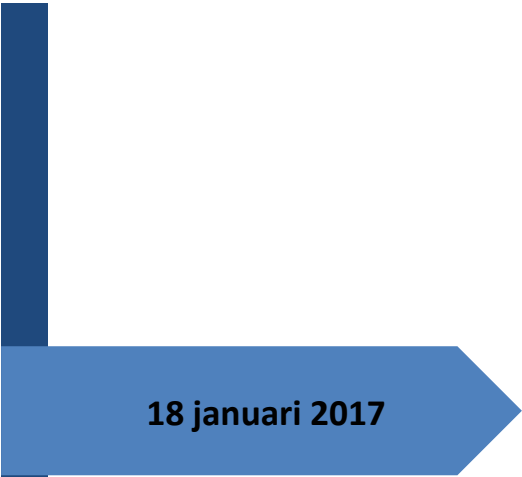




18 januari 2017

Ontwerpen objectief meetinstrument van de voet

Mens en Techniek |
Bewegingstechnologie

De Haagse Hogeschool

Door: Paul Gerard Verbeek



Ontwerpen objectief meetinstrument van de voet

Mens en Techniek |
Bewegingstechnologie
De Haagse Hogeschool

Student:
Paul Gerard Verbeek

Begeleider:
Daphne Wezenberg

18 januari 2017

Inhoudsopgave

Samenvatting.....	3
1. Inleiding	4
1.1 Probleemstelling en doelstelling	4
1.2 Randvoorwaarden	4
2. Analyse	6
2.1 Materialen	6
2.2 Afmetingen van het instrument	6
2.3 Definities van de relevante onderdelen van de voet	7
2.4 Huidige meettechnieken	11
2.5 Het vinden van de botpositie middels referentiepunten	14
3. Eisen meetinstrument	19
4. Concepten	20
4.1 Brainstorm	20
4.3 Kardinale methode	25
5.1 Solidworks	28
5.2 Prototype 1.....	30
5.3 Vernieuwd concept	31
5.4 Vernieuwde bouwtekeningen.	33
5.6 Nieuwe evaluatie van het meetinstrument	33
5.7 Verbeterde bouwtekeningen.	35
6. Evaluatiefase	40
7. Discussie	41
8. Conclusie	42
Bijlagen	45
Bijlage 1 Projectplan	45
Bijlage 2 Persoonlijke leerdoelen en evaluatie	50
Bijlage 3 Detailschetsen.....	58
Bijlage 4 Brainstorm	67
Bijlage 5 Testprotocol.....	68
Bijlage 6 bouwtekeningen	74

Samenvatting

De universiteit van Stellenbosch in Zuid Afrika wil voor onderzoek bij 6 tot 16 jarigen naar de standsveranderingen in de voet een betrouwbaar meetinstrument dat zonder elektriciteit of onderhoud een aantal maanden in de Afrikaanse townships gebruikt kan worden. Het meetinstrument moet in staat zijn de hoogte van de os naviculare, de varus/valgus deviatie van de calcaneus en de varus/valgus deviatie van de hallux te meten.

De doelstelling van dit project is om dit meetinstrument te ontwerpen en bouwen zodat het onderzoek van de universiteit van Stellenbosch uitgevoerd kan worden.

Naar aanleiding van de analyse is een methode gekozen om de neutrale stand van de voet vast te stellen. Hierdoor kunnen de gegevens die uit de metingen komen, eenduidig worden geïnterpreteerd. Daarnaast is bekeken wat de minimale en maximale afmetingen zijn van de voet. Dit is noodzakelijk omdat dit de afmetingen van het meetinstrument beïnvloed. Tot slot zijn in de analyse de benodigde referentiepunten voor een meting bepaald zodat de benodigde botpunten op betrouwbare wijze gemeten kunnen worden.

Na een brainstormfase zijn verschillende concepten geproduceerd. Aan de hand van de kardinale methode is een concept gekozen. Dit concept bestaat uit een basis waar de voet op geplaatst wordt. Het os naviculare en calcaneus meetinstrument zijn beide bevestigd op de basis, het hallux meetinstrument dat op de mediale zijde van de voet wordt geplaatst is los van de basis. Tijdens de materialisatiefase die volgde zijn verschillende prototypes en spuugmodellen gecreëerd en getest. Na elke test is het prototype geëvalueerd en werd het concept en de bouwtekeningen aangepast. Het uiteindelijke prototype bestaat nog steeds uit dezelfde onderdelen als het concept, echter wordt het hallux meetinstrument nu op de bovenzijde van de voet geplaatst om te voorkomen dat voetvervormingen de meting beïnvloeden. Ook is het naviculare meetinstrument aangepast met een doorzichtige meetlat die het aflezen van de hoogte vergemakkelijkt. Het calcaneus meetinstrument is aangepast zodat de hoek van het achterbeen en de hiel beter kunnen worden afgelezen t.o.v. de basis. Daarnaast zijn de gekozen materialen veranderd. In eerste instantie was de basis voornamelijk van hout. Dit is nu een polycarbonaat ondergrond met aluminium machineprofielen die als rails dienen, dit zodat het ontwerp licht is en van robuust, slijtvast materiaal.

Het prototype dat gebouwd is moet nog een aantal aanpassingen ondergaan voordat het in gebruik genomen kan worden. Zo moet een nauw gat van het os naviculare meetinstrument verbreed worden zodat het meetinstrument niet meer kan blijven hangen op eenzelfde hoogte. Verder moet er een betrouwbaarheidsonderzoek komen met het geoptimaliseerde meetinstrument om te bewijzen dat het wetenschappelijk verantwoord is om het door de universiteit van Stellenbosch te laten gebruiken.

1. Inleiding

Het project '*Ontwerpen objectief meetinstrument van de voet*' is opgezet ten behoeve van de Universiteit van Stellenbosch in Zuid Afrika. De Universiteit is bezig met een onderzoek waarbij de hypothese is dat standsveranderingen en daardoor veranderingen in de kinetica en kinematica van gaan en hardlopen negatief beïnvloed worden door het dragen van schoeisel. De universiteit wil daar testen gaan uitvoeren om te bepalen of er een verschil is in de neutrale en uiterste standen van de voet. Dit moet gemeten worden bij kinderen van 6 tot 16 jaar die wel of niet hun hele leven schoenen dragen.

Om dit mogelijke verschil tussen de groepen met en zonder schoeisel te vinden wordt de varus/valgus deviatie van de calcaneus, de hoogte van de os naviculare en de varus/valgus stand van de hallux gemeten. De metingen zullen worden uitgevoerd in de townships. In de townships is er weinig tot geen kans voor onderhoud van de apparatuur. Daarom wordt een robuust meetinstrument gevraagd. Ook is elektriciteit niet altijd beschikbaar, waardoor computergestuurde en radiografische meettechnieken niet te gebruiken zijn. In de literatuur komt echter naar voren dat meettechnieken aan de voet die niet gebaseerd zijn op computergestuurde of radiografische technieken een lage inter- en intra-beoordelaarsbetrouwbaarheid hebben¹⁻².

Vanwege deze beperkingen wil de Universiteit van Stellenbosch een betrouwbaar meetinstrument ontwikkelen dat ten eerste de calcaneus varus/valgus stand kan meten, ten tweede de hoogte van de tuberositas ossis naviculare en ten derde de mate van varus/valgus deviatie van de hallux. Deze botstanden moeten gemeten worden in de neutrale voetstand en in de diverse eindstanden van de voet.

1.1 Probleemstelling en doelstelling

Het doel van dit onderzoek is een meetinstrument ontwerpen en ontwikkelen dat op een betrouwbare manier bij de doelgroep 6 tot 16-jarigen kan meten wat de calcaneus varus/valgus stand is ten opzichte van de longitudinale as, wat de hoogte is van de tuberositas ossis naviculare ten opzichte van de ondergrond en de mate van varus/valgus deviatie van de hallux. Deze botstanden moeten worden gemeten in de neutrale voetstand en maximale supinatie, pronatie, plantairflexie en dorsiflexie. Het meetinstrument moet bruikbaar zijn zonder stroomvoorziening en voor langere tijd tegen de omstandigheden in de townships kunnen zonder onderhoud.

1.2 Randvoorwaarden

- Het meetinstrument moet zonder elektriciteit gebruikt kunnen worden
 - Batterijen zijn acceptabel
- Het meetinstrument moet tegen de omstandigheden van Afrika en de Townships kunnen
- Het meetinstrument moet voor de P5 en P95 van Afrikaanse kinderen tussen de 6 en 16 jaar gebruikt kunnen worden

De eerste stap voor dit ontwikkelingstraject is kennis verzamelen over de onderdelen van de voet die gemeten moeten worden. Hiervoor worden de volgende analysevragen gesteld:

- Aan welke voorwaarden moet het meetinstrument voldoen om in de Afrikaanse Townships voor een aantal maanden zonder onderhoud te kunnen functioneren?
- Wat zijn de minimale en maximale afmetingen die het meetinstrument aan moet kunnen?
- Hoe worden de bewegingen van de voet gedefinieerd?
- Wat voor soort gegevens moet het meetinstrument opleveren?
- Welke meettechnieken zijn op dit moment in gebruik en welke daarvan zijn bruikbaar voor dit onderzoek.

- Hoe kan de positie van de calcaneus, de os naviculare en de hallux worden gemeten in de neutrale voetstand en in de uiterste standen van supinatie, pronatie, plantairflexie en dorsiflexie.
- Wat zijn de benodigde referentiepunten voor de meting.

2. Analyse

In de inleiding is beschreven dat er geen valide meetinstrumenten zijn die in de townships van Afrika gebruikt kunnen worden. In dit hoofdstuk wordt het vraagstuk in groter detail uitgewerkt, geanalyseerd en worden eisen opgesteld die bepalen hoe het meetinstrument aan moet voldoen of hoe het gebruikt kan worden.

2.1 Materialen

Een van de voorwaarden waaraan het meetinstrument moet voldoen is dat het een aantal maanden zonder onderhoud en elektriciteit moet kunnen functioneren in de Afrikaanse Townships. Ook moeten de materialen licht zijn zodat kinderen weinig problemen hebben met het dragen van het uiteindelijke meetinstrument. Uit voorzorg wordt tijdens daarom tijdens het construeren bekeken of de gekozen materialen licht zijn en weinig slijtage vertonen.

Eis: Elk materiaal wordt beoordeeld op gewicht en slijtvastheid.

2.2 Afmetingen van het instrument

Een van de eisen van het te ontwikkelen meetinstrument is dat het metingen moet kunnen doen aan voeten van alle mogelijke voetlengtes en voetbreedtes van de doelgroep. Om precies te zijn, de P5 voor de jongsten (6 jaar) en de P95 voor de oudsten (16 jaar). Uiteraard moet het meetinstrument ook verstelbaar zijn voor de te meten voetonderdelen.

Over deze gegevens blijkt echter zeer weinig gedocumenteerd te zijn. De meeste relevante gegevens zijn in onderstaande tabel opgenomen (Tabel 1). De P1 voor vrouwen wordt gebruikt als norm voor de kleinste maat die het meetinstrument moet aan kunnen met de veronderstelling dat hiermee de kleinste P5 voor kinderen van 6 jaar gedekt is. Er wordt voor Zuidoost Afrika gekozen omdat de gegevens voor Zuid Afrika niet beschikbaar zijn en dit de dichtstbijzijnde regio is.

Tabel 1 P5 en P95 van diverse voetgrootten³

	P1 vrouw	P1 man	P95 vrouw	P95 man
ZO-Afrika voet-lengte	202 mm	232 mm	250 mm	280 mm
	P5 vrouw 6 jaar	P5 man 6 jaar	P95 vrouw 16 jaar	P95 man 16 jaar.
Chileense kinderen voetlengte	164 mm	168 mm	241 mm	271 mm
	P1 volwassen vrouw	P1 volwassen man	P95 volwassen vrouw	P95 volwassen man
Internationaal	190 mm	240 mm	250 mm	300 mm
	Kinderen 5 tot 6 jaar P5 vrouw	Kinderen 5 tot 6 jaar P5 man	Kinderen 12 tot 13 jaar P95 vrouw	Kinderen 12 tot 13 jaar P95 man
Nederlandse kinderen voetlengte	163 mm	167 mm	260 mm	262 mm
Nederlandse kinderen voetbreedte	62 mm	65 mm	94 mm	99 mm

Op basis van bovenstaande gegevens volgt hieronder een tweede tabel waarin een keuze is gemaakt voor de minimale en maximale voetlengte en voetbreedte die het meetinstrument aan moet kunnen. Omdat er geen exacte gegevens over de doelgroep bekend zijn, wordt hier voor de zekerheid gekozen voor minimale en maximale voetmaten die aan de veilige kant zijn: het meetinstrument moet voeten kunnen meten met een lengte van 155 mm t/m 300 mm. De maximale voetbreedte

zoals aangegeven in de Dined is 114 mm (Nederlandse mannen, 31 – 65 jaar). Daarom wordt de voetbreedte ruim vastgesteld op 55 mm t/m 120 mm. Vooral de gekozen maximale voetbreedte is met onzekerheid omgeven, maar betere achtergrondgegevens zijn niet te vinden.

Tabel 2 Gekozen voetmaten³

	P5 kleinste maten	P95 grootste maten
Voet lengte	155 mm	300 mm
Voet breedte	55 mm	120 mm

Omdat van de hallux, de os naviculare en de calcaneus apart geen gegevens beschikbaar zijn moet het meetinstrument goed verstelbaar zijn ten aanzien het meten van deze onderdelen.

Eis: Het meetinstrument moet een voetlengte van 155 mm tot 300 mm kunnen meten

Eis: Het meetinstrument moet een voetbreedte van 55 mm tot 120 mm kunnen meten

Eis: Verstelbaarheid voor de te meten P5 tot P95 voet onderdelen

Naast de noodzakelijke eisen aan de maximale en minimale lengte en breedte van de voet, moet er voor betrouwbare en valide metingen ook worden vastgesteld welke voetbotten gemeten gaan worden, t.o.v. wat deze gemeten gaan worden en in welke positie de meting uitgevoerd wordt.

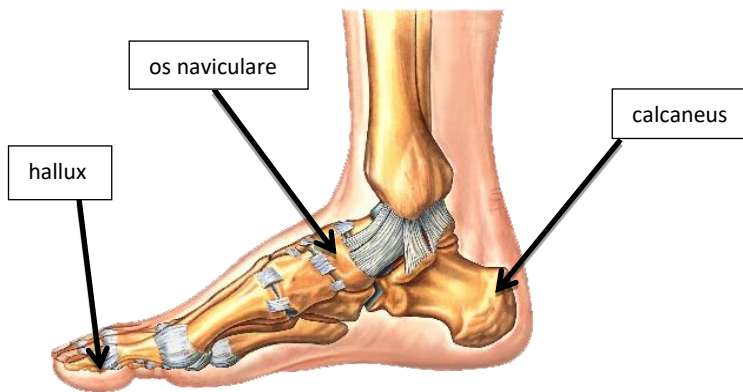
2.3 Definities van de relevante onderdelen van de voet

Het meetinstrument moet valide en betrouwbaar zowel de varus/valgus stand van de calcaneus als de hallux en de hoogte van de os naviculare kunnen bepalen. In Tabel 3 wordt een voorbeeld gegeven van de uitkomsten van een meting.

Tabel 3 Een voorbeeld van uitkomstgegevens na een meting met het meetinstrument

	Calcaneus varus/valgus Meetresultaten in graden	Hallux Varus/Valgus Meetresultaten in graden	Hoogte os naviculare Meetresultaten in millimeters
Neutrale stand	X ⁰	X ⁰	X mm
Supinatie	X ⁰	X ⁰	X mm
Pronatie	X ⁰	X ⁰	X mm
Plantairflectie	X ⁰	X ⁰	X mm
Dorsiflectie	X ⁰	X ⁰	X mm

Om deze gegevens te verkrijgen is kennis nodig over het meten van de neutrale voetstand en de eindstanden van supinatie, pronatie, dorsiflectie en plantairflectie, de uiterste afmetingen die het meetinstrument aan moet kunnen, de meettechnieken die gebruikt kunnen worden, de benodigde referentiepunten voor een meting, het soort gegevens dat gemeten moet worden en de noodzakelijke robuustheid van het meetinstrument.



Figuur 1 De drie meetpunten⁴.

Om bovenstaande aspecten van de voet te kunnen bepalen (Figuur 1) moet eerst een eenduidige definitie worden opgesteld van de omschrijving van de neutrale voetstand en voetbewegingen. Bij de ontwikkeling van het meetinstrument moet daar rekening mee worden gehouden. Daarnaast is het van belang te weten welk instrumentarium er al bestaat om de neutrale stand van de voet en de bewegingsuitslagen van de voet te meten. Aan de hand daarvan kunnen richtingen voor het ontwikkelen van een meetinstrument dat aan de gestelde criteria voldoet, worden verworpen, onderzocht op mogelijkheden of doorontwikkeld.

Het belang van duidelijke oriëntatiepunten en criteria waaraan deze metingen moeten voldoen is groot. De varus/valgus stand van de calcaneus kan bijvoorbeeld bepaald worden t.o.v. het onderbeen of t.o.v. de grond. Echter als een persoon zijn benen spreidt terwijl zijn voeten zo recht mogelijk op de grond blijven zal er een varus stand t.o.v. het onderbeen ontstaan. Maar op hetzelfde moment zal er een valgus stand t.o.v. de grond ontstaan. Hierom is het belangrijk dat er wordt uitgegaan van eenduidige criteria.

Bij elke positie en bewegingsbeschrijving zal er daarom een oriëntatiepunt worden genoemd zodat altijd duidelijk is t.o.v. wat er is gemeten.

2.3.2 Belast of onbelast

De metingen kunnen op een belaste of onbelaste voet uitgevoerd worden. Het is belangrijk om een van de mogelijkheden aan te houden omdat gegevens anders onvergelijkbaar worden.

Een onbelaste positie kan worden verkregen door het onderbeen te ondersteunen. In zit, buiklig of ruglig kunnen makkelijk alle bewegingsuitslagen worden uitgevoerd⁵.

Bij een belaste positie zorgt het verschil in gewichtsverdeling op de voet en het lastig uitvoeren van een zuivere beweging zoals supinatie of pronatie dat de bewegingsuitslagen van de voet lastig of niet gemeten kunnen worden. Uit onderzoek met kinderen is ook gebleken dat zij dezelfde positie minder lang kunnen aanhouden en ook bij herhaling een groter verschil in stand hebben dan volwassenen⁵. Daarom wordt ervoor gekozen om de metingen onbelast uit te voeren.

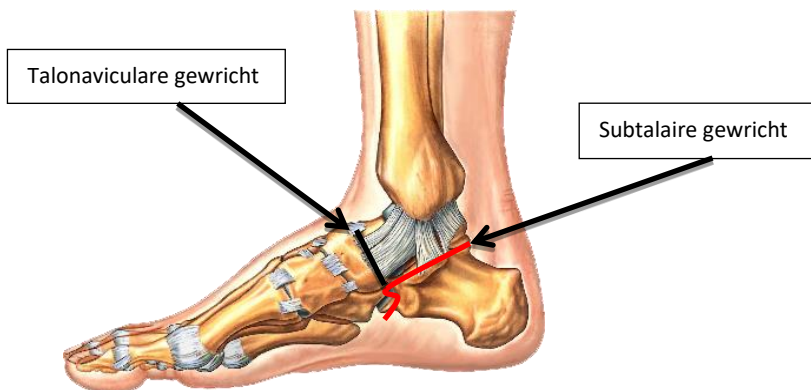
Eis: De voet wordt in onbelaste positie gemeten.

2.3.3 De neutrale stand

De neutrale stand van de voet is belangrijk als beginpunt om iets te kunnen vertellen over de verschillen tussen de voeten van kinderen die wel of geen schoenen dragen. De definitie van de

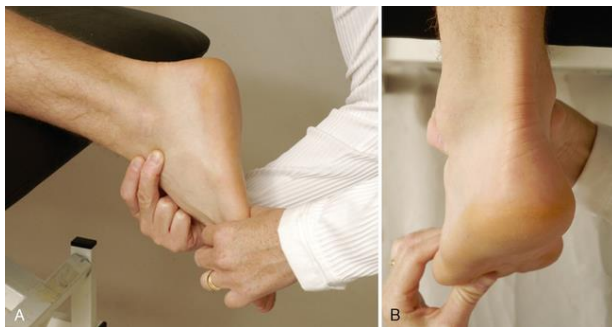
neutrale stand die wordt gehanteerd om de meting uit te voeren kan zelf gekozen worden zolang de neutrale stand valide en betrouwbaar kan worden gemeten. In gesprek met fysiotherapeut Maria de Wilde is een neutrale stand bedacht. In dit verslag worden dit alternatief en de gebruikelijke methode om de neutrale positie van de voet vast te stellen besproken.

De onbelaste neutrale stand van de voet kan worden gedefinieerd als het punt tussen de supinatie en pronatie waar de voet makkelijk van de ene naar de andere kant beweegt. Dit is de neutrale onbelaste positie van het subtalaire gewricht en daarmee van de voet (Figuur 24).



Figuur 24 Het talonaviculare gewricht (zwarte lijn) en subtalaire gewricht (rode lijn)

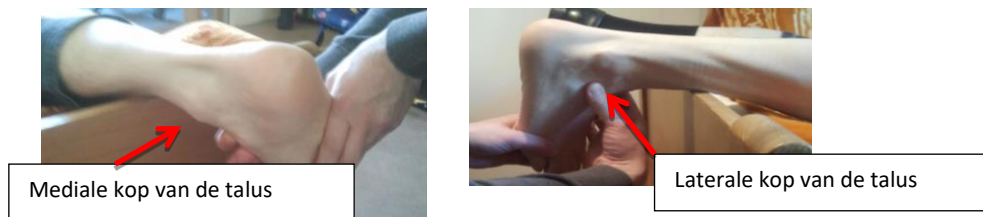
Om de neutrale positie van de voet te vinden bij een onbelaste positie ligt de proefpersoon op de buik met de voet over de rand van de tafel gestoken. De tenen worden vanuit flexiestand geëxtendeerd, de zichtbare knokkels zijn de koppen van de ossa metatarsi. De vingers worden langs de extensorpezen van de vierde en vijfde metatarsale koppen vastgepakt met de duim en wijsvinger (Figuur 3).



Figuur 3 palpatie van de talus⁵.

De kop van de talus wordt vlak boven het talonaviculare gewricht (Figuur 24) gepalpeerd met de andere hand. De voet wordt zachtjes in een dorsiflexie stand gebracht totdat weerstand wordt gevoeld. Terwijl de dorsiflectie wordt volgehouden wordt de voet gesupineerd, waardoor het hoofd van de talus naar de laterale zijde beweegt. Daarna wordt de voet gepronéerd, waardoor het hoofd van de talus naar de mediale zijde beweegt (

Figuur 4). Tijdens het uitvoeren van de supinatie en pronatie is er een moment waar de voet makkelijker van de ene naar de andere kant beweegt en de kop van de talus aan beide kanten een even grote depressie vormt onder je palperende hand. Op dit moment staat het subtalaire gewricht in de neutrale onbelaste positie⁷⁻⁸⁻⁹⁻¹⁰.



Figuur 4 Rechtersvoet. links: supinatie van de voet met talus aan laterale zijde. Rechts: pronatie van de voet met de talus aan de mediale zijde. (Foto P. Verbeek)

Een alternatief voor het vinden van de neutrale positie is door zelf een neutrale positie te definiëren. De suggestie van fysiotherapeut Maria de Wilde was om de neutrale stand te definiëren als een 90 graden hoek van de voetzool met het onderbeen¹¹. Om deze positie te bepalen wordt de proefpersoon liggend op een bank gelegd, waarna zijn/haar voet tegen een oppervlak wordt gedrukt dat parallel aan de achterzijde van de ligbank ligt.

Nu is vastgesteld hoe de neutrale stand van de voet kan worden bepaald, kan gekeken worden naar de mogelijke posities van de hallux en calcaneus varus/valgus stand en de hoogte van de naviculare per eindstand van de bewegingsuitslagen van de voet.

2.3.4 Huidige methoden voor bepalen van beweging en eindstanden van de voet.

Er zijn verschillende voetbewegingen mogelijk waarvan de eindstanden gemeten moeten worden.

Het gaat om inversie en eversie, supinatie en pronatie en de plantairflexie en dorsiflexie.

Voor deze bewegingen worden de volgende definities gehanteerd (Tabel 4)¹²:

Tabel 4 Definities van bewegingsuitslagen

Inversie eversie ^{13,14}	De zool van de voet beweegt naar de mediale zijde (inversie) en naar de laterale zijde (eversie) van het onderbeen, zuiver over het frontale vlak.
Plantairflexie dorsiflexie ¹⁵	Een beweging waarbij de dorsale zijde van de voorvoet een kleinere hoek maakt met de tibia (dorsiflexie) of een grotere hoek met de tibia (plantairflexie), gemeten t.o.v. facies anterior van de tibia.
Varus valgus ¹³	De termen varus en valgus refereren naar de hoekstand van een bot of bij een gewricht t.o.v. een neutraal gedefinieerde stand. Het wordt bepaald door te meten of het distale deel van de schacht meer lateraal of mediaal staat ten opzichte van de neutrale stand van het bot of gewricht. Voor deze neutrale stand moet ook een eigen definitie worden gegeven om te kunnen bepalen of er een varus of valgus stand is. Bij een meer laterale stand wordt er gesproken over valgus stand, bij een meer mediale stand heet het een varus stand.
Abductie, adductie ¹³	Een beweging van de voet weg van de middellijn van het lichaam, abductie, of naar de middellijn, adductie, van het lichaam toe.
Supinatie pronatie ¹⁶	Supinatie en pronatie zijn een combinatie van de bovengenoemde bewegingen. Het is gebruikelijk om de termen supinatie en inversie door elkaar heen te gebruiken, maar supinatie is eigenlijk een combinatie van inversie, plantairflexie en adductie. Pronatie is een combinatie van eversie, dorsiflexie en abductie.

Als alternatief voor bovenstaande bewegingsbeschrijvingen kunnen deze bewegingen worden beschreven via een drie-assig coördinatensysteem. Bij een coördinatensysteem wordt een nulpunt gekozen van waaruit de bewegingen en standen van een lichaam in drie assen kunnen worden beschreven. Het drie-assig coördinatensysteem als beschrijving van de bewegingen komt hier verder niet aan de orde omdat die alleen met computergestuurde programma's gebruikt kunnen worden.

2.4 Huidige meettechnieken

Er bestaan al veel verschillende meetmethoden om de bewegingsuitslagen te meten. Volgens diverse bronnen zijn de betrouwbare methoden gebaseerd op computermodellen die gebruik maken van markers die op onderdelen van de voet worden geplakt^{1-2,17}. Deze methoden zijn niet beschikbaar voor de testen in de townships. De apparatuur is duur, slecht te vervoeren, te gevoelig voor slijtage en vertrouwt teveel op elektriciteit om in de townships gebruikt te worden. Er zal dus gekeken moeten worden naar andere meetmethoden om de bewegingsuitslagen van de voet te meten.

Er is een aantal veel gebruikte meettechnieken voor de voet. Je kunt de technieken om de voet te meten onderscheiden in computergestuurde technieken en palpatietechnieken met simpele meetinstrumenten. Computergestuurde technieken hebben over het algemeen een hoge validiteit en betrouwbaarheid. Deze technieken zijn echter gebonden aan dure technologische apparatuur die weinig mobiel zijn en minder beschikbaar zijn voor de meeste therapeuten en onderzoekers. Computergestuurde technieken meten over het algemeen de gehele voet in één keer tijdens stilstand of beweging met markers en scanners, waarna ze met computers in bijvoorbeeld een coördinatenstelsel worden verwerkt.

Palpatie technieken worden meestal gebruikt voor enkele onderdelen van de voet i.p.v. de volledige voet tijdens stilstand. Ze hebben stuk voor stuk een lage betrouwbaarheid of validiteit, waardoor ze vrij grove resultaten opleveren. Het voordeel van de palpatie technieken zijn de lage kosten en snelheid waarmee deze kunnen worden uitgevoerd.

2.4.1.Computergestuurde technieken

Markers

Markers worden zowel in computergestuurde als palpatie technieken gebruikt. Markers markeren een vastgestelde plek op de voet. Ze worden vaak gebruikt om de afstand tussen verschillende botpunten te bepalen en hiermee de stand van het gemeten lichaamsdeel. Bij computergestuurde technieken zijn dit vaak motion trackers bestaande uit LED's of infrarood reflecterende bollen¹⁸⁻¹⁹, bij palpatietechnieken wordt er een simpele marker geplakt of getekend, zoals een lijn op de huid.

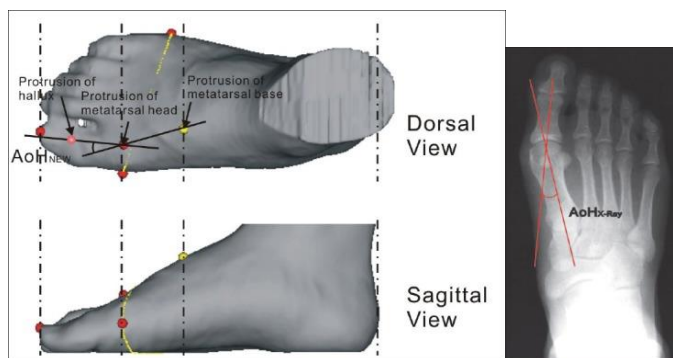
Tracking methode

Er zijn verschillende computergestuurde methoden om via motion tracking de stand en bewegingen van de voet en enkel bij te houden. Door motion trackers op verschillende botpunten van de voet te plaatsen waar weinig huidverschuiving plaats vindt kan met verschillende meetsystemen de voet gemeten worden in een driedimensionale ruimte. Door de afstand en bewegingen tussen de botpunten te meten kan vervolgens worden bepaald welke bewegingen de voet heeft gemaakt. Een Vicon multi-camera systeem, zoals gebruikt in het Oxford Foot Model²⁰ en andere onderzoeken²¹⁻²²⁻²³, werkt met deze trackingmethode. Een multi-camera Vicon systeem wordt gebruikt om markers op de voet te tracken en hier een voetmodel van te maken dat de voetbewegingen nabootst in een

coördinatensysteem. Dit model kan vervolgens worden geanalyseerd op alle bovengenoemde bewegingsuitslagen en standen. Een Vicon Camera systeem is een motion-capture systeem dat markers kan tracken met infrarood lichten.

Voetscantechnieken

Methoden zoals laserscans of radiografie maken volledige scans van de voet om te bepalen wat de stand van de voet is en de bewegingsuitslagen t.o.v. andere posities. Achteraf worden met de computer de afstanden tussen belangrijke onderdelen van de voet bepaald en gebruikt. Voorbeelden van scantechnieken zijn röntgenfoto's (radiografie) en 3D laserscans (Figuur 5)¹⁵. Met laserstralen wordt de voet gescand en in een coördinatensysteem verwerkt. Door voor het scannen markers op de voet te plaatsen kunnen metingen gedaan worden met de scan.



Figuur 5 links: voorbeeld van laserscan, rechts: voorbeeld van röntgenfoto¹⁵.

2.4.2 Palpatietechnieken.

Vaak worden palpatie technieken toegepast, zoals bisectioneren en met de hand markeren en meten. Hierbij wordt soms wel apparatuur gebruikt (Figuur 12)²⁴⁻²⁵⁻²⁶⁻²⁷;

Bisectioneren

Een bisectie kan worden gebruikt om het midden van een lichaamsdeel of bot te traceren. Door dit zichtbaar te maken met een bisectie kan vervolgens een meting worden gedaan met een ander referentiepunt. Bij een Calcaneusmeting wordt de verticale lengte van de caput calcaneus getekend en daarna de stand in graden gemeten t.o.v. een grondvlak of t.o.v. het onderbeen²⁶⁻²⁷⁻²⁸. Deze stand in graden stelt de varus/valgus stand voor van de voet.

Bisectioneren wordt met de hand gedaan, waardoor er sprake is van een lage inter- en intra-beoordelaarsbetrouwbaarheid²⁶⁻²⁷.

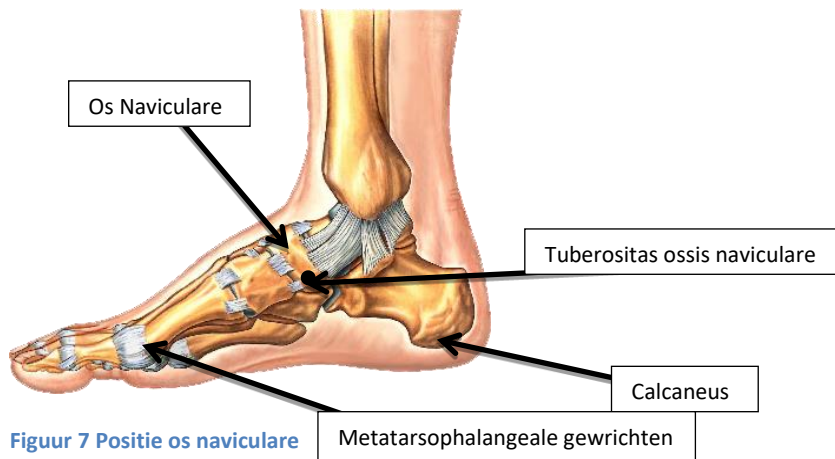
Navicular drop test.

Bij de Navicular drop test kan de Tuberositas ossis navicularis worden aangegeven met een marker en vervolgens wordt de afstand van de marker t.o.v. de grond of een vlakke ondergrond onder de voet gemeten, wat een belangrijk gegeven is voor de voetstand. Ook kan de hoeveelheid pronatie bepaald worden door de hoogte van de tuberositas te vergelijken tussen de voet in neutrale stand en in de uiterste stand^{25,29}. Ook deze manier van meten zorgt voor een lage inter- en intra-beoordelaarsbetrouwbaarheid.

2.5 Het vinden van de botpositie middels referentiepunten

Het meetinstrument wordt ontworpen om de hoogte van de os naviculare en de varus/valgus stand van de calcaneus en van de hallux te meten. Om dit te realiseren is er een aantal referentiepunten nodig van elk van de drie botten waaruit de positie van elk van deze botten afgeleid kan worden.

2.5.1 Hoogte van de os naviculare



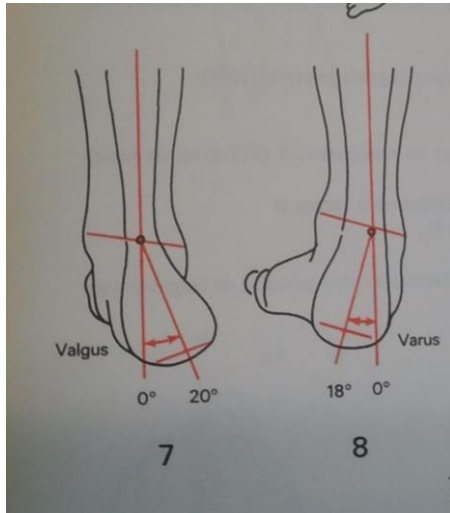
Figuur 7 Positie os naviculare

Tuberositas ossis naviculare (Figuur 7) is het enige oriëntatiepunt om de hoogte van de os naviculare vast te stellen omdat het makkelijk is te vinden en er geen andere structuren in de weg zitten om de hoogte te bepalen. De tuberositas ossis naviculare is makkelijk te vinden via palpatie. De tuberositas ligt aan de mediale onderzijde van het os naviculare halverwege de tuber calcanei en het caput van het os metatarsale I. Ter oriëntatie kan ook een verticale lijn langs de voorzijde van de malleolus medialis gebruikt worden om de tuberositas ossis naviculare te vinden. Om een betrouwbare meting te krijgen wordt altijd de voorkant van de tuberositas ossis naviculare gebruikt om de meting uit te voeren. Dit is ook gebruikelijk in veel onderzoeken³³⁻³⁴.

De hoogte van de os naviculare wordt gemeten t.o.v. een grondvlak dat evenwijdig staat aan de voetzool. Omdat de voet onbelast gemeten gaat worden zal hiervoor een grondvlak tegen de plantaire zijde van de calcaneus en het metatarsophalangeale gewricht worden geplaatst⁹.

2.5.2 Varus/valgus meting van de calcaneus

De varus/valgus stand van de calcaneus wordt gemeten op de achterkant van de voet, daarom vindt de weergave van de calcaneus ook op de achterkant plaats (Figuur 8).



Figuur 8 calcaneus middellijn³⁵

Voor deze weergave wordt een bisectielijn over de lengte-as van de achterkant van de calcaneus gebruikt^{5,9,26-27,35}. Deze bisectielijn wordt doorgaans op het oog getrokken, maar voor de betrouwbaarheid van de meting wordt hier de bisectielijn aan de hand van verschillende referentiepunten opgebouwd. De referentiepunten worden gemodelleerd volgens de methode van bisectioneren die gebruikt wordt in de radiografie (Figuur 9)³⁶



Figuur 9 referentielijnen voor bisectioneren van de calcaneus en het onderbeen via radiografie.

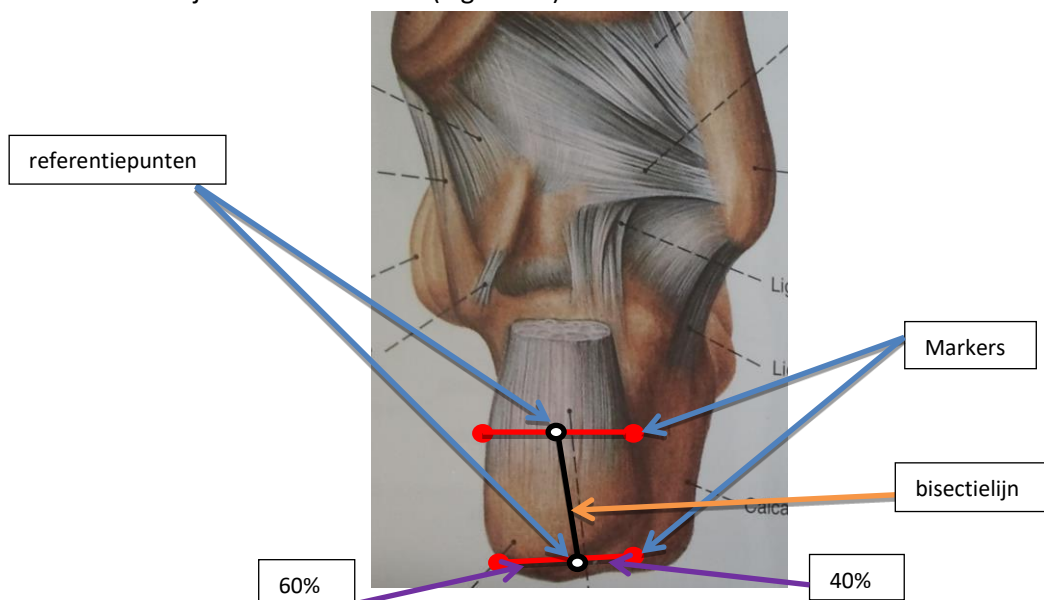
De bisectielijn van de calcaneus wordt opgesteld door een lijn te trekken tussen vier verschillende referentiepunten door. Omdat er zonder radiologie gewerkt wordt zal het in vivo gedaan moeten

worden. Daarom wordt gebruik gemaakt van andere referentiepunten dan in Figuur 9.

Voor de bovenste referentiepunten worden de bovenste randen van het dorsale plateau van de calcaneus gebruikt. Bij een ontspannen tendo calcanei worden de mediale en laterale randen van het plateau afgepalpeerd. Deze randen worden gemarkeerd waarna er een rechte lijn tussen beide markeringen wordt getrokken. Op precies de helft van deze lijn wordt een marker geplaatst, dit geeft het bovenste referentiepunt weer.

De onderste referentiepunten zijn gebaseerd op de onderste randen van de calcaneus. Deze onderste randen worden afgepalpeerd aan de laterale en mediale zijde en gemarkeerd. Trek een lijn tussen beide punten rondom de achterkant van de hiel en de lijn wordt opgemeten met een koordje en liniaal. Zet een marker op 60% afstand van de mediale zijde van de voet, dit geeft het onderste referentiepunt weer. In het meetinstrument zelf zou de afstand weergegeven kunnen worden met een schuifmaat of soortgelijk meetinstrument².

De bovenste en onderste referentiepunten kunnen nu met elkaar worden verbonden, dit vormt de bisectielijn van de calcaneus (Figuur 10).



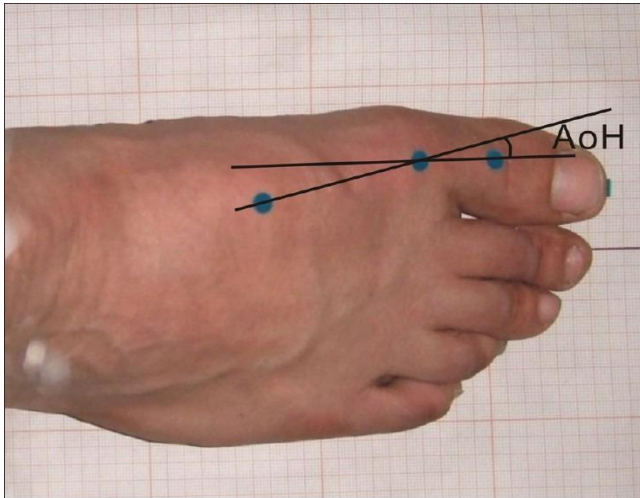
Figuur 10 Bisectielijn calcaneus en hulpmiddelen³⁷.

Een meting waarbij de varus/valgus stand t.o.v. het onderbeen wordt berekend gebeurt door de hoek van de calcaneus t.o.v. het grondvlak te meten. Daarna wordt de hoek van het onderbeen t.o.v. het grondvlak gemeten en worden deze hoeken van elkaar afgetrokken. Dit vormt de varus/valgus hoek.

In computergestuurde metingen wordt het de varus/valgus stand van de calcaneus doorgaans gemeten t.o.v. het onderbeen of een grondvlak waarbij de metingen van het grondvlak vaker gebruikt worden. Metingen met het grondvlak hebben een hoge inter- en intra-beoordelaarsbetrouwbaarheid. Ook geeft het gebruik van een grondvlak weinig huidverschuivingen, waardoor de betrouwbaarheid hoog blijft. In beide gevallen wordt de calcaneus eerst t.o.v. het grondvlak gemeten. In geval van de onderbeenmeting wordt daarna nog de hoek van het onderbeen t.o.v. het grondvlak gemeten. Dit vergt extra handelingen en meetapparatuur waardoor de betrouwbaarheid kleiner wordt. Hierom wordt er gekozen voor een grondvlakmeting.

2.5.3 Hallux

De varus/valgus stand wordt gemeten op de dorsale zijde van de voet. Daarom vindt de weergave van de hallux ook op de dorsale zijde plaats (Figuur 11).



Figuur 11 Angle of Hallux Valgus (AoH), de hoek van de hallux t.o.v. de os metatarsale I¹⁵.

De weergave van de hallux kan op twee manieren worden gedaan die afhangen van de methode waarmee je gaat meten. Enerzijds kan dat gedaan worden met een bisectielijn over het midden van de dorsale zijde van de hallux en een bisectielijn over het midden van de metatarsale I. Anderzijds kan de meting worden gedaan met een bijvoorbeeld een rechte lat die evenwijdig aan de hallux loopt door hem tegen het eerste interphalangeale gewricht en het eerste metatarsophalangeale gewricht aan te houden, samen met een latje dat tegen de processus medialis tuberis calcanei en het eerste metatarsophalangeale gewricht aan wordt gehouden om de lengterichting van de voet weer te geven. Bij de kruising kan dan de varus/valgus stand van de hallux gemeten worden (Figuur 12).



Figuur 12 Hallux varus/valgus meting met rechte latjes aan de zijkant. Aan de rechter kant wordt een goniometer gebruikt die de latjes voorstellen waarmee meten de meting kan worden verricht²⁴.

De meting met een lat als goniometer (Figuur 12) kan echter problemen geven wanneer er botwoekeringen of extreme varus/valgus standen plaatsvinden. Daarom wordt ervoor gekozen om de meting met bisectielijnen uit te voeren.

Hallux bisectielijn

De bisectielijn van de Hallux wordt gevonden met de kop en basis van de Hallux. De laterale en mediale rand van de kop worden gepalpeerd en gemarkeerd. Daarna wordt een rechte lijn tussen beide getrokken over de dorsale zijde van de Hallux, om verwarring te voorkomen betekend

dorsaal hier het tegenovergestelde van plantair. Halverwege deze lijn wordt een punt gemarkeerd. Dan wordt hetzelfde herhaald met de basis van de Hallux^{9,18}.

Metatarsale I bisectielijn

De basis van de Hallux bisectielijn kan hier ook gebruikt worden in plaats van de kop van de metatarsale I. Beide zijden van de kop worden gemarkeerd en er wordt een lijn getrokken tussen beide.

De basis kan worden gevonden met de grens van de metatarsale en de os cuneiforme mediale. Door de grens af te palperen tot de pees van de m. metatarsalis I de grens vervaagd. Dit is de laterale zijde van de basis van de metatarsale I^{9,18}.

2.5.4. Betrouwbaarheid

De computergestuurde technieken hebben een hoge betrouwbaarheid en validiteit. De technieken die gebruik maken van bijvoorbeeld markers hebben overigens ook te maken met een subjectiviteit van de persoon die de markers plaatst en huidverschuivingen. Toch hebben deze technieken een hoge inter- en intra-beoordelaarsbetrouwbaarheid wanneer ze gebruikt worden in combinatie met computergestuurde technieken. Dit impliceert dat de lage betrouwbaarheid van de palpatietechnieken vooral zit in de manier waarop gemeten wordt door de beoordelaars. Een palpatietechniek die hiermee rekening houdt, hoeft daarom niet bij voorbaat al een probleem te hebben met het gebruik van markers en daardoor met een lage inter- en intra-beoordelaarsbetrouwbaarheid.

Eis: De hoogte van de os naviculare wordt gemeten aan de voorste rand van de tuberositas ossis naviculare

Eis: De varus/valgus stand van de calcaneus wordt weergegeven aan de hand van de vier gegeven referentiepunten

3. Eisen meetinstrument

In het vorige hoofdstuk zijn de volgende eisen en wensen naar voren gekomen.

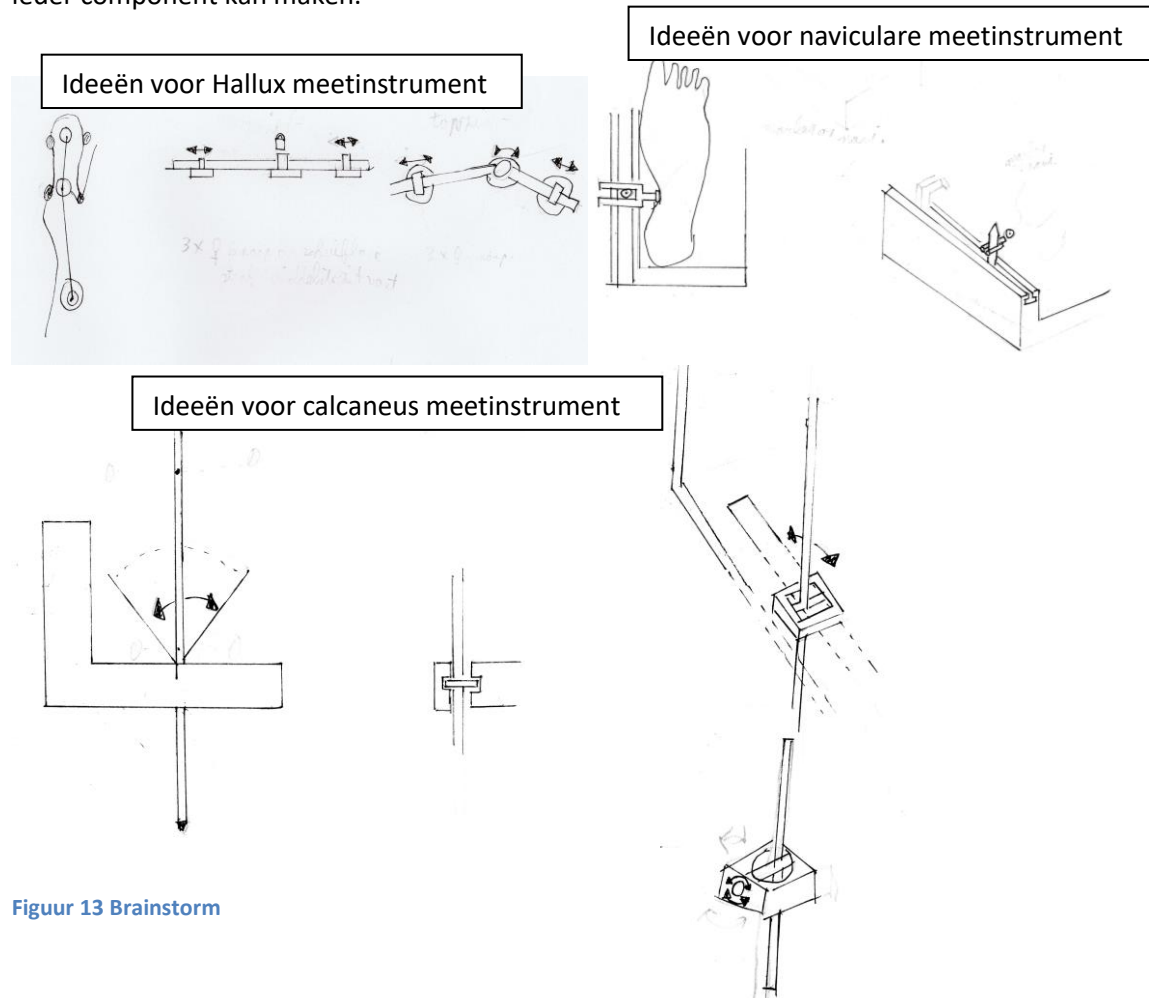
Eisen

- Om aan de eis van een eenduidige meting te voldoen is hierboven gekozen voor onbelast meten.
- De neutrale stand van de voet wordt bepaald door de proefpersoon op de buik te leggen met de voet over de rand van de tafel, waarna een oppervlak tegen de onderkant van de voet wordt gehouden.
- De bewegingen worden beschreven volgens de anatomische terminologie.
- Voor het meten van de hallux wordt een hoekstandsmeting gebruikt.
- Voor het meten van de os naviculare wordt een navicular drop test gebruikt.
- Voor het meten van de calcaneus wordt een bisectie gebruikt.
- De hoogte van de os naviculare wordt gemeten aan de voorste rand van de tuberositas ossis naviculare.
- De varus/valgus stand van de calcaneus wordt weergegeven aan de hand van de vier gegeven referentiepunten.
- Het meetinstrument moet de neutrale stand en de eindstanden van de ROM kunnen meten van de calcaneus kanteling, de hoogte van de os naviculare en de deviatie van de hallux.
- De bewegingsuitslagen moeten met een eenduidige methode kunnen worden beschreven.
- Het meetinstrument moet een voetlengte van 155 mm tot 300 mm kunnen meten.
- Het meetinstrument moet een voetbreedte van 55 mm tot 120 mm kunnen meten.
- Het instrument moet verstelbaar zijn voor de te meten P5 tot P95 van de genoemde voetonderdelen.
- Het meetinstrument moet zonder elektriciteit gebruikt kunnen worden maar mag wel met batterijen werken.
- Moet tegen de omstandigheden van Afrika en de Townships kunnen.

4. Concepten

4.1 Brainstorm

Het design proces is gestart met een brainstorm fase. Hieronder zijn een paar voorbeelden te zien, in bijlage 4 staan de rest van de tekeningen van de brainstorm. Op basis daarvan zijn de concepten gemaakt met elk een andere focus. In de brainstorm is aandacht besteed aan vier verschillende onderdelen, namelijk de basis en de drie aparte meetonderdelen. In de brainstorm zijn ideeën gegeven voor het gemak waarmee het te gebruiken is, stevigheid en de benodigde bewegingen die ieder component kan maken.



Figuur 13 Brainstorm

4.2 Concepten

Hieronder volgen vier schetsconcepten voor een volledig meetinstrument. Het vierde concept is een optimalisatie van het gekozen concept. Elk concept heeft drie meetinstrumenten die allemaal in het concept verwerkt zijn. Deze onderdelen meten tijdens neutrale stand en uiterste standen achtereenvolgens de varus/valgus kanteling van de calcaneus, de hoogte van de os naviculare en de varus/valgus deviatie van de hallux.

Het eerste concept is ontworpen als 1 geheel met als doel zo min mogelijk aparte handelingen om het meetinstrument aan te brengen (Concept 1, alles-in-1). In dit ontwerp zijn alle drie de meetinstrumenten geïntegreerd en wordt de calcaneusmeting verricht t.o.v. het achterbeen. De basis is een houten plank (grondplaat) met aluminium machineprofielen die als rails worden gebruikt. Op deze basis zijn alle onderdelen vastgemaakt. Alle onderdelen kunnen over de rails schuiven om verschillende voetgroten te kunnen meten. Door de vaste posities op een basis is er ook minder ruimte voor subjectiviteit met het aanbrengen en meten.

Het tweede concept is ontworpen met als doel zo min mogelijk bewegende onderdelen te hebben, en bestaat daarom uit drie losse meetinstrumenten (concept 2, minimalistisch). Door het aantal bewegende onderdelen te verkleinen is het meetinstrument minder vatbaar voor beschadigingen en kan het concept beter worden aangepast aan verschillende voetgroten. Om de metingen ook simpel te houden wordt de calcaneusmeting alleen t.o.v. de grondplaat uitgevoerd en niet ten opzichte van het achterbeen, zoals in concept 1.

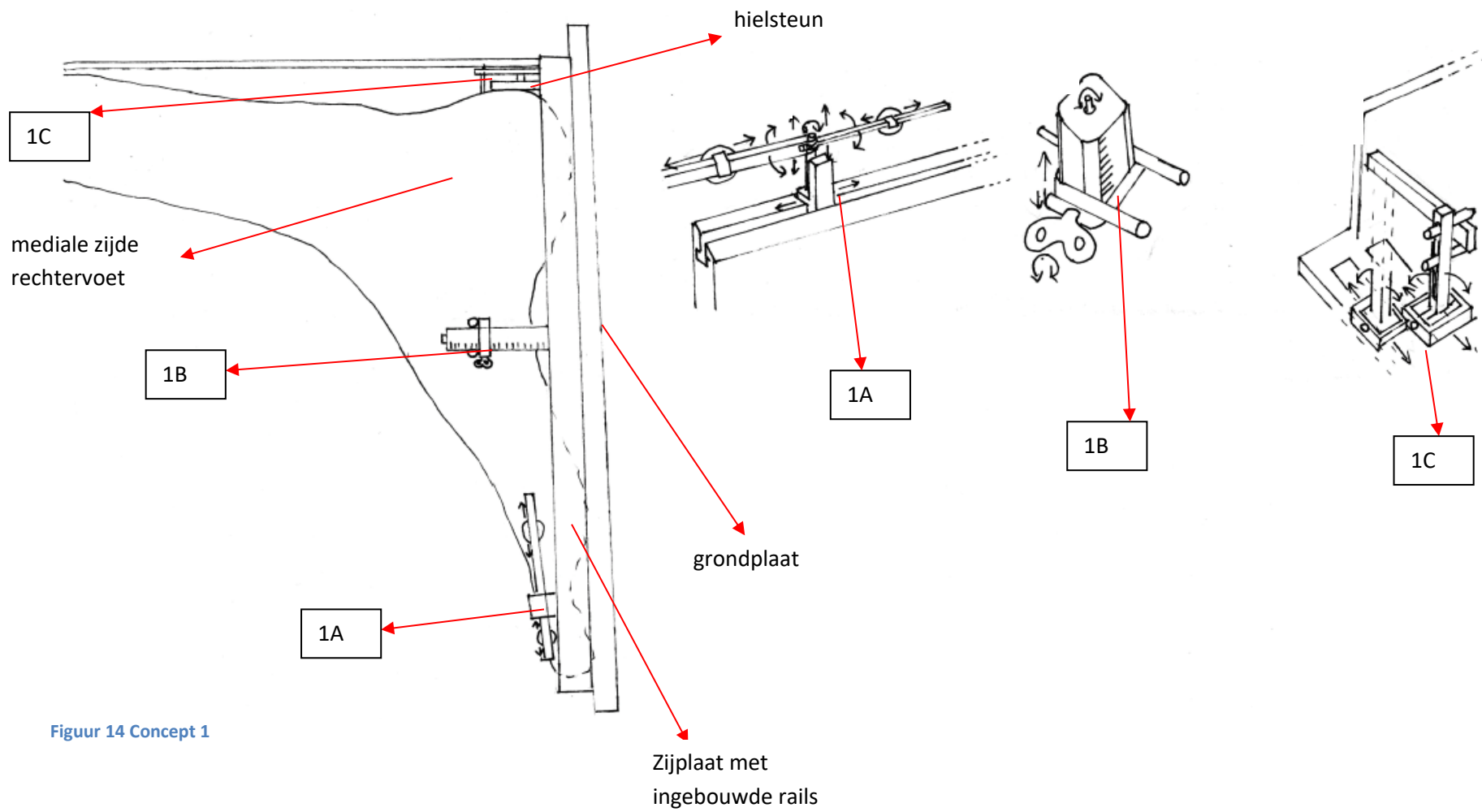
In het derde concept zijn deels concepten 1 en 2 verwerkt (concept 3, alternatieven). Het Hallux meetonderdeel is los van de basis zoals in concept 2 en zoals in concept 1 wordt het achterbeen gebruikt voor de meting.

Van elk concept wordt eerst een globaal overzicht geschetst met de meetinstrumenten apart ernaast. De bijbehorende detailschetsen zijn te vinden in bijlage 3.

Voor alle drie de concepten geldt:

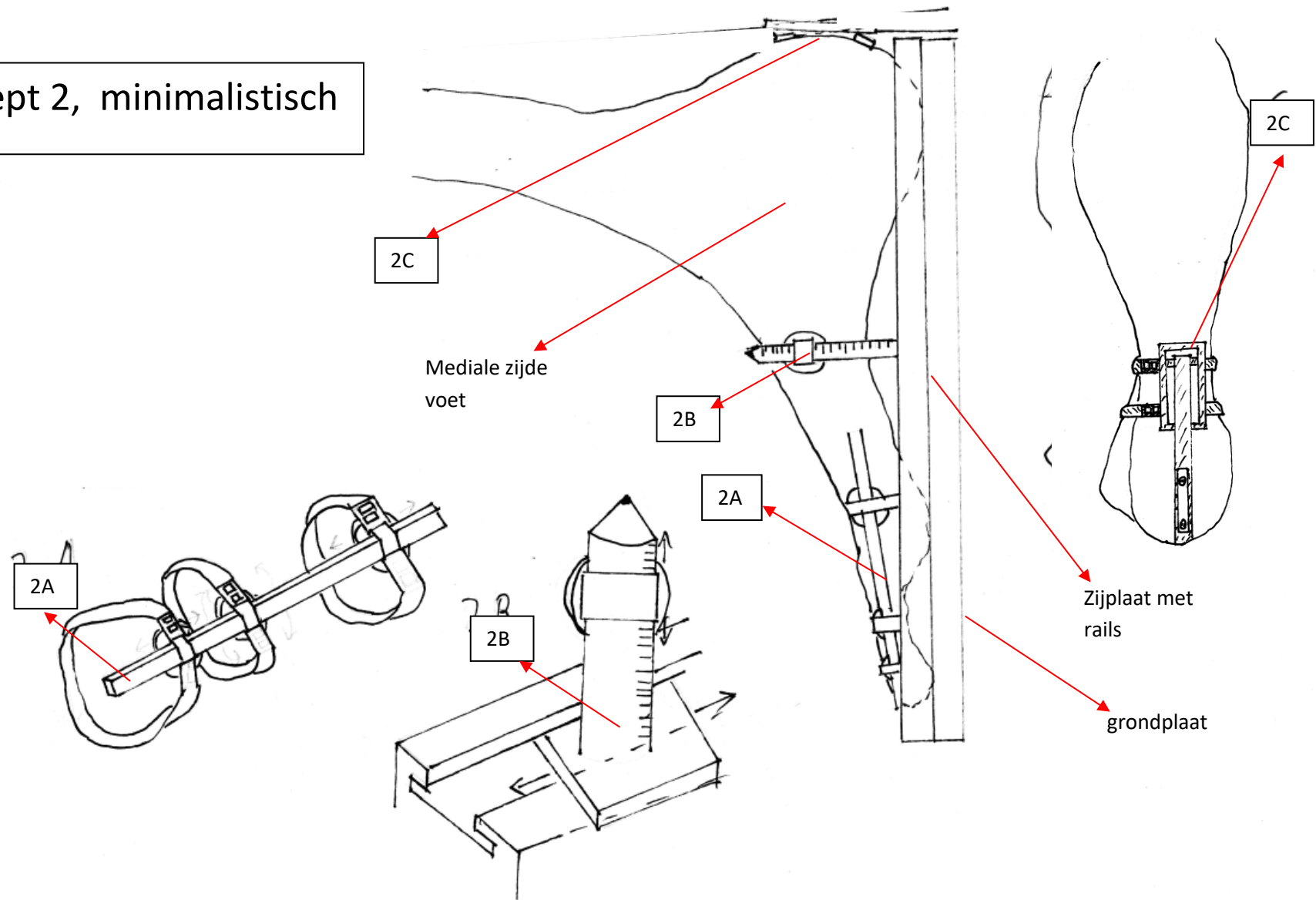
- Het is van belang in de gaten te houden dat de voet op het geschetste meetinstrument in alle gevallen de juiste positie heeft: de persoon ligt immers op de buik, met de voet vrij en de tenen naar beneden.
- Om eenzelfde uitgangspositie voor alle personen te krijgen wordt de grondplaat tegen de voetzool aan geplaatst, de zijplaat tegen de mediale zijde van de voet en de hielsteun tegen de hiel.
- De concepten zijn getekend voor de rechtervoet maar kan door een gespiegelde uitvoering voor de linkervoet gebruikt worden. Het is ook mogelijk de gespiegelde uitvoering in dezelfde grondplaat te verwerken.

Concept 1, alles-in-1



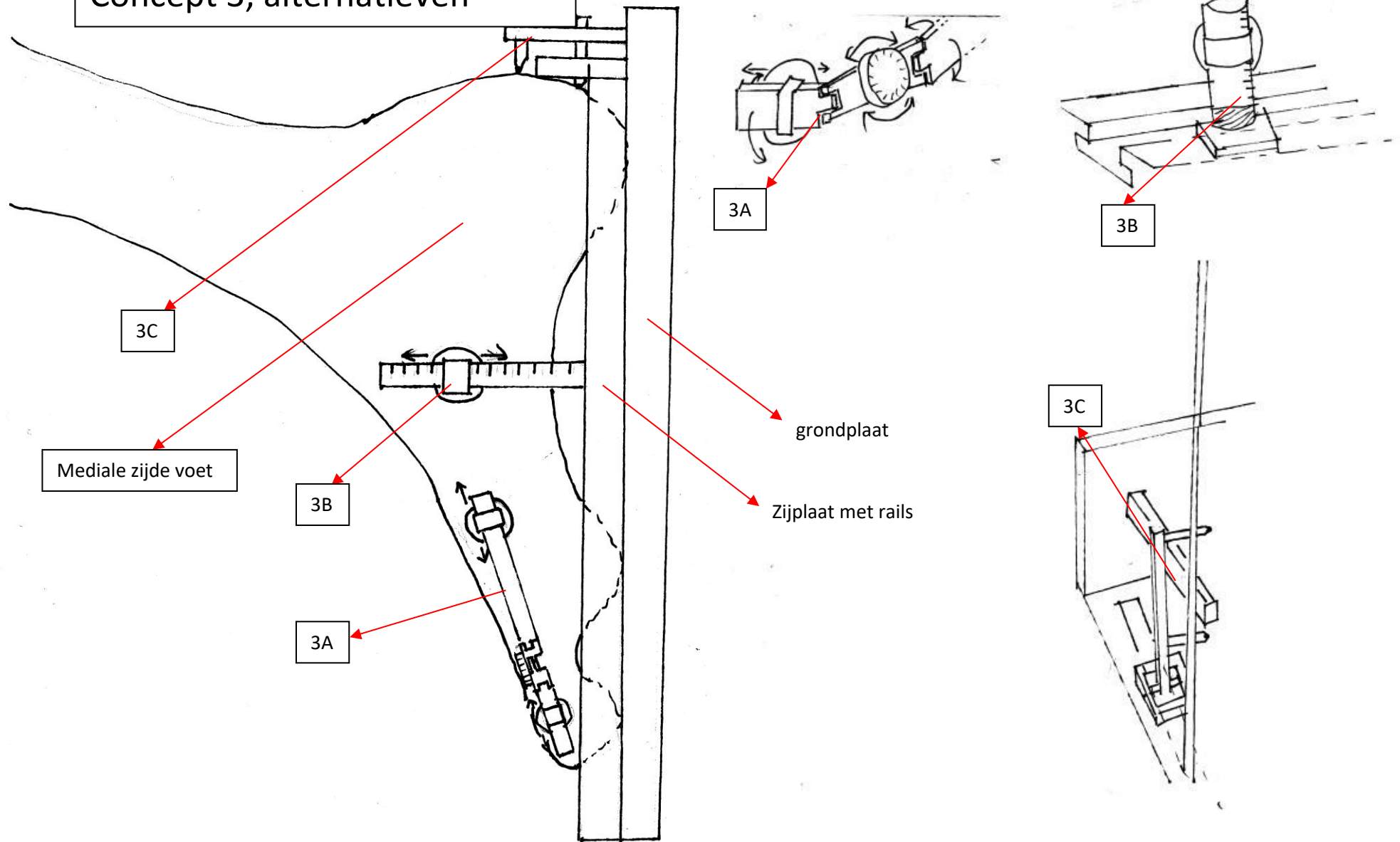
Figuur 14 Concept 1

Concept 2, minimalistisch



Figuur 15 Concept 2

Concept 3, alternatieven



Figuur 16 Concept 3

4.3 Kardinale methode

Met de Kardinale methode worden de concepten getoetst aan de eisen en wensen waar ze aan moeten voldoen. Voor het gemak zijn deze eisen hieronder herhaald.

- Het meetinstrument moet de neutrale stand en de eindstanden van de ROM kunnen meten van de calcaneus kanteling, de hoogte van de os naviculare en de deviatie van de hallux.
 - Dit is een eis waaraan alle concepten voldoen. Zie de conclusie in hoofdstuk 2.3.
- De bewegingsuitslagen moeten met een eenduidige methode kunnen worden beschreven.
 - Dit is een eis waaraan alle concepten voldoen. Zie de conclusie in hoofdstuk 2.3.
- Het meetinstrument moet een voetlengte van 155 mm tot 300 mm kunnen meten
- Het meetinstrument moet een voetbreedte van 55 mm tot 120 mm kunnen meten
- Verstelbaarheid voor de te meten P5 tot P95 voet onderdelen
- Het meetinstrument moet zonder elektriciteit gebruikt kunnen worden maar mag wel met batterijen werken
- Moet tegen de omstandigheden van Afrika en de Townships kunnen

Elke eis of wens heeft een factor van 1 tot 3 gekregen die de waarde van de eis voorstelt. Vervolgens krijgt het concept een beoordeling van 1 tot 3 die voorstelt in hoeverre het concept aan de eis voldoet. Omdat elk concept 3 aparte sub-concepten bevat zijn deze apart weergegeven, zo kan ook onderling bekeken worden of er een nieuw concept gecreëerd moet worden uit de beste sub-concepten.

Tabel 6 Kardinale methode

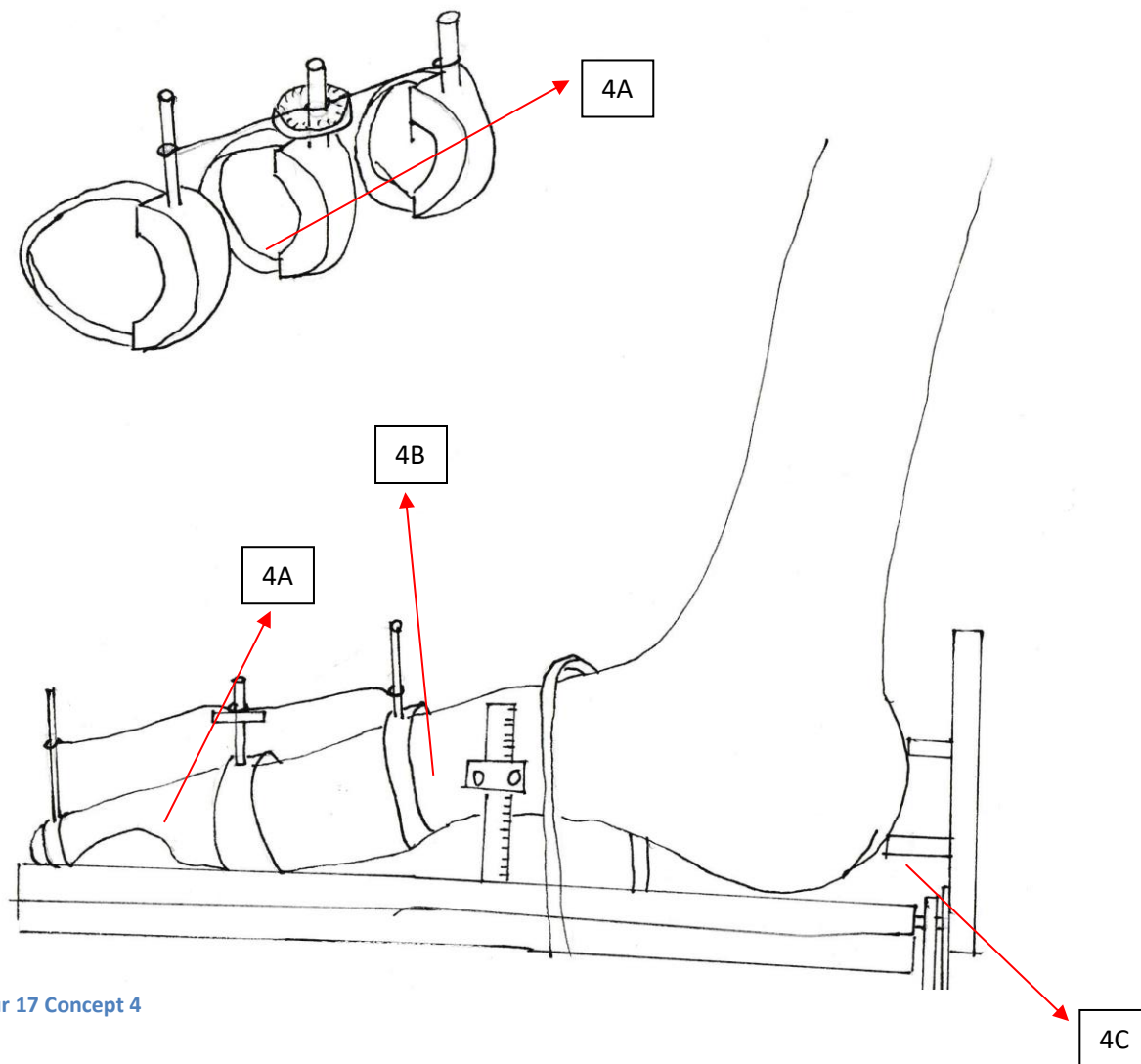
	Factor	Concept 1	Concept 2	Concept 3
Verstelbaarheid voor de te meten P5 tot P95 voet onderdelen				
Hallux Varus/Valgus stand	3	2	2	3
Hoogte os naviculare	3	3	2	2
Calcaneus varus/valgus stand	3	1	3	2
Het aanbrengen van het instrument moet weinig tijd in beslag nemen per persoon				
Hallux Varus/Valgus stand	2	3	2	2
Hoogte os naviculare	2	3	3	3
Calcaneus varus/valgus stand	2	1	2	3
Na een standsverandering moeten er zo min mogelijk handelingen uitgevoerd worden om deze stand te meten.				
Hallux Varus/Valgus stand	3	2	3	3
Hoogte os naviculare	3	2	2	2
Calcaneus varus/valgus stand	3	2	3	2
Het meetinstrument moet zonder elektriciteit kunnen werken				
Hallux Varus/Valgus stand	2	3	3	3
Hoogte os naviculare	2	3	3	3
Calcaneus varus/valgus stand	2	3	3	3
Het meetinstrument moet zo min mogelijk bewegende onderdelen hebben voor de robuustheid				
Hallux Varus/Valgus stand	1	1	3	3
Hoogte os naviculare	1	1	2	2
Calcaneus valgus stand	1	1	3	2
Totaal		71	85	83
Hallux Varus/Valgus stand		25	28	31
Hoogte os naviculare		28	26	26
Calcaneus varus/valgus stand		18	31	26

Concept 2 is met 85 punten de beste keuze met Concept 3 bijna even goed. In Concept 3 scoort de Hallux Varus/Valgus stand beter, echter kan met optimalisatie het idee van concept 2 even goed

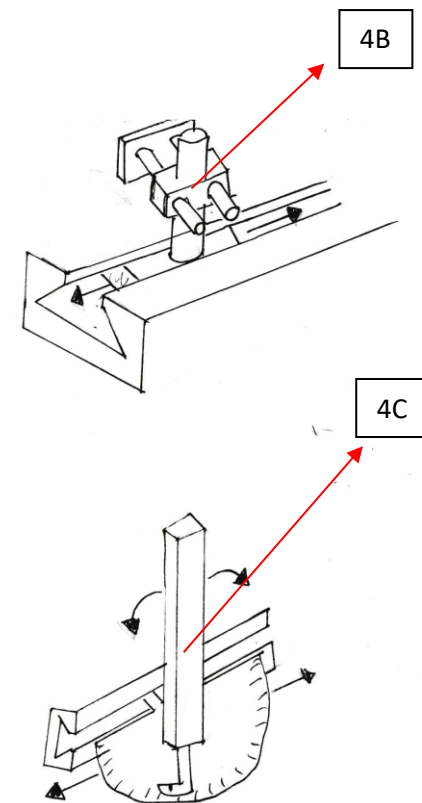
werken. Van Concept 1 is het meetinstrument van de os naviculare hoogte beter dan wat concept 2 en 3 hebben. Daarom zal dit onderdeel in het uiteindelijke concept gebruikt worden. Dit resulteert in een concept waarin het calcaneus meetinstrument en naviculare meetinstrument geïntegreerd zijn met elkaar via de basis en een apart meetinstrument voor de hallux.

Aanpassingen die leidden tot concept 4:

Het uiteindelijk te bouwen concept is verder aangepast tijdens de materialisatiefase (Figuur 17, volgende pagina). Omdat er een meting wordt uitgevoerd van de calcaneus t.o.v. de basis ongeacht of er ook t.o.v. het onderbeen wordt gemeten werd de extra handeling van het meten van de onderbeen t.o.v. de basis als overbodig gezien omdat de extra handeling een grotere onbetrouwbaarheid in de meting zou kunnen geven. Van het Hallux meetonderdeel zijn de stijve verbindingen verwijderd en vervangen met een draad zodat voetvervormingen geen effect hebben op de meting. Ook is de basis aangepast en opgevuld zodat de voet hoger op het meetinstrument ligt. Dit omdat anders de rails van de basis in de weg komt te zitten voor het Hallux meetonderdeel. Deze aanpassingen resulteerden in concept 4 (Figuur 17).



Figuur 17 Concept 4

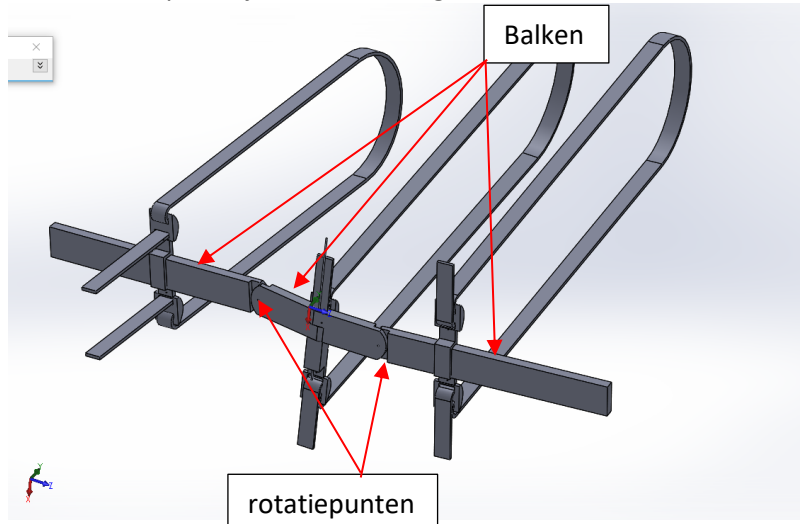


5. Materialisatie

Hieronder wordt ingegaan op de opbouw van het meetinstrument, welke aanpassingen aan het ontwerp zijn gemaakt en hoe deze tot stand zijn gekomen.

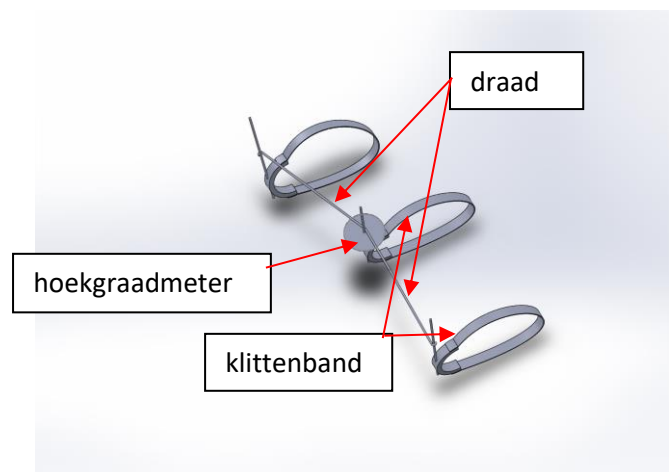
5.1 Solidworks

De eindconcepten zijn hieronder uitgewerkt in Solidworks

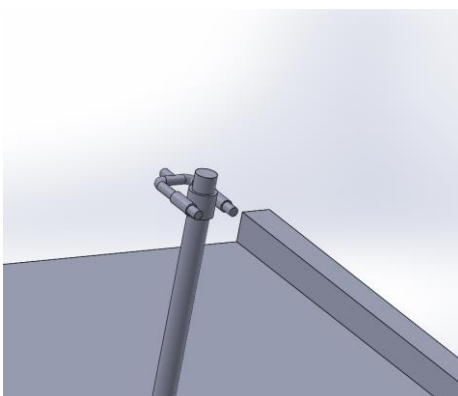


Figuur 18 oude Hallux Valgus meetinstrument

De rotatiepunten in het ontwerp zijn verwijderd samen met de 'balken' die het ontwerp bijeen hielden. Alleen de drie referentiepunten worden aangegeven. Met een draad worden alle drie de punten verbonden. De hoek die de draad maakt boven het middelste referentiepunt geeft dan de Hallux varus/valgus hoek weer. Het voordeel van dit systeem, naast makkelijker onderhoud en aanbrenging, is dat contouren van de voet zoals botwoekeringen minder invloed hebben op de meting.

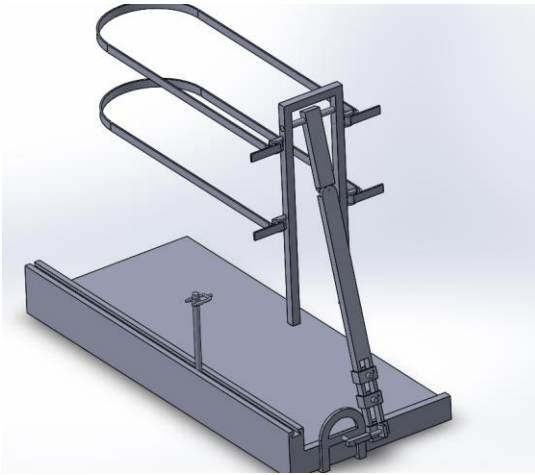


Figuur 19 nieuwe hallux meetinstrument



Figuur 20 Os naviculare meetinstrument

Om verschillende voetslengtes te kunnen meten van de os naviculare (Figuur 20) kan het meetinstrument over de basis heen bewegen. De basis is het vlak waarop de proefpersoon zijn voet neerzet. De basis heeft een achterraand en een rand aan de zijkant waar de voet tegenaan wordt gezet. Het meetinstrument wordt vastgemaakt aan dubbelzijdig tape dat op de voorste rand van de tuberositas ossis naviculare is vastgemaakt.

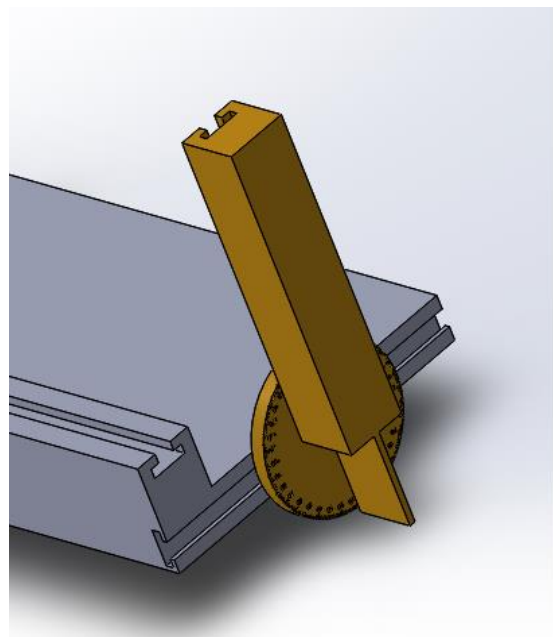


Figuur 21 Calcaneus varus/valgus meetinstrument

Het meetinstrument voor de calcaneus (Figuur 21) is gemaakt om op de hiel vastgebonden te worden. Hierom heeft de tekening verschillende gewrichten en draaipunten gekregen om de bewegingen en uitstulping van de calcaneus aan te kunnen.

Dit ontwerp heeft ook veel aanpassingen ondergaan om makkelijker gebouwd the kunnen worden, beter onderhouden en makkelijker vastgemaakt op de proefpersoon. Figuur 22 en Figuur 24 laat een aantal aanpassingen zien.

Het meetinstrument dat de hoek van het onderbeen zou meten is verwijderd zodat alleen de hiel gemeten hoeft te worden. De staaf wordt vastgemaakt aan de hiel met wat dubbelzijdig tape. De hoekgraadmeter wordt vastgezet in een rails in de basis zelf ipv dat het aan de onderkant vasthaakt en omhoog wordt gehouden door de bevestigingen aan het onderbeen. Hierdoor is het aanbrengen en aflezen van het meetsysteem makkelijker en kost minder tijd.



Figuur 22 Vernieuwde calcaneus meetinstrument tekeningen

5.2 Prototype 1



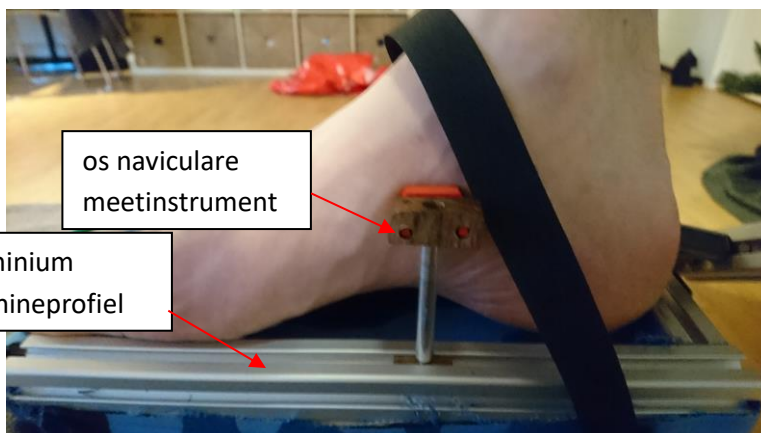
Figuur 24 Calcaneus meetinstrument en basis, prototype 1

De gradenboog voor het calcaneus bisectie instrument is nu vastgemaakt aan de bisectie-balk. De bisectie-balk is nu één enkele staaf met 2 uitsteeksels die vastgemaakt worden aan dubbelzijdig tape op de bisectielijn referentiepunten van de calcaneus (Figuur 24, Figuur 23).



Figuur 23 Zij-aanzicht van de basis

Het meetinstrument wordt op zijn plek gehouden met een strip klittenband dat aan de onderkant van het meetinstrument is bevestigd (Figuur 23).



Figuur 26 os naviculare meetinstrument

De randen van het meetinstrument bestaan uit aluminium machineprofielen die als rails dienen en om de voet tegen te plaatsen. Hierop wordt het Os naviculare meetinstrument bevestigd (Figuur 26).

Het Hallux Valgus meetinstrument bestaat nu uit 3 losse onderdelen die rond de voet worden bevestigd met klittenband, zoals al eerder beschreven in paragraaf 4.1. Uit de bovenkant van de houten

onderdelen zou een staafje moeten steken die alle drie met een draad verbonden worden. Daarna wordt bij het middelste meetinstrument de hoek gemeten die de draad heeft (Figuur 25).



Figuur 25 prototype hallux valgus meetinstrument

Test meetinstrument

Het meetinstrument (Figuur 24) is uitgetest voor een tussenevaluatie. Hieruit kwamen de volgende problemen naar voren:

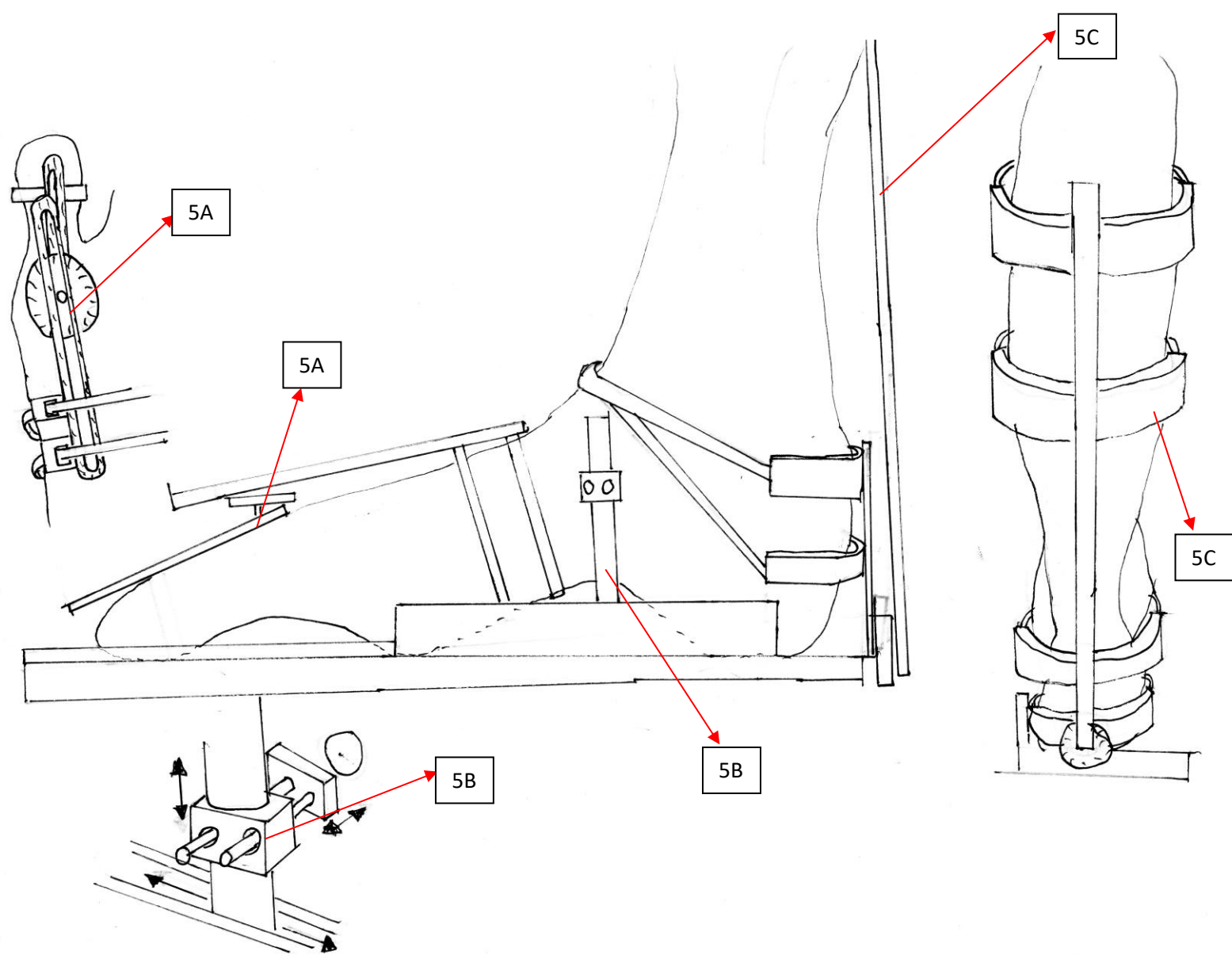
- De onderste en bovenste rand van de calcaneus zijn moeilijk te bepalen. In het uiteindelijke meetprotocol moet dit goed beschreven worden.
- Het huidige meetinstrument is zwaar en zakt snel naar de voorvoet. De huidige stand van de voet, met de tenen naar beneden wijzend, is onhandig.
- De hoekgraadmeter van de calcaneus duwt al snel op de hiel door het wegzakken van het meetinstrument, wat het bewegen van de hoekgraadmeter bemoeilijkt en de meting kan beïnvloeden.
- Het meetinstrument zit te los aan de voet. Door het gewicht en de slechte omklemming rondom de voet blijft de voet niet op de standaard meetpositie staan, wat de validiteit van de meting teniet doet.
- Het meetinstrument van de os naviculare heeft teveel bewegingsruimte en glijd makkelijk van het meetinstrument af tijdens het plaatsen. Dit is opnieuw een gevolg van de gekozen stand van de voet.
- Het meetinstrument van de Hallux Valgus is te vatbaar voor de precieze plaatsing. Een kleine verplaatsing kan al grote verschillen in de hoekstand geven.

Naar aanleiding van deze tussenevaluatie is een nieuw concept gemaakt.

5.3 Vernieuwd concept

Gebaseerd op de eisen en wensen en de tussenevaluatie is een nieuw concept gemaakt. Omdat de positie waarin gemeten wordt veel problemen geeft is ervoor gekozen om de testen zittend uit te voeren. Het meetinstrument wordt op de grond geplaatst met de proefpersoon zittend op een stoel erachter. De proefpersoon heeft zijn been in een hoek van 90 graden en de voet ontspannen op het meetinstrument, waarop de voet wordt vastgemaakt. Door de het been te bewegen maar de voet plat op het meetinstrument te houden kunnen alle voetbewegingen uitgevoerd worden.

Het vijfde concept zelf (Figuur 27) laat ook een aantal aanpassingen zien op het vierde concept. Het hallux meetinstrument wordt bovenop de voet vastgebonden en volgt nu de os metatarsale I. De meting wordt zo bovenop het gewricht uitgevoerd. Dit geeft een betere weergave weer van de werkelijke hoekuitslag van de hallux en vermijdt dat osteofieten en andere vervormingen aan de zijkant van de voet de uitslag beïnvloeden. Het os naviculare meetinstrument is nog hetzelfde, doordat de voet nu recht staat in plaats van in een liggende positie zijn de problemen die in de tussenevaluatie geconstateerd werden verdwenen. Het calcaneus meetinstrument meet nu via het achterbeen omdat de meeste bestaande gegevens ook via het achterbeen zijn verkregen, wat vergelijken makkelijker maakt. In het concept wordt het calcaneus meetinstrument nu met een versie van een brace vastgemaakt zodat het makkelijker op zijn plek blijft zitten en niet verschuift.

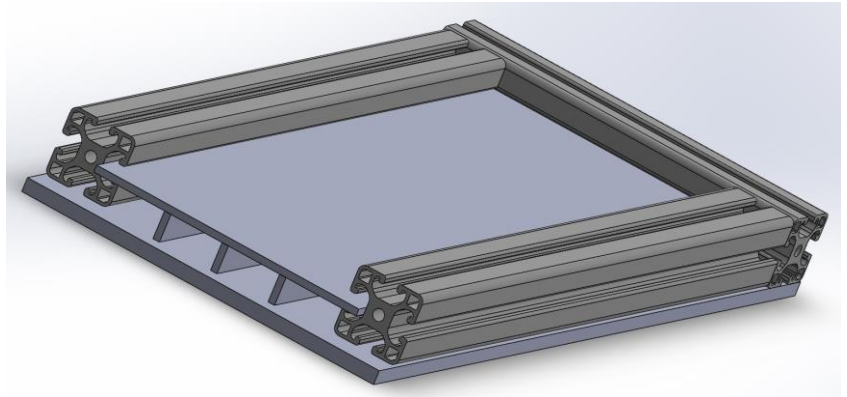


Figuur 27 concept 5

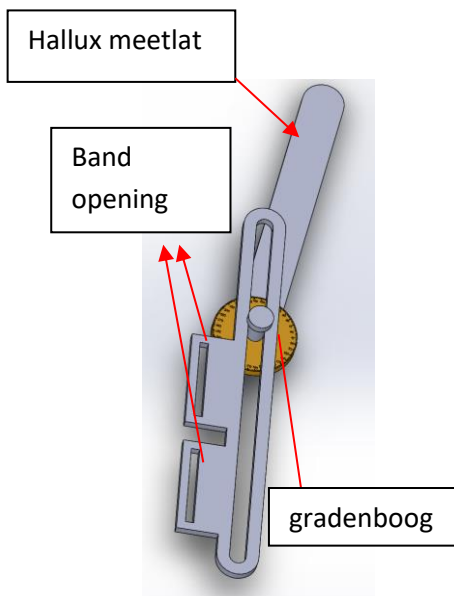
5.4 Vernieuwde bouwtekeningen.

De basis is aangepast (Figuur 28). In plaats van de houten basis die het prototype had is voor een polycarbonaat basis gekozen. Polycarbonaat is sterk, licht en slijtvast. Doordat het polycarbonaat veel lichter is zal het schuiven van de voet met het meetinstrument makkelijker zijn, vooral voor de jongere proefpersonen van 6 jaar.

Een ander voordeel is dat polycarbonaat met zichzelf is te verlijmen met chloroform, wat een sterke structuur creëert. De aluminium machineprofielen aan de zijkant blijven, zodat de voet tegen de rand kan worden geplaatst en zodat zowel het os naviculare meetinstrument als de gradenboog voor de calcaneus eraan kunnen worden bevestigd.



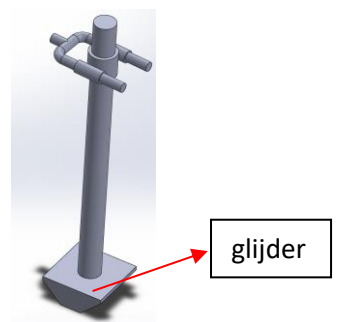
Figuur 28 Basis



Figuur 29 hallux varus/valgus meetinstrument

In Figuur 29 is het spuugmodel van de hallux varus/valgus te zien. Met een klitteband door de bandopening wordt de metatarsale lat op de os metatarsale I vastgemaakt. De hallux meetlat steekt uit en wordt met de hand op de hallux geplaatst tijdens de meting. De gradenboog wordt boven het gewricht van de hallux en metatarsale I geplaatst zodat de hoek kan worden afgelezen. Deze onderdelen kunnen van Acrylplaat gemaakt worden. Acrylplaat is brosser dan polycarbonaat maar kan met een lasersnijder tot in detail gemaakt worden, daarnaast is acrylplaat wel goed bestand tegen slijtage. Omdat deze onderdelen weinig krachten gaan opnemen is het geen probleem om deze onderdelen van acrylplaat te maken.

Figuur 30 geeft het os naviculare meetinstrument weer. De glijder die in de aluminium machineprofielen gaat is gemaakt van messing omdat messing goed glijdt in aluminium profielen. Op de staaf is de hoogtemarkering weergegeven. Een koker houdt de botpuntaanwijzer vast waarmee de os naviculare wordt weergegeven. Deze aanwijzer wordt vastgemaakt aan wat dubbelzijdig tape dat op de tuberositas ossis naviculare wordt geplakt.



Figuur 30 os naviculare meetinstrument

5.6 Nieuwe evaluatie van het meetinstrument

Het Hallux meetinstrument en naviculare meetinstrument zijn in deze evaluatie getest zonder het calcaneus meetinstrument. Op basis van de test zijn de volgende problemen gesignaleerd:

- De huidige hoekgraadmeter kan alle kanten op draaien waardoor het elke keer opnieuw in de juiste positie geplaatst moet worden. De hoekgraadmeter van het hallux meetinstrument moet daarom uitgelijnd worden zodat de 0 graden altijd in dezelfde positie staat.

- De leesbaarheid van de hoekgraadmeter op dit moment is laag. De getallen moeten duidelijker gemaakt worden.
- De instructie aan de proefpersoon moet duidelijker zijn.
 - De proefpersoon moet beter geïnstrueerd worden op de juiste positie van het been tijdens de test.
 - Een betere instructie moet er ook voor zorgen dat de voet volledig op de plank blijft liggen tijdens de uitvoer van verschillende voetposities.
- In het huidige onderdeel kan de hoekgraadmeter niet langs de klittenband bewegen zoals de bedoeling is. De klittenband gleuven in het Hallux onderdeel moeten dus op een andere manier bevestigd worden.
- De huidige bevestiging van een moer en bout duwt al snel vervelend in de voet. De bevestiging van de hallux meetinstrument onderdelen moet daarom herdacht worden.
- Door de verschillende lengtes van de proefpersonen is een in hoogte verstelbare stoel nodig om het been makkelijker in de juiste stand te kunnen plaatsen.
- Een gladde ondergrond, bijvoorbeeld een kleed of viltjes onder het meetinstrument, zijn nodig om makkelijk het meetinstrument over de grond te bewegen.
- Het huidige hallux meetinstrument zit in de weg van het os naviculare meetinstrument door de klittenband bevestiging die in sommige gevallen over de tuberositas ossis naviculare loopt. Hier moet aandacht aan besteed worden.
- Het naviculare meetinstrument is op dit moment niet goed af te lezen. Daarom moet het naviculare meetinstrument een duidelijke hoogteaanwijzing krijgen.

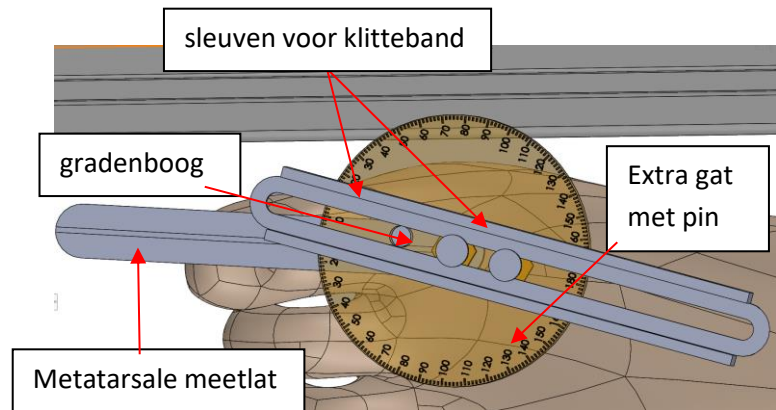
De uitkomsten van de testen zijn te vinden in bijlage 5

5.7 Verbeterde bouwtekeningen.

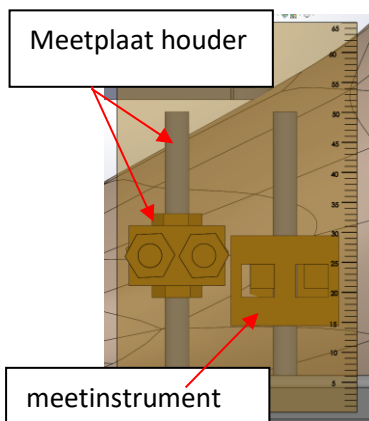
Aan de hand van de evaluatie van 4.6 zijn de bouwtekeningen opnieuw verbeterd (Figuur 31). De metatarsale meetlat wordt nu met een 3D printer gebouwd, daarmee kunnen de sleuven waardoor het klittenband komt snel en precies gemaakt worden. Deze sleuven staan nu verticaal waardoor de gradenboog hier vrij onderdoor kan bewegen. Om te voorkomen dat het klittenband over de os naviculare komt is ervoor gekozen om de sleuven over de hele lengte van het meetinstrument te plaatsen, daardoor kan het klittenband verplaatst worden naar een andere sleuf mocht het over de os naviculare komen te liggen (Figuur 32).

De gradenboog heeft een extra gat gekregen in lijn met de 0 graden op de gradenboog. Door beide gaten aan de metatarsale meetlat te verbinden blijft de gradenboog altijd met de 0 naar dezelfde richting staan. Om ervoor te zorgen dat het meetinstrument te gebruiken is voor zowel links als rechts is de gradenboog aangepast. De nummering loopt nu van 0 tot 180 graden aan beide kanten. Dit betekent wel dat bij elke meting vermeld moet worden of de hoek naar lateraal (valgus) of mediaal (varus) loopt. Om de leesbaarheid te verbeteren zijn de getallen opgevuld met inkt.

Om het dragen van het Hallux valgus meetinstrument prettiger te maken is er een stuk siliconen aan het uiteinde vastgemaakt

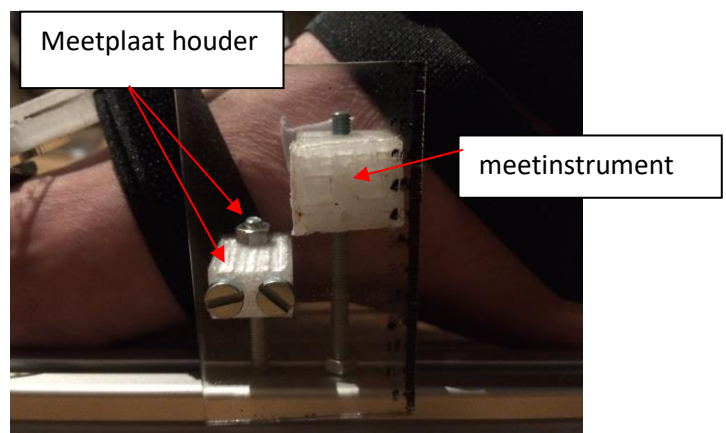


Figuur 32 Foto van het hallux meetinstrument

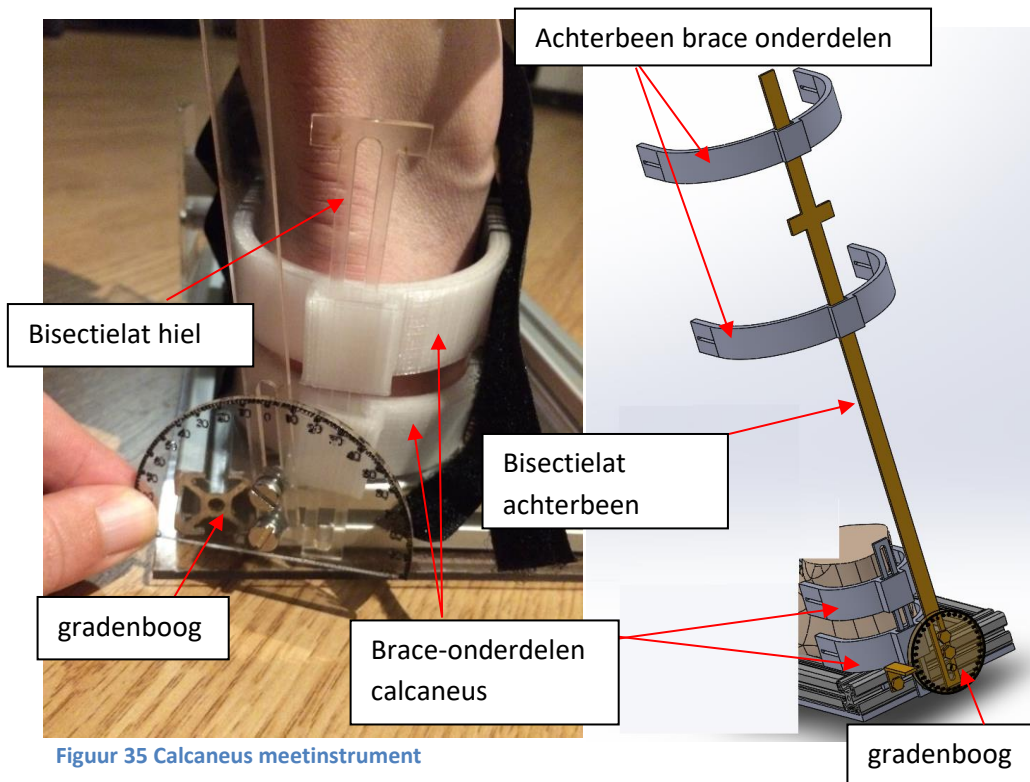


Figuur 33 Os naviculare solidworks tekeningen

Het os naviculare meetinstrument is aangepast. De messing slider is verlengd zodat er twee schroeven door kunnen, een schroef voor het meetinstrument zelf en een schroef waaraan een meetplaat wordt vastgemaakt waarmee de hoogte bepaald kan worden (Figuur 33, Figuur 34). De onderdelen zijn vervaardigd met een 3D printer vanwege het lichte materiaal en de nauwkeurigheid waarmee het gemaakt kan worden.



Figuur 34 foto van het os naviculare meetinstrument



Figuur 35 Calcaneus meetinstrument

Figuur 36 solidworks tekening calcaneus meetinstrument

Het calcaneus meetinstrument is vervaardigd uit een brace onderdeel dat aan het achterbeen is bevestigd en een brace onderdeel dat aan de hiel is bevestigd (Figuur 35, Figuur 36). De hiel en het achterbeen worden gebisectioneerd en de bisectiepunten

gemarkeerd met bijvoorbeeld een oogpotlood. Daarna worden de brace onderdelen vastgemaakt met het midden boven de bisectiepunten. De achterbeen brace onderdelen worden met elkaar verbonden met de bisectielat van het achterbeen. Deze lat is lang genoeg om de grond te bereiken. De hiel brace onderdelen worden verbonden met de bisectielat van de hiel. De gradenboog heeft twee gaten waardoor een pin is geplaatst. De pinnen passen in de sleuf die aanwezig is in beide bisectielatten. De gradenboog wordt met de middelste pin in de sleuf geplaatst waarna de bovenrand van de basis wordt gebruikt om de hoek te bepalen die de bisectielat maakt met de basis. Dit wordt meteen herhaald met de andere bisectielat waarna berekend kan worden wat het verschil in hoek is tussen beide en daarmee het verschil tussen de calcaneus en het achterbeen.

5.8 Evaluatie prototype 3

Datum: 15-01-2017

Gegevens proefpersoon:

leeftijd: 64

Geslacht: ~~m~~/v

Opmerkingen: De linkervoet is gemeten.

Tabel 7 Uitkomsten van de meetgegevens

	Hallux Valgus	Os Naviculare	Calcaneus achterbeen	Calcaneus hiel
Midden	22 graden valgus	38mm	90 graden	69 graden
Voren	19 graden valgus	39mm	64 graden	52 graden
Achteren	20 graden valgus	35mm	90 graden	90 graden
Lateraal	19 graden valgus	38mm	118 graden	90 graden
Lateraal naar voren	26 graden valgus	29mm	132 graden	80 graden
Lateraal naar achteren	12 graden valgus	28mm	110 graden	80 graden
Mediaal	19 graden valgus	46mm	70 graden	70 graden
Mediaal naar voren	19 graden valgus	45mm	80 graden	60 graden
Mediaal naar achteren	18 graden valgus	45mm	73 graden	70 graden

Datum: 16-01-2017

Gegevens proefpersoon:

leeftijd: 64

Geslacht: ~~m~~/v

Opmerkingen: Herhaalmeting van de linkervoet om de betrouwbaarheid te bepalen.

Tabel 8 Uitkomsten van de meetgegevens

	Hallux Valgus	Os Naviculare	Calcaneus achterbeen	Calcaneus hiel
Midden	6 graden valgus	38 mm	72 graden	98 graden
Voren	8 graden valgus	38 mm	80 graden	90 graden
Achteren	9 graden valgus	35 mm	92 graden	90 graden
Lateraal	10 graden valgus	25 mm	60 graden	70 graden
Lateraal naar voren	11 graden valgus	25 mm	62 graden	70 graden
Lateraal naar achteren	10 graden valgus	23 mm	60 graden	78 graden
Mediaal	10 graden valgus	44 mm	110 graden	104 graden
Mediaal naar voren	12 graden valgus	47 mm	113 graden	112 graden

Mediaal naar achteren	12 graden valgus	46 mm	108 graden	110 graden
-----------------------	------------------	-------	------------	------------

Datum: 16-01-2017

Gegevens proefpersoon:

leeftijd: 68

Geslacht: m/v

Opmerkingen: Meting van de rechtersoet.

Tabel 9 Uitkomsten van de meetgegevens

	Hallux Valgus	Os Naviculare	Calcaneus achterbeen	Calcaneus hiel
Midden	10 graden valgus	20mm	90graden	86 graden
Voren	18 graden valgus	26 mm	90 graden	90 graden
Achteren	10 graden valgus	20mm	90 graden	80 graden
Lateraal	14 graden valgus	13mm	68 graden	84 graden
Lateraal naar voren	12 graden valgus	15mm	70 graden	80 graden
Lateraal naar achteren	10 graden valgus	10 mm	78 graden	76 graden
Mediaal	18 graden valgus	25mm	98graden	90 graden
Mediaal naar voren	12 graden valgus	25mm	98 graden	94 graden
Mediaal naar achteren	10 graden valgus	20mm	90 graden	88 graden

Datum: 16-01-2017

Gegevens proefpersoon:

leeftijd: 29

Geslacht: m/v

Opmerkingen: Herhaalmeting van de linkervoet

Tabel 10 Uitkomsten van de meetgegevens

	Hallux Valgus	Calcaneus achterbeen	Calcaneus hiel	Os Naviculare
Midden	8 graden valgus	92 graden	80 graden	35 mm
Voren	12 graden valgus	80 graden	84 graden	40 mm
Achteren	8 graden valgus	88 graden	80 graden	35 mm
Lateraal	8 graden valgus	60 graden	70 graden	33mm
Lateraal naar voren	6 graden valgus	44 graden	72 graden	35 mm
Lateraal naar achteren	2 graden valgus	72 graden	66 graden	20 mm
Mediaal	10 graden valgus	100 graden	98 graden	54 mm

Mediaal naar voren	12 graden valgus	96 graden	90 graden	52 mm
Mediaal naar achteren	16 graden valgus	100 graden	98 graden	60 mm

Tijdens de test kwamen de volgende zaken naar voren:

- Het is lastig om de calcaneus hoogte af te lezen zolang het meetinstrument op de grond staat. Hierdoor is de betrouwbaarheid voor het calcaneus instrument lager.
- Het is lastig de gradenboog van de calcaneus af te lezen op het moment dat de bisectielat een klein eindje van de achterrand van de basis af zit. Dit zorgt voor een lage betrouwbaarheid, zoals te zien bij de herhaalmeting.
- De huidige onderdelen van het achterbeen meetinstrument bevat een kruising op de bisectielat die bedoeld was om te voorkomen dat de brace onderdelen teveel zouden verschuiven. Echter het lengteverschil dat deze bisectielat moet vertonen tijdens de bewegingen is zo groot dat het kruis de brace-onderdelen van hun plek moet duwen, waardoor de meting lastig uitgevoerd kan worden bij sommige bewegingen.
- Bij sommige bewegingen is de bisectielat te lang en komt tegen de grond aan tijdens de beweging. Hierdoor buigt de bisectielat en wordt de meting onbetrouwbaar.
- De huidige onderdelen van het calcaneus meetinstrument zitten te dicht op de hiel, waardoor bij sommige bewegingen de bisectielat van de hiel vast komt te zitten tegen de basis en daarmee de stand van de hiel beïnvloedt.
- De proefpersoon moet op een in hoogte verstelbare stoel zitten zodat het te meten been altijd in een prettige positie geplaatst kan worden, met het bovenbeen ongeveer horizontaal.
- Het meetinstrument van de os naviculare blijft vaak wat steken op de windingen van de bout. Het gat moet wat groter gemaakt worden zodat het makkelijker hierover kan bewegen.
- Bij sommige bewegingen duwt de voet op het os naviculare meetinstrument, waardoor er te weinig ruimte is om het meetinstrument te bewegen.
- De maximale hoogte van 65mm die het meetinstrument nu kan meten is niet voor alle voetgrootten geschikt. De lengte zou tot 80mm hoog moeten kunnen voor absolute zekerheid.

6. Evaluatiefase

In dit hoofdstuk wordt het eindproduct geëvalueerd aan de hand van de eisen, wensen en randvoorwaarden die zijn opgesteld in dit verslag.

- Om aan de eis van een eenduidige meting te voldoen is hierboven gekozen voor onbelast meten
 - De voet wordt met het prototype onbelast gemeten. Er zijn hiertegen geen bezwaren geconstateerd.
- De neutrale stand van de voet wordt bepaald door de proefpersoon op de buik te leggen met de voet over de rand van de tafel, waarna een oppervlak tegen de onderkant van de voet wordt gehouden.
 - Deze eis bleek niet waar te maken. Er is gekozen om het been in zit te meten. De neutrale stand wordt nu bepaald als de knie recht boven de hiel is gepositioneerd.
- De bewegingen worden beschreven volgens de anatomische terminologie.
 - Hieraan wordt voldaan.
- Voor het meten van de hallux wordt een hoekstandsmeting gebruikt.
 - Hieraan wordt naar tevredenheid voldaan.
- Voor het meten van de os naviculare wordt een navicular drop test gebruikt.
 - Hieraan wordt naar tevredenheid voldaan.
- Voor het meten van de calcaneus wordt een bisectie gebruikt.
 - Hieraan wordt naar tevredenheid voldaan.
- De hoogte van de os naviculare wordt gemeten aan de voorste rand van de tuberositas ossis naviculare
 - Hieraan wordt naar tevredenheid voldaan.
- De varus/valgus stand van de calcaneus wordt weergegeven aan de hand van de vier gegeven referentiepunten
 - Deze punten worden gebruikt maar niet weergegeven. Dit is een eenvoudigere oplossing omdat het weergegeven een overbodige handeling is.
- Het meetinstrument moet de neutrale stand en de eindstanden van de ROM kunnen meten van de calcaneus kanteling, de hoogte van de os naviculare en de deviatie van de hallux.
 - Hieraan wordt voldaan, maar er zijn kanttekeningen die in de discussie worden behandeld.
- De bewegingsuitslagen moeten met een eenduidige methode kunnen worden beschreven.
 - Hieraan wordt naar tevredenheid voldaan.
- Het meetinstrument moet een voetlengte van 155 mm tot 300 mm kunnen meten.
 - Hieraan wordt ruimschoots voldaan.
- Het meetinstrument moet een voetbreedte van 55 mm tot 120 mm kunnen meten
 - Hieraan wordt voldaan.
- Het instrument moet verstelbaar zijn voor de te meten P5 tot P95 van de genoemde voetonderdelen.
 - Bij de hallux en calcaneus wordt hieraan voldaan. Het meetinstrument voor de os naviculare moet worden aangepast om het volledige hoogteverschil te kunnen meten.
- Het meetinstrument moet zonder elektriciteit gebruikt kunnen worden maar mag wel met batterijen werken

- Het meetinstrument voldoet hieraan.
- Moet tegen de omstandigheden van Afrika en de Townships kunnen.
 - De materialen die zijn gekozen staan bekend om de slijtvastheid en goede bestendigheid tegen zware omstandigheden.

7. Discussie

Het meetinstrument is nog niet volledig klaar. Zo is de betrouwbaarheid nog laag vanwege drie problemen.

Ten eerste is het op het moment lastig om de standen van de calcaneus en os naviculare af te lezen. Dit komt mede door het feit dat het meetinstrument op de grond staat en dat de gradenboog bij de calcaneus in sommige posities te ver van de basis af staat.

Ten tweede zijn er een aantal mechanische problemen in het huidige prototype. Zo heeft het meetinstrument van de os naviculare een te nauw gat, waardoor het makkelijk kan blijven steken op de windingen van de bout. Ook moet de bisectielat zo'n lengteverschil overbruggen dat een kruisvormig onderdeel op deze lat de brace-onderdelen van hun plek kan duwen. Zoals genoemd is bij sommige bewegingen de bisectielat te lang en buigt om. Ook het calcaneus onderdeel zit te dicht op de voet, waardoor in sommige posities van de voet de bisectielat van de hiel tegen de basis aan wordt gedrukt en daarmee kracht uitoefent op de hiel. Dit heeft als gevolg dat de calcaneusstand niet goed afgelezen kan worden en zelfs beïnvloed wordt door de druk die dit zet.

Ten derde blijkt dat de instructie aan de proefpersonen intensiever moet zijn. Er moet door de onderzoeker voortdurend ook opgelet worden of de proefpersoon de gevraagde posities juist uitvoert. Het gaat er daarbij voornamelijk om, dat bij de maximale uitslagen de voet goed op de basis blijft staan.

Voor bovenstaande problemen zijn oplossingen te bedenken die een verder verbeteringsproces van het meetinstrument zal opleveren.

Om de instrumenten beter te kunnen aflezen is het noodzakelijk voor de onderzoeker om zittend te kunnen werken. Daarvoor moet de proefpersoon op een verhoging zitten zodat zijn voeten rond ooghoogte van de onderzoeker bevinden. Dit betekent ook dat er een verhoging moet zijn waarop het meetinstrument geplaatst kan worden. Zoals eerder gezegd zal de verhoging ook in hoogte verstelbaar moeten zijn in verband met de verschillende lengtes van de proefpersonen.

Ook de mechanische problemen kunnen worden opgelost. Het meetinstrument van de os naviculare kan soepeler bewegen als het gat wat groter wordt gemaakt en als ipv een bout met windingen een gladde ronde staaf wordt gebruikt. Van de bisectielat moet het kruisvorm verwijderd worden. Om te voorkomen dat de lat van de brace-onderdelen loskomt is een T-vorm bovenaan nodig. De totale lengte van deze T-vorm moet de P95 van 16 jarige onderbenen aankunnen. Om het probleem aan te pakken van een te lange bisectielat bij sommige bewegingen is een bisectielat in twee delen noodzakelijk die soepel in elkaar kunnen schuiven. Ook moet het materiaal minder buigzaam zijn. Dit kan gedaan worden door een dikker materiaal te gebruiken, mogelijk van aluminium.

Het probleem dat het calcaneus onderdeel te dicht op de voet zit kan worden aangepakt door de rand van de basis waar de hiel tegenaan rust dunner te maken. Tegelijkertijd moet het gat waar de bisectielat van de calcaneus doorheen loopt op een grotere afstand van de hiel komen te liggen, zonder dat het brace-onderdeel de hiel los laat. Dit laatste kan gedaan worden door het bevestigingsonderdeel van de brace waardoor de bisectielat loopt te verlengen, hierdoor komt de bisectielat iets verder van de hiel af te staan.

Om de instructie van de proefpersonen te verbeteren moet bij elke opdracht geverifieerd worden of de proefpersoon de voet goed op de basis houdt en of de beweging zuiver is uitgevoerd in de gewenste richting. Hier moet de onderzoeker heel strikt in zijn en zo nodig de beweging met de hand begeleiden.

8. Conclusie

Het huidige meetinstrument kan de vereiste metingen uitvoeren. Het is een licht en robuust instrument dat zonder elektriciteit kan worden gebruikt. Het instrument is op dit moment onvoldoende betrouwbaar voor gebruik. Dit is juist een belangrijke eis. Toch is helder welke stappen genomen moeten worden om de betrouwbaarheid sterk te vergroten. Er kunnen stappen worden ondernomen om het slecht aflezen te verbeteren. Daarnaast kan het ontwerp op een aantal punten eenvoudig worden aangepast. En niet onbelangrijk, de instructie aan de proefpersonen moet zeer strak worden uitgevoerd. Als dit wordt gedaan is aan de hoofdvraag voldaan om een betrouwbaar meetinstrument voor de verschillende metingen aan de voet te ontwerpen en bouwen. Het instrument kan gebruikt worden om kindervoeten te meten in de townships van Afrika.

Het verdient aanbeveling om na de verbeteringen nog vast te stellen of het meetinstrument inderdaad betrouwbaar is door een betrouwbaarheidsonderzoek uit te voeren op verschillende proefpersonen met verschillende onderzoekers.

Literatuurlijst

1. Myers, K.A., M. Wang, R.M. Marks, G.F. Harris, Validation of a multi-segment foot and ankle kinematic model for pediatric gait, 2004
2. LaPointe S.J., C. Peebles, A. Nakra, H. Hillstrom, The reliability of clinical and caliper-based calcaneal bisection measurements 2001
3. Dined tabellen TU Delft
4. Smithsshoecenter, <http://www.smithsshoecenter.com/wp-content/uploads/2015/07/ligaments-medial.png>
5. Lower leg, ankle and foot, Iknowledge database subcategorie Orthopedics. 2015. <http://clinicalgate.com/lower-leg-ankle-and-foot-3/#cesec19>
6. Evans, A.M., Copper, A.W., Scutter, S.D., Williams, M.T., reliability of the foot posture index and traditional measures of foot position. 2003, Journal of the American Podiatric Medical Association No. 3, PP. 203-213
7. David J Magee, Orthopedic Physical Assessment.
8. K.E., Sell, T.M. Verity, T.W. Worrell, B.J. Pease, J. Wigglesworth. Two Measurement Techniques for Assessing Subtalar Joint Position: A Reliability Study , Journal of Prthhopaedic & SportsPhysical Therapy, , 1994.
9. Gerritsen, B.J., Heerkens, Y.F., Tekeningen van Kuyper, A., Schiavon, F., foto's van Hazemeijer, F., derde druk, tweede oplage, Elsevier gezondheidszorg Maarsen.
10. Effects of Pronated and Supinated Foot Postures on Static and Dynamic Postural Stability
11. Schreurs, B.W., Gardeniers, J.W.M., Hosman, H.W.B., Schreuder, A.J.F., Veth, R.P.H., de Waal Malefijt, van Heereveld, H.A.E.M., Elving L.D., Louwerens, J.W.K., Smit, J.V., Ottens, R.L.J.M., de Jager, J., De voet, basis voor het gaan en staan.
12. Biomechanics, Northcoast footcare, <http://www.northcoastfootcare.com/pages/Biomechanics.html>
13. Inversie en Eversie, Learningsport, 2013. <http://www.learningsupport.nl/operatie-inzicht/gewrichten/bewegingen-van-gewrichten/inversie-en-eversie.html>
14. (14) boek: Verhaar, J.A.N., Mourik J.B.A., Lichamelijk onderzoek , 2013, Bohn Stafleu van Loghum
15. Zhou, j., Hlavacek, P., Xu, B., Chen, W. (2013). Approach for measuring the angle of hallux valgus. Indian journal of Orthhodaedics. Mei tot juni 2013.
16. Valmassy, R.L., Clinical biomechanics of the lower extremities. 1996. Subtalar joint, or talocalcaneal joint
17. Caroll, M., M.E. Annabell, K. Rome, Reliability of capturing foot parameters using digital scanning and the neutral suspension casting technique. Journal of Foot Ankle Research, 2011, March, 4.
18. Seo, S.G., Lee, D.Y., Moon, H.H., Kim, S.J., Kim, J., Lee, K.M., Chung, C.Y., Choi, I.H., Repeatability of a Multi-segment foot model with a 15-marker set in healthy adults
19. Tranberg, R., Analysis of body motions based on optical markers, department of orthopedics, institute of clinical sciences at Shalgreńska Academy at University of Gothenburg, 2010.
20. Stebbins, J., Paik, A., Theologis, T., Foot biomechanics. Institute of biomedical engineering,
21. Kidder, S.M., Abuzzahab Jr, F.S., Harris, G.F., Johnson, J.E., system for the analysis of foot and ankle kinematics during gait, 1996.
22. Stebbins, J., Harrington, M., Thompson, N., Zavatsky, A., Theologis, T., Repeatability of a model for measuring multi-segment foot kinematics in children, 2006
23. Paik, A.M.H., Stebbins, J., Kothari, A., Zavatsky, A.B., Effect of marker placement on Oxford Foot Model hindfoot segment axes, 2014.
24. Janssen, D.M.C. Sanders, A.P., Guldmond, N.A., Hermus, J., Walenkamp, G.H.I.M., Rhijn, L.W. van. (2014). A comparison of hallux valgus angles assessed with computerised plantar pressure measurements, clinical examination and radiography in patients with diabetes. Journal of foot and ankle research.

25. Picciano, A.M., Rowlands, M.S., Worrel, T., Reliability of open and closed kinetic chain subtalar joint neutral positions and navicular drop test.
26. <https://www.youtube.com/watch?v=TyHFVIpIIlU>
27. <https://www.biomechanical.com/support/fct/videoFiles/vidIndex.asp?vid=calcanealBisection&vidName=Calcaneal%20Bisection>
28. <http://podopaedia.org/wiki/biomechanics/clinical-biomechanics/biomechanical-assessment/lower-limb-alignment/calcaneal-bisection/>
29. Interview Manon Kessels, docent anatomie aan de Haagse Hogeschool, opleiding Bewegingstechnologie.
30. Watson, L., Balster, S.M., Finch, C., Dalziel, R., measurement of scapula upward rotation: A reliable clinical procedure, 2005
31. <http://img.2dehands.be/f/normal/273692695-plurimeter.jpg>
32. Croft, P.R., Nahit, E.S., Macfarlane, G.J., Silman, A.J., Interobserver reliability in measuring flexion, internal rotation and external rotation of the hip using a plurimeter, *Annals of the Rheumatic diseases*, 1996;55:320-323.
<http://bmcmusculoskeletdisord.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12891-015-0495-4>
33. Spörndly-Nees, S., Dåsberg, B., Nielsen, R.O., Boesen, M.I., Langberg, H., The Navicular position test – A reliable measure of the navicular bone position during rest and loading, 2011
34. Charlesworth, S.J., Johansen, S.M., Navicular drop test user guide and Manual, Hogeschool van Amsterdam, 2010, <http://kennisbank.hva.nl/document/225653>
35. Russe, O., Gerhardt, J.J., King, P.S., *Orthopedisch onderzoek*; 1977, Uitgeversmaatschappij de Tijdstroom, Lochum.
36. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2939352/figure/Fig3/>
37. Putz, R., Pabst, R., (eds), *Sobotta deel 2, Romp, organen, onderste extremititeit* pagina 303, uitgeverij Bohn Stafleu Van Loghum, Houten/Diegem, 2000

Bijlagen

Bijlage 1 Projectplan

Projectplan voor een ontwerpproject

Naam: Paul Verbeek

Studentnummer: 09042695

E-mail: Paulgverbeek@gmail.com

studievoortgang:

Behaalde studiepunten in modules 9 t/m 11 (max 36): 33

Minor: J (nog niet aangegeven in Osiris, alle punten wel voldaan volgens Hanno) afgerond (j/~~A~~)

Stage 2 afgerond (j/~~A~~):

Totaal aantal behaalde vrije STPs: 30 als de laatste minor is bijgeschreven.

Openstaande toetsen (+ module):

Systeemkunde II individuele opdracht. Module 8, houdingen II

Ontwerpen II: Alle opdrachten voldaan maar staat verkeerd in Osiris aangegeven.

Datum: 3 December 2015

1. Onderwerp: Ontwerpen objectief meetinstrument van de voet.

Werkveld: Gezondheidszorg

Beroepsrol: Ontwerper

Extern project (~~J~~/N):

~~Indien Extern:~~

Naam opdrachtgever/bedrijf/ECBT: ECBT

Contactpersoon (naam en mailadres): Daphne Wezenberg, D.Wezenberg@hhs.nl

2. Probleemstelling

Aanleiding (Waar gaat het ontwerp een oplossing voor bieden?)

- Op de universiteit van Stellenbosch (Zuid Afrika) gaat de komende paar jaar onderzoek gedaan worden naar de invloed van schoeisel op kindervoeten. Er zal gekeken worden of de stand en de bewegingen van de voet beïnvloed worden door het dragen van schoenen tot het hele leven blootsvoets lopen. Dit onderzoek wordt in Zuid Afrika uitgevoerd aangezien dit een van de weinige omgevingen is waar er binnen dezelfde bevolkingsgroepen kinderen zijn die dagelijks schoenen dragen en kinderen zijn die zelden tot nooit schoenen dragen. De hypothese van dit onderzoek is dat
 1. standsveranderingen plaatsvinden door het dragen van schoeisel en dat daardoor
 2. de kinetica en kinematica van gaan en hardlopen negatief worden beïnvloed.

De voetstanden worden in het vooronderzoek buiten een laboratorium in de Townships gemeten, waardoor er geen hoogwaardige metingen kunnen worden verricht. Huidige meetinstrumenten en technieken die buiten het lab worden uitgevoerd hebben een lage inter- en intra-beoordelaarsbetrouwbaarheid. Daarom zal er een betrouwbaar en valide

meetinstrument voor voetstanden gemaakt moeten worden om de metingen uit te kunnen voeren.

Doelgroep (Voor WIE is het ontwerp bedoeld?)

- Voor de onderzoekers in Zuid Afrika die de voetstand van blote kindervoeten van 6 tot 16 jaar willen kunnen opmeten om het verschil in voetstand tussen kinderen met en zonder schoenen in kaart te brengen.

Doelstelling (WAT wil je bereiken; wat heb je voor ogen als eindresultaat?)

- Een betrouwbaar en robuust meetinstrument voor het meten van de neutrale voetstand en de maximale ROM van de belaste kindervoet. Dit meetinstrument moet, gezien de plaatselijke omstandigheden, zonder elektriciteit gebruikt kunnen worden.

Randvoorwaarden (WAT heb je nodig om je doel te bereiken?)

- Kennis over de huidige (onbetrouwbare) meetmethoden en meetinstrumenten voor de voetstand.
- Kennis over de P5 tot P95 van de voetgrootte van Afrikaanse kinderen van 6 tot 16 jaar.
- Kennis over de bewegingsuitslagen van de voet.

Uitgewerkte probleemstelling:

- Hoe kan op een betrouwbare manier bij de doelgroep 6 tot 16 jarigen gemeten worden wat de neutrale stand en maximale ROM zijn van de Calcaneus in de mediale en laterale richting ten opzichte van de longitudinale as (De Varus en Valgus stand),
- wat de neutrale- en eindstanden van de Osis Naviculare zijn ten opzichte van de grond ,
- de mate van deviatie van de hallux naar lateraal (Hallux Valgus) op blote voeten tijdens stand en loshangende voet.
- Welk robuust meetinstrument kan hiervoor gemaakt worden dat bruikbaar is zonder stroomvoorziening.

Doelstelling:

Er is nog geen betrouwbare objectieve meetmethode voor het meten van de drie onderdelen van de voetstand. Er moet daarom een robuust meetinstrument ontwikkeld worden dat zonder stroomvoorziening kan werken. Dit meetinstrument kan dan voor wetenschappelijke doeleinden gebruikt worden om meetgegevens over voetstanden te verzamelen.

Onderzoeksvragen:

1. Hoe worden in de literatuur de bewegingen van de Calcaneus, Tuberositas Osis Naviculare en de Hallux bij de doelgroep beschreven ten opzichte van respectievelijk de longitudinale as, de grond en de Hallux naar lateraal?
2. Op wat voor manier kan gemeten worden wat de kanteling van de calcaneus is tov de longitudinale as, de hoogte van de tuberositas ossis naviculare tov de grond en de mate van deviatie van de hallux?
3. Op welke mechanische wijze zouden de drie onderdelen van de voetstand gemeten kunnen worden met een meetinstrument?
 - a. Is het mogelijk om dit in 1 meetinstrument te verwerken, of zijn er verschillende nodig?
4. Is het mogelijk om hiervoor een robuust meetinstrument te maken? Met robuust wordt bedoeld dat het niet gauw kapot gaat.

3. Vooronderzoek

Het zal duidelijk zijn dat het probleem nog niet eerder naar alle tevredenheid is opgelost.

Dit onderzoek betreft een marktverkenning, literatuuronderzoek en gesprekken met deskundigen en eventuele betrokkenen.

- Wat is het probleem precies?
 - Aanleiding: Er is geen betrouwbare meetmethode/instrument om de voetstanden te meten. Dit is nodig voor het huidige wetenschappelijk onderzoek dat uitgevoerd gaat worden. De metingen gebeuren op dit moment vooral op gevoel en de subjectieve inschatting van de mensen die meten. Gebleken is dat de inter- en/of intra-beoordelaarsbetrouwbaarheid laag is.
 - Het meetinstrument moet onder omstandigheden waar vaak geen elektriciteit beschikbaar is worden ingezet. Het gebruik van batterijen is mogelijk maar wordt het liefst vermeden om kosten te drukken.
 - Het meetinstrument moet stevig zijn omdat het waarschijnlijk vaak meegenomen zal worden en in verschillende omstandigheden gebruikt zal worden.
- Welke meetinstrumenten en methoden om de 3 onderdelen van de voetstand en/of voetsuitslagen te meten zijn er nu aanwezig.
 - Waar schieten deze meetmethoden/instrumenten precies tekort?
 - Wat zijn de voordelen van deze meetmethoden/instrumenten?

Analyse.

Formuleer deelvragen en geef per deelvraag aan hoe je deze vraag denkt te gaan aanpakken (Modelanalyse, Literatuurstudie, eigen metingen, vragenlijsten etc)

- Welke methoden bestaan er om de voetstanden en/of de 3 onderdelen van de voetstanden te meten
 - Hubscher Maneuver
 - Jacks test
- Welke instrumenten bestaan er om uitslagen bij menselijke beweging in het algemeen te meten. Dit kan breder zijn dan alleen de voetbeweging.
- Gegevens van de voeten van de uiteindelijke doelgroep
 - Mogelijke standaardmaten van de voet
 - Gegevens van de gemiddelde plaats van de botstukken van de voet.
- Zijn er al instrumenten voor dit doel in de markt (geweest).

Welke instanties (bedrijven, personen) kunnen wellicht nuttige contacten zijn in deze fase?

- De oorspronkelijke opdrachtgever, Babette van der Zwaard, VU Medisch Centrum.
- Podotherapeuten
- <http://www.podotherapie.nl/>
- Opleidingen voor podotherapie zoals Fontys.
 - Mogelijk lesmateriaal.
- Podotherapie vakliteratuur te vinden op medische databases.
 - Via de Haagse Hogeschool zijn veel abonnementen voor vakliteratuur beschikbaar.

4. Ontwerpfase

Geef aan hoe het te volgen ontwerpproces eruit gaat zien.

1. Verschillende mechanische meetmethoden opschrijven waarmee de drie onderdelen van de voetstand kunnen worden gemeten.
2. Zoveel mogelijk verschillende concepten gebaseerd op de meetmethoden maken die de voetstand kunnen meten.
3. Drie hoofdconcepten maken waarmee de drie onderdelen van de voetstand bij voorkeur gelijktijdig gemeten kunnen worden
4. De concepten via de kardinale methode beoordelen
5. Een concept uitkiezen, zo nodig met aanpassingen om het concept te optimaliseren.

Welke instanties bedrijven, personen kunnen wellicht nuttige contacten zijn in deze fase?

- De oorspronkelijke opdrachtgever, Babette van der Zwaard, VU Medisch Centrum.
- Podotherapeuten
- IPO opleiding
- Leraren Bewegingstechnologie

6. Vervaardigingfase

Geef aan of je een prototype gaat maken (evt op schaal) of een proof of concept.

Welke instanties (bedrijven, personen) kunnen wellicht nuttige contacten zijn in deze fase?

- Proof of concept
- Haagse Hogeschool
 - IPO
 - Bewegingstechnologie

7. Testfase / Evaluatiefase

Welke aspecten zijn van belang in deze fase

- Validiteit
- Betrouwbaarheid
- Robuustheid
- Gebruikersgemak beargumenteren

Welke instanties (bedrijven, personen) kunnen wellicht nuttige contacten zijn in deze fase?

- Podotherapeuten
- Onderzoekers naar de voetstand
- De opdrachtgever

8. Voorlopige literatuurlijst

Apa style of Vancouver Style (ga na wat gangbaar is in het werkveld waarin je je bevindt)

Vancouver style omdat het de standaard is in biomedische literatuur.

9. Planning

Maak een voorlopige hoofdstukindeling van je scriptie.

1. Inleiding
2. Aanleiding
3. Vooronderzoek

4. Analyse
5. Conceptontwikkeling
6. Afweging van de verschillende concepten en keuze voor een eindconcept
7. Proof of concept
8. Discussie
9. Conclusie
10. Referenties
11. Bijlagen

Maak een tijdplanning in weken en uren (haalbaarheid).

Vooronderzoek:	04-12-2015 tot 31-01-2016
Globale analyse:	07-12-2015 tot 10-12-2015
Eindanalyse:	01-02-2016 tot 15-02-2016
Conceptontwikkeling:	16-02-2016 tot 15-03-2016
Proof of Concept:	16-03-2016 tot 31-03-2016
Rapportage:	01-04-2016 tot 15-04-2016

Bijlage 2 Persoonlijke leerdoelen en evaluatie

Persoonlijke leerdoelen afstudeerfase

De leerdoelen voor de afstudeerfase dienen in overleg met de SLB docent te worden opgesteld.

Betrek hierbij nadrukkelijk de evaluaties van je twee stage-periodes.

Indien er in een tweetal wordt afgestudeerd dienen deze leerdoelen zodanig geformuleerd te zijn dat ze voor beide studenten afzonderlijk uitmonden in concreet toetsbare grootheden. Bij elk leerdoel dient aangegeven te worden aan welk facet van het afstudeerproject het behalen van het leerdoel afgemeten kan worden. Dit laatste houdt in dat de betreffende student voor dit concrete aspect van het afstudeerwerk tevens de primaire eindverantwoordelijkheid draagt.

Beroepsspecifieke competenties

Bewegingsanalyse (B1)	- De bewegingstechnoloog kan analyses uitvoeren (die van invloed zijn op ontwerp, realisatie en gedrag van een product, op een mogelijk advies en/of op een mogelijk onderzoek) <i>Eigen beoordeling: Ik kan analyseren maar ben geneigd snel op details in te zoomen en daar teveel tijd aan te besteden.</i> - Bewegingsregistratie: De bewegingstechnoloog kan met behulp van bewegingsregistratie technieken verschillende parameters op het terrein van bewegingen vastleggen, kwantificeren en analyseren; <i>Eigen beoordeling: Registratie gaat prima, mijn zwakke punt is het verwerken van de data met softwareprogramma's als Matlab.</i> - Modelanalyse: De bewegingstechnoloog kan met behulp van theoretische, biomechanische, fysische en of andere modellen bewegingen analyseren. <i>Eigen beoordeling: Gaat prima.</i>
Leerdoelen: - Zorgen dat het grotere geheel onderzocht is voor een betere analyse, om op de meest relevante details te kunnen inzoomen. Meer ervaring opdoen met programma's als Excel en SPSS om gegevens te verwerken. Het programma Matlab hierbij vermijden. Leerdoel van de opdracht: - Alle aspecten genoemd bij de analyse eerst duidelijk krijgen voordat ik op details ga inzoomen. In welk werkveld gaat welke rol uitgevoerd worden? Schrijf deze op. Gebruik Competentieprofiel BTeindversie voor details.	
Ontwerpen, vervaardigen en uitvoeren (B2)	De bewegingstechnoloog kan op basis van uit de analyse voortkomende eisen en wensen bewegingstechnologische producten ontwerpen en bestaande producten (her)ontwerpen. Deze producten dienen met name problemen m.b.t de menselijke houding en beweging op te lossen. De bewegingstechnoloog kan daarnaast betrokken worden bij de vervaardiging en assemblage

	• <i>Eigen beoordeling: Ik kan producten ontwerpen maar ben geneigd me te snel te focussen op een enkel concept ipv het ontwikkelen van meerdere concepten voordat ik me focus op een eindontwerp.</i> • De bewegingstechnoloog past de relevante principes toe op het terrein van ontwerp- en constructieleer, materiaalkennis en technisch tekenen; • <i>Eigen beoordeling: Ik ben onzeker over wat een bewegingstechnoloog precies hiervoor moet weten. Uit de praktijk weet ik dat bewegingstechnologen achter lijken te lopen in de benodigde kennis van materiaalkunde, constructieleer en technisch tekenen. Ontwerpleer lijkt wel goed te zijn in de praktijk en kan ik dit ook laten zien.</i> • De bewegingstechnoloog bepaalt met betrekking tot de veiligheid en het gedrag van een product de sterkte en stijfheid ervan met behulp van een modern software pakket. Ook kan hij m.b.v. dergelijke softwarepakketten de vormgeving optimaliseren. • <i>Eigen beoordeling: Ik kan met een softwarepakket als Solidworks aan bovenstaande eisen voldoen. Ik ben er ook zeker van dat ik na een korte leerperiode dit ook met andere softwarepakketten zou kunnen doen.</i>
Leerdoelen: • Meerdere gevarieerde concepten maken om hetzelfde probleem op te lossen voordat een keuze gemaakt wordt. • Tijdig op de hoogte zijn van wat de eisen van het bedrijf, specifiek voor het betreffende project, zijn voor ontwerpen, constructieleer, materiaalkunde en technisch tekenen zodat deze voor het bedrijf correct kunnen worden toegepast. • Zelfstandig de overstap maken van ontwerp naar prototype of product. Leerdoelen voor deze opdracht: • Meerdere gevarieerde concepten maken voor het meetinstrument voordat een keuze gemaakt wordt. • Tijdig op de hoogte zijn van wat de eisen van het bedrijf, specifiek voor het betreffende project, zijn voor ontwerpen, constructieleer, materiaalkunde en technisch tekenen zodat deze voor het bedrijf correct kunnen worden toegepast. • Zelfstandig de overstap maken van ontwerp naar proof of concept.	
Testen en onderzoeken (B3)	De bewegingstechnoloog kan op basis van een probleemstelling een onderzoek opzetten en uitvoeren op bewegingstechnologisch gebied. Dit kan hij zowel in de vorm van een theoretisch onderzoek (literatuurstudie en modelvorming) als in de vorm van een toegepast onderzoek (gebruikersonderzoek). <i>Eigen beoordeling: Dit gaat prima</i>

Leerdoelen: - Een onderzoek van tevoren controleren of het inderdaad op de juiste manier is opgesteld en de juiste uitkomst zal bieden. Leerdoelen voor deze opdracht: - Geen	
Adviseren en voorlichten (B4)	De bewegingstechnoloog kan adviseren en voorlichting geven over alle bewegingstechnologisch gerelateerde activiteiten, bewegingstechnologische producten en ontwerpen. <i>Eigen beoordeling: Hier heb ik niet veel ervaring mee</i>
Leerdoelen: - Ik kan mijn adviezen goed en overtuigend onderbouwen en presenteren aan betrokkenen. Leerdoelen voor deze opdracht: - Ik kan mijn proof of concept goed en overtuigend onderbouwen en presenteren aan betrokkenen.	
Coördineren en begeleiden (B5)	De bewegingstechnoloog kan multidisciplinaire teams, werkzaam aan vraagstukken van het menselijk bewegen, begeleiden en de werkzaamheden coördineren. <i>Eigen beoordeling: Ik heb geen ervaring in het coördineren en begeleiden van multidisciplinaire teams.</i>
Leerdoelen: - geen Leerdoelen voor deze opdracht: - geen	

Algemene beroepsgerichte competenties

Communicatie (A6)	- De bewegingstechnoloog kan zich goed mondeling en schriftelijk uitdrukken; <i>Eigen beoordeling: Ik kan mij schriftelijk redelijk uitdrukken. Mondeling gaat moeilijker.</i> - De bewegingstechnoloog kan een heldere rapportage (onderzoeksrapport, adviesprotocol, literatuurstudie e.d.) opstellen; <i>Eigen beoordeling: Dit gaat redelijk goed.</i> - De bewegingstechnoloog kan een literatuurstudie uitvoeren over een onderwerp dat verband houdt met het vakgebied. Tevens kan hij de belangrijkste conclusies uit dit onderzoek op een leesbare en gestructureerde manier op papier zetten. <i>Eigen beoordeling: Ik ben hier goed in.</i>
Leerdoelen: - OA gebaseerd op het gaande psychologisch onderzoek zullen deze leerdoelen gevormd worden om een betere communicatie te krijgen. Leerdoelen voor deze opdracht: - Komt nog	

ICT (A7)	- De bewegingstechnoloog kan binnen zijn werkzaamheden de vigerende techniek op het gebied van informatica effectief inzetten; <i>Eigen beoordeling: Tekenprogramma's gaat goed. Bij data verwerkingsprogramma's hangt het van het programma af of ik er goed mee overweg kan.</i> - De bewegingstechnoloog kan zelfstandig softwareprogramma's ontwikkelen en toepassen voor randapparatuur en bewegingstechnologische toepassingen; <i>Eigen beoordeling: Ik heb hier moeite mee</i> - De bewegingstechnoloog kan een op het doel en de doelgroep afgestemde presentatie op het vakgebied voorbereiden en houden, en weet daarbij effectief audiovisuele en overige media in te zetten. Hij kan hierbij gebruik maken van de belangrijkste ondersteunende software om een moderne multimedia presentatie te verzorgen; <i>Eigen beoordeling: Het ontwikkelen van de presentatie kost mij moeite. Het presenteren zelf gaat prima.</i> - De bewegingstechnoloog kan in zijn werk gebruik maken van internet en kan op efficiënte en effectieve wijze ook via andere bronnen informatie opzoeken en deze verwerken binnen zijn eigen kennisnetwerk. <i>Eigen beoordeling: Ik heb persoonlijk twijfels maar ervaring leert dat ik hier goed in ben.</i>
Leerdoelen: - Beter kunnen omgaan met verwerkingsprogramma's. - Beter in staat zijn zelfstandige softwareprogramma's te ontwikkelen en toepassen. (maar dit kan ik beter vermijden). - Beter in staat zijn een presentatie te ontwikkelen. Leerdoelen voor deze opdracht: - Voor deze opdracht is ICT niet relevant.	
Management (A8)	- De bewegingstechnoloog kan zijn eigen werk, projecten zelfstandig plannen, organiseren, coördineren en evalueren. Hij is flexibel en klantgericht in zijn gedrag en combineert doorzettingsvermogen en ondernemerschap om de vooraf bepaalde doelstelling(en) te bereiken; <i>Eigen beoordeling: Ik kan redelijk zelfstandig plannen etc. Het uitvoeren van die planning is een zwak punt. Ik ben zeer flexibel en klantgericht in mijn gedrag. Ik heb in de laatste jaren laten zien dat ik het doorzettingsvermogen heb om doelstellingen te halen.</i> - De bewegingstechnoloog kan een eigen netwerk binnen zijn vakgebied en hieraan gerelateerde vakgebieden opzetten en onderhouden. Hij kan daartoe communiceren, onderhandelen en samenwerken met personen afkomstig uit verschillende disciplines, o.a. (para)medisch, technisch en commercieel; <i>Eigen beoordeling: Ik heb hier weinig ervaring mee. Dit is zeker een ontwikkelpunt.</i>

	- De bewegingstechnoloog kan projecten en processen op het terrein van bewegingstechnologie managen. Hij kan daartoe werken binnen de kaders van projectmanagement, heeft een pragmatische projectaanpak en kan hierbinnen aan de hem toebedeelde rol invulling geven; <i>Eigen beoordeling: Ik ben hier redelijk in.</i> - De bewegingstechnoloog volgt de voor zijn werk relevante internationale ontwikkelingen op de voet en bezit een kennissysteem waarin hij de belangrijkste ontwikkeling kan opslaan en terugvinden. <i>Eigen beoordeling: Op het moment niet.</i>
Leerdoelen: - Beter in staat zijn een project volgens planning uit te voeren. - Beter in staat zijn een netwerk op te zetten en onderhouden. - Beter internationale ontwikkelingen volgen op het terrein van het project. Leerdoelen voor deze opdracht: - Het project goed volgens planning uitvoeren - Contacten leggen en onderhouden met relevante personen en instanties	

Persoonsgebonden competenties

Sociaal en communicatief functioneren (P9)	De bewegingstechnoloog kan effectief sociaal en communicatief functioneren in de multidisciplinaire beroepscontext. <i>Eigen beoordeling: Ik denk dat ik hier moeite mee heb. In de praktijk lijkt dit mee te vallen.</i>
Leerdoelen: - Leren te letten op de dingen die ik goed doe in mijn sociaal en communicatief functioneren. Leerdoelen voor deze opdracht: - Leren te letten op de dingen die ik goed doe in mijn sociaal en communicatief functioneren.	
Initiatief en aanpassingsvermogen (P10)	De bewegingstechnoloog toont initiatief, kan zich snel aanpassen aan veranderende werkomgevingen, en kan op basis van doorzettingsvermogen prestatiegericht werken. <i>Eigen beoordeling: Ik heb initiatief en kan redelijk omgaan met veranderende werkomgevingen en hier prestatiegericht mee blijven werken.</i>
Leerdoelen: - geen Leerdoelen voor deze opdracht: - geen	
Reflectie (P11)	De bewegingstechnoloog kan reflecteren op eigen gedrag om feedback te geven en te ontvangen. Het resultaat neemt hij mee in het handelen.

	• <i>Eigen beoordeling: Kan ik uitstekend. Ik doe het al jaren.</i> • De bewegingstechnoloog is zich bewust van zijn assertiviteit, creativiteit, consciëntieusheid en zijn sensitiviteit t.a.v. personen en omgeving. • <i>Eigen beoordeling: Mijn sensitiviteit t.a.v. personen en omgeving is niet goed ontwikkeld.</i> • De bewegingstechnoloog kan zijn leerervaringen helder verwoorden, kan leervragen voor zichzelf formuleren en nieuw verworven kennis en vaardigheden omzetten in leeractiviteiten. • <i>Eigen beoordeling: zie hierboven 😊</i>
Leerdoelen: • Tijdens het project mijn gedrag bijhouden en goede/slechte ervaringen opschrijven. Dan van deze ervaringen uitgaan om mijn gedrag verder te verbeteren. Leerdoelen voor deze opdracht: • Tijdens het project mijn gedrag bijhouden en goede/slechte ervaringen opschrijven. Dan van deze ervaringen uitgaan om mijn gedrag verder te verbeteren.	
Zelfstandig (P12)	De bewegingstechnoloog kan op een weloverwogen wijze zelfstandig oplossingsmethoden kiezen, toepassen en controleren. <i>Eigen beoordeling: Nog niet voldoende maar ik heb hier al veel verbetering in gebracht en verwacht meer verbetering te zien in de komende tijd.</i>
Leerdoelen: • Beter in staat zijn zelfstandig oplossingsmethoden te kiezen, toe te passen en controleren. Leerdoelen voor deze opdracht: • Zelfstandig oplossingsmethoden kiezen, toepassen en controleren.	
Carrière perspectief (P13)	De bewegingstechnoloog kan op beargumenteerde wijze een realistisch beeld schetsen van de beroepspraktijk en van zijn carrière perspectieven voor de nabije toekomst (vijf jaar). <i>Eigen beoordeling: Dit kan ik nog niet goed.</i>
Leerdoelen: • Tijdens het project uitzoeken waar mijn interesses en sterke kanten liggen om een beter beeld te krijgen van welke kant ik op wil in de beroepspraktijk. Leerdoelen voor deze opdracht: • Tijdens het project uitzoeken waar mijn interesses en sterke kanten liggen om een beter beeld te krijgen van welke kant ik op wil in de beroepspraktijk.	

Evaluatie leerdoelen

Hier volgt een evaluatie van bovenstaande beschreven leerdoelen.

Bewegingsanalyse (B1)

Leerdoel van de opdracht:

- Alle aspecten genoemd bij de analyse eerst duidelijk krijgen voordat ik op details ga inzoomen.

Ik heb nog steeds de neiging om op details in te gaan voordat ik de analyse afmaak. Ik heb hierdoor tijdens het maken van dit afstudeerproject sommige dingen van de analyse in eerste instantie te weinig aandacht gegeven.

Ontwerpen, vervaardigen en uitvoeren (B2)

Leerdoelen voor deze opdracht:

- Meerdere gevarieerde concepten maken voor het meetinstrument voordat een keuze gemaakt wordt.
- Tijdig op de hoogte zijn van wat de eisen van het bedrijf, specifiek voor het betreffende project, zijn voor ontwerpen, constructieleer, materiaalkunde en technisch tekenen zodat deze voor het bedrijf correct kunnen worden toegepast.
- Zelfstandig de overstap maken van ontwerp naar proof of concept.

Hoewel er meerdere gevarieerde concepten zijn gemaakt zijn veel ideeën hergebruikt om de concepten te maken. Ook was het moeilijk om de overstap te maken naar het proof of concept, waarbij ik verschillende malen aansporing nodig had om eraan te beginnen.

Adviseren en voorlichten (B4)

Leerdoelen voor deze opdracht:

- Ik kan mijn proof of concept goed en overtuigend onderbouwen en presenteren aan betrokkenen.

Ik heb vaak moeite gehad met het uitleggen van mijn proof-of-concepts. Ik had moeite om uit mijn woorden te komen en het goed te presenteren.

Communicatie (A6)

Leerdoelen:

- OA gebaseerd op het gaande psychologisch onderzoek zullen deze leerdoelen gevormd worden om een betere communicatie te krijgen.

Leerdoelen voor deze opdracht:

- Komt nog

Ik heb onder andere beter gereageerd op berichten door ze niet te lang te laten liggen en aan te geven dat ik het bericht heb ontvangen. Verder heb ik er werk van gemaakt om op tijd langs te komen. Wat mij met mate is gelukt is om meer vragen te stellen aan de mensen om mij heen en om hulp te vragen op zo'n manier dat ze mij ook hulp willen bieden.

Management (A8)

Leerdoelen voor deze opdracht:

- Het project goed volgens planning uitvoeren
- Contacten leggen en onderhouden met relevante personen en instanties

Ik kan niet plannen en het leggen en onderhouden van contacten is extreem moeizaam.

Sociaal en communicatief functioneren (P9)

Leerdoelen voor deze opdracht:

- Leren te letten op de dingen die ik goed doe in mijn sociaal en communicatief functioneren.

Door te letten en na te vragen naar de dingen die mensen om mij heen bezighielden waren zij vaak ook zeer bereid om mij te helpen of lieten zij interesse zien in mijn handelen. Dit gaf mij goede nieuwe ideeën en werd ik geholpen met oplossingen.

Reflectie (P11)

Leerdoelen voor deze opdracht:

- Tijdens het project mijn gedrag bijhouden en goede/slechte ervaringen opschrijven. Dan van deze ervaringen uitgaan om mijn gedrag verder te verbeteren.

Ik heb mijn ervaringen niet opgeschreven, maar in gesprekken met mijn begeleider wel bijgehouden. Zo laat ik meer interesse zien in de mensen om mij heen, durf ik meer vragen te stellen en kan ik beter omgaan met kritiek.

Zelfstandig (P12)

Leerdoelen voor deze opdracht:

- Zelfstandig oplossingsmethoden kiezen, toepassen en controleren.

Ik heb zelf oplossingsmethodes gekozen en toegepast, al heb ik hier af en toe hulp bij nodig gehad. Ik ben nog steeds slecht in het controleren van mijn eigen oplossingsmethoden en kan niet altijd inschatten of de gekozen methodes de juiste zijn.

Carrière perspectief (P13)

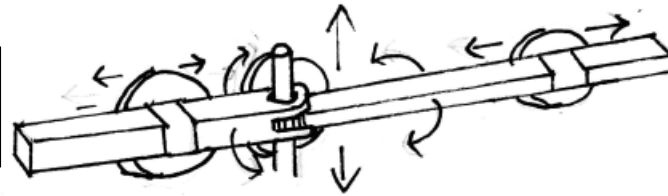
Leerdoelen voor deze opdracht:

- Tijdens het project uitzoeken waar mijn interesses en sterke kanten liggen om een beter beeld te krijgen van welke kant ik op wil in de beroepspraktijk.

Ik heb interesse in het ontwerpen en het bouwen, ondanks dat ik moeite heb om te beginnen met bouwen. In mijn eentje heb ik vaak moeite met het oplossen van problemen maar in gesprek met anderen kan ikzelf vaak de oplossing vinden.

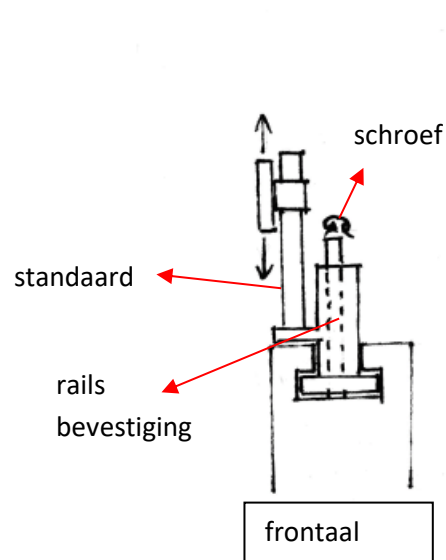
Bijlage 3 Detailschetsen

Detailschets 1A

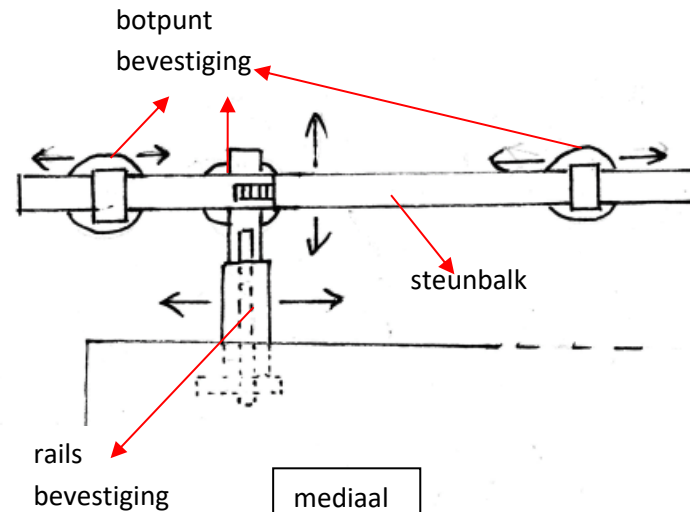


Isometrisch

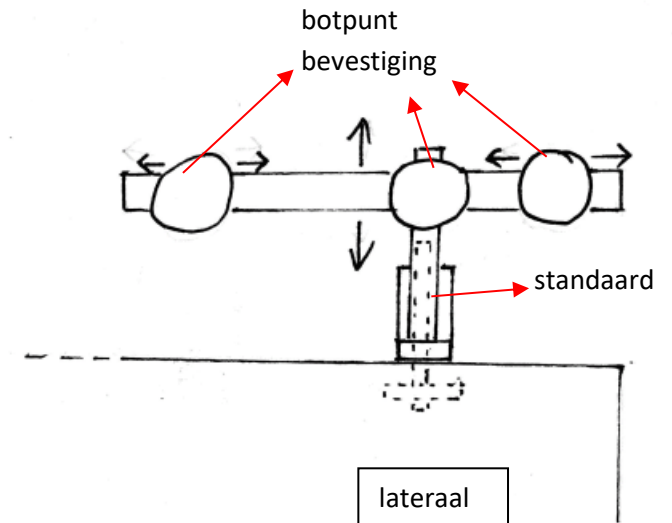
- Hallux valgus meetinstrument. Ingebouwd op de zijplaat met rails.
- Het instrument kan over de rails verschoven worden en op de juiste hoogte worden vastgezet met de schroef.
- De steunbalk kan in hoogte versteld worden over de standaard en wordt op de juiste hoogte gehouden door de botpunt bevestiging (plakkers).



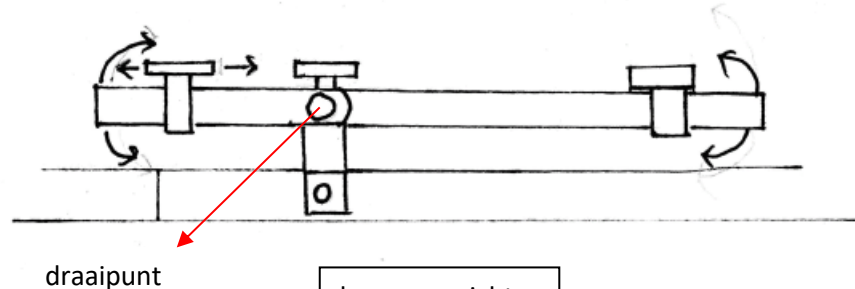
frontaal



mediaal

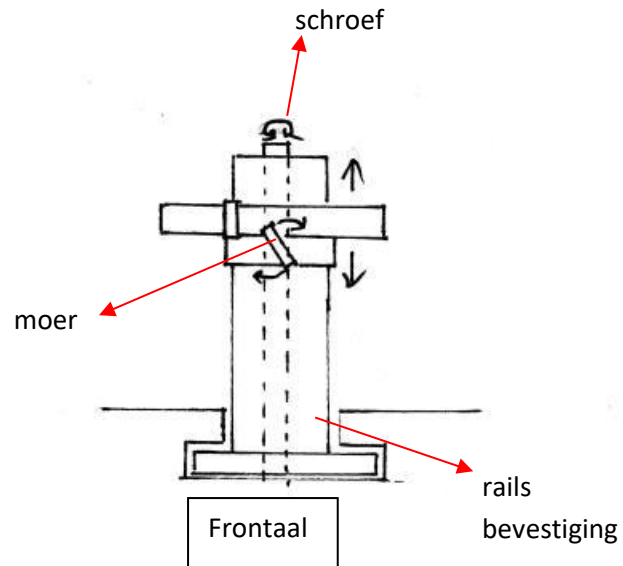


lateraal

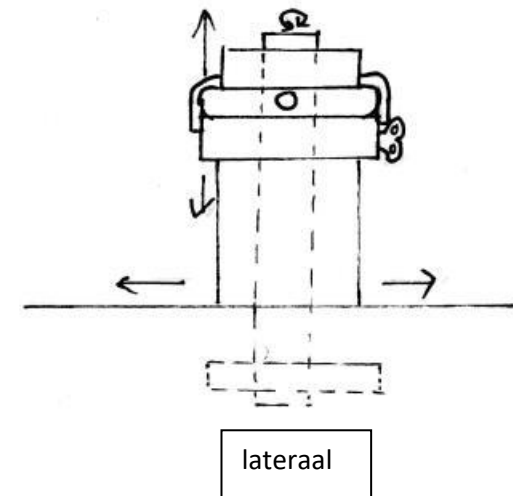
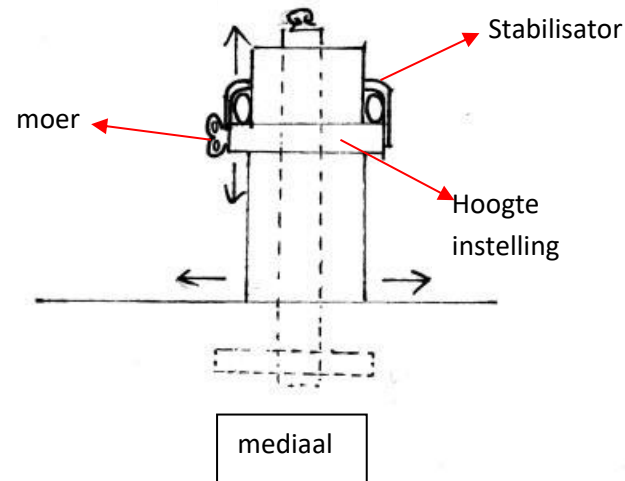
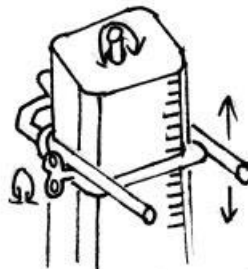


bovenaanzicht

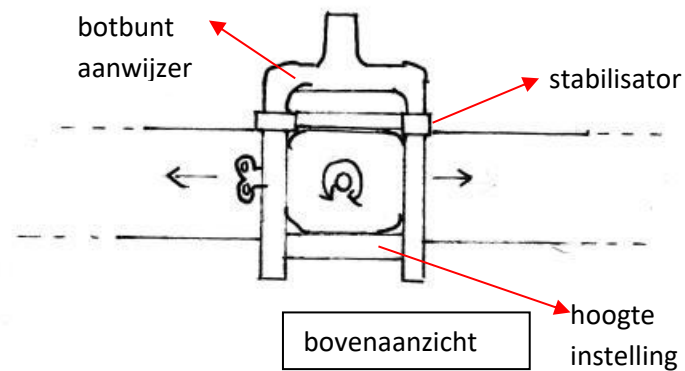
Detailschets 1B



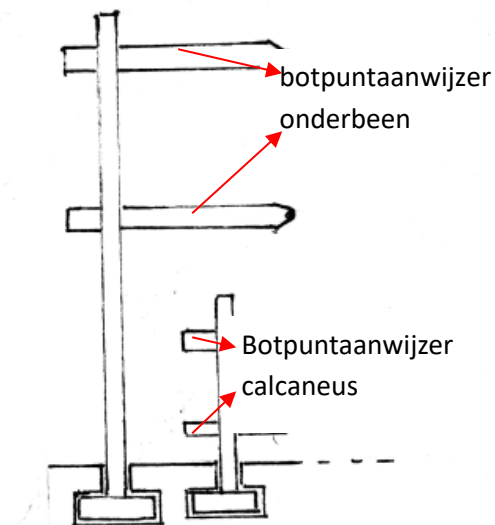
isometrisch



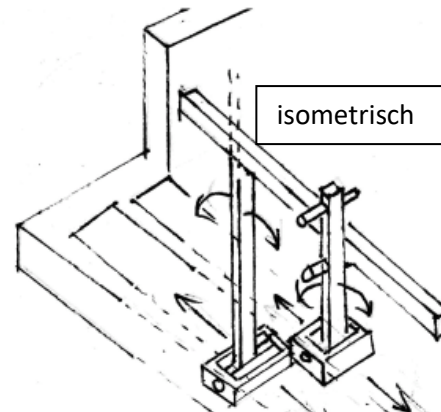
- Os naviculaire meetinstrument. Ingebouwd op de zijplaat met rails.
- Het instrument kan over de rails verschoven worden en op de juiste hoogte worden vastgezet met de schroef.
- Met de moer kan de hoogte-instelling worden vastgezet op de juiste hoogte.
- Op de hoogte-instelling ligt de botpuntaanwijzer die tegen het te meten punt van de os naviculaire wordt gezet.
- De stabilisator voorkomt dat de botpuntaanwijzer kantelt



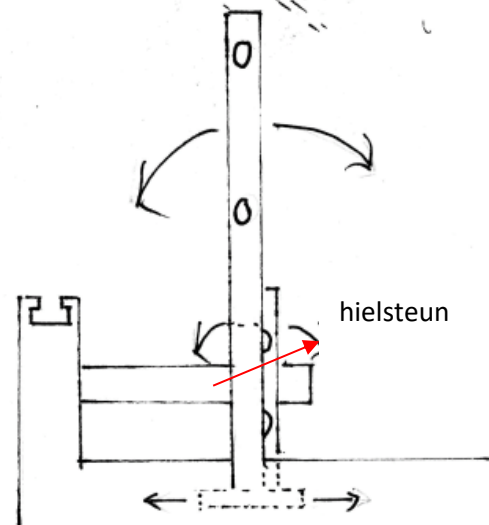
Detailschets 1C



lateraal

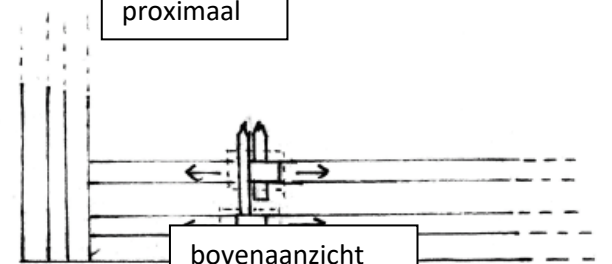


isometrisch



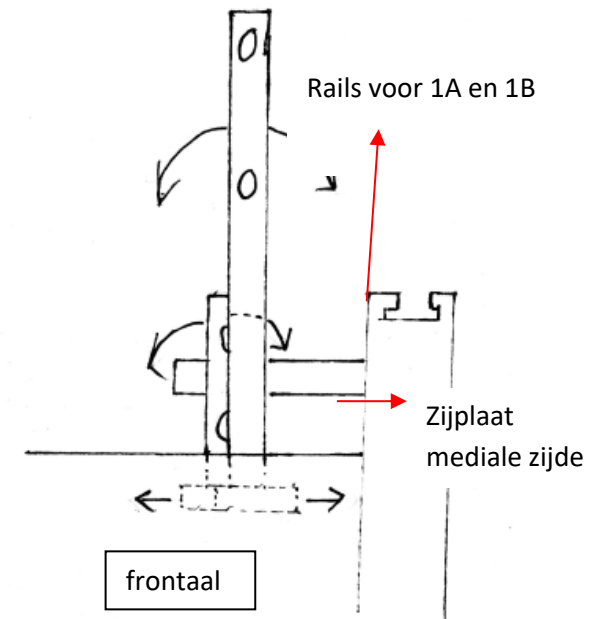
hielsteun

proximaal



bovenaanzicht

- Os calcaneus meetinstrument. Ingebouwd op de achterkant van de grondplaat.
- Het instrument kan over de rails verschoven worden. Bij herpositioneren van de voet beweegt dit mee, zodat er geen nieuwe handeling nodig is om te meten.
- Op de hoogte instelling ligt de botpuntaanwijzer die tegen het te meten punt van de os Naviculare wordt gezet.



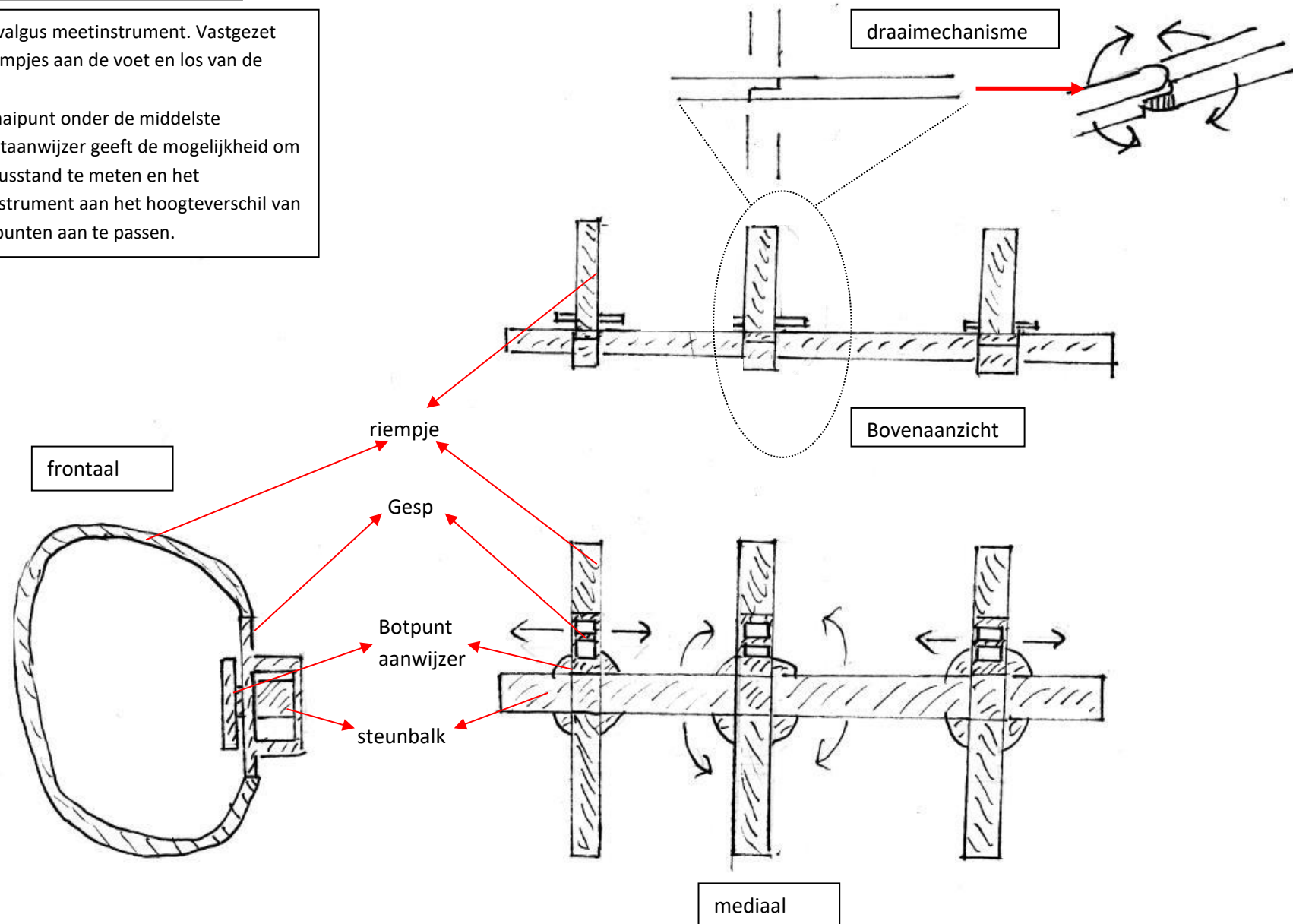
Rails voor 1A en 1B

Zijplaat mediale zijde

frontaal

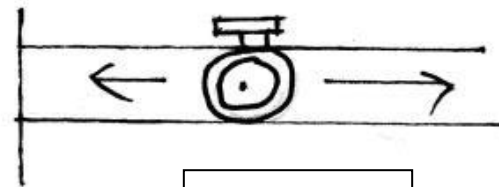
Detailschets 2A

- Hallux valgus meetinstrument. Vastgezet met riempjes aan de voet en los van de rails.
- Een draaipunt onder de middelste botpuntaanwijzer geeft de mogelijkheid om de valgusstand te meten en het meetinstrument aan het hoogteverschil van de botpunten aan te passen.

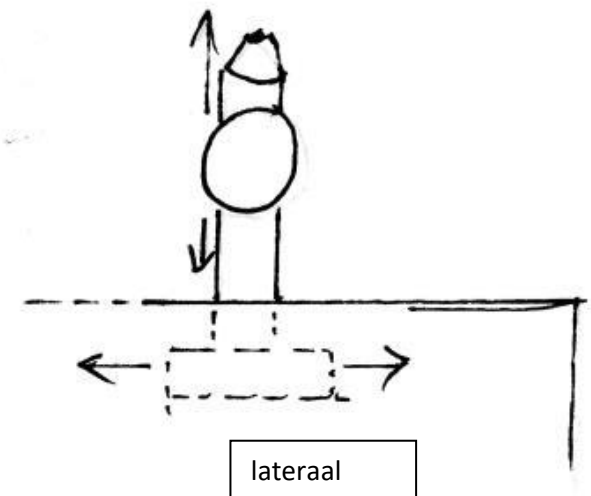
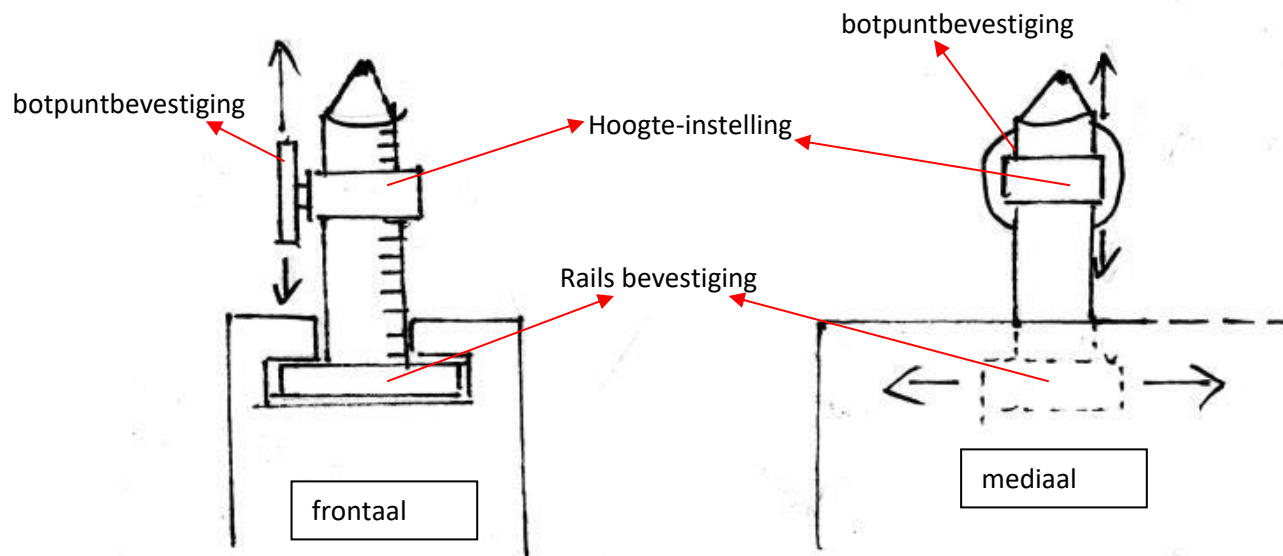


Detailschets 2B

- Os naviculare meetinstrument. Ingebouwd op de zijplaat met rails, waarover het instrument kan schuiven.
- Aan de hoogte-instelling zit de botpuntbevestiging vast.

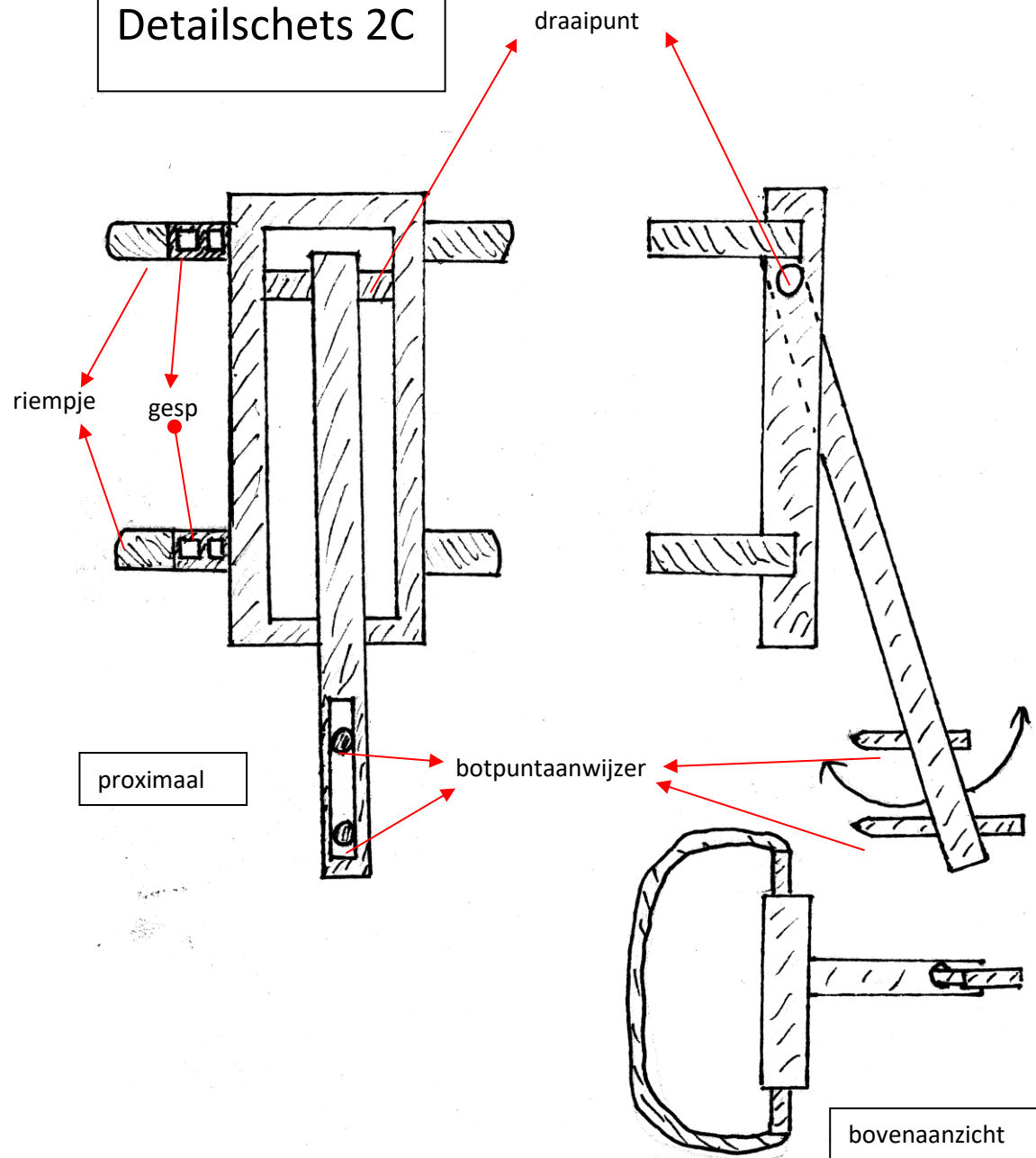


bovenaanzicht



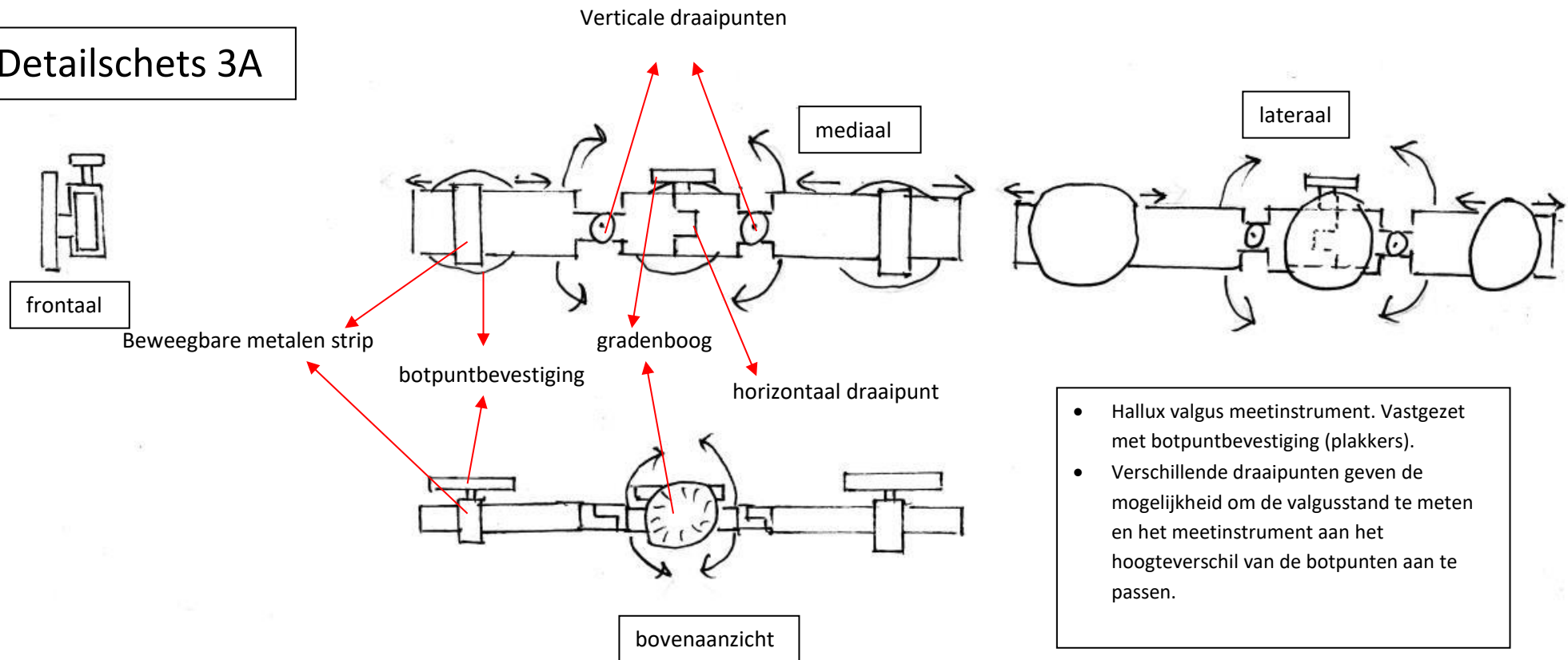
lateraal

Detailschets 2C



- Os calcaneus meetinstrument. Zit met riempjes vast op het onderbeen en hiel, los van de grondplaat
- Dit meetinstrument bestaat uit 2 aparte delen. Het grote onderdeel met draaipunt wordt op het onderbeen bevestigd om de stand van het achterbeen te bepalen. Het kleine onderdeel wordt tegelijkertijd op de hiel geplaatst om de stand van de calcaneus te bepalen.

Detailschets 3A

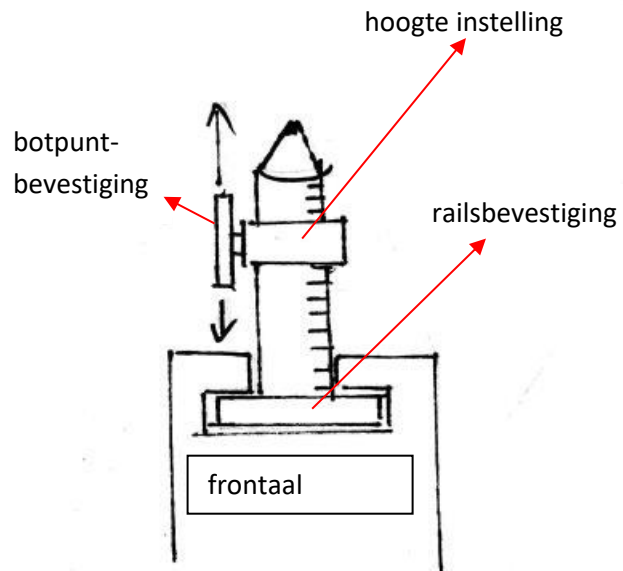


Detailschets 3B

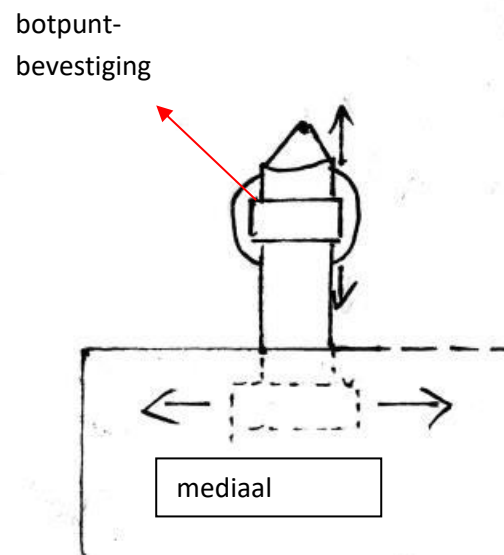
- Os naviculare meetinstrument. Ingebouwd op de zijplaat met rails, waarover het instrument kan schuiven.
- Aan de hoogte-instelling zit de botpuntbevestiging vast.



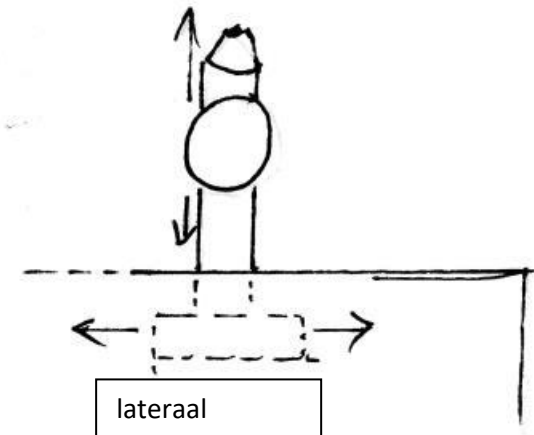
bovenaanzicht



frontaal



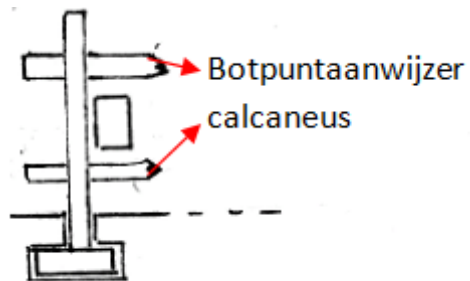
mediaal



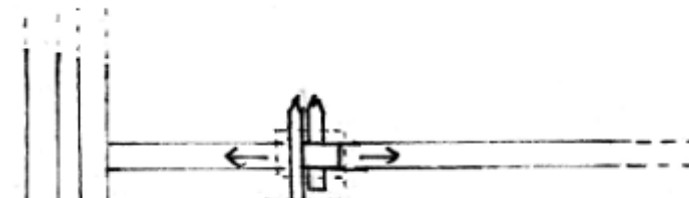
lateraal

Detailschets 3C

- Os calcaneus meetinstrument. Het onderbeengedeelte zit met riempjes vast. Het hiel gedeelte zit verwerkt in de grondplaat.
- Dit meetinstrument bestaat uit 2 aparte delen. Het grote onderdeel met draaipunt wordt op het onderbeen bevestigd om de stand van het achterbeen te bepalen. Het kleine onderdeel wordt tegelijkertijd op de hiel geplaatst om de stand van de calcaneus te bepalen.

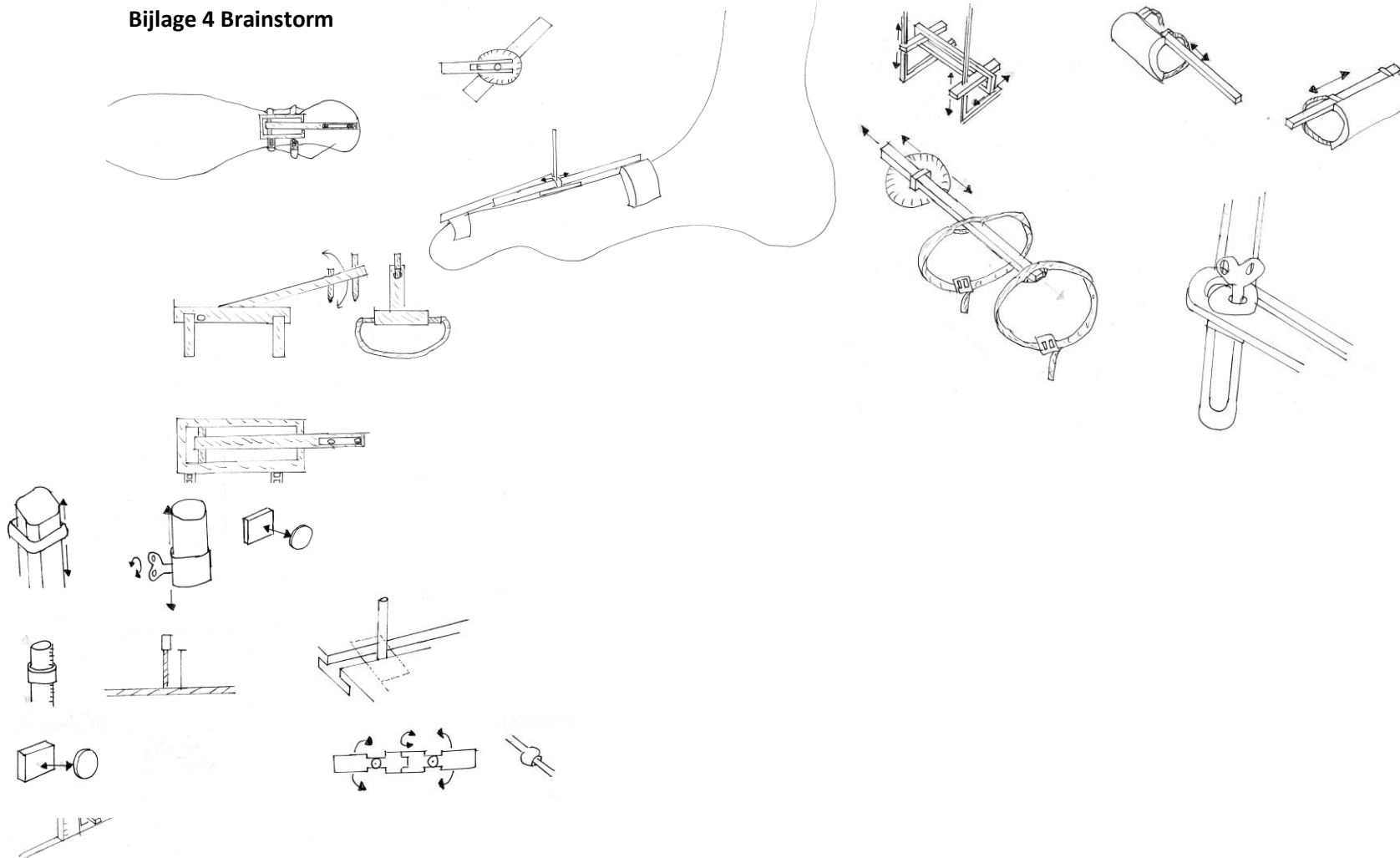


mediaal



bovenaanzicht calcaneus

Bijlage 4 Brainstorm



Bijlage 5 Testprotocol

Het doel van dit protocol is om de gebruikers te instrueren over het gebruik van het meetinstrument en te zorgen dat elke meting zo betrouwbaar mogelijk wordt uitgevoerd.

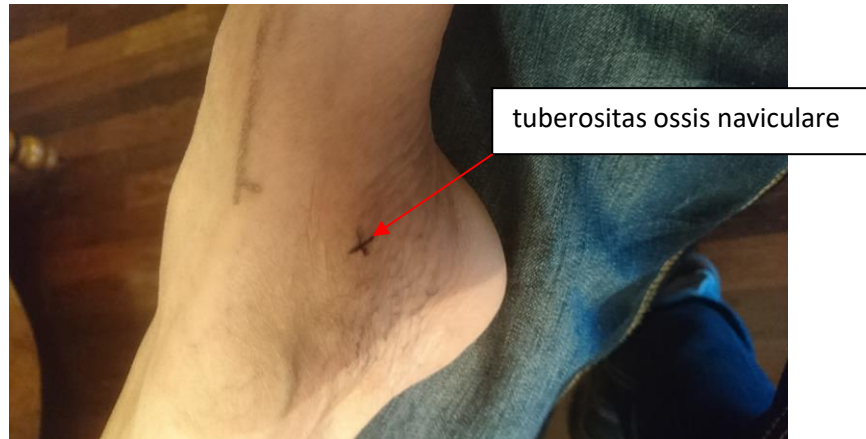
Benodigdheden.

- Een in hoogte verstelbare stoel.
- Een niet-watervast oogpotlood om de huid te kunnen markeren
- Dubbelzijdige tape, bruikbaar op de huid
- Een vlakke ondergrond, zo nodig een eigen ondergrond meenemen
- Het meetinstrument
- Beide bisectie meetinstrumenten.
- Voor jongere proefpersonen iets lekkers klaar hebben liggen voor achteraf.

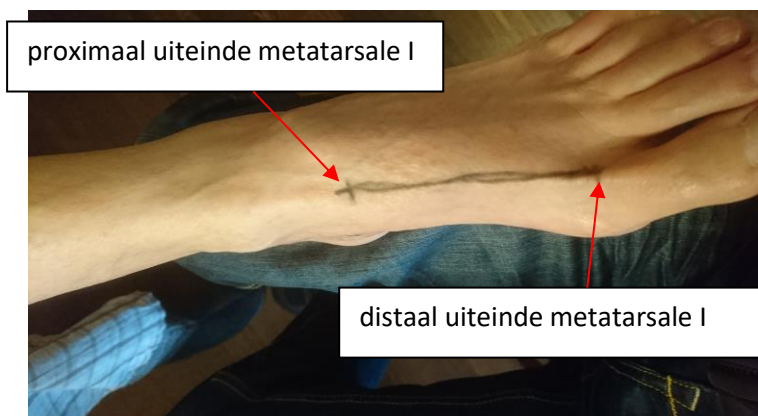
Uitvoer.

- Instructie van de proefpersoon voor je begint met meten.
 - Vertel de proefpersoon om plaats te nemen op de verstelbare stoel
 - Laat het meetinstrument zien en leg uit wat er gaat gebeuren
 - Vertel dat er op de huid van de proefpersoon getekend gaat worden met een afwasbaar potlood.
 - Vertel dat tijdens de meting de voet continue ontspannen en volledig plat op de ondergrond moet blijven. De proefpersoon zal tijdens de test zijn voet heen en weer gaan bewegen. Tijdens deze beweging moet de voet ook volledig plat en ontspannen blijven liggen.
- Laat de proefpersoon zijn broek opstropen of uittrekken zodat het onderbeen goed te zien is.
- Plaats met het oogpotlood markers op de botpunten.
 - 1 marker wordt geplaatst op de tuberositas ossis naviculare. Deze is te vinden aan de mediale onderrand van de os naviculare, ongeveer halverwege de afstand tussen de tuber calcanei en het caput van het os metatarsale I (Anatomie in vivo van het bewegingsapparaat pagina 224-225, B.J. Gerritsen, Y.F. Heerkens). Ter oriëntatie kan ook een verticale lijn langs de voorzijde van de malleolus medialis gebruikt worden. De tuberositas ligt hier ongeveer een vingerbreedte voor. Bij actieve supinatiestand biedt de pees van de m.tibialis anterior ook een handig oriëntatiepunt, deze loopt

iets boven de tuberositas ossis navicularis.

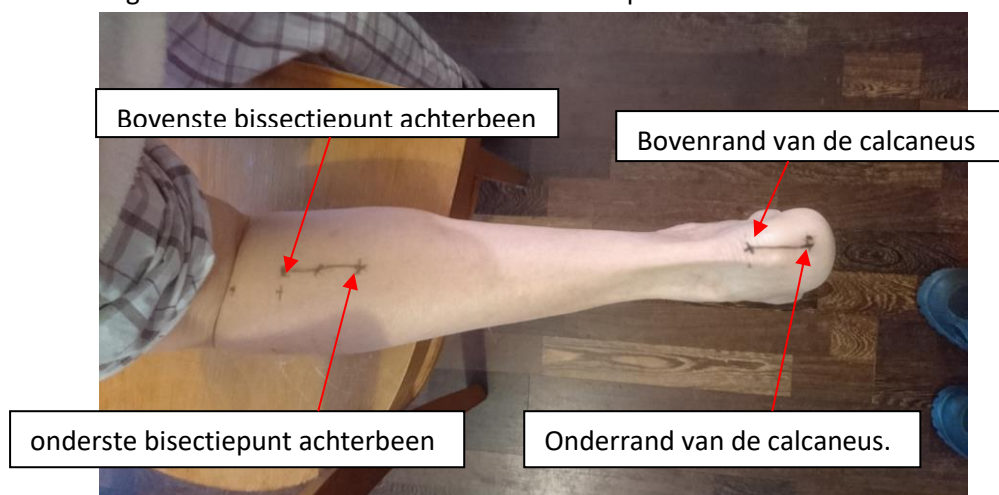


- De metatarsale 1 wordt over de lengte gemarkeerd. Deze is te vinden door de voet te supineren en de extensor hallucis longus te volgen. Bij de gewrichtsspleet van de os cuneiforme mediale en de metatarsale I, ongeveer 1 cm verder dan de tuberositas ossis naviculare, loopt de pees iets lateraal van het midden van de os metatarsale I. Er kan dus een markering geplaatst worden net mediaal van de pees van de hallucis longus op deze hoogte, dit is het proximale punt van de os metatarsale I. De andere markering wordt geplaatst op het midden van de gewrichtsspleet van de os metatarsale I en de Hallucis dit kan gevonden worden door flectie van de tenen uit te voeren. De 'knokkels' die dan zichtbaar zijn, zijn de kopjes van de ossa metatarsi. Door de vingers naast de extensorpezen te plaatsen kan de gewrichtsspleet gepalpeerd worden, waarna er op de pees ter hoogte van de gewrichtsspleet een markering wordt gemaakt met het oogpotlood. Dit is het distale einde van de os metatarsale I. Daarna worden de distale en proximale markeringen met elkaar verbonden met een lijn.



- De calcaneus en het achterbeen worden beide gemarkeerd. Bij de calcaneus wordt tijdens een ontspannen tendo calcaneus het bisectie meetinstrument op de bovenste randen van het dorsale plateau van de calcaneus geplaatst, waar het middelstuk van het bisectieinstrument wijst wordt een markering gezet. Op de onderste rand van de calcaneus moet de markering op 60% afstand van de mediale zijde van de voet geplaatst worden. Hiervoor is de bisectielat. Plaats eerst het 'normale' bisectieinstrument tegen de laterale en mediale zijde van de voet en

markeer het midden. Plaats daarna de bisectielat tegen de achterzijde van de voet waarbij het midden van de bisectielat voor de markering wordt geplaatst(foto?), let hierbij erop dat de tekst 'mediaal' en 'lateraal' die op de bisectielat staan aan de juiste zijde van de voet staan. Plaats het oogpotlood in het gat van de bisectielat en markeer de voet. Trek meteen een lijn tussen de laatste markering en de markering van de bovenrand zodat er niet vergist kan worden in de onderste markeringen. Hierna wordt het achterbeen gebisectioneerd. Plaats het bisectieinstrument twee maal op het achterbeen ter hoogte van het midden van de gastrocnemius en ongeveer 5 cm daaronder en markeer beide punten.



- Bevestig het meetinstrument.
 - Plaats als eerste het hallux meetinstrument op de voet. Het onderdeel met klitteband komt over de os metatarsale I. Als het klitteband over de markering van de tuberositas ossis naviculare loopt moet het klitteband eerst verplaatst worden naar een andere sleuf. Maak het instrument vast met het klitteband. Zorg dat het midden van de gradenboog zich bevindt boven de proximale gewrichtsspleet van de os metatarsale I.
 - Plaats daarna de brace-onderdelen van het achterbeen op het achterbeen. Zorg dat het midden van de brace-onderdelen boven de markeringen uitkomen. Verbind de brace-onderdelen met de lat. Plaats daarna de calcaneus brace-onderdelen op de hiel en verbind ze met de bijgegeven lat.
 - Als laatste wordt de voet op de basis geplaatst. Plaats het os naviculare meetinstrument aan de mediale zijde van de voet in de aanwezige rails. Plaats een stukje dubbelzijdig tape op de tuberositas ossis naviculare en plaats het bevestigingspalletje op de dubbelzijdige tape.
- Voer de meting uit
 - Plaats de voet in de gewenste positie.
 - Meet de hallux. Plaats hiervoor het hallux gedeelte boven de grote teen en lees de gradenboog af. Zorg hierbij dat je loodrecht op de gradenboog kijkt.

- Meet de hiel met de gradenboog. Plaats hierbij de gradenboog in de sleuf van de lat. Zorg dat het centrum van de gradenboog op dezelfde hoogte is als de bovenrand van de basis. Plaats daarna de horizontaal (foto) tegen de gradenboog en lees af waar de onderrand tegen de gradenboog komt.
- Lees de os naviculare af door de hoogte af te lezen van de onderrand van het meetpalletje.
- Vul alle gegevens in, zie schema op volgende pagina.

Datum: _____

Gegevens proefpersoon:

leeftijd: _____

Geslacht: m/v

Opmerkingen:

	Hallux Valgus links	Os Naviculare links	Calcaneus achterbeen links	Calcaneus hiel links	Hallux Valgus rechts	Os Naviculare rechts	Calcaneus achterbeen rechts	Calcaneus hiel rechts
Midden	Graden Vermeld hierbij of het om een varus of valgus stand gaat	mm	graden	graden	Graden	mm	graden	graden
Voren	graden	mm	graden	graden	graden	mm	graden	graden
Achteren	graden	mm	graden	graden	graden	mm	graden	graden
Lateraal	graden	mm	graden	graden	graden	mm	graden	graden
Lateraal naar voren	graden	mm	graden	graden	graden	mm	graden	graden
Lateraal naar achteren	graden	mm	graden	graden	graden	mm	graden	graden
Mediaal	graden	mm	graden	graden	graden	mm	graden	graden
Mediaal naar voren	graden	mm	graden	graden	graden	mm	graden	graden
Mediaal naar achteren	graden	mm	graden	graden	graden	mm	graden	graden

De verkregen gegevens van evaluatie 1, prototype 1:

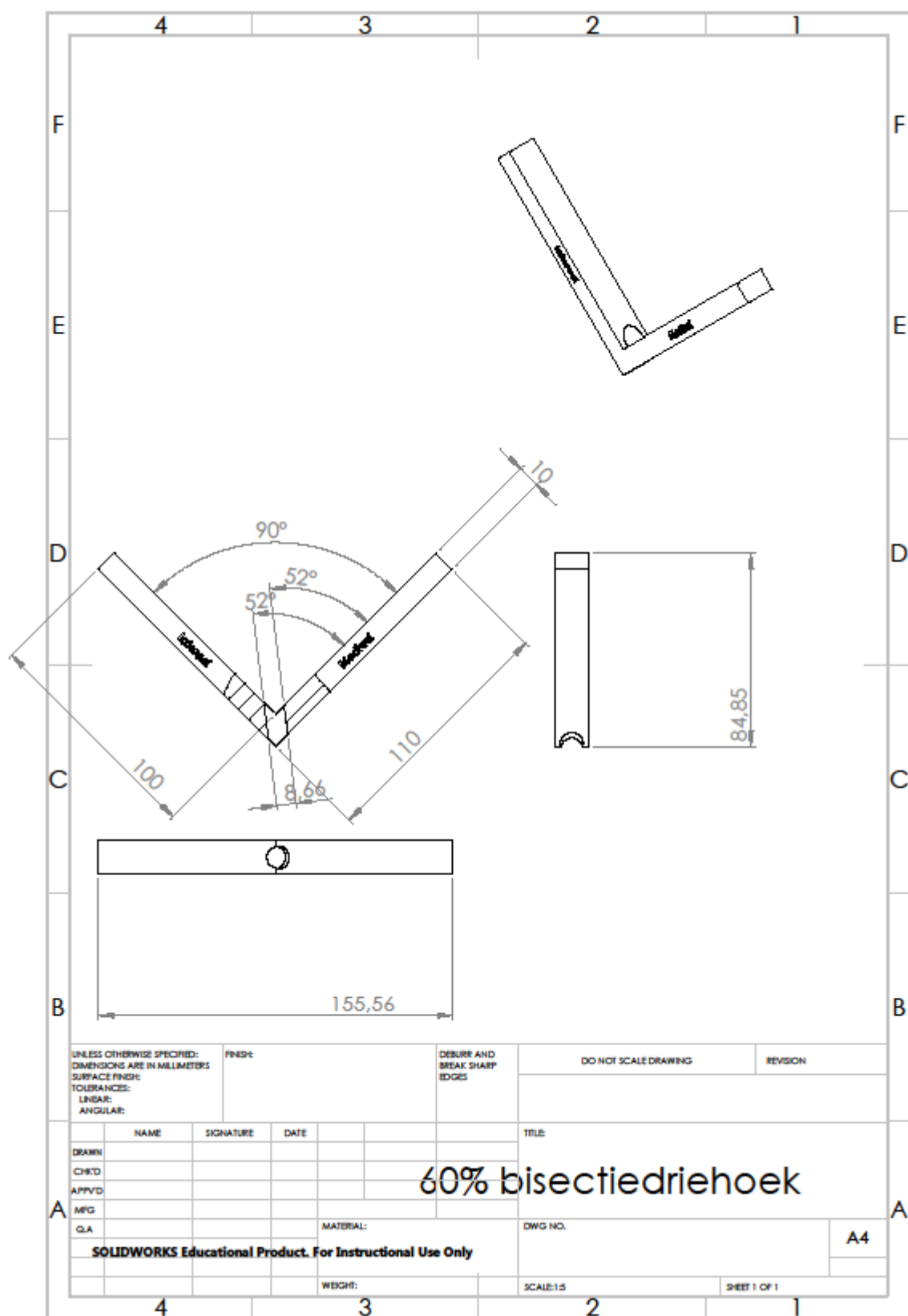
Tabel 11 Uitkomstgegevens van de Hallux Valgus

positie↓	Rechtervoet proefpersoon 1	Linkervoet proefpersoon 1	Rechtervoet proefpersoon 2	Linkervoet proefpersoon 2
Midden	30 graden	12 graden	22 graden	11 graden
Mediaal	14 graden	14 graden	30 graden	13 graden
Lateraal	23 graden	11 graden	20 graden	20 graden
Naar voren	18 graden	11 graden	23 graden	14 graden
Naar achteren	22 graden	18 graden	19 graden	12 graden

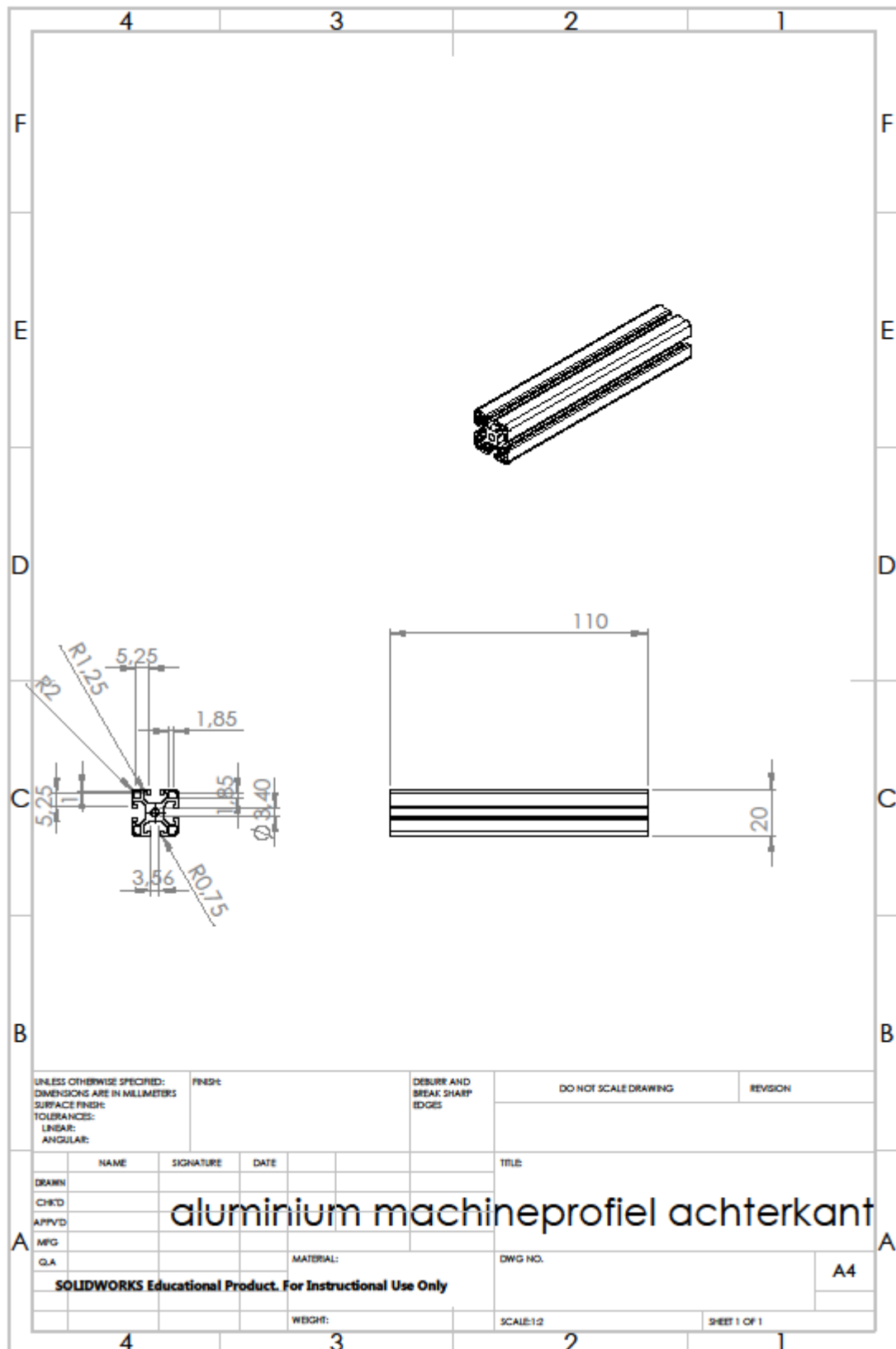
Tabel 12 Uitkomstgegevens van de Os Naviculare

positie↓	Rechtervoet proefpersoon 1	Linkervoet proefpersoon 1	Rechtervoet proefpersoon 2	Linkervoet proefpersoon 2
Midden	37mm	30mm	52mm	55mm
Mediaal	37mm	36mm	64mm	56mm
Lateraal	35mm	29mm	54mm	30mm
Naar voren	36mm	31mm	59mm	56mm
Naar achteren	35mm	30mm	55mm	46mm

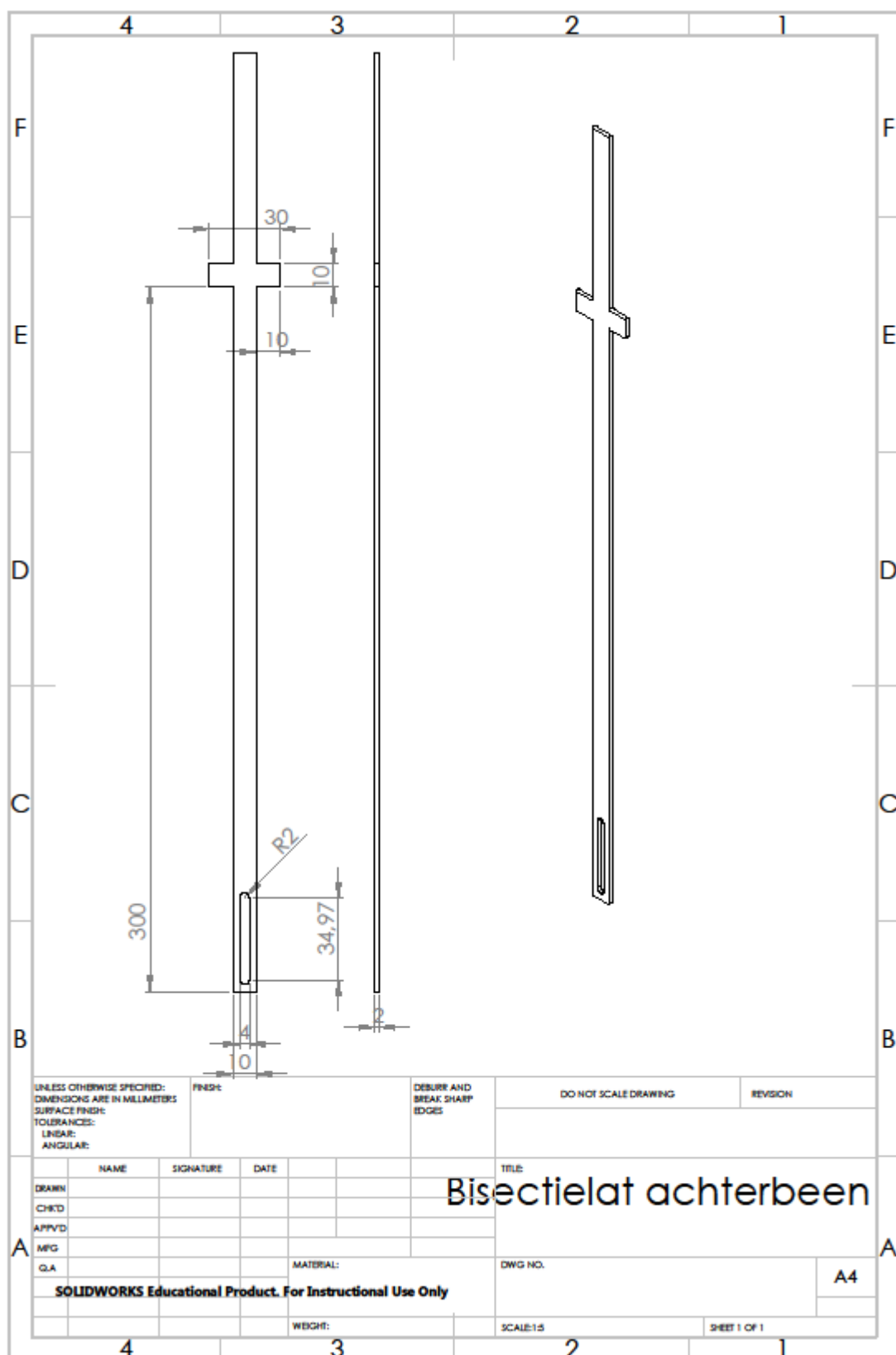
Bijlage 6 bouwtekeningen



4				3				2				1																																																			
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:				FINISH:				DEBURR AND BREAK SHARP EDGES				DO NOT SCALE DRAWING				REVISION																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 10%;">NAME</th> <th style="width: 15%;">SIGNATURE</th> <th style="width: 10%;">DATE</th> <th style="width: 10%;"> </th> <th style="width: 10%;"> </th> <th style="width: 10%;"> </th> <th style="width: 10%;"> </th> <th style="width: 10%;"> </th> </tr> <tr> <td>DESIGN</td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td>CHK'D</td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td>APP'D</td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td>MFG</td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Q.A</td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>								NAME	SIGNATURE	DATE						DESIGN								CHK'D								APP'D								MFG								Q.A								TITLE: polycarbonaat support struts							
NAME	SIGNATURE	DATE																																																													
DESIGN																																																															
CHK'D																																																															
APP'D																																																															
MFG																																																															
Q.A																																																															
MATERIAL:								DWG NO.																																																							
WEIGHT:								SCALE: 1:2																																																							
SHEET 1 OF 1								A4																																																							
4				3				2				1																																																			

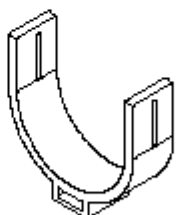
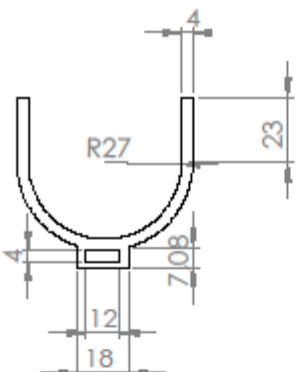
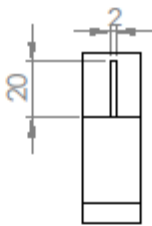


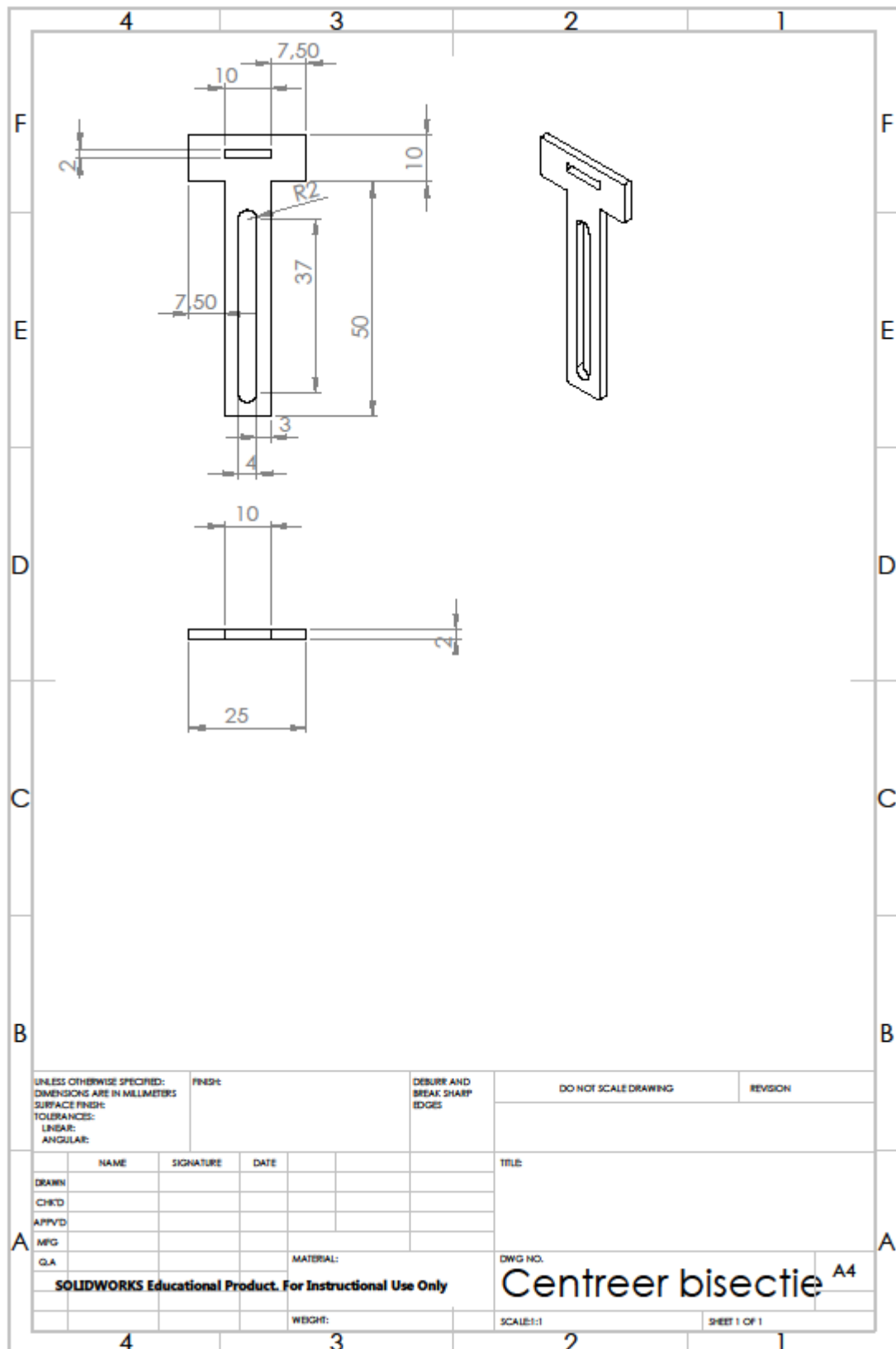
4	3	2	1																																							
F				F																																						
E				E																																						
D				D																																						
C				C																																						
B	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR: FINISH: DEBURR AND BREAK SHARP EDGES DO NOT SCALE DRAWING REVISION <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">NAME</td> <td style="width: 15%;">SIGNATURE</td> <td style="width: 15%;">DATE</td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td rowspan="5" style="width: 40%; text-align: center; vertical-align: middle;"> TITLE: bisectie arm </td> </tr> <tr> <td>DESIGN</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CHKD</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>APPVD</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>MFG</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Q.A</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td> MATERIAL: DWG NO. SCALE: 2:1 SHEET 1 OF 1 </td> </tr> </table> SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only			NAME	SIGNATURE	DATE				TITLE: bisectie arm	DESIGN						CHKD						APPVD						MFG						Q.A						MATERIAL: DWG NO. SCALE: 2:1 SHEET 1 OF 1	B
NAME				SIGNATURE	DATE				TITLE: bisectie arm																																	
DESIGN																																										
CHKD																																										
APPVD																																										
MFG																																										
Q.A						MATERIAL: DWG NO. SCALE: 2:1 SHEET 1 OF 1																																				
A	A																																									
4	3	2	1																																							

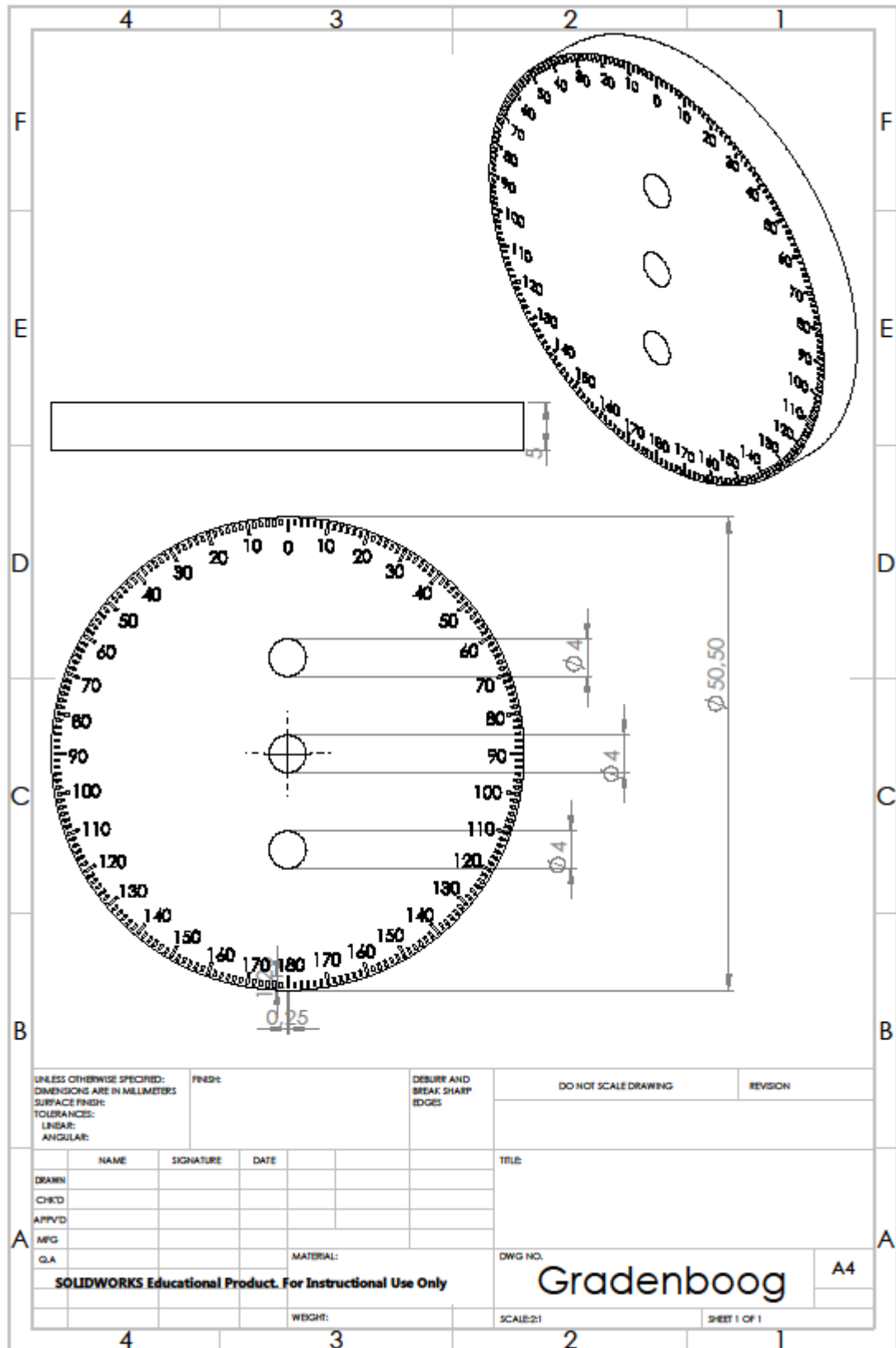


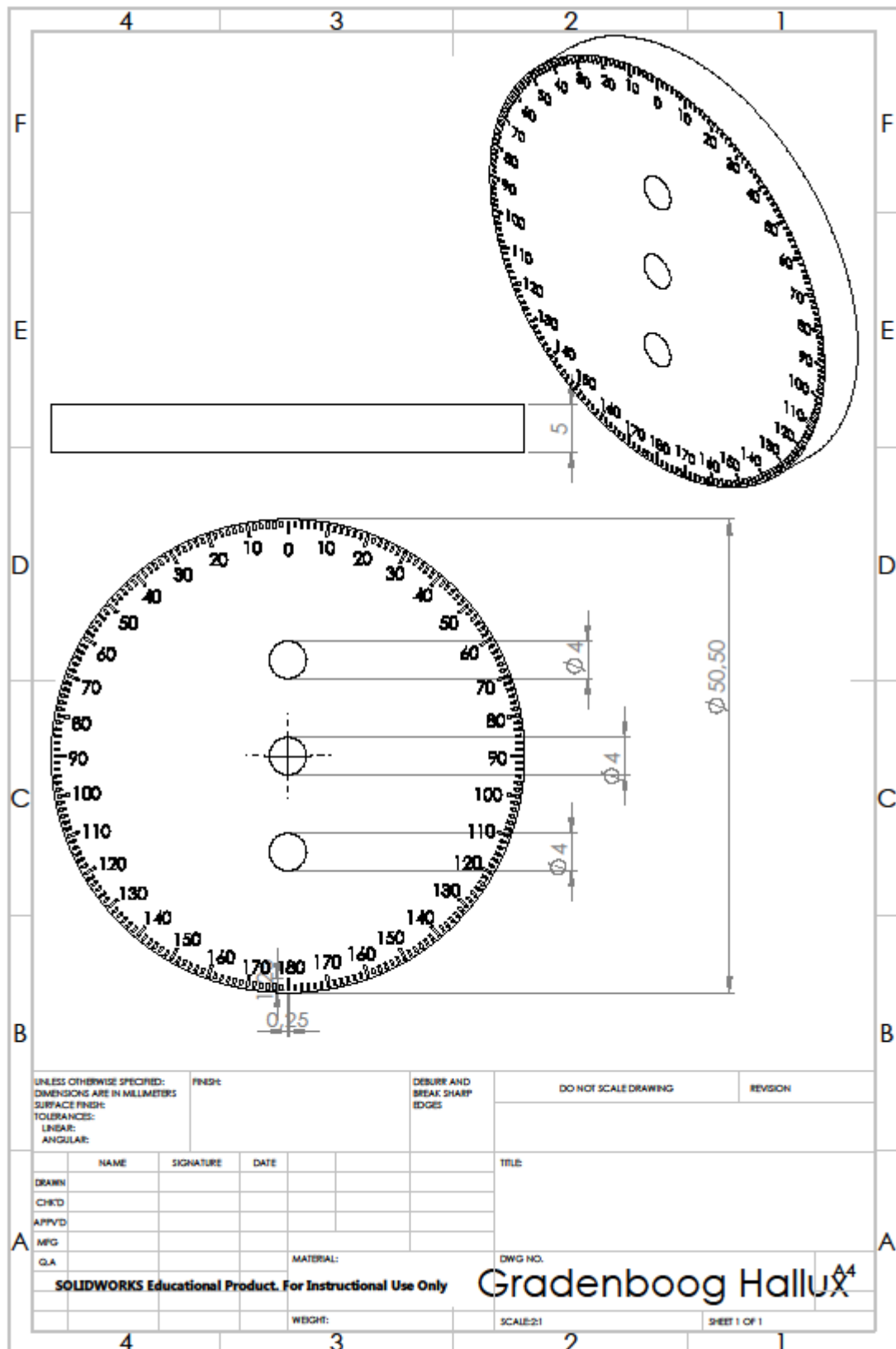
4	3	2	1																								
F			F																								
E			E																								
D			D																								
C			C																								
B			B																								
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:	DEBURR AND BREAK SHARP EDGES																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 10%;">NAME</th> <th style="width: 10%;">SIGNATURE</th> <th style="width: 10%;">DATE</th> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>		NAME	SIGNATURE	DATE													<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">DO NOT SCALE DRAWING</td> <td style="width: 50%;">REVISION</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="height: 40px;"> </td> </tr> </table>		DO NOT SCALE DRAWING	REVISION							
NAME	SIGNATURE	DATE																									
DO NOT SCALE DRAWING	REVISION																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">DRAWN</td> <td style="width: 10%;">NAME</td> <td style="width: 10%;">SIGNATURE</td> <td style="width: 10%;">DATE</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>		DRAWN	NAME	SIGNATURE	DATE																	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">TITLE</td> <td style="width: 50%;"> </td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="height: 40px;"> </td> </tr> </table>		TITLE			
DRAWN	NAME	SIGNATURE	DATE																								
TITLE																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">MFG</td> <td style="width: 10%;">NAME</td> <td style="width: 10%;">SIGNATURE</td> <td style="width: 10%;">DATE</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>		MFG	NAME	SIGNATURE	DATE													<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">MATERIAL:</td> <td style="width: 50%;">DWG NO.</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="height: 40px;"> </td> </tr> </table>		MATERIAL:	DWG NO.						
MFG	NAME	SIGNATURE	DATE																								
MATERIAL:	DWG NO.																										
SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only		A4																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">WEIGHT:</td> <td style="width: 10%;"> </td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="height: 40px;"> </td> </tr> </table>		WEIGHT:				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">SCALE: 1:2</td> <td style="width: 50%;">SHEET 1 OF 1</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="height: 40px;"> </td> </tr> </table>		SCALE: 1:2	SHEET 1 OF 1																		
WEIGHT:																											
SCALE: 1:2	SHEET 1 OF 1																										
4	3	2	1																								
A			A																								

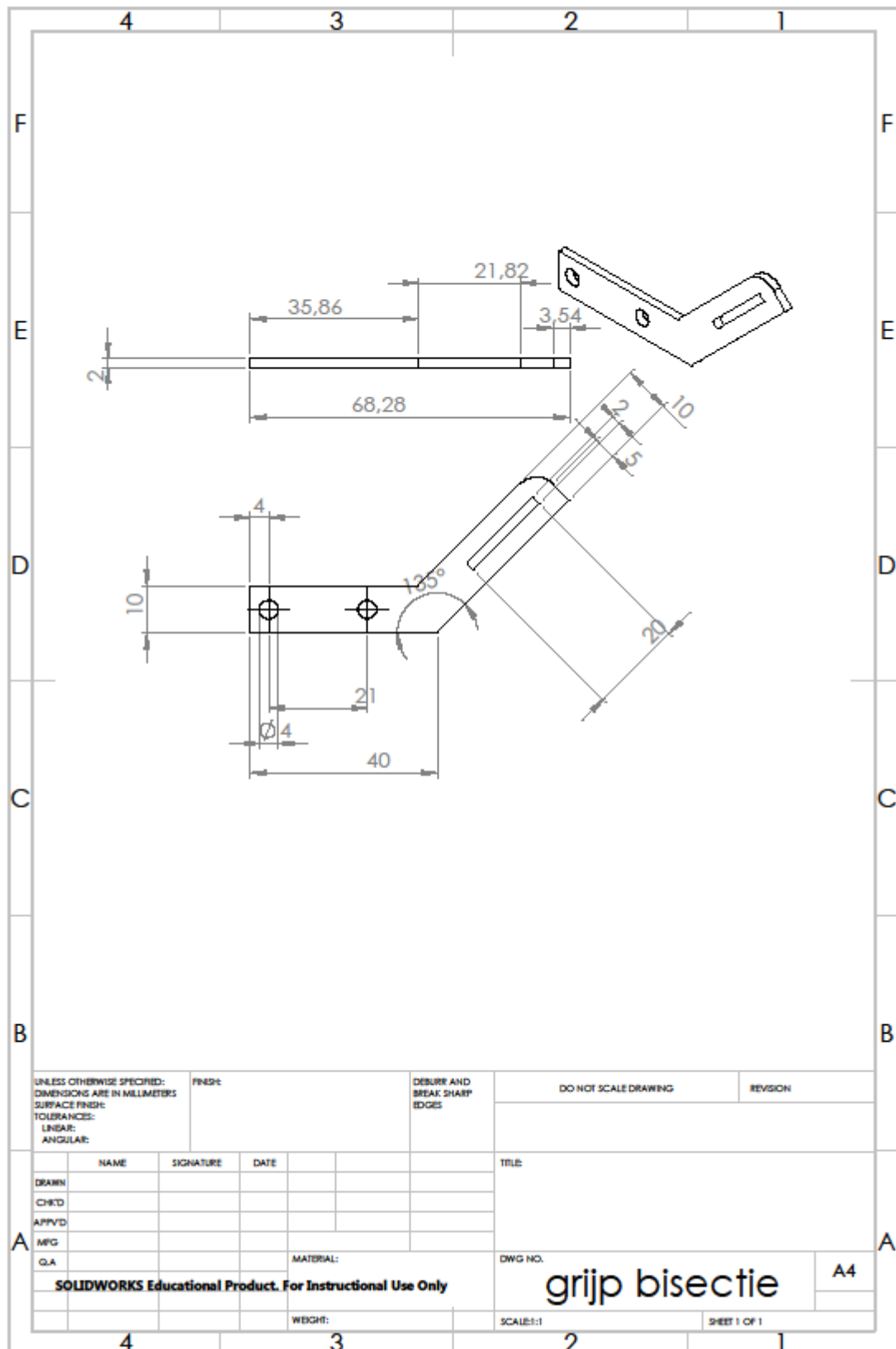
Brace-onderdeel achterbeen

4	3	2	1
F			F
E			E
D			D
C			C
B			B
			
 			
A			
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:	DEBURR AND BREAK SHARP EDGES
NAME SIGNATURE DATE		DO NOT SCALE DRAWING REVISION	
DRAWN CHK'D APP'D MFG		TITLE: brace-anderdeel calcaneus	
QLA		MATERIAL: DWG NO.	
SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only			
WEIGHT:		SCALE: 1:2 SHEET 1 OF 1	
4	3	2	1





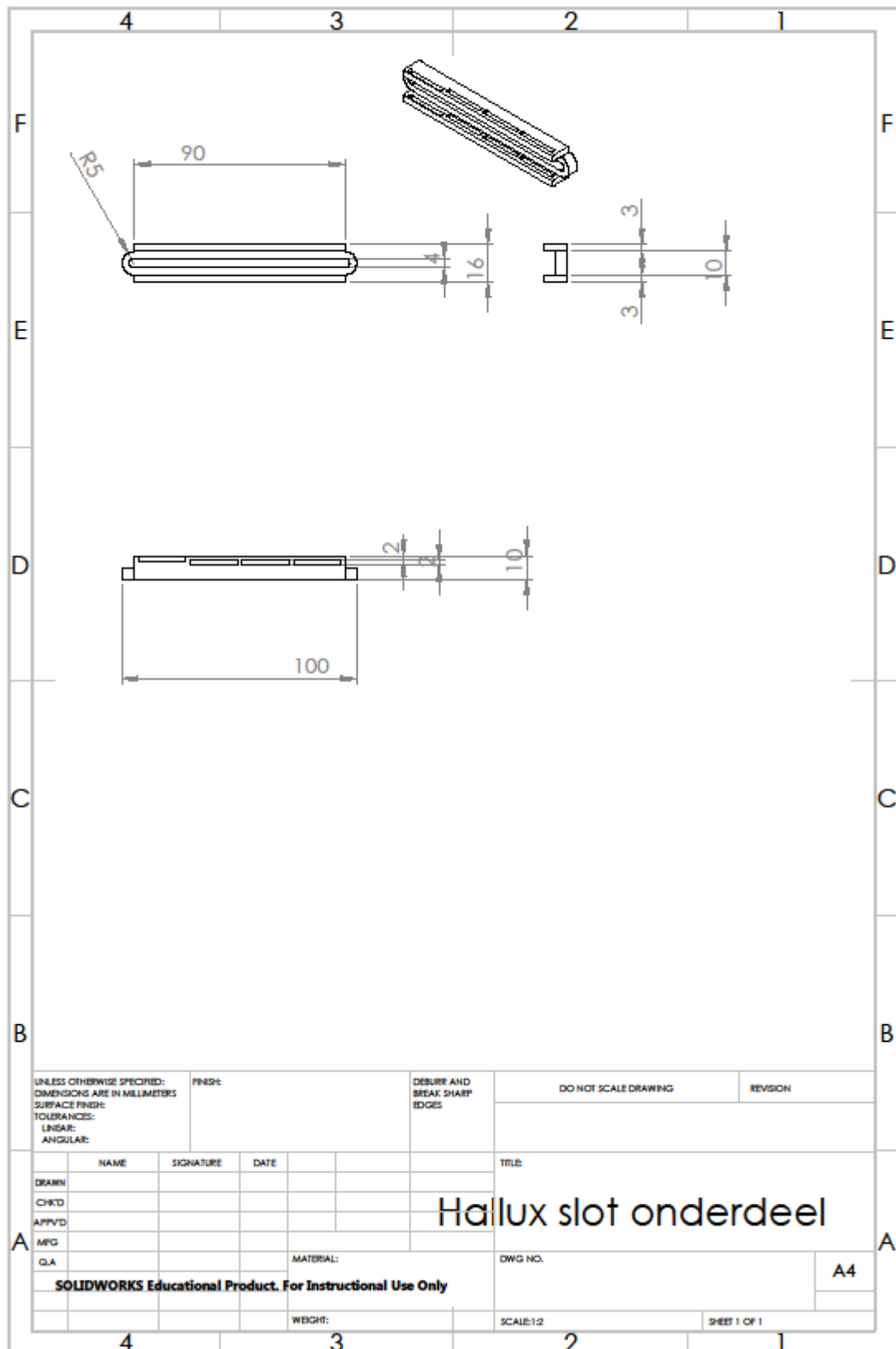


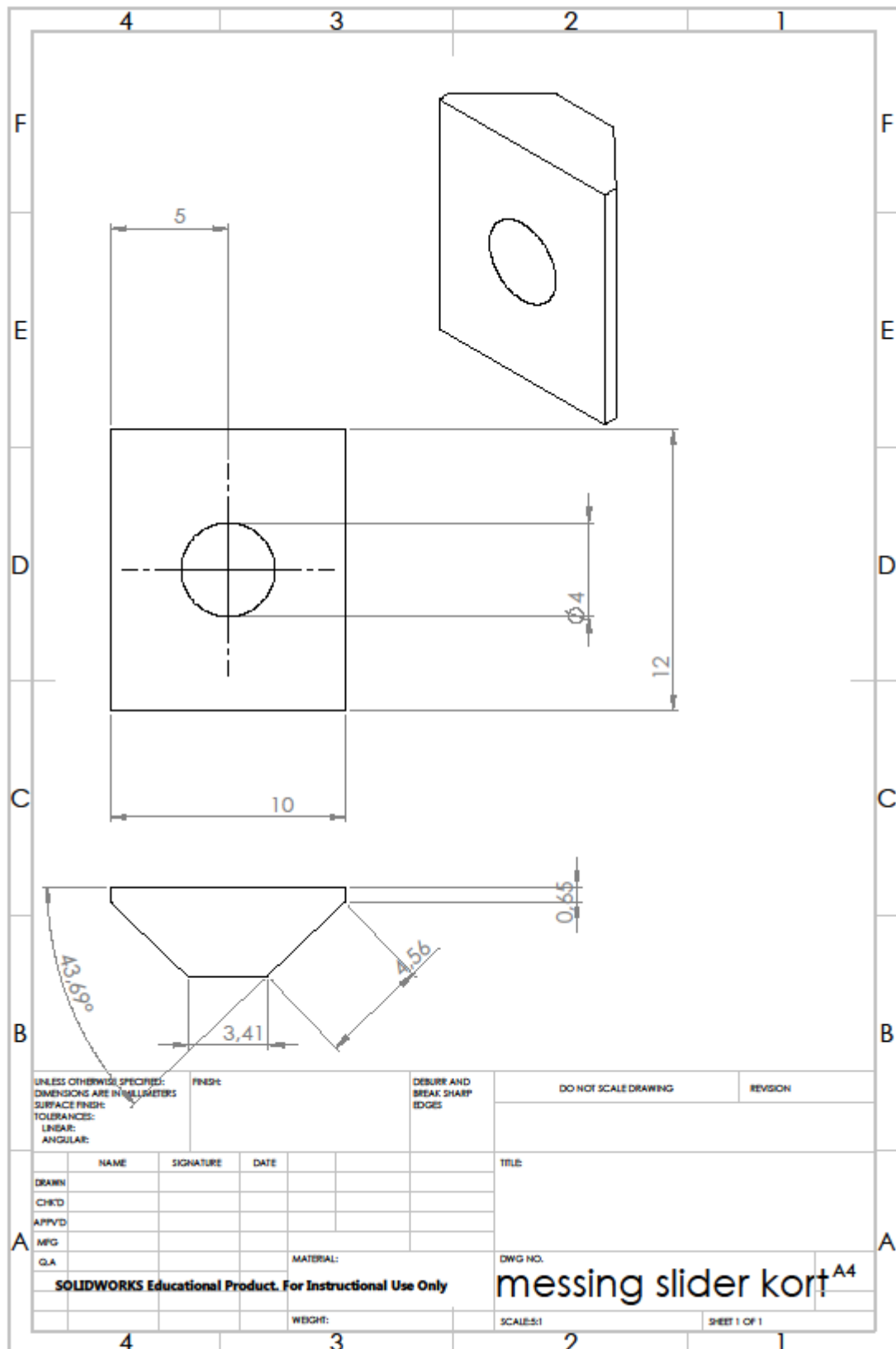


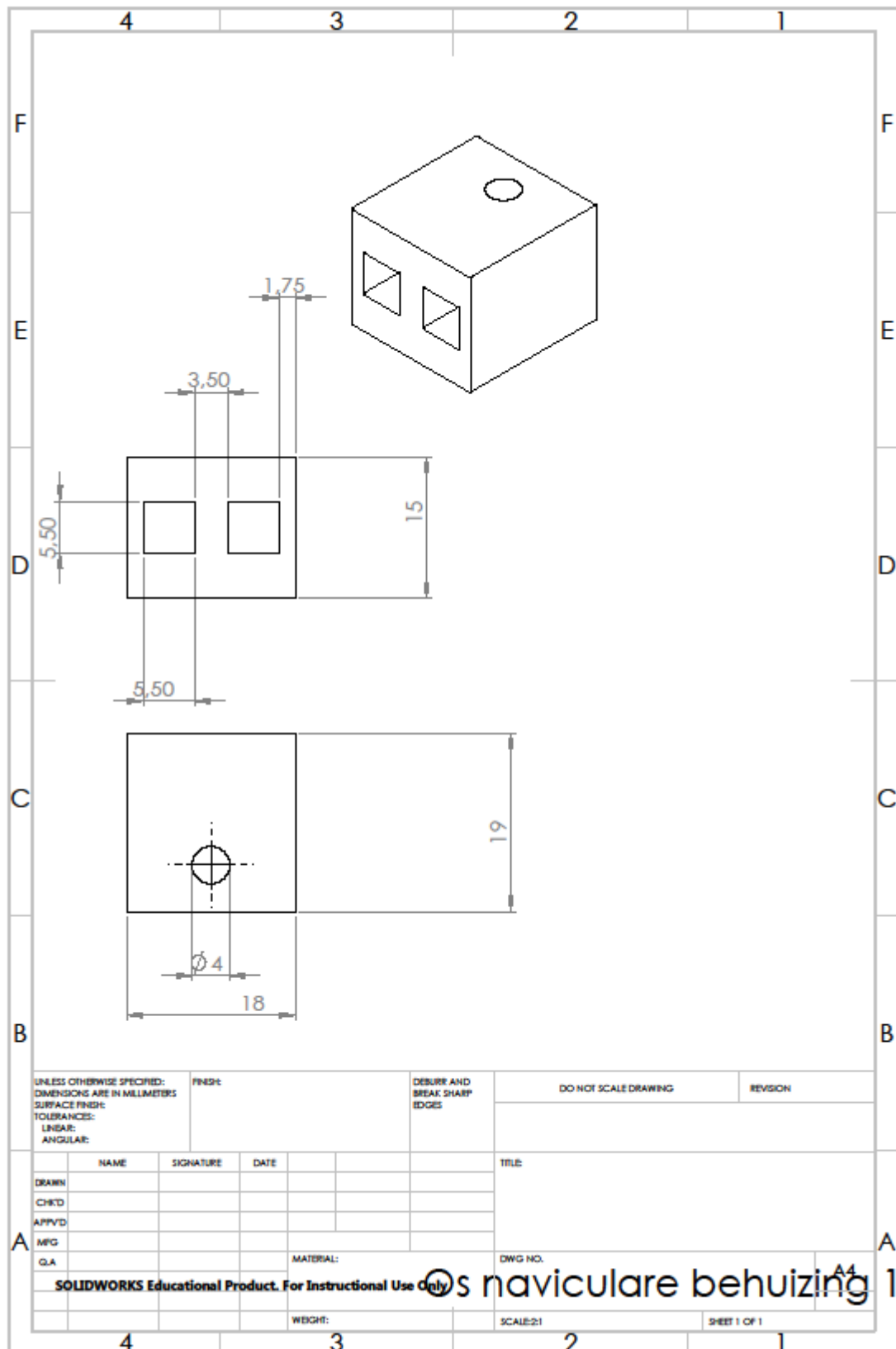
4	3	2	1
---	---	---	---

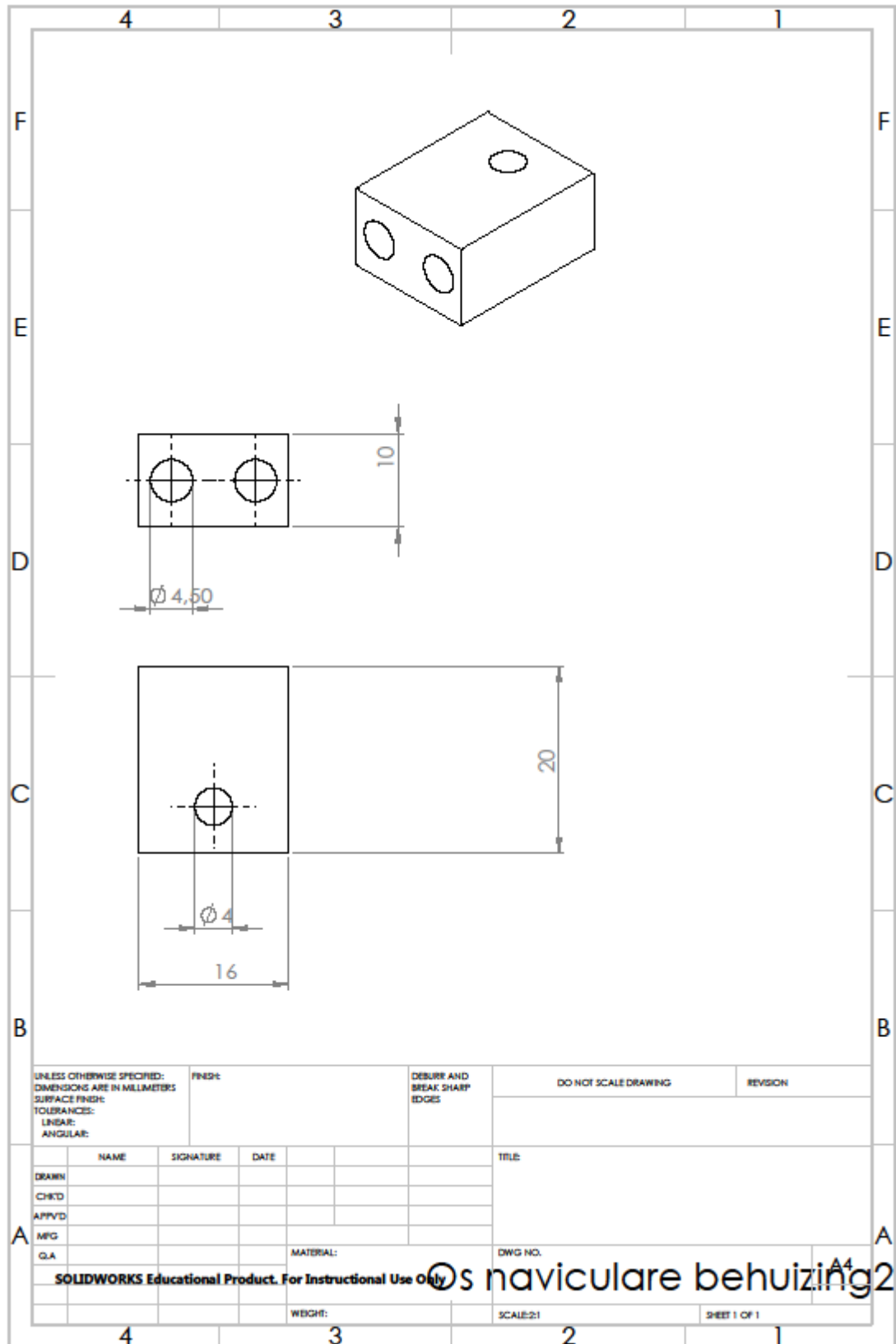
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DRAWN		NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE	
CHKD								Hallux meetlat	
APPVD									
MFG									
QLA									
MATERIAL:				DWG NO.				A4	
SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only									
WEIGHT:				SCALE: 1:1				SHEET 1 OF 1	

4	3	2	1
---	---	---	---

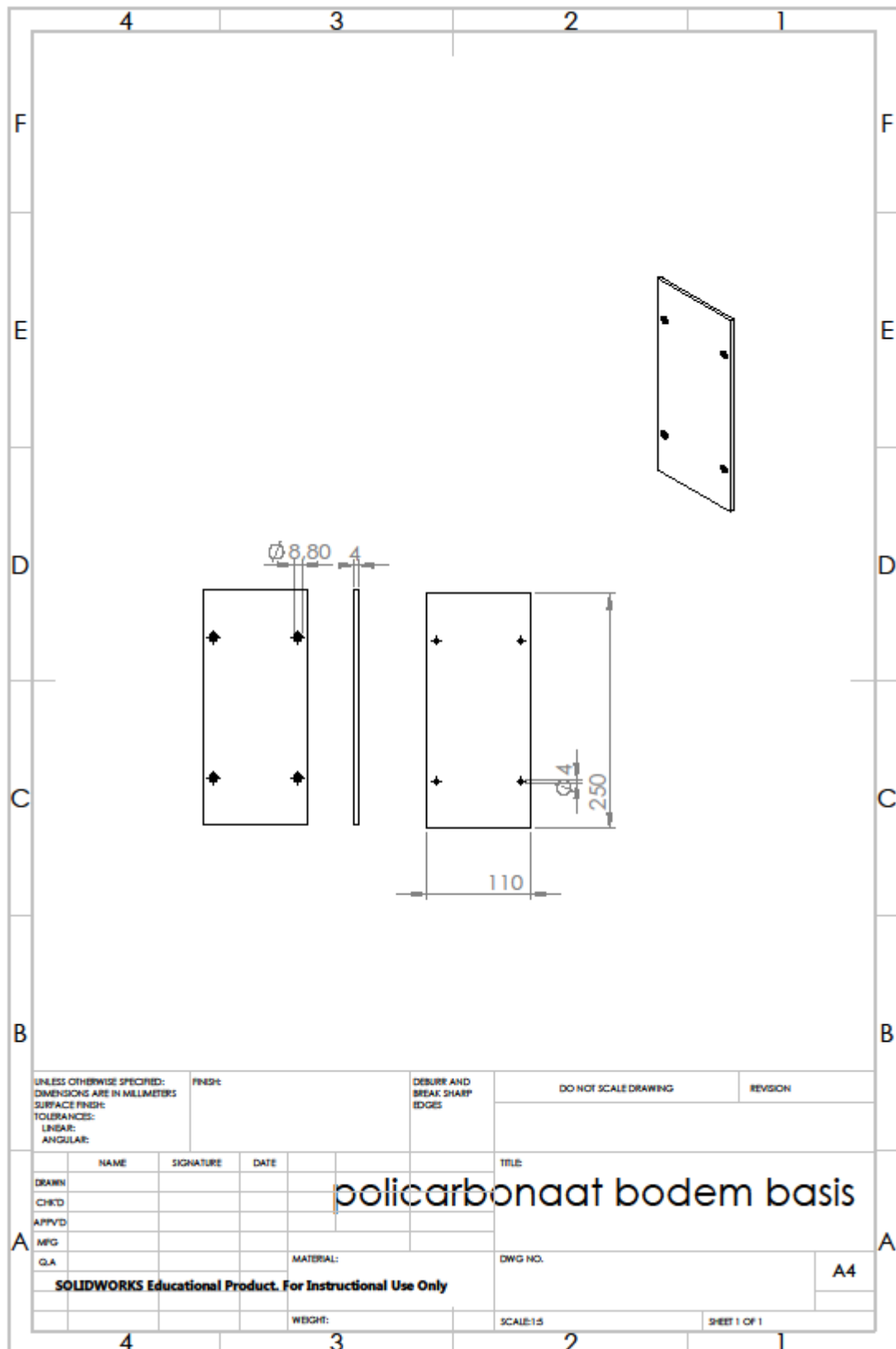








4				3				2				1							
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:				FINISH:				DEBURR AND BREAK SHARP EDGES				DO NOT SCALE DRAWING				REVISION			
DRAWN				NAME				SIGNATURE				DATE				Os naviculare meetplaat			
CHKD																			
APPVD																			
MFG																			
Q.A								MATERIAL:				DWG NO.				A4			
SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only																			
								WEIGHT:				SCALE:2:1				SHEET 1 OF 1			
4				3				2				1							



4		3		2		1	
F							F
E							E
D							D
C							C
B							B
A		A					

Technical drawing showing a rectangular plate with dimensions 82 (width) and 230 (height). A vertical line is shown to the right of the plate, with a dimension of 2. The drawing is centered within a grid defined by letters F, E, D, C, B, A and numbers 4, 3, 2, 1.

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:		TOLERANCES:		LINEAR:		ANGULAR:		TITLE:	
DRAWN		NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE:	
CHKD		NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE:	
APPVD		NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE:	
MFG		NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE:	
QLA		NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE:	
MATERIAL:		DWG NO.		SCALE:1:5		SHEET 1 OF 1		A4	
WEIGHT:		SHEET 1 OF 1		SCALE:1:5		SHEET 1 OF 1		A4	

polycarbonaat ondergrond

SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only