

## Keeper ontwerp

***Citation for published version (APA):***

Bekdemir, C. (2006). *Keeper ontwerp*. (DCT rapporten; Vol. 2006.052). Technische Universiteit Eindhoven.

***Document status and date:***

Published: 01/01/2006

***Document Version:***

Publisher's PDF, also known as Version of Record (includes final page, issue and volume numbers)

***Please check the document version of this publication:***

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

***General rights***

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

[www.tue.nl/taverne](http://www.tue.nl/taverne)

***Take down policy***

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

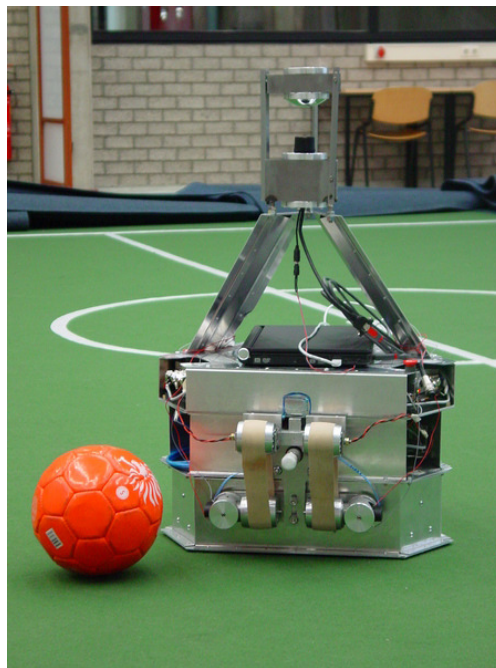
[openaccess@tue.nl](mailto:openaccess@tue.nl)

providing details and we will investigate your claim.



Bachelor Eindproject

# Keeper ontwerp



DCT nummer: 2006.052

Begeleiders:  
dr. ir. René van de Molengraft  
ir. Christian Werner

Cemil Bekdemir

Eindhoven, 19 mei 2006

## Inhoudsopgave

Hoofdstuk	Pagina
<b>1. Inleiding</b> .....	2
<b>2. Eisen</b> .....	3
2.1 Robocup regels .....	3
2.2 Aanvullende eisen .....	4
<b>3. Basis concepten</b> .....	6
<b>4. Ontwerp in detail</b> .....	12
4.1 Slede en geleiding .....	13
4.2 Arm .....	18
4.3 Aandrijving .....	22
4.4 Totaal ontwerp .....	24
<b>5. Toekomstig werk</b> .....	29
<b>6. Conclusie</b> .....	31
 Bronvermelding .....	 32
Bijlage A Symbolenlijst .....	33
Bijlage B Enkele Robocup regels 2005/2006 .....	34
Bijlage C Tekeningen arm .....	36
Bijlage D Tekeningen slede .....	37
Bijlage E Tekeningen geleiding .....	38

## **1. Inleiding**

Robots van Techunited zijn ontworpen om te kunnen spelen in de middle size league van Robocup. Net als bij de meeste teams in de middle size klasse zijn deze robots, mechanisch gezien, ontworpen om zowel als veldspelers als keeper te dienen. Aangezien een keeper functionele verschillen heeft ten opzichte van een veldspeler, zoals het kunnen stoppen van een bal, had Techunited de behoefte om nader aandacht te besteden aan een extra voorziening voor de keeper.

De opdracht is dan ook het ontwerpen van zo een voorziening in de vorm van een mechanisme waarmee de keeper zich als het ware groot kan maken, om op die manier de kans op een tegendoelpunt te verkleinen. Hierbij moet natuurlijk rekening worden gehouden met de regels die gelden in de middle size league, maar ook met onder andere de snelheid waarmee een bal geschoten kan worden, responsiesnelheid van het mechanisme en de complexiteit van het ontwerp.

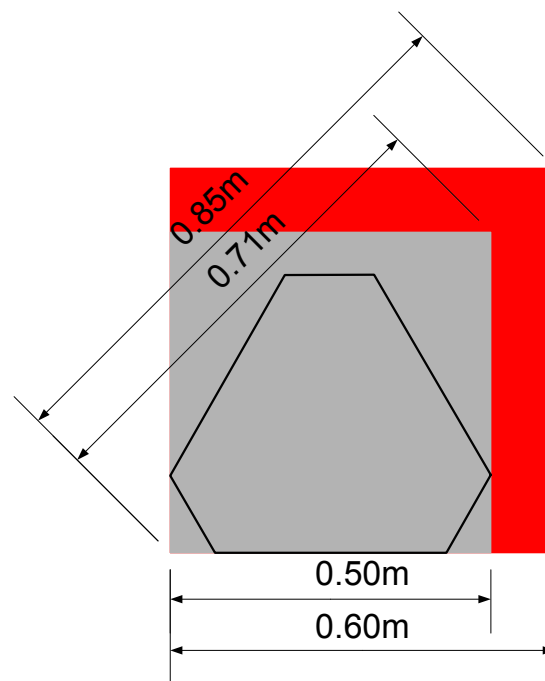
Eerst wordt in hoofdstuk 2 bekeken wat de mogelijkheden zijn binnen de door Robocup gestelde regels. Daarna zullen een aantal kwalitatieve en kwantitatieve eisen in meer detail besproken worden. Vervolgens worden in hoofdstuk 3 een aantal basis concepten beschouwd die aan de eisen worden getoetst. Één van deze basis concepten zal gekozen worden om verder uit te werken in hoofdstuk 4. Daarin wordt het concept gesplitst in drie deelproblemen die allemaal apart uitgewerkt zullen worden om vervolgens bij elkaar te komen tot een geheel ontwerp. Tot slot wordt in hoofdstuk 5 opgesomd wat nog gedaan moet worden voordat het ontwerp wordt gerealiseerd.

## 2. Eisen

In dit hoofdstuk worden eisen geformuleerd waar het ontwerp aan moet voldoen. Het belangrijkste is dat alles volgens de regels van Robocup gebeurt. Daarnaast worden een aantal aanvullende eisen gesteld aan het ontwerp.

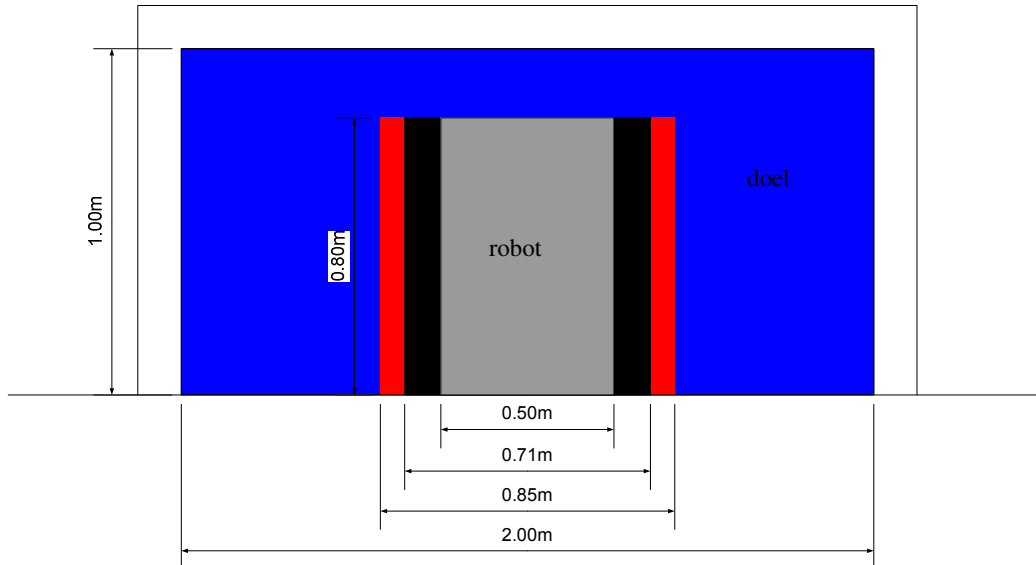
### 2.1 Robocup regels

De regels (Middle Size Robot League Rules and Regulations for 2005 [2]) die van belang zijn voor het ontwerp staan in bijlage B. Uit die regels volgt onder andere dat de robot, in het merendeel van de tijd, in een vierkant grondoppervlak van 500 mm x 500 mm moet passen. Maar zo nu en dan mag dat oppervlak 600 mm x 600 mm groot worden. Verder mag de robot maximaal 800 mm hoog worden en een maximum massa van 40 kg hebben.



Figuur 2.1: Bovenaanzicht robot in de toegestane oppervlakken.

In figuur 2.1 is het bovenaanzicht van het platform getekend in de oppervlakken die genoemd worden in de regels. De diagonalen van de toegestane maximale oppervlakken zijn ook aangegeven, dit is van belang voor een zo groot mogelijk frontaal oppervlak van de keeper. De frontale oppervlakken zijn samen met het vooraanzicht van het doel getekend in figuur 2.2. Uit de figuur blijkt dat het maximaal mogelijke frontale oppervlak van de keeper 800 mm x 850 mm (afgerond) is.



Figuur 2.2: Vooraanzicht van doel en robot.

## 2.2 Aanvullende eisen

In het voorgaande stuk zijn Robocup regels opgesomd waar de robot aan moet voldoen. Hier zullen een aantal aanvullende eisen worden geformuleerd.

### *Sterkte*

Ten eerste moet het ontwerp sterk genoeg zijn om een schot op doel tegen te kunnen houden. Op dit moment zijn er teams die een bal met een snelheid van 8 m/s kunnen schieten. Rekening houdend met mogelijk verdere ontwikkelingen zal het stoppen van een bal met een snelheid van 10 m/s als sterkte eis worden gesteld.

### *Complexiteit*

Het uitgangspunt was één basis robot voor zowel veldspelers als keeper. Voor flexibiliteit tijdens toernooien is het gewenst om op elk moment een reserve robot of een veldspeler als keeper in te zetten, of andersom. In dit geval vergt het niet alleen softwarematige maar ook mechanische aanpassingen, want de extra voorziening wordt alleen op de keeper gemonteerd. Dit houdt in dat het mechanisme relatief eenvoudig te (de)monteren moet zijn.

### *Snelheid*

In overleg binnen het team is bepaald dat de keeper snel genoeg moet kunnen reageren om een bal van bijvoorbeeld een snelheid van 5 m/s van een afstand van 3 m ( $8 \text{ m} \leq \text{veldlengte} \leq 16 \text{ m}$  [2]) te kunnen stoppen. Dit komt neer op een responsietijd van het mechanisme van 0,6 s.

Een indicatie voor de responsiesnelheid is de massa van het mechanisme. Hoe lichter het mechanisme, hoe sneller het systeem. Aan de andere kant is een licht ontwerp ook gunstig voor de totale massa van de robot, die zoals eerder vermeld niet meer dan 40 kg mag worden.

Een andere indicatie voor de responsiesnelheid is de slag van het mechanisme. Hoe kleiner de slag die uitgevoerd moet worden, hoe sneller het systeem.

### *Effectiviteit*

De effectiviteit wordt gedefinieerd als het oppervlak van het doel dat gedekt wordt door het frontale oppervlak van de keeper. Voor de verschillende gevallen in figuur 2.2 is dit in tabel 2.1 uitgerekend. Hierin is aangenomen dat de maximale hoogte van de robot van 800 mm benut wordt. In de tabel is te zien dat door de diagonaal in het 500 mm x 500 mm grondoppervlak te benutten, de effectiviteit, van 20% in de basisconfiguratie, naar 28% gaat. Hiervoor is geen bewegend mechanisme nodig, omdat de diagonaal niet buiten de 500 mm x 500 mm grondoppervlak komt. Voor de maximale effectiviteit van 34% is echter wel een mechanisme nodig.

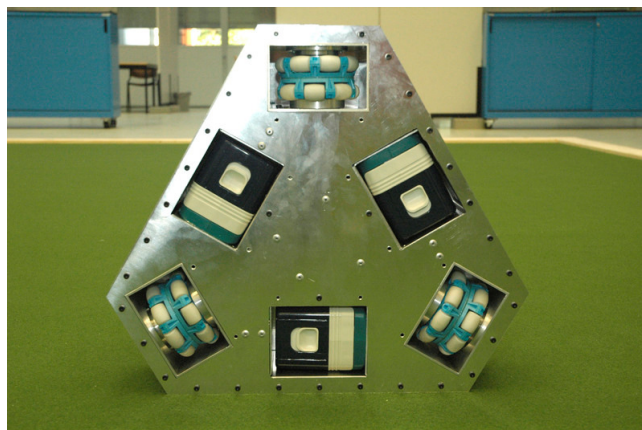
Tabel 2.1: Verschillende configuraties met bijbehorende effectiviteiten. Waarden zijn afgerond.

<i>Configuratie</i>	<i>Frontaal oppervlak</i>	<i>Effectiviteit</i>
basisconfiguratie	800 mm x 500 mm	20%
diagonaal in 500 mm x 500 mm	800 mm x 710 mm	28%
diagonaal in 600 mm x 600 mm	800 mm x 850 mm	34%

De effectiviteit zou vanzelfsprekend zo groot mogelijk moeten worden. Daarbij zal waarschijnlijk de massa en de sterkte van het mechanisme een beperkende factor zijn, want hoe groter het frontale oppervlak moeten worden, hoe groter het bewegende deel van het systeem wordt. Ook zal de massa toenemen om aan het sterkte eis te kunnen voldoen. Daar komt bij dat een grotere massa de responsiesnelheid niet ten goede komt.

### *Huidig robotontwerp*

De robots bestaan op het moment uit een platform waarin de accu's en de wielen zijn gemonteerd, zie figuur 2.3. Op dat platform komen nog een schietmechanisme, een laptop, een camera en andere elektronica. Het is dus niet gewenst dat een mechanisme dat soort belangrijke onderdelen in de weg gaat zitten.



Figuur 2.3: Prototype I; platform met geïntegreerde wielen en accu's.

Samengevat komt het erop neer dat er licht en stijf ontworpen moet worden [4], en tegelijkertijd de eenvoud (in gebruik), de effectiviteit en het huidige robotontwerp niet uit het oog verloren mogen worden.

### 3. Basis concepten

De lijst met ideeën voor een extra voorziening voor de keeper kan heel lang worden. Op deze lijst staan echter ook exotische ideeën als hydraulische systemen, airbags, uitwerpen van netten enzovoort. Al dit soort ontwerpen zouden Robocup regels overtreden, te complex zijn, veel vermogen van de accu's eisen en/of een te grote massa met zich meebrengen. Daarom zal hieronder een vijftal basis concepten bekeken worden die, gegeven de randvoorwaarden, realistischer zijn. Maar eerst worden keepers van andere teams beschouwd. Bij de beoordeling van de concepten worden onder meer de geformuleerde eisen van hoofdstuk 2 gehanteerd. Op het eind zal aan de hand van een vergelijkende tabel het concept met de grootste potentie worden gekozen.

#### *Andere teams*

De meeste teams in de middle size league van Robocup hebben geen speciaal ontworpen keeper. Als er al verschillen zijn met een veldspeler, dan is dat een rek die op de robot is bevestigd om een groot mogelijk deel van het doel af te dekken. Op die manier wordt de effectiviteit vergroot, maar dat gebeurt passief. Het betreft immers geen mechanisme die op de bal reageert. In figuur 3.1 is de keeper van het Duitse team Tribots te zien die gebruik maakt van een metalen rek [9].

Het Iranese team SharifCESR heeft ook een ontwerp gemaakt voor een actieve keeper, die een responsietijd van 0,1 s zou hebben [6]. Met het zelfde mechanisme zou tegelijkertijd ook geschoten kunnen worden. Maar de reden dat een dergelijk ontwerp in het geval van Techunited niet volstaat, komt door het feit dat die keeper een volledig eigen ontwerp heeft, dus niet gebaseerd is op een standaard veldspeler ontwerp.

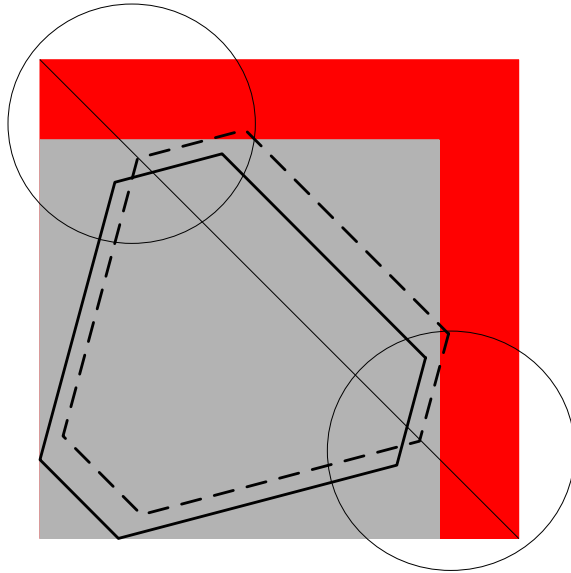


Figuur 3.1: Keeper met rek. Team: Tribots [9].

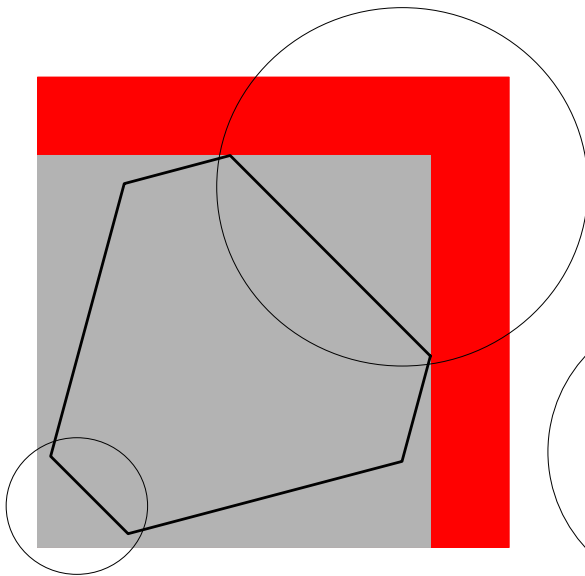


### *Mogelijke oriëntaties*

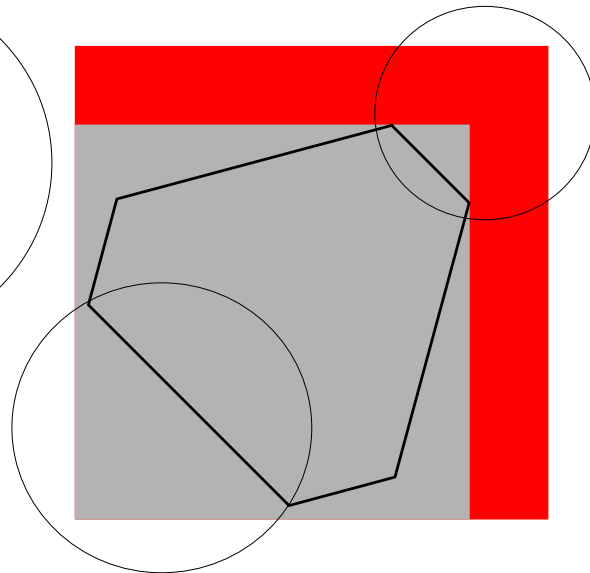
Voordat de basis concepten bekeken worden, zal een drietal oriëntatiemogelijkheden worden beschouwd. De robot in figuur 2.1 past op verschillende manieren in het grijze oppervlak. In de figuren 3.2 tot en met 3.4 zijn een aantal mogelijke oriëntaties van de robot in het grijze oppervlak getekend. De cirkels geven de plaatsen aan waar een mechanisme zijn werk het effectiefst kan doen door de grootste diagonaal te gebruiken. De concepten 1, 2, 4 en 5 zijn gebaseerd op oriëntatie 1 en concept 3 is gebaseerd op oriëntatie 3. Oriëntatie 2 wordt niet verder uitgewerkt omdat een mechanisme daar ver van het zwaartepunt van de robot zou moeten werken.



Figuur 3.2: Mogelijke oriëntatie 1



Figuur 3.3: Mogelijke oriëntatie 2

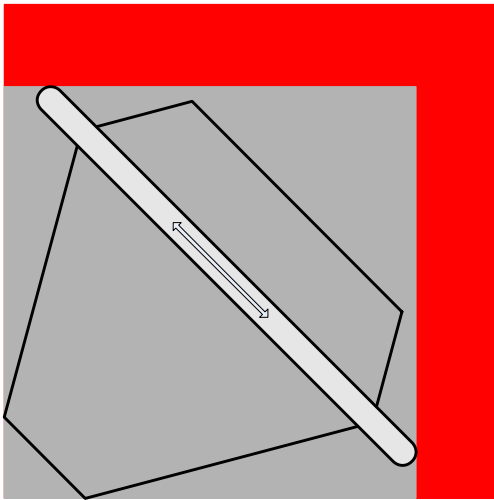


Figuur 3.4: Mogelijke oriëntatie 3

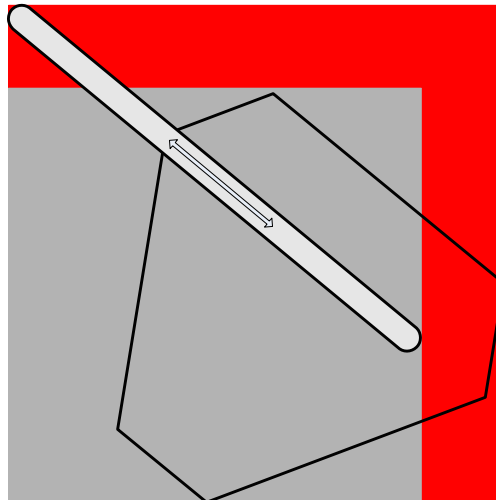
### *Concept 1*

In de figuren 3.5 en 3.6 is een schematische tekening van het eerste concept te zien. De ruststand wordt in figuur 3.5 afgebeeld en de keeper in actie staat in figuur 3.6. Het is te zien dat een soort arm links en rechts kan bewegen. De lengte van de arm is zo gekozen dat in rust de diagonaal van het grijze oppervlak (500 mm x 500 mm) zo veel mogelijk wordt gevuld.

Dit concept heeft een relatief grote slag een lage effectiviteit en waarschijnlijk een grote massa. Een ander nadeel is het gebruik van de ruimte op de robot. Op het platform, waarin de accu's en de wielen zijn gemonteerd, komen nog een schietmechanisme, laptop, camera en andere elektronica. Kortom, een arm die op of over de robot beweegt is niet gewenst.



Figuur 3.5: Concept 1 in rust.

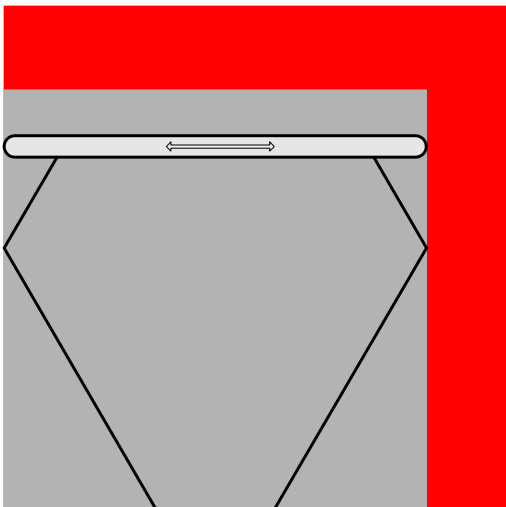


Figuur 3.6: Concept 1 in actie.

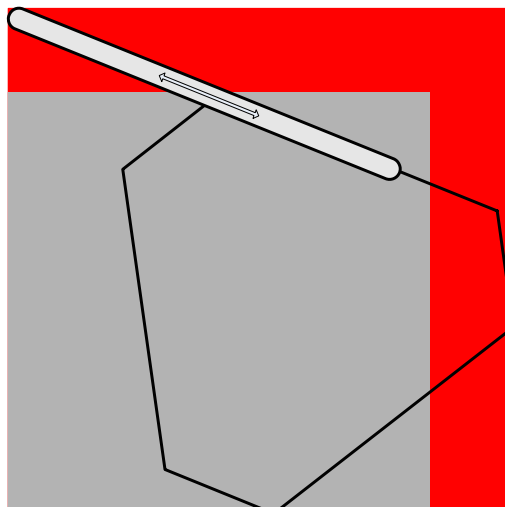
### *Concept 2*

In de figuren 3.7 en 3.8 is een schematische tekening van het tweede concept te zien. De ruststand wordt in figuur 3.7 afgebeeld en de keeper in actie staat in figuur 3.8. Net als bij concept 1 kan een arm links en rechts bewegen, maar nu aan de voorkant van de robot.

Vergeleken met concept 1 heeft dit concept een nog grotere slag, en een nog lagere effectiviteit, maar de arm beweegt nu voor de robot waardoor geen probleem met ruimtegebrek op de robot ontstaat. Omdat nu de arm korter is dan bij concept 1, zal de massa wel minder zijn.



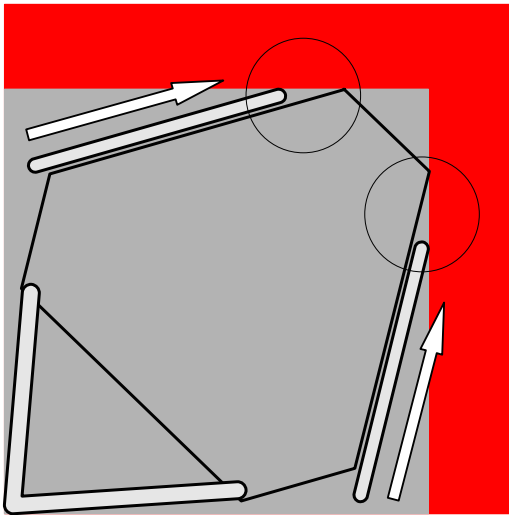
Figuur 3.7: Concept 2 in rust.



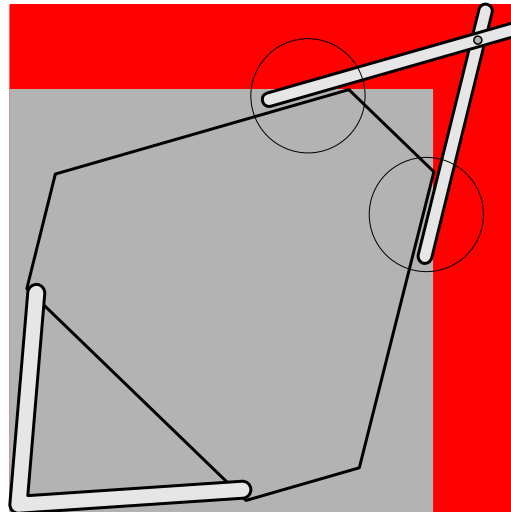
Figuur 3.8: Concept 2 in actie.

### Concept 3

In de figuren 3.9 en 3.10 is een schematische tekening van het derde concept te zien. De ruststand wordt in figuur 3.9 afgebeeld en de keeper in actie staat in figuur 3.10. Linksonder in de figuren is een V-vormige constructie aan de robot bevestigd. Deze constructie kan niet bewegen ten opzichte van de robot. De twee armen aan de lange zijden van de robot vormen samen een mechanisme dat kan 'sluiten' om zo een relatief stijve constructie te vormen dat de botsing met de bal moet kunnen weerstaan. Dit concept heeft bijna de grootst haalbare effectiviteit. Daar tegenover staat dat een grote slag moet worden gemaakt om dit te realiseren. Ook in rust is de effectiviteit groot. Een nadeel is dat twee bewegende delen moeten samenwerken om constructief een stijf geheel te vormen. Hierdoor is het niet mogelijk om een bal op te vangen zonder de slag helemaal af te maken of in het geval één arm niet meer functioneert. Tenslotte is een arm met enige dikte, die bijvoorbeeld loopt door een geleiding, niet haalbaar vanwege de beperkte ruimte tot waar de geleiding bevestigd kan worden. De beperkte ruimte is in beide figuren aangegeven met een cirkel.



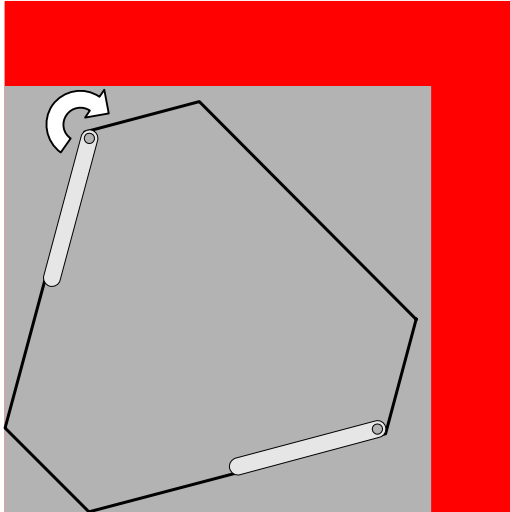
Figuur 3.9: Concept 3 in rust.



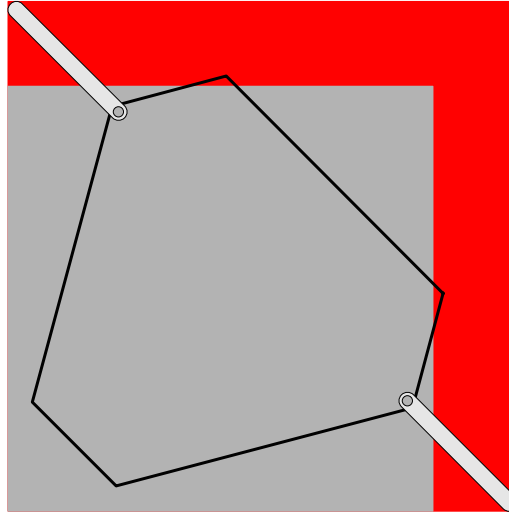
Figuur 3.10: Concept 3 in actie.

### Concept 4

In de figuren 3.11 en 3.12 is een schematische tekening van het vierde concept te zien. De ruststand wordt in figuur 3.11 afgebeeld en de keeper in actie staat in figuur 3.12. Het is te zien dat twee armen, afzonderlijk van elkaar, kunnen opendraaien. Dit concept heeft de grootst mogelijke effectiviteit en een kleinere slag dan de voorgaande 3 concepten. De botskracht van de bal op de arm wordt opgevangen in het draaipunt van de arm, dus zou al bij een geringe balsnelheid een groot moment geleverd moeten worden om te voorkomen dat de bal doorschiet. Daar komt bij dat de arm zelf sterk genoeg moet zijn waardoor de massa toe kan nemen en zo de draaibaarheid verder bemoeilijkt wordt.



Figuur 3.11: Concept 4 in rust.

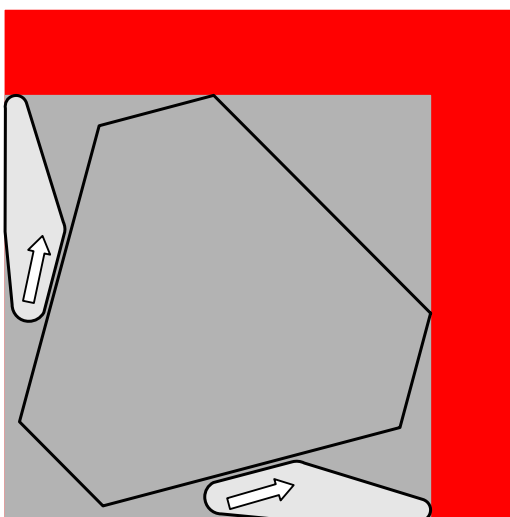


Figuur 3.12: Concept 4 in actie.

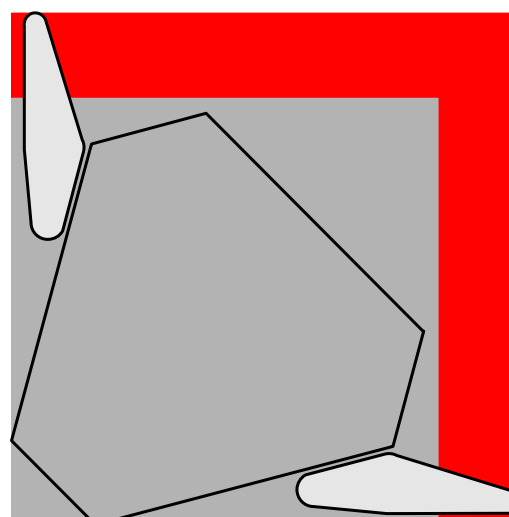
### Concept 5

In de figuren 3.13 en 3.14 is een schematische tekening van het vijfde concept te zien. De ruststand wordt in figuur 3.13 afgebeeld en de keeper in actie staat in figuur 3.14. Het is te zien dat de twee armen, afzonderlijk van elkaar, naar voren en naar achteren kunnen bewegen langs de zijkanten van de robot.

Bij dit concept is de effectiviteit in rust het grootst en in actie, met 33%, bijna het grootst. De slag is het kleinst vergeleken met de voorgaande concepten. Wat betreft de massa lijkt het alsof dit idee in het nadeel is, maar de armen kunnen door de driehoekige vorm relatief licht uitgevoerd worden zonder veel in te boeten voor de sterkte.



Figuur 3.13: Concept 5 in rust.



Figuur 3.14: Concept 5 in actie.

### *Vergelijking concepten*

Nu alle concepten kort zijn behandeld, kunnen alle voor- en nadelen in een tabel samengevat worden. Dit is gedaan in tabel 3.1, waarin alle waarden zijn afgerond. De kolom met richting geeft aan hoe het betreffende criterium beoordeeld kan worden. Een positieve richting betekent, hoe groter hoe beter en een negatieve richting betekent, hoe kleiner hoe beter.

Het criterium massa is kwalitatief gerangschikt door plussen toe te kennen, waarbij veel plussen staat voor een zwaarder ontwerp. Uiteraard zijn dat verwachtingen, want in dit stadium is een nauwkeurigere massaschatting niet relevant. Criterium sterkte is niet apart in de tabel opgenomen, omdat elk ontwerp sterk genoeg gemaakt kan worden, dus zit de sterkteschatting indirect in de verwachting van de massa.

Tabel 3.1: Vergelijking tussen concepten. Waarden zijn afgerond.

<i>Criteria</i>	<i>Concept 1</i>	<i>Concept 2</i>	<i>Concept 3</i>	<i>Concept 4</i>	<i>Concept 5</i>	<i>Richting</i>
effectiviteit in rust	25,5%	20%	25,5%	20%	28,5%	+
effectiviteit in actie	29,5%	28%	33%	34%	33%	+
slag	170 mm	190 mm	280 mm	140 mm	125 mm	-
massa	+++	++	+++	++	+	-

Uit tabel 3.1 blijkt nogmaals dat concept 5 op alle punten goed scoort. Samen met andere aspecten die in de tekst genoemd zijn, blijft concept 5 als beste alternatief over.

#### 4. Ontwerp in detail

Het basis concept dat in hoofdstuk 3 als beste werd gekozen (concept 5), zal hier verder uitgewerkt worden. Bepaalde keuzes die hierbij gemaakt zijn, zullen kort worden toegelicht. Het ontwerp wordt in drie delen behandeld. Dit is gedaan om het ontwerpproces overzichtelijker te maken, maar ook omdat de verschillende delen los van elkaar gezien kunnen worden. Ten eerste bestaat er een arm dat het contactonderdeel van het mechanisme met de bal vormt. Die arm wordt bevestigd op een slede die heen en weer kan bewegen over een geleiding. Tenslotte is er een aandrijving die de slede met daarop de arm voortbeweegt. Maar allereerst wordt een schatting gemaakt van de kracht die door de bal op de robot wordt uitgeoefend tijdens een botsing.

##### *Botskracht*

Om later iets te kunnen zeggen over de sterkte van het ontwerp, zal nu een schatting van de botskracht van de bal op de robot worden gemaakt. Hierbij wordt verondersteld dat de stijfheid van de robot veel groter is dan de stijfheid van de bal en dat alleen de snelheid van de bal invloed heeft op de botskracht (de robot staat stil). Vanwege een star verondersteld mechanisme en uitgaande van een maximaal toegestane balmassa zal de schatting een absolute bovengrens zijn. Pogingen om met een gemeten balstijfheid de botskracht, met behulp van vergelijking 4.1 [4], uit te rekenen zijn mislukt.

$$F_{bots} = (v \cdot \sqrt{m \cdot k})_{bal} \quad (4.1)$$

waarin:

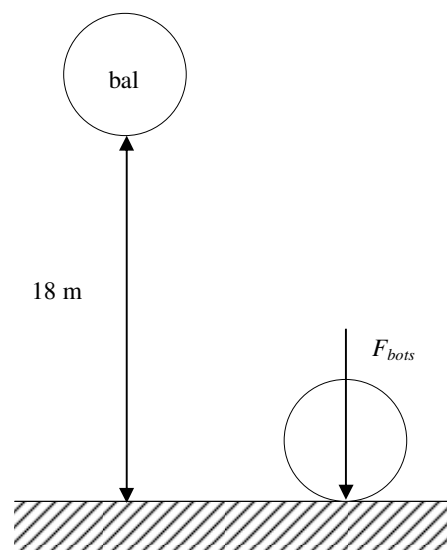
$$F_{bots} = \text{botskracht}[N]$$

$$v = \text{snelheid}[m/s]$$

$$m = \text{massa}[kg]$$

$$k = \text{stijfheid}[N/m]$$

Uit directe krachtmetingen kan echter wel een schatting worden gemaakt van de stijfheid. De metingen zijn gedaan met een voetbal die van een hoogte van 18 m (botssnelheid: 18,8 m/s) op een starre vloer viel [1], dit is in figuur 4.1 schematisch afgebeeld. De gemeten botskracht was 912 N. Door dit gegeven in te vullen in vergelijking 4.1 wordt de balstijfheid 5200 N/m. Bij een constant veronderstelde stijfheid en het feit dat de massa van een voetbal maximaal 0,45 kg mag zijn kan nu voor een snelheidseis van 10 m/s een bijbehorende botskracht uitgerekend worden. De botskracht is dan 490 N.



Figuur 4.1: Schematische voorstelling botskracht

## 4.1 Slede en geleiding

Hier zal eerst gekeken worden naar bestaande systemen die te koop zijn. Als blijkt dat die niet voldoen, zal een eigen ontwerp worden gemaakt. Eerst wordt de slede (volgens het principe van statisch bepaald construeren [4]) behandeld. Daarna worden bepaalde onderdelen van de slede verder toegelicht en uiteindelijk komt de geleiding aan bod.

### Standaard systemen

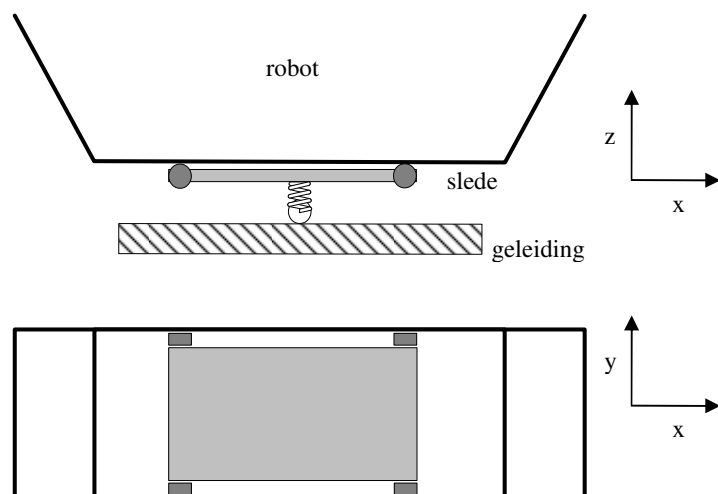
Standaard lineaire geleidingssystemen zijn niet geschikt voor toepassing op de robot, omdat ze te zwaar zijn. De massa van dit soort systemen varieert tussen de 3 en 7 kg. In figuur 4.2 zijn voorbeelden te zien. Lichtere systemen kunnen nauwelijks momentbelastingen opvangen en de ruimte op de robotwand wordt niet helemaal gebruikt. Om deze redenen zal een eigen ontwerp voor de slede en de geleiding worden gemaakt [8].



Figuur 4.2: Standaard systemen. v.l.n.r.:standard table, profile rail guide, lineair ball bearing table[7]

### Slede

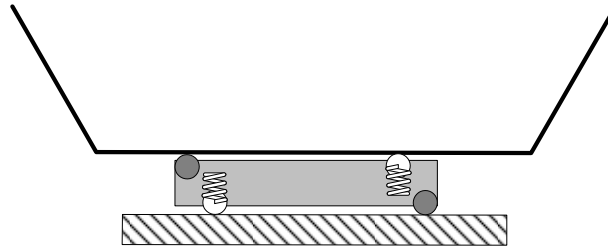
De slede mag maar één vrijheidsgraad hebben. Dat is de translatie langs de robotwand. Alle andere translaties en rotaties moeten dus vastgelegd worden. De robotwand is 140 mm hoog en 360 mm lang. Om de botskracht zo goed mogelijk op te vangen kan de slede zo lang en hoog mogelijk gemaakt worden en met wielen direct tegen de robot gezet worden. Een schematische voorstelling hiervan is in figuur 4.3 te zien. In dezelfde figuur zijn ook richtingen gedefinieerd. In het bovenaanzicht is een wiel



Figuur 4.3: Boven-aanzicht (boven) en zij-aanzicht (onder) van slede op robotwand.

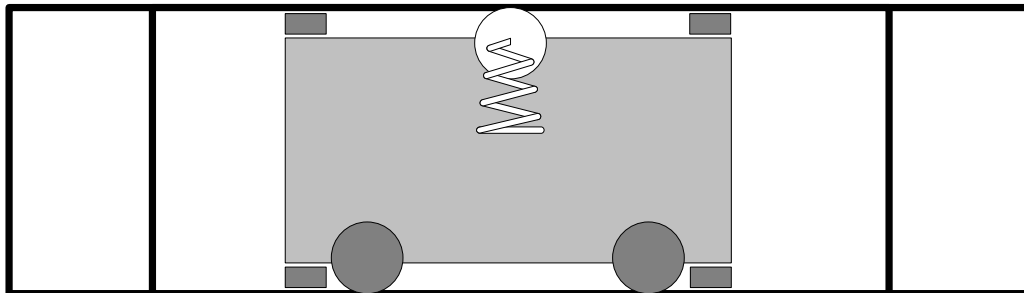
getekend dat wordt voorgespannen op een geleiding, zodat de slede altijd over de robotwand loopt.

Tijdens een impact van de bal zullen de achterste twee wielen in figuur 4.3 tegen de robotwand gedrukt worden, terwijl de voorste twee wielen van de wand af willen. Als de twee voorste wielen direct op de geleiding lopen, is de slede beter bestand tegen het moment dat de bal uitoefent. Dit is te zien in figuur 4.4. Nu wordt de slede achter voorgespannen met een wiel tegen de geleiding en voor met een wiel tegen de robotwand.



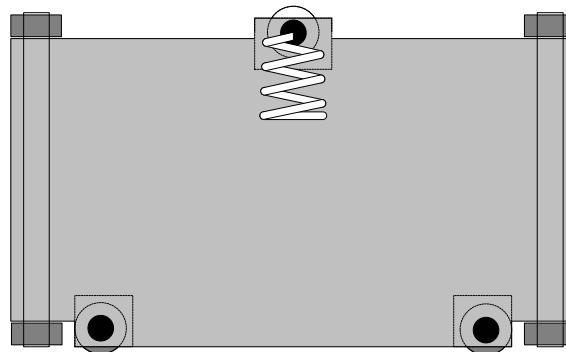
Figuur 4.4: Bovenaanzicht slede op robotwand.

In de configuratie tot nu toe is de translatie in de z-richting, de rotatie om de x-richting en de rotatie om de y-richting vastgelegd. Drie van vijf vrijheidsgraden zijn nu bepaald, alleen de translatie in y-richting en rotatie om de z-richting moeten nog vastgelegd worden. Dit kan worden gedaan door drie wielen toe te voegen. In figuur 4.5 is dit schematisch weergegeven. Onder de slede zijn twee wielen geplaatst die de massa van de slede en arm dragen. Midden boven de slede is een wiel voorgespannen die stijfheid biedt tegen rotatie om de z-richting.



Figuur 4.5: Zijaanzicht van slede op robotwand.

Nu de vijf vrijheidsgraden zijn vastgelegd, rijst de vraag hoe de wielen op de slede gemonteerd kunnen worden. Een eerste mogelijkheid is een rechthoekige aluminium koker waarvan de open uiteinden de boven- en onderkant van de slede voorstellen. De tweede mogelijkheid is een kunststof blok als slede. Beide zijn licht, maar het kunststof blok biedt vergeleken met de aluminium koker meer mogelijkheden om de wielen en de arm op te monteren. Een zijaanzicht van het kunststof blok staat in figuur 4.6. De voorspanwielen tegen de robot en tegen de geleiding zijn niet afgebeeld, die komen later uitgebreider aan bod. De drie



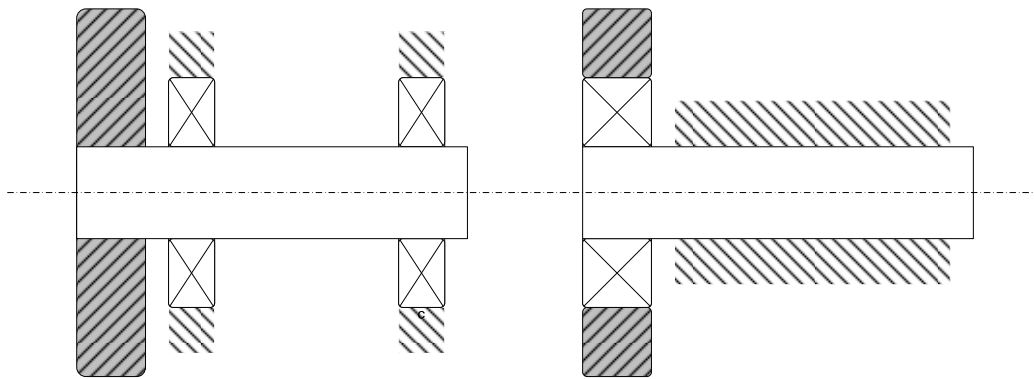
Figuur 4.6: Kunststof slede



wielen die de y-richting vastleggen zitten in een kamer die in het kunststof blok is gefreesd. De overige vier wielen zitten vast aan een as die over de hele hoogte van het blok steekt. De assen zitten vast aan het blok (draaien niet), hierover later meer.

### Wielen

Tot nu toe zijn de wielen niet gespecificeerd. Ze kunnen uitgevoerd worden als een as in lagers met daarop een vaste wiel, maar in dit geval is het eenvoudiger een vaste as op de slede te maken waar de wiel omheen draait. In figuur 4.7 zijn de twee mogelijke uitvoeringen schematisch afgebeeld. Het wiel kan heel simpel een soort schijf met een naaf zijn. Om de slede soepeler te kunnen bewegen is echter gekozen voor commercieel verkrijgbare lagers. Afhankelijk van de krachten die op de lagers werken kan gekozen worden voor kogellagers die relatief laag belastbaar zijn en naaldlagers die relatief hoog belastbaar zijn. Deze lagers zijn standaard verkrijgbaar vanaf een buitendiameter van 10 mm en er is een verscheidenheid aan breedtes [5][7], dus een passende maat voor de slede (bijvoorbeeld rond de 20 mm) moet te vinden zijn.

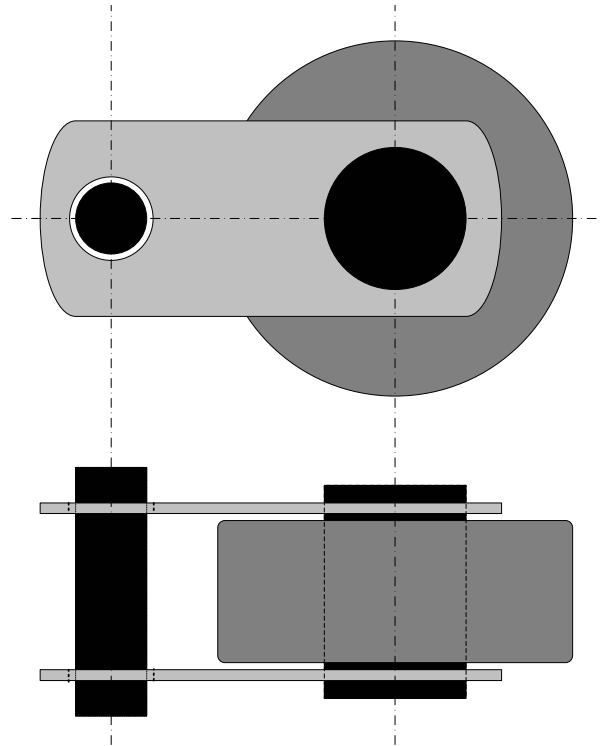


Figuur 4.7: Links met as in lagers en rechts een vaste as met wiel op lager.

Om geschikte lagers te vinden, moet de maximale kracht die erop werkt berekend worden. Door een statisch momentevenwicht op te stellen en die in te vullen voor de afmetingen van de arm en de kracht die erop werkt, volgt dat de grootste kracht van 380 N op de voorste twee wielen werkt. Uit catalogi van onder meer SKF en Koyo lagers blijkt dat éénrijige diepgroef kogellagers met bijvoorbeeld een buitendiameter van 20 mm, een naafdiameter van 9 mm en een breedte van 6 mm statische draaggetallen van ongeveer 1000 N en dynamische draaggetallen van ongeveer 2200 N hebben [5][8]. Omdat de slede maar een kleine slag hoeft te maken en zo goed als stil staat tijdens een botsing, is het statische draaggetal bepalend voor de sterkte eis. Aangezien de grootste kracht van 380 N ruim onder het statische draaggetal blijft, zullen diepgroef kogellagers gebruikt worden.

### *Voorspanwielen*

De voorspanwielen moeten kunnen bewegen ten opzichte van de slede. Dit wordt gedaan door het wiel via een draaibare arm aan de slede te bevestigen. In figuur 4.8 is een tekening te zien van het hele mechanisme. Links in de tekening zit de as die vastzit aan de slede. De arm, bestaande uit twee aluminium platen, kan vrij draaien om deze as. Aan de rechterkant zit een as vast aan de arm waar het wiel op zit. Ook nu is het wiel in de vorm van een lager zoals hierboven genoemd is. Een torsieveer die op de slede vastzit kan voor de voorspanning zorgen door een kracht uit te oefenen op de (niet draaiende) as van het wiel.



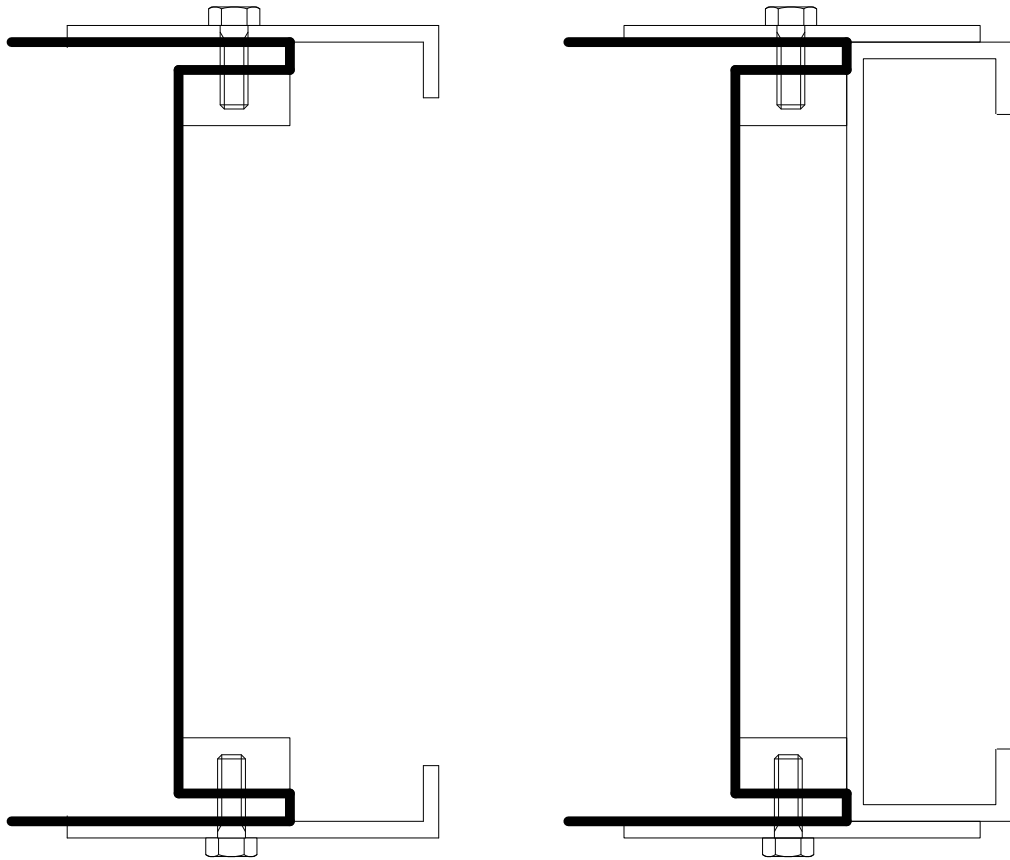
Figuur 4.8: Voorspanner

### *Geleiding*

In het voorgaande is de geleiding waar de slede over loopt weggelaten of slechts schematisch aangegeven. Omdat de slede zo groot mogelijk wordt, zal de geleiding aan de onder en bovenkant van de robotwand kunnen komen. Twee varianten zijn in figuur 4.9 afgebeeld. De dikke lijn stelt de dwarsdoorsnede van de robotwand voor. In de linker figuur zijn twee hoeklijnen te zien die onafhankelijk van elkaar op de robot zijn bevestigd. Samen met de rechthoekige balken zijn deze vastgeschroefd. De rechthoekige balken zijn nodig om de achterste twee wielen van de slede te geleiden. De voorste twee wielen worden door de hoeklijnen geleid.

Nadelen van deze constructie zijn dat de platen (hoeklijnen) uit hun vlak belast worden en dat de geleiding, bestaande uit meerdere onderdelen, op de robotwand gemonteerd moet worden waarna de slede in de geleiding kan. Helaas kan het eerste nadeel, gezien het ontwerp van de slede en de ruimte om de geleiding te monteren, alleen acceptabel worden door de platen dikker te maken. Het tweede nadeel kan omzeild worden door de twee hoeklijnen te vervangen door één onderdeel dat rechts in figuur 4.9 te zien is. Zo kan geleiding, slede en arm als één onderdeel worden gezien dat relatief eenvoudig los en vast gemaakt kan worden op de robot. De geleiding kan eenvoudig gemaakt worden door aluminium plaat te vouwen/zetten.

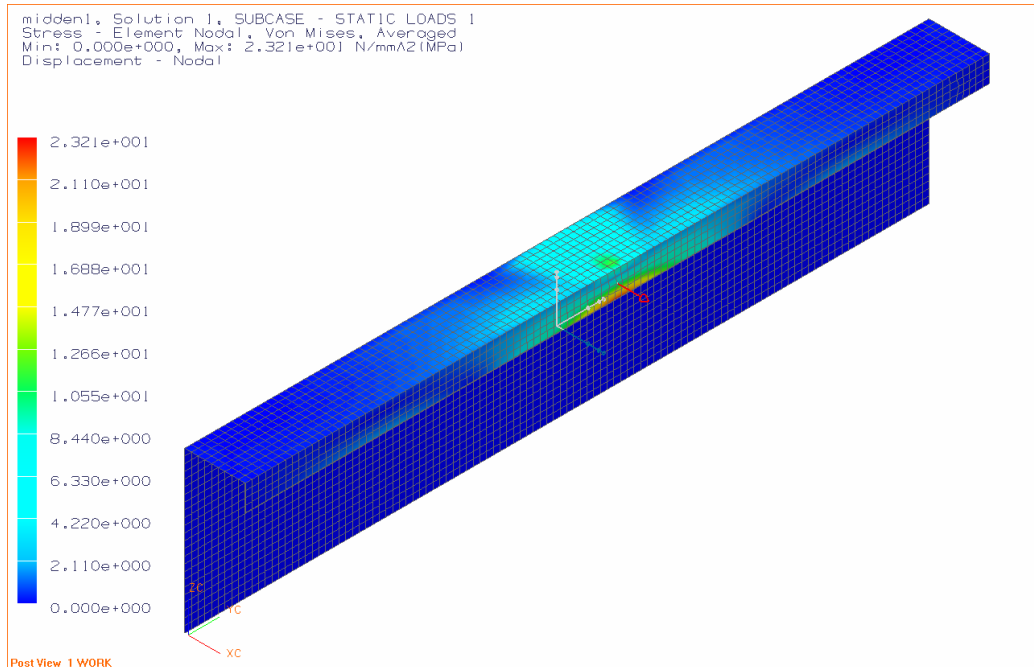
De lege ruimte tussen de robotwand en de geleiding zal later van pas komen voor de aandrijving.



Figuur 4.9: Dwarsdoorsnede (yz-vlak) van geleiding op robotwand, twee varianten.

De variant rechts in figuur 4.9 is met FEM in Unigraphics doorgerekend om een plaatdikte te bepalen. Een deel van de geleiding boven de symmetrieas is gemodelleerd. Bij de lagerkeuze genoemde kracht van 380 N is aangebracht en werkt van de robot vandaan. Bij een plaatdikte van 2 mm is het resultaat een maximale Von Mises spanning van 23 MPa. Deze waarde ligt drie keer lager dan de vloeispanning van de aluminium plaat van 75 MPa, dus is een dikte van 2 mm voldoende. In figuur 4.10 is een afbeelding van het CAD-FEM model te zien.

Bij de opgelegde kracht van 380 N bedraagt de vervorming in de richting van de kracht 0,13 mm. Dit komt overeen met een stijfheid van 3000 kN/m (met  $k = F/x$ ) die veel groter is dan de balstijfheid van 5,2 kN/m. Wat betreft de geleiding is de eerder gedane aanname van een star mechanisme dus gerechtvaardigd.



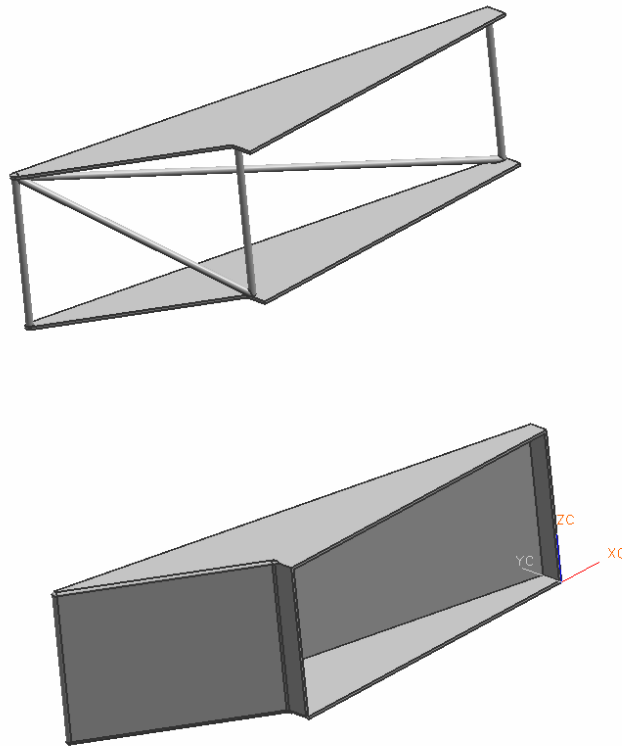
Figuur 4.10: CAD-FEM model van de geleiding. Rode pijl is de opgelegde kracht van 380 N en het achtervlak van de geleiding is vastgelegd als randvoorwaarde.

Vanwege de dikte van de slede en de geleiding zal niet de hele robotwand gebruikt kunnen worden. Uit figuur 3.13 blijkt dat de dikte van de geleiding bepalend is voor het gebruik van de achterkant van de robotwand. Dit betekent ook dat de slede korter moet worden om nog een slag te kunnen maken. In hoofdstuk 3 werd deze slag geschat op 125 mm, maar zal in werkelijkheid rond de 100 mm worden, zodat de effectiviteit in actie zo groot mogelijk gehouden wordt.

## 4.2 Arm

De arm wordt het onderdeel dat geraakt wordt door de bal. Het is dus extra belangrijk om bij het ontwerp ervan rekening te houden met de sterkte om de botskrachten te kunnen weerstaan.

Voor een licht en stijf ontwerp kunnen twee driehoekige platen als onder- en bovenplaat gebruikt worden met ertussenin een vakwerkconstructie, zie boven figuur 4.11. Een nadeel is dat de vakwerkonderdelen nauwelijks stijfheid bieden in dwarsbelastingen. Buisvormige vakwerkonderdelen zouden wel beter bestand zijn tegen dwarsbelastingen. Het is echter moeilijk om zulke constructies te maken, omdat bijvoorbeeld de bevestiging tussen de delen problemen met zich mee brengt.

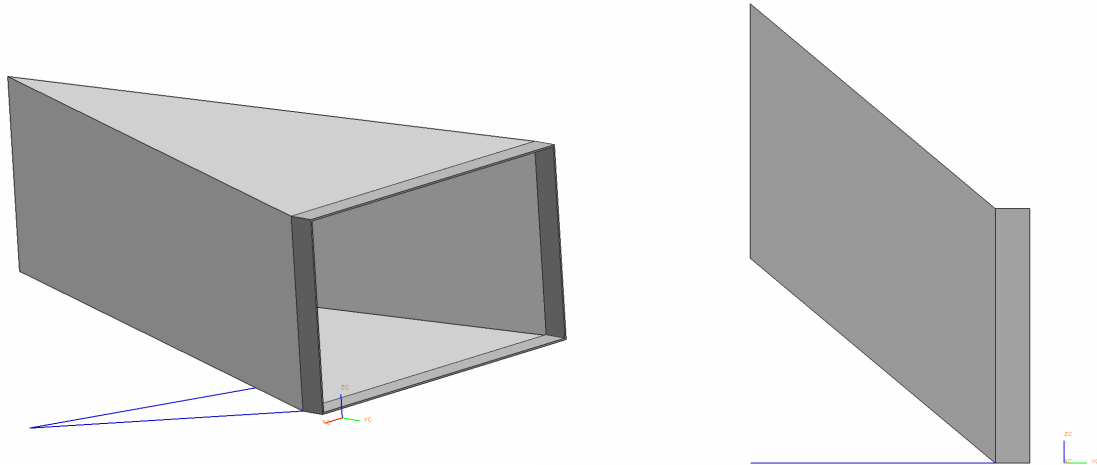


Figuur 4.11: Twee varianten van de arm.

Een andere mogelijkheid zou zijn dat de arm helemaal uit plaat wordt gemaakt. Dan heeft de arm een kokervorm die open is aan de kant waar de slede komt te zitten. Bij een botsing met de bal zou plaat uit zijn vlak belast worden, maar door een bepaalde plaatdikte te gebruiken zou de botskracht toch goed opgevangen kunnen worden. Omdat de arm niet heel groot is kan de dikte van de plaat betrekkelijk klein blijven. Een groot voordeel vergeleken met het vorige idee is het gemak waarmee het kan worden geproduceerd. De arm zou namelijk uit één stuk plaat gezet kunnen worden. Dit is onder in figuur 4.11 te zien.

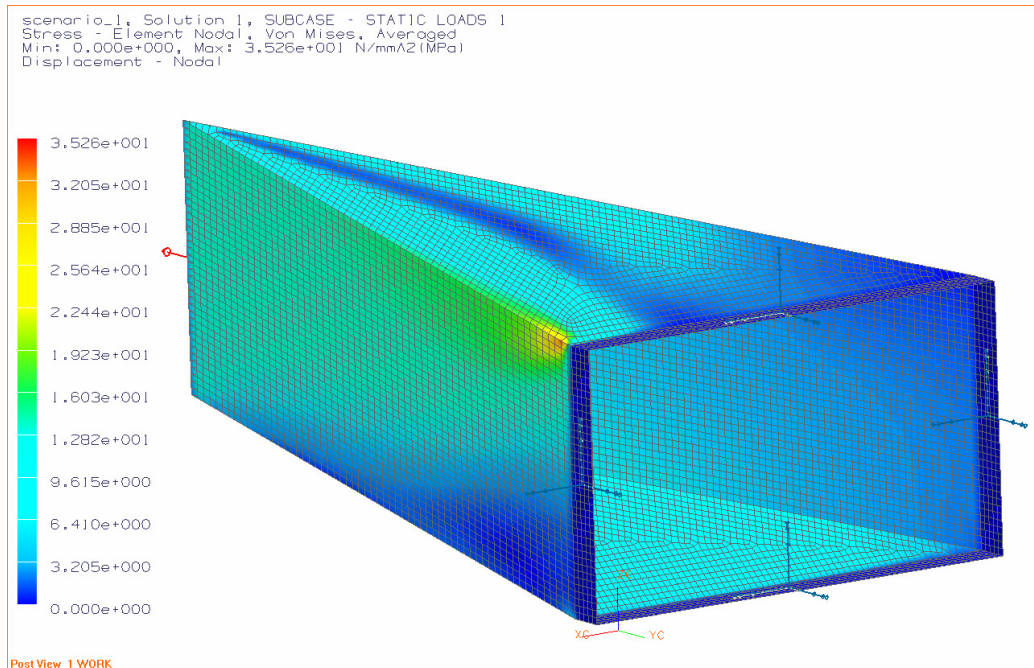
Uit de figuur blijkt dat de arm, eenmaal gemonteerd op de robotwand, heel dicht bij de grond zal komen. Bij een kleine kanteling van de robot zou de arm de grond raken. Het is dus beter als de onderrand van de arm schuin omhoog loopt. Voor een grotere effectiviteit kan ook de bovenrand schuin omhoog lopen. Aangezien de onderrand tot een bepaalde hoogte de voetbal toch niet doorlaat, wordt hiermee een grotere effectiviteit behaald met een vergelijkbare massa als het vorige idee. Het is van belang dat de onderrand niet hoger boven de grond komt dan de straal van de bal (110 mm). In het geval de onderrand te ver omhoog loopt, zal de kracht die (het zwaartepunt van) de bal uitoefent niet ideaal opgevangen kunnen worden en kan zelfs het geval voordoen dat de bal klem komt te zitten onder de arm. De maximale hoogte van de arm wordt beperkt door de sterkte van de geleiding, want in het geval de bal het hoogste punt van de arm raakt, zal door werking van een moment om de z-richting de slede proberen te kantelen. Berekeningen met het CAD-FEM model van de geleiding resulteren in een maximaal toelaatbare armhoogte van ongeveer 250 mm. Uiteindelijk zal deze hoogte ongeveer 230 mm worden om een symmetrisch parallellogram vorm

te krijgen zoals rechts in figuur 4.12 te zien is. Links in figuur 4.12 is het 3D model afgebeeld. Aanzichten van de arm met een aantal belangrijke afmetingen zijn te zien in bijlage C.

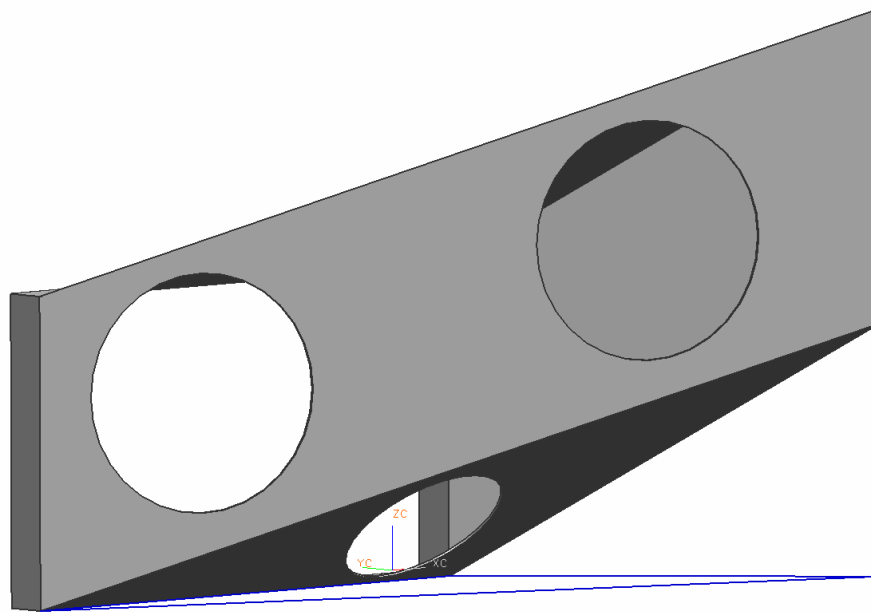


Figuur 4.12: Links 3D model en rechts het vooraanzicht van schuine arm.

Net als de geleiding is de arm ook in Unigraphics gemodelleerd om vervolgens met FEM sterkteberekeningen te doen. Het 3D CAD model is in figuur 4.12 te zien. Voor de berekeningen zijn de randen van het open vlak vastgelegd, omdat die randen later op de slede vast komen te zitten. In figuur 4.13 zijn deze randvoorwaarden te zien. De botskracht van 490 N is in verschillende richtingen aangebracht om het effect ervan op de Von Mises spanning na te gaan. Die spanning blijkt het grootst te zijn als de belasting op de uiterste rand (linker verticale rand van het parallellogram in figuur 4.12) in de z-richting staat. Bij een plaatdikte van 1 mm is die Von Mises spanning 35 MPa. Deze waarde zit ruim onder de vloeispanning van 75 MPa, dus zullen alleen elastische vervormingen optreden. In figuur 4.13 is een afbeelding van het CAD-FEM model te zien. Hierin is te zien dat de maximale Von Mises spanning vlakbij de bevestiging op de slede zit, waar een aantal vouwlijnen bij elkaar komen. Ook blijven de spanningen in grootste delen van bijvoorbeeld onder- en achterkant laag. Om massabesparing te realiseren zouden in die delen gaten gemaakt kunnen worden. In figuur 4.14 is een afbeelding van de achterkant van de arm te zien, waarin bij wijze van voorbeeld een aantal gaten zijn aangebracht.



Figuur 4.13: CAD-FEM model van de arm. Rode pijl is de opgelegde kracht van 490 N en de randen van het open vlak zijn vastgelegd als randvoorwaarde.



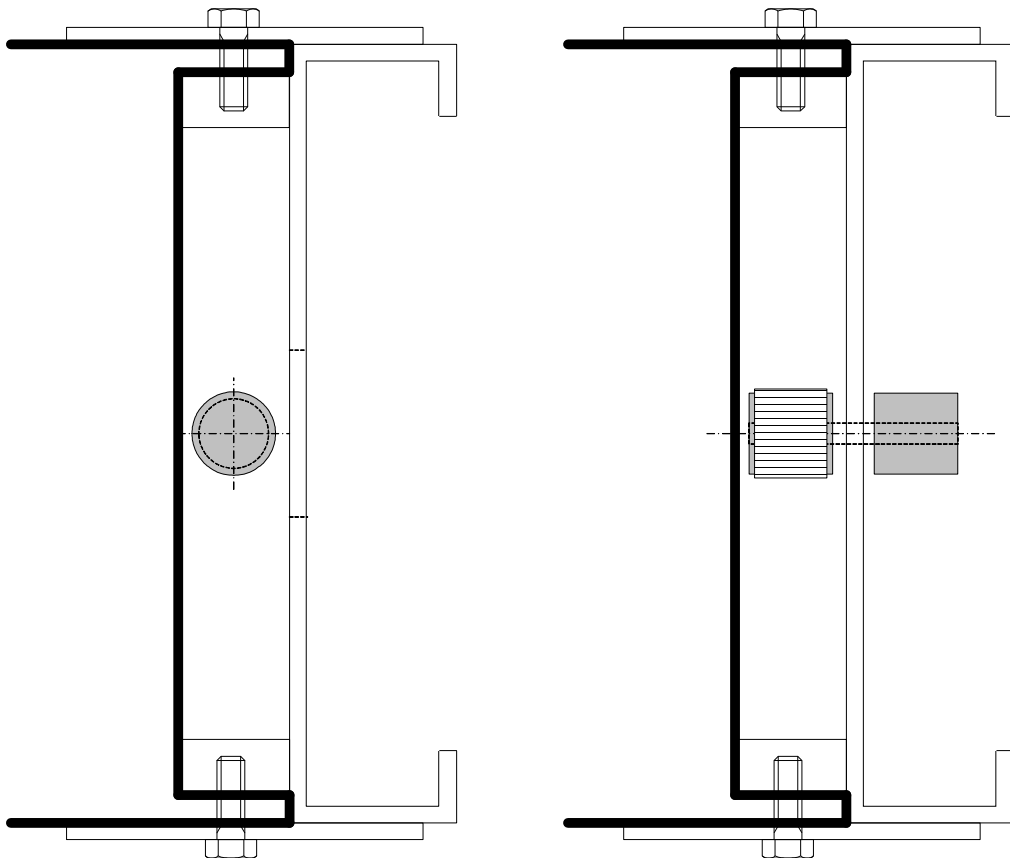
Figuur 4.14: Arm met gaten voor massabesparing.

De laagste waarde voor de stijfheid van de arm is bij de grootste elastische vervorming bij dezelfde botskracht. Analoog aan de stijfheidschatting van de geleiding volgt voor de arm een stijfheid van ongeveer 400 kN/m. Aangezien de stijfheid van de bal 5,2 kN/m was, is het wederom gerechtvaardigd om het mechanisme als star te beschouwen.

### 4.3 Aandrijving

De extra voorziening voor de keeper is op de aandrijving na helemaal behandeld. Nu wordt een tweetal mogelijkheden voor de aandrijving bekeken. Zoals eerder werd genoemd, zal gebruik worden gemaakt van de ruimte tussen de robotwand en de geleiding die ongeveer 20 mm breed is.

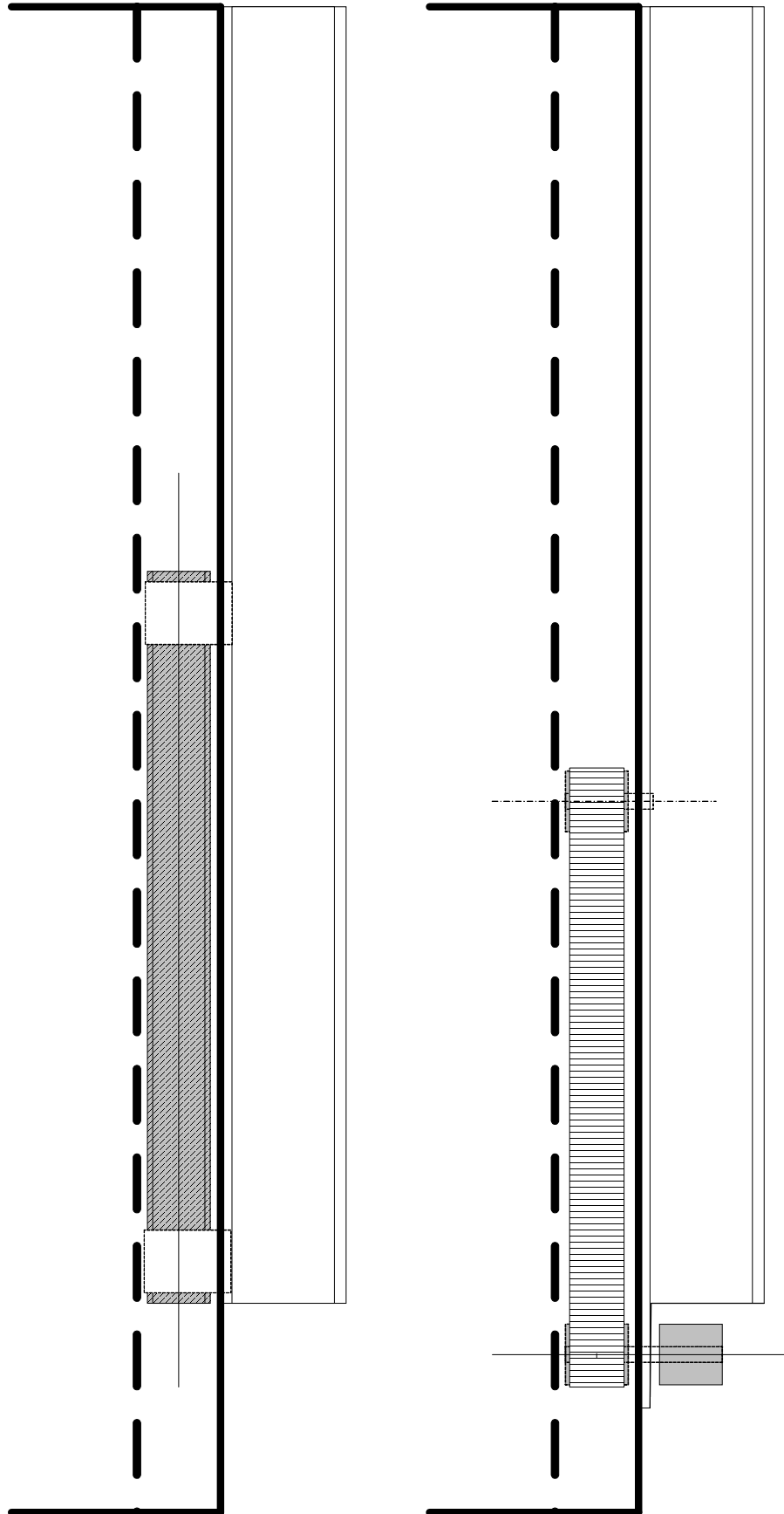
De eerste mogelijkheid is door middel van een spindel, zie links in de figuren 4.15 en 4.16. De spindel kan om zijn as draaien en wordt gedreven door een elektromotor. Door een gleuf in de geleiding kan een moer die voortbeweegt over de spindel vastgemaakt worden aan de slede, zodat bij het draaien van de spindel de moer samen met de slede kan bewegen.



Figuur 4.15: Dwarsdoorsnede (yz-vlak) robotwand en geleiding. Aandrijfmogelijkheid met spindel (links) en riem (rechts).

Een tweede mogelijkheid is een riemaandrijving, zie rechts in de figuren 4.15 en 4.16. Hier wordt een rol aangedreven die door middel van een getande riem in contact staat met een andere rol. De elektromotor kan de achterste rol direct aandrijven, maar door ruimtegebrek zal de motor boven de geleiding geplaatst kunnen worden en via een derde wiel (ook te zien in de afbeeldingen) de riem kunnen aandrijven. Zo kan door bijvoorbeeld de grootte van het derde wiel te kiezen een gewenste overbrengingsverhouding gerealiseerd worden. Wederom kan door een gleuf in de geleiding de riem vastgemaakt worden aan de slede, zodat bij het draaien van de rollen het riem samen met de slede kan bewegen.





Figuur 4.16: Bovenaanzicht robotwand en geleiding. Aandrijfmogelijkheid met spindel (links) en riem (rechts).

In figuur 4.16 is te zien dat de spindel en de riem korter zijn dan de lengte van de zijkant van de robot. Dit komt door het feit dat de slag van de slede rond de 100 mm zal worden.

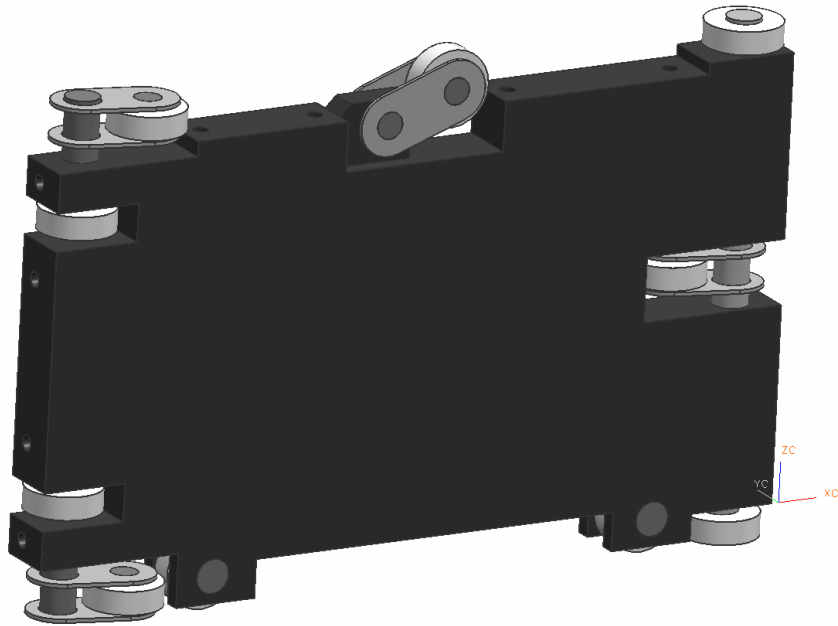
Het aandrijfconcept met de spindel kan in de praktijk problemen geven vanwege de beperkte ruimte tussen de wand en de geleiding. Omdat een moer op de spindel zit, zal de spindel zelf heel dun moeten worden. Maar de spindel ligt in de bewegingsrichting van de slede, waardoor het de krachten van de bal op de arm goed kan opvangen. De spindel moet ook nog gelagerd worden. Standaard zijn trapezium en kogelomloop spindels verkrijgbaar die inclusief moer een diameter kleiner dan 20 mm hebben [8][10]. Het concept met de riemaandrijving zal minder problemen hebben met ruimtegebrek, maar misschien wel met de krachten die op de riem werken tijdens een botsing. De riem kan dan van de rollen afschieten.

Afhankelijk van de keuze van aandrijving zal een elektromotor gekozen moeten worden, maar daarvoor is het ook van belang dat de snelheidseis van het mechanisme wordt gehaald. Hierover meer in paragraaf 4.4.

#### **4.4 Totaal ontwerp**

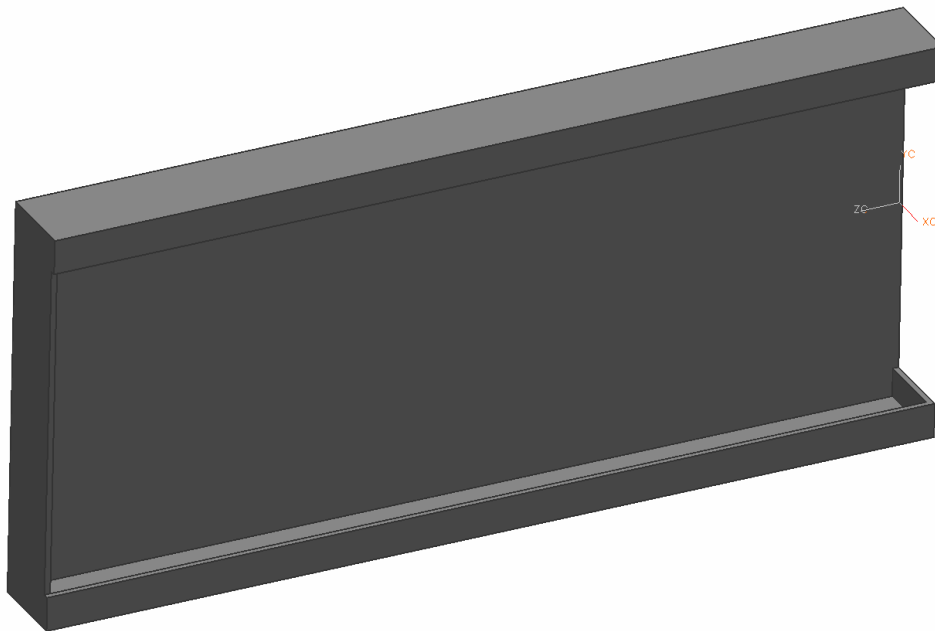
In de voorgaande paragrafen zijn de slede, geleiding, arm en aandrijving besproken. Hier worden een aantal 3D tekeningen getoond die afbeelden hoe het ontwerp, en vooral de slede, er in de praktijk ongeveer uit komt te zien. Daarna wordt het mechanisme op de snelheidseis getoetst en er wordt een schatting van de effectiviteit gemaakt.

Het 3D model van de slede is te zien in figuur 4.17. Hierin is voor het gemak de afrondingen van de hoeken weggelaten. De wielen en voorspanners aan de uiteinden (voor- en achterkant) van de slede zitten op een lange as die over de hele hoogte van de slede loopt. De gaten die in het voor-, achter-, boven- en ondervlak zitten, zijn bedoeld om de arm op de slede te bevestigen. Op de rand van de arm waarin de slede komt te zitten (zie figuur 4.12) moeten dus ook bevestigingsgaten komen. Ook komen er een aantal inhammen op de plekken waar de wielen en voorspanners uitsteken. De gaten in het voor- en achtervlak van de slede lopen door tot in de lange assen, zodat de arm ook direct op de assen zit. Aanzichten van de slede met een aantal belangrijke afmetingen zijn te zien in bijlage D.



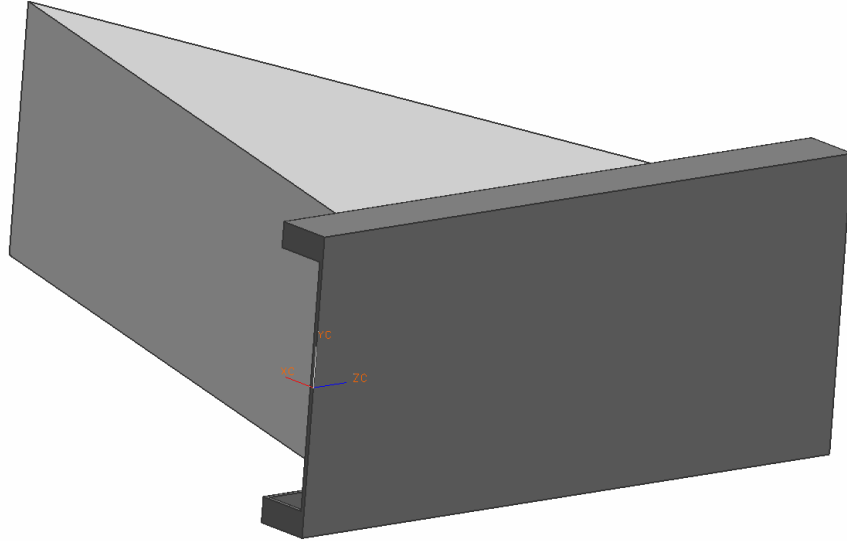
Figuur 4.17: CAD model van slede. Links is achterkant en rechts is voorkant.

De geleiding is te zien in figuur 4.18. De uiteinden zijn (gedeeltelijk) dicht gemaakt om als eindaanslag voor de slede te dienen. Aan de achterkant kan de aanslag beter op de robot gemonteerd worden, waardoor de slede eenvoudig uit de geleiding geschoven kan worden voor bijvoorbeeld reparatie. Aanzichten van de geleiding met een aantal belangrijke afmetingen zijn te zien in bijlage E.



Figuur 4.18: CAD model van geleiding. Links is achterkant en rechts is voorkant.

De slede in figuur 4.17, de geleiding in figuur 4.18 en de arm in figuur 4.12 vormen samen een mechanisme dat als één module opgevat kan worden. De enige verbinding met de robot is via de geleiding. In figuur 4.19 zijn de onderdelen samengevoegd tot een module. Rechts is de zijde van de geleiding dat tegen de robotwand gemonteerd wordt en links de arm die langs de lengte richting van de geleiding beweegt. De slede zit compleet verstopt in de arm en in de geleiding.



Figuur 4.19: Geleiding, slede en arm als één module.

Nu het ontwerp in detail bekend is, kan de massa ervan berekend worden. Bij de berekening worden alle componenten meegenomen die in de figuren 4.12, 4.17 en 4.18 te zien zijn en aluminium ( $\rho = 2700 \text{ kg/m}^3$ ) als materiaal wordt genomen. Dit geldt niet voor de slede, want die bestaat uit een blok kunststof waarvoor een dichtheid van  $1200 \text{ kg/m}^3$  wordt gekozen. De tien kogellagers die op de slede zitten, hebben elk een massa van 7,5 g. Het resultaat voor de massa's  $m$  is als volgt:

$$\begin{aligned} m_{arm} &= 0,266 \text{ kg} \\ m_{slede} &= 0,525 \text{ kg} \\ m_{geleiding} &= 0,375 \text{ kg} \\ \\ m_{totaal} &= 1,166 \text{ kg} \end{aligned}$$

De totale massa van het ontwerp (zonder aandrijving) bedraagt 1,166 kg. Dit geldt voor één zijde van de robot. Samen met de andere zijde, die een spiegelbeeld is, wordt de totale extra massa van de keeper (afgerond) 2,3 kg.

Om te controleren of de snelheidseis in hoofdstuk 2.2 gehaald kan worden, wordt het bewegende deel van de massa beschouwd. Die massa is de som van  $m_{arm}$  en  $m_{slede}$  en is afgerond 0,8 kg. Het is nu de bedoeling om een ordegrrootte af te schatten voor het

vermogen dat nodig is om een responsiesnelheid van 0,6 s te halen. Hieronder volgt een berekening met een constant veronderstelde versnelling:

$$s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot \Delta t^2 \Rightarrow a = \frac{2s}{\Delta t^2} = 0,56 \text{ m/s}^2$$

$$F = m_{\text{bewegend}} \cdot a = 0,44 \text{ N}$$

$$v_{\text{max}} = a \cdot \Delta t = 0,33 \text{ m/s}$$

$$P = F \cdot v_{\text{max}} = 0,15 \text{ W}$$

waarbij:

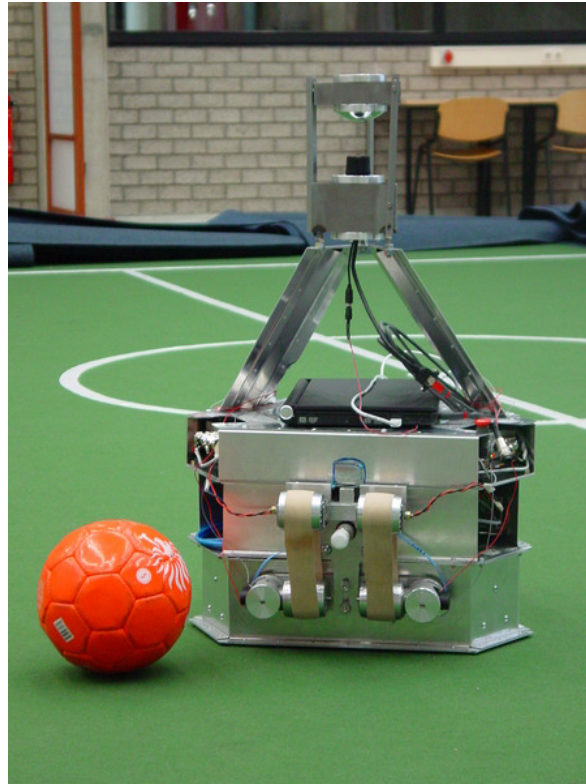
$m_{\text{bewegend}}$	= bewegende massa	= 0,8 kg
$s$	= slag	= 0,1 m
$\Delta t$	= responsiesnelheid	= 0,6 s
$a$	= versnelling bewegende massa	[m/s <sup>2</sup> ]
$F$	= kracht op bewegende massa	[N]
$v_{\text{max}}$	= maximale snelheid van bewegende massa	[m/s]
$P$	= vermogen	[W]

De ordegrrootte van het benodigde vermogen is dus 0,15 W. Het maximale vermogen van de kleinste motors die, bijvoorbeeld bij Maxon motors [7], verkrijgbaar zijn, liggen rond de 1 W. Dus mag het geen probleem zijn om een geschikte motor te kiezen met eventueel een bijpassende versnellingsset, om zo aan de gestelde snelheidseis te voldoen. Voorgaande berekening samengevat in één vergelijking ziet er als volgt uit:

$$P = \frac{4 \cdot m_{\text{bewegend}} \cdot s^2}{\Delta t^3} \quad (4.2)$$

Uit deze vergelijking blijkt dat het motorvermogen omgekeerd evenredig is met de responsiesnelheid tot de macht drie. Vergelijking 4.2 ingevuld voor een responsiesnelheid van 0,3 s (balsnelheid van 10 m/s geschoten van 3 m afstand) geeft een benodigd vermogen van 1,2 W. Hetzelfde voor een responsiesnelheid van 0,2 s geeft een benodigd vermogen van 4 W. Ook deze snelheden zouden haalbaar moeten zijn met standaard motors [7]. Kortere responsietijden zijn niet nodig omdat de tegenstander dan zo dichtbij staat dat het moeilijk om de robot heen kan schieten. In het geval de tegenstanders (met de bal) zo dichtbij komt kan de keeper zich ook alvast groot maken, terwijl er nog niet geschoten wordt.

De effectiviteit van de robot in figuur 4.20 (basis robot) is 13%. Dat geldt op dit moment voor zowel de veldspelers als de keeper. Maar dankzij de ontworpen armen (in actie) wordt de effectiviteit van de keeper 17%, dus een toename van ruim 30%. De maximaal haalbare effectiviteit van 33%, die in tabel 3.1 werd genoemd, wordt niet gehaald omdat de hoogte van 800 mm niet benut wordt over de hele breedte van de robot. Alleen de spiegelhouder (bovenste onderdeel in figuur 4.20) die 130 mm breed is, komt tot een hoogte van ongeveer 780 mm. Daarom zou het voor de totale effectiviteit zeer gunstig zijn om in ieder geval over de hele breedte van het platform een rechte bevestiging die de maximale hoogte van 800 mm benut.



Figuur 4.20: Prototype II; vrijwel complete basis robot.

## 5. Toekomstig werk

Hier worden een aantal punten opgesomd die nog beschouwt/gedaan moeten worden voordat er iets daadwerkelijk geproduceerd kan worden.

### *Nieuwe mogelijkheden prototype II*

Tot nu toe is een ontwerptraject beschouwd die tot een mechanisme heeft geleid die gebaseerd is op het oorspronkelijke platform van de robot zoals in figuur 2.3. In de tussentijd is Techunited gevorderd tot prototype II, zie figuur 4.20. De hogere zijwanden bieden mogelijkheden om bijvoorbeeld de slede samen met de arm hoger te maken, waardoor een hogere effectiviteit wordt bereikt. Maar de massa zal uiteraard toenemen. Ook kan gedacht worden aan een slede en geleiding op de wand van de module die boven het platform zit (de schietmodule). Nu kan alleen door een ander ontwerp voor de arm ook een hogere effectiviteit gehaald worden met weinig tot geen massatoename.

### *Rek op keeper*

Door een rek op de keeper te maken die het frontale oppervlak van de keeper altijd op de totale breedte keer de maximale hoogte houdt, zal de effectiviteit volgens tabel 2.1 vergroot worden tot 20%. Inclusief de armen (in actie) komt dit percentage op 24%. Dit zou betekenen dat de effectiviteit met 85% wordt vergroot ten opzichte van de robot in figuur 4.18.

### *Aandrijving en motor*

Er moet een keuze gemaakt worden voor een aandrijfconcept en voor de bijbehorende motor.

### *Slede met voorspanning*

Voor de slede moet een goed bewerkbare kunststof worden gekozen. De sterkte is van secundair belang, omdat de arm de meeste kracht via de assen doorleidt naar de wielen. Ook zijn er geschikte torsieveren nodig om de slede voor te spannen in de geleiding.

### *Aansturing van mechanisme*

Het mechanisme kan heen en weer bewogen worden tegen aanslagen die de uiterste standen vastleggen, maar om botsingen tegen aanslagen te voorkomen en om alle posities tussen de uiterste standen in te kunnen nemen, kan een regeling worden gebouwd door bijvoorbeeld positie informatie van een encoder op de motor terug te koppelen.

### *Nieuwe regel voor keeper*

Bij het ontwerpen van het mechanisme voor de keeper was uitgegaan van de Robocup regels van 2005 (zie bijlage B, [2]). Inmiddels zijn de nieuwe regels voor 2006 (zie bijlage B, [3]) bekend gemaakt. Daarin is onder andere een extra regel opgenomen die

specifiek van toepassing is op de keeper. De keeper mag voortaan 2 seconden lang 900 mm hoog worden om een bal tegen te houden. Hiervan kan gebruik gemaakt worden door bijvoorbeeld een rek die hierboven genoemd is, in verticale richting te bewegen. Maar zolang de keeper op de doellijn blijft staan, kan de bal niet boven de robot langs omdat de bal een diameter van 220 mm heeft terwijl de ruimte boven de robot 200 mm is. Dus is het groter worden in verticale richting alleen nuttig als de keeper uit zijn doel komt.



## 6. Conclusie

De Robocup regels, samen met de aanvullende eisen, hebben geleid tot een drietal oriëntatiemogelijkheden van de robot in de toegestane oppervlakken. Vervolgens zijn vijf basis concepten beschouwd die gebaseerd zijn op die oriëntatiemogelijkheden. Nadat ze aan de hand van de eisen zijn vergeleken, is concept 5 als beste gekozen, omdat het onder andere de hoogste effectiviteit, de kleinste slag en de kleinste verwachte massa had.

Dit concept is in afzonderlijke onderdelen uitgewerkt, namelijk de slede, de geleiding, de arm en de aandrijving. Daarbij is licht en stijf geconstrueerd en er is rekening gehouden met de sterkte en complexiteit van het ontwerp. Het resultaat is een module dat op de keeper gemonteerd kan worden en sterk genoeg is om een bal met een snelheid van 10 m/s tegen te houden. De massa van het totale ontwerp (twee modules) bedraagt 2,3 kg en met een bewegend deel (één arm en één slede) van 0,8 kg is de snelheids eis van 0,6 s ruim haalbaar. De effectiviteit ten opzichte van de huidige robot is toegenomen met 30%.

Voordat het ontwerp gemaakt kan worden moeten nog keuzes worden gemaakt voor bijvoorbeeld een aandrijfconcept met een bijpassende motor. Ook is het belangrijk om de nieuwe mogelijkheden die prototype II biedt te benutten en om een rek op de keeper te plaatsen die de effectiviteit sterk ten goede komt.

Kortom, het ontwerp is nog niet helemaal af, maar voldoet wel aan de eisen, dus kan tegemoetgekomen worden aan de wens van Techunited om de keeper te voorzien van een extra module waarmee de kans om een bal tegen te houden wordt vergroot. In ieder geval is dit verslag de eerste stap richting een doelrobot met 'handen'.

## Bronvermelding

[1]

Levendusky, T., Armstrong, C., Eck, J., Jeziorowski, J., Kugler, J.. Impact characteristics of two types of soccer balls. In: Reilly T, Lees A, Davids K, Murphy W, eds. *Science and Football*. London, England: Routledge; 1988:385–393.

[2]

*Middle Size Robot League Rules and Regulations for 2005*, Final Version 9.1 20050625, MSL Technical Committee 1997–2005. p 2,5,7,13.

[3]

*Middle Size Robot League Rules and Regulations for 2006*, Final Version 10.0 20060329, MSL Technical Committee 1997–2006. p 13.

[4]

Rosielle, P.C.J.N., Reker, E.A.G. (2004). *Constructieprincipes I*. Technische Universiteit Eindhoven, faculteit werktuigbouwkunde.

[5]

Koyo productcatalogus  
Koyo diepgroef kogellagers

[6]

M. Jamzad, A.Foroughnassiraei, T.Hadji Aaghai, V.S. Mirrokni, R. Ghorbani, A.Heydar Noori, M. Kazemi, H.Chitsaz, F.Mobasser, M. Ebraahimi Moghaddam, M.Gudarzi, and N. Gha\_arzadegan (2001). *A goal keeper for middle size Robocup*. Sharif University of Technology, p 583-586.

De volgende internetbronnen zijn geraadpleegd in januari/februari 2006:

[7]

Maxon motor  
[http://www.maxonmotor.com/index\\_a.cfm](http://www.maxonmotor.com/index_a.cfm), productcatalogus elektromotoren.

[8]

SKF  
<http://www.skf.com/portal/skf/home/products>, Linear motion products, Interactive engineering catalogue.

[9]

Osnabrück Brainstormer Tribots  
<http://www.ni.uos.de/index.php?id=2>

[10]

Elmeq Linear & Mechanics  
[http://www.elmeq.nl/products/producten\\_nl.html](http://www.elmeq.nl/products/producten_nl.html)

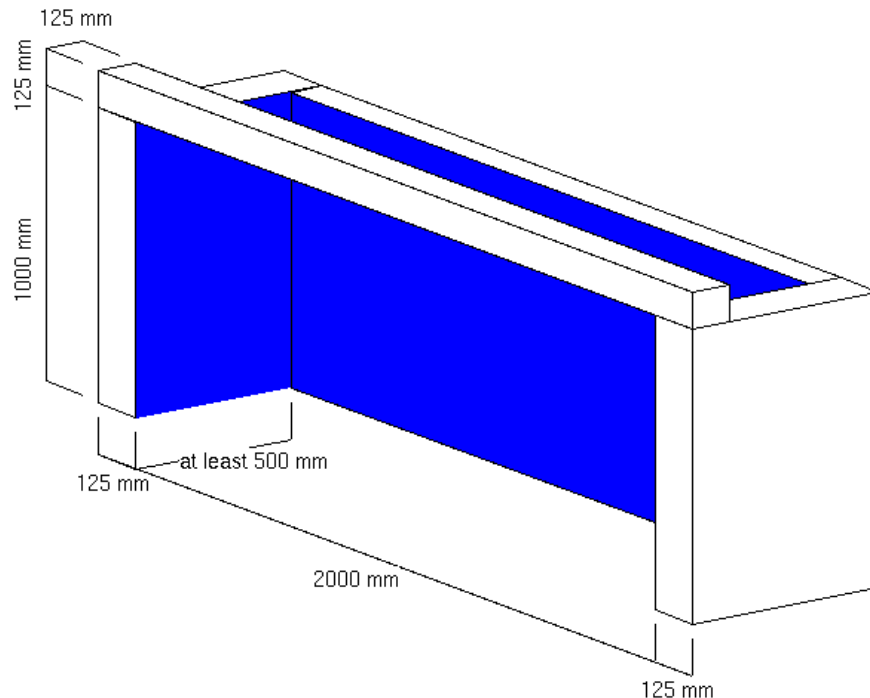
**Bijlage A    Symbolenlijst**

<i>Symbol</i>	<i>Grootheid</i>	<i>Eenheid</i>	<i>Afkorting eenheid</i>
<i>m</i>	massa	kilogram	kg
<i>t</i>	tijd	seconde	s
<i>x, s</i>	lengtemaat, slag	meter	m
<i>v</i>	snelheid	meter per seconde	m/s
<i>a</i>	versnelling	meter per seconde kwadraat	m/s <sup>2</sup>
<i>ρ</i>	dichtheid	kilogram per kubieke meter	kg/m <sup>3</sup>
<i>F</i>	kracht	Newton	N
<i>k</i>	stijfheid	Newton per meter	N/m
<i>σ</i>	spanning	Pascal	Pa
<i>P</i>	vermogen	Watt	W

## Bijlage B Enkele Robocup regels 2005/2006

De regels (Middle Size Robot League Rules and Regulations for 2005 [2]) die van belang zijn voor het ontwerp van een extra voorziening voor de keeper.

### RC-1.7 Goals



### FL 2.1 Qualities and Measurements

The ball is

- of a circumference of not more than 70cm (28ins) and not less than 68cm (27ins),
- not more than 450g (16oz) in weight and not less than 410g (14oz) at the start of the match.

### RC-4.2.1 Robot Size

The size of each robot player must obey the following constraints:

1. Each robot must possess a configuration of itself and its actuators, where the projection of the robot's shape onto the floor fits into a square of size at least 30cm × 30cm and at most 50cm × 50cm.
2. Every robot may not have configurations of itself and its actuators, where the projection of the robot's shape onto the floor exceeds a square of size 60cm × 60cm.
3. The robot should be in the configuration that fits within the 50cm × 50cm square for the majority of play time, in particular when moving around the field, and only occasionally, e.g. when kicking or dribbling, extend to the 60cm × 60cm limit.
4. The robot height must be at least 40 cm and at most 80 cm.

### RC-4.2.2 Robot Shape

Any shape is allowed as long as the size restrictions are not violated.

Robots may exhibit concavities in their shape or may dynamically change shape, provided that the Laws concerning Fouls and Misconduct are not violated.

### RC-4.2.3 Robot Weight

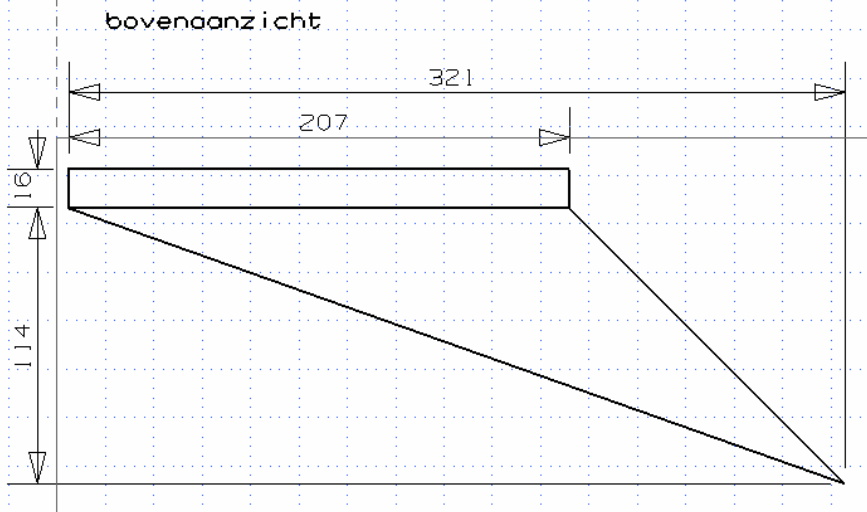
The maximum weight of a robot is 40 kg.

Extra regel die specifiek van toepassing is op de keeper (Middle Size Robot League Rules and Regulations for 2006 [3]).

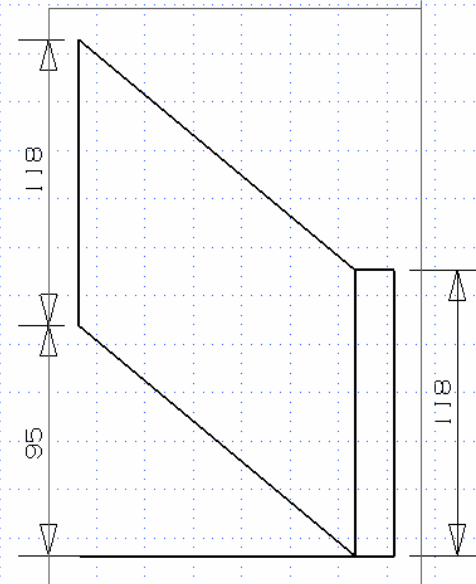
*RC-4.2.1 Robot Size*

The keeper should be in the configuration that its height is at most 80 cm for the majority of play time, and only occasionally, e.g. when blocking a ball, extend to the 90 cm limit. The extension time is limit to 2 seconds.

# Bi\_jlage C Tekeningen arm

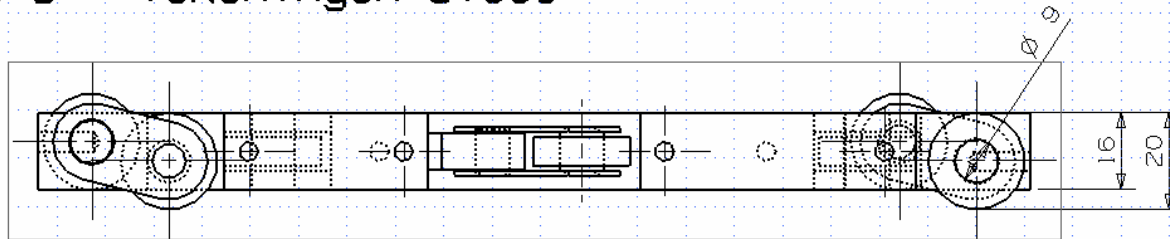


vooraanzicht

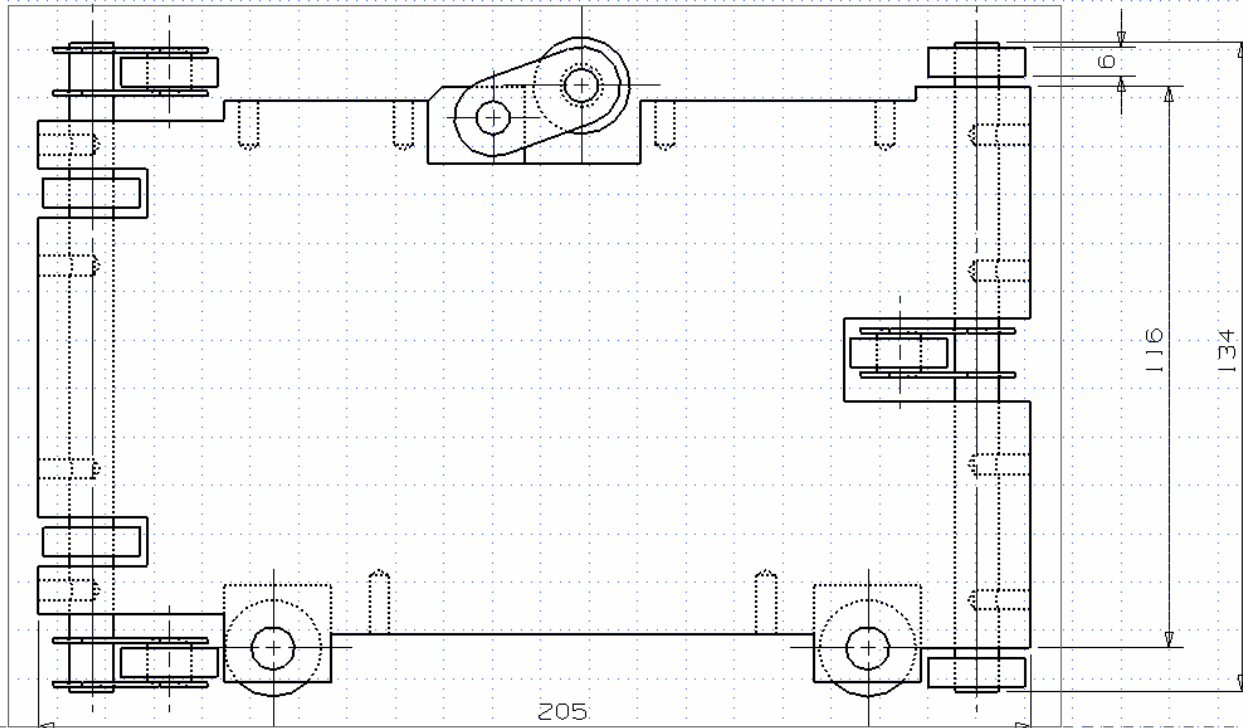


# Bijlage D Tekeningen slede

bovenaanzicht

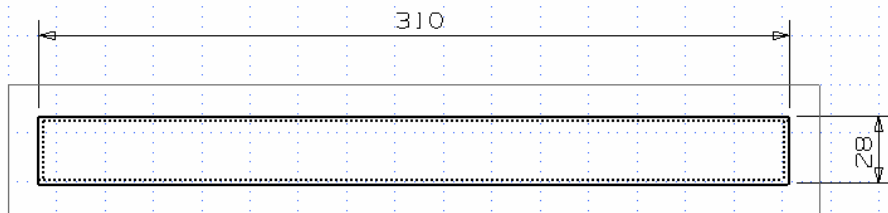


zij\_aanzicht

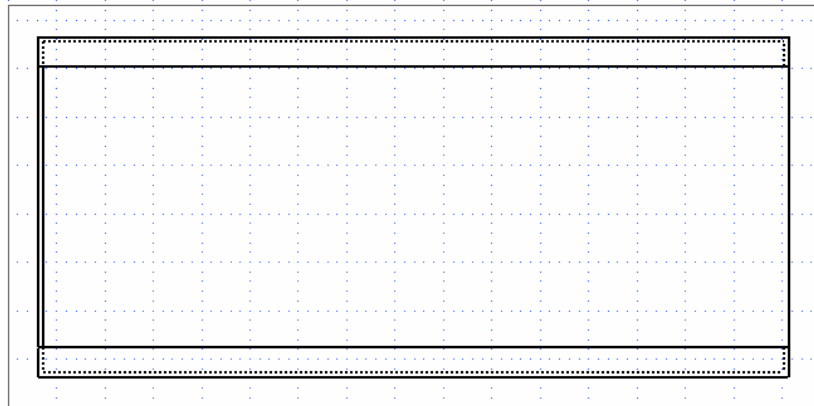


SHT1 (DWG) WORK

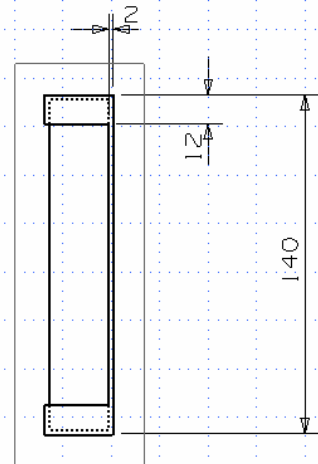
# Bijlage E Tekeningen geleiding



bovenaanzicht



zij aanzicht



vooraanzicht