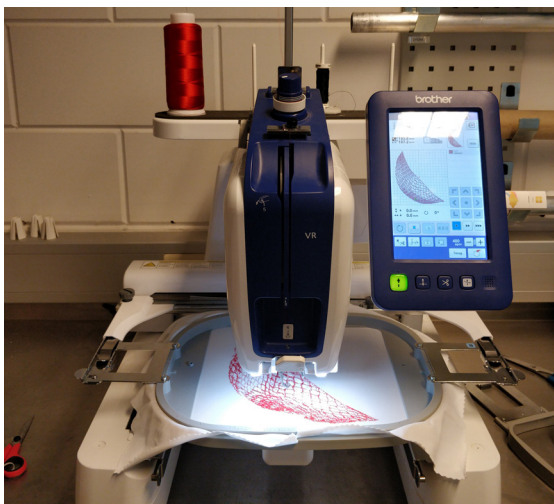


Figuur 97: Boduurpad linker cup



Figuur 98: Boduurpad rechter cup

Bij het borduren wordt, vanwege de grote hoeveelheid steken ervoor gekozen om te borduren met een steeksnelheid van 800-900 spm. Verder wordt er gebruik gemaakt van de lycra stof, die door Van de Velde is voorzien, in combinatie met 100% rayon borduurgaren. Dit vanwege de beschikbaarheid van het garen.



Figuur 99: Brother VR machine in gebruik

Het resultaat van het borduren zijn benaderingen van de steunzones die omgezet zullen worden naar een bruikbaar prototype. Dit door de borduurzones ongeveer gelijk te laten lopen met het naaipatroon dat voor de cups gebruikt wordt, zie figuur 99.

Hiervoor zal een stuk van het borduursel verloren gaan, maar door de constructie van de cups (met knipjes) zal de zone, die eerste bepaald is bij de analyse van de steunzones, nog steeds benaderd worden.

Verder wordt het naaipatroon van de cups een tweede keer toegepast om een identiek patroon onderdeel te bekomen. Dit omdat de onafgewerkte kant van het borduursel onaangenaam voelt tegen de huid. Om die reden wordt er een tweede laag voorzien in de cups om een aangenaam draagcomfort te bekomen en huidirritaties of schuren te voorkomen. Om de twee patroon stukken aan elkaar te

bevestigen wordt gebruik gemaakt van een locksteek op een lockmachine (merk: Singer).



Figuur 100 : Voorkant cups



Figuur 101: Achterkant cups

Aangezien de these draait om een innovatieve ondersteuningsmethode werd in een eerste stap het beugellint samen met de beugel uit de beha verwijderd. Vervolgens werden ook de cups losgemaakt.



Figuur 102 : Uitgenomen cups

Nu blijft enkel het geraamte van de beha nog over. Dit geraamte bestaat uit de middenvoor, de zij-/achterpanden, de sluiting achteraan en de schouderbandjes met verstelbare sluiting. De voorlaatste stap die nodig is het innaaien van de nieuwe cups op de juiste plaats. Ook hiervoor wordt gebruik gemaakt van de lockmachine (merk: Singer).



Figuur 103: Cups ingenaaid in beha

Om het prototype te vervolledigen worden de cups bevestigd aan de bandjes. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van een degelijke naaimachine (merk: Husqvarna) met een eenvoudige rechte steek. De ruwe afwerking van het prototype kan gewijd worden aan het feit dat dit een quick-en-dirty prototype is dat enkel voor gebruikstesten geschikt is. Een high-end prototype kan binnen het tijdsbestek van deze thesis niet afgewerkt worden.



Figuur 104: Prototype op hanger



Figuur 105: Prototype plat op tafel

5.2

Usertests (met oog op comfort)

5.2.1 Test Criteria

Het belangrijkste focuspunt van deze gebruikstest is om het draagcomfort tussen een beha met een beugel en een beha met de ontwikkelde steunmethode te testen en vergelijken. Verder is ook de mate van ondersteuning die de nieuwe steunmethode geeft van belang.

Hierdoor worden verschillende test criteria opgesteld om de 2 verschillende beha's te vergelijken. Opmeting via schaal gebeurt met de schaal: zeer slecht, slecht, gemiddeld, goed en zeer goed.

	Test Criteria	Hoe gemeten
1	Het gevoel tijdens het dragen.	Opmeting via schaal
2	De mate waarin de steun van de beha wordt ervaren.	Opmeting via schaal
3	De zone waar de beha de meeste steun voorziet.	Plaatsbepaling
4	De mate waarin de steun het draagcomfort beïnvloed.	Opmeting via schaal
5	De plaats waar de grootste kracht terecht komt.	Plaats bepaling
6	Het gevoel dat de stof tegen de huid heeft.	Opmeting via schaal
7	Is er een bepaalde rekriching van het materiaal.	Ja/Nee vraag en plaatsbepaling
8	De mate van rek die op de stof zit.	Opmeting via schaal
9	De algemene tevredenheid over de beha.	Vrij antwoord
10	Algemene opmerkingen.	Vrij antwoord

Tabel 17: Een opsomming van alle test criteria om het uitgangsmodel met het prototype te vergelijken

Ook worden er test criteria opgesteld om het prototype en de innovatieve ondersteuningmethode te testen. Hierin wordt ook meegenomen dat het patroon per cup verschilt. Dit om te kijken hoe de dichtheid de steunervaring beïnvloed.

	Test Criteria	Hoe gemeten
1	Het gevoel tijdens het dragen.	Opmeting via schaal
2	De mate waarin de steun van de beha wordt ervaren.	Opmeting via schaal
3	De zone waar de beha de meeste steun voorziet.	Plaatsbepaling
4	De zone waar de beha het minste steun voorziet.	Plaatsbepaling
5	De mate waarin de rechter en linker cup verschillen.	Opmeting via schaal
6	Welke borst het beste ondersteund wordt.	Rechts/links
7	De mate waarin de ondersteuning het draagcomfort beïnvloed.	Opmeting via schaal
8	De plaats waar de grootste kracht terecht komt.	Plaats bepaling
9	Het gevoel dat de stof tegen de huid heeft.	Opmeting via schaal
10	Is er een bepaalde rekriching van het materiaal.	Ja/Nee vraag en plaatsbepaling
11	De mate van rek die op de stof zit.	Opmeting via schaal
12	De algemene tevredenheid over de beha.	Vrij antwoord
13	Algemene opmerkingen	Vrij antwoord

Tabel 18: Een opsomming van alle test criteria om het prototype te beoordelen

5.2.2 Verloop test

De gebruikstest loopt over een periode van 2 dagen. Dit omdat zowel het uitgangsmodel als de aangepaste versie, het prototype, gedragen zal moeten worden. Het verloop van de test zit er als volgt uit:

Dag 1: Dragen van het originele ontwerp (zonder aanpassingen en met stalen beha beugel)

- De avond van het dragen van het originele wordt de dag geanalyseerd en het document voorzien voor de test nauwkeurig ingevuld om een zo goed mogelijk resultaat te bekomen. Hier bij moet vooral gefocust worden op de steun die de beha biedt. Esthetische details zijn niet van belang.

Dag 2: Dragen van het aangepaste ontwerp (geen beugel, wel geborduurde steunzones)

- De avond van het dragen van het prototype wordt de dag geanalyseerd en het document voorzien voor de test nauwkeurig ingevuld om een zo goed mogelijk resultaat te bekomen. Hier bij moet vooral gefocust worden op de steun die de beha biedt. Esthetische details zijn niet van belang.

Voor de gebruikstest wordt er een document voorzien, waarin een vragenlijst is opgenomen die op 4 verschillende evaluatie momenten doorheen de dag zal moeten worden ingevuld.

- 's Ochtends bij het aandoen
- Na +/- 4 uur dragen
- Na +/- 8 uur dragen
- 's Avonds bij het uitdoen

De evaluatie loopt over de volledige dag omdat het comfort van een beha niet enkel gemeten kan worden bij een gebruik van 5 tot 10 minuten. Daarom wordt er geopteerd voor een gebruiksduur van een normale dag.

Tijdens de gebruikstest werd ook aangeraden zoveel mogelijk te doen, wat men normaal ook zou doen. Enkel sport of zware fysieke inspanning hoeft niet tijdens het dragen van de beha. Dit omdat hiervoor eerder een sportbeha geschikt is en deze binnen de scope van de thesis niet wordt geëvalueerd.

5.2.3 Resultaten prototype

Eerst wordt gekeken naar hoe de effectieve steunzones door het patroon bekleed worden. Door de benadering die gedaan is, om de patronen over te brengen van een 3D vlak naar een 2D vlak, is er een deel van de beklede steunzone verloren gegaan. Ook moet er opgemerkt worden dat de afbeelding van het prototype tijdens het dragen, niet volledig overeenkomt met het antropometrische model uit de Turkse studie die in hoofdstuk 2 wordt aangehaald.

Uit de afbeeldingen kan geconcludeerd worden dat bij verdere testen, het met patroon beklede deel groter mag zijn. Dit kan invloed hebben op hoe het draagcomfort tijdens de gebruikstest wordt ervaren en waar de exacte steun wordt voorzien.



Figuur 106: Huidige borduurzones



Figuur 107: Gewenste borduurzones

Aan de hand van de test criteria uit tabel 18 worden in onderstaande tabel 19 het prototype met de nieuwe ondersteuningsmethode beoordeeld.

De opmeting die via schaal gebeurt, maakt gebruik van de schaal: zeer goed, goed, gemiddeld, slecht, zeer slecht. Ook de schaal: zeer weinig, weinig, neutraal, veel en zeer veel, mag in dit geval worden toegepast. In de laatste rij van de tabel staat de algemene score op 10 van beide beha's, gegeven door de test persoon.

	Test Criteria	Het prototype
1	Het gevoel tijdens het dragen.	Goed
2	De mate waarin de steun van de beha wordt ervaren.	Zeer goed
3	De zone waar de beha de meeste steun voorziet.	Onderkant van de borst, vooral in het midden
4	De zone waar de beha het minste steun voorziet.	Juist onder de tepel en ook een klein beetje aan de zijkant
5	De mate waarin de rechter en linker cup verschillen.	Neutraal
6	Welke borst het beste ondersteund wordt.	Rechts
7	De mate waarin de ondersteuning het draagcomfort beïnvloed.	Veel
8	De plaats waar de grootste kracht terecht komt.	Op het elastiek, vooral onder de borsten
9	Het gevoel dat de stof tegen de huid heeft.	Zeer goed
10	Is er een bepaalde rekriching van het materiaal.	Ja, rechts-links
11	De mate van rek die op de stof zit.	Goed
12	De algemene tevredenheid over de beha.	Vrij goed, zeker als startpunt! Ik denk echt dat hier iets inzit!
13	Algemene opmerkingen	Ik denk dat de steun van het patroon op de borst wel goed zat, maar dat die nog steeds moet bekeken moet worden op de gehele beha, zodat de krachten meer even verspreid zijn.
	Algemeen cijfer	7

Tabel 19: De antwoorden van de testpersoon per test criterium

Criteria 5 en 6 slaan op het feit dat per cup een andere densiteit van patroon werd gekozen. Dit is ook duidelijk te zien in het prototype. In de resultaten van de gebruikstest wordt ook aangegeven dat meer steun ervaren wordt op de rechter borst. Figuur 108 laat het verschil tussen de densiteit in patroon per cup duidelijk zien.



Figuur 108: Visuele weergave van het verschil in densiteit van het patroon op de linker- en rechter cup

Tijdens de gebruikstest werd gevraagd om op 4 verschillende momenten het prototype te evalueren. Bij het aandoen werd al aangegeven dat het prototype met de geborduurde ondersteuningszone onmiddellijk voor steun zorgde. Minder dan bij een beha met beugel en voorgevormde cups, maar meer als bij een bralette.



Figuur 109: De pasvorm van de beha na het aandoen in voor-, zij- en achter aanzicht

Bij de beoordeling van de rek van het patroon werd gezegd dat deze over het algemeen meer rekt van links naar rechts, dus in de breedte richting. Toch werd vormverlies van de borst voorkomen en vormde deze mooi naar het patroon. Ook hangt de borst niet over de middenvoor, maar wijst de borst mooi vooruit zowel bij het aandoen als tijdens het dragen.



Figuur 110: De pasvorm van de beha in zij aanzicht doorheen de dag

De steunvoorziening van het borduursel heeft zeker een positieve invloed op het draagcomfort, maar kan nog uitgebreider. Volgens de gebruiker kon het patroon zijn steun niet voldoende kwijt in de rest van de beha. Dit zorgde voor een goede ondersteuning van de borst, maar die steun bleef beperkt tot de cups. Hierdoor drukte de beha opnieuw op de ribben van de gebruikspersoon. Ongewenste druk op de

ribben is met de oplossing van het prototype nog niet verholpen.

In geval van een verdere iteratie is dit zeker iets om op te letten. Het steunpatroon zou eventueel ook op andere beha onderdelen kunnen worden voorzien. In geval van 3D CNC-borduren zou er zelfs een mogelijkheid bestaan om het patroon volledig te laten doorlopen over de hele beha of gebruik te maken van mousse cups.

De stof die werd gebruikt om de cups van het prototype te produceren werd als zacht en aangenaam ervaren. De cups werden dubbel gevoerd om het borduursel af te schermen van direct contact met de huid. Na het uitdoen van de beha werd wel aangegeven dat de combinatie van stoffen die in het prototype werd gebruikt, nl. lycra, kant en tule, niet als de meest aangename combinatie werd ervaren. Het lycra rekte meer terwijl het kant veel stijver bleef. Een eventuele overweging die in verdere iteraties gemaakt kan worden is om de stof combinatie meer op elkaar af te stemmen.

Wel moet opgemerkt worden dat binnen deze scope uitgegaan werd van een bestaand model, waardoor de keuze van stofcombinaties beperkt bleef.

Om te evalueren hoe het huidige prototype aan de vooropgestelde eisen en wensen doet, wordt dit geverifieerd aan de hand van volgende schaal: voldaan aan de eisen, meer tests nodig, niet getest of niet voldaan aan de eisen. Niet alle eisen en wensen konden worden geëvalueerd wegens een te kleine omvang van gebruikstesten. Door een tijd te kort en hoge productietijden zal er enkel 1 prototype bij 1 testpersoon getest worden.

Aangezien dit slechts een eerste iteratie is, zou dit in de toekomst nog verder onderzocht kunnen worden.

	Eisen	Voldaan, niet voldaan, niet getest of meer tests nodig
1	De nieuwe ondersteuningsmethode moet voor cupmaten A-K te gebruiken zijn.	Meer tests nodig met verschillende testpersonen.
2	De nieuwe ondersteuningsmethode moet voor omtrekmaat 65-115 te gebruiken zijn.	Meer tests nodig met verschillende testpersonen.
3	De nieuwe ondersteuningsmethode kan als maatwerk gebruikt worden.	Aan deze eis is voldaan.
4	De nieuwe ondersteuningsmethode maakt geen gebruik van een beugel.	Aan deze eis is voldaan.
5	De nieuwe ondersteuningsmethode maakt geen gebruik van ander materiaal uit de niet textiel familie.	Aan deze eis is voldaan.
6	De nieuwe ondersteuningsmethode zorgt voor evenveel steun als een stalen beugel.	Momenteel niet, verdere tests zijn nodig.
7	De nieuwe ondersteuningsmethode voorkomt rek in de breedte richting.	Aan deze eis is voldaan.
8	De nieuwe ondersteuningsmethode laat rek in de lengte richting toe.	Aan deze eis is voldaan.
9	De nieuwe ondersteuningsmethode past het principe van dematerialisatie toe.	Aan deze eis is voldaan.

10	De nieuwe ondersteuningsmethode maakt gebruik van elastische, synthetische stof.	Aan deze eis is voldaan.
11	De nieuwe ondersteuningsmethode maakt gebruik van synthetische garen.	Aan deze eis is voldaan.
12	De nieuwe ondersteuningsmethode maakt gebruik van materiaal binnen dezelfde materiaal familie. (Enkel textiel)	Aan deze eis is voldaan.
13	De constructie van de beha met nieuwe ondersteuningsmethode mag niet falen bij aandoen, dragen en uitdoen.	Aan deze eis is voldaan.
14	De constructie van de beha met nieuwe ondersteuningsmethode mag niet falen bij het gebruik van de wasmachine.	Niet getest
15	De constructie van de beha met nieuwe ondersteuningsmethode mag niet falen bij het gebruik van een droger.	Niet getest
16	Het nieuwe ontwerp is net als een traditionele beha te gebruiken.	Aan deze eis is voldaan.
17	De nieuwe ondersteuningsmethode mag niet voor verwondingen zorgen.	Aan deze eis is voldaan.
18	De nieuwe ondersteuningsmethode kan geen wonden op de huid veroorzaken.	Aan deze eis is voldaan.
19	De nieuwe ondersteuningsmethode kan geen huidirritaties veroorzaken.	Aan deze eis is voldaan.
20	De nieuwe ondersteuningsmethode moet een esthetisch/decoratief element hebben.	Aan deze eis is voldaan.
21	De vorm van de cups van de beha moet behouden blijven.	Aan deze eis is voldaan.
22	De vorm van de cups moet zo goed mogelijk behouden blijven.	Aan deze eis is voldaan.
23	De nieuwe ondersteuningsmethode moet een bepaald niveau van personalisatie toelaten.	Aan deze eis is voldaan.
24	De productie van de beha met nieuwe ondersteuningsmethode moet veilig uitgevoerd kunnen worden.	Aan deze eis is voldaan.
25	Tijdens de productie moeten machinerichtlijnen en veiligheidsrichtlijnen gevolgd worden.	Aan deze eis is voldaan.

Tabel 20: Verificatie aan de hand van de vooropgestelde eisen en wensen

Momenteel is nog niet aan alle technische eisen voldaan, dit omdat de omvang van de gebruikstesten momenteel heel beperkt is gebleven. Dit door lange machine- en productietijden. Bij verdere iteraties is het van belang om de minimale en maximale uitersten te testen. De eisen naar materiaal, esthetisch, veiligheid en productie zijn wel voldaan.

Er kan dus geconcludeerd worden dat het huidige prototype zeker een geslaagde eerste iteratie is, maar nog verbeterpunten heeft. Een belangrijk punt hierin is dat de huidige omvang van de gebruikstest te klein was. Idealiter zouden meerdere gebruikers nodig zijn om het volledige potentieel van de ondersteuningsmethode te onderzoeken. Andere verbeterpunten zijn de volgende:

- Er mag verder gekeken worden dan de initieel geselecteerde steunzones.
- Het patroon kan eventueel ook op andere beha onderdelen geborduurd worden.

- Een eerste stap naar 3D CNC-borduren zou gemaakt kunnen worden. Mousse cups versterken op deze manier is een interessante denkpiste.
- Het uitwerken van een prototype mag kwaliteitsvoller.
- Een uitbreiding van de gebruikstest omvang is nodig.
- Er mag verder nagedacht worden over eventuele stofcombinaties om het draagcomfort nog verder te verhogen.

Ondanks de verbeterpunten is aangetoond dat een andere manier van ondersteuning in een beha wel degelijk kan. Een eerste gebruikstest en feedback is hiervan een goede indicatie.

5.2.4 Vergelijking met bestaand model

Aan de hand van de test criteria uit tabel 17 worden in onderstaande tabel 20 de beugel beha en het prototype met de nieuwe ondersteuningsmethode met elkaar vergeleken.

De opmeting die via schaal gebeurt, maakt gebruik van de schaal: zeer goed, goed, gemiddeld, slecht, zeer slecht. In de laatste rij van de tabel staat de algemene score op 10 van beide beha's, gegeven door de test persoon.

	Test Criteria	De beugelbeha	Prototype
1	Het gevoel tijdens het dragen.	Slecht	Gemiddeld
2	De mate waarin de steun van de beha wordt ervaren.	Gemiddeld	Goed
3	De zone waar de beha de meeste steun voorziet.	Onder de borst, maar meer naar de buitenkant gericht	Midden onder de borst
4	De mate waarin de steun het draagcomfort beïnvloed.	Gemiddeld	Gemiddeld
5	De plaats waar de grootste kracht terecht komt.	Slot, midden van de borst, recht onder de borst	Recht onder de borst
6	Het gevoel dat de stof tegen de huid heeft.	Slecht	Goed
7	Is er een bepaalde rekriching van het materiaal.	Nee, of ja kan ik niet meer echt herinneren	Je, rekt meer horizontaal dan verticaal
8	De mate van rek die op de stof zit.	Gemiddeld	Goed
9	De algemene tevredenheid over de beha.	Slecht	Gemiddeld-goed

10	Algemene opmerkingen	Was niet zo'n grote fan. De beha drukt redelijk hard en ook de stof was niet ideaal	Ik denk dat de steun van het patroon op de borst wel goed zat, maar dat die nog steeds moet bekeken moet worden op de gehele beha, zodat de krachten meer even verspreid zijn.
11	Algemeen cijfer	5	7

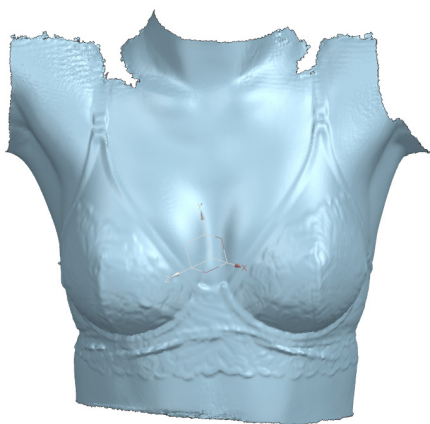
Tabel 21: Vergelijking tussen het uitgangsmodel en het prototype aan de hand van de test criteria gegeven voor de gebruiker

Wat meteen opvalt is dat het prototype beter scoort dan het originele beha model. Qua steun ligt die van het patroon meer in het midden onderaan de borst, terwijl de steun van de originele beha meer aan de buitenkant onderaan de borst geconcentreerd is. De testpersoon gaf ook aan dat de steun van het prototype beter ligt dan dat van het originele ontwerp.

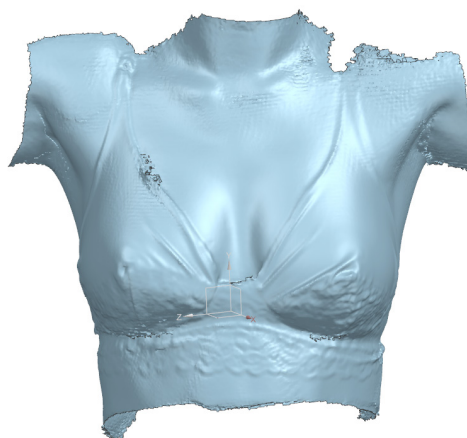
Als algemene opmerking wordt gegeven dat het originele model geen voorkeur krijgt. Verder mag er nog verder geïtereerd worden op het prototype en zal de focus eventueel verlegd moeten worden naar de volledige beha i.p.v. enkel op de vooropgestelde steunzone die in hoofdstuk 4 bepaald is.

Een mogelijke verklaring die aan het verminderde draagcomfort van het originele model gekoppeld kan worden, is het feit dat de originele beha net een omtrekmaat te klein bleek te zijn. Dit kan tot een verminderd draagcomfort leiden. Dit is terug te vinden in het verslag van de gebruikstest in de appendix . Opnieuw kan hier aangehaald worden dat een definitieve behamaat niet bestaat, aangezien dit van model tot model kan verschillen.

Om het visuele verschil tussen de twee beha's te meten, werden 2 verschillende 3D scans gemaakt. Dit om het effect van de traditionele en het ondersteuningspatroon met elkaar te vergelijken. Hiervoor werd gebruik gemaakt van onbewerkte scans. Tijdens het scannen bevond de testpersoon zich in een T-houding. Dat wil zeggen dat deze met gestrekte armen overeind stond.



Figuur 111: 3D scan vooraanzicht originele beha



Figuur 112: 3D scan vooraanzicht prototype beha

Een eerste observatie die gemaakt kan worden is dat de borsten in het prototype minder platgedrukt worden. Dit komt vermoedelijk door het feit dat de middenvoor niet plat tegen het borstbeen gedrukt zit. Verder kan ook opgemerkt worden dat er relatief weinig vormverlies is van de borst in het prototype. Wel kan opgemerkt worden dat er nog aan het prototype gewerkt mag worden aangezien de borst een rare, spitse vorm krijgt door prototype.

Zoals ook uit de feedback van het prototype zelf komt (5.2.3) kan er geconcludeerd worden dat een eerste iteratie geslaagd is, maar verdere iteraties nodig zijn om het steunniveau van een beha beugel te evenaren.

Enkele opmerking naar verder iteraties toe zijn:

- Verder kijken dan enkel de huidige steunzones.
- Het patroon op meer beha onderdelen verdelen dan enkel de cups.

5.3

Enquête (met oog op experience)

Om meer inzicht te krijgen over hoe het publiek naar een eventuele nieuwe ondersteuningsmethode kijkt, vanuit een esthetisch standpunt, werd er gebruik gemaakt van een korte enquête. Hierin lag de focus vooral op de, eventuele, esthetische meerwaarde van het borduren en hoe deze door de gebruiker ervaren zou kunnen worden. Ook de nadruk op mogelijke personalisatie werd in de enquête aangehaald.

Een laatste punt dat in de enquête aangehaald wordt is de meerprijs die men bereid is te betalen voor de personalisatie mogelijkheid.

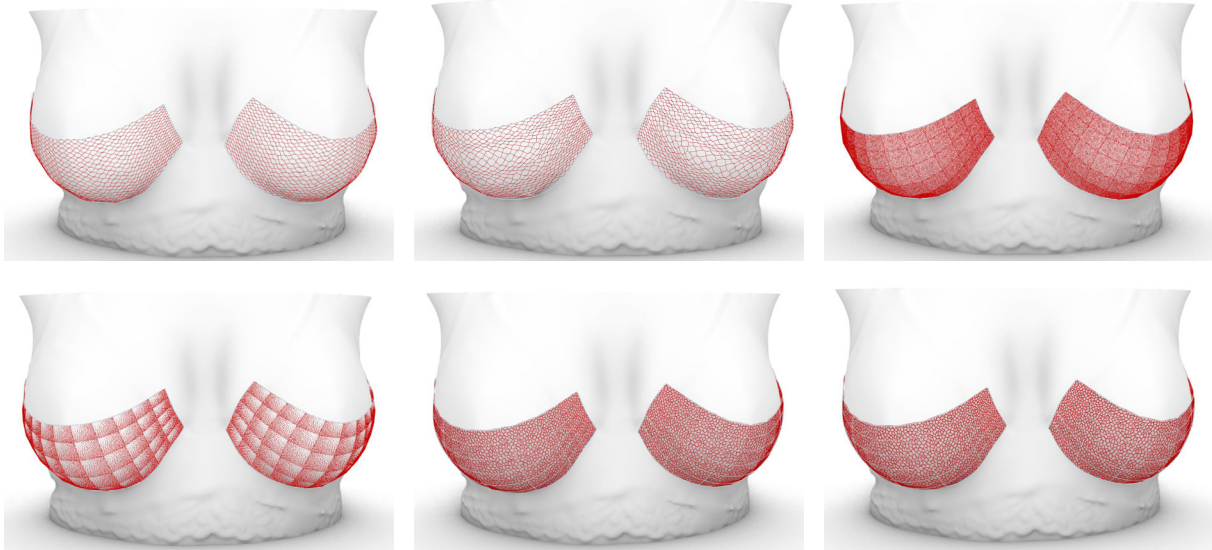
5.3.1 Esthetische mogelijkheden

In de enquête wordt uitdrukkelijk de nadruk gelegd op de esthetische mogelijkheden die de nieuwe, innovatieve ondersteuningsmethode voorziet. Personalisatie wordt binnen de mogelijkheden het meest naar voor geschoven op verschillende vlakken. De volledige opzet van de enquête is in de appendix terug te vinden.

- Er kan gekozen worden dus mogelijke patronen. Hierbij zou men ook onderscheid kunnen maken tussen de linker en rechter cup van de beha.
- Er kan gekozen worden welke kleur draad er gebruikt zal worden.
- De kleur van de stof zou ook een keuze kunnen zijn.

Het resultaat van deze graad personalisatie zorgt ervoor dat elke beha een uniek item wordt. Producten waar een persoonlijke connectie aan vasthangt, worden over het algemeen langer gebruikt. Dit omdat er een emotionele band met het product ontstaat.

Om visueel weer te geven hoe eventuele patronen toegepast zouden worden in een werkelijke beha, werden onderstaande afbeeldingen gebruikt. Deze geven weer in welke zone van de beha de patronen zouden worden toegepast. De 2D patronen die in onderstaande afbeeldingen zijn gebruikt zijn terug te vinden in tabel 16.



Figuur 113: Te beoordelen esthetische opties

5.3.2 Resultaten

De resultaten van de enquête werden op twee vlakken getoetst: op vlak van esthetische mening en personalisatie. Aan de enquête namen 59 personen deel (n = 59). Deze streekproefgrootte is voldoende om relevant te zijn voor een laatste onderzoek.

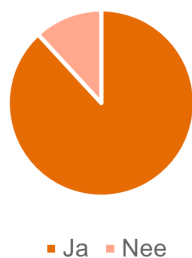
Om diepere inzichten te verkrijgen in de data werd er gebruik gemaakt van kruisanalyse om te onderzoeken of er tussen bepaalde resultaten een correlatie vastgesteld zou kunnen worden.

Algemene interesse in het prototype

	Ja	Nee
Zou je het prototype dragen?	52	7

Tabel 22: Gegevens enquête over de interesse in het dragen van het prototype

Zou je het prototype dragen?



Figuur 114: Gegevens enquête interesse in het prototype

De interesse naar het prototype komt sterk naar voren. Degene die nee antwoordden, hadden de kans om toch hun mening te geven over het uiterlijk van de beha. Hierop zijn 3 personen ingegaan.

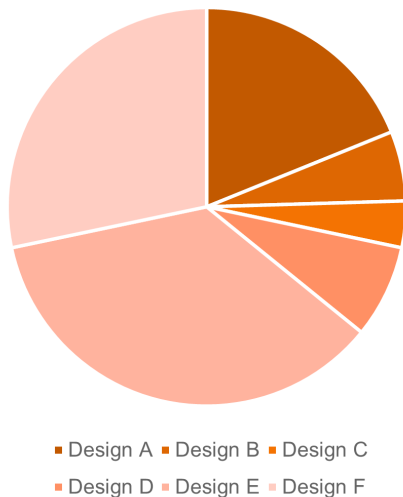
Het voorkeurspatroon

In onderstaande tabel zijn 6 patronen opgenomen, genummerd Design A – F. Deze zijn terug te vinden in figuur 113 in dezelfde volgorde, startend van links bovenaan. De cijfers 1 – 5 bepalen de schaal waarbij 1 = heel mooi en 5 = helemaal niet mijn ding.

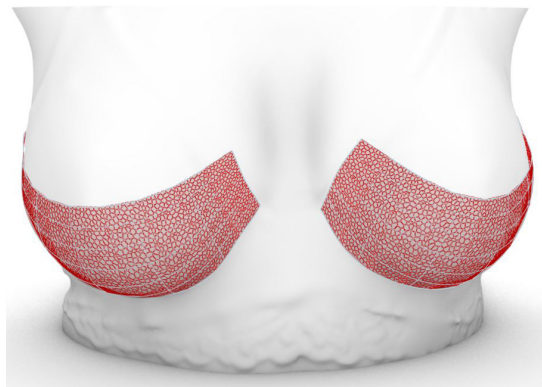
	1	2	3	4	5
Design A	10	10	20	10	4
Design B	3	9	9	21	12
Design C	2	12	12	16	15
Design D	4	12	12	18	8
Design E	19	17	7	6	4
Design F	15	20	9	5	5

Tabel 23: Gegevens enquête over de algemene voorkeur binnen de aangeboden patronen

Voorkeurspatroon



Figuur 115: Weergave voorkeurspatroon



Figuur 116: Design E

Hieruit kan geconcludeerd worden dat voronoi patronen die in design E en F voorkomen, het populairst zijn. Dit zou gelinkt kunnen worden aan het feit dat deze patronen het meest op kant lijken. Verder is design C de minst favoriete.

De overeenkomst van de patronen met kant

	Ja	Nee
Lijken sommige patronen op kant	36	18

Tabel 24: Gegevens enquête de gelijkheid met kant



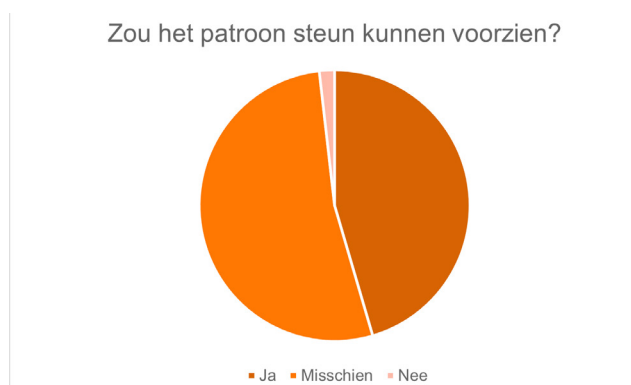
Figuur 117: Weergave gegevens of patronen kant gelijk zijn

Meer dan 50% van de deelnemende personen vindt dat sommige patronen een gelijkenis vertonen met kant. Hiermee wordt bevestigd dat de patronen toegepast in realiteit een esthetisch element kunnen zijn.

De eventuele steunvoorziening van het patroon

	Ja	Misschien	Nee
Zou het patroon steun kunnen voorzien?	25	29	1

Tabel 26: Gegevens enquête over de algemene aanname over de steunvoorziening



Figuur 118: Weergave gegevens of beha steun zou bieden

Minder dan 50% is ervan overtuigd dat het aanbrengen van patronen door middel van borduren kan bijdragen aan de steunvoorziening in een beha. Meer dan 50% is daar niet zeker van en heeft geantwoord met 'misschien'. Slechts een enkeling gelooft niet dat het aanbrengen van geborduurde patronen tot een voldoende steunvoorziening kan leiden.

De correlatie tussen fan zijn van personalisatie en het een meerwaarde vinden

	Spreekt personalisatie je aan?	
	Ja	Nee
Is personalisatie een voordeel?		
Ja	38	5
Nee	5	7

Tabel 27: Gegevens enquête de correlatie tussen fan zijn van personalisatie en de meerwaarde ervan

38 deelnemers vinden dat personalisatie een voordeel is en het idee van personalisatie spreekt hen aan. Dit is meer dan 50% van de deelnemers. Hieruit kan afgeleid worden dat in veel gevallen de optie van personalisatie een extra verkooptroef kan zijn.

De correlatie tussen de ervaring van personalisatie en de extra stappen naar kopen toe

Zou je een gepersonaliseerde beha sneller kopen?	Zou een gepersonaliseerde beha je ervaring van een beha kopen verbeteren?		
	Ja	Misschien	Nee
Ja	14	7	0
Misschien	7	15	5
Nee	2	3	3

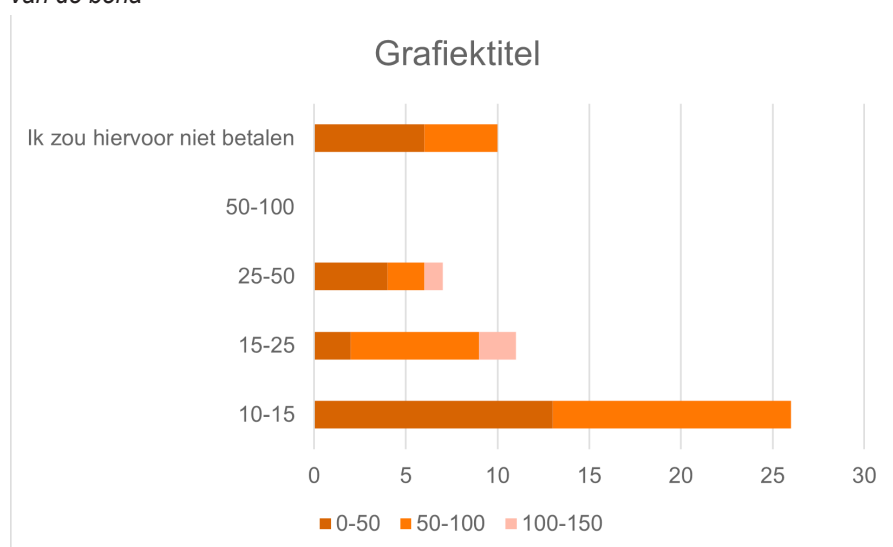
Tabel 28: Gegevens enquête de correlatie tussen de ervaring van personalisatie en de extra stap naar kopen toe

Uit de gegevens van tabel 27 is af te leiden dat het merendeel (27,7%) niet weet, vandaar de misschien, of een gepersonaliseerde beha de ervaring van het kopen van een beha verbeterd en daarbij de aankoop beïnvloed. 25,9% van de deelnemers (14 van de 54) antwoordt dat het een gepersonaliseerde beha de aankoop ervaring verbeterd en doorweegt in de uiteindelijke keuze van aankoop. 5,5% (3 van de 54) geeft aan hier niet zo over te denken.

De correlatie tussen de waarde inschatting van personalisatie en een waarde inschatting van de volledige beha

	0-50	50-100	100-150
10-15	13	13	0
15-25	2	7	2
25-50	4	2	1
50-100	0	0	0
Ik zou hiervoor niet betalen	6	4	0

Tabel 29: Gegevens enquête de correlatie tussen de waarde inschatting van personalisatie en het totaal bedrag van de beha



Figuur 119: Verhouding extra betalen personalisatie met kosten beha

De meeste mensen zullen een kleine bijdragen voor de personalisatie overhebben, zo'n €10-15. Deze zijn dan ook bereid beha's tussen de €0-100 te kopen. 18,5% (10 van 54) zou niet extra betalen voor personalisatie en ook bereid zijn beha's tussen de €0-100 te kopen.

De groep die bereid is meer te betalen voor personalisatie (€15-50) is ook sneller geneigd een groter bedrag neer te leggen voor de hele beha, namelijk tussen de €50-150.

Algemene feedback en suggesties

Verder werd er door enkele deelnemers nog algemene feedback of suggesties gegeven:

- Het prototype lijkt op het eerste zicht niet comfortabel.
- Personalisatie is een leuke extra, maar geen must.
- Verdere voorbeelden zouden een beter idee geven van de uitwerking.
- Een vrije keuze tussen de twee cups in de beha zou tot goede resultaten kunnen leiden. De ene borst kan meer support nodig hebben dan de andere.
- Er moet rekening gehouden worden met de zichtbaarheid van het patroon onder kleding. Bij kant is dit soms ook het geval en dat kan een minder mooi effect hebben.
- Meer neutrale patronen mogen ook.

Uit de resultaten en feedback mag geconcludeerd worden dat personalisatie een leuke extra is en in sommige gevallen zal doorwegen in de keuze van een aankoop. Hiervoor zouden in de meeste gevallen consumenten extra betalen.

Ook zien de meeste personen potentieel in het gebruiken van geborduurde steunpatronen, maar een reeks ideale patronen moet nog gevonden en onderzocht worden. Een betere illustratie van de werking is gewenst.

5.4 Kwaliteitstest

Na gebruikstesten en esthetische aftoetsing, zijn ook kwaliteitstesten nodig. Binnen deze thesis heeft dit zich vertaald naar wastesten. Dit om de combinatie borduren en stretchstoffen te testen op kwalitatieve eigenschappen.

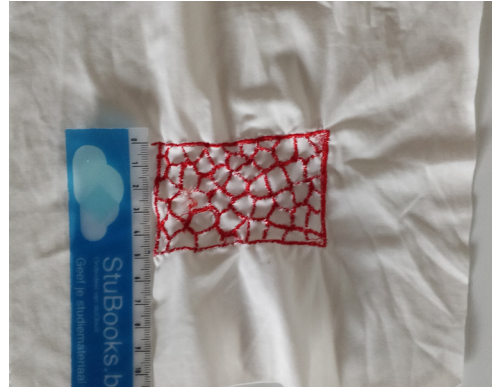
Bij het dragen van een beha is het belangrijk dat tijdens het wassen of dragen noch het borduursel noch de stof vervormd, het borduursel niet loslaat en de kleuren na productie behouden blijven. Dit zijn dan ook parameters die opgenomen zijn in de test criteria.

5.4.1 Opzet Wastest

Tijdens de wastest zullen 2 verschillende borduursamples getest worden; een gebordurd patroon en de textiel test met de verschillende steeksoorten. Bij het geborduurde patroon zal de nadruk liggen op hoe het wasproces de vormkenmerken van het patroon beïnvloed en bij de steeksoorten zal de nadruk liggen op hoe het wasproces de verschillende steeksoorten onderling beïnvloed.



Figuur 120: Borduursel om de verschillende steken te testen



Figuur 121: Borduursel met vormkenmerken

De wastest zelf zullen machinaal worden uitgevoerd. Dit omdat handwas niet altijd een realistische simulatie is. Uiteraard wordt bij het wassen van beha's een handmatige methode aangeraden, maar in modern huishouden zal sneller voor de wasmachine worden gekozen. Daarom zal ook geopteerd worden voor het standaard wasprogramma.

Tijdens de wastest zal er geen gebruik gemaakt worden van beschermende middelen (waszak). Er zal gekozen worden voor een licht detergent. De temperatuur waarop gewassen zal worden, wordt zo laag mogelijk gehouden, in dit geval 30°C. Er werd gekozen voor een snel was programma, 30min wassen op 30°C.

Voor het wassen zullen de criteria worden beoordeeld van de samples. Na het wassen zal dit opnieuw gebeuren, als er verschillen zijn, deze te noteren.

5.4.2 Test criteria

Om de resultaten van de was test te analyseren zullen er enkele belangrijke test criteria opgesteld worden om het borduursel voor en na het wassen te vergelijken. Borduren is een semipermanente productietechniek die op textiel kan worden toegepast. Er is dus een toevoeging van materiaal. Een deel van de test criteria zal dus gaan over hoe het textiel reageert onder de condities van het wassen in combinatie met het borduursel.

	Criteria	Hoe gemeten
1	De mate waarin de stof vervormt door het borduursel.	Opmeting voor en na wassen.
2	De mate waarin het borduursel zijn vorm verliest.	Opmeting voor en na wassen en observatie.
3	De mate waarin het borduursel loskomt.	Opmeting door observatie.
4	De mate van finish van het borduursel.	Opmeting door observatie en voelen.
5	De mate waarin het borduursel zijn stijfheid verliest.	Opmeting door observatie voor en na wassen.
6	De mate waarin borduursel kleur verliest.	Opmeting door foto test.
7	De mate waarmee de steeksoort beïnvloed wordt door het was proces.	Opmeting door observatie

Tabel 28: Opsomming test criteria voor de wastest

Het textiel met het borduursel zal worden beoordeeld op de verschillende criteria zowel voor als na het wassen.

5.4.3 Resultaten

Bij het verwerken van de wasproces resultaten wordt onderscheidt gemaakt tussen de wastest met oog op vormkenmerken en die met oog op steeksoorten. Hiervoor wordt gebruikt gemaakt van objectieve metingen en subjectieve observatie door middel van afbeeldingen en voeltesten.

Verder wordt deze wastest ook teruggekoppeld aan bepaalde eisen en wensen.

	Eisen	Voldaan, niet voldaan, niet getest of meer tests nodig
14	De constructie van de beha met nieuwe ondersteuningmethode mag niet falen bij het gebruik van de wasmachine.	Voldaan
15	De constructie van de beha met nieuwe ondersteuningmethode mag niet falen bij het gebruik van een droger.	Niet getest

Tabel 30: Eisen rond wassen en drogen en hun verificatie in de test



5.4.3.1 Wastest met oog op steeksoort





Figuur 122: Borduursel voor het wassen



Figuur 123: Borduursel na het wassen

Criteria nummer (tabel 19)	Voor het wassen	Na het wassen
1	De stof heeft voor het wassen afmetingen van 21cm (breedte) x 20cm (hoogte). Het borduursel dat op de stof zit heeft al een kleine afwijking aangezien deze de stof samentrekt. Dit door de specifieke vorm van het patroon. 	Na het wassen heeft het patroon de stof nog meer samengetrokken, daardoor is er bij de afmetingen een klein hoogteverschil te zien. De afmetingen van de stof na het wassen zijn 21cm (breedte) x +/-19cm (hoogte). Dit geeft ook meteen aan dat het patroon de stof meer samentrekt in de hoogte. 

2	Het borduursel heeft voor het wassen volgende afmetingen: 8cmx5cm. Ondanks dat deze de stof wat samentrekt heeft dit geen invloed op de afmetingen van het patroon zelf. Door de stof lichtjes op de spannend kan men het patroon gladtrekken.	Het borduursel heeft na het wassen, ondanks dat het door het wasproces de stof meer samentrekt, nog steeds dezelfde afmetingen als voor het wassen. (8cmx-5cm).
3	Het borduursel zit zo strak op de stof dat deze zelfs de stof samenknijpt. Ook op de onafgewerkte kant van de stof zijn geen loszittende draadjes te zien.	Het borduursel zit zo strak op de stof dat deze zelfs de stof samenknijpt. Ook op de onafgewerkte kant van de stof zijn geen loszittende draadjes te zien. 
4	Het borduursel heeft een mooie, gelijkmatige afwerking. Wel is hier en daar een onregelmatigheid terug te vinden vanwege de fijnheid van het patroon.	Het borduursel heeft een mooie, gelijkmatige afwerking. Wel is hier en daar een onregelmatigheid terug te vinden vanwege de fijnheid van het patroon.
5	Door het specifieke patroon trekt deze de stof samen. Men kan de stof onder spanning zetten om het patroon glad te trekken. Hierdoor moet men de stof minstens 1 cm in elke richting uitrekken. Dit heeft met het opspannen tijdens het borduren te maken.	Door het specifieke patroon trekt deze de stof samen. Het wasproces heeft deze afwijking versterkt. Men kan de stof onder spanning zetten om het patroon glad te trekken. Hierdoor moet men de stof minstens 1 cm in elke richting uitrekken. Dit heeft met het opspannen tijdens het borduren te maken.
6	Kleur is duidelijk zichtbaar en levendig. 	Kleur is duidelijk zichtbaar en levendig.
7	Vanwege de schaal van het patroon zijn niet alle lijnen even goed opgevuld. Wel zijn de steken die geborduurd zijn goed uitgevoerd. Ze vertonen geen vreemde afwijkingen op de stof.	Vanwege de schaal van het patroon zijn niet alle lijnen even goed opgevuld. Wel zijn de steken die geborduurd zijn goed uitgevoerd. Ze vertonen geen vreemde afwijkingen op de stof. Het wasproces heeft geen invloed gehad op de steken zelf.

Tabel 31: Opsomming resultaten van de wastest met oog op de verschillende steeksoorten

Uit de resultaten die in tabel 20 beschreven staan, kan afgeleid worden dat het wasproces voornamelijk een invloed heeft op het patroon zelf. Er moet wel opgemerkt worden dat dit slechts een van de mogelijke patronen is. Dit wil zeggen dat andere patronen tijdens hetzelfde wasproces misschien anders reageren.

Het patroon dat op de stof is aangebracht vervormt al sterk voor het wassen. Zoals in tabel 20 is af te lezen, is dit effect na het wasproces versterkt. De buitenste afmetingen van het patroon blijven wel gelijk kan uit een opmeting voor en na het wassen worden geconcludeerd.

De afwerking van het borduursel en de kleur van de draad worden niet beïnvloed, terwijl de vulsteek een lichte afwijking vertoont na het wassen. Ook de stof zelf vertoont geen afwijking.

Aan de hand van de resultaten kan er geconcludeerd worden dat wassen zo goed als geen invloed heeft op het borduursel. Om die reden kan gezegd worden dat de combinatie borduren op lycra een goede combinatie is binnen het concept van de nieuwe, innovatieve ondersteuningmethode.

5.4.3.2 Wastest met oog op vorm






Figuur 124: Borduursel voor het wassen



Figuur 125: Borduursel na het wassen

Criteria nummer (tabel 19)	Voor het wassen	Na het wassen
1	<p>Afhankelijk van de steek, vervormt het borduursel hier en daar 1-2mm. Verder zijn de afmetingen van de witte stof voor het wassen 21cmx21cm.</p> 	<p>Afhankelijk van de steek, vervormt het borduursel hier en daar 1-2mm. Hierin is geen verandering te zien. (foto) De afmetingen van de stof waarop het borduursel zit is na het wassen nog steeds 21cmx21cm</p> 

2	Het borduursel met de verschillende steeksoorten behoudt mooi zijn vorm. Het programma heeft deze goed uitgevoerd. Ze staan mooi recht en hebben een lengte van 6,1cm.	Het borduursel met de verschillende steeksoorten behoudt mooi zijn vorm. Het programma heeft deze goed uitgevoerd. Enkel de eerste steek is door het wasproces lichtjes kromgetrokken. Verder staan de andere steken nog steeds mooi recht en hebben ze elk een lengte van 6,1 cm.
3	Het borduursel zit zo strak op de stof dat deze zelfs de stof samenknijpt. Ook op de onafgewerkte kant van de stof zijn geen loszittende draadjes te zien.	Het borduursel zit zo strak op de stof dat deze zelfs de stof samenknijpt. Ook op de onafgewerkte kant van de stof zijn geen loszittende draadjes te zien. 
4	Het borduursel heeft een mooie, gelijkmatige afwerking kenmerkend voor elke steek.	Het borduursel heeft een mooie, gelijkmatige afwerking kenmerkend voor elke steek.
5	Op het borduursel zit in minimale maten rek. Het borduursel zelf is vrij statisch op de stof en beweegt weinig mee.	Na het wassen is te zien dat steek 1 (vulsteek) lichtjes buigt op de stof. De andere steeksoorten zijn in dezelfde condities als voor het wassen.
6	Kleur is duidelijk zichtbaar en levendig.	Kleur is duidelijk zichtbaar en levendig. 
7	Steken zijn netjes uitgevoerd en vertonen geen rare afwijkingen op de stof.	Steken zijn netjes uitgevoerd en vertonen geen rare afwijkingen op de stof. Het wasproces heeft geen invloed gehad op de steken zelf. 

Tabel 32: Opsomming resultaten van de wastest met oog op de vormkenmerken

Uit de resultaten die in tabel 21 beschreven staan, kan afgeleid worden dat het wasproces weinig tot geen invloed heeft op het borduursel of de stof waarop het borduursel is aangebracht. De afwerking van het borduursel en de kleur van de draad worden niet beïnvloed, terwijl de vulsteek een lichte afwijking vertoont na het wassen. Ook de stof zelf vertoont geen afwijking.

Aan de hand van de resultaten kan er geconcludeerd worden dat wassen zo goed als geen invloed heeft op het borduursel. Om die reden kan gezegd worden dat de combinatie borduren op lycra een goede combinatie is binnen het concept van de nieuwe, innovatieve ondersteuningsmethode.



06

CONCLUSIE

6.1 Conclusie

6.1 Conclusie

Bij de start van dit project werd literatuur gebruikt om een breder idee te krijgen van de context rond problemen die voorkomen tijdens het dragen van een beha. Studies geven aan dat 70-80% van vrouwen een foutieve beha maat draagt. Wat nog zorgwekkender is, zijn de gezondheidsrisico's die het langdurig dragen van een foutieve maat tot gevolg kunnen hebben.

Marktonderzoek, in de vorm van een enquête en diepte-interviews, werd afgelegd om een beter idee te krijgen van de huidige gebruiksmarkt. Uit de enquête bleek dat meer dan 50% meestal – of niet tevreden is over de huidige beha. Voor de enquête werden alle personen die een beha dragen aangesproken en uit deze groep kwam de doelgroep voor de diepte-interviews voort.

De diepte-interviews gaven een beter beeld van de eisen en wensen van de huidige markt. Comfort en draagcomfort is daarin een van de belangrijkste parameters.

Deze werden dan ook in het achterhoofd gehouden tijdens een ergonomisch onderzoek, een analyse van steunzones en bij het analyseren van de alternatieven die nu al op de markt zijn.

Tijdens de ideation fase kwamen 3 verschillende opties (vezel versterkt printen, printen op textiel en borduren op elastisch textiel), naar aanleiding van een benchmark onderzoek, naar voor die, op vlak van innovatie, potentieel vertoonden. Met exploratieve sample tests werd gekeken welke optie de meeste mogelijkheden zou bieden en na een 1e verificatie werd ervoor gekozen om verder te gaan met borduren op textiel.

Om tot een werkbaar prototype te komen, werd een digitale workflow opgesteld en doorlopen om het algoritmisch grasshopper model in te zetten en dit te gebruiken bij de uitwerking van een maatoplossing. De patronen die op deze manier werden gegenereerd werden omgezet in bruikbare data voor de borduursoftware om zo de geborduurde steunzones te produceren. Vervolgens werden deze ingenaaid in een bestaand model om tot een prototype te komen.

Dit prototype werd onderworpen aan gebruikstesten, uitgevoerd door een testpersoon. Deze diende het prototype te vergelijken met het originele model. De resultaten die uit eerdere sample – en uitgevoerde gebruikstesten kwamen, gaven aan dat het gebruik van een grasshopper algoritme, als basis voor een innovatieve ondersteuningsmethode, potentieel heeft. Een eerste iteratie kan als geslaagd gezien worden.

Momenteel zou het productieproces, dat gebruikt is om het prototype te vervaardigen, niet gebruikt kunnen worden om hoge aantallen beha's te produceren. Dit vanwege de lange machinetijden en het gebrek aan optimalisatie wat de digitale workflow aangaat.

De toevoeging van extra stappen binnen het productieproces van de beha zorgt ook voor een toename in productiekosten. Toch kan men de kosten voor een maatoplossing niet volledig vergelijken met de kosten van gestandaardiseerde beha's. Wel is er een beter inzicht qua kostenverdeling nodig om toekomstige mogelijkheden te optimaliseren.

Er kan geconcludeerd worden dat verdere iteraties mogelijk zijn, maar een eerste proof of concept binnen deze thesis zeker geslaagd is. De onderzoeksvraag: *'Kan er, door middel van een moderne en technische toepassingen, een nieuwe ondersteuningsmethode in beha's worden voorzien die niet gebaseerd is op het gebruik van een beugel?'* is binnen deze thesis beantwoord.



07

DUURZAAMHEID

7.1 Duurzaamheid

7.1.1 Design Justice

7.1.1.1 Problem framing

7.1.1.2 Toepassing D4S

7.1.1.3 Connectie met SDG's

7.1.1.4 Conclusie

7.1.2 Eco-Design

7.1

Duurzaamheid

Duurzaamheid wordt als maar een belangrijker thema. Ook binnen het onderwerp van deze thesis kan er over duurzaamheid gesproken worden. Binnen de uitwerking van een nieuwe, innovatieve ondersteuningsmethode kan er op 2 verschillende vlakken over duurzaamheid worden gesproken: op vlak van design justice en eco-design.

7.1.1 Design justice

7.1.1.1 Problem framing

Door middel van onderzoek in de vorm van enquêtes, diepte-interviews en literatuurstudies, kwamen enkele problemen binnen de lingerie sector en kledingsector in het algemeen, naar boven.

Standaardisatie

Door massa productie is het algemene maatsysteem, binnen de kledingindustrie, gestandaardiseerd. [29] Standaardisatie klinkt al een hele mooie oplossing, maar blijft problemen veroorzaken. Mensen die buiten de standaard vallen worden uitgesloten, in de kleding- en lingerie industrie. De meeste merken focussen op een specifiek profiel waaraan een vrouw moet voldoen, vaak is dat een cupmaat tussen A en D. Een goed voorbeeld van zo een merk is Victoria's Secret.



Figuur 126: Een lingerie campagne van enkele jaren terug waar toen veel kritiek op kwam.

Voor personen met een grotere cupmaat is het een uitdaging om een goed passende beha te vinden die hun geen rib uit het lijf kost. Merken die wel ontwerpen en produceren voor grotere cupmaten zijn doorsnee duurder en bijgevolg niet altijd toegankelijk voor deze mensen.

De beugel

Zoals het marktonderzoek al heeft uitgewezen (zie hoofdstuk 2) is de huidige beugel de onderliggende boosdoener. Dat de meeste respons hierover van vrouwen met een grotere cupmaat komt, is niet verrassend. In de huidige beha wordt de meeste steun voorzien door de beugel. Personen met een grotere cupmaat hebben weinig keuze bij het kopen van een beha. Als ze voldoende draagcomfort willen en eventuele gezondheidsgevolgen willen vermijden, is de beugelbeha de enige optie beschikbaar. Het enige alternatief is de sportbeha, die niet geschikt is voor dagdagelijks gebruik.

Gezondheidsgevolgen

Het dragen van een slecht passende beha, kan ernstige gezondheidsklachten veroorzaken. Onderzoek heeft aangetoond dat 70-80% van alle vrouwen een foutieve maat beha draagt, waarvan 10% een te grote maat en 70% een te kleine. [9] De gezondheidsrisico's die dit tot gevolg heeft, omvatten milde klachten zoals huidirritaties en schaven, maar ook ernstige klachten zoals lymfziekten en het 'prikkelbare darm syndroom', door constante druk tegen het middenrif. [14]

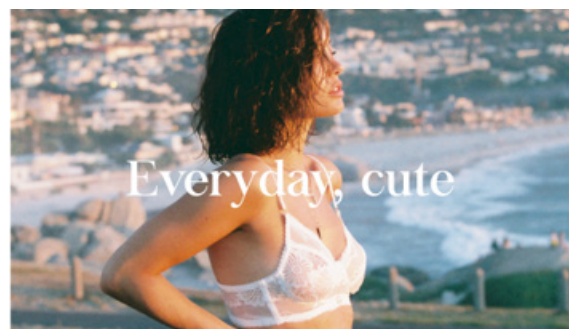
Niet alle winkels hebben hetzelfde assortiment ter beschikking qua maat en prijs. Bij een beperkt budget zijn sommige mensen niet in staat een passende, comfortabele en betaalbare beha te vinden, met als gevolg dat deze in sommige gevallen noodzaak zijn een te kleine maat of een oncomfortabele beha te kopen. Wat op zijn beurt weer gezondheidsklachten tot gevolg kan hebben.

Gender gelijkheid

Als we kijken naar de standaard etalage van een lingeriewinkel, bv. Hunkemöller, zijn de meeste tentoongestelde beha's extreem vrouwelijk of sexy. De kleuren, het kant en de details zoals strikjes en pareltjes, zijn enkel gericht op een vrouwelijk publiek. Net als de meeste lingerie campagnes en reclames. In onze ontwikkelende samenleving is het standaardbeeld van lingerie nog steeds te vrouwelijk georiënteerd.



Figuur 127: Een lingerie campagne gefocust op vrouwen en de liefde.



Figuur 128: Een lingerie campagne gefocust op het vrouwelijke en schattige

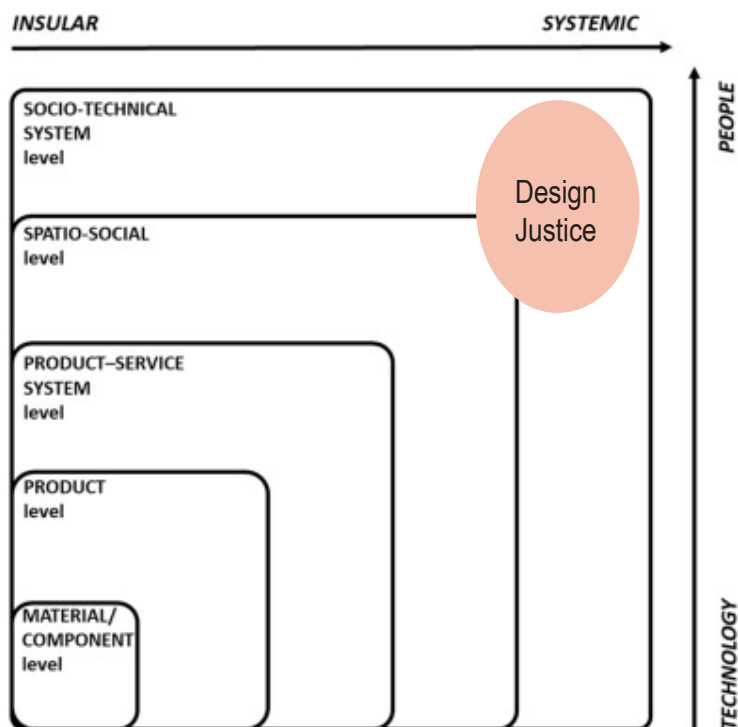
Niet alle vrouwen die een beha dragen, associëren zichzelf met dit beeld. Niet elke beha moet schattig of sexy zijn, soms moeten deze praktisch en functioneel zijn.

Daarbij komt dat ook transgenders, non-binaire en andere mensen ook de vrijheid hebben om een beha te kopen. Jammer genoeg worden deze subgroepen nog steeds vergeten of niet genoeg betrokken in reclamecampagnes door lingerie merken en marketingbureaus. Zij hebben misschien een heel ander beeld over hoe hun beha eruit zou moeten zien. Waarom heeft de industrie nog steeds het idee dat de beha enkel voor vrouwen is?

Bovenstaande problemen kunnen, binnen duurzaamheid, worden terugkoppelt aan Design Justice. Dat is dan ook de reden waarom dat specifieke design framework binnen deze thesis is toegepast.

7.1.1.2 Toepassing van D4S

Binnen deze thesis zal, vanwege het sociale thema, met het Design Justice framework gewerkt worden. Dit model bevindt zich op een systeem- en mens georiënteerd niveau aangezien het binnen deze thesis zal worden toegepast op een aantal sociale termen.



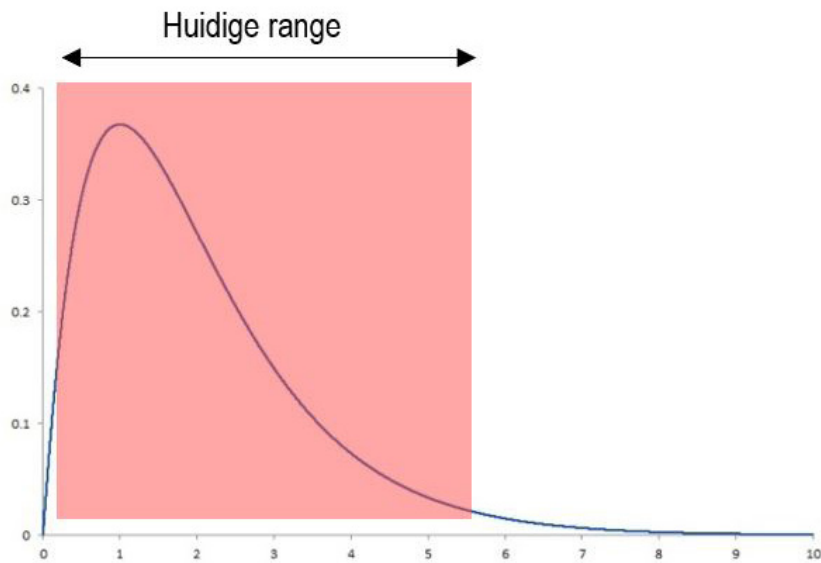
Figuur 129: Design for sustainability model van Ceschin & Gaziulusoy, 2020

Met behulp van the designer's critical alphabet komen enkele termen naar boven die binnen dit thema en deze thesis erg interessant zijn. Hierop kan design justice goed worden toegepast.

Standaardisatie

Standaardisatie zit in de lingeriewereld ingeweven in de cupmaten. In de meeste winkels, zoals eerder vermeld, zijn beha's met cupmaten A tot en met D in overvloed te verkrijgen.

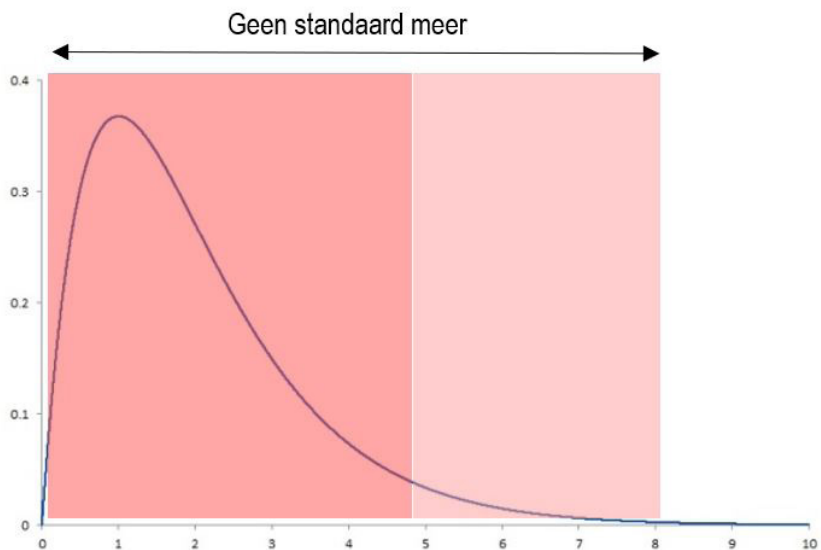
Dit betekent dat een selecte groep mensen met een grotere cupmaat een minder grote toegankelijkheid heeft tot goed passende, comfortabele en betaalbare beha's. Onderstaande figuur geeft weer hoe het marktaanbod er momenteel uitziet.



Figuur 130: De huidige standaard, weergegeven op een statistisch staartmodel.

Met de implementatie van een algoritme in grasshopper om een nieuwe, innovatieve ondersteuningsmethode te genereren, kan met een maatoplossing gewerkt worden. Het beschikbaar maken van deze technologie helpt degene die buiten de huidige standaard vallen. Dit systeem is echter geen vervanger van de commerciële beha's maar eerder een toevoeging binnen het huidige segment.

Op deze manier is een beha voor iedere cupmaat binnen handbereik en kan 100% van de doelgroep aangesproken worden. Dit is in onderstaande figuur weergegeven.



Figuur 131: De nieuwe standaard, weergegeven op een statistisch staartmodel. Zo is er 100% bereik van de markt.

Bekwaamheid

Het ideale beeld over twee gelijke borsten wordt nog steeds door onze huidige maatschappij gepromoot. Daarom is er geen enkele optie beschikbaar voor mensen die niet aan dit ideaal voldoen. Vrouwen met een borstprothese of mensen met een significant cupmaat verschil, kunnen geen passende beha vinden die hun beperking accommodeert zonder tegelijkertijd aan het ideaalbeeld te

moeten voldoen.

Deze mensen grijpen daarom naar inlegkussentjes en protheses of kiezen in extreme gevallen voor plastische chirurgie of borstreconstructies.



Figuur 132: Een stappenplan van hoe een borstprothese gebruikt kan worden om een beha op te vullen.

Door het beschikbaar maken van 3D scans in de lingeriewereld, kunnen deze mensen er actief voor kiezen om geen inlegkussentjes of protheses te gebruiken. Dit is geen verplichting en er kan nog steeds geopteerd worden voor hulpstukken.

Door de toevoeging van een maatoplossing hoeven deze mensen niet langer aan het ideaalbeeld te voldoen.

Privilege

Privilege binnen dit thema kan gezien worden op vlak van maat, kleur en prijs. Gekleurde mensen kunnen moeilijker een neutraal gekleurde beha vinden, die bij de tint van hun huid past. Beha's in neutrale kleuren worden nog steeds te veel gespiegeld aan 'witte' standaarden.

Privilege op vlak van maat wordt aangetoond aan de hand van onderstaande figuren. Hierbij gaat het vooral over het aantal producten dat beschikbaar is op de markt. De meeste winkels hebben een beperkt aanbod, waarbij het scala onder kleine cupmaten groter is dan onder grote cupmaten. Tenminste, als deze al worden aangeboden in winkels.

Bh D75 201 producten **BH G75** 57 producten

Figuur 133: Een vergelijking van assortiment per cupmaat op de website van Hunkemöller

Het aanbieden van een maatoplossing, maakt elke cupmaat, voor wie dan ook, toegankelijk. Een voordeel hiervan is dat er ingezet kan worden op personalisatie wat elke beha een uniek item zou maken.

Het is over het algemeen gekend dat voor een goede, comfortabele beha met een grote cupmaat je meer betaald. De merken die dit soort beha's adverteren zijn meestal ook een heel stuk duurder. Let op, er zijn uitzonderingen. In landen zoals de Verenigde Staten en het Verenigd Koninkrijk is het aanbod van betaalbare beha's groter.

PRIMADONNA MADISON

27,99

Beugelbh

Kleur: Blauw

€ 89,90

Pink Diamond



Maat
B75

[Hulp nodig](#)

95G →

✓ Online op voorraad

Figuur 134: Een vergelijking van prijs afhankelijk van merk en cupmaat

Tijdens het afnemen van mijn diepte-interviews werd dit nogmaals bevestigd. De dames met een grotere cupmaat betaalden gemiddeld meer voor een degelijke beha, dan de dames met een kleine cupmaat. Als men het hebben van een grote cupmaat combineert met een laag inkomen, is het niet altijd mogelijk om een goede beha te kunnen betalen. Opnieuw kan dit leiden tot het kopen van een slechte, maar betaalbare beha wat kan leiden tot gezondheidsrisico's.

Het prijsprobleem speelt een actieve rol in het uitsluiten van mensen met een lager inkomen of mensen die in een moeilijke financiële situatie zitten. 2e hands beha's kopen en dragen is geen oplossing binnen deze probleemstelling omdat materiaal verslijt en uitrekt. Hierdoor verliest de beha zijn steun. Helaas zal binnen deze thematiek, deze thesis geen oplossing kunnen bieden. Maatwerk is over het algemeen aan de duurdere kant. Een ideale oplossing zou een betaalbare beha zijn rond de €50. Het marktonderzoek en diepte-interviews hebben uitgewezen dat velen het overhebben om een degelijke beha te kopen voor deze prijs.

Gender equality

Als we aan beha's denken, is het makkelijk aan te nemen dat dit enkel een vrouwen product is. Als we reflecteren op onze huidige maatschappij, kan er echter geconcludeerd worden dat vrouwen niet de enigen zijn die beha's dragen. Bij het uitwerken van dit onderwerp is er niet specifiek aandacht besteed aan dit thema, maar een maatoplossing zou eventueel ook aan de eisen en wensen van deze subgroepen kunnen voldoen.

Extra onderzoek zou nodig kunnen zijn om deze eisen en wensen beter te begrijpen en meer gerichtere oplossingen te kunnen ontwikkelen. Met toekomstig onderzoek wordt bedoeld de anatomische verschillen tussen vrouwelijke borsten, gereconstrueerde borsten en borsten van transgenders beter te begrijpen. [56] Op die manier kan een anatomisch, correcte constructie van een beha worden gegarandeerd.

Het belangrijkste is, dat in toekomstige beslissingen, transgenders en non-binaire mensen actief worden betrokken om zo een inclusiever beeld te promoten in de lingerie sector.

7.1.1.3. De link met de SDG's

Gezien de inhoud van de verschillende SDG's (sustainable development goals) passen zowel nummer 3 als nummer 5 in het thema van deze thesis.



Figuur 135: DSG nummer 3, met als hoofddoel: 'Good health and well-being'

Het dragen van een beha zou tot ernstige gezondheidsgevolgen kunnen leiden. Door een maatoplossing aan te reiken kunnen deze ernstige gezondheidsgevolgen vermeden worden. Daarmee wordt bijgedragen aan de algemene gezondheid van alle mensen die een beha dragen, onafhankelijk van leeftijd. Verder zou het ook helpen om vrouwen beter in te lichten waar ze op moeten letten tijdens het passen van een beha. Dit zou het percentage dat een foutieve beha maat draagt al omlaag kunnen schroeven.



Figuur 136: DSG nummer 5, met als hoofddoel: 'Gender equality'

Het thema van deze thesis sluit niet noodzakelijk aan bij deze SDG om gelijkheid voor vrouwen te waarborgen, maar eerder om die van degenen te waarborgen die buiten de normale genderrollen vallen. De focus ligt nog te veel op vrouwen. Toegegeven, de afneemmarkt bestaat voor minstens 80% uit vrouwen, maar dat wil niet zeggen dat er niet met anderen rekening gehouden moet worden. Door transgenders en niet-binaire mensen te betrekken, kunnen producenten en ontwerpers ervan bewust gemaakt worden dat deze subgroepen ook eigen eisen en wensen hebben. Op die manier kan de markt zich verder ontwikkelen en een inclusiever beeld nastreven.

Op deze manier zorgt de op bestelling gemaakte, gepersonaliseerde, maatoplossing die ik aanbied ervoor, dat deze subgroepen ook worden opgenomen in de lijst van potentiële dragers, zodat ook deze mensen een beha kunnen vinden die aan hun eisen en wensen voldoet.

7.1.1.4 Conclusie

Een op bestelling gemaakte, gepersonaliseerde maatoplossing zou mogelijk alle bovenstaande problemen oplossen. De beschikbaarheid van het grasshopper algoritme maakt deze oplossing toegankelijk voor iedereen. Daarbij is het doel om evenveel steun te voorzien met een nieuwe, innovatieve ondersteuningsmethode.

Het aanbieden van een maatoplossing heeft enkele troeven:

- In theorie heeft iedereen toegang tot deze oplossing.
- Het voorziet dezelfde steun met een andere ondersteuningsmethode.
- Doordat het een maatoplossing is, is een zeker niveau van personalisatie mogelijk.

Ongelukkigerwijs creëert deze oplossing ook nieuwe problemen:

- In theorie is het toegankelijk voor iedereen, terwijl in werkelijkheid, de mensen die dit niet kunnen betalen hiervan uitgesloten worden.
- De mensen die in de huidige standaard vallen, hebben geen behoefte aan deze maatoplossing.
- Realistisch gezien is het niet mogelijk om een ontwerp uit te werken dat toegankelijk is voor iedereen. Design for all bestaat niet.

Ondanks dat het uitwerken van een algoritmische maatoplossing meer mensen toegang biedt tot een goede beha, kan een hoge prijs voor uitsluiting zorgen op financieel vlak. Dit is dan ook een focuspunt dat in de toekomst opgepakt moet worden. Mits verder onderzoek en een inclusieve visie zou het ontwerp van een betaalbare beha zonder beugel mogelijk moeten zijn.

Om die reden is deze thesis een goede aanzet naar verdere ontwikkelingen.

7.2 Eco-design

Het materiaal waaruit een beha is vervaardigd kan in 2 grote materiaal families worden ingedeeld. Textiel en metaal. De details, zoals sluitingen en verstelingen die in de bandjes zijn terug te vinden, zijn plastic onderdelen en behoren zo bij de kunststof familie. Deze worden buiten beschouwing gelaten omdat deze relatief eenvoudig te recyclen zijn. In geval van goede conditie zouden deze eventueel opnieuw gebruikt kunnen worden.

Door de beugel uit de beha te verwijderen wordt er actief aan dematerialisatie gedaan. Dit zorgt ervoor dat na het afdanken van een beha, een component minder gerecycleerd moet worden. Het gebruik van beugels, zeker als ze van slechte kwaliteit zijn, is ook niet oneindig. Bij het wassen van beha's kan de beugel breken en wordt deze onbruikbaar. Als bijgevolg moet de hele beha de vuilnisbak in.

Het gebruik van borduren voegt enkel materiaal toe dat tot dezelfde materiaalgroep behoort, in dit geval textiel. Garen worden weliswaar anders geproduceerd, maar de basis grondstof is het hetzelfde, nl vezels. Deze kunnen zowel natuurlijk als synthetisch zijn. In het geval van een beha, zullen deze eerder een synthetische basis grondstof hebben.

In tegenstelling tot bij beugels heeft het wasproces minder effect op de levensduur van borduursel. Dit is ook terug te lezen in hoofdstuk 5.

Om de exact impact van een materiaalwissel te onderzoeken kan er beroep worden gedaan op LCA (life cycle analysis) en andere ecologische onderzoeksmethodes. Aangezien de scope van deze thesis zich meer focuste op het technisch uit ontwikkelen van een algoritmisch framework werd hier nog geen directe aandacht aan besteed.

Wel kan geconcludeerd worden dat dematerialisatie ervoor zorgt dat een materiaalgroep uit het design wegvalt.

08

TOEKOMST

8.1 Reflectie
8.2 Future works

Het onderwerp voor deze thesis is voorgekomen uit persoonlijke frustratie en de overtuiging dat ik niet de enige was die hier mee zat. Dit is dan ook bevestigd door de marktanalyse die ik in het begin van mijn onderzoekfase heb uitgevoerd. Ik vond het opvallend hoeveel vrouwen een eigen mening hadden over het ongemak dat ze met hun beha's ervaren. Het geeft dan ook een voldaan gevoel om te weten dat ik met deze thesis een verschil zou kunnen maken.

Het resultaat dat binnen deze thesis is bereikt is één oplossing voor de onderzoeksvraag. Ik ben er dan ook van overtuigd dat hiermee een eerste baby stap is gezet naar verdere ontwikkelingen. Het afleveren van een prototype laat ook zien dat het idee effectief uitvoerbaar is en dat er meer mogelijkheden zijn om steun te bieden in een beha. Om tot dat resultaat te komen volgde de ene uitdaging de andere op. Voor mij persoonlijk was het uitwerken van een grasshopper algoritme de grootste uitdaging. Dit omdat generatief ontwerp relatief nieuw is en de mogelijkheden oneindig zijn. Het is heel makkelijk om dan te ver te gaan. Toch heb ik in combinatie met de uitgewerkte digitale flow mijn doel bereikt.

Als ik deze thesis opnieuw zou doen, zou ik een bredere blik op diversiteit willen gebruiken. Binnen het thema beha's is het heel makkelijk in het standaard stramien van enkel vrouwen terug te vallen wat de doelgroep aangaat. Ik besepte ook bij het uitvoeren van bepaalde fases in deze thesis dat ik er vaak vanuit ging dat enkel vrouwen mijn oplossing zouden dragen. Inzetten op een breder publiek en hierbij transgenders en non-binaire mensen betrekken zou tot heel andere interessante resultaten kunnen leiden. Ook omdat borsten van vrouwen en transgenders anatomisch sterk verschillen.

Ook zou ik proberen het onderwerp objectiever aan te pakken. Aangezien dit thema voort komt uit persoonlijke frustraties waren er aannames en vooroordelen die ik meenam in het uitwerken van enquêtes en diepte-interviews. Mogelijks heb ik daarmee het onderzoek een bepaalde richting op gestuurd wat resulteerde in het uiteindelijke resultaat. Een diepere kennisvergaring binnen de textiel- en lingerie industrie zou in de toekomst misschien voor andere resultaten zorgen. Wel kan ik met trots zeggen dat ik dit een mooie afsluiter vind van mijn Master in de industriële wetenschappen: industrieel ontwerp.

8.2

Future works

Om het huidige productieproces van beugels te evenaren, moet er op vlak van optimalisatie en innovatie nog heel wat gebeuren. De resultaten die binnen deze thesis behaald zijn kunnen gezien worden als een baby stap naar verdere mogelijkheden. Deze resultaten zijn slechts een eerste iteratie. Verdere ontwikkelingen kunnen op 3 verschillende vlakken besproken worden.

Technologie

Vezel versterkt printen biedt momenteel voornamelijk veelbelovende resultaten als het zich handelt om een relatief eenvoudige geometrie. Zoals in hoofdstuk 3 is besproken heeft de printer moeilijkheden de stijve vezel correct in sterke krommingen te leggen. Een optie die hierin te onderzoeken is, is een herontwikkeling of optimalisatie van de printkop of de printer. Hierbij is het belangrijk te weten welke mechanische eigenschappen het materiaal na het printen zeker moet hebben en dit als uitgangsparameters te gebruiken.

Verder is ook 3D printen op textiel een interessante piste met veel potentieel, die verdere tests nodig heeft. De moeilijkheid binnen deze techniek bestaat uit de verschillende parameters zowel van het filament als van het textiel. Het zou mogelijk moeten zijn om een filament te ontwikkelen, specifiek om op verschillende soorten textiel toe te passen. Een bedrijf dat hier momenteel al mee bezig is, is Stratasys, echter wordt hierbij nog steeds meer op esthetische details gefocust i.p.v. op mechanisch versterkende eigenschappen.

Optimalisatie

Optimalisatie binnen dit thema zou vooral op machinaal en digitaal werkvlak kunnen gebeuren. De borduurmachine die voor het prototype werd gebruikt kan op geen vlak hoge productievolumes aan en is eerder geschikt om versiering en details aan te brengen. Er is al geprobeerd om met deze techniek de mechanische eigenschappen van het textiel te verhogen.

Verschillende denk pistes dienen zich aan als men naar optimalisatie van de borduurmachine gaat kijken. Voor klein oplages zou zeker een optimalisatie naar steeksnelheid mogen gebeuren. Een eventuele opschaling naar industrieel borduren zou ook extra mogelijkheden bieden. Alleen mag niet vergeten worden dat het gebruik van borduren, op hoge industriële snelheid of als detailwerk, altijd tijdsintensiever is dan het niet gebruiken van deze machines. De toegevoegde waarde van deze techniek zal daarom bij elke toepassing afgewogen moeten worden.

Een tweede denk piste is een koppeling tussen de borduurmachine en Rhino met de plug-in Grasshopper om zo de machine algoritmisch aan te sturen. Dit zou uitgewerkt kunnen worden door studenten of vakmensen uit de machine- en productieautomatisering.

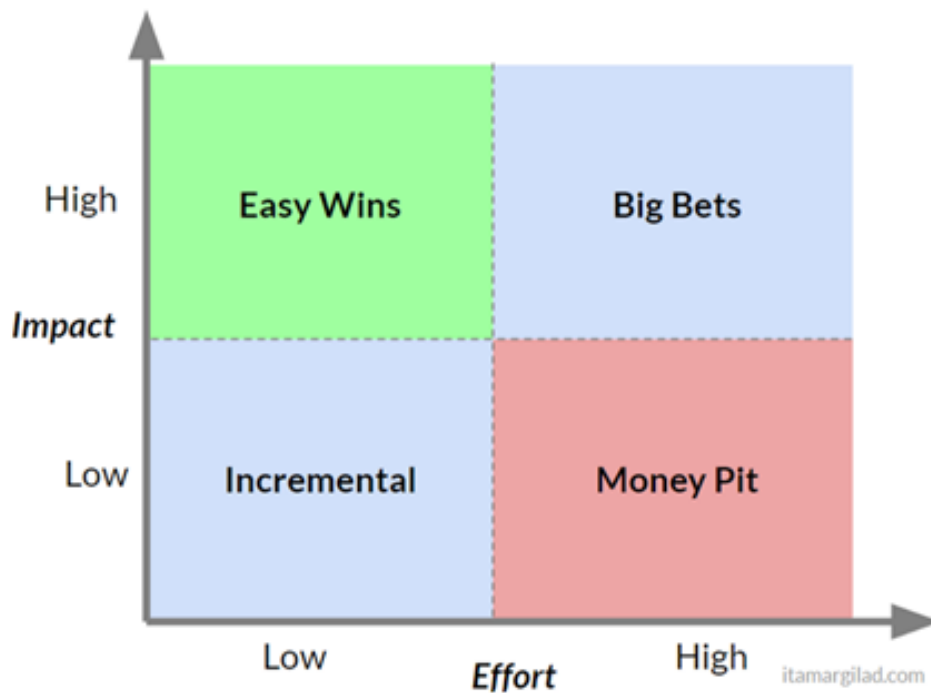
Een derde denk piste focust op de digitale workflow die ontstaat door het gebruik van verschillende CAD-pakketten in combinatie met 3D scannen. Weinig CAD-pakketten kunnen onderling communiceren zonder data te verliezen. Een STEP file maakt die onderlinge communicatie mogelijk, maar verliest nog steeds enige kennis over de geometrie. Een afstemming tussen verschillende CAD-pakketten die veel gecombineerd gebruikt worden, is gewenst.

Economie - Financieel

De huidige productie van beugels en beha's is nog niet te vervangen door het resultaat uit deze thesis. Dit door het lage niveau van industrialisering, het gebruik van handwerk en de lange machine- en uitwerkingstijden. Toch mag de productie van het prototype niet volledig vergeleken worden met de commerciële beha, aangezien het principe van het prototype vooral gefocust is op het aanbieden van een maatoplossing en niet op massa productie.

Het focuspunt van de thesis lag vooral op de technische uitwerking van een algoritmisch framework en minder op het economisch winstmodel. In verdere stappen zal er concreet naar productiekosten en een eventueel businessmodel gekeken moeten worden. Ook is het belangrijk om de markt haalbaarheid te onderzoeken.

Een eerste stap hierin kan de toepassing van een effort/impact matrix zijn. Dit om te kijken hoeveel tijd, energie, risico en geld je maximaal in de nieuwe ondersteuningsmethode wilt steken om er een maximale impact uit te halen. [57] Zo kan ook heel goed gekeken worden waar een toegevoegde waarde zit.



Figuur 137: Een voorstelling van een effort/impact matrix.

09

REFERENTIES

- [1] S. Reusens, *Borsten*. Antwerpen: Book & Media Publishing, 2008.
- [2] B. Fontanel, *Support and seduction: History of corsets and bras*. New York: Harry N. Abrams, Inc., 1997.
- [3] Glamourdaze, "A Brief History of the Bra - Youtube," Sep. 08, 2019. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=L14kpCewSNc>. [Accessed: May 22, 2022]
- [4] D. Crandall, "100 Years of Brassieres: The Historical Evolution of the Bra - InsideHook," *Inside Hook*, Apr. 26, 2018. [Online]. Available: <https://www.insidehook.com/article/history/100-years-brassieres-inside-historical-evolution-bra>. [Accessed: May 22, 2022]
- [5] "A Brief History of the Bra - 1910 to the 1990's," *Glamour Daze*, Mar. 06, 2013. [Online]. Available: <https://glamourdaze.com/2013/03/a-brief-history-of-the-bra.html>. [Accessed: May 22, 2022]
- [6] D. Black, "A history of the bra," *Laid Bare*, Sep. 13, 2020. [Online]. Available: <https://www.bonandberg.com/post/history-of-the-bra>. [Accessed: May 22, 2022]
- [7] Shalini, "History Of Bra: Origin, Evolution, And Why Women Wear It," *Postoast*, Oct. 05, 2018. [Online]. Available: <https://www.postoast.com/history-of-bra/>. [Accessed: May 22, 2022]
- [8] E. A. Pechter, "A new method for determining bra size and predicting postaugmentation breast size," *Plastic and Reconstructive Surgery*, vol. 102, no. 4, 1998, doi: 10.1097/00006534-199809040-00056.
- [9] K. Wood, M. Cameron, and K. Fitzgerald, "Breast size, bra fit and thoracic pain in young women: A correlational study," *Chiropractic and Osteopathy*, vol. 16, 2008, doi: 10.1186/1746-1340-16-1.
- [10] A. Perling and C. Colizza, "Are 8 Out of 10 Women Really Wearing the Wrong Bra Size?," *The New York Times*, Jul. 10, 2019 [Online]. Available: <https://www.nytimes.com/2019/07/10/style/lingerie-are-8-out-of-10-women-really-wearing-the-wrong-bra-size-a-bra-myth-busted.html>. [Accessed: Apr. 20, 2022]
- [11] J. Scurr, W. Hedger, P. Morris, and N. Brown, "The prevalence, severity, and impact of breast pain in the general population," *Breast Journal*, vol. 20, no. 5, 2014, doi: 10.1111/tbj.12305.
- [12] S. Danquah, "Wrong bra size can lead to many health problems, women told," *Ghana New Agency*, Oct. 18, 2021. [Online]. Available: <https://www.gna.org.gh/1.21227931>. [Accessed: Apr. 20, 2022]
- [13] J. Wakefield-Scurr, "Wearing an ill-fitting bra isn't just uncomfortable, it's bad for your health," *The Conversation*, Aug. 15, 2018. [Online]. Available: <https://theconversation.com/wearing-an-ill-fitting-bra-isnt-just-uncomfortable-its-bad-for-your-health-100292>. [Accessed: Apr. 20, 2022]
- [14] Amy, "7 bijwerkingen van het dragen van de verkeerde bh-maat," *Mooi Verouderen*. [Online]. Available: <https://www.mooiverouderen.com/7-bijwerkingen-van-het-dragen-van-de-verkeerde-bh-maat/>. [Accessed: Apr. 20, 2022]
- [15] H. A. Mentz, A. Ruiz-Razura, and L. A. Miniel, "Correction of the bra strap shoulder groove deformity in women," *Plastic and Reconstructive Surgery*, vol. 120, no. 7. 2007.
- [16] Dr. B. Vermeulen, "Plastische heelkunde: Borstassymetrie," *ZOL*, 2018. [Online]. Available: <https://www.zol.be/plastische-heelkunde/ingrepen/borst/borstasymetrie-ongelijke-borsten>. [Accessed: Apr. 25, 2022]
- [17] W. Yu, J. Fan, S. P. Ng, and S. Harlock, *Innovation and Technology of Women's Intimate Apparel*. 2006.
- [18] K. J. Heffernan, "Design Thinking 101 — The Double Diamond Approach (Part II of II)," *Medium*, Aug. 21, 2019. [Online]. Available: <https://medium.com/seek-blog/design-thinking-101-the-double-diamond-approach-ii-4c0ce62f64c7>. [Accessed: Apr. 17, 2022]
- [19] "Design Methods Step 1: Discover," *Design Council*, Mar. 18, 2015. [Online]. Available: <https://www.designcouncil.org.uk/news-opinion/design-methods-step-1-discover>. [Accessed: Apr. 17, 2022]

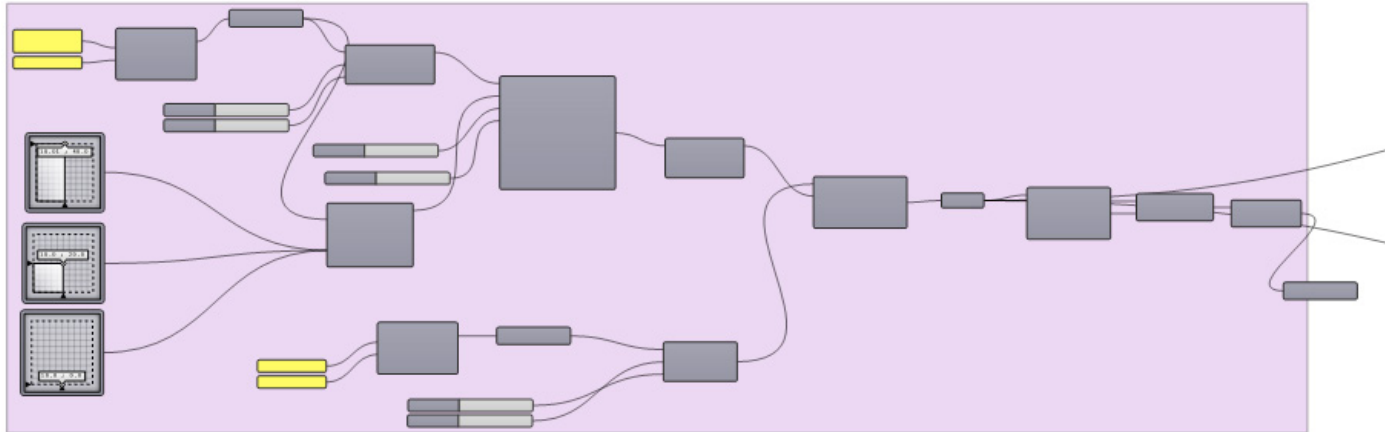
- [20] "Design Methods Step 2: Define," Design Council, Mar. 18, 2015. [Online]. Available: <https://www.designcouncil.org.uk/news-opinion/design-methods-step-2-define>. [Accessed: Apr. 17, 2022]
- [21] "Design Methods Step 3: Develop," Design Council, Mar. 18, 2015. [Online]. Available: <https://www.designcouncil.org.uk/news-opinion/design-methods-step-3-develop>. [Accessed: Apr. 17, 2022]
- [22] "What is the framework for innovation? Design Council's evolved Double Diamond," Design Council, Oct. 29, 2019. [Online]. Available: <https://www.designcouncil.org.uk/news-opinion/what-framework-innovation-design-councils-evolved-double-diamond>. [Accessed: May 07, 2022]
- [23] "Design Methods Step 4: Deliver," Design Council, Mar. 18, 2015. [Online]. Available: <https://www.designcouncil.org.uk/news-opinion/design-methods-step-4-deliver>. [Accessed: Apr. 17, 2022]
- [24] "Belangrijke data," Van de Velde, 2022. [Online]. Available: <https://www.vandevelde.eu/nl/over-van-de-velde/belangrijke-data>. [Accessed: Apr. 28, 2022]
- [25] R. Motmans, "Machinerichtlijn en ergonomie," Ergonomie Site, Aug. 05, 2019. [Online]. Available: <https://www.ergonomiesite.be/machinerichtlijn-en-ergonomie/>. [Accessed: Apr. 23, 2022]
- [26] P. R. Q. D. E. SANTO et al., "Breast region measurements: direct or indirect anthropometry?," *Revista Brasileira de Cirurgia Plástica (RBCP) – Brazilian Journal of Plastic Surgery*, vol. 35, no. 3, 2020, doi: 10.5935/2177-1235.2020rbcp0048.
- [27] D. K. Avşar, A. C. Aygıt, E. Benlier, H. Top, and O. Taşkinalp, "Anthropometric breast measurement: A study of 385 Turkish female students," *Aesthetic Surgery Journal*, vol. 30, no. 1, 2010, doi: 10.1177/1090820X09358078.
- [28] C. E. Coltman, J. R. Steele, and D. E. McGhee, "Breast volume is affected by body mass index but not age," *Ergonomics*, vol. 60, no. 11, 2017, doi: 10.1080/00140139.2017.1330968.
- [29] R. Motmans, "Kledingmaten," Ergonomie Site, Sep. 17, 2017. [Online]. Available: <https://www.ergonomiesite.be/kledingmaten/>. [Accessed: Apr. 24, 2022]
- [30] C. Tsaousi and J. Brewis, "Are you feeling special today? Underwear and the 'fashioning' of female identity," *Culture and Organization*, vol. 19, no. 1, 2013, doi: 10.1080/14759551.2011.634196.
- [31] "Ari van Twillert – Wear the story." [Online]. Available: <https://www.arivantwillert.com/>. [Accessed: May 22, 2022]
- [32] "Curvearis – Ari van Twillert." [Online]. Available: <https://www.arivantwillert.com/curvearis/>. [Accessed: May 22, 2022]
- [33] "Arkai – The Perfect Fit®." [Online]. Available: <https://www.arkai.be/>. [Accessed: May 22, 2022]
- [34] "Ontwerp voor geavanceerde productiemethodes en-omgevingen (E630110)," 2020.
- [35] S. Kavitha, "Process and Making of Lingerie Underwires," *Fibre2Fashion.com*. [Online]. Available: <https://www.fibre2fashion.com/industry-article/6250/process-and-making>. [Accessed: Apr. 25, 2022]
- [36] H. Mason and G. Gardiner, "3D printing with continuous fiber: A landscape," *CompositesWorld*, Oct. 15, 2020. [Online]. Available: <https://www.compositesworld.com/articles/3d-printing-with-continuous-fiber-a-landscape>. [Accessed: Apr. 26, 2022]
- [37] "Composite Base," Jan. 2022 [Online]. Available: <https://www-objects.markforged.com/craft/materials/CompositesV5.2.pdf>. [Accessed: Apr. 28, 2022]
- [38] A. Zelazko, "Natural Fibre," *Britannica*. [Online]. Available: <https://www.britannica.com/topic/natural-fiber>. [Accessed: May 05, 2022]
- [39] M. Gorlachova and B. Mahltig, "3D-printing on textiles – an investigation on adhesion properties of the produced composite materials," *Journal of Polymer Research*, vol. 28, no. 6, 2021, doi:

- 10.1007/s10965-021-02567-1.
- [40] "Technical Data Sheet - Ultrafuse PLA," Nov. 2020 [Online]. Available: www.basf-3dps.com
- [41] E. Pei, J. Shen, and J. Watling, "Direct 3D printing of polymers onto textiles: Experimental studies and applications," *Rapid Prototyping Journal*, vol. 21, no. 5, 2015, doi: 10.1108/RPJ-09-2014-0126.
- [42] K. Deleersnyder, "Fachartikel 3D-Druck Auf Textilien," *Textilplus*, no. 07, pp. 23–25, 2015.
- [43] Core Electronics, "How to 3D Print Onto Fabrics | Tips and Tricks - YouTube," Jan. 07, 2021. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=tC69JVKeTMM>. [Accessed: May 08, 2022]
- [44] Sew Printed, "5 Ways to 3D Print Fabric | Experimenting with 3D Printed Textiles - YouTube," Nov. 08, 2020. [Online]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=BW_l6PvyC3c. [Accessed: May 08, 2022]
- [45] L. Sabantina, F. Kinzel, A. Ehrmann, and K. Finsterbusch, "Combining 3D printed forms with textile structures - Mechanical and geometrical properties of multi-material systems," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2015, vol. 87, no. 1, doi: 10.1088/1757-899X/87/1/012005.
- [46] B. Vuylsteke, "3D printing on Textiles - YouTube," Nov. 05, 2018. [Online]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=ZPN_YQEfCRU. [Accessed: May 08, 2022]
- [47] "Technical Data Sheet - Ultrafuse TPC 45D," Mar. 2020 [Online]. Available: www.basf-3dps.com
- [48] "Technical Data Sheet - Ultrafuse TPU 95A," Jan. 2021 [Online]. Available: www.forward-am.com
- [49] V. Mecnika, M. Hoerr, I. Krievins, S. Jockenhoevel, and T. Gries, "Technical Embroidery for Smart Textiles: Review," *Materials Science. Textile and Clothing Technology*, vol. 9, 2015, doi: 10.7250/mstct.2014.009.
- [50] M. A. Self and M. M. Nasr, "The influence of embroidery stitches on the properties of textile fabrics," *Textile Asia*, vol. 43, no. 9, 2012.
- [51] V. Daukantienė and K. Mikelionytė, "Investigation of the influence of technology parameters and thread type on embroidered textile element quality," *Autex Research Journal*, vol. 20, no. 4, 2020, doi: 10.2478/aut-2019-0046.
- [52] Frank Nutt Sewing Machines, "Getting started with your new Brother VR - YouTube," May 03, 2021. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=m9k8n9sThTw>. [Accessed: May 08, 2022]
- [53] "PE-Design 10 - gebruiksaanwijzing" [Online]. Available: <http://www.brother.com/>
- [54] Neter cadx, "Learning Rhino---Curves from Meshes - YouTube," Mar. 21, 2014. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=GHIbDT3sWSU>. [Accessed: May 09, 2022]
- [55] O. Rysman, *Geavanceerde CAD theorie*. 2020.
- [56] F. Wilhelmus Timmermans, S. Elisabeth Mokken, B. Scheffers, M. B. Bouman, M. Mullender, and T. van de Grift, "An anthropometric evaluation of the augmented breast: differences between cis- and transgender women and possible clinical implications," *European Journal of Plastic Surgery*, vol. 44, no. 5, pp. 631–639, Oct. 2021, doi: 10.1007/s00238-021-01856-8.
- [57] Bureau Tromp, "Hoe prioriteer je verbeterideeën?" [Online]. Available: <https://bureautromp.nl/prioriteren-verbeterideeën-effort-impact-matrix/>. [Accessed: May 22, 2022]

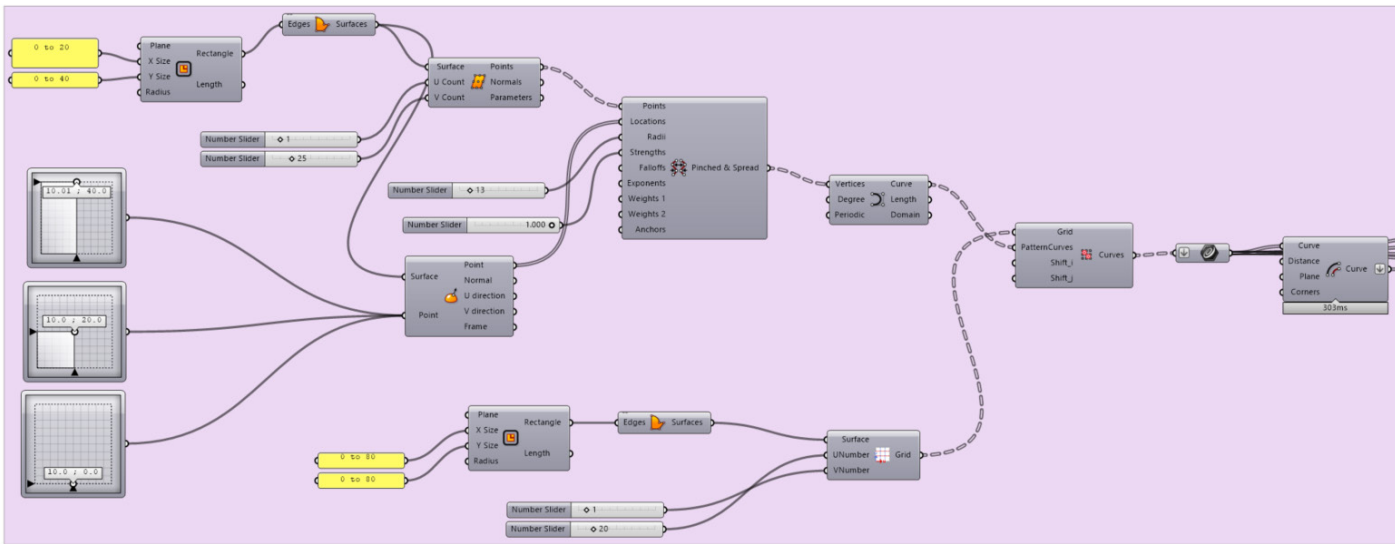
10 APPENDIX

GRASSHOPPER CODES

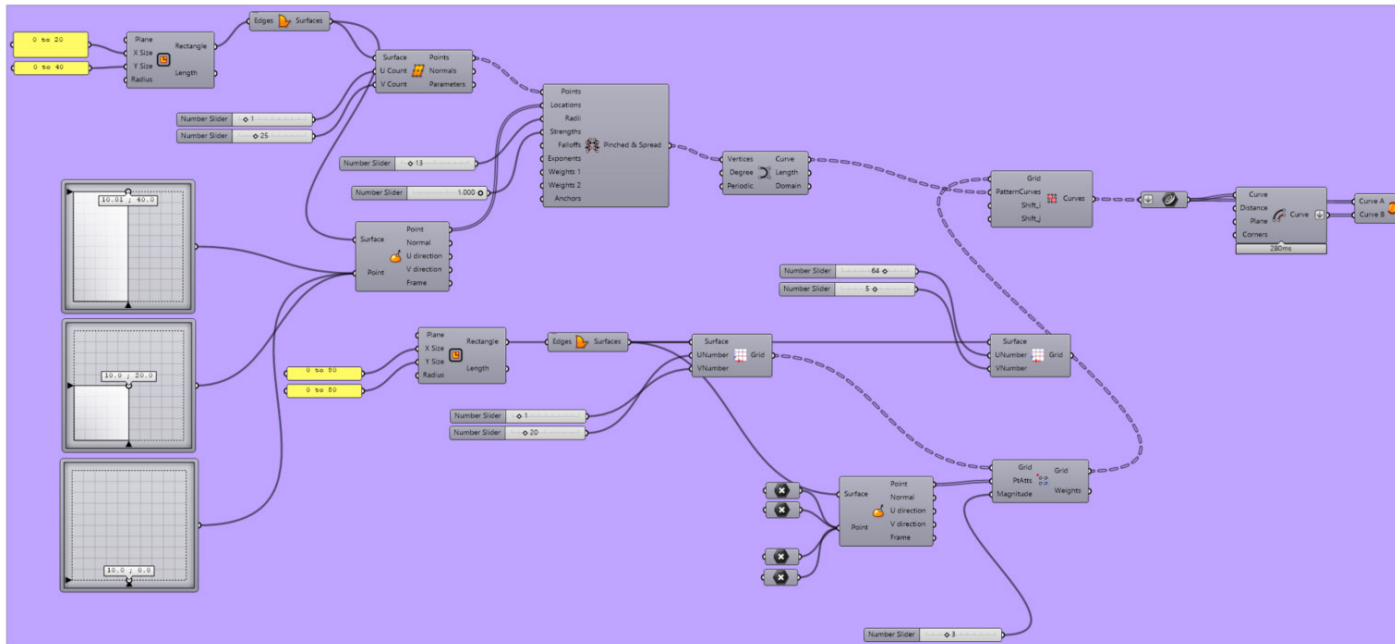
Patroon 1

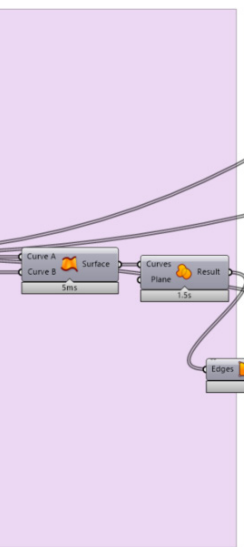
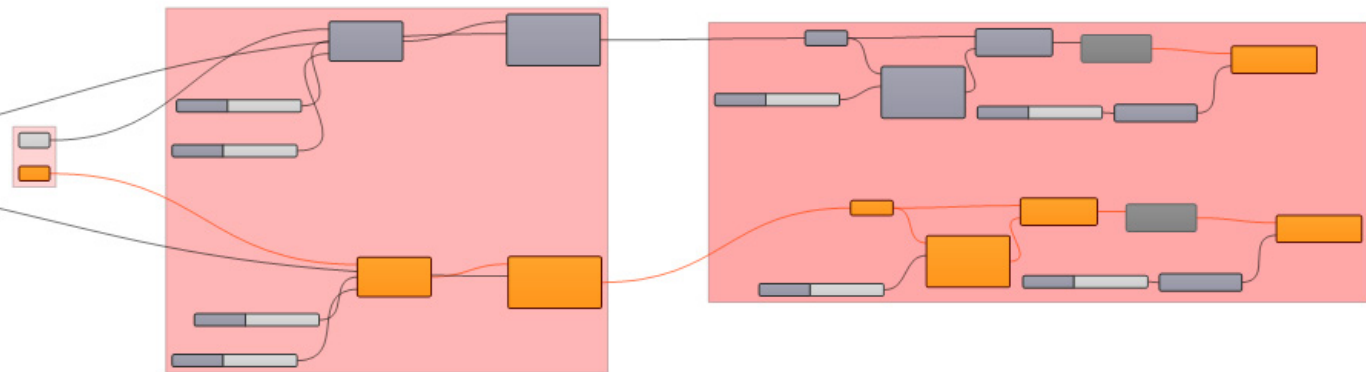


Patroon 1



Patroon 1.1





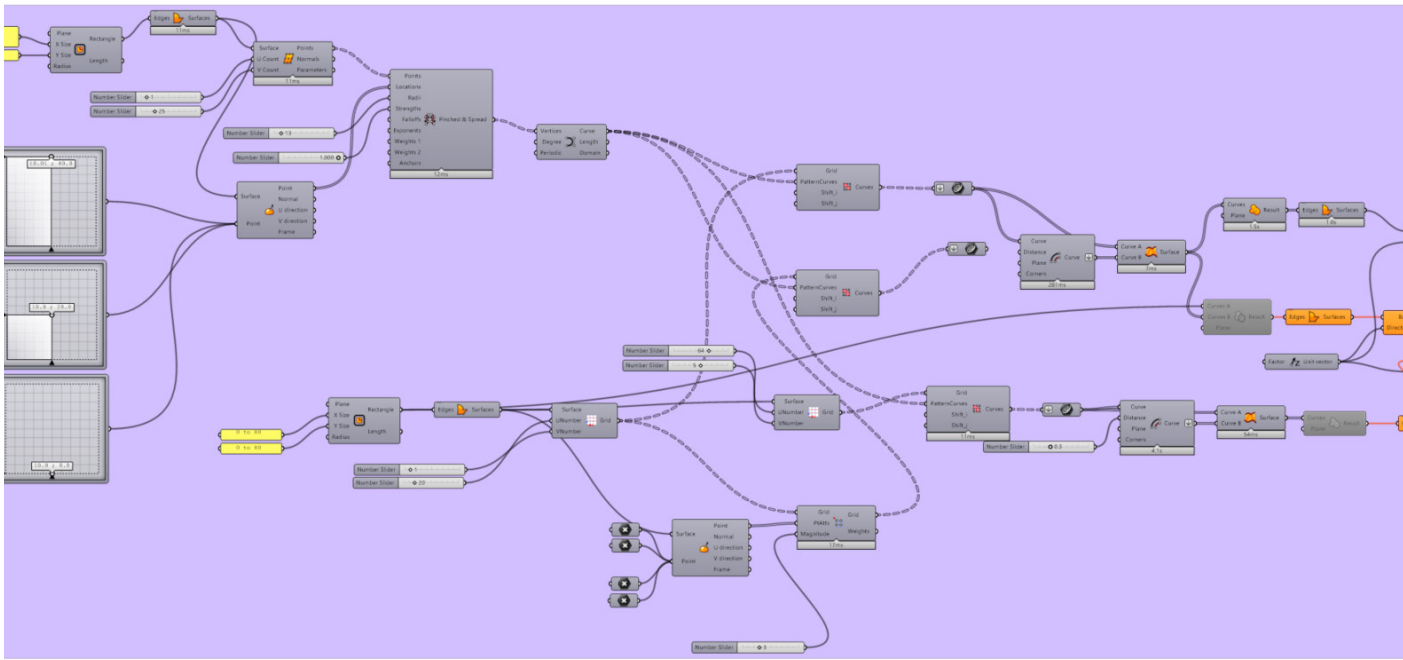
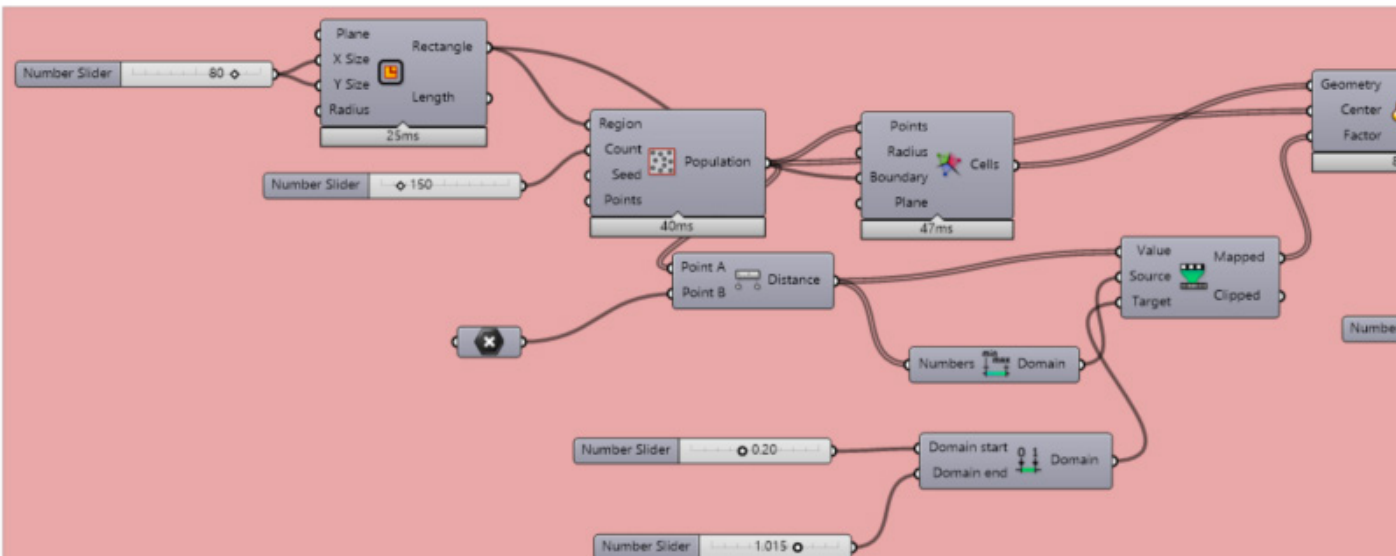
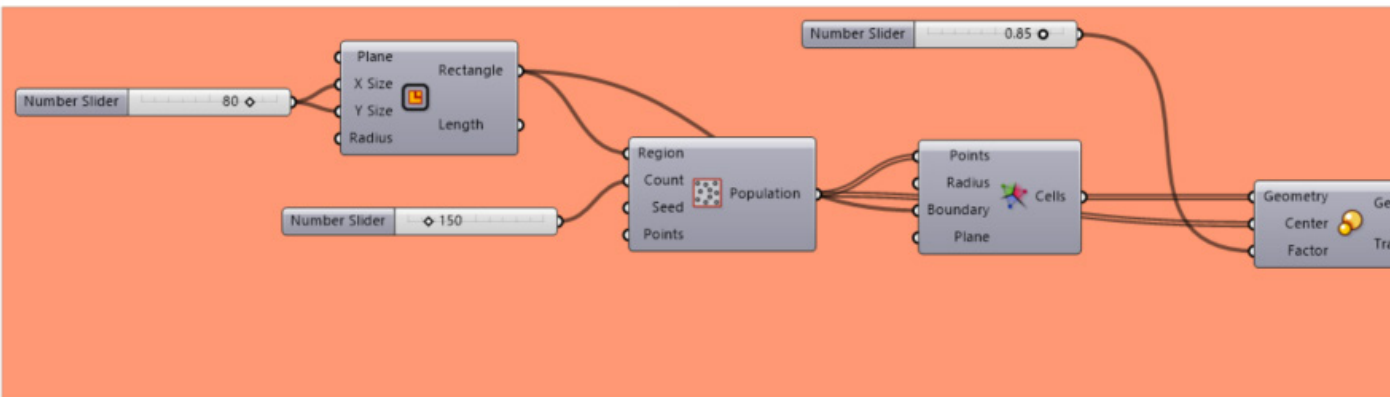
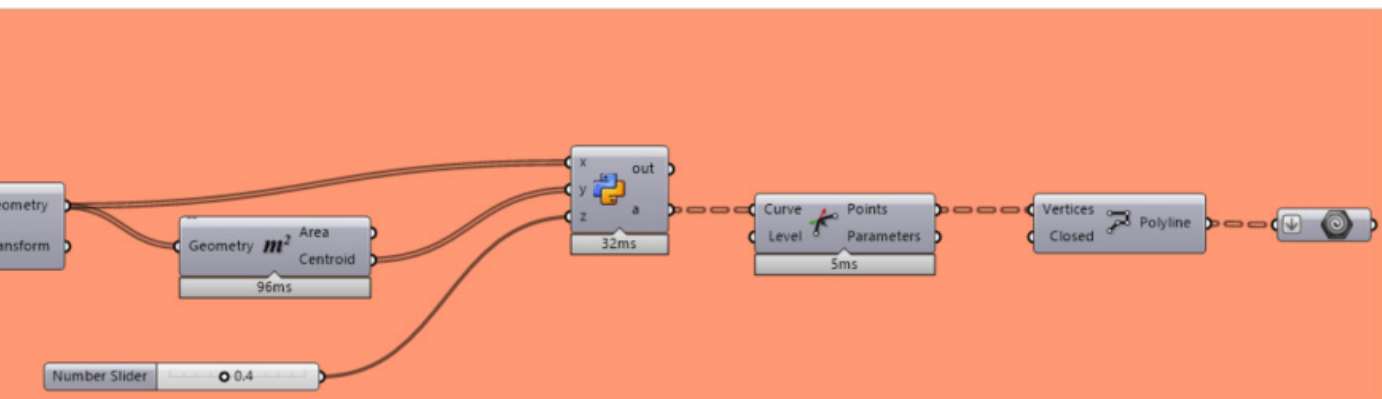
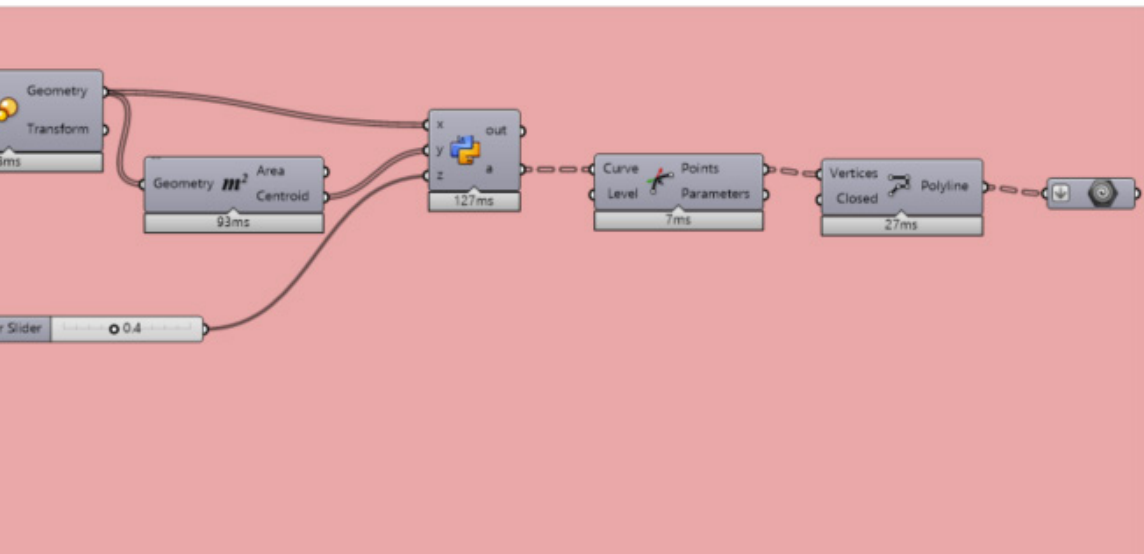
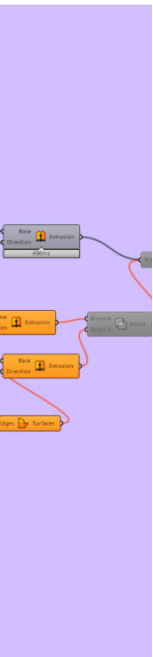


FIGURE 2

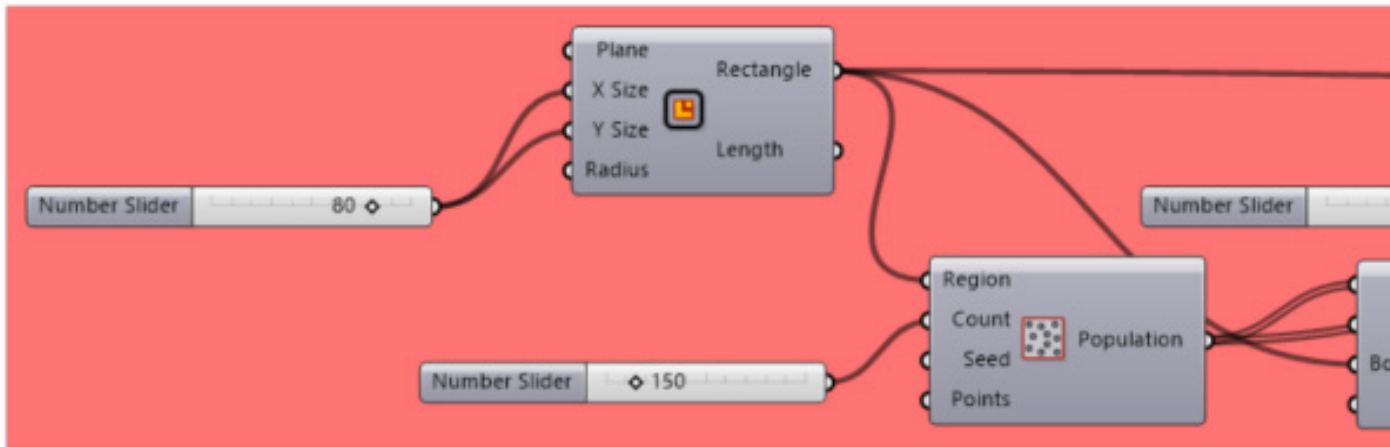


Patron 2.1

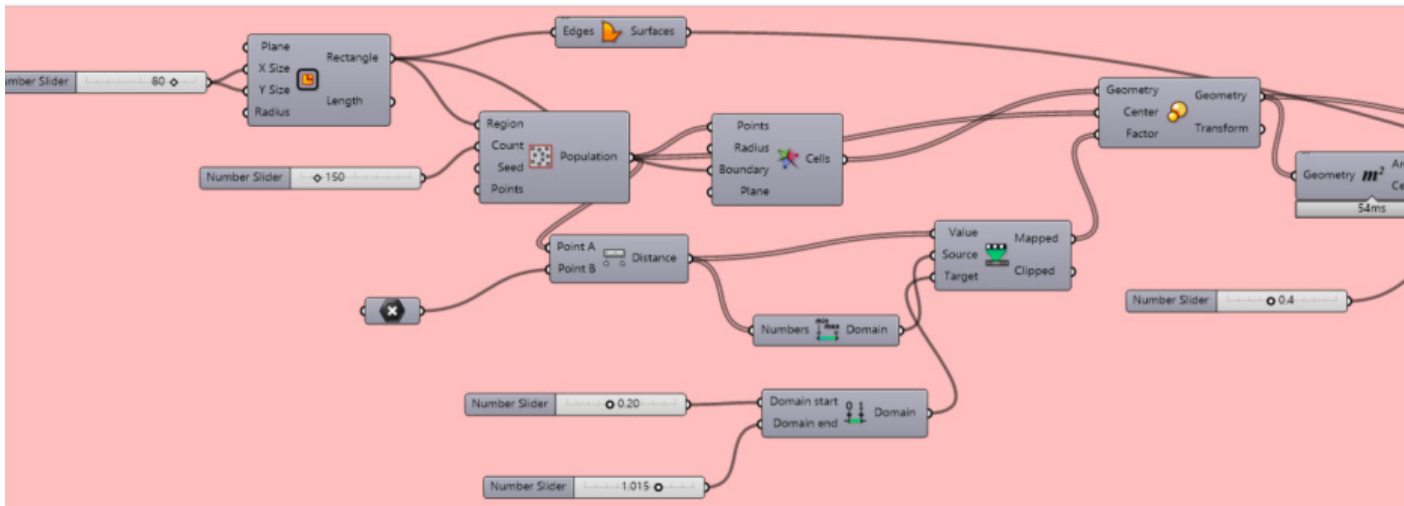




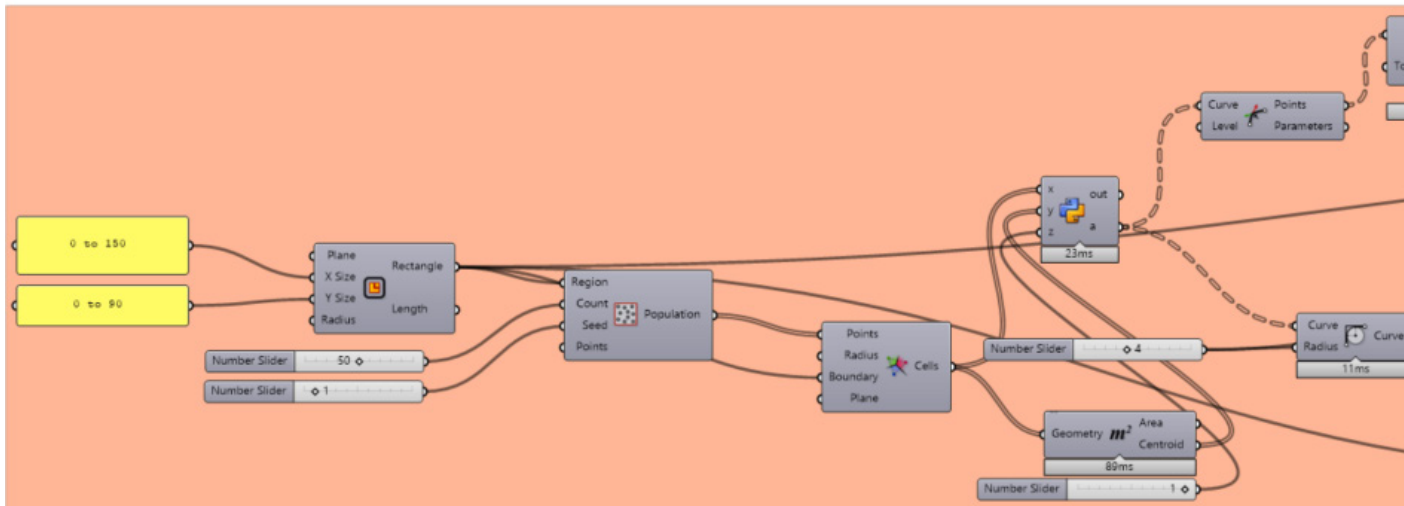
Patroon 3

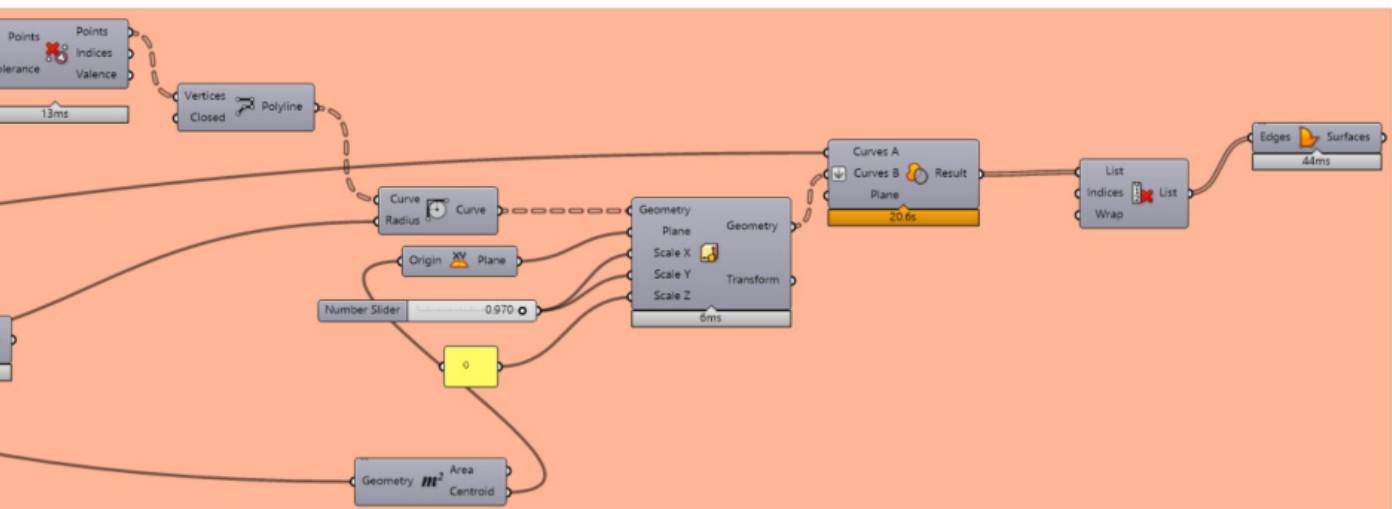
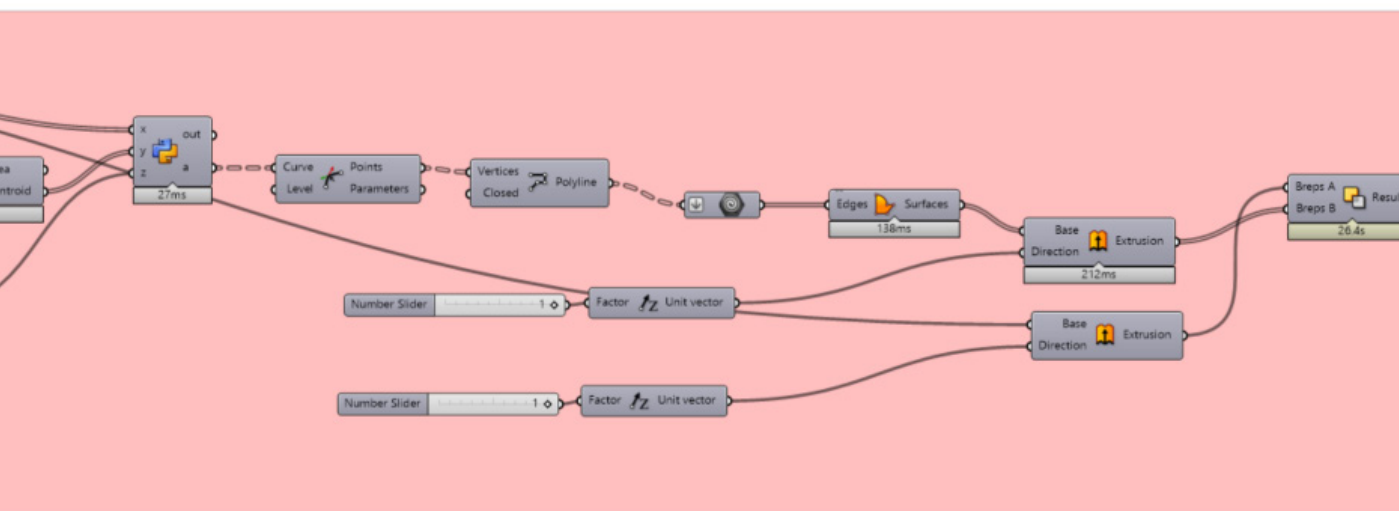
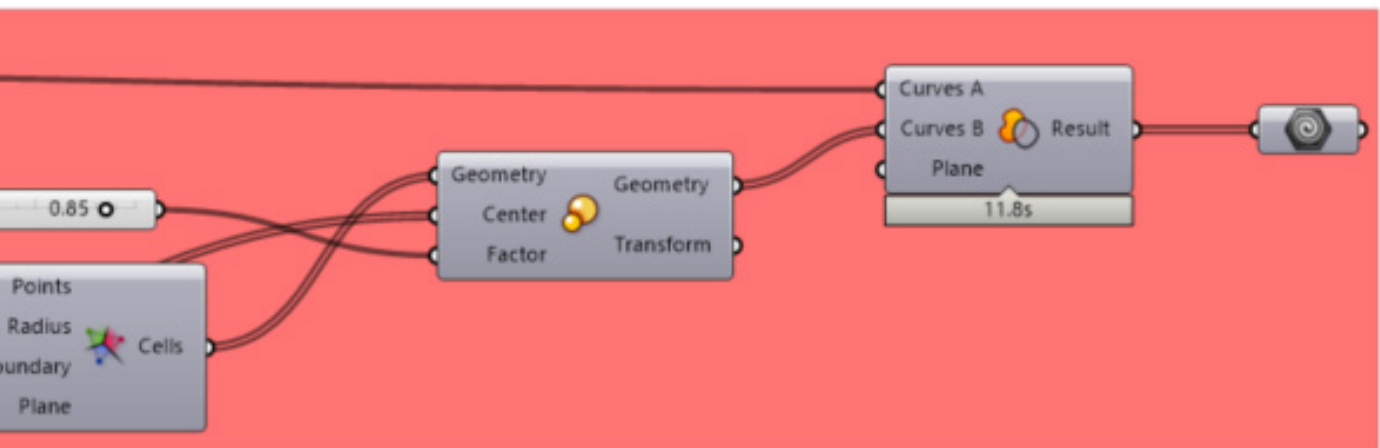


Patroon 3.1



Patroon 3.2





Marktonderzoek Masterproef

Hello everyone,

My name is Eline and as part of my master's thesis 'Re-design of a traditional underwire', in collaboration with Van de Velde (<https://www.vandevelde.eu/nl>), I am researching the traditional underwire bra. To get a first idea of the market and possible problems with the traditional underwire bra, I have drawn up the survey below.

This can be completed completely anonymously and takes no longer than 5 minutes! (Timed my own time and it came down to 2:57minutes!)

For any questions about my Master's thesis, other questions regarding the underwire bra or the interest in a personal conversation about this particular topic, do not hesitate to contact me. Please send an e-mail to: eline.voskuilen@ugent.be

Thank you very much in advance for helping with my research.

***Vereist**

Ga naar vraag 1 Ga naar vraag 1

Questionnaire

1. With what gender do you identify *

Markeer slechts één ovaal.

- Female
- Male
- X
- Other

2. How old are you? *

3. Which bra size do you wear? *

4. In Belgium the average bra cup size is C. In the Netherlands and Germany the average cup size is a D. Did you expect this?

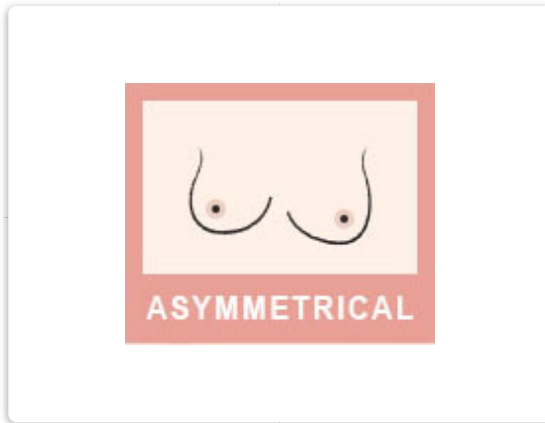
Markeer slechts één ovaal.

Yes

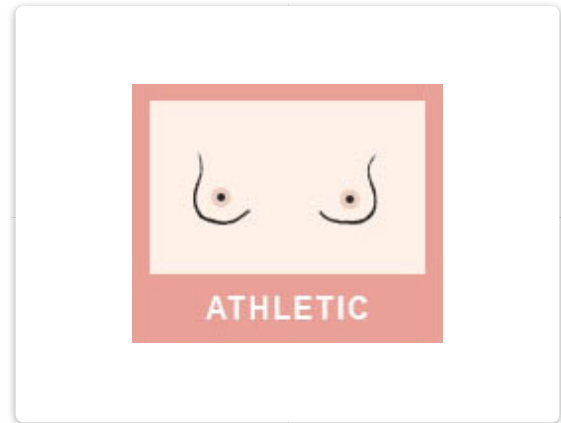
No

5. What shape breasts do you think you have?

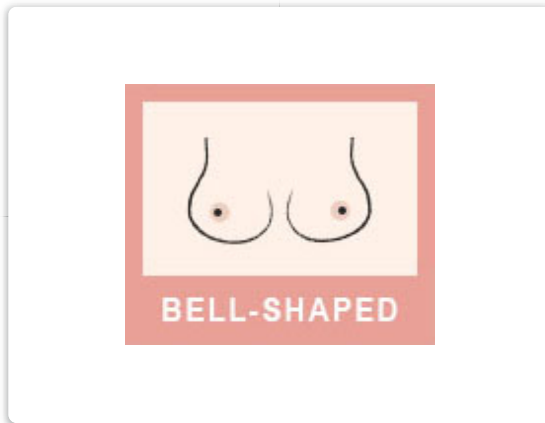
Vink alle toepasselijke opties aan.



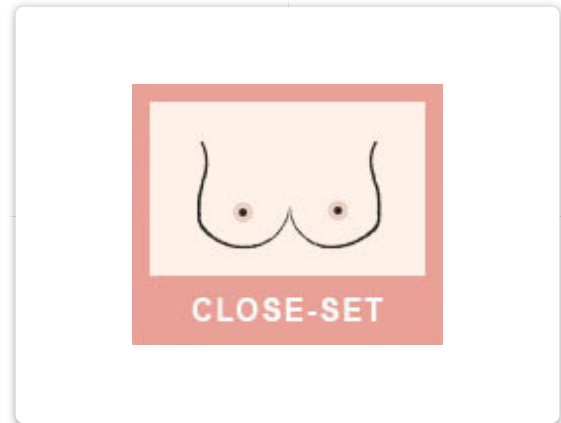
Asymmetrical



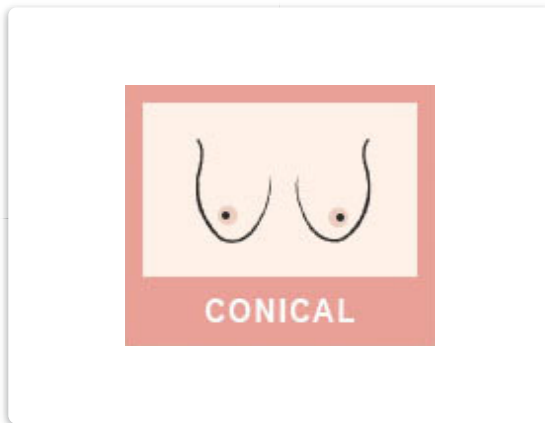
Athletic



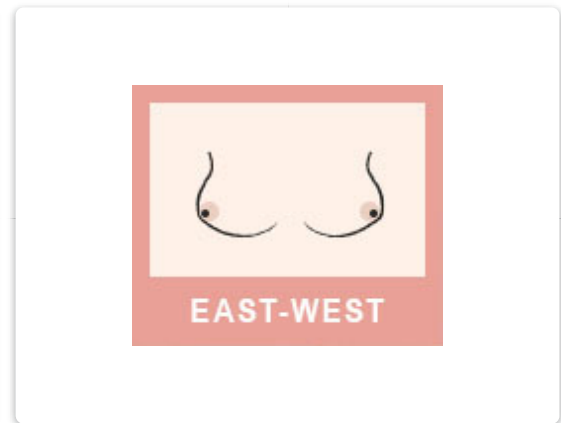
Bell-shaped



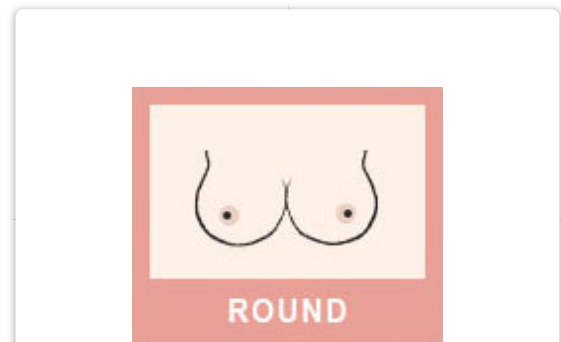
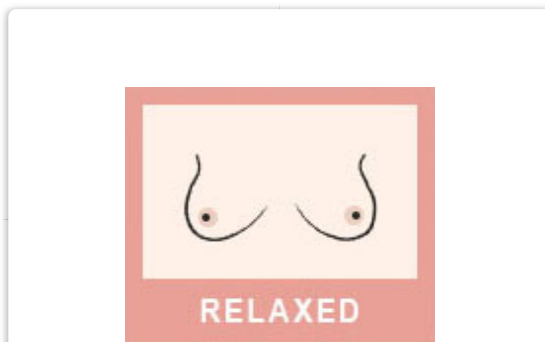
Close-set


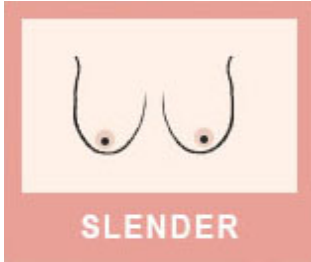



Conical



East-west



<input type="checkbox"/> Relaxed	<input type="checkbox"/> Round
	
<input type="checkbox"/> Side/wide-set	<input type="checkbox"/> Slender
	
<input type="checkbox"/> Teardrop	

6. Have you ever worn or do you wear an underwire bra?

Markeer slechts één ovaal.

- Ja
 Nee

7. How often do you wear an underwire bra?

Markeer slechts één ovaal.

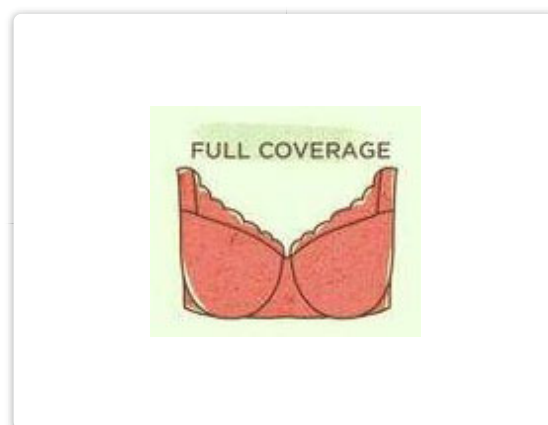
	1	2	3	4	5	
Every day	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Never

8. Which model underwire bra do you wear most often?

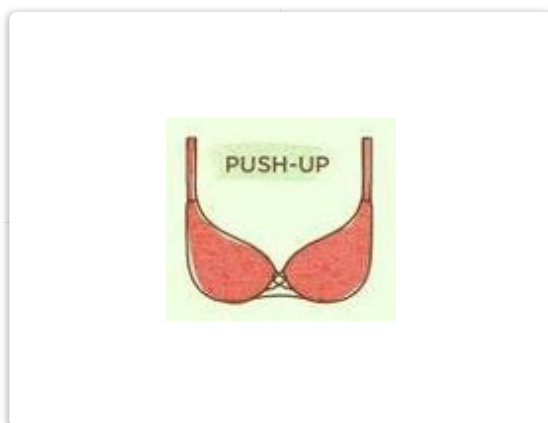
Markeer slechts één ovaal.



Balconette



Full Coverage



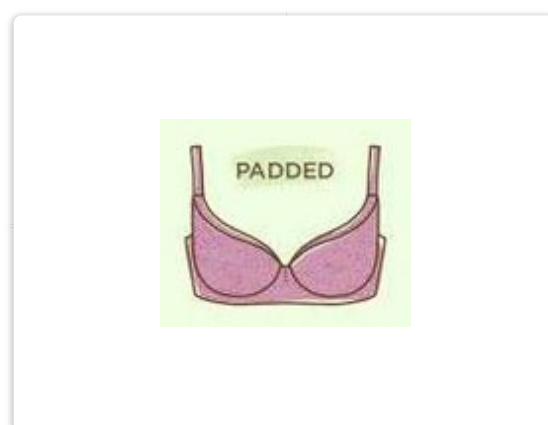
Push up



Plunge



T-Shirt



Padded

9. Do you wear an alternative to a traditional underwire bra? (wireless bra, bandeau, sports bra, no bra, ...)

Markeer slechts één ovaal.

- Yes
 No
 Sometimes

10. Which do you prefer?

Markeer slechts één ovaal.

	1	2	3	
Wirebra	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Alternative

11. Do you find wearing an underwire bra comfortable?

Markeer slechts één ovaal.

- Yes
 Most of the time
 Some of the time
 No

12. Do you think that the shape of your breasts influences the fit of your bra?

Markeer slechts één ovaal.

- Yes
 Depends on the model of bra
 No

13. In general, are you satisfied with the fit of an underwire bra?

Markeer slechts één ovaal.

- Yes
- Sometimes
- No

14. Do you ever experience problems with your underwire bra?

Markeer slechts één ovaal.

- Yes
- Often
- Sometimes
- Rarely
- Never

15. If so, in relation to which term do you experience problems with your bra?

Vink alle toepasselijke opties aan.

- In terms of comfort
- In terms of durability
- In terms of ergonomics (the fit, ...)
- In terms of health
- None

If applicable

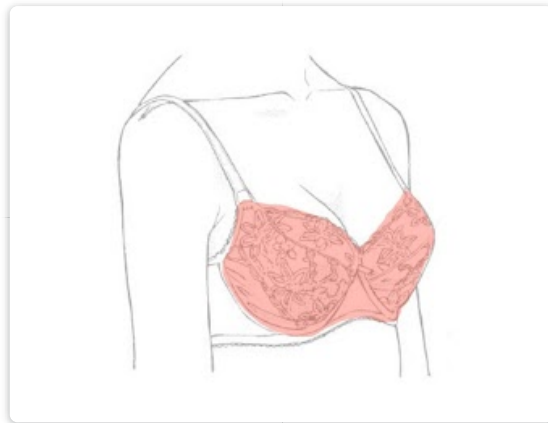
16. If you experience problems in terms of comfort, which problems? (more than one answer possible)

Vink alle toepasselijke opties aan.

- Friction between the bra cups and the skin
- Friction between the underwire ribbon and the skin
- The bra applies pressure under the arms
- The bra applies pressure under the breasts
- The bra applies pressure between the breasts
- The top of the cups cuts into the skin
- The underwire comes out of the ribbon and pricks into the skin under the arms
- The underwire comes out of the ribbon and pricks into the skin between the breasts
- The underwire ribbon is damaged and cuts into the skin underneath the breasts
- Others

17. Due to which zone of your bra do you encounter these problems?

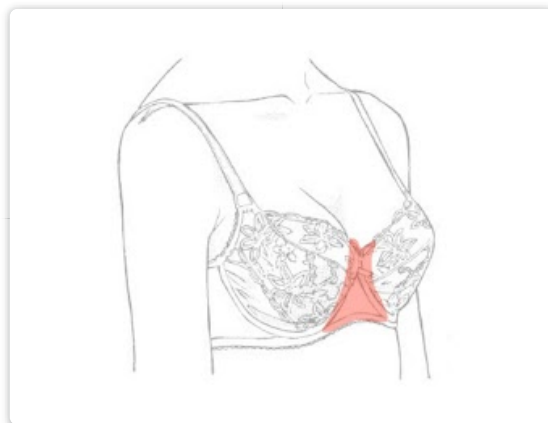
Vink alle toepasselijke opties aan.



The cups zone



The Underwire zone



The middlepart



The sides



The upper part of the cups

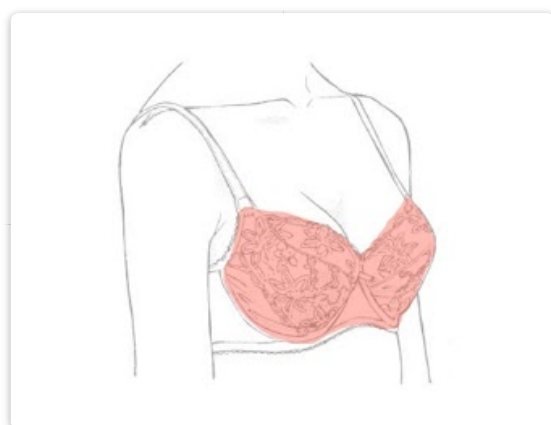
18. If you experience problems in terms of durability, which problems?

Vink alle toepasselijke opties aan.

- Quick decay of the material
- Abnormal stretching of the material
- Loss of support in the cups
- Stitches and seams are coming off
- Decay of the underwire ribbon
- Insufficient stretch in the material, resulting in tears
- Others

19. Due to which zone of your bra do you encounter these problems?

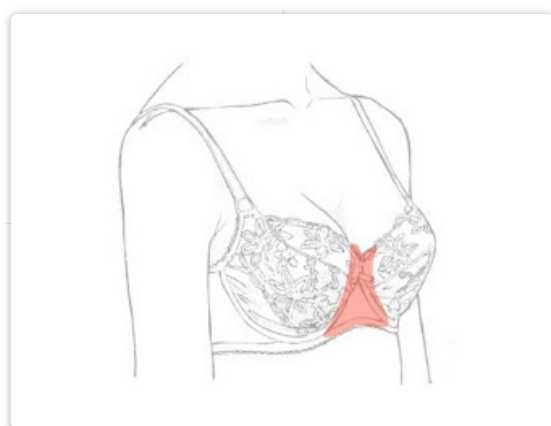
Vink alle toepasselijke opties aan.



The cups zone



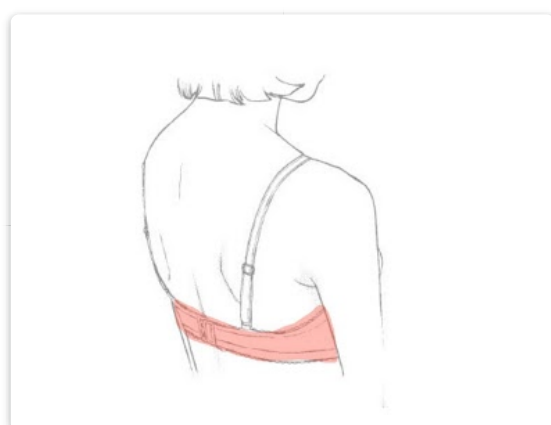
The Underwire zone



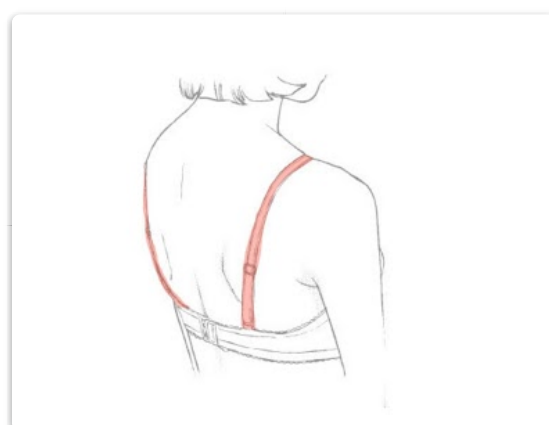
The middlepart



The sides



In the back piece



The bands

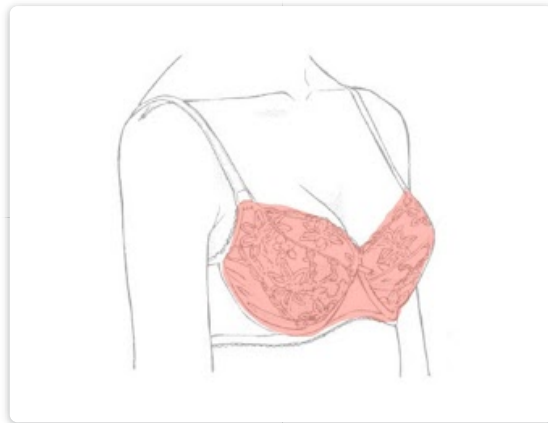
20. If you experience problems in terms of ergonomics, which problems?

Vink alle toepasselijke opties aan.

- The bra applies pressure under the arms
- The bra applies pressure between the breasts
- The bra applies pressure underneath the breasts
- The top of the cups cuts into the skin
- The placement of the bands is off
- Others

21. Due to which zone of your bra do you encounter these problems?

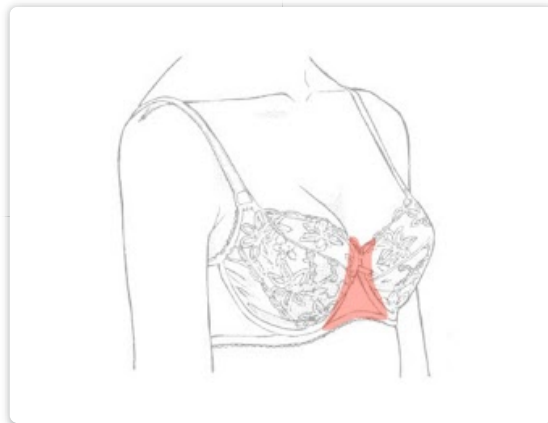
Vink alle toepasselijke opties aan.



The cups zone



The Underwire zone



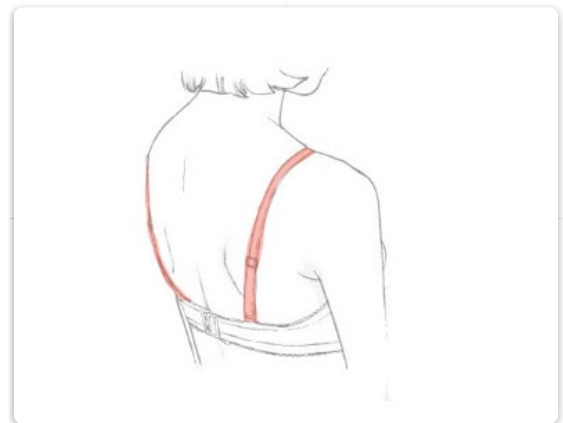
The middlepart



The sides



The upper part of the cups



The bands

22. At the moment, do you experience persistend or serious health issues as result of frequently wearing a bra?

Markeer slechts één ovaal.

- Yes
- Sometimes
- No

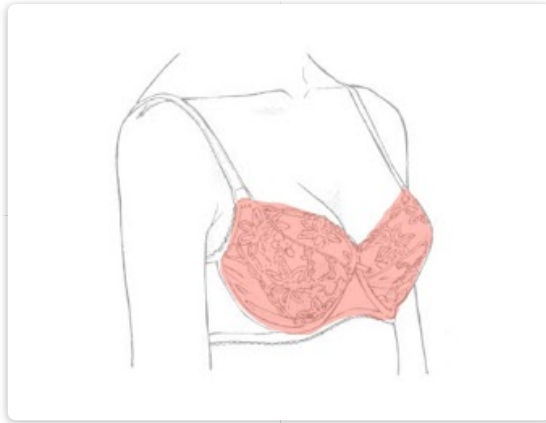
23. If you experience problems in terms of health or established health issues, which ones?

Vink alle toepasselijke opties aan.

- Back- and neckpain
- Lymph problemsn
- Skinirritations
- Allergic reactions to the material
- Irritations due to friction
- Digestive problems
- Red skininflamation on the shoulders due to the straps
- Others

24. Due to which zone of your bra do you encounter these problems?

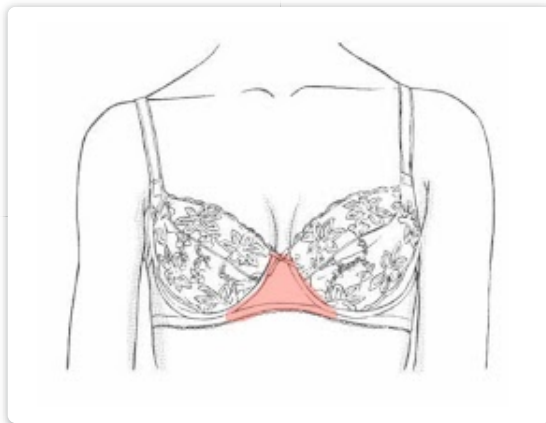
Vink alle toepasselijke opties aan.



The cups zone



The Underwire zone



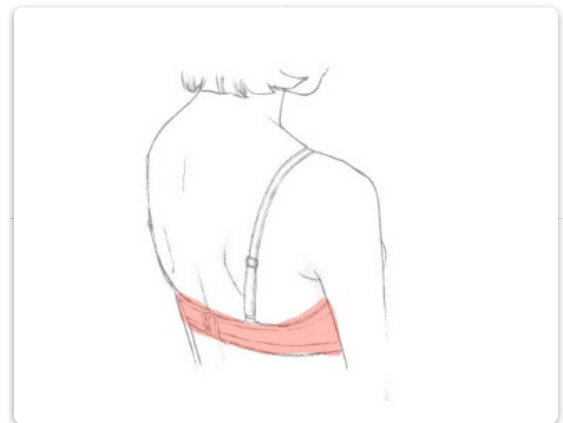
The middlepart



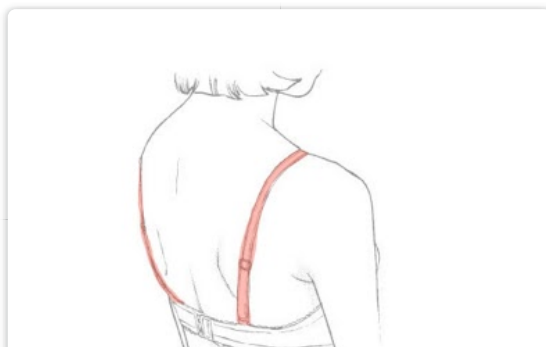
The sides



The upper part of the cups



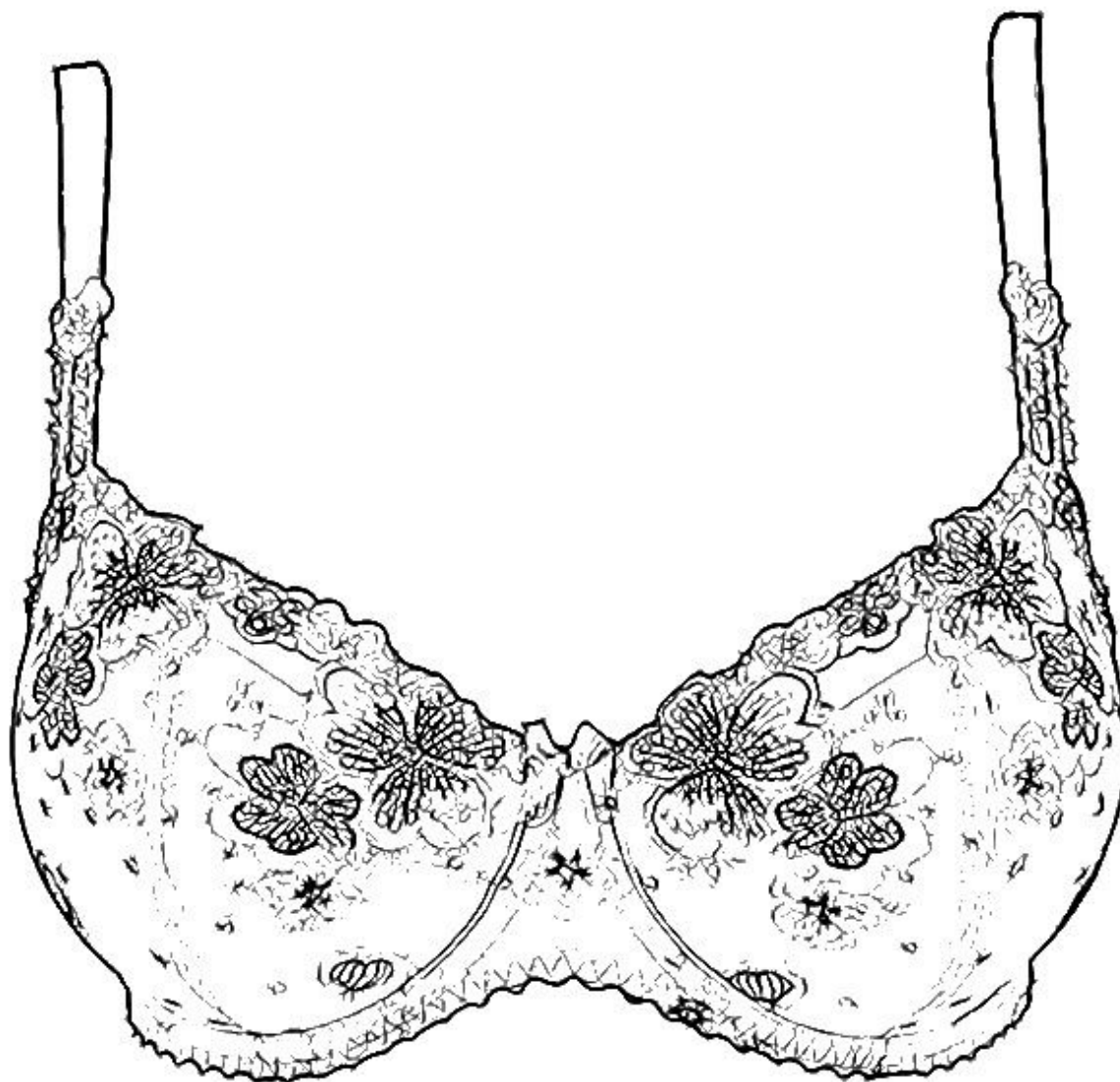
The back





The bands

25. Overly simplified a bra is made up of 3 components; the materials (lace, ...), the underwire and the overall design. In your opinion, which component is the source of all problems?



Markeer slechts één ovaal.

- The material
- The underwire
- The design (model of bra)

26. Do you find the re-design of a traditional underwire bra necessary?

Markeer slechts één ovaal.

- Yes
 No
 No idea

27. Do you find the re-design of a traditional underwire bra desirable?

Markeer slechts één ovaal.

- Yes
 No
 No idea

28. Do you think a re-design of the traditional underwire bra is possible?

Markeer slechts één ovaal.

- Yes
 No
 Maybe

29. How do you experience the range available in stores for you bra size?

Markeer slechts één ovaal.

1 2 3 4 5

More than enough options Too few options

30. Would you try a new model (a re-design) of bra or are you more hesitant?

Markeer slechts één ovaal.

	1	2	3	4	5	
Curious	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Hesitant

31. Are there any remarks?

32. Do you have feedback for me, regarding this questionnaire?

33. If you would like a personal in-depth interview about this matter, please leave your email address here.

Ga naar sectie 3 (Thank you very much for your cooperation!)

Thank you very much for your cooperation!

The effort and time is much appreciated.

Google Formulieren

Vragenlijst diepte interview

Taakje: Als je hebt aangegeven dat je problemen ervaart met je bh, dan zou ik je willen vragen om de bh mee te nemen waarbij je de meeste problemen ervaart.

! De vragen zijn enkel een richtlijn in het interview. Dit kan ook allemaal spontaan komen met extra vragen.

[Begin gesprek]

- Persoonlijke voorstelling
- Uitleg van het project, in samenwerking met Belgisch lingerie bedrijf
- Alles is volledig anoniem
- Input wordt verwerkt voor de masterproef en anoniem doorgegeven aan desbetreffend bedrijf
 - Er kan anoniem geciteerd kunnen worden, nooit met naam en toenaam
- Consent i.v.m. opnemen + eventueel uitleg dat er iemand zit om alles op de schrijven (mondelinge overeenkomst op opname is voldoende)
- Het interview zal max 1u duren

[Begin vragenlijst]

- In de loop van interview de antwoorden van testpersoon overlopen
- Doorvragen als dit nodig is
- Afwijken van vragen mag (maak er een spontaan gesprek van)

Voorgaande vraag uit interesse: Weet je iets af van het productieproces van een bh of heb je een achtergrond in de lingeriesector?

Helemaal niks. Ja het wordt gewoon in elkaar gestikt en dan gaat er een beugel in. Klaar. In Turkije of China daar.

1. Je hebt aangegeven dat je liever een beugel bh draagt als een alternatief hiervoor. Waarom is dat?
 - a. Ligt dit specifiek aan uw cup-maat?
 - b. Geeft die u betere steun?
 - c. Vind u dit comfortabeler?
 2. Als u een beugel bh draagt, welk model bh is dit dan?
T-shirt padded bh. Deze.
 - a. Je gaf aan dat je het meest draagt. Draagt u ook andere modellen met een beugel?
 - b. Zijn er bepaalde bh modellen die u bewust vermijdt?
 3. Heeft u wel eens een bepaald model/fit en bh maat aangeraden gekregen in de winkel?
 4. Komt uw huidige bh maat overeen met het advies dat u in de winkel heeft gekregen? Of draagt u momenteel een andere maat?
 - a. Zo ja, waarom heeft u hiervoor gekozen?
 - b. Verschilt enkel de cup-maat of ook de omtrekmaat?
 5. Heeft u wel eens een bh gekocht in de winkel, die tijdens het passen al oncomfortabel was?
 - a. Zo ja, waarom?
 - b. Kwam dit door de verkoopster?
 6. Welk merk draagt u persoonlijk het liefst? Welk geeft u het beste gevoel van comfort?
 7. Welk merk draagt u persoonlijk het minst graag?
- Refereren naar *het taakje* → Ik had u een bh laten meenemen, neem deze er eens bij.
8. De bh die je nu bij hebt, geef die eens punten op 10 op volgende vlakken:
 - a. Comfort (1= helemaal niet comfortabel en 10= super comfortabel)
 - b. Materiaal en duurzaamheid (1= slecht materiaal/niet duurzaam en 10 = heel fijn materiaal/ heel duurzaam, gaat lang mee)

- c. Fit, hoe past deze (1= pasvorm is heel slecht, sluit niet goed aan bij de vorm borst en 10= perfecte fit, sluit overal goed aan en bedekt alle essentiële plekken)
 - d. De look (1= helemaal niet mooi, enkel praktisch en 10 = heel mooi/sexy/...)
 - e. Prijs (1= heel duur en 10= heel goedkoop)
9. De problemen die je ervaart in deze bh, komen die overeen met de puntjes die je hebt aangeduid in de enquête?
- a. Zou je de probleem zones in deze bh is willen aanduiden?
 - b. Wat zorgt er dan specifiek voor irritatie?
 - c. Op een schaal van 1-10 hoe groot is je irritatie in deze zone?

(herhaal voor elke zone indien er meer zijn)

10. Zijn er bepaalde dingen rond een bh die ook van belang zijn die niet in de enquête zijn genoemd?
11. Ervaart u deze problemen enkel bij deze specifieke bh? Of ook bij andere bh's?
12. Zijn er specifieke merken waar u deze problemen meer ervaart als bij anderen?
- a. Zo ja, welke?
 - b. Ook merken waar je dit niet hebt?
13. Rangschik de problemen eens van belangrijk naar niet belangrijk.
- a. Belangrijk = wat je het liefst opgelost ziet
 - b. Niet belangrijk = wat je het minst belangrijk vindt, maar wel opgelost mag worden
14. Stel ik zou je vragen dit probleem op te lossen, hoe zou je dat aanpakken? Waar zou volgens jou de oplossing liggen?
- a. Duid indien nodig aan op de bh
 - b. Waarmee zou je oplossing het meest te maken hebben?
 - i. De aanpassing van de beugel/het beugellint?
 - ii. Een aanpassing van het model/het design?
 - iii. Een aanpassing van het materiaal?
15. Denk je dat een re-design, dat verschillende van deze problemen aanpakt, iets is dat zou aanslaan in de winkel?
- a. Zo ja, waarom denk je van wel?
 - b. Zo nee, waarom denk je van niet?
16. Als een re-design zou zijn, hoe belangrijk is het dan voor jou, dat deze bh er ook heel mooi uitziet?
- a. Schaal van 1-10 (1= helemaal niet belangrijk en 10= heel belangrijk)
17. Bh's kunnen redelijk duur zijn, zeker bepaalde merken. Stel we hebben een bh die alle problemen oplost, hoeveel zou je bereid zijn om hiervoor te betalen?
- a. Plak daar eens een getal op
18. Hoeveel betaal je momenteel voor een bh?
19. Zou je geïnteresseerd zijn om verder in het proces mee te doen aan gebruikerstesten?
- a. Zo ja, mag ik je hiervoor dan contacteren?
20. Zijn er nog bepaalde verwachten die je hebt rond dit onderwerp?
21. Zijn er nog vragen?

[Einde gesprek]

- Heel erg bedankt voor de moeite
- In geval van vragen, wees niet bang om me te contacteren
- Na uitvoering van het project zal ik doorgeven wat het uiteindelijke resultaat is geworden

Gebruikstest: Beha dragen

Beste participant,

Dank bij voorbaat om deel te nemen aan deze gebruikstesten. De input die u geeft op meegeleverde vragenlijst zal ik discretie worden verwerkt en resultaten zullen anoniem vernoemd worden in de finale thesis met als onderwerp: 'Ontwikkeling van een algoritmisch design framework om een nieuwe, innovatieve ondersteuningsmethode in beha's te introduceren.'

Verder wordt er na het afnemen van de gebruikstest gevraagd om nog een laatste keer een 3D scan te laten uitvoeren om een vergelijkend beeld te kunnen vormen. Graag dit bestand na invullen in pdf-formaat aan Eline Voskuilen terug te bezorgen. Mailadres en dergelijke staat hieronder vermeld.

Voor informatie en dergelijke mag er altijd contact worden opgenomen met Eline Voskuilen.
Mail: ef.voskuilen@gmail.com of eline.voskuilen@ugent.be
Telefoon: +32 478 75 01 15

Materiaal dat ter beschikking wordt gesteld tijdens de gebruikerstest:

- 1 originele beha zonder veranderingen van het merk Marie Jo, maat 65D.
- Een aangepast beha model, met als basis de maat 65D.

Beide beha's dienen na het onderzoek terug bezorgd te worden aan Eline Voskuilen.

Tijdelijk deelname gebruikerstest:

Dag 1: Dragen van het originele ontwerp (zonder aanpassingen en met stalen beha beugel)

- ➔ De avond van het dragen van het originele type wordt de vragenlijst onderaan het document nauwkeurig ingevuld om een zo goed mogelijk resultaat te bekomen. Hierbij moet vooral gefocust worden op de steun die de beha biedt. Esthetische details zijn niet van belang.

Dag 2: Dragen van het aangepaste ontwerp (geen beugel, wel geborduurde steunzones)

- ➔ De avond van het dragen van het originele type wordt de vragenlijst onderaan het document nauwkeurig ingevuld om een zo goed mogelijk resultaat te bekomen. Hierbij moet vooral gefocust worden op de steun die de beha biedt. Esthetische details zijn niet van belang.

INFORMED CONSENT

Ik, ondergetekende, verklaar hierbij dat ik, als participant aan een onderzoek voor de Masterthesis van Eline Voskuilen (Faculteit ingenieurswetenschappen en architectuur) onder begeleiding van Eline van de Universiteit Gent,

1. De uitleg over de aard van de vragen en de taken die tijdens dit onderzoek zullen worden aangeboden, heb gekregen en dat mij de mogelijkheid werd geboden om bijkomende informatie te verkrijgen;
2. Totaal uit vrije wil deelneem aan het wetenschappelijk onderzoek;
3. De toestemming geef aan de onderzoekers om mijn resultaten op vertrouwelijke wijze te bewaren en te verwerken en anoniem te rapporteren;
4. Op de hoogte ben van de mogelijkheid om mijn deelname aan het onderzoek op ieder moment stop te zetten en dit zonder opgave van reden;
5. Weet dat niet deelnemen of mijn deelname aan het onderzoek stopzetten op geen enkele manier negatieve gevolgen heeft voor mij.
6. Weet dat ik op aanvraag een samenvatting van de onderzoeksbevindingen kan krijgen nadat de studie is afgerond en de resultaten bekend zijn;
7. Geef toestemming dat mijn data gebruikt worden voor verder analyse door andere onderzoekers na volledige anonimisering;
8. Weet dat UGent de verantwoordelijke eenheid is m.b.t. persoonsgegevens verzameld tijdens het onderzoek. Ik weet dat de data protection officer me meer informatie kan verschaffen over de bescherming van mijn persoonlijke informatie. Contact: Hanne Elsen (privacy@ugent.be).

Gelezen en goedgekeurd op (datum),

Handtekening van de participant:

Naam van de verantwoordelijke onderzoeker: Eline Voskuilen

Scenario 1

Tijdens de gebruikstest wordt gevraagd beeldmateriaal te maken op bepaalde tijdstippen tijdens het onderzoek. Deze staan in onderstaande lijst duidelijk vermeld.

Duratie van de eerste test: 1 normale dag.		
	Beeld materiaal (<i>als er specifieke dingen zijn die vermeld moeten worden, graag extra uitleg toevoegen.</i>)	Antwoord op vragen uit de vragenlijst (<i>graag per evaluatiemoment antwoorden</i>) (<i>graag zo uitgebreid mogelijk antwoorden formuleren.</i>)
Start (beha wordt aangedaan)		
1 ^e evaluatie moment (+/- na 4 uur dragen)		
2 ^e evaluatie moment (+/- na 8 uur dragen)		
Einde (beha wordt uitgedaan)		

Graag bij elk evaluatie moment (start, 1^e evaluatie moment, 2^e evaluatie moment, einde) een foto te maken van de beha op het lichaam. Moesten er zich tijdens het dragen problemen voordoen, graag deze met een beschrijving duidelijk maken of probleemzones met een kleur aanduiden op de afbeelding.

Vragenlijst:

1. Welk gevoel geeft het aandoen/dragen/uitdoen van de beha u?
2. Hoe ervaart u de steun die de beugel geeft tijdens het aandoen/dragen/uitdoen van de beha?
3. Op welke zone van de borst geeft de beugel het meeste steun?
4. Hoe heeft de ondersteuning die de beha biedt invloed op het gevoel van draagcomfort tijdens het aandoen/dragen/uitdoen van de beha?
5. Waar denkt u, dat de grootste krachten in de beha zelf worden opgevangen?
6. Hoe voelt de stof tegen uw huid tijdens het aandoen/dragen/uitdoen van de beha?
7. Rekt de stof in een bepaalde richting mee met de curve/ronding van uw borst tijdens het aandoen/dragen/uitdoen van de beha?
8. Vind u dat er teveel rek op de stof zit of juist te weinig?

9. Hoe tevreden bent u over het draagcomfort van de beha? (*Antwoord hierop mag direct onder de vraag geformuleerd worden.*)
10. Heeft u nog opmerkingen? (*Antwoord hierop mag direct onder de vraag geformuleerd worden.*)

Scenario 2

Tijdens de gebruikstest wordt gevraagd beeldmateriaal te maken op bepaalde tijdstippen tijdens het onderzoek. Deze staan in onderstaande lijst duidelijk vermeld.

Duratie van de tweede test: 1 normale dag.		
	Beeld materiaal (<i>als er specifieke dingen zijn die vermeld moeten worden, graag extra uitleg toevoegen.</i>)	Antwoord op vragen uit de vragenlijst (<i>graag per evaluatiemoment antwoorden</i>) (<i>graag zo uitgebreid mogelijk antwoorden formuleren.</i>)
Start (beha wordt aangedaan)		
1 ^e evaluatie moment (+/- na 4 uur dragen)		
2 ^e evaluatie moment (+/- na 8 uur dragen)		
Einde (beha wordt uitgedaan)		

Graag bij elk evaluatie moment (start, 1^e evaluatie moment, 2^e evaluatie moment, einde) een foto te maken van de beha op het lichaam. Moesten er zich tijdens het dragen problemen voordoen, graag deze met een beschrijving duidelijk maken of probleemzones met een kleur aanduiden op de afbeelding.

Vragenlijst:

1. Welk gevoel geeft het aandoen/dragen/uitdoen van de beha u?
2. Hoe ervaart u de steun die de beha geeft tijdens het aandoen/dragen/uitdoen van de beha?
3. Hoe zou u het verschil beschrijven tussen deze ondersteuningsmethode tijdens het aandoen/dragen/uitdoen en het aandoen/dragen/uitdoen de klassieke beugel?
4. Op welke zone van de borst geeft de beugel het meeste steun?
5. Op welke zone van de borst geeft het borduursel het minste ondersteuning?
6. Voelt u een verschil tussen de rechter en linker borst tijdens het aandoen/dragen/uitdoen van de beha?
7. Welke borst heeft volgens u de beste ondersteuning tijdens het aandoen/dragen/uitdoen?
8. Hoe heeft de ondersteuning die de beha biedt invloed op het gevoel van draagcomfort tijdens het aandoen/dragen/uitdoen van de beha?
9. Waar denkt u, dat de grootste krachten in de beha zelf worden opgevangen?
10. Hoe voelt de stof tegen uw huid tijdens het aandoen/dragen/uitdoen van de beha?
11. Rekt de stof in een bepaalde richting mee met de curve/ronding van uw borst tijdens het aandoen/dragen/uitdoen van de beha?
12. Vind u dat er teveel rek op de stof zit of juist te weinig?

13. Zou u deze ondersteuningsmethode qua draagcomfort graag meer terugzien in beha's? *(Antwoord hierop mag direct onder de vraag geformuleerd worden.)*
14. Geeft het borduursel u een idee van ondersteuning of voelt het eerder aan als een bralette? *(Antwoord hierop mag direct onder de vraag geformuleerd worden.)*
15. Denkt u dat u de beha langer dan een dag zou willen dragen? *(Antwoord hierop mag direct onder de vraag geformuleerd worden.)*
16. Wat zou er in u ogen nog kunnen verbeteren/veranderen? *(Antwoord hierop mag direct onder de vraag geformuleerd worden.)*
17. Wat is uw algemene mening over de aangepaste beha? *(Antwoord hierop mag direct onder de vraag geformuleerd worden.)*
18. Heeft u nog opmerkingen? *(Antwoord hierop mag direct onder de vraag geformuleerd worden.)*

Heel erg bedankt voor het meedoen aan de gebruikstesten.

De thesis van Eline dankt u 😊

Bevragen: Opvolging gebruikstest

Beste participant,

Dank bij voorbaat om deze bevraging concreet en correct in te vullen.

Weet dat u nog steeds een vervolg afspraak i.v.m een 3D scan moet maken. Graag dit bestand na invullen in pdf-formaat aan Eline Voskuilen terug te bezorgen. Mailadres en dergelijke staat hieronder vermeld.

Voor informatie en dergelijke mag er altijd contact worden opgenomen met Eline Voskuilen.

Mail: ef.voskuilen@gmail.com of eline.voskuilen@ugent.be

Telefoon: +32 478 75 01 15

INFORMED CONSENT

Ik, ondergetekende, verklaar hierbij dat ik, als participant aan een onderzoek voor de Masterthesis van Eline Voskuilen (Faculteit ingenieurswetenschappen en architectuur) onder begeleiding van Eline van de Universiteit Gent,

1. De uitleg over de aard van de vragen en de taken die tijdens dit onderzoek zullen worden aangeboden, heb gekregen en dat mij de mogelijkheid werd geboden om bijkomende informatie te verkrijgen;
2. Totaal uit vrije wil deelneem aan het wetenschappelijk onderzoek;
3. De toestemming geef aan de onderzoekers om mijn resultaten op vertrouwelijke wijze te bewaren en te verwerken en anoniem te rapporteren;
4. Op de hoogte ben van de mogelijkheid om mijn deelname aan het onderzoek op ieder moment stop te zetten en dit zonder opgave van reden;
5. Weet dat niet deelnemen of mijn deelname aan het onderzoek stopzetten op geen enkele manier negatieve gevolgen heeft voor mij.
6. Weet dat ik op aanvraag een samenvatting van de onderzoeksbevindingen kan krijgen nadat de studie is afgerond en de resultaten bekend zijn;
7. Geef toestemming dat mijn data gebruikt worden voor verder analyse door andere onderzoekers na volledige anonimisering;
8. Weet dat UGent de verantwoordelijke eenheid is m.b.t. persoonsgegevens verzameld tijdens het onderzoek. Ik weet dat de data protection officer me meer informatie kan verschaffen over de bescherming van mijn persoonlijke informatie. Contact: Hanne Elsen (privacy@ugent.be).

Gelezen en goedgekeurd op (datum),

Handtekening van de participant:

Naam van de verantwoordelijke onderzoeker: Eline Voskuilen

Bevraging

Graag in onderstaande tabel een score te geven op alle vergelijkingsvlakken tussen de originele beugelbeha en het prototype met de innovatieve ondersteuningsmethode. Ook wordt op het einde gevraagd (rij 11) om een algemene score te geven per beha.

Volgende tabel geeft weer hoe op de vragen geantwoord mag worden. In de eerste kolom staat het te testen criterium. Vervolgens staat erachter hoe u hierop mag antwoorden.

	Test Criteria	Hoe gemeten
1	Het gevoel tijdens het dragen.	Opmeting via schaal
2	De mate waarin de steun van de beha wordt ervaren.	Opmeting via schaal
3	De zone waar de beha de meeste steun voorziet.	Plaatsbepaling
4	De mate waarin de steun het draagcomfort beïnvloed.	Opmeting via schaal
5	De plaats waar de grootste kracht terecht komt.	Plaats bepaling
6	Het gevoel dat de stof tegen de huid heeft.	Opmeting via schaal
7	Is er een bepaalde rekriching van het materiaal.	Ja/Nee vraag en plaatsbepaling
8	De mate van rek die op de stof zit.	Opmeting via schaal
9	De algemene tevredenheid over de beha.	Vrij antwoord
10	Algemene opmerkingen	Vrij antwoord

De schaal bij opmeting via schaal mag gezien worden als: zeer slecht, slecht, gemiddeld, goed en zeer goed. Bij plaatsbepaling mag gewoon letterlijk beschreven worden om welke plaats of zone in de beha het gaat. Verder mag bij de laatste twee test criteria: de algemene tevredenheid en algemene opmerking, vrij geantwoord worden, maar ook hier mag eventueel met een schaal gewerkt worden.

	Test Criteria	De beugelbeha	Prototype
1	Het gevoel tijdens het dragen.		
2	De mate waarin de steun van de beha wordt ervaren.		
3	De zone waar de beha de meeste steun voorziet.		
4	De mate waarin de steun het draagcomfort beïnvloed.		
5	De plaats waar de grootste kracht terecht komt.		
6	Het gevoel dat de stof tegen de huid heeft.		
7	Is er een bepaalde rekriching van het materiaal.		
8	De mate van rek die op de stof zit.		
9	De algemene tevredenheid over de beha.		
10	Algemene opmerkingen		
11	Algemeen cijfer		

In onderstaande tabel wordt nu naar een algemene score gevraagd over het prototype. Hierbij wordt dus enkel gevraagd naar uw mening over de nieuwe ondersteuningsmethode. Ook wordt op het einde gevraagd (rij 11) om een algemene score te geven.

Volgende tabel geeft weer hoe op de vragen geantwoord mag worden. In de eerste kolom staat het te testen criterium. Vervolgens staat erachter hoe u hierop mag antwoorden.

	Test Criteria	Hoe gemeten
1	Het gevoel tijdens het dragen.	Opmeting via schaal
2	De mate waarin de steun van de beha wordt ervaren.	Opmeting via schaal
3	De zone waar de beha de meeste steun voorziet.	Plaatsbepaling
4	De zone waar de beha het minste steun voorziet.	Plaatsbepaling
5	De mate waarin de rechter en linker cup verschillen.	Opmeting via schaal
6	Welke borst het beste ondersteund wordt.	Rechts/links
7	De mate waarin de ondersteuning het draagcomfort beïnvloed.	Opmeting via schaal
8	De plaats waar de grootste kracht terecht komt.	Plaats bepaling
9	Het gevoel dat de stof tegen de huid heeft.	Opmeting via schaal
10	Is er een bepaalde rekriching van het materiaal.	Ja/Nee vraag en plaatsbepaling
11	De mate van rek die op de stof zit.	Opmeting via schaal
12	De algemene tevredenheid over de beha.	Vrij antwoord
13	Algemene opmerkingen	Vrij antwoord

De schaal bij opmeting via schaal mag gezien worden als: zeer slecht, slecht, gemiddeld, goed en zeer goed. Ook mag bij opmeting via schaal gebruik gemaakt worden van de schaal: Zeer weinig, weinig, neutraal, veel en zeer veel. Dit is vooral van toepassing om test criteria 5. Bij plaatsbepaling mag gewoon letterlijk beschreven worden om welke plaats of zone in de beha het gaat. Verder mag bij de laatste twee test criteria: de algemene tevredenheid en algemene opmerking, vrij geantwoord worden, maar ook hier mag eventueel met een schaal gewerkt worden.

	Test Criteria	Het prototype
1	Het gevoel tijdens het dragen.	
2	De mate waarin de steun van de beha wordt ervaren.	
3	De zone waar de beha de meeste steun voorziet.	
4	De zone waar de beha het minste steun voorziet.	
5	De mate waarin de rechter en linker cup verschillen.	
6	Welke borst het beste ondersteund wordt.	
7	De mate waarin de ondersteuning het draagcomfort beïnvloed.	
8	De plaats waar de grootste kracht terecht komt.	
9	Het gevoel dat de stof tegen de huid heeft.	
10	Is er een bepaalde rekriching van het materiaal.	
11	De mate van rek die op de stof zit.	
12	De algemene tevredenheid over de beha.	
13	Algemene opmerkingen	
	Algemeen cijfer	

Verder wil ik u bedanken voor uw algemene meewerking.

Heel erg bedankt voor het meedoen aan de gebruikstesten en bevraging.

De thesis van Eline dankt u 😊

Esthetic research Masterthesis

Hello everyone,

Some of you may know me already, but my name is Eline and as part of my master's thesis 'Development of an algorithmic design framework to introduce a new innovative support method in bras', in collaboration with Van de Velde (<https://www.vandavelde.eu/nl>), I am currently researching a new innovative support methode.

Now that I've come to various conclusions, I am curious about your opinions regarding the esthetics (looks and beauty) of a bra. My solutions consists of embroidery, strategically placed to ensure good support WITHOUT an underwire.

This can be completed completely anonymously and takes no longer than 3 minutes! (Timed my own time and it came down to 1:15 minutes!)

For any questions about my Master's thesis, other questions regarding the underwire bra or the interest in a personal conversation about this particular topic, do not hesitate to contact me. Please send an e-mail to: eline.voskuilen@ugent.be

Thank you very much in advance for helping with my research.

***Vereist**

Questionnaire - part 1

The purpose of this questionnaire is to understand the view of everyone, completing this form, on the esthetic of bras. In the next photo a prototype will be shown how embroidery could be of use on a bra. Keep this prototype in mind while answering the following questions.

The prototype is a quick fabrication. The final product would have matching colors.





1. After seeing the prototype, would you consider wearing a bra with embroidery instead of an underwire? *

Markeer slechts één ovaal.

- Yes *Ga naar vraag 2*
- No *Ga naar vraag 18*

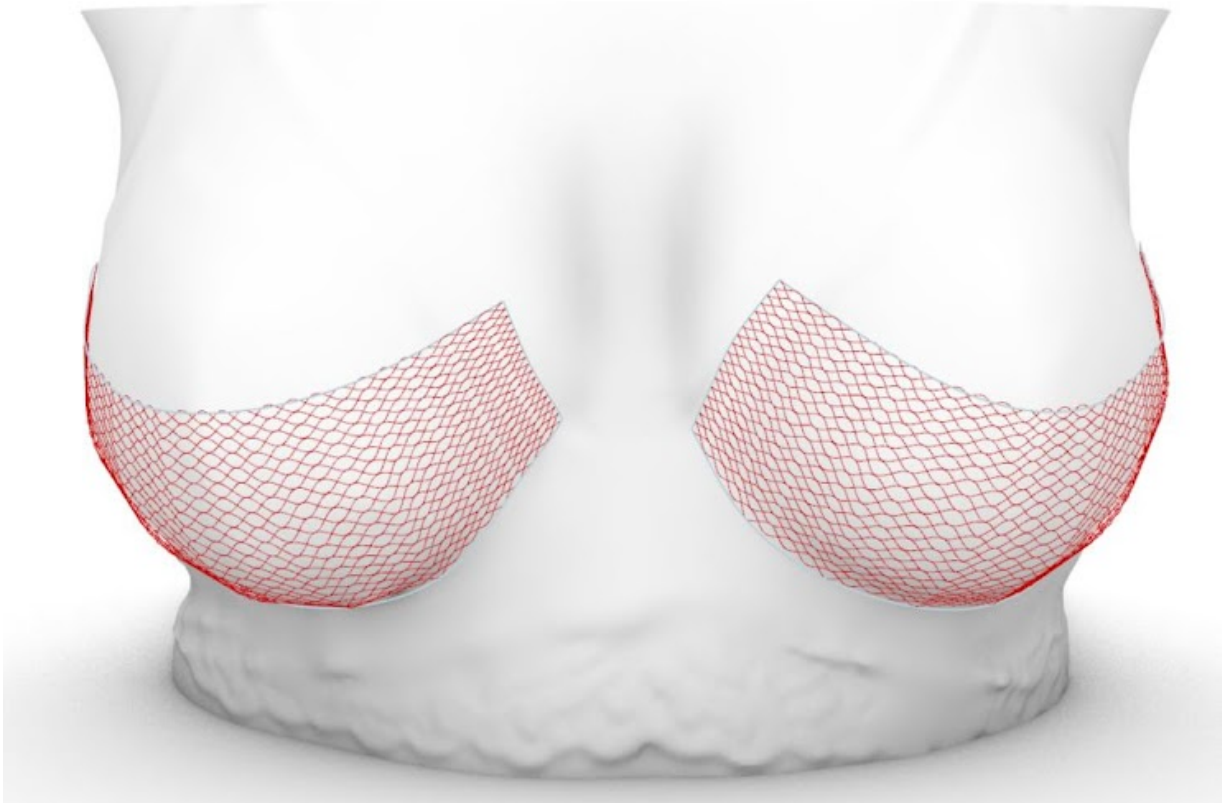
Questionnaire - part 2

In the following portion of the questionnaire different pattern combinations will be shown. The pattern will be applied on the support zone at the underside of the breast as already displayed in the prototype.





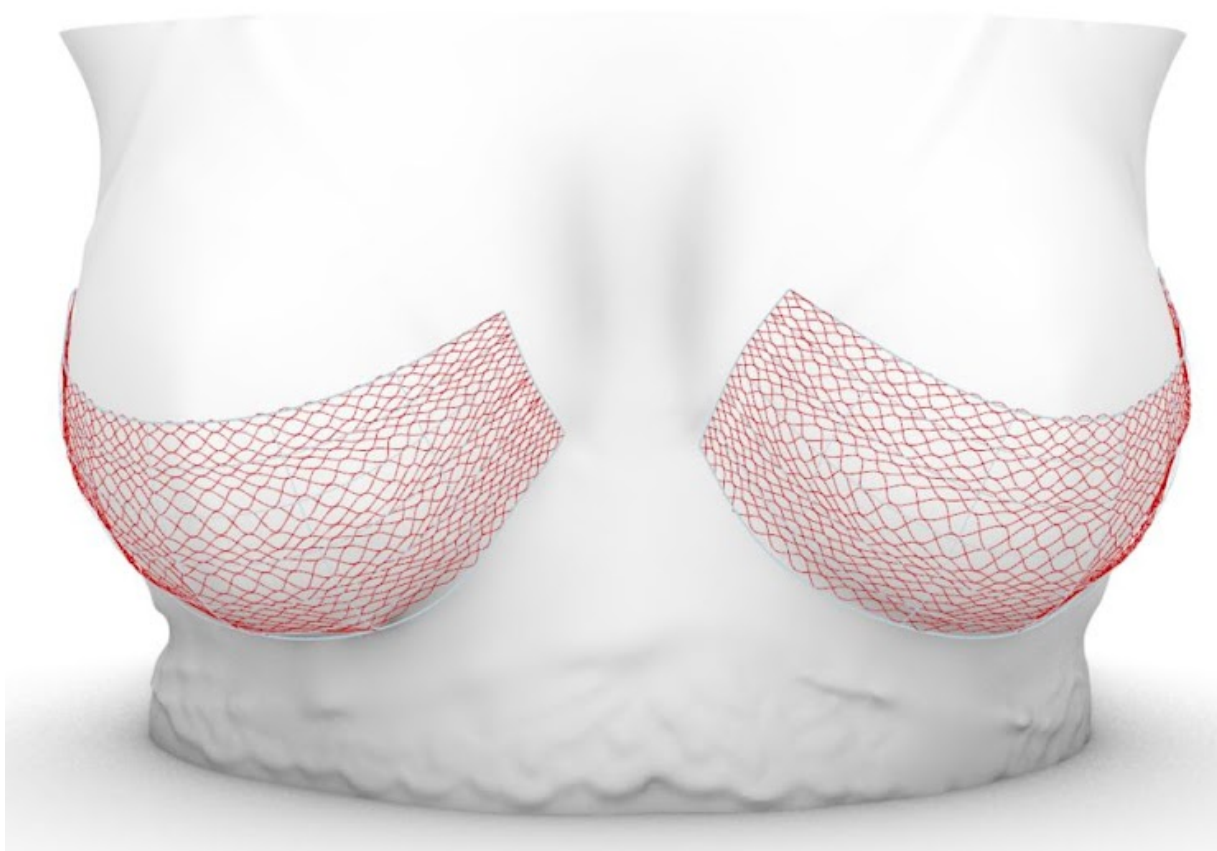
2. What do you think of the first pattern that is displayed on the photo? Remember to imagine it like the prototype at the beginning of the questionnaire.



Markeer slechts één ovaal.

	1	2	3	4	5	
Beautiful	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Not my taste

3. What do you think of the first pattern that is displayed on the photo? Remember to imagine it like the prototype at the beginning of the questionnaire.

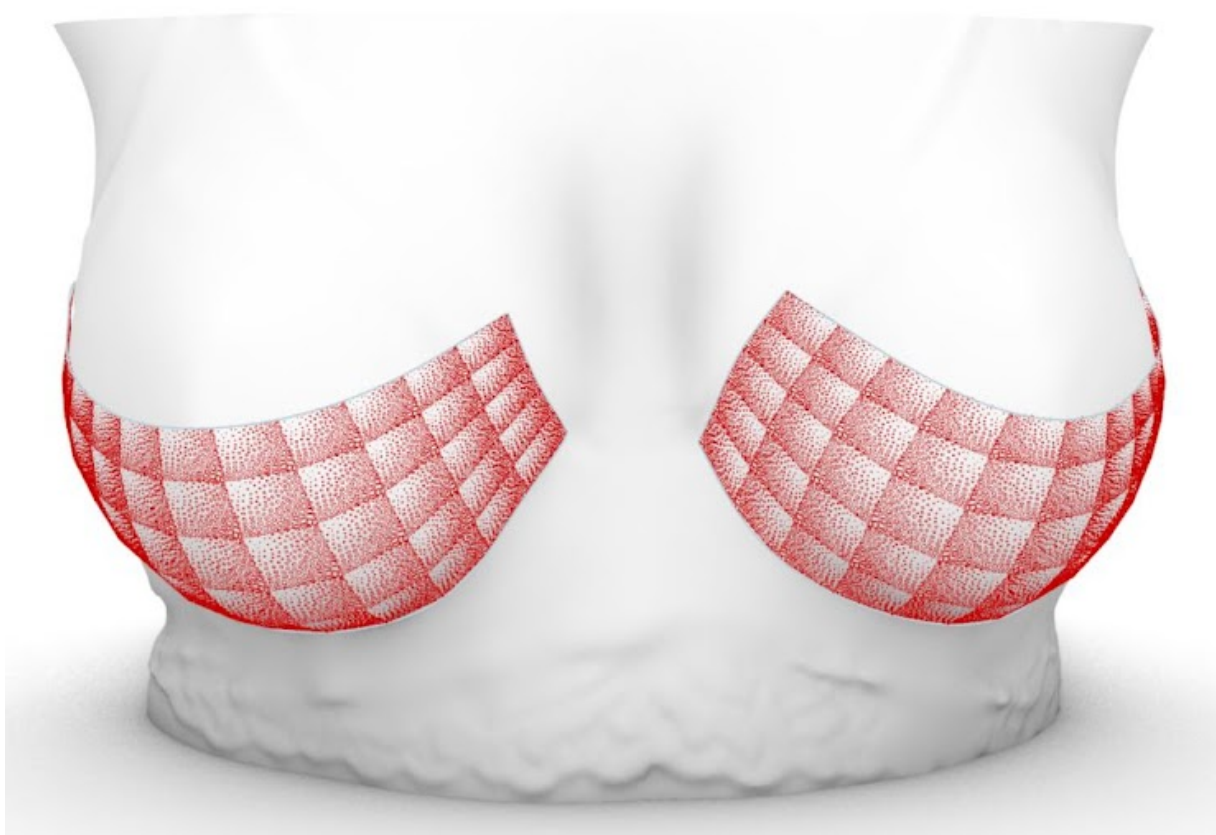


Markeer slechts één ovaal.

1 2 3 4 5

Beautiful Not my taste

4. What do you think of the first pattern that is displayed on the photo? Remember to imagine it like the prototype at the beginning of the questionnaire.

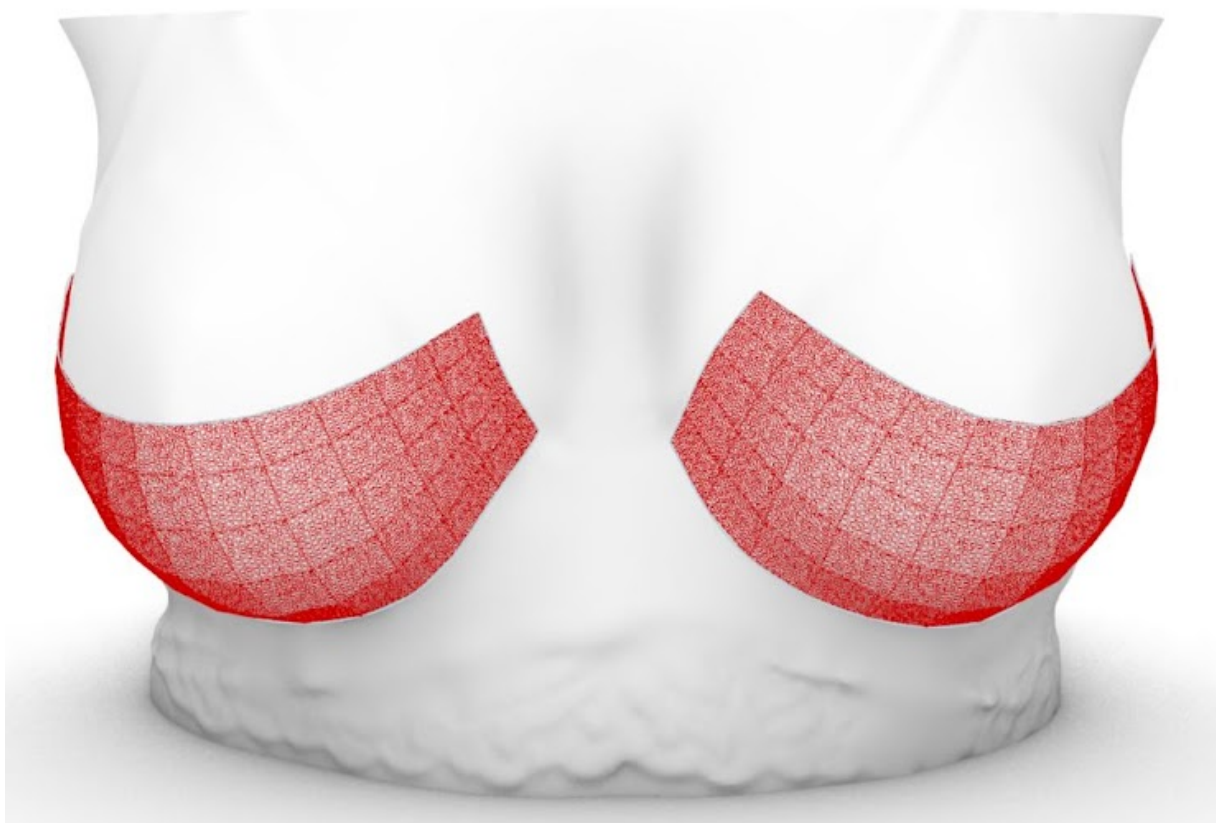


Markeer slechts één ovaal.

1 2 3 4 5

Beautiful Not my taste

5. What do you think of the first pattern that is displayed on the photo? Remember to imagine it like the prototype at the beginning of the questionnaire.

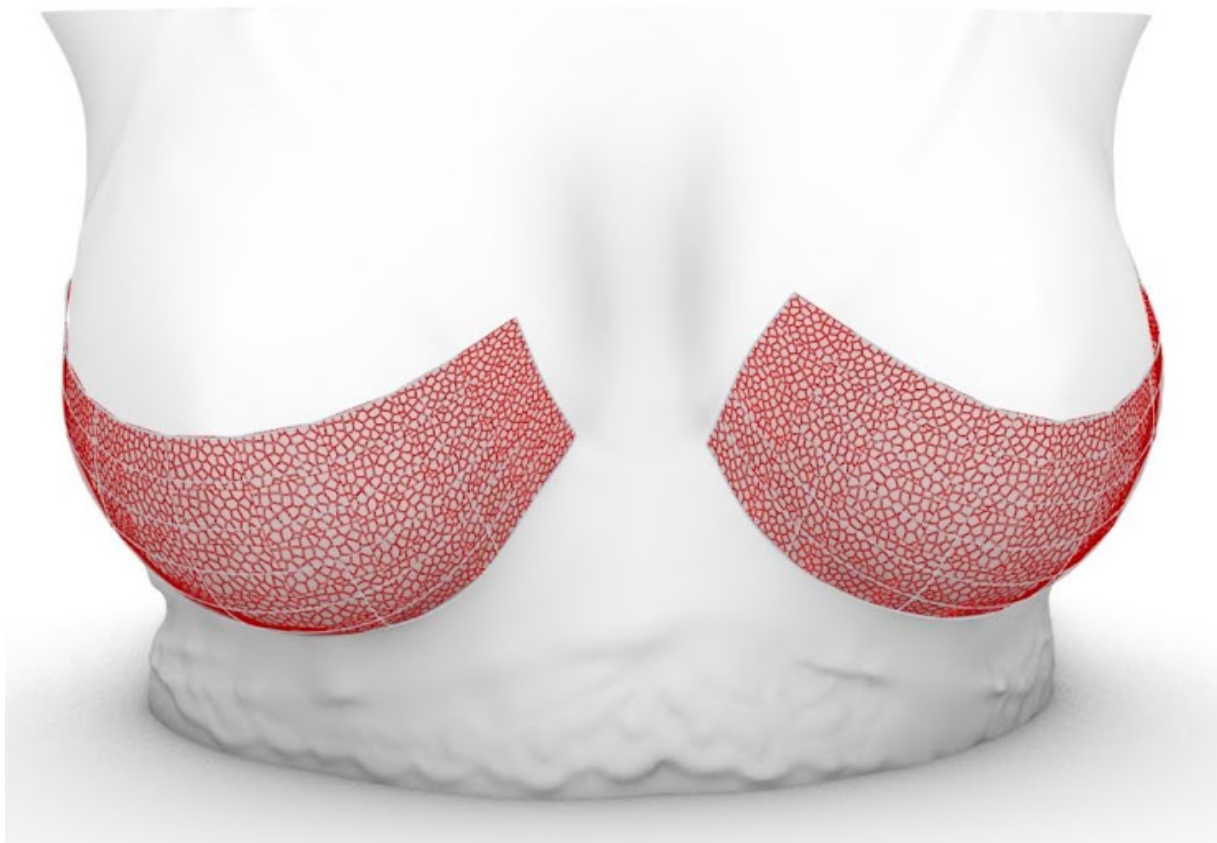


Markeer slechts één ovaal.

1 2 3 4 5

Beautiful Not my taste

6. What do you think of the first pattern that is displayed on the photo? Remember to imagine it like the prototype at the beginning of the questionnaire.

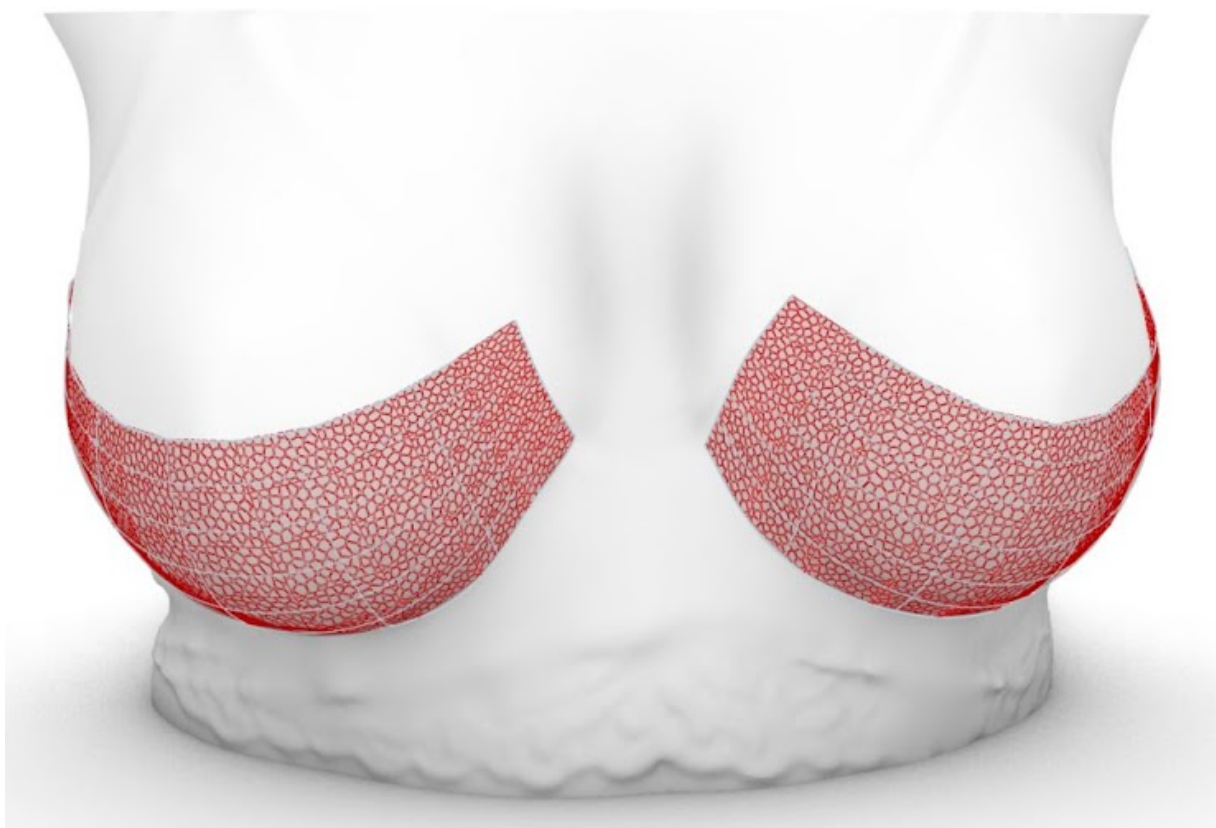


Markeer slechts één ovaal.

1 2 3 4 5

Beautiful Not my taste

7. What do you think of the first pattern that is displayed on the photo? Remember to imagine it like the prototype at the beginning of the questionnaire.



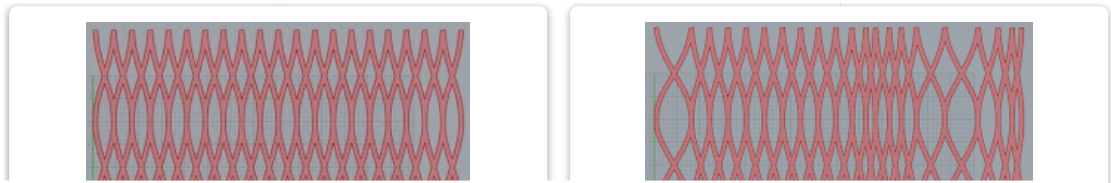
Markeer slechts één ovaal.

1 2 3 4 5

Beautiful Not my taste

8. Which flat pattern do you find most interesting

Markeer slechts één ovaal.



9. In your opinion, are some pattern similar to lace patterns?

Markeer slechts één ovaal.

- Yes
- No



10. Do you think some patterns would benefit in support? Keep for this question in mind that embroidery does not stretch much.

Markeer slechts één ovaal.

- Yes
- No
- Maybe
-

11. Would it be beneficial if you could personalize the embroidery? Meaning you could choose the pattern and the color of the thread.

Markeer slechts één ovaal.

- Yes
- No



12. Does the idea of personalization appeal to you?

Markeer slechts één ovaal.

- Yes
- No



13. Would you be more willing to buy a bra that you personalized?

Markeer slechts één ovaal.

- Yes
 No
 Maybe

14. If personalization would be part of a 'new' bra buying experience, would this make you more comfortable?

Markeer slechts één ovaal.

- Yes
 No
 Maybe

15. How much money would you be willing to spent extra on personalization? (in euros)

Markeer slechts één ovaal.

- 10-15
 15-25
 25-50
 50-100
 I would not pay for this

16. How much would you be willing to pay for the final bra? (in euros)

Markeer slechts één ovaal.

- 0-50
 50-100
 100-150

17. Any last remarks?

Ga naar sectie 5 (Thank you very much for your cooperation!)

Questionnaire

18. If you answered no on the previous question, please explain your motivation.

19. Would you want to give your opinion on the esthetics of a embroidered bra?

Markeer slechts één ovaal.

Yes *Ga naar vraag 2*

No *Ga naar sectie 5 (Thank you very much for your cooperation!)*

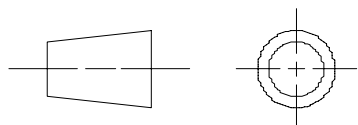
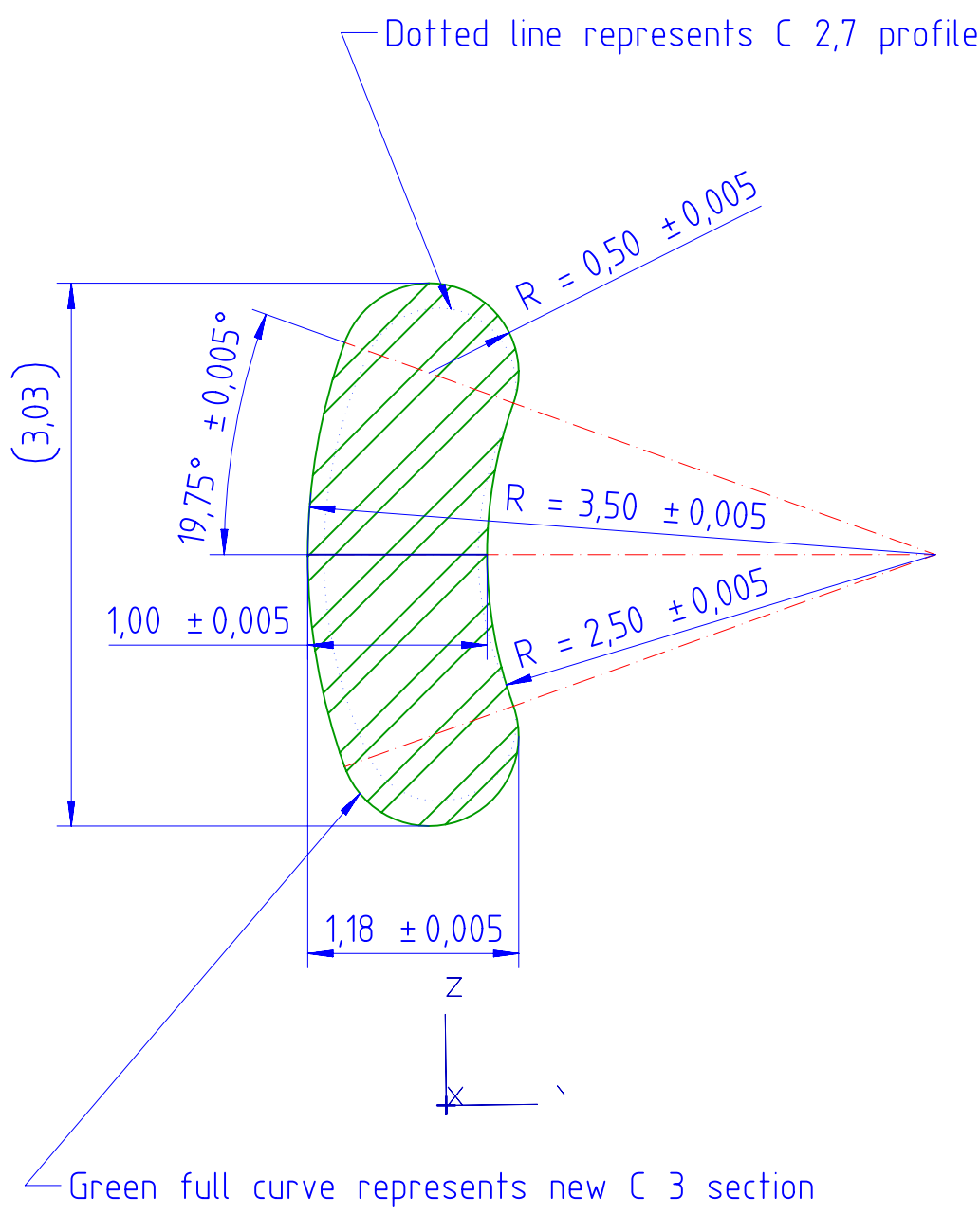
**Thank you very
much for your
cooperation!**

The effort and time is much appreciated.

If you have any questions, please direct them to
ef.voskuilen@gmail.com or eline.voskuilen@ugent.be

Deze content is niet gemaakt of goedgekeurd door Google.

Google Formulier



ALL DIMENSIONS IN MM
3D CAD MASTER PART NAME:

Application field: VdV_Under_Wires			Tolerances: DIN 2768 fH		Surface: Annealed + Plasticised 0,1mm+/-0,05mm	Dimensions: Material Number: DIN 17222 and DIN 17223-1 Semifinished Product: C3 Model Number: 3,03x1,18x1,00mm = profile C3 S=1800 à 2000N/mm²		Weight:
			Date	Name	Part Name: WIRE SECTION C3_V3			
			Drawn	21/02/2018	Geert VdB			
			Check	21/02/2018	Dick Laan			
			Appr.	21/02/2018	Geert VdB			
			Projection					
			 Lageweg 4, B-9260 SCHELLEBELLE			DWG NO. 2018-02-21-1-New_Wire_Section_C3_V3		A4
								SIZE
Sign.	Modifications	Date	Name	© Copyright 2007 Van de Velde nv. All rights reserved			SCALE 200 : 1	SHEET 1 OF 1

