

Bacheloropdracht Industrieel Ontwerpen
“Het ontwerpen van een transportcontainer
die op locatie kan dienen als operatiekamer”

Bram van Wijk
s0203688

21 december 2012

~~_____~~

~~_____~~

Titelpagina

Dit rapport is bestemd voor
Holland Medical Services & de begeleiders vanuit Universiteit Twente

Rapportkenmerk
UT/IO-01.08.12-21.12.12

Universiteit Twente,
Opleiding Industrieel Ontwerpen,
postbus 217, 7500 AE Enschede,
tel. (053)4 89 91 11

Titel
Het ontwerpen van een transportcontainer die op locatie kan dienen
als operatiekamer

Naam/namen van begeleider(s)
1e begeleider: M. E. Toxopeus
2e begeleider: A. O. Eger
bedrijfsbegeleider: B. Hamming

Datum van publicatie
21 december 2012

Aantal bladzijden
54

Aantal bijlagen
7

Dit verslag is geschreven in het kader van de Bacheloropdracht van de opleiding
Industrieel Ontwerpen aan de Universiteit Twente.

Bram van Wijk
s0203688



Inhoudsopgave

Titelpagina.....	3
Inhoudsopgave.....	4
Samenvatting.....	5
Summary.....	6
Inleiding.....	7
Uitgangspunten Holland Medical Services.....	8
Analyse.....	9
Scenario.....	11
Mogelijkheden & beperkingen.....	12
Programma van Eisen & wensen.....	16
Toelichting Programma van Eisen & wensen.....	17
Ideeëngeneratie.....	18
Naschokstelsel.....	18
Plaatsing poten.....	20
Uitklappen poten.....	20
Waterpas stellen.....	21
Volumevergroting.....	22
Isolatie & afwerking naden.....	25
Morfologisch schema.....	27
Toelichting morfologisch schema.....	28
Concepten.....	29
Slide.....	29
Harmonica.....	31
Railway.....	33
Conceptevaluatie & keuze.....	34
Detailering eindconcept FOCUS.....	36
Sterkteberekening frame.....	40
Analyse materialen.....	42
Transparant dak.....	42
Beplating.....	43
Frame.....	45
Afschatting gewicht container.....	46
Presentatie FOCUS.....	49
Conclusies & aanbevelingen.....	51
Referenties.....	53
Bijlagen.....	55
Bijlage A: Onderzoek natuurrampen.....	55
Bijlage B: Onderzoek transport.....	58
Bijlage C: Marktonderzoek.....	59
Bijlage D: Specificatie luchttransport.....	61
Bijlage E: Materiaaleigenschappen CES Edupack 2012.....	63
Bijlage F: Basiskwaliteiten.....	68
Bijlage G: Verklarende woordenlijst.....	69

Samenvatting

In deze bacheloropdracht is er onderzocht in hoeverre het haalbaar is om een transportcontainer annex operatiekamer te ontwikkelen die kan worden ingezet tijdens noodrampen. Hierbij zal de focus liggen op het ontwikkelen van de behuizing. Er is begonnen met een analyse van de uitgangspunten van Holland Medical Services, het bedrijf dat de opdracht aanbiedt. Hieruit is gekomen dat de transport containers door de lucht geplaatst zullen worden op locatie waarna ze uitgeklaapt zullen worden naar een operatiekamer met een oppervlakte van tenminste 24 m².

Naast deze operatiekamers zal het mobiele ziekenhuis ook nog bestaan uit een tentencomplex, dit geheel dient binnen acht uur na het invliegen van het complex operationeel zijn. Daarnaast moeten de containers te vervoeren zijn over het land en over het water. De zorg die zal worden aangeboden in dit mobiele ziekenhuis moet vergelijkbaar zijn met de zorg in de regionale ziekenhuizen, wat betekent dat er moet worden voldaan aan enkele klimaatomstandigheden zoals temperatuur, luchtvochtigheid en overdruk.

Uit de analyse is gebleken dat er iso-hoekfittingen in het ontwerp verwerkt moeten worden om aan eisen van water- en luchttransport te voldoen. Daarnaast zal er in het ontwerproces rekening gehouden moeten worden met naschokken aangezien de kans hierop groot is na een aardbeving.

Aan de hand van deze bevindingen is er een toekomstig gebruiksscenario geschreven waarin de verschillende fases van gebruik worden beschreven. In de visie van Holland Medical Services zaten tegenstellingen waardoor er keuzes gemaakt moesten worden tussen prijs, gewicht, het meenemen van water en de vormgeving.

Nadat er keuzes zijn gemaakt met betrekking tot de tegenstellingen kon er een programma van eisen worden opgesteld, die vervolgens is onderverdeeld in functies, criteria en aandachtspunten. Tijdens de ideeëngeneratie zijn er zeven uitgewerkt en vervolgens zijn hier drie concepten uitgevormd aan de hand van een morfologisch schema. De zeven functies die zijn uitgewerkt zijn; het volume vergroten, de plaatsing van de poten, de manier van uitklappen van de poten, het afdichten van naden, het isoleren van de operatiekamer, het controleren of het complex waterpas staat en het beschermen van het complex tegen naschokken.

De drie concepten die hieruit zijn opgesteld geven allemaal een eigen invulling aan deze functies, de concept zijn Slide, Railway & Harmonica. Na de ideeëngeneratie zijn deze concepten verder uitgewerkt alvorens er een concept gekozen is. Deze conceptkeuze is gemaakt door een analyse te doen naar de verschillende functies en welk concept er een betere oplossing aandraagde. Er is voor het concept Slide gekozen, het concept maakt gebruik van een hydraulisch systeem om de poten uit te klappen en deze poten worden tijdens het transport opgeborgen in het onderstel van de container.

Voor het volume vergroten wordt er gebruik gemaakt van een uitschuifstelsel en het controleren of het complex waterpas staat gebeurt automatisch. Met betrekking tot het isoleren is ervoor gekozen om EPS te gebruiken als wandisolatie. Het beschermen tegen naschokken gebeurt aan de hand van een dempersysteem die ervoor zorgt dat het complex in het horizontale vlak vrij kan bewegen, ook zitten er rubberblokken in dit systeem om de container in z-richting te beschermen. Om de naden in het ontwerp af te dichten zal een luchtband geplaatst worden in de uitschuifwanden, op het moment dat de wanden zijn uitgeklaapt wordt deze opgeblazen en wordt de operatiekamer luchtdicht afgesloten.

Tijdens de detaillering is het eindconcept verder ontwikkeld, hier is aandacht besteedt aan het frame, de wateropslag, nooduitgangen, aandrijving van de uitschuifwanden, materiaalkeuze, de bekabeling, de aansluiting op het tentencomplex. Tenslotte is er een inschatting gedaan van het gewicht van de container. Als conclusie kwam er naar voren dat het technisch haalbaar is om een transportcontainer annex operatiekamer te ontwikkelen maar dat het gewicht van de container dermate hoog is, dat het nog maar de vraag is of het haalbaar is om een dergelijk systeem te ontwikkelen. De aanbevelingen gaan vooral over het optimaliseren van het frame en de isolatie waardoor het gewicht lager wordt en het leggen van contacten met bedrijven om verschillende oplossingen te kunnen inpassen in het eindontwerp.

Summary

This bachelor assignment researches the possibility of the development of a transport container which can be transformed into an operating room during natural disasters. This assignment will be focused on the development of the construction rather than the medical part. This paper starts with an analysis of the point of view from the company that offered the assignment, Holland Medical Services.

This resulted in the demand that the container must be able to be transported through the air and that on location the container can be transformed into an operation room with a surface of at least 24 m². Besides these operation rooms there will also be tents to complete the mobile hospital, the entire hospital must be operating within eight hours after dropping the complex. The complex must also be transportable over water and land. The healthcare provided in the mobile hospital should be equal to the healthcare that is available in the country where the natural disaster took place. This means that the operation rooms are obligated to maintain certain climatic conditions, like temperature, humidity and an overpressure of minimal 1,05 Pascal.

The analysis made clear that there have to be ISO-corners in the design of the container to be able to fulfill the demands of water and air transport. Furthermore, attention should be paid to aftershock and the protection against it because the chances on an aftershock are high in the first 24 hours after the earthquake.

With the information that has been gathered a future scenario has been written in which the different phases of use have been described. After some interviews with Holland Medical Services it became clear that there were some contradictions in the demands of the company, these contradictions have been discussed with Holland Medical Services and choices have been made between the use of one of multiple materials, costs versus weight and the choice of design. These choices together with all the other demands have been merged into a list of requirements. The requirements have been divided in functions, criteria and issues. Based on a morphologic schedule three different concepts have been made. The seven functions that have been elaborated in the idea generation are: the volume expansion, the placement of the legs, the way the legs expand, prevention of leakage, the isolation of the operation room, leveling the operation room and the protection against aftershocks.

The three concepts use different solutions to these functions; the concepts are named Slide, Harmonica and Railway. After the idea generation these three concepts have been developed to give more detailed interpretation to the functions and they have been evaluated and the best concept have been chosen to be optimized. Concept Slide has been chosen, the concept uses a hydraulic system to expand the legs and during transport the legs are stored in the chassis of the container.

For increasing the volume the container uses a slide-mechanism and an automatic controls the leveling of the operation room. The isolating is done by putting insulation between the walls of the operation room. To prevent damage from an aftershock a damper system will be placed between the operation room and the chassis, this way the operation room can freely move in the horizontal plane. A tube will be placed in the walls to prevent leakages and unwanted airflow through the seams, the tube will be inflated after the expansion of the container.

After choosing the concept the detailing could begin, in this part attention has been paid to the frame, the water basin, emergency exits, the driving of the slide-system, materials, cables and the connection to the tents complex. After detailing all these points an estimation of the weight of the transport container has been made. Concluding it can be said that it is technically possible to develop a container that can be transformed into an operation room however due to the weight it is still uncertain if the limit of 4000 kg is feasible. In order to get some clarity on this issue a optimizations of the frame has to been done, furthermore it is important to get in touch with companies that provide more detailed information on the materials and the solutions that have been chosen.

Inleiding

Holland Medical Services is een klein bedrijf dat accommodaties wil gaan leveren voor medische noodhulp. Deze nood accommodaties zijn in de eerste plaats bedoeld voor slachtoffers van natuurrampen, echter kunnen ze ook worden ingezet voor vluchtelinghulp of in oorlogssituaties.

Binnen het toekomstige aanbod van Holland Medical Services kan er een onderverdeling gemaakt in worden in drie verschillende fases. De eerste fase is “emergency care”, de tweede fase is “crisis medical care” en tenslotte is er de fase “post-crisis medical care”. Deze verschillende fases zijn gebaseerd op de tijd die er verstreken is na het plaatsvinden van de ramp. Deze verschillende fases zullen gaan in spelen op welke hulp er tijdens een bepaald periode gewenst is.

De eerste fase is “emergency care” en daar is waar deze bacheloropdracht zich op richt. Voor deze fase wil Holland Medical Services First Operational Central Units (FOCUS) aanbieden. Deze units worden gebruikt in situaties waar acute medische hulp nodig is. (Holland Medical Services, 2012)

Het probleem dat Holland Medical Services heeft geïdentificeerd is dat medische noodhulp vaak pas te laat op gang komt waardoor de ondersteuning in de eerste 24 uur na het plaatsvinden van de ramp niet optimaal is. Hier wil Holland Medical Services op inspelen doormiddel van het ontwikkelen van de hierboven genoemde FOCUS-units.

Het idee van het FOCUS-project is dat er door de lucht twee “transportcontainers” op locatie gedropped kunnen worden. In deze containers bevinden zich alle benodigdheden om alle onderdelen van het mobiele ziekenhuis op te bouwen. In figuur 1 kan gevonden worden hoe een opgezet FOCUS-complex er uit zal komen te zien.

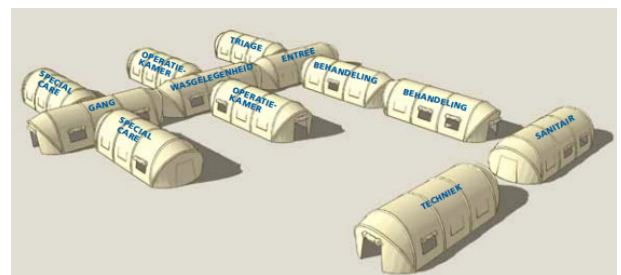
Vervolgens zullen deze twee containers dienen als mobiele operatiekamer, waarin dezelfde kwaliteit geleverd kan worden als in bestaande (regionale) ziekenhuizen. Kortom de containers hebben dus twee hoofdfuncties: vervoerscontainer en operatiekamer, daardoor moeten zij aan veel verschillende eisen voldoen.

Deze opdracht zal zich richten op ontwikkeling van de behuizing van deze “container” en de vraag in hoeverre er een “container” te ontwikkelen is die zowel als

transportmedium kan dienen tijdens het transport en op locatie gebruikt kan worden als operatiekamer. Dit zal gedaan worden door onderzoek te doen naar verschillende natuurrampen en de frequenties van deze rampen. Als dit eenmaal in kaart is gebracht kan er op basis van deze gegevens bepaald worden in hoeverre het ontwerp gaat inspelen op de verschillende natuursomstandigheden die optreden. Een ander aspect waar naar gekeken zal worden is het transport van de “containers” en welke eisen de verschillende vormen van transport stellen aan het ontwerp van de container.

Om ervoor te zorgen dat deze vervoerscontainer ook als operatiekamer kan dienen zal er een volumevergroting moeten plaatsvinden. Binnen deze opdracht zal er gekeken worden naar verschillende manieren om dit te realiseren en welke eisen de meest geschikte manier aan het ontwerp stelt. Naast het volume vergroten zal er gekeken worden naar ander functies die de transportcontainer annex operatiekamer moet vervullen. Nadat de basisfuncties zijn uitgewerkt zal er een concept gekozen worden en zal deze verder gedetailleerd worden.

De haalbaarheid van het eindconcept zal vervolgens getest worden aan de hand van het programma van eisen. Hierop gebaseerd zal er een aanbeveling worden gedaan met betrekking tot het ontwikkelen van de transportcontainer annex operatiekamer.



figuur 1: “Opzet FOCUS-Complex”

Uitgangspunten Holland Medical Services

Het bedrijf Holland Medical Services is al jaren bezig met onderzoek naar de mogelijkheid om de zo genoemde FOCUS-units te ontwerpen en heeft daardoor al een hele eigen visie op hoe het totaalbeeld er uit moet komen te zien. Hieronder zal deze visie behandeld worden en de eisen die hieruit voortkomen zullen later in het programma van eisen terugkomen.

In de visie van Holland Medical Services worden de FOCUS-units aangevlogen en zijn ze binnen acht uur na aankomst operationeel. Een belangrijk onderdeel hiervan is de logistiek, verschillende FOCUS-units zullen verspreid over de wereld in opslag staan. Om ervoor te zorgen dat de FOCUS-containers in de opslag komen zal er gebruik worden gemaakt van vrachtschepen, waardoor de te ontwerpen transportcontainer aan de ISO-normen moet voldoen die gesteld worden aan containers die in havens worden gebruikt. De containers moeten minimaal 100 weken operationeel gebruikt kunnen worden en daarnaast minimaal 20 jaar in de opslag kunnen staan zonder dat de zorgkwaliteit verminderd.

Holland Medical Services wil zoals al eerder gesteld deze containers in de noodgebieden droppen met behulp van luchttransport, aangezien transport over het land vaak onmogelijk is door de schade aan de infrastructuur. Dit gegeven zal nog worden geverifieerd in de opdracht analyse. Dit brengt enkele eisen met zich mee met betrekking tot het gewicht, de aankoppeling aan helicoters en het in balans houden van de container.

Holland Medical Services heeft eveneens aangegeven dat het complex in eerste instantie niet hoeft te kunnen drijven. In gevallen van overstromingen kan er echter gebruik gemaakt worden van ambulanceboten (Dutch Health, 2012) die de slachtoffers kunnen transporteren naar een hogere locatie waar het FOCUS-complex gestationeerd is.

Eenmaal aangekomen op locatie zal FOCUS geheel zelfvoorzienend moeten kunnen functioneren. De wens vanuit Holland Medical Services is dat er gebruik gemaakt wordt van duurzame energie. Nadat alle materialen voor het opzetten van FOCUS uit de desbetreffende containers zijn gehaald zullen deze zoals eerder genoemd als operatiekamer gaan functioneren. Hiervoor zullen de container in volume vergroot moeten worden om een verantwoorde werkplek te realiseren. Holland Medical Services heeft voor ogen om

dit minimaal een oppervlakte te laten hebben van 24 vierkante meter. Op basis van een reglement voor Nederlandse Operatiekamers die conform de NEN 2580 norm is (College bouw ziekenhuisvoorzieningen, 2004) is deze afchatting gemaakt. Ook kunnen er in dit reglement voorschriften worden gevonden over de basiskwaliteiten. (zie bijlage F)

Verder heeft Holland Medical Services de wens het volume vergroten automatiseren, zodat er niet al te veel menselijke arbeid bij komt kijken.

Om een operatiekamer te realiseren waarin zo efficiënt en effectief mogelijk gewerkt kan worden is de visie van Holland Medical Services om alle medische apparatuur aan het dak te hangen en op een of ander manier deze apparatuur te kunnen verplaatsen. Hierdoor zal het dak van de operatiekamer van een star materiaal moeten zijn om de krachten die deze apparatuur op de container uitoefenen te kunnen weerstaan.

Om ervoor te zorgen dat er geen kiemen van buitenaf de operatiekamer binnen komen zweven moet er gewerkt worden met een overdruk van tenminste 5 Pascal. (Werkgroep Infectie Preventie, 2012) “De Inspectie van de Gezondheidszorg is expliciet in haar veroordeling van het ziekenhuis. Een mengend systeem van luchtbehandeling kenmerkt zich door het inblazen van kiemvrije lucht in de OK, het realiseren van een ventilatievoud en een overdruk van ten minste 5 pascal ten opzichte van de aangrenzende ruimten. Voor infectiepreventie is een ventilatievoud van 6x/uur voldoende. Echter indien narcosegassen worden toegepast is 20x een vereiste. Het systeem beoogt het kiem-getal in de OK-lucht laag te houden.” (RCC Koude & luchtbehandeling, 2008)

Daarnaast zijn er eisen met betrekking tot de klimaatbeheersing die opgelegd zijn vanuit de medische wereld. Dit betekent dat de luchtvochtigheid binnen de 50% en de 60% moet liggen. Ook moet de temperatuur te beheersen zijn tussen de 18 en de 24 graden Celsius.

Tenslotte wil Holland Medical Services naast het leveren van de noodaccomodaties ook het medisch en technisch personeel leveren, hierdoor hoeft niemand ingewerkt te worden. Dit betekent dat als het FOCUS-complex moet worden ingezet de hulpverlening zonder enige vertraging kan worden opgestart.

Analyse opdracht

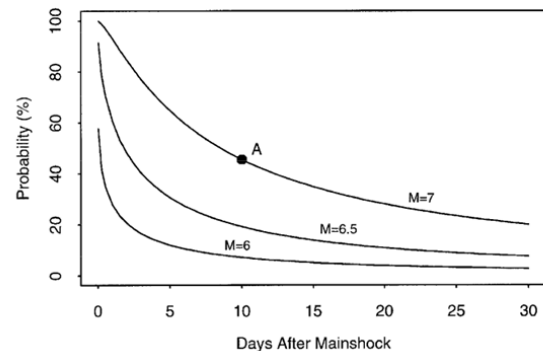
Om de verschillende ontwerpaspecten van de te ontwerpen transportcontainer/operatiekamer in kaart te brengen is er onderzoek gedaan naar enkele belangrijke deelvragen. Ten eerste is er gekeken naar de effecten van natuurrampen op de infrastructuur van een rampgebied en wat voor eisen deze met zich meebrengen. Vervolgens is er dieper ingegaan op aardbevingen en naschokken, aangezien de te ontwerpen container hier tegen bestand moet zijn. Er is gekeken naar de kans op een naschok en de krachten hiervan, op deze manier is een grens gesteld aan de krachten die het systeem moet kunnen weerstaan. Het volgende deelonderzoek ging over het transport van de container, er is gekeken welke eisen de verschillende transportmethodes stellen aan het ontwerpen. Daarnaast is er specifiek gekeken naar het luchttransport en welke verschillende voertuigen er gebruikt konden worden. Er is gekeken naar verschillende mobiele ziekenhuizen en op welke manier het FOCUS-systeem unieke diensten kan leveren. Ook is er tijdens dit onderzoek een bezoek gebracht aan het MOGOS-complex van het Nederlandse leger en is hier een verslag over opgesteld met belangrijke ontwerpaspecten. Tenslotte is er gekeken naar de impact van het klimaat op het functioneren van het complex. Hieronder kunnen de bevindingen gevonden worden van deze onderzoeken.

Natuurrampen

Wat er uit het onderzoek naar natuurrampen kan worden afgeleid is dat de medische noodhulp geen beschikking kan hebben over elektriciteit vanuit het lokale netwerk. Hierdoor zal het te ontwerpen mobiele ziekenhuis zichzelf in stroom moeten kunnen voorzien. Daarnaast raakt ook vaak de watervoorziening beschadigd en is het dus nog maar de vraag of het mobiele ziekenhuis over schoon water kan beschikken vanuit de lokale wateraansluiting. Hier zal met het ontwerpen op worden ingespeeld, want water is een belangrijk aspect voor het functioneren en schoonhouden van het FOCUS-complex. Wat er verder uit deze informatie gehaald kan worden is dat het wegennet bijna altijd beschadigd raakt waardoor het moeilijk wordt om via het land medische noodhulp op locatie aan te bieden. Daarom zal er onderzocht moeten worden wat de mogelijkheden en restricties zijn om met andere vervoersmiddelen op locatie te kunnen komen. Naast de kans op naschokken bij aardbevingen zijn er geen andere na-effecten waarop ingespeeld hoeft te worden, aangezien het complex niet op water hoeft te kunnen drijven. De analyse van natuurrampen kan worden gevonden in Bijlage A.

Aardbeving

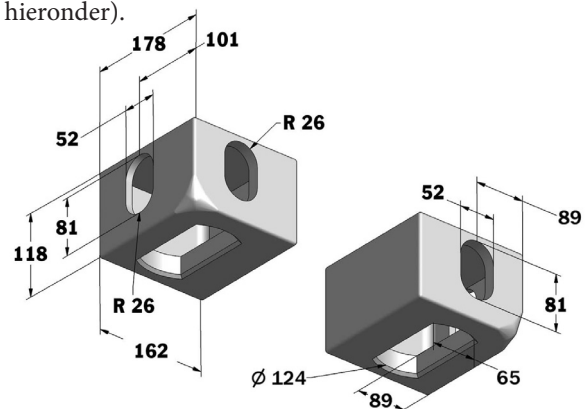
Een aardbeving brengt vele aspecten met zich mee die in het ontwerpproces meegenomen moeten worden. Doordat de kans op een naschok dermate hoog is in de eerste 24 uur na de hoofdschok zal de te ontwerpen container hiertegen bestand moeten zijn (zie figuur 2 ter verduidelijking van deze kansen). Daarnaast tast de aardbeving ook de ondergrond aan waarop het mobiele ziekenhuis geplaatst wordt, daarom zullen de poten van de container in hoogte verstelbaar moeten zijn. Met betrekking tot de vraag in welke kracht naschok de constructie moet kunnen weerstaan is er gekozen voor zes op de schaal van Richter. Dit omdat dan het FOCUS-complex ingezet kan worden bij meer dan 90% van alle rampen die veroorzaakt zijn door een aardbeving.



figuur 2: "Kans op naschok" (M = Magnitude)

Transport

Wat uit het onderzoek naar transport gehaald kan worden, is dat het gewicht dat vervoerd kan worden enorm varieert per soort voertuig en dat er een keuze gemaakt moet worden tussen de verschillende soorten voertuigen. Daarnaast zal er aan de ISO-eisen vanuit de scheepvaart moeten worden voldaan wat inhoudt dat er hoekfittingen op de container moeten zitten (zie figuur 3 hieronder).



figuur 3: "Hoekfitting van een transportcontainer"

Ook om te kunnen vervoeren met de NH-90 zullen er punten moeten zijn waar de sling van de helicopters op aangesloten kunnen worden, hiervoor kunnen de ISO-hoekfittingen gebruikt worden. Tenslotte zal de container aan de maten moeten voldoen die staan beschreven in het ISO-reglement van de scheepvaart, namelijk 6058 mm x 2438 mm x 2591 mm. Het gehele onderzoek naar transport kan gevonden worden in Bijlage B. De specificaties van de luchttransportmiddelen kan gevonden worden in bijlage D.

Marktonderzoek

Wat er uit dit onderzoek gehaald kan worden is dat er geen enkel mobiel ziekenhuis binnen 8 uur operationeel is, op dit punt is FOCUS van Holland Medical Services dus uniek en kan zij een meerwaarde leveren. In vergelijking met de apparatuur van de huidige mobiele ziekenhuis zal FOCUS gebruik gaan maken van veel modernere apparaten hierdoor kan Holland Medical Services betere kwaliteit leveren dan de andere mobiele ziekenhuizen. Echter is de capaciteit van het FOCUS-complex minder groot dan de capaciteit van de andere mobiele ziekenhuizen. Tenslotte is het grootste verschil tussen FOCUS en de andere mobiele ziekenhuizen het feit dat Holland Medical Services ook het medisch personeel levert dat noodhulp zal verlenen in het rampgebied.

Uit de analyse van het MOGOS-systeem kunnen enkele oplossingen meegenomen in het ontwerpproces voor de nieuwe container voor de FOCUS-units. Ten eerste is de manier van uitvouwen een geschikte oplossing voor het volumevergrotingsprobleem. Ook met betrekking tot de problemen rondom naden levert MOGOS een goede oplossingsrichting. In figuur 4 kan een impressie van het MOGOS-complex gevonden worden. Verder zullen enkele oplossingen van het MOGOS-complex meegenomen worden in de ideeëngeneratie. Het gehele marktonderzoek kan gevonden worden in bijlage C.

Impact klimaat

Het klimaat heeft behoorlijk veel invloed op het functioneren van het FOCUS-complex en zal dus mee moeten worden genomen in de analyse. De NAVO heeft in 2009 onderzoek uitgevoerd naar de invloed van klimaatomstandigheden en heeft dit gepubliceerd in het verslag "Allied Environmental Conditions and Test Publications (AECTP)". Het doel van AECTP is: "to present characteristics and data samples of natural and

induced climatic conditions that influence the design of materiel." Naast dat er gegevens verzameld zijn in dit schrijven staan er ook richtlijnen om zo goed mogelijk met deze omstandigheden om te gaan. Vooral met betrekking tot isolatie en luchtvochtigheid biedt AECTP de mogelijkheid duidelijk grenzen aan te geven aangezien deze geklasseerd staan. Voor droogte zijn er drie verschillende niveaus extreme hot dry, hot dry & intermediate. Aangezien er veel natuurrampen plaatsvinden in gebieden met droogte is ervoor gekozen dat het FOCUS-complex moet kunnen functioneren bij extreme hot dry. De temperaturen die hierbij horen liggen tussen de 32 en de 49 graden Celsius en de luchtvochtigheid is tijdens omstandigheden tussen de 3 en de 8%.

Ook zal het complex moeten kunnen functioneren bij koudere omstandigheden, ook hier zijn gradaties in, namelijk: mild cold, intermediate cold, severe cold & extreme Cold. In dit geval is er gekozen voor het functioneren tot op het niveau van mild cold. De temperaturen die hierbij horen liggen tussen de -3 en de -19 graden Celsius en de luchtvochtigheid neigt tijdens deze omstandigheden naar verzadiging.



figuur 4: "Impressie MOGOS-complex"

Scenario

Om een beeld te vormen over de toekomstige gebruikssituatie van het FOCUS-complex is er een toekomst-scenario geschreven.

Bangladesh, 7 januari 2012. De stad wordt gewekt door een zware aardbeving met een kracht van zeven op de schaal van Richter. Snel worden de betrokken instanties ingelicht om ervoor te zorgen dat de noodhulp opgestart kan worden. Gelukkig is er op een afstand van 1500 kilometer van het epicentrum een mobiel ziekenhuis van Holland Medical Services opgeslagen en kan deze onmiddellijk worden voorbereid op transport. Normaal gesproken zou er gewacht worden met het op gang brengen van de noodhulp in verband met de kans op een naschok, echter zijn de containers zo ontworpen dat zij bestand zijn tegen naschokken tot een grootte van zes op de schaal van Richter. De containers worden met behulp van een militair vliegtuig naar het dichtstbijzijnde vliegveld gevlogen.

Vliegend over de noodlocatie blijkt dat door het geweld van de natuurramp het gebied niet te bereiken is via het land, gelukkig is het mogelijk om de containers met militaire helicopters te droppen op locatie. Zodra de containers weer gereed zijn voor transport worden ze aan de helicopters gekoppeld. Doordat er tijdens het ontwerpen rekening is gehouden met de gewichtsverdeling in de container heeft de heli-copter geen enkel probleem om haar balans te houden tijdens het transport.

Eenmaal aangekomen in het noodgebied wordt er gezocht naar een geschikte locatie om de containers te laten neerzakken, echter door de aardbeving is er geen vlak stuk terrein meer te bekennen in de omgeving. Maar door het ontwerp van de containers kan het mobiele ziekenhuis ook op minder vlakke ondergronden geplaatst worden, doordat de poten van de containers te stellen is wordt deze snel en eenvoudig geplaatst. Vervolgens worden de benodigdheden voor het opzetten van het mobiele ziekenhuis uit de container gehaald en worden deze onderdelen opgebouwd. Als de container leeg is kan deze worden omgebouwd tot operatiekamer, dit wordt gedaan door het volume van de container te vergroten.

In plaats van het oppervlak van de transportcontainer is de operatiekamer nu meer dan 24 vierkante meter in oppervlak, hierdoor kunnen operaties gemakkelijk worden

uitgevoerd aangezien er voldoende ruimte is voor het medisch personeel om te kunnen bewegen. Doordat het ziekenhuis voldoet aan de basiskwaliteiten is de kans op infecties vele malen lager en kan het personeel vak-kundig te werk gaan.

Vervolgens zal de stroom- en watervoorziening aangelegd worden, doordat het mobiele ziekenhuis onafhankelijk is van externe bronnen zal dit weinig problemen opleveren. Doordat er al gelijk brandstof is meegenomen kan de stroomvoorziening binnen enkele momenten worden opgestart, en ook de water-voorziening is al snel gereed wat ervoor zorgt dat er binnen aanzienlijke tijd begonnen kan worden met opereren.

Het mobiele ziekenhuis is nu gebruiksklaar en er is pas zeven uur verstreken na de landing van de heli-copters, en de artsen kunnen beginnen met het behandelen van de gewonden.

Het is nu een aantal dagen na het plaats vinden van de aardbeving en de meeste slachtoffers zijn behandeld in het mobiele ziekenhuis en het is tijd om het af te gaan bouwen. De medisch hulp kan nu worden overgedragen aan de lokale bevolking. Met een aantal simpele handelingen worden de containers weer verkleind in volume en alle materialen die vervoerd moeten worden, worden ingeladen zodat de container klaar is gemaakt voor transport. De containers worden opgepikt door de heli-copters om ze weer te verplaatsen naar het dichtstbijzijnde vliegveld, waarna ze opgepikt zullen worden door de militaire transportvliegtuigen om ze weer naar de opslaglocatie te brengen. Eenmaal op de opslaglocatie aangekomen worden voorzieningen weer aangevuld en het complex gereinigd zodat het mobiele ziekenhuis klaar is voor een volgend gebruik.

Mogelijkheden & beperkingen

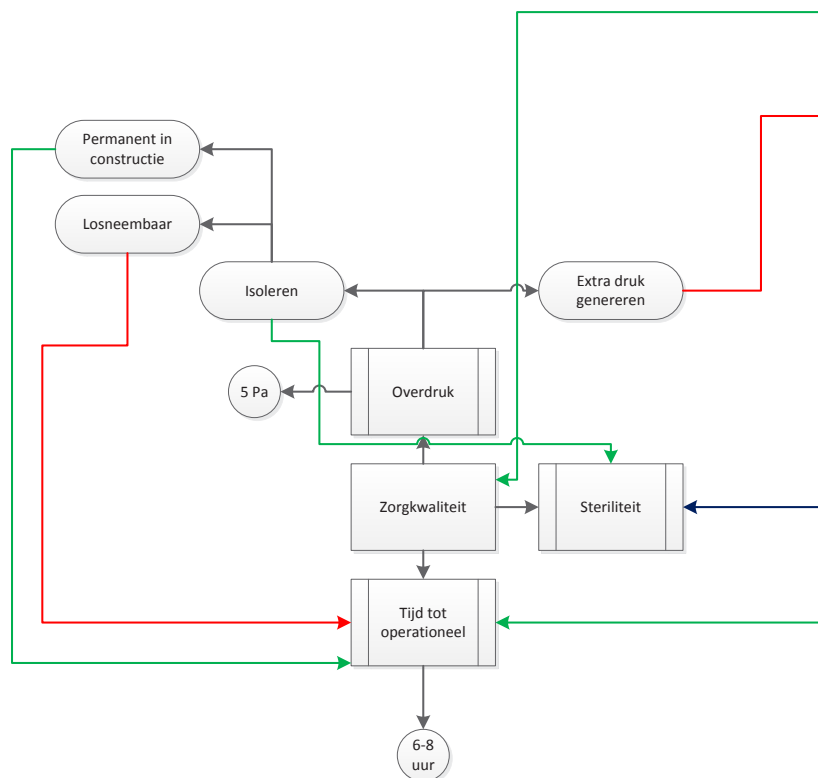
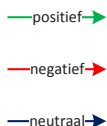
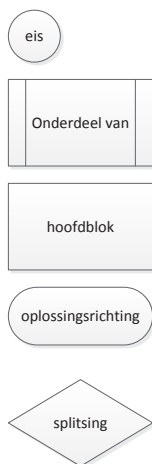
Om een goed totaal beeld te krijgen van de mogelijkheden en beperkingen binnen het te ontwerpen systeem is er gekeken naar welke invloed bepaalde onderdelen en oplossingsrichtingen op elkaar hebben. Dit kan een positieve relatie zijn, als verschillende elementen elkaar versterken. Een negatieve relatie betekent dat de keuze voor deze optie een negatief effect op een bepaald aspect van de transportcontainer annex operatiekamer.

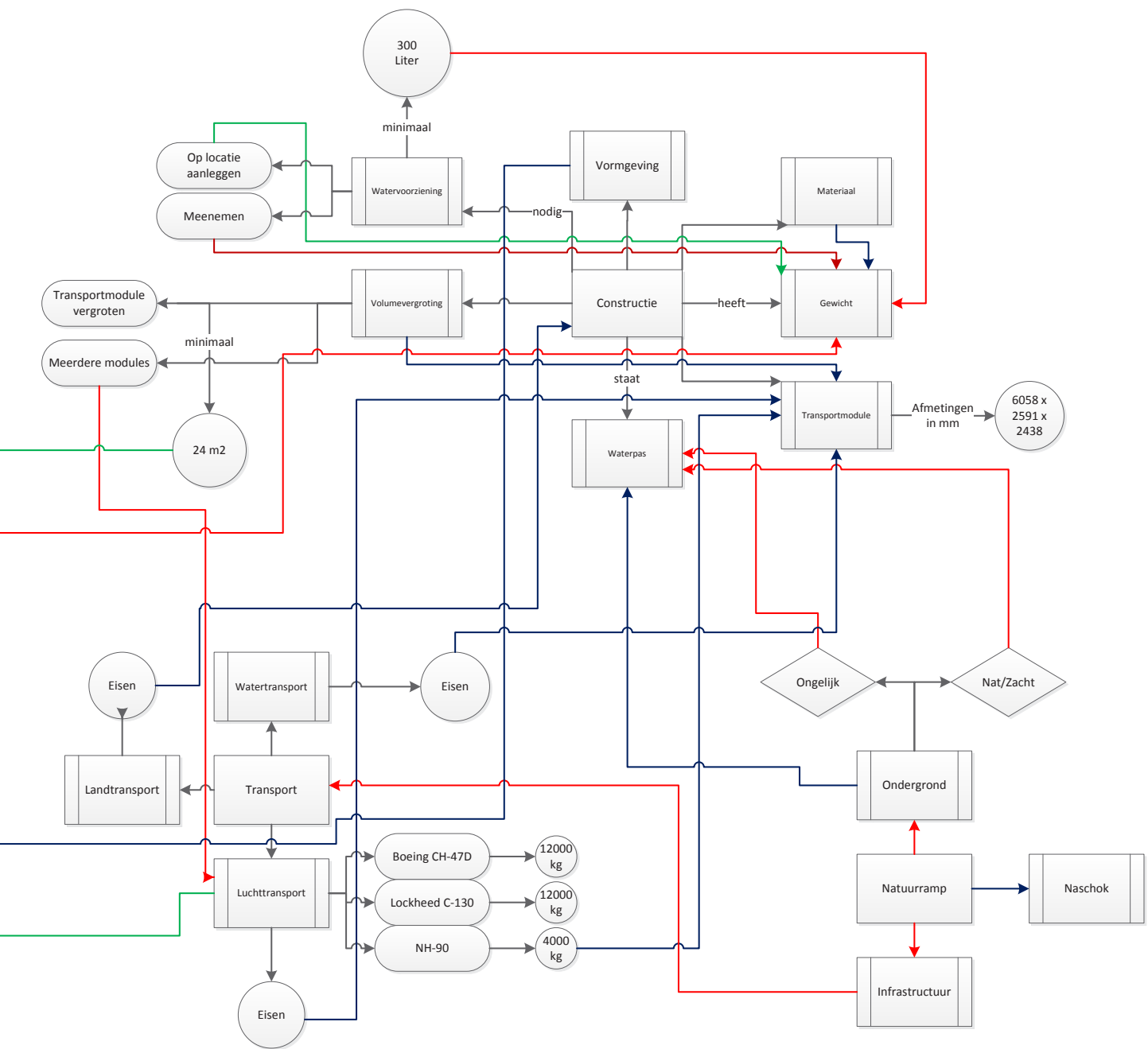
Tenslotte is er de optie dat er sprake is van invloed op, wat niet perse een lading hoeft te hebben. In figuur 5 op deze dubbele pagina kan er een overzicht gevonden worden van al deze relaties, hieronder volgt een tekst met daarin voorbeelden om het schema te verduidelijken.

Om het schema op deze dubbele pagina beter te begrijpen zullen enkele relaties worden toegelicht. Het eerste voorbeeld is de relatie tussen de poten en naschokken, tussen deze twee aspecten zit een negatieve relatie. Tijdens een naschok zal er kracht worden uitgevoerd op de poten waardoor deze onder het gewicht van de operatiekamer op buiging worden belast, hierdoor kunnen de poten gaan knikken waardoor de operatiekamer beschadigd kan raken.

Een ander voorbeeld is de positieve relatie tussen lucht transport en de tijd tot operationeel. Als het FOCUS-complex te transporteren is door de lucht betekent dit dat ze onafhankelijk is van de infrastructuur en dus veel sneller op de noodlocatie aanwezig kan zijn. Hierdoor is het complex sneller operationeel en kan de medische noodhulp eerder worden opgestart.

Het laatste voorbeeld die genoemd zal worden is de relatie tussen de eisen van het watertransport en de transportmodule. Deze relatie is neutraal, wat in dit geval betekent dat het meer een aandachtspunt waar rekening mee moet worden gehouden. In dit geval betekent het dat de transportmodule moet voldoen aan de eisen die worden gesteld door de verschillende schepen en havens.





figuur 5: "Flowchart mogelijkheden & beperkingen"

NH-90 versus Boeing CH 47D

De belangrijkste keuze die gemaakt moet worden is de keuze tussen de optie om gebruik of de optie juist geen gebruik te maken van de transporthelicopter NH-90 (figuur 6). Als er gekozen wordt voor de NH-90 betekent dat de transportmodule vast komt te zitten aan een maximum gewicht van 4000 kg per transportmodule, waardoor er vaker gevlogen zal moeten worden om alle materialen op locatie te krijgen als het gewicht van een transportcontainer meer dan deze 4000 kg is. Dit kan er toe leiden dat het langer duurt voordat het gehele FOCUS-complex operationeel is.

Als er voor gekozen om geen gebruik te maken van een helicopter maar van Boeing CH-47D (figuur 7) zal er maximumgewicht van meer dan 10.000 kg gelden per transportmodule, wat betekent dat alles wel in één keer mee-genomen kan worden. Echter, als er geen Boeing CH-47D beschikbaar is zal dit betekenen dat het materieel niet van het vliegveld af zal kunnen komen. Dit heeft tot gevolg dat de noodhulp niet op de juiste locatie geboden kan worden, waardoor de zorgkwaliteit drastisch verminderd wordt.



figuur 6: "NH-90"



figuur 7: "Boeing CH-47D"

Water oppompen versus water meenemen

Een andere keuze die gemaakt moet worden is die tussen het zelf meenemen van water of het slaan van een waterput en daar water uit op te pompen. Als er voor het zelf meenemen van water gekozen wordt, zal hiervoor ruimte moeten worden gemaakt in de transportcontainer, waardoor het qua volume misschien allemaal niet meer past. Vervolgens zal de hoeveelheid water die meegenomen wordt ook bijdragen aan het gewicht van de transportcontainer. Aangezien er een limiet zit aan het maximaal te vervoeren gewicht betekent dit dat misschien niet alle materialen in een keer meegenomen kunnen worden. Ook zal de tank voor vertrek moeten worden gevuld, dit kost tijd waardoor het complex misschien niet op tijd operationeel is. Dit zou de zorgkwaliteit op een negatieve manier kunnen beïnvloeden.

Als er wordt gekozen voor het slaan van een waterput en daar de watervoorraad vandaan te halen, zal dit een positief effect hebben op het gewicht ten opzichte van het zelf meenemen van water. Echter zal dit op locatie wel extra tijd gaan kosten om op te bouwen waardoor er op deze manier tijdsproblemen kunnen ontstaan. Daarnaast bestaat de kans dat er op de locatie geen mogelijkheid bestaat om een waterput aan te leggen. Daar bovenop zal er een waterinstallatie mee moeten worden genomen wat ook weer van invloed is op het gewicht van de transport container.

Extra overdruk versus naden afdichten

Om voldoende zorgkwaliteit te leveren is het belangrijk dat er een overdruk van minimaal vijf Pascal gerealiseerd worden, dit om onder andere infectierisico's tijdens de operaties te verminderen. Dit kan bijvoorbeeld worden gedaan door het afdichten van de naden die ontstaan staan tijdens het volumevergroten.

De andere optie is om een apparaat te gebruiken dat een veel grotere overdruk levert dan gewenst is zonder dat je de ruimte afdicht. Er wordt dan gekozen voor het nemen van het verlies en zorgt dat er met een lager rendement nog steeds de gewenste overdruk kan realiseren. Echter zo'n apparaat kost over het algemeen meer geld en zal ook meer wegen en ruimte innemen in de transportcontainer.

Star versus flexibel

Een volgende keuze die gemaakt zal moeten worden is de keuze tussen het gebruik van een enkel materiaal voor de behuizing of de keuze voor meerdere materialen. Beide mogelijkheden hebben voor- en nadelen. Om te beginnen met de keuze voor één materiaal, dit zal er toe leiden dat de gehele constructie van een veel groter gewicht zal zijn, omdat ook de onderdelen die minder belasting te verwerken krijgen van een star materiaal zijn. Ook zal een star materiaal vaak duurder zijn dan een minder sterk materiaal waardoor de constructie in zijn geheel duurder wordt om te produceren.

Als er voor meerdere materialen wordt gekozen zal dit een positief effect hebben op het gewicht van de transportcontainer. Echter zullen er wel meer productiestappen nodig zijn om het complex te vervaardigen waardoor de kostprijs stijgt. Daarnaast zal er met meerdere materialen meer tijd nodig zijn om het complex operationeel te krijgen als zij op locatie is aangekomen als er materialen moeten worden bevestigd om de constructie compleet te krijgen.

Vormgeving bol versus rechthoekig

Om zo hygiënisch mogelijk te kunnen werken is het van belang dat er zo min mogelijk hoeken in het ontwerp zitten, omdat daar zich stof of ander vuiligheid kan ophopen. Daarom is het een goede optie om een ontwerp te maken dat vele afrondingen heeft. Echter met betrekking tot het volume vergroten en transporteren zijn rechte contouren gewenst, daarnaast zou dit zou het productieproces vergemakkelijken. Een bolvormig ontwerp brengt ook nog andere nadelen met zich mee, namelijk het feit dat het opbergen van voorraden en apparatuur lastiger wordt.

Gemaakte keuzes Holland Medical Services

Aan de hand van het gemaakte schema is er een gesprek aangegaan met Holland Medical Services waarin er keuzes gemaakt moesten worden met betrekking tot de hiervoor genoemde ontwerpaspecten. Hieronder kunnen de keuzes en de motivaties hierbij gevonden worden.

Gewicht versus transport

Het dilemma rondom de eis van 4000 kg die opgelegd wordt door het gebruik van de NH-90 transporthelicopter heeft het volgende resultaat opgeleverd: de container inclusief inhoud mag niet meer dan 4000 kg wegen en

kan dus worden vervoerd met de NH-90 transporthelicopter. Echter mocht het geval zijn dat de transportcontainer niet onder de 4000 kg blijft, dan zal het gewicht worden verdeeld over extra containers zodat er gebruik gemaakt kan blijven worden van de NH-90. Mocht het zo zijn dat er Boeing CH-47D Chinooks op locatie aanwezig zijn dan kan daar natuurlijk gebruik gemaakt van worden. Hiermee valt ook samen dat er voor gekozen is om zelf water mee te nemen in plaats van het oppompen van water op locatie wat het gewicht van de transportcontainer flink beïnvloedt.

Prijs versus gewicht

Een volgend probleem is de tegenstrijdigheid tussen een zo laag mogelijke prijs maar tevens een zo laag mogelijk gewicht. Er is voor gekozen om meerdere materialen te gebruiken om zo het gewicht van de container zoveel mogelijk te beperken zonder dat er concessies gedaan hoeven worden aan de stevigheid en stabiliteit van de container. Eveneens mag er op verschillende plaatsen gebruik gemaakt worden van een flexibel materiaal, mits er geen krachten spelen op dat onderdeel van de constructie. Met betrekking tot de materiaalkeuze mogen er duurdere materialen gekozen om zo het gewicht te verminderen.

Vormgeving container

Er is voor gekozen om een container te ontwikkelen die rechthoekig is om het transport en het volume vergroten te vergemakkelijken. Uiteindelijk worden er op deze manier concessies gedaan aan de hygiëne in de operatiekamer, echter weegt dit argument niet op tegen de voordelen die een rechthoekige constructie met zich meebrengt. Daarnaast kunnen er in de vormgeving van de binnenkant nog rondingen worden aangebracht zodat er minder stof en vuil kan ophopen in de operatiekamer. In het kader van het optimaliseren van de hygiëne is er wel voor gekozen om het geheel te gaan afdichten, vooral omdat op deze manier minder snel viezigheid de container of operatiekamer kan binnen dringen.

Programma van Eisen

Eisen

- Het transport medium moet door de lucht, over het water en met vrachtwagens te vervoeren zijn.
- Het transport medium moet ruimte bieden voor 300 L water.
- Het complex moet minimaal 100 weken operationeel gebruikt kunnen worden.
- Het complex moet minimaal 20 jaar in storage kunnen staan.
- De container moet aan de ISO eisen die havens aan containers stellen voldoen.
- De container moet in balans zijn qua gewichtsverdeling.
- De container inclusief inhoud mag maximaal 4000 kilogram wegen.
- De container moet op een ongelijke ondergrond kunnen staan met een verloop van 30 cm per 100 m.
- De container moet bestand zijn tegen een naschok van zes op de schaal van Richter.
- Het systeem mag tijdens het transport alleen elastisch vervormen.
- De minimale oppervlakte van de operatiekamer moet 24 m² bedragen.
- De constructie moet regenbestendig zijn.
- In de operatiekamer moet een overdruk te realiseren zijn van minimaal 5 Pascal.
- De luchtvochtigheid in de container moet tussen de 50% en 60% liggen bij buitentemperaturen tussen de - 19 en 49 °C.
- De temperatuur in de container moet tussen de 18 en de 24 °C liggen bij buitentemperaturen tussen de - 19 en 49 °C.
- De behuizing heeft potentiaal nul.
- De operatiekamer/transportcontainer moet een nooduitgang hebben.
- Het complex moet binnen 8 uur na aankomst op de noodlocatie operationeel zijn.
- De operatiekamers moeten kunnen worden aangesloten op het tentencomplex.

Wensen

- Het FOCUS-complex maakt gebruik van duurzame energie.
- Het volume moet zonder menselijke arbeid te vergroten zijn.

Toelichting Programma van Eisen

Er zijn nu eisen opgesteld voor de gehele container welke vertaald zullen moeten worden naar enkele functies die vervuld moet worden.

Daarnaast zullen er criteria en aandachtspunten overblijven die van invloed zijn op de functionaliteit van de transportcontainer/operatiekamer. Deze zullen worden meegenomen tijdens de detaillering van het eindconcept.

De te vervullen functies zullen worden opgesplitst in twee delen, het eerste deel zal worden uitgewerkt in een ideeëngeneratie waar vervolgens aan de hand van een morfologisch schema drie concepten uit worden gemaakt. De andere functies zullen worden uitgewerkt tijdens de detaillering van het gekozen concept.

De eis dat de container door de lucht, over water en met vrachtwagens te transporteren moet zijn betekent dat er ISO-hoekfitting moeten worden verwerkt in de concepten om deze transportvormen mogelijk te maken.

De volgende eis gaat over de zelfvoorzienendheid van het FOCUS-complex, dit levert een functie op die de container moet vervullen. De transportcontainer zal een functie voor wateropslag moeten hebben en deze zal worden behandeld tijdens de detaillering.

De volgende eisen gaan over de levensduur van het FOCUS-complex, deze eisen hebben invloed op de materiaalkeuze en het onderhoud van de container. De materiaalkeuze zal worden behandeld tijdens de detaillering van het gekozen concept.

De eis met betrekking tot de balans van de container zal worden behandeld in de detailleringsfase, hier zal er een oplossing geboden worden om de balans onder controle te houden.

De eis die gaat over het maximale gewicht van 4000 kg heeft eveneens invloed op de materiaalkeuze en de keuze voor apparatuur.

Het frame zal worden behandeld in de detaillering van het gekozen concept. Dit hangt ook samen met de eis met betrekking tot de elastische vervorming.

Om het complex te kunnen inzetten op ongelijke ondergronden is de eis met betrekking tot de in hoogte verstelbaarheid opgenomen in het programma van eisen. Dit zal worden uitgedacht in de ideeëngeneratie door onderzoek te doen naar verschillende poten en de plaatsing van deze poten.

Het bestand zijn tegen aardbevingen is een eis die vertaald kan worden naar de functie: "het opvangen van afschuivingen en trillingen in x-, y- en z-richtingen." Deze functie zal worden uitgewerkt in de ideeëngeneratie en worden meegenomen in de conceptgeneratie.

De eis van een minimale oppervlak voor de operatiekamer betekent dat de container de volgende functie moet kunnen vervullen: "het vergroten van het volume van de transportcontainer tot minimaal 24 m³". Dit zal worden uitgewerkt in de ideeëngeneratie, en vervolgens verder worden uitgedacht in de conceptgeneratie. Het aandrijven van de volumevergroting zal tijdens de detaillering aan bod komen.

De volgende eis heeft betrekking op de regenbestendigheid van het complex, wat betekent dat alle naden moet worden afgedicht. Deze functie zal worden behandeld in de ideeëngeneratie.

De isolatie van de container heeft ook invloed op de volgende eisen: de overdruk, luchtvochtigheid en de temperatuur. Deze eisen hangen samen met de functie van isolator. Binnen de ideeëngeneratie zullen hier oplossingen voor worden aandrazen. Daarnaast zal er gekeken worden naar geschikte isolatiemiddelen.

Tenslotte zullen de volgende eisen; potentiaal nul en de nooduitgang worden meegenomen in de detailleringsfase.

Ideeëngeneratie

Naschokstelsel

Een van de speerpunten van het nieuwe ontwerp is het bestand zijn tegen naschokken. Binnen de bouwkunde zijn er al vele verschillende oplossingen gevonden voor dit probleem. Hieronder kunnen verschillende oplossingen gevonden worden en er zal worden bekeken in hoeverre deze toepasbaar zijn in het ontwerp voor de container.

Volgens The principle of anti-seismic building uit 2007 zijn er drie verschillende manieren om de impact van een naschok te verminderen, deze zullen hieronder besproken worden. Ten eerste is het belangrijk dat de energie van de naschok naar het gebouw kan worden overgedragen. Ten tweede is het belangrijk dat de energie in het gebouw verspreid kan worden zodat het verdeeld wordt over de gehele constructie in plaats van dat de energie zich ophoopt in een bepaald element. Tenslotte is het belangrijk om de constructie zo te ontwikkelen dat er een veiligheidsfactor is ingebouwd. Om tot een zo goed mogelijke constructie te komen worden deze verschillende methodes vaak gecombineerd. Hieronder zullen verschillende mogelijkheden worden besproken die de operatiekamer zouden kunnen beschermen tegen naschokken. (The principle of anti-seismic building, 2007)

Earthquake Absorbing Damper Bearing

Dit systeem is ontwikkeld voor bruggen om ervoor te zorgen dat deze intact blijven tijdens een aardbeving. Het systeem werkt met vier dempers die krachten in horizontale vlak kunnen opvangen, door het herstellen van de veren zal de constructie weer terugkeren naar haar oorspronkelijke locatie en vorm zodra de naschokken afgelopen zijn. Hierdoor kan de gehele operatiekamer in het horizontale vlak bewegen zonder dat de poten op buiging belast worden en dus kunnen knikken, waardoor het gehele complex zou "omvallen". Dit systeem zou kunnen worden geplaatst tussen de poten en de operatiekamer. In figuur 8 kan het EADB-systeem gevonden worden. (GobizKOREA, 2012)



figuur 8: "EADB-systeem"



figuur 9: "Anti-seismic & Earthquake Absorbing Joint Series"

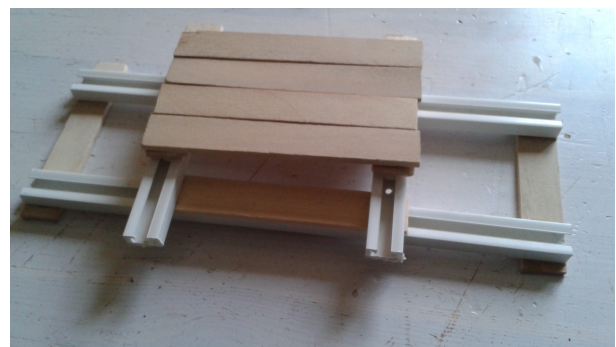
MP Anti-seismic &

Earthquake Absorbing Joint Series

Een andere manier voor het opvangen van krachten van de naschok is het gebruik van het bovenstaande systeem (fig. 9). Deze oplossing vangt de krachten en verplaatsingen op in de longitudinale en transversale richting alsmede de krachten in de bovenwaartse en onderwaartse richting van de brug. Dit systeem zou tussen de poten en de operatiekamer kunnen worden geplaatst, waardoor de operatiekamer bovenop de poten vrij zou kunnen bewegen. (MP Tech, 2012)

Rails

Een andere optie is het laten geleiden van de operatiekamer over rails, hierdoor kunnen de krachten in de x-richting en de y-richting worden opgevangen (zie figuur 10). Door het gebruik van veren zal de operatiekamer weer naar haar oorspronkelijke positie terugkeren nadat zij door de krachten van de naschok verschoven is.



figuur 10: "Railssysteem"

Seismic Isolation

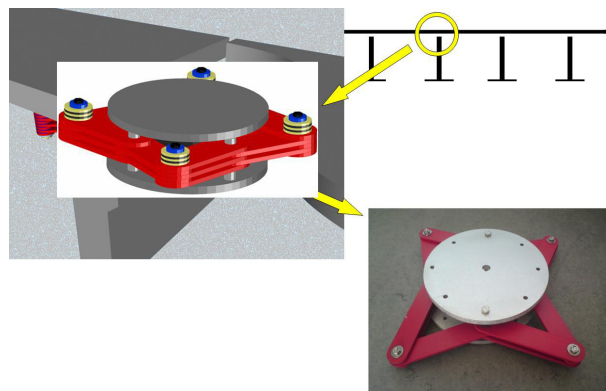
De volgende oplossingsrichting maakt gebruik van seismic isolation, wat betekent dat de te beschermen constructie geplaatst wordt op massief rubberen blokken (zie figuur 11) die de krachten van de naschokken in alle drie de richtingen kan opvangen. Dit principe zou geplaatst kunnen worden tussen het onderstel van de poten en de operatiekamer, echter dient er rekening meegehouden te worden dat de dikte van het rubber bepaald is welke mate het systeem bestand is tegen naschokken. Aangezien het systeem bescherming moet bieden tegen naschokken van zes op de schaal van Richter kan er een grote hoeveelheid rubber nodig zijn. (DIS, 2012)



figuur 11: "Seismic Isolation"

Rubber Bearing Friction Damper

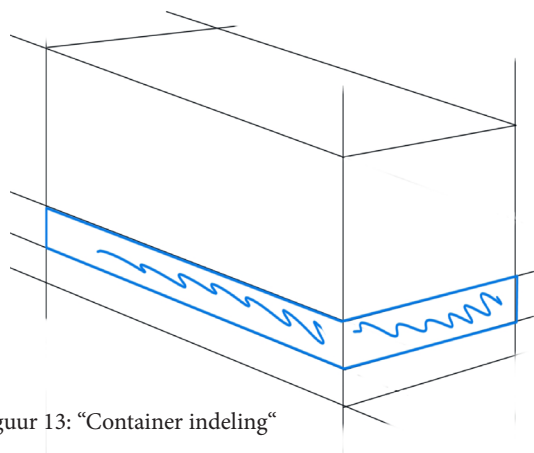
Een volgend systeem dat eveneens wordt gebruikt om bruggen te beschermen tegen aardbevingen is het rubber bearing friction damper principe. In figuur 12 kan gevonden worden hoe dit systeem er uit ziet. Ten eerste valt op dat dit systeem tussen de peilers en het wegdek geplaatst wordt. Op eenzelfde manier kan het systeem geplaatst worden onder de operatiekamer maar wel boven de poten. Vervolgens kan er worden gezien dat het systeem uit twee verschillende onderdelen bestaat, namelijk een rubberen "blok" dat de krachten in verticale richting opvangt. Het tweede deel is een wrijvingsdempster en deze vangt de krachten op in het horizontale vlak. De dempers kunnen buigen en vangen op deze manier de krachten op die anders de brug uit elkaar zou trekken. (Damptech, 2012)



figuur 12: "Rubber Bearing Friction Damper"

Conclusie

Uit deze informatie kan worden afgeleid dat er vele verschillende manieren zijn om de container te beschermen tegen naschokken, maar de meesten maken gebruik van een dempingsysteem. Wat in ieder geval vast staat is dat de operatiekamer bovenop een dempingsysteem geplaatst moet worden waardoor de constructie feitelijk uit twee delen komt te bestaan, dit kan worden afgeleid uit het feit dat alle naschoksystemen tussen de verschillende onderdelen in werken. Daarnaast is het van groot belang dat de poten op de juiste plek worden geplaatst zodat deze zo min mogelijk hinder ondervinden van de naschok, wat betekent dat deze worden geplaatst in het onderstuk zodat de poten zo min mogelijk op buiging worden belast tijdens een naschok. Hieronder staat een schematische afbeelding (figuur 13) van de indeling van de container met de bovenstaande eisen. In de afbeelding is het blauwe vlak het systeem dat de operatiekamer beschermt tegen naschokken.



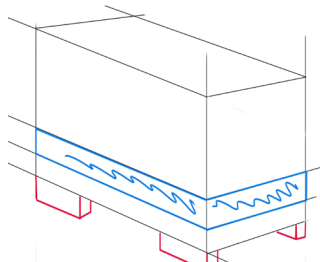
figuur 13: "Container indeling"

Poten

Uit de analyse van het MOGOS systeem is gebleken dat het erg handig is om de container op poten te plaatsen, onder andere om op meerdere ondergronden te kunnen functioneren en het makkelijker waterpas stellen van de container. Om tot een optimale constructie te komen zal er gekeken moeten worden wat voor soort poten er gekozen worden en waar deze geplaatst zullen worden tijdens het transport en wanneer de operatiekamer operationeel is.

Plaatsing poten

Tijdens het transport zullen de poten ingeklapt of ingeschoven moeten worden om aan de ISO eisen van de container te voldoen en tevens zoveel ruimte te realiseren binnen de operatiekamer. Hiervoor zijn er verschillende mogelijkheden. Ten eerste kunnen de poten weggewerkt worden in de container zoals ook in het MOGOS-systeem gebeurd is. Hiervan is een voorbeeld te vinden in figuur 15. In MOGOS worden de poten hydraulisch naar buiten geklapt en vervolgens op de grond gezet met uitschuifbare poten.

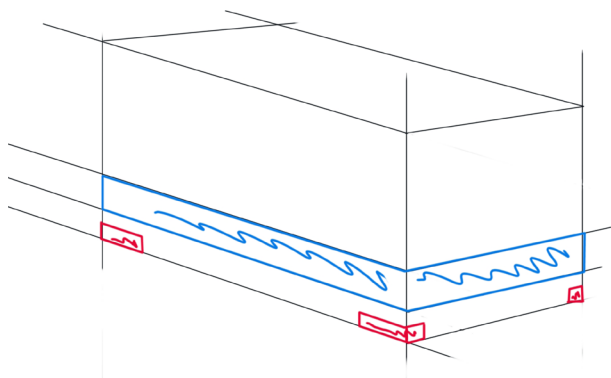


figuur 14: "Onder de container"



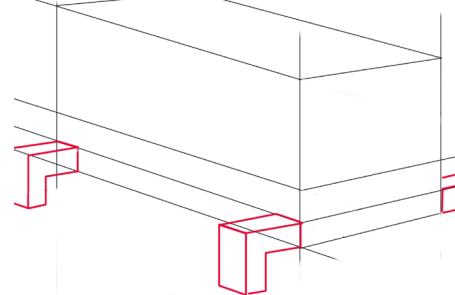
figuur 15: "MOGOS-poten"

Ten tweede kunnen ze ook onder de container worden weggewerkt (zie fig 14). Tenslotte bestaat er de mogelijkheid om de poten weg te werken in de vloer van de container zoals aangegeven in figuur 16.

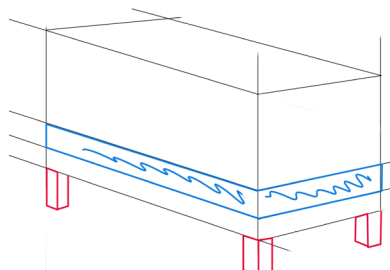


figuur 16: "In de container"

Eenzelfde situatie geldt voor de uitgeklapte poten, ook daar zal er gekeken moeten worden waar de poten geplaatst worden. Als ze naast de container (zie figuur 17) worden geplaatst dan zal de gehele constructie stabieler staan. Echter is dan wel een extra translatie nodig om de poten op de juiste positie te krijgen. Bij plaatsing van poten onder de constructie heb je deze extra translatie niet nodig maar kan de stabiliteit in gevaar komen vooral na het vergroten van het volume van de container (zie fig 18).



figuur 17: "Naast de container"



figuur 18: "Onder de container"

Manier van uitklappen

Aangezien de poten tijdens het transport weggewerkt zullen worden in de constructie zullen ze tijdens het opzetten van het mobiele ziekenhuis moeten worden uitgeklappt. Ook dit kan weer op verschillende manieren worden gerealiseerd.

Mechanisch

Een manier van uitklappen is de mechanische oplossing, wat betekent dat er menselijke arbeid geleverd moet worden. Dit heeft als voordeel dat er geen extra electronica nodig is om het systeem aan te sturen, waardoor het totaal ontwerp zo simpel mogelijk blijft en dus blijven de kosten ook zo laag mogelijk. Een nadeel is wel dat deze manier waarschijnlijk meer tijd zal kosten om het geheel uit te klappen waardoor de eis van binnen 6-8 uur operationeel zijn misschien niet gehaald kan worden. Als oplosrichting binnen het mechanische vakgebied kan er gekeken worden naar aanhangwagens en de manier waarop deze in hoogte worden gesteld (zie figuur 19).



figuur 19: "Mechanisch-systeem"

Pneumatisch

Een andere oplossing voor het uitklappen van de poten is pneumatiek (zie figuur 20), hierbij zal de gebruiker zelf geen kracht meer hoeven te leveren en zal ook het uitklappen veel sneller verlopen. Tevens bestaat er de mogelijkheid om het waterpassen automatisch te laten gebeuren aan de hand van een computersysteem. Echter, omdat pneumatiek op basis van luchtdruk werkt zal er wel ergens een compressor of iets dergelijks in de container moeten worden ingebouwd.



figuur 20: "Pneumatisch-systeem"

Hydraulisch

Een andere optie voor het uitklappen van de poten is hydrauliek, dit werkt op eenzelfde manier als pneumatiek alleen dan met vloeistof. Het enige voordeel ten opzichte van pneumatiek is dat je met hydraulica met hogere druk kan werken waardoor de poten geen grote diameter krijgen. Maar ook hier zal er weer druk moeten worden opgebouwd. In caravans wordt een hydraulisch systeem gebruikt dat elektrisch wordt aangestuurd (zie figuur 21).



figuur 21: "Hydraulisch, elektrisch aangestuurd"

Manier van waterpas stellen

Praktisch gezien zijn er twee verschillende mogelijkheden om te controleren of het complex waterpas staat. Ten eerste kan dit met de hand gebeuren, waarbij de gebruiker telkens iets moet veranderen tijdens het stellen van de poten en vervolgens moet controleren of het complex nu waterpas staat. Een nadeel hiervan is dat de mens betrokken is in dit proces, mensen maken fouten wat kan betekenen dat het systeem en ook het complex kunnen beschadigen. Bovendien is dit tijd innemend proces.

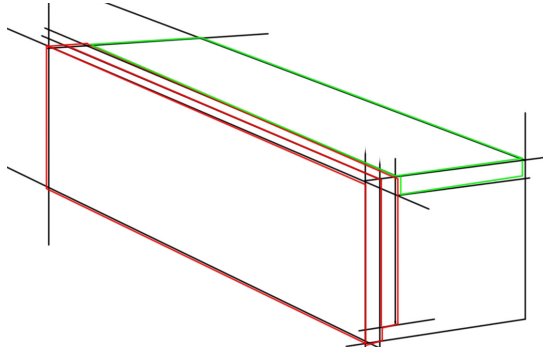
De tweede optie is het automatisch waterpas stellen waar de gebruiker niet bij komt kijken. Nadeel van dit systeem is dat het kapot kan gaan en dat daardoor het complex niet meer kan worden opgebouwd. Daarom is het van belang bij deze optie ook een handmatige stelfunctie in te bouwen om dit te voorkomen.

Volumevergroting

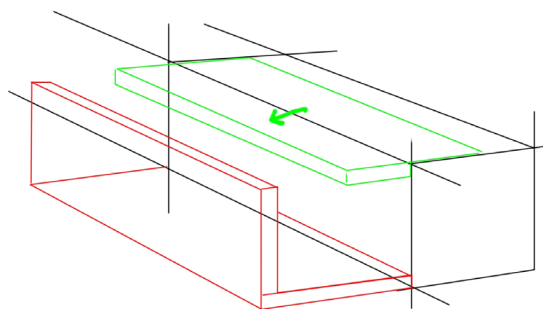
Naast het frame dat in de detaillering behandeld wordt is een andere belangrijk onderdeel de volumevergroting, daarmee valt of staat het eindontwerp. Hieronder zijn verschillende ideeën uitgewerkt waarmee het volume vergroot kan worden. Elk van deze mogelijkheden vergroot de container naar meer dan 24 m².

Mogelijkheid 1

De eerste manier waarop het volume vergroot kan worden is het uitvouwen aan één kant van de constructie. Het idee is dat de zijwand van de transportcontainer uitklapt en een extra bodemplaat vormt, vervolgens klapt er van de bodem een zijwand omhoog. Daarna kan er vanuit een dubbel dak een plaat geschoven worden in de richting van de nieuwe zijwand. Dit proces wordt weergegeven in figuren 22 & 23. Zoals te zien is, heeft de constructie aan voor- en achterkant nu nog een wand waar geen materiaal zit. Dit kan worden afgedekt met behulp van tentmateriaal. Het scharnieren van de constructie moet op bepaalde plekken gebeuren om ervoor te zorgen dat er een glad vloeroppervlak ontstaat en dat er zo min mogelijk naden te vinden zijn de constructie om het klimaat zo gemakkelijk mogelijk te kunnen beheersen.



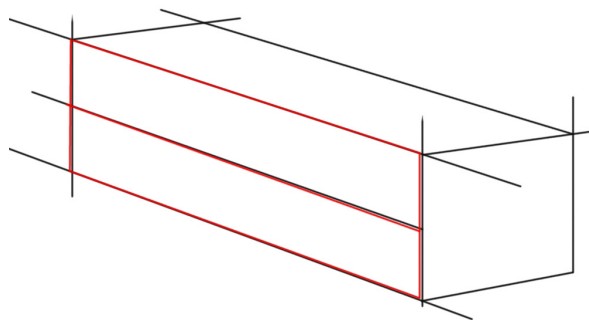
figuur 22: "Uitschuiven aan één kant deel 1"



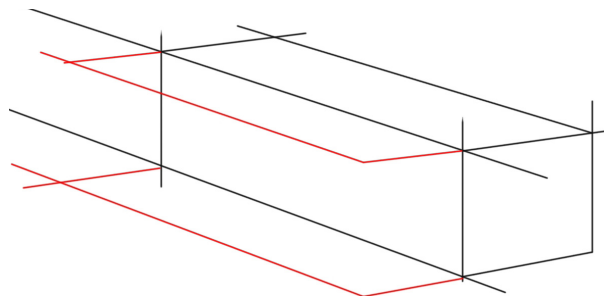
figuur 23: "Uitschuiven aan één kant deel 2"

Mogelijkheid 2

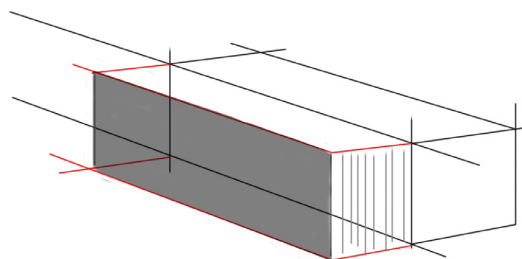
Een andere mogelijkheid is het gebruik maken van een harmonica schuifstelsel. In dit geval zullen aan beide kanten de wanden open klappen en de boven- en onderkant vormen van de operatiekamer (zie figuur 24 & 25). Vervolgens kan de hele zijwand uit worden geschoven volgens de manier die te zien is in figuur 26. Het grijze vlak is wel van een star materiaal om de stevigheid van de constructie te kunnen garanderen. Het gestreepte deel is het harmonica deel. Doordat de zijkant van een flexibel materiaal gemaakt zijn kan het makkelijk weggewerkt worden in de container en is het tevens licht in gebruik.



figuur 24: "Harmonica deel 1"



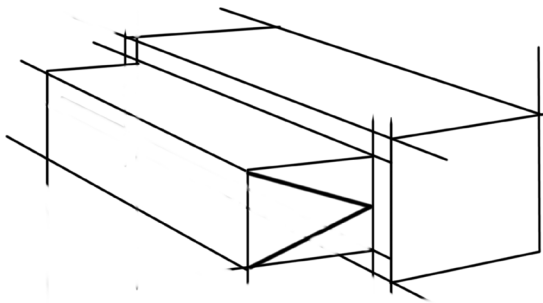
figuur 25: "Harmonica deel 2"



figuur 26: "Harmonica deel 3"

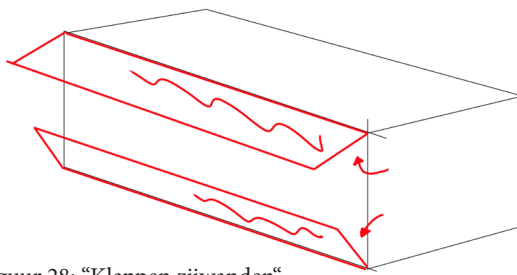
Mogelijkheid 3

Deze mogelijkheid komt overeen met de manier waarop het volume wordt vergroot in het MOGOS-systeem. Echter een verschil is het weg werken van het uitschuif-systeem in de bodem van de constructie, zodat er een grotere ondergrond ontstaat waarop gewerkt kan worden.

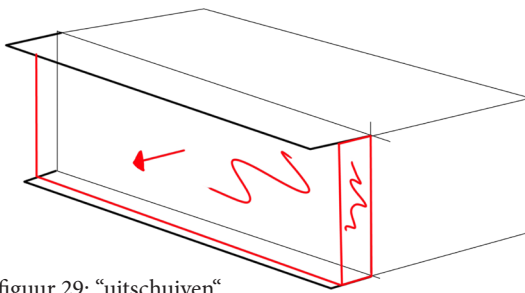


figuur 27: "MOGOS-systeem"

In figuur 27 hierboven staat hoe het er uitgeklapt uitziet. De werking van dit volumevergrootsysteem is als volgt; eerst worden de zijwand uitgeklapt en zij vormen de boven en onderkant van het uitgeklapte geheel (figuur 28). De bovenkant zal met behulp van een gasveer worden uitgeklapt en de onderkant zal worden ondersteund met behulp van een metalen staaf. Vervolgens worden uitschuifbare wanden door mensen naar buiten getrokken, zie figuur 29 ter verduidelijking.



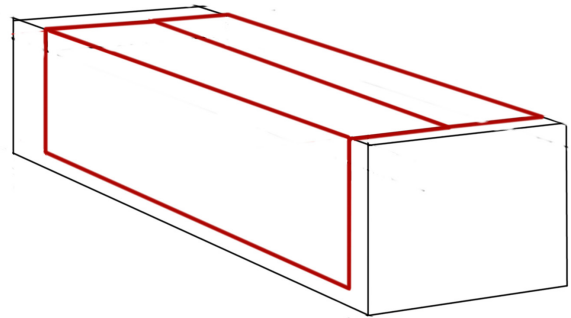
figuur 28: "Klappen zijwanden"



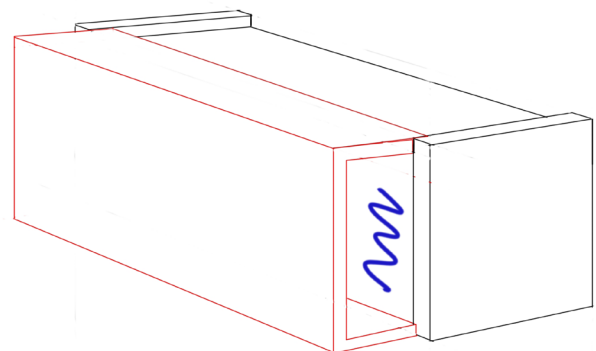
figuur 29: "uitschuiven"

Mogelijkheid 4

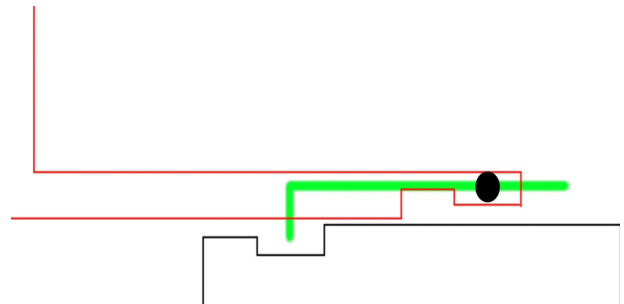
Een volgende oplossing voor het volumevergrotingsprobleem is het gebruik van een railsysteem (figuur 30 & 31) waarbij de vergrotingselementen door een baan glijden en vervolgens vastklikken in een gleuf (zie figuur 32). Doordat deze elementen vastklikken in een gleuf zal er een gelijke ondergrond gecreëerd worden, waardoor er een betere werkplaats wordt gerealiseerd. Het blauwe vlak in figuur 31 zal een flexibel materiaal zijn om gewicht te besparen.



figuur 30: "Rails-systeem ingeklapt"



figuur 31: "Rails-systeem uitgeklapt"

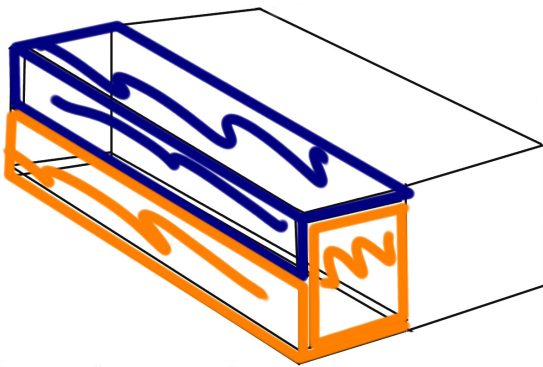


figuur 32: "Glij-mechanisme"

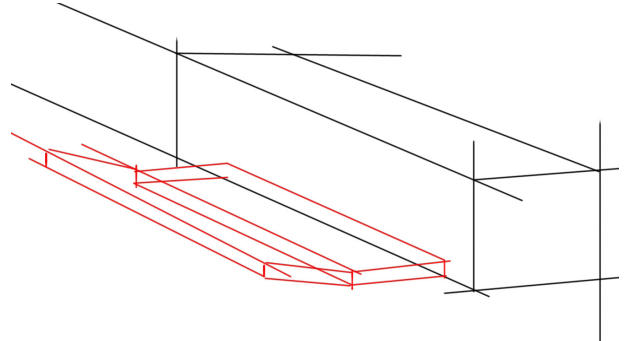
Mogelijkheid 5

Deze manier van volume vergroten maakt gebruik van verschillende wanden die uitgevouwen kunnen worden. Er wordt gewerkt met een dubbele zijwand, een van deze wanden vormt vervolgens het blauwe deel (zie figuur 33) en de andere vormt het oranje onderdeel.

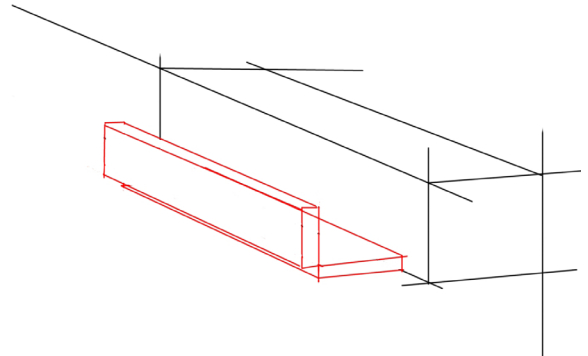
Elk onderdeel bestaat uit enkele wanden die uitgevouwen kunnen worden zoals aangegeven in figuur 34,35 & 36. Op deze manier van volume vergroten kan er een complete starre operatiekamer gecreëerd worden. Het belangrijkste aspect bij deze manier van volumevergroting is het kunnen vergrendelen van de scharnierende onderdelen zodat er niet al te veel naden en speling ontstaan in het ontwerp.



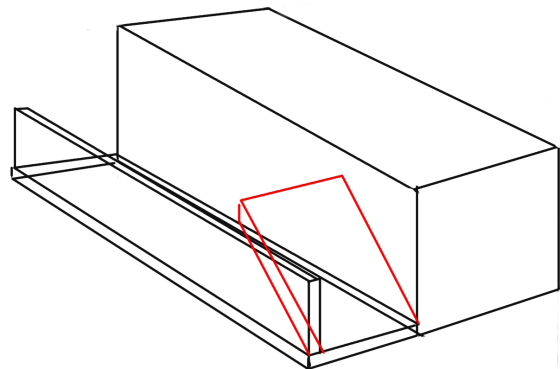
figuur 33: "Uitgevouwen"



figuur 34: "Uitvouwen stap 1"



figuur 35: "Uitvouwen stap 2"



figuur 36: "Uitvouwen stap 3"

Isolatie

Het klimaat binnen in de operatiekamer moet onder vele verschillende omstandigheden op een bepaald peil gehouden kunnen worden. Daarom zal de ruimte geïsoleerd moeten worden om zoveel mogelijk verandering in de omgeving te kunnen opvangen.

Warmteverlies

Het meeste warmteverlies zal worden geleden door het metalen frame aangezien deze het beste geleidt. Hier zal een oplossing voor gevonden moeten worden anders gaat het heel veel onnodige energie kosten om het klimaat op de gewenste waardes te houden.

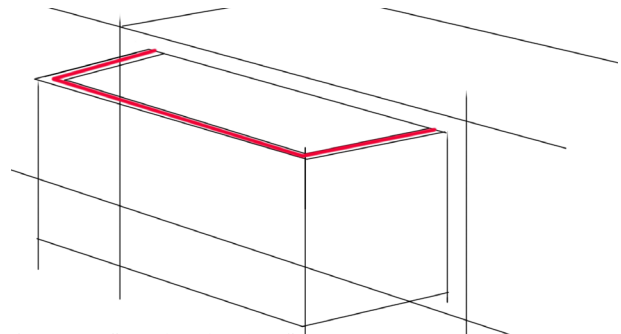
Een ander probleem zijn de naden die ontstaan na het volumevergroten waar warmte door kan lekken. Hier zal eerst naar gekeken worden en vervolgens zal de totale isolatie behandeld worden.

Lekkage & naden

Doordat het systeem uitgekapt, uitgevouwen of uitgeschoven wordt komen er naden in de container wat van invloed kan zijn op de gewenste klimaat omstandigheden in de container, met name op de druk in de operatiekamer. Hiervoor zal een oplossing gevonden moeten worden, hieronder worden verschillende oplossingen aangedragen voor dit probleem. Naast dat het afdichten van de naden het isoleren van de container vergemakkelijkt zorgt het er ook voor dat er geen ongewenste luchtstromen ontstaan in de operatiekamer.

Fietsband

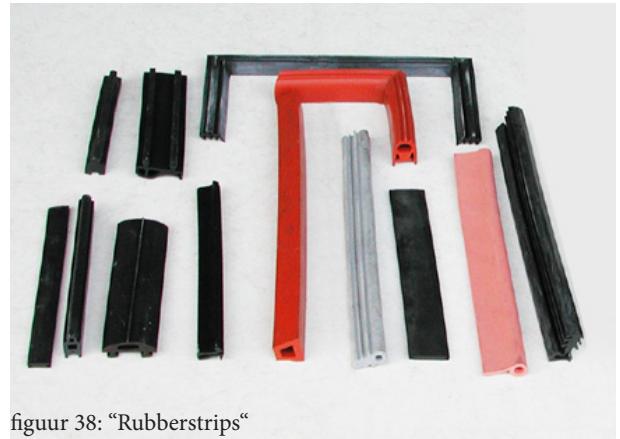
Een oplossing is het gebruik van een opblaasbare band in de onder- en bovenkant van de uitschuifwanden waardoor het geheel luchtdicht kan worden afgesloten. Dit wordt gebruikt in het MOGOS-systeem en daar is gebleken dat dit een goede oplossing is. Hiernaast staat een afbeelding (figuur 37) ter verduidelijking van de werking. Rood is de plaats waar het fietsband systeem geplaatst zal worden, hetzelfde zal aan de onderkant gebeuren.



figuur 37: "Fietsband isolatie"

Rubber

Rubber zou ook kunnen worden gebruikt om de ruimte lucht dicht af te sluiten, echter moet er dan wel voor gezorgd worden dat de onderdelen waar de naden tussen zitten tegen elkaar aangedrukt kunnen worden. Dit kan worden opgelost door met schroefdraad te werken, hierdoor kan je door het aandraaien verschillende onderdelen op elkaar vast klemmen. Een voorbeeld van rubberstrips kan gevonden worden in figuur 38 hieronder.



figuur 38: "Rubberstrips"

Extra overdruk genereren

Een andere manier om een bepaalde druk te realiseren is om niet te isoleren maar het drukverlies te compenseren door extra overdruk te genereren. Hiervoor zal wel een grotere machine nodig zijn wat meer weegt en ruimte in neemt.

Folie

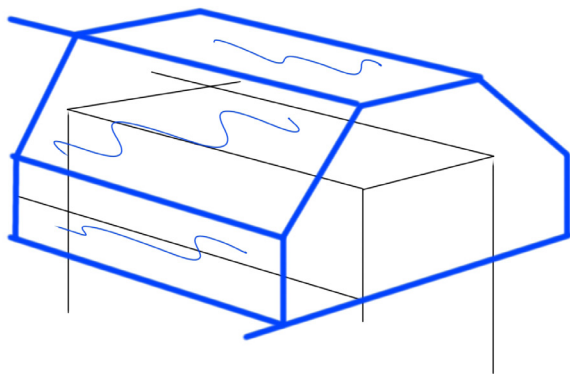
Een andere om de operatiekamer luchtdicht af te sluiten is het gebruik van folie, deze zal door de overdruk als een soort ballon worden opgeblazen en tegen alle wanden aan gaan zitten. Op deze manier kan je elke naad afdichten en een vrijwel steriele werkomgeving creëren.

Isolatie

ook voor de isolatie van de container moet een goede oplossing worden gevonden.

Wandisolatie

Een oplossing voor het isolatieprobleem is het plaatsen van isolatiemateriaal in de wanden tussen de beplating in, hier zit toch ruimte die anders alleen voor bekabeling gebruikt wordt. Hier zal dan een balans gevonden moeten worden tussen gewicht, prijs en isolatiekwaliteit van het isolatiemateriaal. In tabel 1 hieronder kan een overzicht worden gevonden van verschillende geschikte isolatiematerialen en de daarbij behorende eigenschappen.



figuur 39: "Gehele container isoleren"

Container inpakken

Een andere mogelijkheid is om de gehele container in te pakken in een isolerend materiaal, hiermee voorkom je dat er koude bruggen ontstaan in het systeem waardoor er nog onnodig energie verspilt wordt. In figuur 39 hieronder kan worden gevonden hoe dit eruit ziet. Een mogelijkheid is om deze tent/overkapping ook nog te gaan gebruiken om zonnenergie op te wekken.

Tabel 1: "Isolatiematerialen"

Naam	Soortelijk gewicht (kg/m ³)	Warmtegeleidingscoëfficiënt (W / m.k)
Lucht	1,29	0,169
Polystyreenschuim (EPS)	15 - 40	0,035
Polyurethaan (PUR)	30 - 60	0,026 - 0,035
Minerale wol (platen)	16 - 250	0,034 - 0,036

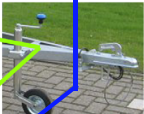
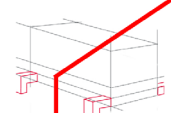
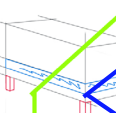
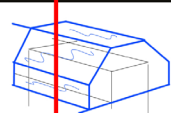
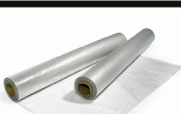
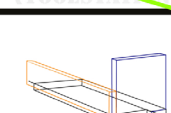
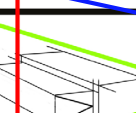
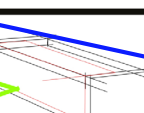
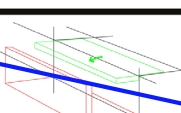
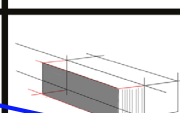
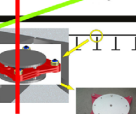
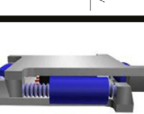
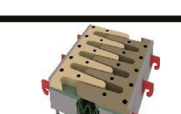
Isolerende coating

Het gebruik van een coating is een andere oplossingsrichting waarin gekeken kan worden om de operatiekamer te isoleren. De dikte van een isolerende coating is vele malen lager dan die van conventionele isolatiematerialen, op deze manier zijn er minder dikke wanden nodig om de operatiekamer op temperatuur te houden. Hierdoor blijft er meer ruimte over binnen in de transportcontainer annex operatiekamer.

Volgens Duomar, 2012 isoleert hun Duocoat ® TM tegen: "warmte overbrenging door conductie, convection en straling. Dit in tegenstelling tot de meeste conventionele isolatieproducten die vrijwel altijd isoleren op basis van het tegengaan van conductie." Op deze manier kunnen betere isolatiewaarden gehaald worden waardoor er minder zware apparatuur nodig is om het klimaat in de container te beheersen. Deze toepassing wordt vooral gebruikt in de maritieme industrie en er zal dus gekeken moeten worden hoe/of dit vertaald kan worden naar het FOCUS-project.

Morfologisch schema

Op basis van al deze gevonden oplossingen kan er een morfologisch schema worden opgesteld. In het onderstaande schema (figuur 40) kunnen de drie concepten worden gevonden die zijn opgesteld uit de oplossingen.

Functie	Railaway	Slide	Harmonica		
Uitvouwen poten					
Plaatsing poten					
Isoleren container					
Isoleren naden					
Waterpas stellen					
Volume vergroten					
naschok-systeem					

figuur 40: "Morfologisch schema"

Toelichting morfologisch schema

In het morfologisch schema zijn er keuzes gemaakt om tot de drie concepten te komen. Deze keuzes zullen hieronder worden toegelicht.

Uitvouwen poten

Voor het uitvouwen van de poten is ervoor gekozen om het pneumatisch uitvouwen niet verder uit te werken. De reden hiervoor is dat bij pneumatiek er met veel minder druk gewerkt kan worden dan bij hydraulica, waardoor de diameter van het systeem erg groot zou worden bij de krachten die spelen bij deze constructie.

Plaatsing poten

De reden dat ervoor gekozen is om het MOGOS principe niet uit te werken is dat op deze manier de breedte van de container die gebruikt kan worden voor de volumevergroting verminderd wordt. Aangezien er gestreeft wordt naar een zo groot mogelijke operatiekamer oppervlak viel deze oplossing al snel af. De andere twee oplossingen worden uitgewerkt in de verschillende concepten.

Afdichten naden

Voor het oplossen van het nadenprobleem is er niet voor gekozen om de oplossing waarbij er extra overdruk geproduceerd wordt uit te werken. De hoofdreden hiervoor is dat de niet afgedichte naden voor een verkeerde luchtstroom kunnen zorgen in de container. Daarnaast scheelt het in de energiekosten en ook in het gewicht van de apparatuur.

Er is uiteindelijk niet gekozen voor het creëren van een luchtdichte operatiekamer met behulp van folie aangezien het materiaal redelijk scheurgevoelig is.

Volume vergroten

Voor het volume vergroten is er niet gekozen voor een vouw-systeem omdat hiervoor vele scharnierende onderdelen nodig zijn. Dit betekent dat er veel naden in het ontwerp komen te zitten die moeten worden afgedicht, wat geen ideale situatie is. Verder is het gewenst om zo min mogelijk bewegende onderdelen te hebben in een ontwerp zodat het simpel en onderhoudsvriendelijk blijft.

Een andere oplossing voor het volume vergroten was het vergroten aan één kant, hiervoor is niet gekozen omdat deze manier het moeilijker zou maken om de operatiekamer in balans te krijgen boven op de poten.

Daarnaast zou deze manier ervoor zorgen dat het plaatsen van een naschokstelsel veel lastiger zou worden.

Naschokstelsel

Ook voor het naschokstelsel moesten keuzes gemaakt worden, deze worden hier toegelicht. Er is uiteindelijk niet gekozen voor MP Anti-seismic & Earthquake Absorbing Joint Series omdat bij dit systeem de twee in elkaar grijpende delen los van elkaar kunnen bewegen. Dit kan ertoe leiden dat het systeem gaat knikken waardoor de onderkant van de operatiekamer op buiging of zelfs torsie belast kan worden en dus uit elkaar getrokken kan worden.

De andere oplossingsrichting die niet gekozen is het systeem van GobizKOREA, dit omdat deze alleen in x- en y-richting de container beschermt tegen naschokken terwijl eenzelfde dempersysteem van DampTech ook nog met behulp van rubberblokken krachten in de z-richting opvangt.

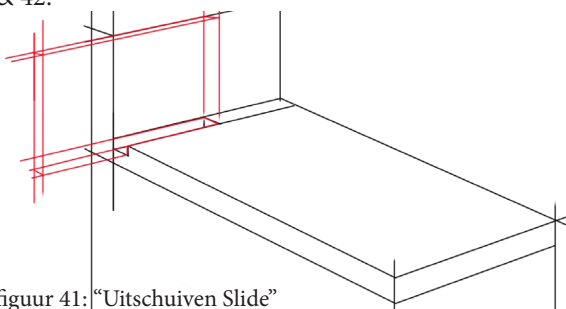
Concepten

Aan de hand van het morfologisch schema zijn er drie verschillende concepten samengesteld. In dit hoofdstuk zullen deze concepten afzonderlijk behandeld en uitgewerkt worden nadat ze kort geïntroduceerd zijn.

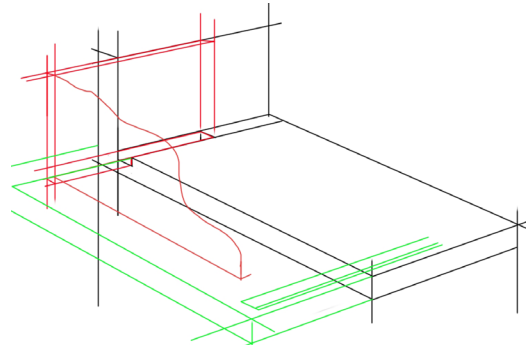
Concept Slide

Dit concept is zoals de naam al doet vermoeden gebaseerd op een slide mechanisme om het volume te vergroten. Echter zullen er op cruciale punten verbeteringen worden aangebracht, waardoor het voldoet aan de eerder opgestelde eisen. Het concept maakt gebruik van een uitschuifmechanisme om het volume te kunnen vergroten tot de gewenste afmetingen. Om de container waterpas en op poten te kunnen stellen wordt er gebruik gemaakt van een hydraulisch systeem waarbij de poten naast de container geplaatst worden om een situatie te creëren waarbij er zoveel mogelijk balans is. Deze hydraulische poten zijn weggewerkt in de bodem van het onderstel. Bovenop dit onderstel bevindt zich het naschok-systeem, deze maakt gebruik van dempers en rubber om krachten in alle richtingen op te vangen. Om het systeem zo goed mogelijk te kunnen isoleren wordt er gebruik gemaakt van een isolatiemateriaal dat de container in zijn volledigheid inpakt. Deze verpakking kan vervolgens worden beplaat met zonnepanelen om waar mogelijk zelf duurzame energie op te wekken. Na deze korte introductie van het concept zullen hieronder de afzonderlijke functies uitgebreider beschreven en uitgewerkt worden.

Met betrekking tot de manier van volume vergroten zal er een verandering worden aangebracht in de manier waarop de wand uitgeschoven wordt. Binnen het bestaande MOGOS-systeem wordt dit gedaan door de wanden op wieltjes naar buiten te rollen. Om een zo groot mogelijk operatieoppervlak te creëren kan het systeem worden verzonken in de vloer waardoor er ook minder ruimte ontstaat wat vervuult kan raken. Deze mogelijkheid staat hieronder weergegeven in figuur 41 & 42.



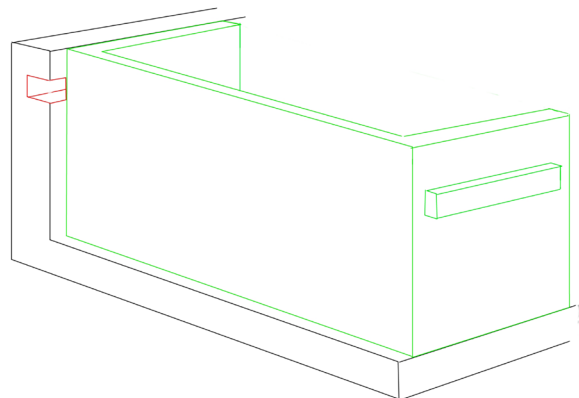
figuur 41: "Uitschuiven Slide"



figuur 42: "Uitschuiven Slide"

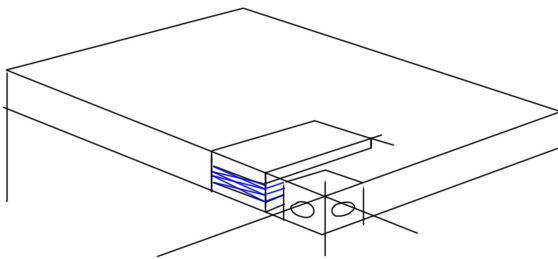
Een nadeel hiervan is dat als je de wand wegschuift/glijdt er een gat ontstaat in de vloer dat op een of andere manier moet worden opgevuld. Als dit automatisch opgelost wordt, moet er met bewegende delen gewerkt worden waardoor er extra onderdelen zijn die stuk kunnen gaan of onderhoud nodig hebben. Als ervoor gekozen wordt om handmatig een insert te plaatsen in de loze ruimte dan kost dat weer extra arbeid en dat kan ervoor zorgen dat het systeem niet op tijd operationeel is. Een laatste optie is dat deze gleuven gebruikt worden om bepaalde apparatuur in vast te zetten zodat het niet kan bewegen/vast staat tijdens de operaties. Een andere mogelijkheid is het geleiden van de uitschuifwand door de zijwand van de container, hierdoor hoeven er geen concessies te worden gedaan met betrekking tot de vloer. Echter bestaat er dan wel het risico dat doordat er een moment komt te staan op de uitschuifwand deze klem kan komen te zitten in de sleuf. In figuur 43 hieronder kan worden gevonden hoe deze oplossing eruit zou zien.

Vanwege de kans op het klem komen te zitten van het uitschuifmechanisme is ervoor gekozen deze te verwerken in de vloer.



figuur 43: "Slide wandschuifstelsel"

De poten zullen ervoor moeten zorgen dat het systeem waterpas komt te staan en kan inspelen op hoogte verschil in het terrein. Zoals eerder gesteld werken de poten met behulp van een hydraulisch systeem dat de poten eerst in horizontale richting uitschuift om meer balans te creëren, doordat ze verder uit elkaar komen te staan, en vervolgens de poten in het verticale vlak te stellen op de gewenste hoogte. In figuur 45 hieronder kan gevonden worden hoe de poten gepositioneerd worden ten opzichte van de container. In figuur 44 kan ook worden gevonden dat de poten tijdens het transport weggewerkt zijn in een onderframe waar bovenop het naschok-systeem zit en daar weer bovenop de operatiekamer. Op deze manier kan de operatiekamer tijdens een naschok vrij bewegen ten opzichte van de poten waardoor er geen of weinig buiging werkt op de poten.



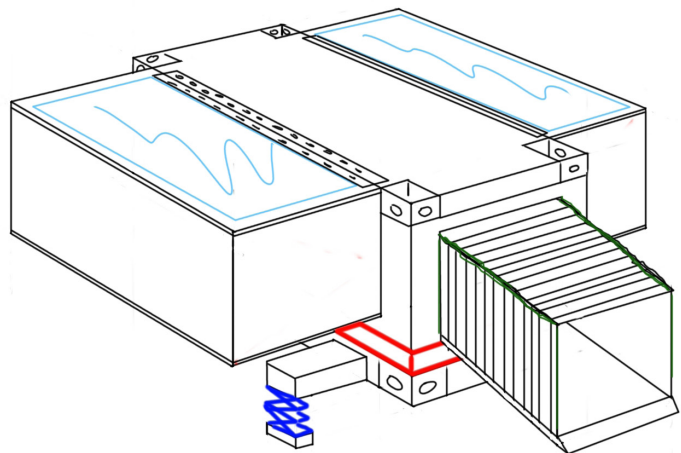
figuur 44: "Poten Slide"

Zoals al eerder gezegd zal er een naschok-systeem worden gebruikt, dat gebruik maakt van dempers waardoor de operatiekamer kan mee bewegen met de naschok in de x- en y-richting, en daarnaast nog rubber gebruikt om ook in de z-richting te kunnen beschermen. Doordat de bovenkant en de onderkant van dit product vlak zijn kan deze gemakkelijk zonder aanpassingen tussen het onderstel en de operatiekamer in worden geplaatst, er zal één demper geplaatst worden in het midden aangezien er bij meerdere dempers de kans bestaat dat ze verschillende verplaatsingen hebben en op deze manier de operatiekamer uit elkaar trekken.

Een volgend punt wat gevonden kan worden in figuur 45 zijn de blauwe vlakken aan de bovenkant van de operatiekamer, deze stellen doorzichtige platen voor waardoor zonlicht de operatiekamer kan binnen schijnen. Afgezien van het feit dat dit energie scheelt draagt het ook nog eens bij aan het gebruiksgemak voor het medisch personeel in de operatiekamer aangezien zij niet de gehele dag onder kunstmatig licht hoeven te werken.

Nadat de operatiekamer is uitgeklaapt blijven er naden bestaan tussen in de bewegende onderdelen, binnen dit concept zal dit worden opgelost doormiddel van het fietsbandprincipe. Deze zullen geïntegreerd worden in de zijwanden van het uitschuifdeel. Zodra alles op zijn plaatst is, kunnen deze banden worden opgepompt met behulp van een handpomp aangezien het onnodig is om een compressor te gebruiken voor het opblazen van de banden in twee operatiekamers.

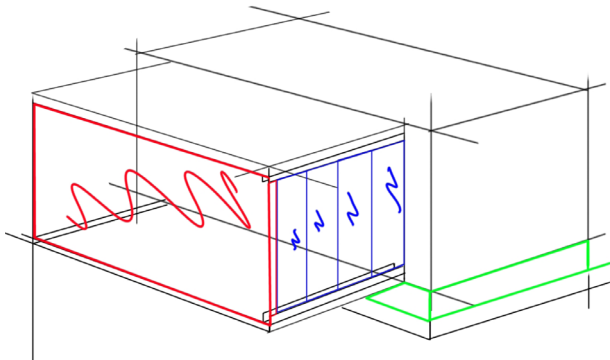
Het lekken van warmte of juist koelte door de naden is hierboven opgelost, echter zullen ook de wanden van de operatiekamer gaan lekken. Het is dus van belang dat de container geïsoleerd wordt om het klimaat zo goed mogelijk te kunnen beheersen, dit zal in dit concept Slide gedaan worden door de complete operatiekamer in een geïsoleerde bol te plaatsen. De meest geschikte oplossing hiervoor is een luchtlag en deze zal ook in dit concept gebruikt worden. Deze luchtlag zal omsloten worden door een doorzichtig folie of plastic om nog nut te hebben van het doorzichtige dak.



figuur 45: "Slide"

Concept Harmonica

Het tweede concept dat behandeld zal worden is het concept genaamd Harmonica, dit concept speelt op haar eigen manier in op de gestelde eisen. Binnen dit concept zal het volume vergroot worden aan de hand van een harmonica-systeem dat uit panelen bestaat. Het isoleren van de container zal gebeuren aan de hand van rubberstrips in de naden en een isolerende coating. De poten zullen in dit concept losneembaar zijn wat betekent dat ze tijdens het transport in het laadruim kunnen worden geplaatst en op locatie vast kunnen worden gezet aan de container. Vervolgens kunnen de poten op mechanische wijze waterpas worden gesteld. Dit concept maakt gebruik van een railsysteem om de operatiekamer te beschermen tegen aardbevingen.



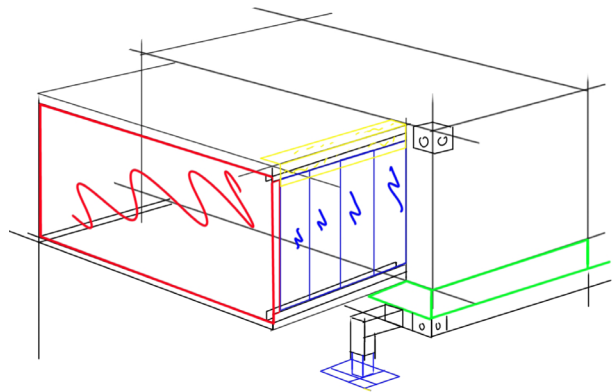
figuur 46: "Harmonica"

Het volume zal in dit concept vergroot worden aan de hand van een harmonica, zoals al eerder gezegd. Het idee is dat er in de bodem en in het dak van de operatiekamer sleuven zitten waar de panelen doorheen kunnen glijden. De panelen worden tijdens het transport weggewerkt in de zijwand van container waar ze opgevouwen tegen elkaar aan zitten. Tijdens het vergroten wordt er handmatig aan de rode zijwand getrokken waardoor de wand door de sleuf glijdt en daarmee de panelen (blauw) met zich mee trekt. Omdat de panelen kunnen draaien ten opzichte van elkaar kan er hier warmteverlies geleden worden, dit wordt voorkomen door de gehele panelen te bedekken met een flexibel isolatiemateriaal.

Om ervoor te zorgen dat de kieren in het ontwerp worden opgevuld en er dus minder warmte gelekt kan worden zullen er rubberstrips gebruikt worden. Door op bepaalde punten in de constructie te werken met schroefdraad zullen de lossen elementen naar elkaar toe-

getrokken worden waardoor ze op het rubber in elkaar worden gedrukt. Hierdoor kan het geheel zo goed als luchtdicht worden afgesloten.

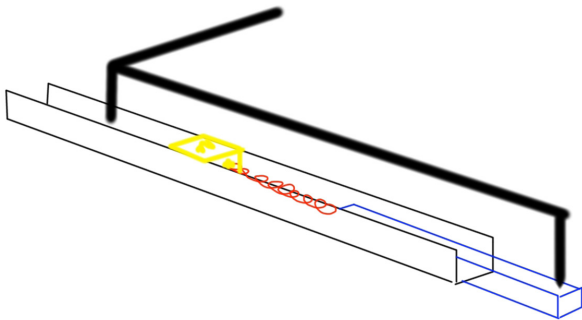
Om meer warmteverlies te voorkomen zal er een isoleren coating worden aangebracht op de wanden aan de binnenkant van de operatiekamer, op deze manier wordt de kans dat de coating beschadigd verkleind. Daarnaast zullen er flappen worden gebruikt die eenvoudig met een rits kunnen worden vastgezet, in figuur 47 wordt dit aangegeven met de gele kleur. Deze ritsen zullen op alle plekken worden geplaatst waar een harmonicadeel aan een wand grenst.



figuur 47: "ritsen concept Harmonica"

De poten zullen tijdens het transport worden opgeborgen in de container, op deze manier is er geen complex mechanischsysteem nodig om de poten op gewenste plaatst te krijgen nadat de container op de grond is geland. Na de landing kunnen de poten eenvoudig worden vastgezet aan de zijkant (zie figuur 47) van de container en handmatig op hoogte worden ingesteld als de container nog op de landingsblokken staat die de container tegen beschadiging beschermen.

Om concept Harmonica te beschermen tegen naschokken zal er gebruik worden gemaakt van een railsysteem. Om ervoor te zorgen dat de rails niet te ver uitgeschoven worden, zullen er veren worden gebruikt waarmee de container steeds weer terugkeert naar haar oorspronkelijke positie, in figuur 48 hieronder kan een verduidelijking worden gevonden van dit systeem. De dikke zwarte lijnen stellen de vloer van de operatiekamer voor. Het gele blok zit vast in de zwarte u-vorm en de blauwe vorm kan zich bewegen door de zwarte u-vorm. Echter wordt zij geremd door de veer die met de kleur rood is aangegeven. Dit railsveersysteem zal in x- en y-richting worden geplaatst.



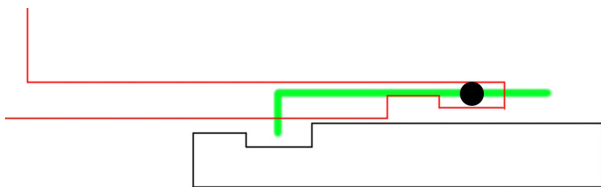
figuur 48: "Veersysteem concept Harmonica"

Concept Railway

Dit concept maakt gebruik van een railsysteem om het volume te kunnen vergroten, verder wordt er gebruik gemaakt van een mechanisch systeem om de poten te kunnen uitklappen. Deze poten zijn tijdens het transport weggewerkt in het frame en zullen bij het uitklappen alleen in verticale richting kunnen worden gesteld. Om het systeem te beschermen tegen naschokken is ervoor gekozen om gebruik te maken van seismic isolation, hierbij wordt gebruik gemaakt van rubberblokken die de krachten van de naschok opvangen.

Binnen dit concept zullen enkele wanden na het volume vergroten met tentmateriaal worden bedekt om zo gewicht te kunnen besparen. Om dit concept te isoleren zal er ook hier gebruik gemaakt worden van isolatie in de wanden, echter zal dit gebeuren door lucht in plaats van een tastbaar materiaal. De naden die ontstaan doordat er beweegbare onderdelen zijn zullen worden opgevuld aan de hand van rubberstrips, deze zullen geplaatst worden in het railsysteem.

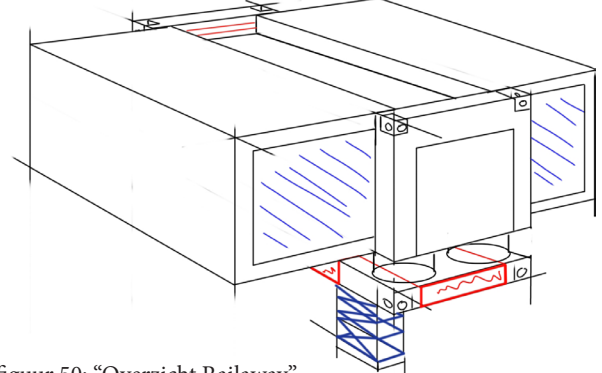
Om ervoor te zorgen dat er geen hoogteverschillen zitten in de vloer van de operatiekamer zullen de wanden in elkaar moeten kunnen verzinken. In figuur 49 hieronder kan worden gevonden hoe dit in zijn werk zal gaan. De groene lijn vertegenwoordigt de gleuf in de zijwanden van de container, deze gleuf is met rood aangegeven in figuur 49, waar doorheen gegleden zal worden. De zwarte stip representeert het punt waar de wand en de rails aan elkaar gekoppeld zijn. De zwarte lijnen moeten de onderkant van de container voorstellen, de rode stellen het uit te schuiven geheel voor. Als de zwarte stip de hele groene lijn volgt zal hij ook een stuk naar beneden verplaatsen, hierdoor wordt de volumevergroting vergrendeld en zal ook de vloer geëgaliseerd worden.



figuur 49: "Rails-systeem"

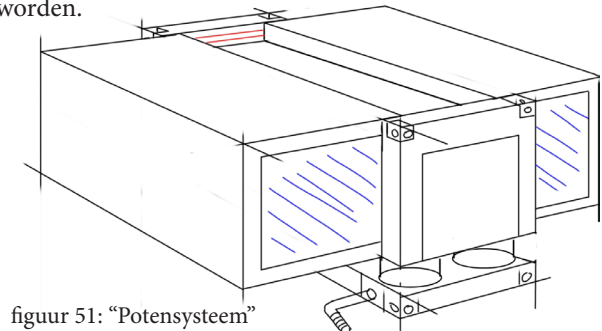
Nadat het railsysteem vergrendeld is, kunnen de zijwanden worden vastgezet, deze zijn in figuur 50 aangegeven met blauwe lijnen en zijn gemaakt van tentmateriaal. Deze onderdelen zullen met behulp van een rits worden vastgezet aan de constructie. Om warmteverlies te voorkomen zullen deze onderdelen bestaan uit drie lagen, twee lagen tentmateriaal en een laag met flexibel isolatiemateriaal. De rest van de wanden binnen de operatiekamer zullen worden opgevuld met lucht. Tussen de twee wanden die op elkaar worden gedrukt zal een rubberstrip geplaatst worden die deze naad afsluit.

In concept Railway wordt de operatiekamer beschermd tegen naschokken door seismic isolation, dit houdt in dat de operatiekamer op vier kolossen geplaatst worden die de krachten opvangen van de naschok (zie fig 50).



figuur 50: "Overzicht Railway"

Zoals al eerder gezegd zullen de poten weggewerkt worden in het onderstel. Zodra de container op de blokken staat na de landing kan er handmatig een hendel geplaatst worden in de gaten bij de poten, zie figuur 51. Door te draaien aan deze hendel komen de poten naar beneden net zoals bij een aanhanger die gekoppeld wordt aan een auto. Het waterpas stellen gebeurt in concept Railway handmatig door aan de hendel te draaien. In het frame aan de onderkant is een waterpas verwerkt zodat er zichtbaar is waar er nog in hoogte versteld moet worden.



figuur 51: "Potensysteem"

Concept evaluatie & keuze

Ten eerste zullen de drie concepten worden vergeleken aan de hand van het programma van eisen. In het overzicht hieronder kan worden gevonden hoe de concepten scoren aan de hand van de zeven uitgewerkte functies.

Functies	Slide	Railway	Harmonica
Anti aardbeving	++	++	+
Potenmechanisme	+	+	0
Opbergen poten	+	+	0
Waterpas stellen	++	+	+
Isolatie container	+	+	+
Naden afwerking	++	++	++
Volumevergroting	++	+	+

Om een goed beeld te krijgen waarom welk concept nu een bepaalde score haalt op een functie, zullen hieronder de verschillende functies behandeld worden. De criteria voor de beoordeling per functie zullen verklaard en toegelicht worden.

Naschok-systeem

Het belangrijkste criterium hiervoor is natuurlijk of de gekozen oplossing daadwerkelijk de container beschermt tegen de naschokken. Op dit gebied scoren Slide en Railway beduidend beter dan het harmonica concept omdat Slide en Railway de krachten in x-, y- en z-richting opvangen terwijl Harmonica alleen in x- en y-richting demping biedt. Een volgend criterium is de inpasbaarheid in de afmetingen voor de container. Op dit vlak scoort Slide beter omdat dit naschok-systeem veel minder hoog is dan de andere twee concepten, hierdoor blijft er meer ruimte over in de operatiekamer waardoor het makkelijker is om apparatuur aan het plafond te plaatsen zonder dat het medisch personeel er hinder van ondervindt.

Potenmechanisme

Om een goede keuze te kunnen maken met betrekking tot het potenmechanisme is er ten eerste gekeken naar de invloed op de complexiteit. Dit roept de volgende vragen op: zijn er veel extra bewegende onderdelen die onderhoud nodig hebben, wat kan er kapot gaan, wordt er gebruik gemaakt van een "krachtbron" die nog niet in het systeem aanwezig was? Doordat concept Slide gebruik maakt van elektriciteit dat vervolgens een hydraulisch systeem aanstuurt brengt dit veel meer complexiteit met zich mee dan de twee andere concepten die gebruik maken van een mechanisch-systeem. Maar omdat de container al gebruikt maakt van elektriciteit vraagt het potenmechanisme van Slide niet om een extra

krachtbron. Een volgend criterium is de balans van de container zodra deze op haar poten staat. Hier scoort Slide beter op omdat bij dit concept de poten ook nog in het horizontale vlak worden uitgeklaapt waardoor er een groter steunoppervlak ontstaat. Op deze manier komt de container stabiel te staan en kan zij zich ook beter aanpassen aan niet gelijke ondergronden. Ten slotte is de tijd tot operationeel van belang, de vraag is dus hoe snel de poten kunnen worden uitgeklaapt en ook waterpas gesteld kunnen worden. Met het elektrische systeem zou dit in twee minuten kunnen en zou het geheel ook waterpas staan (E&P Hydraulics, 2012). Voor de twee mechanische systemen zal dit waarschijnlijk langer gaan duren echter kan hier nog geen waarde aan verbonden worden. Ook moet hier nog de vraag gesteld worden hoe zwaar het zal zijn om met een mechanisch systeem de container te liften en waterpas te stellen en of er personeel beschikbaar is hiervoor.

Opbergen poten

Bij de functie van het opbergen van de poten zal er gekeken naar de invloed van de poten op de bergruimte in de transportcontainer. Bij het Harmonica concept, waar de poten losneembaar zijn, nemen ze extra plaats in, in de container zelf. Daarom scoort Harmonica minder op dit vlak. Echter omdat de poten bij dit concept opgeborgen worden in de container is de kans op beschadiging tijdens het transport minder dan bij Slide en Railway. Een ander criterium dat invloed heeft op de besluitvorming rondom dit concept is de tijd totdat de poten klaar zijn om uit te klappen, bij Railway zitten de poten al op de juiste plaats en zal er alleen zekering moeten worden losgemaakt om de poten te kunnen uitklappen. Bij Slide zal er eveneens een zekering verborgen moeten worden maar zal er ook een stroombron aanwezig moeten zijn of aangelegd worden om de poten te kunnen gaan uitklappen. Bij het Harmonica concept zullen de poten eerst uit de container moeten worden gehaald en vervolgens aan de operatiekamer moeten worden vastgezet voordat het uitklappen kan beginnen.

Waterpas stellen

Bij het waterpas stellen is het belangrijkste dat dit snel gebeurt zonder dat er veel kans is op beschadigingen aan de container. Doordat Slide met een automatisch systeem werkt is de kans op beschadigingen kleiner dan bij de twee andere concepten waarbij er handmatig, en dus kans op menselijke fouten, waterpas wordt gesteld.

Isolatie container

Met betrekking tot het isoleren van de container is het belangrijkste in welke mate er warmteverlies optreedt. Bij concept Slide zijn er geen koude bruggen omdat de container in zijn geheel wordt geïsoleerd, waardoor deze hier beter op scoort dan de twee andere concepten omdat daar de koude bruggen wel aanwezig zijn in de vorm van het metalen frame. Echter omdat er binnen Slide er een groter volume moet worden beheerst duurt het langer voordat de operatieruimte voldoet aan de klimaateisen. Een minder goed punt aan de isolatie van Slide is dat het geheel pas na het volume vergroten kan worden aangebracht, waardoor dit weer erg veel tijd kost waardoor het gehele complex minder snel operatief kan zijn. Omdat er in concept Railaway en Harmonica gewerkt wordt met flexibele wanden die vastgeritst worden zal hier ook nog extra warmteverlies optreden, omdat tentmateriaal niet de allerbeste isolator is. Vooral op de ritsen zal veel verlies optreden omdat daar bijna geen isolatie is.

Afwerking naden

Om de afwerking van de naden goed te kunnen beoordelen is er gekeken naar het onderhoudsgemak. Daarbij scoort Slide minder goed omdat er met banden wordt gewerkt die opgeblazen worden, deze kunnen gemakkelijk beschadigen waardoor de banden gaan lekken en dus niet meer goed de naden afdichten. Met de rubberen afdichtingen heb je daar geen last van, echter moeten de onderdelen wel op elkaar gedrukt worden nadat de container vergroot is, wat extra tijd kost. Daarnaast kunnen deze schroefdelen vastkomen te zitten waardoor het systeem minder gemakkelijk in- en uit te klappen is.

Volumevergroting

Om goed te kunnen beoordelen welk concept de beste manier van volume vergroten heeft is er gekeken naar de hoeveelheid bewegende onderdelen. Hoe meer bewegende onderdelen, hoe groter de kans is dat iets vastloopt of kapot raakt waardoor het geheel niet meer te gebruiken is. In Slide wordt er gebruik gemaakt van twee scharnierende wanden, die de boven- en onderkant vormen, en vervolgens de wanden die over een uitschuifmechanisme naar buiten glijden. Dit glijden is een verplaatsing in een enkele richting waarbij de kans dat iets vastloopt vrij klein is. Bij concept Railaway glijdt de wand door een rails en wordt daarmee in twee richtingen verplaatst, hierdoor is de kans groter dat de wand vastloopt. Daarnaast bestaat er de kans dat, bij concept

Railaway, de uitschuifwanden vastklemmen doordat er buiging optreedt, omdat de wand niet aan de onderkant wordt ondersteund. Een volgende factor die meespeelt is de hoeveelheid extra oppervlak dat wordt gegeneerd door het volume vergroten. Echter is deze bij alle drie de concepten nagenoeg even groot waardoor er hier geen onderscheid gemaakt kan worden. Het volgende criterium dat meespeelt is de verwachte tijd totdat het geheel uitgeklaapt is. Hier scoort concept Railaway minder goed op, omdat zij nog aparte zijwanden heeft die geplaatst moeten worden nadat het geheel uitgeklaapt is.

Conclusie

Op basis van de voorgaande criteria per functie en de daarbij horende argumentaties is er gekozen voor concept Slide aangezien deze het beste invulling zal geven aan de functionaliteit die er verwacht wordt. Echter is de manier van isoleren in Slide erg onpraktisch en zal dus veranderd worden, er is voor gekozen om toch wandisolatie te gebruiken. Ondanks dat er bij andere concepten betere manieren zijn uitgewerkt om de naden af te dichten zal het eindconcept toch gebruik blijven maken van de opblaasbare fietsband aangezien dit een beproefd concept is wat daadwerkelijk goed functioneert. Verder zal er tijdens de detaillering nog onderzoek moeten worden gedaan naar het uitschuifstelsel.

Detaillering eindconcept FOCUS

Wateropslag

De wateropslag zal verwerkt worden naast de poten en zal worden gemaakt van een watertank, zie figuur 52 ter verduidelijking. Deze watertank kan door het bedrijf Pronal op maat gemaakt worden. Met behulp van een kleine vacuümpomp kan het water dan verplaatst worden naar de gewenste locatie. Op deze manier wordt de loze ruimte die ontstond doordat de poten los van de container moesten worden bevestigd, in verband met het naschokksysteem, benut.



figuur 52: "Watertank"

Volumevergroting

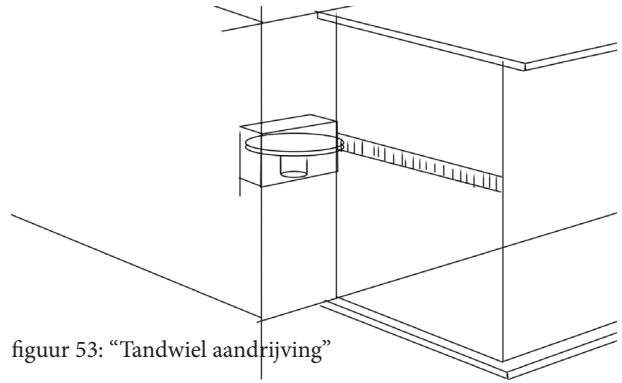
Er is voor gekozen om het volume te vergroten door eerst de boven- en onderkant uit te klappen en vervolgens de wanden uit te schuiven naar de gewenste locatie. Hieronder zullen verschillende onderdelen van het mechanisme worden toegelicht.

Aandrijving wanden

Vanuit Holland Medical Services kwam de eis dat de wanden automatisch uitgeklaapt konden worden. Al snel was duidelijk dat er met een elektrisch systeem gewerkt zou gaan worden zodat er geen nieuwe vorm van energieopwekking hoefde te worden geplaatst in de container.

Om het oppervlak van de operatiekamer zo groot mogelijk te houden zal het aandrijvingsmechanisme in de zijwand van de container worden weggewerkt. De uitschuifwand zal uiteindelijk rechtlijnig bewegen, echter zal de aandrijving in de wand op zijn plaats blijven. De aandrijving wordt gerealiseerd door een draaiend tandwiel, dat bij stroomuitval ook nog mechanisch kan worden aangedreven. De uitschuifwand zal voorzien worden van een tandriem die verzonken is in de wand. Hierdoor wordt er zo min mogelijk ruimte

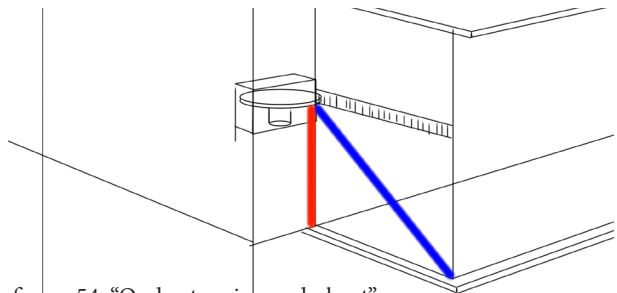
overgelaten tussen de wanden zodat het gemakkelijker te isoleren is. Een overzicht van het totaalplaatje kan worden gevonden in figuur 53 hieronder.



figuur 53: "Tandwiel aandrijving"

Verstevinging onderkant

Omdat de onderkant van het uitschuifgedeelte uitgeklaapt wordt met een scharnier is deze niet stevig en zal deze tijdens het gebruik vrij veel op buiging belast worden. Daarom zal er een staaf geplaatst worden die ondersteuning biedt aan de onderkant. Als de container ingeklapt is zal deze staaf zich in de zijwand bevinden zoals aangegeven met de rode kleur, de blauw kleur is de staaf als de container in volume is vergroot. De staaf bestaat uit twee onderdelen die uit kunnen schuiven om zo het verschil in lengte te kunnen compenseren. Het voorbeeld hiervan staat in figuur 54.



figuur 54: "Ondersteuning onderkant"

Gasveer

Tijdens het volume vergroten zal ook een wand naar boven moeten worden gescharnierd, om dit te vergemakkelijken zal er een gasveer geplaatst worden die de wand naar boven duwt.

Schuifmechanisme

Het systeem zal moeten uitschuiven om de volumevergroting te realiseren, met behulp van de elektrische aandrijving wordt al een rechtlijnige beweging gerealiseerd. Echter om zo min mogelijk weerstand te ondervinden zullen de wanden ergens op moeten steunen,

hieronder worden verschillende opties bekeken en uiteindelijk zal er een gekozen worden.

Rails

Een van de mogelijkheden is het verschuiven van de wand doormiddel van een railsysteem dat weggewerkt zit in de bodem. Hiervoor hoeft er niks aan de binnenkant van de wanden gemonteerd te worden waardoor er maximaal gebruik gemaakt wordt van het vloeroppervlak. Echter zorgt dit systeem er wel voor dat er een sleuf in de bodem zit van de operatiekamer, deze kan opgevuld worden met een insert die simpel vast is te schroeven. Nadeel van dit systeem is dat twee beweegbare onderdelen, de vloer van de container en de uitgeklapte vloer, precies op elkaar moeten aansluiten om de wanden goed te kunnen geleiden. Daarnaast zal dit systeem vrij onderhoudsgevoelig zijn omdat een kleine obstructie ergens het complete systeem kan laten vastlopen. Een andere nadeel is dat als dit systeem verzonken wordt er ook een dikkere vloer nodig is om de verdunning, veroorzaakt door het verzinken, en de daarbij behorende krachten op te vangen.

Wieltjes

Net zoals in het MOGOS-systeem kan er met wieltjes worden gewerkt, echter in dit geval zullen ze worden geplaatst onder de wand zodat het geen extra ruimte in neemt. Nadeel hiervan is dat de wieltjes moeilijk te bereiken zijn mocht het systeem onderhoud nodig hebben. Ten opzichte van het railsysteem zal er bij deze oplossing een grotere naad zijn die zal moeten worden afgedicht.

Magnetisme

Een andere oplossing is het verplaatsen van de wanden door het gebruik van magnetisme, op deze manier zweeft de wand boven de onderkant en kan deze naar de gewenste positie geschoven worden. Dit idee is gebaseerd op de magneettrein die dit principe al gebruiken. Met deze techniek ontstaan er nergens gaten die opgevuld hoeven te worden en zullen er ook minder naden moet worden opgevuld omdat na het uitschakelen van de magneten de wand op de grond komt te staan.

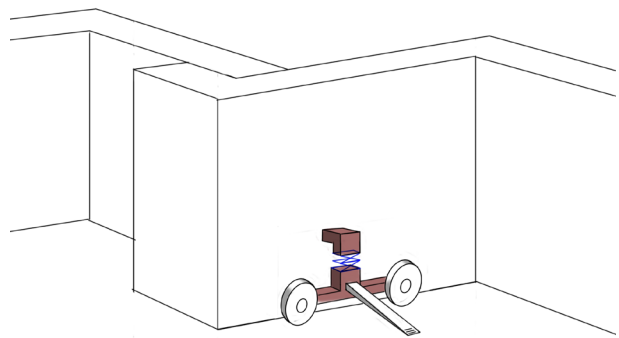
Losneembare wieltjes

Een andere mogelijkheid is het gebruik van losneembare wieltjes. Deze zullen aan de binnenkant van de uitschuifbare wand geplaatst kunnen worden en vervolgens met behulp van een krik kan de schuifwand op de wieltjes worden geplaatst. Op deze manier heb je de

functionaliteit van de wieltjes zonder dat deze ruimte innemen in de operatiekamer. Het enige wat lastig kan zijn is het opkrikken in combinatie met het aandrijfsysteem, aangezien deze met tandwielen werkt die in elkaar moet grijpen.

Keuze

De keuze is gevallen op de losneembare wieltjes omdat op deze manier er geen aanpassingen hoeven te worden gedaan aan het isolatiesysteem, dit was wel het geval bij de drie andere oplossingen. In figuur 55 hieronder kan worden gevonden waar de losneembare wielen aan de wand kunnen worden geplaatst.



figuur 55: "Plaatsing wieltjes"

Vervolgens is het belangrijk dat de wieltjes op een gemakkelijke manier aan de wand kunnen worden bevestigd zodat dit niet al te veel tijd kost. Daarnaast is het van belang dat als het volume vergroot is en de wieltjes weer weggehaald zijn er geen onhandige constructie aan de wand blijft vast zitten waar het medisch personeel hinder van kan ondervinden. Daarom is ervoor gekozen om de wieltjes met behulp van stalen pinnen vast te kunnen zetten aan de wand, waarbij de wieltjes zo dicht mogelijk op de wand worden geplaatst zodat er zo min mogelijk buiging op de pinnen komt te staan. Na het volume vergroten kunnen de pinnen eruit worden gehaald en kunnen de gaten worden afgedicht met een stop.

Tentaansluiting

Om ervoor te zorgen dat de patiënten veilig en zo hygiënisch mogelijk van het tentencomplex naar de operatiekamers verplaatst kunnen worden zal er een koppelstuk moeten zijn tussen de ingang van de container en de tent. ROFI is het bedrijf dat de tenten levert voor het FOCUS-complex, dit bedrijf kan ook tentaansluitingen op maat aanleveren. Op deze manier hoeft hier geen nieuwe oplossing voor gevonden te worden en kan dit probleem simpel opgelost worden. Een aandachtspunt is dat er op de container rekening moet worden gehouden met het vastzetten van het koppelstuk. In figuur 56 hieronder staat een voorbeeld van een container-naar-tent-aansluiting.



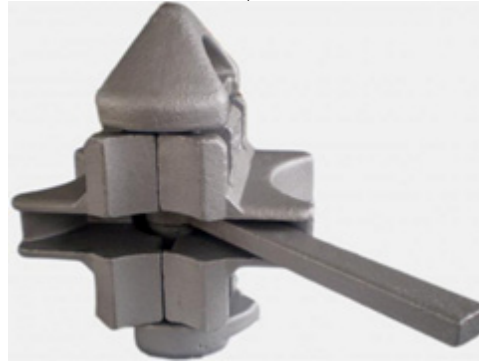
figuur 56: "ROFI tentaansluiting"

Nooduitgang

Vanuit veiligheidsoogpunten zal er ook een nooduitgang in de operatiekamer moeten worden ingebouwd. Deze zal worden geplaatst in een van de wanden van volumevergrotende onderdelen. Dit is gebaseerd op het MOGOS-complex van het Nederlandse leger aangezien dit goed functioneert.

Landen met helicopter

Om ervoor te zorgen dat de transportcontainer tijdens het transport niet beschadigd, zal er een soort landingsblok ontworpen moeten worden die de container beschermd. Na een gesprek met een MOGOS-expert kwam hier uit dat de beste oplossing is om dit blok te bevestigen met behulp van een twist-lock (zie figuur 57). Aan deze twist-lock zit vervolgens een materiaal vast dat kapot mag gaan tijdens de landing. Hiervoor zal dus een goedkoop materiaal gebruikt worden zoals hout, piepschuim of pur. Dit landingsblok zal vervolgens worden bevestigd aan de ISO-hoekfittingen van de container. Na de landing kunnen de poten worden uitgeklast, als de operatiekamer op de poten staat kan vervolgens de twist-lock los worden gemaakt en kunnen de landingsblokken worden verwijderd.



figuur 57: "Twist-lock"

Balans qua gewichtsverdeling

Tijdens het transport is het van belang dat de container zoveel mogelijk in evenwicht is en dat de container dus niet naar een bepaalde kant gaat overhellen. In een gesprek met een MOGOS-expert kwam naar voren dat dit op te lossen is met behulp van een triangle, waarbij er vier slings gebruikt worden (zie figuur 58 hieronder).



figuur 58: "Balans dankzij triangle"

Vrachtwagen transport

Een ander aspect waarmee rekening gehouden moet worden is het transporteren op vrachtwagen, uit het onderzoek naar MOGOS is gebleken dat er misschien aparte rollen nodig zijn om de container zonder schade op de vrachtwagen te laden. In figuur 59 hieronder kunnen de rollen gevonden worden die voor het MOGOS-complex zijn gebruikt. Zodra er een prototype is van de container kan hiernaar gekeken worden.



figuur 59: "Vrachtwagen transport"

Zekering tijdens transport

Om ervoor te zorgen dat het gehele systeem op zijn plaats blijft tijdens het transport zal het op een of andere manier vergrendeld moeten worden. Uit het bezoek aan MOGOS is gebleken dat het belangrijk is om minimaal twee zekeringen aan te brengen mocht er onverhoops één stuk gaan. In figuur 60 hieronder is te vinden wat voor soort zekeringen er gebruikt zijn bij MOGOS, deze kunnen gebruikt worden om het FOCUS-systeem te verzekeren tijdens het transport. De zekering rechts kan met behulp van bouten worden vastgeschroefd waardoor de twee wanden aan elkaar vast zitten. De andere is een hendel die gedraaid kan worden om eveneens wanden vast te zetten.



figuur 60: "Zekering tijdens transport"

Bekabeling

Voor de bekabeling in het FOCUS-complex zal ook een oplossing moeten worden gevonden. In figuur 61 hieronder staat welke flexibele kabelgoot er in MOGOS gebruikt wordt. Echter is een dergelijke oplossing niet meer van deze tijd en is deze bovendien zeer onhygiënisch, daarom zal de bekabeling worden weggewerkt in het dak van de operatiekamer. Om problemen te voorkomen met het volume vergroten zal de apparatuur in het midden moeten worden gepositioneerd.



figuur 61: "Flexibele kabelgoot"

Transparant dak

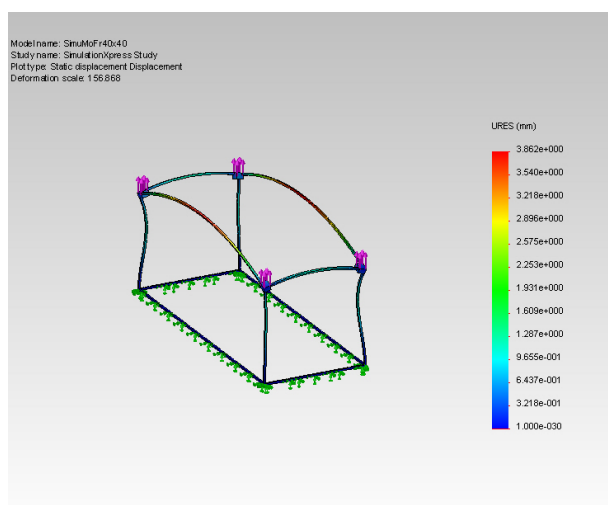
In de conceptfase is er aan het gekozen concept Slide een transparant dak toegevoegd, deze zal in eindconcept FOCUS ook terug te vinden zijn. Omdat de transparante delen aan de buitenkant zitten als de container getransporteerd wordt is het belangrijk om ervoor te zorgen dat deze van een krasbestendig materiaal gemaakt worden. Daarnaast zullen deze delen niet al te breekbaar moeten zijn. Om tot een goede materiaalkeuze te komen is er een CES Edupack 2012 een onderzoek gedaan naar geschikte materialen. In het hoofdstuk over materiaalanalyse kunnen de uitgangspunten en resultaten van dit onderzoek worden gevonden.

Sterkteberekening frame

Het frame is de basis voor de gehele constructie en zal dus zo moeten worden opgebouwd dat er zoveel mogelijk ruimte overblijft voor de operatiekamer waardoor het medisch personeel zo goed mogelijk kan functioneren. Naast het optimaliseren van de ruimte zal er ook rekening gehouden moeten worden met het voorkomen van torsie tijdens het transport en de plaatsing van de container. Ook zal er ruimte moeten worden gehouden voor alle apparatuur zodat deze op een zo goed mogelijke manier weggevoerd kan worden.

Ook zal het frame sterk genoeg moeten zijn om de gehele constructie tijdens het transport te kunnen dragen. Om een goed beeld te krijgen van wat voor frame het meest geschikt is voor de container is er een klein onderzoek naar gedaan, hieronder kunnen de resultaten gevonden worden. De verschillende ontwerpstappen worden hieronder behandeld, aan het eind zal er nog een conclusie worden getrokken uit de behaalde gegevens.

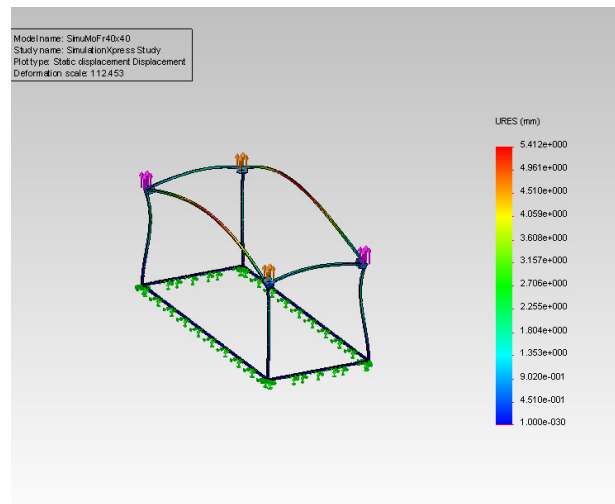
Het frame is vanaf de basis opgebouwd en steeds verder uitgebreid, bij elke ontwerpstap is er een simulatie gedaan om de verplaatsing te berekenen. De simulatie bestaat uit een tweetal krachtberekeningen op de constructie. De eerste berekening is met op elke punt een even grootte kracht van 4000 N, de tweede berekening belast de constructie op torsie waarbij er bij twee diagonale hoekpunten 7000 N is belast in plaats van de 4000 N. Voor de dikte van het frame is gekozen voor 40 mm en daarmee is in alle simulaties gerekend.



figuur 62: "Gelijke belasting basisframe"

Basisframe

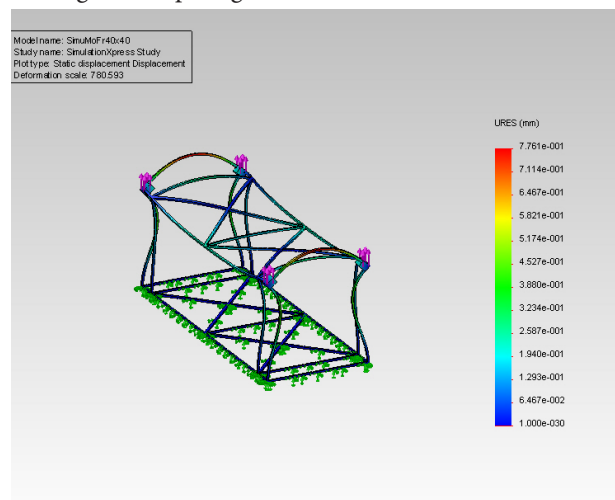
Uit deze afbeeldingen (figuren 62 & 63) kan worden afgeleid waar de meeste verplaatsing is te vinden in de constructie, deze zit in de bovenste lange zijdes. Bij de berekening zonder torsie komt de verplaatsing uit op 3.86 mm, in de berekening met torsie is deze vele malen groter en komt uit op 5.41 mm.



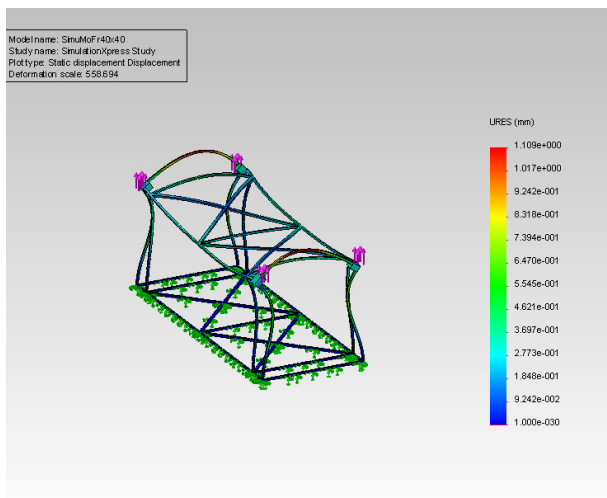
figuur 63: "Torsie belasting basisframe"

Diagonalen

In deze stap zijn er extra diagonalen toegevoegd aan het ontwerp om het frame te verstevigen, de resultaten hiervan zijn de te vinden in figuren 64 & 65. Zoals gezien kan worden is de maximale verplaatsing enorm afgenomen en komt bij een gelijke belasting uit op 0.91 mm en bij een belasting met torsie op 1,31 mm. De grootste verplaatsingen zitten nu in de korte zijdes van het frame, in de volgende stap zal getracht worden dit te verminderen.



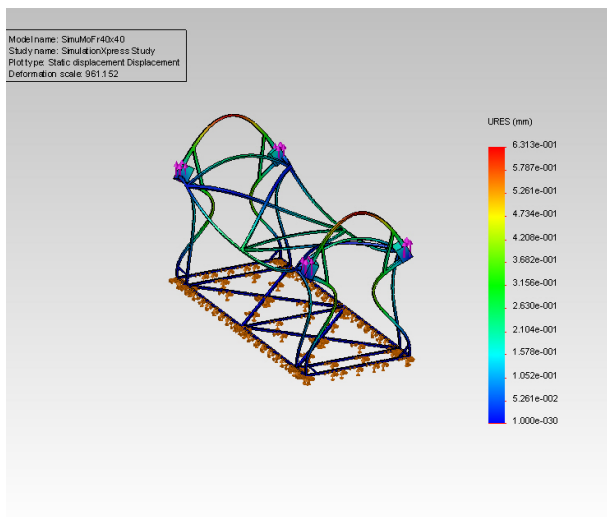
figuur 64: "Gelijke belasting diagonalen"



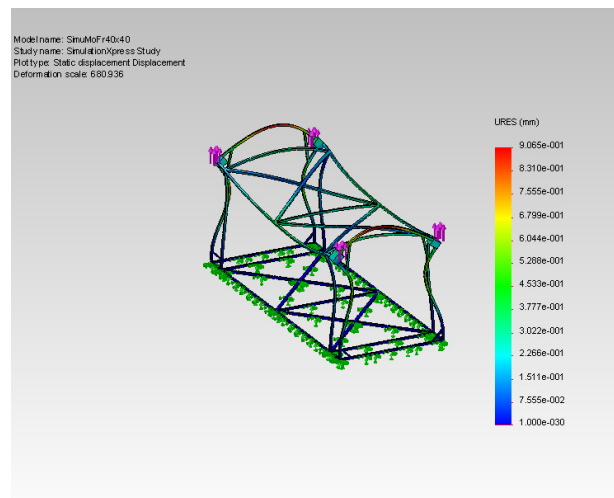
figuur 65: “Torsie belasting diagonalen”

Hoekstukken

In de laatste stap zijn er hoekprofielen toegevoegd aan het ontwerp om de maximale verplaatsingen in de korte zijdes te reduceren. Het resultaat hiervan is dat de verplaatsing nogmaals is afgenomen, nu is het bij gelijke belasting 0.63 mm en bij torsie belasting nog maar 0.77 mm. Zie figuren 66 & 67 voor de plots.



figuur 66: “Gelijke belasting hoekstukken”



figuur 67: “Torsie belasting hoekstukken”

Hieronder een overzicht van de gevonden waardes:

Ontwerpstap	δ gelijke belasting	δ torsie belasting
Basisframe	3,86 mm	5,41 mm
Diagonalen	0,91 mm	1,31 mm
Hoekstukken	0,63 mm	0,77 mm

Veiligheidsfactor

Om gevoel te krijgen bij deze waarden is de factor of safety van het basisframe bekeken. Als deze factor boven de drie ligt dan is de constructie redelijk veilig. Bij gelijke belasting ligt deze op 8,02 en bij torsie belasting ligt de waarde op 5,23.

Conclusie

Het eerste wat opvalt is dat de diagonalen voor enorme afname zorgen in de verplaatsingen van het frame, bij torsie en bij gelijke belasting scheelt dit bijna een factor vier. Met een optimalisatie van deze diagonalen kan dit nog voor een groter verschil zorgen. De hoekstukken die geplaatst zijn zorgen vooral voor een afname in de torsie waar ze ook voor geplaatst waren. Met betrekking tot de veiligheidsfactor kan worden opgemerkt dat deze te hoog ligt, wat betekent dat er minder dikke balken nodig zijn om de constructie sterk genoeg te houden. Door hier een optimalisatie op uit te voeren kan er enorm in gewicht worden bespaard en daarnaast haalt deze optimalisatie ook de prijs van de constructie omlaag. Het gewicht van deze constructie is rond de 1400 kg (op basis van Solidworks gegevens) en is dus te hoog. Hier voor zal een oplossing moeten worden gevonden tijdens het onderzoek naar materialen.

Analyse materialen

Voor de verschillende materiaal analyses is er uit gegaan van de strategie die beschreven wordt in (Micheal Ashby a.o, 2007). Meer specifieke materiaalgegevens kunnen worden gevonden in bijlage E.

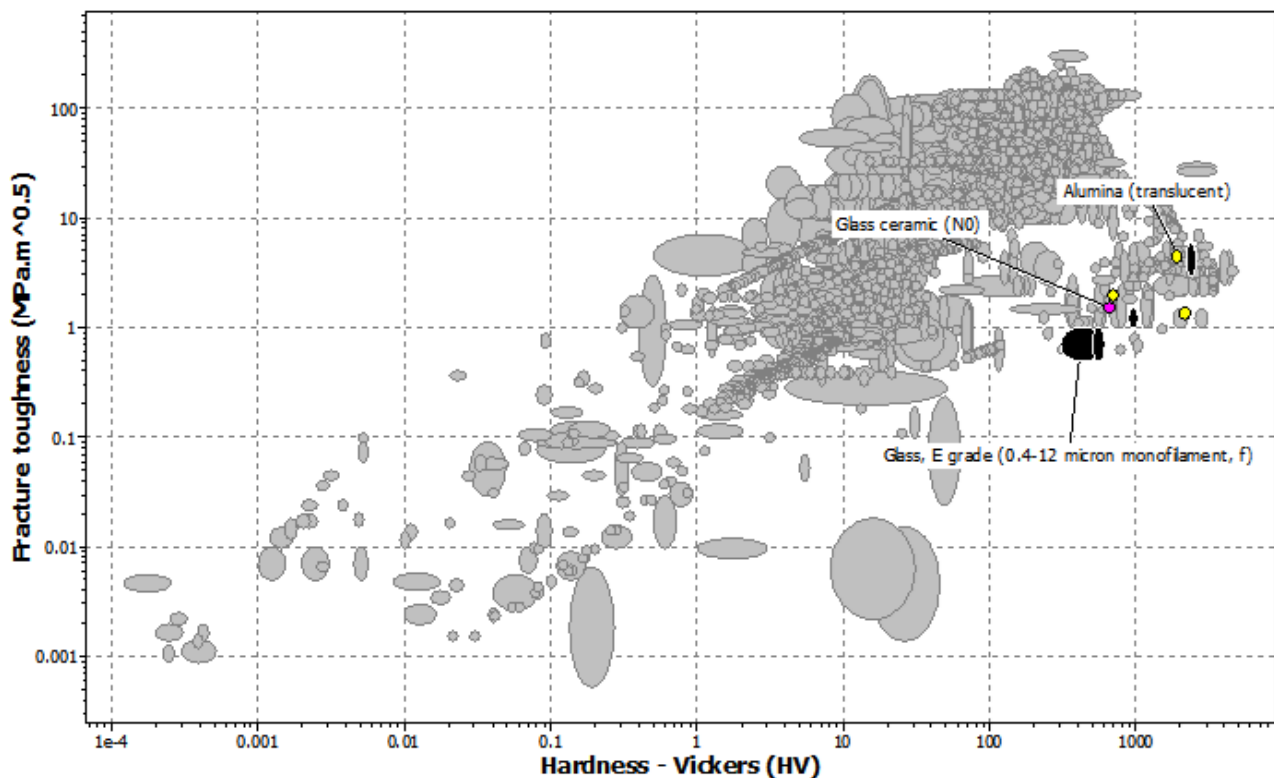
Transparant dak

Om tot een goede keuze te komen zijn er enkele eisen opgesteld waaraan het materiaal zal moeten voldoen. Ten eerste moet het materiaal transparant zijn zodat er licht doorheen kan schijnen, deze optie is dan ook in solidworks aangevinkt. Ten tweede is het belangrijk dat het materiaal niet te zwaar wordt, daarom is ervoor gekozen om uit te gaan van een dichtheid van minder 4000 kg/m^3 . Om ervoor te zorgen dat het materiaal krasbestendig is en dus niet zo snel beschadigd is er uitgegaan van een minimale hardheid van 600 HV (Hardness Vickers). Deze waarde van 600 HV is gebaseerd op de materiaaleigenschappen van glas. Tenslotte speel ook de breekbaarheid (fracture toughness) een belangrijke rol tijdens de materiaalkeuze, daarom is ervoor gekozen om hiervoor een minimale waarde van 1 te kiezen. Op deze manier zorg je ervoor dat het materiaal voor het transparante dak niet al te snel breekt.

Aan de hand van deze gegevens is er een plot gemaakt in CES Edupack 2012, deze kan gevonden worden in figuur 68 hieronder. Omdat uiteindelijk het beste materiaal te kiezen is ervoor gekozen om op de x-as de hardheid en op de y-as de breekbaarheid tegen elkaar uit te zetten.

Conclusie

In figuur 68 kan gevonden worden dat er naast glas maar één andere optie is die geschikt is om te dienen als transparant dak, dit is translucent aluminium. Dit materiaal is minder breekbaar en krasbestendiger dan glas en is daarom een goede oplossing. Een nadeel aan dit materiaal is dat de dichtheid van translucent aluminium rond de 4000 kg/m^3 ligt tegenover de 2200 kg/m^3 van glas. En een ander lastig punt is de kostprijs van translucent aluminium, deze volgens CES Edupack 2012 ongeveer 6 maal zo hoog als gewoon glas. Tenslotte moet er ook nog worden opgemerkt dat glas transparanter is dan translucent aluminium. Er kan worden geconcludeerd dat translucent aluminium een geschikt materiaal is om het transparante deel van het dak mee te maken, maar dat dit meer kosten en gewicht met zich meebrengt.



figuur 68: "Plot CES 2012"

Beplating

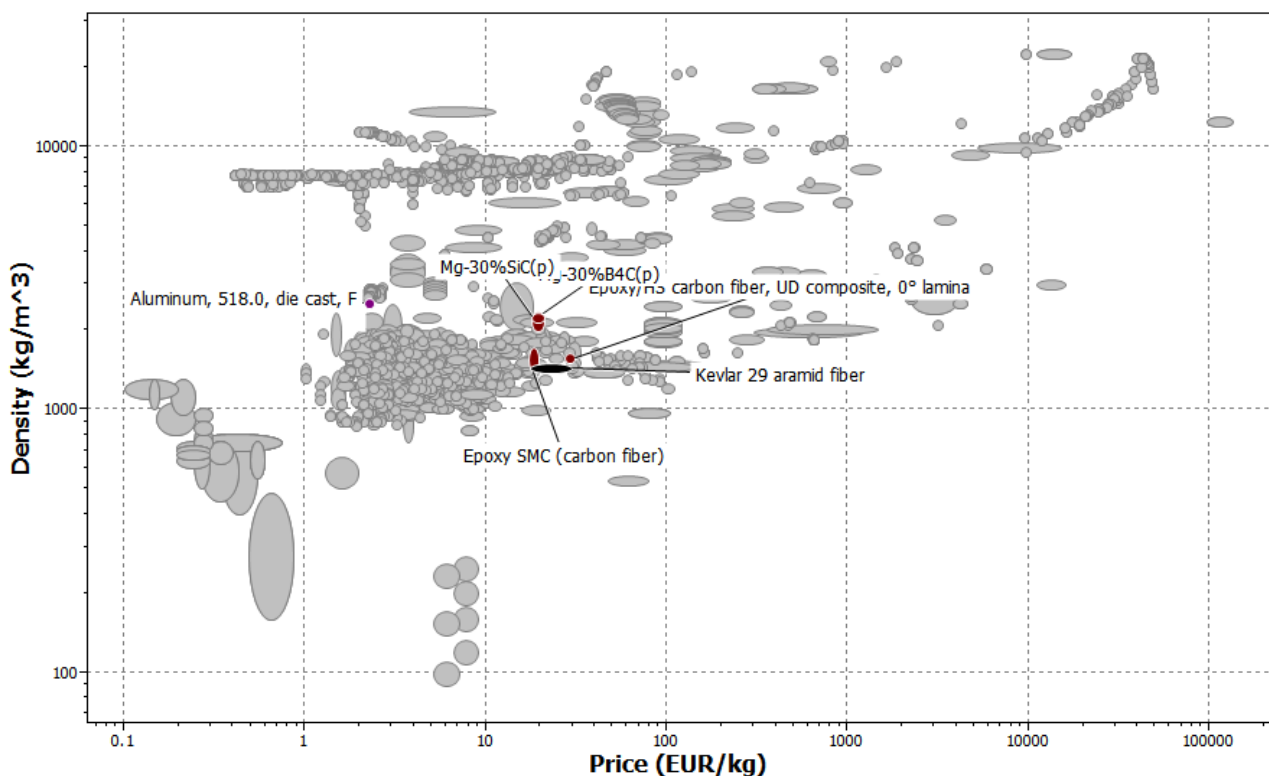
Om een goed beeld te creëren van geschikte materialen voor de beplating van de transportcontainer is er gebruik gemaakt van CES Edupack 2012. Ten eerste moet er een referentiepunt worden gekozen waaraan gemeten kon worden of materialen wel of niet geschikt zijn, hier is gekozen voor het materiaal aluminium aangezien deze werd gebruikt in het MOGOS containersysteem. In CES zijn de volgende waarden aangenomen als grenzen:

Dichtheid minder dan 2500 kg/m^3 , omdat het nieuwe materiaal, om een meerwaarde te hebben, lichter moet zijn dan aluminium om de uiteindelijke container zo licht mogelijk te maken.

Een e-modulus van 68 GPa, deze waarde komt overeen met aluminium waardoor de stijfheid van het nieuwe materiaal minstens gelijk is aan aluminium.

Een Yield strength van 30 MPA, deze waarde komt overeen met aluminium waardoor de elasticiteit van het nieuwe materiaal minstens gelijk is aan aluminium. Vervolgens zijn keramieken en andere breekbare materialen uitgesloten van deelname vanwege het feit dat deze erg breekbaar zijn en dus niet geschikt zijn als beplating. Een kanttekening die gemaakt dient te worden is het feit dat de waarden voor aluminium enorm verschillen per soort, daarom is ervoor gekozen een bepaalde soort aluminium te pakken en daar van uit te gaan.

Omdat alle materialen die voldoen aan de eisen die hierboven geschikt zijn met betrekking tot stijfheid en sterkte is ervoor gekozen om een plot (figuur 69 hieronder) te maken waarin de dichtheid en de prijs tegen elkaar worden uitgezet. Het is belangrijk een goede balans te vinden tussen de prijs en het uiteindelijke gewicht van de container/operatiekamer.



figuur 69: "Plot CES 2012"

In de onderstaande tabel 2 worden alle gegevens van de uiteindelijke materialen weergegeven.

Wat opvalt is dat de meeste materialen composieten zijn, deze combineren de goede eigenschappen van verschillende materialen. Hierdoor worden ze ook in prijs veel duurder dan aluminium, echter kan het in gewicht al snel ~40% schelen.

Geleiding

In CES 2012 kan ook worden gekeken naar de thermische- en elektrische geleiding van de verschillende soorten materialen. Met oog op het creëren van een zo goed mogelijk geïsoleerd geheel, aangezien je dan minder zware apparatuur nodig hebt om het klimaat te beheersen, kan de thermische geleiding van de materialen meespelen in de uiteindelijke keuze.

Waar aluminium en de meeste metalen een goede thermische geleider zijn en dus ongeschikt zijn als isolator, blijken composieten redelijke isolatoren te zijn. Deze gegevens kunnen ook meespelen in de keuze van het isolatiemateriaal, als de beplating al deels isoleert is er misschien de optie om een isolatiemateriaal te kiezen dat lichter is maar minder goed isoleert. Bij een geleidende beplating zou dit niet kunnen aangezien dan de gewenste isolatiewaarde niet gehaald kan worden.

Met betrekking tot de elektrische geleiding blijft eveneens dat aluminium beter geleidt dan de composieten. Met de eis potentiaal nul in het achterhoofd kan dit een aspect zijn dat meespeelt in de keuze voor het materiaal van de beplating, aangezien je op deze manier misschien geen systeem hoeft in te bouwen dat ervoor zorgt dat het potentiaal nul wordt.

Bestendigheid tegen vloeistoffen

Ook moet er gekeken worden naar de bestendigheid tegen vloeistoffen van de verschillende materialen om te bepalen of deze geschikt zijn voor de beplating.

tabel 2: "Overzicht materialen"

Naam materiaal	Dichtheid Kg/m ³	Prijs per Kg (€)	E-modulus (GPa)	Yield strenght (MPa)
Epoxy SMC (carbon fiber)	1400 – 1700	17.4 – 19.2	69 – 150	221 – 276
Kevlar 29 aramid fiber	1430 – 1450	17.8 – 29.6	62 – 80	2500 – 3000
Epoxy/HS carbon fiber	1550 – 1580	27.5 – 30.6	129 – 154	1740 – 2170
Mg- 30% B4C	1990 – 2340	18.1 – 21.1	65 – 72	260 – 304
Mg- 30% SiC	2230 – 2250	18.1 – 21.1	61 – 75	300 – 310
Aluminium	2490 – 2540	2.14 – 2.35	69.6 – 72.4	177 – 195

Aan de hand van de gegevens kan er worden geconcludeerd dat Kevlar geen geschikt materiaal is aangezien deze brandbaar is. Het enige vlak waar de andere mogelijke materialen slecht op scoren is de weerbaarheid tegen sterke zuren, echter zal dit in de praktijk niet veel voorkomen en zal dit aspect amper van invloed zijn.

Conclusie

Op de criteria geleiding en gewicht scoren de composieten vele malen beter dan aluminium waardoor ze meer geschikt lijken. Het gewicht, met betrekking tot de beplating, kan bijna gehalveerd worden als er voor Epoxy SMC gekozen wordt, waardoor het gewicht van de transportcontainer aanzienlijk kleiner wordt.

Als er gekeken wordt naar de kosten per kilogram dan zijn de composieten minimaal vijfmaal duurder dan aluminium, echter als gekeken wordt naar de totale kosten van de transportcontainer zal dit geen groot obstakel moeten zijn.

Kortom kan er geconcludeerd worden dat er composieten zijn die geschikt zijn om als beplating te dienen en op de gebieden van geleiding en gewicht beter scoren dan aluminium maar dat deze voordelen hun prijs hebben. Aan de hand van tabel 2 kunnen de composieten Epoxy SMC (carbon fiber) en Epoxy/HS carbon fiber worden aanbevolen aangezien de rest van de materialen qua dichtheid niet veel schelen met aluminium.

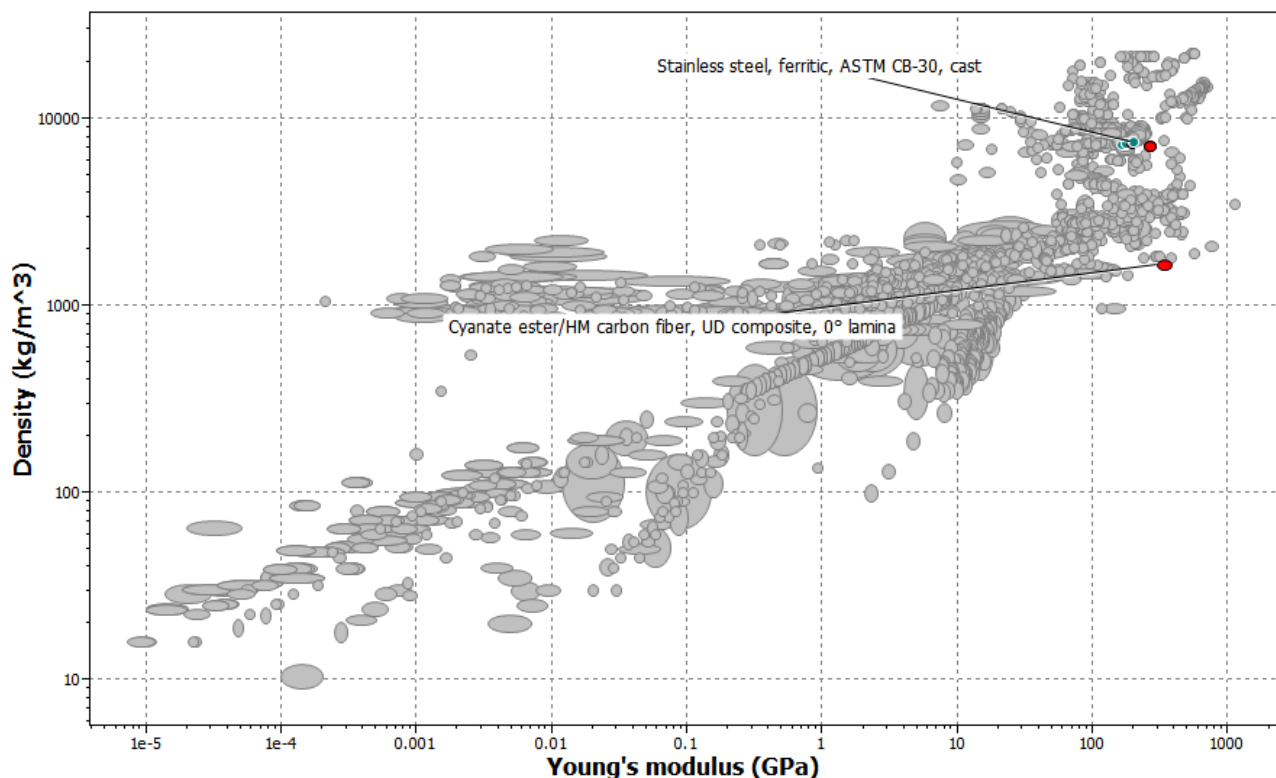
Frame

Het gewicht van het frame zal een groot aandeel hebben in het totale gewicht van de transportcontainer daarom is het van belang dat deze van een zo licht mogelijk materiaal gemaakt wordt. Daarnaast zijn er bepaalde eisen met betrekking tot de stijfheid en sterkte aan de constructie zoals al uitgewerkt is in de sterkte berekening. Om een beeld te krijgen van potentiële materialen is er in CES Edupack 2012 gekeken naar met roestvrij staal (RVS) vergelijkbare materialen. Er is uitgegaan van young modulus, fracture toughness en de e-modulus van RVS. Aan de hand van die gegevens is er een plot gemaakt waarin de dichtheid uitgezet is tegen over de Young modulus zodat er een duidelijk beeld verkregen wordt over de sterkte van een materiaal en de daarbijhorende dichtheid.

Vervolgens is er een filter toegepast waarbij alle materialen die meer dan 300 € / kg kosten weg gelaten worden aangezien het anders veel te duur wordt.

Zoals er gezien kan worden in figuur 70 zijn er nog maar weinig materialen die voldoen aan de eisen. Cyanate ester/HM carbon fiber is het enige materiaal dat qua dichtheid een meerwaarde oplevert ten opzichte van RVS. Dit materiaal heeft een dichtheid van rond de 1500 kg/m³ tegenover de ruim 7400 kg/m³ van RVS.

Na een verdere analyse van de materiaaleigenschappen kan er worden geconcludeerd dat Cyanate ester/HM carbon fiber een geschikt materiaal is met betrekking tot de bestendigheid tegen vloeistoffen en dat ook de fase overgangstemperaturen geschikt zijn. Echter zal er nog goed gekeken moeten worden naar hoe dit toepasbaar is voor het frame van het FOCUS-complex, daarnaast is het verstandig om te onderzoeken of er nog nieuwe materialen in ontwikkeling zijn die voldoen aan de eisen. Hiervoor zou gekeken kunnen worden naar "buckypaper". Dit is een carbon materiaal dat sterker is dan diamant en lichter dan staal. (Florida State University, 2005)



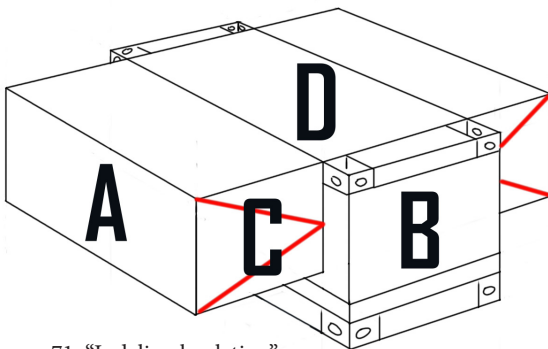
figuur 70: "Plot CES 2012"

Afschatting gewicht transportcontainer

Om in te schatten of het gekozen eindconcept enigszins betaalbaar en licht is zal er een korte berekening gemaakt worden om het gewicht af te schatten. Deze berekening zal worden opgedeeld in vier verschillende delen, namelijk; de beplating, het isolatiemateriaal, het frame en het onderstel. Op deze manier wordt er inzicht verkregen in de massa's van de transportcontainer en kan er worden ingeschat of de limiet van 4000 kg inclusief inhoud wordt overschreden. Hier zal ook nog het gewicht van het naschok-systeem bovenop komen echter kan hier op dit moment geen inschatting voor gemaakt worden.

Beplating

In figuur 71 hieronder kunnen de verschillende platen gevonden worden, deze worden aangegeven met letters. Een kanttekening die hier geplaatst moet worden is dat alle platen tweemaal genomen zijn omdat er met een dubbele wand gewerkt wordt. Er zal gewerkt worden met een wanddikte van 3 mm. Het verschil in gebruik van de transparante panelen in het dak is niet meegenomen aangezien dit verwaarloosbaar is.



figuur 71: "Indeling beplating"

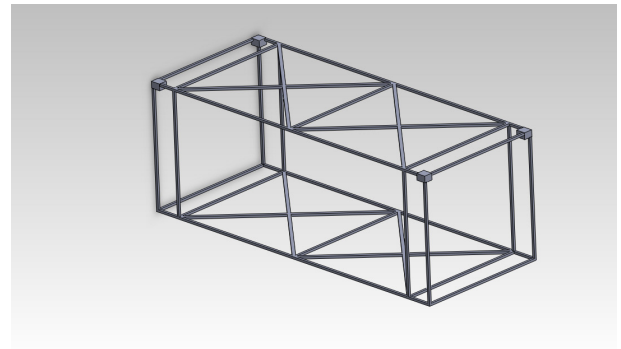
- A) Zijkant uitklapgedeelte;
 $4 \times 5800 \times 2100 \times 3 = 146160000 \text{ mm}^3$
- B) Voor- & achterkant;
 $4 \times 2438 \times 2200 \times 3 = 64363200 \text{ mm}^3$
- C) Voor- & achterkant uitklapgedeelte;
 $8 \times 2100 \times 1200 \times 3 = 60480000 \text{ mm}^3$
- D) Boven- & onderkant;
 $4 \times 6058 \times 2438 \times 3 = 177232848 \text{ mm}^3$

Het volume van de onderdelen opgeteld $0,448 \text{ m}^3$.

In tabel 3 kunnen de verschillende massa's gevonden worden die horen bij dit volume.

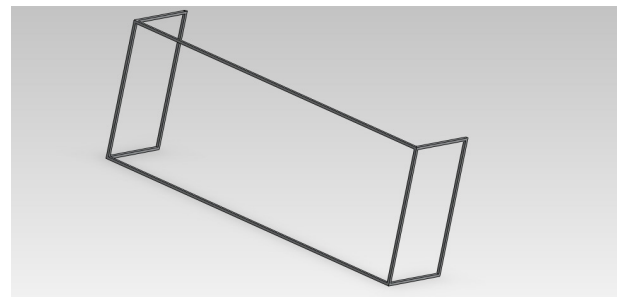
Het frame

Voor het frame is er gekozen voor RVS en hier is ook de afschatting van het gewicht op gebaseerd. Aan de hand van het solidworksmodel (zie figuur 72 hieronder) kan worden bepaald wat de massa van het totale frame is, 1415.88 kg. Deze massa is bij een framedikte van 40 mm, op deze framedikte is ook het frame doorgerekend op stijfheid en sterkte.



figuur 72: "Frame bovenstel"

Daarnaast heeft ook het uitklapgedeelte (zie figuur 73) nog een volume, deze is eveneens in solidworks uitgerekend en komt uit op $0,039 \text{ m}^3$. Omdat er twee kanten op vergroot wordt moet dit getal nog met twee worden vermenigvuldigd, wat betekent dat het framevolume van het uitschuifdeel op $0,078 \text{ m}^3$ komt te liggen. Als materiaal voor het uitschuifgedeelte is er gekozen voor Epoxy SMC aangezien dit frame bijna niks hoeft te dragen qua belastingen en ook tijdens het transport amper belast wordt. Het gewicht voor dit onderdeel komt dan uit op $0,078 \text{ m}^3 \times 1550 \text{ kg/m}^3 = 120,9 \text{ kg}$. 1550 kg/m^3 is gekozen als gemiddeld aangezien het gewicht kan variëren.



figuur 73: "Frame volumevergroting"

Vervolgens worden tijdens het volume vergroten de zijwanden van de transportcontainer uitgeklaapt en omgetoverd tot boven- en onderkant van de uitgeschoven gedeeltes. Daarom zullen deze van een sterker ma-

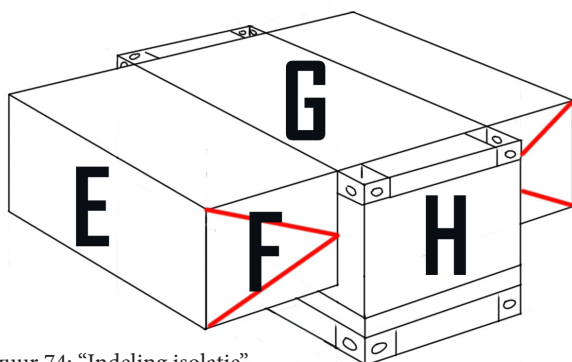
teriaal gemaakt dienen te worden. In dit rekenvoorbeeld is uitgegaan van Epoxy SMC (carbon fiber). Voor dit onderdeel krijg je dan de volgende berekening waarbij er uit is gegaan een dikte van 10 mm:

$$4 \times 5500\text{mm} \times 1200\text{mm} \times 10\text{mm} = 0,264 \text{ m}^3$$

$$0,264 \text{ m}^3 \times 1550 \text{ kg/m}^3 = 409,2 \text{ kg}$$

Isolatiemateriaal

Net zoals bij de beplating zal er een afchatting worden gemaakt van de totale hoeveelheid volume isolatiemateriaal. Vervolgens zal er aan de hand van de isolatiematerialen tabel uit de ideeëngeneratie bepaald worden hoe hoeveel de verschillende soorten isolatiematerialen zullen wegen als ze zouden worden gebruikt in het gekozen eindconcept (zie tabel 4). In figuur 74 hieronder kunnen de verschillende wanden worden gevonden, deze worden weer aangegeven met letters.



figuur 74: "Indeling isolatie"

- E) Zijwand uitschuifdeel;
2x 5500x2100x40 = 924 000 000 mm³
- F) Voor- & achterkant uitschuifdeel;
4x 1100x2100x40 = 369 600 000 mm³
- G) Boven- & onderkant container;
2x 5900x2400x40 = 1 132 800 000 mm³
- H) Voor- & achterkant container;
2x 2200x2400x40 = 422 400 000 mm³

Bij elkaar opgeteld is dit 2 848 800 000 mm³ wat overeenkomt met 2,85 m³

Uitgaande van het isolatiemateriaal EPS zal het gewicht aan isolatiemateriaal ongeveer tussen de 40 en de 115 kg komen te liggen.

Naam	Soortelijk gewicht (Kg/m ³)	Warmtegeleidingscoëfficiënt (W/m.K)	Gewicht (Kg)
Gipskartonplaat	800 – 1400	0,21-0,46	2280 - 3990
Polystyreenschuim geëxpandeerd (EPS)	15 – 40	0,035	42,75 – 114
Polyurethaan (PUR)	30 – 60	0,026 – 0,035	85,5 – 171
Minerale wol (platen)	16 – 250	0,034-0,036	45,6 - 712,5
Lucht	1,29	0,169	3,67

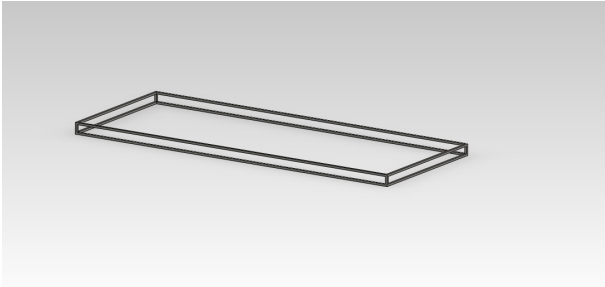
tabel 4: "Gewicht isolatiematerialen"

Naam materiaal	Dichtheid Kg/m ³	Prijs per Kg in €	Gewicht in Kg	Kosten in €
Epoxy SMC (carbon fiber)	1400 – 1700	17.4 – 19.2	627,20 – 761,60	10913,28 – 14622,72
Kevlar 29 aramid fiber	1430 – 1450	17.8 – 29.6	640,64 – 649,60	11403,39 - 19228,16
Epoxy/HS carbon fiber	1550 – 1580	27.5 – 30.6	694,40 – 707,84	19096,00 - 21659,90
Mg- 30% B4C	1990 – 2340	18.1 – 21.1	891,52 - 1048,32	16136,51 – 22119,55
Mg- 30% SiC	2230 – 2250	18.1 – 21.1	999,04 – 1008,00	18082,62 – 21268,80
Aluminium	2490 – 2540	2.14 – 2.35	1115,52 – 1137,92	2387,21 – 2674,11

tabel 3: "Gewicht en materiaalkosten"

Onderstel

Het laatste onderdeel dat zal worden behandeld in de afchatting van de prijs en het gewicht is het onderstel. Ook hier is een Solidworks model (zie figuur 75) gemaakt om het gewicht van het frame af te schatten, deze kwam uit op 322,8 kg waarbij het frame gemaakt was van RVS.



figuur 75: "Frame onderstel"

Poten onderstel

Het potensysteem zal ook een massa hebben, hiervoor zal een afchatting gemaakt worden. Inclusief pompen en dergelijke zal dit worden geraamd op 100 kg.

Beplating onderstel

Ook dit onderdeel zal beplaat worden, hiervoor zal een afchatting gemaakt worden aangezien er nog geen duidelijkheid is over afmetingen van de poten. De beplating van het onderstel zal in dit geval niet dubbelwandig te hoeven zijn aangezien het onderstel niet geïsoleerd hoeft te worden, de schatting voor de beplating voor het onderstel zal op 75 kg komen te liggen.

Afschatting gewicht

Onderdeel	Gewicht
Frame bovenstel	~1400 kg
Beplating bovenstel (Epoxy SMC)	~760 kg
Uitschuifdeel	~120 kg
Boven- & onderkant uitschuif	~410 kg
Frame onderstel	~325 kg
Beplating onderstel	~75,0 kg
Poten onderstel	~100,0 kg
Isolatiemateriaal	~50,0 kg
	----- +
	3240,0 kg

Hierbij moet worden opgemerkt dat het gewicht van het naschokstelsel nog niet is meegerekend. Vanuit de bacheloropdracht van Berber Vos is gebleken dat het gewicht van het interieur tussen de 1500 en de 3000 kg komt te liggen. Het totaalgewicht zal ongeveer tussen de 4700 kg en de 6200 kg komen te liggen.

Presentatie FOCUS

Het uiteindelijke conceptvoorstel is een combinatie van moderne technieken en ouderwetse degelijkheden. Om de operatiekamer te beschermen tegen naschokken is er een systeem gekozen met dempers die ervoor zorgt dat de gehele operatiekamer in het horizontale vlak kan bewegen zonder dat er schade wordt aangebracht. Daarnaast zorgt het rubber in dit systeem ervoor dat ook in de z-richting er krachten opgevangen kunnen worden. Doordat dit een systeem is dat niet al te hoog is kan deze gemakkelijk geplaatst worden zonder dat de hoogte in de operatiekamer een probleem wordt.

Het volume vergroten zal gebeuren aan de hand van een elektrisch aangedreven systeem dat de uitschuifwanden met behulp van losneembare wieltes naar buiten rijdt. Het elektrische systeem brengt een tandwiel in beweging die vervolgens de wanden naar buiten geleidt door de tandriem op de buitenkant van de uitschuifwanden. De losneembare wieltes zijn voorzien van een krik, hiermee kan de uitschuifwand van de grond worden afgetild waardoor er weinig weerstand wordt ondervonden bij het uitschuiven.

De naden die ontstaan door het volume vergroten zullen worden afgedicht met behulp van een luchtband, deze wordt in de wanden geplaatst en kan worden opgeblazen met een handpomp. Door het uitzetten van de band zullen de kieren worden afgedicht en worden er ongewenste luchstromen voorkomen en kan de overdruk in de operatiekamer gemakkelijk op peil worden gehouden. Daar bovenop draagt het afdichten ook mee aan het isoleren van de operatiekamer. De rest van de isolatie zal gebeuren aan de hand van wandisolatie die verwerkt wordt in de dubbele wanden, als isolatiemateriaal is er gekozen voor EPS aangezien dit materiaal goed isoleert en een lage dichtheid heeft.

Om de container tijdens de landing te beschermen zal er gebruikt gemaakt worden van een landingsblokken wat gemaakt wordt van een goedkoop materiaal wat kapot mag gaan, dit landingsblok zal met behulp van een twist-lock bevestigd worden aan de iso-hoekfittingen van de transportcontainer. Deze hoekfittingen zorgen er eveneens voor dat de container over het water, het land en door de lucht te transporteren is, in de lucht zullen de slings van de helicopter aan de hoekfittingen bevestigd worden.

Nadat de transportcontainer op de landingsblokken is neergedaald zullen de poten uit worden geklapt, dit gebeurt automatisch met behulp van een elektrisch aangestuurd hydraulisch systeem dat de poten naast de container positioneerd om de balans te optimaliseren.

Vervolgens wordt het complex automatisch waterpas gesteld in twee minuten door hetzelfde systeem.

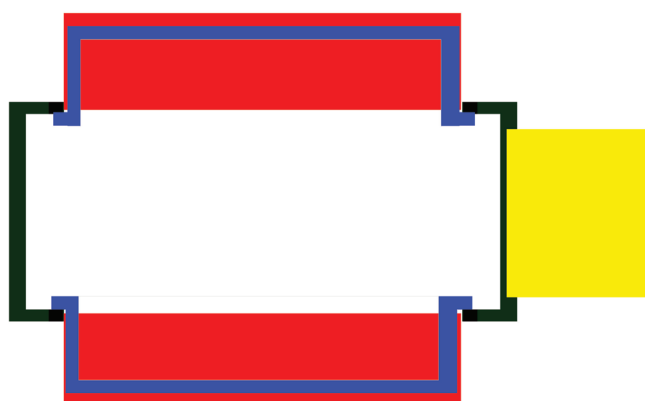
Om gelijk te kunnen beginnen met opereren is er een watertank verwerkt in het onderstel van de transportcontainer, deze kan vlak voor vertrek gevuld worden.

Naast de operatiekamers bestaat FOCUS ook nog uit een tentencomplex, de tenten worden doormiddel van een tunnel aan de operatiekamer gekoppeld. De voorkant van de operatiekamer kan worden uitgeklappt en op de grond worden gelegd waardoor er een helling ontstaat waarover de patiënten naar binnen kunnen worden gebracht. Door deze helling kan het hoogteverschil tussen de operatiekamer en het tentencomplex gemakkelijk worden opgelost. Op de volgende pagina kunnen illustraties gevonden worden van het FOCUS-complex.

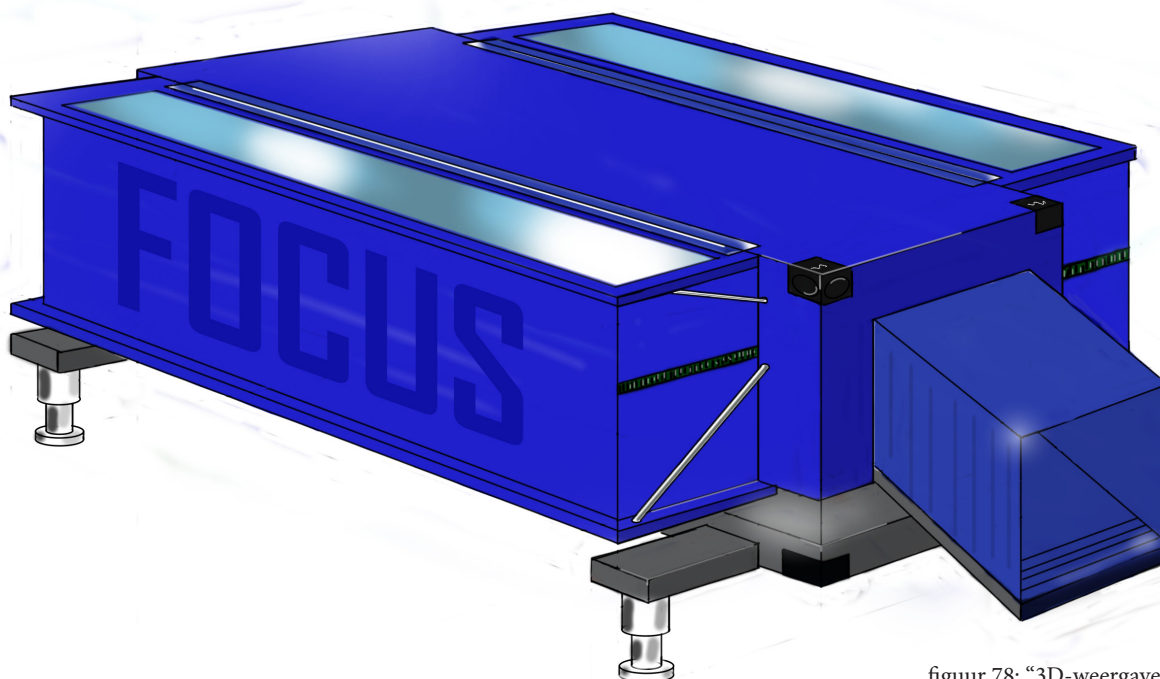
In figuren 76, 77 & 78 hieronder kan gevonden worden hoe het eindconcept er uiteindelijk uit komt te zien. In figuur 76 & 77 kunnen bovenaanzichten worden gevonden van het eindconcept van de ingeklapte en uitgeklapte container. De kleurindeling is als volgt:
 Geel: ingang;
 Blauw: uitschuifgedeelte;
 Zwart: tandwielsysteem;
 Rood: uitklappende zijwanden;
 Groen: de wanden van de container.



figuur 76: "Bovenaanzicht uitgeklappt"



figuur 77: "Bovenaanzicht ingeklapt"



figuur 78: "3D-weergave eindconcept"

Conclusies & aanbevelingen

Conclusies

De vraag was of het haalbaar is om een transportcontainer annex operatiekamer te ontwikkelen die voldoet aan de randvoorwaarden die zijn opgesteld in het programma van eisen. Om dit te controleren zullen enkele eisen hieronder behandeld worden.

Door de toevoeging van de ISO-hoekfitting ervoor gezorgd dat de transportcontainer door de lucht, over het water en met vrachtwagens te vervoeren is. Het oppervlak van de operatiekamer rond de 27 m² komen te liggen waardoor er aan de eis van een minimum van 24 m² voldaan wordt.

Voor alle functies die uitgewerkt zijn binnen deze opdracht zijn oplossingen gevonden die kunnen worden ingepast in het eindelijke product, hierdoor kan er worden gesteld dat het technisch haalbaar is een transportcontainer annex operatiekamer te ontwikkelen.

Met betrekking tot het gewicht kan er worden geconcludeerd dat deze op dit moment erg hoog ligt en dus inclusief inhoud de grens van 4000 kg overschrijdt. Dit verschil is redelijk groot waardoor er nog geen duidelijke uitspraak gedaan kan worden over de haalbaarheid met betrekking tot het gewicht. Wel kan er geconcludeerd worden dat er nieuwe materialen beschikbaar zijn om het gewicht van de transportcontainer te minimaliseren.

Door de toevoeging van het naschokstelsel is de operatiekamer beschermd tegen naschokken, echter is er nog geen duidelijkheid over tot op welk niveau dit stelsel bescherming biedt.

Kortom, er kan geconcludeerd worden dat het mogelijk is om een transportcontainer annex operatiekamer te ontwikkelen, echter zal er nog veel extra onderzoek gedaan moeten worden om daadwerkelijk een product te kunnen realiseren wat voldoet aan de gewichtseisen.

Aanbevelingen

Het frame van de container is nu nog te sterk, waardoor de transportcontainer onnodig zwaar wordt. Om ervoor te zorgen dat het geheel zo licht mogelijk is zal er een optimalisatie van het frame moeten worden uitgevoerd. Verder kan er worden aanbevolen om te onderzoeken of er nieuwe materialen in ontwikkeling zijn die dezelfde fysische eigenschappen hebben als RVS maar een lagere dichtheid hebben.

Daarnaast is het een optie om te kijken of dubbele wanden overal in de constructie noodzakelijk zijn, als er op bepaalde plaatsen namelijk geen dubbele wand geplaatst hoeft te worden kan dit een gewichtsbesparing opleveren.

Tijdens het kiezen van het materiaal voor de beplating is er uit gegaan van de eigenschappen van aluminium aangezien er een referentiekader gekozen moest worden. Echter zou het mogelijk zijn dat de beplating aan lagere eisen hoeft te voldoen dan die er gesteld zijn waardoor een lichter en goedkoper materiaal ook ineens voldoende is. Daarom kan er aanbevolen worden om de beplating door te rekenen op stijfheid en sterkte en aan de hand van die gegevens nogmaals te gaan kijken welke materialen er geschikt zijn.

Ook is het aan te bevelen om de voorgelegde materialen nogmaals te inspecteren met betrekking tot de belastbaarheid in verschillende richtingen. Door hier slim op in te spelen tijdens de verdere ontwikkeling van de container kan er veel gewicht bespaard worden en wordt er optimaal gebruik gemaakt van de goede eigenschappen van verschillende materialen.

Verder kan er nogmaals gekeken worden naar de beslissing om zelf water mee te nemen, als hier van afgezien wordt kan dit een aantal honderd kilogram schelen in het uiteindelijke transport gewicht.

Op dit moment is er een naschokstelsel gekozen welke de aan de eisen voldoet om de operatiekamer te beschermen, echter zal er nog gekeken moeten worden hoe dit onderdeel als koppelstuk kan dienen tussen het boven- en het onderstel van de container. Daarnaast is er ook nog niks bekend over de afmetingen van dit product, mochten deze te groot zijn dan kan ervoor worden gekozen om een ander systeem te integreren om zodoende genoeg hoogte over te houden in de operatiekamer.



Vervolgens zal er ook nog moeten worden gekeken of het naschokstelsel wel bestand is tegen de krachten die spelen aangezien hier nog geen duidelijkheid over bestaat.

Op dit moment zijn er veel ideeën aangedragen en oplossingen gekozen waarmee de transportcontainer annex operatiekamer kan worden opgebouwd, echter al deze onderdelen zullen nog op elkaar moeten worden afgestemd om ervoor te zorgen dat het één geheel kan worden. Daarom kan er aanbevolen worden dat er contact gelegd moet worden met de respectievelijke bedrijven om zo meer informatie te verkrijgen over de onderdelen en de manier waarop alles geassembleerd kan worden.

Op dit moment is er alleen gekeken naar het verticaal stellen van de poten, om ervoor te zorgen dat de poten naast de container komen te staan zal er gekeken moeten worden naar het systeem dat de poten in het horizontale vlak kan verplaatsen en toch genoeg sterkte heeft om de knikkracht op te vangen die kan dan op het systeem komt te staan. Met betrekking tot het isolatiemateriaal kan er aanbevolen worden om de warmtestromen binnen in de container goed door te rekenen en daarbij rekening te houden met extreme situaties. Op deze manier kan er gevonden worden wat de specifieke eisen worden aan het isolatiemateriaal, vooral ook in combinatie met de nieuwe meer isolerende beplating. Als hier duidelijkheid over vergaard is kan er gekeken worden of er een apparaat geschikt bevonden kan worden om in te passen in het complex.

Met betrekking tot het hygiënisch werken kan er worden aanbevolen dat er gekeken wordt naar het afronden van de hoeken binnen in de operatiekamer. Op deze manier blijft de buitenkant rechthoekig waardoor de container gemakkelijk te transporteren blijft.

Referenties

Literatuurlijst

Holland Medical Services, 2012, "Holland Medical Services, <http://www.hollandmedicalsolutions.com/about-us.php>, geraadpleegd op 8 juli 2012

College bouw ziekenhuisvoorzieningen, 2004, Operatieafdeling, bouwmaatstaven voor nieuwbouw, http://www.bouwcollege.nl/Pdf/CBZ%20Website/Publicaties/Bouwmaatstaven/Ziekenhuizen/bm_operatieafdelingen.pdf, geraadpleegd op 13 juli 2012

Werkgroep Infectie Preventie, 2012, Poliklinische OK's, http://www.wip.nl/thipdocs/poliklinische_ok.htm, geraadpleegd op 10 juli 2012

RCC Koude & luchtbehandeling, 2008, Koude & Luchtbehandeling, <http://www.koudeenluchtbehandeling.nl/wp-content/files/11815p40-41.pdf>, geraadpleegd op 14 juli 2012

The principle of anti-seismic building, 2007, The principle of anti-seismic building, <http://www.helium.com/items/277215-the-principles-of-anti-seismic-building>, geraadpleegd op 16 juli 2012

GobizKOREA, 2012, GobizKOREA, http://m.gobizkorea.com/jsp/product/product_detail.jsp?objId=942832&unspsc=30103300&pageNo=1&pageVol=5&searchKey=&searchWord, geraadpleegd op 17 juli 2012

MP Tech, 2012, MP Anti-seismic & Earthquake Absorbing Joint Series, http://nc1000.en.ec21.com/MP_Anti_seismic_Earthquake_Absorbing--4593316_4593638.html, geraadpleegd op 25 juli 2012

DIS, 2012, Dynamic Isolation Systems, <http://www.dis-inc.com/products.html>, geraadpleegd op 25 juli 2012

Damptech 2012, Damptech || Damper Technology, http://www.damptech.com/bridge_damper.html, geraadpleegd op 28 juli 2012

E&P Hydraulics, 2012, Introductie levelsysteem camper, <http://www.ep-hydraulics.nl/nl/content/introductie-levelsysteem-camper>, geraadpleegd op 1 augustus 2012

Nieuwsdossier 2006, Kobe getroffen door aardbeving, <http://www.nieuwsdossier.nl/natuurrampen/kobe-getroffen-door-aardbeving>, geraadpleegd op 28 juli 2012

Rahman, 2005, "<http://www.cimap.vt.edu/2DOC/BES-1-Rahman.pdf>, <http://www.cimap.vt.edu/2DOC/BES-1-Rahman.pdf>, geraadpleegd op 29 juli 2012

Hapag-lloyd 2012, "Hapag-Lloyd" http://www.hapag-lloyd.com/downloads/press_and_media/publications/Brochure_Container_Specification_en.pdf, geraadpleegd op 18 juli 2012

Het Paarol, 2009, Leger straks vaker ingezet bij rampen, <http://www.paarol.nl/parool/nl/224/BINNENLAND/article/detail/203968/2009/03/09/Leger-straks-vaker-ingezet-bij-rampen.dhtml>, geraadpleegd op 24 juli 2012

Koninklijke landmacht, 2012, "MOGOS (mobiel operationeel geneeskundig operatiekamer systeem | Ministerie van Defensie", , geraadpleegd op 9 juli 2012

medical care solutions –flexible field facilities, 2012, Saabgroup, <http://www.saabgroup.com/Global/Documents%20and%20Images/Land/Integrated%20Support%20Solutions/Saab%20Medical%20Care%20Solutions.pdf>, geraadpleegd op 27 juli 2012

Blue-med, 2010, Blu-med, http://www.blu-med.com/pdf/blu-med_deployable_hospitals.pdf, geraadpleegd op 29 juli 2012

Koninklijke luchtmacht, 2012, Koninklijke luchtmacht | Materieel, http://www.defensie.nl/luchtmacht/materieel_luchtmacht, geraadpleegd op 1 augustus 2012

SKM, 2012, Integrated Logistic Support (ILS), <http://www.globalskm.com/Markets/New-Zealand/Industry/Integrated-Logistic-Support/>, geraadpleegd op 12 december 2012

Dutch Health, 2012, www.dutch-health.com/products/id931/water-ambulances, <http://www.dutch-health.com/products/id931/water-ambulances.html>, geraadpleegd op 12 december 2012

Duomar, 2012, "thermisch isolerende coating", <http://www.duomar.nl/duocoat%C2%AE-tm---thermal-marine-10>, geraadpleegd op 17 december 2012

Florida State University, 2005, [buckypaper.com](http://www.buckypaper.com/), <http://www.buckypaper.com/>, geraadpleegd op 17 december 2012

NAVO, 2009, Climate conditions, <http://www2.fhi.nl/plot2012/archief/2010/images/aectp-230.pdf>, geraadpleegd op 16 december 2012

NH-Industries, 2012, Mission equipment NH90, http://www.nhindustries.com/site/en/ref/Major-Mission-Equipment_37.html, geraadpleegd op 23 november 2012

Amendment of regulation, 2007, Considerations on Amendment of regulation, http://www.europa-nu.nl/9353000/1/j4n-vhdlglbmvdzx_j9tvhajcor7dxyk_j9vvikqpopjt8zm/vi8rm2zpfuzm, 11 december 2012

Bronvermelding Afbeeldingen

Figuur 1: <http://www.hollandmedicals.com/emergency-care.pdf>

Figuur 2: <http://www.atcouncil.org/pdfs/atc35tb2.pdf>

Figuur 3: http://www.alsap.cz/fotky3378/fotos/_vyr_483750110.jpg

Figuur 6: http://media.defenseindustrydaily.com/images/AIR_NH90-TTH_Rocky_Hills_lg.jpg

Figuur 7: <http://cdn-www.airliners.net/aviation-photos/photos/0/8/4/1269480.jpg>

Figuur 8: http://m.gobizkorea.com/jsp/product/product_detail.jsp?objId=942832&unspsc=30103300&pageNo=1&pageV
[ol=5&searchKey=&searchWord](http://m.gobizkorea.com/jsp/product/product_detail.jsp?objId=942832&unspsc=30103300&pageNo=1&pageV)

Figuur 9: http://nc1000.en.ec21.com/MP_Anti_seismic_Earthquake_Absorbing--4593316_4593638.html

Figuur 11: <http://www.seismicisolation.com/sites/default/files/seismicisolation.com//base-isolation-elements.jpg>

Figuur 12: http://www.damptech.com/bridge_damper.html

Figuur 19: <http://www.aanhangertotaal.nl/content/merken/large/smx7ce1g.jpg>

Figuur 20: http://www.deltasupplier.com/wp-content/uploads/2011/03/pneumatic_cylinder.jpg

Figuur 21: <http://www.zizocampertechniek.nl/producten/levelsystemen/levelsysteem-caravan/>

Figuur 38: <http://image.made-in-china.com/2f0j00hCjQdcvGkZoq/Rubber-Strip.jpg>

Figuur 52: http://img.directindustry.com/images_di/photo-g/flexible-tank-for-water-7519-2817429.jpg

Figuur 56: <http://www.rofi.no/Modules/Page/viewPage.asp?modid=6612&level=6612>

Figuur 57: <http://images-en.busytrade.com/151185700/Twist-Lock-container-Parts.jpg>

Figuur 58: http://media.defenseindustrydaily.com/images/AIR_CH-47_Dutch_w_Underslung_lg.jpg

Figuur 79: <http://www.emdat.be>

Figuur 80: <http://www.atcouncil.org/pdfs/atc35tb2.pdf>

Figuur 81: <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqarchives/year/eqstats.php>

Tabel 1: <http://www.cvkoopjes.nl/images/user/sr18-wand-isolatie.jpg>

<http://www.ekbouwadvies.nl/tabellen/lambdamaterialen.asp>

Bijlagen

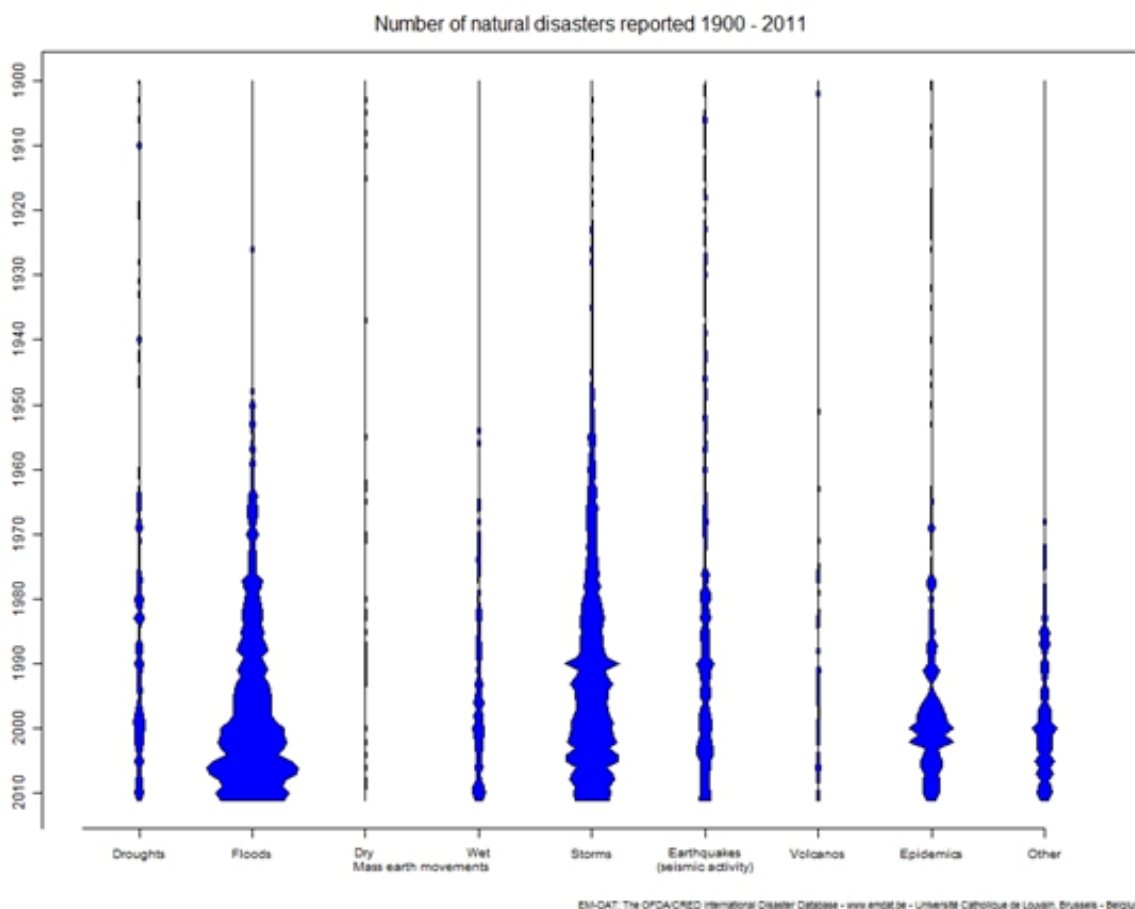
Bijlage A: Onderzoek natuurrampen

In de eerste plaats zal FOCUS worden ingezet na natuurrampen, dit brengt enkele aspecten naar voren waar rekening meegehouden moet worden tijdens het ontwerpen van de constructie. Elke soort natuurramp stelt andere eisen aan de constructie, bij een aardbeving moet er bijvoorbeeld rekening worden gehouden met een naschok terwijl bij een watersnoodramp er rekening gehouden moet worden met een zachte bodem waardoor het gehele complex zou kunnen verzakken. De vraag is welke soorten natuurrampen en de ontwerpeisen die deze stellen meegenomen worden in het ontwerpproces. Om een goed beeld te krijgen zal er eerst gekeken worden welke verschillende soort natuurrampen er voorkomen en in welke frequentie. Daarna zal er onderzocht worden op welke manier er in het ontwerp van de constructie rekening gehouden kan worden met de na-effecten van de verschillende natuurrampen. Vervolgens zal er een keuze gemaakt worden welke aspecten er meegenomen gaan worden in het ontwerptraject en zal zich dit vertalen in een eisenpakket.

Analyse natuurrampen

Ten eerste zal er gekeken worden naar de frequentie van de verschillende natuurrampen, in figuur 79 kan worden gevonden dat wateroverstromingen het grootste aandeel in natuurrampen. Op een tweede plaats komt stormen, daarna komen epidemieën, modderstromen en aardbevingen ongeveer met eenzelfde frequentie voor.

Om een goed beeld te krijgen zullen hieronder enkele natuurrampen behandeld worden en er zal bekeken worden wat de impact van deze rampen was op de infrastructuur. Om te beginnen zal de aardbeving in Kobe in het jaar 1995 geanalyseerd worden, vervolgens zal er gekeken worden naar een overstroming in europa in het jaar 2002. Tenslotte zullen de belangrijkste effecten van de orkaan Katrina in 2005 in de Verenigde Staten bekeken worden.



figuur 79: "Natuurrampen"

(Nieuwsdossier, 2006) De aardbeving in Kobe, Japan, was er een van 7,2 op de schaal van richter.

Volgens de gegevens van Prof. Saifur Rahman zijn er tijdens de aardbeving in Kobe meer dan 240,000 gebouwen verwoest en nog eens 1.3 miljoen zaten zonder water. Daarnaast hadden 2.6 miljoen huishoudens geen beschikking over electriciteit. Het herstel van het elektriciteitsnet heeft ongeveer een maand geduurd, het functionerend krijgen van het de wateraansluiting heeft twee tot drie maanden geduurd. De infrastructuur heeft ook grote schade opgelopen en de snelwegen en spoorwegen waren pas na zes maanden hersteld.

Voordat er hier conclusies aan verbonden worden zal er eerst gekeken worden naar de overstromingen in Europa in 2002, en dan met name naar de regio Duitsland/Tjechie. De impact van deze natuurramp was veel minder dan de aardbeving maar heeft alsnog gezorgd voor het uitvallen van electriciteit, wat pas na een maand weer hersteld was. Daarnaast heeft de overstroming ervoor gezorgd dat het schoon water en het water van de overstroming vermengd werden, waardoor er een schaarste ontstond aan schoon water. Tenslotte zijn er tijdens deze overstroming nog honderden bruggen en wegen beschadigd waardoor sommige regio's on bereikbaar werden met landvervoer.

De laatste natuurramp die behandeld zal worden is de orkaan Katrina in 2005, de impact van deze orkaan was zeer groot en noodhulp was zeer gewenst. Uit de gegevens blijkt dat 80% van de stad zonder stroom of drinkwater zat. Daarnaast zaten er 2.3 miljoen mensen zonder stroom en heeft deze orkaan voor landelijke problemen gezorgd in de voorziening van olie en gas. (Rahman, 2005)

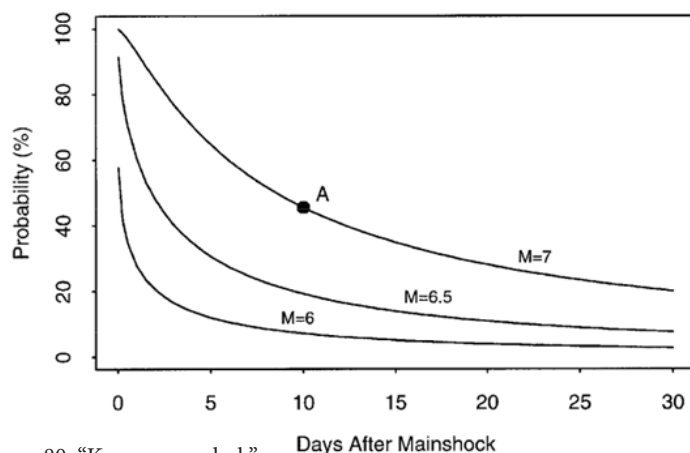
Conclusie

Wat er uit de bovenstaande gegevens kan worden afgeleid is dat tijdens natuurrampen de medische noodhulp geen beschikking kan hebben over electriciteit vanuit het lokale netwerk. Hierdoor zal het te ontwerpen mobiele ziekenhuis zichzelf van stroom moeten kunnen voorzien. Daarnaast raakt ook vaak de watervoorziening beschadigd en is het dus nog maar de vraag of het mobiele ziekenhuis over schoon water kan beschikken vanuit de lokale wateraansluiting, en mocht er al een werkende waterpunt zijn dan kan deze ook nog eens vervuild zijn. Hier zal met het ontwerpen op worden ingespeeld want water is een belangrijk aspect voor het uitvoeren van operaties. Wat er verder uit deze informatie gehaald kan worden is dat het wegnemen bijna altijd beschadigd raakt waardoor het moeilijk wordt om via het land medische noodhulp op locatie aan te bieden. Daarom zal er onderzocht moeten worden wat de mogelijkheden en restricties zijn om met andere vervoersmiddelen op locatie te kunnen komen. Naast de kans op na-schokken bij aardbevingen en de hoeveelheid water tijdens een overstroming zijn er geen andere na-effecten waar op ingespeeld te hoeven worden. In een gesprek met Holland Medical Services zijn deze na-effecten behandeld en daar is uit gekomen dat er alleen maar rekening hoeft te worden gehouden met na-schokken en dat FOCUS niet ingezet zal worden tijdens overstromingen, wat betekent dat het complex niet hoeft te kunnen drijven.

Aardbeving

Naast de enorme schade aan de infrastructuur van de getroffen regio zijn er per natuurramp nog verschillende aspecten die noodhulp kunnen bemoeilijken. Omdat Holland Medical Services het mobiele ziekenhuis niet wil gaan inzetten tijdens overstromingen zal er niet gekeken worden naar deze natuurramp en de daarbij horende na-effecten.

Als eerste zal er gekeken worden naar de naschokken van aardbevingen, hiertegen zal de te ontwerpen constructie bestand moeten zijn. Echter is het niet mogelijk om de constructie tegen alle naschokken te "beveiligen" daarom zal er gekeken worden naar een geschikte bovengrens. Om een goed beeld te krijgen van hoe belangrijk het is om de constructie bestand te maken tegen na-schokken is er gekeken naar de kans op naschokken en de kracht van deze natuurkrachten. In figuur 80 op de volgende pagina is de kans op een naschok uitgezet tegenover de periode die er verstreken is na de hoofdschok. De drie verschillende lijnen vertegenwoordigen verschillende krachten aardbevingen. Zoals gezien kan worden is de kans op een naschok in de eerste dagen enorm groot, aangezien Holland Medical Services medische noodhulp binnen 24 uur wil leveren betekent dit dat de constructie bestand moet zijn tegen deze naschokken. De gegevens in de tabel zijn gebaseerd op een analyse van verschillende aardbevingen door de decenia heen.

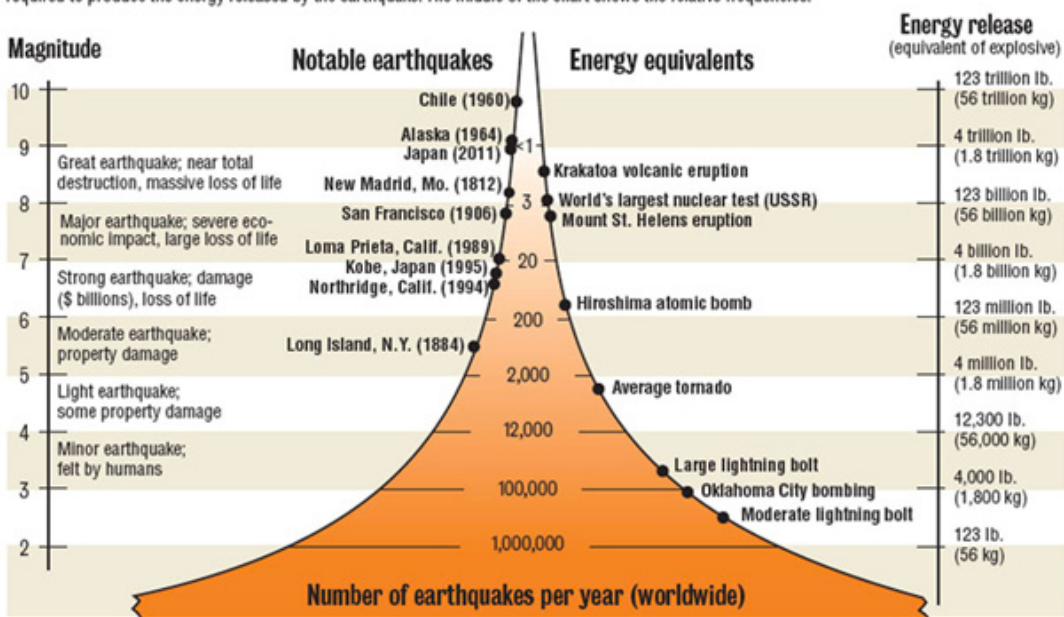


figuur 80: "Kans op naschok"

Omdat het onmogelijk is om een constructie te beschermen tegen alle sterktes van aardbevingen zal er een grens gesteld moeten worden. Er is gekozen voor een limiet van zes op de schaal van richter omdat je dan alleen niet bestand bent tegen de top aardbeving die gemiddeld niet meer dan vijf keer per jaar voorkomen. Zie figuur 81 ter verduidelijking.

Earthquake frequency and destructive power

The left side of the chart shows the magnitude of the earthquake and the right side represents the amount of high explosive required to produce the energy released by the earthquake. The middle of the chart shows the relative frequencies.



Source: U.S. Geological Survey

figuur 81: "Schaalverdeling aardbevingen" MCT

Het volgende probleem dat meespeelt tijdens een aardbeving is het feit dat door de ramp de ondergrond vaak verschuift, hierdoor is het oppervlak niet meer vlak. Dit zorgt ervoor dat de operatiekamer niet meer op een ondergrond geïnstalleerd kan worden die waterpas is terwijl dit wel gewenst. Hier zal op moeten worden ingespeeld tijdens het ontwerp-proces om te voorkomen dat de operatiekamer niet gebruikt kan worden. Ook hier zal weer een grens gesteld moeten worden in de vorm van een hoogteverschil per 100 meter.

Conclusie

Een aardbeving brengt vele aspecten mee die in het ontwerpproces meegenomen moeten worden. Doordat de kans op een naschok dermate hoog is in de eerste 24 na de hoofdschok zal de te ontwerpen container hier tegen bestand moeten zijn. Daarnaast tast de aardbeving ook de ondergrond aan waarop het mobiele ziekenhuis geplaatst wordt, daarom zullen de poten van de container in hoogte verstelbaar moeten zijn. Met betrekking tot de vraag in welke kracht naschok de constructie moet kunnen weerstaan is er gekozen voor 6 op de schaal van Richter.

Bijlage B: Onderzoek transport

Een belangrijk onderdeel van het ontwikkelen van een vervoerscontainer en tevens ook operatiekamer is het transport. Door het transport te optimaliseren kan ervoor gezorgd worden dat de “container” op tijd op locatie aanwezig is waardoor de medische noodhulp eerder op gang kan komen. Om tot een zo goed mogelijk ontwerp te komen zal er gekeken worden naar de verschillende vervoersmiddelen waarmee de container verplaatst moet kunnen worden en welke eisen deze manier van vervoeren aan het ontwerp stellen.

Uit het onderzoek naar natuurrampen kon al geconcludeerd worden dat vaak door de schade aan de infrastructuur het onmogelijk is om medische noodhulp over het land te leveren. Daarom zal hieronder gekeken worden naar watertransport en luchttransport.

Vrachtschip

Vanuit Holland Medical Services is de eis gekomen dat de container met een vrachtschip te vervoeren moet zijn, daar is het eerste vervoersmiddel waarna gekeken wordt het is vrachtschip en wat er bij deze manier van vervoeren komt kijken. Met betrekking tot de afmetingen zijn er duidelijke richtlijnen, er zijn bepaalde ISO-eisen waar elke container aan moet voldoen. Er zijn verschillende containerformaten en vanuit Holland Medical Services is er gekozen voor een 20 ft container, wat betekent dat de afmetingen als volgt zijn; 6058 x 2438 x 2591 mm. (Hapag-Lloyd, 2012)

Luchttransport

Ten tweede zal het vervoeren met behulp van een vliegtuig bekeken worden, aangezien dit een vrij ruim begrip is zal deze eerst verder worden gespecificeerd alvorens er naar de eisen wordt gekeken. Omdat bij natuurrampen vaak het materieel van het leger wordt ingezet (Het Parool, 2009) is ervoor gekozen om te kijken naar militaire transportvliegtuigen, echter heeft niet elk leger over gehele wereld hetzelfde materieel.

Daarom is ervoor gekozen om uit te gaan van het materieel van het nederlandse leger, omdat de inschatting is dat het nederlandse materieel gemiddeld is ten opzichte van de wereld. In rampgebied is de kans vrij klein dat er transportvliegtuigen daarom zal er hieronder gekeken worden naar de transportenvliegtuigen, de chinook en de transport helicopters van het nederlandse leger.

Conclusies transport

Wat uit de bovenstaande gegevens gehaald kan worden is dat het gewicht dat vervoert enorm varieert per voertuig, om ervoor te zorgen dat bijna elk leger instaat is om gebruik te maken van de FOCUS-units van Holland Medical Services zal er uitgegaan worden van het gewicht dat door de cougartransport helicopters vervoert kan worden. Dit vertaalt zich in de eis dat het maximale gewicht van container en inhoud op 4000 kg komt te liggen. Daarnaast zal er aan de ISO eisen vanuit de scheepvaart moeten worden voldaan wat inhoudt dat er ogen op de container moeten zitten. Ook om te kunnen vervoeren met helicopters zal er een punt moeten zijn waar de slings van de helicopter op moet kunnen inhaken. Tenslotte zal de container aan de afmetingen moeten voldoen die staan beschreven in het ISO-reglement van de scheepvaart, namelijk 6058 mm x 2438 mm x 2591 mm.

Balans

Omdat er vervoert zal gaan worden met helicopters waar de lading onder aan het voertuig hangt zal er rekening gehouden moeten worden met de balans in de container en de gewichtsverdeling van de container zelf. Dit kan gedaan worden door het interieur zo te plaatsen in de container dat het gewicht evenredig is verdeeld.

Bijlage C: Marktonderzoek

Naast het onderzoek van verschillende natuurrampen en de effecten hiervan op de infrastructuur is er ook gekeken naar andere mobiele ziekenhuizen. Hierdoor kan er een beeld verkregen worden van wat er op de markt aanwezig is en wat de unique selling points van het te ontwerpen mobiele ziekenhuis van HMS kunnen zijn. Er zal begonnen worden met een analyse van het Mobiel operationeel geneeskundig operatiekamer systeem van het Nederlands leger, vervolgens zal er gekeken worden naar het mobiele ziekenhuis dat Saab aan het ontwikkelen is voor de Zweedse overheid. Tenslotte zal het systeem dat door Blu-med ontwikkeld is, nog worden behandeld.

MOGOS

Om een beeld te krijgen van het begrip mobiele ziekenhuizen zal voorafgaand aan het onderzoek eerst gekeken worden naar het mobiele ziekenhuis van het leger genaamd MOGOS. MOGOS staat voor mobiel operationeel geneeskundig operatiekamer systeem en bestaat uit 13 containers die aan elkaar gekoppeld kunnen worden.

Het mobiele ziekenhuis bevat onder andere twee operatiekamers, drie intensive-cares, een radiologische container, een ruimte voor het opslaan van materieel, een airconditioninginstallatie, een aggregaat en nog vier koppelcontainers. Echter kan MOGOS uitgebreid worden met verschillende tenten waardoor er ook een spoedeisende hulp en een polikliniek in het mobiele ziekenhuis aanwezig kunnen zijn.

MOGOS genereert haar eigen stroom en binnen het systeem is er ook brandstof aanwezig voor de stroomgenerator. Ook voor de medische apparatuur is er perslucht en er zuurstof voor de beademing van de patiënten. In principe zou het MOGOS binnen twee uur na aankomst op de locatie bedrijfsgeared zijn. (Koninklijke Landmacht, 2012)

Op 18 september 2012 er is een bezoek gebracht aan het mobiele ziekenhuis (MOGOS) van het Nederlands leger en kon deze geanalyseerd worden terwijl het operationeel was. Hieronder zullen de verschillende aspecten die van belang kunnen zijn voor het ontwerpen van de constructie voor de mobiele operatiekamer en transportcontainer. Het MOGOS systeem is inmiddels redelijk gedateerd waardoor er voor bepaalde problemen oorschijnlijk veel apparatuur of materiaal nodig was, echter was het systeem in haar ontwikkelingsstijd enorm revolutionair en state of the art.

Poten

Het MOGOS-systeem staat in zijn geheel op poten om ongelijkheden in het oppervlak op te kunnen vangen. Zodra de container op zijn positie staat worden de poten uitgeklapt en wordt de container automatisch waterpas gesteld. De poten zijn weggewerkt in de zijwanden van de container. Ze worden uitgeklapt doormiddel van een veersysteem waardoor de poten niet onder maar naast de container worden gepositioneerd.

Manier van uitvouwen

Een mogos container wordt op de volgende manier in volume vergroot, ten eerste worden de onderkant en de bovenkant respectievelijk naar boven en naar beneden geklapt. Dit gebeurt nadat de zekeringen, die alles op hun plaats houden, losgekoppeld zijn. De bovenkant wordt automatisch uitgeklapt doormiddel van een gasveer waardoor de gebruiker hier bijna geen kracht voor nodig heeft. De onderkant wordt door een tweetal stangen op haar plaats gefixeerd.

Vervolgens kunnen de zijwanden uitgeklapt worden, dit gebeurt doormiddel van mankracht, twee mensen trekken de wand naar de juiste positie. Omdat de wand op rails staat kost dit niet al te veel kracht. Doordat er uitgevouwen en uitgeklapt wordt ontstaan er kieren in de constructie, en dit komt de isolatie niet ten goede. Binnen het MOGOS-systeem is het probleem van de kieren opgelost doormiddelen van banden die opgeblazen kunnen worden zodra het geheel uitgeklapt is. Deze banden zijn bevestigd in de zijwanden van de constructie.

Materiaal

MOGOS-containers bestaan uit een frame en uit een beplating om gewicht te besparen. Het frame is gemaakt van RVS en is zo ontworpen dat er zo min mogelijk torsie kan optreden tijdens het transport. Voor de beplating is gekozen voor aluminium om gewicht te besparen. In de ruimte tussen de beplating is ervoor gekozen om isolatiemateriaal aan te brengen om zo het klimaat binnen in de container beter te kunnen beheersen. Als materiaal hiervoor is piepschuim gebruikt. Het gewicht van MOGOS ligt zonder inhoud rond de 4000 kg.

Verzekeren tijdens transport

Om ervoor te zorgen dat de constructie niet uitklapt of verschuift tijdens het transport zijn er meerdere zekeringen aangebracht op de container. De meerdere verzekering voorkomen beschadigingen mocht er één zekering kapot gaan tijdens het transport.

Statische electriciteit

Een ander probleem waar tijdens het ontwerpen van MOGOS rekening mee gehouden moest worden was de statische elektriciteit, er mag namelijk in de OK geen electriciteit lekken anders zou de apparatuur overstuurd kunnen raken. Dit is opgelost door het potentiaal van elke afzonderlijke container naar nul te stellen, wat niet hetzelfde is als een aardlek.

Saab field hospital

In opdracht van de Zweedse overheid heeft Saab een mobiel ziekenhuis ontwikkeld. Naast de ontwikkeling van tenten en dergelijke heeft Saab ook onderzoek gedaan naar onderhoud en de situatie in de bestaande niet mobiele ziekenhuizen. Hierdoor kan Saab naast benodigdheden ook onderhoudsdiensten leveren en kan medisch personeel zonder enige nieuwe training aan de slag in het mobiele ziekenhuis.

De NAVO onderscheidt drie verschillende rollen in het bieden van medische noodhulp. Doordat Saab het mobiele ziekenhuis zo heeft ontworpen dat alles modulair is kan het aangepast worden aan de rol die er gespeeld moet worden in het noodgebied. Daarnaast kan er tijdens het gebruik aanpassingen worden gedaan met modules zodat het ziekenhuis kan wisselen van rol.

Het complex bestaat uit een tentensysteem die aan elkaar bevestigd kunnen worden. Om ervoor te zorgen dat het complex onafhankelijk is van externen kan het haar eigen stroom generen en heeft zij ook een eigen watervoorziening. (medical care solutions –flexible field facilities, 2012)

Blu-med field hospital

Naast Saab heeft ook Blu-med een mobiel ziekenhuis ontwikkeld in opdracht van de staat van Californië. Zij hebben een mobiel ziekenhuis ontworpen dat plaats biedt aan 200 patiënten. Dit ziekenhuis is ontwikkeld om binnen 72 uur van notificatie op locatie en operationeel te zijn. Tevens is het mobiele ziekenhuis bedoeld om dienst te doen tijdens natuurrampen, griep-uitbraken of andere rampen.

Elk mobiele ziekenhuis heeft een eigen stroomvoorziening, elektriciteit verspreidingssystemen en bezit gespecialiseerde medische uitrustingen waaronder; Ventilatoren, monitoren, diagnostieke uitrusting en een verplaatsbaar zuurstofmachine. Hierdoor is het mobiele ziekenhuis van Blu-Med compleet zelfvoorzienend. Het ziekenhuis is vervaardigd aan de hand van de CAL EMSA specificaties. Cal EMSA is de medische noodhulp instantie in Californië. (Blu-med, 2010)

Conclusie

Uit al deze informatie kunnen enkele oplossingen meegenomen in het ontwerpproces voor de nieuwe container voor de FOCUS-units. Ten eerste is de manier van uitvouwen een geschikte oplossing voor het volumevergrotingsprobleem. Ook met betrekking tot de problemen rondom naden levert MOGOS een goede oplossingsrichting.

Wat er uit dit onderzoek gehaald kan worden is dat er geen enkel mobiel ziekenhuis binnen 24 uur operationeel is, op dit

punt is FOCUS van Holland Medical Services dus uniek en kan zij een meerwaarde leveren. In vergelijking met de apparatuur van de huidige mobiele ziekenhuis zal FOCUS gebruik gaan maken van veel modernere apparaten hierdoor kan Holland Medical Services betere kwaliteit leveren dan de andere mobiele ziekenhuizen. Tenslotte is het grootste verschil tussen FOCUS en de andere mobiele ziekenhuizen het feit dat HMS ook het medisch personeel levert dat noodhulp zal verlenen in het rampgebied.

Bijlage D: Specificaties luchttransportmiddelen

Lockheed C-130 Hercules

De Lockheed C-130H Hercules wordt ingezet voor het vervoer van personeel en materieel van de krijgsmacht en voor humanitaire hulpvluchten. De Hercules is een middelzwaar transportvliegtuig met een achterlaadklep. Het toestel is daardoor niet afhankelijk van speciale beladingsfaciliteiten op luchthavens.

Specificaties

Gewicht leeg 40.000 kg; maximaal gewicht 70.455 kg

Vliegbereik circa 8100 km

Taken

De Hercules kan opstijgen en landen op zeer primitieve vliegvelden waarbij nauwelijks voorzieningen aanwezig hoeven te zijn. De Lockheed C-130 is een middelzwaar transportvliegtuig dat tot 17.500 kilo over een afstand van circa 7800 kilometer kan vervoeren. Dit is belangrijk bij het uitvoeren van crisisbeheersingsoperaties en het verlenen van humanitaire hulp.

Het vliegtuig kan ook worden ingezet voor evacuatie van gewonden. Met de komst van de Hercules is de bijdrage van de Koninklijke Luchtmacht aan de internationale humanitaire hulpverlening aanzienlijk vergroot. De Nederlandse C-130's kunnen geen andere vliegtuigen in de lucht tanken of zelf worden bijgetankt. De toestellen zijn uitgevoerd in een grijs kleurschema. “

NH-90 TTH

Specificaties

Rotordiameter 16,30 m

Rompgrootte (LxH) 19,56m x 5,30 m

Gewicht 10.000 kg

Vliegbereik 800 km

Kruissnelheid 215 km/u

Maximum snelheid 260 km/u

Motoren 2 RTM-322

Bewapening 2 torpedo's, 1 machinegeweer 7,62 mm

Sensoren HELRAS-sonar; ISAR radar; FLIR (Forward Looking Infra-Red)

Bemanning 3

Maximum gewicht : 4000 kg (NH-Industries , 2012)

Boeing CH-47D Chinook transporthelikopter

“De 11 zware Chinook CH-47D transporthelikopters kunnen grondtroepen snel verplaatsen. Ook vervoeren ze wapens, materieel, proviand en andere voorraden. Het laden en lossen gebeurt snel via de laaddeur aan de achterzijde. Grotere vrachten worden onder de romp vastgehaakt.

Specificaties

Gewicht leeg 11.151 kg; maximaal 24.494 kg

Snelheid maximaal 315 km/uur

Vliegbereik referentie missie 250 km (minimaal vereist, dit is de heen- en terugafstand), zonder nuttige belasting 324 km. Het vliegbereik is ook afhankelijk van het gebruik van extra brandstoftanks in de cabine.

Brandstof maximaal 3822 liter in meerdere brandstoftanks (wanneer het maximum aan brandstof wordt meegenomen kan circa 10.200 kg lading worden vervoerd). Met extra tanks in de cabine kan de brandstofcapaciteit vergroot worden met circa 2800 liter.

Lading extern onder de heli kan met behulp van 3 haken ook vracht worden vervoerd. Zowel de voorste als de achterste cargo-hook kan worden belast met maximaal 9.072 kg. De centrale cargo-hook kan maximaal 12.700 kg dragen (het totale gewicht zowel intern als extern inclusief brandstof mag niet meer zijn dan 13.343 kg) “
(Koninklijke Luchtmacht, 2012)

Luchtwaardigheidscertificaat

Om te mogen vliegen met de transportcontainers zal er een luchtwaardigheidscertificaat moeten worden verkregen.
(Amendment of regulation, 2007)

Bijlage E: Materiaaleigenschappen CES Edupack 2012

Epoxy SMC (carbon fiber)

Composition detail (polymers and natural materials)

Polymer *	50	-	85	%
Carbon (fiber) *	15	-	50	%

Mechanical properties

Young's modulus	69	-	150	GPa
Compressive modulus *	69	-	150	GPa
Flexural modulus	33.5	-	35.2	GPa
Shear modulus *	27.8	-	60.5	GPa
Bulk modulus *	63.4	-	66.6	GPa
Poisson's ratio	0.219	-	0.266	
Shape factor	22			
Yield strength (elastic limit) *	221	-	276	MPa
Tensile strength	276	-	345	MPa
Compressive strength	207	-	276	MPa
Flexural strength (modulus of rupture)	517	-	655	MPa
Elongation	0.5	-	2	% strain
Hardness - Vickers *	66.2	-	82.8	HV
Hardness - Rockwell R *	130	-	135	
Fatigue strength at 10 ⁷ cycles *	109	-	142	MPa
Fracture toughness *	9.45	-	28.4	MPa.m ^{0.5}
Mechanical loss coefficient (tan delta)*	0.0012	-	0.00206	

Durability:	flammability
Flammability	Self-extinguishing
Durability:	fluids and sunlight
Water (fresh)	Excellent
Water (salt)	Excellent
Weak acids	Acceptable
Strong acids	Unacceptable
Weak alkalis	Limited use
Strong alkalis	Excellent
Organic solvents	Limited use
UV radiation (sunlight)	Good
Oxidation at 500C	Unacceptable

Kevlar 29 aramid fiber

Composition detail (polymers and natural materials)

Polymer	100	%
---------	-----	---

Mechanical properties

Young's modulus	62	-	80	GPa
Flexural modulus *	62	-	80	GPa
Shear modulus *	1	-	1.3	GPa
Bulk modulus	68	-	88	GPa
Poisson's ratio	0.35	-	0.37	
Shape factor	1			
Yield strength (elastic limit) *	2.5e3	-	3e3	MPa
Tensile strength	2.9e3	-	3.6e3	MPa
Compressive strength *	200	-	300	MPa
Flexural strength (modulus of rupture) *	2.5e3	-	3e3	MPa
Elongation	2.5	-	4.4	% strain
Hardness - Vickers *	25	-	30	HV
Fatigue strength at 10 ⁷ cycles *	2.5e3	-	3e3	MPa
Fracture toughness *	2	-	4	MPa.m ^{0.5}
Mechanical loss coefficient (tan delta) *	0.008	-	0.01	

Durability:	flammability
Flammability	Highly flammable
Durability:	fluids and sunlight
Water (fresh)	Acceptable
Water (salt)	Acceptable
Weak acids	Limited use
Strong acids	Unacceptable
Weak alkalis	Acceptable
Strong alkalis	Acceptable
Organic solvents	Limited use
UV radiation (sunlight)	Fair
Oxidation at 500C	Unacceptable

Epoxy/HS carbon fiber, UD composite, 0° lamina

Composition detail (polymers and natural materials)

Polymer	30	-	35	%
Carbon (fiber)	65	-	70	%

Mechanical properties

Young's modulus	129	-	154	GPa
Compressive modulus	123	-	131	GPa
Flexural modulus	129	-	156	GPa
Shear modulus	3.74	-	6.3	GPa
Bulk modulus *	9.09	-	12.2	GPa
Poisson's ratio	0.32	-	0.34	
Shape factor	7			
Yield strength (elastic limit)	1.74e3	-	2.17e3	MPa
Tensile strength	1.74e3	-	2.17e3	MPa
Compressive strength	1.41e3	-	1.69e3	MPa
Flexural strength (modulus of rupture)	1.74e3	-	2.17e3	MPa
Elongation	1.2	-	1.4	% strain
Hardness - Vickers *	10.8	-	21.5	HV
Hardness - Rockwell M *	80	-	110	
Hardness - Rockwell R *	117	-	129	
Fatigue strength at 10 ⁷ cycles *	959	-	1.41e3	MPa
Fracture toughness *	10.8	-	82.6	MPa.m ^{0.5}
Mechanical loss coefficient (tan delta) *	0.0014	-	0.0033	

Durability:	flammability
Flammability	Slow-burning
Durability:	fluids and sunlight
Water (fresh)	Excellent
Water (salt)	Excellent
Weak acids	Acceptable
Strong acids	Unacceptable
Weak alkalis	Limited use
Strong alkalis	Excellent
Organic solvents	Limited use
UV radiation (sunlight)	Good
Oxidation at 500C	Unacceptable

Alumina (translucent)

Composition detail (metals, ceramics and glasses)

Al ₂ O ₃ (alumina)	99.9	%
MgO (magnesia)	0.1	%

Mechanical properties

Young's modulus	387	-	399	GPa
Flexural modulus *	387	-	399	GPa
Shear modulus	157	-	165	GPa
Bulk modulus	245	-	257	GPa
Poisson's ratio	0.22	-	0.24	
Shape factor	15			
Yield strength (elastic limit) *	240	-	336	MPa
Tensile strength *	240	-	336	MPa
Compressive strength *	2.7e3	-	3.8e3	MPa
Flexural strength (modulus of rupture)	200	-	280	MPa
Elongation *	0.06	-	0.09	% strain
Hardness - Vickers	1.75e3	-	1.95e3	HV
Fatigue strength at 10 ⁷ cycles *	230	-	268	MPa
Fracture toughness	4	-	5	MPa.m ^{0.5}
Mechanical loss coefficient (tan delta) *	1e-5	-	2e-5	

Transparency Transparent

Durability:	flammability
Flammability	Non-flammable
Durability:	fluids and sunlight
Water (fresh)	Excellent
Water (salt)	Excellent
Weak acids	Excellent
Strong acids	Excellent
Weak alkalis	Excellent
Strong alkalis	Excellent
Organic solvents	Excellent
UV radiation (sunlight)	Excellent
Oxidation at 500C	Excellent
Halogens	Acceptable
Metals	Acceptable

Cyanate ester/HM carbon fiber, UD composite, 0° lamina

Composition detail (polymers and natural materials)

Polymer	30	-	40	%
Carbon (fiber)	60	-	70	%

Mechanical properties

Young's modulus			299	-	376	GPa
Flexural modulus			299	-	376	GPa
Shear modulus			4.69	-	5.17	GPa
Bulk modulus *			42.3	-	46.4	GPa
Poisson's ratio			0.17	-	0.25	
Shape factor			12.3			
Yield strength (elastic limit) *			1.89e3	-	2.53e3	MPa
Tensile strength			1.89e3	-	2.53e3	MPa
Compressive strength			462	-	1.12e3	MPa
Flexural strength (modulus of rupture) *			1.89e3	-	2.53e3	MPa
Elongation *			0.5	-	0.85	% strain
Hardness - Vickers *			10.5	-	21.5	HV
Fatigue strength at 10 ⁷ cycles			1.04e3	-	1.65e3	MPa
Fracture toughness *			12.8	-	200	MPa.m ^{0.5}
Mechanical loss coefficient (tan delta) *			0.0014	-	0.0033	

Durability:	flammability
Flammability	Non-flammable
Durability:	fluids and sunlight
Water (fresh)	Excellent
Water (salt)	Excellent
Weak acids	Excellent
Strong acids	Limited use
Weak alkalis	Excellent
Strong alkalis	Excellent
Organic solvents	Acceptable
UV radiation (sunlight)	Good
Oxidation at 500C	Unacceptable

Bijlage F: Basiskwaliteitseisen

Voor een CSA zijn op het niveau van de condities de volgende basiskwaliteitseisen van toepassing:

- een mechanisch ventilatie- en luchtbehandelingssysteem inclusief controleapparatuur op de goede werking ervan, is noodzakelijk om in de diverse ruimten de vereiste luchtkwaliteit te kunnen handhaven. Door middel van drukhiërarchie in de verschillende ruimten kan een gewenste luchtstromingsrichting in stand worden gehouden. Het ventilatiesysteem moet met 100% buitenlucht werken, ongeacht het buitenklimaat. Als de CSA niet in gebruik is, mag de luchttoevoer en -afvoer worden verminderd, mits de vereiste richting van de luchtstromingen gehandhaafd blijft;
- een voor de medewerkers aanvaardbaar klimaat is door de vele apparatuur in de CSA, die zowel een warmtebelasting als een vochtbelasting in de ruimten veroorzaakt, noodzakelijk. Lokale afzuiging van vrijkomende warmte en het terugkoelen en ontvochtigen in een recirculerend systeem is noodzakelijk. Daardoor zal het ventilatievoud tussen 6 en 10 uitkomen;
- de relatieve vochtigheid moet in alle productie- en opslagruimten tussen 50 en 75% liggen;
- in reinigings-/desinfectieruimten waar aerosolen of andere schadelijke dampen van desinfectantia kunnen vrijkomen en in pakketteerruimten waar sealapparatuur is opgesteld en waar schadelijke dampen kunnen ontstaan, wordt locale afzuiging (bijv. afzuigkasten) toegepast;
- in de ruimten voor inpakken, ontladen en opslaan moet de kwaliteit van het eindfilter overeenkomen met minimaal 95% DOP-test (klasse 100.000). De eindfilters worden zo dicht mogelijk bij de uitblaasroosters aangebracht. De filterspecificatie ten behoeve van de mechanische ventilatie van de overige ruimten moet zijn volgens 80% Dustspot;
- in de pakketteerruimte, het magazijn steriele materialen en de direct daarmee in verbinding staande ruimten mogen geen watertappunten en geen afvoer aanwezig zijn;
- de kwaliteit van de stoom die voor sterilisatie of desinfectie wordt toegepast, moet voldoen aan de eisen zoals vastgelegd in EN 285;
- perslucht voor het eventueel droogblazen van instrumenten en voor de voeding van apparatuur moet aan dezelfde eisen voldoen als de lucht afkomstig van het systeem van de medische gassen. Overwogen moet worden om voor het doorblazen van instrumentarium, in verband met de daarbij vrijkomende aerosolen en geluidsbelasting, een afgescheiden ruimte te creëren, direct bij de ontladingsruimte van wasmachines/desinfectoren;
- de afwerking van de ruimten moet zodanig zijn, dat kan worden voldaan aan de vereiste reinheids- en veiligheidseisen. Dit houdt in dat wanden, vloeren, plafonds en verlichtingsarmaturen zodanig uitgevoerd zijn, dat deze geen stof produceren, bestand zijn tegen natte schoonmaakmethoden en desinfectiemiddelen en op praktische wijze voor reiniging bereikbaar zijn.

Bijlage G: Verklarende woordenlijst

NH-90

Transporthelicopter gebruikt door het Nederlands leger.

Boeing CH 47D

Chinook gebruikt door het Nederlands leger.

Young Modulus of E-Modulus

Is een maat voor de stijfheid/starheid van een materiaal.

Yield strength

Het limiet waarbij een materiaal in plaats van elastisch, blijvend gaat vervormen.

Hardheid

Is een maat voor de weerstand tegen blijvende mechanische vervorming.

Thermische geleiding

Geeft aan in hoeverre een materiaal warmte kan geleiden.

Electrische geleiding

Geeft aan in hoeverre een materiaal stroom kan geleiden.