

Opsta detectie

Automatisch remsysteem voor op
handbewogen rolstoelen



Chantal van der Gulik
Antonet van Oijen

Opleiding Bewegingstechnologie
Haagse Hogeschool
Juni 2010

Opsta detectie

Automatisch remsysteem voor op
handbewogen rolstoelen

Chantal van der Gulik	20060312
Antoniet van Oijen	20062617

Opleiding Bewegingstechnologie
Haagse Hogeschool
Den Haag, Juni 2010

Begeleider HHS: Dhr. R. van der Doef
Begeleider Harting-Bank: Dhr. L. Leijh

Voorwoord

Dit rapport is geschreven naar aanleiding van ons afstuderen van de opleiding Bewegingstechnologie aan de Haagse Hogeschool. Tijdens onze afstudeerperiode hebben we in samenwerking met Harting-Bank een automatisch remsysteem voor op rolstoelen ontwikkelt.

Dit rapport is bestemd voor docenten van de opleiding Bewegingstechnologie, voor de werknemers van Harting-Bank en andere geïnteresseerde die dit verslag raadplegen en gebruiken voor verschillende doeleinden.

Onze dank gaat uit naar onderstaande mensen voor hun begeleiding, enthousiasme en bereidheid tot het delen van kennis tijdens het project:

- Dhr. R. van den Doef en Dhr. A. Dobbelsteen, docenten aan de Haagse Hogeschool en willen hun bedanken voor de goede begeleiding tijdens ons afstudeerperiode.
- Dhr. L. Leijh, werknemer van Harting-Bank, we willen hem bedanken voor de goede begeleiding en tips tijdens onze afstudeerperiode.
- Dhr. P. Kroon, werknemer van Harting-Bank, we willen hem bedanken voor zijn goede tips en enthousiasme.
- Fysio- en ergotherapeuten van de verpleeghuizen van Florence, we willen hun bedanken voor de gastvriendelijkheid tijdens ons project.
- De monteurs van Harting-Bank, we willen hun bedanken voor hun hulp tijdens het vervaardigen van het prototype.
- De docenten van de opleiding Bewegingstechnologie, we willen hun bedanken voor de kennis die zij ons de afgelopen vier jaar hebben bijgebracht.

Den Haag, juni 2010

Chantal van der Gulik
Antoniet van Oijen

Inhoudsopgave

Samenvatting	5
1. Inleiding	7
2. Analyse	9
2.1 Doelgroep	9
2.2 Soorten rolstoelen	10
2.3 Onderhoud	11
2.4 Marktonderzoek remsystemen	12
2.4.1 Bandrem	12
2.4.2 Trommelrem.....	12
2.4.3 Schijfrem	13
2.4.4 Automatische remsystemen.....	14
2.5 Literatuurstudie 'Opstaan'	17
2.5.1 Omschrijving Sit-To-Stand-transfer	17
2.5.2 Fases Sit-To-Stand-transfer	18
2.5.3 Zwaartepunt verplaatsing bij Sit-To-Stand-transfer	20
2.6 Bewegingsanalyse.....	22
2.6.1 Meetprotocol	22
2.6.2 Fase-indeling van Sit-To-Stand-transfer	22
2.6.3 Resultaten bewegingsanalyse	24
2.7 Gebruikersanalyse.....	26
2.7.1 Lege rolstoel verplaatsen	26
2.7.2 Rijden in een rolstoel	26
2.7.3 Bewegingsvrijheid	26
3. Programma van eisen en wensen.....	27
4. Ontwerpen	29
4.1 Idee schetsen	29
4.2 Concepten	31
4.3 Conceptkeuze.....	34
4.4 Uitwerking concept	35
4.4.1 Locatie kantelpunt.....	35
4.4.2 Uitslag kanteling zitting	37
4.4.3 Materiaalkeuze.....	38
4.4.4 De veer	41
4.4.5 Ontgrendelen lege rolstoel	44
5. Definitief programma van eisen en wensen	47
6. Het eindontwerp.....	49
6.1 SolidWorks	49
6.2 Prototype	50
7. Evaluatie	51

Discussie	55
Conclusie	59
Literatuurlijst	61
Bijlage	63
Bijlage I Revab Roxx	64
Bijlage II Toestemmingsformulier tot gebruik beeldmateriaal	65
Bijlage III Meetprotocol bewegingsanalyse	66
Bijlage IV Tabel resultaten bewegingsanalyse	67
Bijlage V SolidWorks Simulation	68
Bijlage VI Detailtekeningen	69

Samenvatting

Bij veel rolstoelgebruikers van 75 jaar en ouder komt het probleem voor dat de rolstoel wegrijdt op het moment dat de gebruiker in of uit de rolstoel stapt. Hierdoor kunnen er ongelukken gebeuren met de gebruiker van de rolstoel. Dit probleem is opgelost wanneer er een rem op de rolstoel zit. Vrijwel alle rolstoelen beschikken over een rem. Echter kan deze rem door verschillende oorzaken niet altijd gebruikt worden. Dit probleem kan opgelost worden door een remsysteem te ontwikkelen dat automatisch vergrendelt zodra de gebruiker opstaat uit de rolstoel.

Om een goed beeld te krijgen van de problemen en mogelijkheden die dit project met zich meebrengt is er een analyse uitgevoerd. Tijdens de analyse is er onderzoek gedaan naar de doelgroep, soorten rolstoelen en het onderhoud van een remsysteem.

Er is een marktonderzoek gedaan naar verschillende mechanische remsystemen, parkeerremmen op rolstoelen en bestaande automatische remsystemen. Verder is er een literatuurstudie gedaan over het opstaan in het algemeen, hieruit is nuttige informatie verkregen die verder in het project gebruikt wordt.

Om het opstaan van de mensen uit de doelgroep beter te analyseren is er ook een bewegingsanalyse uitgevoerd. Tijdens deze bewegingsanalyse zijn er video-opnames gemaakt van mensen die binnen de doelgroep vallen, die opstaan vanuit hun rolstoel. Als resultaat van deze analyse is er een fase-indeling ontstaan van het opstaan van oudere mensen vanuit een rolstoel.

Ten slotte is er een gebruikersanalyse gedaan, hierin is gekeken naar hoe de rolstoel en het remsysteem in het dagelijks leven gebruikt worden.

Uit de analyse is een pakket van eisen en wensen ontstaan, met behulp van dit pakket is er begonnen met de ontwerpfase.

Eerst is het remsysteem in verschillende onderdelen verdeeld. Vervolgens zijn er per onderdeel ontwerpen gemaakt, deze ontwerpen zijn gebundeld in een morfologisch overzicht. Uit dit overzicht zijn 3 concepten tot stand zijn gekomen. Er is door middel van de kardinale methode bepaald welk concept er verder uitgewerkt wordt.

Bij het uitwerken van het concept moet er nog een aantal dingen geanalyseerd worden. Nadat alles geanalyseerd is, is er een definitief pakket van eisen en wensen ontstaan.

Vervolgens is het ontwerp gemodelleerd in het tekenprogramma SolidWorks en is er een prototype vervaardigd van het eindontwerp, dit SolidWorks model en het prototype zijn gebruikt om het ontwerp te evalueren. Een gedeelte van de evaluatie vond plaats in het verpleeghuis 'Westhoff' en is uitgevoerd met proefpersonen die binnen de doelgroep vallen. De evaluatie vond plaats met behulp van het pakket van eisen en wensen.

Met de resultaten uit de evaluatie komt een aantal discussiepunten naar voren waarbij ook aanbevelingen worden gegeven voor vervolgonwikkeling. Zo luistert het remsysteem erg nauw waardoor er geen of nauwelijks speling mag optreden in de gehele constructie, dit is wel het geval op een aantal punten. Het ontwerp is nog niet volledig doorontwikkeld en kan dus op dit moment nog niet in productie genomen worden. Wel is uit de evaluatie en discussie te concluderen dat het principe van een kantelzitting werkt en dat wanneer het verder ontwikkeld wordt het een goed werkend product kan worden.

Tot slot is er te concluderen dat het project geslaagd is, er is voldaan aan de voorafgestelde doelstelling om een automatisch remsysteem te ontwikkelen, vervaardigen en te evalueren.

1. Inleiding

Tijdens het zoeken naar een geschikt afstudeerproject ging de voorkeur uit naar een ontwerp/vervaardigings opdracht en is er contact gelegd met Harting-Bank. Harting-Bank is een leverancier van zorg- en revalidatiehulpmiddelen. De afdeling productontwikkeling van Harting-Bank is op de hoogte van de nieuwste ontwikkelingen van hulpmiddelen. Tijdens een gesprek met dhr. L. Leijh, productontwikkelaar bij Harting-Bank, is er een aantal probleemstellingen besproken.

De voorkeur ging uit naar de volgende probleemstelling:

Bij veel rolstoelgebruikers komt het probleem voor dat de rolstoel wegrijdt op het moment dat de gebruiker in of uit de rolstoel stapt. Hierdoor kunnen er ongelukken gebeuren met de gebruiker van de rolstoel. Dit probleem kan eenvoudig opgelost worden door de rolstoel op de rem te zetten. Vrijwel alle rolstoelen beschikken over een rem. Echter moet deze rem eerst handmatig vergrendeld worden. Vaak wordt dit door ziektebeelden vergeten, nagelaten of niet gedaan omdat het een pijnlijke handeling is. Dit probleem kan opgelost worden door een remsysteem te ontwikkelen die automatisch vergrendelt zodra de gebruiker opstaat uit de rolstoel. Hierbij staat de veiligheid van de gebruiker voorop, het moet dus een betrouwbaar remsysteem worden. De gebruiker moet er op kunnen vertrouwen dat de rem altijd vergrendelt zodra hij/zij opstaat. De rem mag ook nooit plotseling vergrendelen tijdens het rijden. Er bestaan al wel dergelijke remsystemen, maar deze zijn complex en/of zeer onderhoudsgevoelig.

Opdracht:

Ontwerp een remsysteem op de rolstoel die automatisch op de rem gaat zodra de gebruiker begint met opstaan. Het remsysteem mag niet onderhoudsgevoelig zijn, het liefst op een breed scala aan rolstoelen passen en niet vergrendelen tijdens het rijden.

Hierbij ontstaat een aantal deelproblemen, ten eerste hoe weet het remsysteem of de gebruiker opstaat of alleen gaat verzitten. Er moet dus een detectie op het remsysteem komen die onderscheid kan maken tussen het opstaan en het verzitten van de gebruiker.

Harting-Bank wil dat het remsysteem op veel verschillende soorten rolstoelen toegepast kan worden.

Het komt ook wel eens voor dat iemand de rolstoel wil verplaatsen terwijl de gebruiker niet in de rolstoel zit. Het zou dan makkelijk zijn dat de rolstoel niet op zijn rem staat. In het mechanisme moet een systeem komen, waarmee het remsysteem handmatig ontgrendeld kan worden. Bij dit systeem moet er rekening mee gehouden worden dat de rem daarna weer overgaat op het automatische remsysteem.

2. Analyse

Om een goed beeld te krijgen van de problemen en mogelijkheden die dit project met zich meebrengt is er een analyse uitgevoerd. Deze analyse zal in dit hoofdstuk behandeld worden. In de analyse is onder andere onderzoek gedaan naar de doelgroep van dit project, gebruikte rolstoelen en de sit-to-stand-transfer (STS-transfer).

2.1 Doelgroep

Er zijn veel mensen met een loopfunctiestoornis die, om zich te kunnen verplaatsen, afhankelijk van een rolstoel zijn. In dit project wordt gekeken naar oudere rolstoelgebruikers in verpleeg- en verzorgingshuizen die nog het vermogen hebben om zelfstandig op te staan uit hun rolstoel. Bij het opstaan uit een rolstoel is het van groot belang dat de rolstoel op de rem staat. Dit wordt door de doelgroep niet altijd gedaan, het wordt door ziektebeelden, bijvoorbeeld bij dementie, vergeten of niet gedaan omdat dit een lastige of pijnlijke handeling kan zijn, bijvoorbeeld bij artrose. Hierdoor is er een grote kans dat men valt bij het opstaan uit of weer gaan zitten in de rolstoel.

Uit onderzoek van het RIVM (Het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu) naar het gebruik van verpleeg- en verzorgingshuizen blijkt dat in 2004 ruim 160.000 personen verblijven in een instelling voor verzorging of verpleging (zie tabel 1)^[1]. De gemiddelde leeftijd van deze groep is 85 jaar.

	Verpleeghuizen AWBZ/zorgkantoor	Verzorgingshuizen WMO
Aantal bewoners (2004)	61.000	100.000
Vrouwen (%)	72	77
Mannen (%)	28	23
Gemiddelde leeftijd	82	86
% ouder dan 75	80	90
Gemiddelde verblijfsduur (in jaren)	2,8	3,7
Weduwe/weduwnaar (%)	67	72
Lager onderwijs (%)	48	63

Tabel 2.1: Enkele kenmerken van verpleeg- en verzorgingshuizen^[1].

De doelgroep van dit project is, rolstoelgebruikers van 75 jaar en ouder in verpleeg- en verzorgingshuizen.

De gewichten die bij dit project worden aangenomen komen uit de Antropometrische Dataset van Populatie 'Senioren (80+ jaar)'^[2]. De percentiel grenzen zullen de P5 van vrouwen en P95 van mannen zijn. Waarbij het minimale gewicht 47 kg is en het maximale gewicht 94 kg, de minimale lengte is 1456mm en de maximale lengte is 1815mm.

Eis 1: De rem moet werken bij lichaamsgewichten tussen de 47 kg en 94 kg.

Eis 2: De rem moet werken bij een lichaamslengte tussen de 1456mm en 1815mm.

2.2 Soorten rolstoelen

Bij dit project gaat het om handbewogen rolstoelen. Deze categorie rolstoelen kan onderverdeeld worden in de volgende drie soorten, hoepelrolstoelen, duwrolstoelen en hefboomrolstoelen. De hoepelrolstoelen en duwrolstoelen worden op verschillende manieren gebruikt en kunnen worden verdeeld in onderstaande twee groepen³.

- **Actieve rolstoelen³**

Deze rolstoelen zijn bedoeld voor intensief gebruik. Ze hebben meestal een vast frame en kunnen soms in een opvouwbare versie geleverd worden. Rolstoelen voor dagelijks gebruik zijn vaak licht van gewicht (onder 10 kg).



Afbeelding 2.1 Actieve rolstoel^[3]

- **Semi-actieve rolstoelen³**

Een semi-actieve rolstoel is bedoeld voor mensen die niet verder dan 100 meter kunnen lopen. Deze rolstoelen zijn veelal opvouwbaar en kunnen zowel voor tijdelijk als permanent gebruikt worden. De rolstoelen zijn veelal een standaarduitvoering en is bedoeld voor vervoer van bed naar toilet en van bed naar ziekenhuis etc. Deze rolstoelen hebben geen individuele aanpassingen en wegen tussen de 15 en de 20 kg.



Afbeelding 2.2 Semi-actieve rolstoel^[3]

In verpleeg- en verzorgingshuizen wordt voornamelijk gebruik gemaakt van semi-actieve rolstoelen. De meest geleverde rolstoel vanuit de Harting-Bank aan verpleeghuizen is de Revab Roxx (zie afbeelding 2.3). Meer details van de Revab Roxx zijn te vinden in bijlage 1.



Afbeelding 2.3 Revab Roxx^[4]

Eis 3: Het remsysteem moet op de Revab Roxx passen.

Wens 1: Het remsysteem moet op alle soorten semi-actieve rolstoelen passen.

2.3 Onderhoud

Leveranciers van revalidatiehulpmiddelen leveren niet alleen de hulpmiddelen, ook zorgen zij voor het onderhoud van de geleverde hulpmiddelen. Hulpmiddelen met veel onderhoud zorgen voor hoge kosten, zo moet er een monteur ingezet worden, die vervolgens met een auto naar de klant rijdt.

De kosten van het geleverde hulpmiddel worden bepaald door de inkoopprijs van het hulpmiddel en de hoeveelheid onderhoud die het hulpmiddel nodig heeft. Dus hoe minder onderhoud een hulpmiddel nodig heeft des te goedkoper zal het hulpmiddel worden. Aangezien leveranciers streven naar het zo goedkoop mogelijk kunnen leveren van hun producten is het dus belangrijk om producten te leveren die niet onderhoudsgevoelig zijn. Door ondervraging bij leveranciers is er naar voren gekomen dat als een hulp- of revalidatiemiddel maximaal één keer per jaar onderhoud nodig heeft, dit aanvaardbaar is.

Ook kwam bij de ondervraging van leveranciers naar voren dat zij de voorkeur geven aan een automatisch remsysteem die demontabel is van de rolstoel. Dit is om het hergebruik van de rolstoel te vergemakkelijken. Het gebeurt regelmatig dat zij rolstoelen hergebruiken met andere onderdelen erop.

*Eis 4: Het remsysteem moet minimal één jaar zonder onderhoud gebruikt kunnen worden.
Wens 2: Het remsysteem kan gedemonteerd worden.*

2.4 Marktonderzoek remsystemen

Een rem is een systeem dat een bewegend voorwerp vertraagd, tot stilstand brengt en/of in stilstand houdt. Bij dit project worden er vooral remsystemen geanalyseerd die voertuigen in stilstand houden, oftewel de parkeerrem. In dit hoofdstuk is er een marktonderzoek gedaan naar verschillende mechanische remsystemen, parkeerremmen op rolstoelen en bestaande automatische remsystemen.

2.4.1 Bandrem^[5,6]

De bandrem is een ouderwets remsysteem waarbij een blok tegen de band of velg werd gedrukt om te remmen. Omdat het systeem met wrijving werkt, wordt het ook wel frictie-bandrem genoemd. De bandrem kan zowel dienen om een voorwerp af te remmen en als parkeerrem. Wanneer een bandrem als een parkeerrem dient, is het de bedoeling dat de remblokjes tegen de band aangedrukt blijven. Een voordeel van de bandrem is dat het een eenvoudig systeem is, een nadeel van dit systeem is dat de bandspanning, -soort en -maat van invloed zijn. Dit heeft als gevolg dat de bandenspanning van de rolstoel altijd goed moet zijn, en dat de rem aangepast moet worden op de bandensoort en/of -maat.

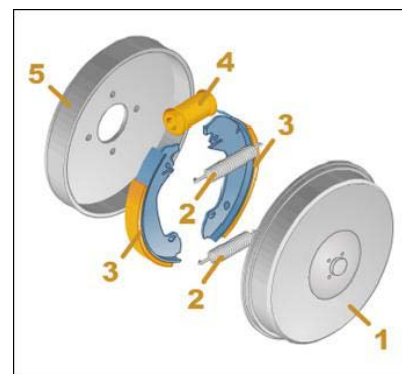
Een veel gebruikte parkeerrem bij rolstoelen is een bandrem. In afbeelding 2.4 is een veel gebruikte parkeerrem te zien^[7]. Deze rem kan alleen gebruikt worden als de rolstoel stil staan, dus om de rolstoel te vergrendelen en niet om af te remmen tijdens het rijden. De rem is bevestigd bij beide grote wielen van de rolstoel. De gebruiker moet enige kracht met zijn armen leveren om de rem te vergrendelen.



Afbeelding 2.4 Parkeerrem^[7]

2.4.2 Trommelrem^[5,8,9,10]

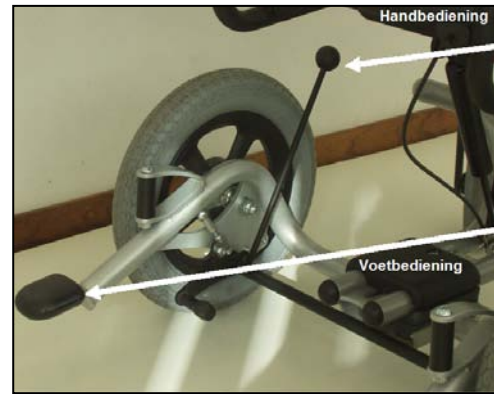
Een trommelrem (zie afbeelding 2.5) is een remsysteem dat bestaat uit twee remschoenen, die gemonteerd zijn op een vaste remankerplaat. De remankerplaat kan niet meedraaien met het wielcilinder. Om de remankerplaat zit de remtrommel, die aan het wiel bevestigd is en dus wel meedraait met het wiel. Wanneer het systeem wordt aangestuurd, worden de remschoenen naar buiten geduwd, zodat deze in contact komen met de remtrommel. Door de wrijving die daar ontstaat, wordt het wiel afgeremd. De remschoenen zijn bekleed met een materiaal met een hoge wrijvingsweerstand. Wanneer het systeem niet meer aangestuurd wordt, worden de remschoenen door terugtrekveren weer naar binnen getrokken. Zolang het systeem aangestuurd wordt, zal het voertuig vergrendeld blijven. Een voordeel van de trommelrem zijn dat de bandenspanning, soort en maat niet van invloed zijn. Een nadeel van een trommelrem is dat de as van het wiel vervangen moet worden.



Afbeelding 2.5 Trommelrem^[9]:

- 1. remtrommel
- 2. terugtrekveren
- 3. remschoenen
- 4. wielcilinder
- 5. remankerplaat

Momenteel zijn er al twee soorten parkeerremmen op de markt waarin een trommelrem verwerkt is. In afbeelding 2.6 is een parkeerrem te zien die eenvoudig te gebruiken is voor de begeleider van de rolstoelgebruiker. Door een hendel aan de achterzijde van de rolstoel kan de begeleider door middel van een trapbeweging de rolstoel op de rem zetten. Er zit ook een hendel aan de zijkant van de rolstoel zodat de rolstoelgebruiker de rolstoel ook zelf kan vergrendelen.



Afbeelding 2.6 Voet bedienbare trommelrem[10]

In afbeelding 2.7 is een universele QR-trommelrem te zien^[10]. De trommelrem kan gemonteerd worden op elke handaangedreven rolstoel met Quick-release assen en wordt bediend door middel van een ring vanuit de as langs de hoepel.



Afbeelding 2.7 Universele QR-trommelrem[10]

2.4.3 Schijfrem^[5,6]

Een schijfrem (zie afbeelding 2.8) is een rem waarbij er een schijf meedraait met het wiel van een voertuig. Door de remblokken tegen de remschijf aan te drukken ontstaat er wrijving. De schijf en het wiel dat daaraan verbonden is, wordt hierdoor afgeremd. De bewegingsenergie van de as waarop de rem bevestigd is, wordt omgezet in warmte. Een voordeel van de schijfrem is dat de remkracht evenredig is met de drukkracht van de blokken en dat de dosering dus erg makkelijk is. Nadeel is dat de drukkrachten vrij groot moeten zijn om enige vertraging van betekenis te hebben. Dit remsysteem is minder geschikt voor dit project, bij dit project zal de rem als parkeerrem gebruikt worden en geeft de eigenschap van het makkelijk te doseren van de remkracht dus geen meerwaarde. Op dit moment zijn er geen parkeerremmen op de markt waarin een schijfrem is verwerkt.



Afbeelding 2.8 Schijfrem[6]

Uit deze analyse kan geconcludeerd worden dat de trommelrem het meest gunstigste remsysteem is voor dit project. Een trommelrem geeft weinig onderhoud en kan op veel verschillende wielen gemonteerd worden.

2.4.4 Automatische remsystemen

Momenteel is er al een aantal remsystemen op de markt die de rolstoel automatisch vergrendelen als de gebruiker opstaat vanuit de rolstoel. Dit zijn allemaal mechanische remsystemen. De bestaande remsystemen zijn geanalyseerd om te ontdekken welke onderdelen van het systeem goed werken en welke punten er verbeterd kunnen worden. De kennis die hieruit verwonnen wordt, wordt gebruikt bij het ontwerpen van een nieuw remsysteem.

Manual Wheelchairs with Fall Intervention & Safety Systems

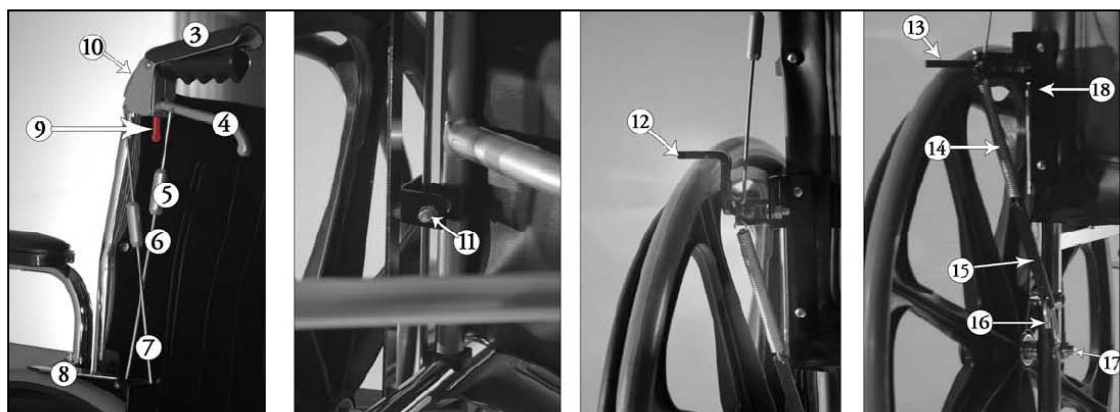
Een bestaand remsysteem is de Manual Wheelchairs with Fall Intervention & Safety Systems van de firma Jerry Ford Company, LLC^[11] (zie afbeelding 2.9 en 2.10). Deze firma verkoopt rolstoelen waaraan dit automatische remsysteem is bevestigd.

Door een mechanisch systeem wordt de rolstoel automatisch ontgrendelt als de gebruiker in de stoel gaat zitten of als de Palm Release Lever (nummer 3 in afbeelding 2.9) ingedrukt is.

De Palm Release Lever is bevestigd aan het handvat, als men het handvat vastpakt, druk hij/zij automatisch de Palm Release Lever in. Door dit systeem is het mogelijk de rolstoel voort te duwen zonder dat er een persoon in de rolstoel zit. De rolstoel wordt automatisch vergrendeld als de gebruiker uit de stoel stapt. Dit systeem werkt met behulp van een druksensor onder aan de zitting, zie nummer 18 in afbeelding 2.10.



Afbeelding 2.9 Automatisch remstelsysteem^[11]



Afbeelding 2.10 Automatisch remstelsysteem^[11]

“Safer” Automatic Wheelchair Wheel Locks

Een ander bestaand remsysteem is de “Safer” Automatic Wheelchair Wheel Locks^[12] (zie afbeelding 2.11). Dit systeem kan op een aantal soorten rolstoelen gemonteerd worden. Het is een mechanisch systeem dat ervoor zorgt dat het wiel altijd geblokkeerd staat. Het wiel wordt automatisch ontgrendeld als er iemand in de rolstoel gaat zitten, dit gebeurt met behulp van een druksensor onder de zitting. Ook wordt de rem ontgrendeld als iemand de handremmen indrukt. Dit is een onnatuurlijke handeling, normaal gesproken knijpt je de handremmen in om de rolstoel te vergrendelen.



Afbeelding 2.11 Automatisch remsysteem^[12]

De Manual Wheelchairs with Fall Intervention & Safety Systems en “Safer” komen erg overeen en zijn beide zeer complex, de systemen bevatten veel kabels en buizen. Bij de kabels is het belangrijk dat ze op de juiste spanning staan, door het gebruik van de rolstoel zal de spanning van de kabels afnemen. Dit heeft als gevolg dat het systeem niet meer volledig werkt. Om dit te voorkomen moet de spanning van de kabels regelmatig gecontroleerd en bijgesteld worden. Als de gebruiker of monteur de spanning van de kabels niet of niet juist gecontroleerd heeft, kunnen er gevaarlijke situaties ontstaan. Beide systemen zijn dus erg onderhoudsgevoelig. Uit de praktijk blijkt dat de mensen vaak vergeten, geen tijd of geen zin hebben om het systeem goed te onderhouden. Het nieuwe ontwerp moet dus minder onderhoudsgevoelig zijn dan de bestaande remsystemen. De remsystemen zullen pas vergrendelen als de gebruiker de zitting volledig heeft verlaten, dit heeft als gevolg dat de rolstoel tijdens het eerste gedeelte van het opstaan nog niet op zijn rem staat.

Automatische rolstoelrem

Een andere bestaand remsysteem is de automatische rolstoelrem^[13] (zie afbeelding 2.12). De automatische rolstoelrem kan op een aantal soorten bestaande rolstoel worden gemonteerd. Het systeem vergrendelt automatisch als iemand opstaat, dit gebeurt door een hefboomsysteem onder de zitting.



Afbeelding 2.12 Automatische rolstoelrem^[13]

Problemen die bij dit systeem voorkomen zijn dat de rolstoel pas op zijn rem gaat als de gebruiker helemaal los is van de zitting, dit heeft als gevolg dat de rolstoel tijdens de eerste gedeelte van het opstaan nog niet op zijn rem staat. De rolstoel zal dus eerst een stukje achteruit rijden voordat het op zijn rem gaat. Ook zal het remsysteem niet goed werken als de bandenspanning van de rolstoel niet meer correct is. Bij dit systeem is er geen oplossing bedacht om de rolstoel te verplaatsten zonder dat er een persoon

in de rolstoel zit. De rolstoel is altijd vergrendelt als er niemand in zit, het is dus erg lastig om de rolstoel te verplaatsten als er geen gebruiker in zit.

Uit bovenstaande analyse kan geconcludeerd worden dat de bestaande remsystemen niet ideaal zijn en dat er veel nadelen aan vast zitten. Een belangrijk nadeel bij de bestaande remsystemen is dat ze pas op de rem gaan wanneer de gebruiker helemaal los is van de zitting. Dit veroorzaakt dat tijdens het eerste gedeelte van het opstaan de rolstoel al naar achteren rijdt. Ook zijn de remsystemen erg onderhoudsgevoelig, wat het remsysteem duur en onbetrouwbaar maakt. Verder heeft het systeem van de Manual Wheelchairs with Fall Intervention & Safety Systems wel een goed ontgrendelingsmethode om de rolstoel te verplaatsen wanneer er niemand in de rolstoel zit.

Wens 3: Het remsysteem werkt met een trommelrem

2.5 Literatuurstudie ‘Opstaan’

Er bestaan veel variatiemogelijkheden bij het opstaan van mensen, dit varieert zowel inter- als intra individueel^[14]. Het opstaan vanuit een zitpositie wordt verder in dit verslag Sit-to-stand-transfer (STS-transfer) genoemd. Er zijn veel verschillende wetenschappelijke artikelen geschreven over de STS-transfer. De onderzoekers hebben hierbij gebruik gemaakt van kinematische- en EMG-analyses om de STS-transfer in verschillende fases te beschrijven. In dit hoofdstuk is informatie te vinden over de STS-transfer, deze informatie is afkomstig uit verschillende wetenschappelijke artikelen.

2.5.1 Omschrijving Sit-To-Stand-transfer^[15,16,17,18]

In deze paragraaf zal de STS-transfer omschreven worden, hoe deze uitgevoerd wordt en welke factoren er van belang zijn.

Tijdens de STS-transfer ontstaan er momenten in verschillende gewrichten, de grootste momenten komen voor in het heup- en knie gewricht. Eventuele problemen met de spieren rond deze gewrichten zal dus leiden tot het gebruiken van een andere techniek voor de STS-transfer. De precieze grootte van die momenten zijn afhankelijk van de techniek die gebruikt wordt om op te staan. Een groot verschil in de techniek is het maken van de STS-transfer met het gebruik van de handen of zonder het gebruik van de handen. Wat dit voor gevolgen heeft voor de momenten in de gewrichten is te zien in tabel 2.2.

Table 5. Mean reaction locations and joint torques at liftoff from seat									
Group	Floor reaction location (cm)*	Required joint torques** Absolute (N m)				Required joint torques** Percent of body weight × height			
		Ankle	Knee	Hip	Shoulder	Ankle	Knee	Hip	Shoulder
Without the use of hands									
Young	-1.5 (3.2)	-8 (21)	119 (20)	82 (24)	8 (2)	-0.87	10.82	7.31	0.68
Old able	1.9 (2.9)‡	14 (22)†	112 (32)	96 (32)	9 (3)	1.12	9.62	8.15	0.75
With the use of hands									
Young	4.4 (5.9)*§	21 (33)*‡	99 (20)§	53 (19)¶	32 (25)*¶	1.77	8.96	4.75	2.88
Old able	7.1 (6.9)*§	36 (41)*†	99 (33)	61 (25)¶	37 (34)*¶	3.10	8.45	5.25	3.15
Old unable	10.7 (6.1)	39 (19)	54 (15)***	46 (20)	17 (26)	4.83	6.42	5.54	2.06

Standard deviations in parentheses.

*Anterior of ankle joints.

**Total for two joints. Positive entries correspond to ankle plantarflexion, knee extension, hip extension and shoulder flexion.

***Old unable < Old able, $p < 0.001$.

†Old able > Young, $p < 0.005$.

‡Old able > Young, $p < 0.002$.

§With hands < without hands, $p < 0.01$.

¶With hands < without hands, $p < 0.001$.

*†With hands > without hands, $p < 0.05$.

*‡With hands > without hands, $p < 0.01$.

*§With hands > without hands, $p < 0.002$.

*¶With hands > without hands, $p < 0.001$.

Tabel 2.2 Lokatie lichaamszwaartepunt en momenten in gewrichten^[15]

In tabel 2.2 zijn de resultaten te zien van een onderzoek tussen jonge (Young in tabel 2.2), gezonde ouderen (Old able in tabel 2.2) en ouderen met slechte conditie (Old unable in tabel 2.2). Bij dit onderzoek is er aan de proefpersonen gevraagd om twee maal de STS-transfer te maken vanuit een standaard stoel, de ene keer met het gebruik van de handen en de andere keer zonder het gebruik van de handen. Tijdens deze handeling zijn de momenten in verschillende gewrichten gemeten. De groep ouderen met een slechte conditie waren niet in staat om de STS-transfer te maken

zonder het gebruik van de handen. Uit tabel 2.2 is te concluderen dat bij opstaan zonder gebruik van handen er een groot moment op de knieën en heupen is. Bij het opstaan met het gebruik van de handen wordt het moment op de knieën en heupen minder en ontstaat er een groter moment op de enkel en schouders. In tabel 2.2 zijn ook de jonge en gezonde ouderen met elkaar vergeleken, hierbij is geen groot verschil te zien in de grootte van de momenten. Bij de vergelijking van ouderen met slechte conditie met de twee andere groepen is er wel duidelijk verschil te zien. Ouderen met een slechte conditie vertonen tijdens de STS-transfer ongeveer hetzelfde moment in de enkel en heup vergeleken met de andere twee groepen, het moment in de knieën en schouders is een stuk lager in vergelijking met de andere twee groepen.

Verder is de grootte van de momenten afhankelijk van de volgende punten:

- Voet positie; Het moment in de heupen is hoger als de voeten meer naar anterior staan, dit komt doordat dan de arm en rompbeweging helpt om op te staan.
- Zit hoogte; Des te hoger de zithoogte, des te lager de momenten in de gewrichten
- Bewegingssnelheid; hoe langzamer je opstaat des te groter de momenten in de knie gewricht.

Uit het verschil van grootte van de momenten in de verschillende gewrichten tussen ouderen en jongeren kan geconcludeerd worden dat ouderen op een andere manier opstaan dan jongeren.

Tijdens de STS-transfer werkt er een aantal krachten op de zitting. Eerst werkt er een kracht naar achter van ongeveer 10% van het lichaamsgewicht, deze wordt gevolgd door een kracht naar voren van de zelfde grote, deze kracht dient om het dynamiek van het lichaam tegen te gaan. Er zijn ook krachten in laterale richting tijdens de STS-transfer, deze krachten zijn kleiner dan de andere krachten en schommelt van links naar rechts.

Er zijn ook talrijke studies gedaan over de duur van een STS-transfer. Met tijden in seconden variërend tussen de 1,15 volgens Schenkman, 1,2 volgens Riley, 1,3 volgens Jeng, 1,89 volgens Inkster, 2 seconden volgens Kelley, 2,03 volgens Millington en 2,04 seconden volgens Tully. Uit onderzoek blijkt dat gezonde oudere mensen er gemiddeld 10 procent langer over doen dan gezonde jongere mensen. De reden waarom oude mensen er langer over doen is nog niet bekend, maar waarschijnlijk heeft het te maken met dat ouderen meer naar anterior en posterior moeten verplaatsen om te stabiliseren.

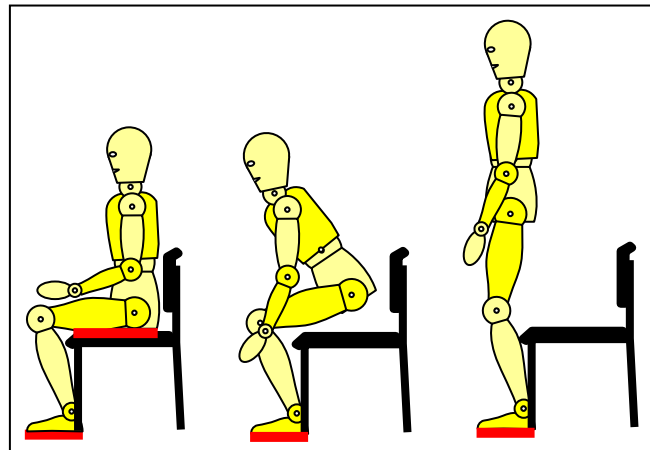
2.5.2 Fases Sit-To-Stand-transfer^[14,16]

Er bestaan veel variatiemogelijkheden bij het opstaan van mensen. Toch is er bij de STS-transfer meestal een stereotype techniek waarin gewrichten bewegen of stilstaan in een bepaalde volgorde^[16]. Deze stereotype techniek kan gebruikt worden om de STS-transfer in fases te verdelen. Deze verdeling kan op basis van verschillende grootheden. In deze paragraaf in een overzicht te zien van de verschillende indelingen.

De eerste en eenvoudigste indeling komt van Kelley et al. (1976), hij beschreef de STS-transfer in 2 fases. De eerste fase is de flexie van de romp die wordt gevolgd door de tweede fase met extensie van de romp.

Bij de volgende indeling is er gekeken naar de beschikbare steunvlak. Hierbij ontstaat de indeling die te zien is in afbeelding 2.13

In de eerste fase van deze indeling is er een steunvlak op de zitting en bij de voeten. Fase 2 is het moment dat de persoon de zitting verlaat (de Seat Off). Tijdens deze fase is het steunvlak onder beide voeten en valt het lichaamszwaartepunt (LZP) achter het steunvlak.



Afbeelding 2.13 Fase-indeling steunvlak

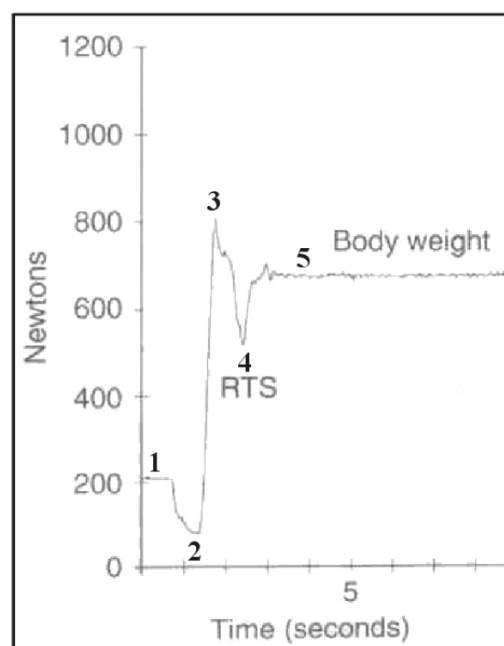
De persoon valt niet achterover door middel van de snelheid die het bovenlichaam bezit. In fase 3 is het steunvlak alleen nog bij de voeten en valt het LZP in het steunvlak. Op het moment van de Seat Off wordt er een steunvlak gereduceerd die zich beperkt tot de omhullende van beide voeten. Deze indeling kan alleen gebruikt worden bij een STS-transfer zonder het gebruik van de handen.

Bovenstaande indeling komt redelijk overeen met de indeling van Milligron et al. 1992. Hij beschrijft de STS-transfer ook in 3 fases, deze indeling is gebaseerd op een combinatie van de beschikbare steunvlek en de optredende hoekuitslagen van de heup-, knie- en enkelgewricht. De indeling van Milligron ziet er als volgt uit:

1. "weight shift phase" deze fase start op het moment dat er flexie in de romp plaats vindt, hierdoor verschuift het LZP naar anterior.
2. De "transfer phase" begint als het zitvlak verlaten wordt en knie extensie begint.
3. De "extension phase" is de laatste fase en begint direct als flexie van de romp eindigt en extensie van de romp begint.

De laatste indeling waarin de STS-transfer wordt ingedeeld op basis van de verticale component van de voetreactiekracht. In afbeelding 2.14 is deze indeling te zien, hierbij is gebruik gemaakt van een proefpersoon met een lichaamsgewicht van 70 kg. Er kunnen 5 kenmerkende punten uit de grafiek gehaald worden.

1. De reactiekracht tijdens het zitten op de voeten, dit is dus vóór aanvang van het opstaan. Bij dit voorbeeld is dat ongeveer 200 N. De overige 500N wordt via de zitting van de stoel overgedragen.
2. Op dit moment vindt er flexie in de romp plaats via een concentrische contractie van de heupflexoren. De romp moet ten opzichte van de benen naar flexie worden gebracht. De benen vormen hierbij de origo en de romp de insertie. Aangezien een spier aan beide aanhechtingspunten even hard trekt, versnelt niet alleen de romp voorover maar ondervinden de benen eveneens een achterover kantelend moment. Dit moment op de benen veroorzaakt de afname van de reactiekracht op de voeten bij de inzet van de opsta beweging.



Afbeelding 2.14 verticale component van de voetreactiekracht ^[14]

3. Het gewicht van het lichaam komt nu geheel boven de voeten, dit veroorzaakt een groeiende kracht op de voeten tot boven het lichaamsgewicht naar de grond. Deze kracht wordt zo groot doordat er ook een opwaartse versnelling plaats vindt.
4. Op het moment dat het lichaam voldoende opgericht is neemt de reactiekracht op voeten af. Dit neemt af tot onder het lichaamsgewicht, dit duidt op een vertraging aan het eind van de oprichtfase.
5. De kracht stabiliseert op de voeten op het niveau van het lichaamsgewicht.

2.5.3 Zwaartepunt verplaatsing bij Sit-To-Stand-transfer^[14,15,16]

Als een persoon normaal op een stoel zit zal hij/zij achterover vallen als je stoel onder hem vandaan getrokken wordt. Dit komt doordat het LZP op dat moment dan achter zijn steunvlak ligt.

	Floor Reaction Location* (cm)	Required joint torques† (N m)			
		Ankle	Knee	Hip	Shoulder
Initial configuration‡	–33.0	226	226	0	0
Stretch arms forward	–28.8	198	198	29	29
Flex head 45°	–32.4	222	222	4	0
Flex legs 20°	–19.1	131	226	0	0
Extend thighs 20°	–31.0	213	213	0	0
Flex upper body 20°	–24.9	171	171	56	0

* Anterior of ankle joints.
† Total for two joints. Positive entries correspond to ankle plantarflexion, knee extension, hip extension and shoulder flexion.
‡ Thighs horizontal, arms down, all other segments vertical. Seat and hand support forces were assumed to be zero for this calculation.

Tabel 2.3 Verplaatsing LZP^[15]

In tabel 2.3 is te zien hoe het LZP verplaatst als je verschillende lichaamsdelen verplaatst. Uit tabel 2.3 blijkt dat de meest effectieve methode om het LZP naar anterior van het lichaam te verplaatsen is om de voeten onder het bovenlichaam te verplaatsten. Een andere methode die ook goed werkt is het verplaatsten van de romp naar anterior, dit kan gedaan worden doormiddel van flexie in de romp en heupen.

Bij de meeste gezonde mensen lukt het om hun LZP redelijk dicht bij de enkels te brengen zonder hun handen te gebruiken. Uit tabel 2.3 blijkt dat oudere mensen meer hun LZP naar voren verplaatsten dan jongeren tijdens het opstaan.

Uit onderzoek blijkt ook dat wanneer mensen hun handen gebruiken tijdens de STS-transfer, hun LZP meer naar anterior van de enkelgewricht verplaatst dan wanneer ze hun handen niet gebruiken. Uit dit onderzoek blijkt ook dat de ouderen met een slechte conditie hun LZP het meest naar anterior verplaatsen, daarna volgen de gezonde ouderen en de jonge mensen verplaatsen hun LZP het minst.

Bij de verplaatsing van het LZP tijdens de STS-transfer, komt het nog wel eens voor dat de mensen vallen. Vaak komt het vallen voor bij ouderen personen, dit probleem ontstaat door een combinatie van evenwichtstoornissen, spierzwakte en een afname in het vermogen van het LZP te verplaatsen. In sommige gevallen zijn ouderen

genoodzaakt zich weer te laten zakken in de stoel tijdens de STS-transfer. Hierdoor geven ouderen mensen de voorkeur aan het stabiel opstaan dan het opstaan met zo min mogelijk spierkracht. Uit het onderzoek blijkt dat ouderen met een slechte conditie het meest stabiel opstaan, daarna komen de gezonde ouderen en de jonge mensen staan het minst stabiel op. Stabiel betekend hier dat het LZP in of zo dicht mogelijk bij het steunvlak ligt.

Uit deze literatuurstudie zijn de volgende punten te concluderen die verder gebruikt kunnen worden tijdens dit project.

- Ouderen staan op een andere manier op dan jongeren.
- Ouderen mensen kunnen meestal niet opstaan zonder het gebruik van de handen.
- Tijdens het opstaan werkt er een kracht op de zitting naar de posterior, deze kracht wordt gevolgd door een kracht in anterior richting van de zelfde grote.
- Uit onderzoek blijkt dat oudere mensen langzamer opstaan dan jongere mensen.
- Er bestaan nog geen fase-indeling die het opstaan met het gebruik van de handen bij ouderen beschrijft..
- Ouderen verplaatsen hun LZP tijdens het opstaan meer naar voren dan jongeren.

2.6 Bewegingsanalyse

In deze analyse is onderzocht hoe de doelgroep van dit project (ouderen in verpleeg- en verzorgingshuizen) opstaat uit een rolstoel. Dit is gedaan door middel van het analyseren van beeldopnames.

2.6.1 Meetprotocol

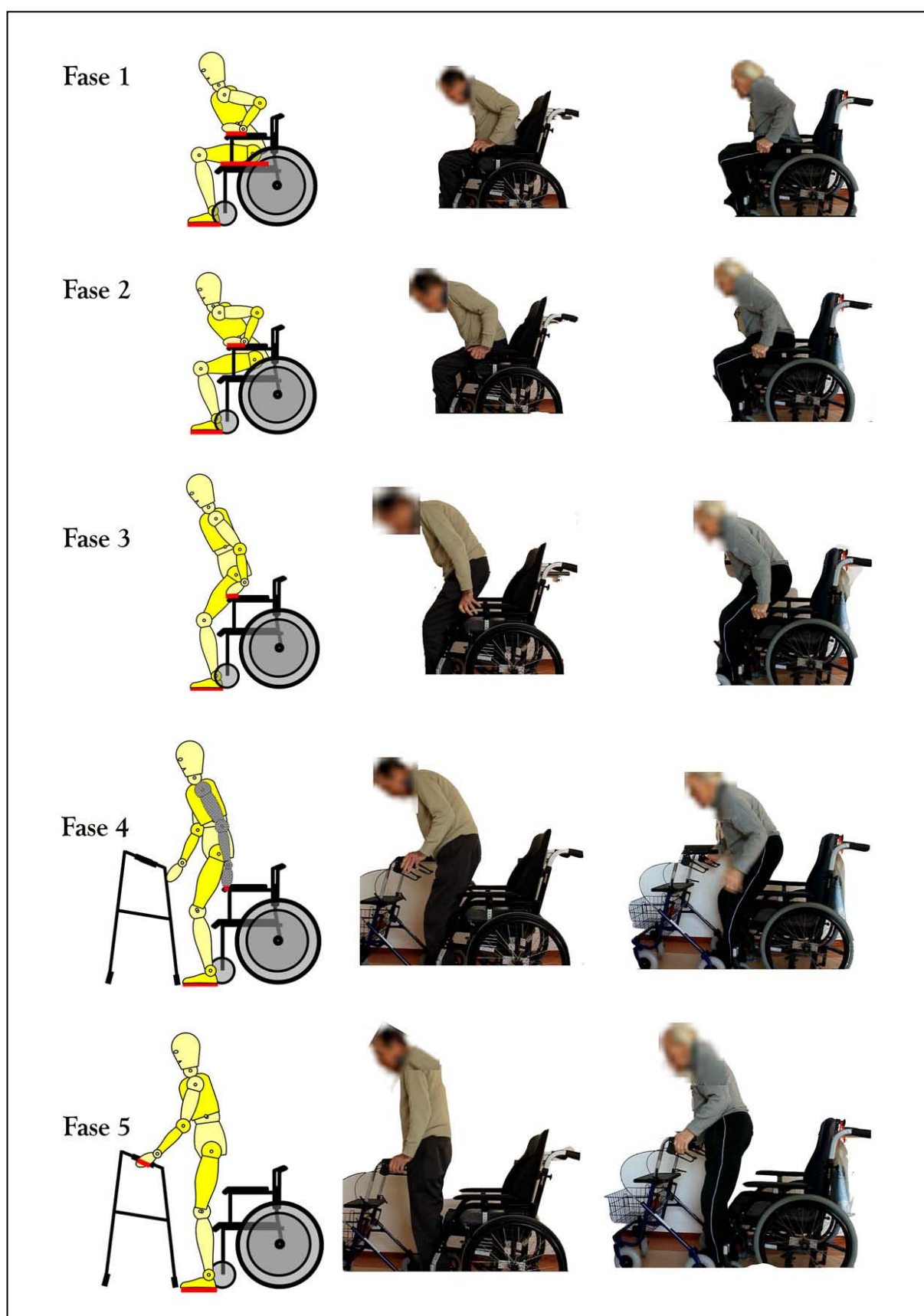
Om de bewegingsanalyse nauwkeurig uit te kunnen voeren zijn er beeldopnames gemaakt. Hiervoor is er een groep van 12 proefpersonen gefilmd bij het opstaan uit en gaan zitten in een rolstoel. De beeldopnames zijn gemaakt in twee verpleeghuizen van zorgaanbieder Florence. De eerste 9 proefpersonen zijn cliënten uit verpleeghuis 'Westhoff' te Rijswijk en de laatste 3 proefpersonen zijn cliënten uit verpleeghuis 'Het Gulden Huis' te Den Haag. De gemiddelde leeftijd van onderzoeksgroep is 79,4 jaar. Onder de proefpersonen bevonden zich 6 mannen en 6 vrouwen. Voor de beeldopnames is er een formulier 'toestemming tot gebruik van beeldmateriaal' opgesteld. Dit formulier is te vinden in bijlage 2. Voor de beeldopnames heeft elk proefpersoon schriftelijk akkoord gegeven op het formulier. De beeldopnames zijn gemaakt aan de hand van een meetprotocol. Dit protocol is bijgevoegd in bijlage 3.

2.6.2 Fase-indeling van Sit-To-Stand-transfer

De fase-indelingen die in de literatuur behandeld worden zijn fase-indelingen die gebaseerd zijn op een STS-transfer zonder het gebruik van de handen. Uit de literatuurstudie blijkt dat de doelgroep van dit project (oudere mensen in verzorging- of verpleeghuizen) vaak niet in staat zijn om zonder hulp van de handen een STS-transfer te maken. Dit maakt dat de fase-indelingen uit paragraaf 2.5.2 niet volledig gebruikt kunnen worden voor dit project. Met behulp van de verschillende fase-indelingen uit de literatuurstudie is er een nieuwe fase-indeling gemaakt. Hiervoor heeft eerst een videoanalyse plaatsgevonden om te analyseren hoe de STS-transfer uitgevoerd wordt door de doelgroep. Met behulp van de kennis uit de literatuurstudie en de videoanalyse is de volgende fase-indeling tot stand gekomen:

- Fase 1: Deze fase begint wanneer men het LZP naar anterior verplaatst.
- Fase 2: Start bij het begin van extensie van de knieën, hierbij komt de persoon los van het zitvlak.
- Fase 3: Start bij de extensie van de heup.
- Fase 4: Start bij het loslaten van een hand van de armleggers.
- Fase 5: Start vanaf het moment dat de persoon stabiel staat met hulpmiddel.

In afbeelding 2.15 is een overzicht te zien van de fase-indeling. Dit is de fase-indeling die verder tijdens dit project gebruikt zal worden.



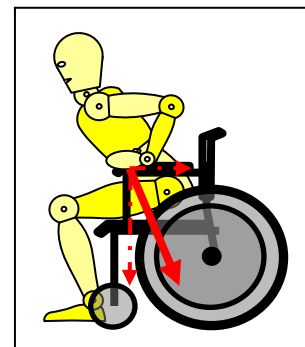
Afbeelding 2.15 Fase-indeling

2.6.3 Resultaten bewegingsanalyse

Met behulp de fase-indeling uit paragraaf 3.6.2 is per fase gekeken naar de overeenkomende handelingen bij de 12 proefpersonen, dit is gedaan met behulp van het beeldmateriaal en een tabel. De tabel is te vinden in bijlage 4. In de tabel staan de punten waar op gelet is tijdens het analyseren van het beeldmateriaal.

Uit de bewegingsanalyse zijn de volgende resultaten gekomen:

- Alle proefpersonen gebruiken een hulpmiddel voor de stabiele ondersteuning tijdens het gaan en/of staan. Het ondersteunende hulpmiddel varieert in:
 - o Rollator (5x).
 - o Looprek (3x).
 - o Bedrand (2x).
 - o Eifel (1x).
 - o Loopbrug (1x).
- Vóór men start aan de STS-transfer zijn er verschillende patronen te vinden.
 - o Rolstoel op rem zetten (11x van de 12).
 - o Beide handen op armlegger plaatsen (10x van de 12).
 - o Naar voren verplaatsen zitvlak (5x van de 12).
 - o Één hand op armlegger plaatsen (2x van de 12).
- Fase 1 van de STS-transfer
 - o Tijdens de LZF verplaatsing maakt iedereen gebruik van flexie in de heupen en romp, dan wel in verschillende mate.
 - o Tijdens deze fase begint men met het afzetten op de armleggers. Van de onderzoeksgroep maakt iedereen gebruik van minimaal één hand om zich af te zetten op de armleggers. Het verschilt per persoon waar op de armleggers ze hun handen plaatsen.
 - 10 van de 12 gebruikt beide handen op de armleggers voor het afzetten.
 - 1 van de 12 grijpt met één hand naar het hulpmiddel, de andere hand wordt wel gebruikt voor het afzetten op de armlegger.
 - 1 van de 12 heeft andere hand in een armsling, de andere hand wordt wel gebruikt voor het afzetten op de armlegger.
 - o Van de onderzoeksgroep grijpt iedereen met de vingers om de armleggers, de locatie van het grijpen varieert.
- Fase 2 van de STS-transfer
 - o Door de afzetkracht op de armleggers van de rolstoel ontstaat er een kracht met een verticale component op de rolstoel. Zie afbeelding 2.16.
- Fase 3 van de STS-transfer
 - o Tijdens deze fase wordt het steunvlak bepaald door de omhulling van voeten en handen.
- Fase 4 van STS-transfer
 - o Tijdens deze fase is er een verandering van het steunvlak. De handen komen los van de armleggers.
 - 5 van de 12 heeft tijdens deze fase tijdelijk een steunvlak die zich beperkt tot de omhulling van de voeten.
 - 7 van de 12 laat de laatste hand pas los van de armleggers nadat de eerste hand op het hulpmiddel steunt.



Afbeelding 2.16 kracht op armleggers

- Fase 5 van STS-transfer
 - o Alle proefpersonen staan stabiel met behulp van hun stahulpmiddel.
- Gaan zitten
 - o Tijdens eerste stoelcontact bij het gaan zitten ontstaat er een verticale kracht op de rolstoel.
 - 7 van de 12 heeft als eerste contactpunt met de rolstoel beide handen op de armleggers.
 - 2 van de 12 heeft als eerste contactpunt met de rolstoel één op de armlegger.
 - 2 van de heeft als eerste contactpunt met de rolstoel het zitvlak op de zitting van de rolstoel.

Conclusie:

Uit deze analyse kan geconcludeerd worden dat vóór fase 2 de rolstoel op de rem moet staan. De rem moet dus vergrendelen vóór de STS-transfer of tijdens fase 1. Uit de bewegingsanalyse blijkt dat er drie handelingen voorkomen die alle proefpersonen voor of tijdens fase 1 doen, dit zijn:

1. Het grijpen van de vingers om de armleggers.
2. Het LZP naar voren plaatsen doormiddel van flexie in de heup of romp.
3. Één of beide hand(en) op de armleggers plaatsen en het beginnen met het afzetten van de hand(en) op de armleggers.

Het remsysteem moet dus door één van deze drie handelingen geactiveerd worden.

Eis 5: De rolstoel moet vóór het begin van fase 2 van de STS-transfer vergrendelt zijn

Eis 6: De rolstoel moet vergrendelt zijn vóór het eerste contact bij het gaan zitten

2.7 Gebruikersanalyse

Er is een gebruikersanalyse uitgevoerd, hierbij is onderzocht hoe de gebruikers de rolstoel en het remsysteem gebruiken. Hieruit is een aantal eisen tot stand gekomen waaraan het remsysteem moet voldoen.

2.7.1 Lege rolstoel verplaatsen

Tijdens het bezoeken van de verpleeghuizen is gezien dat een lege rolstoel vaak wordt verplaatst door verschillende personen. Dit kan de gebruiker zelf zijn als hij of zij bijvoorbeeld op een stoel of bed heeft plaatsgenomen en de rolstoel aan de kant zet. Ook is gezien dat begeleiders de lege rolstoel vaak verplaatsen als deze in de weg staat. Om de rolstoel makkelijk te kunnen verplaatsen moet men de parkeerrem kunnen ontgrendelen.

Als de rolstoel voor gebruik terug wordt gezet kan vergeten worden de rem weer te vergrendelen. Hierdoor ontstaat het gevaar te vallen tijdens het gaan zitten in de rolstoel. Dit kan voorkomen worden door het automatisch vergrendelen van een lege rolstoel.

2.7.2 Rijden in een rolstoel

De gebruikers van rolstoelen brengen vaak vele uren op een dag door in hun rolstoel. Zowel overdag als 's avonds, zowel binnens- als buitenshuis. Omdat ze zo lang achter elkaar in de rolstoel zitten is het belangrijk dat de rolstoel comfortabel zit. Het komt ook vaak voor dat de rolstoelgebruiker wordt geduwd door een begeleider. Wanneer de rolstoel geduwd wordt kan de inzittende veel bewegen. Deze bewegingen mogen er niet voor zorgen dat de rem automatisch vergrendeld. Ook als de gebruiker zelf zijn rolstoel aandrijft, dit kan doormiddel van hoepelen of trippelen, mag de rem nooit automatisch vergrendelen. Als de gebruiker de rolstoel trippelend aandrijft leunen de armen meestal op de armleggers.

2.7.3 Bewegingsvrijheid

In het gebruik van de rolstoel mag het remsysteem de gebruiker in geen enkel opzicht belemmeren. Het remsysteem mag de wendbaarheid van de rolstoel niet verminderen. Zo moet het achteruit rijden en de kleine draaicirkel behouden blijven. Ook mag het niet zo zijn dat de gebruiker telkens als hij/zij wil gaan rijden eerst de rem moeten ontgrendelen. De rolstoel moet dus automatisch ontgrendelen als de gebruiker in de rolstoel zit. Wel komt het soms wel eens voor dat de gebruiker de rolstoel op de rem wil hebben terwijl hij/zij nog in de rolstoel zit, hiervoor moet er een systeem komen waarmee de gebruiker de rem handmatig kan vergrendelen terwijl hij/zij in de rolstoel zit.

Eis 7: Voor het verplaatsen van de lege rolstoel moet de rem te ontgrendelen zijn.

Eis 8: Na het verplaatsen van de lege rolstoel moet de rem automatisch vergrendelen.

Eis 9: Het comfort van de rolstoel moet behouden blijven

Eis 10: Tijdens het rijden in de rolstoel mag de rem er nooit automatisch vergrendelen.

Eis 11: De gebruiker mag niet worden beperkt in zijn bewegingsvrijheid.

Eis 12: De rem moet automatisch ontgrendelen als de gebruiker in de rolstoel zit.

Eis 13: De gebruiker moet de rem handmatig kunnen vergrendelen terwijl hij/zij in de rolstoel zit.

3. Programma van eisen en wensen

Aan de hand van de analysefase is er een programma van eisen en wensen opgesteld. Met behulp van het programma van eisen en wensen zal er een automatisch remsysteem ontworpen worden.

Eisen:

- Eis 1: De rem moet werken bij lichaamsgewichten tussen de 47 kg en 94 kg.
- Eis 2: De rem moet werken bij een lichaamslengte tussen de 1456mm en 1815mm.
- Eis 3: Het remsysteem moet op de Revab Roxx passen.
- Eis 4: Het remsysteem moet minimal één jaar zonder onderhoud gebruikt kunnen worden.
- Eis 5: De rolstoel moet vóór het begin van fase 2 van de STS-transfer op de rem staan.
- Eis 6: De rolstoel moet vergrendeld zijn vóór het eerste contact bij het gaan zitten.
- Eis 7: Voor het verplaatsen van de lege rolstoel moet de rem ontgrendelt kunnen worden.
- Eis 8: Na het verplaatsen van de lege rolstoel moet de rem automatisch vergrendelen.
- Eis 9: Het comfort van de rolstoel moet behouden blijven.
- Eis 10: Tijdens het rijden in de rolstoel mag de rem nooit automatisch vergrendelen.
- Eis 11: De gebruiker mag niet worden beperkt in zijn bewegingsvrijheid.
- Eis 12: De rem moet automatisch ontgrendelen als de gebruiker in de rolstoel zit.
- Eis 13: De gebruiker moet de rem handmatig kunnen vergrendelen terwijl hij/zij in de rolstoel zit.

Wensen:

- Wens 1: Het remsysteem moet op alle soorten semi-actieve rolstoelen passen.
- Wens 2: Het remsysteem kan gedemonteerd worden.
- Wens 3: Het remsysteem werkt met een trommelrem.

4. Ontwerpen

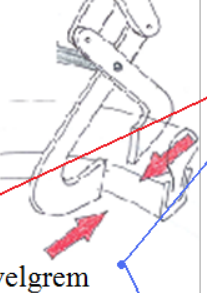
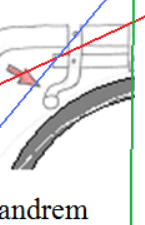
Met behulp van het programma van eisen en wensen is er begonnen met het ontwerpen. Eerst is het remsysteem in verschillende onderdelen verdeeld. Vervolgens zijn er per onderdeel ontwerpen gemaakt, uit die ontwerpen kwamen drie concepten tot stand. Tot slot is er doormiddel van de kardinale methode bepaald welk concept er verder uitgewerkt wordt.

4.1 Idee schetsen

Voordat er begonnen is met het maken van ideeschetsen, is het systeem in 4 onderdelen verdeeld. Deze vier onderdelen zijn:

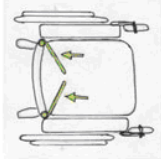
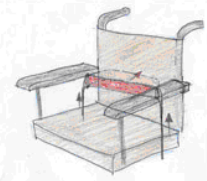
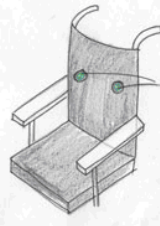
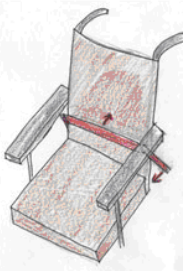
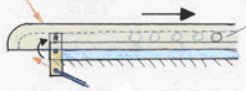
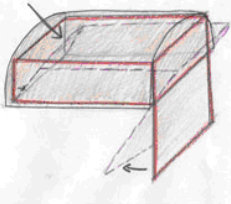
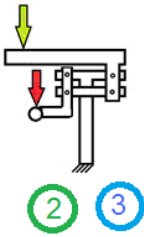
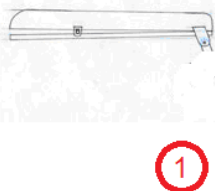
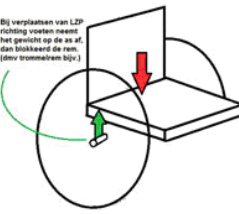
- De detectie; het systeem moet weten wanneer de gebruiker opstaat. Uit de analyse blijkt dat de rem aan het begin van fase 2 van de STS-transfer vergrendelt moet zijn, het remsysteem moet dus reageren op een handeling die men uitvoert vóór fase 2. Uit de bewegingsanalyse blijkt dat de volgende handelingen vóór fase 2 uitgevoerd worden:
 - o Het grijpen van de vingers om de armleggers.
 - o Het LZP naar voren plaatsen doormiddel van flexie in de heup of romp.
 - o Één of beide hand(en) op de armleggers plaatsen en het beginnen met het afzetten van de hand(en) op de armleggers.
- Het remsysteem; het systeem moet er voor zorgen dat rolstoel stil blijft staan. Aangezien er uit de analyse een aantal goed werkende parkeerremmen naar voren kwamen, zijn deze ook meegenomen tijdens het ontwerpen.
- Verbinding detectie naar rem; er moet een verbinding komen tussen de detectie en de rem zodat de rem om het juiste moment vergrendelt,
- Ontgrendelen begeleider; het systeem moet ontgrendeld kunnen worden door een begeleider of de gebruiker zelf (waarneer die niet in zijn rolstoel zit) zodat hij/zij een lege rolstoel kan verplaatsen.

Vervolgens zijn er per onderdeel ideeën bedacht, deze ideeën zijn gebundeld in een morfologisch overzicht, zie afbeelding 4.1.

Onderdeel	Ideeën			
Detectie	Het grijpen van de vingers om de armleggers	Flexie in de heup en romp	Het afzetten van de handen op de armleggers	Het LZP naar voren verplaatsen
Remsysteem	 Trommelrem	 velgrem	 Bandrem	 schijfrem
Verbinding (rem ↔ detectie)	Remkabel	Stangen	Elektrisch	Bluetooth
Ontgrendeling Begeleider	Ontgrendelen bij handvat	Ontgrendelen bij armleuning	Rem blijft niet vergrendelt	

Afbeelding 4.1 Morfologisch overzicht

Het onderdeel detectie, in afbeelding 4.1, is verder onderverdeeld en uitgewerkt. Deze uitwerking is weergegeven in afbeelding 4.2.

Het grijpen van de vingers om de armleggers				
Flexie in de heup en romp				
Het afzetten van de handen op de armleggers				
Het LZP naar voren verplaatsen				

Afbeelding 4.2 Onderdelen detectie

In het morfologisch overzicht zijn vervolgens de verschillende onderdelen met elkaar verbonden, dit is gedaan doormiddel van verschillende gekleurde lijnen, ieder concept heeft zijn eigen kleur.

Concept 1= Rood

Concept 2= Groen

Concept 3= Blauw

Uit die verbindingen zijn drie concepten tot stand gekomen. Deze concepten zijn verder uitgelegd in paragraaf 4.2. Bij de ideesetsen is een aantal elektrische ontwerpen ontstaan, deze ideeën zijn niet verder uitgewerkt omdat elektrische systemen te duur, te onderhoudsgevoelig en niet betrouwbaar genoeg zijn.

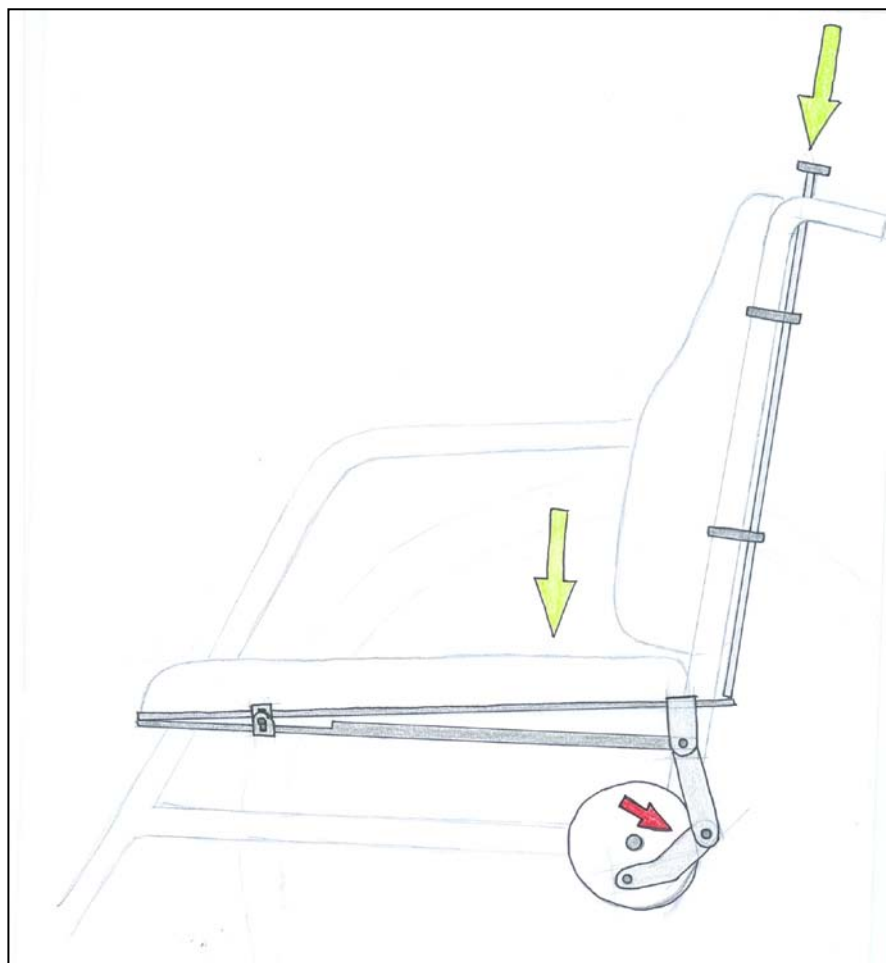
4.2 Concepten

Uit het morfologisch overzicht zijn de volgende drie concepten tot stand gekomen. De concepten zijn in deze paragraaf te zien.

Concept 1

Bij concept 1 (zie afbeelding 4.3) wordt het remsysteem aangestuurd doormiddel van het LZP-verplaatsing. Door een kantelmechanisme in de zitting zal de zitting voorover kantelen wanneer men het LZP naar anterior verplaatst. Hierbij zal het achterste gedeelte van de zitting naar boven verplaatsen en trekt doormiddel van remkabels de trommelrem aan. Aan de achterzijde van de zitting zit een veer, die zorgt ervoor dat wanneer er niemand in de rolstoel zit, de zitting naar voren gekanteld blijft staan zodat de rem vergrendeld blijft. Wanneer de gebruiker in de rolstoel zit zal de achterzijde van de zitting weer terugkantelt en de rem ontgrendeld wordt.

Als er niemand in de rolstoel zit kan de rem ontgrendeld worden doormiddel van een stang die van de zitting naar de handvatten loopt.. Wanneer de begeleider op deze stang drukt zal er een druk op de achterzijde van de zitting komen waardoor deze achteroverkantelt en de rem dus ontgrendelt is. Zodra de begeleider de knop loslaat, zal de rem weer vergrendelen.

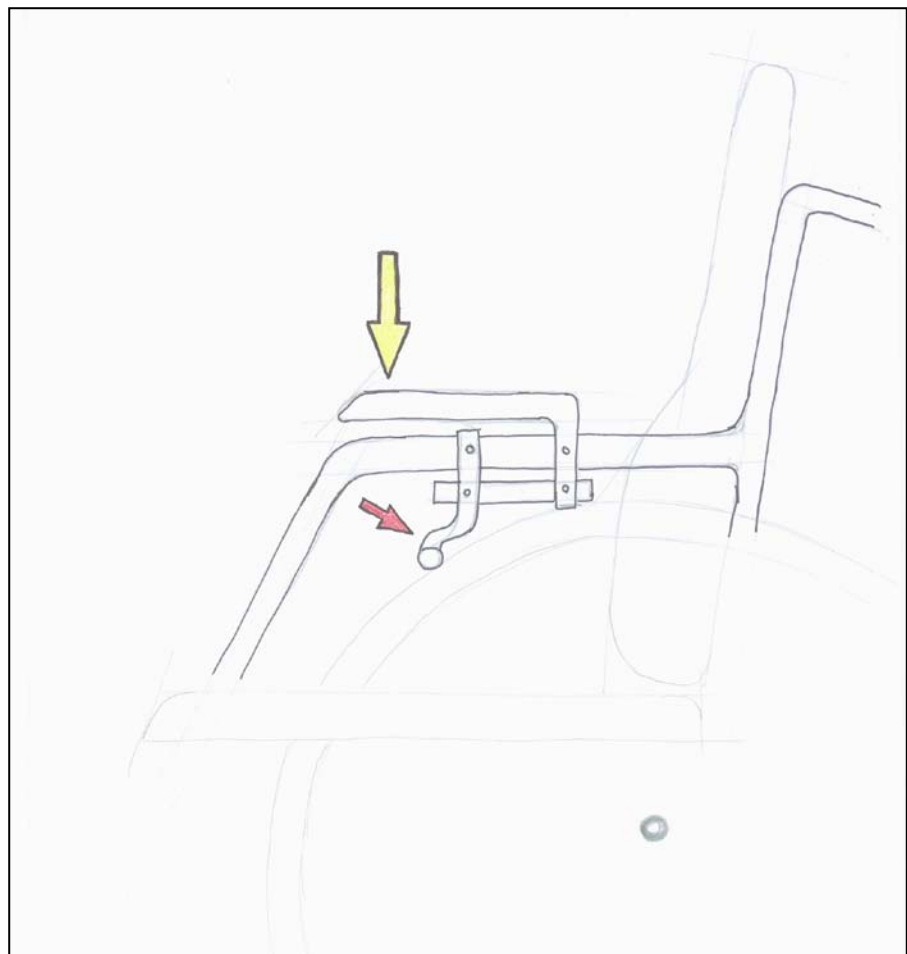


Afbeelding 4.3 Concept 1

Concept 2

In het tweede concept (zie afbeelding 4.4) wordt er gebruik gemaakt van de afzetkracht op de armleggers. Wanneer de gebruiker wil gaan opstaan zal er op één of beide armleggers een kracht ontstaan met een horizontale en verticale component. Doormiddel van een vierstangenstelsel, waarvan de armlegger de aangedreven stang is, zal het remblok het wiel blokkeren. De rolstoel staat op de rem en de rest van de STS-transfer kan volgen. Als de rolstoel verplaatst moet worden door een begeleider dan kan de rem ontgrendeld worden door één van de armleggers omhoog te trekken. Wanneer de gebruiker weer plaats wil gaan nemen in de rolstoel zal hij, wanneer hij als eerst zijn handen op de armleggers legt de remmen weer vergrendelen. Zodra de gebruiker zit, kan de gebruiker de rem weer handmatig ontgrendelen door de armleggers omhoog te trekken.

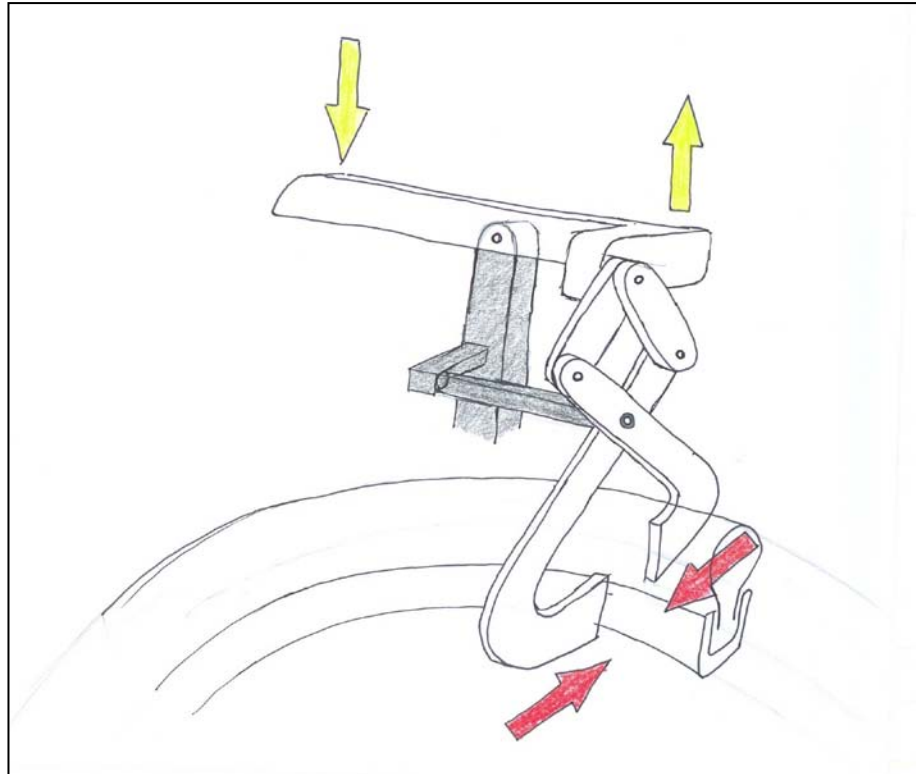
Het vierstangenstelsel is verbonden met de vaste stang in de plaats van de vaste armlegger. De andere drie stangen bewegen ten opzichte van de rolstoel.



Afbeelding 4.4 Concept 2

Concept 3

In dit concept wordt er gebruik gemaakt van de kracht naar beneden op de armleggers. Wanneer er een kracht op de voorzijde van de armlegger komt, zal de armlegger voorover kantelen. De voor over kanteling van de armlegger trekt de achterzijde omhoog en door het schaarmechanisme knijpen de remblokjes de velg vast. Bij loslaten van de armleggers ontgrendeld de rem automatisch. Bij het gaan zitten in de rolstoel wordt de rem weer vergrendeld bij het steunen op de armleggers.



Afbeelding 4.5 Concept 3

4.3 Conceptkeuze

De kardinale methode is gebruikt om een conceptkeuze te maken. Bij de kardinale methode is er gekeken welk concept het best aan de gestelde eisen voldoet. Eis 5, 7, 8, 10 en 12 zijn belangrijke eisen waaraan het concept aan moet voldoen, daarom tellen de punten bij deze eisen dubbel. De uitwerking hiervan is te zien in tabel 4.1.

0= voldoet niet

1= voldoet gedeeltelijk

2= voldoet

Eis:	Concept 1	Concept 2	Concept 3
1) De rem moet werken bij lichaamsgewichten tussen de 47 kg en 94 kg.	2	2	2
2) De rem moet werken bij een lichaamslengte tussen de 1456mm en 1815mm.	2	2	2
3) Het systeem moet op de Revab Roxx passen.	2	2	2
4) Het remsysteem moet minimal één jaar zonder onderhoud gebruikt kunnen worden.	2	2	2
5) De rolstoel moet vóór het begin van fase 2 van de STS-transfer op de rem staan	4	4	4
6) De rolstoel moet vergrendelt zijn vóór het eerste contact bij het gaan zitten	2	2	0
7) Voor het verplaatsen van de lege rolstoel moet de rem ontgrendelt kunnen worden.	4	4	4
8) Na het verplaatsen van de lege rolstoel moet de rem automatisch vergrendelen.	4	0	0
9) Het comfort van de rolstoel moet behouden blijven	1	1	1
10) Tijdens het rijden in de rolstoel mag de rem nooit automatisch vergrendelen.	2	2	2
11) De gebruiker mag niet worden beperkt in zijn bewegingsvrijheid	2	2	2
12) De rem moet automatisch ontgrendelen als de gebruiker in de rolstoel zit.	4	0	4
13) De gebruiker moet de rem handmatig kunnen vergrendelen terwijl hij/zij in de rolstoel zit.	0	2	1
Totaal	31	25	26

Tabel 3.1 Kardinale methode

Uit de kardinale methode blijkt dat concept 1 het best aan de eisen voldoet. Concept 2 en 3 voldoen beide niet aan alle belangrijke eisen. Dit betekent dat concept 2 en 3 afvallen. Aangezien concept 1 niet aan alle eisen voldoet, zal het concept in het volgend hoofdstuk nog verder uitgewerkt en aangepast worden.

4.4 Uitwerking concept

Voordat er van het gekozen concept een prototype gemaakt kan worden moet het concept verder uitgewerkt worden. Om erachter te komen of het principe van de kantelzitting in werkelijkheid werkt, is er eerst een eenvoudig testmodel gemaakt. Hiervoor is een vereenvoudigde kantelzitting gemaakt en gemonteerd in een Revab Roxx, vervolgens is de achterzijde van de zitting verbonden met de trommelrem. Uit het testmodel blijkt dat het principe van een kantelzitting werkt, er moet alleen nog meer geanalyseerd worden om het concept goed te kunnen laten werken. Zo moet er geanalyseerd worden waar het kantelpunt moet komen, hoe groot de uitslag van de zitting moet worden, welke materialen gebruikt moeten worden en wat voor soort veer er in de zitting moet komen.

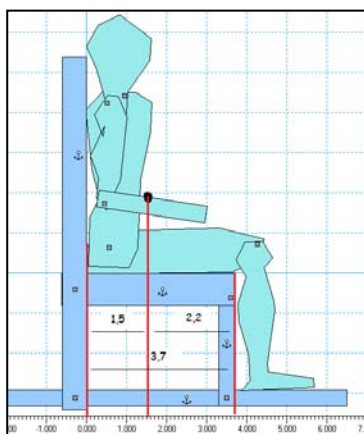
4.4.1 Locatie kantelpunt

Uit de literatuur blijkt dat mensen hun LZP naar voren verplaatsen tijdens de eerste fase van het opstaan. Uit paragraaf 2.5.3 blijkt dat ouderen dit in grotere mate doen dan jongeren. Dit zou dus betekenen dat het principe van de kantelzitting bij ouderen beter zal werken dan bij jongeren.

Om erachter te komen waar het kantelpunt moet komen zodat de zitting wel kantelt wanneer de gebruiker uitstapt en niet kantelt wanneer de gebruiker gaat verzitten of trippelen, zijn de videobeelden van de bewegingsanalyse nogmaals geanalyseerd. Uit deze beelden blijkt dat dit punt bij iedere persoon verschilt. Het kantelpunt moet dus verstelbaar zijn. Om een richtlijn te krijgen rond welke punten het kantelpunt verstelbaar moet zijn, is er een model gemaakt. Dit model is in het simulatieprogramma Interactive Physics gemaakt met behulp van de videobeelden uit de bewegingsanalyse en de antropometrische gegevens uit het boek ergonomie¹⁹.

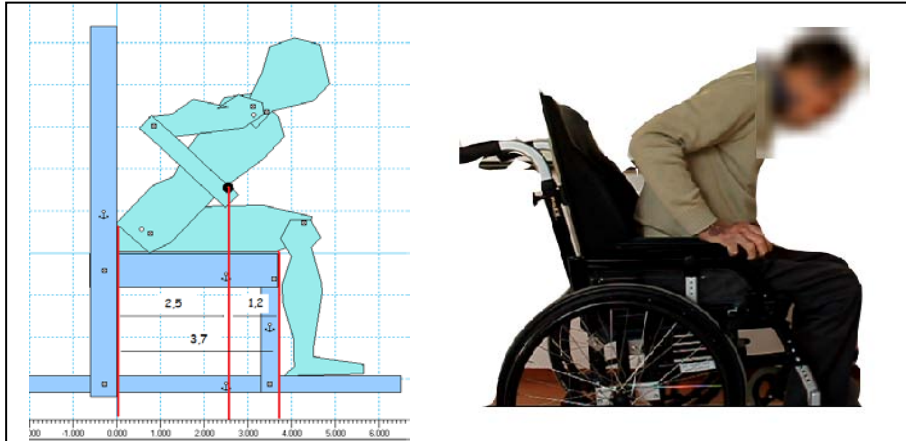
In de afbeeldingen 4.6, 4.7 en 4.8 zijn een drietal modellen te zien, bij deze modellen is de horizontale locatie van het LZP van de gebruiker bepaald. De gewicht- en lengteverhoudingen van de lichaamsdelen zijn overgenomen uit het boek ergonomie¹⁹.

In afbeelding 4.6 is een persoon gesimuleerd die normaal in een rolstoel zit en geen andere handelingen uitvoert. Het LZP van dit model ligt op 59% vanaf de voorzijde van de zitting t/m de rugleuning gemeten. Dit model concludeert dat het kantelpunt maximaal 59% vanaf de voorzijde van de zitting gemeten moet zijn.



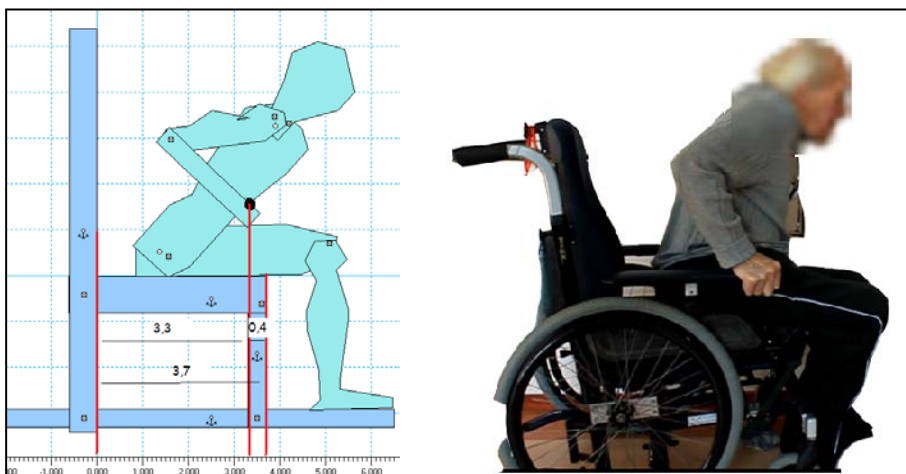
Afbeelding 4.6 Model 1

In afbeelding 4.7 is een persoon gesimuleerd die opstaat vanuit de rolstoel. De hoek die de persoon in model 2 maakt, is de maximale flexiehoek die een persoon maakt tijdens het opstaan. Uit de simulatie blijkt dat bij dit model het LZP zich bevindt op 33% vanaf de voorzijde van de zitting gemeten t/m de rugleuning van de rolstoel. Uit dit model volgt dus dat het kantelpunt minimaal 33% vanaf de voorzijde van de zitting gemeten moet zijn.



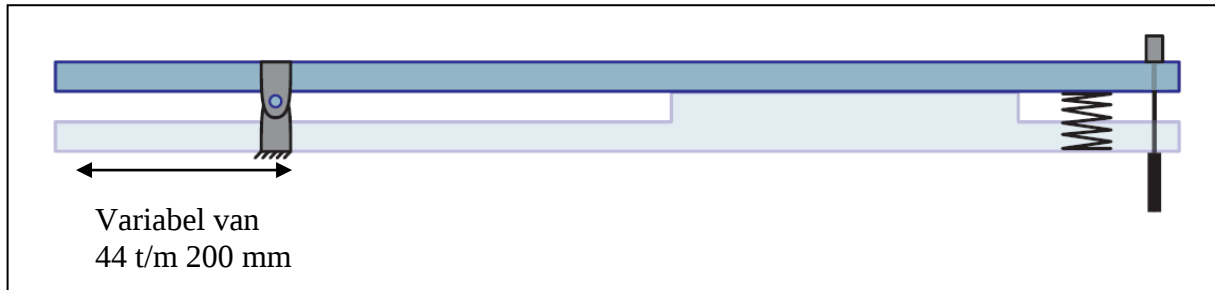
Afbeelding 4.7 Model 2

In model 3 is een persoon gesimuleerd die opstaat vanuit zijn rolstoel, voordat hij op gaat staan verplaatst hij zich naar de voorzijde van de zitting. Zoals in model 3 te zien is veroorzaakt dit dat het LZP ook verder naar anterior verplaatst. Bij dit model volgt dat het kantelpunt op minimaal 11% vanaf de voorzijde van de zitting gemeten moet zijn.



Afbeelding 4.8 Model 3

Uit deze analyse blijkt dat het per persoon verschilt wat de minimale afstand is van het kantelpunt. Uit de analyse komt wel een richtlijn voor de verstelbaarheid van het kantelpunt, de verstelbaarheid moet variëren vanaf 11% t/m 50% vanaf de voorzijde van de zitting gemeten t/m de rugleuning. Dit zou voor de standaard Revab Roxx betekenen dat het kantelpunt van 44 mm t/m 200 mm vanaf de voorzijde van de zitting verstelbaar moet zijn, zie afbeelding 4.9.



Afbeelding 4.9 Verstelbaarheid kantelpunt

Eis 14: Het kantelpunt moet variabel zijn tussen de 11% en 50% mm van de voorzijde gemeten.

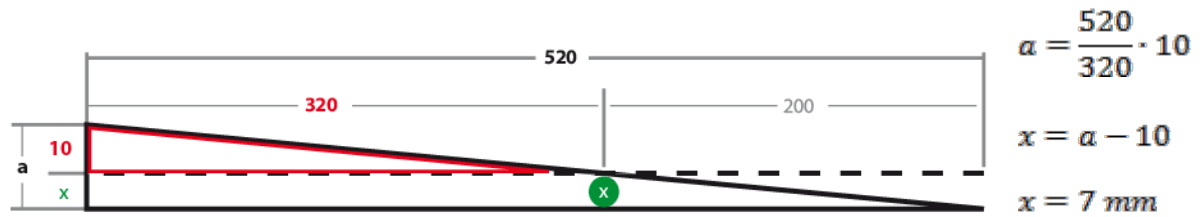
4.4.2 Uitslag kanteling zitting

In deze paragraaf wordt onderzocht hoe groot de uitslag van de kanteling van de zitting maximaal moet zijn om de rem te kunnen vergrendelen. Hierbij moet ook rekening gehouden worden dat de uitslag in werkelijkheid ook haalbaar is zodat het niet klemt tegen andere onderdelen van de rolstoel.

Eerst is er gekeken naar de verplaatsing van de hendel van de trommelrem. Het uiteinde van de hendel blijkt een maximale verplaatsing van 10 mm te hebben. De uitslag die de kanteling van de zitting moet veroorzaken moet dus 10 mm zijn. De zitting moet dan zo ontworpen worden dat de achterzijde van de zitting minimaal 10 mm omhoog kantelend. Deze uitslag kan ook kleiner gemaakt worden maar dan moet er met behulp van katrollen of hefboomen de uitslag vergroot worden. Die katrollen of hefboomen zullen voor extra onderhoud zorgen, daarom is er voor gekozen de uitslag van de zitting minimaal 10 mm te maken.

Met behulp van onderstaande berekening is er onderzocht wat de dikte van het kantelpunt moet zijn om een kanteling van minimaal 10 mm aan de achterzijde van de zitting te veroorzaken.

In paragraaf 4.4.1 is te zien dat het kantelpunt van locatie verandert, het verplaatsen van het kantelpunt naar voor en naar achter zal er voor zorgen dat de uitslag van de achterzijde van de zitting ook variabel is. Wanneer het kantelpunt het meest aan de achterzijde van de zitting zit, zal de uitslag van de achterzijde van de zitting het kleinst zijn. Bij de berekening is er dus vanuit gegaan dat het kantelpunt op 200 mm vanaf de voorzijde van de zitting zit tot en met de rugleuning, dit betekent dat het kantelpunt een minimale dikte van 7 mm moet hebben om op de achterzijde van de plaat, die een totale lengte heeft van 520mm, een verplaatsing van 10 mm te kunnen maken, zie afbeelding 4.10.



Afbeelding 4.10

Uit het marktonderzoek blijkt dat een staaf met een diameter van 8 mm een gangbare maat is, daarom is er van deze maat een metalen staaf gekozen om te gebruiken.

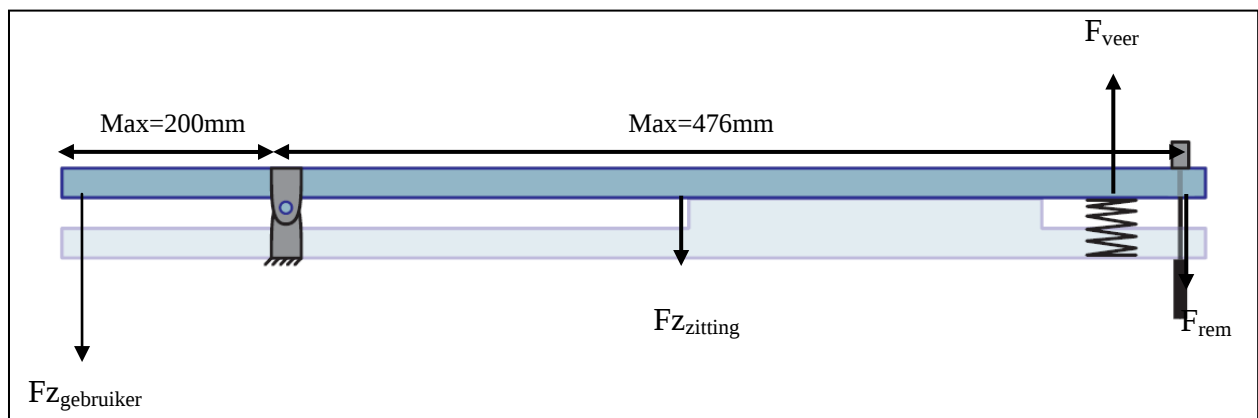
Eis 15: De diameter van de staaf van het kantelpunt moet een hoogte hebben van 8 mm.

4.4.3 Materiaalkeuze

In deze paragraaf wordt een aantal berekeningen uitgevoerd om er achter te komen welke stijfheid of sterkte het materiaal moet hebben.

Sterkte bovenste onderdeel

Op het bovenste onderdeel van het kantelsysteem komen grote krachten, aan de achterzijde van dat onderdeel trekken de remkabels, deze kracht wordt weer opgeheven door de veer die een iets grotere kracht in tegengestelde richting uitoefent. Aan de voorzijde van het onderdeel levert het LZP van de gebruiker een kracht. Deze kracht levert een groot moment rond het kantelpunt. De krachten die op het onderdeel komen zijn weergegeven in afbeelding 4.11



Afbeelding 4.11 Krachten op bovenste onderdeel kantelzitting

Om het remsysteem goed te kunnen laten werken is het belangrijk dat het bovenste onderdeel niet of nauwelijks doorbuigt als gevolg van de krachten. Uit het testmodel die aan het begin van de uitwerking van het concept vervaardigd is, blijkt dat wanneer het bovenste onderdeel niet stijf genoeg is het concept niet volledig werkt.

Om erachter te komen hoe stijf het materiaal van het bovenste onderdeel moet zijn zodat het maximaal 1 mm doorbuigt is de volgende formule gebruikt:

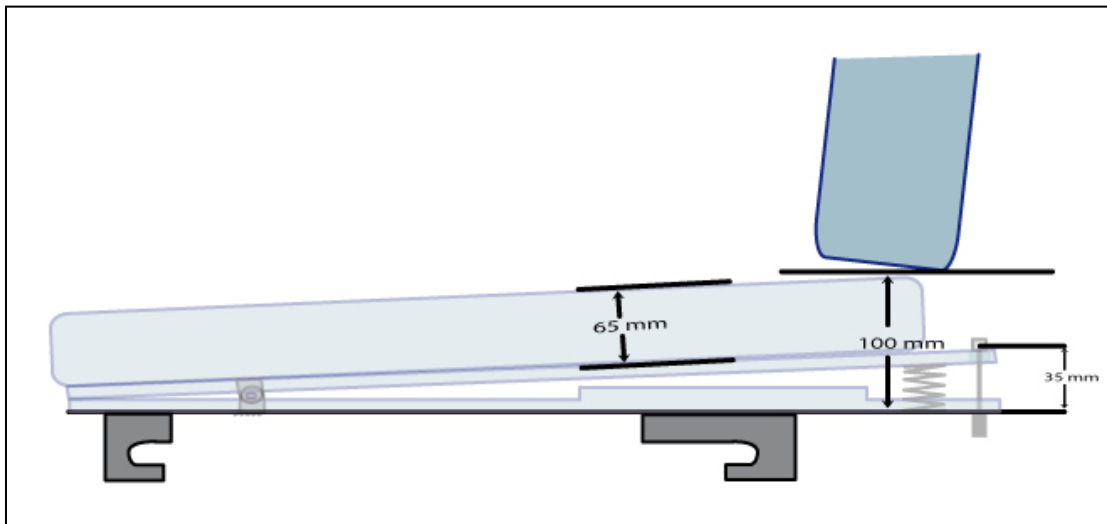
$$f = \frac{FL^3}{3EI}$$

Hierin geldt: f = maximale toegestane doorbuiging (mm)
 F = maximale kracht (N)
 L = maximale lengte (mm)
 E = elasticiteit (N/mm²)
 I = traagheidsmoment (mm⁴)

Het massatraagheidsmoment (I) wordt berekent met de volgende formule:

$$I = \frac{1}{12} * b * h^3$$

Omdat de ruimte voor de zitting beperkt is in hoogte moet er op gelet worden dat het systeem niet boven deze hoogte uitkomt. Dit is weergegeven in afbeelding 4.12.



Afbeelding 4.12 Hoogte zitting

Uit bovenstaande afbeelding blijkt dat er een totale hoogte van 100 mm beschikbaar is tussen de onderkant van het systeem en de rugleuning. Er is een aantal afmetingen die vast staan, zo heeft de zitkussen een hoogte van 65 mm (dit is de hoogste zitkussen dat geleverd wordt), het kantelpunt 8 mm, de onderplaat 12 mm en moet er minimaal 10 mm ruimte zijn voor het kantelen. Dit levert de volgende berekening: $100 - 65 - 8 - 12 - 10 = 5$ mm

Het bovenste onderdeel mag dus een maximale hoogte hebben van 5 mm.

De breedte van de bovenplank is afkomstig van de afmetingen van de zitting van de Revab Roxx en bedraagt 450 mm. Met behulp van deze gegevens kan het massatraagheidsmoment berekent worden.

$$I = \frac{1}{12} * b * h^3 \rightarrow \frac{1}{12} * 450 * 5^3 = 4687,5 \text{ mm}^4$$

Vervolgens kan de elasticiteit die het materiaal minimaal nodig heeft berekend worden met behulp van de formule. Wanneer de bekende gegevens ingevuld worden, de afmetingen zijn te zien in afbeelding 4.10, krijg je de volgende berekening:

$$f = \frac{FL^3}{3EI}$$

$$f = 1\text{mm}$$

$$F = 940\text{N}$$

$$L = 200\text{mm}$$

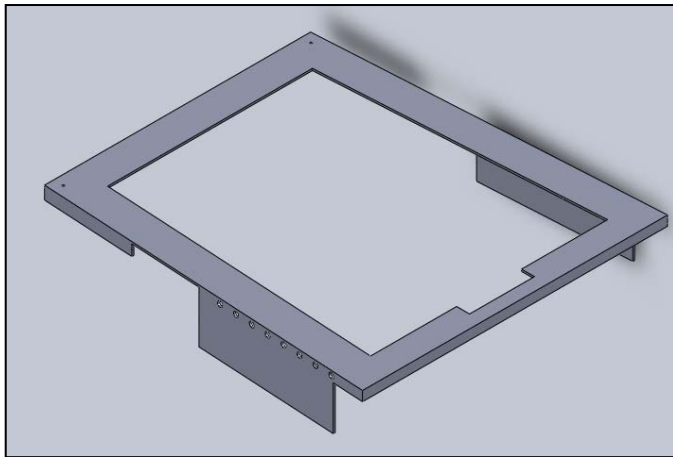
$$I = 4687,5\text{mm}^4$$

$$1 = \frac{940 * 200^3}{3 * E * 4687,5} \rightarrow E = 534756\text{N} / \text{mm}^2 = 535\text{GPa}$$

Uit de berekening blijkt dat het materiaal een elasticiteit moet hebben van minimaal 535 GPa. Uit het materialen onderzoek blijkt dat er geen enkele gangbare hout of aluminium soort een elasticiteit van minimaal 535 GPa heeft. Hierdoor kan er dus geen hout of aluminium gebruikt worden voor het bovenste onderdeel. Er is wel een aantal soorten staal die een elasticiteit hebben die hoger zijn dan 535 GPa. Hierbij komt alleen het probleem de bovenplaat een grote massa krijgt, het bovenste heeft een afmeting van 450X490X5 mm.

Omdat het voor het gebruik van de rolstoel niet gunstig is dat de massa van de rolstoel erg groot is, is er voor gekozen om een hoekprofiel in het bovenste onderdeel te verwerken. Het hoekprofiel zorgt ervoor dat het massatraagheidsmoment groter wordt, wanneer de rest van de eenheden gelijk blijft, zal een grotere massatraagheidsmoment leiden tot een kleinere doorbuiging.

Uiteindelijk is er gekozen om voor een constructie met een aluminium hoekprofiel, zie afbeelding 4.13.



Afbeelding 4.13 Constructie bovenste gedeelte kantelzitting

Om er achter te komen of deze constructie stijf genoeg is, is er met behulp van het programma SolidWorks Simulation een simulatie gemaakt van de constructie. Uit de simulatie blijkt dat wanneer de zwaarste persoon van de doelgroep (94kg) op het uiterste puntje van de zitting gaat zitten, de constructie maximaal 0,3 mm zal doorbuigen. De uitwerking van de simulatie is te vinden in bijlage 5. Deze 0,3 mm is toegestaan, hieruit kan geconcludeerd worden dat dit een goede constructie met de juiste het materiaal is.

Sterkte remkabels

In paragraaf 4.4.2 is berekent wat de dikte van het kantelpunt moet zijn om een minimale uitslag van 10 mm aan de achterzijde van de zitting te krijgen. Dit is berekent wanneer het kantelpunt op 200 mm vanaf de voorzijde van de zitting zit. Wanneer het kantelpunt het meest naar voren zit, dus op 44 mm vanaf de voorzijde, dan zou de achterzijde van de zitting een uitslag geven van $((476/44)*10\text{mm})$ 76 mm. Aangezien de hendel van de trommelrem maximaal 10 mm kan verplaatsen, zal die verplaatsing 76 mm dus nooit voorkomen. Dit betekent wel dat de remkabels van een materiaal gemaakt moet worden die deze trekkracht moet kunnen verdragen. In onderstaande berekening is te zien wat de maximale trekkracht is die hier voor kan komen.

$$\frac{940\text{N} * 200\text{mm}}{476\text{mm}} = 395\text{N}$$

De 940 N is afkomstig van de zwaarste persoon van de doelgroep, de afmetingen van bovenstaande berekening zijn te zien in afbeelding 4.11. Het systeem bezit 2 remkabels dat betekend 1 remkabel een trekkracht van $395/2 = 198\text{ N}$ moet kunnen verdragen.

Eis 16: Het bovenste gedeelte van het kantelsysteem moet een aluminium hoekprofiel zijn.
Eis 17: De remkabel moet een trekkracht van 198 N kunnen verdragen.

4.4.4 De veer

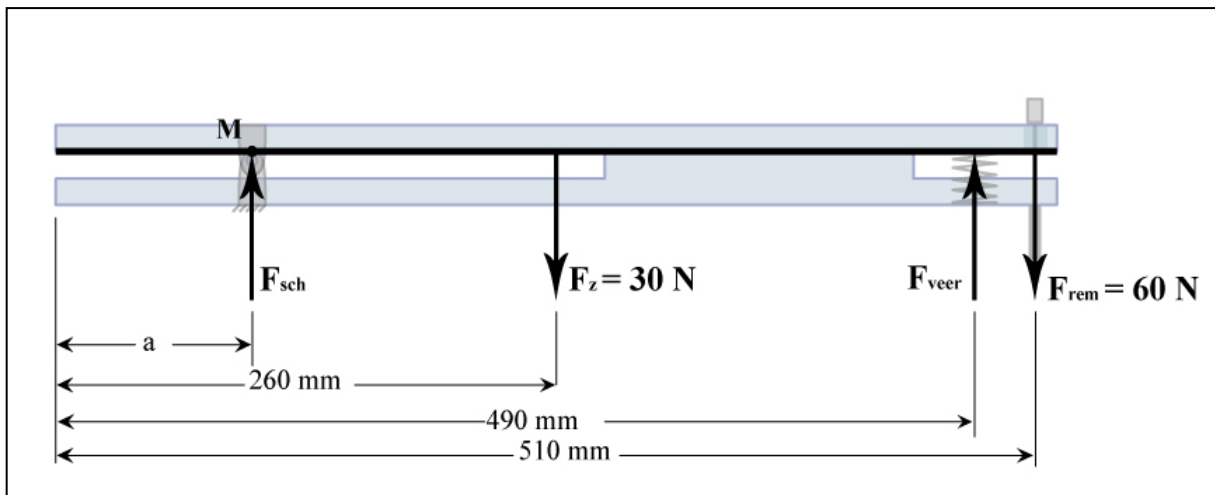
Als er geen persoon in de rolstoel zit moet de rolstoel op de rem staan. De veer (zie afbeelding 4.14) zal er voor moeten zorgen dat de remkabels aangetrokken worden bij een lege stoel. De veer moet hiervoor dus voldoende kracht en verplaatsing leveren. Anderzijds moet de veer bij een inzittende verkorten zodat de remkabels niet meer aangespannen zijn. De veer mag dus niet te veel kracht hebben voor een persoon met het gewicht van 47kg (470 N, P5).

Onderstaande berekeningen geven de uitkomst van de kracht, lengte en verplaatsing van de benodigde veer. Voordat deze berekeningen uitgewerkt kunnen worden moet er eerst bekend zijn hoeveel kracht er nog is om de rem te vergrendelen. Dit is gedaan met behulp van een krachtenmeter. Hieruit kwam dat er met een minimale kracht van 30N aan de remkabel moet worden getrokken voordat de rem vergrendelt wordt.

Aangezien de zitting twee remmen moet vergrendelen, aan de linker en rechter zijde, moet het getal van 30 vermenigvuldigt worden met 2. In het totaal moet er dus een minimale kracht van 60N geleverd worden om de remmen te vergrendelen.

Kracht van de veer

Afbeelding 4.14 stelt de zitting voor als een opgelegde plank, aan één kant wordt de plank ondersteund door een vast kantelpunt en aan de andere kant wordt het ondersteund door een veer. Aan beide uiteinden hangt de balk gedeeltelijk over de oplegging heen.



Afbeelding 4.14 Overzicht krachten en afmetingen

Om de minimale kracht van de veer te bepalen is de volgende berekening gemaakt (bij deze berekening zit er niemand in de zitting):

$$F_{VEER} = \frac{((260 - a) \cdot 30) + ((510 - a) \cdot 60)}{490 - a}$$

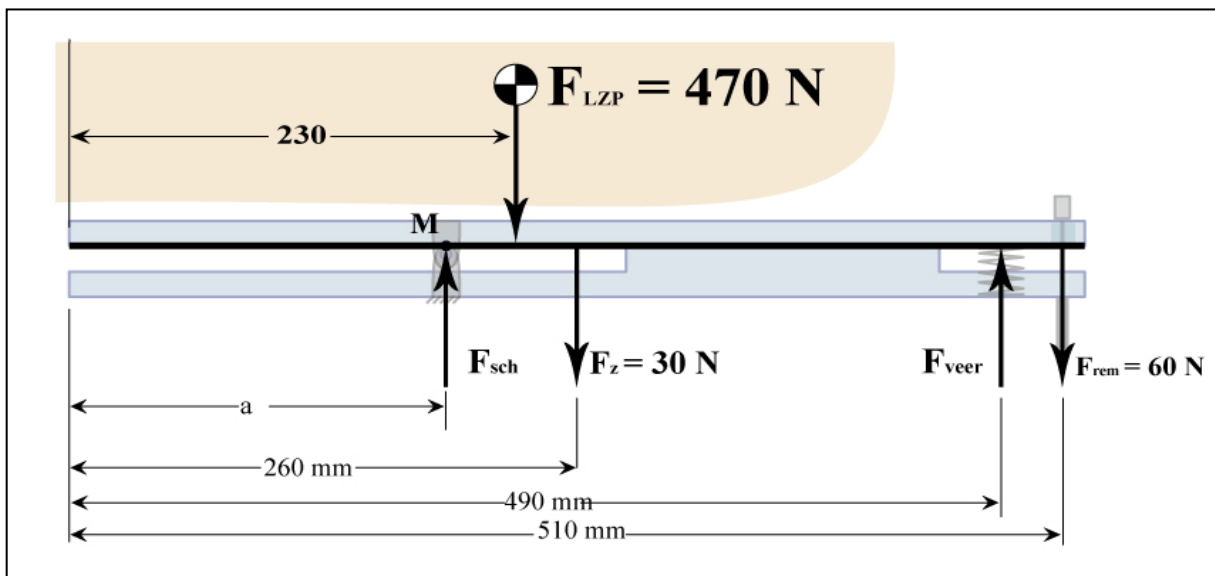
$$a = 44 \text{ mm}$$

$$F_{VEER} = \frac{((260 - 44) \cdot 30) + ((510 - 44) \cdot 60)}{490 - 44}$$

$$F_{VEER} = 78 \text{ N}$$

Uit de berekening volgt dat de minimale kracht van de veer 78 N moet zijn.

Om de maximale kracht van de veer te bepalen is het gewicht genomen van de P5 uit de doelgroep. Wanneer het kantelpunt op 200 mm vanaf de voorzijde van de zitting ligt en wanneer dan de persoon met zijn LZP net achter het kantelpunt (230mm) gaat zitten, zal de kracht die de veer moet doen indrukken het kleinst zijn. In onderstaande situatie moet de veer ingedrukt zijn, zie afbeelding 4.15.



Afbeelding 4.15 Overzicht krachten en afmetingen

Uit deze situatie wordt de maximale kracht berekend waarbij de veer moet indrukken. Daarbij ontstaat de volgende formule:

$$F_{veer} = \frac{((260 - a) \cdot 30) + ((510 - a) \cdot 60) + ((230 - a) \cdot 470)}{(490 - a)}$$

$$a = 200 \text{ mm}$$

$$F_{veer} = \frac{((260 - 200) \cdot 30) + ((510 - 200) \cdot 60) + ((230 - 200) \cdot 470)}{(490 - 200)}$$

$$F_{veer} = 118 \text{ N}$$

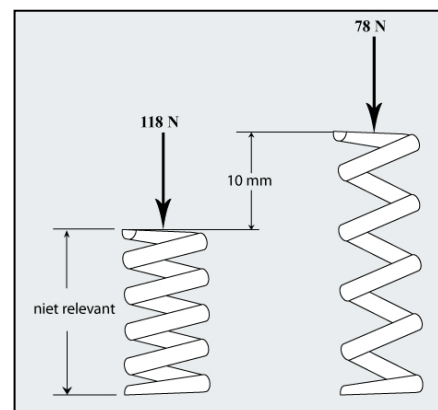
Er moet dus een veer gebruikt worden die een minimale kracht van 78 N kan leveren en een maximale kracht van 118 N kan leveren.

De verlening van de veer

Door de verlenging van de veer moeten de remkabels volledig aangetrokken worden. De afgelegde weg van de remkabel bedraagt 10 mm.

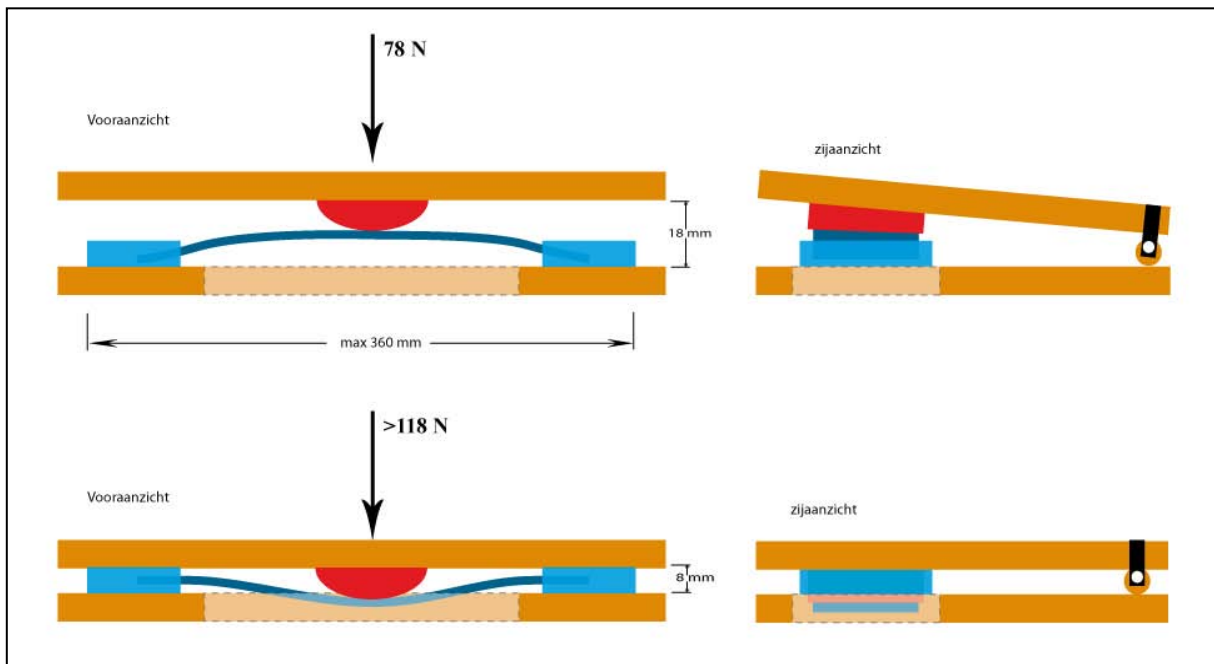
De veer moet tussen krachten van 78 N en 118 N een weg afleggen van 10 mm. Het systeem is zo ontworpen dat het niet verder in elkaar kan, daarom is de rest van de veerweg niet van belang.

Dit kan door middel van een drukveer zoals in afbeelding 4.16. Omdat er in het ontwerp weinig verticale ruimte is zou er voor een drukveer eventueel meer ruimte onder de zitting gecreëerd kunnen worden.



Afbeelding 4.16 Drukveer

Een bladveer heeft weinig verticale ruimte nodig en veel in horizontale ruimte. Omdat er in het ontwerp veel ruimte in horizontale richting is, is er voor een bladveer gekozen. In afbeelding 4.17 is te zien hoe de bladveer in het systeem is verwerkt en zal gaan werken.



Afbeelding 4.17 Bladveer

Eis 18: De veer moet een minimale kracht van 78 N kunnen leveren.

Eis 19: De veer moet tussen krachten van 78N en 118 N een weg afleggen van 10 mm.

4.4.5 Ontgrendelen lege rolstoel

Voor het verplaatsen van een lege stoel is er een systeem nodig dat de zitting omlaag duwt zodat de rem ontgrendeld wordt. Dit kan doormiddel van een knijpsysteem. 'Bij knijpkracht geldt: hoe dichter de handen bij het lichaam, des te groter de maximale kracht' ^[19]. Het ontgrendelen van een lege stoel kan met een knijpsysteem (op de handvatten) zoals de handrem op een fiets. Alleen wordt hierbij mogelijk de illusie gewekt dat hiermee de rem vergrendelt wordt, terwijl het tegenovergestelde gebeurt. Dit kan leiden tot gevaarlijke situaties. Als het ontgrendelen gebeurt doormiddel van een knijpkracht bovenop de handvatten, wordt er niet de illusie gewekt dat ermee geremd kan worden en zal de taak lichter zijn want 'gebruik van het lichaamsgewicht kan een taak verlichten' ^[19]. Volgens het boek ergonomie ¹⁹ is een knijpkracht van 25 N per hand toegestaan. Een voorbeeld van een knijpsysteem bovenop de handvatten is te zien in paragraaf 2.4.4.

Voor de begeleider moet het verplaatsen van de rolstoel eenvoudig gaan. De handeling van het ontgrendelen van de rem moet duidelijk zijn zonder dat er een handleiding bij nodig is.

Een goede afstand tussen de productdelen, op de plaats waar het product de hand raakt, is rond de 50 mm ^[19]. De handvatten zijn op hoogte instelbaar, daarom zal het ontgrendelsysteem voor een lege stoel ook op hoogte instelbaar moeten zijn.

Eis 20: Voor een begeleider moet de functie van ontgrendelen van een lege rolstoel duidelijk zijn zonder handleiding.

Eis 21: Het ontgrendelsysteem voor de lege stoel moet doormiddel van drukkracht op de handvatten werken.

Eis 22: De knijpkracht die nodig is voor het ontgrendelen van een lege rolstoel mag niet groter zijn dan 25 N per hand.

Eis 23: Voor een knijp handvat mogen de productdelen, op de plaats waar het product de hand raakt, niet groter zijn dan 50 mm.

Eis 24: Het ontgrendelsysteem voor de lege stoel moet op hoogte instelbaar zijn.

5. Definitief programma van eisen en wensen

Uit de analysefase volgde een pakket van eisen en wensen, echter is er na het uitwerken van het concept nog een aantal eisen bijgekomen. Daarom is in dit hoofdstuk een definitief pakket van eisen en wensen te zien waaraan het remsysteem moet voldoen.

Eisen uit de analyse:

- Eis 1: De rem moet werken bij lichaamsgewichten tussen de 47 kg en 94 kg.
- Eis 2: De rem moet werken bij een lichaamslengte tussen de 1456mm en 1815mm.
- Eis 3: Het remsysteem moet op de Revab Roxx passen.
- Eis 4: Het remsysteem moet minimal één jaar zonder onderhoud gebruikt kunnen worden.
- Eis 5: De rolstoel moet vóór het begin van fase 2 van de STS-transfer op de rem staan.
- Eis 6: De rolstoel moet vergrendeld zijn vóór het eerste contact bij het gaan zitten.
- Eis 7: Voor het verplaatsen van de lege rolstoel moet de rem ontgrendelt kunnen worden.
- Eis 8: Na het verplaatsen van de lege rolstoel moet de rem automatisch vergrendelen.
- Eis 9: Het comfort van de rolstoel moet behouden blijven.
- Eis 10: Tijdens het rijden in de rolstoel mag de rem nooit automatisch vergrendelen.
- Eis 11: De gebruiker mag niet worden beperkt in zijn bewegingsvrijheid.
- Eis 12: De rem moet automatisch ontgrendelen als de gebruiker in de rolstoel zit.
- Eis 13: De gebruiker moet de rem handmatig kunnen vergrendelen terwijl hij/zij in de rolstoel zit.

Eisen uit het uitwerken concept:

- Eis 14: Het kantelpunt moet variabel zijn tussen de 11% en 50% mm van de voorzijde gemeten.
- Eis 15: De diameter van de staaf van het kantelpunt moet een hoogte hebben van 8 mm.
- Eis 16: Het bovenste gedeelte van het kantelsysteem moet een aluminium hoekprofiel zijn.
- Eis 17: De remkabel moet een trekkracht van 198 N kunnen verdragen.
- Eis 18: De veer moet een minimale kracht van 78 N kunnen leveren.
- Eis 19: De veer moet tussen krachten van 78 N en 118 N een weg afleggen van 10 mm.
- Eis 20: Voor een begeleider moet de functie van ontgrendelen van een lege rolstoel duidelijk zijn zonder handleiding.
- Eis 21: Het ontgrendelsysteem voor de lege stoel moet doormiddel van drukkracht op de handvatten werken.
- Eis 22: De knijpkracht die nodig is voor het ontgrendelen van een lege rolstoel mag niet groter zijn dan 25 N per hand.
- Eis 23: Voor een knijp handvat mogen de productdelen, op de plaats waar het product de hand raakt, niet groter zijn dan 50 mm.
- Eis 24: Het ontgrendelsysteem voor de lege stoel moet op hoogte instelbaar zijn.

Wensen:

- Wens 1: Het systeem moet op alle soorten semi-actieve rolstoelen passen.
- Wens 2: Het remsysteem kan gedemonteerd worden.
- Wens 3: Het remsysteem werkt met een trommelrem

6. Het eindontwerp

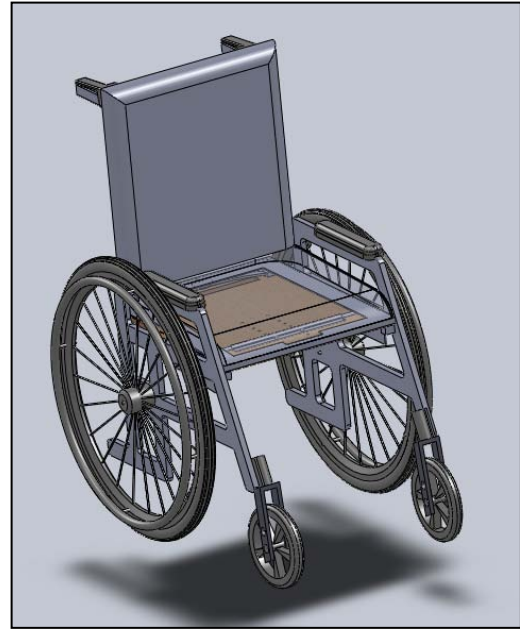
Na het uitwerken van het gekozen concept is het ontwerp gemodelleerd in het tekenprogramma SolidWorks. Vervolgens is er een prototype gemaakt van het eindontwerp, dit prototype is onder andere gebruikt om het ontwerp te evalueren.

6.1 SolidWorks

Om de locatie en de werking van het ontwerp duidelijk weer te geven, is het ontwerp in een voorbeeldrolstoel geplaatst. Het model is te zien in afbeelding 6.1, in de afbeelding is het zitkussen transparant gemaakt zodat het kantelsysteem zichtbaar is.

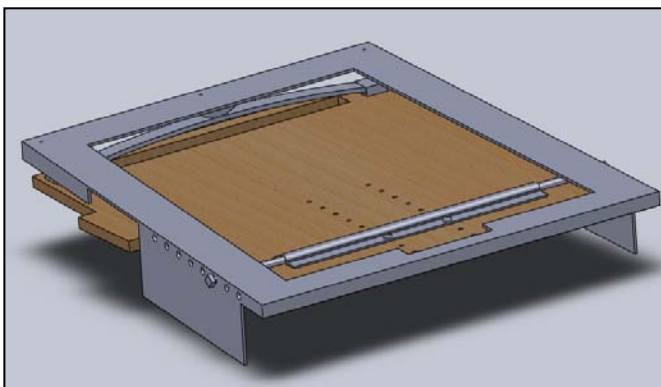
In Afbeelding 6.2 is een SolidWorks tekening te zien die de zitting zonder zitkussen weergeeft. Aan de voorzijde van het kantelsysteem is de staaf te zien waar de zitting over kantelt. Aan de achterkant is de bladveer te zien.

In Afbeelding 6.3 is een SolidWorks tekening te zien van alleen de handontgrendeling. Deze constructie kan over de handvatten van de rolstoel gemonteerd worden.

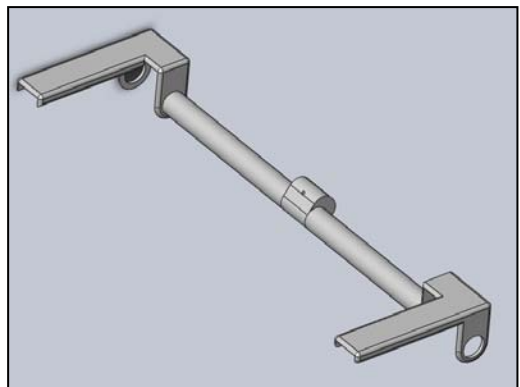


Afbeelding 6.1 SolidWorks tekening

De detailtekeningen met afmetingen zijn te vinden in bijlage 6. Er zijn geen detailtekeningen van de standaard onderdelen van de rolstoel gemaakt, deze onderdelen worden geleverd door de firma Revab.



Afbeelding 6.2 Kantelsysteem



Afbeelding 6.3 Handontgrendeling

6.2 Prototype

Om de werking van het eindontwerp duidelijk weer te geven en het ontwerp goed te kunnen evalueren is er een prototype vervaardigd. Het vervaardigen vond plaats in de werkplaats van Harting-Bank.

In onderstaande afbeeldingen zijn foto's te zien van de verschillende onderdelen van het prototype. In 6.4 is te zien dat het remsysteem niet afdoet aan het uiterlijk de rolstoel, het systeem is bijna niet zichtbaar.



Afbeelding 6.4 Rolstoel met automatisch remsysteem



Afbeelding 6.5 Rolstoel met automatisch remsysteem zonder zitkussen



Afbeelding 6.6 Achteraanzicht rolstoel



Afbeelding 6.7 Kantelsysteem in rolstoel



Afbeelding 6.8 Achteraanzicht kantelsysteem



Afbeelding 6.9 Handontgrendeling aan rolstoel

7. Evaluatie

Om te testen of het ontwerp voldoet aan de gestelde eisen en wensen is er een evaluatie uitgevoerd. Er is een SolidWorks model gemaakt om onder andere de constructie op sterkte te kunnen testen en een prototype vervaardigd om het ontwerp op functionaliteit te kunnen testen bij de doelgroep. Hiermee wordt nagegaan of het ontwerp geslaagd is in haar doel.

In onderstaande tabel is een overzicht te zien van de eisen die getest zijn met behulp van het prototype. De testen die hiervoor zijn uitgevoerd vonden plaats in het verpleeghuis 'Westhoff' te Rijswijk. Aan deze testen hebben een tweetal proefpersonen meegewerkt die binnen de doelgroep van dit project vallen.

Eis:	Voldoet	Commentaar
Eis 1: De rem moet werken bij lichaamsgewichten tussen de 47 kg en 94 kg.	✓	
Eis 2: De rem moet werken bij een lichaamslengte tussen de 1456mm en 1815mm.	✓	
Eis 5: De rolstoel moet vóór het begin van fase 2 van de STS-transfer op de rem staan.	✓	
Eis 6: De rolstoel moet vergrendelt zijn vóór het eerste contact bij het gaan zitten.	✓	
Eis 7: Voor het verplaatsen van de lege rolstoel moet de rem ontgrendelt kunnen worden.	✓	
Eis 8: Na het verplaatsen van de lege rolstoel moet de rem automatisch vergrendelen.	✓	
Eis 9: Het comfort van de rolstoel moet behouden blijven.	✓	Omdat een gepolsterde zitting de krachten verdeeld over de zitting werkt het systeem minder nauwkeurig met een polsterzitting dan met een plankzitting. Een plankzitting is niet voor iedereen comfortabel.
Eis 10: Tijdens het rijden in de rolstoel mag de rem nooit automatisch vergrendelen.	✓	
Eis 11: De gebruiker mag niet worden beperkt in zijn bewegingsvrijheid.	✓	
Eis 12: De rem moet automatisch ontgrendelen als de gebruiker in de rolstoel zit.	✓	
Eis 13: De gebruiker moet de rem handmatig kunnen vergrendelen terwijl hij/zij in de rolstoel zit.	✗	Zie discussie pagina 47
Eis 16: De veer moet een minimale kracht van 78 N kunnen leveren.	✗	Het is niet bekend of de oorzaak hiervan is, dat de veer die in het prototype gebruikt wordt te oud is of dat een nieuwe bladveer ook niet aan deze eis voldoet.
Eis 17: De remkabel moet een trekkracht van 198 N kunnen verdragen.	✗	De remkabel rekt uit, deze rek is niet toegestaan

Eis 18: De veer moet tussen krachten van 78N en 118 N een weg afleggen van 10 mm.		Het is niet bekend of de oorzaak hiervan is, dat de veer die in het prototype gebruikt wordt te oud is of dat een nieuwe bladveer ook niet aan deze eis voldoet.
Eis 19: Voor begeleider moet de functie van ontgrendelen van een lege rolstoel duidelijk zijn zonder handleiding.		
Eis20: Het ontgrendelsysteem voor de lege stoel moet doormiddel van drukkracht op de handvatten werken.		

In onderstaande tabel is een overzicht te zien van de eisen die getest zijn met behulp van het SolidWorks model.

Eis:	Voldoet	Commentaar
Eis 1: De rem moet werken bij lichaamsgewichten tussen de 47 kg en 94 kg.		
Eis 3: Het systeem moet op de Revab Roxx passen.		Het systeem past op een standaard Revab Roxx, de afmetingen het ontwerp moeten wel aangepast worden wanneer er een ander formaat van de Revab Roxx wordt gebruikt.
Eis 14: Het kantelpunt moet variabel zijn tussen de 11% en 50% mm van de voorzijde gemeten.		
Eis 15: De diameter van de staaf van het kantelpunt moet een hoogte hebben van 8 mm.		
Eis 16: Het bovenste gedeelte van het kantelsysteem moet een aluminium hoekprofiel zijn.		
Eis 23: Voor een knijp handvat mogen de productdelen, op de plaats waar het product de hand raakt, niet groter zijn dan 50 mm.		
Eis 24: Het ontgrendelsysteem voor de lege stoel moet op hoogte instelbaar zijn.		

In onderstaande tabel zijn te zien die niet mogelijk zijn om te testen.

Eis:	Voldoet	Commentaar
Eis 4: Het remsysteem moet minimal één jaar zonder onderhoud gebruikt kunnen worden.		Dit kan alleen getest worden door het remsysteem een jaar lang te gebruiken. Voor de tijdsduur van dit project was dit niet haalbaar.
Eis 21: De knijpkracht die nodig is voor het ontgrendelen van een lege rolstoel mag niet groter zijn dan 25 N per hand.		De handontgrendeling werkt niet in het prototype dus kan het niet getest worden.

In onderstaande tabel is een overzicht te zien van de wensen die getest zijn.

Wens:	Voldoet	Commentaar
Wens 1: Het systeem moet op alle soorten semi-actieve rolstoelen passen.		
Wens 2: Het remsysteem kan gedemonteerd worden.		
Wens 3: Het remsysteem werkt met een trommelrem		

Uit de evaluatie is te concluderen dat het ontwerp aan de meeste gestelde eisen en wensen voldoet. De eisen en wensen waaraan het product niet voldoet worden verder besproken in de discussie, hier zullen ook aanbevelingen gedaan worden voor het eventueel verder uitontwikkelen van het ontwerp.

Discussie

Dit project heeft een ontwerp voor een automatische remsysteem voor op handbewogen rolstoelen opgeleverd. Hiervan is een SolidWorks model en prototype gemaakt om het ontwerp te evalueren. Met de resultaten uit de evaluatie komt een aantal discussiepunten naar voren. Een belangrijk discussiepunt is dat het product niet ver genoeg is uitontwikkeld. Er treedt nog veel rammel en ruis op waardoor het remsysteem niet volledig werkt. Om het ontwerp uiteindelijk in productie te kunnen nemen moet er nog meer geanalyseerd worden, voor de tijdsduur van dit project was dit niet haalbaar. In dit hoofdstuk worden discussiepunten behandeld en aanbevelingen gegeven voor eventuele vervolgonontwikkeling.

- Het systeem luistert erg nauw waardoor er geen of nauwelijks speling mag optreden in de gehele constructie. Dit is wel het geval op een aantal punten:
 - o Omdat remkabels gedraaid zijn, treed er rek op tijdens trekbelasting.
Aanbeveling: Er moet gezocht worden naar kabels met veel minder rek.
 - o De stijfheid van onderste de plank (12 mm triplex) is niet genoeg en zorgt voor speling in de gehele constructie.
Aanbeveling: Dit kan gemaakt worden van een stijver materiaalsoort of met een stijvere constructie.
 - o De as waar de zitting om kantelt kan buigen bij grote krachten.
Aanbeveling: Deze moet anders bevestigd worden, over de gehele breedte of op meerdere punten.
 - o De manier waarop de zitting is bevestigd aan het rolstoelframe zorgt voor speling tijdens het kantelen.
Aanbeveling: Er kan een eigen bevestiging ontworpen worden waarin deze speling niet optreedt.
 - o De gehele constructie van de handontgrendeling heeft te veel speling.
Aanbeveling: Dit moet stijver geconstrueerd worden. Kijk naar bestaande product: Manual Wheelchairs with Fall Intervention en Safety Systems van de firma Jerry Ford Company. Zie paragraaf 2.4.4.
 - o Uit de testen blijkt dat een zitkussen met een dikke laag schuim (gepolsterde zitting) zorgt voor een grote drukverdeling waardoor het systeem minder nauwkeurig reageert. Tijdens het testen is er een plattere zitting (modulaire plankzitting) gebruikt waardoor het systeem beter werkt.
Aanbeveling: Bij dit ontwerp kan het beste een plankzitting gebruikt worden Wanneer de rest van de speling niet meer optreedt kan er wel weer een gepolsterde zitting gebruikt worden.
- Het ontwerp van de handvatten van de handontgrendeling is niet veilig omdat men met hun handen klem kunnen komen te zitten tussen de bewegende delen.
- De vorm van de handvatten van handontgrendeling voelt niet comfortabel aan. Dit moet herontworpen worden.
- De bevestiging aan het rolstoelframe is niet universeel. Het ontworpen systeem past alleen op de meest gebruikte rolstoel in de doelgroep.
Aanbeveling: Er kan gekeken worden of er een universele bevestiging bestaat.

- De Revab Roxx is in verschillende maten verkrijgbaar, het bestaande ontwerp is gebaseerd op één maat en zal niet op kleinere of grotere maten rolstoelen passen. Dit kan niet doordat de klemmen waaraan het systeem aan de frame bevestigd is, dan niet op de juiste breedte staan.
- In het ontwerp zijn nu mechanische trommelremmen gebruikt. Hiervoor is minimaal 10 mm verplaatsing van remkabel nodig.
Aanbeveling: Er zijn remsystemen waar minder beweging in nodig is. Bijvoorbeeld hydraulische trommel of –schijfremmen. Hierbij is het nadeel dat ze erg zwaar zijn vergeleken met mechanische remmen. Een ander soort rem wat wellicht interessant kan zijn is een elektrische rem.
- Met dit ontwerp is het niet mogelijk de rolstoel op de rem te zetten terwijl de gebruiker in de rolstoel zit. Dit is wel één van de gestelde eisen. Om hieraan te voldoen kan de oorspronkelijke parkeerrem naast het nieuwe remsysteem op de rolstoel bevestigd kunnen worden.
Aanbeveling: In het ontwerp moet een systeem verwerkt worden die rolstoel kan vergrendelen terwijl de gebruiker nog in de rolstoel zit.
- Er is niet genoeg onderzoek gedaan naar de bladveer, de veer die momenteel in het prototype verwerkt is voldoet niet aan de gestelde eisen. Het is niet duidelijk of de oorzaak hiervan de leeftijd van veer is, of dat geen enkele bladveer aan deze eisen kan voldoen.
Aanbeveling: Er moet een nieuwe bladveer getest worden of deze aan de gestelde eisen voldoet, wanneer deze niet aan de gestelde eisen voldoet met er gekeken worden naar een andere soort veer. Dit zou een drukveer kunnen worden, een nadeel hiervan is dat er meer ruimte in het systeem gecreëerd moet worden. Deze ruimte kan verkregen worden door een inzinking te maken aan de achterzijde van de onderplank.
- In de evaluatie is te zien dat de verstelbaarheid van het kantelpunt in het ontwerp redelijk groot is. Tijdens het testen van het prototype blijkt dat de uiterste standen van het kantelpunt bij geen enkele persoon gebruikt hoeven te worden. Dit zou er op wijzen dat de verstelbaarheid kleiner zou kunnen worden.
Aanbeveling: De verstelbaarheid van het kantelpunt moet nog verder onderzocht worden bij de doelgroep. Per handeling moet er dan gekeken worden of de rolstoel dan vergrendelt of ontgrendelt moet zijn.
- De Revab Roxx heeft standaard geen trommelrem. Deze moeten dus los besteld worden bij de firma Revab.
- De handontgrendeling van het remsysteem veroorzaakt dat het opklappen van de rolstoel lastiger gaat, het is echter nog wel mogelijk om de rolstoel op te klappen. Het gedeelte van de handontgrendeling moet eerst losgemaakt worden voordat de rolstoel opgeklapt kan worden.
Aanbeveling: Er moet een systeem in de handontgrendeling komen die ervoor zorgt dat de handontgrendeling opklapbaar is.

- De gewichten en maten die bij dit project gebruikt worden voor de doelgroep, zijn de gewichten en maten van alle personen die in een verpleeg- of verzorgingshuis wonen. Een gedeelte van deze bewoners vallen niet binnen de doelgroep van dit project, ze gebruiken niet allemaal een rolstoel, ze zijn niet allemaal 75 jaar of ouder en zijn ook niet allemaal in staan om nog zelfstandig op te staan. Hierdoor kunnen de gewichten en maten van de doelgroep iets afwijken van de werkelijkheid.
- In dit project is geen berekening gedaan over hoe veel het product zou gaan kosten. Dit is niet gedaan omdat er te veel onzekerheden zijn om dit te berekenen. Zo is het niet bekend hoeveel manuren het kost om een ervaren monteur het ontwerp te laten vervaardigen, de grote van de productie is niet bekend en doordat het product nog verder uitgewerkt moet worden in de materiaalkeuze is het ook nog niet bekend wat de materiaalkosten zouden gaan worden.

Conclusie

Er kan geconcludeerd worden dat het project geslaagd is. Er is voldaan aan de vooraf gestelde doelstelling; Ontwerp een remsysteem op de rolstoel die automatisch op de rem gaat zodra de gebruiker begint met opstaan. Het remsysteem mag niet onderhoudsgevoelig zijn, het liefst op een breed scala aan rolstoelen passen en niet vergrendelen tijdens het rijden.

Tijdens dit project is er een automatisch remsysteem ontwikkeld, er is een werkend prototype vervaardigd en vervolgens is het ontwerp geëvalueerd en zijn er aanbevelingen gegeven. Het ontwerp is nog niet volledig ontwikkeld en kan dus op dit moment nog niet in productie genomen worden. Wel is uit de evaluatie te concluderen dat het principe van een kantelzitting werkt en dat wanneer het verder ontwikkeld wordt het een goed werkend product kan worden.

Literatuurlijst

1. http://www.rivm.nl/vtv/object_document/o5021n20327.html/Geraadpleegd maart 2010
2. <http://dined.io.tudelft.nl/nl,1,1geron1998,207#tabledata/> Geraadpleegd maart 2010
3. Breukelen K, Rolstoelkunde, Lakerveld, cop. 2008, ISBN 9789073930322
4. <http://www.revab.nl/> Geraadpleegd maart 2010
5. <http://en.wikipedia.org/wiki/Brakes/> Geraadpleegd maart 2010
6. <http://www.adrenalinsports.nl/mountainbike/techniek.php/> Geraadpleegd maart 2010
7. http://www.edmond-wheelchair.com/wheelchair_brakes.htm/ Geraadpleegd maart 2010
8. <http://www.babboe.nl/productinformatie/bakfiets/babboe-big.html/> Geraadpleegd maart 2010
9. www.mobikit.nl/atotz/ Geraadpleegd maart 2010
10. <http://www.handy-wijzer.nl/> Geraadpleegd maart 2010
11. <http://www.jerryfordcompany.com/> Geraadpleegd maart 2010
12. <http://www.saferwheelchairs.com/> Geraadpleegd maart 2010
13. <http://www.senb-support.nl/> Geraadpleegd maart 2010
14. Lagerberg, A. (2004) *Opstaan en heupmobiliteit*. Versus, tijdschrift voor fysiotherapie 2004 no. 6.
15. Alexander, N. B., Schultz, A. B., Ashton-Miller, J. A. (1992) *BIOMECHANICAL ANALYSES OF RISING FROM A CHAIR*. J. Bhvnechuna Vol. 25. No. 12. pp. 1383-13911. 992
16. Cachia, C. (2008) *A biomechanical analysis of the sit-to-stand transfer in parkinson's disease*. Copyright © Carl Cachia, 2008.
17. Durward B., Bear G., Rowe P., *Funtional Human Movement*, Butterworth Heinemann 1999, Isbn 0750626070
18. Wheeler, J., Woodward, C., Ucovich, R. L.. er ul. (1985) *Rising from a chair*. Phys. Ther. 65, 22-26. Whipple, R. H.. Wolfson, L. I. and Amerman.
19. P. Voskamp, P.A.M. van Scheijndel, K.J. Peereboom (2006) *Handboek ergonomie*. Alphen aan den Rijn: Kluwer

Bijlage

Bijlage I	Revab Roxx
Bijlage II	Toestemmingsformulier tot gebruik beeldmateriaal
Bijlage III	Meetprotocol bewegingsanalyse
Bijlage IV	Tabel resultaten bewegingsanalyse
Bijlage V	SolidWorks Simulation
Bijlage VI	Detailtekeningen

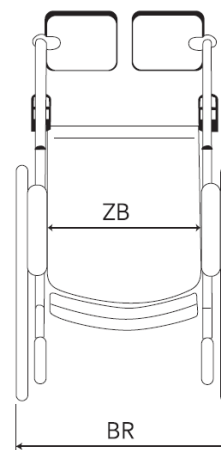
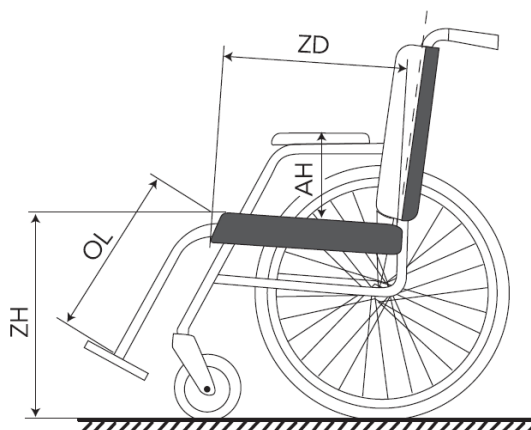
Bijlage I Revab Roxx^[4]

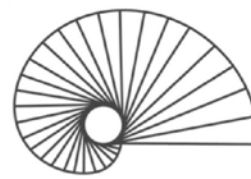
- Individuele oplossing op maat; ongeacht de lichaamsmaten en de gezondheidstoestand van de individuele gebruiker.
- Multifunctioneel, modulair vouwbaar basisframe voor alle toepassingen in aandrijving en opbouw; het stabiele basisframe kan worden voorzien van diverse wielcombinaties, Matrixx zittingen, rugleuningen en beensteunen.
- Trippelmogelijkheid; het vouwbare frame biedt vrijheid voor de onderbenen. Daarnaast kan de zithoogte laag ingesteld worden.
- De rijeigenschappen van de rolstoel kunnen aan de wensen van de gebruiker aangepast worden.
- Goede herinzetbaarheid



Specificaties

Afk.	Meetpunten	Specificaties
ZB	Zitbreedte	37 / 42 / 47 / 52 cm (evt. + 3 cm)
ZH	Zithoogte (afh. van wielcombinaties)	41,5 ... 60,5 cm
ZD	Zitdiepte	42 / 44 / 46 / 48 / 50 / 52 cm
AH	Armleghoogte	18 - 27 cm (6 standen)
BR	Breedte rolstoel Breedte rolstoel opgevouwen (inclusief wielen)	ZB + 26 cm 35 cm
OL	Onderbeenlengte	38 - 49 cm / 40 - 51 cm (± 5 cm)
	Zithoekinstelling	0° / 0 - 11°
	Rughoekinstelling	0 - 180°
	Totale massa	28 kg
	Tilgewicht	11 kg
	Maximaal gewicht inzittende	125 kg



Bijlage II Toestemmingsformulier tot gebruik beeldmateriaal**Toestemming tot gebruik beeldmateriaal**

Bewegingstechnologie

Naam : _____
Geboortedatum : _____
Adres : _____
Postcode / Plaats : _____

Hartelijk dank voor uw medewerking aan de beeldopnamen in het kader van het onderzoek "opstaan uit een rolstoel". Het beeldmateriaal zal worden gebruikt om het opstaan bij ouderen te kunnen analyseren. Het onderzoek betreft een afstudeeropdracht van twee studenten Bewegingstechnologie aan de Haagse Hogeschool.

Om de mogelijkheid te hebben het beeldmateriaal uitsluitend te gebruiken in het kader van het hier omschreven onderzoek verzoeken wij u hierbij de volgende verklaring voor akkoord te ondertekenen.

'Hierbij verklaar ik geen bezwaar te hebben tegen het maken van beeldopnamen van .

..... (naam gefilmde persoon)
en geef mijn volledige toestemming die te gebruiken in het onderzoek'.

Voor akkoord:

Handtekening : _____
Plaats : _____
Datum : _____

Bijlage III Meetprotocol bewegingsanalyse

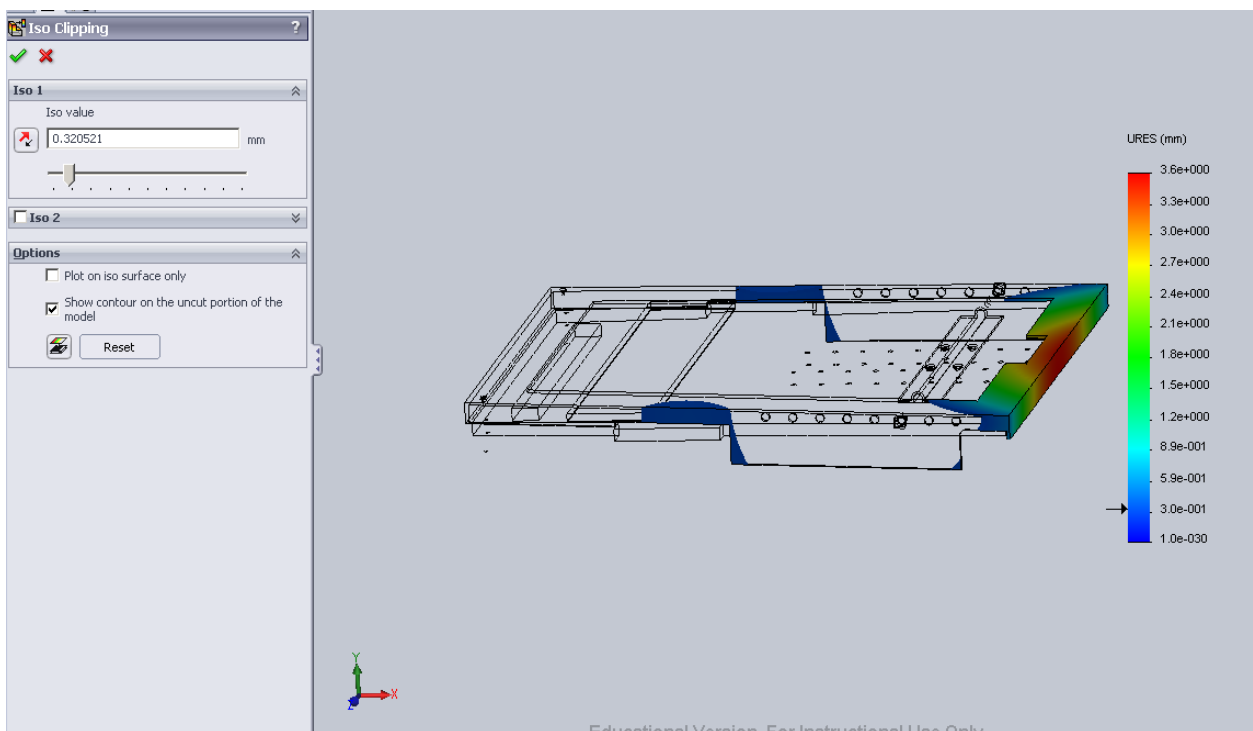
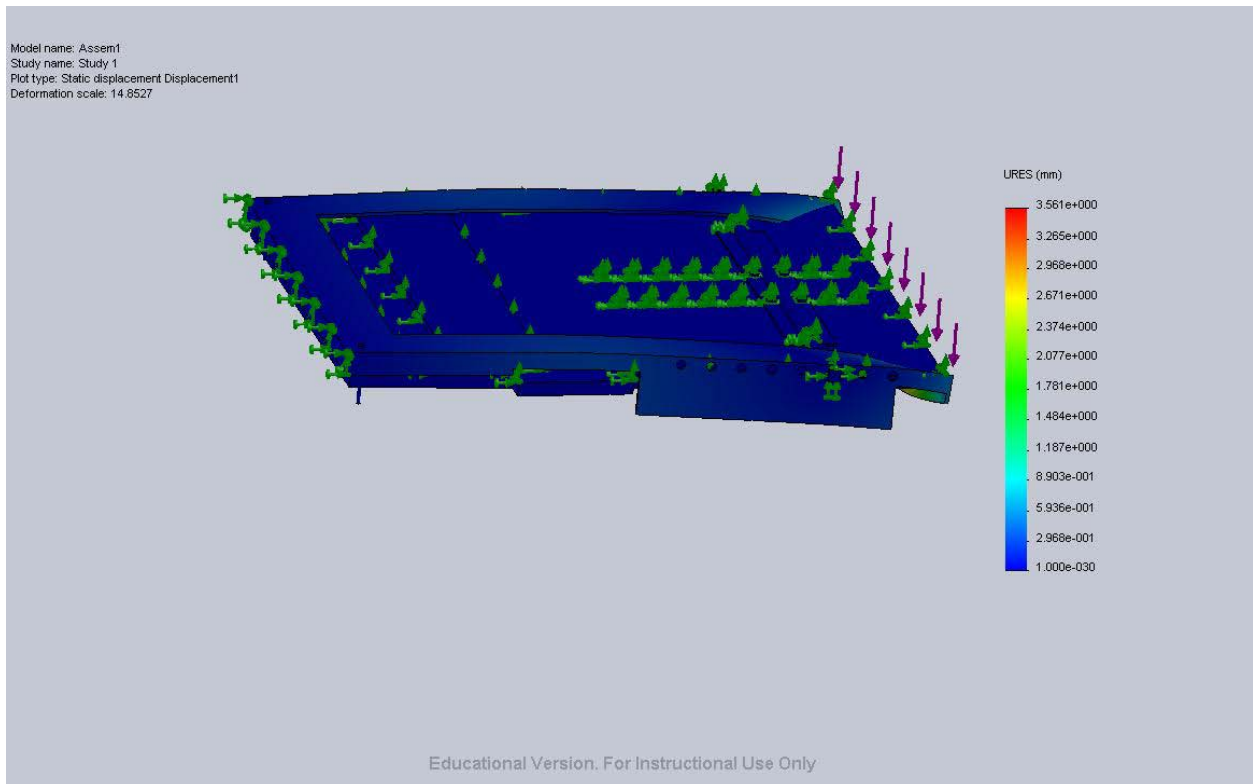
In deze bijlage staat het meetprotocol die gebruikt is tijdens de bewegingsanalyse. De beeldopnames zijn voornamelijk in de fysiotherapiezaal gemaakt. Per proefpersoon is er als volgt te werk gegaan.

- De proefpersoon wordt gevraagd een verklaring te ondertekenen. Proefpersonen verklaren hierbij geen bezwaar te hebben tegen het maken van beeldopnamen en geven toestemming om het beeldmateriaal uitsluitend te gebruiken voor het onderzoek.
- De proefpersoon krijgt instructies over de meting. De proefpersoon wordt uitgelegd dat hij of zij voor de camera één keer moet opstaan uit de rolstoel en weer gaan zitten in de rolstoel, zoals hij of zij dit altijd doet.
- De camera wordt lateraal van de proefpersoon opgesteld.
- De filmopname wordt gestart.
- Proefpersoon staat op uit de rolstoel.
- Proefpersoon doet een paar passen (indien mogelijk).
- Proefpersoon gaat weer zitten in de rolstoel.
- Einde filmopname.
- Gegevens van proefpersoon worden gevraagd en genoteerd.
- De eigenschappen van de rolstoel worden genoteerd.

Bijlage IV Tabel resultaten bewegingsanalyse

Proefpersoon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Geslacht	V	M	V	M	M	V	M	M	M	V	V	V
Leeftijd	82	75	79	80	90	80	77	75	76	73	81	85
Sta-hulpmiddel												
Looprek	X							X			X	
Rollator				X	X		X		X	X		
Eifel (wandelstok)			X									
Anders		X				X						X
Geen												
Verplaatsing vóór STS-transfer												
Vergrendelen rem	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X
Bij eerste poging rem vergeten				X		X						
Verplaatsing zitvlak		X	X		X		X			X		
Anders				X								
Fase 1 * STS-transfer												
Positie rechter hand												
Armlegger	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
Hulpmiddel												
Anders			X ^a									
Positie linker hand												
Armlegger	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
Hulpmiddel				X								
Anders												
Fase 2 STS-transfer												
Komt weer terug in zitting na eerste poging				X		X	X				X	
Fase 3 STS-transfer												
Staat stabiel zonder hulpmiddel												
Staat stabiel met hulpmiddel	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Fase 4 STS-transfer												
Het steunvlak is tijdelijk alleen rond de voeten		X	X			X		X		X		
Laat de laatste hand pas los van de armleggers nadat de eerste hand op het hulpmiddel steunt	X			X	X		X		X		X	X
Gaan zitten												
Eerste contact met rolstoel												
Één hand op armlegger			X			X						
Handen op armleggers		X			X		X	X	X	X	X	
Zitvlak op zitting	X			X								X
^a Arm in armsling												
* De fasen-indeling komen uit paragraaf 3.5.2 van dit verslag.												

Bijlage V SolidWorks Simulation



Bijlage VI Detailtekeningen

