

2015•2016
FACULTEIT INDUSTRIËLE INGENIEURSWETENSCHAPPEN
master in de industriële wetenschappen: elektromechanica

Masterproef

Optimalisatie van de verpakking en logistieke processen in de fietsindustrie

Promotor :
Dr. Ing. Karel KELLENS

Promotor :
Dhr. STEPHAN RAKERS

Wout Verbeek

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

Gezamenlijke opleiding Universiteit Hasselt en KU Leuven

2015•2016

Faculteit Industriële

ingenieurswetenschappen

master in de industriële wetenschappen: elektromechanica

Masterproef

Optimalisatie van de verpakking en logistieke processen
in de fietsindustrie

Promotor :
Dr. Ing. Karel KELLENS

Promotor :
Dhr. STEPHAN RAKERS

Wout Verbeek

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

Voorwoord

Voor u ligt de masterthesis 'optimalisatie van verpakkingen en logistieke processen in de fietsindustrie'. Deze masterthesis is geschreven in het kader van mijn afstuderen in de gezamenlijke opleiding industrieel ingenieur elektromechanica van de U Hasselt en de KU Leuven.

Van september 2014 tot juni 2015 ben ik bezig geweest met het uitwerken en uitschrijven van deze thesis. Dit is gebeurd met enkele ups en downs.

Deze opdracht is uitgevoerd voor het bedrijf Race Productions nv. De opdrachtomschrijving is bedacht door dhr. Danny Ceunen samen met mijn promotor Karel Kellens.

Graag zou ik bij deze een aantal mensen willen bedanken die mij geholpen hebben om deze thesis tot een goed einde te brengen. Eerst en vooral wil ik dhr. Stephan Räckers en dhr. Danny Ceunen bedanken voor de kansen en ondersteuning die ik van Race Productions nv gekregen heb. Zij hebben mij op de nodige momenten bijgestuurd en raad gegeven. Hiervoor wil ik ook Race Production nv als bedrijf bedanken. De nodige informatie en feedback van het personeel hebben het mogelijk gemaakt om deze thesis tot een goed einde te brengen. Verder zou ik ook mijn promotor Karel Kellens willen bedanken voor de hulp en feedback.

Ik wens u veel leesplezier.

Wout Verbeek, Neerpelt, 5 juni 2016

Inhoudsopgave

Voorwoord	1
Tabellenlijst	7
Figurenlijst	9
Verklarende woordenlijst	11
Abstract	13
Abstract in het Engels	15
1 Inleiding	17
1.1 Race Productions nv	17
1.2 Onderzoeksopzet	17
1.2.1 Situering	17
1.2.2 Probleemstelling	17
1.2.3 Doelstellingen	17
1.2.4 Materiaal en methode	18
2 Procesanalyses	19
2.1 Inleiding	19
2.2 Verpakkingsproces	19
2.2.1 Value stream mapping	19
2.2.2 Mogelijke aanpassingen	20
2.2.3 Future State value stream mapping	20
2.3 Rechtstreekse verzending	21
2.3.1 Value stream mapping	21
2.3.2 Mogelijke aanpassingen	21
2.3.2.1 doos naar de verzendplaats brengen	21
2.3.2.2 Serienummer overschrijven	21
2.3.2.3 productiebon ingeven	22
2.3.2.4 wachten op factuur en verzendbon	22
2.3.2.5 factuur op de doos kleven	22
2.3.2.5.1 factuur verzenden per e-mail	23
2.3.2.5.2 factuur in de doos stoppen	23
2.3.3 Future value stream mapping	24
2.4 Verzending voor distributeurs	25
2.4.1 Value stream mapping	25
2.4.2 Mogelijke aanpassingen	25
2.4.3 Future value stream mapping	26

2.5	Verzending voor wanbetalers	27
2.5.1	VSM van de stroom voor wanbetalers	27
2.5.2	mogelijke aanpassing	27
2.6	Fietsen voor stockage.....	27
2.7	Besluit.....	28
3	Re-designs van de fietsverpakkingen	29
3.1	Momentele verpakkingswijze.....	29
3.2	Eisenpakket	29
3.3	Kostenanalyse.....	30
3.3.1	Materiaalkosten	30
3.3.2	Arbeidskosten.....	30
3.3.3	Verzendkosten.....	30
3.3.4	Kosten door defecten	31
3.4	Quality house	32
3.5	Mogelijke aanpassingen	33
3.5.1	Voorvorkbeschermer.....	33
3.5.2	Doos versmallen	36
3.5.2.1	Het stuur demonteren.....	36
3.5.2.2	Shifters lager plaatsen	36
3.5.2.3	Geen spacers meer voorzien onder de stuurpen	37
3.5.3	Doos verlagen	38
3.6	Uiteindelijk ontwerp.....	40
3.7	Besparingen	41
3.7.1	Materiaalkost	41
3.7.1.1	fietsdoos	41
3.7.1.2	beschermplaten.....	41
3.7.1.3	bufferdoos	41
3.7.1.4	voorvorkbeschermer	42
3.7.2	Arbeidskosten.....	42
3.7.3	Verzendkosten.....	42
3.7.4	Defecten	43
3.7.5	Totale besparing.....	43
3.8	Testen	44
3.8.1	Trilproef.....	44
3.8.2	Klimaattesten en valproeven	46
3.8.3	resultaten	47
3.9	Eco-analyse van de fietsverpakking	49

3.9.1 verpakking	49
3.9.2 transport.....	52
3.10 Besluit.....	53
4 Re-design van de frameforksetverpakking.....	55
4.1 Huidige verpakkingwijze	55
4.2 Eisenpakket	55
4.3 Studie van de verschillende types en maten frames	56
4.3.1 Overzicht van de gamma frames.....	56
4.3.2 Verwerking van de gegevens.....	58
4.4 Ontwerp van de verpakking	59
4.4.1 Voorvorkdoos	61
4.4.2 Balhoofdbeschermer	62
4.4.3 Bescherming achterbrug	63
4.4.4 Uiteindelijk ontwerp.....	64
4.5 Verpakkingsmethode	64
4.6 Kostenberekening.....	65
4.6.1 Materiaalkost	65
4.6.2 Arbeidskost.....	65
4.7 Testen	66
4.7.1 Trilproef.....	66
4.7.2 Klimaattesten en valproef	66
4.7.3 Resultaten.....	68
4.8 Eco-analyse van de frameforksetverpakking	72
4.8.1 Verpakking.....	72
4.8.2 Transport	73
4.9 Besluit.....	74
5 Ontwerp hulptool.....	75
5.1 Bepaling van de stap waar het hulpinstrument voor wordt ontworpen	75
5.2 Eisenpakket	75
5.3 Morfologisch overzicht.....	75
5.4 Ontwerp	76
6 Besluit.....	77
Literatuurlijst	78
Bijlagelijst	79
Bijlage A: macro voor de lengte, hoogte en oppervlakte te berekenen bij de optimale hoek	80
Bijlage B: ontwerp van de frameforksetverpakking.....	82
Bijlage C: 2D tekening van de ontvouwing van de mal om de frameforksets te verpakken.....	86

Tabellenlijst

Tabel 1: besparingen op arbeidstijd	28
Tabel 2: momentele verzendkosten per zone zonder brandstoftoelage.....	31
Tabel 3: momentele verzendkosten per zone met brandstoftoelage	31
Tabel 4: huidige verzendkosten zonder brandstoftoelage	42
Tabel 5: huidige verzendkosten met brandstoftoelage	43
Tabel 6: nieuwe verzendkosten zonder brandstoftoelage	43
Tabel 7: overzicht van de besparingen.....	43
Tabel 8: lijst met de type frames en de verschillende maten	56
Tabel 9: legende van de geometrie van het frame	58
Tabel 10: gegevens van het frame	59
Tabel 11: plaatsing van de voorvork ten opzichte van het frame.....	60
Tabel 12: materiaalkosten van de huidige verpakking.....	65
Tabel 13: materiaalkosten van de nieuwe verpakking.....	65

Figurenlijst

Figuur 1: VSM van het huidige verpakkingsproces	19
Figuur 2: FSVSM van het verpakkingsproces.....	20
Figuur 3: VSM van de huidige stroom voor rechtstreekse verzending	21
Figuur 4:FSVSM van de rechtstreekse verzending	24
Figuur 5: VSM van het huidige proces van fietsen voor de distributeursverzending	25
Figuur 6: FSVSM van distributeurverzendingen	26
Figuur 7: VSM van het huidige proces van fietsen die bestemd zijn voor wanbetalers	27
Figuur 8: momentele verpakkingsmethode	29
Figuur 9: Quality house	32
Figuur 10:legende van het quality house	32
Figuur 11: thermische vereisten.....	33
Figuur 12:grafiek energieabsorptie/prijs per volume	33
Figuur 13:lijst met materialen die voldoen aan de selectie	34
Figuur 14:grafiek flexibiliteit/prijs per volume.....	34
Figuur 15:lijst met materialen die voldoen aan alle eisen	35
Figuur 16:voorvorkbeschermer voor alle type fietsen behalve de mountainbikes	35
Figuur 17: voorvorkbeschermer voor de mountainbikes.....	35
Figuur 18: voorbeeld van een fiets waarvan het stuur niet onder de bovenbuis kan worden gedraaid	36
Figuur 19:foto van een stuur schuin t.o.v. het frame	37
Figuur 20:foto van fiets met spacers boven de stuurpenen	37
Figuur 21:geometrie van fiets	38
Figuur 22:verpakkingsmethode voor de 27" mountainbikes.....	39
Figuur 23:verpakkingsmethode voor de 29" mountainbikes.....	39
Figuur 24:uiteindelijke vorm voorvorkbeschermer.....	40
Figuur 25: foto's van de trilproeven	44
Figuur 26:data van de testen.....	45
Figuur 27:klimaatskast	46
Figuur 28:foto van de valproef op de hoek.....	46
Figuur 29: foto van de hoek waarop de valproef is uitgevoerd	47
Figuur 30:foto van de volledige voorkant van de fietsdoos.....	47
Figuur 31:foto van de fiets in de doos na de testen.....	47
Figuur 32: foto van de achterbrug na de testen	48
Figuur 33: foto van de shifter die door de beschermplaat gescheurd is	48
Figuur 34: eco-analyse van de productie van de huidige verpakking	49
Figuur 35:eco-analyse van de afdanking van de huidige verpakking.....	49
Figuur 36: eco-analyse van de productie van de nieuwe verpakking	50
Figuur 37:eco-analyse van de afdanking van de nieuwe verpakking.....	50
Figuur 38: eco-analyse van de productie van de nieuwe verpakking met gerecycleerd polyethyleenschuim	50
Figuur 39:eco-analyse van de afdanking van de nieuwe verpakking met gerecycleerd polyethyleenschuim	50
Figuur 40: milieu-impact van de productie van de recycleerbare doos.....	51
Figuur 41: milieu-impact van de afdanking van de recycleerbare doos	51
Figuur 42:ecologische impact van het vervoer per vrachtwagen voor de recycleerbare per kilometer	51

Figuur 43:ecologische impact van het vervoer per vliegtuig voor de recycleerbare doos per kilometer	51
Figuur 44: milieu-impact voor vrachttransport van de huidige verpakking met een fiets van 8kg over een afstand van 1000km	52
Figuur 45:milieu-impact voor vrachttransport van de nieuwe verpakking met een fiets van 8kg over een afstand van 1000km	52
Figuur 46:milieu-impact voor luchttransport van de huidige verpakking met een fiets van 8kg over een afstand van 1000km	52
Figuur 47:milieu-impact voor luchttransport van de nieuwe verpakking met een fiets van 8kg over een afstand van 1000km	52
Figuur 48:momentele verpakkingswijze	55
Figuur 49:geometrie van het frame	58
Figuur 50: plaatsing van de voorvork ten opzichte van het frame	60
Figuur 51:voorvorkdoos	60
Figuur 52:uiteindelijke voorvorkdoos	61
Figuur 53: voorbeeld van een kartonnen buffer	62
Figuur 54: balhoofdbeschermer.....	62
Figuur 55: achterbrugbeschermer.....	63
Figuur 56: prototype van de verpakking	64
Figuur 57:verpakkingswijze	64
Figuur 58: foto van de trilproeven	66
Figuur 59:klimaatkast	67
Figuur 60:valtest van de frameforksetverpakking op de hoek	67
Figuur 61:foto van de doos na de testen	68
Figuur 62:foto van de frameforkset in de doos na de testen	68
Figuur 63:foto van de balhoofdbeschermer na de testen	69
Figuur 64:foto van het opgehangen bracket in de vorkdoos na de testen.....	69
Figuur 65:foto van de vorkdoos na de testen	70
Figuur 66:foto van de achterbrug na de testen	70
Figuur 67:foto van de voorvork waar deze met de kabelbinder was vastgemaakt.....	71
Figuur 68: foto van de bovenkant van de voorvork na de testen	71
Figuur 69:ecoanalyse van de productie van de huidige verpakking	72
Figuur 70:ecoanalyse van de verwerking van de huidige verpakking.....	72
Figuur 71:ecoanalyse van de productie van ontworpen verpakking	72
Figuur 72:ecoanalyse van de verwerking van de ontworpen verpakking.....	72
Figuur 73: milieu-impact van het vrachtwagentransport over een afstand van 1000km voor de huidige verpakking met een frameforkset van 2kg.....	73
Figuur 74:milieu-impact van het luchttransport over een afstand van 1000km voor de huidige verpakking met een frameforkset van 2kg	73
Figuur 75:milieu-impact voor 1000km luchttransport voor een frameforkset van 2kg in de huidige verpakking	74
Figuur 76:milieu-impact voor 1000km luchttransport voor een frameforkset van 2kg in de nieuwe verpakking	74
Figuur 77:abeelding van de ontworpen dozenklem	76
Figuur 78:2D tekening van het lichtgordijnkader.....	95

Verklarende woordenlijst

Achterbrug	deel van het frame waar het achterwiel in gemonteerd wordt
Air sealed zal	een zak die wordt gevuld met 2 componenten polyurethaan
Balhoofd	gat in het frame dat voorzien is om de voorvork in te monteren
Bracket	gat in het frame dat voorzien is om de trapas in te monteren
Derailleur	schakelmechanisme dat de ketting van positie doet veranderen
Custom lakking	gepersonaliseerde lakking
Frameforkset	een samen horende fietskader en voorvork
Sailsorder-nummer	nummer die wordt toegekend aan een bestelling
Shifter	onderdeel op het stuur waar zowel de rem al het schakelmechanisme in verwerkt is
Spacers	opvullingen om onder of boven de stuurpen te plaatsen zodat de voorvork vast zit
Stuurpen	verbindt het stuur met de voorvork

Abstract

Deze masterproef bekijkt welke verbeteringen er mogelijk zijn voor het verpakkings- en bijhorende verzendingsproces van fietsen en frameforksets voor het bedrijf Race Productions NV. Dit door procesanalyses ,re-designs van verpakkingen en het ontwerp van een dozenklem.

De eerste doelstelling is om de doorlooptijd van het verzendingsproces te verlagen. Door middel van Value Stream Mappings worden de niet waardetoevoegende processtappen in kaart gebracht. De nodige tijd per fiets is verkort met ongeveer 3 minuten.

Daarnaast is een fietsverpakking ontworpen waarin alle fietsen kunnen worden verpakt. Door een kostenanalyse te maken werd duidelijk waar de grootste kosten zich bevonden. Het doosvolume blijkt de grootste invloed te hebben. Dit volume is door de voorgestelde aanpassingen verlaagd met 24%.

Aangezien er voor de frameforksets nog geen standaard verpakking was, is hiervoor een universele verpakking ontworpen. Een programma is geschreven dat op basis van de geometrie de nodige afmetingen en de optimale hoek van het frame berekend. Om het verpakken te vereenvoudigen en te versnellen is er een mal ontworpen. Hierdoor wordt de verpakkingstijd met 23 seconden ingekort.

Tenslotte werd er volgens de werkwijze van morfologisch overzicht-concept-ontwerp een dozenklem ontworpen voor tijdens het dichtnieten van de dozen. Naast de verhoogde efficiëntie en bijhorende tijds winst levert deze klem ook een ergonomische verbetering op.

Op jaarbasis kunnen de voorstellen uit deze thesis het bedrijf een kostenreductie van €97 000 opleveren.

Abstract in het Engels

This master's thesis investigates what kind of improvements are possible for the packaging and there shipment processes of the bikes and frameforksets for the company Race Productions NV. This will be accomplished through process analyses, re-designs of packages and by designing a support instrument.

The first objective is to decrease the cycle time of the shipping process. By Value Stream Mappings the not-value-added-steps will be clear. The result is a decrease of 3 minutes production time by each bike.

In addition a bike packaging is designed where all bikes can fit in. By making a cost analyses, it became clear where the greatest cost was situated. The box volume turned out to have the biggest influence. After the adjustment, the volume decreased with 24%.

There was no standard packaging for the frameforksets designed yet. This had to be designed to that all the frames could be packed in the same way. A program has been written so the geometry of the frames, the necessary dimension and the best angle of the frame is calculated. A mold is designed to improve the speed and to simplify the packaging. By this the packaging time will decrease by 23 seconds.

There also needed an instrument to be designed that would improve a speed, efficiency or ergonomics in a certain step in the process. This instrument is designed with morphological analysis- concept-design. Furthermore a box clamp is designed to staple the boxes.

the proposals of tis thesis can reduce the costs of the firm with €97 000 on year basic.

1 Inleiding

1.1 Race Productions nv

Race Productions nv is beter bekend als Ridley. Het is een toonaangevend bedrijf binnen de fietsenindustrie. De focus van het bedrijf ligt op het produceren van racefietsen en crossfietsen. De nauwe samenwerking met professionele wielerteams zoals onder andere Lotto-Soudal en Marlux-Napoleon games zorgt voor een steeds verdere ontwikkeling van de fietsen. Daarnaast heeft het bedrijf ook zijn eigen merk van componenten, namelijk 4za. De hoofdzetel is gelegen te Paal. Hier werken een 70-tal werknemers. Daarnaast heeft Race Productions ook een productiefaciliteit in Moldavië, waar ongelakte frames en voorvorken worden verwerkt tot afgewerkte frameforksets of fietsen.

1.2 Onderzoeksopzet

1.2.1 Situering

In deze masterproef is er bekeken wat de mogelijke verbeteringen zijn vanaf het verpakken van de fietsen en de frameforksets tot de verzending. Hierbij worden zowel de mogelijke aanpassingen van de logistieke processen als de verpakkingen bekeken.

1.2.2 Probleemstelling

De fietsdozen zijn op dit moment niet voor alle fietsen voldoende breed. Daarnaast zijn er een 3 à 4 defecten per maand aan de voorvork door het transport. Hiervoor moet een oplossing gezocht worden zodat er geen defecten meer optreden door het transport en dat alle fietsen in de doos passen.

Bij de frameforksets is er een probleem met de grootste framematen. Bij deze frames wordt de omdoos scheef geduwd. Er moet dus een verpakking ontworpen worden zodat alle frameforksets correct verpakt kunnen worden.

1.2.3 Doelstellingen

De verpakkingen van de fietsen en frameforksets moeten voldoen aan onderstaande eisen.

- De verpakking moet zo ontworpen zijn dat de kosten minimaal zijn.
- Bij de keuze van het verpakkingsmateriaal moet de ecologische impact zo klein mogelijk gehouden worden.
- De verpakking moet een aantal testen kunnen doorstaan zonder dat de fiets beschadigd wordt:
 - o Een trilproef bij 40Hz gedurende 20 minuten met een amplitude van 2G op 3 zijden.
 - o Een valproef van 35 centimeter op 1 hoek, de aanliggende ribben en op alle zijden. Voor deze valproef de doos 48uur opgeslagen worden bij -10°C en bij 80°C.
- Het verpakken moet door 1 persoon kunnen worden uitgevoerd.

Daarnaast moet de verpakkingstijd voor een fiets minder dan 3 minuten en 50 seconden bedragen. Er moet ook een hulptool ontworpen worden om het verpakkingsproces te verbeteren. Dit kan zowel een verbetering zijn op gebied van productietijd, ergonomie of kwaliteit. Dit instrument moet voldoen aan volgende eisen.

- Het mag niet hinderen tijdens het verpakken.
- Het instrument moet voldoen aan de veiligheidsnormen.
- Het mag het verpakkingsproces niet verlengen

Daarnaast moeten de logistieke processen geoptimaliseerd worden door de niet waardetoevoegende tijd te elimineren.

1.2.4 Materiaal en methode

In het hoofdstuk procesanalyses is er beken hoe de processen geoptimaliseerd kunnen worden. Hiervoor zal er gebruik worden gemaakt van value stream mappings(processschema waarin de waardetoevoegende en de niet waardetoevoegende tijden in kaart worden gebracht). Aan de hand hiervan moet er bekeken worden hoe de processen en het systeem kan worden aangepast zodat deze worden geëlimineerd.

In het hoofdstuk re-design van de fietsverpakking worden eerst de momentele kosten in kaart gebracht. Hierna zullen de mogelijke aanpassingen bekeken worden. Wanneer deze informatie is verzameld, zal er een quality house(schema om te bepalen welke keuzes het beste zijn) opgesteld worden. Aan de hand hiervan zal er bepaald worden welke aanpassingen zullen gebeuren aan de verpakking.

In het hoofdstuk re-design van de frameforksetverpakking wordt een volledig nieuw design ontworpen. Hiervoor wordt er eerst bekeken onder welke hoek de frames het best geplaatst kunnen worden en welke afmetingen de verpakking minimaal moet hebben. Vervolgens wordt er op basis van deze gegeven een nieuw ontwerp gemaakt.

Voor de hulptool om het verpakken te verbeteren moet er eerst gekeken worden voor welke stap een instrument het meeste verbetering zal bieden. Hierna zal de hulptool ontworpen moeten worden. Dit ontwerp is gemaakt met het principe van morfologisch overzicht-concept-ontwerp.

2 Procesanalyses

2.1 Inleiding

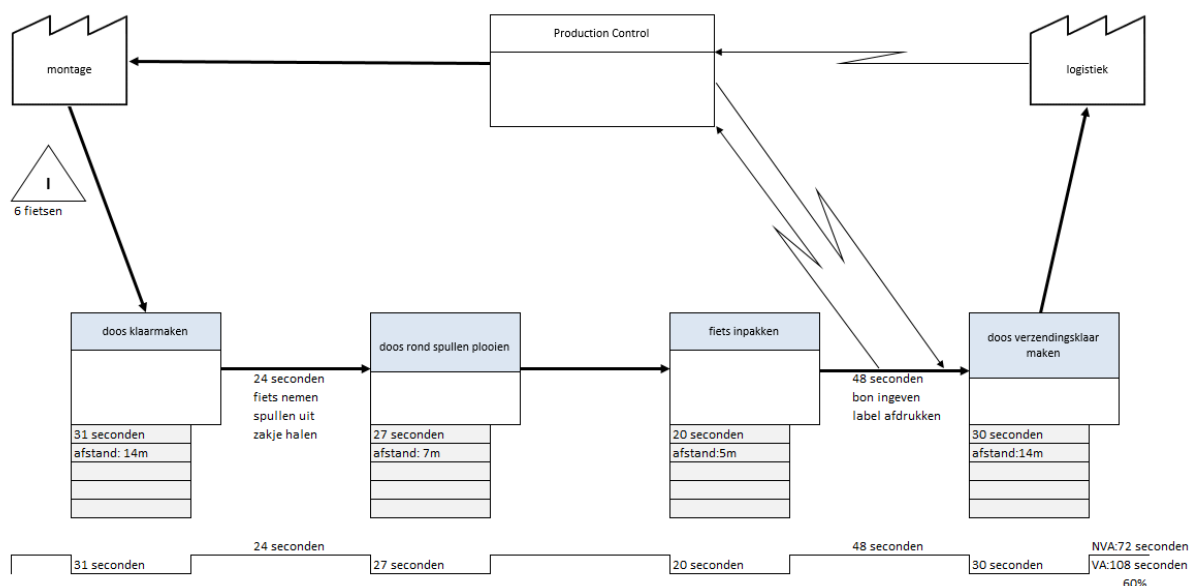
De procesanalyses zijn uitgevoerd door middel van Value Stream Mappings (VSM). VSM's geven een proces stap voor stap weer en tonen aan waar de waarde toevoegende en de niet waarde toevoegende tijd zich situeert. Hierdoor is er geweten waar de niet waarde toevoegende stappen zich bevinden. Voor deze stappen moet een oplossing gezocht worden zodat deze (gedeeltelijk) geëlimineerd worden. Als deze oplossingen volledig zijn uitgewerkt kan er opnieuw een VSM worden opgesteld. Bij deze VSM zijn de oplossingen geïmplementeerd. Dit resulteert in de Future State Value Stream Mapping (FSVSM). Deze geeft het optimale proces weer.

Deze methode is uitgevoerd op het verpakkingsproces op zich maar ook op de mogelijke stromen hierna: rechtstreekse verzending, stockage, verzendingen naar distributeurs en verzendingen voor wanbetalers.

2.2 Verpakkingsproces

2.2.1 Value stream mapping

Om de fiets te verpakking wordt eerst een doos klaargemaakt. Dit houdt in dat de onderkant van de doos wordt dicht geniet, de beschermplaten in de doos gestoken en een air sealed zak in de doos gelegd. Vervolgens wordt de fiets genomen. De fiets is voorzien van een productiebon en een zak met de niet gemonteerde onderdelen. Deze onderdelen worden vervolgens uit de zak gehaald waarna de bufferdoos errond geplooid zal worden. De volgende stap is het inpakken van de fiets zelf. Als de fiets in de doos zit wordt de productiebon ingescand om het label te genereren. Als het label afgeprint is kan het op de doos gekleefd worden en kan de doos verzendklaar worden gemaakt.



Figuur 1: VSM van het huidige verpakkingsproces

Bij het bekijken van de VSM van het verpakkingsproces is te zien dat het genereren van het label en het halen van de fiets het meeste niet waardetoevoegende tijd in beslag neemt. Het genereren van het label neemt op dit moment 48 seconden in beslag. Momenteel wordt de productiebon ingescand

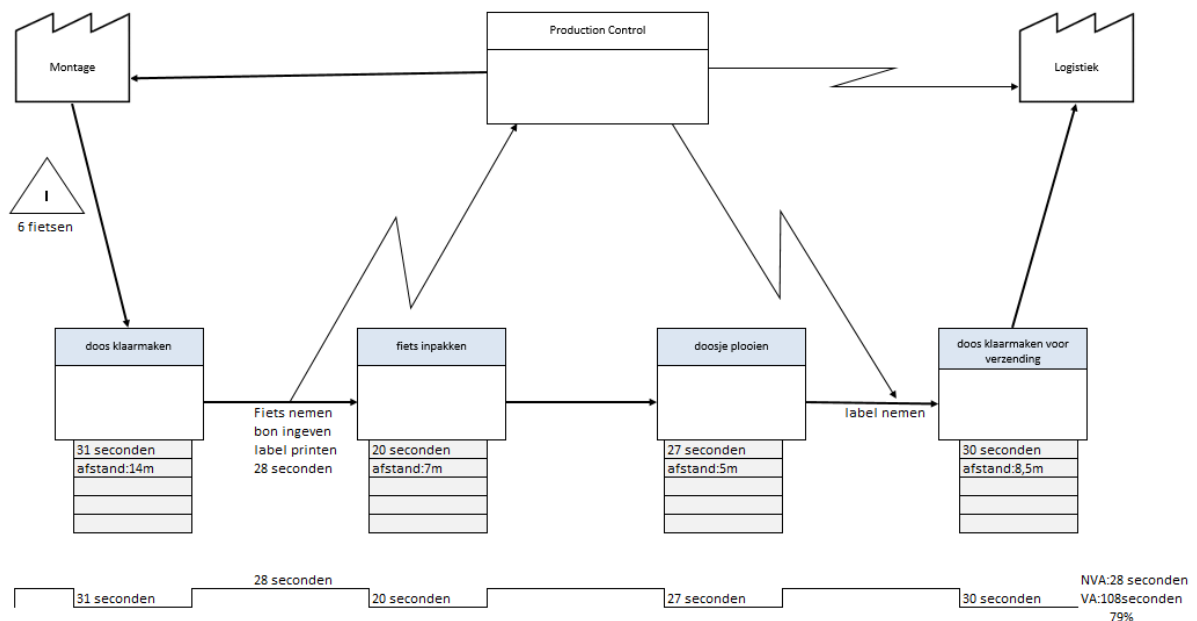
waarna nog enkele keren op enter moet gedrukt worden. Het programma is zo geschreven dat het ook mogelijk is om verschillende labels te genereren voor de zelfde bestelling. Dit wordt echter niet gebruikt en zorgt voor onnodige vertragingen. Wanneer de fiets afgemonteerd zijn worden deze op een verplaatsbare rek geplaatst. Wanneer deze vol is verplaatst men deze naar de verpakken en vult men een nieuwe rek. Het halen van de fiets duurt 17 seconden.

2.2.2 Mogelijke aanpassingen

Het genereren van het label kan gereduceerd worden tot enkele seconden. Hiervoor moet het programma zo worden aangepast dat het label automatisch gegenereerd wordt na het inscannen van de productiebon. Door deze stap uit te voeren onmiddellijk nadat de fiets gehaald wordt zal men ook niet meer moeten wachten tot het label is afgeprint. Het inscannen van de productiebon met de verplaatsingen erbij neemt op dit moment 4 seconden in beslag. Dit zal ook de nieuwe tijd zijn die het genereren van het label in beslag zal nemen.

Om de tijd voor de fiets te halen in te korten zou er een transportband kunnen worden geïnstalleerd. Deze transportband zou aan het plafond gemonteerd kunnen worden en voorzien zijn van haken. Aan deze haken kan de fiets dan opgehangen worden. Wanneer een fiets volledig gemonteerd is kan deze aan de haak gehangen worden. De transportband brengt dan de fiets tot bij de verpakker. Aangezien deze aanpassing 17 seconden per fiets bespaard zal de terugverdientijd hoger liggen als een half jaar. Dit betekent dat de investering niet rendabel zal zijn.

2.2.3 Future State value stream mapping



Figuur 2: FSVSM van het verpakkingsproces

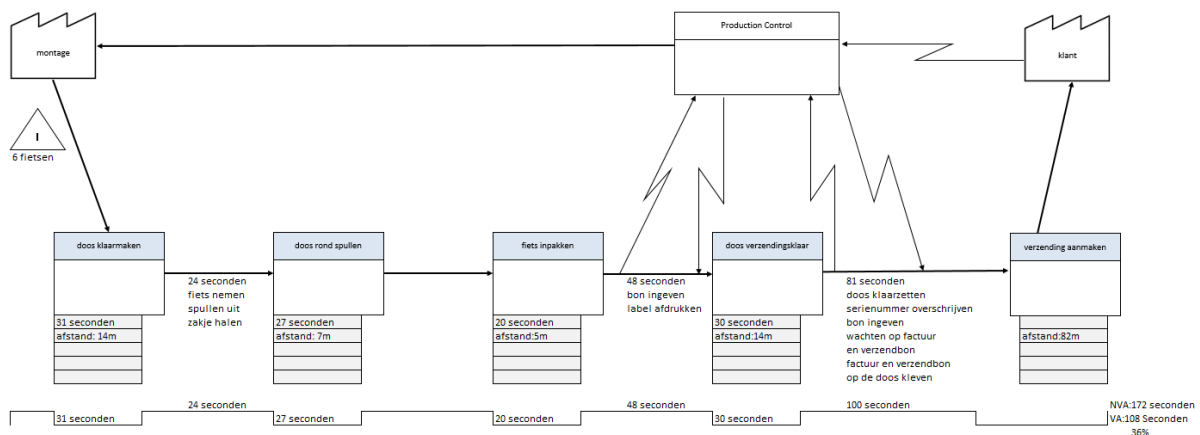
Door de aanpassing van het genereren van het label toe te passen zal deze stap nog 4 seconden in beslag nemen. Dit betekent een tijdsbesparing van 44 seconden. Per jaar moeten er ongeveer 18 000 fietsen verpakt worden. De totale tijdsbesparing op jaarbasis bedraagt dus ongeveer 220 werkuren. Met een arbeidskost van €35 per uur komt dit neer op jaarlijkse kostenbesparing van €7 700.

2.3 Rechtstreekse verzending

Deze stroom wordt doorlopen door de fietsen die geproduceerd worden op bestelling en omvat ongeveer 90% van de fietsen.

2.3.1 Value stream mapping

De fietsen die geproduceerd worden op bestelling worden na het verpakken naar de plaats voor verzending gebracht waarna de verzending wordt aangemaakt. Voor de verzending aangemaakt wordt, wordt het serienummer overgeschreven op het label. Hierna neemt men de productiebon mee om deze in te geven. Als de productiebon ingegeven is krijgt degene die de factuur opstelt en de verzendbon aanmaakt een signaal dat de fiets klaar is voor verzending. De verzendbonnen worden afgedrukt in het kantoor van de mensen die verantwoordelijk zijn voor het logistieke gedeelte. Voor de facturen wordt er gewacht tot er een aantal facturen opgesteld zijn. Deze worden gezamenlijk afgedrukt, geplooid en in enveloppen gestoken. Als dit gebeurd is worden deze naar het kantoor van de logistiek gebracht. Hier worden dan de facturen en de verzendbonnen gesorteerd. Vervolgens wordt de factuur en de verzendbon op de doos gekleefd en kan de fiets afgehaald worden.



Figuur 3: VSM van de huidige stroom voor rechtstreekse verzending

2.3.2 Mogelijke aanpassingen

2.3.2.1 doos naar de verzendplaats brengen

Het verplaatsen van de dozen naar de verzendplaats neemt momenteel ongeveer 25 seconden in beslag. Hiervoor zou een transport geïnstalleerd kunnen worden. Dit is echter minder evident vanwege de inrichting en aangezien deze stroom niet door alle fietsen doorlopen wordt. Hierdoor zou dit hinderlijk zijn voor andere stappen stromen.

2.3.2.2 Serienummer overschrijven

Deze stap zou volledig geëlimineerd kunnen worden. Het serienummer wordt op dit moment overgeschreven van de productiebon op het label. Bij het aanmaken van een fiets wordt Het serienummer toegekend aan de fiets. Deze wordt pas geactiveerd nadat de verzending is aangemaakt. Wanneer deze onmiddellijk geactiveerd zou worden kan Het serienummer automatisch op het label worden gedrukt. Hiervoor moet er wel een aanpassing gebeuren in het systeem en in het programma

voor het label te genereren. Deze stap neemt op dit moment een 10 seconden per fiets in beslag. Deze besparing kan toegepast worden op alle fietsen aangezien deze stap bij elke stroom gebeurt. Hierdoor zal deze besparing een 50 uur per jaar opleveren wat overeen komt met een besparing van €1 750. Daarnaast wordt hierdoor ook voorkomen dat hierbij een menselijke fout gebeurt.

2.3.2.3 productiebon ingeven

Nadat Het serienummer is overgeschreven wordt de productiebon van de doos gehaald en vervolgens ingegeven in het systeem. Dit gebeurt momenteel volledig handmatig.

- Bon van de doos halen: 15seconden
- Bon ingeven: 20seconden

Het systeem geeft dan het signaal aan de mensen van de boekhouding dat deze fiets klaar is. Dit dient te gebeuren om de verzending aan te maken en de factuur op te stellen.

Een mogelijkheid om dit deels op te lossen is door hiervoor een scanner te installeren en een programma te schrijven. Dit zou het ingeven van de bon wel aanzienlijk verkorten maar het elimineert niet de volledige stap.

Een andere mogelijkheid is om het systeem aan te passen zodat dit signaal wordt doorgegeven bij het inscannen van de productiebon bij het verpakken. Hierdoor zal deze volledige stap wegvallen. Dit komt neer op een tijdsbesparing van 157.5 uur op jaarbasis wat overeenkomt met een jaarlijkse besparing van €5 500.

2.3.2.4 wachten op factuur en verzendbon

Als de boekhouding het signaal krijgt dat er een fiets klaar is, wordt de verzending aangemaakt en de factuur opgesteld. Wanneer een aantal facturen zijn opgesteld worden deze samen afgedrukt, opgehaald, geplooid, in een enveloppe gestoken en naar het kantoor van de logistiek gebracht. De verzendbon wordt na het aanmaken afgedrukt in het kantoor van de logistiek.

Aangezien men weet welke fietsen er geproduceerd gaan worden, kan de factuur opgesteld worden voordat de fiets klaar is. Hierdoor kan de factuur onmiddellijk worden afgeprint als de fiets klaar is. Door de factuur af te printen op het kantoor van de logistiek zou er niet meer op de factuur gewacht moeten worden. Dit betekent dat er enkel nog gewacht zal moeten worden op het aanmaken en het afdrukken van de verzendbon. Ook het sorteren van de facturen per verzendbon valt hierdoor weg. De tijd tussen dat de fiets verpakt is en dat de fiets klaar is voor de verzending zal hierdoor verkorten tot de tijd dat de verzendbon is afgedrukt. Het wachten van de fiets op het verplaatsen naar de verzendplaats en het wachten tot de factuur is afgedrukt valt dus weg waardoor de doorlooptijd aanzienlijk zal verkorten.

2.3.2.5 factuur op de doos kleven

Wanneer de verzendbon is afgedrukt en de factuur beschikbaar is worden deze op de doos gekleefd. Dit neemt een 30 tal seconden in beslag. De verzendbon moet zichtbaar op de doos gekleefd zijn. Dit kan hierdoor niet worden aangepast. Hierdoor moet er enkel een oplossing gezocht worden om de factuur niet meer op de doos te kleven. Dit zal uiteindelijk wel nog een aanzienlijke tijdsbesparing opleveren. Dit omdat de facturen en verzendbonnen niet meer gesorteerd moeten worden en de factuur niet meer op de doos zal gekleefd moeten worden. Wat overeen zou komen met een tijdsbesparing.

De mogelijke oplossingen hiervoor zijn:

- Factuur verzenden met e-mail
- De factuur in de doos stoppen

2.3.2.5.1 factuur verzenden per e-mail

Door de factuur naar de klanten te sturen via e-mail vallen alle stappen weg nadat de factuur is opgesteld. Het zenden van de factuur zou automatisch gekoppeld kunnen worden aan het programma waarmee de factuur wordt opgesteld. Hierdoor komen er geen extra stappen bij. Dit zou een besparing van ongeveer 53 seconden opleveren. Daarnaast wordt er ook een enveloppe en een blad papier uitgespaard.

- Papier:€0,055
- Enveloppe:€0,032

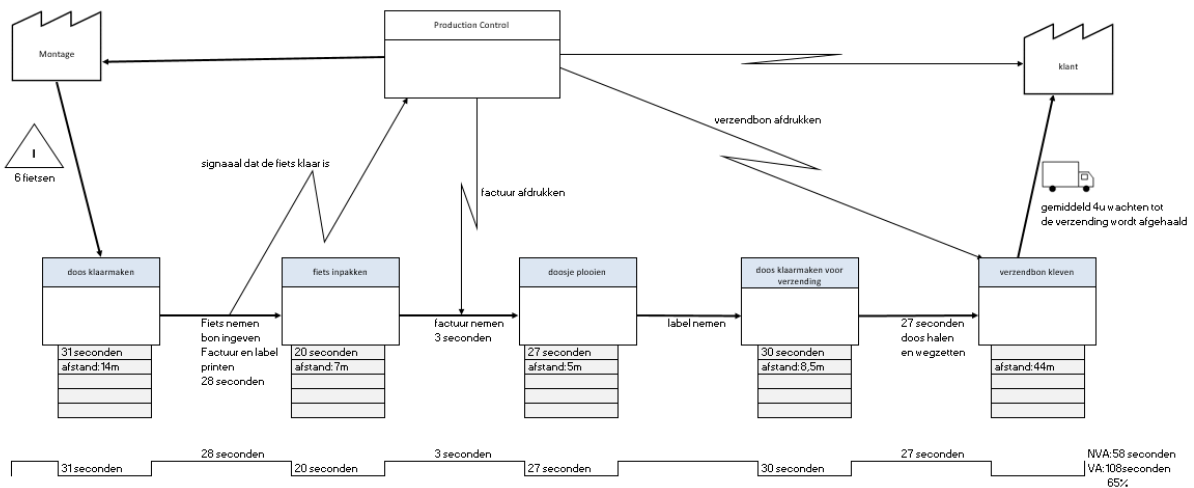
Dit zou een besparing van €9 900 op jaarbasis betekenen. Voor het doorvoeren van deze aanpassing moet wel juridisch gecontroleerd worden of dit toegelaten is.

2.3.2.5.2 factuur in de doos stoppen

De factuur kan ook in de doos met extra spullen geplaatst worden. Hiervoor zou de printer voor de factuur bij de verpakker geplaatst moeten worden. Wanneer de productiebon in wordt gescand moet het systeem nu ook het signaal geven dat de factuur moet worden afgeprint. Dit zou er wel voor zorgen dat de verpakkingstijd met 3 seconden stijgt. In arbeidstijd zorgt dit voor 50 seconden besparing doordat de factuur niet meer geplooid, in een enveloppe gestoken en op de doos gekleefd worden. Wat een besparing op jaarbasis van €8 000 zou betekenen.

Het systeem zal wel een melding aan de verpakker moeten geven of de fiets bestemd is voor een rechtstreekse verzending, een distributeur of voor stockage. Zo weet de verpakker of er een factuur in de doos moet zitten of niet. Deze melding zou eventueel kunnen worden weergegeven in een kleur of een symbool om dit zo eenvoudig mogelijk te houden.

2.3.3 Future value stream mapping



Figuur 4: FVSM van de rechtstreekse verzending

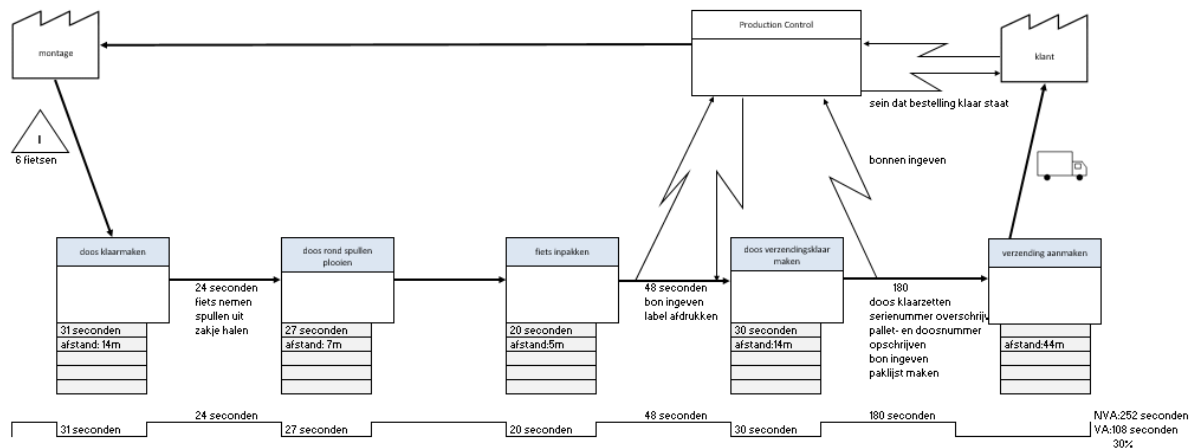
Wanneer de fiets gehaald wordt om deze te verpakken zal men eerst de productiebon inscannen. Hierdoor krijgt het systeem het signaal dat deze fiets klaar is. Zo kan het label gegenereerd worden en de factuur worden afgedrukt. Bij de boekhouding krijgen ze het signaal dat de verzending kan worden aangemaakt. Wanneer de verzendbon wordt afgedrukt bij logistiek kunnen ze aan de hand van de serienummer achterhalen over welke fiets het gaat. Hierna moet enkel de verzendbon nog op de doos gekleefd worden en moet de doos naar de plaats van verzending worden gebracht. Voor het logistieke gedeelte zal dit uiteindelijk een besparing aan arbeidstijd betekenen van 93 seconden per fiets. De financiële besparing op jaarbasis zal €15 000 bedragen. Daarnaast zijn ook de wachttijden bijna volledig weggewerkt door een pull systeem te creëren. De wachttijd tot de doos na het verpakken wordt afgehaald wordt gereduceerd tot de tijd tussen dat de fiets is verpakt en dat de verzendbon is afgedrukt. De tijd voor het wachten op de factuur en de verzendbon is volledig geëlimineerd.

2.4 Verzending voor distributeurs

De fietsen die bestemd zijn voor distributeurs doorlopen grotendeels de zelfde stroom als de fiets voor rechtstreekse verzendingen. Voor deze verzendingen moet echter wel een paklijst opgesteld worden wanneer de volledige bestelling klaar is. 1 verzending bedraagt 128 fietsen.

2.4.1 Value stream mapping

Om de paklijst op te stellen wordt op elke doos een nummer geschreven en wordt aan elke pallet een nummer toegekend. Deze nummers worden vervolgens op iedere productiebon overgeschreven. De productiebonnen worden vervolgens van de dozen gehaald en per sailsorder-nummer gesorteerd. Het sorteren van de productiebonnen is ter vergemakkelijking van het opstellen van de paklijst. In deze paklijst zijn alle sailsorder-nummers en serienummers reeds weergegeven. Hierbij moet bij elke fiets het doosnummer, palletnummer en grote van de doos worden ingegeven. Dit neemt momenteel ongeveer een volledige werkdag per paklijst in beslag.



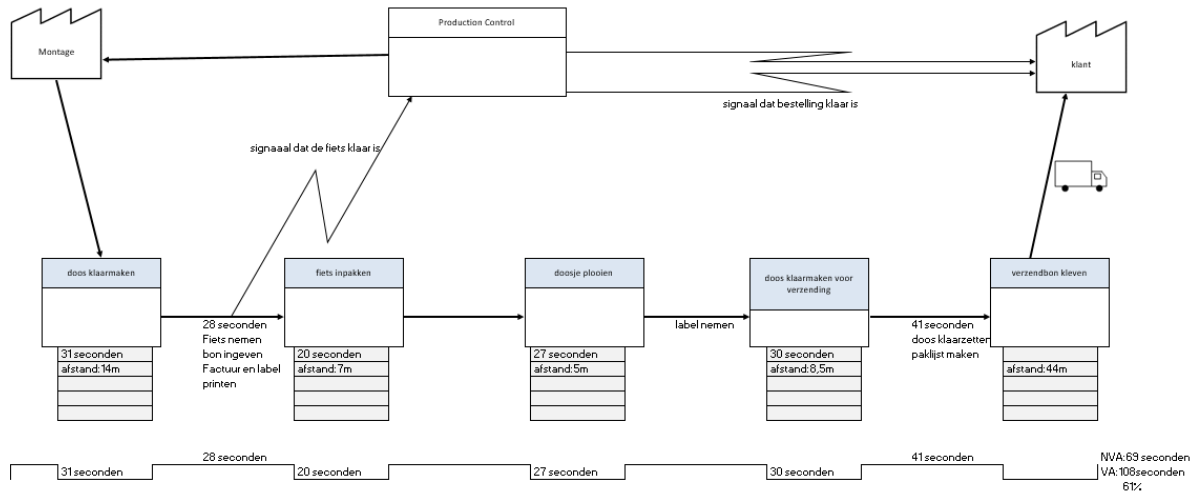
Figuur 5: VSM van het huidige proces van fietsen voor de distributeursverzending

2.4.2 Mogelijke aanpassingen

Het automatisch laten genereren van de paklijst zou voor deze stroom een aanzienlijke verbetering betekenen. Dit is mogelijk met een scanner die voorzien is van toetsen. Men moet nog wel op iedere doos en iedere pallet een nummer schrijven maar deze moeten niet meer worden overgeschreven op de productiebonnen. Elke fiets moet in worden gescand en bijhorende pallet-, doosnummer en doosmaat moeten worden ingegeven. Voor de grote van de dozen kan aan elk type doos een nummer worden toegekend zodat enkel dit nummer moet worden ingegeven. Wanneer alle fietsen zijn ingescand worden de gegevens ingeladen in de computer. Deze kan dan aan de hand van de gegevens de paklijst automatisch genereren.

Dit zou de nodige tijd om de paklijst aan te maken kunnen verkorten tot een half uur. Wanneer dit verrekend zou worden naar arbeidsuren per fiets zou met deze stap 139 seconden per fiets bespaard worden. Voor een 7000 tal fietsen per jaar betekent dit een totale tijdsbesparing van 270 uur oftewel een besparing van €9 450.

2.4.3 Future value stream mapping



Figuur 6: FSVSM van distributeurverzendingen

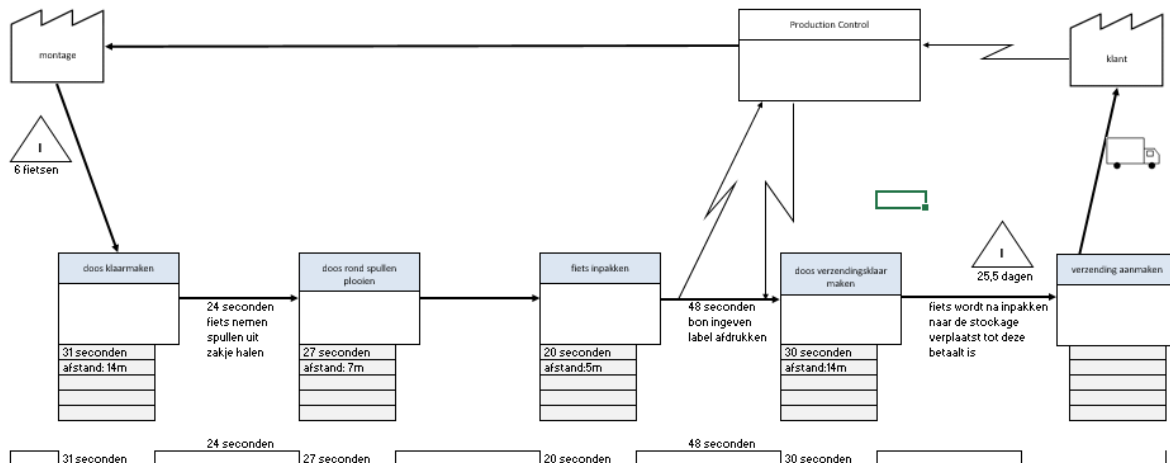
In deze VSM zijn de aanpassingen voor de rechtstreekse verzendingen samen met de aanpassingen voor de verzendingen voor distributeurs toegepast. Nadat de fiets verpakt is krijgen de mensen van de logistiek een signaal dat de fiets klaar is. Deze zal naar de plaats van verzending worden gebracht. Wanneer alle fietsen van de bestelling klaar zijn wordt er een signaal gestuurd dat de paklijst opgesteld mag worden. Hiervoor moeten nu enkel de fietsen in worden gescand en de palletnummers, doosnummers en doosformaten worden ingegeven. Vervolgens wordt de scanner uitgelezen en kan de paklijst automatisch gegenereerd worden.

2.5 Verzending voor wanbetalers

2.5.1 VSM van de stroom voor wanbetalers

Wanneer er bestellingen van wanbetalers binnenkomen worden deze fietsen geproduceerd en gestockeerd tot de bestelling betaald is. Vanaf het ogenblik dat de bestelling betaald is wordt de verzending in orde gemaakt.

De stockagetijd bij deze bestellingen bedraagt momenteel ongeveer 25.5 dagen per fiets. Zo staan er ongeveer 55 fietsen op hun betaling te wachten. Dit neemt dus een aanzienlijke ruimte in.



Figuur 7: VSM van het huidige proces van fietsen die bestemd zijn voor wanbetalers

2.5.2 mogelijke aanpassing

Door De fietsen pas te produceren nadat de factuur betaald is zou deze stroom wegvallen. deze fietsen komen dan in de stroom van de rechtstreekse verzending terecht. Hierdoor komt de ruimte waar de fietsen momenteel zijn opgeslagen vrij en zal de cashflow stijgen. De doorlooptijd voor een fiets met standaard lakking bedraagt 4 à 5 dagen. Voor een custom lakking bedraagt dit ongeveer 4 tot 5 weken. Deze tijden zijn de tijden dat de klant langer op de fiets zal moeten wachten.

2.6 Fietsen voor stockage

Voor deze stroom zal ook het serienummer automatisch op het label gedrukt worden. Andere aanpassingen gebeuren aan deze stroom niet.

2.7 Besluit

Door de VSM's zijn de niet waardetoevoegende stappen duidelijk geworden. Voor bijna al deze stappen is er een oplossing gevonden. Enkel het verplaatsen van de fietsen en de dozen kan best behouden blijven. Door deze aanpassingen zal zowel de doorlooptijd als de arbeidstijd sterk dalen.

De doorlooptijden zijn niet opgenomen in de procesanalyses aangezien de fietsen pas aan het eind van de dag opgehaald worden. Hierdoor zal de uiteindelijke doorlooptijd toch gelijk blijven.

Door de fiets van de wanbetalers te produceren nadat ze betaalt zijn komen deze fietsen in de stroom van de rechtstreekse verzending terecht.

In tabel 1 zijn de besparingen per stroom terug te vinden. Hierbij zijn de besparingen van de stroom van de wanbetalers reeds bijgeteld bij de rechtstreekse verzending.

Tabel 1: besparingen op arbeidstijd

	Tijd per fiets	Tijd op jaarbasis	Bedrag op jaarbasis
Verpakkingsproces	44 seconden	220uur	€7 700
Rechtstreekse verzending	93 seconden	418,5uur	€15 000
Verzending voor distributeurs	139 seconden	270uur	€9 450
totaal		908,5uur	€32 150

3 Re-designs van de fietsverpakkingen

3.1 Momentele verpakkingwijze

Voor het verpakken van de fiets gebeuren enkele handelingen. Eerst maakt men de doos. Deze is reeds voor geplooid en dienen enkel nog dicht te worden geniet. Men niet eerst de onderkant dicht. Vervolgens draait men de doos om en plaatst men een air sealed zak onder aan de doos, waar uiteindelijk de voorvork zal geplaatst worden. Vervolgens neemt men de fiets en haalt men het voorwiel eruit. Op de voorvork wordt dan een voorvorkbeschermer geplaatst. Deze dient samen met de air sealed zak, onderaan de doos, om de voorvork te beschermen. Vervolgens plaatst men de fiets is de doos. Hierna wordt er nog een air sealed zak voor de fiets geplaatst om te voorkomen dat het stuur door de doos zou duwen of dat de schifter beschadigd zou worden. Vervolgens plaatst men het voorwiel tussen de doos en het beschermkarton aan de zijde van de derailleurs. Op de as van het voorwiel zijn 2 voorwielbeschermers aangebracht om te voorkomen dat de as door het karton zou scheuren. Hierna plaatst men de bufferdoos achter de fiets. Deze doos heeft een schuine zeiden waardoor de fiets klemt als deze doos wordt aangeduwd. Tenslotte niet men de doos dicht en is de fiets verpakt.



Figuur 8: momentele verpakkingmethode

3.2 Eisenpakket

De verpakking van de fietsen moet voldoen aan een aantal eisen. Deze eisen zij staan hier onder opgelijst :

- De verpakking moet zo ontworpen zijn dat de kosten minimaal zijn.
- Bij de keuze van het verpakkingmateriaal moet de ecologische impact zo klein mogelijk gehouden worden.
- De verpakking moet een aantal testen kunnen doorstaan zonder dat de fiets beschadigd wordt:
 - Een trilproef bij 40Hz gedurende 20 minuten met een amplitude van 2G op 3 zijden.
 - Een valproef van 35 centimeter op 1 hoek, de aanliggende ribben en op alle zijden. Voor deze valproef zal de doos 48uur opgeslagen worden bij -10°C en bij 80°C.
- De tijd om 1 fiets te verpakken moet minder zijn dan 3minuten en 50 seconden.
- Het verpakken moet door 1 persoon kunnen worden uitgevoerd

3.3 Kostenanalyse

Om te achterhalen op welke kosten een verandering van de verpakking een invloed heeft en waar de grootste kosten zich bevinden is er eerst een kostenanalyse uitgevoerd. Hierbij worden de materiaal-, de arbeids-, de verzendingskosten en de kosten door defecten bekeken.

3.3.1 Materiaalkosten

Het verpakkingsmateriaal bestaat op dit moment uit een doos, 2 beschermplaten, een bufferdoos, 2 zakken air sealed, een voorvorkbeschermer en 2 voorwielbeschermers.

- Doos:€4,054
- Beschermplaat:€0,557
- Bufferdoos: €0,619
- Zak air sealed:€0,95
- Voorvorkbeschermer:€0,10
- Voorwielbeschermers:€0,493

De totale verpakkingskost per fiets bedraagt op dit moment €8,28.

3.3.2 Arbeidskosten

Het verpakken van de fiets neemt op dit moment ongeveer 3 minuten in beslag. Door de aanpassingen uit de procesanalyses kunnen we deze tijd al inkorten tot 2 minuten en 16 seconden. Wat neerkomt op een verpakkingskost van €1,32 per fiets. Bij de aanpassingen van het verpakken dient er wel rekening gehouden te worden dat de totale verpakkingstijd van deze stap niet meer als 3 minuten en 15 seconden mag bedragen. Als deze tijd zou verhogen is de tijd boven de 2 minuten en 16 seconden de bijkomende arbeidskost.

3.3.3 Verzendkosten

Bij het verzenden zijn er 3 mogelijkheden. Enerzijds zijn er de verzendingen per DHL Europlus outbound. Dit zijn de verzendingen binnen het Europese vaste land. Anderzijds zijn er de verzendingen met DHL EXPRESS WORLDWIDE. Dit zijn de verzendingen buiten het Europese vaste land. En tenslotte zijn er de verzendingen voor distributeurs. Deze verzendingen worden geregeld en betaald door de distributeurs zelf. Dit gebeurt door een vrachtwagen waar momenteel 16 paletten oftewel 128 fietsen op geladen kunnen worden. Met deze verzending wordt verder geen rekening gehouden aangezien dit niet zal bijdragen tot een besparing.

3.3.3.1 Verzendingen binnen het Europese vaste land

De verzendingen binnen het Europese vasteland gebeuren per gewicht. Deze verzendingen gebeuren per vrachtwagen. Iedere verzending wordt aangemaakt voor een gewicht van 15kg. De kosten van de verzending zijn afhankelijk van de zone van het land (bijlage 1). Aan elk land is een zone toegekend (bijlage 2). Verzendingen met DHL Europlus Outbound zijn mogelijk voor landen in zone 0 t.e.m. 6. Er zal pas een besparing gerealiseerd worden wanneer het totale gewicht minder als 10kg bedraagt. Dit is praktisch niet realiseerbaar aangezien het gewicht van de fietsen varieert van 6,8kg tot 9kg. De verpakking op zich heeft op dit moment een gewicht van 5,9kg. Dit betekent dat het maximale gewicht 14,9kg bedraagt. Bij het aanpassen van de verpakking moet er dus rekening gehouden worden dat de verpakking zeker niet zwaarder mag worden.

3.3.3.2 Verzendingen buiten het Europese vaste land.

De kosten voor de verzendingen buiten het Europese vaste land worden bepaald door het volumetrische gewicht en de zone van het land(bijlage 2). Het volumetrische gewicht wordt berekend door het volume te delen door 5000. Het volumetrische gewicht van de fietsverpakkingen bedraagt op dit moment 89,1kg. Dit zal afgerond worden naar 89,5kg aangezien de verzendkost wordt berekend per halve kilogram.

$$\text{volumetrisch gewicht} = \frac{\text{lengte} \times \text{breedte} \times \text{hoogte}}{5000} = \frac{165 \times 30 \times 90}{5000} = 89.1$$

De verzendingskosten voor dit volumetrisch gewicht voor de verschillende zones wordt weergegeven in onderstaande tabel. Tot welke zone een bepaald land behoort is terug te vinden in bijlage 2.

Tabel 2: momentele verzendkosten per zone zonder brandstoftoelage

kg\zone	7	8	9	10	11	12
89,5	€222,67	€319,28	€292,72	€320,67	€405,48	€607,93

Op deze verzendingskosten moet wel een brandstoftoelage verrekenend worden. Op het moment dat de berekeningen zijn uitgevoerd bedroeg dit 11%. Wanneer we dit verrekenen geeft dit volgende bedragen.

Tabel 3: momentele verzendkosten per zone met brandstoftoelage

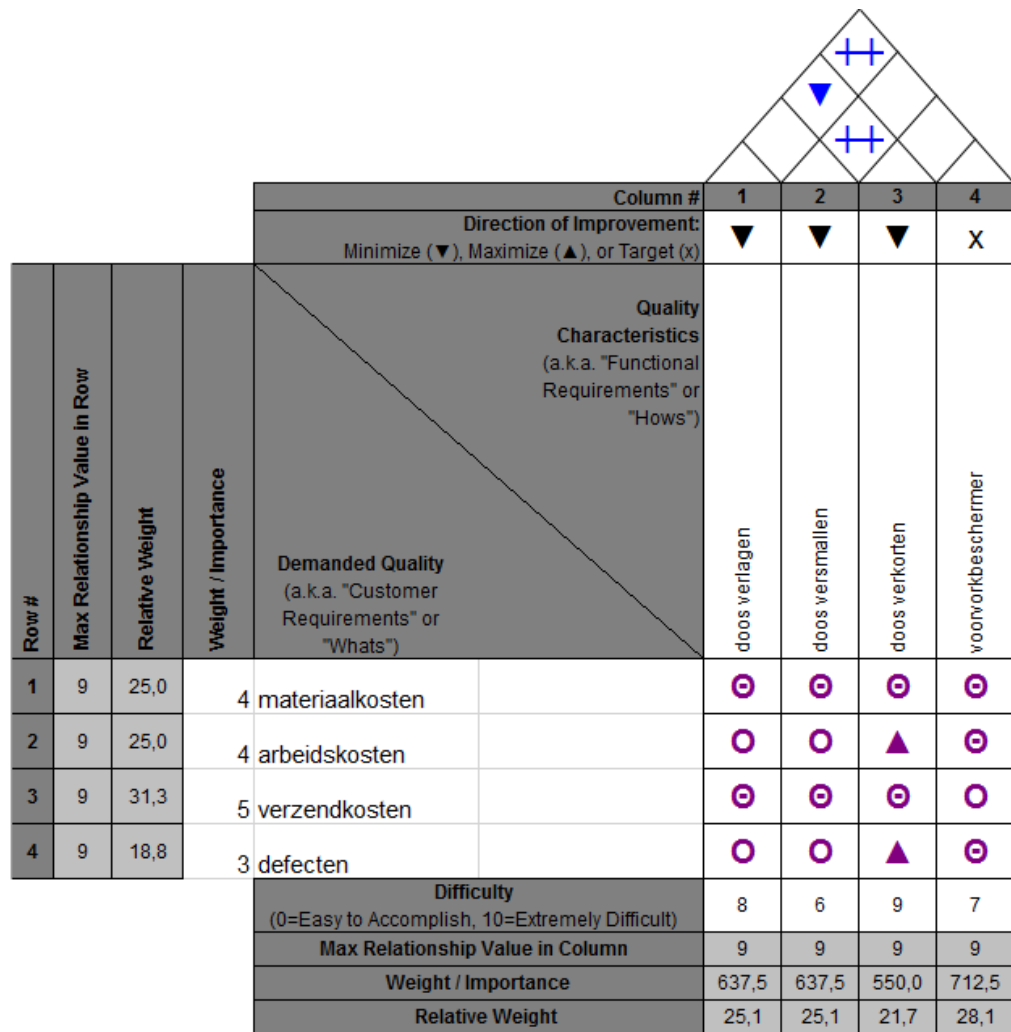
kg\zone	7	8	9	10	11	12
89,5	€247,16	€354,40	€324,92	€355,94	€450,08	€674,80

Als het gewogen gemiddelde van de verzendingskosten berekenen ,aan de hand van de verkoopgegevens van vorig jaar, bekomen we een verzendingskost van €260,42. Per jaar worden er zo een 775 tal fietsen verzonden. Als deze kost verdeelt wordt over alle fietsen bedraagt dit €11,21.

3.3.4 Kosten door defecten

Momenteel zijn er een 3 à 4 defecten per maand door een beschadiging van de voorvorken. De kost van een voorvork bedraagt €150 tot €450 euro. De voorvorken zijn meestal beschadigd aan de onderkant. Dit komt doordat de voorvorkbeschermer los komt. Bij een val scheurt de voorvork hierdoor door de doos. Deze kost ligt tussen de €5 400 en de €16 200. De beschadigde voorvorken zijn meestal wel de goedkopere voorvorken waardoor deze kost eerder rond de €5 500 zal liggen.

3.4 Quality house



Figuur 9: Quality house

Legend		
⊖	Strong Relationship	9
○	Moderate Relationship	3
▲	Weak Relationship	1
++	Strong Positive Correlation	
+	Positive Correlation	
-	Negative Correlation	
▼	Strong Negative Correlation	
▼	Objective Is To Minimize	
▲	Objective Is To Maximize	
X	Objective Is To Hit Target	

Figuur 10:legende van het quality house

Aan de hand van een quality house kan er bepaald worden welke aanpassingen er best gebeuren. Links van de tabel staan de verschillende kosten. Deze hebben elk een "gewicht" die de maat van belangrijkheid van deze kosten weergeeft. Dit is weergegeven door een getal van 1 tot en met 5 waarbij 1 een heel kleine invloed weergeeft en 5 een zeer grote. Boven de tabel staan de mogelijke aanpassingen. In de piramide boven de aanpassingen is weergegeven hoe deze aanpassingen te combineren zijn. In de tabel zelf is er weergegeven welke invloed de aanpassing heeft op de kosten.

Onder de tabel geeft de eerste rij de moeilijkheid om de aanpassing toe te passen weer. De 3^{de} en 4^{de} rij geven de effectiviteit van de besparing van de aanpassing weer. Hieruit blijkt dat de aanpassing van de voorvorkbeschermer het grootste effect zal hebben. Voor de aanpassingen aan het volume zorgt het verlagen en versmallen van de doos voor het meeste besparingen. Het verkorten van de doos zal voor de minste besparing zorgen aangezien hiervoor het stuur gedemonteerd zou moeten worden. Dit zou de arbeidskosten en de kans op defecten verhogen. Het verlagen en verkorten van de doos zou elkaar tegenwerken. Dit komt doordat er dan geen plaats meer zou zijn om de bufferdoos te plaatsen.

3.5 Mogelijke aanpassingen

3.5.1 Voorvorkbeschermer

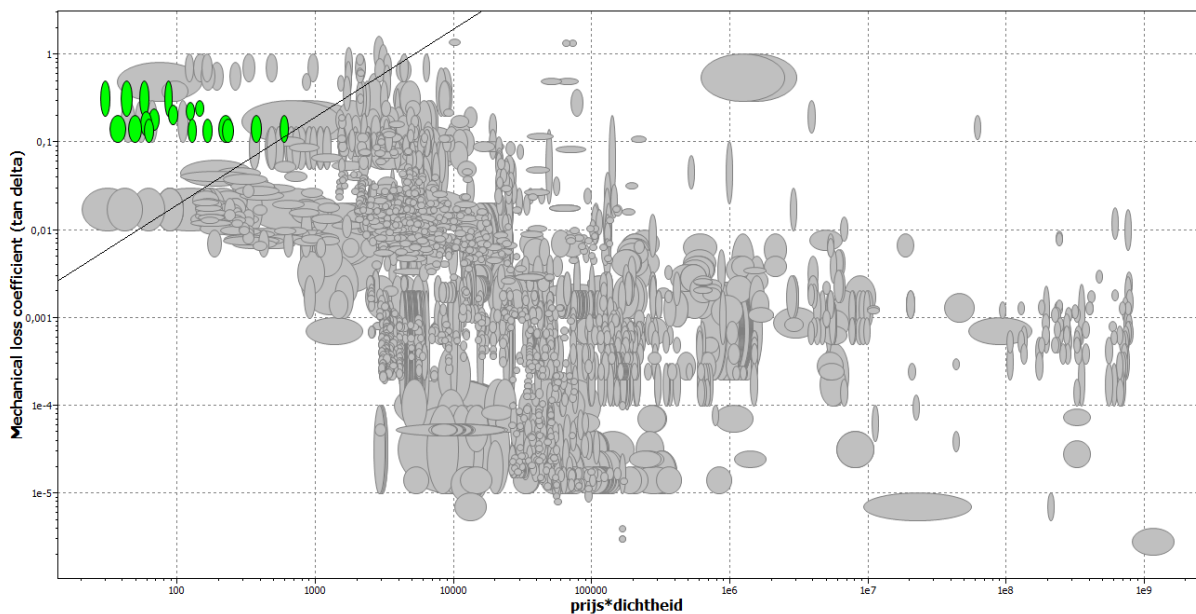
Om te voorkomen dat de voorvork beschadigd zou worden tijdens het transport is er een standaard voorvorkbeschermer uitgewerkt. Om te bepalen welk materiaal hiervoor best gebruikt wordt is er gebruik gemaakt van CES EDUPACK.

Aan de hand van de eisenpakket weten we dat het materiaal zijn eigenschappen moet behouden bij een temperatuur van -10°C tot 80°C . Hiervoor zijn het minimum smeltpunt, maximale glastemperatuur en de minimale en maximale service temperatuur ingevuld.

	Minimum	Maximum	
Melting point	<input type="text" value="90"/>	<input type="text"/>	$^{\circ}\text{C}$
Glass temperature	<input type="text"/>	<input type="text" value="-20"/>	$^{\circ}\text{C}$
Maximum service temperature	<input type="text" value="80"/>	<input type="text"/>	$^{\circ}\text{C}$
Minimum service temperature	<input type="text"/>	<input type="text" value="-10"/>	$^{\circ}\text{C}$
Thermal conductivity	<input type="text"/>	<input type="text"/>	$\text{W}/\text{m}\cdot^{\circ}\text{C}$
Specific heat capacity	<input type="text"/>	<input type="text"/>	$\text{J}/\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C}$
Thermal expansion coefficient	<input type="text"/>	<input type="text"/>	$\mu\text{strain}/^{\circ}\text{C}$


















Figuur 11: thermische vereisten

Het materiaal moet zo veel mogelijk energie kunnen absorberen, voldoende flexibel zijn en zo goedkoop mogelijk. Wanneer we deze eigenschappen uitzetten krijgen we onderstaande diagrammen. Het materiaal moet zoveel mogelijk energie kunnen absorberen zodat trillingen en schokken gedempt worden. Hierdoor worden beschadigingen van de voorvork tot het minimum beperkt.



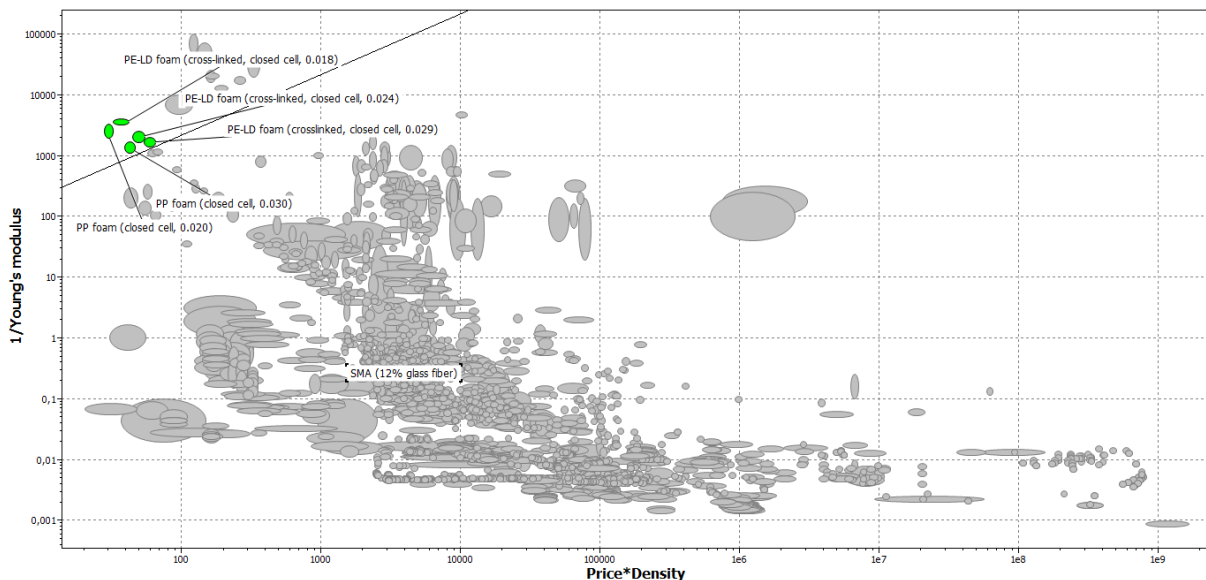
Figuur 12: grafiek energieabsorptie/prijs per volume

In bovenstaand diagram wordt de energieabsorptie weergegeven op de y-as en de materiaalkost per volume op de x-as. In de linker bovenhoek zijn de materialen te vinden die het meest geschikt zijn. De diagonale lijn geeft het criteria weer waaraan de materialen moeten voldoen. De gebieden die groen gekleurd zijn geven een materiaal weer dat voldoet aan alle eisen. Deze materialen worden weergegeven in onderstaande lijst. Deze lijst bestaat uitsluitend uit polymerschuimen.

-  PE foam (cross-linked, closed cell, ...)
-  PE foam (cross-linked, closed cell, ...)
-  PE foam (cross-linked, closed cell, ...)
-  PE-HD foam (cross linked, closed c...
-  PE-HD foam (cross-linked, closed ...)
-  PE-HD foam (cross-linked, closed ...)
-  PE-HD foam (cross-linked, closed ...)
-  PE-LD foam (cross-linked, closed c...
-  PE-LD foam (cross-linked, closed c...
-  PE-LD foam (cross-linked, closed c...
-  PE-LD foam (cross-linked, closed c...
-  PE-LD foam (cross-linked, closed c...
-  PE-LD foam (crosslinked, closed c...
-  PP foam (closed cell, 0.020)
-  PP foam (closed cell, 0.030)
-  PP foam (closed cell, 0.040)
-  PP foam (closed cell, 0.060)

Figuur 13:lijst met materialen die voldoen aan de selectie

Naast dat het materiaal energie moet kunnen absorberen moet het ook flexibel zijn zodat het zich deels kan aanpassen aan de vorm van de voorvork. De flexibiliteit wordt weergegeven door het inverse van het elasticiteitsmodulus.



Figuur 14:grafiek flexibiliteit/prijs per volume

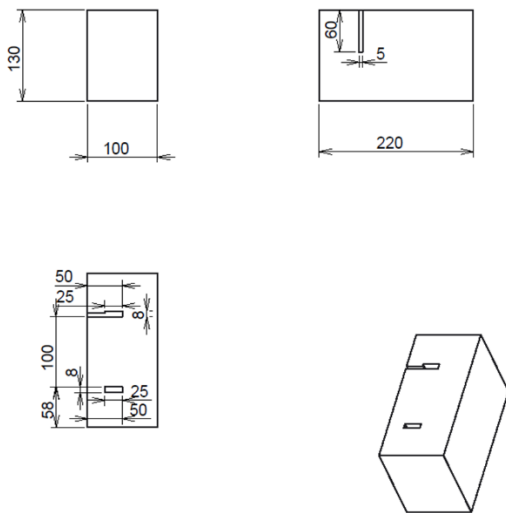
Op deze grafiek is de flexibiliteit uitgezet op de y-as en de materiaalkost per volume op de X-as. Voor de rest is het diagram identiek aan het vorige diagram. Na deze selectie blijven er nog slechts 2 materialen over, namelijk polyethyleenschuim en polypropyleenschuim. Hierbij is de keuze naar het

polyethyleenschuim met een dichtheid van $0,029\text{kg/m}^3$ gegaan. Dit omdat het iets sterker is dan de andere waardoor het beter zal voorkomen dat de voorvork door de voorvorkbeschermer zal scheuren. Het materiaal heeft een dichtheid van $0,27$ tot $0,31\text{kg/m}^3$ en een prijs van $\text{€}1,95/\text{kg}$ tot $\text{€}2,16/\text{kg}$ (bijlage 3).

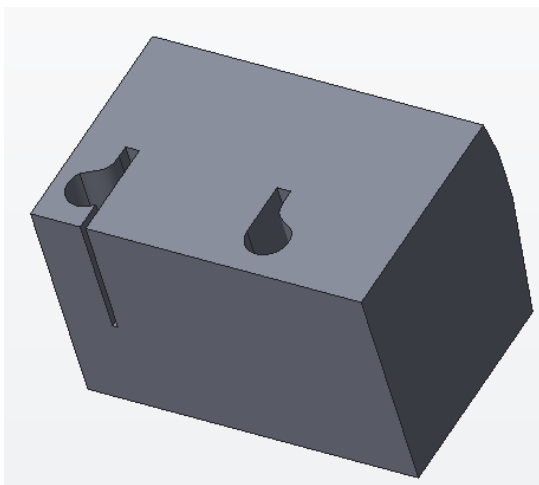
- PE-LD foam (cross-linked, closed c...
- PE-LD foam (cross-linked, closed c...
- PE-LD foam (crosslinked, closed c...
- PP foam (closed cell, 0.020)
- PP foam (closed cell, 0.030)

Figuur 15: lijst met materialen die voldoen aan alle eisen

Voor de vormgeving is er gezocht naar een standaard vorm voor alle fietsen. Dit bleek echter onmogelijk door de grote verscheidenheid in voorvorken. Uiteindelijk zijn er 2 types ontworpen. Voor alle fietsen met uitzondering van de mountainbikes kan 1 type voorvorkbeschermer gebruikt worden. Voor de mountainbikes is er een aparte voorvorkbeschermer uitgewerkt.



Figuur 16: voorvorkbeschermer voor alle type fietsen behalve de mountainbikes



Figuur 17: voorvorkbeschermer voor de mountainbikes

3.5.2 Doos versmallen

De breedte van de dozen is op dit moment 30cm. Normaal wordt het stuur van de koersfietsen onder de bovenbuis gedraaid. Dit is echter momenteel niet met alle fietsen mogelijk. Voor deze fietsen zijn de dozen eigenlijk te smal.



Figuur 18: voorbeeld van een fiets waarvan het stuur niet onder de bovenbuis kan worden gedraaid

Om dit probleem op te lossen zijn er een aantal mogelijkheden bekeken.

- Het stuur demonteren
- Shifters lager plaatsen
- Geen spacers meer voorzien onder de stuurpen

3.5.2.1 Het stuur demonteren

Door het stuur te demonteren zou de doos versmalt kunnen worden tot 25cm. Hierbij zouden het niet meer de racefietsen zijn maar wel de mountainbikes die de nodige breedte bepalen. Het demonteren brengt wel wat nadelen met zich mee.

- Extra productietijd
- Extra verpakkingstijd
- Extra kost verpakkingsmateriaal
- Mogelijkheid tot uitscheuren van de kabelstoppers

3.5.2.2 Shifters lager plaatsen

Door de shifters lager te plaatsen zou de doos versmalt kunnen worden tot 26cm. Dit zal echter wel alleen moeten gebeuren met de fietsen waarvan het stuur niet onder de bovenbuis kan worden doorgedraaid. Bij de andere fietsen zou dit nadelig zijn voor de breedte en zouden de shifters kunnen worden beschadigd tijdens het transport. Hierdoor zou er moeten bijgehouden worden bij welke fietsen dit zou moeten gebeuren wat het monteren ingewikkelder maakt.

3.5.2.3 Geen spacers meer voorzien onder de stuurpen

Momenteel wordt er 2,5cm aan spacers voorzien onder de stuurpen. Boven de stuurpen wordt opnieuw 2,5cm spacers geplaatst. Hierdoor kan de klant de hoogte van het stuur 2,5cm laten zakken of laten stijgen. Dit zorgt er wel voor dat de sturen niet onder de bovenbuis kunnen worden doorgedraaid of dat het stuur schuin zal moeten gedraaid worden ten opzichte van het frame.



Figuur 19:foto van een stuur schuin t.o.v. het frame

Door de spacers boven de stuurpen te plaatsen kan het stuur wel volledig onder de bovenbuis worden doorgedraaid. Het stuur krijgt hierdoor voldoende plaats en kan nagenoeg recht t.o.v. de fiets geplaatst worden. Hierdoor zou de doos versmalt kunnen worden tot 25cm. Dit blijkt de meest efficiënte methode te zijn. Hierbij is er geen extra gevaar voor beschadigingen en zal die productietijd niet toenemen.

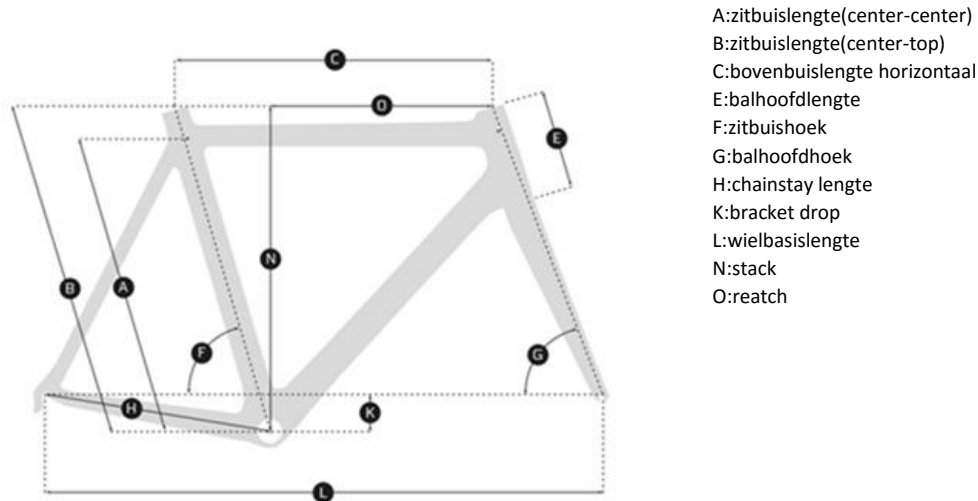


Figuur 20:foto van fiets met spacers boven de stuurpennen

3.5.3 Doos verlagen

De nodige hoogte kan berekend worden aan de hand van de geometrie van de fietsen en de straal van de wielen. Er zijn 3 verschillende maten van wielen:

- koers- en crossfietswielen:345mm
- 27" mountainbikes:360mm
- 29" mountainbikes:375mm



Figuur 21: geometrie van fiets

Wanneer de hoogte van de voorvorkbeschermer onder de voorvork 5cm bedraagt kan de minimale nodige hoogte berekend worden met onderstaande formule:

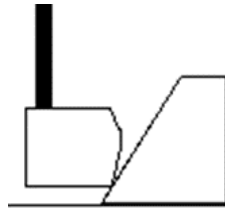
$$\text{hoogte} = \text{wielradius} - H * \text{SIN}(\text{BOOGSIN}(K/H) + \text{BOOGSIN}((\text{wielradius} - 50)/L)) + B * \text{SIN}(F + \text{BOOGSIN}((\text{wielradius} - 50)/L)) \quad (1)$$

Wanneer deze berekening(1) wordt uitgevoerd voor alle fietsen blijkt dat een X-ride in de maat XL het hoogst zal zijn. Deze hoogte bedraagt 792mm. Aangezien aan de onder- en de bovenkant van de doos zich een dubbele laag karton bevindt zal de totale hoogte van de doos nog 28mm hoger zijn. Hierdoor zal de minimale hoogte van de doos 82cm bedragen.

Om de doos te verlagen moet de manier van verpakken voor de mountainbikes worden aangepast. Op dit moment wordt bij de mountainbikes de bufferdoos op het achterwiel gelegd. Door de doos te verlagen zal dit niet meer mogelijk zijn. Een mogelijke oplossing zou zijn om de bufferdoos voor de fiets te steken. Wanneer de voorvorkbeschermer tegen de bufferdoos zou duwen zoude deze fietsen ook in de lengte geklemd zitten. Dit zou betekenen dat de voorkant van de fiets beschermd is en dat er geen zak air sealed meer nodig is. Om dit mogelijk te maken moet de vorm van de voorvorkbeschermer wel worden aangepast.

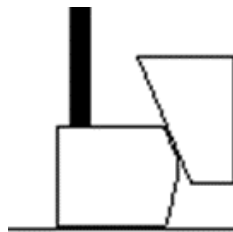
De variatie in lengte tussen de kleinste en de grootste mountainbikes bleek te groot om 1 standaard verpakkingsmethode uit te werken. Hierdoor is er een verschil in verpakkingsmethode tussen de 27" en de 29" mountainbikes.

Voor de 27" mountainbikes zal men eerst de bufferdoos moeten plaatsen. Deze moet met zijn hoogste zijde naar onder geplaatst worden. Hierdoor klemt de fiets wanneer de voorvorkbeschermer tegen de bufferdoos wordt aangeduwd.



Figuur 22:verpakkingsmethode voor de 27" mountainbikes

De 29" mountainbikes zullen eerst in de doos moeten worden geplaatst. Wanneer men de bufferdoos wilt plaatsen zal men de fiets vooraan moeten opheffen. Vervolgens zal men de bufferdoos gelijktijdig met de fiets in de doos moeten laten zakken. Wanneer de fiets de onderkant van doos raakt zal men de bufferdoos moeten aanduwen. Hierdoor zal ook deze fiets in de lengte geklemd zijn.



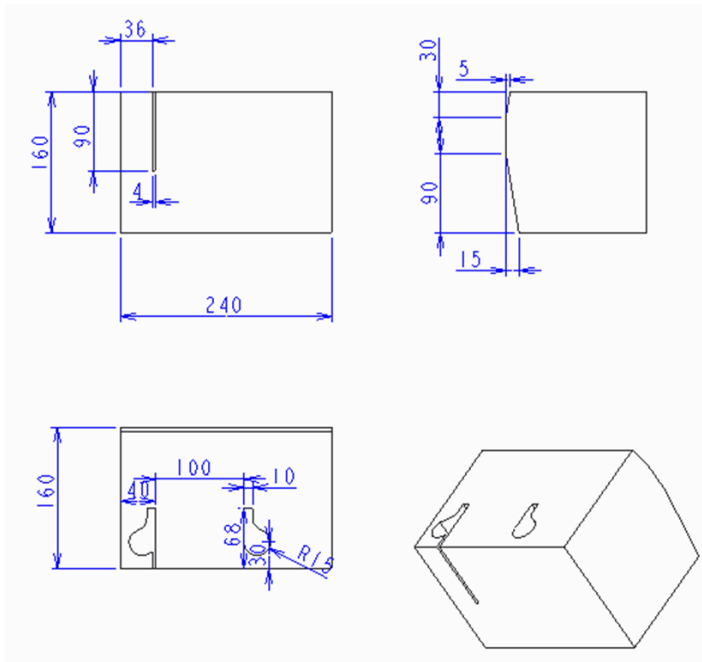
Figuur 23:verpakkingsmethode voor de 29" mountainbikes

De uiteindelijke vorm van de voorvorkbeschermer moet zo ontworpen zijn dat elke mountainbike in de lengte geklemd zit. Hiervoor moet de afstand van de achterkant van de fiets tot de voorvork gekend zijn. Dit kan berekend worden met onderstaande formule:

$$lengte = wielradius + L * \cos(\arcsin((wielradius - 50)/L)) \quad (2)$$

Als deze afstand berekend wordt(2) voor de 27" mountainbikes, blijkt dat voor een mountainbike met maat smal deze afstand 137cm zal bedragen en voor mountainbike met maat medium 139cm. De hoogte van de hoogste zijde van de bufferdoos bedraagt 20cm. De schuine zijde van de bufferdoos verloopt met een radius van ¼. De doos heeft een binnenlengte van 163.6cm. Dit zou betekenen dat voor de kleinste mountainbike de voorvorkbeschermer minstens 6,6cm voor de as van de voorvork moet uitkomen. Hierbij zou de fiets niet geklemd zitten in de doos. Hiervoor zal deze afstand iets groter moeten zijn. Wanneer we deze afstand 7cm maken zal de voorvorkbeschermer ongeveer over 1cm contact hebben met de schuine zijde. De medium 27" mountainbike zal de bufferdoos raken op 9cm van de onderzijde van de doos. Deze kan dus voldoende worden aangedrukt om de fiets te klemmen.

De afstanden voor de 29" mountainbikes bedragen 141,5cm voor een medium, 143cm voor een large en 145cm voor een extra large. De lage zijde van de bufferdoos bedraagt 10cm. In dit geval zal bij de extra large de doos het hoogst zijn. Bij de andere maten zal de bufferdoos verder naar onder geduwd worden zodat deze ook raken. Aangezien er een variatie in afstand is van 3,5cm al de voorvorkbeschermer minstens 14cm hoog moeten zijn. De voorvorkbeschermer zou 8,5cm moeten uitkomen voor de as van de voorvork om contact te hebben tussen de bufferdoos en de voorvorkbeschermer.



Figuur 24: uiteindelijke vorm voorvorkbeschermer

3.6 Uiteindelijk ontwerp

De beste manier om de doos te versmallen is door de spacers boven de stuurpen te plaatsen. Hierdoor zal de nieuwe breedte van de doos 25cm bedragen. Door de aanpassing aan de voorvorkbeschermers voor de mountainbikes is het mogelijk de doos te verlagen tot 82cm. Dit betekent dat de nieuwe afmetingen 165cmx82cmx25cm bedragen.

De bufferdoos zal hierdoor versmalt moeten worden met 5cm. De beschermplaten moeten 5cm korter zijn en 8cm lager. De nieuwe afmetingen zullen dus 155,7cmx77cm bedragen.

Om de defecten aan de voorvork te voorkomen is de nieuwe voorvorkbeschermer ontworpen.

3.7 Besparingen

Door bovenstaande aanpassingen wordt er bespaard op verpakkingsmateriaal, arbeidskosten, verzendkosten en defecten. Wat de uiteindelijke besparingen zullen zijn wordt hieronder verder uitgerekend.

3.7.1 Materiaalkost

3.7.1.1 fietsdoos

De oppervlakte van de doos bedraagt op dit moment $56\,250\text{cm}^2$. De prijs per doos bedraagt momenteel €4,905.

$$Opp = 165x(4x30 + 2x90) + 2x30x90 + 2x30x22,5 = 56\,250\text{cm}^2$$

Na de aanpassingen zal het oppervlakte van de doos nog $48\,785\text{cm}^2$ zijn.

$$Opp = 165x(4x25 + 2x82) + 2x25x82 + 2x25x22,5 = 48\,785\text{cm}^2$$

Als de zelfde kwaliteit karton gebruikt wordt voor de nieuwe doos zal deze nog €4,254 kosten. Wat een besparing van €0,651 per doos betekend.

$$besparing = \frac{48\,785\text{cm}^2}{56\,250\text{cm}^2} x €4,905 = €4,254$$

Op dit moment wordt er 9001BC karton gebruikt. Wanneer deze kwaliteit verlaagd wordt zal de kost van de doos nog verder dalen. Voor het prototype is 3502BC karton gebruikt. Voor deze kwaliteit zal de kost per doos €3,50 bedragen. Wat voor een besparing van €1,405 zal zorgen.

3.7.1.2 beschermplaten

Per fiets zitten er 2 beschermplaten in een doos. Deze kunnen met 5cm verkort en met 8cm verlaagd worden. Het huidige oppervlakte bedraagt $13\,659,5\text{cm}^2$

$$Opp = 160,7x85 = 13\,659,5\text{cm}^2$$

Door de aanpassing is het oppervlakte nog $11\,989\text{cm}^2$.

$$Opp = 155,7x77 = 11\,989\text{cm}^2$$

Hierdoor zal de prijs per beschermplaat dalen tot €0,489. Dit geeft een besparing per beschermplaat van €0,068 en per fiets van €0,136.

$$besparing = \frac{11\,989\text{cm}^2}{13\,659,5\text{cm}^2} x €0,557 = €0,489$$

3.7.1.3 bufferdoos

De bufferdoos zal 5cm versmalt worden. De kost per bufferdoos bedraagt op dit moment €0,619 Het oppervlakte van de doos bedraagt op dit moment 4359cm².

$$Opp = \frac{2x40x(10 + 20)}{2} + (20 + 10 + 40 + \sqrt{(40^2 + 10^2)}) x 28,4 = 4\,359\text{cm}^2$$

Wanneer de doos versmalt wordt bedraagt het oppervlakte nog 3 803cm².

$$Opp = \frac{2x40x(10 + 20)}{2} + (20 + 10 + 40 + \sqrt{(40^2 + 10^2)}) x 23,4 = 3\,803\text{cm}^2$$

Door de aanpassing zal de kost van de bufferdoos nog €0,54 bedragen. Dit betekend een besparing van €0,079.

$$besparing = \frac{3\,803\text{cm}^2}{4\,359\text{cm}^2} x €0,619 = €0,54$$

3.7.1.4 voorvorkbeschermer

Momenteel bedraagt de kost van de bescherming van de voorvork €1,05

- Air sealed zak: €0,95
- Voorvorkbeschermer: €0,10

De ontworpen voorvorkbeschermer voor alle fiets met uitzondering van de mountainbikes bedraagt €1,23. Dit zal dus uiteindelijk voor een hogere materiaalkost zorgen. Maar doordat deze de defecten aan de voorvork voorkomt zal dit uiteindelijk toch voor een besparing zorgen. Voor de voorvorkbeschermer van de mountainbikes bedraagt deze kost €1,78. Deze voorvorkbeschermer is groter en heeft door zijn vorm meer bewerkingen nodig.

3.7.2 Arbeidskosten

De verpakkingstijd zal met 9 seconden dalen. Dit is de tijd die nodig is om de zak air sealed onder aan de doos te plaatsen. Door de aanpassingen zal dit niet meer nodig zijn. Per jaar worden er een 18 000 tal fietsen geproduceerd. De totale tijdsbesparing bedraagt dus 45uur. De arbeidskost bedraagt €35/uur waardoor dit een besparing van €1 575 zal opleveren.

3.7.3 Verzendkosten

Enkel voor verzendingen buiten het Europese vaste land zullen de aanpassingen voor een besparing zorgen. Deze verzendkost is afhankelijk van het volumetrische gewicht en de zone van de bestemming. Momenteel is dit volumetrische gewicht 89,1kg. Voor de berekening van de verzendkosten wordt dit per halve kilogram naar boven afgerond. Hierdoor zal de verzendkost berekend worden voor een volumetrisch gewicht van 89,5kg.

$$volumetrisch\ gewicht = \frac{length \times breedte \times hoogte}{5000} = \frac{165 \times 30 \times 90}{5000} = 89.1$$

Tabel 4: huidige verzendkosten zonder brandstoftoelage

kg\zone	7	8	9	10	11	12
89,5	€222,67	€319,28	€292,72	€320,67	€405,48	€607,93

Bij deze verzendkosten moet nog een brandstoftoelage worden verrekend. Op het moment dat de berekeningen zijn uitgevoerd bedroeg dit 11%.

Tabel 5: huidige verzendkosten met brandstoftoelage

kg\zone	7	8	9	10	11	12
89,5	€247,16	€354,40	€324,92	€355,94	€450,08	€674,80

Door de aanpassingen zal het volumetrische gewicht dalen tot 68kg.

$$\text{volumetrisch gewicht} = \frac{\text{lengte} \times \text{breedte} \times \text{hoogte}}{5000} = \frac{165 \times 25 \times 82}{5000} = 67,65$$

Wanneer we hiervoor de verzendingskosten uittellen bekomen we onderstaande tabel.

Tabel 6: nieuwe verzendkosten zonder brandstoftoelage

kg\zone	7	8	9	10	11	12
68	193,85	274,45	241,58	274,09	342,74	494,98

Als het gewogen gemiddelde van de verzendingskosten berekend wordt aan de hand van de verkoopgegevens van vorig jaar, bekomen we een verzendingskost van €260,42 voor de huidige verpakking. Wanneer we dit bereken met het nieuwe volumetrische gewicht zal dit €203,63. Er zal dus gemiddeld een €57,75 bespaard worden per fiets die verzonden wordt buiten het Europese vaste land. In 2015 zijn er 775 fietsen op deze manier verzonden.

3.7.4 Defecten

De defecten die momenteel voorkomen aan de voorvorken worden voorkomen door de nieuwe voorvorkbeschermer. Zoals hierboven besproken, bedraagt deze kost ongeveer €5 500.

3.7.5 Totale besparing

Tabel 7: overzicht van de besparingen

	Per fiets	Per jaar
materiaalkost	€0,686	€12 348
arbeidskost	€0,0875	€1 575
verzendkost	€57,75	€44757,85
defecten	€150-450	€5500
totaal		€64 150

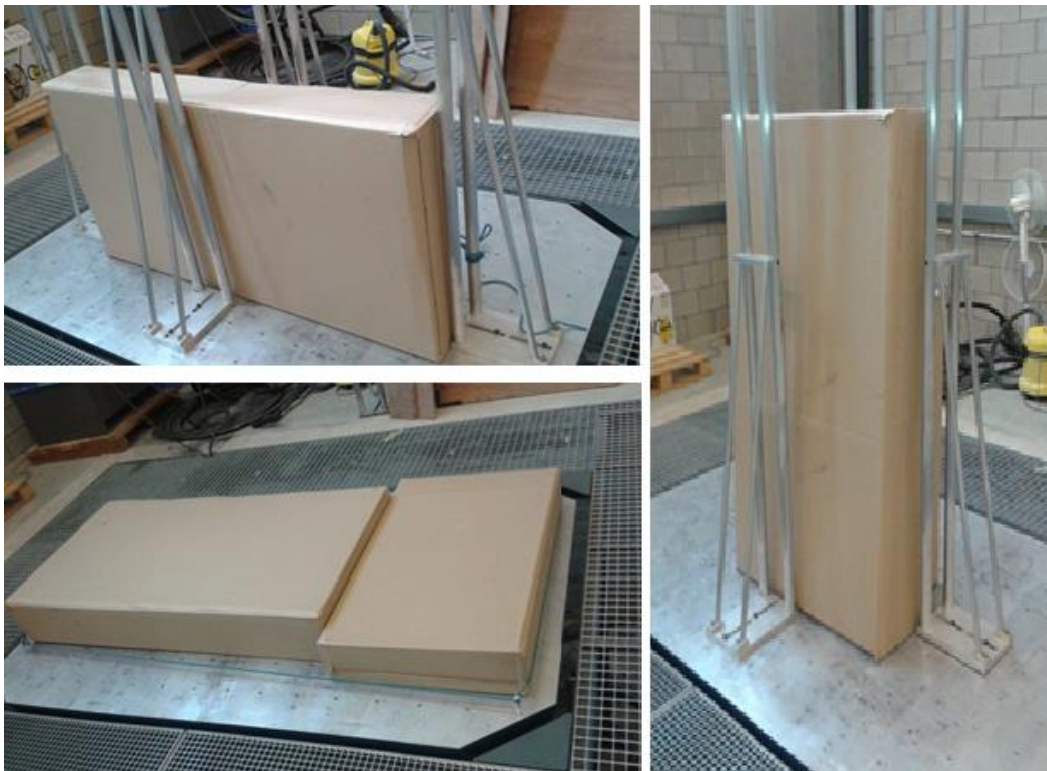
3.8 Testen

3.8.1 Trilproef

Door de trillingen tijdens het transport kan er lakschade aan de fiets optreden. Als de fiets niet voldoende geklemd zit in de doos zal deze bewegen tijdens het transport. Hierdoor zal de fiets tegen de beschermplaten schuren. Als dit herhaaldelijk gebeurt kan dit voor lakschade zorgen. Bij de huidige verpakking gebeurt dit soms aan de achterbrug.

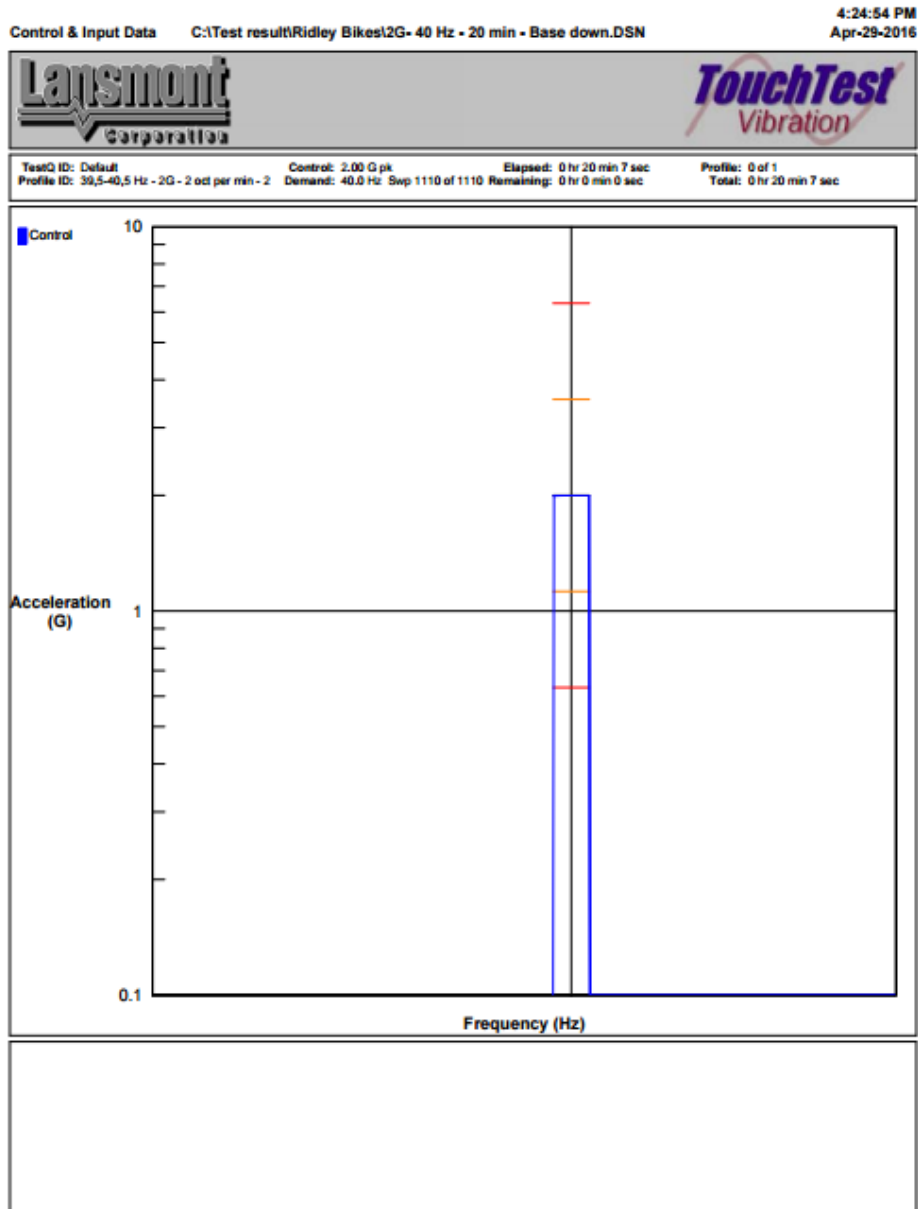
Om na te gaan of dit niet optreed bij de ontworpen verpakking wordt er een trilproef uitgevoerd. Deze proef wordt uitgevoerd op 3 zijden van de verpakking. Op iedere zijde zal de triltafel gedurende 20 minuten trillen bij een frequentie van 40Hz en met een acceleratie van 2G. Deze testen zijn uitgevoerd in het technologiecentrum in Diepenbeek.

Om te voorkomen dat de doos zou omvallen of van de triltafel zou schuiven zijn er pilaren op de triltafel gemonteerd. Deze zijn zo gemonteerd zodat ze de doos niet klemmen.



Figuur 25: foto's van de trilproeven

In figuur 26 zijn de data van de test op de onderkant van de doos te zien. Hierbij wordt de testtijd, acceleratie, testduur, minimum en maximum frequentie weergegeven. De testduur bedraagt 20 minuten en 7 seconden. Dit bij een frequentie van 40Hz met een maximale afwijking van 0,5Hz. De acceleratie bedraagt 2G.



Figuur 26: data van de testen

3.8.2 Klimaattesten en valproeven

Wanneer de fiets in- of uitgeladen wordt bestaat de kans dat men deze laat vallen. Deze schok kan zorgen voor lekschade en breuken. De verpakking moet deze schok kunnen opvangen zodat de fiets niet beschadigd wordt. Bij de huidige verpakking gebeurt het dat de voorvork door de doos scheurt wanneer deze valt.

Aangezien de temperatuur een invloed kan hebben op de eigenschappen van het buffermateriaal zal er voor de valproeven een klimaattest uitgevoerd worden. Eerst wordt de verpakking gedurende 48 uur opgeslagen bij een temperatuur van -10°C . Vervolgens is de verpakking gedurende 48 uur opgeslagen bij een temperatuur van 80°C . Als dit gebeurd is zal de verpakking een valproef ondergaan van 50cm op 1 hoek, de aanliggende ribben en alle zijden.

De verpakking moest voldoen aan een valproef van 35cm. Dit is echter uitgevoerd bij een hoogte van 50cm omdat dit de laagst mogelijke hoogte is bij Jabil in Hasselt. Door de klimaattesten uit te voeren voor de valproef wordt er nagegaan of de buffers hun eigenschappen behouden binnen de opgelegde temperaturen.

Bij de lage temperatuur bestaat de kans dat de buffers verharden. Hierdoor zouden ze de schok niet meer absorberen. Bij de hogere temperaturen bestaat de kans dat de buffers gaan kleven. Dit zal niet voor een beschadiging zorgen maar zou wel van de fiets verwijderd moeten worden.



Figuur 27:klimaatskast



Figuur 28:foto van de valproef op de hoek

3.8.3 resultaten

Nadat de proeven uitgevoerd zijn, is er gekeken of er schade is. Eerst is de doos bekeken toen ze nog dicht was. Hieraan was slechts een kleine beschadiging te zien aan de hoek waarop de valproef is uitgevoerd. Vervolgens is de doos opengemaakt. Hierbij was onmiddellijk te zien dat de rechter shifter door de beschermplaat gescheurd is en dat de voorvorkbeschermer rond de voorvork is blijven zitten.



Figuur 29: foto van de hoek waarop de valproef is uitgevoerd



Figuur 30:foto van de volledige voorkant van de fietsdoos



Figuur 31:foto van de fiets in de doos na de testen



Figuur 32: foto van de achterbrug na de testen



Figuur 33: foto van de shifter die door de beschermplaat gescheurd is

Vervolgens is de fiets uit de doos gehaald om te kijken of er beschadigingen zijn. Dit bleek echter niet het geval. Ook de rechter shifter bleek niet beschadigd te zijn. Er is ook nergens lakschade te zien aan het frame. Verder was er aan de verpakking niets beschadigd.

3.9 Eco-analyse van de fietsverpakking

Om na te gaan wat het verschil in milieu-impact is tussen de huidige en de nieuwe verpakking is er een eco-analyse uitgevoerd. Deze analyse is gemaakt met behulp van de tool ecolyser.be. Hierbij is zowel het verschil voor de verpakking zelf berekend als het verschil voor het transport.

Het programma is een eco-indicator en geeft de graad van milieubelasting weer van de materialen, bewerkingsprocessen, transport, energie, recyclage en afvalverwerking. Hoe hoger deze score, hoe hoger de milieu-impact.

Eén eco-indicatorpunt komt overeen met een duizendste van de totale jaarlijkse milieubelasting van een gemiddelde Europeaan. De eenheid die gebruikt is in de Ecolizer is een millipunt (mPpt) en komt dus overeen met een miljoenste van deze belasting. Het absolute getal heeft dus niet echt een praktische betekenis maar is eerder bedoeld om deze waarde te vergelijken. [1]

3.9.1 verpakking

Verpakking	Onderdeel	Materiaal of proces	Hoeveelheid	Indicator	Resultaat
	doos	karton: vouwdoos (Folding Box Board), inclusief kartonproductie	4.326 kg	267	1155.04
	doos	karton: dozen (offset druk)	4.326 kg	70	302.82
	2 air sealed zakken	PU - polyurethaan: PUR, flexibel blok schuim	0.1756 kg	479	84.11
	bufferdoos	karton: vouwdoos (Folding Box Board), inclusief kartonproductie	0.339 kg	267	90.51
	2 beschermplaten	karton: gerecycleerde vezel, dubbele wand	1.0272 kg	126	129.43
	voorkorkbeschermer	PVC - polyvinylchloride: PVC (gemiddeld)	0.0133 kg	217	2.89
	voorwielbeschermers	Rubber: polybutadien	0.0176 kg	432	7.6
				Totaal:	1772.4

Figuur 34: eco-analyse van de productie van de huidige verpakking

Afdanking	Materiaal	Gewicht	Afvalverwerking	Resultaat
	gerecycleerde vezel, dubbele wand	1.03kg	18 mPt/kg	18.49
	polybutadien	0.02kg	47 mPt/kg	0.83
	PUR, flexibel blok schuim	0.18kg	33 mPt/kg	5.79
	PVC (gemiddeld)	0.01kg	32 mPt/kg	0.43
	vouwdoos (Folding Box Board), inclusief kartonproductie	4.67kg	18 mPt/kg	83.97
			Totaal:	109.51

Figuur 35:eco-analyse van de afdanking van de huidige verpakking

Verpakking	Onderdeel	Materiaal of proces	Hoeveelheid	Indicator	Resultaat
	doos	karton: vouwdoos (Folding Box Board), inclusief kartonproductie	3.789 kg	267	1011.66
	doos	karton: dozen (offset druk)	3.789 kg	70	265.23
	bufferdoos	karton: vouwdoos (Folding Box Board), inclusief kartonproductie	0.296 kg	267	79.03
	beschermplaten	karton: gerecycleerde vezel, dubbele wand	0.902 kg	126	113.65
	air sealed zak	PU - polyurethaan: PUR, flexibel blok schuim	0.0878 kg	479	42.06
	voorkorkbeschermer	PE - polyethyleen: LDPE Lagedichtheid Polyethyleen	0.07 kg	276	19.32
				Totaal:	1530.95

Figuur 36: eco-analyse van de productie van de nieuwe verpakking

Afdanking	Materiaal	Gewicht	Afvalverwerking	Resultaat
	gerecycleerde vezel, dubbele wand	0.9kg	18 mPt/kg	16.24
	LDPE Lagedichtheid Polyethyleen	0.07kg	35 mPt/kg	2.45
	PUR, flexibel blok schuim	0.09kg	33 mPt/kg	2.9
	vouwdoos (Folding Box Board), inclusief kartonproductie	4.09kg	18 mPt/kg	73.53
			Totaal:	95.12

Figuur 37:eco-analyse van de afdanking van de nieuwe verpakking

De voorkorkbeschermer kan van gerecycleerd polyethyleenschuim worden gemaakt. Dit bevat voor 70% gerecycleerd polyethyleenschuim en behoudt zijn eigenschappen.

Verpakking	Onderdeel	Materiaal of proces	Hoeveelheid	Indicator	Resultaat
	doos	karton: vouwdoos (Folding Box Board), inclusief kartonproductie	3.789 kg	267	1011.66
	doos	karton: dozen (offset druk)	3.789 kg	70	265.23
	bufferdoos	karton: vouwdoos (Folding Box Board), inclusief kartonproductie	0.296 kg	267	79.03
	beschermplaten	karton: gerecycleerde vezel, dubbele wand	0.902 kg	126	113.65
	air sealed zak	PU - polyurethaan: PUR, flexibel blok schuim	0.0878 kg	479	42.06
	voorkorkbeschermer	PE - polyethyleen: LDPE Lagedichtheid Polyethyleen, gerecycleerd	0.07 kg	73	5.11
				Totaal:	1516.74

Figuur 38: eco-analyse van de productie van de nieuwe verpakking met gerecycleerd polyethyleenschuim

Afdanking	Materiaal	Gewicht	Afvalverwerking	Resultaat
	gerecycleerde vezel, dubbele wand	0.9kg	18 mPt/kg	16.24
	LDPE Lagedichtheid Polyethyleen, gerecycleerd	0.07kg	35 mPt/kg	2.45
	PUR, flexibel blok schuim	0.09kg	33 mPt/kg	2.9
	vouwdoos (Folding Box Board), inclusief kartonproductie	4.09kg	18 mPt/kg	73.53
			Totaal:	95.12

Figuur 39:eco-analyse van de afdanking van de nieuwe verpakking met gerecycleerd polyethyleenschuim

De ecologische impact van gerecycleerd polyethyleenschuim is 26,45% lager dan die van niet gerecycleerd polyethyleenschuim.

De totale impact voor het produceren en afdanken van de huidige verpakking bedraagt 1881,91mPt. Voor de nieuwe verpakking bedraagt dit 1611,86mPt. Dit betekent dat de milieu-impact met 14,35% zal dalen.

Er is ook bekeken of herbruikbare dozen een verbetering zouden betekenen. Deze dozen zouden 25 keer gebruikt kunnen worden. Om een verbetering te kunnen betekenen moet de retourverzending van de dozen minder impact hebben als de productie en afdanking van de kartonnen doos.

De productie en afdanking van de kartonnen doos heeft een impact van 1 079,86mPt. De recycleerbare doos heeft een gewicht van 5-6kg en is gemaakt van polycarbonaat. Onderstaande afbeeldingen geven de ecologische impact van de productie en afdanking van de doos en het transport per tonkilometer voor een doos van 5kg weer voor vrachtwagentransport en luchttransport.

Onderdeel	Materiaal of proces	Hoeveelheid	Indicator	Resultaat
doos	PC - polycarbonaat: PC	5 kg	654	3270
doos	PC - polycarbonaat: extrusie	5 kg	45	225
Totaal:				3495

Figuur 40: milieu-impact van de productie van de recycleerbare doos

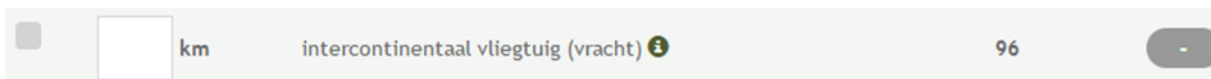
Materiaal	Gewicht	Afvalverwerking	Resultaat
PC	5kg	30 mPt/kg	150

Figuur 41: milieu-impact van de afdanking van de recycleerbare doos

De productie en afdanking van de recycleerbare doos heeft een milieu-impact van 3 645 mPt. Verdeelt over de 25 keer dat de doos gebruikt kan worden geeft dit 139,8mPt. Dit betekent dat de milieu-impact van de retourverzending maximaal 940,06mPt mag bedragen om een verbetering te kunnen betekenen.



Figuur 42: ecologische impact van het vervoer per vrachtwagen voor de recycleerbare doos per kilometer



Figuur 43: ecologische impact van het vervoer per vliegtuig voor de recycleerbare doos per kilometer

De impact per tonkilometer voor vrachtwagentransport bedraagt 10mPt. Voor vrachtwagentransport mag de retourverzending dus maximaal 18 801,2 kilometer zijn.

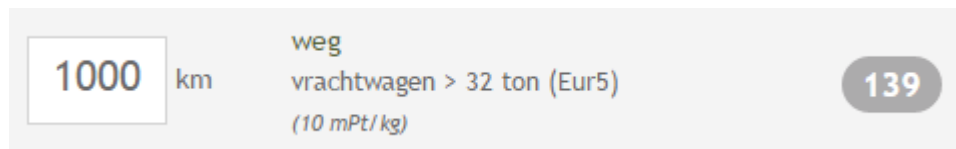
De impact per tonkilometer voor luchttransport bedraagt 96mPt. Dit wilt zeggen dat de afstand van de retourverzending van de recycleerbare doos tot 1 958,46 km zou mogen zijn.

3.9.2 transport

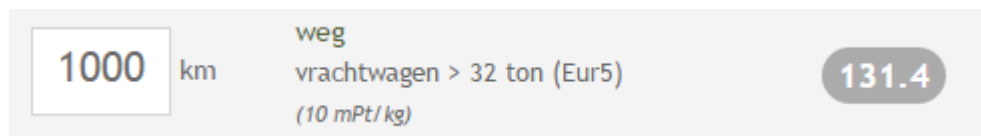
De ecolysertool berekend de milieu-impact op basis van het gewicht en de kilometers. Voor een fiets van 8 kg zou dit voor de huidige verpakking 139mpt bedragen en voor de nieuwe verpakking 131,4. Dit betekend een verbetering van 5,5%.

Dit geeft echter niet het juiste beeld weer. Momenteel kunnen er 128 fietsen in een vrachtwagen geplaatst worden. Doordat de doos 5cm versmalt is kunnen er nu 160 fietsen in een vrachtwagen worden geladen. Dit betekend dat er 25% meer fietsen geladen kunnen worden. Gemiddeld weegt een fiets 8kg. het totale gewicht van de vracht stijgt hierbij slechts 420kg.

Deze vrachtwagens kunnen maximaal 32 000kg vervoeren. De totale vracht heeft een gewicht van slechts 2 100kg. Dit betekend dat de verhoging van het aantal fietsen het verbruik minimaal zal doen stijgen. Hierdoor zal de milieu-impact per volle vracht nagenoeg gelijk blijven. Aangezien een volle vracht 25% meer fietsen bevat zal de uiteindelijke verbetering dus eerder in de buurt van de 20% liggen

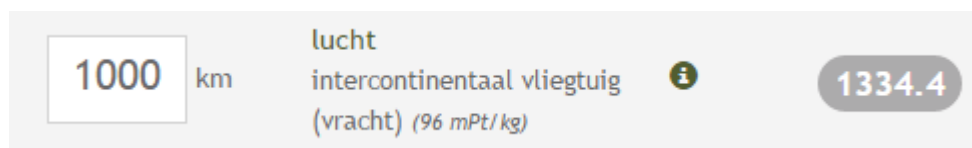


Figuur 44: milieu-impact voor vrachttransport van de huidige verpakking met een fiets van 8kg over een afstand van 1000km



Figuur 45: milieu-impact voor vrachttransport van de nieuwe verpakking met een fiets van 8kg over een afstand van 1000km

Voor het luchttransport zal er enkel een verbetering gebeuren op basis van het gewicht. De huidige verpakking heeft voor een fiets van 8kg een milieu-impact van 1334,4mpt per 1000km. Voor de nieuwe verpakking is dit 1261,44mpt. Dit betekend dat de verbetering voor het luchttransport 5,5% zal bedragen.



Figuur 46: milieu-impact voor luchttransport van de huidige verpakking met een fiets van 8kg over een afstand van 1000km



Figuur 47: milieu-impact voor luchttransport van de nieuwe verpakking met een fiets van 8kg over een afstand van 1000km

3.10 Besluit

Uit de testen en berekeningen die zijn uitgevoerd blijkt dat de verpakking voldoet aan alle eisen. Door de nieuwe verpakking toe te passen kan er tot €64 150 per jaar bespaard worden. Hiernaast is de milieu-impact van de verpakking ook aanzienlijk lager. Voor de productie en afdanking van de verpakking zal de milieu-impact met ongeveer 14,35% dalen. Voor het bijhorende vrachtwagentransport zal de daling in de buurt van 20% liggen. Voor luchttransport zal de milieu-impact dalen met 5,5%.

Ondanks dat de verpakking aan de eisen voldoet kan de huidige kwaliteit van het karton voor de doos best behouden worden. De oppervlaktehardheid van deze kwaliteit waarmee de testen zijn uitgevoerd is niet hoog genoeg. Hierdoor zal de doos te snel beschadigingen van buitenaf oplopen.

Verder zal de nieuwe verpakking ook voor de distributeurs een aanzienlijke verbetering betekenen aangezien deze het vervoer zelf betalen. Doordat er 25% meer fietsen vervoert kunnen worden per vracht daalt de vervoerskost voor hen met 20% per fiets.

De materiaalkost van de ontworpen voorvorkbeschermer ligt wel hoger dan de huidige kost van de bescherming van de voorvork. Desondanks zal dit toch voor een besparing zorgen aangezien het de defecten aan de voorvork zal voorkomen.

4 Re-design van de frameforksetverpakking

4.1 Huidige verpakkingwijze

Op dit moment wordt eerst de doos geplooid en aan de onderkant dichtgeplakt. Vervolgens wordt het frame genomen en in een zak gestoken. Deze zak is gemaakt van noppenfolie ter bescherming van het frame. Rond de achterbrug wordt een beschermzak voor de voorvork gewikkeld als extra bescherming.

Daarna wordt de voorvork genomen. Ook deze wordt in een beschermzak gemaakt van noppenfolie gestoken. Vervolgens plakt men de voorvork samen met de losse spullen aan de rechtopstaande achtervork. Tenslotte plooit men nog een beschermkarton rond het balhoofd. Dit alles wordt stevig vastgeplakt zodat het niet kan loskomen.

Vervolgens stopt men de frameforkset in de doos. Om deze te klemmen in de doos wordt er een beschermplaat langs gestoken. Hierna kan de doos worden dichtgeplakt en is het frameforkset klaar om verzonden te worden.



Figuur 48: momentele verpakkingwijze

4.2 Eisenpakket

De verpakking moet voldoen aan een aantal eisen.

- Alle frames moeten in 1 standaard verpakking verpakt kunnen worden.
- De totale kost van het verpakken moet zo laag mogelijk zijn.
- De verpakking moet een aantal testen kunnen doorstaan zonder dat de fiets beschadigd wordt:
 - Een trilproef bij 40Hz gedurende 20 minuten met een amplitude van 2G op 3 zijden.
 - Een valproef van 35 centimeter op 1 hoek, de aanliggende ribben en op alle zijden. Voor deze valproef zal de doos 48uur opgeslagen worden bij -10°C en bij 80°C.
- Bij de keuze van het verpakkingsmateriaal moet de ecologische voetafdruk zo klein mogelijk gehouden worden.
- De verpakkingstijd moet minder dan 100 seconden zijn.

4.3 Studie van de verschillende types en maten frames

4.3.1 Overzicht van de gamma frames

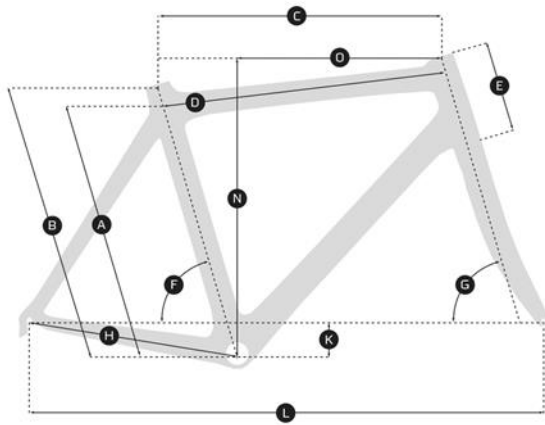
Er moet 1 standaard verpakking ontworpen worden waarin alle frames kunnen worden verpakt. Om de variatie van de frames te weten te komen is er hier eerst een studie van gemaakt. Hierbij is de noah fast, dean fast, en de arena carbon niet bekeken. Deze fietsen zijn niet bekeken aangezien ze een geïntegreerde zadelpen hebben. Hierdoor zou de variatie in hoogte anders te groot worden.

In totaal zijn er 15 type frames. Deze zijn verkrijgbaar in verschillende maten waardoor er in totaal met 67 verschillende frames rekening moet worden gehouden. Hierbij heeft ieder frame zijn specifieke afmetingen waardoor er een grote variatie is. De verpakking zal dus zo ontworpen moeten worden dat het deze variatie kan opvangen.

Tabel 8: lijst met de type frames en de verschillende maten

Frametype	maat	A mm	B mm	C mm	D mm	E mm	F mm	G mm	H mm	K mm	L mm	N mm	O mm
Noah	XXS	430	460	506	516	110	75	72	405	68	970	507	379
	XS	445	475	513	525	130	74	72	405	68	970	527	374
	S	460	490	531	545	145	73,5	73	405	66	977	542	384
	M	490	520	549	565	175	73	73,5	405	66	987	573	390
	L	520	550	567	585	205	72,5	73,5	408	63	1005	599	396
Helium	XS	440	480	525	130	74	72	405	68	974	740	530	375
	S	470	510	545	145	73,5	73	405	66	977	750	545	385
	M	500	540	565	175	73	73,5	405	66	990	780	575	390
	L	530	570	585	205	72,5	73,5	408	63	1003	810	602	400
	XL	560	600	600	230	72,5	74	408	63	1012	840	625	405
Fenix sl	XXS	410	450	515	107	75	71,8	410	68	975	740	507	379
	XS	440	480	525	127	74	72	410	68	975	765	527	374
	S	470	510	545	142	73,5	73	410	66	982	789	542	384
	M	500	540	565	172	73	73,5	410	66	992	820	573	392
	L	530	570	585	202	72,5	73,5	413	63	1010	850	599	396
	XI	560	600	600	227	72,5	74	413	63	1019	878	624	403
Fenix	XXS	410	450	515	110	75	72	410	68	969	690	505	380
	XS	440	480	525	130	74	72	410	68	974	740	530	375
	S	470	510	545	145	73,5	73	410	66	977	750	545	385
	M	500	540	565	175	73	73,5	410	66	990	780	575	390
	L	530	570	585	205	72,5	73,5	413	63	1003	810	602	400
	XI	560	600	600	230	72,5	74	413	63	1012	840	625	405
Liz	XXS	410	450	490	500	110	75,5	70,5	405	67	975	485	365
	XS	430	470	495	505	115	75	70	405	67	978	492	370
	S	450	490	505	515	130	75	71	405	67	982	500	375
	M	480	520	520	530	155	74,5	72	405	67	975	522	380
x-trail	XXS	410	450	498	515	100	75	70,5	420	74	998	520	375
	XS	440	480	506	525	120	74,5	71	420	74	1000	541	375
	S	470	510	530	545	140	73,5	71	420	72	1010	558	380
	M	500	540	549	565	165	73	71,5	422	72	1020	584	386
	L	530	570	567	585	195	72,5	71,5	422	70	1038	610	392
	XL	560	600	583	600	220	72,5	72	422	70	1048	636	399
x-bow	XXS	410	450	500		100	74	71	425	53	994	504	374

	XS	450	490	516		120	74	72	425	57	1002	527	378
	S	480	520	523		135	73	72	425	59	1001	544	373
	M	510	550	535		150	73	72	425	61	1011	560	379
	L	540	580	554		165	73	72	425	61	1027	574	389
	XL	570	610	570		190	73	72	425	61	1042	598	397
Tempo x men	XS	440	480	515	530	130	74,5	72	425	50	1010	795	
	S	470	510	535	545	145	74	72	425	50	1021	840	
	M	500	540	540	555	175	73,5	72	425	50	1025	850	
	L	530	570	570	585	205	73	72	425	50	1025	875	
	XL	560	600	585	600	230	73	72	425	50	1067	880	
Tempo x women	XS		460		530	145	74,5	72	425	55	1011	670	
	S		500		545	150	74,5	72	425	50	1025	670	
	M		540		555	165	74	72	425	50	1031	670	
x-night	50	500	540	530		105	74	72	425	60	999	516	381
	52	520	560	535		121	73,5	72	425	60	999	534	376
	54	540	580	545		140	73,5	72	425	64	1009	554	380
	56	560	600	560		160	73,5	72	425	64	1009	573	389
	58	580	620	575		179	73	72	425	64	1034	591	394
x-ride	48	480	520	525		89	74,5	72	425	57	1000	498	387
	50	500	540	530		104	74	72	425	57	1000	513	381
	52	520	560	535		121	73,5	72	425	59	1000	531	377
	54	540	580	545		140	73,5	72	425	61	1010	551	381
	56	560	600	560		159	73,5	72	425	61	1025	570	391
	58	580	620	575		178	73	72	425	61	1036	588	395
Ignite 9	M		430		600	100	73,5	71	445	62	1088		
	L		480		620	115	73	71	445	62	1102,4		
	XL		530	611,7	640	130	72,5	71,5	445	62	1120,56		
Blast 9	M		430		585	110	73,5	70	445	62	1088		
	L		480		605	115	73	70	445	62	1102,4		
	XL		530	607,2	635	130	72,5	71	445	62	1121,3		
Ignite 7	S		380		570	100	73,5	70,5	430	50	1055		
	M		430		590	110	73	71	430	50			
Blast 7	S	380			550	110	73,5	70	425	35	1055		
	M	430			570	120	73	70	425	35	1075		



Figuur 49: geometrie van het frame

Tabel 9: legende van de geometrie van het frame

A	zitbuislengte(center-center)
B	zitbuislengte(center-top)
C	bovenbuislengte horizontaal
D	Top tube lengthe, actual
E	balhoofdlengte
F	zitbuishoek
G	balhoofdhoek
H	chainstay lengte
K	bracket drop
L	wielbasislengte
N	stack
O	reach

Aan de hand van de geometrie van het frame kan de lengte van de onderbuis(3) en de hoek tussen de zitbuis en de liggende achtervork(4) berekend worden.

$$lengte\ onderbuis = \sqrt{((N - E * \sin(G))^2 + (O + E * \cos(G))^2)} \quad (3)$$

$$hoek\ tussen\ zitbuis\ en\ liggende\ achterbrug = F - BG\sin\left(\frac{K}{H}\right) \quad (4)$$

4.3.2 Verwerking van de gegevens

Door middel van deze gegevens kan de afmeting van de doos bepaald worden. Hierbij is er bekeken onder welke hoek de fietsen gelegen moeten zijn om het volume van de doos te minimaliseren. De breedte van de doos wordt bepaald door de breedte van de achtervork. De mountainbikes hebben de breedste achtervork. Deze bedraagt hierbij 18cm. Dit is dan ook de minimale binnenbreedte van de doos. De nodige lengte en hoogte van de doos zijn berekend aan de hand van de afmetingen van de frames en de hoek waaronder het frame is gelegen. Dit is gebeurd met behulp van een macro(bijlage A). Deze berekend de nodige lengte, hoogte, oppervlakte en optimale hoek per frame.

a	lengte van de onderbuis
b	Lengte van de liggende achterbrug
c	lengte van het balhoofd
d	lengte van de zitbuis
alfa	Hoek tussen de liggende achterbrug en de onderbuis
beta	Hoek tussen de liggende achterbrug en de zitbuis
gamma	balhoofdhoek

Tabel 10: gegevens van het frame

Voor de lengte te berekenen zijn er 2 mogelijkheden. Als de hoek waaronder het frame gelegen is kleiner is als de balhoofdhoek dan kan de breedte berekend worden met onderstaande formule(5).

$$lengte = b * \cos(i) + a * \cos(i + \alpha) \quad (5)$$

Als deze hoek groter zou zijn moet de breedte berekend worden met onderstaande formule(6).

$$lengte = b * \cos(i) + a * \cos(i + \alpha) + c * \sin(i - \gamma) \quad (6)$$

De hoogte van de doos kan zowel bepaald worden door de top van de zitbuis als de top van het balhoofd. Welke van deze de hoogte van de doos bepaald is afhankelijk van de hoek waaronder het frame gekanteld is.

$$hoogte \text{ van de top van het balhoofd} = a * \sin(i + \alpha) + c * \cos(i - \gamma) \quad (7)$$

$$hoogte \text{ van de top van de zitbuis} = d * \sin(i + \beta) \quad (8)$$

in deze berekeningen is i de hoek waaronder het frame is gekanteld.

Wanneer deze berekeningen op alle frames zijn uitgevoerd blijkt dat de frames het minste volume innemen wanneer de onderbuis vlak ligt. In deze positie zal een xl ignite het langst zijn. Deze heeft dan een lengte van 107,6cm. Een xl frame van een x-ride zal het hoogst zijn met een hoogte van 55,7cm.

4.4 Ontwerp van de verpakking

Er moest een verpakking ontworpen worden waarbij elk type frame in iedere maat met de zelfde methode verpakt kan worden. Hierbij moet er ook rekening gehouden worden dat voor ieder frame met uitzondering van de mountainbikes ook een voorvork mee moet worden verpakt. Er is een methode gezocht om de frames zo te verpakken dat de onderbuis vlak zou liggen. Hierbij moet er rekening gehouden worden dat het frame beschermd is bij de contactpunten en dat de voorvork zo min mogelijk plaats inneemt.

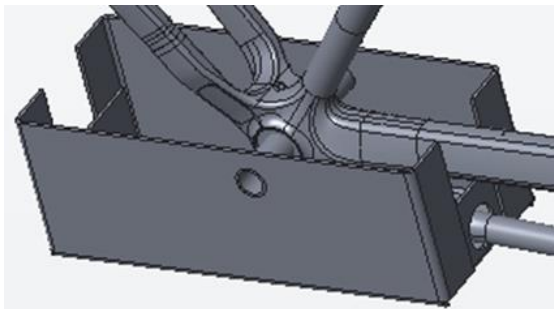
De voorvork zou langs het balhoofd en de zitbuis kunnen worden geplaatst. Hierdoor zal de voorvork geen extra plaats innemen. Dit is praktisch echter niet haalbaar door de grote verscheidenheid aan voorvorken, frametypes en framematen. Hiervoor zouden er specifieke buffers moeten zijn voorzien worden wat de prijs van het verpakkingsmateriaal enorm zal doen stijgen. Het zou het verpakken ook veel ingewikkelder maken.



Figuur 50: plaatsing van de voorvork ten opzichte van het frame

Wanneer de onderbuis vlak ligt komt de onderkant van het balhoofd iets lager uit. Als de voorvork onder het frame geplaatst wordt zal dit de nodige volume in beperkte maten verhogen. Er moet hierbij enkel een ruimte voor de voorvork voorzien zijn. Dit is uiteindelijk de beste oplossing om de voorvork te plaatsen.

Eerst is er gekeken hoe het frame en de voorvork verpakt konden worden zodat ze in deze positie blijven zitten tijdens het transport. Hiervoor is er gedacht aan een open doos waarin de voorvork is vastgemaakt tegen de bodem. In de zijkanten van de doos bevinden zich 2 tegenoverliggende gaten. Door deze gaten wordt een buis geschoven. Deze buis wordt ook door het bracket geschoven. Hierdoor kan het frame enkel nog roteren rond het bracket.



Figuur 51: voorvorkdoos

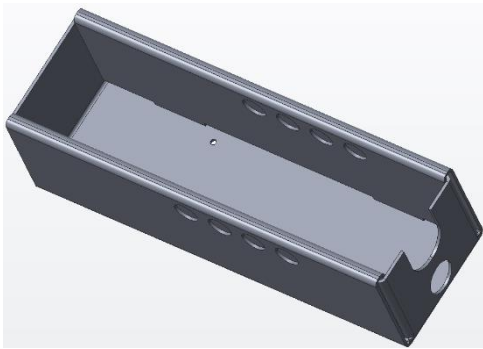
Wanneer deze voorvorkdoos tegen de achterkant van de doos geplaatst wordt kan het frame in de lengte geklemd worden door een beschermbuffer aan het balhoofd te voorzien. Hierdoor zal het frame niet meer kunnen bewegen in de doos.

Door de variatie in grote van de frames is het echter niet mogelijk om een standaard buffer aan het balhoofd te ontwerpen die alle frames zal klemmen in de doos. Een deel van deze variatie kan opgevangen worden door meerdere gaten in de voorvorkdoos te voorzien. Hierdoor kan het grootste deel van de variatie opgevangen worden. Om te voorkomen dat het karton zou doorscheuren bij een schok moet de afstand tussen de gaten voldoende groot gehouden worden.

Hierdoor zal de balhoofdbeschermer zo ontworpen moeten worden dat deze de laatste variatie kan opvangen.

In deze positie is er ook nog contact tussen de achterbrug en de doos. Om te voorkomen dat er lakschade aan de achterbrug optreedt door de trillingen tijdens het transport zal hier ook een bescherming voor moeten worden voorzien.

4.4.1 Voorvorkdoos



Figuur 52:uiteindelijke voorvorkdoos

Om de voorvork vast te maken in deze doos is er een gat voorzien aan de voorkant van de doos. Hier steekt de bovenbuis van de voorvork uit. De doos is ook voorzien van 2 gaten in de bodem. Deze gaten zijn voorzien om de voorvork aan de doos te bevestigen. Dit gebeurt door middel van een kabelbinder. Voor de voorvork in de doos wordt gestoken wordt deze in een beschermzak gestoken. Hierdoor is de voorvork ook beschermd tegen het schuren.

Dit alles zorgt ervoor dat de voorvork beschermd is en dat het frame is beschermd t.o.v. de voorvork. De voorvork heeft een lengte van 68cm en de lengte van de bovenbuis bedraagt 30cm. De binnenlengte van de doos bedraagt 43cm. Hierdoor is er nog 5cm ruimte over om de voorvork eenvoudiger te plaatsen.

De breedte van de onderdoos bedraagt 18cm. Dit is gelijk aan de binnenbreedte van de omdoos. De gaten voor de buis moeten voldoende hoog zijn zodat de voorvork en het frame elkaar niet kunnen raken. De hoogste voorvork is die van de noah sl. Deze heeft een hoogte van 8,5cm. De grootste bracket diameter bedraagt 47mm. De kleinste diameter is 33mm. Dit betekent dat de buis maximaal een diameter van 33mm mag hebben. De frames met het grootste bracket zullen dus 14mm lager uitkomen.

Er wordt gebruik gemaakt van c-golf karton. Dit heeft een dikte van 4mm. Dit betekent dat de uiteindelijke hoogte van het center van het gat ten opzichte van de onderkant van de doos minstens 11,95cm zal moeten zijn. Om wat extra veiligheid te voorzien is dit op 12,45cm geplaatst. De hoogte van de doos bedraagt 16cm. Dit is 1,9cm hoger als de bovenkant van het gat waardoor het karton boven de gaten voldoende sterkte zal hebben. Door de voorvork op deze manier onder het frame te verpakken zal de verpakkingdoos 66cm hoog moeten zijn.

Wanneer de onderbuis van de frames horizontaal ligt steekt de achterbrug van een xl ignite het verst uit. Deze afstand bedraagt 25,4cm. Dit betekent dat achterste gaten minimaal 25,4cm van de achterkant mag worden geplaatst. Omdat rond de achterbrug nog een bescherming moet worden aangebracht is voor deze afstand 26cm genomen.

De maximale verschil in afstand tussen het center van het bracket en de top van het balhoofd bedraagt net geen 20cm. Door de gaten om het bracket "op te hangen" om de 5cm te plaatsen wordt het grootste verschil opgevangen. Hierbij is het karton tussen de gaten nog voldoende sterk om niet door te scheuren wanneer de doos zou vallen.

4.4.2 Balhoofdbeschermer

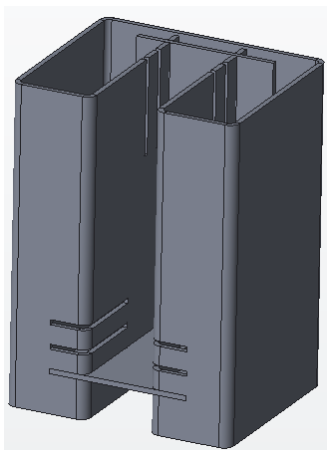
Om het balhoofd te beschermen en de laatste variaties op te vangen is er een kartonnen buffer ontwikkeld. De breedte van het balhoofd varieert tussen 4,8cm en 5,5cm. Om beschadiging door het schuren te voorkomen kan er een dunne laag beschermingsmateriaal gebruikt worden. Hierdoor wordt eveneens het verschil in breedte opgevangen. Om het balhoofd te klemmen is voor de binnenbreedte van de balhoofdbeschermer 5cm genomen.



Figuur 53: voorbeeld van een kartonnen buffer

“Een smalle strook karton, te vouwen tot een interieurtje om een product op zijn plek te houden. Door beperkt te blijven tot een rechthoekige stansvorm, zonder delen die uitsteken, heeft men geen materiaalverlies.” [1]

Op basis van bovenstaand voorbeeld is de balhoofdbeschermer uitgewerkt. Hierdoor zal het balhoofd wel beschermd zijn maar zal het frame nog niet geklemd zijn in de doos. Hiervoor zijn er uitsparingen voorzien waar kartonnen plaatjes in kunnen worden geschoven. Aan de bovenkant zijn de uitsparingen om de 1,5cm geplaatst. Hierdoor wordt de laatste variatie in afstand van het bracket tot de top van het balhoofd opgevangen.



Figuur 54: balhoofdbeschermer

Omdat de onderkant van het balhoofd niet bij ieder frame even ver onder de onderbuis uitsteekt zijn er ook uitsparingen voorzien om de hoogte aan te passen. Hierbij moest er nog wel een manier

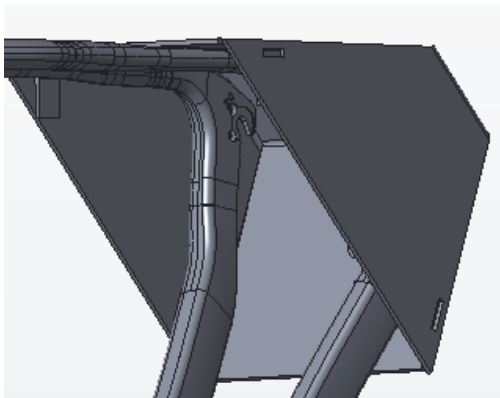
gevonden worden om de variaties op te vangen. Hiervoor zijn er uitsparingen voorzien waar kartonnen plaatje in worden kunnen geschoven. Deze uitsparingen zijn voorzien om de 2cm.

De hoogte van de balhoofdbeschermer bedraagt 25cm. De diepte bedraagt 15cm. De Breedte is gelijk aan de binnenbreedte van de doos en bedraagt dus 18cm.

De afstand tussen de achterkant van de balhoofdbeschermer en de achterste positie van het schuifkarton bedraagt 24mm. De maximale lengte van een bracket tot de bovenkant van het balhoofd is 79,6cm. Hierdoor is de benodigde binnenlengte van de doos 108cm. De lengte van de doos zal dus 109cm bedragen.

4.4.3 Bescherming achterbrug

Tenslotte is er ook nog contact tussen de achterbrug en de doos. Door de trillingen die optreden tijdens het transport zal de achterbrug tegen de doos gaan schuren. Dit kan lakschade veroorzaken. Om deze lakschade te voorkomen is er een open doos uitgewerkt die op alle frames past. Deze moet enkel over de achterbrug geschoven worden waardoor dat het frame niet meer tegen de doos zal schuren. Hiervoor wordt B-golf karton gebruikt. Dit karton heeft een dikte van 3mm.



Figuur 55: achterbrugbeschermer

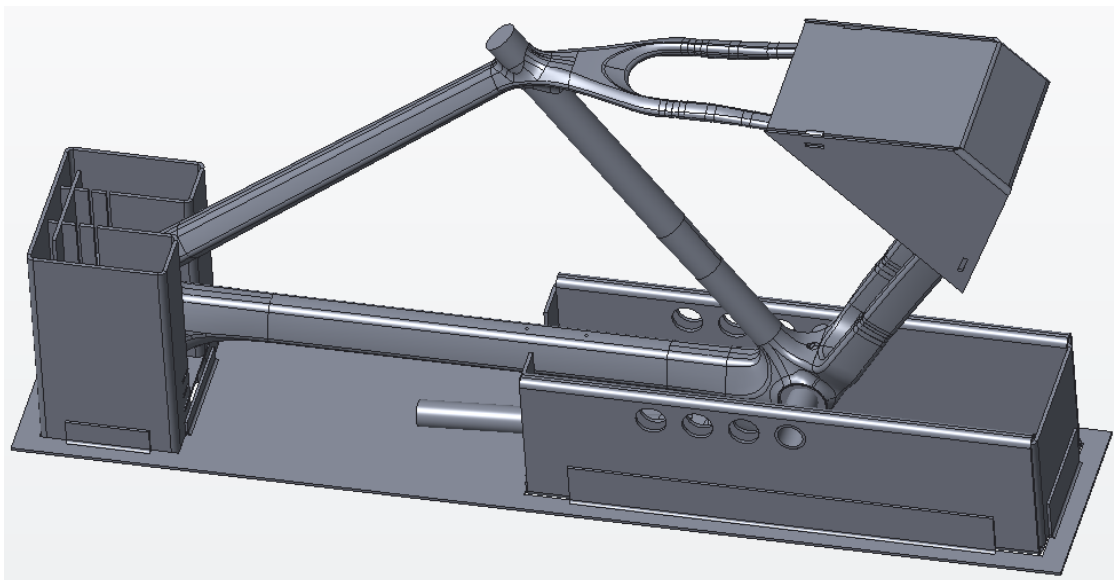
4.4.4 Uiteindelijk ontwerp



Figuur 56: prototype van de verpakking

De 2D tekeningen van de ontworpen verpakking zijn terug te vinden in bijlage B.

4.5 Verpakkingsmethode



Figuur 57:verpakkingswijze

Eerst zal de voorvork verpakt moeten worden. Men plaatst de voorvork eerst in een beschermingszak. Vervolgens plooit men de onderdoos en plaats men hier de voorvork in. Dit doet men door de voorvork door het voorziene gat te steken en de voorvork vast te maken met een kabelbinder. Nu kan de voorvorkdoos in de mal geplaatst worden.

Deze mal is ontworpen om het verpakken te vergemakkelijken en te versnellen. Als men de voorvorkdoos geplaatst heeft plaatst men de balhoofdbeschermer en neemt men het frame. Om te bepalen waar de buis geplaatst moet worden houdt men het frame tegen de achterkant van de balhoofdbeschermer. Als men het frame nu naar achter beweegt kan men de buis plaatsen in het eerste gat waarmee het bracket gecentreerd wordt.

Hierna kan men zien waar de schuifkartons geplaatst moeten worden. Als men nu de achterbrugbeschermer plooit en plaatst kan het frameforkset in de doos geplaatst worden.

De 2D-tekening van de ontvouwing van deze mal is terug te vinden in bijlage C.

4.6 Kostenberekening

4.6.1 Materiaalkost

Huidige materiaalkosten:

Tabel 12: materiaalkosten van de huidige verpakking

doos	€2,493
beschermplaat	€0,462
kopkarton	€0,0915
achterbrugbescherming	€0,15
voorvorkzak	€0,15
totaal	€3,3465

Nieuwe materiaalkosten:

Tabel 13: materiaalkosten van de nieuwe verpakking

doos	€1,67
onderdoos	€0,44
buis	€0,154
achterbrugbeschermer	€0,37
balhoofdbeschermer	€0,28
Schuifkartonx2	€0,16
voorvorkzak	€0,15
totaal	3,224

De materiaalkost van de nieuwe verpakking is €0,1225 goedkoper.

4.6.2 Arbeidskost

Het verpakken van het frame en de voorvork duurt op dit moment 104 seconden. Om het frame en de voorvork te verpakken zal er nog slechts 81 seconden nodig zijn. Dit komt overeen met een tijdsbesparing van 23 seconden. Met een arbeidskost van €35 per uur zal dit voor een besparing van €0,22 per frameforkset zorgen.

4.7 Testen

4.7.1 Trilproef

Door de trillingen tijdens het transport kan er lakschade aan het frameforkset optreden. Op de plaatsen waar het frame is ingeklemd of contact heeft met de verpakking kan het frame door deze trillingen gaan schuren. In Dit geval is dit de voorvork, het balhoofd en de achterbrug. Om de lakschade te voorkomen is de voorvork in een beschermzak gestoken, buffermateriaal aangebracht rond het balhoofd en een achterbrugbeschermer ontworpen.

Om na te gaan of de verpakking bestand is tegen deze trillingen wordt er een trilproef uitgevoerd. Deze proef wordt uitgevoerd op 3 zijden van de verpakking. Op iedere zijde zal de triltafel gedurende 20 minuten trillen bij een frequentie van 40Hz en met een acceleratie van 2G.



Figuur 58: foto van de trilproeven

4.7.2 Klimaattesten en valproef

Bij het in- en uitladen van de frameforkset bestaat de kans dat men deze laat vallen. Dit kan zowel voor lakschade als voor breuken zorgen. De verpakking moet zo ontworpen zijn dat ze deze schok kan opvangen.

Om na te gaan of het buffermateriaal zijn eigenschappen behoud binnen de vooropgesteld temperaturen zijn er eerst klimaattesten uitgevoerd. Eerst is de verpakking gedurende 48 uur opgeslagen worden bij een temperatuur van -10°C . Vervolgens is de verpakking gedurende 48 uur opgeslagen bij een temperatuur van 80°C . Als dit gebeurd is zal de verpakking een valproef ondergaan van 50cm op 1 hoek, de aanliggende ribben en alle zijden. De verpakking moest voldoen aan een

valproef van 35cm. Dit is echter uitgevoerd bij een hoogte van 50cm omdat dit de laagst mogelijke hoogte is bij Jabil in Hasselt.

Doordat de buffers ontworpen zijn uit karton zal de klimaatstest bij -10°C nagenoeg geen effect hebben op de verpakking. Bij de klimaatstest van 80°C moet er gekeken worden of het buffermateriaal rond het balhoofd niet zal gaan kleven.

Door de valproeven kan er gekeken worden of de balhoofdbeschermer en de vorkdoos voldoende sterk zijn om de schok op te vangen.



Figuur 59:klimaatkast



Figuur 60:valtest van de frameforksetverpakking op de hoek

4.7.3 Resultaten

Nadat de testen waren uitgevoerd is er gekeken of er schade is. Eerst is de doos zelf bekeken. Hieraan was nauwelijks iets te zien.



Figuur 61:foto van de doos na de testen

Vervolgens is de doos open gemaakt. Hierbij is te zien dat de frameforkset nog in de zelfde positie zit. Aan de balhoofdbeschermer is het linker reepje kartonachter het schuifkarton afgescheurd. Toch zat het balhoofd nog steeds geklemd in de balhoofdbeschermer. Bij de vorkdoos is het karton aan de voorkant doorgescheurd boven het gat waar de voorvork door geplaatst is. De voorvork zelf zit wel nog in zijn beschermzak en is nog geklemd tegen de onderkant van de vorkdoos door middel van de kabelbinder. Ook het karton onder de buis waar het bracket op steunt is gescheurd. De buis is wel op zijn plaats blijven zitten.



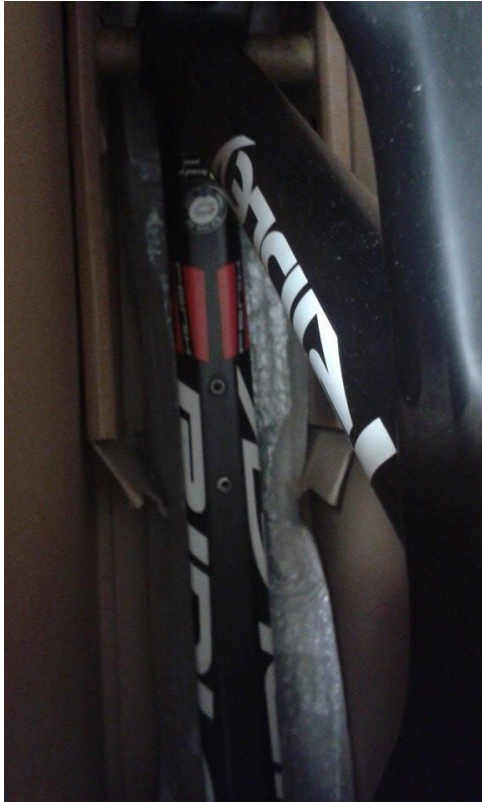
Figuur 62:foto van de frameforkset in de doos na de testen



Figuur 63:foto van de balhoofdbeschermer na de testen



Figuur 64:foto van het opgehangen bracket in de vorkdoos na de testen



Figuur 65:foto van de vorkdoos na de testen

Hierna is het frame en de voorvork uit de verpakking gehaald om te kijken of deze schade hebben opgelopen. Dit bleek echter niet het geval. Er was geen lakschade te zien aan de achterbrug. Ook het frame en de voorvork zijn niet beschadigd. Aan het balhoofd was eveneens geen lakschade of impact van het vallen te zien.



Figuur 66:foto van de achterbrug na de testen



Figuur 67:foto van de voorvork waar deze met de kabelbinder was vastgemaakt



Figuur 68: foto van de bovenkant van de voorvork na de testen

4.8 Eco-analyse van de frameforksetverpakking

Zoals uitgelegd in sectie 3.8 zijn deze eco-analyses uitgevoerd door de ecolysertool.

4.8.1 Verpakking

Voor de verpakking wordt zowel de ecologische inpakt voor het produceren als voor het afdanken berekend.

Verpakking	Onderdeel	Materiaal of proces	Hoeveelheid	Indicator	Resultaat
	doos	karton: vouwdoos (Folding Box Board), inclusief kartonproductie	2.216 kg	267	591.67
	beschermplaat	karton: gerecycleerde vezel, dubbele wand	0.374 kg	126	47.12
	kopkarton	karton: gerecycleerde vezel, dubbele wand	0.035 kg	126	4.41
	beschermzak	PA - polyamide: PA 6.6	0.165 kg	694	114.51
	beschermzak	PA - polyamide: extrusie	0.165 kg	38	6.27
	vvzak	PA - polyamide: PA 6.6	0.02 kg	694	13.88
	vvzak	PA - polyamide: extrusie	0.02 kg	38	0.76
				Totaal:	778.63

Figuur 69:ecoanalyse van de productie van de huidige verpakking

Afdanking	Materiaal	Gewicht	Afvalverwerking	Resultaat
	gerecycleerde vezel, dubbele wand	0.41kg	18 mPt/kg	7.36
	PA 6.6	0.19kg	35 mPt/kg	6.48
	vouwdoos (Folding Box Board), inclusief kartonproductie	2.22kg	18 mPt/kg	39.89
			Totaal:	53.73

Figuur 70:ecoanalyse van de verwerking van de huidige verpakking

Verpakking	Onderdeel	Materiaal of proces	Hoeveelheid	Indicator	Resultaat
	balhoofdbeschermmer	karton: gerecycleerde vezel, dubbele wand	0.072 kg	126	9.07
	achterbrugbeschermmer	karton: gerecycleerde vezel, dubbele wand	0.04193 kg	126	5.28
	onderdoos	karton: gerecycleerde vezel, dubbele wand	0.09355 kg	126	11.79
	doos	karton: vouwdoos (Folding Box Board), inclusief kartonproductie	1.93156 kg	267	515.73
				Totaal:	541.87

Figuur 71:ecoanalyse van de productie van ontworpen verpakking

Afdanking	Materiaal	Gewicht	Afvalverwerking	Resultaat
	gerecycleerde vezel, dubbele wand	0.21kg	18 mPt/kg	3.73
	vouwdoos (Folding Box Board), inclusief kartonproductie	1.93kg	18 mPt/kg	34.77
			Totaal:	38.5

Figuur 72:ecoanalyse van de verwerking van de ontworpen verpakking

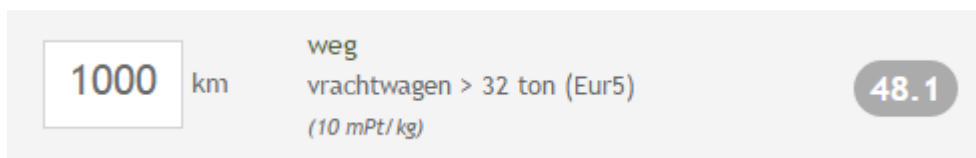
De huidige verpakking heeft in totaal een milieu-impact van 832,36mPt. De nieuwe verpakking heeft een impact van 580,37mPt. Dit betekent dat de milieu-impact met 30,27% daalt.

Wanneer beide eco-analyses bekeken worden is te zien dat de doos het meeste impact heeft. Doordat het nieuwe ontwerp gebaseerd is op het minimale volume zijn de afmetingen van de doos kleiner.

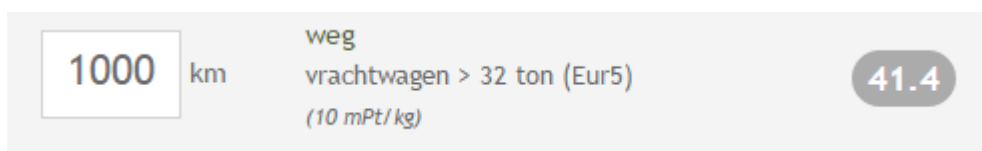
Hierdoor is er minder karton nodig waardoor de ecologische-impact daalt. De beschermzak voor het frame heeft ook een aanzienlijke inpakt. Doordat deze niet meer gebruikt wordt in het nieuwe ontwerp valt deze inpakt dus weg.

Verder is het oppervlakte karton van de balhoofdbeschermer, achterbrugbeschermer en vorkdoos kleiner dan het oppervlakte van de beschermplaat. Dit alles resulteert in een aanzienlijk lagere milieupact.

4.8.2 Transport



Figuur 73: milieupact van het vrachtwagentransport over een afstand van 1000km voor de huidige verpakking met een frameforkset van 2kg



Figuur 74: milieupact van het luchttransport over een afstand van 1000km voor de huidige verpakking met een frameforkset van 2kg

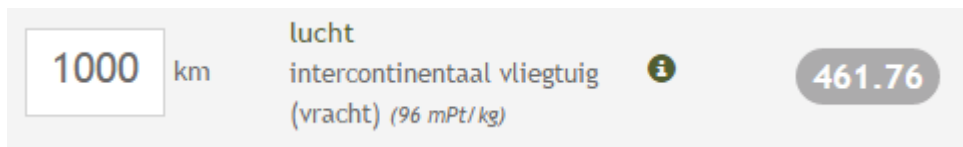
De ecolysertool berekend de milieupact op basis van het gewicht en de kilometers. Voor een frameforkset van 2 kg zou dit voor de huidige verpakking voor vrachtwagentransport over een afstand van 1000km 48,1mPt bedragen en voor de nieuwe verpakking 41,4mPt.

Aangezien het gewicht per volume zo laag is geeft dit echter een verkeerd beeld. Doordat de breedte van de doos versmalt is van 23cm naar 19cm kunnen er 6 in plaats van 5 dozen langs elkaar staan. In de hoogte zouden er 3 dozen op elkaar gestapeld kunnen worden in plaats van 2 aangezien de hoogte is verlaagd van 86cm naar 66cm.

Door de lengte aan te passen van 93cm naar 109,5cm zullen er nog 12 verpakkingen achter elkaar geplaatst kunnen worden. Momenteel zijn er dat 14. Dit betekend dat door de nieuwe verpakking er 432 frameforksets vervoerd kunnen worden. Momenteel bedraagt dit 280 frameforksets. Dit komt overeen met een stijging van iets meer als 54%.

Deze vrachtwagens kunnen maximaal 32 000kg vervoeren. De totale vracht heeft een gewicht van slechts 1 788kg. Dit betekend dat de verhoging van het aantal frameforksets het verbruik minimaal zal doen stijgen. Dit betekend dat de milieupact per volle vracht nauwelijks zal verschillen tussen de huidige en de nieuwe verpakking. Aangezien het aantal frameforksets stijgt met 54% maar de milieupact per volle vracht nagenoeg constant blijft zal de uiteindelijke verbetering eerder in de buurt van 35,2% liggen

Voor het luchttransport zal er enkel een verbetering gebeuren op basis van het gewicht. De huidige verpakking heeft voor een frameforkset van 2kg een milieupact van 461,76mpt per 1000km. Voor de nieuwe verpakking is dit 397,44mpt. Dit betekend dat de verbetering van de impact voor het luchttransport 14% zal bedragen.



Figuur 75: milieu-impact voor 1000km luchttransport voor een frameforkset van 2kg in de huidige verpakking



Figuur 76: milieu-impact voor 1000km luchttransport voor een frameforkset van 2kg in de nieuwe verpakking

4.9 Besluit

De verpakking voldoet aan de eisen. Zowel de materiaalkost als de arbeidskost zijn verlaagd. Dit resulteert in een besparing van €0,3425 per frameforkset. Per jaar worden er een 2 000 tal frameforksets verzonden. De besparing op jaarbasis zal dus ongeveer €700 zijn.

Tijdens de testen hebben de balhoofdbeschermer en de vorkdoos wel beschadigingen opgelopen. Aangezien het frame en de voorvork niet beschadigt zijn is dit geen probleem. Om dit te voorkomen kan er sterker karton gebruikt worden. Dit zal echter wel zorgen voor een hogere materiaalkost.

Ook de milieu-impact is aanzienlijk gedaald. de milieu-impact van de productie en afdanking daalt met 30,27%. Voor het vrachtwagentransport ligt de daling van de impact in de buurt van 35,2%. Bij luchttransport zal dit 14% bedragen.

5 Ontwerp hulptool

5.1 Bepaling van de stap waar het hulpinstrument voor wordt ontworpen

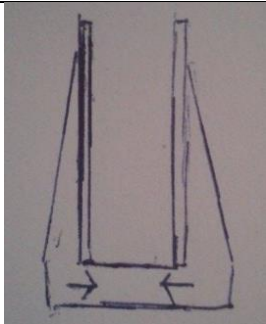
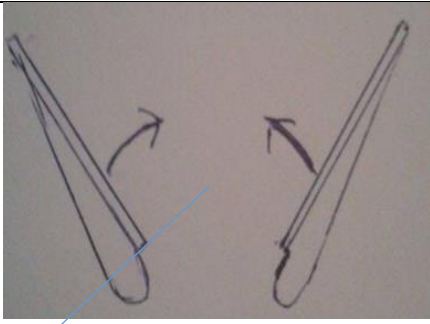
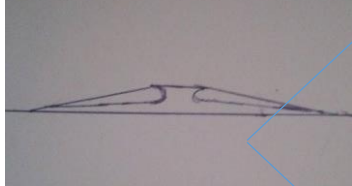
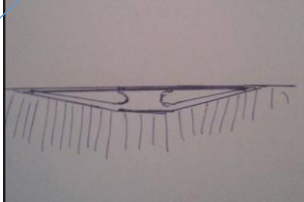
Wanneer het verpakkingsproces bekeken wordt is te zien dat het dichtnieten van de doos enige moeilijkheid met zich meebrengt. Doordat het voorwiel langs de fiets zit om deze te klemmen, komen er krachten op de doos te staan. Deze zullen de zijkanten van de doos naar buiten duwen. Bij het dichtmaken van de doos moet de doos samen gedruwd worden terwijl men deze dichtniet. Momenteel duwt de verpakker de doos samen met 1 knie en 1 hand. Zijn andere hand gebruik hij om de doos dicht te nieten. Dit resulteert in een onhandige en een niet ergonomische handeling.

Doordat de doos niet op alle plaatsen wordt samen gedruwd komt de doos ook bol te staan. Dit zorgt ervoor dat de doos uiteindelijk ook breder zal zijn. Om deze situatie te verhelpen is er een dozenklem ontworpen. Deze klem duwt de doos samen waardoor de verpakker de doos met beide handen de doos kan dichtnieten.

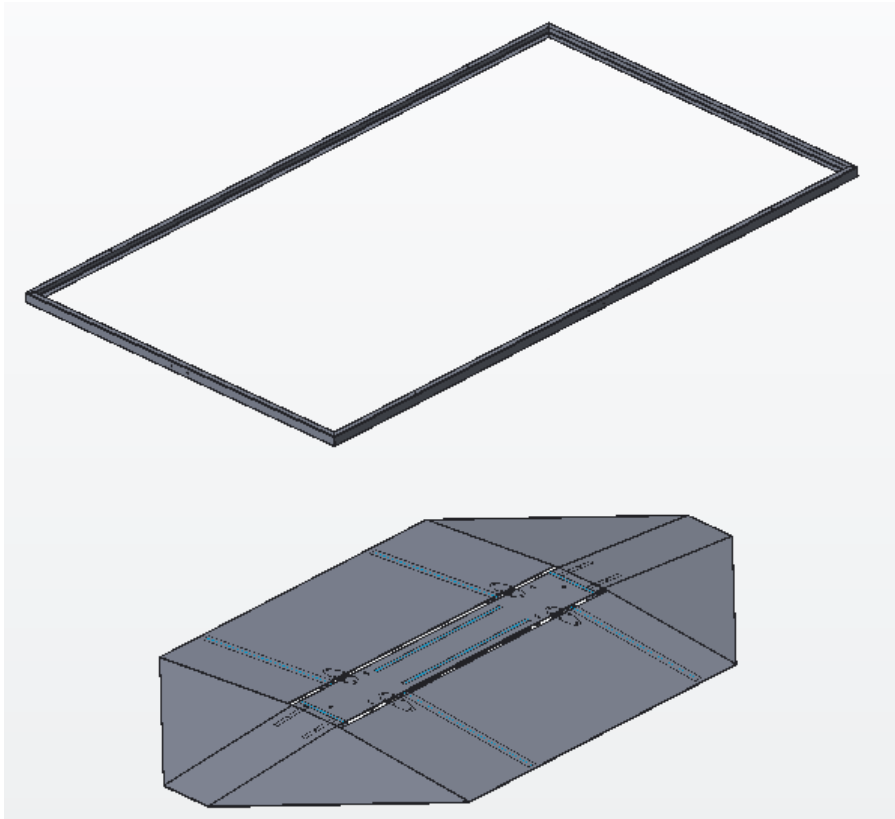
5.2 Eisenpakket

- De klem mag niet hinderen tijdens de andere stappen van het verpakken.
 - De verpakker mag er niet over kunnen struikelen.
 - De verpakker mag er niet voor moeten omlopen.
- Het mag de verpakkingstijd niet verhogen.
- Er mag geen schade aan de fiets worden aangebracht.
- Het instrument moet voldoen aan de veiligheidsvoorwaarden.

5.3 Morfologisch overzicht

Manier van klemmen	 Parrallel klemmen	 Draaiend klemmen
Plaatsing van de klem	 op de vloer	 in de vloer
Klem openen	Met drukknop	Met sensor
Lichtgordijn plaatsen	Rond de klem	Boven de klem

5.4 Ontwerp



Figuur 77: afbeelding van de ontworpen dozenklem

Als de fiets in de doos geplaatst is moet de verpakker de bufferdoos vullen. Voordat hij de bufferdoos vult moet hij op de knop drukken om de klem te sluiten. De klem zal sluiten terwijl de verpakker de bufferdoos nog aan het vullen is. Hierdoor zal het sluiten van de klem de verpakkingstijd niet verhogen. Wanneer de fiets verpakt is kan de doos uit de klem geschoven worden. In de bovenplaat is een lichtsensor gemonteerd. Deze zal zien dat de doos er tussenuit is geschoven. Hierdoor zal het signaal gegeven worden dat de klem terug geopend mag worden. Dit signaal moet wel even worden uitgesteld tot de doos volledig verwijderd is.

Boven de klem is een kader voorzien. Dit kader wordt opgehangen aan het plafond. Op dit kader is een lichtgordijn geplaatst. Dit zal detecteren als er iemand aan de klem komt. Wanneer er iemand aan de klem komt terwijl deze aan het bewegen is zal deze onmiddellijk stil vallen.

Het volledige ontwerp is terug te vinden in bijlage D.

6 Besluit

Door de VSM's zijn de niet waardetoevoegende stappen duidelijk geworden. Voor bijna al deze stappen is er een oplossing gevonden. Enkel het verplaatsen van de fietsen en de dozen kan best behouden blijven. Door deze aanpassingen zal zowel de doorlooptijd als de arbeidstijd sterk dalen.

De doorlooptijden zijn niet opgenomen in de procesanalyses aangezien de fietsen pas aan het eind van de dag opgehaald worden. Hierdoor zal de uiteindelijke doorlooptijd toch gelijk blijven. Door de fiets van de wanbetalers te produceren nadat ze betaald zijn komen deze fietsen in de stroom van de rechtstreekse verzending terecht. Voor de uiteindelijke berekening van de besparing zijn deze hier al bijgeteld. De combinatie van de voorgestelde aanpassingen voor de verschillende stappen in het verzendingsproces kunnen een totale jaarlijkse besparing tot €32 150 opleveren.

Uit de testen en berekeningen die zijn uitgevoerd blijkt dat de herontworpen fietsverpakking voldoet aan alle eisen.

Door de nieuwe verpakking toe te passen kan er tot €64 150 per jaar bespaard worden. Hiernaast is de milieu-impact van de verpakking ook aanzienlijk lager. Voor de productie en afdanking van de verpakking zal de milieu-impact met ongeveer 14,35% dalen. Voor het bijhorende vrachtwagentransport zal dit in de buurt van 20% liggen. Voor luchttransport zal dit dalen met 5,5%.

Ondanks dat de verpakking aan de eisen voldoet kan de huidige kwaliteit van het karton voor de doos best behouden worden. De oppervlaktehardheid van de kwaliteit waarmee de testen zijn uitgevoerd is niet hoog genoeg. Hierdoor zal de doos te snel beschadigen van buitenaf oplopen. De materiaalkost van de ontworpen voorvorkbeschermer ligt wel hoger dan de huidige kost van de bescherming van de voorvork. Desondanks zal dit toch voor een besparing zorgen aangezien het de defecten aan de voorvork zal voorkomen. Verder zal dit ook voor de distributeurs een aanzienlijke verbetering betekenen. Deze betalen het vervoer zelf. Aangezien er 25% meer fietsen vervoerd kunnen worden per vracht zal de vervoerskost voor hen met 20% per fiets dalen.

Ook de frameforksetverpakking voldoet aan de eisen. Zowel de materiaalkost als de arbeidskost zijn verlaagd. Dit resulteert in een besparing van €0,3425 per frameforkset. Dit geeft een besparing op jaarbasis van €700. Tijdens de testen hebben de balhoofdbeschermer en de vorkdoos wel beschadigen opgelopen. Aangezien het frame en de voorvork niet beschadigt zijn is dit geen probleem. Om deze beschadigen te voorkomen kan er sterker karton gebruikt worden. Dit zal echter wel zorgen voor een hogere materiaalkost. Ook de milieu-impact is aanzienlijk gedaald. de milieu-impact van de productie en afdanking daalt met ongeveer 30,27%. Voor het vrachttransport ligt de daling van de impact in de buurt van 35,2%. Bij luchttransport zal dit 14% bedragen.

De ontworpen doosklem zal het dichtnieten van de doos aanzienlijk vergemakkelijken. Daarnaast zal het niet zorgen voor een hogere verpakkingstijd en voldoet het aan de veiligheidsvoorwaarden. Door de dozen op deze manier dicht te nieten zal de doos ook niet meer bol komen te staan.

Door deze voorstellen toe te passen zou het bedrijf de jaarlijkse kosten kunnen reduceren met €97 000.

Literatuurlijst

- [1] „ecolizer.be,” [Online]. Available: <http://ecolizer.be/help/achtergrondinformatie-ecolizer>. [Geopend 4 2016].
- [2] „industrialpackaging.nl,” [Online]. Available: http://www.industrialpackaging.nl/category/nieuw_verpakking/. [Geopend 4 11 2015].

Bijlagelijst

Bijlage A: macro voor de lengte, hoogte en oppervlakte te berekenen bij de optimale hoek.....	80
Bijlage B: ontwerp van de frameforksetverpakking.....	82
Bijlage C: 2D tekening van de ontvouwing van de mal om de frameforksets te verpakken.....	86
Bijlage D: ontwerp van de dozenklem.....	87

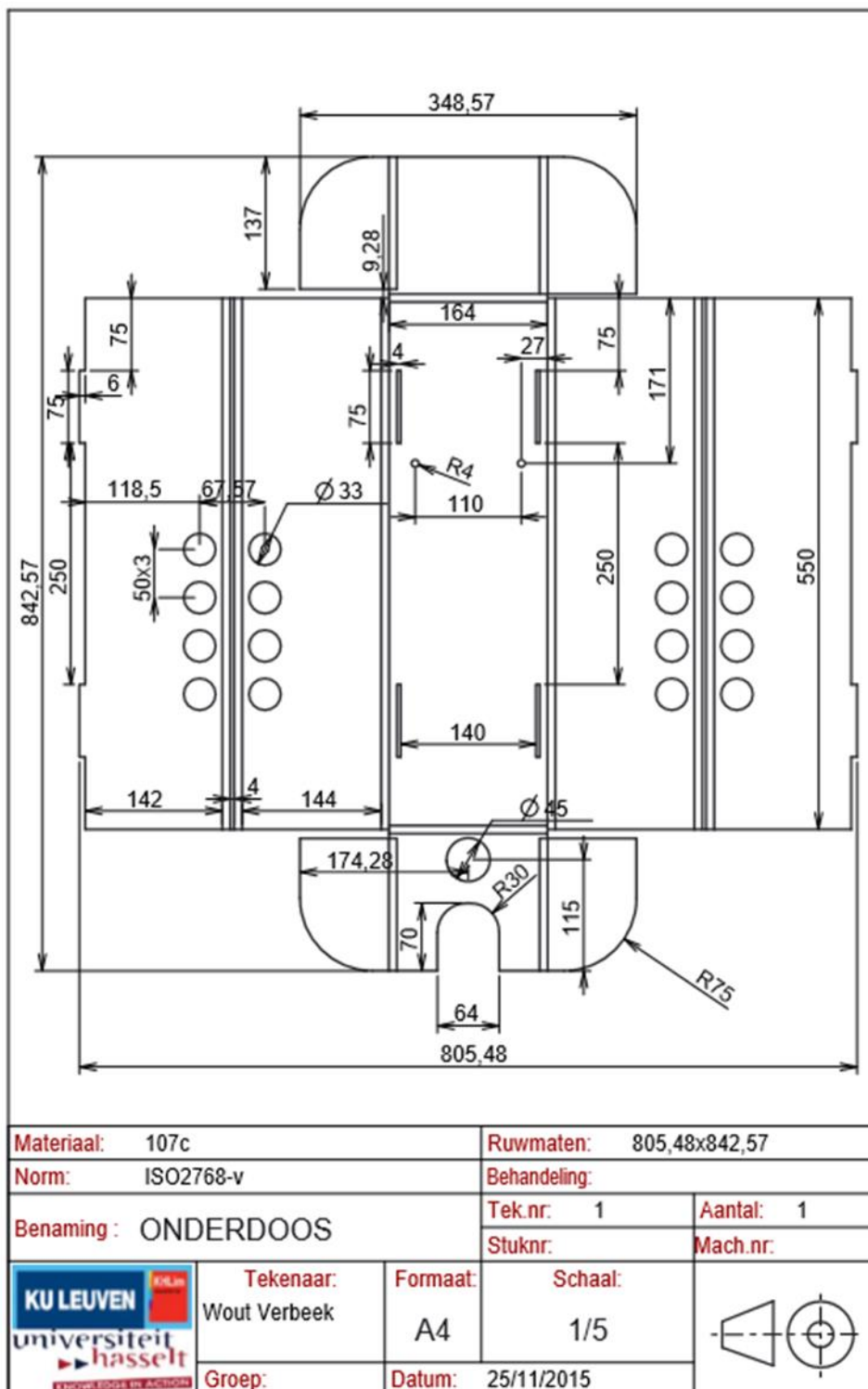
Bijlage A: macro voor de lengte, hoogte en oppervlakte te berekenen bij de optimale hoek

```
Sub oppervlakte()  
Dim i As Double  
Dim breedte1, breedte2, hoogte1, hoogte2 As Double  
Dim b, a, c, d, alfa, beta, gamma As Double  
Dim MinOpp, hoek As Double  
Dim pie As Double  
pie = 3.14(declaratie van pie)  
  
a = ActiveCell.Offset(0, -7).Value  
b = ActiveCell.Offset(0, -6).Value  
c = ActiveCell.Offset(0, -5).Value  
d = ActiveCell.Offset(0, -4).Value  
alfa = ActiveCell.Offset(0, -3).Value  
beta = ActiveCell.Offset(0, -2).Value  
gamma = ActiveCell.Offset(0, -1).Value  
  
MinOpp = 2000000  
sigma = 180 - alfa (sigma is de maximale hoek dat het frame gekanteld kan worden.)  
  
For i = 0 To sigma * 5 (De hoek verspringt per de 0°12'.)  
hoogte1 = Abs(a * Sin((i / 5 + alfa) * pie / 180)) + Abs(c * Cos((i / 5 - gamma) * pie / 180)) (berekening  
van de top van het balhoofd)  
hoogte2 = Abs(d * Sin((i / 5 + beta) * pie / 180)) (berekening van de hoogte van de top van zitbuis)  
If (gamma - i > 0) Then  
breedte = Abs(b * Cos(i / 5 * pie / 180) + a * Cos((i / 5 + alfa) * pie / 180))  
Else  
breedte = Abs(b * Cos(i / 5 * pie / 180) + a * Cos((i / 5 + alfa) * pie / 180)) + Abs(c * Sin((i / 5 - gamma)  
* pie / 180))  
End If  
  
If (hoogte1 > hoogte2) Then  
hoogte = hoogte1  
Else  
hoogte = hoogte2  
End If  
Opp = breedte * hoogte  
Opp = Application.Round(Opp, 2)  
If (Opp < MinOpp) Then  
MinOpp = Opp  
breed = breedte  
hoog = hoogte  
hoek = i / 5  
End If
```

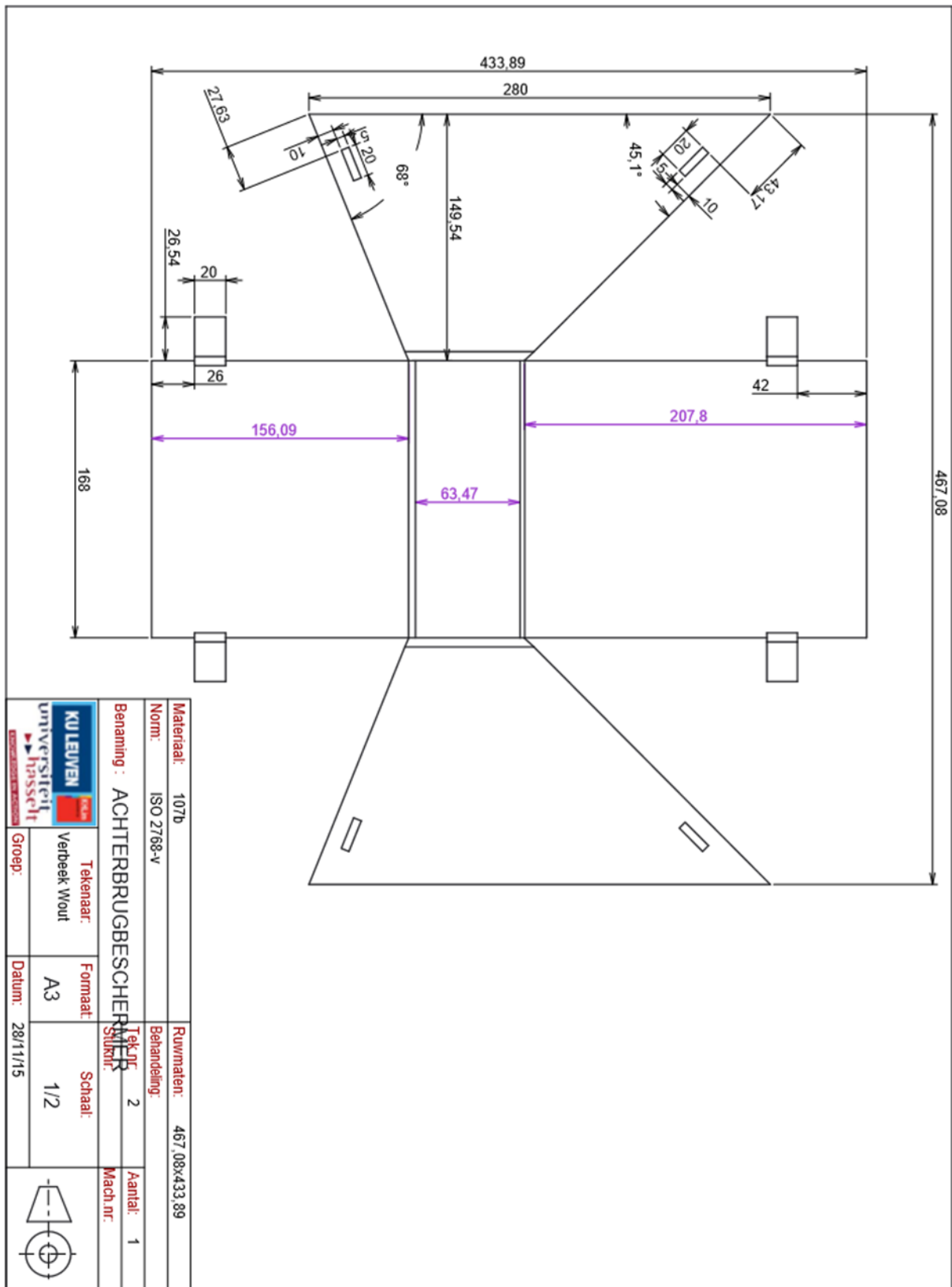
```
i = i + 1
Next i
ActiveCell.Value = MinOpp
ActiveCell.Offset(0, 1).Value = hoek
ActiveCell.Offset(0, 2).Value = breed
ActiveCell.Offset(0, 3).Value = hoog
End Sub
```

Bijlage B: ontwerp van de frameforksetverpakking

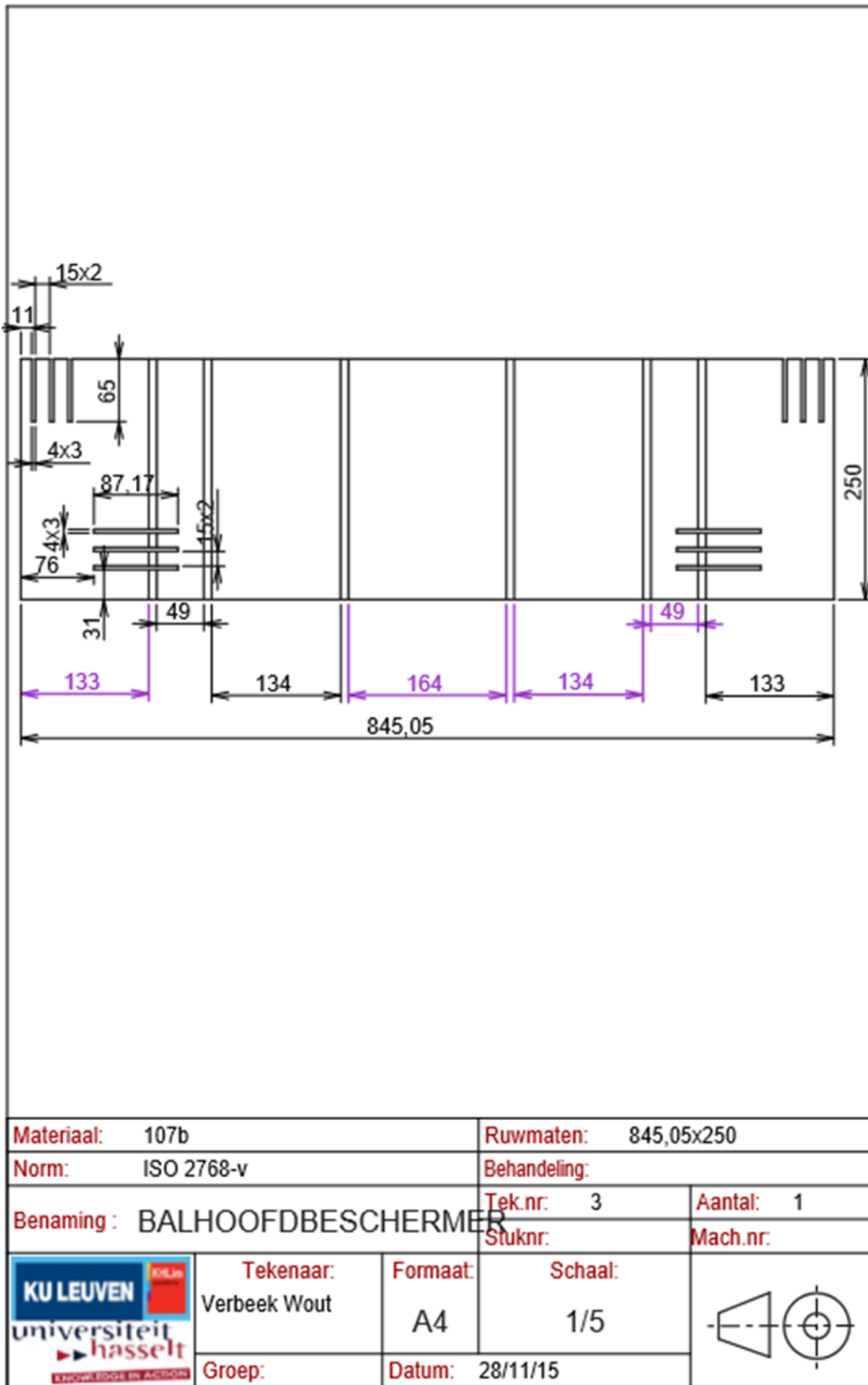
2D tekening van de ontvouwing van de vorkdoos



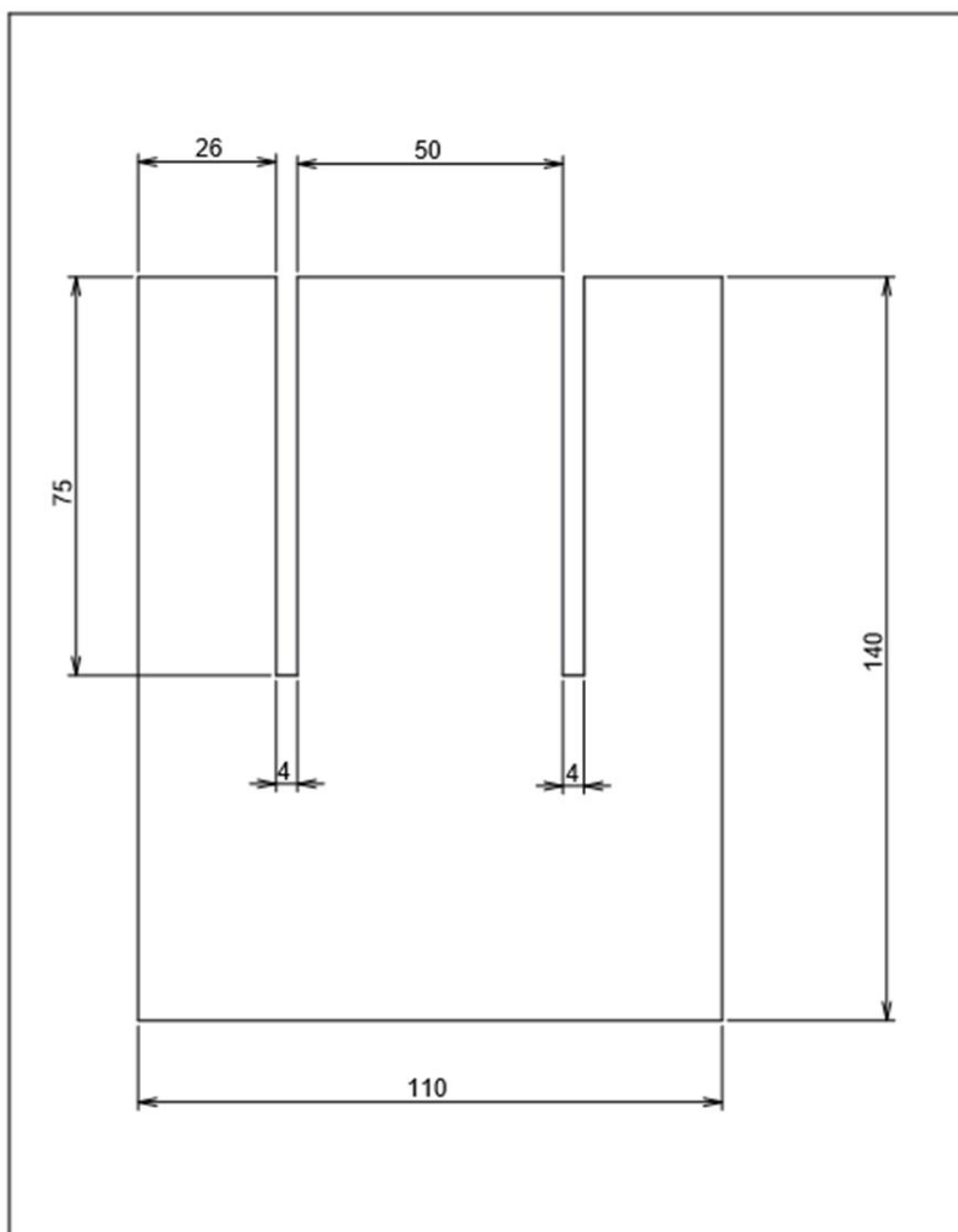
2D tekening van de ontvouwing van achterbrugbeschermer

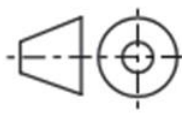


2D tekening van de ontvouwing van de balhoofdbeschermer

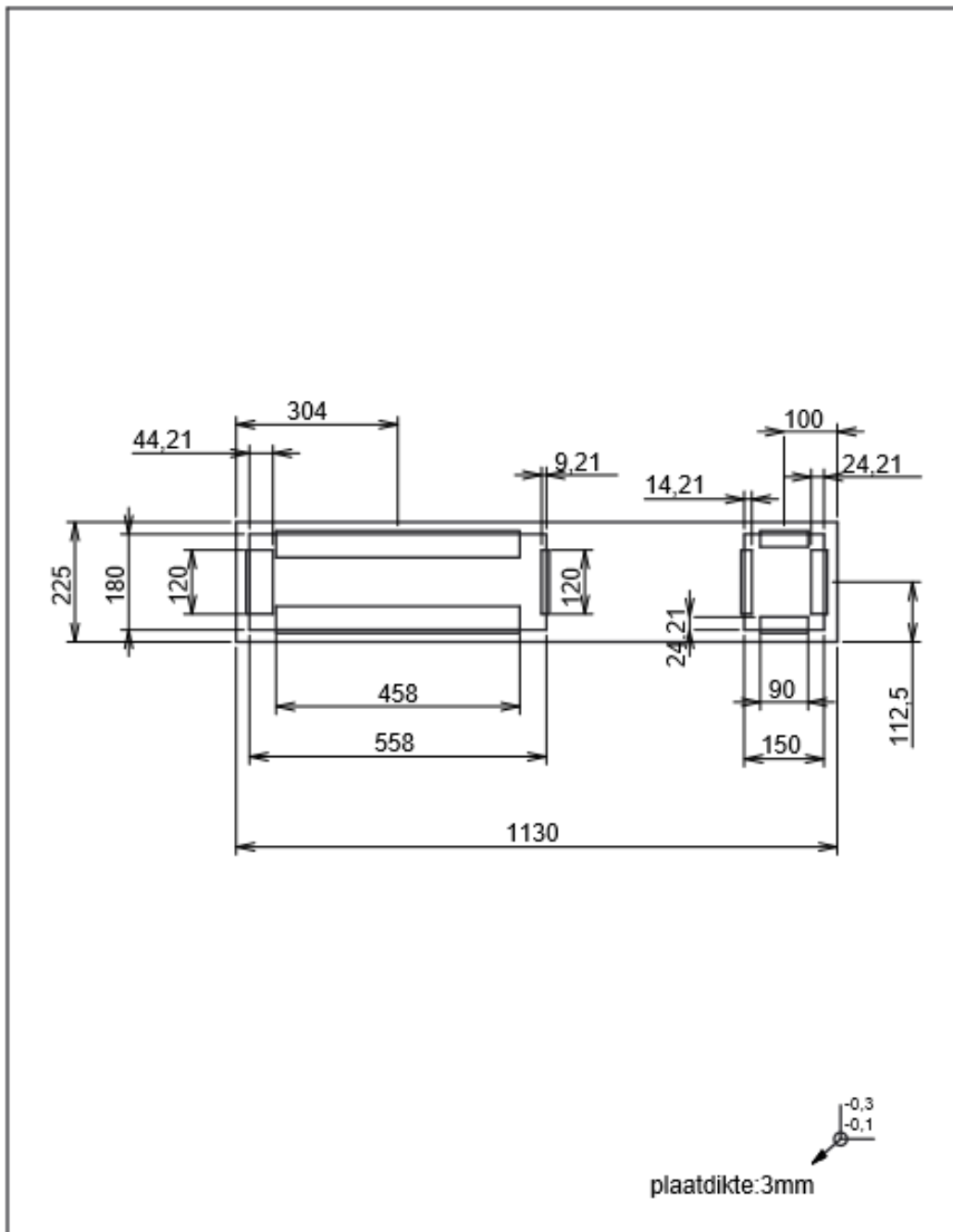



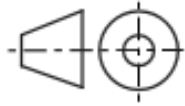
2D tekening van het schuifkarton



Materiaal: 107b		Ruwmaten: 110x140	
Norm: ISO 2768-v		Behandeling:	
Benaming: schuifkarton		Tek.nr.: 4	Aantal: 2
		Stuknr.:	Mach.nr.:
	Tekenaar: Verbeek Wout	Formaat: A4	Schaal: 1/1
	Groep:	Datum: 28/11/15	
			

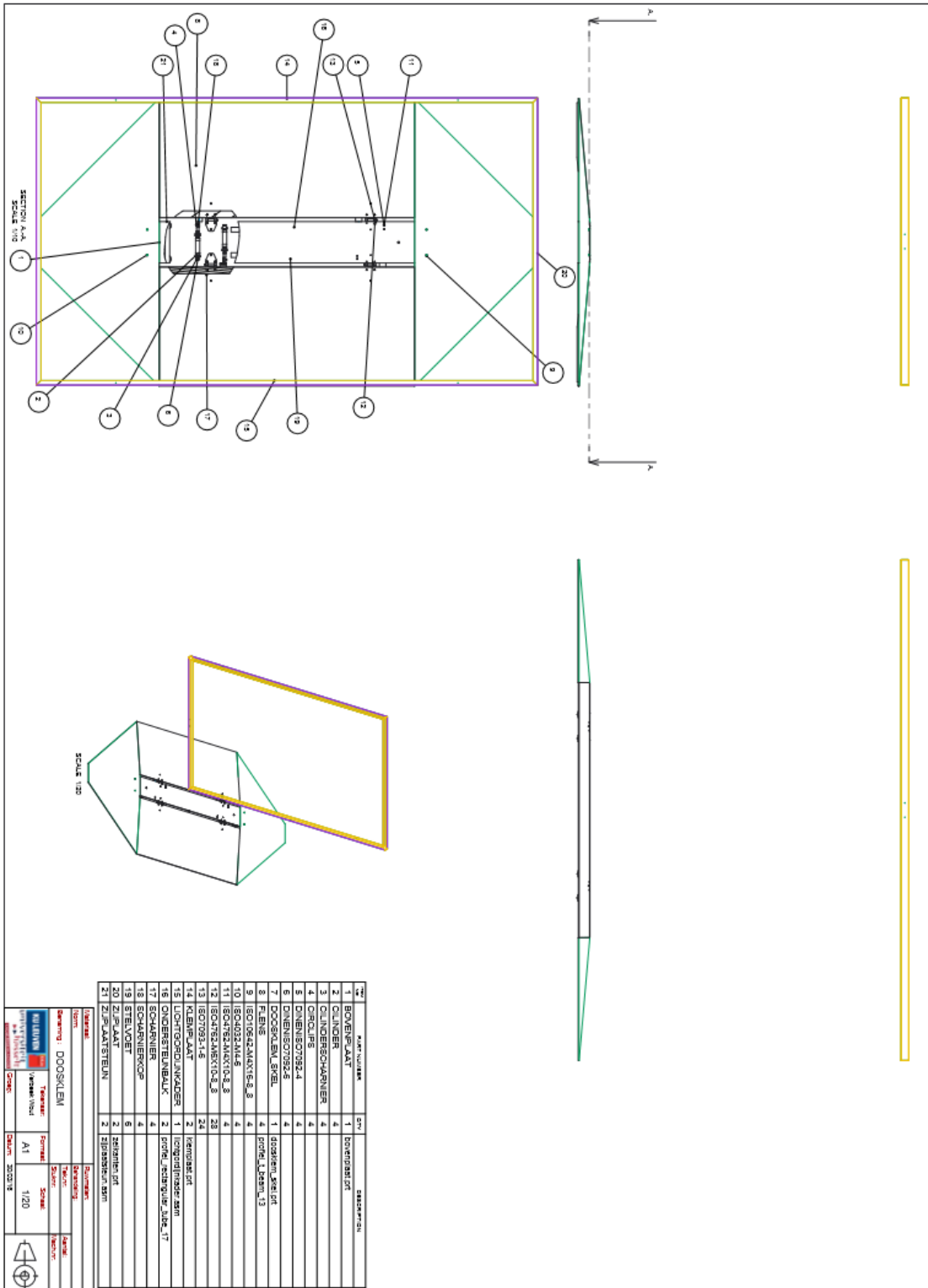
Bijlage C: 2D tekening van de ontvouwing van de mal om de frameforksets te verpakken

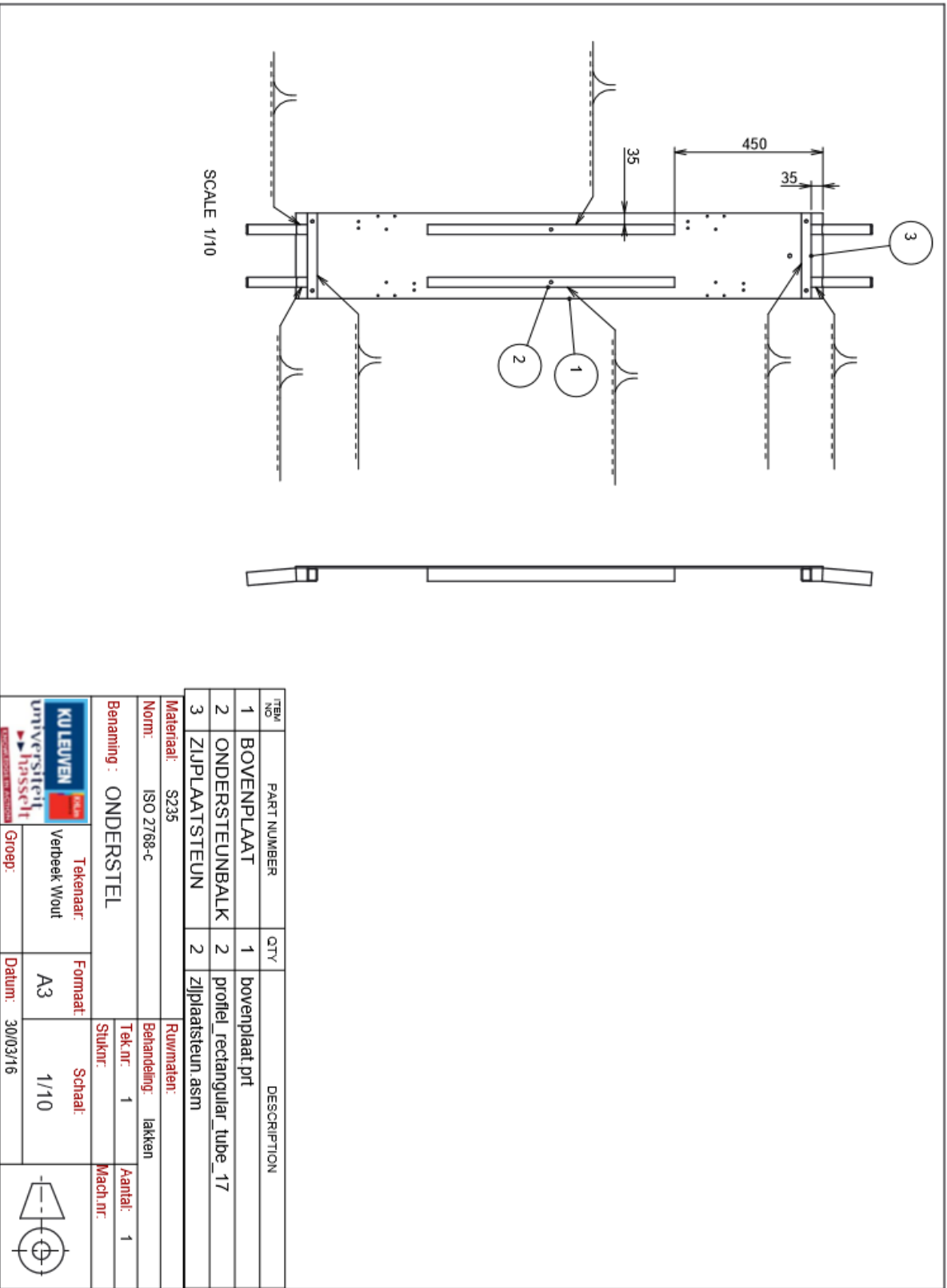


Materiaal: S235		Ruwmaten: 1130x225x3	
Norm: ISO2768-c		Behandeling: nat lakken	
Benaming : MAL		Tek.nr.: 1	Aantal: 1
		Stuknr.: 1	Mach.nr.:
	Tekenaar: Verbeek Wout	Formaat: A4	Schaal: 1/10
	Groep:	Datum: 30/03/14	
			

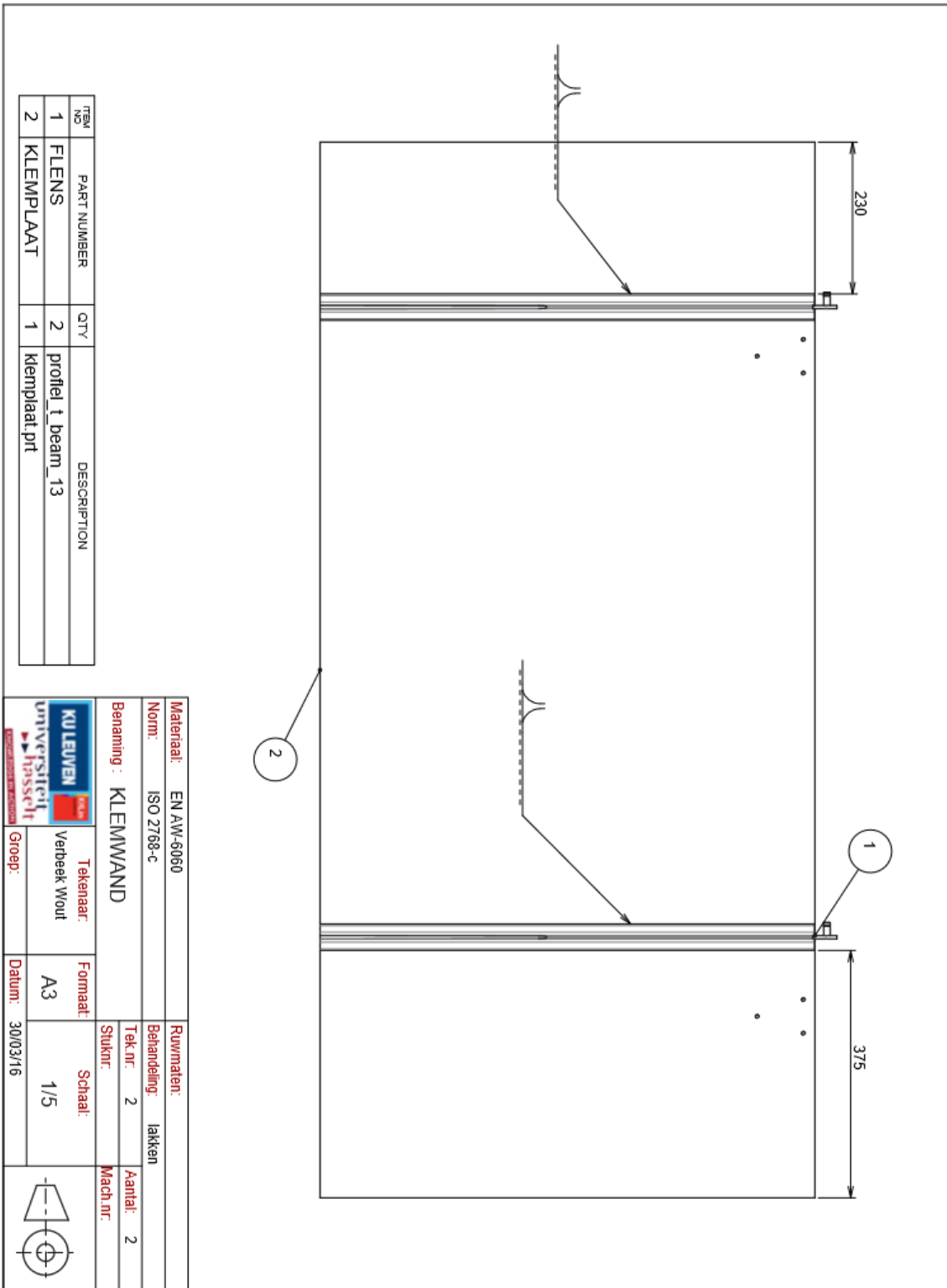
Bijlage D: ontwerp van de dozenklem

Aanzichttekening van de samenstelling

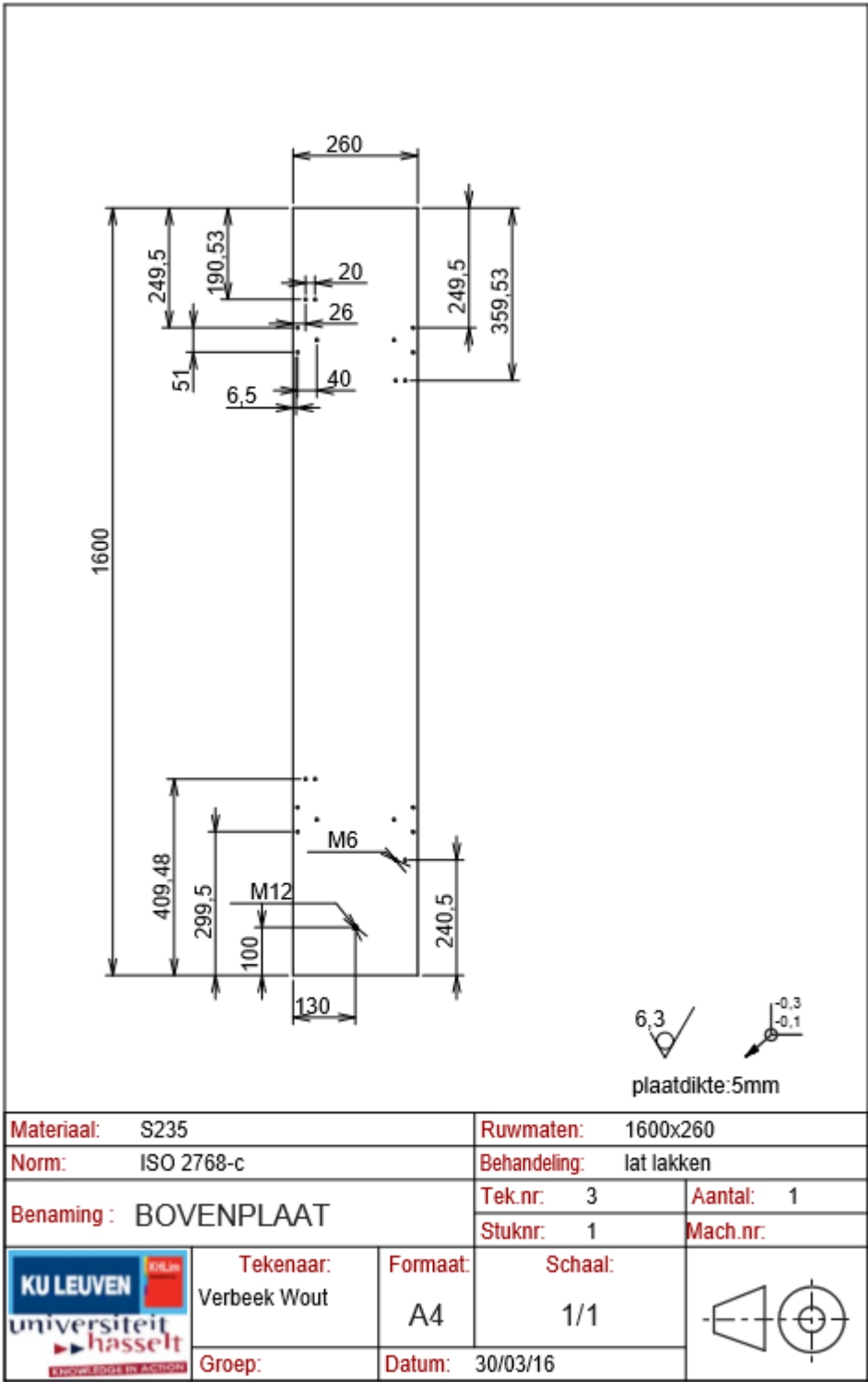




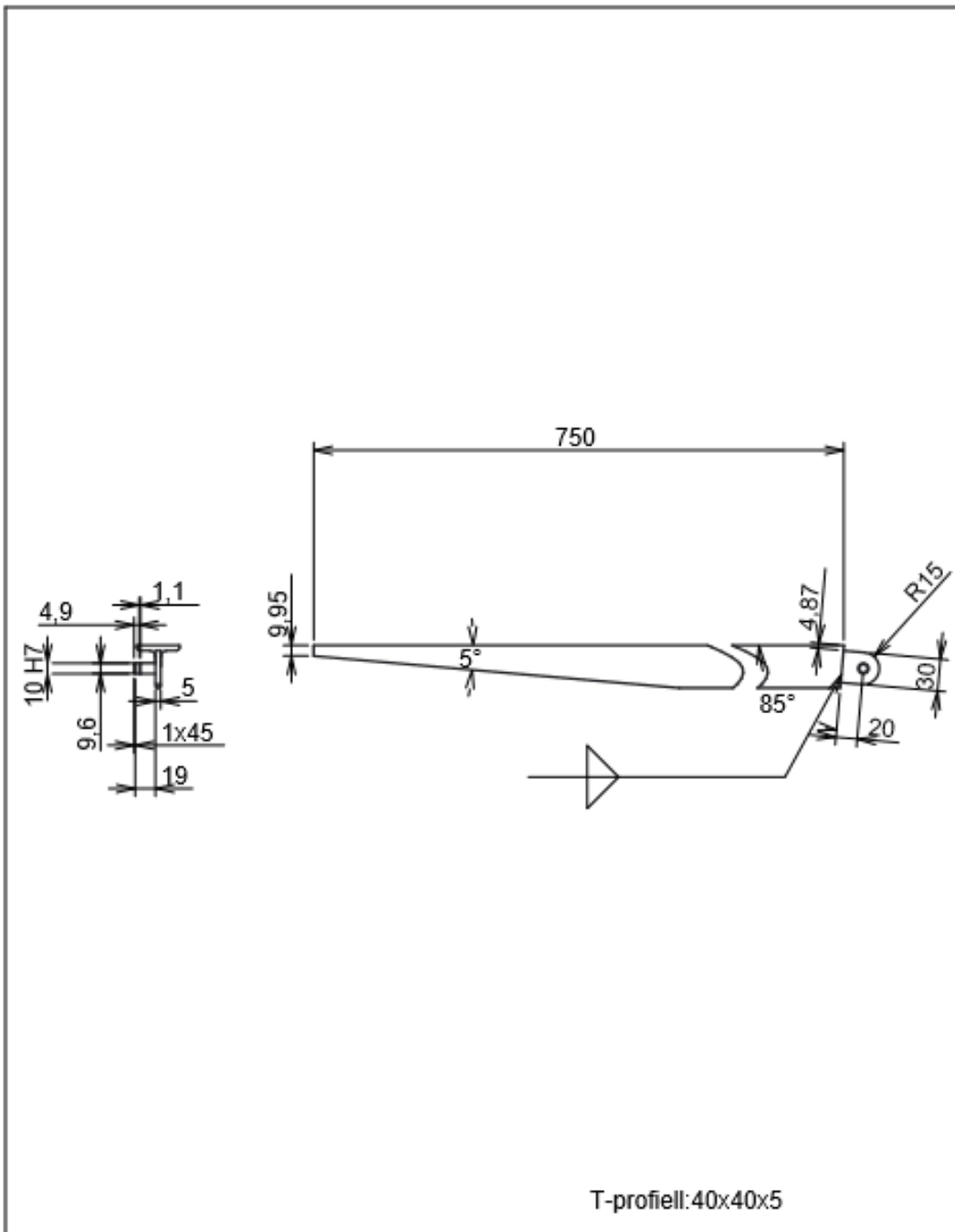
2D tekening van de klemwand


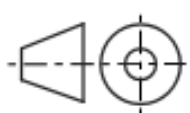


2D tekening van bovenplaat

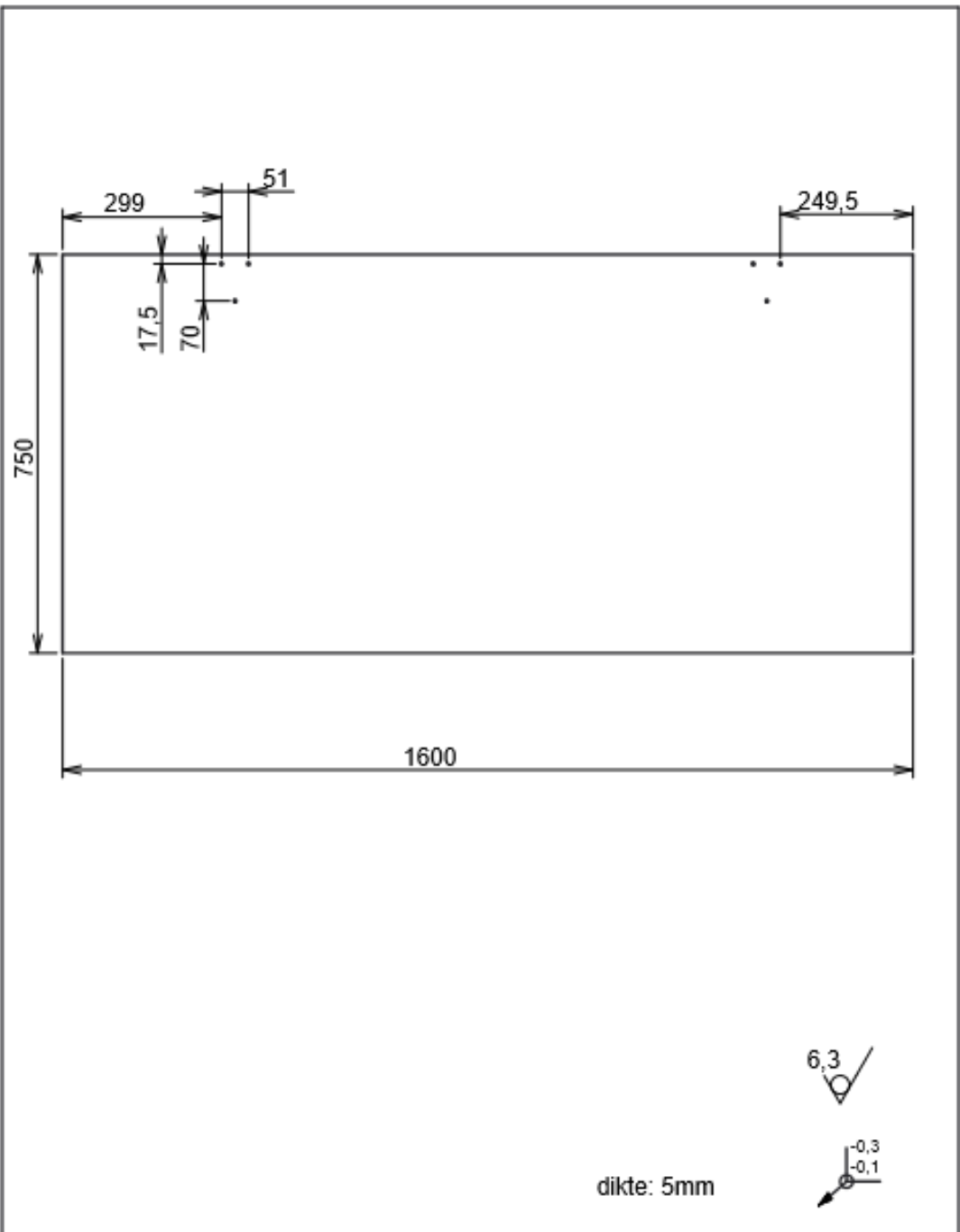



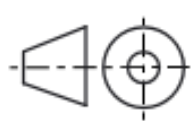
2D tekening van de flens

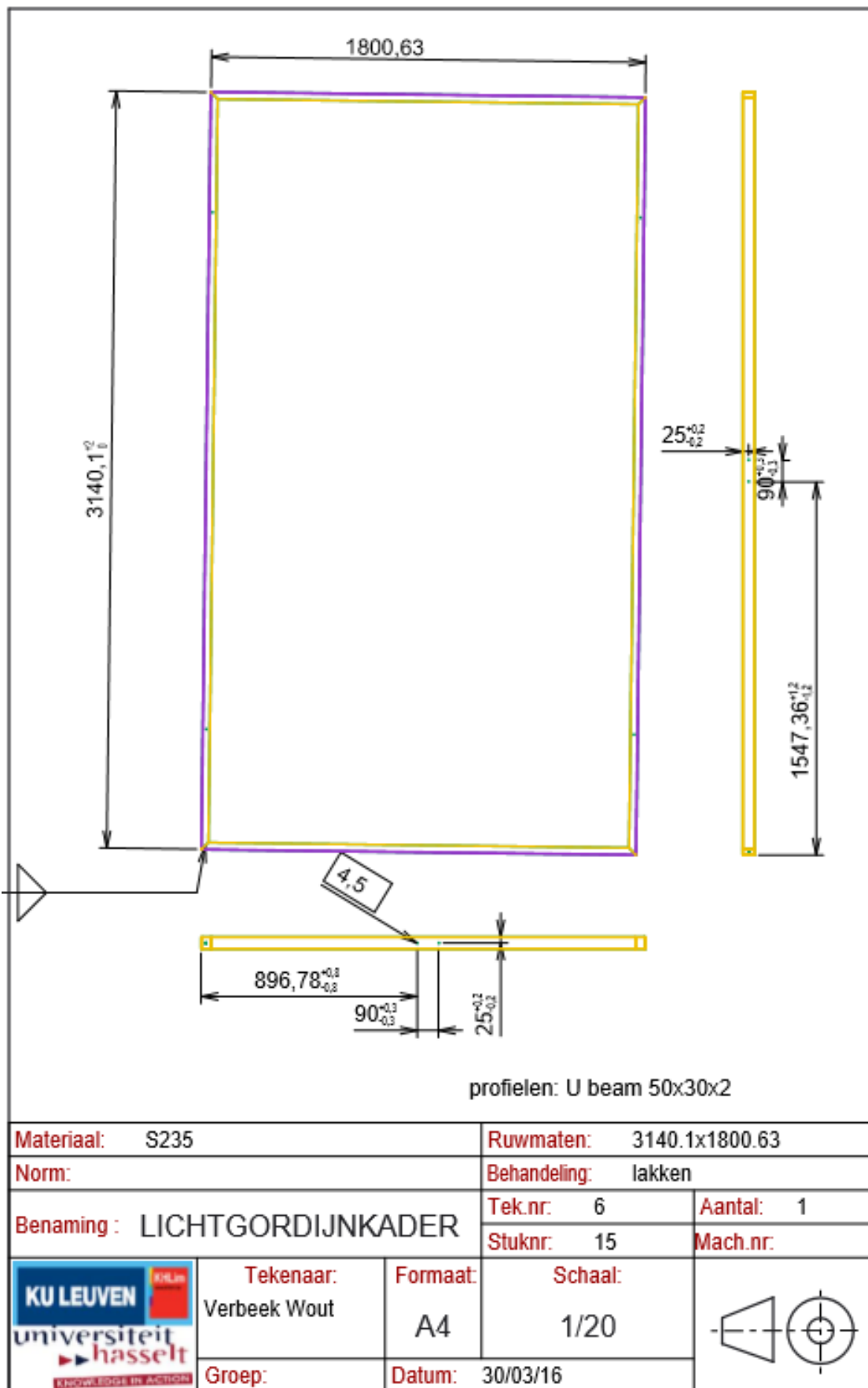


Materiaal: EN AW-6060		Ruwmaten:	
Norm: ISO 2768-m		Behandeling:	
Benaming : FLENS		Tek.nr.: 4	Aantal: 4
		Stuknr.: 8	Mach.nr.:
	Tekenaar: Verbeek Wout	Formaat: A4	Schaal: 1/5
	Groep:	Datum: 30/03/14	
			

2D tekening van de klemplaat

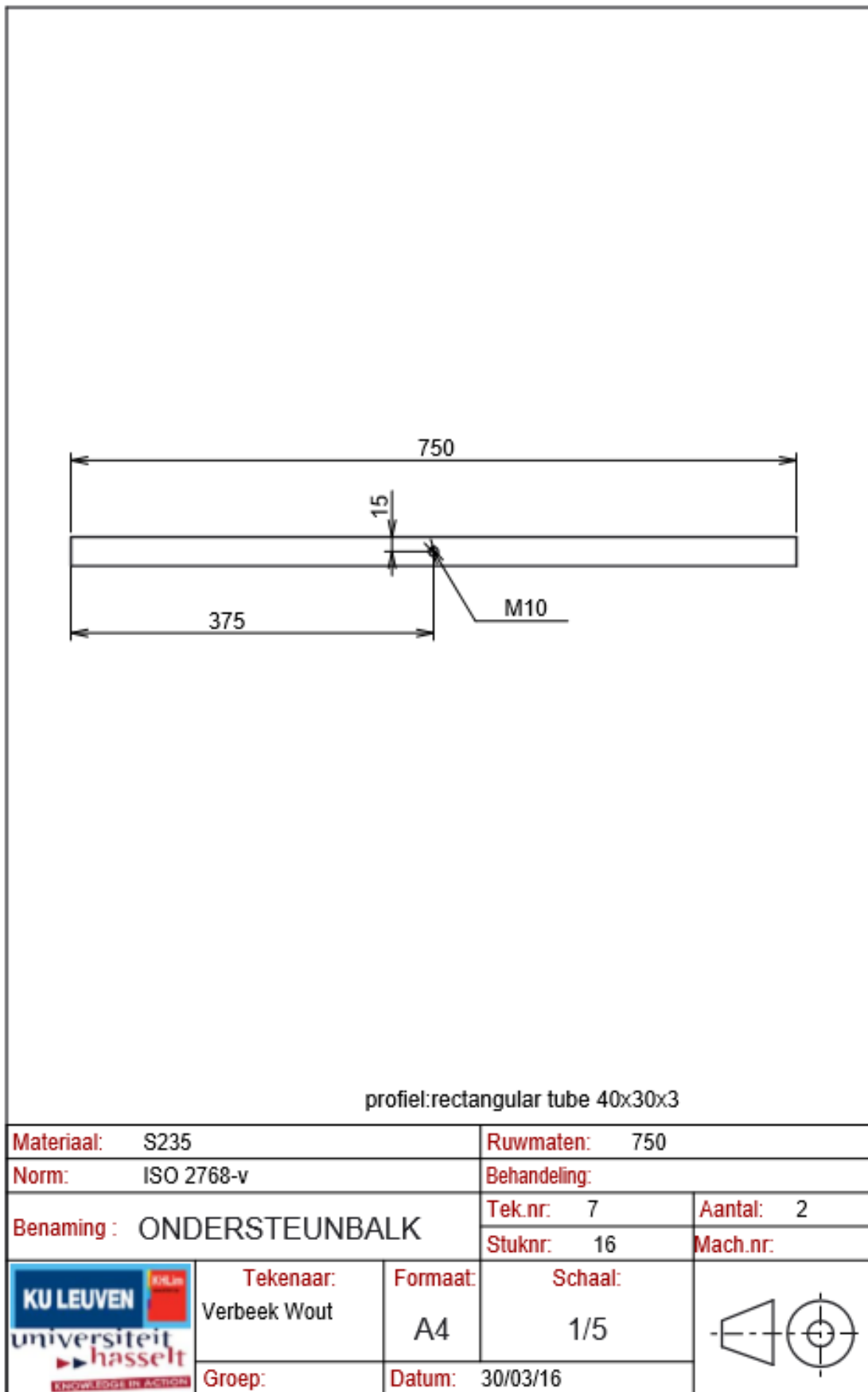


Materiaal: EN AW-6060		Ruwmaten: 1600x750x5	
Norm: ISO 2768-m		Behandeling:	
Benaming : KLEMPLAAT		Tek.nr: 5	Aantal: 2
		Stuknr: 14	Mach.nr:
	Tekenaar: Verbeek Wout	Formaat: A4	Schaal: 1/10
	Groep:	Datum: 30/03/16	
			

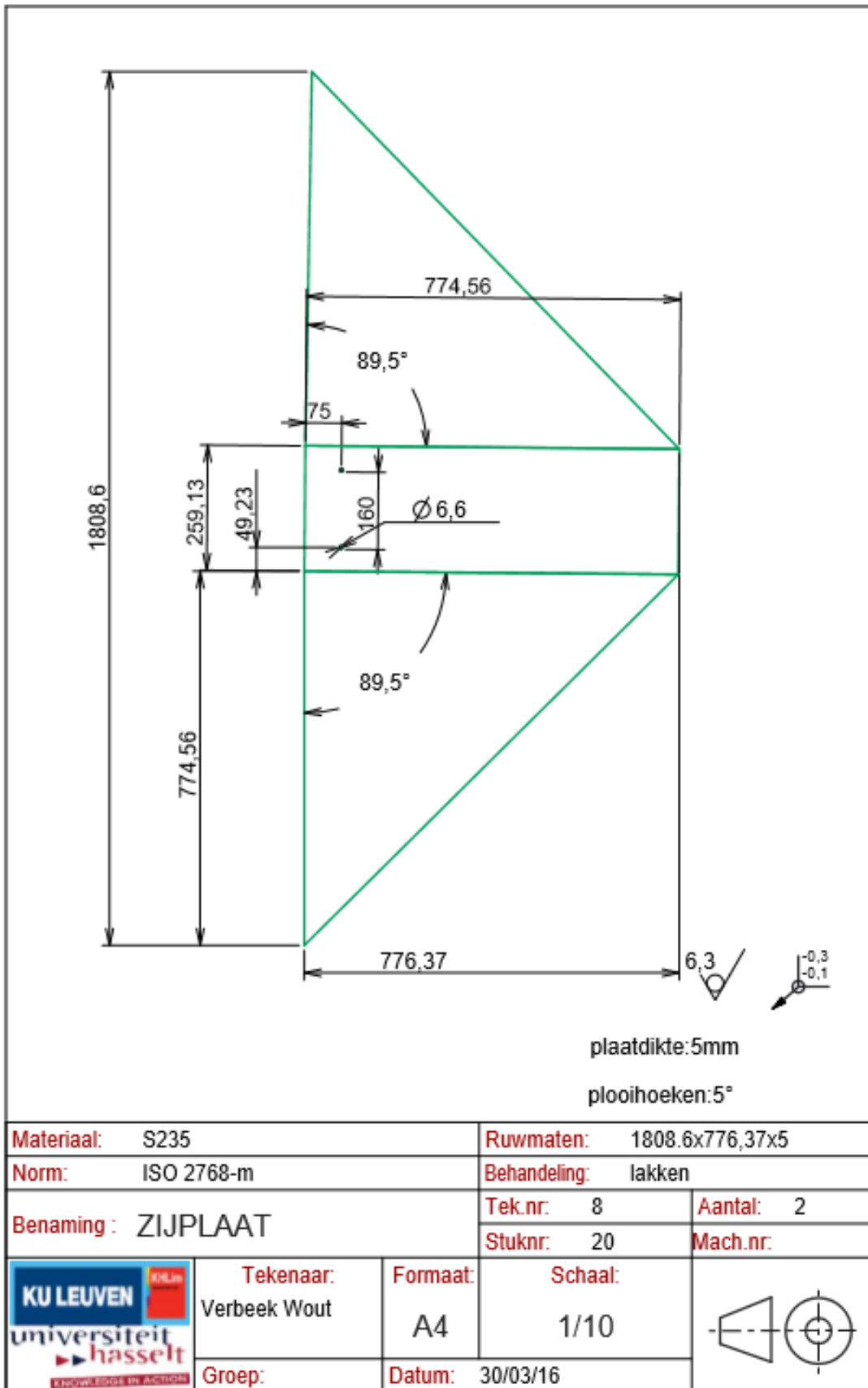


Figuur 78:2D tekening van het lichtgordijnkader

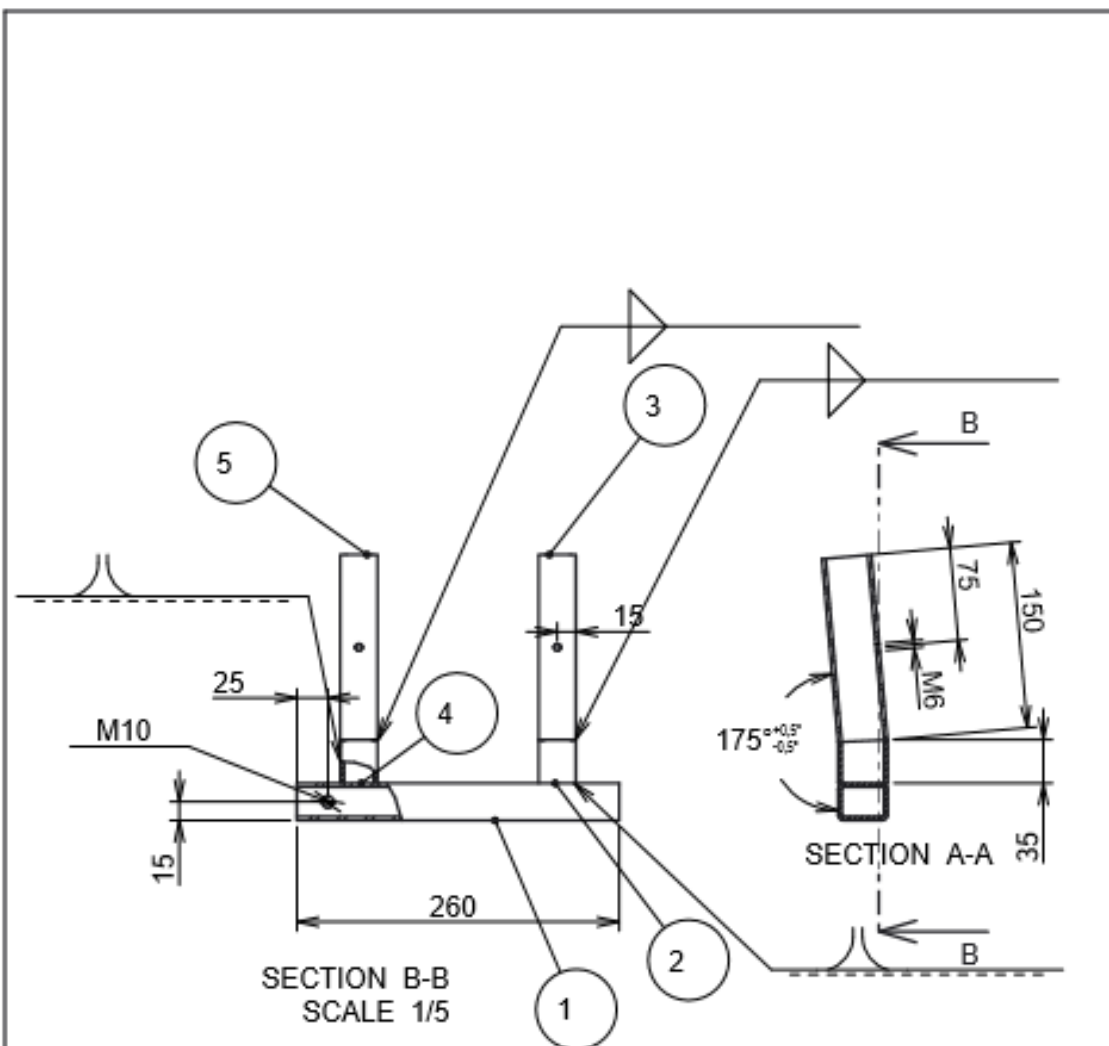
2D tekening van de ondersteunbalk



2D tekening van de ontvouwing van de zijplaat


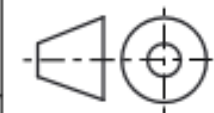


2D tekening van de zijplaatsteun



profielen: rectangular tube 40x30x3

ITEM NO	PART NUMBER	QTY
1	PROFIEL_RECTANGULAR_TUBE_19	1
2	PROFIEL_RECTANGULAR_TUBE_21	1
3	PROFIEL_RECTANGULAR_TUBE_22	1
4	PROFIEL_RECTANGULAR_TUBE_23	1
5	PROFIEL_RECTANGULAR_TUBE_24	1

Materiaal: S235		Ruwmaten:	
Norm: ISO 2768-v		Behandeling:	
Benaming : ZIJPLAATSTEUN		Tek.nr.: 9	Aantal: 2
		Stuknr.: 21	Mach.nr.:
	Tekenaar: Verbeek Wout	Formaat: A4	Schaal: 1/5
	Groep:	Datum: 30/03/16	
			

Datasheet van de lichtsensor

M12 lichtsluis

Beschrijving

Grote schakelafstanden, zichtbaar rood. Venster van glas, daarom krasbestendig en probleemloos te reinigen.

Technische specificaties

Type	LTK-1120-303
Bereik	300 mm
Omgevingstemperatuur	-25 tot +55 °C
Behuizing	M12
Voedingsspanning	10 - 36 V=
Schakelfrequentie	max. 1000 Hz
Veiligheidstype	IP67
Aansluiting	PVC-kabel, 2 m
Bouwtype	M12
Uitvoering	Reflectie lichtsensor
Uitgang	PNP / lichtschakelend

Datasheet van het ophangoog

Ophangogen voor Aluminium-bannerboord- en bannerprofiel „BIG”



Art.nr.: 20.0240.3

bestaat uit een verzinkte ringschroef M4 x 10 mm en een M4 schroefplaat, afmeting: 10 x 4 x 15 mm (B x H x D)

1 stuk 0,83 €* per stuk

vanaf 1000 stuks 0,72 €* per stuk

vanaf 2000 stuks 0,68 €* per stuk

Aantal:

Opmerking bij deze bestelling:

Datasheet van het lichtgordijn

TOF/Start



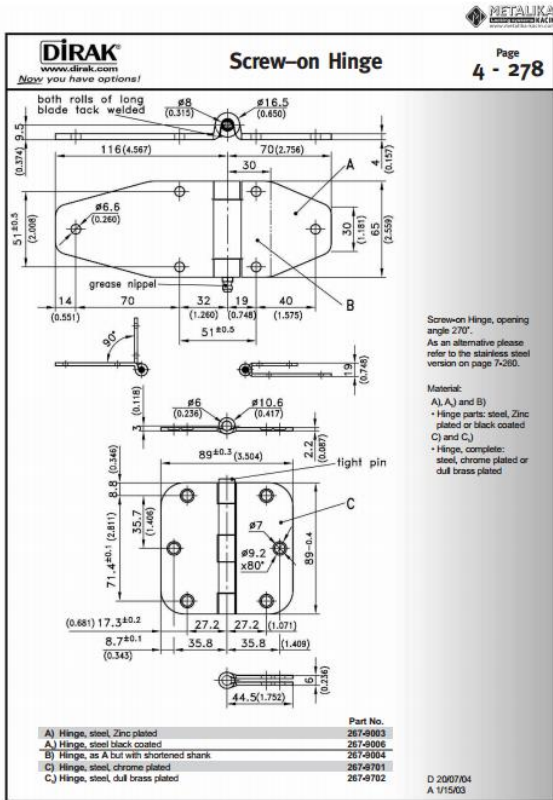
Technical data

Type	Comfort 3D sensor
Range (in m)	0.06 ... 2
Detection area	2,000 mm × 2,000 mm (adjustable)
Output	Solid-state relay
Enclosure rating	IP65
Certificates	CE

Datasheet van de stelvoet

Allgemeintoleranz ISO 2768-m		Kanten gebrochen 0.2-0.3x45°	
02	25.05.2007	mk	Gewinde um 10mm gekürzt, Länge neu 42, alt 52
01	13.07.2000	mk	neu zeichnen
Index	Date	Approved	Revision History
Title		Scale	Material
Regulierfuss		1:1	Aluminium
ERGO SWISS Dynamic Systems		Drawn	Weight
		25.10.2007	M. Dilettoso
		Checked	Index
		25.10.2007	M. Keller
		Filename	0.065 kg
		113.00006	02

Datasheet van het scharnier



Datasheet van de scharnierkop

Rod eyes SGS

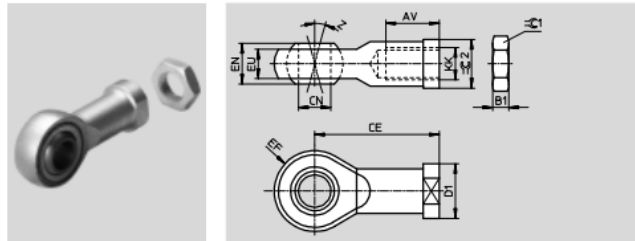
Technical data

FESTO

Rod eye SGS

Scope of delivery:
1 rod eye, 1 hex nut to DIN 439

Material:
Galvanised steel
RoHS-compliant



Dimensions and ordering data


KK	AV	B1	CE	CN Ø H7	D1 Ø	EF ±0.5	EN	EU
M4	10 -2	2.2	27	5	11	9	8	6
M6	12 -2	3.2	30	6	13	10	9	6.8
M8	16 -2	4	36	8	16	12	12	9
M10	20 -2	5	43	10	19	14	14	10.5
M10x1.25								
M12	22 -2	6	50	12	22	16	16	12
M12x1.25								
M16	28 -2	8	64	16	27	21	21	15
M16x1.5								
M20x1.5	33 -2	10	77	20	34	25	25	18
M27x2	51 -2	13.5	110	30	50	35	37	25
M36x2	56 +2	18	125	35	58	40	43	28
M42x2	60 +2	21	142	40	65	45	49	33
M48x2	65 +2	24	160	50	75	58	60	45

Datasheet van de cilinder

Round cylinders DSNU/DSNUP

Product range overview

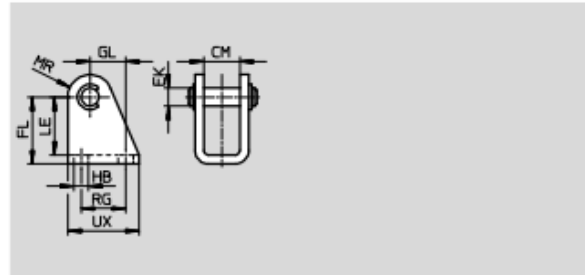
FESTO

Version	Version	Piston Ø [mm]	Stroke [mm]	Variable stroke ¹⁾ [mm]	Piston rod					
					Through S2	Extended K8	Male thread			Female thread K3
							Extended K2	Shortened K6	Special thread K5	
Double-acting	DSNU-... – Cylinder barrel made of stainless steel									
		8, 10	10, 15, 20, 25,	1 ... 100						
		12, 16	30, 35, 40, 50,	1 ... 200						
		20	60, 70, 80, 100,	1 ... 320						
		25	125, 150, 160,	1 ... 500	■	■	■	■	■	
32, 40, 50, 63		200, 250, 300, 320, 400, 500							above Ø 25	
		25, 40, 50, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 320	1 ... 500						above Ø 20	

Datasheet van het cilinderscharnier

Clevis foot CRLBN, stainless steel

Material:
High-alloy steel
Free of copper and PTFE
RoHS-compliant



Dimensions and ordering data													
For Ø	CM	EK Ø	FL	GL	HB	LE	MR	RG	UX	CRC ¹⁾	Weight [g]	Part No.	Type
[mm]													
12/16	12.1	6	27 +0.3/-0.2	13	5.5	24	7	15	25	4	39	161862	CRLBN-12/16
20/25	16.1	8	30 +0.4/-0.2	16	6.6	26	10	20	32	4	82	161863	CRLBN-20/25
32	16.1	10	35 +0.4/-0.2	18.5	6.6	31	11	24	35	4	106	195866	CRLBN-32
40	18.1	12	40 +0.4/-0.2	24.5	9	35	13	30	45	4	185	195867	CRLBN-40
50/63	21.1	16	45 +0.5/-0.2	28	9	39	14	34	50	4	293	195868	CRLBN-50/63

1) Corrosion resistance class CRC 4 to Festo standard FN 940070

Particularly high corrosion stress. Outdoor exposure under extreme corrosive conditions. Parts exposed to aggressive media, for instance in the chemical or food industries. These applications may need to be supported by special tests (→ also FN 940082) using appropriate media.

Auteursrechtelijke overeenkomst

Ik/wij verlenen het wereldwijde auteursrecht voor de ingediende eindverhandeling:
Optimalisatie van de verpakking en logistieke processen in de fietsindustrie

Richting: **master in de industriële wetenschappen: elektromechanica**

Jaar: **2016**

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

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

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

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

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

Voor akkoord,

Verbeek, Wout

Datum: **6/06/2016**