

Bacheloropleiding Orthopedische Technologie

Test OIM protocol bij gieting KBM-koker ter hoogte van de entree



*Orthopedische
Technologie
Veltijd*



Stefan Koopman

Opdrachtgever: OIM orthopedie Leeuwarden

Stagebedrijf: OIM orthopedie Leeuwarden.

Studiejaar: 4^e jaar

Academiejaar 2010-2011

Voorwoord

Hierbij wil ik nog graag de mensen bedanken die hebben meegewerkt en meegedacht aan dit onderzoek.

Als eerste wou ik de mensen bedanken van de vestiging OIM Leeuwarden. Zij hebben mij met veel ideeën gesteund en veel geholpen met onder andere het gieten van de kokers en het maken van de gipsmodellen. Ook toen ik vastliep na de eerste testdag op de Fontys Hogescholen hebben zij actief met mij meegedacht om de testopstelling weer goed te krijgen. Dus hierbij wou ik Mohamed, Bart, Rutger, Roel, Age, Gert en Yvonne hartelijk bedanken. En natuurlijk Jennifer die mij heeft laten zien hoe de naaimachine werkt.

Ook wou ik nog graag Toine Hesselbert bedanken, omdat hij ondanks zijn hernia toch nog de tijd heeft gevonden begeleiding te bieden op de Fontys Hogescholen tijdens de testdagen.

En natuurlijk wou ik mijn familie nog bedanken voor alle steun die ik vooral heb gekregen als het wat moeizaam ging of wanneer ik vastliep. Mijn moeder en zus waren er voornamelijk voor de mentale steun, mijn vader voor het helpen met het zagen van het hout voor de testopstelling en het in bruikleen stellen van zijn digitale camera, mijn broer voor het lenen van zijn digitale fotocamera en statief. En mijn zus voor het nakijken van mijn verslag op spelfouten en zinsbouwfouten.

Als laatste in dit rijtje wou ik mijn opa nog graag bedanken voor het blok hout dat ik gebruikt heb tijdens de test.

Nu zijn er vast nog mensen die ik vergeten ben, maar die wou ik dan bij deze bedanken!

Stefan Koopman
Hoogeveen
16-05-2011

Table of Contents

Voorwoord	2
Samenvatting.....	5
Summary	6
1 Inleiding	7
2 Probleemstelling.....	8
3 Methode.....	9
4 Materiaalstudie	10
4.1 Koolstof- en grafietvezels	10
4.2 Acrylhars.....	11
4.2.1 Gebruikte hars	12
4.3 Tricot.....	12
5 Grondreactiekracht	13
5.1 Verticale GRK als curve.....	13
6 De loopcyclus.....	14
6.1 M-curve en loopcyclus	15
7 Activiteitsniveau.....	16
8 De K.B.M. prothesekoker	18
8.1 Voor- en nadelen	19
9 Plaatsing koolstof	20
10 Werkmethode	21
10.1 Gipsmodellen.....	21
10.2 Polyform binnenkokers	21
10.3 Gieten	22
10.4 Afwerken kokers.....	22
11 Koker specificaties.....	22
12 Testopstelling	23
12.1 Fontys Hogescholen test	23
13 Resultaten test Fontys Hogescholen drukbank.....	25
14 Discussie	29
15 Conclusie	30
16 Aanbevelingen.....	31
17 Literatuurlijst	32
Bijlage 1: protocol gieten OIM.....	33

Bijlage 2: activiteitsniveau	35
Bijlage 3: tabel & grafiek activiteitsniveau.....	36
Bijlage 4: Negen grafieken van de testen van de kokers.....	37

Samenvatting

Om te zorgen dat elke onderbeenkoker binnen OIM Orthopedie van gelijkwaardige kwaliteit is, heeft het OIM hiervoor een protocol ontwikkeld. Dit protocol is ontwikkeld op basis van de ervaringen van de zes verschillende regio's. Het protocol wat OIM gebruikt schrijft acht lagen perlon en één laag koolstof circulair ter hoogte van de entree van de koker voor. Het doel van het onderzoek is om te onderzoeken of er een functioneel verschil optreedt met de kokers als het aantal lagen perlon of het aantal lagen koolstof circulair verminderd of verhoogd wordt.

Om tot een antwoord te komen op de vraag of het een verschil maakt hoeveel lagen perlon of koolstof circulair er gebruikt worden, zijn er in totaal negen kokers gegoten. De basis van het onderzoek is het protocol wat geschreven is door OIM. Vervolgens zijn hier acht variaties op gemaakt. Deze variaties zijn voornamelijk bij de entree van de koker gelegen. Alle negen kokers zijn getest op de drukbank bij de Fontys Hogescholen. Bij deze test is een afgeknotte piramide (conus) in de koker gedrukt, om zo een kracht te geven op de entree van de koker. De kracht op de koker wordt tijdens de test opgebouwd, net zolang totdat de conus door de entree van de koker wordt gedrukt, of totdat de koker scheurt.

Tijdens de test, gedaan op de Fontys Hogescholen, werd er een kokertype gebruikt wat een Kondylen Bettung Munster koker (K.B.M.-koker) heet. Dit is een koker met een anatomische fitting.

Uit het resultaat van de test met de drukbank zijn negen grafieken gekomen, waaruit af te lezen is hoever de conus neerwaarts bewogen is en hoeveel kracht hiervoor nodig is. Vanuit deze negen grafieken is één tabel voort gekomen, waarin alle resultaten met elkaar vergeleken worden. Ook zijn er nog drie grafieken gemaakt waarin de negen kokers vergeleken worden op basis van de afgelegde weg, de kracht en de kracht die nodig is om de conus 1mm neerwaarts te laten bewegen.

Uit de drie grafieken zijn verschillende conclusies te trekken. Uit het onderzoek is gebleken dat het OIM protocol scheurt bij een druk van 9000 Newton. De conus is dan effectief 19,1 millimeter gezakt. Hieruit valt de conclusie te trekken dat de koker sterk genoeg is.

Ook zijn er aanwijzingen dat het aantal lagen perlon niet effectief voor een sterkere of zwakkere koker zorgt.

Er zijn ook aanwijzingen gevonden dat het protocol wat OIM hanteert geoptimaliseerd kan worden door twee lagen perlon minder te doen en één laag koolstof circulair meer. De test wijst uit dat de koker met zes lagen perlon en twee lagen koolstof circulair meer kracht kan verdragen voordat de koker scheurt, dan de koker vervaardigt volgens het OIM protocol, welke bestaat uit acht lagen perlon en één laag koolstof circulair. Hierdoor wordt de koker lichter, terwijl de veiligheid gewaarborgd blijft.

Omdat dit onderzoek alleen heeft plaatsgevonden ter hoogte van de entree van de koker, is er meer onderzoek nodig om het protocol dat OIM hanteert te veranderen. Dit onderzoek zal nog plaats moeten vinden bij de anatomische suspensie en ter hoogte van het anker.

Summary

OIM Orthopedie has developed a protocol to make sure that every transtibial socket within all of OIM's locations is of similar quality. The protocol is based on the experience of all the six different regions. It dictates the use of eight layers of perlon and one layer of carbon circular at the level of the entrance of the socket. The purpose of this research is to examine whether a functional difference occurs with the transtibial sockets when you increase or decrease the number of layers of perlon and/or carbon circular.

To achieve an answer to the question whether it makes a difference how many layers of perlon or carbon circular are used, a total of nine sockets are cast. The basis of this study is the protocol which was written by OIM. Next eight variations are made. The variations are mainly located at the entrance of the sockets. All nine sockets have been tested on the bench press at the Fontys University of Applied Sciences. With this test, a truncated pyramid (cone) is pushed into the socket, so as to give a force at the entrance of the tube. During the test, the force on the socket is gradually increased, continuing until the cone is pressed through the entrance of the socket, or until the socket ruptures.

During the test, done at the Fontys University of Applied Sciences, a type of socket is used which is known as a Kondylen Bettung Munster (K.B.M.-socket). This is a socket with an anatomical fitting.

The test with the bench press resulted in nine graphs, showing how the cone has moved downwards and how much force it takes. From these nine graphs a table is derived, where all results are compared. Also three graphs have been made, containing the results of the nine sockets. Comparing them on the distance traveled, the strength and the strength required to move the cone 1mm downwards into the socket.

From these three graphs, several conclusions can be concluded. The research shows that the protocol used by OIM ruptures at a pressure of 9000 Newton. The cone has effectively moved 19.1mm downwards. This suggests that the socket is strong enough.

There are also indications that the number of layers of perlon are ineffective for manufacturing a stronger or weaker socket.

Another conclusion that can be made is that the protocol used by OIM can be optimized by removing two layers of perlon and adding one layer of carbon circular. The test shows that the socket with six layers of perlon and two layers of carbon circular can withstand more force before the socket ruptures than the socket manufactured by the protocol, which contains eight layers of perlon and one layer of carbon circular. By the use of six layers of perlon and two layers of carbon circular, a lighter socket is manufactured while the safety is still guaranteed.

Since this study only occurred at the entrance of the socket, more research is needed to change the protocol used by OIM. This research should be conducted at the anatomical suspension and at the level of the anchor.

1 Inleiding

In het kader van het afstuderen aan de Fontys Paramedische Hogeschool (FPH) is er een afstudeeronderzoek gedaan. In het laatste jaar van de opleiding orthopedische technologie wordt er stage gelopen met hieraan gekoppeld een afstudeeronderzoek.

Dit onderzoek is opgezet, om te onderzoeken of het protocol dat opgesteld is door OIM wel voldoet of geoptimaliseerd kan worden.

Een protocol wordt geschreven om een product herhaalbaar te maken en dat deze bij elke vestiging hetzelfde is. Het protocol schrijft voor dat een koker gegoten moet worden met acht lagen perlon en met één laag koolstof ter hoogte van de entree. Dit protocol is voornamelijk gebaseerd op ervaring van alle zes regio's van OIM. Nu is de opdracht van OIM Leeuwarden om te kijken of het protocol afdoende is en of deze misschien te verbeteren is.

Het doel van dit onderzoek is om te kijken wat het aantal lagen perlon doet met de functionaliteit van een onderbeenkoker en wat er gebeurt als er verschillende lagen koolstof toegevoegd worden. In het onderzoek worden in totaal negen verschillende kokers gegoten en getest.

Deze test zal gedaan worden met een KBM-koker. Deze is gekozen, omdat dit veel gebruikt wordt bij de vestiging van OIM Leeuwarden. KBM staat voor Kondylen Bettung Munster. Dit is een koker met een anatomische suspensie over de condylen van het femur. Ook wordt er gesteund op de onderrand van de patella.

De test zal plaatsvinden ter hoogte van de entree van de koker. Hier stapt de prothesedragers in. Bij deze entree is het belangrijk dat de koker voldoende sterk is. Zou dit niet het geval zijn, dan kan de koker uitzetten en dit kan gevaarlijke situaties opleveren voor de cliënt. De anatomische suspensie over de condylen van het femur wordt dus niet getest tijdens het onderzoek en ook ter hoogte van het anker wordt er geen test gedaan. Deze test wordt gedaan bij de Fontys Hogescholen, hier is een drukbank aanwezig die een conus in de koker gaat drukken. Deze drukbank zorgt ervoor dat er een kracht gegeven wordt ter hoogte van de entree. Vervolgens wordt deze kracht gegeven totdat de koker scheurt of totdat de conus in zijn volledigheid door de entree van de koker is gedrukt.

Het onderzoek begint met het literatuuronderzoek wat voorafgaand van de stage gedaan is. Er is onderzoek gedaan naar koolstof, naar de grondreactiekracht en het gangpatroon van de mens. Ook is er een materiaalstudie gedaan, deze studie gaat over de materialen die de koker allemaal bevat. Daarna zal het praktische gedeelte van het onderzoek en de resultaten hiervan beschreven worden. Aan de hand hiervan zullen er conclusies getrokken worden.

2 Probleemstelling

Het doel van het project is om te kijken of het OIM protocol wel klopt. Er wordt gedacht bij de vestiging Leeuwarden van OIM, dat als er meer koolstof en minder perlon wordt gebruikt dan bij het OIM protocol, de koker dunner en lichter wordt, zonder dat dit de functionaliteit aantast. Het doel is dan ook om te kijken wat de uitzetting is bij de entree van de koker (waar de cliënt dus instapt). Dit wordt gedaan bij de koker geproduceerd volgens het OIM protocol. Vervolgens wordt gekeken of er met een variatie van meer en minder lagen koolstof en meer en minder lagen perlon een patroon te vinden is. Hierdoor is de koker wellicht te optimaliseren.

De hoofdvraag is: Welke opties zijn er om het OIM protocol te optimaliseren zodanig dat het materiaalverbruik verminderd wordt en de veiligheid en stevigheid gewaarborgd blijft?

Om de hoofdvraag te beantwoorden zijn er verschillende subvragen te stellen:

- Wat heeft het aantal lagen perlon voor invloed op de sterkte en de kracht van de koker?
- Wat heeft het aantal lagen koolstof voor invloed op de sterkte en kracht van de koker?
- Waar wordt de koolstof geplaatst en waarom op deze plaatsen?

3 Methode

Om tot een goed antwoord te komen op de hoofdvraag en de subvragen wordt de volgende methodiek gehanteerd.

Als eerste is er een literatuuronderzoek gedaan om een theoretische achtergrond te geven. Dit literatuuronderzoek baseert zich op artikelen gevonden in de database van de Fontys Hogescholen en literatuur gevonden in boeken. In dit literatuuronderzoek komen verschillende onderwerpen aan bod. Deze onderwerpen zijn:

- *Materiaalstudie*: In dit hoofdstuk worden materialen besproken en uiteengezet. Hier worden de materialen besproken die gebruikt worden om een koker te gieten. Deze materialen zijn: koolstof, hars en tricot.
- *KBM-prothese*: Dit hoofdstuk geeft informatie over de KBM-prothese. Ook wordt besproken hoe deze maatgenomen en gegoten wordt.
- *Grondreactiekracht*: In dit hoofdstuk wordt informatie gegeven over de grondreactiekracht en de M-curve. Ook wordt de loopcyclus besproken.

Na het literatuuronderzoek komt het praktijkgedeelte aan bod. Er worden negen kokers gegoten. Er is één koker gegoten met het OIM protocol als basis. Vervolgens zijn hierop acht variaties gemaakt. Deze variaties zijn voornamelijk bij de entree van de koker te zien. Later in het verslag is te zien welke variaties er zijn gemaakt in de kokers. Deze kokers worden getest in een drukbank die op de Fontys Hogescholen staat. In figuur 1 is te zien hoe deze opstelling eruit ziet.

Er wordt door de drukbank een externe kracht geleverd op de conus. De conus heeft de vorm van een afgeknotte piramide, deze conus is gemaakt van een hard schuim welke niet vervormd onder hoge belasting. De afmetingen van deze conus zijn bepaald door de entree van de koker. De onderkant van de conus wordt gelijkgesteld aan de onderkant van de circulaire band bij de entree van de koker. De vorm van de conus zorgt ervoor dat er alleen druk wordt gegeven ter hoogte van de entree.

De conus wordt doorgedrukt, totdat de bovenzijde van de conus door de entree van de koker is gedrukt, of totdat de koker is gescheurd. Het resultaat hiervan zal dan een grafiek zijn die laat zien hoeveel de conus gezakt is en hoeveel kracht dit gekost heeft. Aan de hand hiervan zijn conclusies te trekken over wat de koolstof doet in de kokerconstructie en wat de tricot doet in de kokerconstructie.



Figuur 1: Testopstelling Fontys

Literatuuronderzoek

In dit hoofdstuk wordt het literatuuronderzoek beschreven. Dit literatuuronderzoek ondersteunt het praktische gedeelte met theoretische achtergrondinformatie. Als eerste worden alle materialen besproken die gebruikt worden om een koker te maken. Dit gaat dan over koolstof, hars en tricot. Daarna wordt er iets besproken over de grondreactiekracht en wordt de loopcyclus besproken. Na de loopcyclus wordt er iets verteld over het activiteitsniveau. Bij dit activiteitsniveau is een bepaalde snelheid vastgesteld. Deze snelheid is niet vastgesteld door de maker van het protocol van de schalen in het activiteitsniveau, maar dit is uit eigen initiatief gedaan. Vervolgens wordt de grondreactiekracht gelinkt aan het activiteitsniveau, om zo een indruk te wekken hoe groot de krachten op de koker zullen zijn.

4 Materiaalstudie

In dit hoofdstuk worden de materialen besproken die gebruikt worden om een koker te maken. Als eerste wordt er informatie gegeven over koolstof, daarna is er een hoofdstuk over hars en de verschillende vormen hiervan. Het laatste materiaal waar informatie over gegeven wordt is tricot.

4.1 Koolstof- en grafietvezels

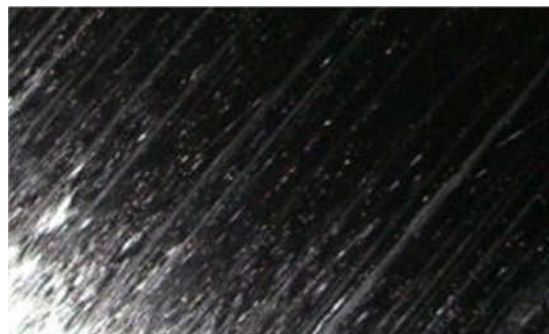
Het was Thomas Edison die in 1878 voor het eerst koolstofvezels maakte. Dit deed hij door katoenvazels, en later bamboe, om te zetten in koolstofvezels om zo zijn gloeilamp te verbeteren. Pas in 1950 groeide de interesse weer naar koolstofvezels om zijn eigenschappen^[1].

Als polyacrylonitril verhit wordt tot 1250°C tot 1500°C treedt er carbonificatie van de koolstofhoudende vezels op tot koolstofvezels. Dit gebeurt middels een gecompliceerd temperatuurprogramma onder inerte omstandigheden. Inert wil zeggen dat de koolstofhoudende vezels niet of nauwelijks kunnen reageren met andere chemicaliën. Als dit proces klaar is, zijn er verschillende koolstofvezels ontstaan die uitstekend als wapeningsvezels toegepast kunnen worden. Afhankelijk van de wijze waarop het carbonificatieproces plaatsvindt, worden koolstofvezels (90-97 % (m/m) C) of grafietvezels (99 % (m/m) C) verkregen. Dit betekent dat 90 tot 99% van de vezels bestaat uit koolstof^[2].

Er zijn twee veel gebruikte verschillende vormen van koolstof voor gebruik in de orthopedie. Dit is koolstof-uni en koolstofweefsel. Het verschil is dat het koolstof-uni de vezels in 1 richting heeft liggen. Bij het koolstofweefsel zijn deze vezels in elkaar gevlochten. De beide weefsels zijn afgebeeld in figuur 2 en 3. Deze weefsels zijn verkrijgbaar bij het bedrijf Otto Bock.



Figuur 2: Koolstofweefsel



Figuur 3: Koolstof-uni

Koolstofweefsel heeft als voordeel dat deze in meerdere richting belastbaar is. Koolstof-uni is maar in één richting belastbaar. Deze belastbare richting is met de vezelrichting mee.

Koolstofvezels zijn ideaal voor het gebruik in producten waarbij sterkte, stijfheid, een laag gewicht kritische eisen zijn. Koolstof wordt onder andere gebruikt in de luchtvaart en nucleaire bouwkunde.

Koolstof zit nog in volle ontwikkeling. De hedendaagse sterkte van koolstof zit nog 15 tot 20 maal onder de theoretische waarde van de sterkte van koolstof. Er is dus nog veel ontwikkeling mogelijk bij het gebruik van koolstofvezels^[1].

4.2 Acrylhars

Acrylhars is een lichtgewicht thermo hardend plastic die dunne, lichte orthopedische voorzieningen mogelijk maakt. Om het uiterste te halen uit dit materiaal, moet de chemische reactie van het hars een vast patroon volgen. Als eerste moet de gewenste hoeveelheid hars in een beker gedaan worden. Dan wordt de kleurstof erbij gedaan en wordt dit goed gemengd. Vervolgens wordt er harder toegevoegd, zodat er een chemische reactie plaats gaat vinden. Door de chemische reactie wordt de vloeibare hars vast.

Acrylhars is verkrijgbaar in verschillende mengsels die elk hun eigen werkzame eigenschappen en werkomstandigheden hebben. Deze mengsels zijn allemaal verkrijgbaar bij de firma Otto Bock. Hieronder zijn de meest gebruikte harsen beschreven die gebruikt worden in de orthopedie.

Elastihars

Dit wordt ook wel flexibele hars genoemd. Dit is een 100 procent flexibele hars welke gebruikt wordt voor het vacuüm lamineren ter verzadiging van nylon vezels.

Siegelhars

Siegelhars is een 100 procent rigide hars welke gebruikt wordt voor het binden van verschillende soorten materialen, zegelhout en schuim. Deze hars is de enige hars die gebruikt kan worden zonder vacuüm. Voor het lamineren zonder vacuüm moet 30 procent elastihars vermengd worden met 70 procent siegelhars. Hier wordt nog 2 procent kleurstof en 1 procent Benzoylperoxide pasta toegevoegd. Als dit vergelijken wordt met de andere lamineerharsen, hardt deze hars sneller uit.

80/20 lamineerhars

Deze hars is een standaard mengsel van 80 procent rigide en 20 procent flexibele hars. Het hars is te gebruiken voor het vacuüm lamineren ter verzadiging van nylon fiberglas en dacron vezels.

Koolstofacrylaat

Dit is een speciaal mengsel van 80/20 hars welke gebruikt wordt voor het vacuüm lamineren ter verzadiging van nylon, fiberglas dacron en speciale koolstofvezels. Het hars is ontworpen met een lage viscositeit (stroperigheid). Hierdoor verbetert de verzadiging. Ook zorgt het mengsel voor een hogere stollingstemperatuur wat zorgt voor een betere composietbinding.

Siegelharspasta

Als alternatief voor siegelhars, bestaat er siegelharspasta. Dit wordt pasta genoemd, omdat dit tot gel gemengd wordt en geen vuller nodig heeft. Met één procent benzoylperoxidepoeder of pasta wordt het in vijf minuten hard en is het in tien minuten uitgehard. Dit materiaal geeft uitstekende binding tussen alle gewone materialen. Ook kunnen metalen scharnieren en hechtplaten vast aan kokers gezet worden en kan dit heel goed dienen ter reparatie van kokers^[3].

4.2.1 Gebruikte hars

Tijdens de test is gebruik gemaakt van koolstofacrylaat hars die verkrijgbaar is bij het bedrijf Otto Bock. Dit is verkrijgbaar onder de naam C-orthocryl. In het OIM protocol wordt beschreven dat deze hars gebruikt moet worden. In de koker is namelijk koolstof aanwezig, en koolstofacrylaat hars is hier dan het best voor te gebruiken.

4.3 Tricot

Tricot wordt gebruikt als matrix voor het hars tijdens een gieting. Tricot kan gefabriceerd worden van katoen, maar ook van nylon. Het voordeel van het gebruik van tricot tijdens het gieten is dat tricot elastisch is. Hierdoor is het mogelijk om het model, met meestal gebogen vormen, goed te volgen.

Tricot gemaakt van nylon wordt ook wel perlontricot genoemd. Het verschil tussen perlontricot en katoentricot zit in het resultaat van de gieting. Perlontricot zal een gelijkmatigere en meer heldere gieting geven dan katoentricot. Dit komt doordat katoentricot een minder zuivere vezel heeft.

5 Grondreactiekracht

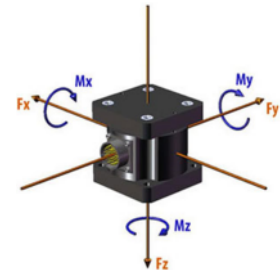
In het nu volgende hoofdstuk wordt iets verteld over de grondreactiekracht (GRK). Deze kracht wordt in het onderzoek gebruikt om een indicatie te geven van wat er precies voor kracht op een koker komt. De informatie die hieronder weergegeven wordt is een onderzoek dat als bron 4 in de literatuurlijst staat. Deze bron vermeldt de verschillen van de GRK tussen rennen en wandelen. Later in het verslag worden deze waarden nog gebruikt.

Bij het onderzoek deden in totaal 13 mannelijke en 10 vrouwelijke recreatieve atleten mee. Er werd getest tijdens wandelen, langzaam joggen (tussen de 1,5 en 3 meter per seconde (m/s)) en tijdens rennen (tussen de 3,5 en 6 m/s). De data die minder dan 0,2 m/s afweek werd geanalyseerd om de maximale GRK en de belastingssnelheid te bepalen. De maximale GRK wordt aangeduid in newton (F) en de belastingssnelheid in de verhouding van de zwaartekracht en het lichaamsgewicht (in G's)^[4].

Resultaten

De maximale GRK vergrootte tijdens het lopen naar het rennen van 1,2 maal het lichaamsgewicht tot 2,5 maal het lichaamsgewicht. De 2,5 maal het lichaamsgewicht werd gemeten tijdens een snelheid van 6 m/s. Langzaam joggen kwam overeen met een verhoging van de maximale GRF van 50%.

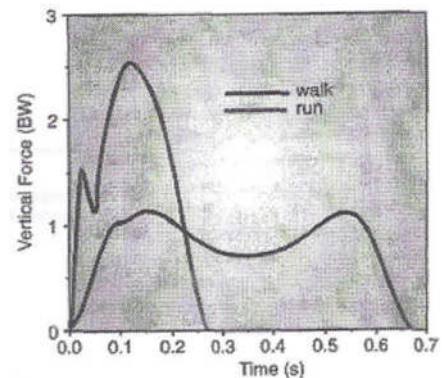
Voor het meten van de kracht is gebruik gemaakt van een krachtenplatform. Dit krachtenplatform meet de kracht in drie richtingen. In figuur 4 is te zien wat deze allemaal meet. Hier is te zien dat er in de X-, Y-, en Z-richting de kracht wordt gemeten en hier wordt ook het moment om gemeten^[5].



Figuur 4: Sensor van een krachtenplatform^[5]

5.1 Verticale GRK als curve

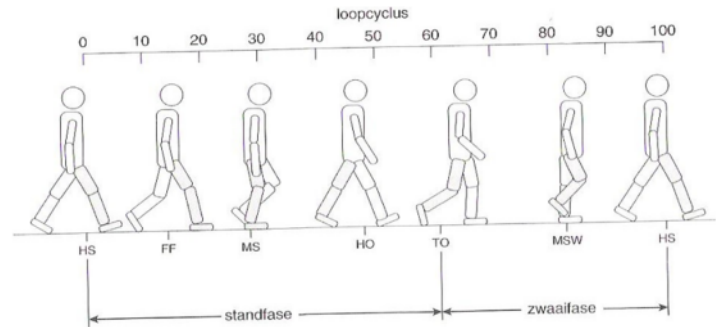
De verticale GRK kan ook uitgezet worden in een curve, zodat er visueel gemaakt kan worden wat er gebeurt en waar de krachten op hun piek zijn. Dit wordt ook wel een M-curve genoemd. Deze curve is te zien in figuur 5 als de langgerekte curve die op de letter M lijkt. De M-curve heeft een bimodale vorm. Dit betekent dat de curve twee maximale waarden bevat. De eerste piek treedt op tijdens de eerste helft van de steunfase. Deze piek karakteriseert het gedeelte van de steun wanneer het gehele lichaam neerwaarts gaat vlak na het voetcontact. De tweede piek wordt gemaakt door een actieve duw tegen de grond om zo de volgende stap te kunnen maken. Figuur 5 Laat een vergelijking zien van de GRK tijdens het wandelen en tijdens het rennen. Hierin is te zien dat de standfase in tijd verkort en dat de GRK verhoogt^[6].



Figuur 5: Vergelijking GRK tijdens wandelen en rennen^[6]

6 De loopcyclus

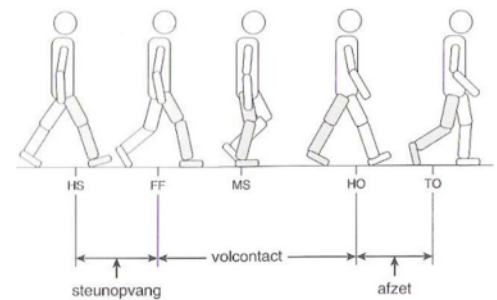
Tijdens het lopen bevindt het been zich afwisselend in een steunfase en in een fase waarin het been vrij is van de grond, de zwaai fase. De gehele loopcyclus is afgebeeld in figuur 6. Deze cyclus wordt eerst in zijn geheel besproken. Vervolgens kan hier dan de M-curve weer aan gelinkt worden.



Figuur 6: Loopcyclus van de mens^[7]

De stance phase

De stance phase begint met de plaatsing van de hiel op de grond, ook wel de Heel-Strike (HS) genoemd. Deze fase wordt beëindigd als de tenen van hetzelfde been van de grond komen, dit noemt men de Toe-Off (TO). Tijdens de steunfase wordt de voet afgewikkeld over de laterale voetrand, ook wel de Mid-Stance (MS) genoemd. Tijdens deze afwikkeling is er nog een gedeelte waarin de voet vlak op de grond staat, de Foot-Flat (FF) fase. Deze steunfase kan men onderverdelen in drie fasen, welke afgebeeld zijn in figuur 7.



Figuur 7: Steunfase gangpatroon^[7]

De shock absorption phase

Tijdens de shock absorption phase wordt het gewicht op het voorste been geplaatst en ook wordt de neerwaartse beweging van het lichaamszwaartepunt afgeremd. Deze fase zorgt voor de eerste piek in de M-curve die eerder uitgelegd is.

Full Contact

Dit is de MS fase. In deze fase komt het grootste gewicht op het steunbeen. Dit is de fase tussen FF en Heel-Off (HO).

De push-off phase

Dit is de fase waarin de voet zich afzet van de grond. Deze fase vindt plaats tussen HO en TO. Deze fase zorgt voor de tweede piek in de M-curve.

De swing phase

Als de steunfase is geëindigd, begint de zwaai fase. Deze fase is weer onder te verdelen in twee fases, de acceleration en de deceleration. De fasen worden van elkaar onderscheiden door de Mid-Swing (MSW). De MSW kan worden beschreven als het moment dat beide voeten zich onder het lichaam bevinden. Dit is het punt waarbij beide hielen zich naast elkaar bevinden.

De acceleration

De acceleration verloopt van TO tot MSW en wordt beschreven als de periode waarin het zwaaibeen zich voorwaarts verplaatst in een versnelde beweging.

De deceleration

De deceleration verloopt van MSW tot HS. De voorwaartse beweging van het been wordt afgeremd om de voet goed gecontroleerd te kunnen verplaatsen.

De double support

De Double Support (DS) is de fase waarin beide voeten gelijktijdig contact hebben met de grond. Deze fase treedt op tussen de HO en TO van de ene voet en de HS en de FF van de andere voet. De tijdsduur van deze fase is direct gerelateerd aan de snelheid. Als de snelheid wordt verhoogd, mindert de periode van de DS. De afwezigheid van de DS onderscheidt het hardlopen van het lopen^[7].

6.1 M-curve en loopcyclus

In de M-curve zijn twee pieken en één dal te zien. De eerste piek wordt veroorzaakt door een neerwaartse beweging van het lichaam vlak na de HS. Het dal is tijdens de DS waarbij de kracht verdeeld wordt over beide voeten. De tweede piek wordt veroorzaakt door het afzetten van de voet tegen de grond om zo de volgende stap te kunnen maken.

7 Activiteitsniveau

Binnen het bedrijf OIM wordt een schaal gebruikt die het activiteitsniveau bepaald. De schaal is opgesteld door de stuurgroep Protocollering en Prijssystematiek Prothesen (PPP)^[8]. Het doel van deze stuurgroep was om een protocol te ontwikkelen voor het verstrekingsproces van onderbeen-, bovenbeen- en knie-exarticulatie prothesen. Hier deden verschillende bedrijven en zorgverzekeraars aan mee. Het resultaat is een protocol welke nu wordt gebruikt als er een prothese aangemeten wordt.

In het protocol worden verschillende processtappen gebruikt. Deze stappen zijn: de hulpvraag, de diagnose, het beoogd menselijk functioneren, het beoogde gebruik hulpmiddel, de match tussen menselijk functioneren en het hulpmiddel, de levering en als laatste de evaluatie. Via deze processtappen is er meer transparantie bij het verstrekken van beenprothesen^[8].

In dit protocol staat ook een onderverdeling in schalen in aangegeven. Deze schaal zal gehanteerd worden tijdens het onderzoek. Bij elke klasse wordt ook een maximale snelheid genoteerd. Deze maximale snelheid is erbij bepaald door de onderzoeker. De snelheid is een aanname van wat de persoon in die bepaalde klasse maximaal haalt. De snelheid zal later weer gebruikt worden om de maximale verticale grondreactiekracht te berekenen. Dit wordt gebruikt om beeld te geven hoeveel kracht er minimaal op de koker komt te staan. De gegevens van de GRK zijn gehaald uit het onderzoek dat in de literatuurlijst aangegeven staat als bron 4.

De klassenverdeling zoals deze hieronder staat komt uit het protocol dat gemaakt is door de stuurgroep PPP. Dit protocol wordt gebruikt door OIM en deze is als bijlage 2 toegevoegd.

Klasse 1

Prothesedragers kan zich binnenshuis bewegen op vlakke vloer met geringe snelheid.

Dit zal gelijkstaan aan een lage snelheid waarbij niet veel impact is. Deze mensen zullen niet snel hun lichaamsgewicht op één been zetten. Mocht dit wel gebeuren, dan moet de prothese wel voldoende stabiliteit geven. Men zal niet harder gaan dan één meter per seconde (m/s). Dit staat gelijk aan GRK van één maal het lichaamsgewicht.

Klasse 2

Prothesedragers kan zich beperkt buitenshuis bewegen en kleine obstakels als stoepranden en enkele treden en wat oneffen bodem nemen.

De prothesedragers wordt dus al wat mobieler. Hiertoe gaat deze ook sneller lopen. De snelheid die de persoon ongeveer loopt zal de normale snelheid zijn. Dit is ongeveer 1,5 m/s. Dit staat gelijk aan een GRK van 1,15 maal het lichaamsgewicht.

Klasse 3

Prothesedragers kan zich onbeperkt buitenshuis bewegen. Geschikt voor personen zonder bewegingsbeperking, maar die niet snel kunnen gaan of geen uitzonderlijk hoge mechanische eisen stellen aan de prothese. Wel bestaat er een hoge verwachting betreffende de veiligheid en zekerheid.

De prothesedragers zal niet snel lopen. Om toch een veiligheidsmarge te houden, omdat de persoon geen bewegingsbeperking heeft, wordt de maximale snelheid iets boven de gemiddelde snelheid vastgesteld. Dit zal dan 2 m/s zijn. Dit staat gelijk aan een GRK van 1,36 maal het lichaamsgewicht.

Klasse 4

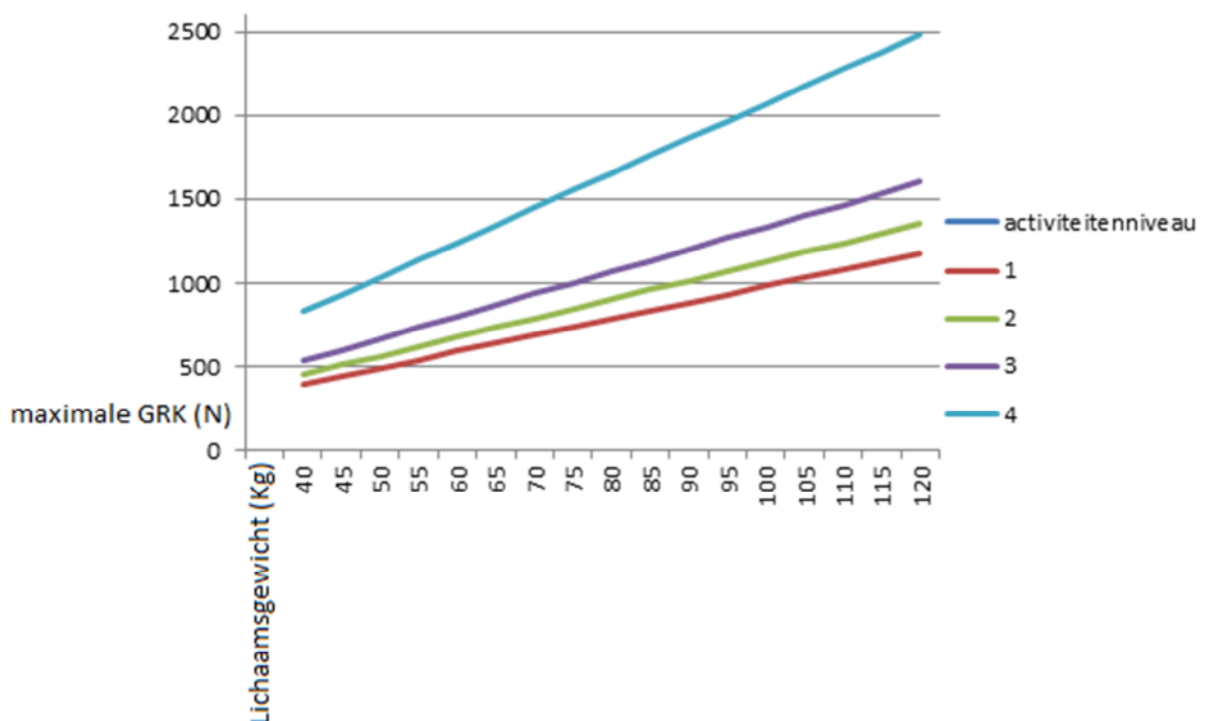
Prothesegebruiker kan zich onbeperkt buitenshuis bewegen met bijzonder hoog activiteitsniveau. Geschikt voor personen zonder bewegingsbeperking, die ook hoge eisen stellen aan hun materiaal. Zij kunnen traplopen, hindernissen nemen en hebben materiaal nodig wat bestand is tegen piekbelasting en duurbelasting.

De prothesedragers zal de prothese intensief gebruiken. Dit betekent dat de snelheid van de drager ook flink omhoog gaat. Hiertoe wordt deze klasse gelijkgesteld aan een snelheid van 3 m/s. Dit staat gelijk aan een GRK van 2,11 maal het lichaamsgewicht.

Als de GRK vergeleken wordt met het lichaamsgewicht, dan kan een tabel opgesteld worden zoals te vinden is in bijlage 3. De uitkomsten in de tabel zijn in de eenheid Newton.

Van de waarden in de tabel kan vervolgens een grafiek geplot worden. Deze grafiek bevat de stijgende lijn van elk van de vier activiteitsniveaus. Op de horizontale as staat het lichaamsgewicht en op de verticale as het aantal newtons. De waarden op de verticale as zijn berekend door middel van de volgende formule: lichaamsgewicht maal 9,81 maal de maximale GRK.

De maximale GRK is per klasse af te lezen en de waarde 9,81 wordt gebruikt om kilogrammen om te rekenen in Newton.



Figuur 8: grafiek lichaamsgewicht uitgezet tegen maximale GRK

8 De K.B.M. prothesekoker

Dit is de koker die getest zal worden tijdens het onderzoek. Omdat deze koker het meest gebruikt wordt bij OIM Leeuwarden is er gekozen om deze koker te gaan testen. In dit hoofdstuk wordt beschreven hoe de koker opgebouwd is.

De letters K.B.M. staan voor Kondylen Bettung Münster. Dit betekent dat de koker een femurkopdeelfitting (anatomische fitting) heeft. Het gedeelte Münster staat voor de Duitse stad waar deze ontwikkeld is. De stompkoker werd in 1966 voor het eerst geïntroduceerd door Kuhn & Schetter. Hierbij werd gebruik gemaakt van een wegneembare wig om de koker aan te krijgen. Later werd er gebruik gemaakt van flexibele oren aan de bovenkant van de prothese om de koker aan te krijgen. De wig werd hierbij overbodig. In figuur 9 is een afbeelding van een K.B.M. prothesekoker te zien.



Figuur 9 K.B.M. koker

De K.B.M. koker bestaat uit een uitneembare binnenkoker en een vaste buitenkoker. De koker is zowel te gebruiken voor lange als korte onderbeenstompen.

Doordat de koker het complete oppervlak van de stomp omvat en de koker een gering gewicht heeft, geeft de prothesevoorziening een goede terugkoppeling tijdens het lopen. Ook ontbreken bij deze koker de bevestigingsbandages en het dijbeenmanchet, waardoor de prothese gebruiksvriendelijk en cosmetisch zeer goed is. Om de fitting alsnog te waarborgen wordt er hier gebruik gemaakt van een omsluiting van de femurcondylen. Ook een gedeelte van de patella wordt omsloten door de twee oren.

De hamstrings worden vrijgelaten aan de achterzijde van de koker. Ook volgt de koker zoveel mogelijk de natuurlijke vorm van de holte bij flexie van de knie. Door de complete fitting wordt zo het pompeffect (pistonning) in de prothese voorkomen en toch maximale bewegingsvrijheid behouden in het natuurlijke kniegewricht.

De cosmetische afwerking van de prothese wordt gedaan door een geslepen schuimstofhoes. De maten van deze hoes worden genomen bij het niet-aangedane been. Als de hoes in de goede vorm geslepen is, wordt er een nylonkous overheen getrokken. Dit geeft het geheel een beter cosmetisch aanzien. Om de goede pasvorm te ondersteunen, wordt er over de prothese een elastische kniekous gedragen. Deze elastische kniekous gaat de neergaande beweging van de prothese tegen in de zwaai fase van de loopcyclus^[9].

8.1 Voor- en nadelen

Voordelen:

- Weinig problemen bij circulatie;
- Minder ontstaan van drukplekken;
- Wordt als lichaamseigen ervaren;
- Minder pompeffect;
- Stabiel bij niet zwaar werk;
- Gemakkelijk te hanteren en geschikt voor korte stompen;
- Laat een goed knierreflex toe;

Nadelen:

- De stomp verandert nooit over de gehele lengte evenveel van omvang en dit geeft problemen met behouden van het totale contact tussen stomp en koker → oplossing kan een dikkere kous zijn, anders wordt een nieuwe koker geopteerd;
- Transpiratie wordt niet opgenomen door nylon kous en polyform binnenkoker → Is wel het geval bij een stompsok van wol of katoen;

Ook is er een onderzoek gedaan of de dragers van de koker ook voordelen ondervonden. Dit is gedaan onder 45 mensen die eerste een andere koker hadden dan een K.B.M.-koker. Uit dit onderzoek bleek dat de koker ervoor zorgde dat zij meer het gevoel hadden dat de prothese hun eigen been was. Ook zeiden de mensen dat het er cosmetisch beter uit zag, omdat de koker minder goed te zien was onder de kleding.

Een nadeel dat ondervonden werd bij enkele mensen was de transpiratie. De transpiratie die ontstaat bij het dragen kan niet weg, doordat er een polyform binnenkoker gedragen wordt. Dit is een niet permeabel materiaal, waardoor het zweet niet weg kan. Dit is in de meeste gevallen op te lossen door er een wollen kous onder te dragen[10].

In het onderzoek is ook nog beschreven dat er koolstofversteving bij de oren van de koker geplaatst moet worden om zo de fitting te behouden.

9 Plaatsing koolstof

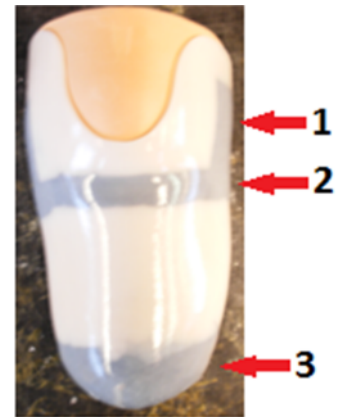
In figuur 10 is de plaatsing van de koolstof weergegeven. Om een koker voldoende sterk te maken wordt er gebruik gemaakt van koolstof. Deze koolstof wordt op verschillende plaatsen aangebracht. De plaatsing van de koolstof wordt aangegeven in het OIM protocol. Hieronder staat nog een uitleg waarom er gekozen is om op deze plaatsen koolstof te plaatsen.

Zoals al eerder is besproken wordt de K.B.M.-koker gefit rond de condylen. Deze moet hier dus voldoende stijf zijn. Hiertoe wordt er op deze plaats koolstof geplaatst. Deze staat aangeduid in figuur 10 met het nummer 1. De koolstof die hier gebruikt wordt is koolstof uni. Deze heeft de vezels in één richting.

Ook ter hoogte van de entree moet de koker goed fitten. Daarom wordt ook hier koolstof geplaatst. Deze staat aangeduid in figuur 10 met het nummer 2. Het koolstof dat hier gebruikt is, is koolstof uni. Hier wordt ook koolstof geplaatst, omdat de prothesedragers op deze plek niet door mag zakken. Als dit wel gebeurt, kunnen er ongewenste drukplekken ontstaan.

Ter hoogte van het anker wordt ook koolstof geplaatst. Dit zorgt ervoor dat het anker niet uit de koker kan breken. In figuur 10 staat de plaatsing van deze koolstof aangeduid met het nummer 3. Hier wordt koolstofvezel gebruikt, omdat het anker in meerdere richting wordt belast.

Zoals te zien in figuur 10 wordt er koolstof geplaatst op de plaatsen waar kracht te staan komt.



Figuur 10: plaatsing koolstof KBM-koker

Praktijkonderzoek

In dit hoofdstuk wordt het praktijkonderzoek uitgelegd. In dit praktijkonderzoek moesten negen kokers gegoten worden. In het eerstvolgende hoofdstuk wordt uitgelegd wat er allemaal gedaan moest worden om deze kokers te gieten. Vervolgens wordt uitgelegd wat de verschillen zijn tussen deze negen kokers en dan wordt de testopstelling uitgelegd zoals deze op de Fontys Hogescholen gedaan is. Ook zijn er verschillende verwachtingen opgenomen in dit hoofdstuk.

10 Werkmethode

In dit hoofdstuk wordt de werkmethode uitgelegd. Hier wordt uitgelegd hoe de kokers gemaakt zijn en wat de stappen waren.

10.1 Gipsmodellen

Om de kokers te gieten moeten er eerst gipsmodellen zijn. Deze gipsmodellen zijn gebaseerd op een origineel gipsmodel dat al eerder gebruikt is om een koker op te gieten.

Dit gipsmodel is negen maal gekopieerd. Er wordt niet gewerkt vanuit één gipsmodel, omdat de koker soms niet van het model wil loskomen. Dan zal het gipsmodel dus stukgeslagen moeten worden, waardoor het model verloren gaat, terwijl er nog wel kokers gegoten moeten worden.

Als het model negen keer gekopieerd is, worden deze gipsnegatieven ingegoten met gips. Na het uitharden worden alle modellen gecorrigeerd. Er is elke drie centimeter een omtreksmaat gemeten bij het originele negatief. Hierdoor is elk gipsnegatief via deze maten gelijk aan elkaar te stellen. Als dit eenmaal zo is worden de modellen gladgemaakt. Hoe gladder het model is, hoe mooier de gieting wordt. Omdat er in dit geval ook nog gebruik gemaakt wordt van een polyform binnenkoker, hoeft het model niet heel glad te zijn. Er wordt immers over de binnenkoker gegoten, en niet rechtstreeks op het model.

10.2 Polyform binnenkokers

Als de gipsmodellen dan klaar zijn volgt het maken van de polyform binnenkokers. Als eerst wordt er een trapezium vorm uitgesneden uit zes millimeter dik polyform en hier worden twee schuine randen aan geslepen. Vervolgens worden de twee schuine randen aan elkaar geplakt. Hierdoor ontstaat er een trechtervormige koker. Deze koker wordt in de oven gedaan die 120°C is. Als de koker zacht is door de warmte, wordt deze om het gipsmodel heen getrokken en gezwachteld. Deze zwachtels zorgen voor goede omsluiting. Ook kan er gekozen worden voor een omsluiting met gebruik van vacuüm.

Als de koker afgekoeld is, wordt de koker aan de onderkant tot nul geslepen. Vervolgens wordt er een schijf van tien millimeter dik polyform in de oven gedaan. Als deze zacht is, wordt de schijf gemodelleerd over de onderkant van het gipsmodel. De schijf vormt dan de onderkant van de polyform koker. Als de schijf na het zwachtelen afgekoeld is, wordt die geplakt op de binnenkoker. Vervolgens wordt de schijf in de vorm van de binnenkoker geslepen, zodat dit één geheel vormt.

10.3 Gieten

De gieting zal gaan volgens het protocol van OIM. Deze is toegevoegd als bijlage 1. Wel wordt er steeds een verandering gemaakt per koker. Deze verandering kan zowel het aantal lagen perlon zijn, alsook het aantal lagen koolstof circulair ter hoogte van de entree.

10.4 Afwerken kokers

Na het gieten worden de kokers uitgezaagd en op maat geslepen, de maat is voor elke koker hetzelfde. Na het op maat slijpen van de kokers, worden de randen gepolijst en hierna worden de binnenkokers afgewerkt. Deze steekt een halve centimeter boven de giethars koker uit.

11 Koker specificaties

Voor de test zijn er verschillende soorten kokers gegoten. De verschillen in de kokers zijn weergegeven in tabel 1. Onder de tabel zijn de verschillen nader uitgelegd.

	Nummer koker	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Specificatie										
lagen perlon		8	8	8	6	6	6	10	10	10
lagen koolstof band circulair		1	0	2	1	0	2	1	0	2

Tabel 1: verschillen in de kokers

De basis van deze tabel is koker nummer één, welke het OIM protocol is.

De kokers zijn verschillend in twee opzichten. In tabel 1 is te zien dat het aantal lagen perlon is veranderd. Het OIM protocol schrijft acht lagen perlon voor. Hier is vervolgens twee lagen minder perlon en twee lagen meer perlon als afwijking genomen. Perlon zou niets toevoegen aan de sterkte van de koker, het zou de koker alleen maar zwaarder maken, omdat er meer hars wordt opgenomen. Ook zou de koker dikker worden met meer lagen perlon. De verwachting is dan ook dat de perlon lagen geen verschil zullen uitmaken voor de sterkte van de koker.

Als tweede is het aantal lagen koolstof afwijkend. Het OIM protocol schrijft één laag koolstof circulair voor. Vervolgens is er bij de andere kokers van alle lagen koolstof één laag verminderd en één laag bij opgezet. De koolstof zou moeten zorgen voor sterkte en stijfheid van de koker^[1]. Dit is gebleken uit het literatuuronderzoek. De verwachting is dan ook dat meer lagen koolstof zal zorgen voor meer sterkte en stijfheid.

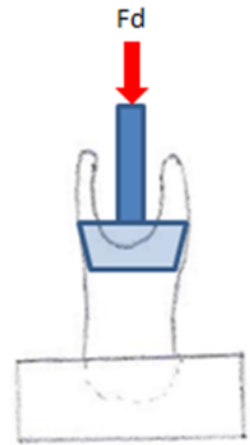
Ook zijn de lengtes van de koolstof bij de condylen, de koolstofband en de platen koolstof distaal vastgelegd. De maten hiervan zijn als volgt:

- Koolstofband circulair: 45 cm lang en 2 cm breed, unilaterale koolstof;
- Koolstof condylen : 7 cm lang en 5 cm breed, unilaterale koolstof;
- Koolstof distaal: 15 cm x 15 cm, koolstofweefsel;

Bij alle kokers zijn nog wel koolstofbanden op de condylen toegevoegd en koolstof distaal toegevoegd.

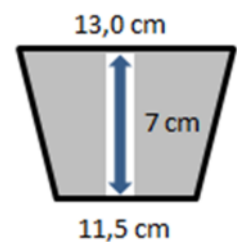
12 Testopstelling

Om de kokers te testen wordt er een testopstelling opgebouwd. Deze testopstelling zal opgezet worden in een drukbank van de Fontys Hogescholen. De drukbank die gebruikt wordt heet de Wolpert 250 Kn. De koker wordt in vijf graden flexie opgesteld. Dit wordt gedaan, omdat de koker ook altijd in vijf graden flexie opgebouwd wordt. Omdat er geen anker aan de onderkant van de koker zit, wordt er een plateau opgezet waar de koker in gemonteerd kan worden. Dit voorkomt verschuivingen van de koker tijdens het drukken in de drukbank. Aan de onderkant van het plateau wordt de koker vastgezet met een bout en een moer. Een schematische tekening van de opstelling is te zien in figuur 11.



Figuur 11: test drukbank Fontys Hogescholen

De koker zelf wordt niet opgevuld. Uit een eerdere test bleek dat er dan niet zuiver op de entree getest wordt, maar op de gehele koker. Hierdoor is er gekozen voor een conus die een begindiameter heeft zo groot als de entree van de koker. De conus bestaat uit hard schuim wat gebruikt wordt om schoenleesten te maken. Uit een eerdere test bleek dat dit materiaal sterk genoeg was om als materiaal gebruikt te worden tijdens de test. De conus heeft een diameter aan de onderzijde van 11,5 centimeter (cm). Deze diameter is gebruikt, omdat de conus dan start aan de onderzijde van de circulaire koolstof ter hoogte van de entree van de koker. De bovenste diameter is 13,0 cm. De maten van de koker zijn ook afgebeeld in figuur 12.



Figuur 12: maten gebruikte conus

Met deze diameter is de omtrek van de conus te berekenen met de volgende formule: $\text{Omtrek} = \pi \times \text{diameter}$.

De diameter van de onderzijde is dan 36,1 cm en de diameter van de bovenzijde is dan 40,8 cm. Dit is in totaal een vergroting van de diameter van 4,7 centimeter. Deze diameter vergroot zich op een afstand van 7 cm. Dit is een vergroting van 0,67 cm per cm. Deze verhouding kan ook omgezet worden in mm. Dit is dan 0,67 mm/mm. Later is hiermee uit te rekenen wat de uiteindelijke diameter van de conus was toen de koker scheurde. Hiermee is dan ook de uitzetting van de koker te berekenen.

12.1 Fontys Hogescholen test

De test

Tijdens de test wordt er in elk van de negen kokers een conus gedrukt. Deze conus zal gaan zorgen voor uitzetting van de koker. Deze uitzetting zal per koker anders zijn, omdat ze allemaal anders gegoten zijn.

De drukbank kan meten hoeveel de conus naar beneden is bewogen. Deze neerwaartse beweging gaat net zo lang door tot de koker gescheurd is, of totdat de conus in zijn volledigheid door de entree van de koker is gedrukt.

De uitkomsten

De uitkomsten van de testen zijn negen grafieken waarbij te zien is hoeveel kracht er is geleverd om de conus voorbij de entree van de koker te drukken of om de koker te laten scheuren. Deze grafieken kunnen met elkaar vergeleken worden. De grafieken zijn weer te vinden in bijlage 4.

De conclusies

Aan de hand van de gegevens zijn verschillende conclusies te stellen.

Als eerste is er te stellen wat de lagen perlon doen met de uitzetting van de koker. Dit is te concluderen uit de data van de kokers waarbij geen koolstofring is toegevoegd.

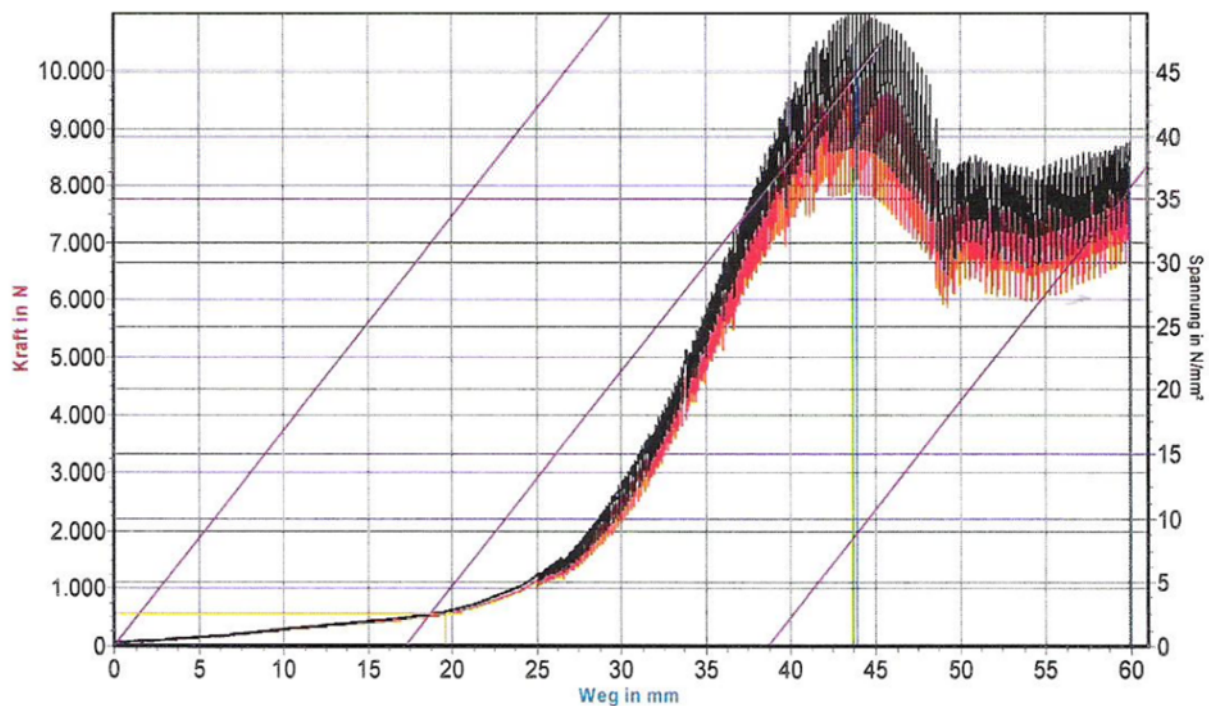
Als tweede is te concluderen wat er gebeurt als men een koolstofring gebruikt en wat er gebeurt als er een dubbele koolstofring geplaatst wordt. Dit wordt gevalideerd, doordat er bij 6, 8 en 10 lagen perlon dezelfde aantal koolstofringen geplaatst zijn. Zie hiervoor het gedeelte over hoe de kokers gegoten zijn.

Ook valt er een conclusie te trekken met betrekking op de stevigheid van de koker ter hoogte van de entree. Er is namelijk een kracht die de cliënt uitoefent koker, deze kracht varieert van 1,2 tot 2,5 maal zijn of haar lichaamsgewicht. Dit is in de literatuur bevonden als men de snelheid opvoert van 1,5 m/s tot 6 m/s^[4]. Deze waarden zijn de maximale waarden die bevonden worden. Dit is tijdens de eerste piek van de M-curve (zie hoofdstuk 5.1). Als de theoretische waarde, die berekent is via de literatuur, dan vergeleken wordt met wat er in de praktijk gemeten is, kan er een conclusie getrokken worden of de koker voldoende stevig is.

13 Resultaten test Fontys Hogescholen drukbank

In dit hoofdstuk worden de resultaten besproken van de test die gedaan is op de Fontys Hogescholen. Na een analyse van de negen grafieken die in bijlage 4 vermeld zijn, zijn drie grafieken opgesteld. Aan de hand van deze drie grafieken kunnen verschillende conclusies getrokken worden.

Uit de test die gedaan is op de Fontys Hogescholen in Eindhoven zijn de volgende resultaten gekomen. Deze resultaten zijn gebaseerd op de grafieken die zijn bijgevoegd in bijlage vier. In deze bijlage zitten negen grafieken die elk staan voor één van de geteste kokers. Één van deze grafieken is als voorbeeld opgenomen als figuur 10. Op de horizontale as staat de afgelegde weg van de conus in millimeter en op de verticale as de kracht in Newton.



Figuur 13: grafiek resultaat drukbank Fontys Hogescholen ^[bijlage 4]

Op basis van de resultaten zijn er conclusies te trekken met betrekking op de uitwijking van de kokers en de maximale kracht die de kokers kunnen dragen voordat deze veel uitwijken of scheuren.

De start van de uitwijking is voor elke koker in de grafiek verschillend. Deze genoemde start wordt in de grafieken van bijlage 4 aangeduid met een oranje lijn die haaks staat. In figuur 13 is deze linksonder te vinden ter hoogte van de 19 mm. In de grafiek van koker één zit deze bijvoorbeeld bij negen millimeter. Dat er verschillen in de start te zien is, komt doordat de conus niet elke keer op precies hetzelfde moment druk geeft. Zo af en toe moest de conus een iets langere of kortere weg afleggen om druk te geven.

Onder de grafieken in bijlage 4 staat een tabel. Één van deze tabellen is opgenomen als voorbeeld in figuur 14.

Resultate

Versuch Nr.	So mm ²	E kN/mm ²	Rp-1 N/mm ²	Rm N/mm ²	A %	Fmax kN	S(Fmax) mm	Re/Rm %	Reh N/mm ²	Rel N/mm ²	Fb kN	S(Fb) mm
Min	27,000	70	0	450,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
Max	33,000	90	0	600,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
1				49,6<		9,96	43,96	0,01		39	7,93	59,94
n	1											
Xq	201,056	0	0	49,6	0,0	9,96	43,96	0,01	0	39	7,93	59,94
S	0,000	0	0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
V [%]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vb	0,000	0	0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
Min	201,056	0	0	49,6	0,0	9,96	43,96	0,01	0	39	7,93	59,94
Max	201,056	0	0	49,6	0,0	9,96	43,96	0,01	0	39	7,93	59,94

Figuur 14: tabel resultaat drukbank Fontys Hogescholen^[bijlage 4]

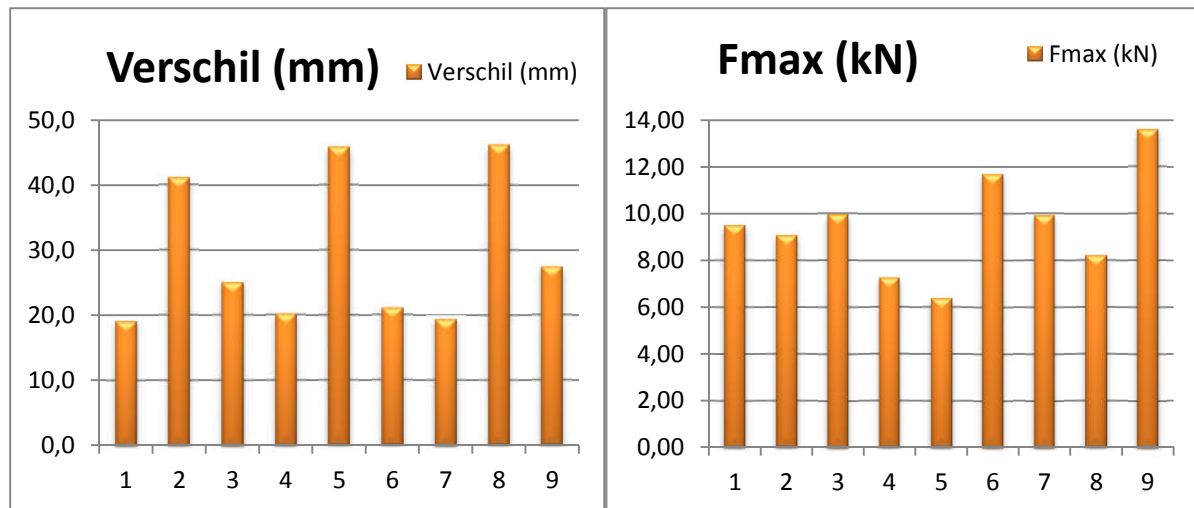
In de tabel met de resultaten die onder elke grafiek in bijlage 4 staat is ook de maximale kracht af te lezen die de koker kan dragen totdat deze scheurde of totdat de conus door de entree van de koker geperst was, om zo een terugval van de druk te laten zien.

De afgelegde weg (einde min start) en de maximale kracht is aangeduid in tabel 2. Ook is hier aangegeven of de koker gescheurd is of niet.

Koker	Start (mm)	Einde (mm)	Vershil (mm)	Fmax (kN)	Scheur
1	9,0	28,1	19,1	9,50	Ja
2	13,0	54,1	41,1	9,07	Nee
3	19,0	44,0	25,0	9,96	Nee
4	17,5	37,7	20,2	7,26	Ja
5	21,0	66,9	45,9	6,37	Nee
6	19,0	40,1	21,1	11,69	Ja
7	19,0	38,3	19,3	9,92	Ja
8	10,5	56,8	46,3	8,21	Nee
9	16,0	43,4	27,4	13,58	Ja

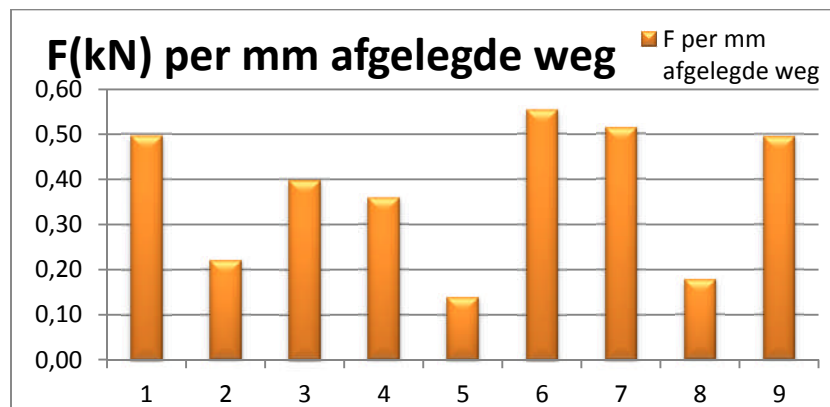
Tabel 2: resultaten test Fontys Hogescholen

Deze resultaten zijn te plotten in een kolomgrafiek. Deze zijn opgedeeld in grafiek 2 en 3. In grafiek 2 is de afgelegde weg, het verschil tussen start en einde, geplot. Op de horizontale as is het kokernummer aangegeven en op de verticale as het verschil in millimeter. In grafiek 3 is de maximale kracht geplot die de kokers konden dragen. Op de horizontale as is wederom het kokernummer aangegeven. Op de verticale is de maximale kracht aangegeven in kiloNewton (kN). In grafiek 4 is de kracht aangeduid die nodig is om de conus één millimeter naar beneden te bewegen. Op de horizontale as staat het kokernummer en op de verticale as de kracht per millimeter.



grafiek 2: afgelegde weg onder belasting conus

grafiek 3: Maximale kracht



grafiek 4: kracht per mm afgelegde weg

Perlon

Tijdens de test zijn het aantal lagen perlon getest. De kokers waren gegoten in zes, acht en tien lagen perlon. Hier zit geen koolstof band circulair in verwerkt. In de grafieken zijn ze aangegeven met kokernummer 2, 5, 8. Er is te zien in grafiek 4 dat er veel minder kracht nodig is om de conus 1mm te laten zakken. Ook is te zien dat er bij koker 5 veel minder kracht nodig was om de conus 1mm te laten zakken dan bij koker 2 en 8. De verwachting is dat er voor koker 8 meer kracht nodig is dan bij koker 2, maar dit blijkt niet het geval te zijn. Het verschil tussen koker 2 en koker 8 was het aantal lagen perlon. Dit kan dus een aanwijzing zijn dat het aantal lagen perlon niet bijdraagt aan de stevigheid.

Koolstof

Ook is het aantal lagen koolstof getest. In het hoofdstuk koker specificaties is te zien dat er bij 6, 8, 10 lagen perlon er steeds gevarieerd wordt tussen 0, 1, 2 lagen koolstof circulair. Als deze verschillen in een grafiek uitgezet worden is te zien dat de koolstof de koker wel degelijk stijver maakt. Dit is vooral te zien als men de kokers zonder koolstof circulair de kokers met koolstof circulair vergelijkt. De kracht die nodig is om de conus 1mm te laten zakken is dan veel hoger.

Als het gemiddelde genomen wordt van koker 2, 5 en 8 is deze 0,18 kN/mm. Als er dan vervolgens het gemiddelde genomen wordt van koker 1, 4 en 7 komt dit uit op een waarde van 0,46 kN/mm. Als dan als laatste van de kokers 3, 6 en 9 het gemiddelde wordt genomen komt dit uit op 0,48 kN/mm. Hieruit blijkt dan dat er een groot verschil is tussen wel of geen koolstofband circulair gebruiken, maar dat het verschil tussen één of twee lagen koolstof op deze plaats niet veel verschil maakt.

Activiteitsniveau

Ook is er aandacht besteedt aan de verticale grondreactiekracht. Deze kracht is een indicatie van de kracht die verwerkt moet worden door de koker.

Aan de hand van deze krachten valt af te lezen wat de minimale kracht is die de koker moet verwerken, zonder dat deze veel uitzet.

Als voorbeeld wordt gekeken naar iemand van 100 kilogram die een activiteitsniveau vier heeft. De verticale GRK die deze persoon op de koker uitoefent is 1334,16 Newton. Dit is af te lezen uit de tabel die in bijlage 3 te vinden is. Dit is dan 1334,16 Newton. Vervolgens wordt de verhouding genomen van grafiek 4 van het OIM protocol (koker 1). Dit is 0,50 kN/mm. Als dit doorgerekend wordt, komt er een waarde uit hoeveel de conus is gezakt onder belasting. Dit is 2,66 mm.

Als dan vervolgens de grafiek van koker 1 uit bijlage 4 erbij wordt gepakt en er wordt dan gekeken naar de afgelegde weg bij 1334,16 Newton, dan is te zien dat deze 12,5 mm afgelegd heeft. De conus begon met belasten bij de 9 mm. Dus de conus heeft onder belasting 3,5 mm afgelegd bij 1334,16 Newton druk.

De conclusie zal zijn dat de koker niet geschikt zal zijn voor iemand van 100 kilogram met activiteitsniveau 3. De belasting die maximaal gegeven mag worden om de conus 2,66 mm te laten zakken is ongeveer 1150 Newton. Deze koker is maximaal geschikt om iemand van 85 kilogram met activiteitsniveau 3 te dragen.

Wel zal hier als opmerking bij gegeven moeten worden dat het verschil ongeveer 1mm is. Dit betekent dat de diameter van de conus 0,67 mm vergroot is. De polyform binnenkoker is hier niet mee getest. Het is mogelijk dat de diameter vergroting opgeheven wordt door deze binnenkoker.

Koker verbeteringen?

Als er gekeken wordt naar grafiek 4 is te zien dat koker 6 er wel uit springt. Deze is in de verhouding van kN/mm beter dan koker 1 (het OIM protocol). Dit kan wijzen op het feit dat koker 6 net zo goed, als niet beter, is dan koker 1.

Wat ook een bijzonder gegeven is, is dat op één koker na, alle kokers die een koolstofring bevatten, gespleten zijn. De drie kokers zonder koolstofring zijn uitgeweken en zo is de conus er gewoon doorgedrukt. Hieruit blijkt dat koolstof eerder scheurt dan dat het uitzet.

14 Discussie

Tijdens de test is uitgegaan van een statische belasting. Hier is voor gekozen, omdat er voor een dynamische belasting een compleet model gemaakt moet worden van het gangpatroon inclusief alle krachten. Vanwege de beperkte tijd die er is om het onderzoek te doen, is ervoor gekozen om een statische belasting te geven en een aanbeveling te schrijven voor een onderzoek waarbij de dynamische belasting wel uitgebreid onder de loep genomen wordt.

De belasting die beschreven is bij het hoofdstuk loopcyclus is slechts een gedeelte van de krachten die tijdens het gangpatroon optreden. Hier is alleen de verticale grondreactiekracht beschreven. Dit betekent dus dat er tijdens het lopen meer kracht op komt dan hier genoemd is. Hierdoor is dit niet de werkelijke kracht die de koker moet verwerken, in werkelijkheid ligt dit hoger. Wel geeft het een indicatie van hoeveel kracht de koker moet verwerken.

Het activiteitsniveau zoals deze in de literatuur gevonden is beschrijft geen snelheden. Deze zijn er zelf bijgevoegd om een indruk te kunnen geven over hoeveel kracht er eigenlijk vrij komt. Hier kunnen dus geen exacte conclusies getrokken worden, maar het geeft wel een indicatie.

Wegens de beperkte tijd is elke variatie in koker maar één maal gegoten. Hierdoor is niet duidelijk te zien of er misschien een minder goede koker tussen zit. Om een test betrouwbaarder te maken, zouden er per variatie van koker minstens twee kokers gemaakt moeten worden. Als hier dan al grote verschillen in zitten, kan de conclusie heel anders zijn.

Tijdens de test is de polyform binnenkoker niet gebruikt. Hier is voor gekozen, omdat er een vrees was dat de binnenkoker naar beneden zou schuiven. Hierdoor wordt de koker niet getest op de manier die gewenst was. Ook zou de polyform binnenkoker de resultaten beïnvloeden doordat er eerst nog een soort buffer tussen zit.

15 Conclusie

Uit het literatuuronderzoek is gebleken dat koolstof gebruikt wordt om iets stijver te maken. In het onderzoek is het beschreven dat dit gebeurt bij de oren en op andere plaatsen waar de constructie stijf moet worden. In het praktijkonderzoek is inderdaad gebleken dat een koker stijver wordt naarmate er koolstof toegevoegd wordt. Het verschil hierin is duidelijk te zien als de vergelijking gemaakt wordt tussen constructies met koolstof en zonder koolstof. Als er een vergelijking opgesteld wordt tussen meer of minder koolstof in de constructie is het minder duidelijk of de stijfheid vergroot. Dit is te zien als het gemiddelde genomen wordt tussen de kokers zonder koolstof circulair, de kokers met één laag koolstof circulair en de kokers met twee lagen koolstof circulair. De gemiddelden zien er dan uit als te zien in tabel 3. De kracht per mm indrukking is de kracht die nodig was voor de drukbank om de conus 1mm neerwaarts te laten bewegen.

Koolstof lagen circulair	Kracht per mm indrukking (kN/mm)
0	0,18
1	0,46
2	0,48

Tabel 3: Kracht per mm indrukking per laag koolstof circulair

Hier is duidelijk te zien dat koolstof de koker sterker maakt als het gaat om de kracht die nodig is om de conus 1mm neerwaarts te bewegen.

Volgens het protocol dat OIM opgesteld heeft zijn er acht lagen perlon nodig en één laag koolstof circulair ter hoogte van de entree. Dit is volgens de waarden uit het onderzoek voldoende sterk. Uit de resultaten is gebleken dat de koker, welke vervaardigd is volgens het OIM protocol, scheurt bij 9000 Newton. De conus is dan effectief 19,1mm gezakt.

Wel is er een mogelijkheid tot het optimaliseren van het protocol. Door twee lagen perlon minder te gebruiken en één laag koolstof circulair ter hoogte van de entree toe te voegen, wordt er een koker vervaardigd die sterker is dan het OIM protocol. Dit is in dan het geval ter hoogte van de entree. Als er gekeken wordt naar de kracht die nodig is om de conus 1mm neerwaarts te laten bewegen, is te zien dat er voor de koker met zes lagen perlon en twee lagen koolstof 0,55 kN/mm en voor de koker met acht lagen perlon en één laag koolstof (het OIM protocol) is dit 0,50 kN/mm. De extra laag koolstof is wel nodig, want als er alleen twee lagen perlon weggehaald zouden worden (een koker met zes lagen perlon en één laag koolstof) zou de kracht die nodig is om de conus 1mm te laten zakken 0,36 kN/mm zijn.

Als er gekeken wordt of de koker veilig is in het opzicht van het activiteitsniveau kan gesteld worden dat geen van de kokers het zou begeven onder de kracht die de prothesegebruiker op de koker zet. Een prothesegebruiker die 120 kilogram weegt en zich in activiteitsniveau vier begeeft zal een kracht uitoefenen op de koker van 2484 Newton. De koker die het minste kracht kon verdragen, begaf het pas bij 6370 Newton. Er moet wel bij gezegd worden dat dit alleen de verticale grondreactiekracht is en de kracht die de prothesegebruiker op de koker uitoefent hoger zal liggen dan hier vermeld is. Ook zal de koker wel wijken, maar hoeveel een koker mag wijken is niet onderzocht.

16 Aanbevelingen

In dit onderzoek is gekozen voor een statische belasting. In een vervolgonderzoek is een dynamische belasting te onderzoeken. Ook is er in dit onderzoek alleen maar rekening gehouden met de verticale grondreactiekracht. Tijdens het lopen zijn er echter meer krachten aanwezig. Deze krachten kunnen ontleed worden om hier vervolgens een belasting bij aan te geven. Om een dynamische test te doen kan er bijvoorbeeld gebruik gemaakt worden van het 'Movement Analysis and Rehabilitation Technology' (MART) die op de Fontys Paramedische Hogeschool aanwezig is. Hier is dan wel een prothesedragers voor nodig met een onderbeenamputatie. Deze waarden kunnen dan geanalyseerd worden om zo de krachten in kaart te brengen. Deze krachten kunnen dan vervolgens gebruikt worden samen met de gegevens van dit onderzoek om zo een beeld te creëren wat er gebeurt in een dynamische situatie.

In dit onderzoek is ook alleen de entree van de koker getest, dit is het punt waar de prothesedragers op steunt. Maar de koker wordt ook nog gefit. Deze fitting gebeurt bij de oren van de koker. Ook hier worden aantal lagen koolstof en perlon gebruikt. Een zelfde basis als deze test kan worden gebruikt als de kokers gegoten worden. Wel zal dan de testopstelling veranderd moeten worden.

Ook kan er ter hoogte van het anker nog een test gedaan worden. Er moet een aantal lagen koolstof aangebracht worden bij het stompuiteinde met het anker hierbij ingegoten. Dit kan nog nader gedefinieerd worden door te kijken hoeveel koolstof er nodig is om er zeker van te zijn dat het anker niet onder uit de koker breekt. Dit kan gedaan worden door de kokers te gieten met een verschillend aantal lagen koolstof bij het anker. Vervolgens wordt dit ingespannen in een drukbank. Hierbij is dan belangrijk dat er druk dwars op de koker wordt geplaatst en dat het anker in een vaststelling zit. Als men dan drukt, is te zien bij hoeveel kracht het anker uit de koker breekt en of dit voldoet aan de eisen.

De polyform binnenkoker is niet gebruikt in dit onderzoek. De invloed van deze binnenkoker zou ook nog getest kunnen worden. Als hier verschillen in te zien zijn, kunnen er conclusies getrokken worden over wat de polyform binnenkoker voor invloed heeft op de constructie.

17 Literatuurlijst

1. Chand, S. „Carbon fibers for composites.” *Journal Of Materials Science*, 2000: 1303-1313.
2. Thijs, M. *Materialenleer kunststoffen*. Geel: Niet uitgegeven, 2009.
3. Auteur Onbekend. „Composietmaterialen voor toepassing in pro- en orthesen.” *Orthobode*, nr. 4 (2005): 27 - 34.
4. Keller, T S, A M Weisberger, J L Ray, S S Hasan, R G Shiavi, en D M Spengler. „Relationship between vertical ground reaction force and speed during walking, slow jogging and running.” *Elsevier* 11, nr. 5 (1996): 253 - 259.
5. Cross, R. „Standing, walking, running, and jumping on a force plate.” (American Association of Physics Teachers) 1999.
6. Hamill, J, en K M Knutzen. *Biomechanical basis of human movement*. Philadelphia: Wolters Kluwer, 2003.
7. Deckers, J, en D Beckers. *Ganganalyse & Looptraining Voor De Paramedicus*. Houten: Bohn Stafleu van Loghum, 1996.
8. Auteur onbekend. *Protocol verstrekkingsproces beenprothesen*. Stuurgroep PPP, 2010.
9. Auteur onbekend. „Gemodificeerde KBM-prothesekoker deel 1.” *Orthobode* 1 (2001): 1-5.
10. Boldingh, E J K, T Van Pijkeren, en D W Wijkmans. „A study on the value of the modified KBM prosthesis compared.” *Prosthetics and Orthotics International*, 1985: 79-82.

Bijlage 1: protocol gieten OIM

Vorbereiding gipsmodel:

- Referentie vlak haaks op belastingslijn in het frontale- en saggitale vlak;
- Gips negatief behandelen met isoleer zeep;
- Aftekeningen over nemen;
- Model vol storten met staaf in verlengde van belastingslijnen.

Uitgangspunten:

- Gipsmodel moet glad en droog aangeleverd;
- Belastingslijnen aangeven.

Vorbereiding gieten:

- PVA folie over gipsmodel, afbinden en vacuüm zuigen met 0,6 bar;
- Afbindknoop afplakken met PVA tape.

Lagen aanbrengen tot 100 kg:

Basis bewapening voor een onderbeen stompkoker tot 100kg bij activiteit 2 tot 3 bestaat uit:

- OIM sticker met naam en datum op mediale condyle meegieten;
- 8 lagen perlon;
- Lagen koolstof op stompuiteinde met het anker erbij ingegoten;
- 2 lagen koolstof op de condylen;
- 1 laag koolstof op de pat. Pees;
- Schroefdraad plaatje M4 mee gieten op achterzijde koker als prothese afgewerkt wordt met een zachte hoes.

Waarbij de koolstof na vorm slijpen koker niet zichtbaar mag zijn. Door om de twee perlon trikot één bewapening te plaatsen krijg je de beste mengverhouding tussen perlon en koolstof en daardoor een sterke koker.

Om een goede kwaliteit koker te krijgen, moeten er een aantal zaken tijdens het gieten ook goed in de gaten gehouden worden:

- Zo min mogelijk hars in de koker vermengen zonder bewapening. (de folie moet strak en de hars moet goed uitgestreken worden).
 - Waar alleen hars zit en geen bewapening is een zwakke plek in de koker, het anker kan hierdoor uitbreken.
- De goede hars en de aangegeven mengverhouding gebruiken.
 - Lamenerhars C is het beste voor de verzadiging van koolstof en andere bewapening. Door te veel harder te gebruiken kan de hars te hard en te snel uitharden waardoor de koker bros wordt.
- Zo min mogelijk luchtinsluiting hebben.

Clënt boven 100kg dan de koolstof lagen verdubbelen en twee extra perlontrikot toevoegen

Giethars aanmaken:

- 80/20 (100 gram – 1,5 schep harderpoeder, 100 gram – 1 pompje kleurstof)
- de hoeveelheid giethars in grammen: gemiddelde omvang in centimeters X lengte stomp in centimeters X aantal lagen tricot X 0,022 geeftgram giethars.

Giethars bewerken:

- vacuüm zuigen met 0,8 bar;
- in masseren tot lucht verwijderd is.

Materiaal lijst:

- Logo label;
- Perlontrikot;
- Koolstof mat;
- Koolstof band (verschillende breedtes);
- PVA folie.
 - Luchtinsluiting geeft ook een verzwakking van de bewapening als op te veel plaatsen luchtinsluiting is kan beweging ontstaan tijdens belasten en hierdoor kan ook het anker loslaten of uitbreken.

Afwerking en uitlijning:

Na het gieten kan direct een kokertje van 2 lagen perlon trikot gegoten worden voor de bevestiging van de cosmetische afwerken.

Standaard uitlijning:

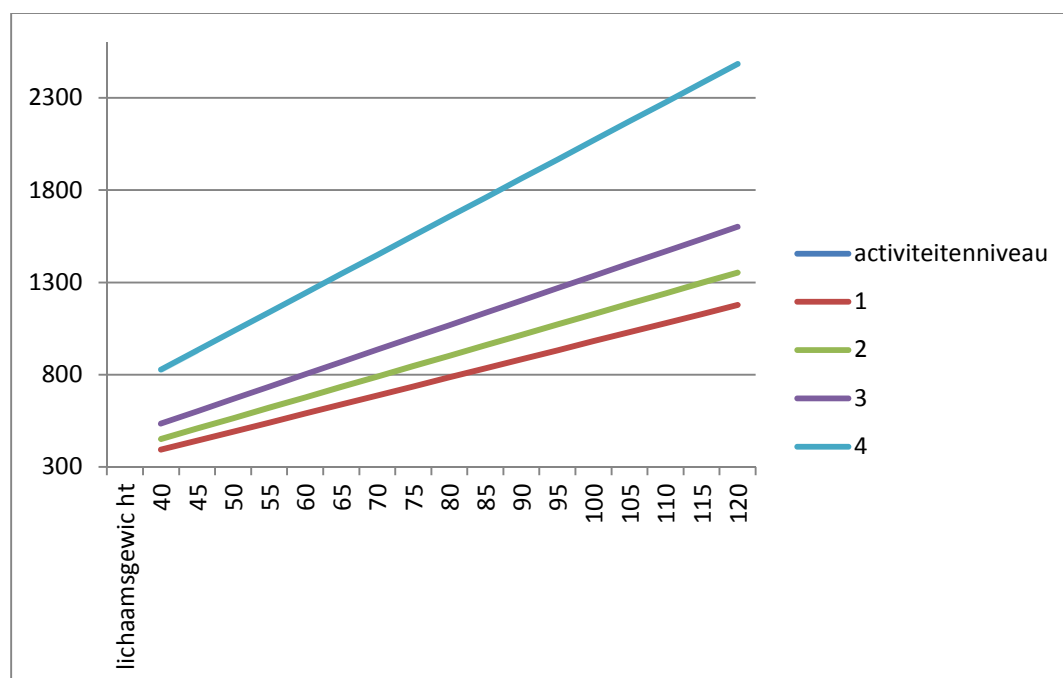
Het plaatsen van het anker is standaard 8 mm naar lateraal geplaatst vanuit het frontale vlak. De koker moet in 5 flexie staan vanuit het sagitale vlak gezien. Bij een koker met pensysteem moet het anker centraal geplaatst worden.

Bijlage 2: activiteitsniveau

Activiteitsniveau	Type voet
Klasse 1: <i>Prothese drager kan zich binnenshuis bewegen op vlakke vloer met geringe snelheid.</i>	Vaste voet
Klasse 2: <i>Prothese drager kan zich beperkt buitenshuis bewegen, en kleine obstakels als stoep-randen en enkel treden en wat oneffen bodem.</i>	Vaste voet Enkelassige voet
Klasse 3: <i>Prothese drager kan zich onbeperkt buitenshuis bewegen. Geschikt voor personen zonder bewegingsbeperking, maar die niet snel kunnen gaan of geen uitzonderlijk hoge mechanische eisen stellen aan de prothese. Wel bestaat er een hoge verwachting betreffende veiligheid en zekerheid.</i>	Vaste voet Enkelassige voet DER voet (dynamische elastische respons voet)
Klasse 4: <i>Prothese gebruiker kan zich onbeperkt buitenshuis bewegen met bijzonder hoog activiteitsniveau. Geschikt voor personen zonder bewegingsbeperking, die ook hoge eisen stellen aan hun materiaal. Zij kunnen traplopen, hindernissen nemen en hebben materiaal nodig dat bestand is tegen piekbelasting en duurbelasting.</i>	Vaste voet Enkelassige voet DER voet Multiflexibele voet
Sportprothese	

Bijlage 3: tabel & grafiek activiteitsniveau

activiteitsniveau		1	2	3	4
Lichaamsgewicht (KG)	40	392,40	451,26	533,66	827,96
	45	441,45	507,67	600,37	931,46
	50	490,50	564,08	667,08	1034,96
	55	539,55	620,48	733,79	1138,45
	60	588,60	676,89	800,50	1241,95
	65	637,65	733,30	867,20	1345,44
	70	686,70	789,71	933,91	1448,94
	75	735,75	846,11	1000,62	1552,43
	80	784,80	902,52	1067,33	1655,93
	85	833,85	958,93	1134,04	1759,42
	90	882,90	1015,34	1200,74	1862,92
	95	931,95	1071,74	1267,45	1966,41
	100	981,00	1128,15	1334,16	2069,91
	105	1030,05	1184,56	1400,87	2173,41
	110	1079,10	1240,97	1467,58	2276,90
	115	1128,15	1297,37	1534,28	2380,40
	120	1177,20	1353,78	1600,99	2483,89



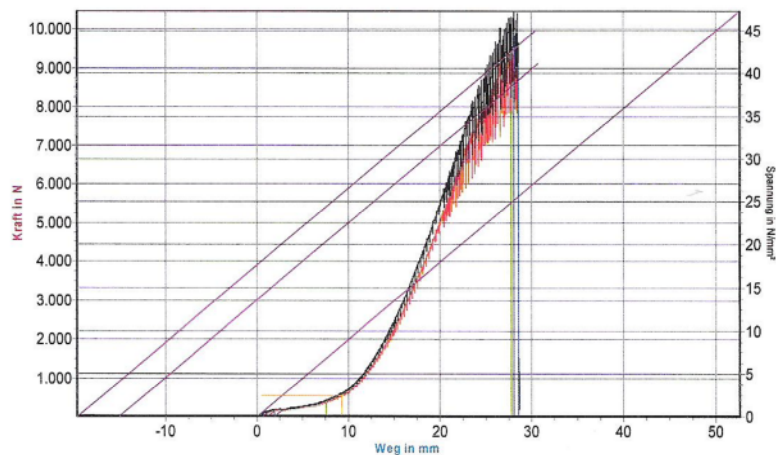
Bijlage 4: Negen grafieken van de testen van de kokers

Fontys Hogeschool Engineering

Practikum materiaalkunde

Trekproef Wolpert

So: 201,056



Resultate

Versuch Nr.	So mm ²	E kN/mm ²	Rp-1 N/mm ²	Rm N/mm ²	A %	Fmax kN	S(Fmax) mm	Re/Rm %	Reh N/mm ²	Rel N/mm ²	Fb kN	S(Fb) mm
Min	27,000	70	0	450,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
Max	33,000	90	0	600,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
1				47,2		9,50	28,07	0,04	2	37	6,72	28,61
n	1											
Xq	201,056	0	0	47,2	0,0	9,50	28,07	0,04	2	37	6,72	28,61
S	0,000	0	0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
V [%]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vb	0,000	0	0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
Min	201,056	0	0	47,2	0,0	9,50	28,07	0,04	2	37	6,72	28,61
Max	201,056	0	0	47,2	0,0	9,50	28,07	0,04	2	37	6,72	28,61

Student:

Datum : 19.04.2011

Studentnummer :

Koker 1

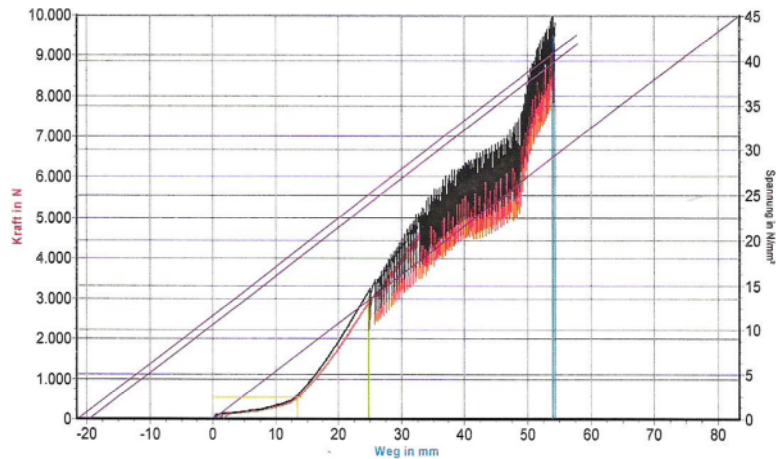
1

Fontys Hogeschool Engineering

Practikum materiaalkunde

Trekproef Wolpert

So: 201,056



Resultate

Versuch Nr.	So mm ²	E kN/mm ²	Rp-1 N/mm ²	Rm N/mm ²	A %	Fmax kN	S(Fmax) mm	Re/Rm %	Reh N/mm ²	Rel N/mm ²	Fb kN	S(Fb) mm
Min	27,000	70	0	450,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
Max	33,000	90	0	600,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
1			1	45,1		9,07	54,09	0,32	15	38	8,88	54,26
n	1											
Xq	201,056	0	1	45,1	0,0	9,07	54,09	0,32	15	38	8,88	54,26
S	0,000	0	0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
V [%]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vb	0,000	0	0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
Min	201,056	0	1	45,1	0,0	9,07	54,09	0,32	15	38	8,88	54,26
Max	201,056	0	1	45,1	0,0	9,07	54,09	0,32	15	38	8,88	54,26

Student:

Datum : 19.04.2011

Studentnummer :

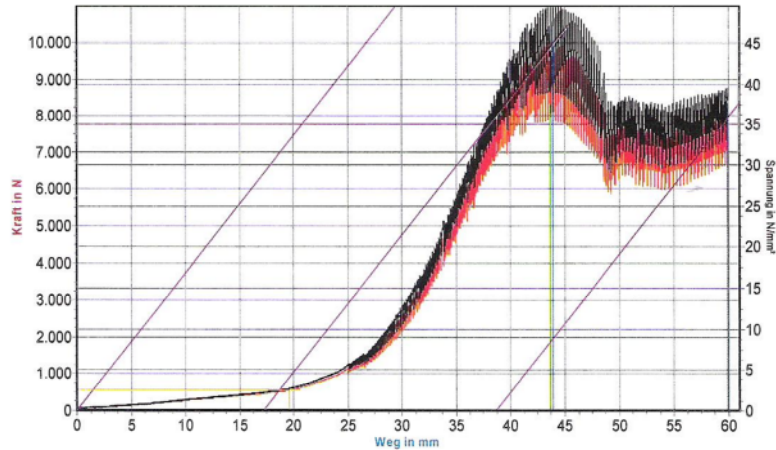
Wolpert 2
1

Fontys Hogeschool Engineering

Praktikum materiaalkunde

Trekproef Wolpert

So: 201,056



Resultate

Versuch Nr.	So mm ²	E kN/mm ²	Rp-1 N/mm ²	Rm N/mm ²	A %	Fmax kN	S(Fmax) mm	Re/Rm %	Reh N/mm ²	Rel N/mm ²	Fb kN	S(Fb) mm
Min	27,000	70	0	450,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
Max	33,000	90	0	600,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
1				49,6<		9,96	43,96	0,01		39	7,93	59,94
n	1											
Xq	201,056	0	0	49,6	0,0	9,96	43,96	0,01	0	39	7,93	59,94
S	0,000	0	0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
V [%]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vb	0,000	0	0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
Min	201,056	0	0	49,6	0,0	9,96	43,96	0,01	0	39	7,93	59,94
Max	201,056	0	0	49,6	0,0	9,96	43,96	0,01	0	39	7,93	59,94

Student:

Datum : 19.04.2011

Studentnummer :

Koker 3
1

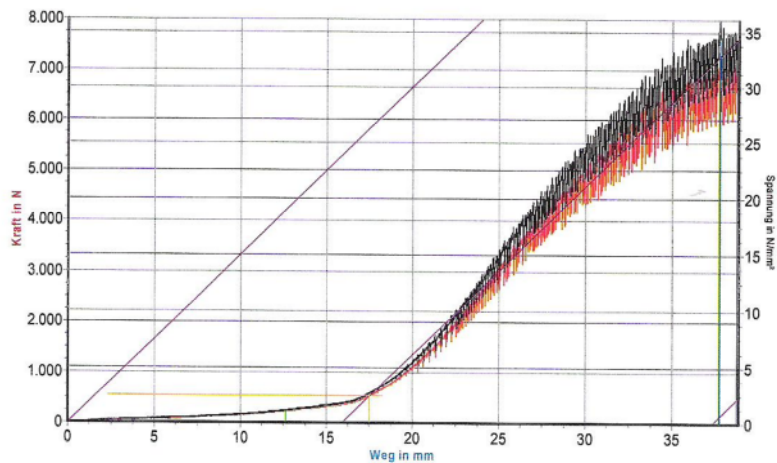
Fontys Hogeschool Engineering

Praktikum materiaalkunde

Trekproef Wolpert

So:

201,056



Resultate

Versuch Nr.	So mm²	E kN/mm²	Rp-1 N/mm²	Rm N/mm²	A %	Fmax kN	S(Fmax) mm	Re/Rm %	Reh N/mm²	Rel N/mm²	Fb kN	S(Fb) mm
Min	27,000	70	0	450,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
Max	33,000	90	0	600,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
1				36,1		7,26	37,74	0,03	1	35	0,18	38,71
n	1											
Xq	201,056	0	0	36,1	0,0	7,26	37,74	0,03	1	35	0,18	38,71
S	0,000	0	0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
V [%]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vb	0,000	0	0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
Min	201,056	0	0	36,1	0,0	7,26	37,74	0,03	1	35	0,18	38,71
Max	201,056	0	0	36,1	0,0	7,26	37,74	0,03	1	35	0,18	38,71

Student:

Datum : 19.04.2011

Studentnummer :

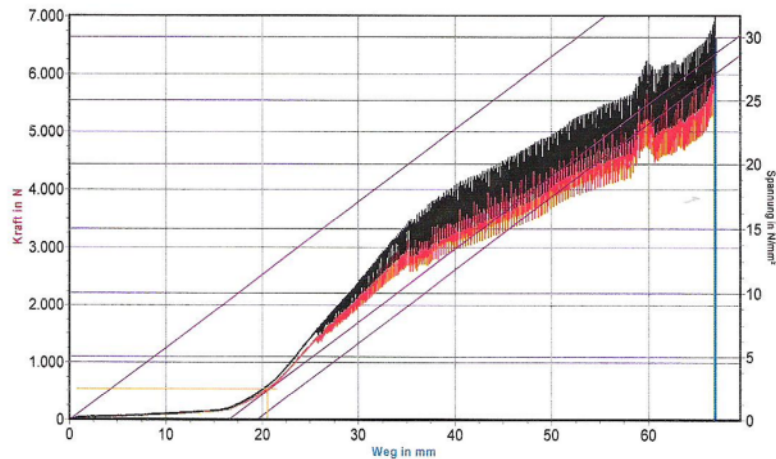
Koker 4
1

Fontys Hogeschool Engineering

Praktikum materiaalkunde

Trekproef Wolpert

So: 201,056



Resultate

Versuch Nr.	So mm ²	E kN/mm ²	Rp-1 N/mm ²	Rm N/mm ²	A %	Fmax kN	S(Fmax) mm	Re/Rm z	Reh N/mm ²	Rel N/mm ²	Fb kN	S(Fb) mm
Min	27,000	70	0	450,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
Max	33,000	90	0	600,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
1				31,7		6,37	66,94	0,01		27	6,02	67,01
n	1											
Xq	201,056	0	0	31,7	0,0	6,37	66,94	0,01	0	27	6,02	67,01
S	0,000	0	0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
V [%]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vb	0,000	0	0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
Min	201,056	0	0	31,7	0,0	6,37	66,94	0,01	0	27	6,02	67,01
Max	201,056	0	0	31,7	0,0	6,37	66,94	0,01	0	27	6,02	67,01

Student:

Datum : 19.04.2011

Studentnummer :

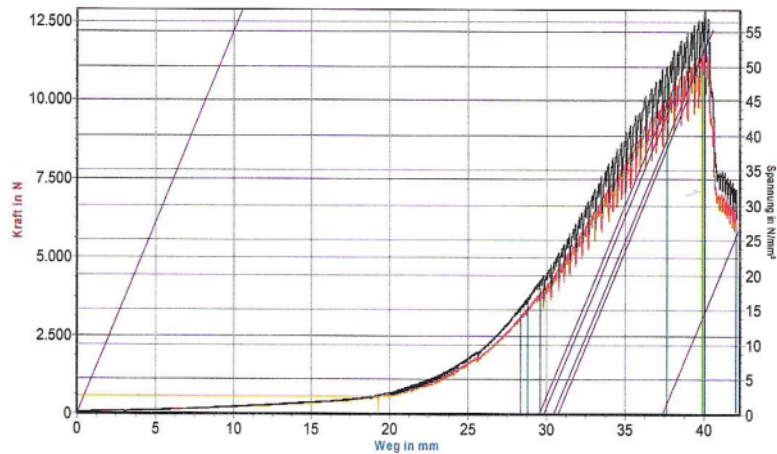
Kokes 5
1

Fontys Hogeschool Engineering

Praktikum materiaalkunde

Trekproef Wolpert

So: 201,056



Resultate

Versuch Nr.	So mm²	E kN/mm²	Rp-1 N/mm²	Rm N/mm²	A %	Fmax kN	S(Fmax) mm	Re/Rm ²	Reh N/mm²	Rel N/mm²	Fb kN	S(Fb) mm
Min	27,000	70	0	450,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
Max	33,000	90	0	600,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
1		1<	48	58,1<		11,69	40,08	0,86	50	52	5,69	42,04
n	1											
Xq	201,056	1	48	58,1	0,0	11,69	40,08	0,86	50	52	5,69	42,04
S	0,000	0	0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
V [%]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vb	0,000	0	0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
Min	201,056	1	48	58,1	0,0	11,69	40,08	0,86	50	52	5,69	42,04
Max	201,056	1	48	58,1	0,0	11,69	40,08	0,86	50	52	5,69	42,04

Student:

Datum : 19.04.2011

Studentnummer :

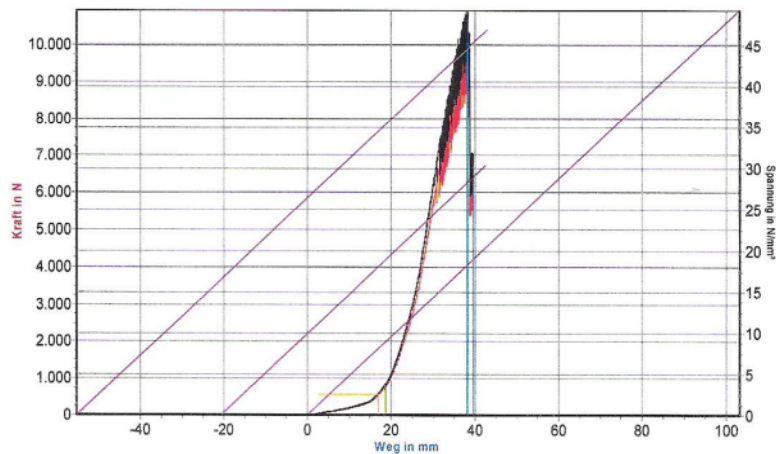
Koker 6
1

Fontys Hogeschool Engineering

Practikum materiaalkunde

Trekproef Wolpert

So: 201,056



Resultate

Versuch Nr.	So mm ²	E kN/mm ²	Rp-1 N/mm ²	Rm N/mm ²	A %	Fmax kN	S(Fmax) mm	Re/Rm %	Reh N/mm ²	Rel N/mm ²	Fb kN	S(Fb) mm
Min	27,000	70	0	450,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
Max	33,000	90	0	600,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
1				49,3		9,92	38,32	0,08	4	48	6,39	39,63
n	1											
Xq	201,056	0	0	49,3	0,0	9,92	38,32	0,08	4	48	6,39	39,63
S	0,000	0	0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
V [%]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vb	0,000	0	0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
Min	201,056	0	0	49,3	0,0	9,92	38,32	0,08	4	48	6,39	39,63
Max	201,056	0	0	49,3	0,0	9,92	38,32	0,08	4	48	6,39	39,63

Student:

Datum : 19.04.2011

Studentnummer :

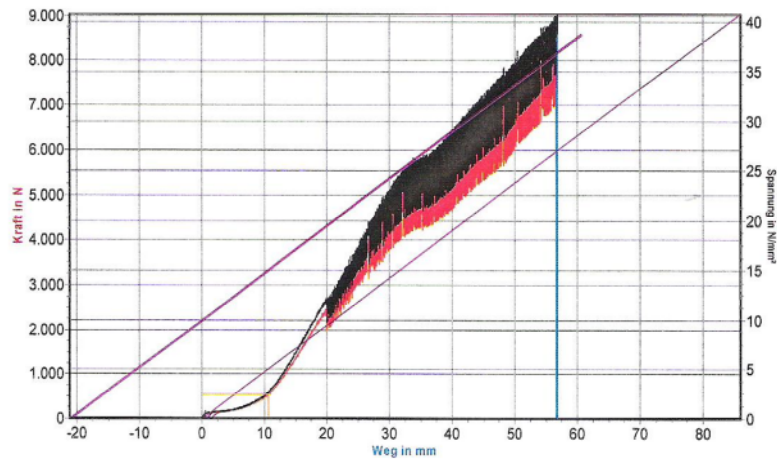
keker 7
1

Fontys Hogeschool Engineering

Praktikum materiaalkunde

Trekproef Wolpert

So: 201,056



Resultate

Versuch Nr.	So mm ²	E kN/mm ²	Rp-1 N/mm ²	Rm N/mm ²	A %	Fmax kN	S(Fmax) mm	Re/Rm %	Reh N/mm ²	Rel N/mm ²	Fb kN	S(Fb) mm
Min	27,000	70	0	450,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
Max	33,000	90	0	600,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
1			1	40,8		8,21	56,80	0,02	1	35	8,16	56,95
n	1											
Xq	201,056	0	1	40,8	0,0	8,21	56,80	0,02	1	35	8,16	56,95
S	0,000	0	0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
V [%]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vb	0,000	0	0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
Min	201,056	0	1	40,8	0,0	8,21	56,80	0,02	1	35	8,16	56,95
Max	201,056	0	1	40,8	0,0	8,21	56,80	0,02	1	35	8,16	56,95

Student:

Datum : 19.04.2011

Studentnummer :

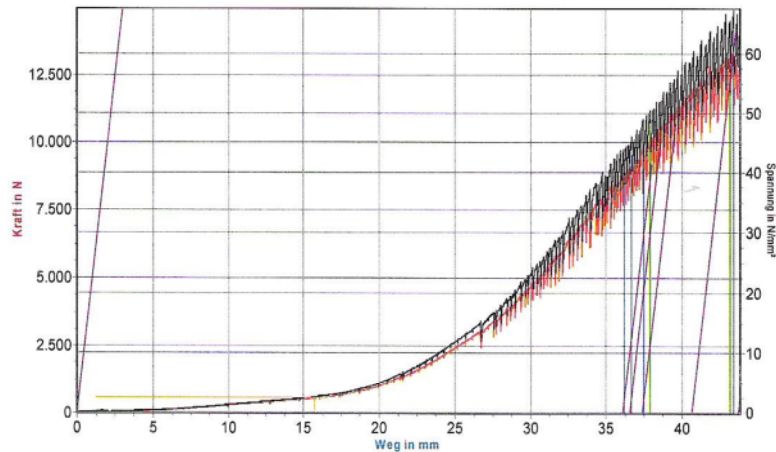
1008 8

Fontys Hogeschool Engineering

Practikum materiaalkunde

Trekproef Wolpert

So: 201,056



Resultate

Versuch Nr.	So mm ²	E kN/mm ²	Rp-1 N/mm ²	Rm N/mm ²	A %	Fmax kN	S(Fmax) mm	Re/Rm %	Reh N/mm ²	Rel N/mm ²	Fb kN	S(Fb) mm
Min	27,000	70	0	450,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
Max	33,000	90	0	600,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
1		4<	43	67,5<	4,9	13,58	43,39	0,75	51	57	0,44	43,79
n	1											
Xq	201,056	4	43	67,5	4,9	13,58	43,39	0,75	51	57	0,44	43,79
S	0,000	0	0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
V [%]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vb	0,000	0	0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
Min	201,056	4	43	67,5	4,9	13,58	43,39	0,75	51	57	0,44	43,79
Max	201,056	4	43	67,5	4,9	13,58	43,39	0,75	51	57	0,44	43,79

Student:

Datum : 19.04.2011

Studentnummer :

kçkes g