

# 'The Cleaning Project'

## Scriptie bachelorproef

Ruben Holsbeke  
Yannick Schneider  
Steven Van Lint  
Frederick Renneboog  
Frederik Merckx  
Jakobus Debel

Promotor: Ingrid Claus  
Copromotor: Charles Van den Berghe

Vakgroep Industriële Technologie en Constructie  
Voorzitter, prof Marc Vanhaelst  
Faculteit Ingenieurswetenschappen en Architectuur  
Academiejaar 2013-2014





# 'The Cleaning Project'

## **Scriptie bachelorproef**

Ruben Holsbeke  
Yannick Schneider  
Steven Van Lint  
Frederick Renneboog  
Frederik Merckx  
Jakobus Debel

Promotor: Ingrid Claus  
Copromotor: Charles Van den Berghe

Vakgroep Industriële Technologie en Constructie  
Voorzitter, prof Marc Vanhaelst  
Faculteit Ingenieurswetenschappen en Architectuur  
Academiejaar 2013-2014

‘De auteur(s) geeft (geven) de toelating deze scriptie voor raadpleging beschikbaar te stellen en delen ervan te kopiëren voor persoonlijk gebruik. Elk ander gebruik valt onder de beperkingen van het auteursrecht, in het bijzonder met betrekking tot de verplichte bronvermelding bij het gebruiken of aanhalen van teksten of resultaten uit deze scriptie.’

# Woord vooraf

Hetgeen begon als een wild idee op een donderdagavond om de wereld te verbeteren en waterlopen te zuiveren, is geëindigd als een volwaardige paper en een fantastisch prototype dat daadwerkelijk in meren afval uit water haalt. Zowel het uitschrijven van de paper als het bouwen van de boot zou nooit gelukt zijn zonder de hulp van talloze personen, die via deze weg bedankt worden.

Vooraleerst willen wij het ziekenhuis *AZ Maria Middelaers* in Gent en in het bijzonder de afdeling nefrologie bedanken voor het wekenlang inzamelen van lege waterflessen. Zonder hun hulp zou er nooit voldoende drijfvermogen verzameld geweest zijn om de boot drijvend te houden.

Daarnaast zouden wij ook graag iedereen willen bedanken die ons in raad en daad heeft bijgestaan bij het ontwerpen en het maken van de verschillende onderdelen van de boot. In het bijzonder Dhr. Ruddy Stockman, Dhr. Antoine De Henau en Dhr. Marc Wouters die ons zowel van materialen voorzien hebben alsook van hopenadvies. Ook de materiaalverantwoordelijken van het blok bouwkunde willen wij hartelijke bedanken voor het telkens in vertrouwen uitlenen van vele gereedschappen en dit steeds met een glimlach.

Tot slot zouden wij ook nog graag onze promotoren hartelijk willen bedanken voor al hun onuitputbaar advies en hulp. Zonder hun op ruime ervaring gebaseerde begeleiding, zou het oplossen van verscheidene problemen zowel op theoretisch als op praktisch vlak een heel stuk moeizamer verlopen zijn. Mevr. Ingrid Claus, Dhr. Charles Van den Berghe, Tim Saillé en Bert Hannon, bij deze onze oprechte dank voor al jullie hulp en raad, zowel tijdens als na de lesuren.

Ruben Holsbeke, Yannick Schneider, Jakobus Debel, Steven Van Lint, Frederik Merckx, Frederick Renneboog.

Gent, 22 mei 2014

# Inhoudstafel

Inleiding.....	1
1 Conceptanalyse.....	2
<b>1.1 Concept 1</b> .....	3
<b>1.2 Concept 2</b> .....	3
<b>1.3 Concept 3</b> .....	4
<b>1.4 Concept 4</b> .....	5
<b>1.5 Concept 5</b> .....	6
<b>1.6 Beoordeling Concepten</b> .....	7
2 Literatuurstudie ‘Algen en biobrandstof’ .....	8
<b>2.1 Kwantiteit</b> .....	8
<b>2.2 Kwaliteit</b> .....	13
<b>2.3 Referenties</b> .....	14
3 Technisch dossier.....	15
<b>3.1 Gebruiksaanwijzing</b> .....	15
<b>3.2 Vermogensberekening</b> .....	16
3.2.1 Vermogensberekening voor de aandrijving van de boot.....	16
3.2.2 Vermogensberekening voor de transportband van de 1 <sup>ste</sup> zeef .....	20
3.2.3 Vermogensberekening voor de transportband van de 2 <sup>de</sup> zeef .....	23
3.2.4 Totaal vermogen.....	25
<b>3.3 Materiaalselectie</b> .....	25
<b>3.4 Berekening machineonderdelen</b> .....	31
3.4.1 Sterkteberekeningen aandrijf-as grofveel transportband .....	31
3.4.2 Sterkteberekeningen penverbindingen.....	35
3.4.3 Sterkteberekeningen glijlagers.....	37
<b>3.5 Sterkteberekeningen (+FEM)</b> .....	39
3.5.1 Berekening van de pontons .....	39
3.5.2 FEM-analyse van de aandrijf-as van de grofveeltransportband .....	58
<b>3.6 Aangekochte componenten</b> .....	68
<b>3.7 Tekeningen NX</b> .....	87
<b>3.8 Veiligheid, Risicoanalyse, veiligheidsinstructiekaarten</b> .....	91
<b>3.9 Besturing</b> .....	112
3.9.1 Fpga-code.....	113

3.9.2 Real-time controller .....	121
<b>3.10 Eplan schema's .....</b>	<b>135</b>
<b>3.11 EG-verklaring van Overeenstemming .....</b>	<b>143</b>
4 Milieu en duurzaamheid.....	144
<b>4.1 Motivatie 1: Biobrandstof van microalgen.....</b>	<b>144</b>
<b>4.2 Motivatie 2: Watervervuiling.....</b>	<b>147</b>
<b>4.3 Milieu en Duurzaamheid van gebruikte materialen. ....</b>	<b>149</b>
<b>4.4 Ecolizer .....</b>	<b>152</b>
5 Laagspanningsinstallatie.....	154
<b>5.1 Laagspanningsinstallaties: opgave 1 .....</b>	<b>154</b>
<b>5.2 Laagspanningsinstallaties: Opgave 2 .....</b>	<b>178</b>
<b>5.3 Eendraadschema's.....</b>	<b>209</b>
6 Onderzoek .....	212
<b>6.1 Trekproeven .....</b>	<b>212</b>
<b>6.2 Algenfiltering gaas.....</b>	<b>218</b>
7 Prototype vs. commerciële versie.....	219
<b>7.1 Behuizing componenten .....</b>	<b>219</b>
Besluit .....	226
Lijst van figuren .....	227
Lijst van tabellen.....	231
Geraadpleegde literatuurlijst .....	232

# Inleiding

Elk jaar wanneer de temperatuur tijdens de lente begint te stijgen, ontstaat er op vele waterwegen, kanalen en meren een explosieve algengroei die het natuurlijk evenwicht in deze wateren sterk verstoort. Dit leidt tot grote schommelingen in het zuurstofniveau van het water, wat vissterfte veroorzaakt. Bovendien verbruiken deze algen ook alle voedingsstoffen, wat de fauna en flora van het water in het gedrang brengt.

Een ander veelvoorkomend probleem dat wereldwijd de waterkwaliteit verstoort, is de minachtendehouding van de mens tegenover het milieu, met name het achterlaten of wegsnijten van vuilnis. In oceanen en meren veroorzaakt dit sterke vervuiling en leidt het onder meer tot verstikking van vogels en vissen.

Als mogelijke oplossing voor dit probleem hebben wij voor onze bachelorproef en onze deelname aan de Creative Engineering Competition een duurzaam ecologisch concept uitgewerkt. Namelijk een autonoom vaartuig dat volledig zelfstandig de bovenste lagen van vervuilde wateren filtert. Concreet houdt dit in dat tijdens een eerste fase van het verwerkingsproces het grotere drijvende afval uit het water 'opgevist' wordt. In de tweede fase van het proces worden vervolgens de overtollige algen uit het water gefilterd, om zodoende het natuurlijk evenwicht te herstellen.

Een cRIO-9075 van National Instruments zal de aansturing van het vaartuig regelen. Wanneer de vooraf ingestelde grenzen van het werkzame gebied overschreden worden of wanneer de oever te dicht benaderd wordt, zal het vaartuig van koers wijzigen.

Indien het afvalreservoir vol is of de accu bijna leeg is, zal het vaartuig zelfstandig terugkeren naar zijn vooraf geprogrammeerde laadstation. In een verdere fase van dit concept kan er eventueel met de verzamelde algen energie geproduceerd worden aan de hand van de biomassa van de algen. Voor de uitwerking van dit project is het ook belangrijk dat het volledige vaartuig uit duurzame materialen gebouwd wordt. Dit houdt in dat het vaartuig zo veel mogelijk uit gerecycleerde materialen moet bestaan en dat het geheel uiteindelijk zelf ook recycleerbaar is.

# 1 Conceptanalyse

## Het probleem

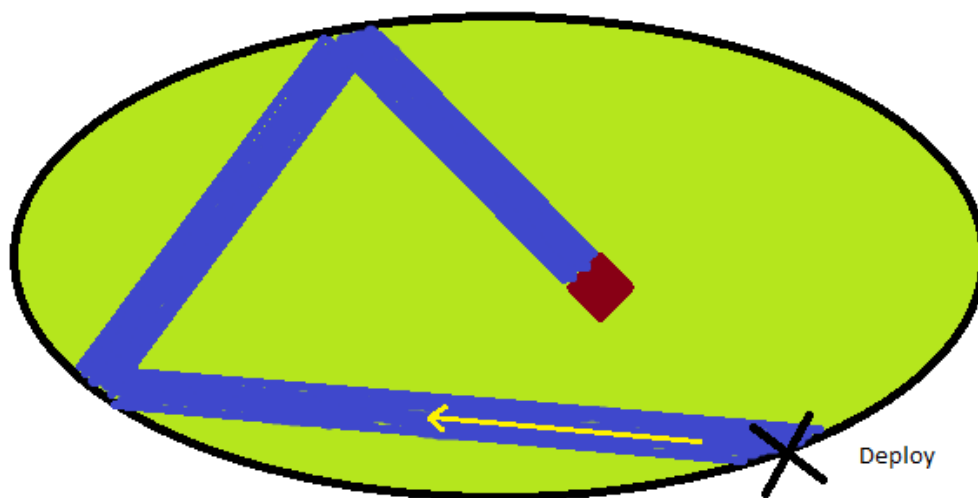
In deze bachelorproef wordt het probleem van overmatige algengroei en afval in water behandeld.

De meest schadelijke effecten van algen :

- Ze verspreiden zich zeer snel.
- Ze verstoren het evenwicht en zorgen voor een zuurstoftekort.
- Ze kunnen geurhinder veroorzaken.
- Ze kunnen giftig zijn.

## De concepten

In volgende concepten wordt steeds uitgegaan van het principe van een autonoom bestuurde boot die over een willekeurige hoek van richting verandert telkens hij een rand van zijn werkgebied bereikt.

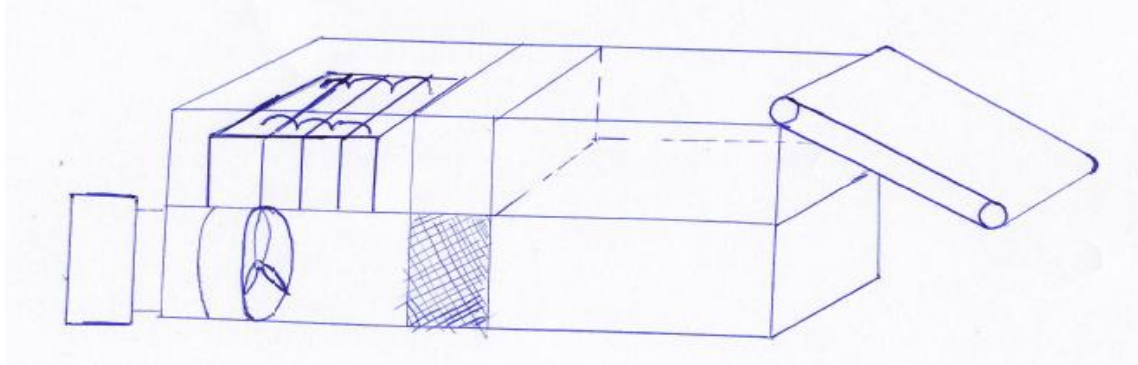


Figuur 1-1: mogelijke route van de autonoom bestuurde boot

De energievoorziening zou uit hernieuwbare energie bestaan, met name zonnepanelen. Deze zouden ofwel rechtstreeks op de vaartuigen zelf gemonteerd worden en de batterijen ervan opladen ofwel een laadstation op de oever, waar de vaartuigen naartoe varen indien hun batterij plat is, van stroom voorzien.

## 1.1 Concept 1

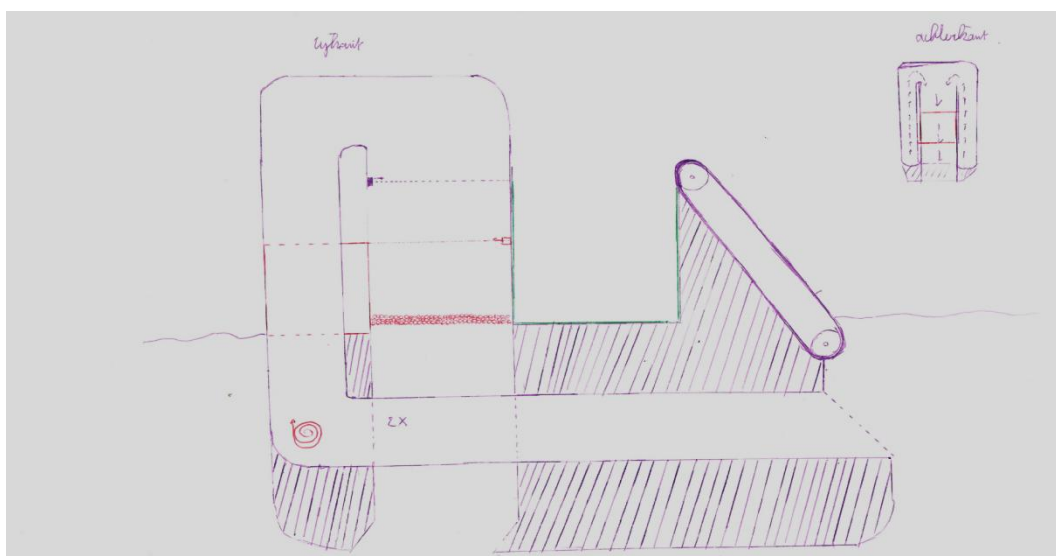
Een rolband neemt het grof vuil uit het water en laat het vallen in een afvalbak, de rest van het vuil wordt aangezogen door een propeller in een opening onder de rolband. vervolgens passeert het water een makkelijk te vervangen algenfilter. De propeller dient niet enkel voor de aanzuiging van het vuil maar ook voor de aandrijving van de boot en wordt gevoed door batterijen.



Figuur 1-2: Schets concept 1

## 1.2 Concept 2

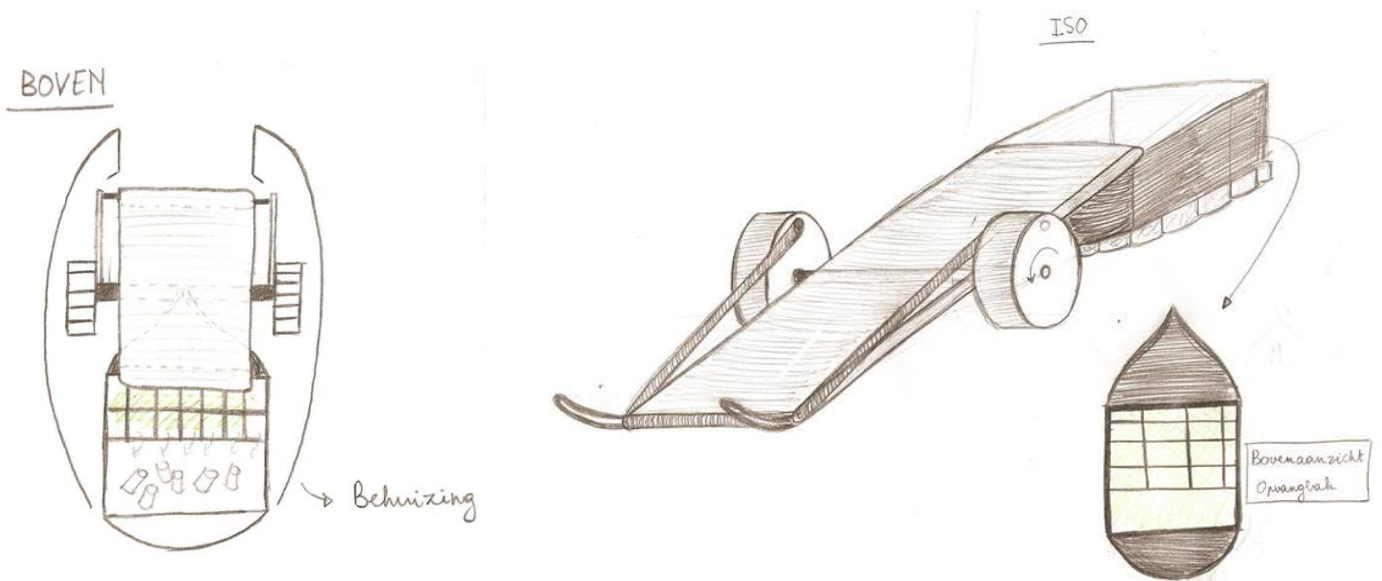
Voor het ophalen van het grof vuil wordt gebruik gemaakt van een rolband en een afvalbak. Binnendringen van het vuil in de leiding wordt verhinderd door een rooster. Het hier tegengehouden vuil komt terecht op de rolband en wordt zo naar de afvalbak getransporteerd. Het water (zonder grof vuil) komt daarna in een pomp terecht die het via 2 gangen (één aan elke kant van de boot) omhoog stuwt. Na het nemen van een U-bocht valt het water naar beneden waarbij het onder grote druk, ten gevolge van de gravitatiekracht en de druk in de pomp, doorheen een tweede rooster vloeit. Hier wordt eerst nog zwevend vuil dat alsnog door het eerste rooster geraakt is tegengehouden. Het resterende water wordt tenslotte door een algenfilter geleid waardoor de algen worden opgevangen.



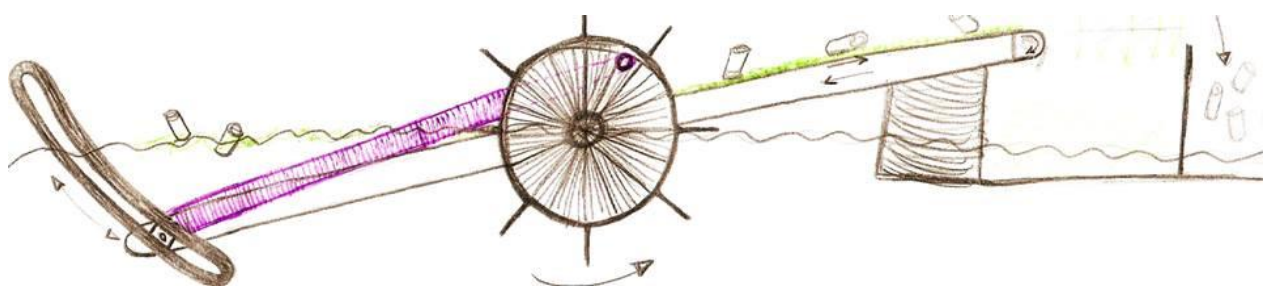
Figuur 1-3: Schets concept 2

### 1.3 Concept 3

Dit concept bestaat uit een schoepenrad met rolband en krukas. Het rad en de rolband worden aangedreven, waarbij het rad zorgt voor de verplaatsing en besturing van de boot en de rolband zorgt voor de afvoer van het afval naar de afvalbak. Het uiteinde van de rolband hangt samen met de krukas aan een geleidingsrail, waardoor per omwenteling de transportband een keer omhoog en een keer omlaag gaat. Het afval wordt dus opgescheept wanneer de band omlaag staat en in de afvalbak 'gekieperd' bij het omhoog



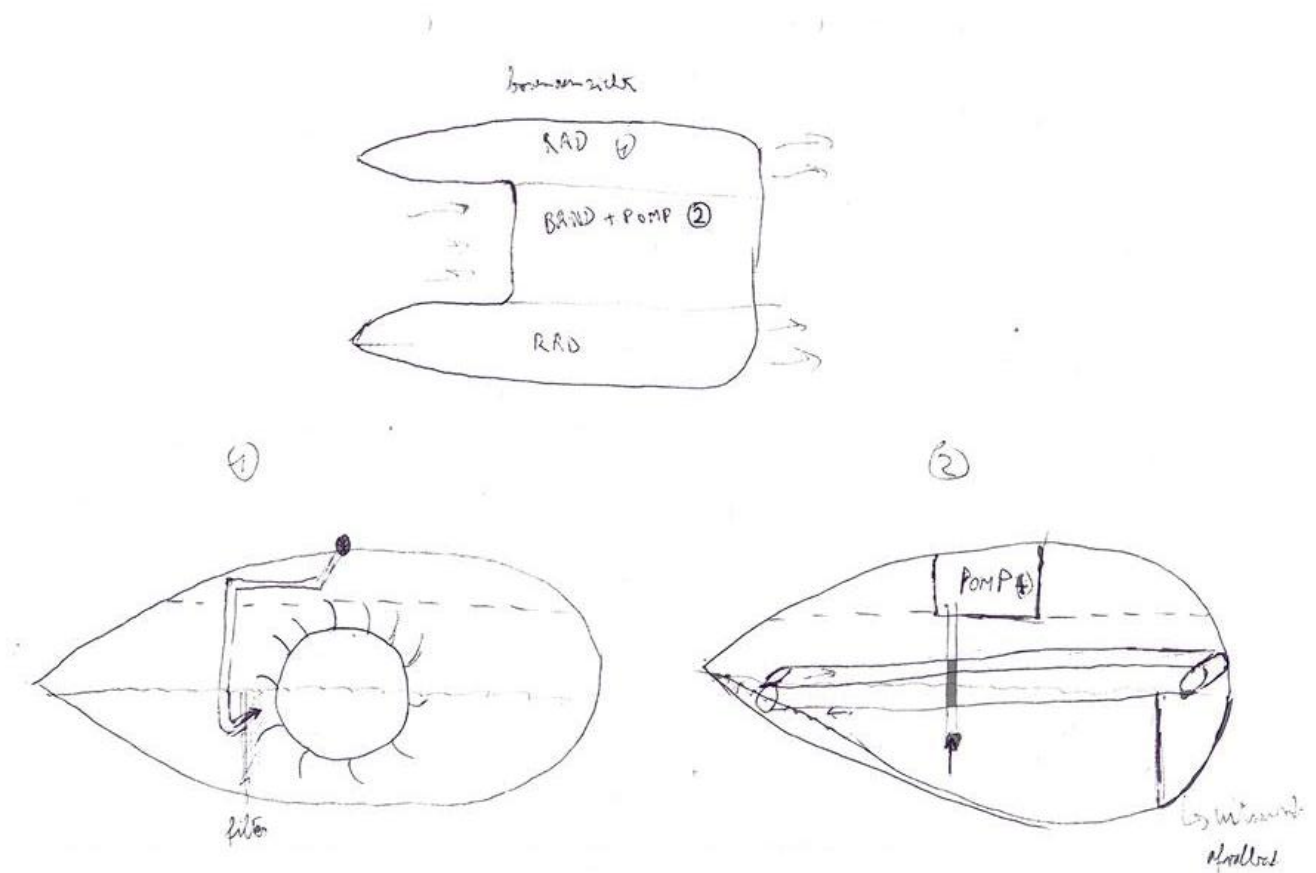
Figuur 1-1-4: Schets concept 3 (Bovenaanzicht en ISO)



Figuur 1-5: Schets concept 3 (zijaanzicht)

## 1.4 Concept 4

Dit concept bestaat uit twee delen. Het eerste deel aan de zijkanten van de boot bestaat uit een schoepenrad dat aangedreven wordt door een leiding afkomstig van de pomp. Aan de leidingen staan ook filters die de algen uit het water zullen filteren. Sturen is mogelijk door het debiet te regelen van één van de twee schoepenraden. Het centrale deel van de boot waar het water binnenkomt, bestaat uit een rolband om het grotere afval uit het water te sorteren, een verwijderbare afvalbak en de pomp.

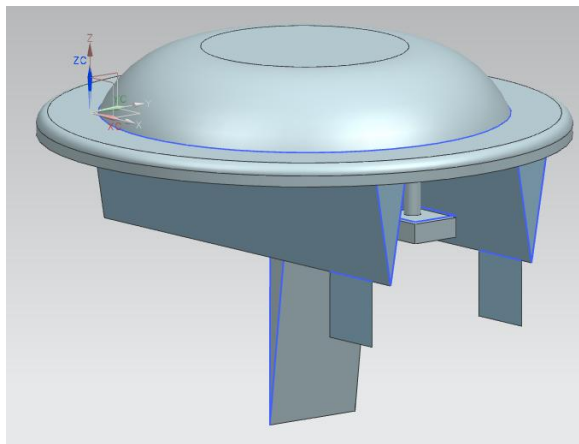


Figuur 1-6: Schets concept 4

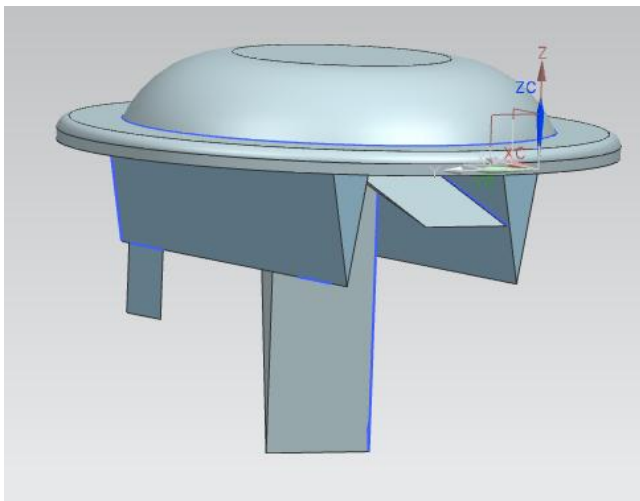
## 1.5 Concept 5

Dit concept is een soort catamaran die bestaat uit twee grote delen. Het bovenste deel dat op het water drijft bevat de motor(en), sturing, de afvalbak, de algenbak,...

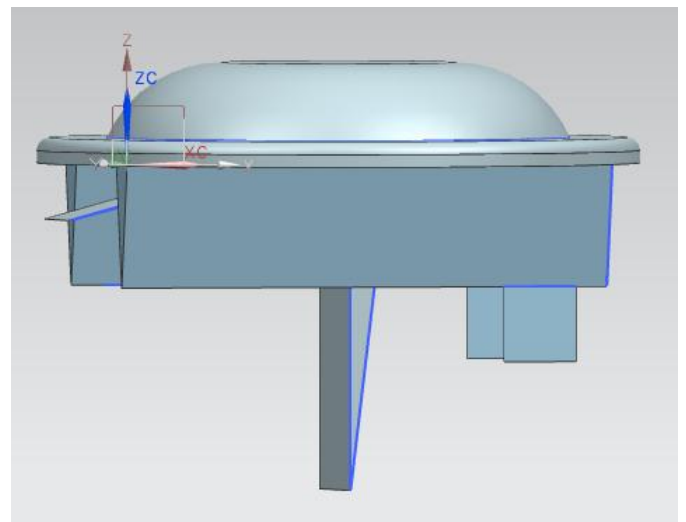
Het onderste deel, dat in het water zit, bestaat uit een 'gang' met twee filterfasen. De eerste fase is een rolband waarbij het grotere afval uit het water wordt gehaald. De tweede fase is de algenfiltering: deze bestaat uit een filterend doek waar de algen aan blijven 'plakken'. Dit doek wordt continu rondgedraaid in het bovenste deel afgeschraapt zodat de algen in de afvalbak verzameld worden.



Figuur 1-7: Siemens NX tekening concept 5



Figuur 1-8: Siemens NX tekening concept 5



Figuur 1-9: Siemens NX tekening concept 5

## 1.6 Beoordeling Concepten

<b> criterium</b>	<b>Wegingscoëfficiënt</b>	<b>Concept</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Energie</b>	5		6	2	7	7	7
<b>Realiseerbaarheid</b>	2		7	4	7	6	9
<b>Fluidodynamisch</b>	3		4	7	5	7	8
<b>Zuiveringsgraad</b>	5		7	10	5	6	7
<b>Onderhoud</b>	2		6	6	6	4	6
<b>Kostprijs</b>	3		5	4	7	3	9
<b>Esthetiek</b>	1		4	5	5	6	10
<b>Beveiliging groot afval</b>	3		6	9	6	6	6
<b>Duurzaamheid</b>	4		3	3	4	3	8
<b>Afvalscheiding</b>	3		6	10	1	6	7
<b>Totaal</b>			<b>170</b>	<b>187</b>	<b>164</b>	<b>169</b>	<b>232</b>

Tabel 1: Beroordeling Concepten

---

### Conclusie :

Uit de waardebeoordeling kan er uiteindelijk worden besloten dat het vijfde concept het beste past bij onze doelstelling.

## 2 Literatuurstudie ‘Algen en biobrandstof’

De bedoeling van ‘The Cleaning Project’ is in de eerste plaats om water te zuiveren. Dit gebeurt in 2 fasen: het ophalen van enerzijds grof vuil en anderzijds algen.

In een verdere fase van het project waarbij de mogelijkheid tot een grootschalig inzetten van ‘The Cleaning Project’ bestaat, zou men kunnen overwegen om van de opgeviste algen biobrandstof te maken. Dit is echter een zeer ingewikkeld chemisch proces dat enkel rendabel kan zijn bij een zeer grote hoeveelheid opgeviste algen.

Daarnaast is ook niet elke soort algen geschikt voor de productie van biodiesel. Er zijn bepaalde biologische en fysische eisen waar de algen aan moeten voldoen en algen die uit een maritieme omgeving komen zouden niet kunnen voldoen aan dergelijke voorwaarden om hoge fotosynthetische efficiëntie te verkrijgen.

Het onderwerp van algen en biobrandstof en het bijhorende rendement kan bijgevolg herleid worden tot een kwantiteit – kwaliteit vraagstuk. Deze twee aspecten worden in volgende literatuurstudie uitvoerig beschreven waarbij ook eventuele alternatieven worden aangereikt.

### 2.1 Kwantiteit

Dit artikel handelt op de ideale omstandigheden en de opstelling om massaproductie van algen zo efficiënt mogelijk te maken.

Momenteel is er veel interesse in het cultiveren van microalgen voor de massaproductie van lipiden, biodiesel of als grondstof voor diverse industriële chemische processen. Om de productie economisch haalbaar te maken, is het belangrijk om een kweekproces te ontwikkelen met volgende eigenschappen:

- Creëren van omstandigheden waarin algen met hoge efficiëntie aan fotosynthese kunnen doen
- Mogelijkheid tot kweken van een bepaalde soort algen met specifieke gewenste kenmerken
- Geoptimaliseerde processen zowel qua kostprijs als qua tijdsduur

Voor het ontwikkelen van een beter algenkweekproces is een goed inzicht over efficiënte lichtconversie van deze algen vereist. Hiervoor worden twee concepten in verband met de lichtverdunding bij het ontwerp van een fotobioreactor voorgesteld.

Om massaproductie van microalgen tot stand te brengen moet men gebruik maken van zonlicht als lichtbron. Kunstlicht gebruiken zou veel te kostelijk zijn; de energiekost voor belichting (gebaseerd op LED technologie) is al 23 euro per kilogram biomassa (zie figuur 2-1) wat veel hoger is dan de productiekost van 10 euro voor 30 kg biomassa bij het gebruik van fotobioreactoren.

Based on document 6322 635 57271 of Philips GreenPower LED module HF 8727900 908312 00			
Needed for algae	100	$\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	(PAR)
Per LED module	10	$\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	(PAR)
So needed per m <sup>2</sup>	10	LED modules	
Per LED module so	10	W	energy
Continuous light	100	W	energy per m <sup>2</sup>
Energy needed	24	hr	
	2.4	kWhr m <sup>2</sup> d <sup>-1</sup>	
Energy costs	0.15	€ kWhr <sup>-1</sup>	(several suppliers in the Netherlands)
Continuous light	0.36	€ m <sup>2</sup> d <sup>-1</sup>	energy costs
Yield	1.8	g biomass mol photons <sup>-1</sup>	(Zijffers 2009)
Amount of photons	8.64	mol d <sup>-1</sup>	
Max. produced	15.6	gram biomass m <sup>2</sup> d <sup>-1</sup>	
Implicating energy cost of	0.023	€ g <sup>-1</sup>	biomass
	23	€ kg <sup>-1</sup>	biomass

Figuur 2-1: LED Technologie

Om de productiekosten te verlagen, moet men een veel hogere oppervlaktedichtheid en volumetrische productiviteit bereiken in de fotobioreactor.

Dit kan bekomen worden door het verschil tussen de werkelijke en theoretische maximale fotosynthetische efficiëntie (9%) te overbruggen. De fotosynthese efficiëntie (FE) stelt de hoeveelheid biomassa voor die per eenheid van lichtenergie (volledig spectrum) gevormd wordt door de algen.

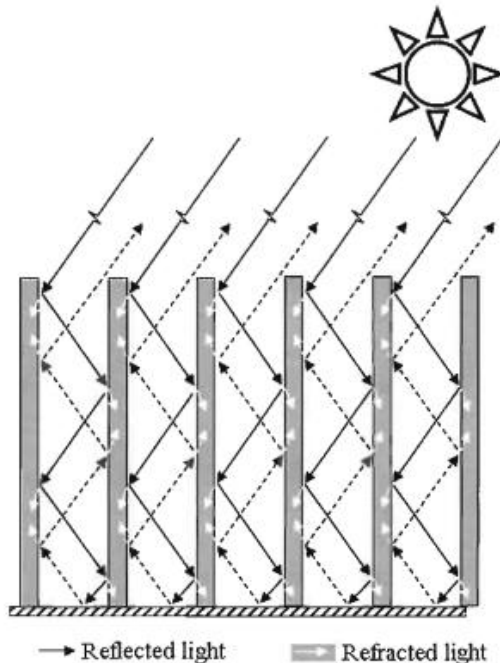
In huidige commerciële algen productiesystemen liggen de FE waarden voor open vijver systemen rond 1% en voor gesloten vijver systemen rond 3%. De lichtintensiteit van zonlicht op een wolkeloze dag kan makkelijk  $1500 \frac{\text{micromol}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$  overschrijden.

Deze intensiteit is echter een stuk hoger dan de waarde waarbij de algen het grootste rendement van biomassa productie vertonen. Boven deze waarde worden de algen immers verzadigd en produceren ze exponentieel minder met stijgende lichtintensiteit.

Om een hogere FE waarde te bekomen zal men dus de intensiteit van het invallend licht moeten verlagen zodat microalgen op hun optimaal 'werkpunt' aan fotosynthese kunnen doen. Dit kan men op 2 manieren bekomen: enerzijds door lichtintegratie of anderzijds door lichtverdunding.

Bij lichtintegratie worden de algen intensief en aan een zo hoog mogelijke snelheid door elkaar gemengd waardoor zij een lagere effectieve intensiteit ervaren. De productie kan bijgevolg op een plaats gebeuren waar de intensiteit hoger is dan het fotoverzadigingsniveau. Deze techniek werkt tot op heden echter enkel op kleine schaal. Bij de massateelt van algen is men er nog niet in geslaagd deze succesvol toe te passen.

Een andere manier om de PE waarde te doen stijgen is door middel van lichtverdunding. Hierbij verspreidt men invallend licht over een veel ruimer gebied. Om dit te bekomen moeten meerdere fotobioreactoren verticaal tegenover elkaar opgesteld worden volgens een noord naar zuid oriëntatie. Op deze manier zal het licht tussen de reactoren heen en weer gereflecteerd worden (zie figuur). De lichtintensiteit die de algen op die manier ontvangen ligt dan onder hun verzadigingsniveau, waardoor de biomassa opbrengst voor zonlicht en dus de FE-waarde vergroot.



Figuur 2-2: Reflectie tussen verticaal tegenover elkaar opgestelde fotobioreactoren

Bij voorkeur wordt de fotobioreactor geplaatst in landen dicht bij de evenaar waar veel zonlicht beschikbaar is. Het materiaal van de fotobioreactoren moet zodanig gekozen worden dat enerzijds zo weinig mogelijk reflectie bekomen wordt en anderzijds de transmissie van PAR (Photosynthetic Active Region, golflengte 400-700 nm) licht zo hoog mogelijk is. Transmissiecurven tonen echter aan dat minstens 10% aan transmissie verloren gaat. Tevens gaat nog meer licht verloren indien de invalshoek groter is dan  $45^\circ$ .

Een ander onvermijdelijk probleem is dat algen 's nachts geen biomassa aanmaken. In tegendeel, voor energie zullen ze biomassa verteren die ze overdag hebben aangemaakt. De hoeveelheid nachtelijk verteerde biomassa wordt voorgesteld in de NBL (night biomass loss). Dit getal varieert tussen 2 en 14% en kan geminimaliseerd worden door het verlagen van de kweektemperatuur.

Veronderstel een transmissieverlies van 10% voor het PAR licht, een verlies van 5% door NBL en tenslotte nog een verlies van zo'n 10% voor de energie die bij onderhoud wordt onttrokken, dan bekomt men een maximale PE-waarde van zo'n 7%.

Een andere invloedsfactor is nog het type vijver en bijgevolg ook het type reactor dat gebruikt wordt om de algen in te kweken.

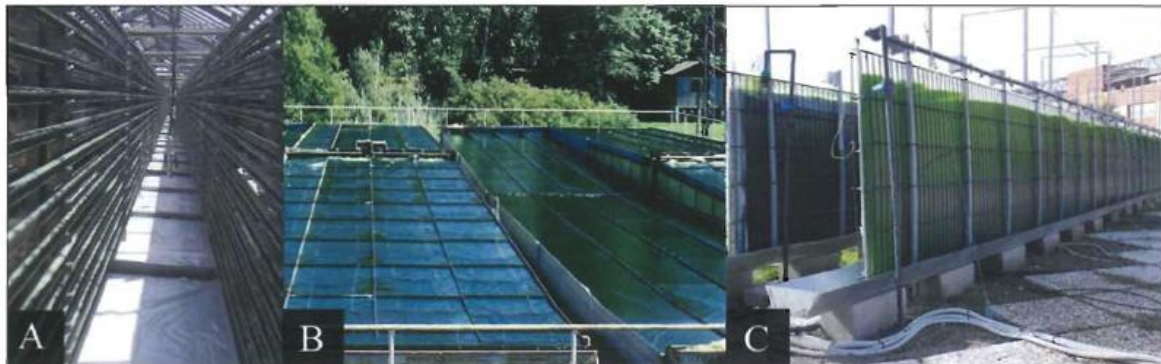
Open vijvers hebben hierbij de laagste productie ten gevolge van een lange optische weg, een trage menging en het ontbreken van controle. Vijvers met dunne lagendaarentegen vertonen in combinatie met buisvormige reactoren betere resultaten (meer bepaald een kortere optische weg, een betere menging en de mogelijkheid tot controle).

Reactor	Approach	Optical path (cm)	PE (%)	Areal productivity ton ha <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup>	References
Open pond	Growth integration	30	0.9	27	[57]
Thin-layer pond	Light integration	0.6	2.6*	78	[11]
Tubular reactor	Light integration	5	3	90	[7] [58]
Flat panel	Light dilution	1-2	6**	179	[8]
Theoretical maximum in photobioreactors			7	200	

\* Photosynthetic efficiency (PE) measured  
 \*\* Estimated from [23], assumed that light was diluted to a uniformly two-sided illumination of 115  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ .

Figuur 2-3: Verschillende soorten fotobioreactoren en hun respectievelijke PE-waarde.

**Figure 3.** (A) Tubular reactors in Ritschenhausen (GMBH). (B) Thin-layered pond (courtesy of J. Doucha, Třeboň laboratory, Czech Republic) (C) Flat panels also described as green wall panel (courtesy of M.R. Tredici, University of Florence, Italy)



Figuur 2-4: Bestaande fotobioreactoren op basis van lichtintegratie

De licht - en donkercyclussen zijn echter nog steeds te lang en ook met de pH-waarde (of zuurtegraad), nutriënten en zuurstoftoevoer moet nog rekening gehouden worden.

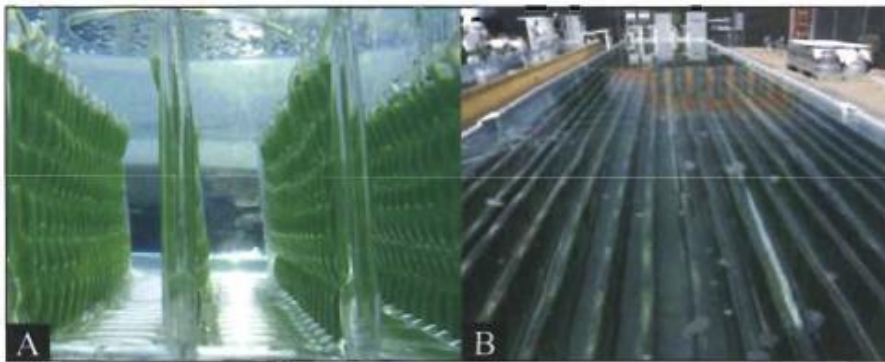
Het grootste nadeel is dat de zuurstofconcentratie in het kweekwater (zuurstof is een nevenproduct van fotosynthese) makkelijk de 300% limiet bereikt, wat groeiremming en productieverlies met zich mee brengt. Dit kan opgelost worden door grotere vloeistofsnelheden, maar deze doen dan de kostprijs weer stijgen.

Voor een zo groot mogelijke algenproductie kunnen innovatieve fotobioreactoren beter gebruik maken van lichtverdunding om de lichtintensiteit te verlagen tot  $100 \frac{\text{micromol}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$ . In dit geval kan de

lagere hoeveelheid licht die door de microalgen wordt geabsorbeerd aan een veel hoger rendement worden omgezet in biomassa.

Men heeft ook aangetoond dat in een fotobioreactor met vlakke panelen verlicht door een lichtintensiteit van  $115 \frac{\text{micromol}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$  waaraan *Nannochloropsis* sp. (bevat hoge concentraties van triglycerides met staarten die PUFA's bevatten) wordt bijkomend toegevoegde FE waarde van 6% kan bereikt worden.

**Figure 4. (A)** Flat panel photobioreactor of Proviron (courtesy of M. Michiels, Proviron, Belgium) **(B)** Flat panel photobioreactor of Solix Biofuels (courtesy of B. Willson, Colorado State University)



Figuur 2-5: bestaande fotobioreactoren op basis van lichtverdunning

Er kan besloten worden dat de fotosynthetische efficiëntie (FE) van algen uit een open vijver, waarin onze boot functioneert, slecht 1% bedraagt en dat deze manier dus niet optimaal is om een voldoende hoeveelheid algen te verkrijgen waar biobrandstof van gemaakt kan worden.

Lichtintegratie toepassen, een aangepaste omgeving maken (bijvoorbeeld door het overkoepelen van een vijver door een lichtschermb met de hoogste PAR-licht transmissie), kunstmatig beweging in het water induceren en de hoeveelheid geproduceerde zuurstof controleren zijn allemaal manieren om de FE te verbeteren. Hierbij moet wel een analyse gemaakt worden van de hoeveelheid opgehaalde algen in verhouding tot de potentieel geproduceerde hoeveelheid biobrandstof.

## 2.2 Kwaliteit

Microalgen accumuleren grote hoeveelheden hydrofobe verbindingen. Het beste voorbeeld is de 'Botryococcus braunii'. Deze algensoort produceert geen lipiden, maar minder zuurstofrijke isoprenoïden, dit zijn bijna alkaan-achtige structuren met ongeveer 32 tot 38 koolstofatomen. Deze componenten kunnen gebruikt worden in bestaande olieraffinaderijen.

De concentratie van deze componenten stijgt tot maximaal 70% van de biomassa. Daarnaast is de celwand van de Botryococcus zeer dun en kan de olie makkelijk worden geëxtraheerd. Deze cellen scheiden bijna spontaan hun oliën uit.

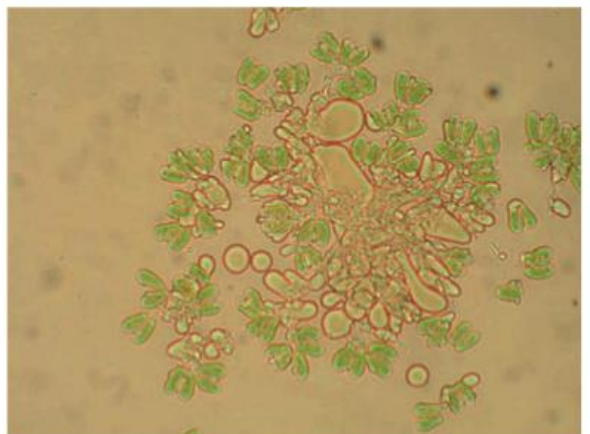
Jammer genoeg is Botryococcus moeilijk te kweken en daarom worden ze nog niet zo veel gebruikt in de ontwikkeling van processen voor de productie van biodiesel uit microalgen.

Dit voorbeeld laat echter zien dat de olie-uitscheiding makkelijker kan door een andere aanpak van de olie-excretie dan degene die nu het meest wordt toegepast. De productie van lipiden van microalgen, bij voorkeur tri-acylglyceriden (die zorgen voor opslag van chemische energie), krijgt nu nog steeds de meeste aandacht. De concentraties variëren van 20 tot 60%. Accumulatie naar hoge concentraties aan lipiden vindt dikwijls plaats na belasting. Eerst groeien algen en dan moeten ze belast worden - bijvoorbeeld door beperking van nutriënten - om de accumulatie van lipiden te veroorzaken.

Op dit moment worden er bijna geen algen produceert voor de productie van lipiden voor biodiesel. Schattingen zijn daardoor ruw. Er wordt geschat dat het mogelijk is om 20.000-80.000 liter lipiden per hectare per jaar te produceren.

Op basis van de huidige technologie zal de productie niet hoger zijn dan 20000 liter per hectare per jaar. Als de technologie zich ontwikkelt zouden hogere waarden kunnen bekomen worden. Dit is wel veel hoger dan de productie via gewassen: palm-en raapzaadolie produceren respectievelijk 6000 en 1500 liter per hectare per jaar.

Lipiden moeten worden geëxtraheerd van de microalgen om biodiesel te maken. Er zijn 2 processen om lipiden om te vormen tot diesel: transesterificatie (omestering) of hydrogenering (harden). In het geval van transesterificatie, worden de glycerol esters omgezet tot methyl esters. Bij katalytische wateromvorming worden triglyceriden omgevormd in lineaire koolwaterstofketens. Bij hydrogenering worden lipiden omgezet in alkanen.



Figuur 2-6: Botryococcus braunii scheidt spontaan olie uit

Men kan dus besluiten dat er zich in verband met de kwaliteit van de geproduceerde algen nog vele problemen voordoen die het efficiënt en op grote schaal produceren van biodiesel uit algen in de weg staan.

Deze kunnen momenteel enkel opgelost worden door enerzijds de kweekprocessen van moeilijk te kweken algensoorten (bijvoorbeeld Botryococcus) te verbeteren (kwantiteit verhogen) of anderzijds nieuwe processen en/of kweekinstallaties te ontwikkelen waarmee kwalitatief minder geschikte algen, die echter wel in grote getale kunnen gekweekt en geoogst worden, een betere kwaliteit op vlak van de hoeveelheid energie die ze bevatten, te geven.

## **2.3 Referenties**

- **“Towards increased microalgal productivity in photobioreactors”  
By R. Bosma, M. H. Vermue, J. Tramper and R.H. Wijffels**
- **“Microalgae for the production of bulk chemicals and biofuels”  
Door Rene H Wijffels, Maria J Barbosa, Michel H M Eppink**

## 3 Technisch dossier

### 3.1 Gebruiksaanwijzing

- **Functie**

‘The Cleaning Project’ is een duurzaam en milieuvriendelijk, compact en drijvend waterzuiveringstation. Dankzij de ingebouwde sturing van National Instruments kan dit vaartuig volledig autonoom te werk gaan in vervuilde vijvers en meren. ‘The Cleaning Project’ is in staat alle drijvende vervuiling gaande van plastic flesjes tot papier en blikjes uit het water te verwijderen. Daarnaast is het ook in staat om sterk met algen vervuilde wateren te zuiveren.

- **Gebruik**

De enige gebruiksbeperkingen voor ‘The Cleaning Project’ zijn de omvang van de vijver, onafgebakende waterlopen en manuele tussenkomst bij speciale gevallen, zoals terugkeer naar basisstation door lege batterij of volle afvalbak. ‘The Cleaning Project’ is ontworpen voor middelgrote meren met een maximale oppervlakte van ca. 10000 m<sup>3</sup>. Gebruik in grotere meren is mogelijk, maar dit wel ten koste van de werkingsduur. De boot is vooral bedoeld voor stilstaand water, maar zal ook efficiënt werken in middelmatige stromingen door een ingebouwde compass module die richtingsveranderingen compenseert door de hoek van de aandrijfmotor aan te passen. Bijgevolg kan ‘The Cleaning Project’ gebruikt worden in normale tot regenachtige weersomstandigheden, maar niet bij vriestemperaturen en tot windsnelheden van 5 beaufort.

‘The Cleaning Project’ bestaat uit het autonome vaartuig en een bijhorend basisstation. In dit basisstation kan het zich van het verzamelde afval en de algen ontdoen en eventueel zijn accu’s opladen. Dankzij dit basisstation kan ‘The Cleaning Project’ onafgebroken en zelfstandig blijven werken en dit gedurende dag en nacht. De gemiddelde autonomie bedraagt 1 à 2 uur, afhankelijk van de weersomstandigheden. De capaciteit van de afvalcontainer en de algencontainer bedraagt respectievelijk 0,06 m<sup>3</sup> en 0,025 m<sup>3</sup>.

- **Onderhoud**

Voor een langdurige goede werking van de boot, is het nodig de boot na ieder gebruik te reinigen, en te controleren op defecten. Kleine defecten kunnen namelijk meestal snel en goedkoop opgelost worden. Er moet gelet worden op scheurtjes in de rolband, of het vast steken van takken in de mazen. Zijn de kettingen nog soepel en gesmeerd, zoniet moet er kettingolie aangebracht worden. Is de aandrijfmotor nog goed uitgelijnd, dit kan aangepast worden door de basis van de potentiometer aan te passen. Na ieder gebruik moet er ook nagezien worden of er geen vocht aanwezig is in het elektronica compartiment, ook al is er een vochtsensor aanwezig, deze kan vochtproblemen te laat opmerken.

- **De bediening**

De boot heeft twee verschillende modes: autonome besturing en manuele bediening. Wanneer de stroom op de boot wordt aangelegd start de boot sowieso in manuele besturing.

In manuele besturing kan de boot vooruit gaan door de rechterhendel naar voor te bewegen, de boot gaat achteruit wanneer die hendel naar achteren getrokken wordt. De aandrijfmotor kan geroteerd worden rond zijn as door de rechter hendel te bewegen. Deze zal de stand van de hendel in eender welke positie volgen, er zit wel lichte vertraging op. Wanneer de boot botst tegen een hindernis zal een continue alarmtoon klinken die 10 seconden duurt, ook zal de boot enkel in de tegengestelde richting kunnen gestuurd worden dan dewelke er geraakt werd. Om te veranderen naar autonome besturing moet de linker hendel 5 seconden naar boven bestuurd worden, led-lampjes op de boot beginnen dan te branden, terugkeren naar manuele besturing gebeurt door de linker hendel 5 seconden naar beneden te drukken, de led-lampjes gaan nu uit.

Tijdens autonome besturing is menselijke tussenkomst slechts nodig wanneer zich een noodsituatie voordoet, of wanneer onderhoud nodig is. Een noodsituatie doet zich voor wanneer de boot verkeerde informatie krijgt van sensoren, wanneer het elektrisch compartiment een te hoge vochtigheidsgraad of temperatuur heeft. Onderhoud betreft het opladen van de batterij en/of legen van de afvalbakken. In al deze gevallen gaat een alarm af, en schakelt de boot automatisch naar manuele bediening. Wanneer deze situaties zich niet voordoen, zal de boot zijn werk blijven verder zetten, totdat de waterloop gereinigd wordt bevonden door de beheerder.

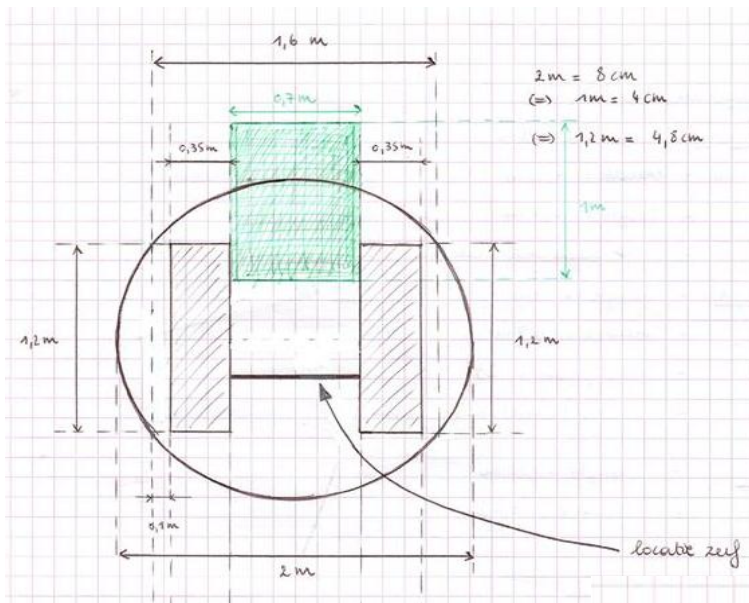
## **3.2 Vermogensberekening**

### **3.2.1 Vermogensberekening voor de aandrijving van de boot**

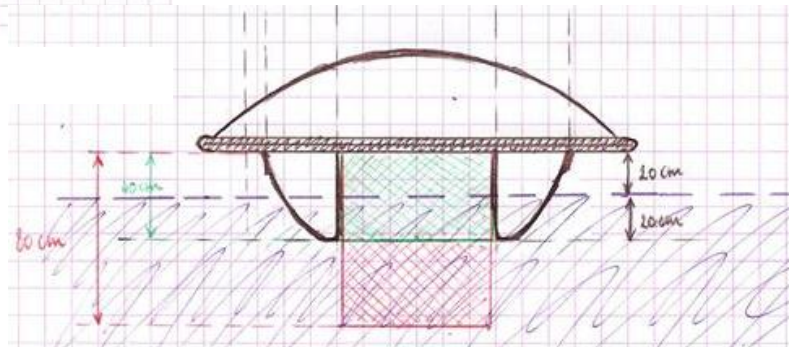
#### **3.2.1.2 Weerstandskracht**

$$F_d = C_d \cdot (\rho \cdot v^2 \cdot 0,5) \cdot A$$

- $C_d$  = weerstandscoefficiënt  
= dimensieloos getal afhankelijk van de vorm van het lichaam en van de hoek ten opzichte van de fluïdumstroom.
- $\rho$  = dichtheid van de fluïdumstroom
- $v$  = snelheid van de fluïdumstroom ten opzichte van het lichaam
- $A$  = geprojecteerde oppervlakte van het lichaam. Dit is de grootste oppervlakte indien je recht op het lichaam kijkt.



Figuur 3-1: Schets met afmetingen

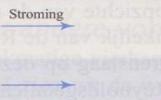










Figuur 3-2: Schets met afmetingen



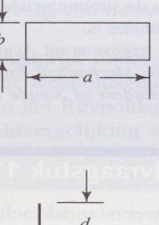
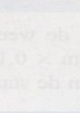
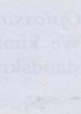
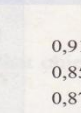
### Bepalen van deze waarden:

$$\begin{aligned}
 C_d: \quad C_{d(\text{ponton})} &= 1,05 \\
 C_{d(\text{zeef1})} &= 1,16 \\
 C_{d(\text{zeef2})} &= 1,16 \\
 \rho &= 1000 \text{ kg/m}^3 \\
 v &= 3,6 \text{ km/u} = 1 \text{ m/s} \\
 A: \quad A_{(\text{ponton})} &= 0,2 \text{ m} \cdot 0,175 \text{ m} \cdot 0,5 = 0,0175 \text{ m}^2 \\
 A_{(\text{zeef1})} &= 0,2 \text{ m} \cdot 0,35 \text{ m} = 0,07 \text{ m}^2 \\
 &= 0,07 \text{ m}^2 \cdot 25\% = 0,0175 \text{ m}^2 \\
 A_{(\text{zeef2})} &= 0,6 \text{ m} \cdot 0,35 \text{ m} = 0,21 \text{ m}^2 \\
 &= 0,21 \text{ m}^2 \cdot 75\% = 0,1575 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

TABEL 17.1 Typische weerstandscoefficienten.

Vorm van het lichaam	Oriëntatie	$C_D$
Vierkante cilinder		1,60
Halfbuisvormige cilinders		1,12
		2,30
Driehoekige cilinders		1,05
		1,85
		1,39
		2,20
		1,60
		2,15

Figuur 3-3: Typische weerstandscoefficienten (deel 1)

Vorm van het lichaam	Oriëntatie	$C_D$	
Driehoekige cilinders (vervolg)		1,75	
		2,05	
Rechthoekige plaat		$a/b$	
		1	1,16
		4	1,17
		8	1,23
		12,5	1,34
		25	1,57
50	1,76		
$\infty$	2,00		
Tandemschijven $L$ = tussenruimte $d$ = diameter		$L/d$	
		1	0,93
		1,5	0,78
		2	1,04
3	1,52		
Enkele ronde schijf		1,11	
Cilinder $L$ = lengte $d$ = diameter		$L/d$	
		1	0,91
		2	0,85
		4	0,87
		7	0,99

Figuur 3-4: Typische weerstandscoefficienten (deel 2)

Opmerkingen:

- \* Voor de permeabiliteit van zeef 1 en zeef 2 werd gekozen voor respectievelijk 75% en 25% (hierbij werd uitgegaan van de 'worst case scenario')
- \* De weerstand wordt hier berekend voor een halve boot, vervolgens zal de bekomen waarde met twee vermenigvuldigd worden.
- \* Voor de breedte van de zeven werd gekozen voor 0,1m.

### Invullen van deze waarden geeft:

Voor het ponton:

$$\begin{aligned} F_{d(\text{ponton})} &= C_{d(\text{ponton})} (\rho \cdot v^2 \cdot 0,5) \cdot A_{(\text{ponton})} \\ &= 1,05 \cdot (1000 \text{kg/m}^3 \cdot 1^2 \text{ m}^2/\text{s}^2 \cdot 0,5) \cdot 0,0175 \text{m}^2 \\ &= 9,1875 \text{ N} \end{aligned}$$

Voor zeef 1

$$\begin{aligned} F_{d(\text{zeef1})} &= C_{d(\text{zeef1})} (\rho \cdot v^2 \cdot 0,5) \cdot A_{(\text{zeef1})} \\ &= 1,16 \cdot (1000 \text{kg/m}^3 \cdot 1^2 \text{ m}^2/\text{s}^2 \cdot 0,5) \cdot 0,0175 \text{m}^2 \\ &= 10,15 \text{ N} \end{aligned}$$

Voor zeef 2

$$\begin{aligned} F_{d(\text{zeef2})} &= C_{d(\text{zeef2})} (\rho \cdot v^2 \cdot 0,5) \cdot A_{(\text{zeef2})} \\ &= 1,16 \cdot (1000 \text{kg/m}^3 \cdot 1^2 \text{ m}^2/\text{s}^2 \cdot 0,5) \cdot 0,1575 \text{ m}^2 \\ &= 91,35 \text{ N} \end{aligned}$$

Totaal:

$$\begin{aligned} F_d &= F_{d(\text{ponton})} + F_{d(\text{zeef1})} + F_{d(\text{zeef2})} \\ &= 9,1875 \text{ N} + 10,15 \text{ N} + 91,35 \text{ N} \\ &= 110,6875 \text{ N} \end{aligned}$$

Deze uitkomst is de weerstandswaarde van de halve boot. Voor de volledige boot geldt:

$$\begin{aligned} F_{d(\text{totaal})} &= 2 \cdot 110,6875 \text{ N} \\ &= 221,375 \text{ N} \end{aligned}$$

### Vereist vermogen voor het overwinnen van deze weerstand

“Wanneer op een object continu een kracht wordt uitgeoefend terwijl het object met een constante snelheid beweegt, is het vermogen gelijk aan kracht maal snelheid.”

$$\begin{aligned} P_d &= F_d \cdot v \\ &= 221,375 \text{ N} \cdot 1 \text{ m/s} \\ &= 221,375 \text{ W} \\ &\approx 222 \text{ W} \end{aligned}$$

In bovenstaande berekeningen werd de luchtweerstand telkens verwaarloosd.

## 3.2.2 Vermogensberekening voor de transportband van de 1<sup>ste</sup> zeef

### 3.2.2.1 Berekening met SEW

Voor de berekening van het statische vermogen voor de transportband werd een beroep gedaan op het onderdeel “transportbanden” van SEW.

Voor het berekenen van de weerstanden en de daaruit voortvloeiende vermogens, worden hierbij de wrijvingsweerstand als volgt ingedeeld:

- hoofdweerstand  $F_H$
- nevenweerstand  $F_N$
- hellingsweerstand  $F_{St}$
- bijzondere weerstanden  $F_S$

De hoofdweerstand worden gezamenlijk bepaald met de formule :

$$F_h = L \cdot f \cdot g \cdot \left( \frac{m_r}{L} + (2 \cdot m_g' + m_l') \cdot \cos \alpha \right)$$

Waarbij :

$L$  = lengte van de transporteur in m

$f$  = fictieve wrijvingswaarde (uit tabellenbijlage); aanname:  $f = 0,02$

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$

$m_r$  = totale massa van de rollen in kg

$m_l'$  = maximaal getransporteerde last in kg/m

$m_g'$  = bandmassa in kg/m

$\alpha$  = gemiddelde helling van de transportband

$$\begin{aligned} &= 0,75 \text{ m} \cdot 0,02 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \left( \frac{1 \text{ kg}}{0,75 \text{ m}} + \left( 2 \cdot 0,5 \frac{\text{kg}}{\text{m}} + \frac{0,5 \text{ kg}}{\text{m}} \right) \cdot \cos 23^\circ \right) \\ &= 0,8 \text{ N} \end{aligned}$$

De nevenweerstand  $F_n$  worden bepaald met behulp van de rekenfactor  $C$  uit volgende formule:

$$C = 1 + \frac{F_n}{F_h} = 3$$

$$\begin{aligned} F_N &= (C - 1) \cdot F_h \\ &= (3 - 1) \cdot 0,8 \text{ N} \end{aligned}$$

$$= 1,6 \text{ N}$$

De hellingsweerstand van de transportlast volgt uit de volgende formule:

$$F_{st} = L \cdot g \cdot m_L' \cdot \sin \alpha$$

Waarbij :

L = lengte van de transporteur [m]

g = 9,81 m/s<sup>2</sup>

m<sub>L</sub>' = maximaal getransporteerde last [kg/m]

α = gemiddelde helling van de transportband

$$\begin{aligned} &= 0,75 \text{ m} \cdot 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 0,5 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot \sin 23^\circ \\ &= 1,44 \text{ N} \end{aligned}$$

De bijzondere weerstanden kunnen veroorzaakt worden door vuil tussen de onderdelen, maar deze zijn verwaarloosbaar.


Uit de resultaten van voorgaande berekeningen kan het statisch vermogen bepaald worden met volgende formule:

$$P_s = \frac{\sum F \cdot v}{\eta}$$

(Veronderstelde snelheid rolband = 0,5 m/s)

$$\begin{aligned} &= \frac{(0,8 + 1,6 + 1,44) \text{ N} \cdot 0,25 \text{ m/s}}{0,8} \\ &= 1,2 \text{ W} \end{aligned}$$

### 3.2.2.2 Vermogensberekening via Online calculator van Jansen & Heuning



Request a stand-alone version with all calculation sheets

<http://www.jh.nl>  
sales@jh.nl

**BELT CONVEYOR CALCULATION**

<b>i</b> Product	input name	
Bulk density	500	kg/m3
Slope angle	23	deg
<b>i</b> Transport length	20	m
Inclination height (+/-)	0	m
<b>i</b> Belt speed	0.25	m/s
Desired capacity	0.6	ton/hr
<b>i</b> Trough idler set	3-part	<input type="button" value="ok"/>
Trough angle	15	deg
Belt width	500	mm
Belt material	Rubber	<input type="button" value="ok"/>
type	EP 200/2 1.5+0	<input type="button" value="ok"/>
strength	200	N/mm
mass	5	kg/m2
<b>i</b> Diameter driving drum	150	mm
Diameter return drum	150	mm
Diameter carrier idlers	50	mm
<b>i</b> C-t-c carrier idlers	0.75	m
C-t-c return idlers	0.75	m
<b>i</b> Power selected	0.0012	kW

Frame calculation	
Additional options	
<b>i</b> Inclination angle	0 deg
Volume capacity	1.20 m3/hr
<b>i</b> Pre-tensioning force	85 N
Min. belt width	159 mm
Min. drum diameter	110 mm
Min. belt strength	4.97 N/mm
<b>i</b> Min. driving drum	7.36 mm
Rpm driving drum	32 rpm
Rpm return drum	32 rpm
Rpm carrier idlers	95 rpm
Advice CtC carrier idlers	0.44 m
Advice CtC return idlers	0.56 m
Power calculated	0.06 kW

INFO

INFO

Figuur 3-5: Online calculator van Jansen & Heuning

**BELT POWER CALCULATION FORMULAE**

Power requirements for belt conveyors may be calculated from the following formulae:

$$\text{Power} = \frac{F_c (L + t_f) (C + 3.6 QS)}{367} \pm \frac{CH}{367} \quad (\text{kW}) \dots\dots\dots (3.1)$$

or

$$\text{Power} = \frac{F_e (L + t_f) 3.6 QS}{367} + \frac{F_l (L + t_f) C}{367} \pm \frac{CH}{367} \quad (\text{kW}) \dots\dots\dots (3.2)$$

Where:

- F<sub>c</sub>, F<sub>e</sub>, F<sub>l</sub> = Equipment friction factors – refer item (1) below.
- L = Horizontal centre to centre distance (m).
- t<sub>f</sub> = Terminal friction constant expressed in metres – refer item (2) below.
- C = Capacity (t/h).
- Q = Mass of moving parts expressed in kilograms per metre of centre to centre distance (refer Table 3, Section 3, Page 3-4).
- S = Belt speed (m/s).
- H = Nett change in elevation (m).
- K = Drive factor dependent on pulley surface, arc of contact and type of tensioning (refer Tables 1 and 2 of this section)

Figuur 3-6: Transportband vermogen berekening

$$Power = \frac{0,0135 \cdot (0,75m + 60m) \cdot \left(0,6 \frac{ton}{u} + 3,6 \cdot 0,5 \frac{kg}{m} \cdot 0,25 \frac{m}{s}\right)}{367} + \frac{0,5 \frac{kg}{m} \cdot 0,3m}{367}$$

$$= 2,8 W$$

Er wordt het grootste resultaat gekozen van beide berekeningen zodat zeker beide oplossingsmethoden voldoen.

### 3.2.3 Vermogensberekening voor de transportband van de 2<sup>de</sup> zeef

#### 3.2.3.1 Berekening met SEW

Voor de berekening van het statische vermogen voor de algenschrapper werd er beroep gedaan op het onderdeel “transportbanden” van SEW.

Voor het berekenen van de weerstanden en de daaruit voortvloeiende vermogens, worden de wrijvingsweerstand als volgt ingedeeld:

- hoofdweerstanden  $F_H$
- nevenweerstand  $F_N$
- hellingsweerstand  $F_{St}$
- bijzondere weerstanden  $F_S$

$$\frac{F_n}{F_h}$$

De hoofdweerstand worden gezamenlijk bepaald met de formule :

$$F_h = L \cdot f \cdot g \cdot \left(\frac{m_r}{L} + (2 \cdot m_G' + m_L') \cdot \cos\alpha\right)$$

Waarbij :

$L$  = lengte van de transporteur in m

$f$  = fictieve wrijvingswaarde (uit tabellenbijlage); aanname:  $f = 0,02$

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$

$m_r$  = totale massa van de rollen in kg

$m_L'$  = maximaal getransporteerde last in kg/m

$m_G'$  = bandmassa in kg/m

$\alpha$  = gemiddelde helling van de transportband

$$= 1m \cdot 0,03 \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot \left(\frac{1kg}{1m} + \left(2,0,5 \frac{kg}{m} + \frac{0,3kg}{m}\right) \cdot \cos 60^\circ\right)$$

$$= 0,338N$$

De nevenweerstand  $F_n$  worden bepaald met behulp van de rekenfactor C:

$$C = 1 + \frac{F_n}{F_h} = 3$$

$$\begin{aligned} F_N &= (C - 1) \cdot F_h \\ &= (3 - 1) \cdot 0.338N \\ &= 0.676N \end{aligned}$$

De hellingsweerstand van de transportlast wordt bepaald uit de volgende formule:

$$F_{st} = L \cdot g \cdot m_l' \cdot \sin \alpha$$

Waarbij :

L = lengte van de transporteur [m]

g = 9,81 m/s<sup>2</sup>

$m_l'$  = maximaal getransporteerde last [kg/m]

$\alpha$  = gemiddelde helling van de transportband

$$\begin{aligned} &= 1 \cdot 9,81 \frac{N}{kg} \cdot 0,3 \frac{kg}{m} \cdot \sin 60^\circ \\ &= 2.54N \end{aligned}$$

De bijzondere weerstanden kunnen veroorzaakt worden door vuil tussen de onderdelen, maar deze zijn verwaarloosbaar.

Uit de resultaten van voorgaande berekeningen kan het statische vermogen bepaald worden met formule:

$$P_s = \frac{\sum F \cdot v}{\eta}$$

Veronderstelde snelheid rolband = 0,25m/s

$$\begin{aligned} &= \frac{(0.34 + 0.676 + 2.54)N \cdot 0,25m/s}{0,8} \\ &= 1,12W \end{aligned}$$

### 3.2.4 Totaal vermogen

De benodigde vermogensvoor de aandrijving van de boot, de transportband van de eerste zeef en de transportband van de tweede zeef zijn respectievelijk 222W, 2.8 W en 1.12 W.

Hieruit wordt een totaal benodigd vermogen bepaald van circa 230W.

## 3.3 Materiaalselectie

Aangezien de nadruk van dit project ligt op duurzaamheid en het verminderen van de ecologische impact van de mens, is het uiteraard logisch dat bij de materiaalselectie de milieu-impact van elk onderdeel de doorslaggevende factor is. Materialen met de kleinste impact genieten dus de voorkeur.

In dit ideale scenario zou de boot volledig uit gerecycleerde materialen kunnen gebouwd worden. Het materiaal dat daarvoor het best geschikt is, is polyethyleentereftalaat (PET), omwille van het feit dat bij recyclage van dit materiaal de kwaliteit ervan niet vermindert. Het materiaal kan dus blijvend hergebruikt worden en is ook talrijk aanwezig als ‘afvalstof’ overal ter wereld. Het drijfvermogen van de boot wordt geleverd door gebruikte PET-flessen. Het framework van de boot, waar de flessen in terecht komen, zou ook kunnen bestaan uit polyethyleentereftalaat dat doormiddel van manipulaties (warmte en druk) tot zeer stijve platen is omgevormd. Maar omwille van de lichte sterkte van deze platen, wordt er gebruik gemaakt van Aluminium 2014 als het materiaal voor het framework.

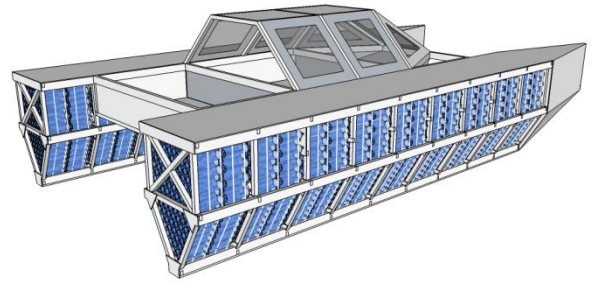
Uiteraard spelen naast de ecologische factoren ook nog enkele andere factoren een rol. De grootste doorwegende factor die de definitieve materiaalkeuze van het prototype heeft beïnvloed, is het financieel aspect van de materialen aangezien er voor de ‘Creative Engineering Competition’ maar een beperkt budget beschikbaar was. Bijgevolg werden bij de bouw van het prototype materialen gebruikt die op vlak van duurzaamheid en ecologie niet de meest geschikte zijn.

Zo bestaat het onderframe van de boot bijvoorbeeld niet uit polyethyleentereftalaat of Aluminium 2014, maar uit hout. De reden hiervoor is dathout een constructiemiddel is waarmee er, gezien het tijdsbestek van deze opdracht, de boot op de snelste en meest kostenefficiënte manier kon gebouwd worden.

Aangezien hout en water echter niet bepaald een ideale combinatie zijn, zal het hout eerst nog met een waterafstotend middel behandeld worden. Hoogstwaarschijnlijk zal hiervoor het product Rubson gebruikt worden.

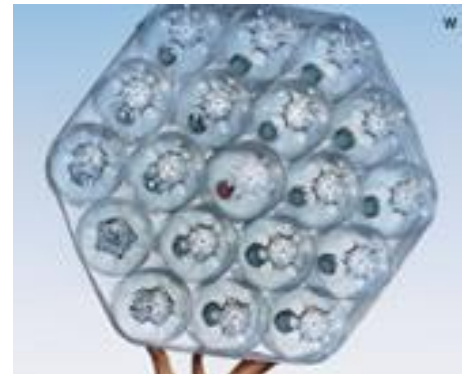
De uiteindelijke keuze van het waterafstotende middel zal (opnieuw) gebeuren op basis van kostprijs. Daarnaast zal ook de uiteindelijke keuze van de gebruikte houtsoort bepaald worden door de kostprijs. Een uitgebreidere studie over de mogelijke houtsoorten en hun impact is terug te vinden in het hoofdstuk ‘milieu en duurzaamheid.’

Het onderframe van de boot bestaat uit verschillende afzonderlijke compartimenten waarin de PET-flessen geplaatst worden. Een voorbeeld van hoe een dergelijk onderframe er juist uitziet is te zien in de afbeelding. Uiteraard is dit nog maar een indicatie van het mogelijke eindresultaat. De volgende stap in het ontwikkelen van onze boot is het ontwerpen van een exact bouwplan voor het frame.



Figuur 3-7: Onderframe boot

Het drijvend vermogen van de boot wordt wel nog steeds geleverd door middel van gebruikte PET-flessen. Hiervoor werd gekozen voor 1 liter flessen van Spa. Dit omwille van het feit dat er via een kennis snel en gratis een grote hoeveelheid van deze flessen verzameld kan worden. Rekening houdend met het esthetische aspect werd er gekozen om met allemaal identieke flessen te werken.



Figuur 3-8: pakket PET-flessen

Door middel van volgende berekening wordt er tot het benodigde aantal flessen gekomen:

Uit de wet van Archimedes volgt dat:

$$F_s = \rho \cdot g \cdot V.$$

Waarbij:

- $\rho$  de massadichtheid van de vloeistof is waarin het voorwerp zich bevindt
- $g$  de veldsterkte is ( $9,81 \frac{m}{s^2}$ )
- $V$  het volume is van de hoeveelheid verplaatste vloeistof

Voor de massa van de boot werd er 150kg geschat, dit geeft dan:

$$\begin{aligned} F &= F_s &= m \cdot g \\ & &= 150 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} \\ & &\approx 1500N \end{aligned}$$

Ingevuld in de wet van Archimedes :

$$\begin{aligned} V &= \frac{F_s}{\rho \cdot g} \\ &= \frac{1500N}{1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2}} \\ &\approx 0,15 m^3 \\ &\approx 0,15 l \end{aligned}$$

Om de boot drijvende te houden is er dus 150 liter drijfvermogen nodig. Met wat extra marge, dan zijn er in totaal 175 Spa flessen van 1 l nodig.

Om de flessen op hun plaats te houden worden ze samengebonden tot (zeshoekige) prisma's (zie Figuur 3-8). Het geheel van flessen wordt vervolgens omwikkeld met krimpfolie.

Na verhitting van deze folie zal door de ontstane krimp een voorspanning tussen de verschillende flessen ontstaan, waardoor de bewegingsvrijheid beperkt wordt. Vervolgens worden deze gebundelde flessen in de compartimenten van het onderframe geplaatst. Het volledige onderframe wordt daarna ook met deze krimpfolie omwikkeld en verhit, zodanig dat alle gebundelde flessen op hun positie blijven in het compartiment.

Om de flessen extra sterkte te geven, worden ze gevuld met droogijs. Na verdamping van dit droogijs neemt de druk in de fles toe, wat als gevolg heeft dat de flessen minder indrukbaar zijn en bijgevolg dus als een stijver constructiemateriaal kunnen gebruikt worden. De gebruikte hoeveelheid droogijs om de flessen voldoende interne druk te geven, werd proefondervindelijk bepaald.

In het prototype werd er gekozen voor een driehoekige vorm met als basis 5 flessen. Deze werden met behulp van spanstrips en lijm tot een driehoek gevormd.

De materiaalkeuze van de assen en lagers die gebruikt zullen worden in dit project, zal later in het project gebeuren op basis van kostprijs. Een kritisch aspect van alle gebruikte assen en andere materialen is dat deze voldoende corrosiebestendig en waterafstotend zijn. Als materiaalkeuze van de metalen kan dus roestvast staal (RVS) naar voren geschoven worden. RVS of ook wel inox genoemd is een legering van ijzer, chroom, nikkel en koolstof. Er wordt van roestvast staal gesproken als er minimaal 11 tot 12 % chroom en maximaal 1,2% koolstof in de legering aanwezig is. Daarnaast komen ook de elementen molybdeen, titanium, mangaan, stikstof en silicium vaak terug in RVS.

## Bespreking van het gekozen materiaal voor het framework: Aluminium

De balken van het framework van de ponton zijn gemaakt uit Aluminium 2014. Dit materiaal is een goeie combinatie tussen een laag gewicht met een hoge sterkte. Daarbij komt nog eens kijken dat dit materiaal goed vervormbaar is, lasbaar en goed bestand is tegen corrosie. Maar dit zijn niet de enige eigenschappen dat dit materiaal heeft. Volgende tabel geeft alle soorten Aluminiumlegeringen weer, die opgedeeld zijn in groepen, waarbij enkele eigenschappen kenmerkend zijn en ook waarvoor deze soorten gebruikt worden.

Groep	Sterkte	Vervormbaarheid	Corrosie weerstand	Lasbaarheid	Toepassingen
1xxx	laag	zeer goed	zeer goed	zeer goed	reflectoren, warmtewisselaars, hoogspanningskabel, lasdraad, keukengerei, verpakkingen, verlichting, chemie, levensmiddelen
2xxx	hoog	redelijk	matig	slecht	vliegtuig- en vrachtwagenwielen, constructie, transport, machinebouw, automatendraaiwerk
3xxx	laag	goed	goed	goed	drankenblikjes, kookgerei, warmtewisselaars, opslagtanks, meubels, dakbedekking, rolluiken, scheidingswanden
5xxx	gemiddeld tot hoog	goed tot matig	goed	goed	scheepsbouw, carosseriedelen, constructie, gevelbekleding, kozijnen,
6xxx	gemiddeld	goed	goed	goed	electrische geleiders, constructies, scheepsbouw, carosseriedelen, roldeuren, hekwerken, decoratief anodiseren
7xxx	hoog	redelijk tot goed	matig tot redelijk	matig tot goed	luchtvaart, transport, dynamisch belaste constructies.

Tabel 2: Groepen Aluminium-legeringen, Aluminium Center, MCB handboek

### 1xxx

Deze groep bestaat vooral uit ongelegeerde Aluminium kwaliteiten, met een zuiverheidsgehalte tot 99%. Ze zijn voornamelijk gebruikt voor hun elektrische en chemische toepassingen. Ze zijn dus gekenmerkt door hun hoog elektrische geleidingsvermogen, uiterste hoge corrosieweerstand en zeer hoge vervormbaarheid. Maar daarbuiten zijn ze niet geschikt voor dit project wegens te lage sterkte.

## 2xxx

Koper is het belangrijkste legeringelement in de 2xxx serie, ook Magnesium wordt vaak als tweede legeringelement gebruikt. Om de beste kwaliteit te bekomen moet deze legeringen met warmte worden behandeld. In extreme hete of koud geharde toestand zijn de mechanische eigenschappen soms beter dan die van vervormingstaal. Voor dit project wordt er een legering van deze serie gebruikt, namelijk 2014. Er wordt gebruik gemaakt van dit materiaal omdat de sterkte van deze legering hoog is desondanks ze moeilijk lasbaar is en matig bestand is tegen corrosie. Een andere optie is altijd om 2219 legering te gebruiken die wel goed lasbaar is.

## 3xxx

Het legeringbestanddeel dat in deze serie het meest gebruikt wordt is Mangaan. De legeringen uit deze serie zijn over het algemeen niet sterk, maar de sterkte is toch 20% hoger dan die van de legeringen uit 1xxx. Het feit dat ze vooral gebruikt wordt om drankenblikjes te maken zegt genoeg over de sterkte van deze serie.

## 4xxx

Het belangrijkste legeringelement in deze serie is Silicium. Deze legeringen worden vooral gebruikt als gietlegeringen en ze vinden dus vooral hun toepassingen in de productie van ingewikkelde gietstukken zoals motorblokken, pomphuizen... Ze zijn van gemiddelde sterkte en zijn lasbaar. Ze zijn wel goed bestand tegen corrosie.

## 5xxx

Bij deze serie wordt er vooral gebruikt gemaakt van Magnesium. Eventueel met de combinatie van Mangaan, wat zorgt voor een hogere gemiddelde treksterkte. Magnesium heeft wel een groter effect op de sterkte dan mangaan (in vergelijking, 0.8% magnesium heeft hetzelfde effect als 1.5% mangaan) en kan bovendien in grotere hoeveelheden toegevoegd worden. Ze zijn goed bestand tegen corrosie en worden daarom vaak gebruikt in maritieme omstandigheden. In principe kunnen legeringen uit deze serie ook goed dienen voor de constructie van de pontons, maar de kostprijs ligt hoger dan de 2xxx serie.

## 6xxx

Legeringen van deze serie bevatten Silicium en Magnesium. Deze combinatie wordt gebruikt omdat er zo  $Mg_2Si$  kan gevormd worden, waardoor de legeringen hardbaar zijn. Wanneer deze legeringen in verwarmde en goed vervormbare toestand T4 gebracht worden en vervolgens door uitharden in sterkte verhoogd worden. Ze zijn goed lasbaar en vervormbaar maar de sterktekwiteit is minder.

### 7xxx

In deze groep is vooral Zink aanwezig als belangrijkste legeringelement. Soms wordt er ook Magnesium toegevoegd zodat ze hardbaar zijn. Ook chroom en koper worden in kleine hoeveelheden toegevoegd. Ze staan gekenmerkt voor hun zeer hoge sterkte en worden daarom ook vaak gebruikt in het maken van vliegtuigen, maar ook in grote belaste constructies.

### 8xxx

AlLiCuMg legering EN AW 8090. Bij productie van dit materiaal heeft 10% hogere E-modulus dan zelfs gedacht. Ze wordt vooral gebruikt in de lucht- en ruimtevaarttoepassingen. Afhankelijk van de warmtebehandeling kunnen de mechanische eigenschappen sterk variëren.

## 3.4 Berekening machineonderdelen

### 3.4.1 Sterkteberekeningen aandrijfjas grofvuil transportband

#### Gegevens:

Lengte: 1000mm

Diameter: 20mm

Gekozen veiligheidsfactor: 2

Roestvast staal (RVS) voor draag- en aandrijfassen volgens NEN EN 10088, X2CrNiMo17-12-2

$$\bar{\sigma} = \frac{\sigma}{2} = \frac{260}{2} \frac{N}{mm^2} = 130 \frac{N}{mm^2} \text{ en } \bar{\tau} = \frac{\tau}{2} = \frac{150}{2} \frac{N}{mm^2} = 75 \frac{N}{mm^2}$$

#### Vuilniszeef:

De as van de zeef wordt zowel belast op torsie als op buiging. Hierbij wordt het eigengewicht verwaarloosd van de as, om zodoende enkel de invloed van de voorspankracht op de as te kunnen analyseren.

#### Het te verwerken torsiemoment:

$$T_{nom} = \frac{P}{2\pi n} \quad \text{vgl. 11.10 pag.322}$$

Met het over te brengen vermogen gehaald uit de vermogensberekening voor de eerste transportband. Deze gaven een benodigd vermogen van 2,8W. Het toerental van de assen werd experimenteel gemeten en gaf  $8,6 \frac{\text{toeren}}{\text{min}}$ .

Dit invullen geeft:

$$T_{nom} = 0,052 \text{ Nm}$$

Daarnaast zal de transportband onderworpen worden aan een voorspanning die 150N bedraagt, hetgeen zal zorgen voor extra wrijving in de lagers, waardoor er dus een groter koppel nodig is om de as in beweging te brengen. Op elke lager komt dan een kracht van 75N te staan. De wrijvingscoëfficiënt van elke lager is  $\mu = 0,4$ . (Zie hierbovenstaande sterkteberekeningen).

Het extra wrijvingsvermogensverlies wordt gegeven door:

$$P_w = \mu \cdot F \cdot u_m \quad \text{vgl. 15.32 pag. 533}$$

Met  $u_m$  gelijk aan:

$$\begin{aligned} u_m &= 0,5 \cdot d \cdot \omega \\ u_m &= 0,5 \cdot 0,02m \cdot 0,9 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \\ u_m &= 0,009 \frac{\text{m}}{\text{s}} \end{aligned}$$

Het wrijvingsvermogensverlies is dan:

$$P_w = 0,4 \cdot 75N \cdot 0,009 \frac{m}{s}$$

$$P_w = 0,27 W$$

Voor alle vier de lagers samen is het totale verlies dan:

$$P_w = 4 \cdot 0,27 W = 1,08 W$$

Hetgeen een extra te creëren moment geeft:

$$T = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot n} \quad \text{vgl. 11.10 pag.322}$$

$$T = \frac{1,08W}{2 \cdot \pi \cdot 8,6 \frac{omw}{min}}$$

$$T = 0,02 \text{ Nm}$$

Het totale moment wordt dan:

$$T_{nom} = 0,052 \text{ Nm} + 0,02 \text{ Nm}$$

$$T_{nom} = 0,072 \text{ Nm}$$

Rekening houdende met de bedrijfsfactor wordt er voor de berekening maatgevende equivalente torsiemoment bekomen.

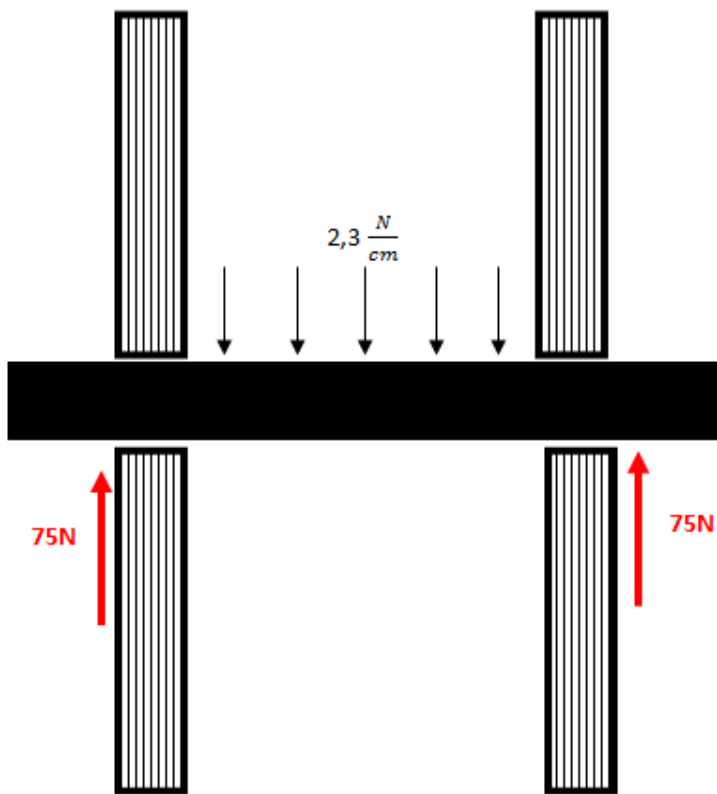
$$T = T_{eq} = K_a \cdot T_{nom} \quad \text{vgl. 11.11 pag. 322}$$

$$\text{Met } K_a = 1,0 \quad \text{tabel 3-5}$$

$$T = 0,072 \text{ Nm}$$

### **Het te verwerken buigend moment :**

Doordat de transportband onder een voorspanning van 150N geplaatst wordt, zal de as op buiging belast worden. Er wordt verondersteld dat het gedeelte van de as waarover de band gespannen wordt, homogeen belast wordt door de voorspankracht van de band. De lengte waarover de as belast wordt is 66cm, dit geeft een homogene belasting van ongeveer  $2,3 \frac{N}{cm}$ .

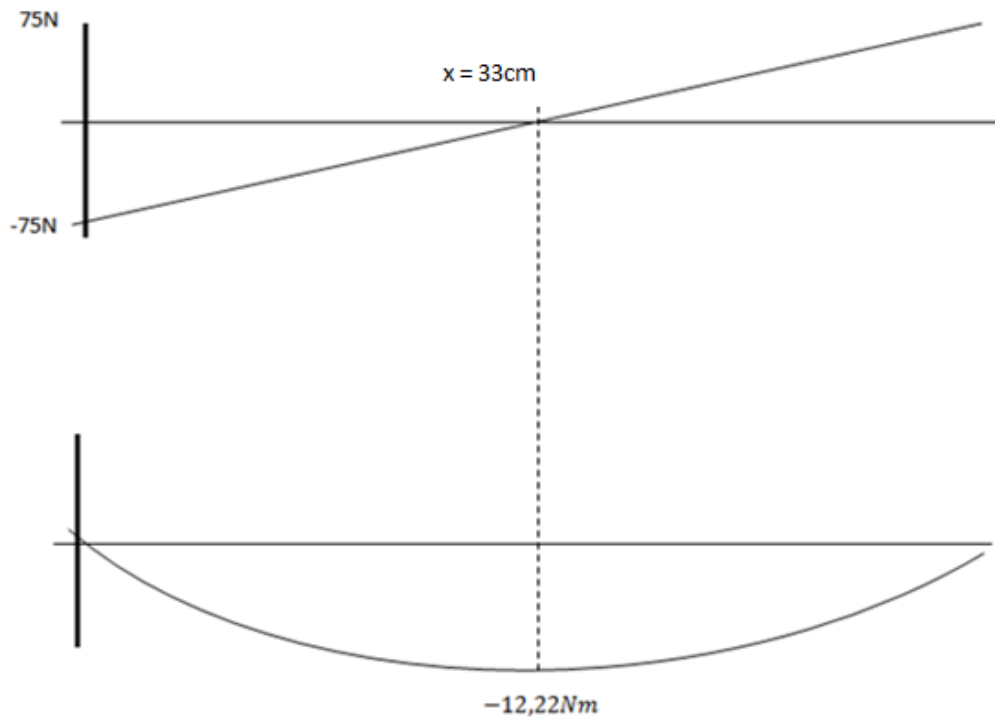


Figuur 3-9: Schematische voorstelling krachten op as

Opstellen van de dwarskrachtlijn en het momentlijn geeft:

$$D_y = -75N + 2,3 \cdot x$$

$$M_b = -75N \cdot x + 2,3 \cdot \frac{x^2}{2}$$



Figuur 3-10: Dwarskracht- en momentlijn

Uitwerken van deze vergelijkingen geeft:

$$D_y = -75N + 2,3 \cdot x = 0 \qquad x = 33cm$$

Invullen in  $M_b$  geeft:

$$M_b = -75N \cdot 33cm + 2,3 \cdot \frac{33^2 cm}{2} = -1222,6 Ncm = -12,22 Nm$$

Het grootste buigende moment bedraagt 12,22Nm.

Om nu de minimaal benodigde asdiameter te gaan bepalen, worden het buigend moment en het over te brengen torsiemoment samen omgevormd tot het vergelijkingsmoment:

$$Mv = \sqrt{M^2 + \left(\frac{\bar{\sigma}}{2 \cdot \bar{\tau}_t} \cdot T\right)^2} \qquad \text{vgl. 11.7 pag. 321}$$

Invullen geeft :

$$Mv = \sqrt{150 Nm^2 + 0,0039 Nm^2}$$

$$Mv = 12,2 Nm$$

Dan wordt de minimaal benodigde diameter van de as bekomen:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M \nu}{\pi \cdot \bar{\sigma}}} \quad \text{vgl. 11.8 pag 321}$$

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 1222 \text{ Nmm}}{\pi \cdot 130 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}} = 4,6 \text{ mm}$$

De minimale diameter die de aandrijf-as van de grofvuiltransportband moet hebben is 4,6mm. De gebruikte diameter is 20mm, de as voldoet dus aan de eisen.

### 3.4.2 Sterkteberekeningen penverbindingen

#### 3.4.2.1 Grof vuil

- **Buigspanning:**

$$\sigma_b = \frac{K_A \cdot M_b}{W} = \frac{K_A \cdot M_b}{0,1 \cdot d^3} \leq \bar{\sigma}_b \quad \text{gl 9.18 p256}$$

Met :  $d=8\text{mm}$

$$K_A = 2$$

$$M_b = ?$$

$$\bar{\sigma}_b = 350 \text{ Nmm}^2$$

Tabel 1.1 p2

$$\text{Berekenen } M_{b \max} = \frac{F(t_s + 2t_g)}{8}$$

vlg9.10 p251

Met:  $t_g=10\text{mm}$

$$t_s = 5\text{mm}$$

$F=3.62\text{N}$  (uit vermogensberekening)

$$M_{b \max} = \frac{3.62\text{N}(10\text{mm} + 10\text{mm})}{8} = 9.05 \text{ Nmm}^2$$

↕ substitutie  $M_{b \max}$  in  $\sigma_b$

$$\sigma_b = \frac{2 \cdot 9.05 \text{ Nmm}^2}{1} = 18.1 \text{ Nmm}^2 < 350 \text{ Nmm}^2 \rightarrow \text{OK}$$

- **Vlaktedruk**

Voor de maximale vlaktedruk geldt:

$$p_{\max} = \frac{4 \cdot K_A \cdot T}{d \cdot d_a \cdot l} = \frac{4 \cdot 2 \cdot 307.7 \text{ Nmm}}{8 \text{ mm} \cdot 15 \text{ mm} \cdot 15 \text{ mm}} \leq \bar{p}$$

$$p_{\max} = 1.37 \leq \bar{p}?$$

$$\bar{p} = 25 \text{ N/mm}^2$$

vgl 9.120 p257

Tabel 9.1 blz 91

### 3.4.2.2 Algenschraper

Voor de berekening met de algenschraper wordt er via dezelfde wijze gewerkt.

- **Buigspanning:**

$$\sigma_b = \frac{K_A \cdot M_b}{W} = \frac{K_A \cdot M_b}{0.1 \cdot d^3} \leq \bar{\sigma}_b$$

vgl 9.18 p256

Met : d=8mm

$$K_A = 2$$

$$M_b = ?$$

$$\bar{\sigma}_b = 350 \text{ Nmm}^2$$

Tabel 1.1 p2

$$\rightarrow \text{Berekenen } M_{b \max} = \frac{F(t_s + 2t_g)}{8}$$

vlg9.10 p251

Met:  $t_g = 10 \text{ mm}$

$$t_s = 5 \text{ mm}$$

$$F = 3.24 \text{ N}$$

$$M_{b \max} = \frac{3.55 \text{ N}(10 \text{ mm} + 10 \text{ mm})}{8} = 9.05 \text{ Nmm}$$

↕ substitutie  $M_{b \max}$  in  $\sigma_b$

$$\sigma_b = \frac{2 \cdot 9.05 \text{ Nmm}}{1} = 18.1 \text{ N/mm}^2$$

- **Vlaktedruk**

Voor de maximale gemiddelde vlaktedruk geldt de formule:

$$P_{\max} = \frac{4 \cdot K_A \cdot T}{d \cdot d_a \cdot l} = \frac{4 \cdot 2 \cdot 302.1 \text{ Nmm}}{8 \text{ mm}} \leq \bar{p}?$$

vgl 9.120 p257

$$\bar{p} = 25 \text{ N/mm}^2$$

Tabel 9.1 p91

### 3.4.3 Sterkteberekeningen glijlagers

De algenschrapper en rolband voor grofvuil bezitten hetzelfde type glijlagers. Glijlagers werden gekozen door het lage toerental van de rolbanden. Aangezien de rolband voor grofvuil het zwaarst belast wordt van deze twee, worden enkel de berekeningen voor deze laatste gemaakt.

- **Lagertemperatuur**

vgl 15.14 p 523

$$\sigma_L \cong \sigma_m = \sigma_0 + \frac{P_w}{\alpha \cdot A_G}$$

$$P_w = ?$$

$$\alpha = 17$$

Met :

$$\sigma_0 \approx 20^\circ$$

$$A_G = \pi H(L + 0.5H) = \pi 0.3(0.3 + 0.15) = 0.42$$

$$\sigma_L = 50^\circ + \frac{9.24 \text{ W}}{50^\circ \cdot 0.42} = 21.3^\circ$$

Wat zich onder de toelaatbare lagertemperatuur bevindt

- **Wrijvingsvermogen**

$$p_w = \mu \cdot F \cdot \mu_w = \mu \cdot F \cdot \frac{d_w}{2} \cdot \omega_{eff} \approx \mu \cdot F \cdot d_w \cdot \pi \cdot n_w$$

vgl15.10 blz.522

$\mu_w$  = asomtreksnelheid:

De as heeft 35.01s nodig om 5 omwentelingen te maken.

$$\rightarrow 5 \text{ toeren} = 35.01 \text{ s (gemeten)} \approx 35 \text{ s} \rightarrow \omega = \frac{2\pi}{8.6} \text{ rad / s .}$$

$$d_w = 15 \text{ mm}$$

F= [gewicht rollen + voorspanning+last+statische wrijving  
(zievermogensberekening)]/4(lagers)

$$F = [11.14 \text{ N} + 2 \cdot 15.4 \text{ N} + 2 \cdot 0.025 \text{ N} + 52 \text{ N} + 24.1 \text{ N} + 3.62 + 0.5 \text{ kg} \cdot 9.81 \text{ m / s}^2] / 2 = 31.65 \text{ N}$$

(waarden uit NX-file)

$$\mu = 0.4$$

↓ substitutie in  $P_w$

(Zie bijlage)

$$p_w = \mu \cdot F \cdot \mu_w = 9.24 \text{ W}$$

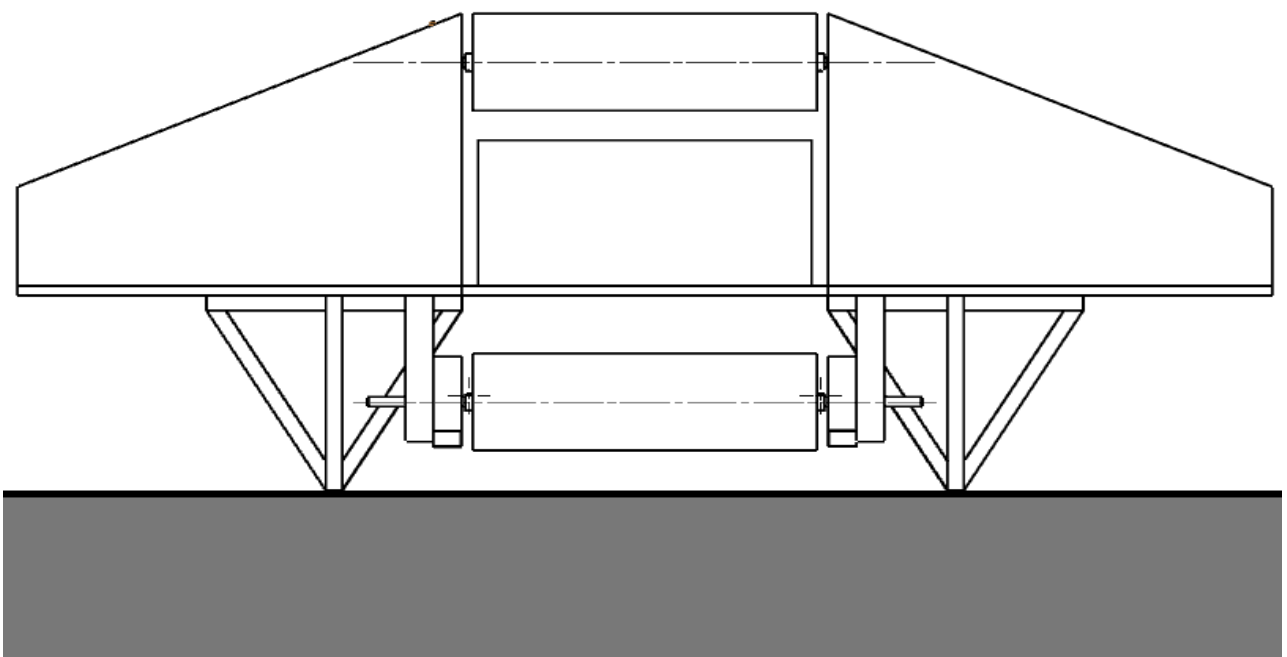
## 3.5 Sterkteberekeningen (+FEM)

### 3.5.1 Berekening van de pontons

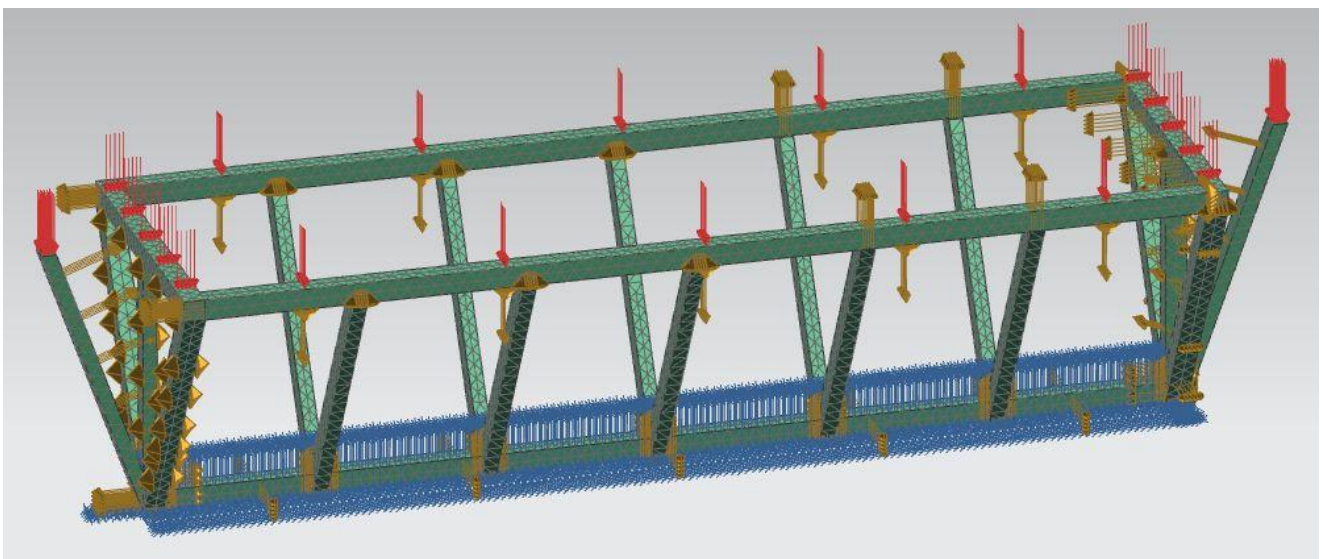
#### 3.5.1.1 Beschrijving van de situaties

##### Situatie 1: ideale stand van de boot

Hiermee wordt er bedoeld dat de boot gewoon op de grond steunt. Op die manier wordt de onderste balk van het fram van de pontons volledig ondersteund (door de grond) en zal dus niet kunnen doorbuigen. De onderste balk kan bijgevolg beschouwd worden als een scharnier. Dit wil zeggen dat de vrijheidsgraden van de momenten in de Y-richtingen vrij zijn.



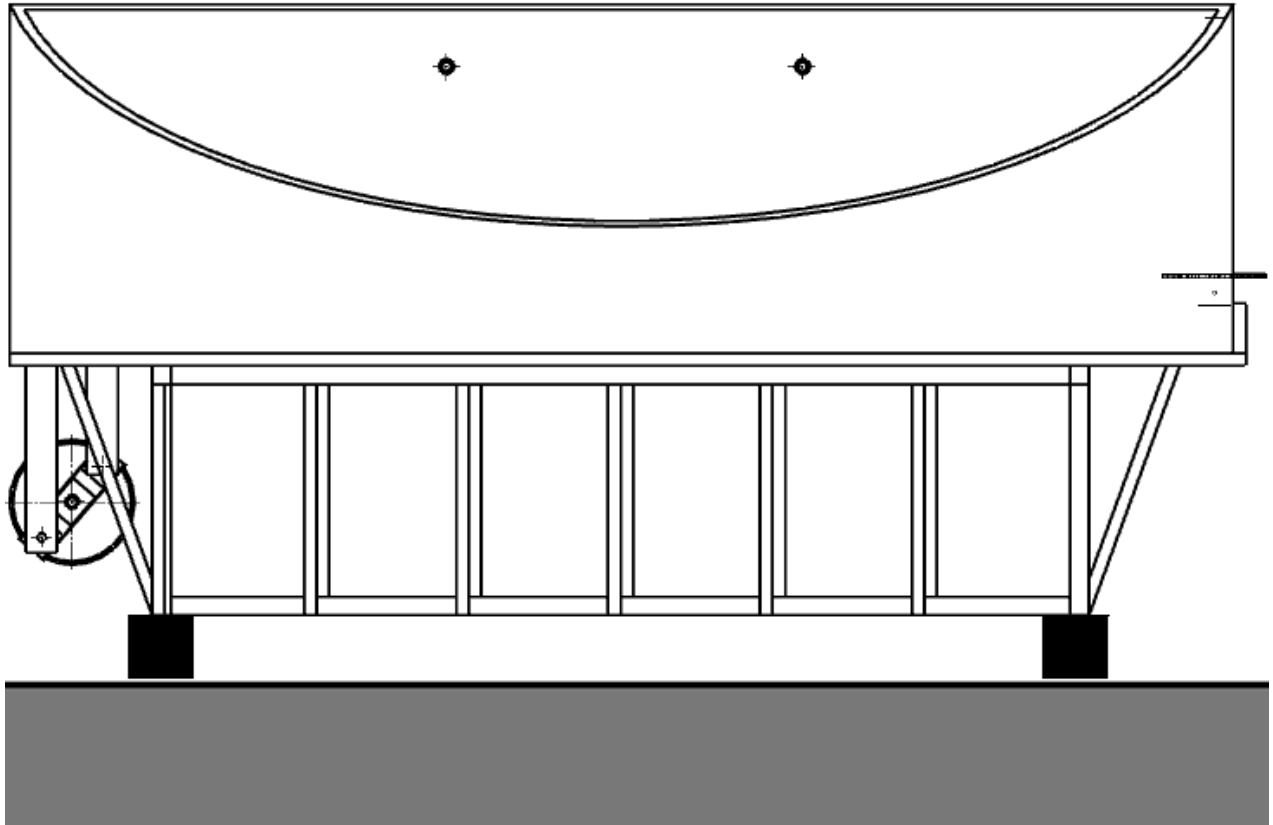
Figuur 3-11: Situatie 1 - Voorstelling



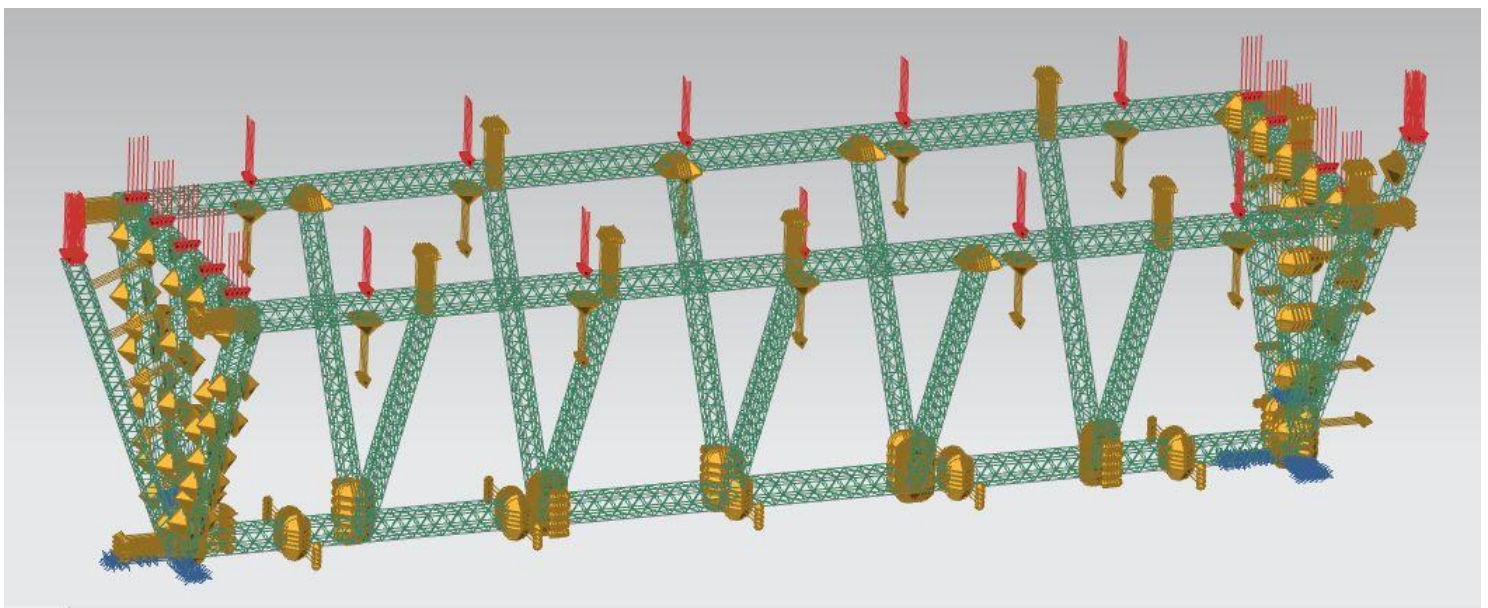
Figuur 3-12: Situatie 1 - Siemens NX

## Situatie 2: worst case senario

De boot bevindt zich in deze situatie wanneer de pontons worden ondersteund door 2 balken. De punten waar de boot op de balken steunt worden scharnierpunten. Hierdoor kan er zich ook doorbuiging voordoen in de onderste balk aangezien enkel de begin- en eindpunten van de onderste balk een scharnierpunt krijgen.



Figuur 3-13: Situatie 2 - Voorstelling

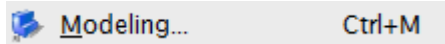


Figuur 3-14: Situatie 2 - Siemens NX

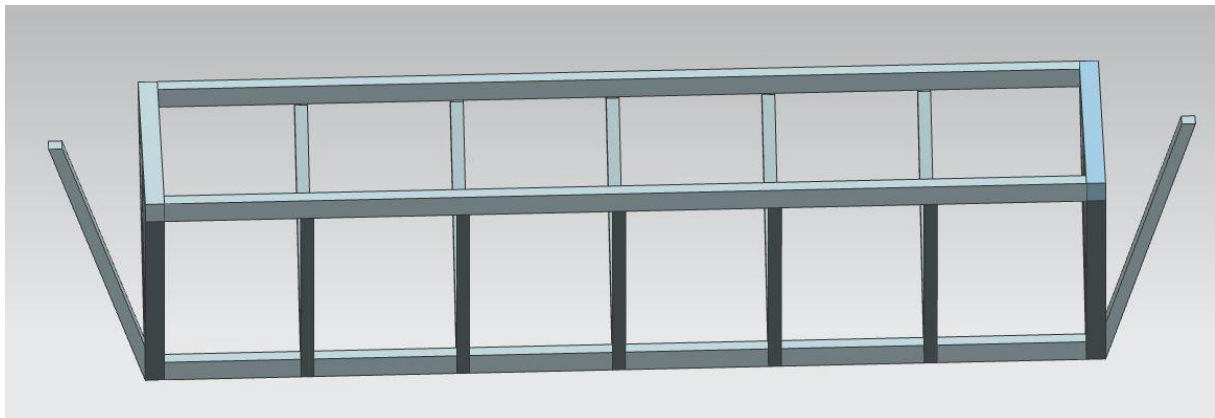
### 3.5.1.2 Soorten belastingen en berekeningen met Siemens NX

In Siemens NX 8.0 wordt gebruik gemaakt van 'Advanced Simulation' om een FEM analyse te maken.

Eerst wordt het ponton echter gemodelleerd onder 'Modeling'.

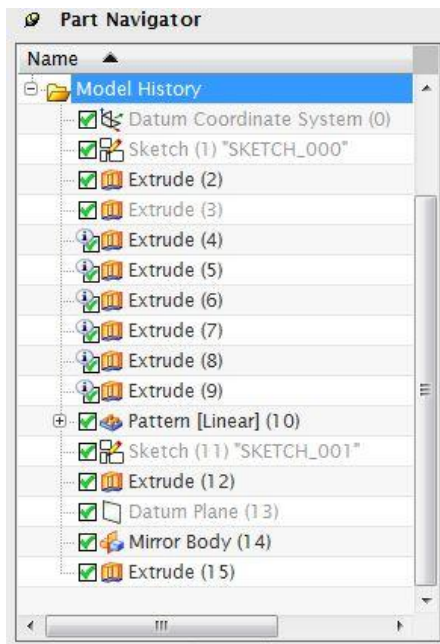


Figuur 3-15: 'Modeling' in Siemens NX



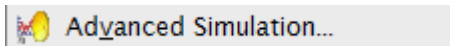
Figuur 3-16: Ponton gemodelleerd in Siemens NX

De 'Part Navigator' ziet er dan als volgt uit:



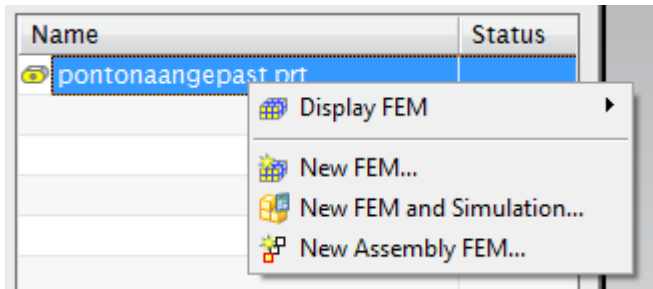
Figuur 3-17: 'Part Navigator' in Siemens NX

Vervolgens wordt overgegaan naar het ‘**Advanced Simulation**’ menu, binnen deze omgeving gebeurt de effectieve sterkte-analyse



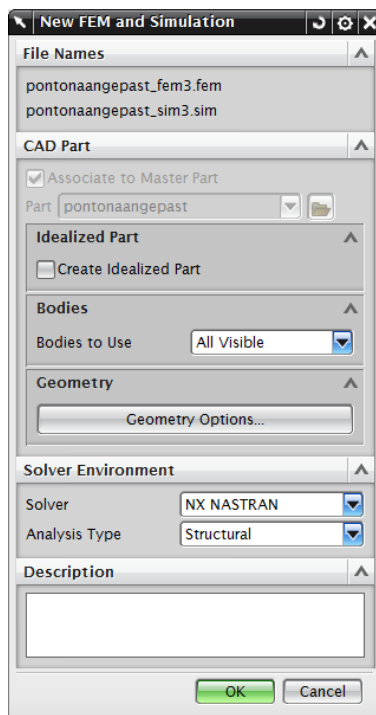
Figuur 3-18: 'Advanced Simulation' in Siemens NX

De eerste stap is het aanmaken van een nieuwe FEM- en SIM-file via ‘**New Fem and Simulation**’.



Figuur 3-19: Aanmaken nieuwe FEM- en SIM-file in Siemens NX

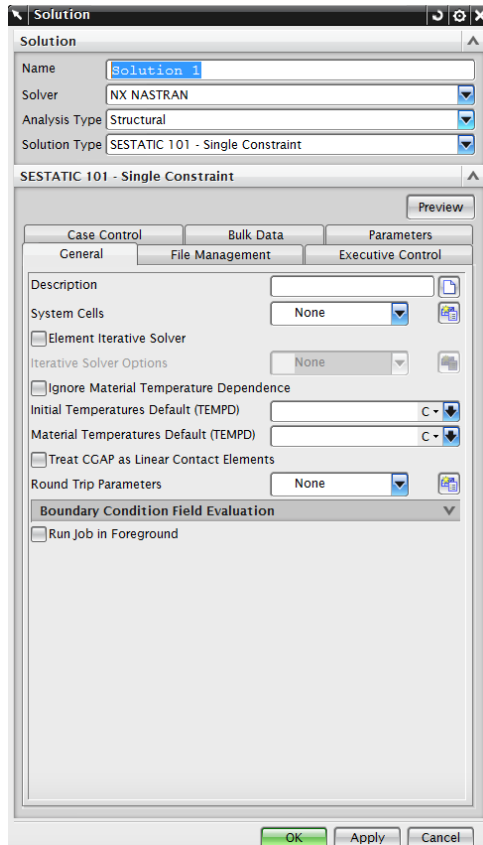
Volgende pop-up verschijnt op het scherm:



Figuur 3-20: 'New FEM and Simulation' in Siemens NX

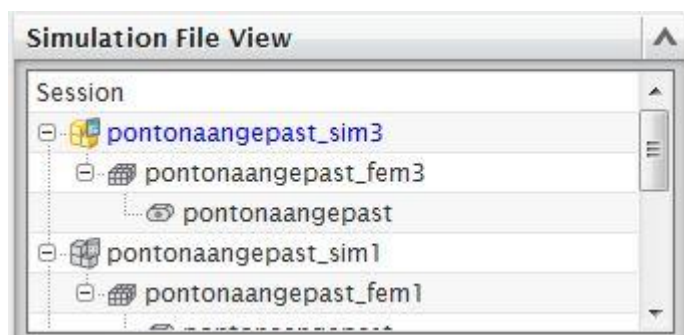
Hierbij is het belangrijk alle zichtbare onderdelen mee te nemen in de analyse door bij ‘**Bodies to Use**’, ‘**All Visible**’ te kiezen. Zoniet zal de simulator geen rekening houden met het reeds getekende model.

Na met OK bevestigd te hebben, verschijnt er een volgende pop-up ‘**Solution**’ waarin er als Solver ‘**NX Nastran**’ wordt gekozen. Dit is de enige te veranderen optie binnen deze pop-up. Bevestigen met ‘**OK**’.



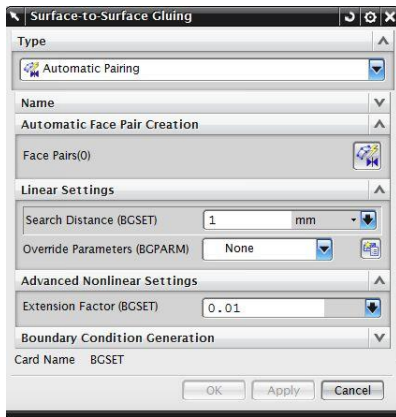
Figuur 3-21: 'Solution' in in Siemens NX

Hierop wordt de simulatie aangemaakt en verschijnen de FEM- en SIM-files.



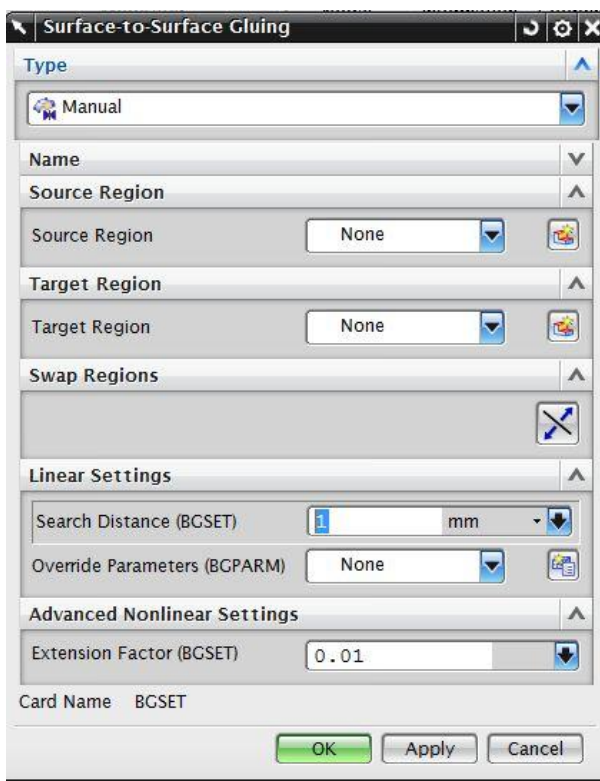
Figuur 3-22: 'Simulation File View' in Siemens NX

De volgende stap is het aan elkaar verbinden van alle aangemaakte delen van het ponton (alle extrudes) door middel van het commando ‘**Surface-to-surface gluing**’. Dit gebeurt in het .sim bestand.



Figuur 3-23: 'Surface-to-surface Gluing' in Siemens NX

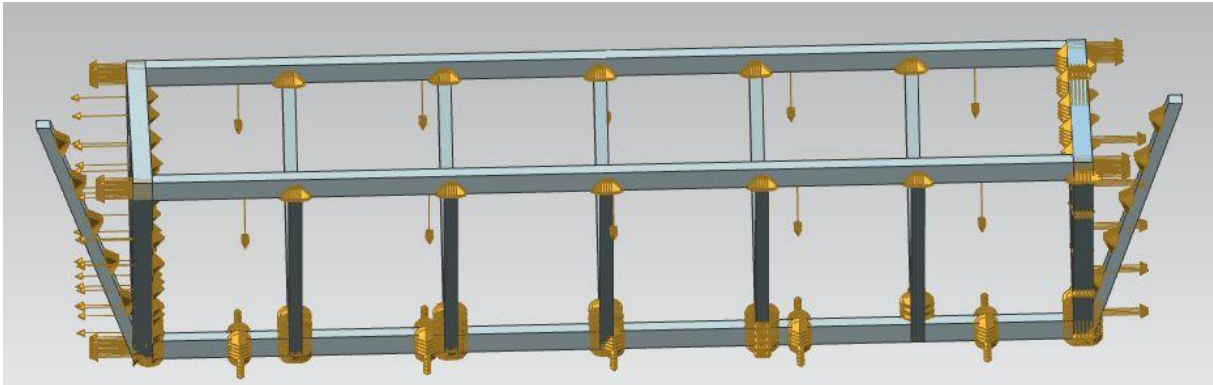
Het type wordt ingesteld op 'Manual'.



Figuur 3-24: 'Surface-to-surface Gluing' in Siemens NX

Bij 'Source Region' wordt een eerste vlak geselecteerd en bij 'Target Region' een tweede vlak waaraan men het eerste vlak wil vastlijmen. Dit wordt herhaald tot alle vlakken aan elkaar hangen.

Dit geeft volgend resultaat:

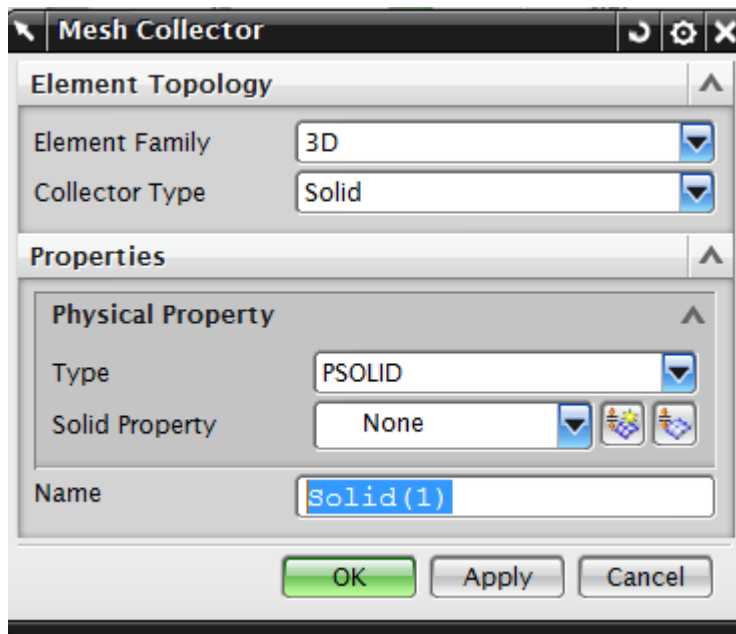


Figuur 3-25: Resultaat na het lijmen in Siemens NX

Vanaf nu kan er gemeshed worden. Daarvoor gaat men naar de FEM-file. De eerste stap in het meshen is het aanmaken van een ‘**Mesh collector**’.



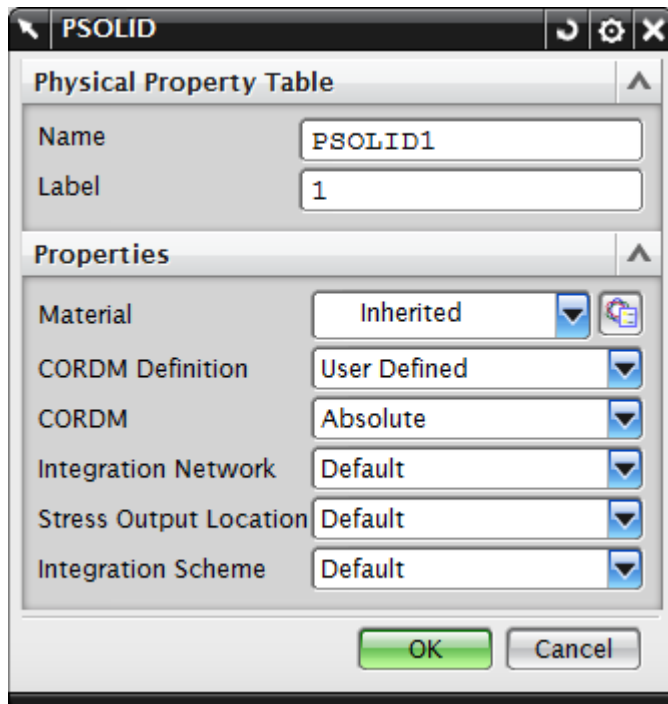
Figuur 3-26: 'Mesh Collector'-knop in Siemens NX



Figuur 3-27: 'Mesh Collector' in Siemens NX

Aangezien vertrokken wordt vanuit een 3D model van het ponton, wordt de ‘**Element Family**’ ingesteld op ‘**3D**’, het ‘**Collector Type**’ op ‘**Solid**’.

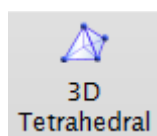
Door te klikken op ‘**Create Physical**’ wordt een materiaal toegekend aan de Mesh.



Figuur 3-28: 'PSOLID' in Siemens NX

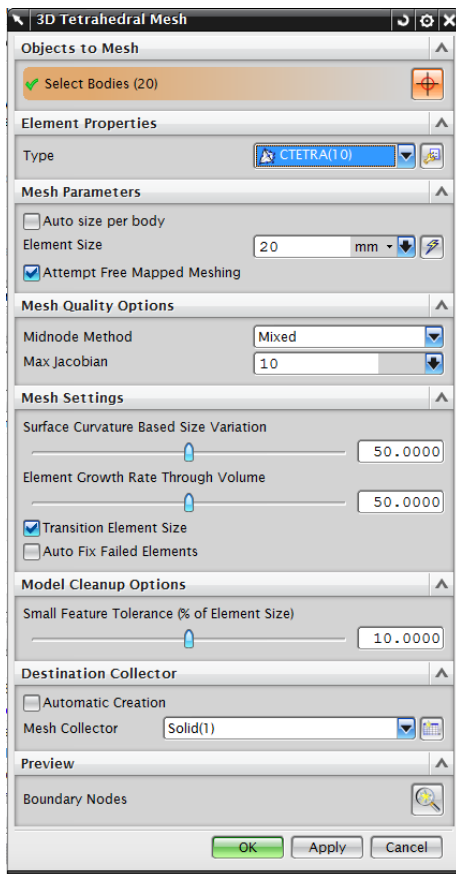
Klikken op '**Choose Material**' opent een lijst met materialen, waarin Aluminium 2014 wordt gekozen. Tweemaal bevestigen met OK maakt de collector aan.

Nu worden binnen deze collector (dus met het gekozen materiaal en de gekozen elementenfamilie) de effectieve mesh elementen aangemaakt. Aangezien het 3D elementen moeten zijn wordt gekozen voor de 3D tetraëdrische elementen.



Figuur 3-29: '3D Tetrahedral'-knop in Siemens NX

De mesh wordt dan opgedeeld in vele van deze elementjes die met hun hoekpunten aan elkaar hangen in 'knopen' of '**nodes**'. Hierbij kan men ofwel de grootte van 1 element instellen ofwel het aantal elementen binnen de totale mesh (onder het menu '**Mesh Parameters**')



Figuur 3-30: '3D Tetrahedral' in Siemens NX

Alle lichamen die gemeshed moeten worden, worden geselecteerd (Ctrl+A).

Als 'Type' wordt er CTETRA(10) gebruikt. Er wordt dus gebruikt gemaakt van Tetraëders met 10 knopen met per knoop steeds 3 vrijheidsgraden (u,v,w). Dit geeft een hoge mate van nauwkeurigheid bij een grote indeling in elementen, waardoor de rekentijd beperkt wordt. Elk element heeft in totaal 30 vrijheidsgraden (10 knopen maal 3 vrijheidsgraden per knoop). Dit is net genoeg om het verplaatstingsveld kwadratisch te kunnen interpoleren. De rekken kunnen dan lineair variëren in het element waaruit volgt dat de spanningen ook lineair variëren.

De orde van de stijfheidsmatrix  $[k^e]$  van elk element wordt  $(30 \times 30)$ . De vormfunctiematrix

$[N(x, y, z)]$  is dan van de orde  $(3 \times 30)$ , de kolommatrix van de knoopverplaatsingen  $[\partial^e]$  van de orde  $(30 \times 1)$ .

De verplaatsing van een willekeurig punt wordt dan:

$$\begin{bmatrix} u \\ v \\ w \end{bmatrix} = [N(x, y, z)] \cdot [\partial^e]$$

Stel  $[B(x, y, z)]$  gelijk aan de afgeleide van  $[N(x, y, z)]$ .

De rekmatrix wordt dan

$$[\varepsilon(x, y, z)] = [B(x, y, z)] \cdot [\partial^e]$$

Uit de rekmatrix kan de spanningsmatrix bekomen worden voor een element in vlakspanningstoestand:

$$[\sigma(x, y, z)] = [D] \cdot [\varepsilon(x, y, z)]$$

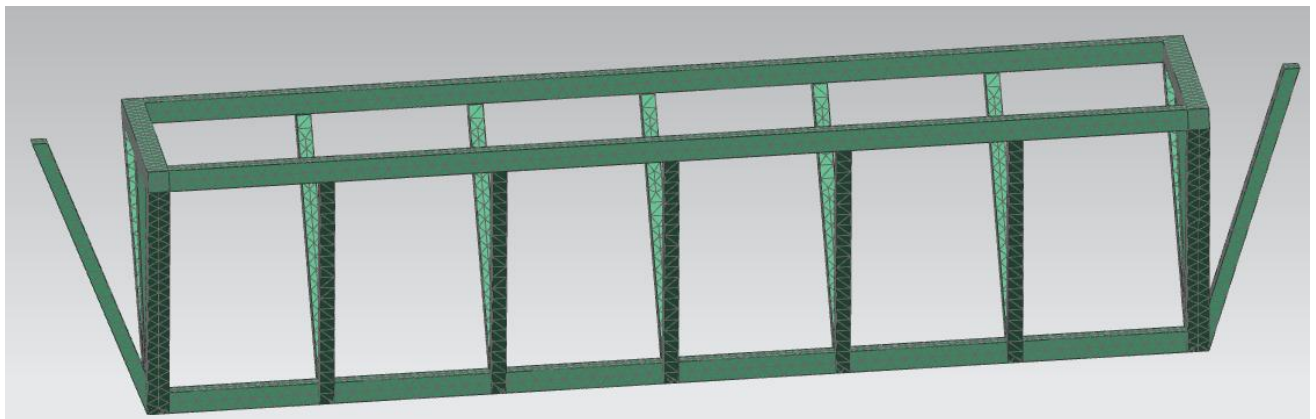
Om de globale stijfheidsmatrix te bekomen van de volledige constructie worden alle stijfheidsmatrixes van alle elementen geassembleerd.

De '**Element size**' wordt ingesteld op 20mm, wat de grootte van een mesh element voorstelt. Hoe kleiner deze waarde wordt gekozen, hoe preciezer de spanningsvariatie wordt gevisualiseerd in de simulatie, maar hoe zwaarder de berekeningen worden aangezien er zich dan meer elementen in de mesh bevinden die elk moeten berekend worden. 20 mm is dus de gulden middenweg.

Als '**Mesh Collector**' selecteert men de aangemaakte collector.

Al de andere instellingen worden standaard gehouden; afsluiten doet men door te klikken op '**OK**'.

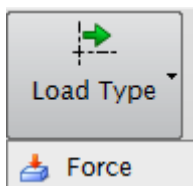
Er wordt volgend resultaat bekomen:



Figuur 3-31: Resultaat na het aanmaken van een mesh in Siemens NX

Nu het complete model gemeshed is, kan er in de FEM-file de nodige belastingen ('**Loads**') en randvoorwaarden ('**Constraints**') aanlegt worden.

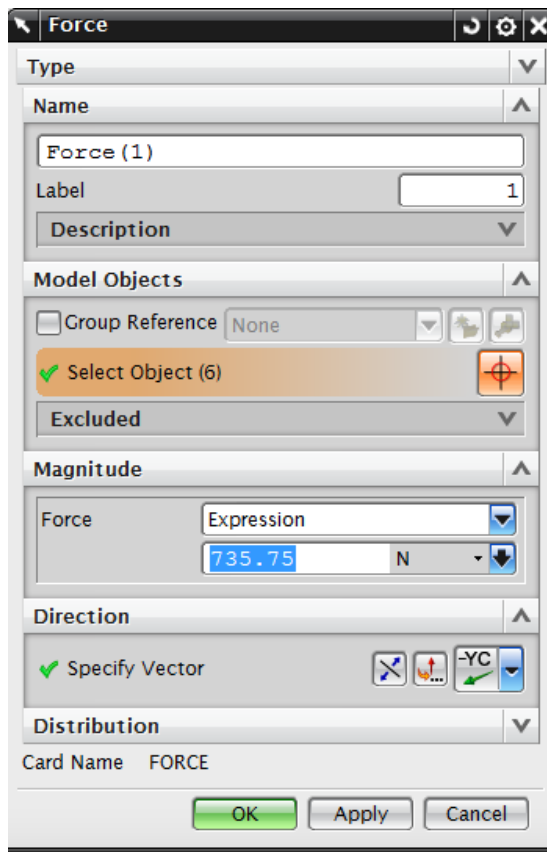
Belasting aanleggen wordt gedaan door onder '**Load Type**', '**Force**' te selecteren.



Figuur 3-32: 'Load Type -> Force'-knop in Siemens NX

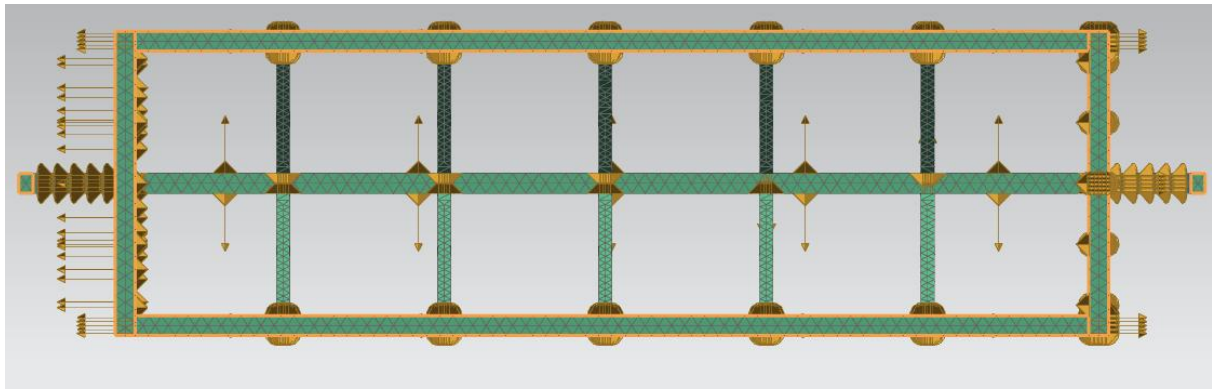
Er wordt vanuit gegaan dat de pontons van onze boot 150 kg kunnen dragen, dit stelt het gewicht voor van de gehele constructie met alle transportbanden, motoren, tandwielen, batterijen, behuizing en dergelijke meer. Het gewicht van 150 kg zal worden verdeeld over 2 pontons, dus elk ponton zal ongeveer 75 kg moeten dragen.

Omgezet via de Gravitatiewet van Newton,  $F = m \cdot g$  met  $g = G \cdot \frac{m_{aarde}}{r_{aarde}^2} \approx 9.81 \frac{m}{s^2}$ , geeft dit een kracht van  $75 \text{ kg} * 9.81 \frac{m}{s^2} = 735,75 \text{ N}$ .



Figuur 3-33: 'Force' in Siemens NX

Bij 'Model Faces' worden alle 'Polygon Faces' in bovenaanzicht geselecteerd, dit zijn alle oppervlakken die het gewicht van de boot zullen ondersteunen.



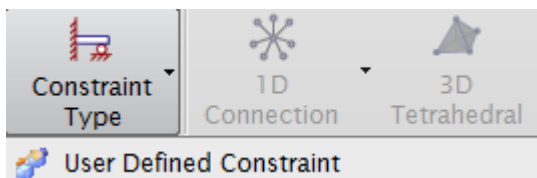
Figuur 3-34: geslecteerd oppervlakte voor de kracht in Siemens NX

Bij 'Direction' wordt gekozen voor de negatieve y-as.

Ten slotte worden nog de randvoorwaarden aangelegd.

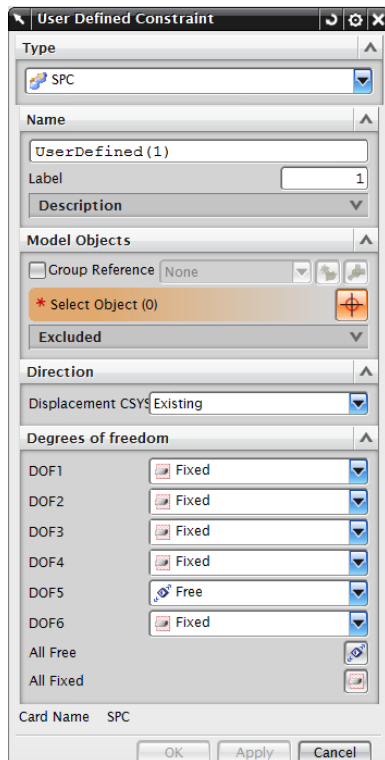
Er wordt hierbij gebruik gemaakt van scharnierpunten omdat de balken doorzakking vanaf het begin zullen doorzakken. Moest er voor een inklemming gekozen worden, zouden de balken in het begin nog even horizontaal lopen en pas dan beginnen doorbuigen, dit komt niet overeen met de werkelijkheid.

In het programma worden randvoorwaarden aangemaakt door te klikken op 'User Defined Constraint' onder het menu 'Constraint Type'.



Figuur 3-35: 'Constraint Type -> User Defined Constraint' in Siemens NX

Om een scharnierpunt aan te maken worden alle vrijheidsgraden vastgelegd ('Fixed'), behalve de vrijheidsgraad van de rotatie rond de Y-as, deze wordt vrijgemaakt ('Free'). Ingevuld in NX geeft dit:



DOF 1 : translatie volgens X-as  
 DOF 2 : translatie volgens Y-as  
 DOF 3 : translatie volgens Z-as

DOF 4 : rotatie om de X-as  
 DOF 5 : rotatie om de Y-as  
 DOF 6 : rotatie om de Z-as

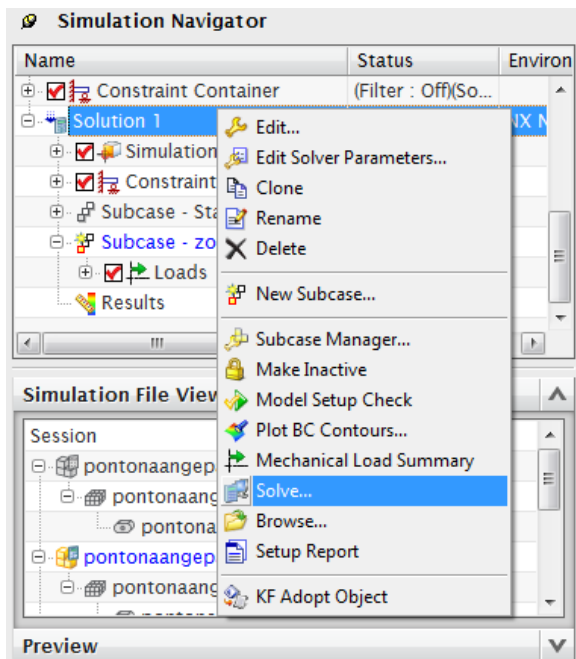
Tabel 3: Uitleg 'Degrees Of Freedom'

Figuur 3-36: 'User Defined Constraint' in Siemens NX

Bij 'Model Objects' wordt de onderste balkoppervlakte afhankelijk van de situatie (ideaal of worst-case) respectievelijk volledig of slechts gedeeltelijk geselecteerd. Voor de uiteindelijke resultaten, kan er teruggevallen worden op de afbeeldingen bij de beschrijving van de situaties.

De laatste stap in de analyse is dan het maken van de uiteindelijke berekeningen met behulp van NX Nastran en de ingevoerde parameters in verband met elementtype, elementgrootte, materiaal, belasting en randvoorwaarden.

Dit gebeurt door onder de 'Simulation Navigator' met de rechtermuis te klikken op 'Solution 1' en voor het commando 'Solve' te kiezen.



Figuur 3-37: 'Simulation Navigator' in Siemens NX

Achteraf worden de berekingen opnieuw gedaan maar ditmaal ook rekening houdend met het eigengewicht van het ponton.

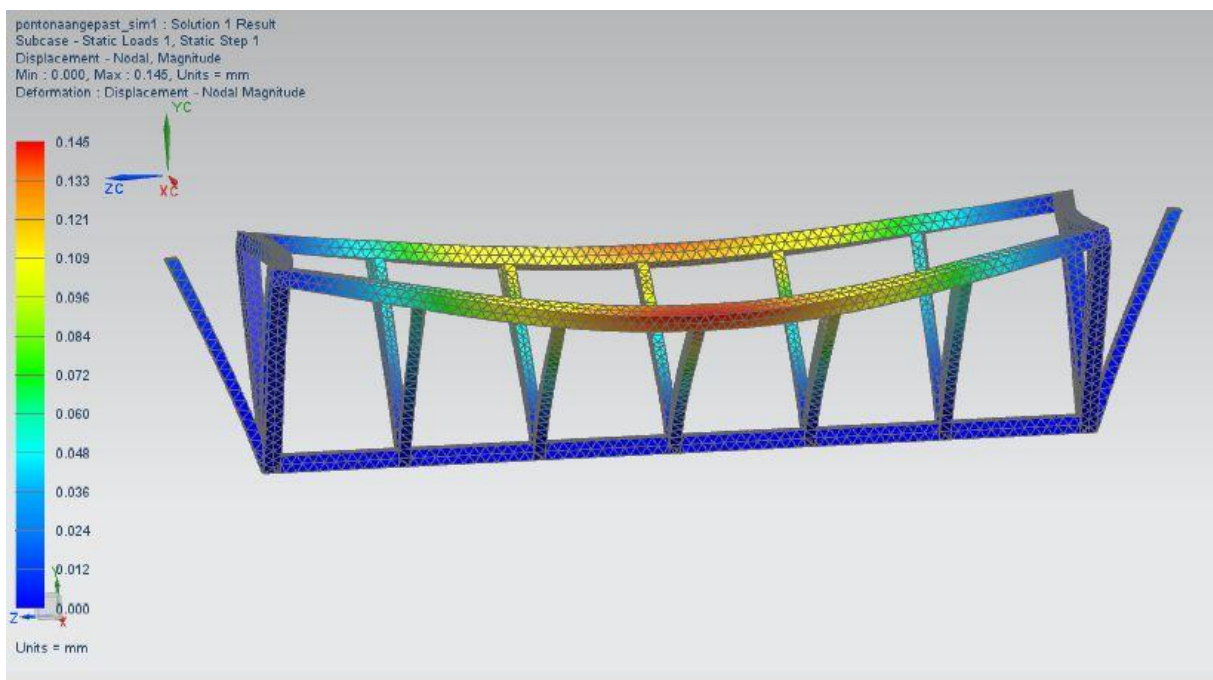
### 3.5.1.3 Resultaten bij het gebruik van Aluminium 2014

Zoals besproken in de materiaalkeuze, is dit een vrij sterke legering en aangezien ze een relatief lage massadichtheid heeft (in vergelijking met bijvoorbeeld staal) is deze legering dus ideaal voor het gebruik van de bouw van de pontons.

Aluminium 2014 bevat behalve 90.4-95% aluminium zelf ook maximaal 0.1% Chroom, 3.9-5% Koper, 0.7% IJzer 0.2-0.8% Magnesium, 0.4-1.2% Mangaan, 0.5-1.2% Silicium, 0.15% Titanium en 0.25% Zink.

#### Situatie 1: ideale situatie

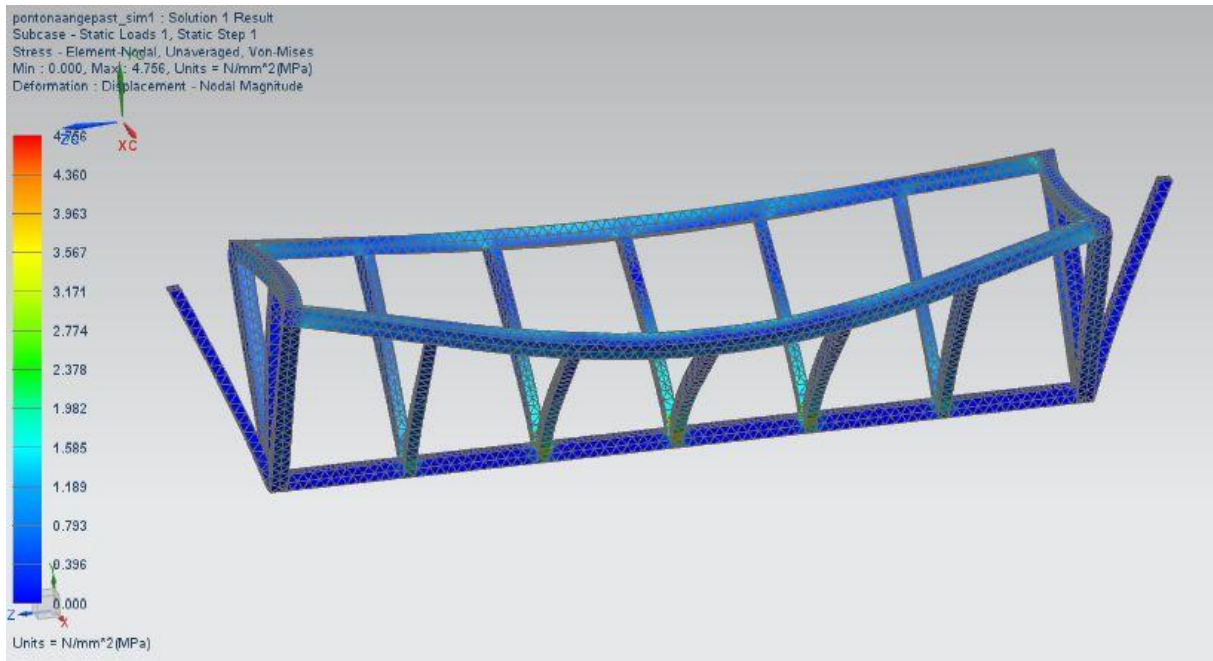
Bij de ideale situatie wordt een maximale doorbuiging van slechts 0.145 mm bekomen, die maximaal is in het midden van de 2 bovenste balken.



Figuur 3-38: situatie 1 - maximale doorbuiging - zonder eigengewicht

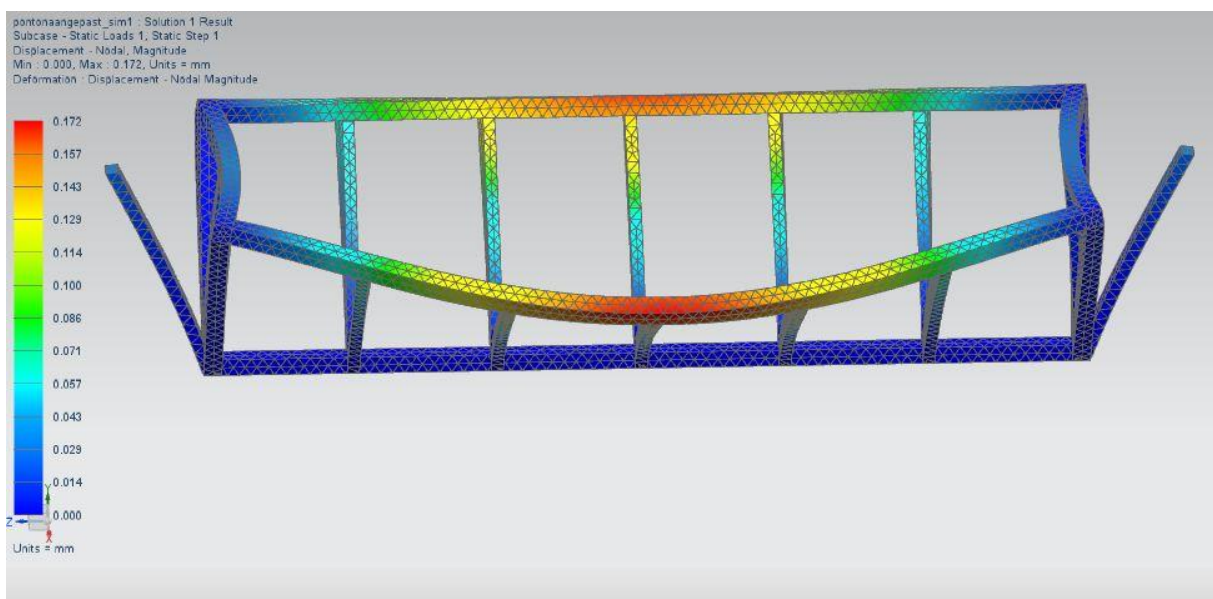
De maximale Von-mises spanning heeft een waarde van  $4.756 \text{ N/mm}^2$ . Dit is ver onder de maximale toelaatbare spanning die hoort bij dit materiaal, namelijk een waarde van  $482.633 \text{ N/mm}^2$ .

De hoogste waarden liggen wel op de punten waar de onderdelen aan elkaar zijn bevestigd (spanningspieken).



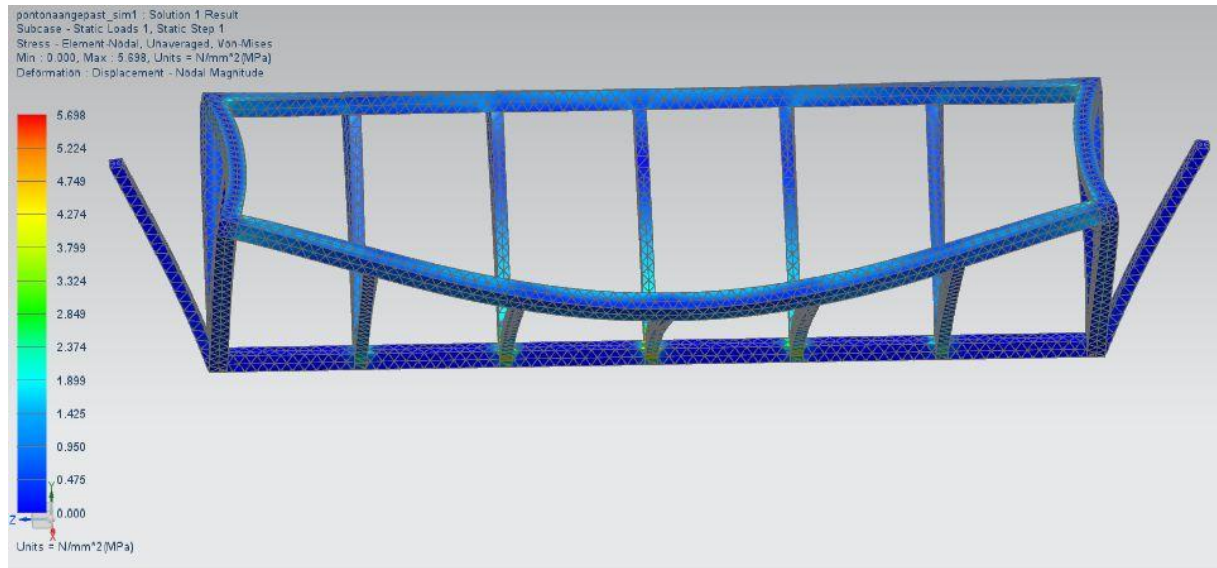
Figuur 3-39: situatie 1 - maximale spanning - zonder eigengewicht

Indien vervolgens het eigengewicht van de constructie mee in rekening gebracht wordt, geeft dit een maximale doorzakking van  $0.172 \text{ mm}$ . Door toevoeging van het eigengewicht stijgt de doorzakking dus met  $0.027 \text{ mm}$ .



Figuur 3-40: situatie 1 - maximale doorbuiging - met eigengewicht

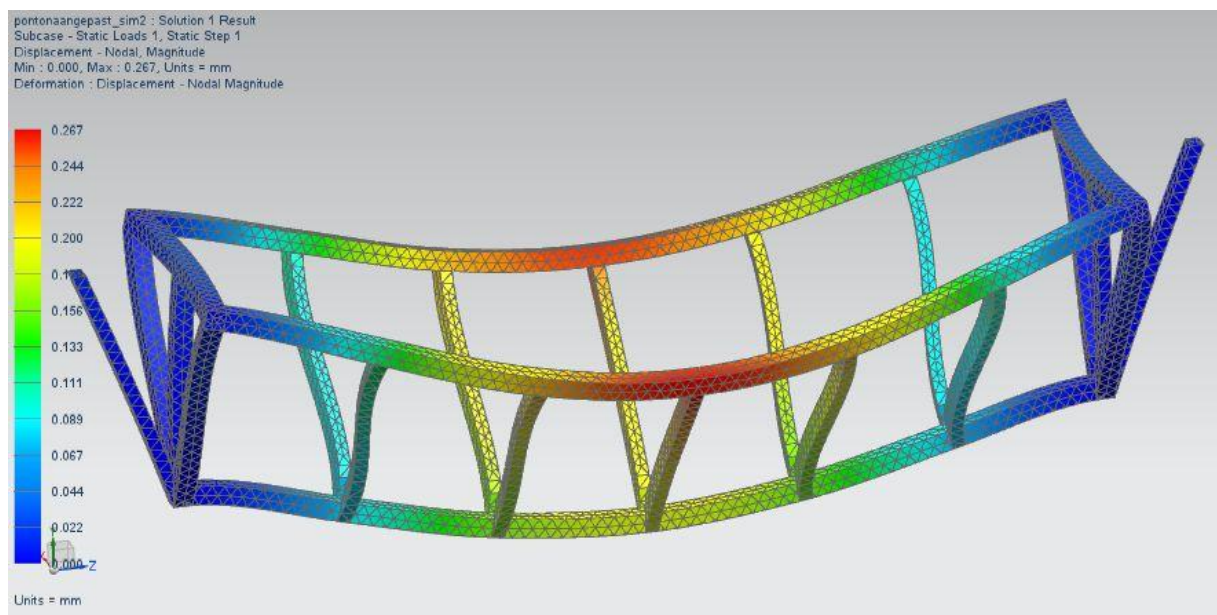
De maximaal optredende spanning (Von Mises) wordt dan 5.698 N/mm<sup>2</sup>, een stijging van 0.942 N/mm<sup>2</sup> ten opzichte van het resultaat zonder eigengewicht. Ook hier blijft de Von Mises spanning ver onder de maximale toelaatbare spanning. In deze situatie is het frame dus sterk genoeg om de boot te ondersteunen



Figuur 3-41: situatie 1 - maximale spanning - met eigengewicht

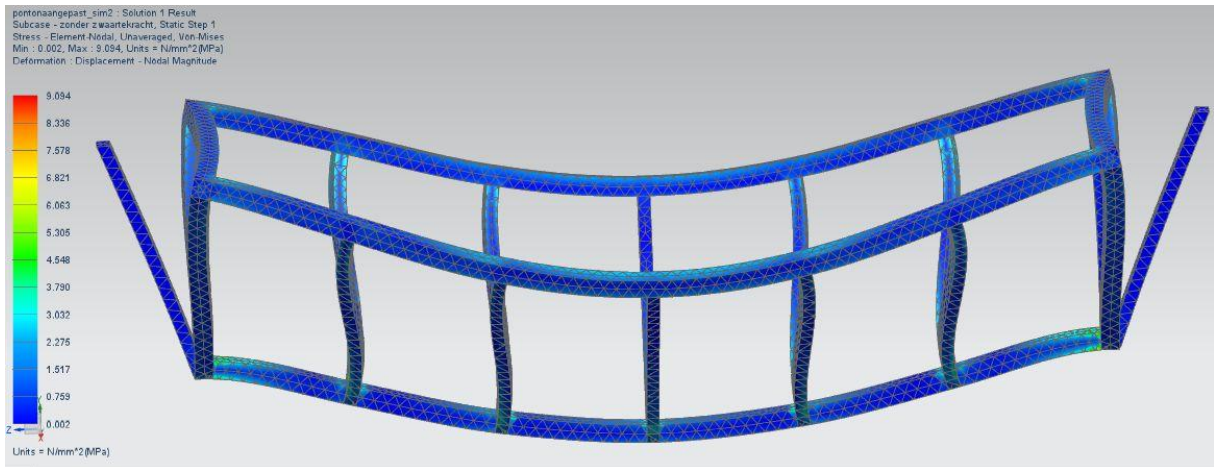
## Situatie 2: worst-case situatie

Bij de worst-case situatie wordt de maximale doorbuiging 0.267 mm, die ook hier maximaal is in het midden van de 2 bovenste balken.



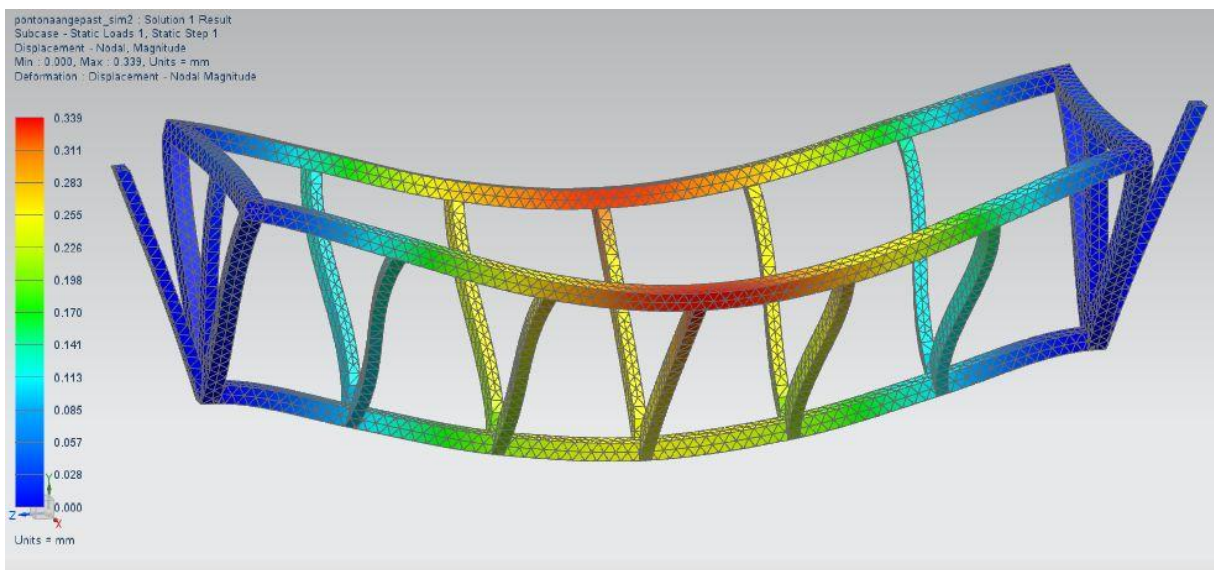
Figuur 3-42: situatie 2 - maximale doorbuiging - zonder eigengewicht

De maximale Von Mises spanning bedraagt hier 9.094 N/mm<sup>2</sup> en blijft opnieuw ver onder de maximale toelaatbare waarde.



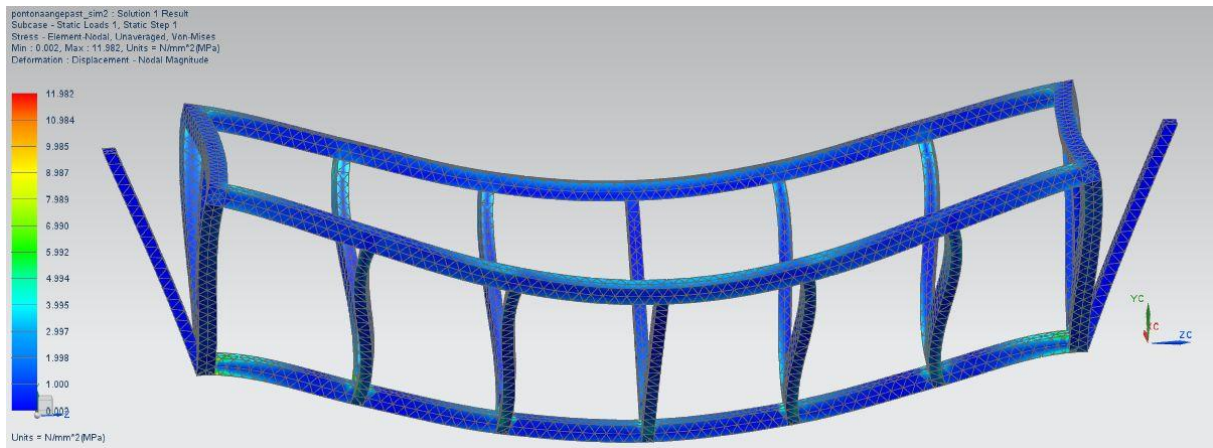
Figuur 3-43: situatie 2 - maximale spanning - zonder eigengewicht

Ook nu wordt de invloed van het aanbrengen van het eigengewicht getest. De maximale doorbuiging wordt dan 0.339 mm, wat een extra doorbuiging geeft van 0.072 mm ten opzichte van de situatie zonder eigengewicht.



Figuur 3-44: situatie 2 - maximale doorbuiging - met eigengewicht

Bij het analyseren van de maximale Von Mises spanning na toevoeging van het eigengewicht wordt er tenslotte een waarde van 11.982 N/mm<sup>2</sup> bekomen. Dit is een stijging van 2.888 N/mm<sup>2</sup> ten opzichte van de situatie zonder eigengewicht. Net zoals de vorige resultaten ligt deze waarde ver onder de maximaal toelaatbare spanning van Aluminium 2014.



Figuur 3-45: situatie 2 - maximale spanning - met eigengewicht

#### 3.5.1.4 Besluit

Bij de FEM berekening werd gebruik gemaakt van massieve aluminium balken. Aangezien de bekomen maximale spanningen echter allemaal ver onder de maximaal toelaatbare spanning liggen, kan men zonder problemen kiezen voor holle aluminium profielen. Op deze manier wordt niet alleen veel gewicht, maar ook veel geld bespaard bij het bouwen van de boot.

Voor het berekenen van de pontons met holle balkprofielen zou men een 1D-meshcollector met CBAR elementen kunnen toepassen. Hierbij kunnen dan de afmetingen van de profielen (hoogte, breedte, dikte) optimaal berekend worden met behulp van de maximaal toelaatbare spanning van aluminium.

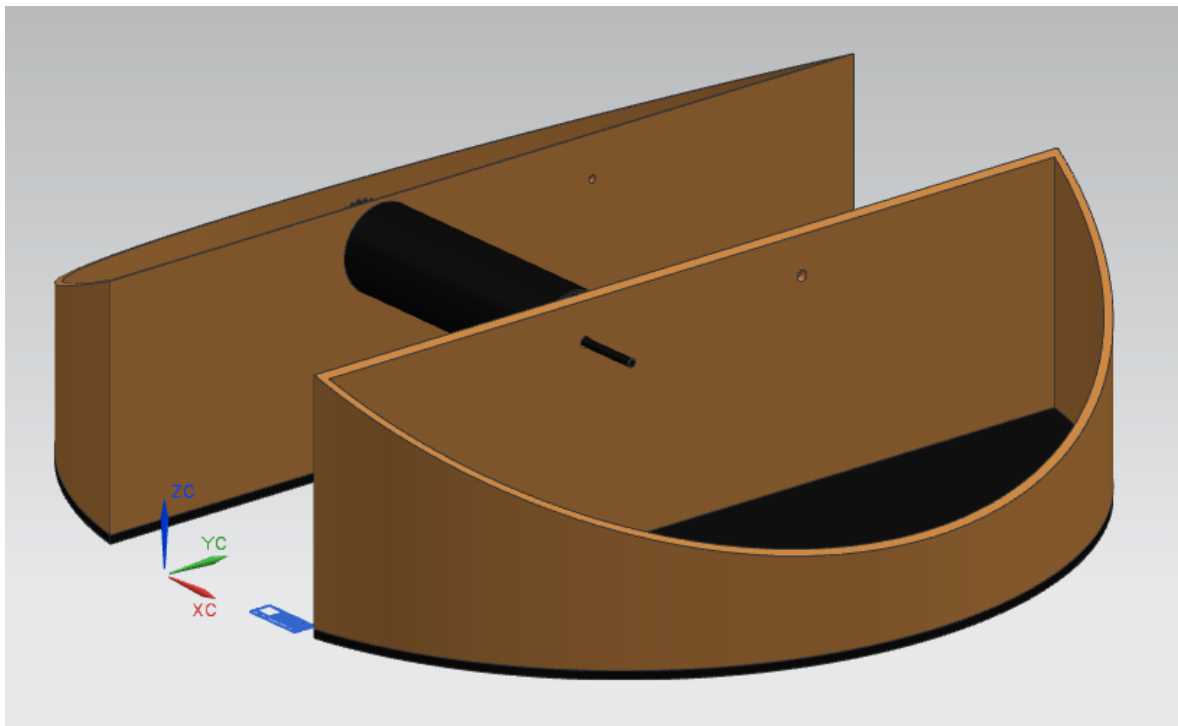
### 3.5.2 FEM-analyse van de aandrijfjas van de grofvuiltransportband

De balken en panelen van het frame van de boot zijn uit aluminium gemaakt. Dit omwille van het feit dat de verhouding van het lage gewicht van aluminium ten opzichte van de hoge sterkte zeer gunstig is.

De (aandrijf)as(en) zijn gemaakt uit roestvast staal (RVS) volgens de norm EN 10088. Een geschikt materiaal hiervoor is: X2CrNiMo17-12-2. Aangezien dit materiaal niet terug te vinden was in de bibliotheek van NX, werd voor de berekeningen verondersteld dat de as ook uit aluminium bestaat. Daarnaast zal het eigengewicht van de as, net zoals in de sterktecontroles, ook hier verwaarloosd worden.

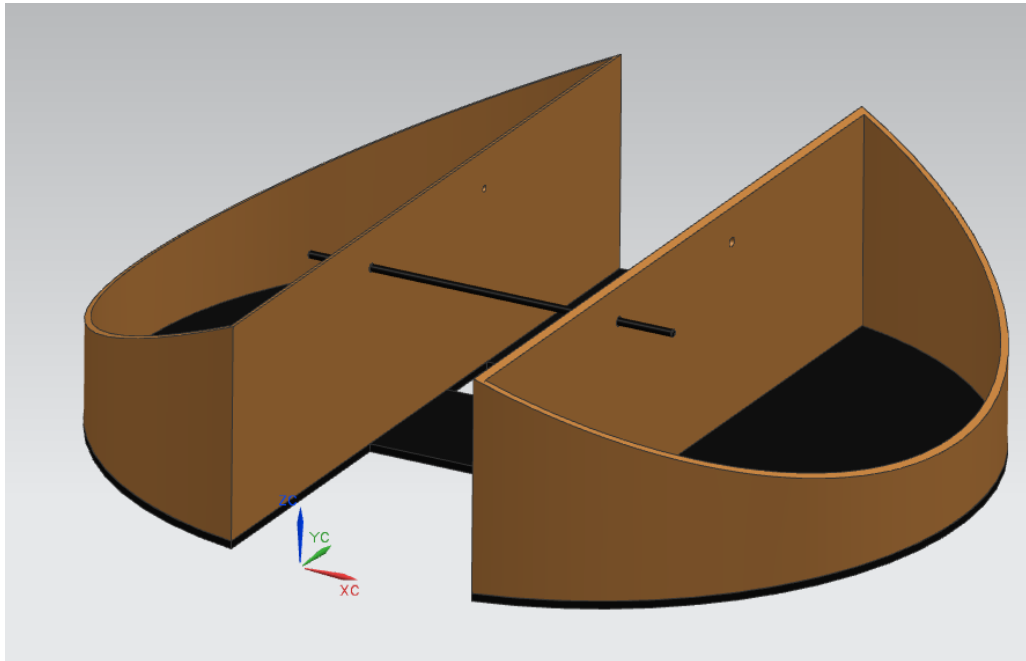
#### 3.5.2.1 FEM- Analyse in NX

In Siemens NX 8.0 kan door middel van ‘Advanced Simulation’ een FEM analyse gemaakt worden. Er wordt hierbij vertrokken van ‘**Modeling**’ waarin het frame en de aandrijfjas van de grofvuilzeef gemodeleerd wordt.



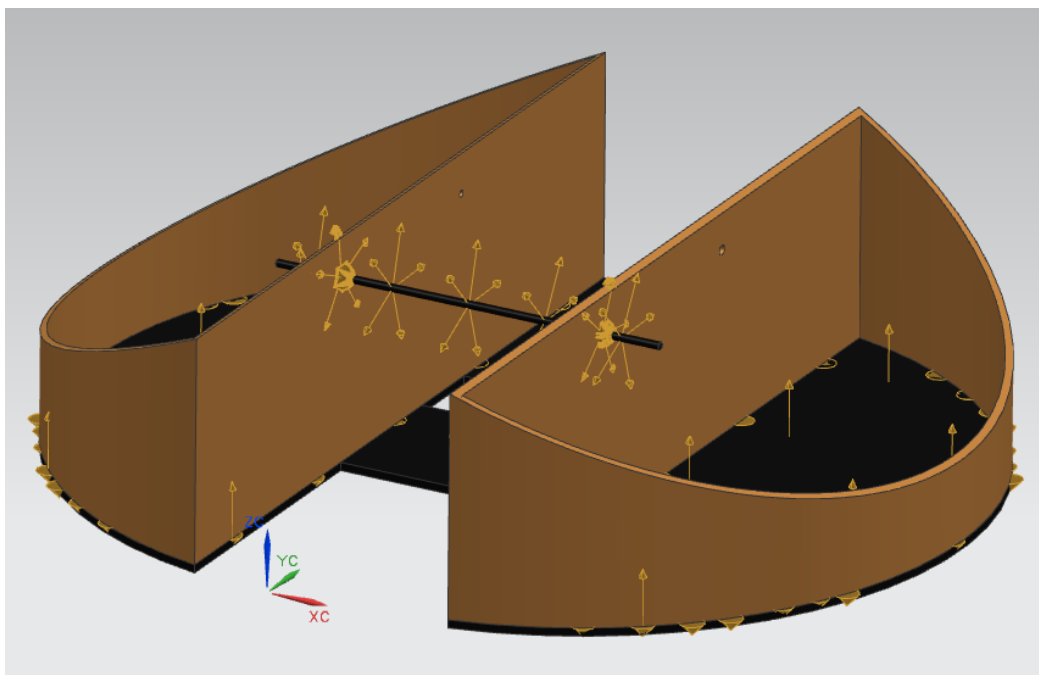
Figuur 3-46: model van de aandrijfjas en de grofvuilzeef met overbrenging in Siemens NX

Om de berekeningen te kunnen vereenvoudigen en om analoog te kunnen werken als in de sterktecontroles aan de hand van Roloff/Matek, wordt er aangenomen dat de transportband rechtstreeks over de as gespannen is. Dit wil dus zeggen dat de overbrenging die in bovenstaande afbeelding te zien is, weggelaten werd. Dit geeft dan:



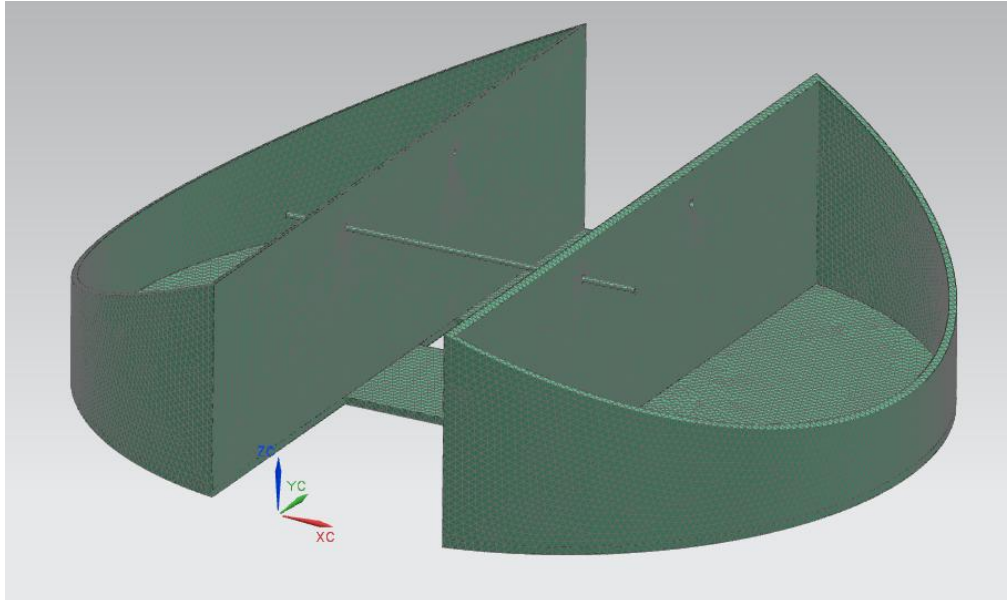
Figuur 3-47: model van de aandrijf-as en de grof-vuilzeef zonder overbrenging in Siemens NX

Vervolgens start men de 'Advanced Simulation' op om de analyse van de as te kunnen uitvoeren. Door middel van 'Surface to surface gluing' worden de verschillende onderdelen met elkaar verbonden:



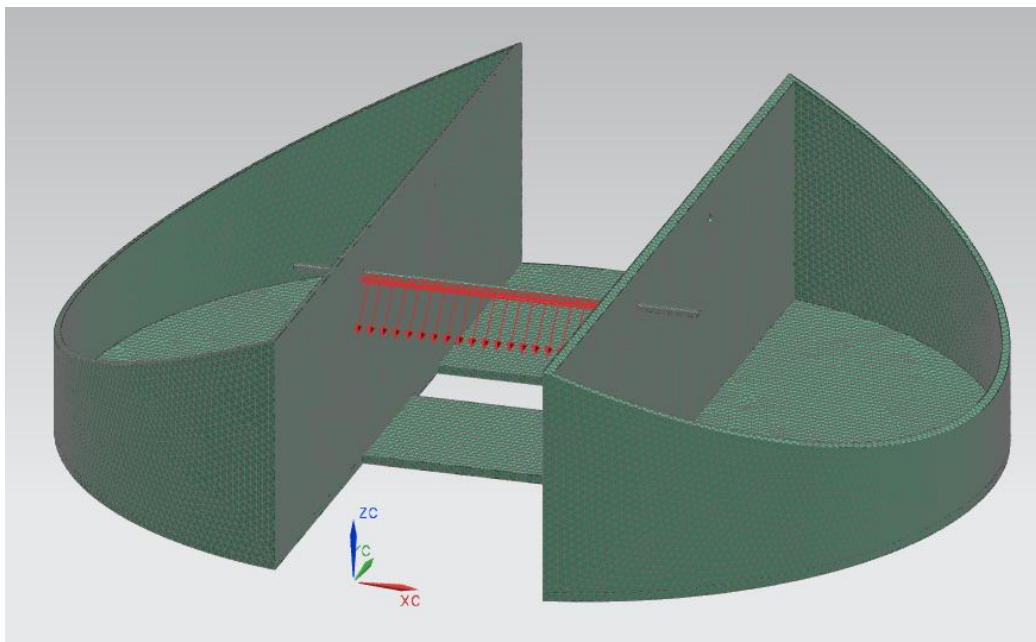
Figuur 3-48: Resultaat na 'Surface to Surface gluing' in Siemens NX

Vervolgens wordt in de ‘**Mesh-Collector**’ een 3D Solid mesh aangemaakt en wordt als materiaal aluminium 2014 toegekend. Door gebruik te maken van ‘**3D Tetrahedral**’-elementen worden vervolgens alle onderdelen gemeshed. Voor de meshgrootte van de as werd gekozen voor 5mm, voor de meshgrootte van de overige onderdelen werd 20mm gekozen.



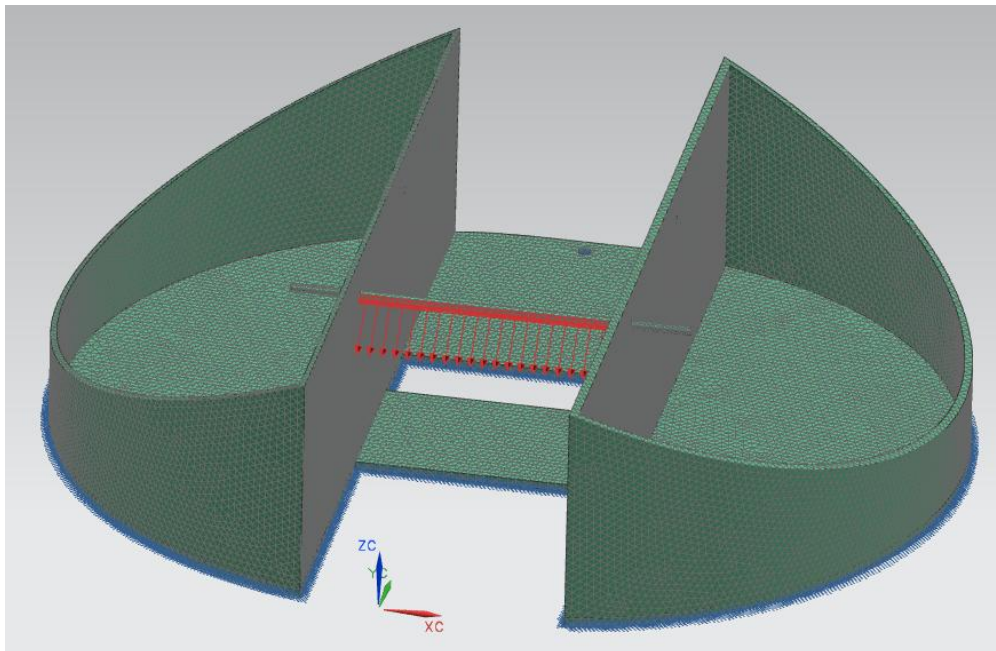
Figuur 3-49: Resultaat na het meshen in Siemens NX

Onder ‘**Load Type**’, ‘**Bearing**’ wordt de voorspankracht van de transportband aangebracht, deze bedraagt 150N. De richting van de uitgeoefende kracht ligt respectievelijk in de zin van de onderste as van de grofvuiltransportband. Deze richting werd doormiddel van een zelf geplaatste vector geselecteerd.



Figuur 3-50: resultaat na het aanbrengen van de lastverdeling op de as in Siemens NX

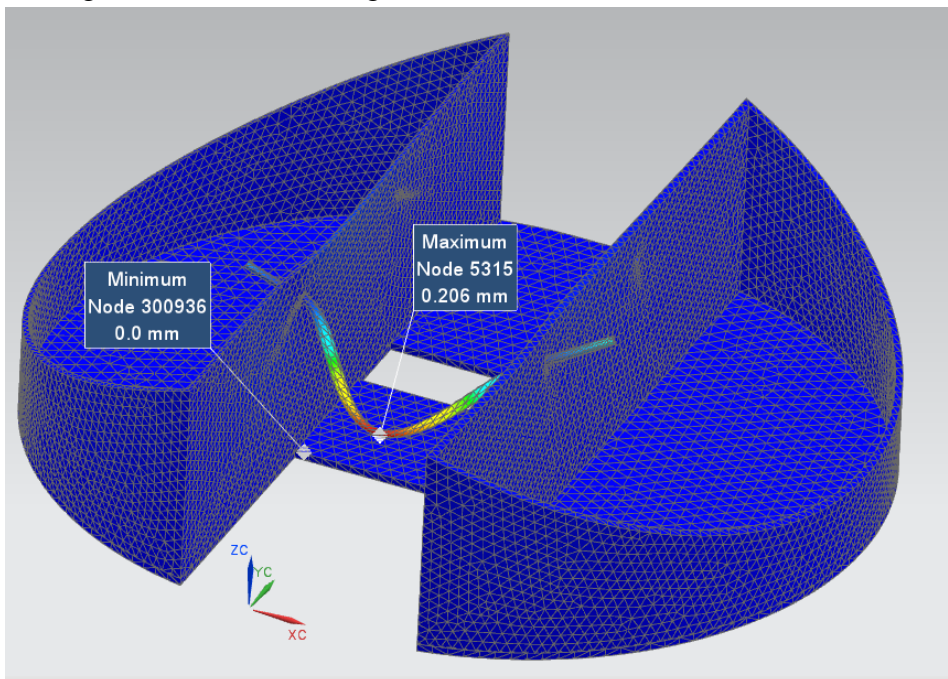
Tot slot worden nog de randvoorwaarden voor het framework bepaald. Om de invloed van de voorspankracht op de aandrijfjas goed te kunnen implementeren, wordt verondersteld dat het onderframe volledig gefixeerd is.



Figuur 3-51: resultaat na het aanbrengen van de randvoorwaarden in Siemens NX

### Resultaten na solven

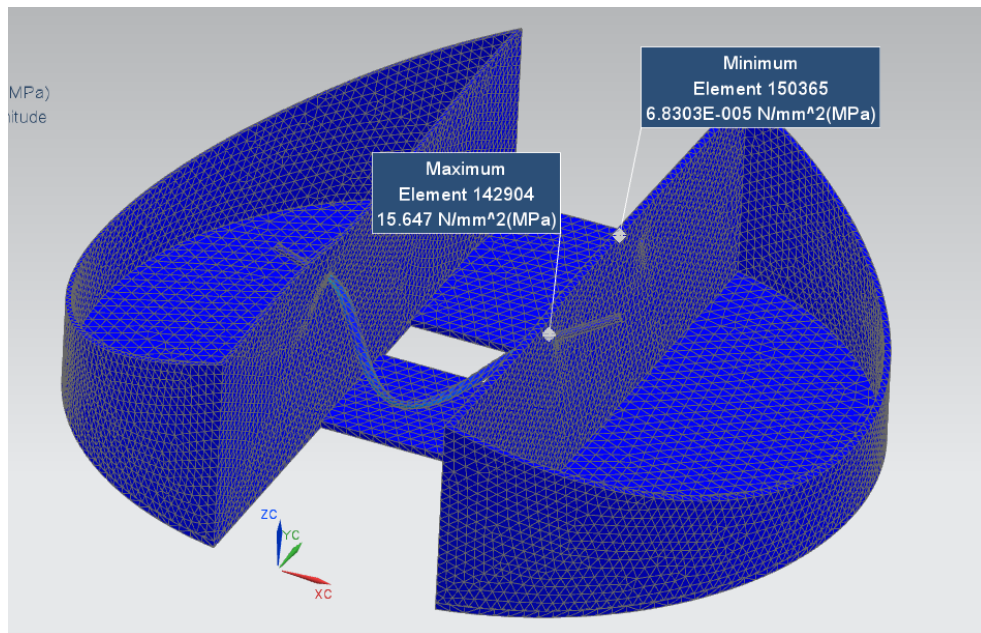
Ter hoogte van het midden van de aandrijfjas van de transportband wordt de maximale doorbuiging verkregen die 0,2mm bedraagt.



Figuur 3-52: maximale doorbuiging

De maximale Von-Mises spanning heeft een waarde van  $15,6 \text{ N/mm}^2$ , deze spanning treedt op ter hoogte van de inklemming aan de lagers. Deze spanning in de as bevindt zich echter nog voldoende ver onder de maximaal toegelaten spanning van aluminium.

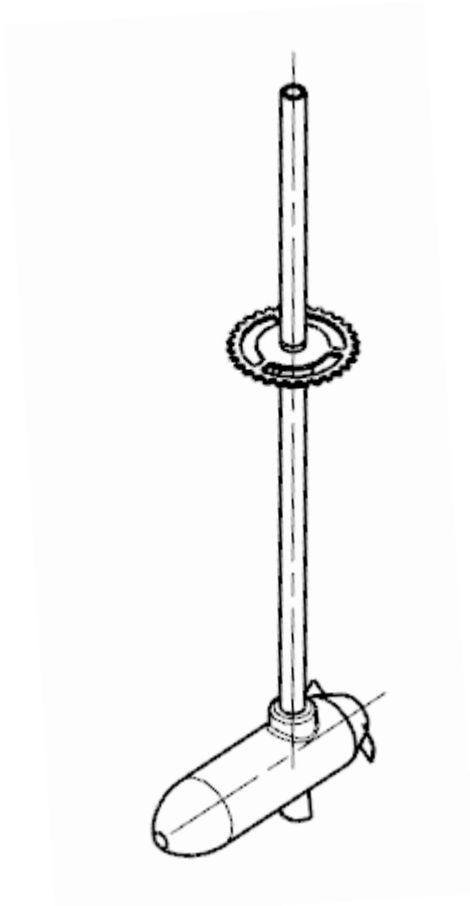
Ook in deze analyse kan dus besloten worden dat het berekende onderdeel voldoende sterk is om de te verwachten belastingen bij in bedrijf nemen van de boot te kunnen verdragen.



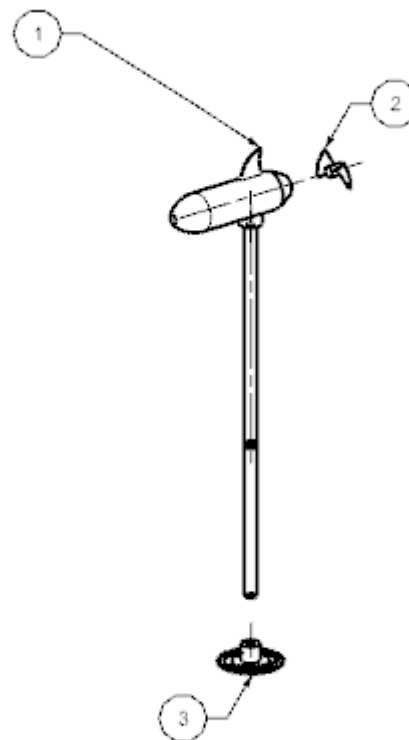
**Figuur 3-53: maximale spanning**

### 3.5.3 Fem-analyse Motor

Bij de FEM-analyse van de motor wordt er nagegaan of de as van de motor **voldoet** aan de sterkte-eisen via Siemens NX.



Figuur 3-54: aandrijving



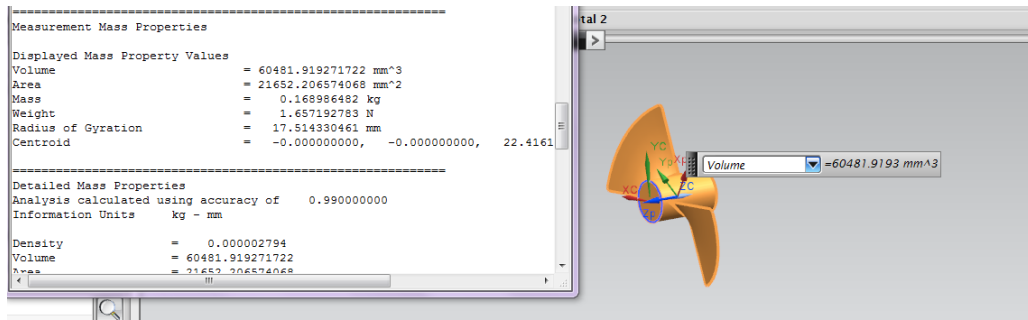
Figuur 3-55: aandrijving - exploded view

**Gegeven:** Lengte as = 1000mm

Plaats inklemming = 411.1mm

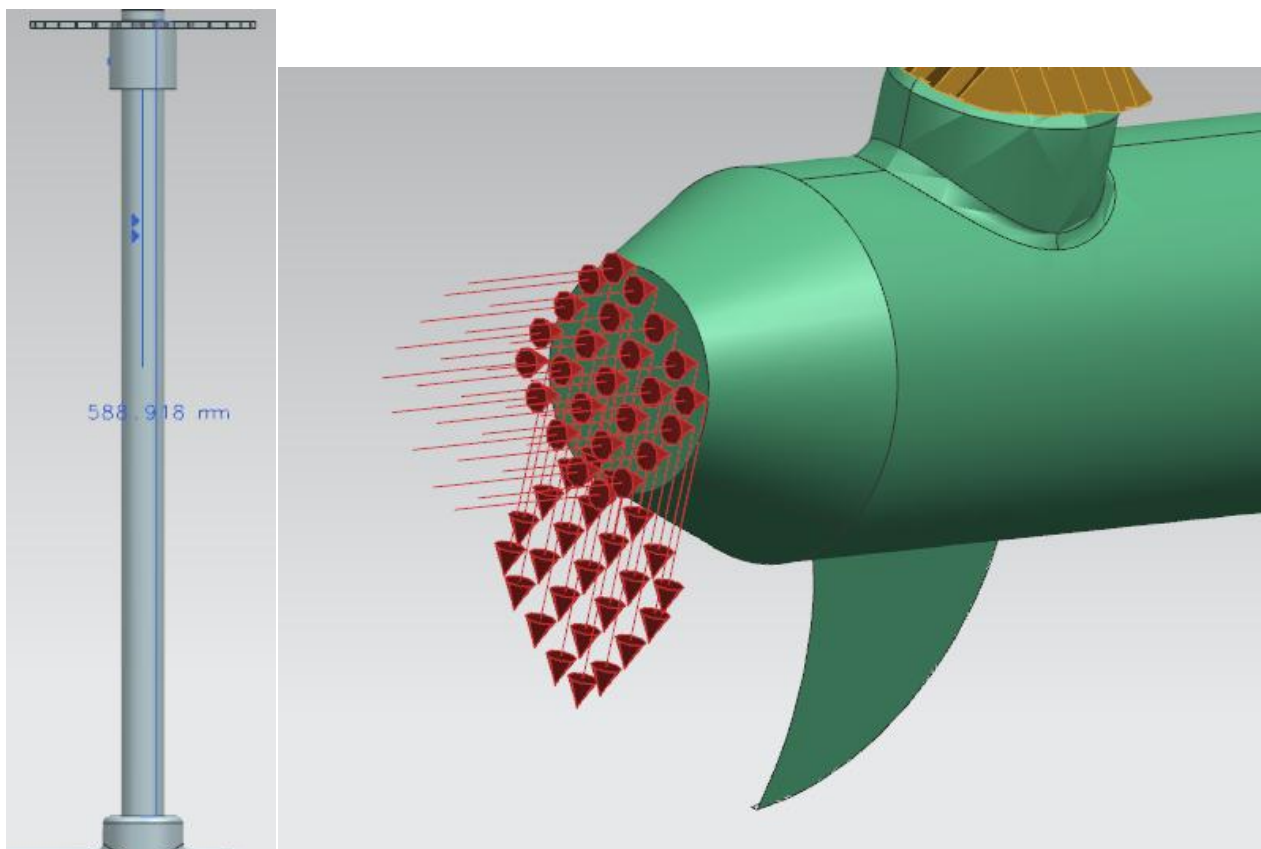
Gewicht propeller = 1.6N

Stuwkracht motor = 8kg =  $8 \times 9.91 \text{m/s}^2 = 78.84 \text{N}$



Figuur 3-56: gewicht propeller

De as werd ingeklemd ter hoogte van het tandwiel (411.1mm). Het gewicht van de propeller wordt vervangen door een kracht van 1.6N (gewicht propeller) aan de motor aan te brengen. De stuwkracht van de motor(8kg) wordt op de plaats van de propeller aangebracht.



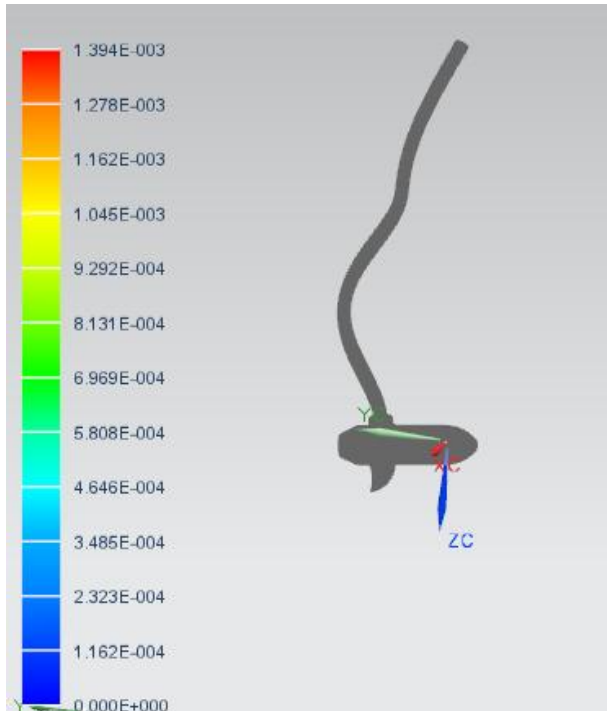
Figuur 3-57: plaats inkeeming

Figuur 3-58: aangrijping gewicht en stuwkracht

## Massieve buis

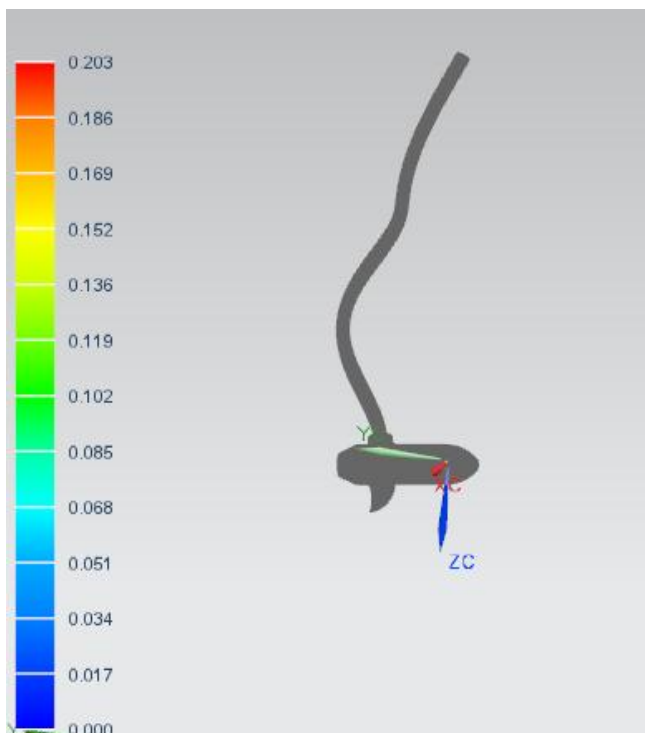
- **Maximale verplaatsing**

Via Siemens NX wordt de spanning berekend en wordt er voor de maximale verplaatsing een waarde van  $1.39\mu\text{m}$  bekomen.



Figuur 3-59: maximale verplaatsing

- **Maximale spanning**



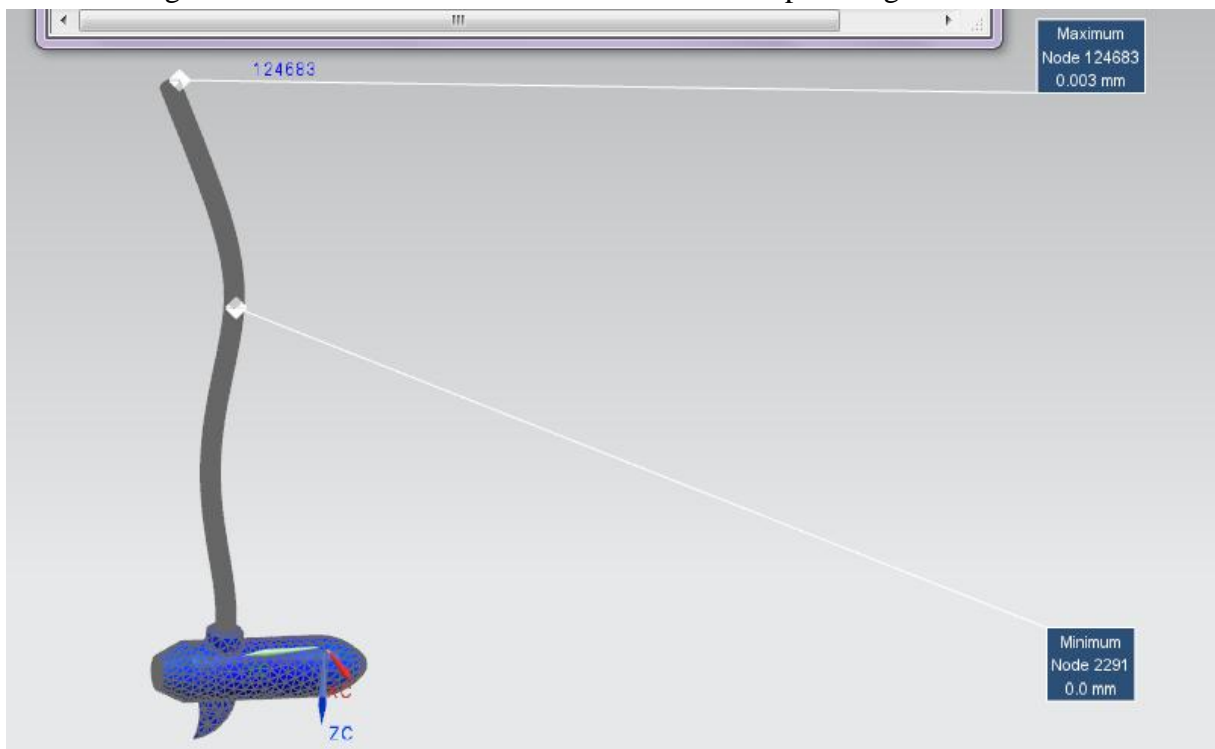
Voor de maximale spanning wordt er een waarde van  $0.203 \text{ N/mm}^2$  bekomen, wat ver onder de toelaatbare grens ligt en dus aan de sterkte-eis voldoet.

## Holle as

Voorgaande spanningswaarde toont aan dat de massieve as te sterk is voor zijn toepassing. Dezelfde berekeningen worden nu gemaakt voor een holle as ( $D_u = 32mm; D_i = 30.5mm$ ), wat materiaalbesparing tot gevolg heeft.

- **Maximale verplaatsing**

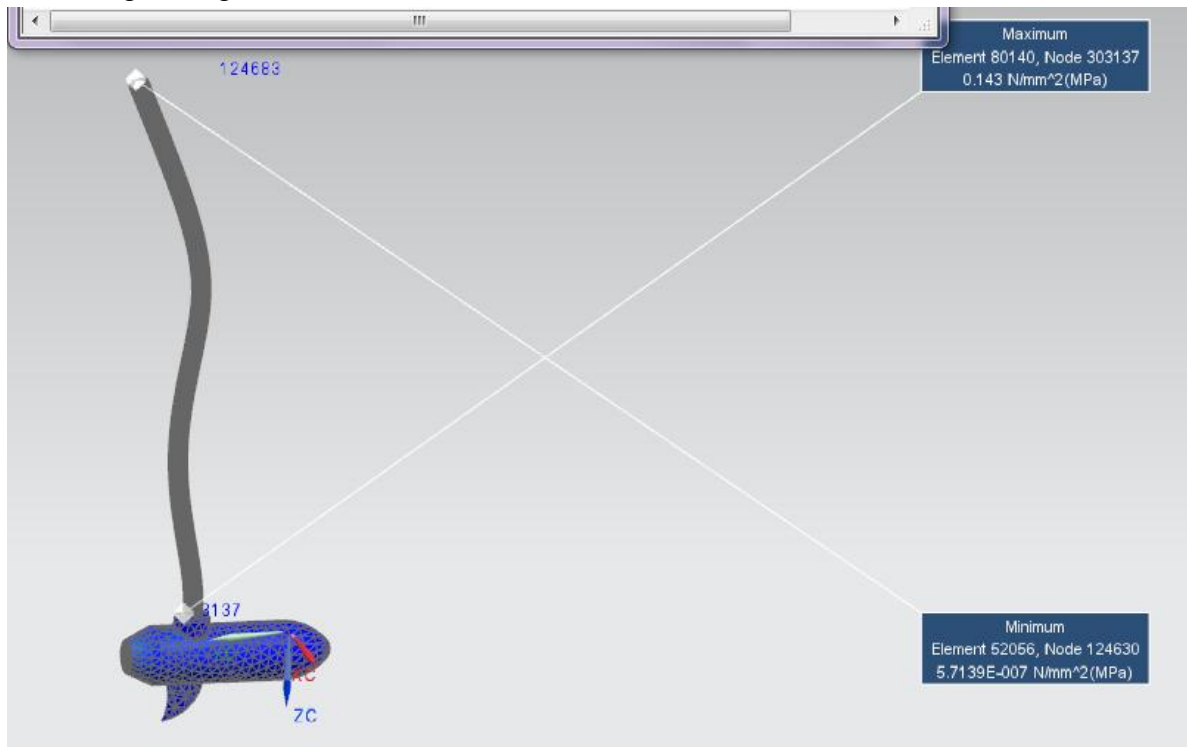
Siemens Nx geeft de waarde 0.003mm voor de maximale verplaatsing.



Figuur 3-61: maximale verplaatsing

- **Maximale spanning**

Voor de maximale spanning wordt 0.143N/mm<sup>2</sup> bekomen, wat nog steeds onder de tolerantiegrens ligt. De holle as voldoet dus aan de sterkte-eisen.



Figuur 3-62: maximale spanning

### Bepalen materiaalwinst

De materiaalwinst wordt als volgt berekend: eerst wordt het verschil in gewicht bepaald, daarna wordt dit verschil door de gravitatieconstante (9.81m/s<sup>2</sup>) gedeeld wat resulteert in de massa van de materiaalwinst.

- **Gewichtsverschil**

Uit de NX-modelingfile wordt het eigengewicht van de motor met zowel massieve- als holle as bepaald.

Hol: ||Weight = 71.747175678 N  
 Massief: ||Weight = 91.765929054 N

→ 91.77N-71.75N=20.02N  
 → 20.02/9.81m/s<sup>2</sup>=2.04kg materiaalwinst

## 3.6 Aangekochte componenten

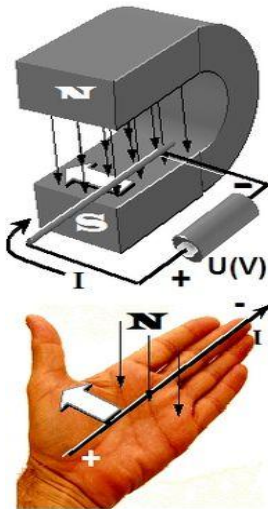
### 3.6.1 Aangekochte componenten elektrisch

#### 3.6.1.1 Aandrijving

Voor het aandrijven van de boot wordt er gebruikt gemaakt van een gelijkstroom motor aangezien de gekozen autobatterij gelijkstroom levert.

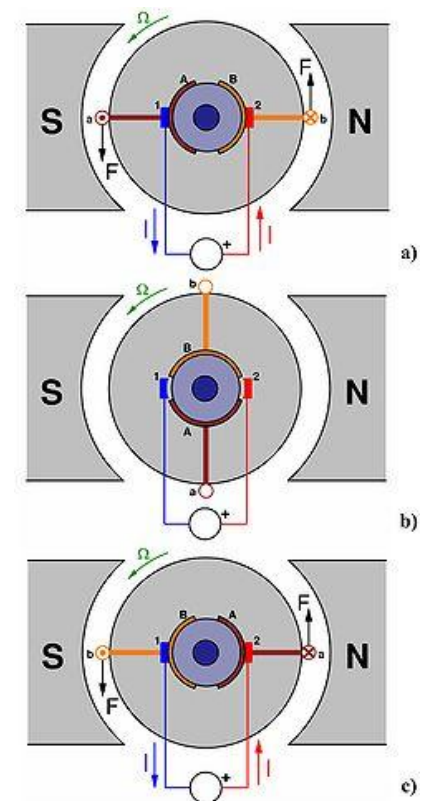
Een gelijkstroommotor zet elektrische gelijkstroom om in rotatie. De werking berust op de Lorentzkracht die de stroomvoerende geleider ondervindt in een magnetisch veld waarvan de richting van de Lorentzkracht kan gevonden worden met behulp van de linkerhandregel.

De linkerhandregel stelt dat indien men de gestrekte linkerhand zo houdt dat de veldlijnen langs de palm intreden (de handpalm is dus naar de noordpool gericht) en dat de vingertoppen gericht zijn volgens de stroomzin, de gestrekte duim de zin van de beweegkracht aanwijst (zie figuur).



Figuur 3-63: linkerhandregel

De werking van de gelijkstroommotor is uitgebeeld in de figuren a, b en c. Wanneer er een gelijkstroom loopt door de draaiende wikkeling of ankerwikkeling (figuur a), wordt er in het anker (ook rotor genoemd) een magneetveld opgewekt. De linkerzijde van de rotor wordt weggedrukt van de vaste linkermagneet en aangetrokken door de vaste rechtermagneet, waardoor de rotor begint te draaien. Wanneer de rotor  $90^\circ$  in tegenwijzerzin gedraaid is ten opzichte van figuur a, zal de stroomzin omgedraaid worden, waardoor het moment geleverd door de Lorentzkrachten dezelfde richting aanhoudt (figuur c).



Figuur 3-64: werking gelijkstroommotor

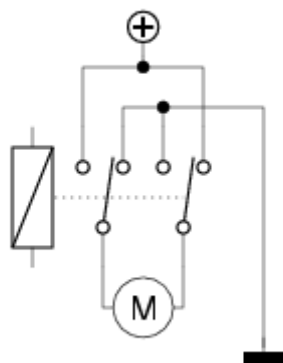
Het bedrijf Sevylor levert een geheel systeem voor het aandrijven van rubberboten genaamd “SBM 18”. Deze motor werkt op 12V met een vermogen van 180 Watt en kan door zijn twee draaizinnen de boot zowel voorwaarts als achterwaarts verplaatsen met 2 beschikbare snelheden. De snelheid en richting zal op afstand bestuurd worden met behulp van radiosignalen.



Figuur 3-65: Sevylor SBM 18

### Motor voor het roteren van de aandrijving (besturen van de boot)

Om de boot van richting te laten veranderen moet de aandrijfmotor kunnen roteren om zijn as. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van een aparte gelijkstroommotor die via een fietsketting de aandrijving roteert. Hiervoor werd een ruitenwissermotor met twee draaizinnen gekozen. Dit enerzijds omdat ze in massaproductie geproduceerd worden en anderzijds omdat het een gelijkstroommotor met permanentmagneet is waarvan de draairichting eenvoudig te wijzigen is door de stroomrichting te wisselen wat met een eenvoudige relaischakeling (zie figuur). Voordeel aan gelijkstroommotoren met permanent magneet zijn: ze zijn kleiner, lichter, efficiënter en



Figuur 3-66: relaischakeling

betrouwbaarder dan motoren met een gewikkelde bekrachtiging.

## Batterijen

De arbeidsleverende componenten in de boot moeten voorzien zijn van energie. Aangezien er geen stroomkabel kan gebruikt worden voor deze voorziening, wordt er gebruik gemaakt van autobatterijen.



Figuur 3-67: batterij

Vele industriële componenten die op gelijkspanning werken, worden gevoed met 24V.

Hiervoor moeten er 2 x 12V autobatterijen in serie geschakeld zijn met elkaar zodat ze samen een equivalente bron vormen van 24V. Dit is een oplossing indien 12V na proeven toch niet genoeg blijkt te zijn om een langdurige werking van de boot te garanderen. Achteraf gezien blijkt 12 V voldoende te zijn.

## Schakelmateriaal

Automaten: C60HDC

Hoofdautomaat:

referentie MGN 61533, €49,16 (nominale stroom 25A, 20 kA uitschakelvermogen)

Motorbeveiligingsautomaat:

Referentie MGN61531 voor de aandrijfmotor, €46,17 (nominale stroom 16A, 20kA uitschakelvermogen)

2 keer (motor voor sturing en motor voor rolbanden) referentie MGN 61524, 2 maal €43,95 (nominale stroom 4A, 20kA uitschakelvermogen)

Zekeringen gG 2 A (DC) 5 x 20 mm T2A (min per 10) NK5HESI, €0,45/stuk (beveiliging Compactrio)

Zekeringen gG 100 mA(DC) 5 x 20 mm T0,1 A (min per 10), €0,45/stuk (beveiliging Arduino)  
Zekeringhouders 5 x 20 NK5 HESI, €4,82/stuk

5 keer motorcontactor 2-polig 12 VDC LY2-12 VDC €10/stuk + voet PTF 08E €4,60/stuk

### **Conceptueel schakelmateriaal**

Aangezien in het prototype de batterij eruit genomen zal worden om ze op te laden, is er geen behoefte aan oplaadmogelijkheden aan boord. Er zou hiervoor bijvoorbeeld een VOLTCRAFT automatische acculader VCW 12000W gebruikt kunnen worden. Er is dan ook een netomschakelaar nodig om de aansluitingen van de batterij naar de klemmen van de oplader om te kunnen schakelen. Aan beide zijden van de oplader zal er ook beveiligingen moeten komen. Aan de zijde van de batterij kan er een maximale stroom van 12A gevoerd worden, dus zal er een automaat geplaatst moeten worden met een nominale stroom van bijvoorbeeld 13A.(C60H-DC referentie: MGN61509)

Aan de netspanningszijde kan er een maximale stroom van 1,66A vloeien dus een automaat met nominale stroom 2A zal voldoen (C60 referentie: 25419). Aan deze automaat kan ook een C60 Vigi add-on geplaatst worden ter bescherming tegen lekstromen.(C60 Vigi 30mA referentie: 26679)

### 3.6.1.2 Input – Output lijst sensoren

#### **Inleiding**

Om de boot te kunnen laten reageren op prikkels vanuit zijn omgeving, heeft deze input- en output sensoren nodig. Deze moeten voldoen aan onze budgeteisen en waterresistent zijn aangezien ze op een boot moeten werken. Daarnaast moeten ze kunnen aangesloten worden op input-kaarten die op hun beurt aangesloten zijn op de radio-controllers. Aangezien deze slechts 3 aansluitklemmen hebben, moeten sensoren met dezelfde werkingsprincipes gevonden worden (spanningsmeting, weerstandsmeting,...).

De lijst die erin een vroeger stadium was is groter dan de lijst die gebruikt wordt voor de boot in een later stadium, aangeziener door tijdsnood enkele functies, met name de autonome besturing, geschrapt zijn moeten worden.

#### **Input lijst**

- **Krachtsensor FSR-402 +-10g – 10kg**

Dit is een variabele weerstand die een quasi perfecte lineaire weerstand tot kracht verhouding heeft. Hoe groter de kracht is die inwerkt op het oppervlak van de sensor, des te kleiner de weerstand wordt. Als er met de radio-controller een spanning door deze weerstand gevoerd wordt kan er door de stroom te bepalen de precieze kracht bepaald worden die op een bepaald tijdstip op de sensor inwerkt.

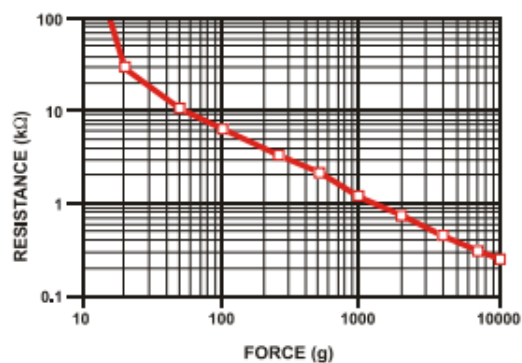
Dit is handig om te kunnen weten wanneer de boot op een object botst, waarop de vaarroute kan worden aangepast.

Het concept is een soort bumper die zich 5 cm onder water bevindt. Deze steekt 30 cm uit van de voorzijde van de boot en is verbonden met 2 druksensor aan weerszijden van de bumper. Wanneer de boot bijvoorbeeld tegen een dikke tak vaart zal door de traagheidsweerstand een kracht inwerken op de krachtsensor.

Deze zal dan bij een bepaalde vooringestelde waarde een signaal uitsturen dat de boot achtereenvolgens zal laten stoppen, een korte afstand achteruit varen, roteren over een bepaalde hoek, en tenslotte terug vooruit zal laten varen.



Figuur 3-69 Force sensor



Figuur 3-68 Weerstand in functie van kracht

Dit is geen waterbestendige sensor, ip waarden werden niet gevonden. Maar meer dan enkele spatten zal deze niet kunnen verdragen, daarom zal deze ingewerkt worden in het waterdichte deel van de boot, en zal de kracht op afstand worden overgebracht.

- **Reed contact**

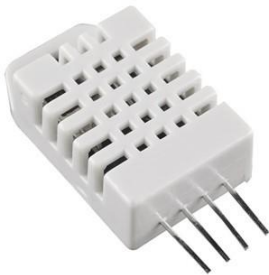
Dit is een eenvoudige normaal open schakelaar die een elektrisch circuit sluit wanneer een magneet in de buurt is en een digitale 1 genereert in de controller. Er wordt een 5-tal van deze elementen gebruikt om een drukgevoelige bumper vooraan de boot te creëren, die wordt ingedrukt bij botsing met een obstakel. In de bumper bevinden zich de magneten. De magneten verplaatsen zich bij een botsing naar de reed contacten, en laat deze sluiten. Dit gebeurt volledig contactloos, zodat we deze kunnen inbouwen in het frame en zo waterdicht maken.

Maximale piekspanning bedraagt 200 V, wat ver boven de spanning van de boot ligt. Maximale piekspanning bedraagt 0,5 A, aangezien de inwendige weerstand van de voltmetering een Mohm bedraagt zat dit dus ook niet in de buurt komen. Informatie over die schakeling vind je bij besturing.

- **Vocht- en temperatuursensor RHT-03 / DHT22**

Aangezien er gewerkt wordt met elektronica (o.a. de controller) die zeer gevoelig is aan vochtigheid en extreme temperaturen moet deze omstandigheden constant in de gaten worden gehouden. De vochtigheid is een reël gevaar aangezien er gewerkt wordt in een maritieme omgeving, en lekken mogelijk en zelfs te verwachten zijn.

Ook de temperatuur moet binnen de opgegeven grenzen van de elektronica blijven. Aan de hand van een digitale output geeft deze sensor voortdurend feedback in verband met de temperatuur- en vochtigheidswaarden.



Figuur 3-70 RHT 03 of DHT 22

- **Niveau van de grofvuilbak**

De hoeveelheid grofvuil verzameld in de grofvuilbak, mag het maximumniveau niet overschrijden. Aangezien grofvuil een variabel gewicht heeft - halfvolle flessen wegen meer dan lege blikjes –kan ernstig op gewicht worden afgegaan. Daarom wordt er in de container, gemaakt uit een polymeer, aan de buitenkant reedcontacten ingewerkt. Langs binnen zitten aan elke zijde magneten, die op een afstand van het reed contact worden gehouden door een veersysteem. Wanneer afval de boord nadert zullen deze tegen de magneten drukken, en de reed contacten triggeren, zodat het besturingssysteem hiervan op de hoogte wordt

- **Niveau algenverzamelbak: eTape liquid level sensor**

Aangezien de algen die uit het water gaan gefilterd worden voornamelijk bestaan uit water, kan het niveau bepaald worden aan de hand van een ‘liquid level’ sensor. Deze is speciaal ontworpen voor niveaumetingen van water, op water gebaseerde vloeistoffen (o.a. de algen) en droge stoffen (poeders).

Hoe hoger het waterige algenniveau, des te lager is de weerstandsverandering, en bij overschrijden van een grens kan doorgegeven worden dat de algenbak vol zit.

De sensor kan goed water verdragen tot het maximum niveau, daar zit een ontluftingsgat om zich te kunnen aanpassen aan de atmosferische druk. Maar deze is ook in zekere mate resistent tegen water zodat onderdompeling geen slechte effecten heeft.



**Figuur 3-71 eTape liquid level sensor**

- **Compass CMPS10 – Tilt Compensated Compass Module**

Voor een efficiënte koersberekening na botsingen is het noodzakelijk de richting van de boot te kennen. Wanneer de boot na een botsing zich omdraait, mag die niet te ver draaien, en terug in de oever belanden. Aangezien dit aan de hand van een bepaalde tijd draaien zeer moeilijk is om te bepalen komt een compass dus zeer van pas. Deze zorgt er ook voor dat bij koerswijziging door wind, de besturing daarvoor kan compenseren.

Dit compass werkt op 5V zoals de andere sensoren, en heeft een signaal met een pulsbreedte, die de graad voorstelt in  $100\mu\text{s}$  per graad, as output naar de besturing. Meer informatie vind je in de datasheet.

- **Radio controller Graupner x-408**

Er wordt in dit stadium niet aan een autonoomwerkende boot gewerkt, dus moet deze op afstand kunnen bestuurd worden. Dit gebeurt via een radiocontroller die verbonden is met ontvangers op de boot die op hun beurt verbonden zijn met de verschillende motoren.

Zo kan er door het aansturen van de motor die de schroef doet draaien de boot laten vooruit laten gegaan worden en door het aansturen van de motor die de hoek van die schroef regelt de richting bepaald worden.

De werking van de radio controller wordt uitvoerig besproken bij besturing.

### **Conceptuele input**

Aangezien de beschikbare tijd voor ons project beperkt is, moet er enkele zaken achterwege gelaten worden. Aangezien de boot in een eerste stadium niet meer autonoom is, zijn enkele sensoren (GPS, infraroodbaken, hoeksensor,...) overbodig.

De software en de elektronica van de boot zullen wel zodanig gemonteerd worden dat zij plaats bieden aan en rekening houden met een gemakkelijke toevoeging van nieuwe sensoren.

- **Waarnemen van obstakels**
  - **Afstandsensoren GP 2 Y0A 02 YK**

Een afstand van 20 -150cm wordt geregistreerd met deze sensor door het geven van een variabele spanningsval: 2,5 – 0,4V bij 20- 150cm. Zo kan er al ruim op voorhand worden geregistreerd wanneer een botsing met een obstakel dreigt. Slijtage en mogelijke schade aan de buitenzijde van de boot worden aldus beperkt.

Jammer genoeg kunnen er geen obstakels onder water worden waargenomen, het is niet waterbestendig waardoor het geen waterdicht systeem is. De reden dat er geen gebruik gemaakt wordt bij het met afstandsbediening besturen van de boot is dat de persoon constant visueel contact heeft met de boot en dus zelf kan inschatten wanneer er van koers moet worden gewijzigd.



**Figuur 3-72 Sharp afstandssensor**

- **Positiebepaling**
  - **Principe**

Positiebepaling is een zeer belangrijk onderdeel van autonoom varen. Met behulp van GPS (Global Positioning System) wordt de boot gelokaliseerd met 2,5 m nauwkeurigheid. Deze nauwkeurigheid is voldoende bij grotere wateren, waarbij de sensoren die obstakels waarnemen zorgen voor een goed vangnet dat veilig varen mogelijk maakt. In het labviewprogramma op de controller worden de coördinaten van de grenzen van de waterloop ingevoerd.

De positie van het laadstation wordt ook ingevoerd, want dat is eveneens een cruciaal element voor autonome werking. Daarvoor is een nauwkeurigheid van 2,5m echter niet goed genoeg.

Hier komt een infraroodbaken van pas. Een 360 graden infraroodontvanger op het dak van de boot zoekt bij van een bijna lege batterij naar het infrarood licht uitgezonden door het accustation.

De GPS brengt de boot vervolgens zo dicht mogelijk naar de coördinaten van het accustation.

Wanneer de infraroodontvanger infraroodlicht opvangt, neemt deze de besturing dan uiteindelijk over van de GPS-ontvanger en brengt de boot met grote nauwkeurigheid tot bij het laadstation. Infraroodstralen van het apparaat gaan maar 2-3 m ver in open lucht.

#### ▪ Venus GPS

De sensor wordt verbonden met de controller aan de hand van een digitale output, namelijk de output standaarden Venus634LPx of Skytraq.

Met een update-snelheid van 20 Hz, zijnde 20 keer per seconde, worden de coördinaten van de boot doorgegeven naar de controller. Dit is meer dan ruim voldoende voor deze toepassing.

Een nominaal vermogen van 67 mW zorgt ervoor dat de batterij amper wordt belast. Deze GPS-sensor werkt met een antennedraad van 5 m, wat erg handig kan zijn om de elektronica van de GPS diep genoeg in de behuizing te monteren. Hierdoor is deze beter beschermd tegen vocht en kan toch nog een zuiver signaal verkregen worden.



Figuur 3-73 Antenne

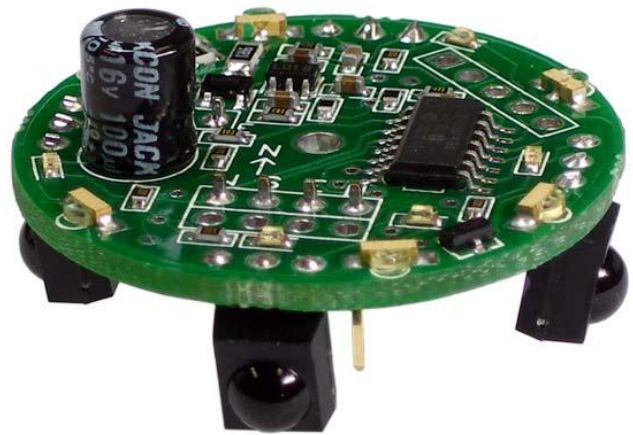


Figuur 3-74 Venus GPS

- **Pololu Infraroodbaken en –ontvanger**

Op een printplaat zijn 4 ontvangers geplaatst op een cirkel met een onderlinge hoek van 90 graden. Als een van deze 4 infraroodsensoren infraroodlicht afkomstig van het baken ontvangt, zal hij een signaal naar de controller sturen, die de boot laat draaien totdat de de sensor die zich ook in dezelfde richting als de voorkant bevindt de grootste intensiteit van infraroodlicht ontvangt.

Dat wil zeggen dat de boot zich met de voorkant naar het infraroodbaken heeft gericht, en dus naar het oplaadstation. Dit is een zeer precies systeem, en is wel absoluut noodzakelijk om de accuklemmen te kunnen verbinden met het station. Het bereik is beperkt tot 2-3 meter buitenshuis.



Figuur 3-75 Pololu infraroodbaken

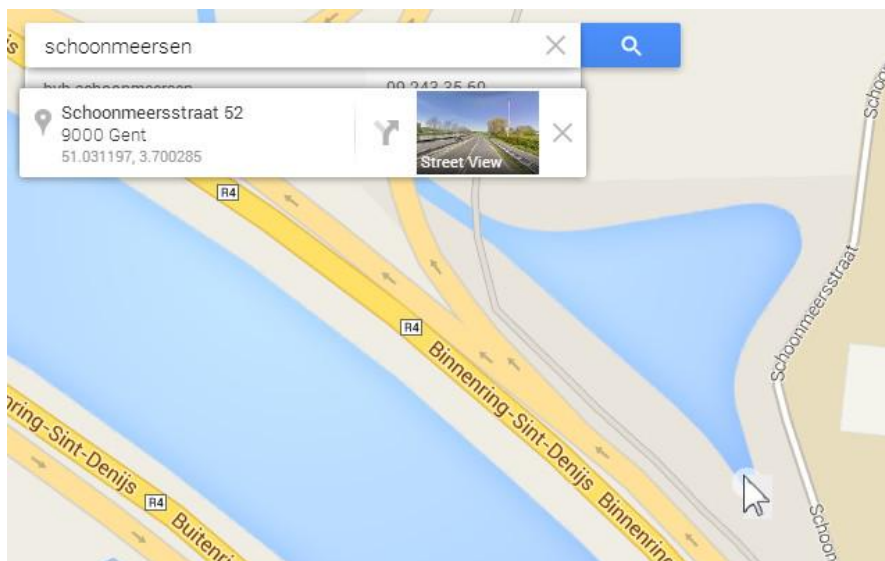
- **Afbakening waterloop**

Via de website “<http://maps.google.be>” wordt de waterloopgelokaliseerd die moet gereinigd worden, er wordt als voorbeeld gebruik gemaakt vande vijverdie zich op de campus Schoonmeersen van de Hogeschool Gent naast gebouw Bbevindt. Met de optie ‘sateliteview’ is deze makkelijk te zien.



Figuur 3-76 bovenaanzicht campus schoonmeersen

Nu wordt er over gegaan tot de mapoptie om de coördinaten van de grenzen te bepalen (bomen belemmeren het zicht van de oevers). Als er op de randpunten van de oevers geklikt wordt, worden de coördinaten van dat punt bekend (bovenaan links van de onderstaande afbeelding). Namelijk 51,031197 noorderbreedte en 3,700285 oosterlengte.



Figuur 3-77 bovenaanzicht vijver

Men zou dit proces oneindig keer moeten herhalen langsheen de totale oever om de perfecte grenzen van de waterloop te kennen. Het is echter voldoende om slechts enkele grenspunten te definiëren, aangezien de GPS niet op de millimeter nauwkeurig is en de algen zich verplaatsen door stroming. Hierdoor is er een simpele voorstelling mogelijk van de grenzen van de waterloop.



Figuur 3-78afbakening vijver

De coördinaten van de bepaalde grenspunten zijn:

Punt	Noorderbreedte	Oosterlengte
1	51,031197	3,700285
2	51,031504	3,700205
3	51,031781	3,700473
4	51,031865	3,700317
5	51,031774	3,699319
6	51,031440	3,699926

Figuur 3-79 coördinaten grenspunten

Om de berekeningen gemakkelijker voor te stellen wordt de Oosterlengte als variabele op de x-as gedefinieerd, en de Noorderbreedte op de y-as, in de verdere uitleg worden deze gebruikt.

Er wordt met de GPS-sensor de coördinaten bepaald van de boot, bijvoorbeeld  $y=51,031646$  en  $x=3,699947$ . Dit is gevisualiseerd in onderstaande afbeelding.



Figuur 3-80 plaatsen boot

De boot moet zich altijd binnen de grenzen van de waterloop bevinden. Dat wil zeggen dat er links een punt a en rechts een punt b moet bestaan op een lijn tussen de 6 bepaalde grenspunten. Wanneer a en b zich beide links of rechts bevinden van de boot, is hij buiten zijn grenzen.



Figuur 3-81 positie van boot ten opzichte van grenzen

Hoe wordt dit punt gevonden? De y-waarde van a, b en boot zijn gelijk. Er wordt gezocht welke van de lijnen 1-2, 2-3, 3-4, 4-5, 5-6, 6-1 een punt bevat met de y-waarde van de boot. Op de afbeelding hierboven ziet men dat dit de lijnen 2-3 en 5-6 zijn.

Theoretisch wordt dit berekend door te bekijken of de y-waarde van de boot zich tussen de grenswaarden van de verschillende lijnen bevindt.

1-2: 51,031646 tussen 51,031197 en 51,031504? Nee

2-3: 51,031646 tussen 51,031504 en 51,031781? Ja

3-4: 51,031646 tussen 51,031781 en 51,031865? Nee  
4-5: 51,031646 tussen 51,031865 en 51,031774? Nee  
5-6: 51,031646 tussen 51,031774 en 51,031440? Ja  
6-1: 51,031646 tussen 51,031440 en 51,031197? Nee

Gevolg: Men weet dat het punt a en het punt b zich op de lijn 2-3 en 5-6 bevindt. Nu moet men de x-waarde van het punt a en b berekenen. Men weet de y-waarde, dat is 51,031646. Met behulp van interpolatie kan de waarde van x gevonden worden:

$$x = x_1 + \frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1} \cdot (y - y_1)$$

met  $x_1$  en  $y_1$  de coördinaten van het ene grenspunt van de lijn 2-3 en 5-6  
met  $x_2$  en  $y_2$  de coördinaten van het andere grenspunt van de lijn 2-3 en 5-6  
met  $x$  de gezochte waarde met de daarnet gevonden  $y$

de gevonden x-waardes zijn voor het punt op 2-3: 3,700336 en voor 5-6: 3,699644. Als de x-waarde van de boot zich tussen deze twee waardes bevindt, ligt de boot op een toegelaten positie. 3,699947 ligt tussen 3,700336 en 3,699644: de boot bevindt zich tussen de grenzen!

Enkele bedenkingen:

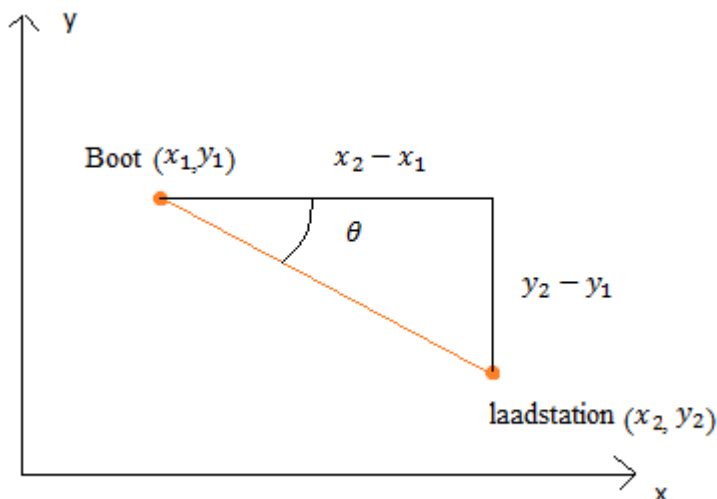
Dit proces moet snel herhaald worden wilt men een correcte real-time grensbeveiliging hebben.

Bij convexe figuren waarbij er meer dan 2 punten bestaan die op een grenslijn liggen met dezelfde hoogte, moet de werkwijze worden aangepast.

Als men bijvoorbeeld in voorgaande werkwijze de punten op de grenslijnen met dezelfde x-waarde ipv y-waarde hadden gezocht, zouden er door de convexiteit van het rechterdeel van de waterloop 3 punten gevonden worden.

#### ▪ Koers bepalen naar laadstation

Om naar het laadstation te varen moeten men gewoon de hoek of koers weten waarmee de boot moet varen om het laadstation te bereiken. De coördinaten van het oplaadstation zijn op voorhand vastgelegd, de coördinaten van de boot weet men in real-time met behulp van de GPS. Dus kunnen de rico, of richtingscoëfficiënt, en dus de koers bepaald worden aan de hand van twee punten.



Figuur 3-82 koers naar laadstation

$$rico = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

Met de tangensformule bekomen men dan de hoek:

$$\tan(rico) = \theta$$

Met behulp van een kompas, dat in de GPS aanwezig is, kan de huidige richting met de nodige richting vergeleken worden, en aanpassen indien nodig.

## Outputlijst

De output van de boot bestaat uit de motoren, die in een ander hoofdstuk worden besproken en signalisatie. Men moet immers weten wanneer er een gevaarlijke of ongewenste situatie optreedt, bijvoorbeeld de vochtsensor die een lek detecteert, of een afvalbak is vol.

Er moet gepast op worden gereageerd. In zo'n situatie gaat een akoestisch alarmsignaal met verschillende ritmes af (iedere situatie heeft zijn eigen ritme), zodat er eenvoudig aan de oevers kan vastgesteld worden wat er gebeurt met het bootje.

- Auer Signalgeräte Elektronische inbouwzoemer

Dit is een zoemer die op gelijkstroom werkt met een spanningsbereik van (6-28V). Deze is bijgevolg compatibel met de in het bootje gebruikte 12 volt spanning. De zoemer kan een continue- en/of een pulstoon produceren die via een klem aanstuurbaar is. Deze verbruikt ook weinig stroom, maar produceert toch een luide 90dB. Deze is niet waterbestendig, dus zal moeten ingewerkt worden in de boot.



**Figuur 3-83 Auer  
inbouwzoemer**

## 3.6.2 Aangekochte componenten mechanisch

### 3.6.2.1 Behuizing

Voor het materiaal van de koepel is er gekozen voor kunststof, omdat deze licht, redelijk sterk en niet-corrosief is in water.

Enkele mogelijke kunststoffen zijn: PVC, PET, plexiglas.

Aangezien “The cleaning project” een milieuvriendelijk project is, ligt de voorkeur bij PET. PET-materiaal kan gehaald worden uit gerecycleerd materiaal, eventueel afkomstig van flessen die opgehaald zijn geweest door eerdere exemplaren.

### 3.6.2.2 Rolbanden

Er zijn twee rolbanden aanwezig op de boot. De ene (grofvuilrolband) vangt in de eerste fase het grofvuil zoals blikjes, flesjes, papiertjes,.. en voert ze naar boven in de grofvuilbak.

De andere (algenfilterrolband) vangt in een tweede fase de algen op uit het water, en voert ze naar de algenverzamelbak. Het is vanzelfsprekend dat de twee rolbanden van een verschillend materiaal zijn.

De grofvuilrolband moet immers grotere poriën hebben zodat het water met algen er nog door kan vloeien. De algenfilterrolband moet fijne poriën hebben zodat de algen niet kunnen ontsnappen.

De poriën mogen echter ook niet te fijn zijn omdat dan de vaarweerstand van de rolband te groot wordt en ze ook makkelijker zullen verstopt geraken.

Om de ideale rolbanden te vinden moet er een proces van trial-and-error ondernomen worden. Hieronder worden reeds enkele voorstellen beschreven:

#### **Grofvuilrolband**

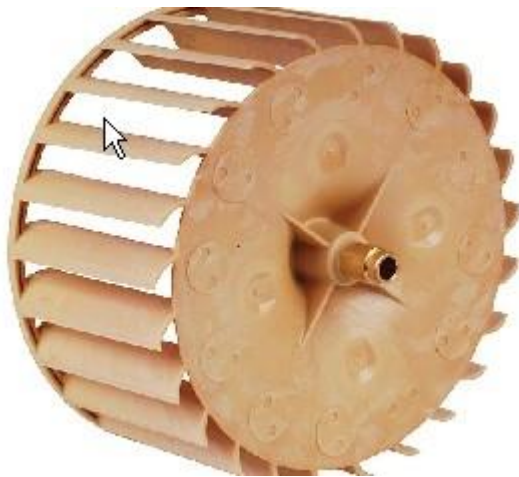
##### **Voorstellen**

- **Net**

Als men een rolband maakt op basis van een net dat rond de assen draait, zou er een goede grip op het grofvuil gecreëerd worden. Een nadeel is echter dat takken in de gaten kunnen vast komen te zitten, en zo het rolbandsysteem defect kan geraken.

- **Rolband met schoepen**

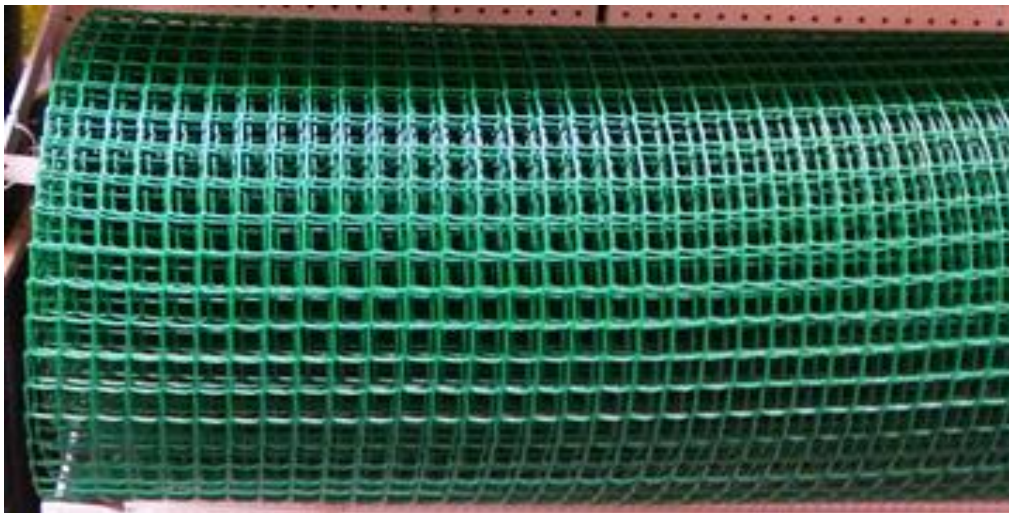
Een rolband die bestaat uit schoepen die het grofvuil opnemen, maar het algenwater laten doorstromen door de gaten. Hieronder een voorbeeld van hoe het systeem er ongeveer zou gaan uitzien.



Figuur 3-84 Schoepenrad

- **Grofgemaast gaas**

Een kunststoffen gaas met mazen van 2 op 2 cm. Omdat deze zeer sterk bleek te zijn, en de mazen zelf indien nodig kunnen vergroot worden door de beentjes eruit te knippen tot de gewenste maasgrootte, werd gekozen voor dit materiaal. Ook is dit materiaal te koop per meter, wat ook een vereiste is. Er kunnen nog schoepen aan bevestigd worden als zou blijken dat het te weinig grip heeft voor afval. Sterktesten van dit materiaal zijn te vinden onder onderzoek.



Figuur 3-85 grof maas

## **Algenfilterrolband**

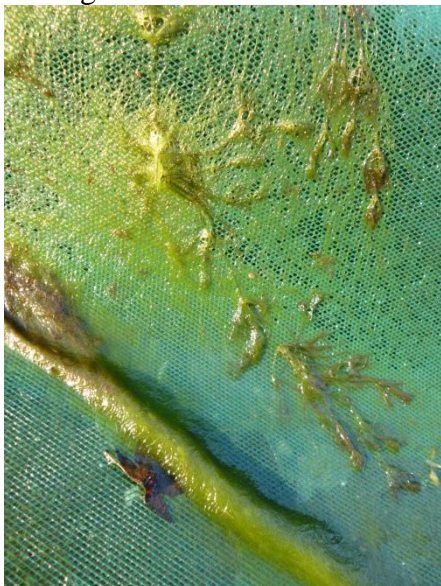
- **Nylonkous**

Het idee is om een nylonstof te laten draaien rond de 2 roterende assen, en zo een rolbandfilter te creëren. Experimenteel wordt er bepaald hoe hard men de nylonstof moeten opspannen (hierbij moeten men ervoor zorgen dat deze lang genoeg meegaan), en hoe groot de mazen moeten zijn om een ideale doorstroom/filter verhouding te verkrijgen.



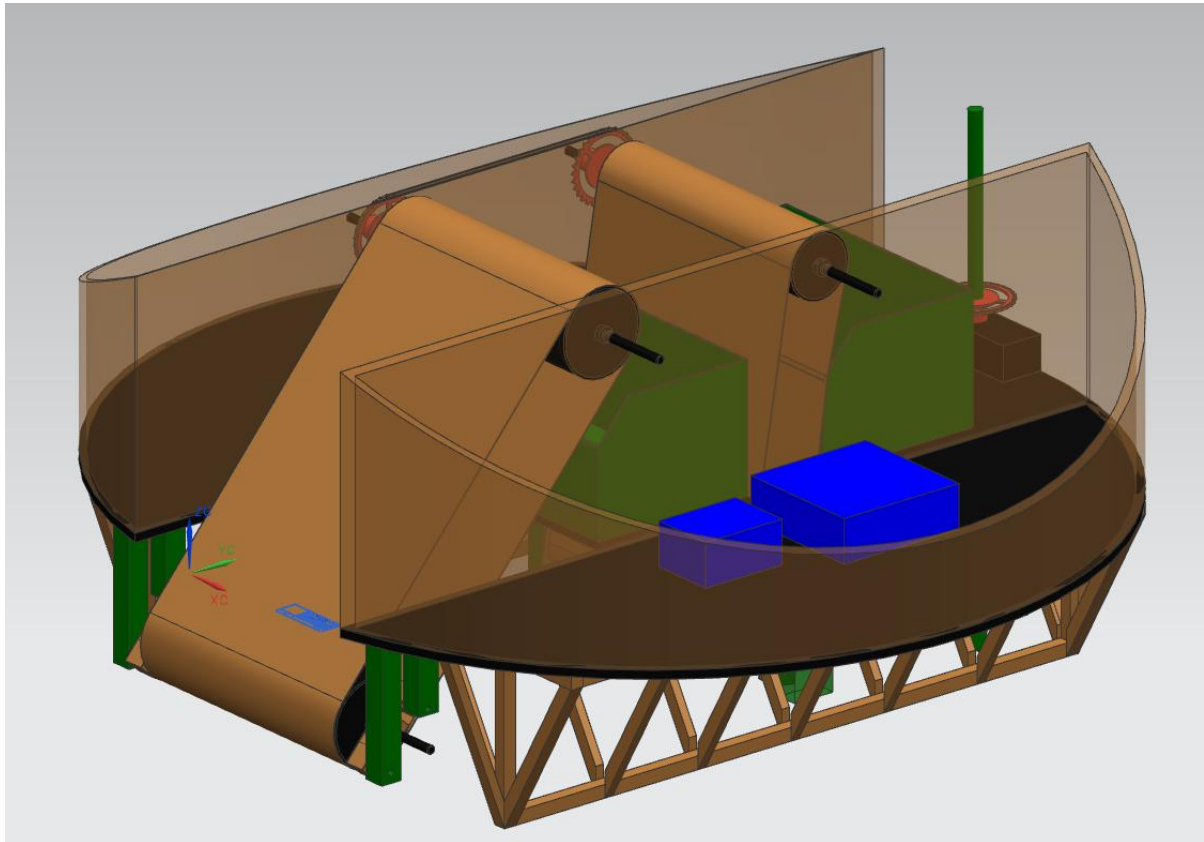
- **Fijngemaast gaas**

Uiteindelijk hebben we gekozen voor een fijn kunststoffen gaas. Deze is veel sterker als nylon, wat uit testen bleek (kan je vinden bij onderzoek). En heeft ook een zeer goede filterwerking voor algen, en de algen blijven niet kleven, zodat afschrappen efficiënt gebeurt. Ook is dit gaas op de meter te koop zodat geen stukken aan elkaar moeten worden genaaid.

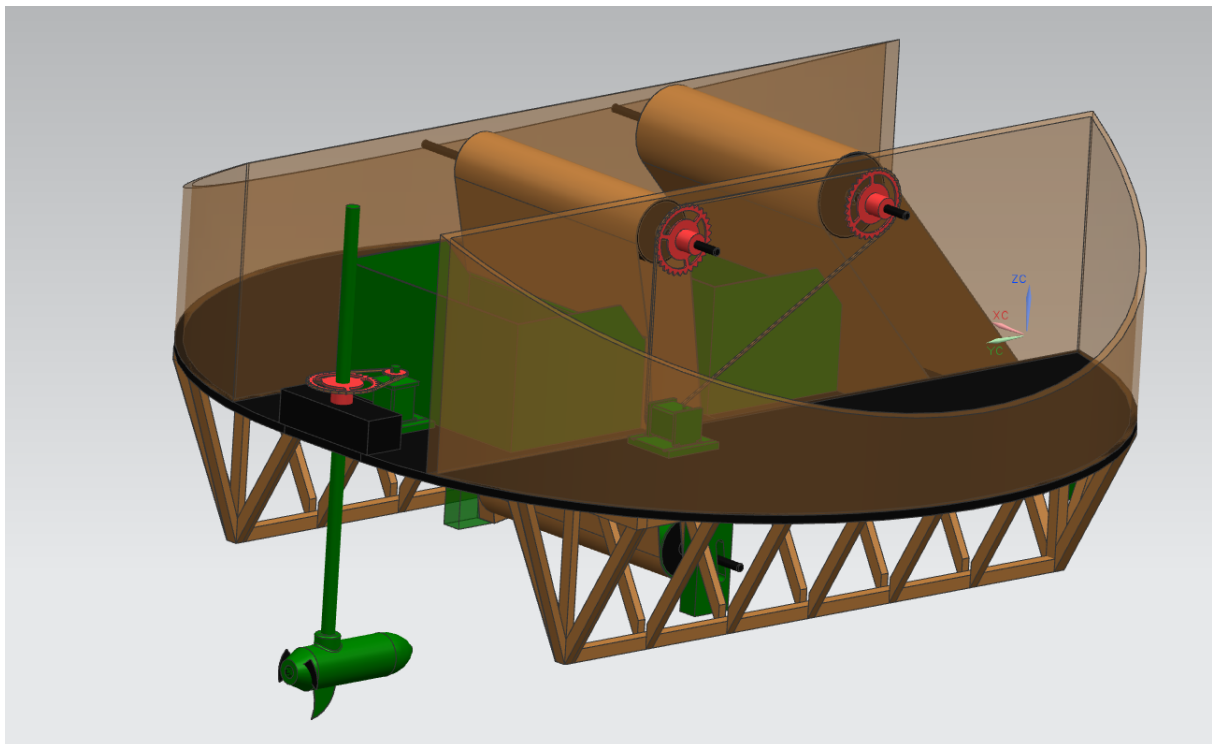


**Figuur 3-86** fijne gaas na algenfiltering

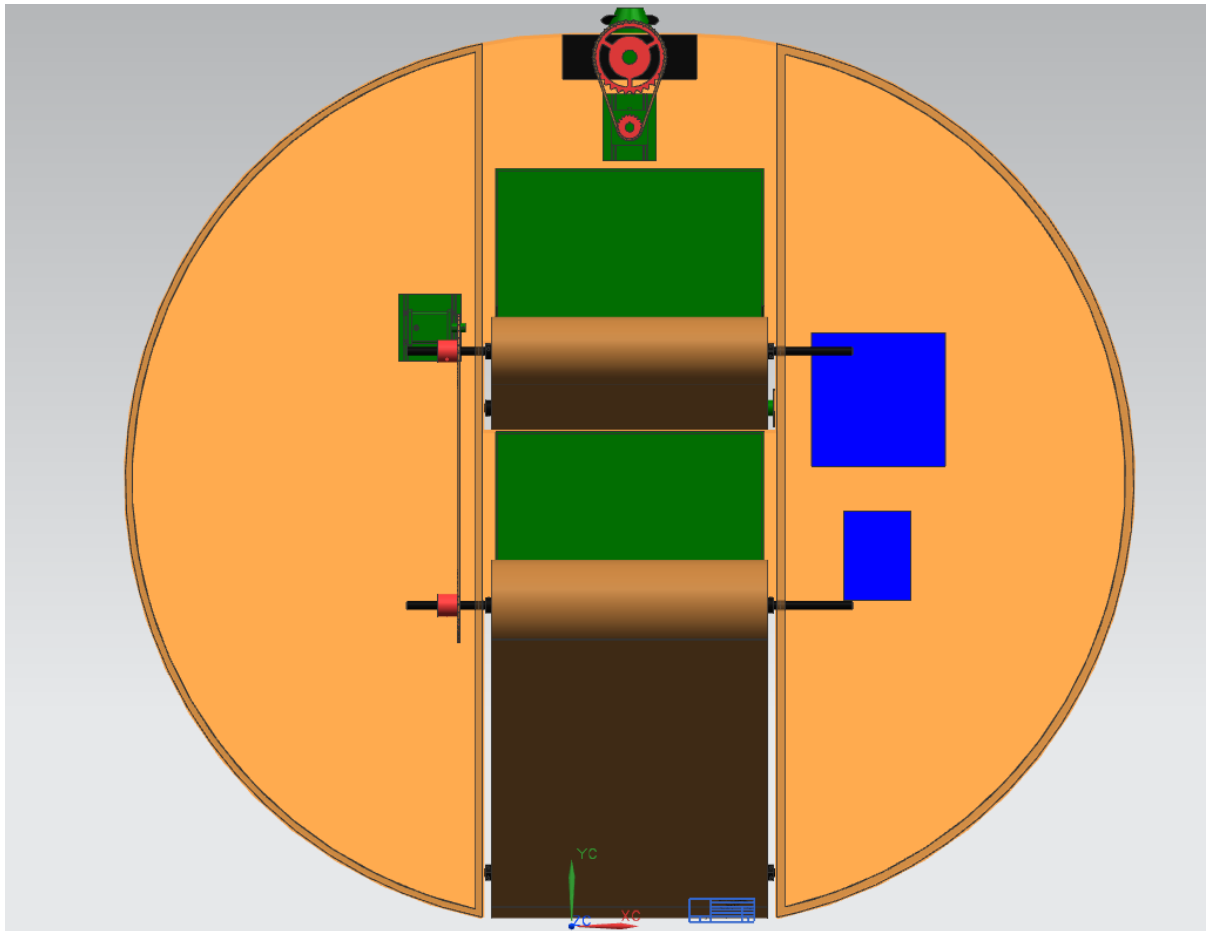
### 3.7 Tekeningen NX



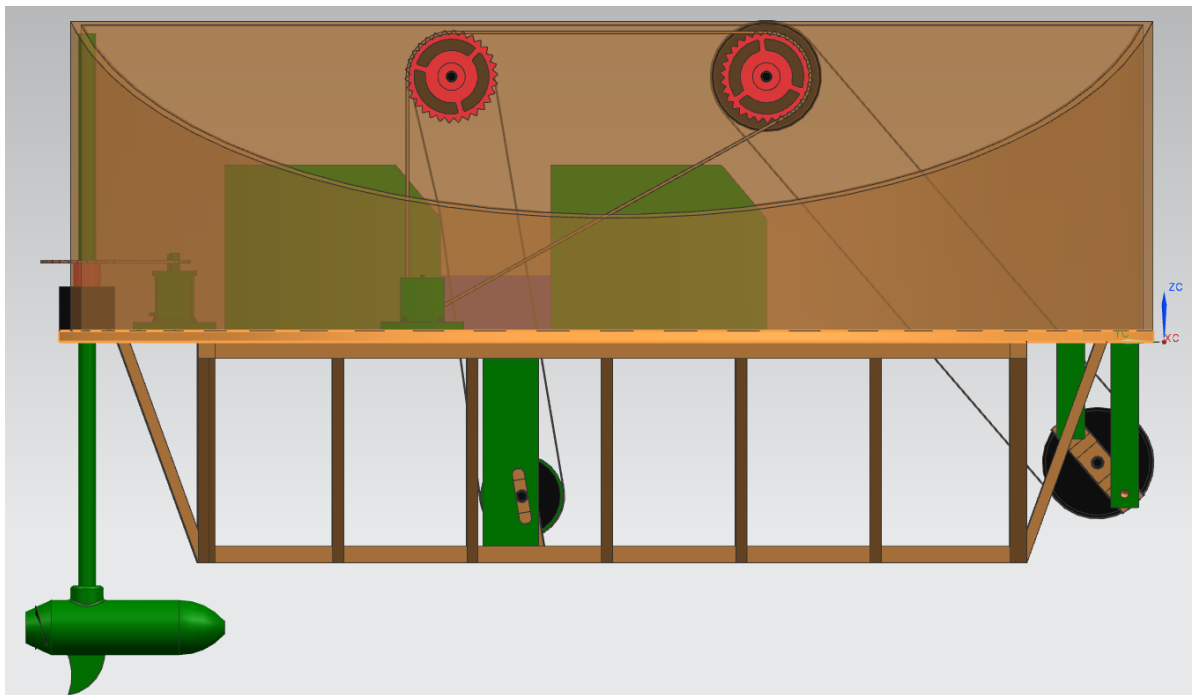
Figuur 3-87: Tekening NX ISO (links)



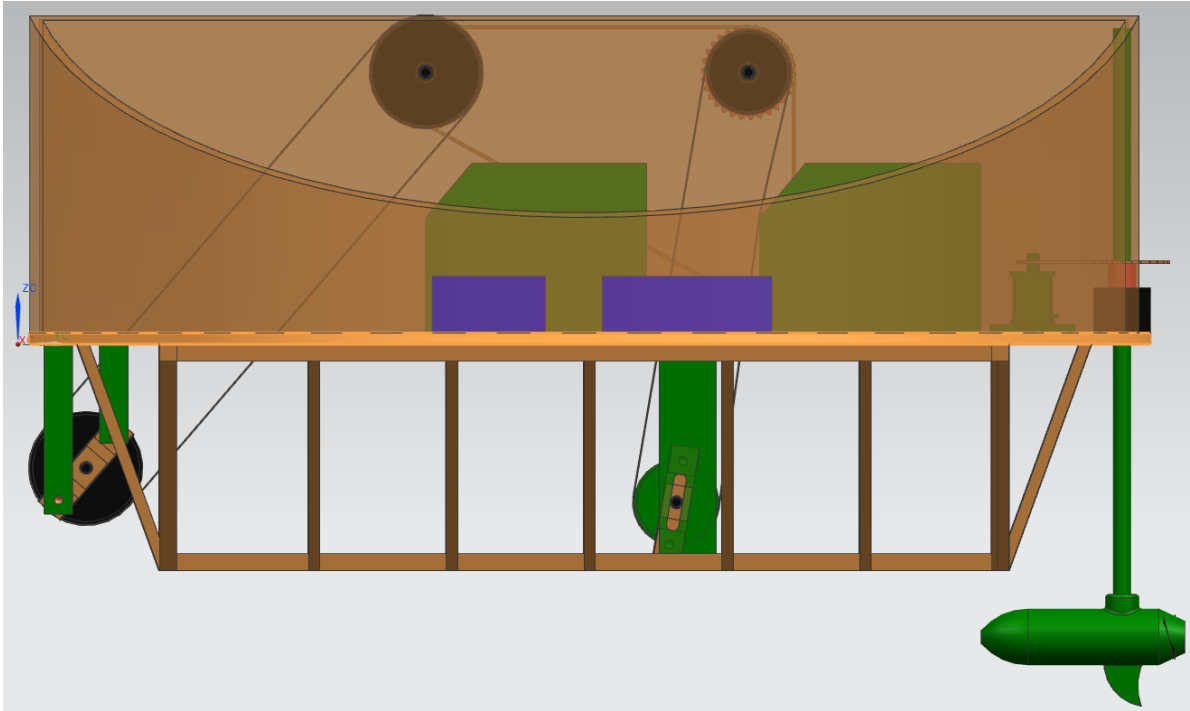
Figuur 3-88: Tekening NX ISO (rechts)



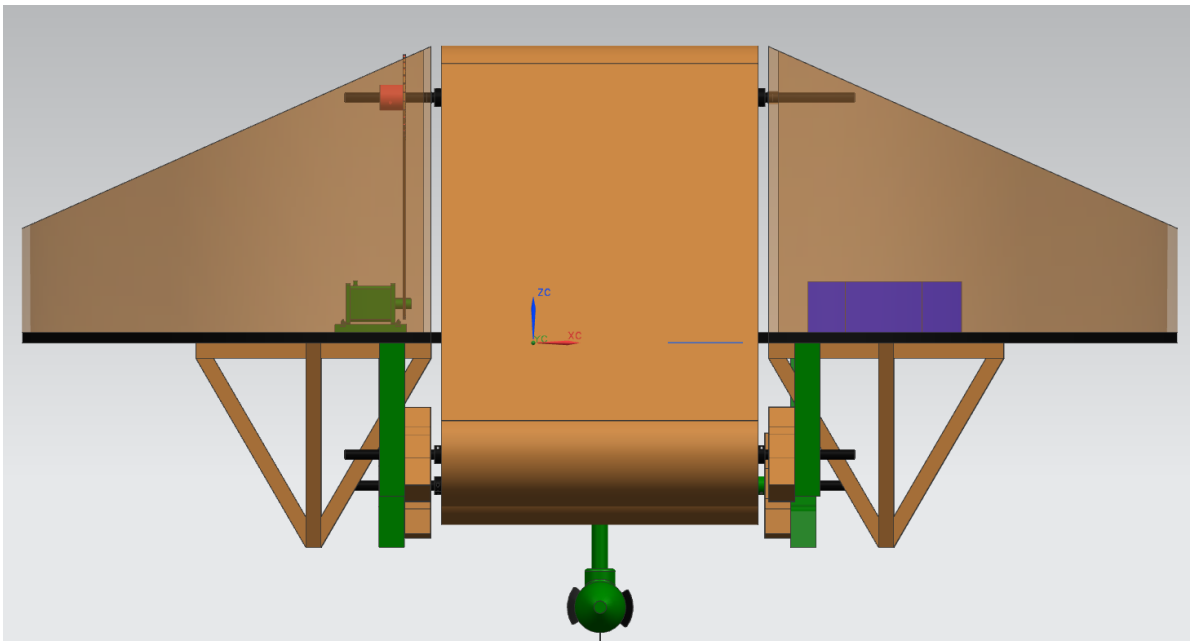
Figuur 3-89: Tekening NX Bovenaanzicht



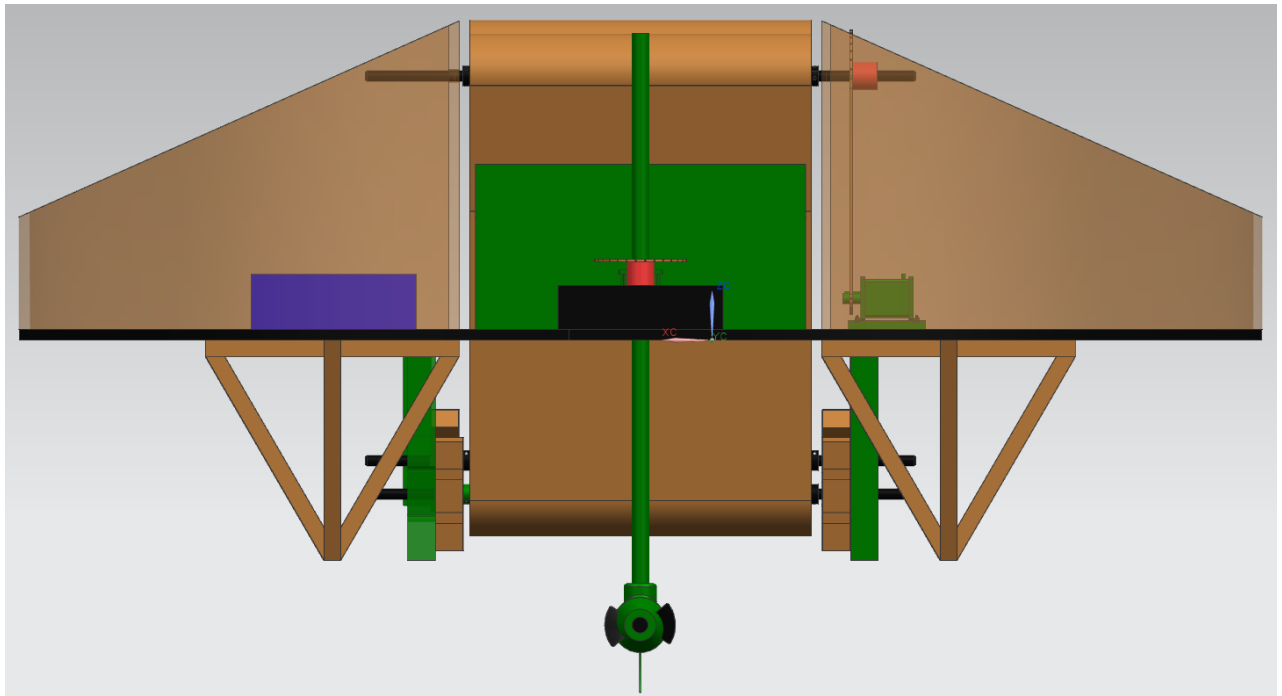
Figuur 3-90: Tekening NX Zijaanzicht (Rechts)



Figuur 3-91: Tekening NX zijaanzicht (links)



Figuur 3-92: Tekening NX vooraanzicht



Figuur 3-93: Tekening NX achteraanzicht

### 3.8 Veiligheid, Risicoanalyse, veiligheidsinstructiekaarten

## ESSENTIËLE VEILIGHEIDS- EN GEZONDHEIDSEISEN (MRL 2006/42/EC)

BESCHRIJVING MACHINE: The Cleaning Project

Versie:1

Nr.	ONDERWERP "Fundamentele veiligheids- en gezondheidseis"	Conform			KINNEY				Opmerking:
		ok	nok	nvt	W	B	E	R	
<b>1</b>	<b>ESSENTIËLE VEILIGHEIDS- EN GEZONDHEIDSEISEN</b>								
<b>1.1</b>	<b>ALGEMEEN</b>								
<b>1.1.1</b>	<b>Definities</b>								
	In deze bijlage wordt verstaan onder:								
a)	„gevaar“: een mogelijke bron van verwonding of aantasting van de gezondheid;								
b)	„gevaarzone“: zone in en/of rondom een machine waar een persoon blootstaat aan gevaar voor zijn veiligheid of gezondheid;								
c)	„bloomgestelde persoon“: persoon die zich geheel of gedeeltelijk in een gevaarzone bevindt;								
d)	„bediener“: persoon die een machine installeert, laat werken, afstelt, onderhoudt, reinigt, herstelt of verplaatst;								
e)	„risico“: combinatie van de waarschijnlijkheid en de ernst van een letsel of aantasting van de gezondheid die zich kan voordoen in een gevaarlijke situatie;								
f)	„afscherming“: een machineonderdeel dat specifiek wordt gebruikt om te beschermen door middel van een materiële barrière;								
g)	„beveiligingsinrichting“: inrichting (anders dan een afscherming) die, alleen of in combinatie met een afscherming, een risico vermindert;								
h)	„beoogd gebruik“: gebruik van een machine overeenkomstig de informatie in de gebruiksaanwijzing;								
i)	„redelijkerwijs voorzienbaar verkeerd gebruik“: gebruik van een machine op een manier die niet in de gebruiksaanwijzing staat maar het resultaat kan zijn van gemakkelijk voorspelbaar menselijk gedrag.								
<b>1.1.2</b>	<b>Beginnelsen van geïntegreerde veiligheid</b>								
a)	De machine moet zodanig ontworpen en gebouwd zijn dat zij bediend, <u>afgesteld en onderhouden</u> kan worden zonder dat personen aan een risico worden blootgesteld, wanneer deze handelingen onder de vastgestelde omstandigheden worden verricht, tevens rekening houdend met redelijkerwijs voorzienbaar <u>verkeerd gebruik</u> .								
	De genomen maatregelen moeten erop gericht zijn elk risico gedurende de te verwachten levensduur van de machine, met inbegrip van de fasen van het <u>vervoer</u> , het monteren, het demonteren, de buitenbedrijfstelling en de sloop, uit te sluiten.								
b)	Bij het kiezen van de meest geschikte oplossingen moet de fabrikant of diens gemachtigde de volgende beginselsen toepassen, in de aangeduide volgorde:								
	— de risico's uitsluiten of zoveel mogelijk verminderen (veiligheid in het ontwerp en de bouw van de machine integreren),								
	— de noodzakelijke beveiligingsmaatregelen treffen voor risico's die niet kunnen worden uitgesloten,								
	— de gebruikers informeren over de <u>restrisico's</u> ten gevolge van een tekortkoming van de getroffen beveiligingsmaatregelen, aangeven of een bijzondere opleiding vereist is en vermelden dat persoonlijke beschermingsmiddelen vereist zijn.								

c)	Bij ontwerp en bouw van de machine en bij het opstellen van de <u>gebruiksaanwijzing</u> moet de fabrikant of diens gemachtigde niet alleen het beoogde gebruik van de machine maar ook elk redelijkerwijs voorzienbare verkeerd gebruik voor ogen houden.								
	De machine moet zo zijn ontworpen en gebouwd om abnormaal gebruik, indien dat een risico zou inhouden, te voorkomen. In voorkomend geval moet de gebruiksaanwijzing de aandacht van de gebruiker vestigen op te ontraden gebruik dat, zoals de ervaring heeft uitgewezen, van de machine kan worden gemaakt.				0,5	0,5	1	10	Licht risico, Misschien aanvaardbaar
d)	Bij ontwerp en bouw van de machine moet rekening worden gehouden met de belemmeringen die de bediener ondervindt door een noodzakelijk of te voorzien gebruik van persoonlijke <u>beschermingsmiddelen</u> .								
e)	De machine moet worden geleverd met alle speciale uitrusting en accessoires die essentieel zijn om deze veilig te kunnen afstellen, onderhouden en gebruiken.								
<b>1.1.3</b>	<b>Materialen en producten</b>								
	De materialen gebruikt om de machine te bouwen of producten gebruikt of ontstaan gedurende het gebruik ervan mogen geen gevaar voor de veiligheid of de gezondheid van personen opleveren. Met name bij het gebruik van fluïda moet de machine zijn ontworpen en gebouwd om risico's als gevolg van vullen, gebruiken, opvangen en afvoeren te voorkomen.								

<b>1.1.4</b>	<b>Verlichting</b>								
	De machine moet worden geleverd met een ingebouwde, aan de werkzaamheden aangepaste verlichting indien afwezigheid van die ingebouwde verlichting ondanks een normale ruimteverlichting een risico kan inhouden.								
	De machine moet zodanig zijn ontworpen en gebouwd dat de verlichting geen hinderlijke schaduwzones, verblinding of gevaarlijke stroboscopische effecten op de bewegende delen veroorzaakt.								
	Indien bepaalde organen aan de binnenzijde dikwijls moeten worden geïnspecteerd en afgeregeld, moeten zij van een passende verlichting zijn voorzien; dit geldt tevens voor de zones waar afstelling en onderhoud plaatsvinden.								

<b>1.1.5</b>	<b>Ontwerp van de machine om het hanteren ervan gemakkelijker te maken</b>								
	De machine of elk van de componenten moet: — veilig kunnen worden gehanteerd en vervoerd, — verpakt of ontworpen zijn om veilig en zonder beschadigingen te kunnen worden opgeslagen.				3	2	1	10	Licht risico, Misschien aanvaardbaar
	Bij vervoer van de machine en/of onderdelen daarvan mogen zich geen plotselinge verplaatsingen kunnen voordoen of mag geen gevaar ontstaan door gebrek aan stabiliteit, indien de machine en/of onderdelen daarvan volgens de gebruiksaanwijzing worden gehanteerd.				3	2	1	10	Licht risico, Misschien aanvaardbaar
	Wanneer het gewicht, de omvang of de vorm van de machine of de verschillende componenten ervan handmatige verplaatsing onmogelijk maakt, moet de machine of elk samenstellend deel: — voorzien zijn van bevestigingspunten voor een hefinrichting, of — zodanig zijn ontworpen dat dergelijke bevestigingspunten kunnen worden aangebracht, of — een vorm hebben die gemakkelijke bevestiging van standaard hijs- en hefgereedschap mogelijk maakt.								
	Wanneer de machine of een van de samenstellende delen daarvan met de hand wordt verplaatst, moeten deze: — hetzij gemakkelijk verplaatsbaar zijn, — hetzij uitgerust om veilig te kunnen worden opgepakt en verplaatst.								

	Bijzondere voorzieningen moeten worden getroffen voor het hanteren van gereedschappen en/of onderdelen van machines die gevaarlijk zouden kunnen zijn, zelfs als deze een gering gewicht hebben.								
<b>1.1.6</b>	<b>Ergonomie</b>								
	Onder de beoogde gebruiksomstandigheden moeten hinder, vermoeidheid en fysieke en psychische belasting waarmee de bediener wordt geconfronteerd tot het minimum beperkt blijven, met inachtneming van ergonomische beginselen zoals: — het rekening houden met de verscheidenheid aan fysieke afmetingen, kracht en uithoudingsvermogen van de bedieners, — het voorhanden zijn van voldoende ruimte opdat de bediener zijn lichaamsdelen vrijelijk kan bewegen, — het vermijden dat de machine het werktempo bepaalt, — het vermijden dat langdurige concentratie is vereist, — het aanpassen van het raakvlak tussen mens en machine op de te voorziene eigenschappen van de bedieners.								
<b>1.1.7</b>	<b>Bedienerspost</b>								
	De bedienerspost moet zo zijn ontworpen en gebouwd dat ieder risico door uitlaatgassen en/of zuurstofgebrek wordt vermeden.								
	Indien de machine bedoeld is om te worden gebruikt in een gevaarlijke omgeving die risico's voor de gezondheid of de veiligheid van de bediener vertoont, dan wel indien de machine zelf een gevaarlijke omgeving creëert, moet er met passende middelen voor worden gezorgd dat de bediener in goede arbeidsomstandigheden werkt en beschermd is tegen alle voorzienbare gevaren.								
	In voorkomend geval, moet de werkplek van een deugdelijke cabine zijn voorzien, die zo moet zijn ontworpen, gebouwd en/of uitgerust dat aan de bovengenoemde eisen wordt voldaan. De uitgang moet een snelle ontruiming mogelijk maken. Bovendien moet, in voorkomend geval, een nooduitgang worden voorzien in een andere richting dan de gewone uitgang.								
<b>1.1.8</b>	<b>Zitplaats</b>								
	In voorkomend geval en wanneer de arbeidsomstandigheden dit toelaten, moeten de bedieningsposten die een integrerend deel van de machine uitmaken, zo ontworpen zijn dat zitplaatsen kunnen worden geïnstalleerd.								
	Indien het de bedoeling is dat de bediener tijdens het werk zit en indien de bedieningspost een integrerend deel van de machine uitmaakt, moet op de machine een zitplaats zijn aangebracht.								
	De zitplaats voor de bediener moet hem de mogelijkheid bieden een stabiele positie te behouden. Bovendien moeten de zitplaats en de afstand tussen de zitplaats en de bedieningsorganen kunnen worden aangepast aan de bediener.								
	Als de machine aan trillingen onderhevig is, moet de zitplaats zodanig zijn ontworpen en gebouwd dat het doorgeven van trillingen aan de bediener zoveel als redelijkerwijs mogelijk is, wordt beperkt. De verankering van de zitplaats moet tegen alle mogelijke belastingen bestand zijn. Indien zich onder de voeten van de bediener geen vloer bevindt, moet deze kunnen gebruikmaken van voetsteunen met een stroeve bekleding.								
<b>1.2</b>	<b>BESTURINGSSYSTEMEN</b>								
<b>1.2.1</b>	<b>Veiligheid en betrouwbaarheid van de besturingssystemen</b>								
	De besturingssystemen moeten zodanig ontworpen en gebouwd zijn dat er geen gevaarlijke situaties ontstaan. Meer bepaald moeten zij zodanig ontworpen en gebouwd zijn dat: — zij bestand zijn tegen de normale bedrijfsbelasting en tegen invloeden van buitenaf, — een storing in de apparatuur of de programmatuur van het besturingssysteem niet tot een gevaarlijke situatie leidt,								

— fouten in de besturingslogica niet tot een gevaarlijke situatie leiden,								
— redelijkerwijs voorzienbare menselijke fouten gedurende de werking niet tot een gevaarlijke situatie leiden.								
Bijzondere aandacht moet worden besteed aan de volgende punten: — de machine mag zich niet onverwacht in werking stellen,			6	1	3	20	Mogelijk risico Aandacht vereist	
— de parameters van de machine mogen niet op een ongecontroleerde wijze veranderen wanneer dit tot gevaarlijke situaties kan leiden,								
— het stopzetten van de machine mag niet worden verhinderd indien de opdracht tot stopzetten reeds is gegeven,								
— geen enkel bewegend deel van de machine of geen enkel door de machine vastgehouden stuk mag vallen of worden uitgeworpen,								
— het automatisch of manueel stopzetten van enig bewegend deel mag niet worden gehinderd,								
— de beschermingsinrichtingen moeten volkomen functioneel blijven dan wel een opdracht tot stopzetten geven,								
— de veiligheidsgerelateerde elementen van het besturingssysteem moeten op een coherente wijze gelden voor een samenstel van machines en/of niet voltooide machines.								
Bij draadloze bediening wordt de machine automatisch stopgezet wanneer er geen correcte besturingssignalen worden ontvangen; dit is ook het geval wanneer de communicatie is weggefallen.								
<b>1.2.2 Bedieningsorganen</b>								
De bedieningsorganen moeten:								
— duidelijk zichtbaar en herkenbaar zijn en, waar nodig, voorzien zijn van pictogrammen,								
— zodanig zijn geplaatst dat de bediening veilig, zonder aarzeling of tijdverlies en zonder misverstand kan geschieden,								
— zodanig zijn ontworpen dat er een logisch verband bestaat tussen de beweging van het bedieningsorgaan en het bewerkstelligde effect,								
— buiten de gevarenczones geplaatst zijn, behalve wanneer dit voor bepaalde bedieningsorganen, zoals noodstoporganen of hangende bedieningsstations, nodig is,								
— zodanig geplaatst zijn dat hun bediening geen extra risico met zich meebrengt,								
— zodanig zijn ontworpen of beveiligd dat het beoogde effect, indien dat gevaar kan opleveren, uitsluitend door een opzettelijke handeling kan plaatsvinden,								
— zodanig zijn vervaardigd dat zij aan de voorzienbare krachten kunnen weerstaan. Bijzondere aandacht moet worden geschonken aan de noodstopvoorzieningen, die sterk belast kunnen worden.								
Als een bedieningsorgaan zodanig is ontworpen en gebouwd dat er verschillende handelingen mee kunnen worden verricht, dan wil zeggen dat de werking ervan niet eenduidig is, moet duidelijk worden aangegeven welke handeling is gekozen en moet deze keuze zo nodig worden								
De bedieningsorganen moeten zodanig zijn uitgevoerd dat, rekening houdend met de ergonomische beginselen, de opstelling, het bereik en de bedieningsweerstand verenigbaar zijn met de te verrichten handeling.								
De machine moet zijn voorzien van signalerings- en aanwijsinrichtingen die noodzakelijk zijn voor een veilige werking. De bediener moet deze signalen en aanwijzingen vanaf de bedieningspost kunnen waarnemen.								

De bediener moet zich er vanaf iedere bedieningspost van kunnen vergewissen dat er zich geen personen in de gevarenczones bevinden of het bedieningssysteem moet zodanig zijn ontworpen en uitgevoerd dat het inschakelen van de machine wordt verhinderd zolang er zich iemand in de gevarenczone bevindt.	■							
Wanneer geen van deze mogelijkheden kan worden toegepast, moet voor het inschakelen van de machine een geluids- en/of lichtsignaal worden gegeven. Blootgestelde personen moeten voldoende tijd hebben om de gevarenczone te verlaten of het inschakelen van de machine te verhinderen.		■						
Zo nodig moeten voorzieningen worden getroffen om zeker te stellen dat de machine uitsluitend vanaf bedieningsposten in een of meer vooraf bepaalde zones of plaatsen kan worden bediend.		■						
Wanneer er meer dan één bedieningspost is, moet het besturingssysteem zodanig zijn ontworpen dat bij gebruik van één van de posten het gebruik van de overige posten onmogelijk wordt, met uitzondering van stopinrichtingen en noodstops.		■						
Wanneer een machine twee of meer bedienersposten heeft, moet iedere post voorzien zijn van alle noodzakelijke bedieningsorganen, zonder dat de bedieners elkaar hinderen of in een gevaarlijke situatie brengen.		■						
<b>1.2.3 In werking stellen</b>								
Het in werking stellen van een machine mag alleen kunnen geschieden door een opzettelijk verrichte handeling met een hiervoor bestemd bedieningsorgaan.	■							
Dezelfde eis geldt wanneer: — de machine opnieuw in werking wordt gesteld na een stilstand, ongeacht de oorzaak daarvan;	■							
— een belangrijke wijziging in de bedrijfsomstandigheden wordt bewerkstelligd.	■							
Voorzover dit niet tot een gevaarlijke situatie leidt, mag het opnieuw in werking stellen of het wijzigen van de bedrijfsomstandigheden geschieden door een opzettelijk verrichte handeling met een ander orgaan dan het hiervoor bestemde bedieningsorgaan.		■						
Bij machines die werken in automatische modus mag het in werking stellen, het opnieuw in werking stellen na een stilstand of het wijzigen van de bedrijfsomstandigheden, zonder ingreep kunnen plaatsvinden als dit geen gevaarlijke situatie oplevert.	■							
Wanneer een machine door meer dan één bedieningsorgaan in werking kan worden gesteld, en de bedieners elkaar daardoor in gevaar kunnen brengen, moeten aanvullende inrichtingen worden aangebracht om dit risico uit te sluiten. Wanneer het om veiligheidsredenen nodig is de machine volgens een specifieke volgorde in werking te stellen en/of stop te zetten, moeten er inrichtingen zijn die waarborgen dat deze handelingen in de correcte volgorde worden uitgevoerd.		■						
<b>1.2.4 Stopzetting</b>								
<b>1.2.4.1 Normale stopzetting</b>								
Een machine moet zijn voorzien van een bedieningsorgaan waarmee zij op veilige wijze volledig kan worden stopgezet.	■	■	10	6	1	60		Mogelijk risico Aandacht vereist
Elke bedienerspost moet zijn voorzien van een bedieningsorgaan waarmee, naar gelang van de bestaande gevaren, hetzij alle functies van de machine, hetzij een aantal daarvan kunnen worden stilgelegd, zodat de machine in veilige toestand wordt gebracht.	■							
De stopopdracht aan de machine moet voorrang hebben op opdrachten voor het in werking stellen.	■							
Wanneer de machine of de gevaarlijke functies ervan tot stilstand zijn gekomen, moet de energievoorziening van de betrokken aandrijvingen worden onderbroken.	■							
<b>1.2.4.2 Operationele stop</b>								

<p>Wanneer om operationele redenen een stopopdracht de energievoorziening van de aandrijvingen niet onderbreekt, dient de stoptoestand bewaakt en gehandhaafd te worden.</p>														
<b>1.2.4.3 Noodstop</b>														
<p>Een machine moet zijn voorzien van één of meer noodstopinrichtingen waarmee reële of dreigende gevaarlijke situaties kunnen worden afgewend.</p>														
<p>Dit geldt niet voor: — machines waarbij het risico niet verminderd zou worden door de noodstopinrichting, hetzij omdat deze de normale tijd waarbinnen de machine stopt niet vermindert, hetzij omdat deze het niet mogelijk maakt de in verband met het risico vereiste bijzondere maatregelen te nemen,</p>														
<p>— met de hand vastgehouden en/of met de hand geleide draagbare machines.</p>														
<p>De inrichting moet: — duidelijk herkenbare, goed zichtbare en snel bereikbare bedieningsorganen hebben,</p>														
<p>— stopzetting van een gevaarlijk proces binnen de kortst mogelijke tijd bewerkstelligen zonder extra risico's te scheppen,</p>														
<p>— indien nodig, bepaalde veiligheidsbewegingen in gang zetten of mogelijk maken dat deze in gang worden gezet.</p>														
<p>Wanneer de werking van de noodstopinrichting wordt beëindigd nadat een stopbevel is gegeven, moet het stopbevel door inschakeling van de noodstopinrichting gehandhaafd blijven totdat deze wordt opgeheven; inschakeling van de inrichting zonder dat deze een stopbevel genereert, mag niet mogelijk zijn. Het uitschakelen van de inrichting mag alleen door een passende handeling kunnen geschieden en mag de machine niet in werking stellen, maar mag alleen het opnieuw in werking stellen mogelijk maken.</p>														
<p>De noodstopfunctie moet te allen tijde beschikbaar en operationeel zijn, ongeacht de bedrijfsmodus.</p>														
<p>Noodstopinrichtingen dienen ter ondersteuning van andere veiligheidsmaatregelen, niet ter vervanging ervan.</p>														
<b>1.2.4.4 Complexe machines</b>														
<p>Machines of machinedelen die zijn ontworpen om in combinatie te functioneren, moeten zodanig zijn ontworpen en gebouwd dat de stopinrichtingen — met inbegrip van de noodstopinrichtingen — niet alleen de machine, maar tevens alle daarmee verbonden installaties kunnen stopzetten, indien het blijven functioneren daarvan gevaar kan opleveren.</p>														
<b>1.2.5 Keuze van de bedienings- of bedrijfsmodus</b>														
<p>De gekozen bedienings- of bedrijfsmodus moet voorrang hebben op alle andere bedienings- of bedrijfsmodi, met uitzondering van de noodstopinrichting.</p>														
<p>Als de machine is ontworpen en gebouwd om gebruikt te worden volgens verschillende bedienings- of bedrijfsmodi, waarbij verschillende beschermingsmaatregelen en/of werkwijzen vereist zijn, moet de machine voorzien zijn van een in elke stand vergrendelbare functiekeuzeschakelaar. Elke positie van de functiekeuzeschakelaar moet duidelijk herkenbaar zijn en mag slechts met één bedienings- of bedrijfsmodus verbonden zijn.</p>														
<p>Om het gebruik van bepaalde functies van de machine tot bepaalde categorieën bedieners te beperken, mag de keuzeschakelaar door andere middelen worden vervangen.</p>														

	Als de machine voor bepaalde handelingen moet kunnen functioneren met een verplaatste of verwijderde afscherming en/of een uitgeschakelde beveiligingsinrichting, moet de functiekeuzeschakelaar voor de bedienings- of bedrijfsmodus tegelijkertijd: — alle andere bedienings- of bedrijfsmodi uitschakelen;								
	— de werking van gevaarlijke functies uitsluitend mogelijk maken door middel van bedieningsorganen die onafgebroken moeten worden bediend;								
	— de werking van gevaarlijke functies alleen mogelijk maken in omstandigheden met een verminderd risico en daarbij elk gevaar ingevolge aan elkaar geschakelde regelingen voorkomen;								
	— de werking van gevaarlijke functies door gewilde of ongewilde invloed op de sensoren van de machine, onmogelijk maken.								
	Indien aan deze vier voorwaarden niet gelijktijdig kan worden voldaan, moet de functiekeuzeschakelaar andere beschermingsvoorzieningen in werking stellen, die zijn ontworpen en gebouwd om een veilige werkruimte te garanderen.								
	Verder moet de bediener vanaf de bedieningspost het functioneren van de onderdelen waarop hij invloed uitoefent, kunnen beheersen.								
<b>1.2.6</b>	<b>Defecten in de energievoorziening</b>								
	Een onderbreking, het herstel na een onderbreking of een schommeling van welke aard ook in de energievoorziening van de machine, mag niet tot gevaarlijke situaties leiden.								
	Bijzondere aandacht moet worden besteed aan de volgende punten: — de machine mag zich niet onverwacht in werking stellen,								
	— de parameters van de machine mogen niet op een ongecontroleerde wijze veranderen wanneer dit gevaarlijke situaties kan doen ontstaan;								
	— het stopzetten van de machine mag niet worden verhinderd indien de opdracht tot stopzetten reeds is gegeven;								
	— geen enkel bewegend deel van de machine of geen enkel door de machine vastgehouden stuk mag vallen of worden uitgeworpen;								
	— het automatisch of manueel stopzetten van enig bewegend deel mag niet worden gehinderd;								
	— de beschermende inrichtingen moeten volkomen functioneel blijven dan wel een opdracht tot stopzetting geven.								
<b>1.3</b>	<b>MAATREGELEN TER BEVEILIGING TEGEN MECHANISCHE GEVAREN</b>								
<b>1.3.1</b>	<b>Risico van verlies van stabiliteit</b>								
	De machine, haar onderdelen en toebehoren moeten voldoende stabiliteit bezitten opdat kantelen, omvallen of onbeheerste verplaatsingen worden vermeden tijdens het vervoeren, monteren, demonteren en elke andere handeling waarbij de machine betrokken is.			3	1	3	10	Licht risico, Misschien aan- vaardbaar	
	Als de vorm van de machine zelf of de bedoelde installatie, onvoldoende stabiliteit bieden, moeten passende verankeringsmiddelen worden ingebouwd, die in de gebruiksaanwijzing moeten zijn aangegeven.			6	2	3	40	Mogelijk risico Aandacht vereist	
<b>1.3.2</b>	<b>Risico van breuken tijdens het gebruik</b>								
	De verschillende delen van de machine en hun verbindingen moeten bestand zijn tegen de belastingen waaraan zij tijdens het gebruik worden blootgesteld.			1	0,5	1	10	Licht risico, Misschien aan- vaardbaar	
	De duurzaamheid van de gebruikte materialen moet toereikend zijn voor het soort gebruiksomgeving, dat verwacht wordt door de fabrikant of diens gemachtigde, inzonderheid wat betreft de verschijnselen moeheid, veroudering, corrosie en (af)slijting.			1	1	1	10	Licht risico, Misschien aan- vaardbaar	

	In de gebruiksaanwijzing moeten de aard en de frequentie worden vermeld van het onderhoud en de inspecties die om veiligheidsredenen noodzakelijk zijn. Zo nodig dient te worden aangegeven welke onderdelen aan slijtage onderhevig zijn, en welke de criteria voor vervanging zijn.								
	Indien ondanks de getroffen voorzorgsmaatregelen gevaar voor scheuring of verwerking van betreffende onderdelen blijft bestaan, moeten de betreffende delen zodanig worden aangebracht, gepositioneerd en/of beschermd dat brokstukken worden ingekapseld en gevaarlijke situaties worden vermeden.			0,5	1	1	10	Licht risico, Misschien aanvaardbaar	
	Zowel stijve als flexibele leidingen voor fluïda, in het bijzonder hogedrukleidingen, moeten bestand zijn tegen de bedoelde interne en externe spanningen waaraan zij normaal worden blootgesteld; zij moeten stevig zijn bevestigd en/of afgeschermd om er zeker van te zijn dat geen risico door het scheuren wordt gevormd.								
	Bij automatische toevoer van het te bewerken materiaal naar het gereedschap moet aan de volgende voorwaarden worden voldaan om risico's voor personen te vermijden: — wanneer het werktuig in contact raakt met het gereedschap moet het laatstgenoemde zijn normale gebruiksomstandigheden hebben bereikt;								
	— wanneer het gereedschap (al dan niet opzettelijk) in werking wordt gesteld en/of stopgezet, moet de aanvoerbeweging en de beweging van het gereedschap gecoördineerd zijn.								
<b>1.3.3</b>	<b>Risico's in verband met vallende of uitgeworpen voorwerpen</b>								
	Er moeten voorzorgsmaatregelen worden genomen om risico's in verband met vallende of uitgeworpen voorwerpen te voorkomen.			3	2	1	10	Licht risico, Misschien aanvaardbaar	
<b>1.3.4</b>	<b>Risico's in verband met oppervlakken, scherpe kanten, hoeken</b>								
	Bereikbare machineonderdelen mogen, voorzover dat in verband met hun functie toegelaten is, <u>geen scherpe kanten</u> en hoeken of ruwe oppervlakken vertonen die gemakkelijk verwondingen kunnen veroorzaken.			6	2	1	10	Licht risico, Misschien aanvaardbaar	
<b>1.3.5</b>	<b>Risico's in verband met gecombineerde machines</b>								
	Wanneer een machine is bedoeld om een aantal verschillende bewerkingen te verrichten, waarbij het werkstuk na iedere bewerking met de hand wordt verwijderd (gecombineerde machine), moet zij zodanig zijn ontworpen en gebouwd dat het mogelijk is ieder deel afzonderlijk te gebruiken zonder dat de overige machinedelen voor de blootgestelde persoon een risico inhouden.								
	Met het oog hierop moet ieder deel, dat niet volledig is afgeschermd, afzonderlijk in werking gesteld of gestopt kunnen worden.								
<b>1.3.6</b>	<b>Risico's in verband met de verschillende gebruiksomstandigheden</b>								
	Bij bewerkingen in verschillende gebruiksomstandigheden, moet de machine zodanig zijn ontworpen en gebouwd dat deze gebruiksomstandigheden veilig en betrouwbaar kunnen worden gekozen en ingesteld.								
<b>1.3.7</b>	<b>Risico's in verband met de bewegende delen</b>								
	De bewegende delen van de machine moeten zodanig zijn ontworpen en gebouwd dat wat betreft risico voor aanraking waardoor zich ongelukken zouden kunnen voordoen, wordt voorkomen, of, wanneer risico's blijven bestaan, voorzien zijn van afschermingen of beveiligingsinrichtingen.			6	2	7	80	Belangrijk risico Maatregelen Vereist	

Alle nodige maatregelen moeten worden genomen om het onverwacht blokkeren van bewegende delen die bij het werk zijn betrokken, te verhinderen. Wanneer ondanks deze voorzorgsmaatregelen het waarschijnlijk is dat een blokkering kan optreden, moet waar nodig worden gezorgd dat deze blokkering met de nodige specifieke beschermingsmiddelen en gereedschappen zonder gevaar kan worden verholpen.			10	2	3	60	Belangrijk risico Maatregelen Vereist
Deze specifieke beschermingsmiddelen moeten in de gebruiksaanwijzing en, indien mogelijk, op de machine zelf worden vermeld, met een beschrijving van het gebruik ervan.							
<b>1.3.8 Keuze van de beveiliging tegen risico's in verband met bewegende delen</b>							
Afschermingen of beveiligingsinrichtingen ontworpen om te beschermen tegen risico's veroorzaakt door bewegende delen, moeten worden gekozen op grond van de aard van het risico. De volgende richtsnoeren moeten als hulp worden gehanteerd om de keuze te maken.							
<b>1.3.8.1 Bewegende overbrengingsorganen</b>							
Afschermingen ontworpen ter beveiliging van personen tegen de gevaren die worden veroorzaakt door bewegende overbrengingsorganen, moeten: — hetzij vaste afschermingen zijn als bedoeld in punt 1.4.2.1,							
— hetzij beweegbare afschermingen met blokkeervoorziening als bedoeld in punt 1.4.2.2.							
Als frequente toegang te verwachten is, zouden beweegbare afschermingen met blokkeervoorziening moeten worden gebruikt.							
<b>1.3.8.2 Bewegende delen die voor de bewerking dienen</b>							
Afschermingen of beveiligingsinrichtingen ter beveiliging van personen tegen gevaren veroorzaakt door bewegende delen die voor de bewerking dienen, moeten: — hetzij vaste afschermingen zijn als bedoeld in punt 1.4.2.1,							
— hetzij beweegbare afschermingen met blokkeervoorziening zijn als bedoeld in punt 1.4.2.2,							
— hetzij beveiligingsinrichtingen zijn als bedoeld in punt 1.4.3,							
— hetzij een combinatie zijn van bovenstaande elementen.							
Wanneer echter bepaalde bewegende delen die dienen voor de uitvoering van de werkzaamheden, niet volledig onbereikbaar kunnen worden gemaakt wanneer zij in werking zijn, wegens handelingen die het ingrijpen van de bediener noodzakelijk maken, moeten deze delen worden voorzien van: — vaste schermen of beweegbare afschermingen met blokkeervoorziening, waardoor de toegang tot de niet bij het werk gebruikte delen onmogelijk wordt, en							
— instelbare afschermingen als bedoeld in punt 1.4.2.3, waardoor de toegang beperkt wordt tot de bij de werkzaamheden gebruikte bewegende delen waarvan de toegang nodig is.							
<b>1.3.9 Risico's ten gevolge van niet-gecontroleerde bewegingen</b>							
Wanneer een machinedeel tot stilstand is gebracht, moet iedere verschuiving vanuit die stilstandpositie door ongeacht welke andere oorzaak dan het hanteren van de bedieningsorganen, worden voorkomen of dusdanig zijn dat ze geen enkel gevaar oplevert.							
<b>1.4 VEREISTE KENMERKEN VAN DE AFSCHERMINGEN EN BEVEILIGINGSINRICHTINGEN</b>							
<b>1.4.1 Algemene eisen</b>							
Afschermingen en beveiligingsinrichtingen: — moeten stevig zijn uitgevoerd,							
— moeten stevig op hun plaats worden gehouden,							
— mogen geen bijkomende gevaren met zich brengen,							
— mogen niet op eenvoudige wijze omzeild of buiten werking gesteld kunnen worden,							

	— moeten voldoende ver van de gevarezone verwijderd zijn,								
	— moeten het zicht op het verloop van het werk zo min mogelijk belemmeren, en								
	— moeten de noodzakelijke werkzaamheden voor het aanbrengen en/of vervangen van de gereedschappen en voor de onderhoudswerkzaamheden mogelijk maken, waarbij de toegang nauwlettend wordt beperkt tot de sector waar het werk moet worden verricht, zo mogelijk zonder dat de afscherming moet worden verwijderd of de beveiligingsinrichting moet worden uitgeschakeld.								
	Tevens moeten de afschermingen, voorzover mogelijk, bescherming bieden tegen het wegspringen of vallen van materialen of voorwerpen en tegen de emissies voortgebracht door de machine.								
<b>1.4.2</b>	<b>Bijzondere eisen voor afschermingen</b>								
<b>1.4.2.1</b>	<b>Vaste afschermingen</b>								
	Vaste afschermingen moeten zodanig zijn bevestigd dat zij alleen met behulp van gereedschappen kunnen worden geopend of verwijderd.								
	Bij demontage moeten de bevestigingsmiddelen met de afschermingen of de machine verbonden blijven.								
	Waar mogelijk, mogen afschermingen niet zonder hun bevestigingsmiddelen op hun plaats kunnen blijven.								
<b>1.4.2.2</b>	<b>Beweegbare afschermingen met blokkeervoorziening</b>								
	Beweegbare afschermingen met blokkeervoorziening moeten: — wanneer geopend, zoveel mogelijk met de machine verbonden blijven,								
	— zodanig worden ontworpen en gebouwd dat ze enkel met een opzettelijke handeling kunnen worden afgesteld.								
	Beweegbare afschermingen met blokkeervoorziening moeten gecombineerd zijn met een vergrendelinrichting die: — voorkomt dat gevaarlijke machinefuncties in werking treden totdat de afscherming gesloten is, en								
	— een opdracht tot stopzetting geeft wanneer de afscherming niet meer gesloten is.								
	Wanneer het mogelijk is dat een bediener de gevarezone bereikt voordat het risico dat voortvloeit uit de gevaarlijke machinefuncties is geweken, moeten de beweegbare afschermingen met blokkeervoorziening niet alleen met een vergrendelinrichting, maar ook met een voorziening voor het vergrendelen van de afscherming worden gecombineerd die:								
	— voorkomt dat gevaarlijke machinefuncties in werking treden voordat de afscherming gesloten en vergrendeld is, en								
	— de afscherming gesloten en vergrendeld houdt totdat het risico van verwonding door de gevaarlijke machinefuncties is geweken.								
	Beweegbare afschermingen met blokkeervoorziening moeten zodanig worden ontworpen dat het ontbreken van of een defect aan een van de onderdelen het op gang brengen van gevaarlijke machinefuncties verhindert of gevaarlijke machinefuncties tot stilstand brengt.								
<b>1.4.2.3</b>	<b>Instelbare afschermingen die de toegang beperken</b>								
	Instelbare afschermingen die de toegang beperken tot de bewegende delen die voor de werkzaamheden strikt noodzakelijk zijn, moeten: — afhankelijk van de aard van de te verrichten werkzaamheden, met de hand of automatisch instelbaar zijn,								
	— gemakkelijk kunnen worden ingesteld zonder het gebruik van gereedschap.				3	1	1	10	Licht risico, Misschien aanvaardbaar
<b>1.4.3</b>	<b>Bijzondere eisen voor beveiligingsinrichtingen</b>								

Beveiligingsinrichtingen moeten zodanig worden ontworpen en ingebouwd in het besturingssysteem dat: — de bewegende delen niet in beweging kunnen worden gesteld zolang zij binnen het bereik van de bediener zijn;						6	6	7	200	Hoog risico, Directe verbetering vereist
— personen de bewegende delen tijdens de beweging niet kunnen bereiken, en						10	2	7	100	Belangrijk risico Maatregelen Vereist
— het ontbreken van of een defect aan een van de onderdelen het op gang brengen verhindert of de bewegende delen tot stilstand brengt.										
De veiligheidsvoorzieningen moeten enkel met een opzettelijke handeling kunnen worden ingesteld.										

<b>1.5</b>	<b>RISICO'S INGEVOLGE ANDERE GEVAREN</b>									
<b>1.5.1</b>	<b>Risico ten gevolge van de elektriciteitsvoorziening</b>									
	Wanneer de machine een stroomvoorziening heeft, moet zij zodanig zijn ontworpen, gebouwd en uitgerust dat alle gevaren in verband met elektriciteit worden of kunnen worden voorkomen.									
	De veiligheidsdoelstellingen van de Laagspanningsrichtlijn 73/23/EEG zijn van toepassing op machines. Evenwel vallen de verplichtingen betreffende de overeenstemmingsbeoordeling en het in de handel brengen en/of de inbedrijfstelling van machines, wat betreft de gevaren door elektriciteit, uitsluitend onder de bepalingen van de richtlijn.									
<b>1.5.2</b>	<b>Risico's door statische elektriciteit</b>									
	De machine moet zodanig zijn ontworpen en gebouwd dat accumulatie van elektrostatische lading die gevaar kan opleveren, wordt verhinderd of beperkt, en/of uitgerust met een systeem van massaverbinding.									
<b>1.5.3</b>	<b>Risico's ten gevolge van energievoorziening andere dan elektrische</b>									
	Indien de machine door een andere energiebron dan elektriciteit wordt aangedreven, moet de machine zodanig zijn ontworpen, gebouwd en uitgerust dat alle risico's voortvloeiend uit het gebruik van deze energiebronnen worden voorkomen.									
<b>1.5.4</b>	<b>Risico's ten gevolge van montagefouten</b>									
	Voor de hand liggende fouten bij het monteren of opnieuw monteren van bepaalde onderdelen waardoor risico's kunnen ontstaan, moeten onmogelijk gemaakt worden door het ontwerp en de bouw van deze onderdelen of anders door aanwijzingen op de onderdelen zelf en/of op de behuizing. Dezelfde aanwijzingen moeten zijn aangebracht op de bewegende delen en/of de behuizing ervan, indien men de richting van de beweging moet kennen om risico te voorkomen.									
	In voorkomend geval moet de gebruiksaanwijzing aanvullende informatie over deze risico's geven.									
	Indien een gebrekkige aansluiting risico kan opleveren, moeten verkeerde verbindingen uitgesloten zijn door het ontwerp ervan, of, anders, door aanwijzingen op de aan te sluiten elementen en, indien van toepassing, op de aansluitingsmiddelen.									
<b>1.5.5</b>	<b>Risico's ten gevolge van extreme temperaturen</b>									
	Er moeten voorzieningen worden getroffen om elk risico voor verwondingen door aanraking van of geringe afstand tot onderdelen of materialen met een hoge of zeer lage temperatuur te voorkomen.									

	Tevens moeten de nodige voorzieningen worden getroffen om het risico van het uitwerpen van warm of zeer koud materiaal te voorkomen of er bescherming tegen te bieden.								
<b>1.5.6</b>	<b>Risico's door brand</b>								
	De machine moet zodanig zijn ontworpen en gebouwd dat elk risico van brand of oververhitting, veroorzaakt door de machine zelf of door gassen, vloeistoffen, stofdeeltjes, dampen en andere door de machine geproduceerde of gebruikte stoffen, wordt vermeden.								
<b>1.5.7</b>	<b>Risico's door ontploffing</b>								
	De machine moet zodanig zijn ontworpen en gebouwd dat de machine zelf en de gassen, vloeistoffen, stofdeeltjes, dampen en andere door de machine geproduceerde of gebruikte stoffen geen risico van ontploffing opleveren.								
	De machine moet, wat betreft de risico's van ontploffing door gebruik in een omgeving met ontploffingsgevaar, in overeenstemming zijn met de specifieke communautaire richtlijnen.								
<b>1.5.8</b>	<b>Risico's door geluid</b>								
	De machine moet zodanig zijn ontworpen en gebouwd dat risico's als gevolg van de emissie van luchtgeluid tot een minimum worden teruggebracht, rekening houdend met de vooruitgang van de techniek en de beschikbaarheid van middelen om geluid te verminderen, in het bijzonder bij de bron.								
	Voor de beoordeling van het niveau van de geluidsemissie mag worden uitgegaan van vergelijkbare emissiegegevens voor soortgelijke machines.								
<b>1.5.9</b>	<b>Risico's door trillingen</b>								
	De machine moet zodanig zijn ontworpen en gebouwd dat risico's voortvloeiend uit door de machine veroorzaakte trillingen tot een minimum worden teruggebracht, rekening houdend met de vooruitgang van de techniek en de beschikbaarheid van middelen om trillingen te verminderen, in het bijzonder bij de bron.								
	Voor de beoordeling van het niveau van de trillingsemissie mag worden uitgegaan van vergelijkbare emissiegegevens voor soortgelijke machines.								
<b>1.5.10</b>	<b>Risico's door straling</b>								
	Ongewenste emissie van straling van de machine moet worden geëlimineerd of verminderd tot een niveau dat geen nadelige gevolgen heeft voor personen.								
	Functionele emissie van ioniserende straling van de machine moet worden beperkt tot het laagste niveau dat volstaat voor de goede werking van de machine tijdens het installeren, het werken en het schoonmaken. Wanneer er een risico bestaat, moeten de nodige beschermende maatregelen worden genomen.								
	Iedere functionele emissie van niet-ioniserende straling tijdens het installeren, het werken en het schoonmaken moet worden beperkt tot een niveau dat geen nadelige gevolgen heeft voor personen.								
<b>1.5.11</b>	<b>Risico's door uitwendige straling</b>								
	De machine moet zodanig zijn ontworpen en gebouwd dat uitwendige straling de werking ervan niet kan verstoren.								
<b>1.5.12</b>	<b>Risico's door laserstraling</b>								
	Als laserapparatuur wordt gebruikt, moeten de volgende voorschriften in acht worden genomen: — de laserapparatuur op een machine moet zodanig zijn ontworpen en gebouwd dat iedere onopzettelijke straling wordt vermeden, — de laserapparatuur op een machine moet zodanig zijn beveiligd dat noch de nuttige straling, noch de straling door reflectie of diffusie, noch de secundaire straling schade aan de gezondheid toebrengt,								

	— de optische apparatuur voor de waarneming of het afstellen van de laserapparatuur op een machine moet van dien aard zijn dat de laserstraling geen enkel gevaar voor de gezondheid oplevert.								
<b>1.5.13</b>	<b>Risico's door emissie van gevaarlijke materialen en stoffen</b>								
	De machine moet zodanig zijn ontworpen en gebouwd dat het risico van inademing, inslikken, contact met de huid, ogen en slijmvliezen en penetratie door de huid van gevaarlijke materialen en stoffen die deze produceert, wordt vermeden.								
	Indien dergelijke gevaren niet kunnen worden geëlimineerd, moet de machine zijn uitgerust met voorzieningen om gevaarlijke materialen en stoffen op te vangen, af te zuigen, neer te slaan door waterverneveling, te filteren of te behandelen met een andere, even doeltreffende methode.								
	Wanneer het werkproces niet in een volledig afgesloten ruimte verloopt tijdens de normale werking van de machine, moeten de opvang- en/of afzuigvoorzieningen zich op de plaats bevinden waar zij een maximaal effect sorteren.								
<b>1.5.14</b>	<b>Risico om in een machine opgesloten te geraken</b>								
	De machine moet zijn ontworpen, gebouwd of uitgerust met een voorziening die verhindert dat een persoon erin opgesloten kan raken of, indien dit niet kan worden voorkomen, voorzien zijn van middelen om hulp te kunnen vragen.								
<b>1.5.15</b>	<b>Risico van uitglijden, struikelen of vallen</b>								
	De delen van de machine waarop voorzien is dat personen zich moeten verplaatsen of staan, moeten zodanig zijn ontworpen en uitgevoerd dat deze personen niet kunnen uitglijden, struikelen of vallen.								
	Deze delen moeten, in voorkomend geval, voorzien zijn van vaste handgrepen die de gebruikers in staat stellen hun stabiliteit te behouden.								
<b>1.5.16</b>	<b>Risico's door blikseminslag</b>								
	Machines die tegen blikseminslag tijdens het bedrijf moeten worden beschermd, moeten een systeem hebben om de hieruit voortvloeiende elektrische lading naar de aarde te geleiden.								
<b>1.6</b>	<b>ONDERHOUD</b>								
<b>1.6.1</b>	<b>Onderhoud van de machine</b>								
	De afstel- en onderhoudspunten moeten zich buiten de gevarenczones bevinden. Afstelling, onderhoud, reparatie en reiniging moeten kunnen plaatsvinden als de machine tot stilstand is gekomen.								
	Indien aan één of meer van bovenstaande voorwaarden om technische redenen niet kan worden voldaan, moeten maatregelen worden genomen om te waarborgen dat deze verrichtingen veilig kunnen worden uitgevoerd (zie punt 1.2.5).								
	Voor automatisch werkende machines en indien nodig voor andere machines moet zijn voorzien in een aansluiting voor diagnostische foutopsporingsapparatuur.								
	Onderdelen van automatisch werkende machines die regelmatig moeten worden verwisseld, moeten zodanig zijn dat eenvoudige en veilige verwijdering en vervanging mogelijk is. Deze onderdelen moeten zodanig bereikbaar zijn dat de desbetreffende taken met de benodigde technische middelen op een aangegeven wijze kunnen worden uitgevoerd.								
<b>1.6.2</b>	<b>Toegang tot bedienersposten en plaatsen waar onderhoud wordt verricht</b>								
	Machines moeten zo ontworpen en gebouwd zijn dat alle plaatsen waar tijdens het bedrijf, de afstelling en het onderhoud van de machine handelingen moeten worden verricht, veilig toegankelijk zijn.								

<b>1.6.3</b>	<b>Afsluiten van de krachtbronnen</b>											
	De machine moet zijn voorzien van inrichtingen waarmee zij van elk van haar krachtbronnen kan worden afgesloten. Deze inrichtingen moeten duidelijk herkenbaar zijn. Zij moeten vergrendeld kunnen worden indien het opnieuw aansluiten een gevaar voor personen zou kunnen opleveren. Deze inrichtingen moeten ook kunnen worden vergrendeld indien de bediener niet vanaf alle plaatsen die hij kan bereiken, kan controleren of de krachtbron nog altijd ontkoppeld is.											
	Bij machines die via een stekkerverbinding van elektrische energie kunnen worden voorzien, volstaat het de stekker uit te trekken, mits de bediener vanaf alle plaatsen die hij kan bereiken, kan controleren of de stekker nog steeds uitgetrokken is.											
	Nadat de krachtbron is afgesloten, moet het mogelijk zijn de in de stroomkringen van de machine overblijvende of opgeslagen energie zonder gevaar voor personen af te voeren.											
	In afwijking van het voorschrift in de vorige alinea's is toegestaan dat bepaalde circuits verbonden blijven met hun krachtbronnen, teneinde bijvoorbeeld bepaalde delen op hun plaats te houden, bepaalde informatie te behouden, het inwendige te verlichten enz. In dit geval moeten speciale voorzorgsmaatregelen worden genomen om de veiligheid van de bedieners te waarborgen.											
<b>1.6.4</b>	<b>Handelingen van de bediener</b>											
	De machine moet zodanig zijn ontworpen, gebouwd en uitgerust dat de noodzaak voor ingrijpen door de bediener beperkt is. Wanneer tussenkomst van de bediener onvermijdelijk is, moet het mogelijk zijn deze ingreep eenvoudig en veilig uit te voeren.											
<b>1.6.5</b>	<b>Reiniging van inwendige delen</b>											
	De machine moet zodanig zijn ontworpen en gebouwd dat de inwendige delen van de machine die gevaarlijke stoffen of preparaten hebben bevat, kunnen worden gereinigd zonder dat in de inwendige delen behoeft te worden binnengegaan; ook een noodzakelijke ontstopping moet van buitenaf kunnen worden uitgevoerd. Indien het binnengaan in de inwendige delen onmogelijk te vermijden is, moet de machine zodanig ontworpen en gebouwd zijn dat het reinigen veilig kan geschieden.											
<b>1.7</b>	<b>INFORMATIE</b>											
<b>1.7.1</b>	<b>Informatie en waarschuwingen op de machine</b>											
	Informatie en waarschuwingen op de machine moeten bij voorkeur worden verstrekt in de vorm van gemakkelijk te begrijpen symbolen of pictogrammen. Schriftelijke of mondelinge informatie en waarschuwingen moeten worden gesteld in de officiële taal (of talen) van de Gemeenschap die overeenkomstig het Verdrag kunnen worden bepaald door de lidstaat waar de machine op de markt zal worden gebracht en/of zal worden in bedrijf gesteld en kunnen desgevraagd vergezeld gaan van versies in een andere officiële taal (of talen) van de Gemeenschap die de bedieners begrijpen.											
<b>1.7.1.1</b>	<b>Informatie en informatiesystemen</b>											
	De informatie die nodig is voor het bedienen van een machine, moet in een ondubbelzinnige en gemakkelijk te begrijpen vorm worden verstrekt. Zij mag niet zo uitgebreid zijn dat te hoge eisen aan de bediener worden gesteld.											
	Beeldschermen en andere interactieve middelen voor de communicatie tussen de bediener en de machine moeten gemakkelijk te begrijpen en te gebruiken zijn.											
<b>1.7.1.2</b>	<b>Alarminrichtingen</b>											

	Wanneer de veiligheid of de gezondheid van personen in gevaar kan komen door de gebrekkige werking van een zonder toezicht werkende machine, moet deze machine zijn uitgerust met een inrichting die een passend geluids- of lichtsignaal geeft.								
	Indien de machine is uitgerust met alarminrichtingen, moeten de signalen ondubbelzinnig zijn en gemakkelijk kunnen worden opgemerkt. De bediener moet mogelijkheden hebben om te controleren of deze alarminrichtingen te allen tijde goed werken.								
	De voorschriften van specifieke communautaire richtlijnen inzake kleuren en veiligheidssignalen moeten worden toegepast.								
<b>1.7.2</b>	<b>Waarschuwing voor restrisiko's</b>								
	Indien ondanks de maatregelen die eigen zijn aan een veilig ontwerp, de genomen beschermingsmaatregelen en bijkomende voorzieningen gevaren, blijven bestaan, moeten de nodige waarschuwingen, met inbegrip van alarminrichtingen, worden voorzien.								
<b>1.7.3</b>	<b>Markering op machines</b>								
	Op elke machine moeten zichtbaar, duidelijk leesbaar en onuitwisbaar ten minste de volgende gegevens zijn aangebracht: — de firmanaam en het volledige adres van de fabrikant en, in voorkomend geval, diens gemachtigde;								
	— de aanduiding van de machine;								
	— de CE-markering (zie bijlage III);								
	— de serie- of typeaanduiding;								
	— het serienummer, voorzover toegekend;								
	— het bouwjaar, dat wil zeggen het jaar waarin het fabricageproces is afgerond.								
	Het is verboden de machine te ante- dan wel postdateren wanneer de CE-markering wordt aangebracht.								
	Als een machine ontworpen en gebouwd is om in een potentieel explosieve omgeving te worden gebruikt, moet dit eveneens worden vermeld.								
	Op de machine moet tevens alle informatie wat betreft de aard ervan worden vermeld die noodzakelijk is voor een veilig gebruik. Deze informatie is onderworpen aan de eisen genoemd in punt 1.7.1.								
	Wanneer een onderdeel van de machine tijdens het gebruik ervan met behulp van hijs- of hefwerktuigen moet worden verplaatst, moet de massa van dit onderdeel leesbaar, onuitwisbaar en ondubbelzinnig worden aangegeven.								
<b>1.7.4</b>	<b>Gebruiksaanwijzing</b>								
	Bij iedere machine moet een gebruiksaanwijzing zijn gevoegd in de officiële Gemeenschapstaal (of talen) van de lidstaat waar de machine op de markt wordt gebracht en/of in bedrijf gesteld.								
	De bij de machine gevoegde gebruiksaanwijzing moet een „oorspronkelijke gebruiksaanwijzing” of een „vertaling van de oorspronkelijke gebruiksaanwijzing” zijn; in het laatste geval moet bij de vertaling een „oorspronkelijke gebruiksaanwijzing” zijn gevoegd.								

	In afwijking hiervan hoeven onderhoudsinstructies die bestemd zijn voor gespecialiseerd personeel dat in zeggenschap werkt van de fabrikant of diens gemachtigde, slechts in één door dat personeel begrepen taal van de Gemeenschap te worden verstrekt.							
	De gebruiksaanwijzing moet zijn opgesteld volgens de hierna genoemde uitgangspunten.							
<b>1.7.4.1</b>	<b>Algemene uitgangspunten voor het opstellen</b>							
<b>a)</b>	De gebruiksaanwijzing moet in één of meer officiële taal (talen) van de Gemeenschap worden opgesteld. De fabrikant of diens gemachtigde voorziet de versie(s) die hij heeft geverifieerd van de vermelding „oorspronkelijke gebruiksaanwijzing”.							
<b>b)</b>	Wanneer een „oorspronkelijke gebruiksaanwijzing” in de officiële taal of talen van het land van gebruik ontbreekt, moet een vertaling in die taal of talen worden verstrekt door de fabrikant of diens gemachtigde, dan wel door degene die de machine in het bewuste taalgebied introduceert. Deze vertalingen moeten zijn voorzien van de vermelding „vertaling van de oorspronkelijke gebruiksaanwijzing”.							
<b>c)</b>	De inhoud van de gebruiksaanwijzing moet niet alleen uitgaan van het beoogde gebruik van de machine, maar tevens rekening houden met elk redelijkerwijs voorzienbaar verkeerd gebruik daarvan.							
<b>d)</b>	Indien de machines voor niet-professionele gebruikers bestemd zijn, moet bij de formulering en de presentatie van de gebruiksaanwijzing rekening worden gehouden met het algemene opleidingsniveau en het inzicht dat men redelijkerwijze van deze gebruikers mag verwachten.							

<b>1.7.4.2</b>	<b>Inhoud van de gebruiksaanwijzing</b>							
	Iedere gebruiksaanwijzing moet, in voorkomend geval, ten minste de volgende informatie bevatten:							
<b>a)</b>	firmanaam en volledig adres van de fabrikant en van diens gemachtigde;							
<b>b)</b>	typeaanduiding van de machine als aangegeven op de machine zelf, met uitzondering van het serienummer (zie punt 1.7.3);							
<b>c)</b>	EG-verklaring van overeenstemming, of een document waarin de inhoud van de EG-verklaring van overeenstemming wordt weergegeven, waarin een opsomming wordt gegeven van de kenmerken van de machine, niet noodzakelijk met inbegrip van het serienummer en een handtekening;							
<b>d)</b>	een algemene beschrijving van de machine;							
<b>e)</b>	de tekeningen, schema's, beschrijvingen en toelichtingen die nodig zijn voor het gebruik, onderhoud en herstellen van de machine en voor de controle op de correcte werking ervan;							
<b>f)</b>	een beschrijving van de werkplek(ken) die door de bedieners kan (kunnen) worden ingenomen;							

<b>g)</b>	een beschrijving van het beoogde gebruik van de machine;								
<b>h)</b>	waarschuwingen betreffende te ontraden gebruik dat, naar uit ervaring is gebleken, van de machine kan worden gemaakt;								
<b>i)</b>	instructies voor de montage, installatie en aansluiting van de machine, met inbegrip van tekeningen, schema's en de bevestigingsmiddelen, en aanduiding van het chassis of de installatie waarop de machine moet worden gemonteerd;								
<b>j)</b>	instructies voor een zodanige installatie en montage dat het geluid en de trillingen worden beperkt;								
<b>k)</b>	instructies voor de inbedrijfstelling en het gebruik van de machine en zo nodig instructies voor de opleiding van de bedieners;								
<b>l)</b>	informatie over de restrisico's die, ondanks de geïntegreerde veiligheid bij het ontwerp van de machine en de genomen beschermingsmaatregelen en bijkomende voorzieningen, blijven bestaan;								
<b>m)</b>	instructies inzake de door de gebruiker te nemen beschermende maatregelen, waaronder, in voorkomend geval, de te voorziene persoonlijke-beschermingsuitrusting;								
<b>n)</b>	de essentiële kenmerken van de gereedschappen die op de machine kunnen worden gemonteerd;								
<b>o)</b>	de voorwaarden waaronder de machines voldoen aan de stabiliteitseis tijdens gebruik, vervoer, montage en demontage, alsmede wanneer zij buiten bedrijf zijn, tijdens beproevingen en bij voorzienbare storingen;								
<b>p)</b>	instructies met het oog op een veilig vervoer, verplaatsen en opslaan, met vermelding van de massa van de machine en van de verschillende delen ervan, indien zij regelmatig afzonderlijk moeten worden vervoerd;								
<b>q)</b>	de te volgen werkwijze bij ongevallen of storingen; indien blokkering kan optreden, de werkwijze volgens welke de blokkering zonder risico kan worden verholpen;								
<b>r)</b>	de beschrijving van de afstellings- en onderhoudswerkzaamheden die de gebruiker moet verrichten alsook de in acht te nemen voorkomingsmaatregelen;								
<b>s)</b>	instructies met het oog op een veilig afstellen en onderhoud, met inbegrip van de daarbij te nemen beschermingsmaatregelen;								
<b>t)</b>	specificaties betreffende de te gebruiken vervangingsonderdelen, indien deze van invloed zijn op de gezondheid en de veiligheid van de bedieners;								
<b>u)</b>	de volgende informatie over de emissie van luchtgeluid:								
	— de A-gewogen geluidsemisiedruk op de werkplekken, voorzover deze hoger is dan 70 dB(A); als het niveau lager of gelijk is aan 70 dB(A), dan moet dit worden vermeld,								
	— de maximale waarde van de C-gewogen momentane geluidsemisiedruk op de werkplekken, wanneer deze meer dan 63 Pa bedraagt (130 dB ten opzichte van 20 µPa),								
	— het A-gewogen niveau van het door de machine uitgestraalde geluidsvermogen, indien het niveau van de A-gewogen geluidsemisiedruk op de werkplekken hoger is dan 80 dB(A).								

Deze waarden worden hetzij voor de betrokken machine reëel gemeten, hetzij vastgesteld uitgaande van metingen bij een technisch vergelijkbare machine die representatief is voor de te fabriceren machine.							
Wanneer de machine zeer grote afmetingen heeft, kan de aanduiding van het A-gewogen geluidsvermogen worden vervangen door de aanduiding van de A-gewogen niveaus van de geluidsemmissiedruk op gespecificeerde plaatsen rondom de machine.							
Wanneer de geharmoniseerde normen niet worden toegepast, moeten de geluidsniveaus worden gemeten met de voor de machine meest geschikte meetmethode. Indien geluidsemmissiewaarden worden vermeld, moeten de onzekerheidsfactoren in verband met deze waarden worden gespecificeerd. De bedrijfsomstandigheden van de machine tijdens de metingen en de voor de metingen gebruikte methoden, moeten worden beschreven.							
Wanneer de werkplek of werkplekken niet of niet kunnen worden bepaald, moet de meting van het Agewogen geluidsdruk niveau worden verricht op 1 m van het machine-oppervlak en op een hoogte van 1,60 m boven het grondvlak of het toegangsplatform. De positie en de waarde van de maximale geluidsdruk moeten worden aangegeven.							
Als specifieke richtlijnen van de Gemeenschap andere voorschriften geven voor het meten van het geluidsdruk- of geluidsvermogenniveau, moeten deze richtlijnen worden toegepast en zijn de desbetreffende bepalingen van dit punt niet van toepassing;							
v) indien de machine niet-ioniserende straling kan uitzenden die gevaarlijk kan zijn voor personen, in het bijzonder personen met actieve of niet-actieve implanteerbare medische hulpmiddelen, informatie over de hoeveelheid uitgezonden straling waaraan de bediener en eventuele andere personen zijn blootgesteld.							

#### 1.7.4.3 Verkoopsliteratuur

Verkoopsliteratuur waarin de machine wordt beschreven, mag niet in tegenspraak zijn met de gebruiksaanwijzing inzake de gezondheids- en veiligheidsaspecten. Verkoopsliteratuur waarin de prestatiekenmerken van de machine worden beschreven, moet dezelfde gegevens over emissies bevatten als de gebruiksaanwijzing.							
---	--	--	--	--	--	--	--

## 2 AANVULLENDE ESSENTIËLE VEILIGHEIDS- EN GEZONDHEIDSEISEN VOOR BEPAALDE CATEGORIEËN MACHINES

Machines voor voedingsnijverheid, machines bestemd voor cosmetische of farmaceutische industrie, met de hand vastgehouden en/of handgeleide machines, draagbare bevestigingswerktuigen en andere slagwerktuigen, alsook machines voor de bewerking van hout en materiaal met vergelijkbare fysische kenmerken, moeten aan alle in dit hoofdstuk opgenomen essentiële veiligheids- en gezondheidseisen voldoen (zie Algemene beginselen, punt 4).							
--	--	--	--	--	--	--	--

### 2.1 MACHINES VOOR DE VOEDINGSNIJVERHEID EN MACHINES BESTEMD VOOR COSMETISCHE OF FARMACEUTISCHE PRODUCTEN

### 2.2 MET DE HAND VASTGEHOUDEN EN/OF HANDGELEIDE DRAAGBARE MACHINES

2.3	<b>MACHINES VOOR DE BEWERKING VAN HOUT EN MATERIALEN MET GELIJKAARDIGE FYSIEKE KENMERKEN</b>								
3	<b>AANVULLENDE ESSENTIËLE VEILIGHEIDS- EN GEZONDHEIDSEISEN OM DE GEVAREN TE VERHELPEN TE WIJTEN AAN DE MOBILITEIT VAN MACHINES</b>								
	Machines waaraan gevaren in verband met de mobiliteit zijn verbonden, moeten aan alle in dit hoofdstuk opgenomen essentiële veiligheids- en gezondheidseisen voldoen (zie Algemene beginselen, punt 4).								
4	<b>AANVULLENDE ESSENTIËLE VEILIGHEIDS- EN GEZONDHEIDSEISEN OM DE AAN HIJS- OF HEFVERRICHTINGEN VERBONDEN GEVAREN TE VERHELPEN</b>								
	Machines waaraan gevaren in verband met hijs- of hefverrichtingen zijn verbonden, moeten aan alle in dit hoofdstuk opgenomen relevante essentiële veiligheids- en gezondheidseisen voldoen (zie Algemene beginselen, punt 4).								
5	<b>AANVULLENDE ESSENTIËLE VEILIGHEIDS- EN GEZONDHEIDSEISEN VOOR MACHINES DIE BESTEMD ZIJN VOOR GEBRUIK BIJ ONDERGRONDSE WERKZAAMHEDEN</b>								
	Machines bestemd om bij ondergrondse werkzaamheden te worden gebruikt, moeten aan alle in dit hoofdstuk opgenomen essentiële veiligheids- en gezondheidseisen voldoen (zie Algemene beginselen, punt 4).								
6	<b>AANVULLENDE ESSENTIËLE VEILIGHEIDS- EN GEZONDHEIDSEISEN VOOR MACHINES WAARAAN GEVAREN IN VERBAND MET HET HEFFEN VAN PERSONEN ZIJN VERBONDEN</b>								

Opgemaakt door: **xxxx xxxx**

Geviseerd door:

Naam: **Jakobus Debel**  
 Functie: **mechanisch ontwerp**  
 Handtekening:

Naam:  
 Functie:  
 Handtekening:

Naam: **Yannick Schneider**  
 Functie: **elektrisch ontwerp**  
 Handtekening:

# Veiligheidsinstructiekaart

In orde stellen van machine

<b>Benaming :</b>	The Cleaning Project	<b>Type :</b>	Algae
<b>Machinenummer :</b>	0001	<b>Constructeur :</b>	Ba/EM 028
<b>Spanning :</b>	12 V	<b>Frabricatiejaar :</b>	2014

## ELEKTRISCHE SPANNING UITSCHAKELEN

HANDELINGEN	RISICO'S
<ul style="list-style-type: none"><li>• Controleren of batterij volledig opgeladen is</li></ul>	Verkorte operatieduur
<ul style="list-style-type: none"><li>• Leegmaken van afvalbakken</li><li>• Reinigen transportband en zeef</li></ul>	Vastlopen rolbanden en overschrijden maximaal toegelaten gewicht boot.
<ul style="list-style-type: none"><li>• Controleren of de omstandigheden waarin de boot zal werken, voldoende geschikt zijn</li></ul>	Vastlopen boot of eventuele beschadiging aan de boot
<ul style="list-style-type: none"><li>• Boot in het water plaatsen</li><li>• Richting buitenboordmotor juist instellen</li></ul>	Beschadigen van boot en motor.
<ul style="list-style-type: none"><li>• Afstandsbediening inschakelen</li><li>• Spanning boot inschakelen</li></ul>	Verlies contact tussen afstandsbediening en besturingsysteem

**CONTROLEER OF ALLES VOLDOENDE VEILIG IS VOOR U  
DE STROOM WEER INSCHAKELT**

Opgesteld door :

Jakobus Debel  
Student Elektromechanica



Goedgekeurd door :

Marc Pieters  
Preventieadviseur  
Campus BME-CTL

# Veiligheidsinstructiekaart

## Bediening

<b>Benaming :</b>	The Cleaning Project	<b>Type :</b>	Algae
<b>Machinenummer :</b>	0001	<b>Constructeur :</b>	Ba/EM 028
<b>Spanning :</b>	12 V	<b>Frabricatiejaar :</b>	2014

### NOODSTOP TE BEDIENEN MET HAND

RISICO'S	VOORKOMINGSMAATREGELEN
Vastlopen boot	<ul style="list-style-type: none"><li>• Controleer diepte van het water</li><li>• Controleer weersomstandigheden</li><li>• Zorg ervoor dat de accu voldoende opgeladen is</li><li>• Zorg voor een goede verbinding met de afstandsbediening</li></ul>
Vastlopen transportbanden	<ul style="list-style-type: none"><li>• Zorg voor een goede spanning van de banden</li><li>• Reinig de banden alvorens gebruik</li><li>• Controleer weersomstandigheden</li><li>• Controleer kwaliteit van het water</li><li>• Controleer of er zich obstakels in het water bevinden.</li></ul>
Verbreking radiocontact	<ul style="list-style-type: none"><li>• Batterij afstandsbediening voldoende opladen</li><li>• Batterij boot voldoende opladen</li><li>• Maximale werkingsafstand niet overschrijden</li><li>• Mogelijke stoorzenders verwijderen</li></ul>
Onvrijwillig starten	<ul style="list-style-type: none"><li>• Stand van afstandbediening controleren</li><li>• Batterij van afstandsbediening controleren</li></ul>
Verminderde vaarhoogte boot	<ul style="list-style-type: none"><li>• Avalbakken tijdig leegmaken als signaal wordt doorgegeven.</li><li>• Regelmatige controle van drijfvermogen</li></ul>

Opgesteld door :

Jakobus Debel  
Student Elektromechanica  
3 Technisch dossier



EM 028

Goedgekeurd door :

Marc Pieters  
Preventieadviseur  
Campus BME-CTL  
Pagina 111 van 232

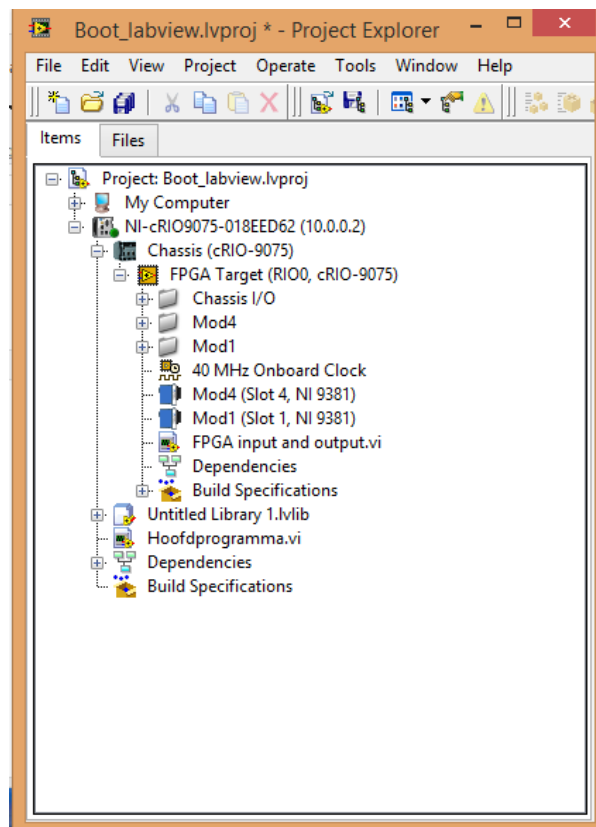
### 3.9 Besturing

De besturing van de boot wordt uitgevoerd door de compactRIO NI 9075 module. Daarop kan via labview geprogrammeerd worden hoe er moet worden omgegaan met bepaalde inputs en situaties, en welke output daarop moet volgen.

Het labviewgedeelte bestaat uit twee delen. Eerst is er het Fpga gedeelte 'FPGA input and output', die de input inleest, en een bepaalde output genereert. Ten tweede is er het real-time gedeelte 'Hoofdprogramma' dat bepaalt wat er met die informatie moet gebeuren en complexere berekeningen uitvoert. De reden dat er voor de input en output voor fpga werd gekozen is de snelheid, deze ligt namelijk veel hoger dan die van de real-time processor.

Voor het decoderen van bepaaldesignalen was het nodig om met hoge snelheid te werken, namelijk aan een frequentie van 1 MHz, dit komt overeen met een periode van 1 microseconde. Het nadeel is echter de zeer lange compilatieduur van het fpga programma.

De real-time processor daarentegen haalt slechts 1 kHz, maar heeft een veel groter arsenaal aan bewerkingen waardoor de compilatieduur veel korter is dan bij de fpga. Deze krijgt de sensorwaardes doorgestuurd vanuit de fpga en doet daar de geprogrammeerde bewerkingen mee.



Figuur 3-94: labview project

### 3.9.1 Fpga-code

Het fpga gedeelte bestaat uit 3 delen: het decoderen van de PWM-signalen, de verwerking van input-signalen en tenslotte de verwerking van de output-signalen. Hierdoor worden deze gegevens beschikbaar voor het tragere maar handigere real-time gedeelte.

- PWM-signalen

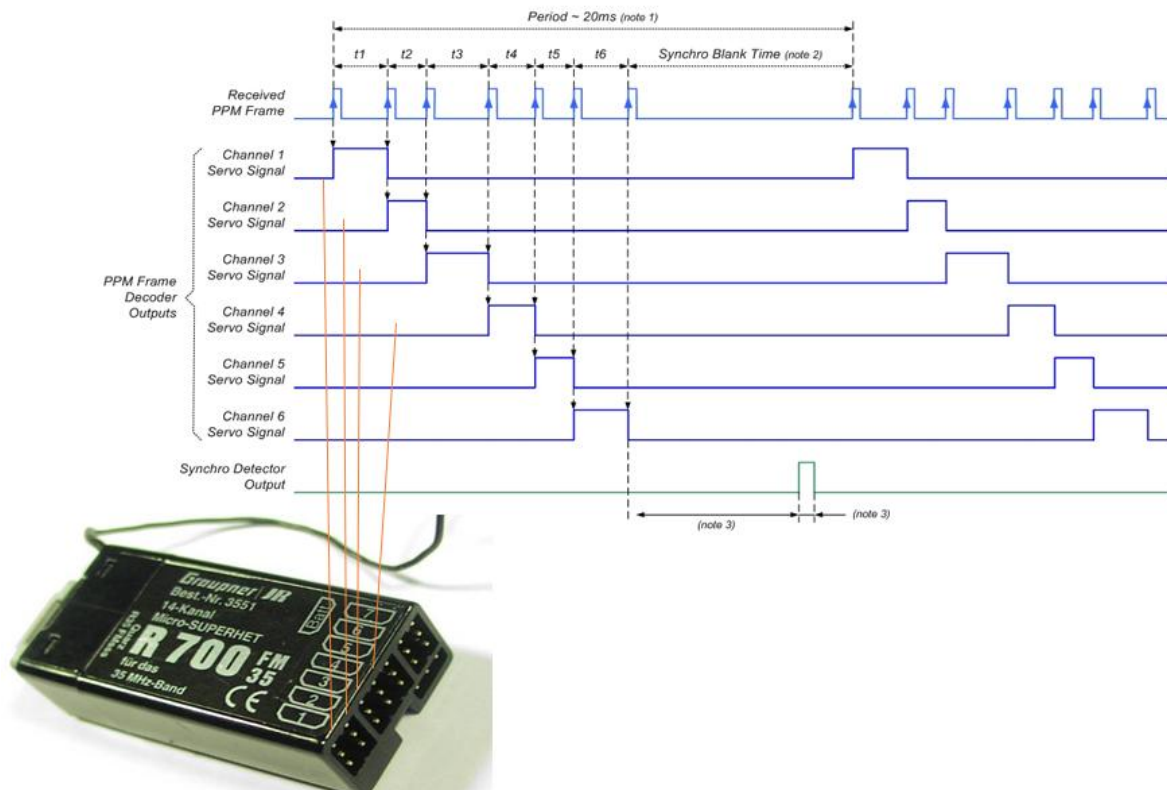
De boot werkt slechts in bepaalde omstandigheden autonoom. Wanneer zich een probleem voordoet, zoals bij een blokkade of een terugkeer naar het basisstation, moet kunnen overgeschakeld worden naar menselijke besturing. Die besturing gebeurt via een FM radio controller van het model 'Graupner X-408'.



Figuur 3-95 Graupner X-408

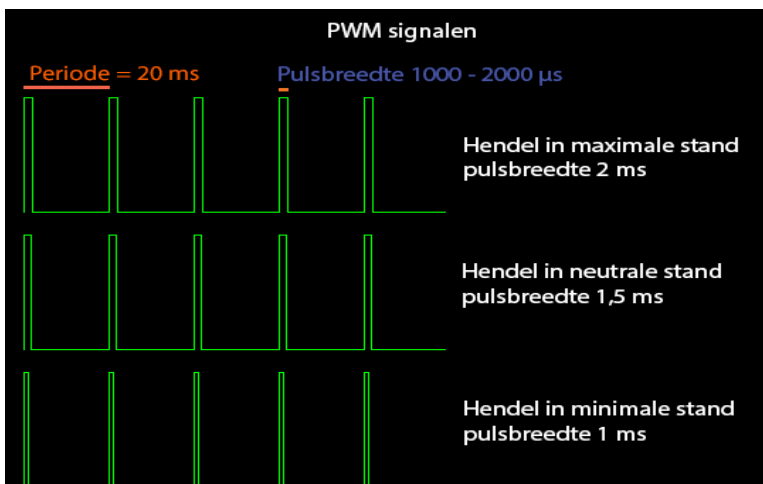
In bovenstaande figuur ziet u de radio controller met 2 besturingshendels met elk een x en y-as, die elk overeenkomen met een kanaal op de ontvanger. De communicatie tussen deze twee eenheden gebeurt via radiogolven op de 35Mhz-band. Een kwartskristal dat in beide aanwezig is zorgt ervoor dat er geen interferentie is met andere zenders door de frequentie te verhogen naar 35,865 Mhz. Dit ligt zeer dicht in de buurt van de 35Mhz-band maar is toch netverschillend waardoor interferentie dus vermeden wordt.

De controller stuurt een pulse-sigitaal naar de ontvanger op die bepaalde frequentie volgens onderstaande manier. De tijd tussen een puls  $t_1$ - $t_6$  is verschillend bij ieder kanaal en wordt bepaald door de stand van de hendel. Iedere puls is zowel het begin van een pulsbreedte van een kanaal als een einde van de pulsbreedte van een kanaal. Alle kanalen worden één voor één afgelopen in eenzelfde volgorde. Op het einde is er een stilte (signaal = 0) tot aan het einde van een periode. Daarna wordt dit proces herhaald.



**Figuur 3-96** Decodering FM-sigitaal

De tijden t1-t6 worden omgezet in een voor de modelbouw bruikbaar signaal: een PWM-sigitaal ofwel Pulse-Width Modulatedesignaal. Dit signaal bestaat uit een periodieke puls met een aan te passen pulsbreedte. In de modelbouw wordt dit zeer vaak gebruikt voor de besturing van servomotoren, een bepaalde duty-cycle(pulsbreedte per periode) komt hierbij overeen met een bepaalde hoek.



**Figuur 3-97:** PWM Signalen

In de meeste besturingstoepassingen van servo-motoren varieert de pulsbreedte tussen 1000 en 2000  $\mu$ s, dat is ook het geval bij deze ontvanger. 1000 $\mu$ s komt overeen met de hendel helemaal onderaan in y-richting of helemaal links in x-richting, helemaal bovenaan of rechts geeft een waarde van 2000  $\mu$ s, in het midden (en tevens de neutrale stand) geeft een aan-cyclus van 1500  $\mu$ s.

Aangezien er niet met servomotoren gewerkt wordt, deze zijn immers veel te duur in aankoop bij het koppel dat voor toepassing in deze boot vereist is, maar wel met gewone motoren laat men de besturingseenheid bepalen wanneer een motor aangeschakeld wordt bij welke aan-cyclus.

Bij aandrijving wordt dan vooruit (rechter hendel y-richting) geregistreerd wanneer de grens van 1700  $\mu$ s wordt overschreden, achteruit komt overeen met een waarde lager dan 1300  $\mu$ s. Deze waarden werden gekozen omdat in de praktijk de waardes in werkelijkheid tussen 1100-1900 $\mu$ s variëren en daarenboven afwijkingen tot wel 25  $\mu$ s kunnen vertonen. Vandaar dat er waarden gekozen werden die in dit interval liggen zodat de aflezingen, ondanks fouten in het signaal, zelf geen fouten zullen bevatten.

De werking van de motor die de richting van de aandrijving stuurt gelijk op de werking van de servomotor. De variabele aan-cyclus waarden van 1000 -2000 $\mu$ s (gestuurd door de x-richting van de rechterhendel) worden door de compactRIO omgezet naar een bruikbare  $-100^\circ$  tot  $+100^\circ$ . Dit stelt de gewenste hoek voor die de aandrijving moet maken met de basisplaat van de boot.

Een potentiometer zorgt voor een variabele spanning in functie van de hoek ( $-100^\circ$  tot  $+100^\circ$ ). Deze wordt op zijn beurt door de compactRIO omgezet naar een gewenste hoek(in graden) tussen de motor en de boot. In de besturingseenheid wordt voortdurend het PWM-sigitaal met de stand van de potentiometer vergeleken. Wanneer de gewenste stand groter is dan de actuele stand van de aandrijving draait de motor naar rechts totdat de waardes opnieuw gelijk zijn en vice versa.

Er moet echter wel een marge rond de waarden die met elkaar worden vergeleken ingebouwd worden. Anders zou de motor immers bij het kleinste verschil tussen de twee waarden al verdraaien en op die manier beginnen oscilleren(meer hierover verder in dit hoofdstuk).

Tenslotte blijft dan nog een laatste besturingshendel over de radiocontroller, namelijk de linkerhendel in de y-richting. Deze heeft als functie het wisselen tussen autonome en manuele besturing. 5 seconden in bovenste stand (en overschrijden van 1700  $\mu$ s) zet de boot in autonome stand, 5 seconden in de onderste stand ( lager dan 1300  $\mu$ s) zorgt voor een manuele besturing met de rechterhendel van de controller.

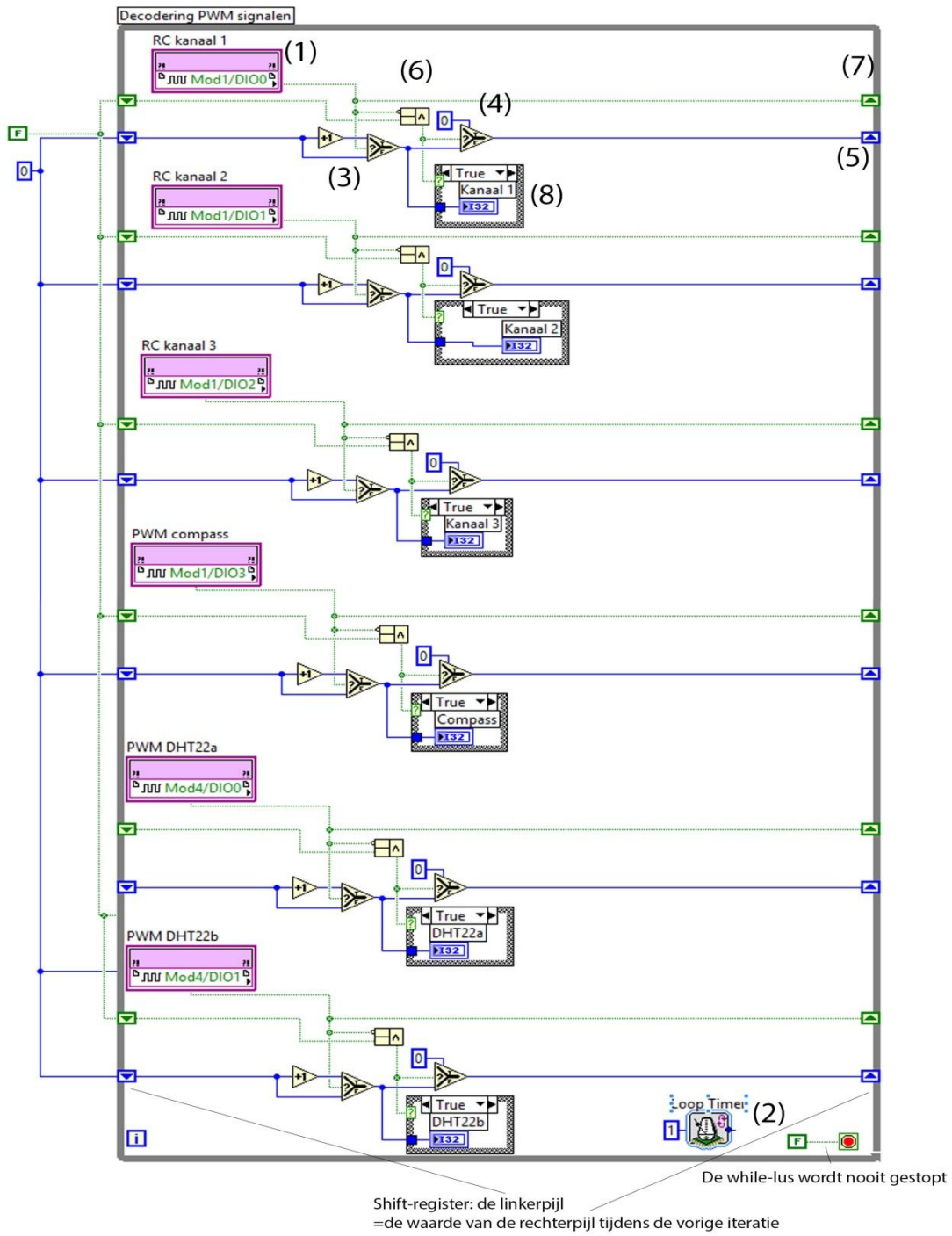
De data-kabels van ieder kanaal wordt aangesloten op de digitale input van de CRIO kaart. De zwarte 0V wordt aangesloten op de ground.



Figuur 3-98 Aansluiting RC-ontvanger

Verder zijn er ook nog PWM-signalen die door het kompas worden uitgezonden. Het kompas genereert een pulsmet een breedte heeft van  $100\mu\text{s}/^\circ$  en daarbij een offset van 1ms.  $0^\circ$  is hierbij het noorden,  $90^\circ$  het oosten.

Een Arduino chip decodeert de digitale waarden van de twee DHT22 vocht- en temperatuursensoren en zet deze om in een wisselend pwm signaal. Een pulsbreedte tot 100 stelt de vochtigheid voor, een waarde hoger dan 100 stelt de temperatuur voor, hierbij komt  $0^\circ$  celsius overeen met een waarde van 130.



Figuur 3-99 FPGA: PWM-sigitaal

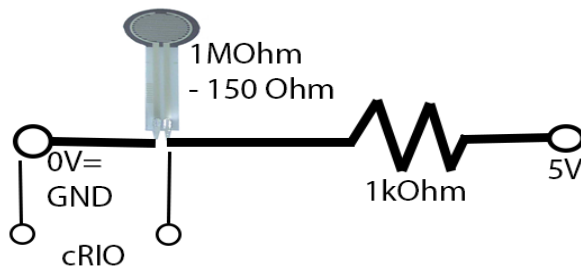
Een while-lus doorloopt iedere microseconde de hele lus, dit is één iteratie. De periode van 1 microseconde is bepaald door de loop timer (1), de verschillende signalen komen binnen via (2). Bij een 1-signaal, telt (3) gedurende de tijd dat het signaal 1 is iedere microseconde 1 erbij en geeft de waarde aan de case-structure wanneer de waarde van 1 naar 0 gaat. Deze begint vervolgens opnieuw wanneer de waarde terug naar 1 gaat.

Iteratie	PWM-signaal_[]''''[]	Wat gebeurter
1	-	(1)=0 => (3)=False=>stuurt 0 (4)=False => stuurt waarde (3) door wat 0 is naar 5
2	[]'(0 naar 1)	(1)=1 =>(3)=true=> waarde(5)=0 van vorige iteratie +1 via (4)=false door naar (5)
3	"" (=1)	(1)=1=>(3)=true=>waarde(5) van vorige iteratie =1 + optelling met 1 via (4)=false door naar (5)
4	"" (=1)	(1)=1=>(3)=true =>waarde (5) van vorige iteratie =2 + optelling met 1 via (4)=false door naar (5)
5	[]'(1 naar 0)	(6) =true doordat (7) van vorige iteratie= 1 en (1)=0 =>(4)=true =>5=0 (8)=true en brengt de waarde van (3) die van vorige waarde (5)=3(zonder +1) komt door naar de numerieke indicator in (8)=3

Tabel 4 Uitleg cyclus PWM-decodering

- **Input**
  - krachtsensoren

De krachtsensor wordt geschakeld in een spanningsdeler met een gekende vaste weerstand met ohmse weerstandswaarde van 1000 Ohm, de weerstand van de krachtsensor varieert tussen 1Mohm bij niet ingedrukte toestand tot 150 ohm bij ingedrukte weerstand met een kracht van 100N.

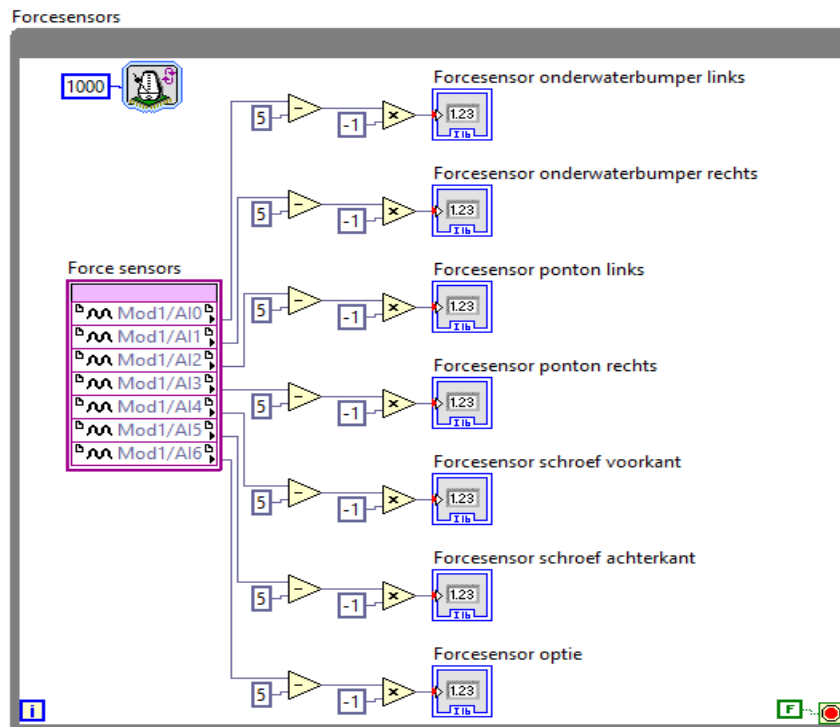


$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V_{in}$$

Figuur 3-100 Formule spanningsdeler

Tabel 5 Spanningsdeler

Als men de spanningsdeler uitrekentwordt er een spanning bekomen van 4,99 V tot 0,65 Vbij stijgende kracht. Om het spanningsverloop in dezelfde richting van de kracht te laten verlopen, heeft men de waarde geïnverteerd en met 5 geïncrimineerdzoals te zien is in onderstaand programma.De periode van het uitvoeren van de while-lus bedraagt 1ms. Het is immers niet prestatiebevorderend om deze sneller te laten uitvoeren.



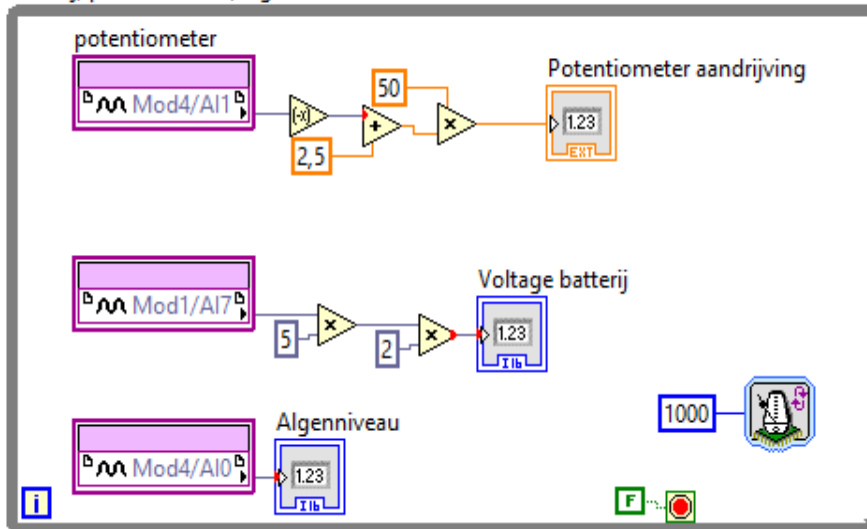
Figuur 3-101 Fpga: Forcesensors

De potentiometer geeft ook een variabele spanning in functie van de hoek. Dit wordt omgezet naar een bruikbare graadindicator. De neutrale stand (in het midden => 0°) komt overeen met 2.5 V, helemaal naar links gedraaid komt overeen met 0V en helemaal naar rechts gedraaid komt overeen met 5V. Indien men dit wil omzetten in bruikbare graadwaarden moet er eerst geïnverteerd (gewenst is dat -90° overeenkomt met aandrijving 90 graden links, maar op dat moment staat de potentiometer 90 graden rechts), vervolgens wordt er 2,5 daarbij opgeteld zodat er in het midden een 0 waarde aanwezig is. Daarna wordt vermenigvuldigd met 50, aangezien 1V overeenkomt met 50 graden verschil. Want de 5V van de potentiometer is verdeeld over 267 graden (dit is het elektrisch bereik). Bij het delen van 267° door 5V wordt er ongeveer 50°/V uit bekomen.

De voltage van de batterij wordt via een spanningsdeler met verhouding 10 naar de cRIO geleid (dit omdat de kaarten slechts tot 5V kunnen meten en de batterij een spanning heeft van gemiddeld 13V). Dit wordt terug gecompenseerd door te vermenigvuldigen maal 10 in labview.

Het vol algemenniveau komt overeen met 0,29 V

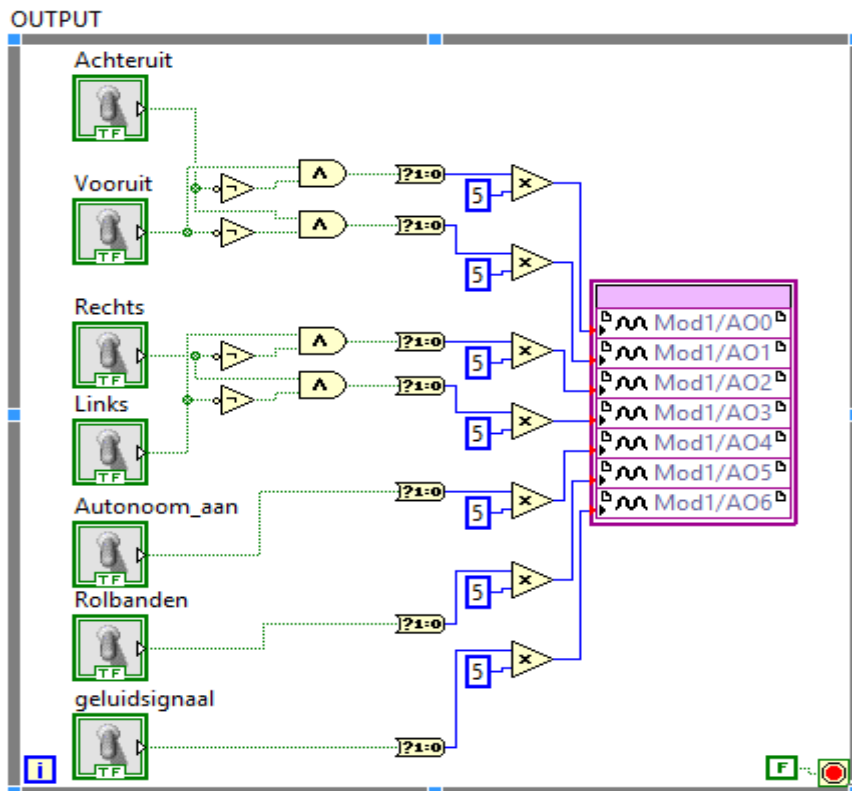
Batterij, potentiometer, algenniveau



Figuur 3-102 Fpga: Batterij, potentiometer, algenniveau

- Output

Wanneer er in het real-time programma een output wordt gegenereerd, zoals aandrijving vooruit, of rolbanden aan, dan verandert de bool control naar de respectievelijke waarde. Een true wordt dan omgezet naar een waarde van 5V via de bool to integer converter en een vermenigvuldiging met 5, die waarde wordt dan op de analoge output gezet en stuurt een transistor aan. Een kruisbeveiliging zorgt ervoor dat achteruit en vooruit niet gelijktijdig kunnen true zijn. Hetzelfde geldt voor links en rechts.

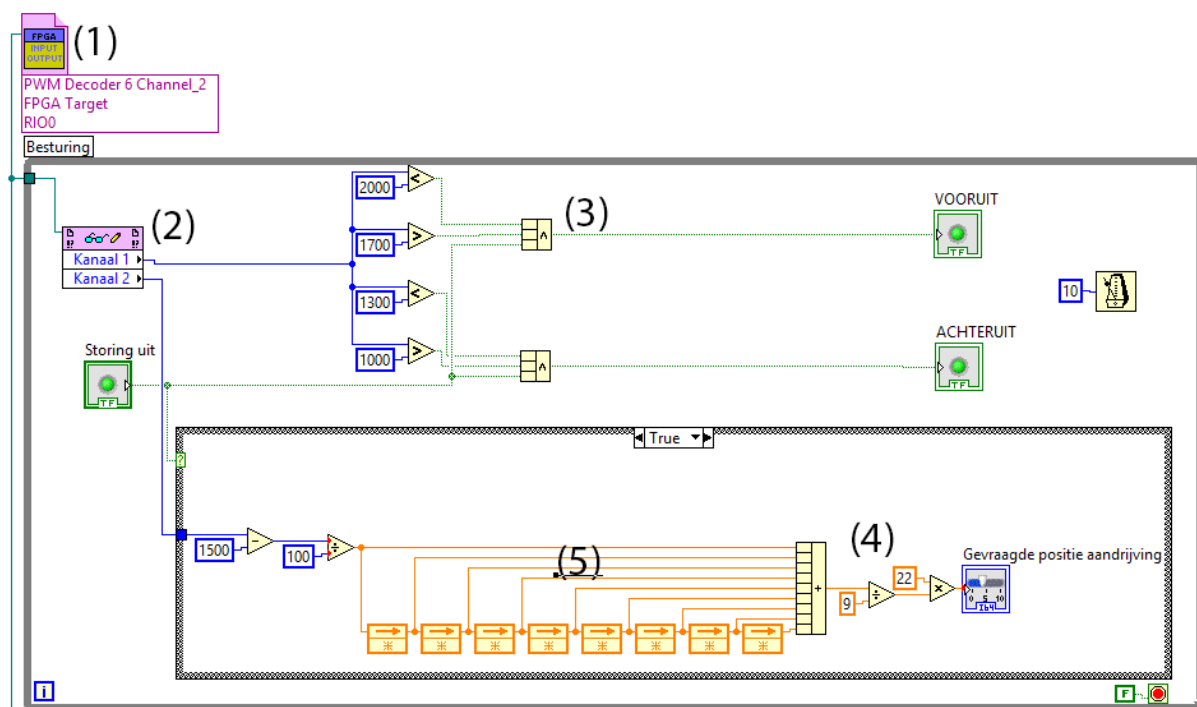


Figuur 3-103 Fpga: output

### 3.9.2 Real-time controller

- Bediening rechterhendel

Het inlezen van de fpga gebeurt via (1), daardoor kan je in (2) de verschillende inputs en outputs bedienen. Hier worden de pwm signalen van de rechterhendel in gelezen die instaat voor het besturen van de boot in manuele stand. Bij (3) wordt er bepaald of de pulsbreedte zich tussen 1700 en 2000 microseconden (vooruit) of 1000 en 1300 microseconden (achteruit) bevindt. Ook wordt er vergeleken dat storing uit is, aangezien de signalen dan willekeurige waardes aannemen. De waarden van de x-as worden in de case-structur (4), die true is zolang er geen storing is, omgezet in graden wat gemakkelijke berekeningen met de potentiometer mogelijk maakt. (5) is het gemiddelde nemen van de pulsbreedtes, wat voor stabiliteit zorgt. De pulsbreedtes schommelen zeer sterk, bij een vaste hendel stand.

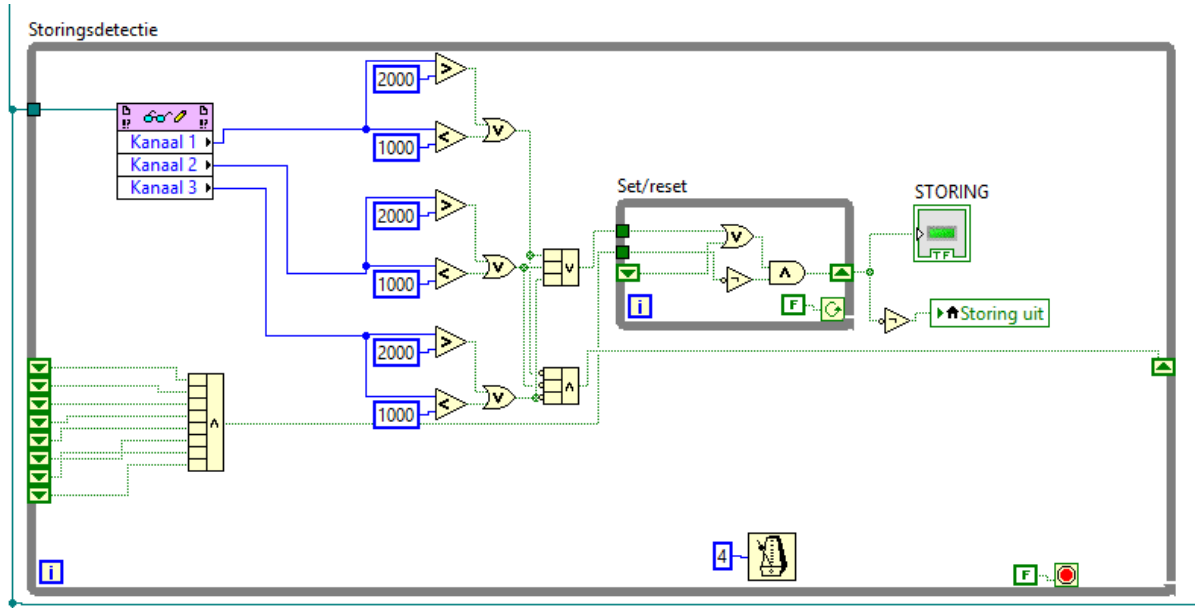


Figuur 3-104 Real-time bediening

- Storingsdetectie

Dit is een zeer belangrijk element in het programma, daar bij ontvangstverlies de pwm signalen willekeurige waardes gaan aannemen, waardoor de boot verkeerde input inleest en op hol zal slaan. Beschadigingen zijn in dat geval zeer reëel.

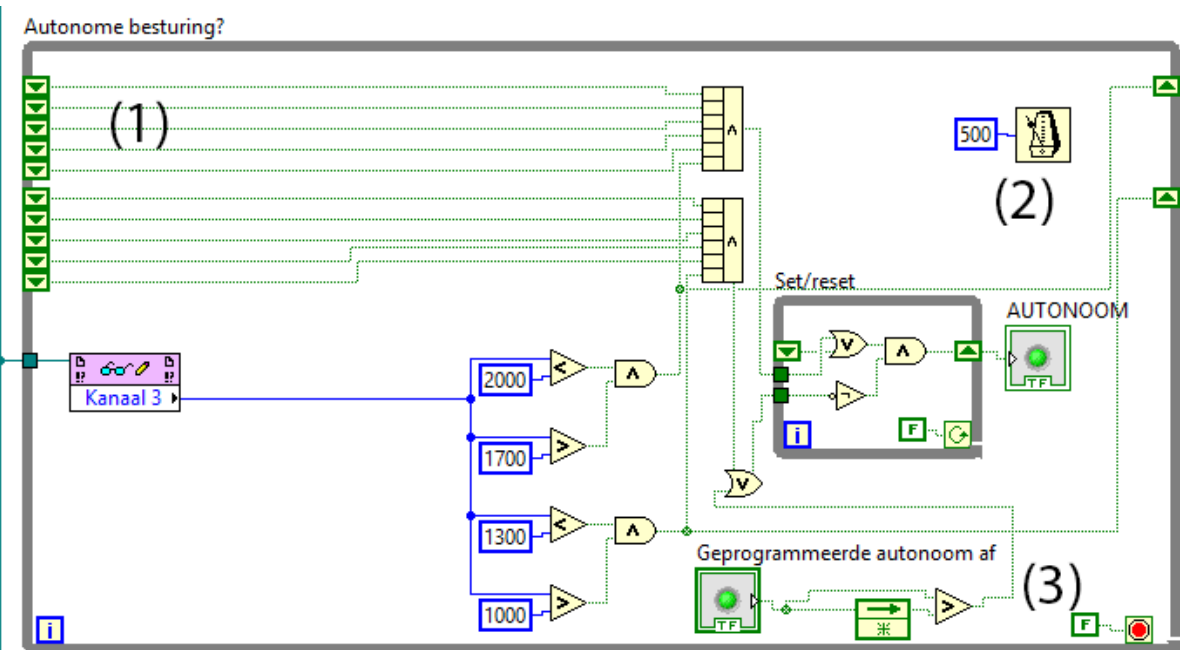
Het detecteren van storing gebeurt door te vergelijken of de waardes binnen de grenzen die het aanneemt bij normaal functioneren: pulsbreedte tussen 1 en 2ms. Van zodra één van de 3 kanalen een waarde buiten dit bereik heeft, wordt de bool-waarde van STORING waar. Daarna moeten de signalen van de 3 kanalen 8 iteraties lang in het bereik van normaal functioneren liggen, vooraleer de set-reset lus wordt gereset. Een timer van 4ms werd geplaatst, zodat er genoeg tijd tussen de signalen ligt zodat de waardes in geval van storing zeker kunnen veranderd zijn ten opzichte van de vorige, maar een te grote tijdspauze vertraagd de bediening.



Figuur 3-105 Real-time: storingsdetectie

- Wisselen tussen autonome en manuele besturing

Wanneer de waardes gedurende tweeënhalve seconde tussen 1000 en 1300 of 1700 en 2000 liggen verandert de besturing naar manueel, respectievelijk autonoom. Dit gebeurt door te controleren of gedurende 5 iteraties (1), met een tussenpauze van een halve seconde(2),de waardes in dat bereik liggen. Ook is er een fragment in de bewerkingen van de autonome besturing, die later wordt behandeld, dat eist dat de autonome stand uitgeschakeld wordt. Dat gebeurt bij (3).



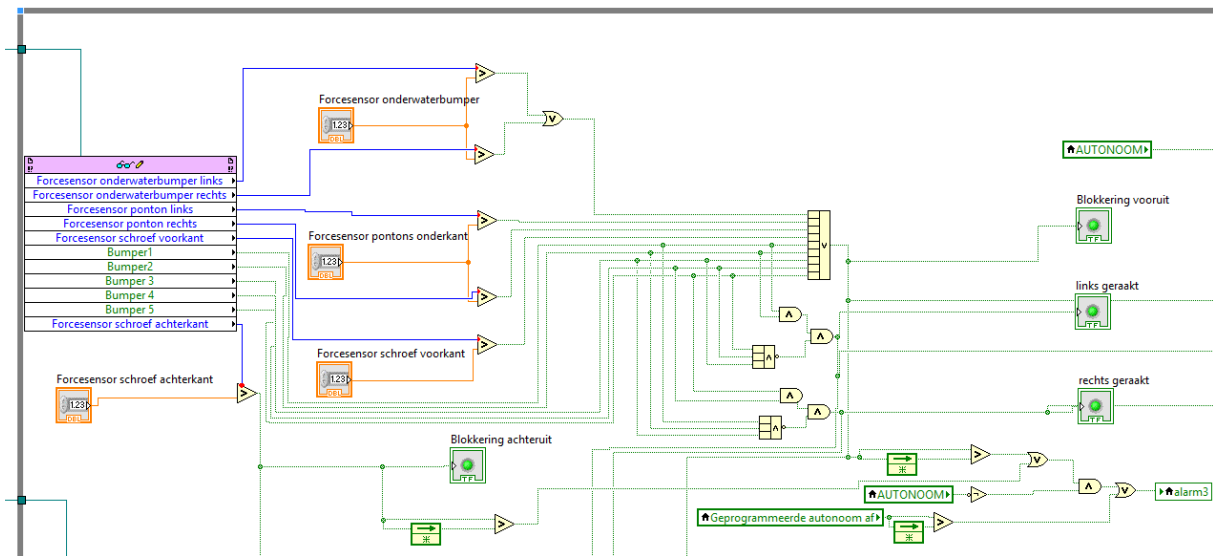
Figuur 3-106 Real-time: autonome besturing

- Grote while-lus

In de grote while-lus worden de berekingen met de sensoren uitgevoerd. Ook is de manuele en autonome besturing daarin behandeld, en het genereren van alarmen. Daar dit te groot is om duidelijk op het blad te passen, zal ik kleinere stukken behandelen. Voor een duidelijk geheel verwijst ik u naar de cd-rom.

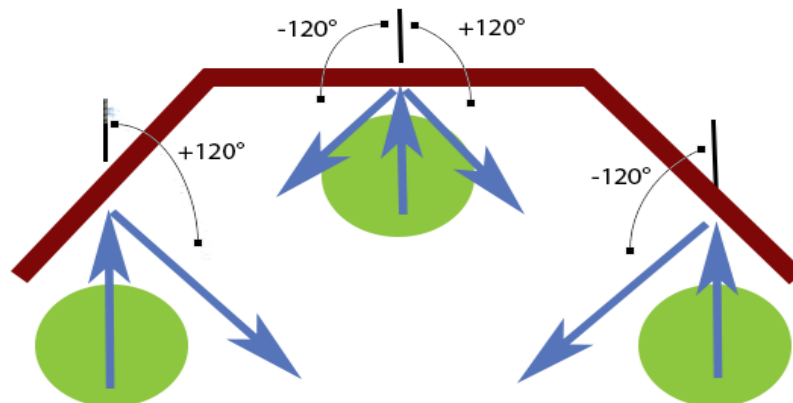
- Botsing

Zoals de tussentitel zegt, worden hier de sensoren verwerkt die te maken hebben met botsing. Wanneer een botsing in voorwaartse richting gebeurt, zal 'blokkering vooruit' waar worden. Als de botsing dan ook nog eens enkel aan de uiterst linkse of rechtse kant gebeurt (enkel 2 linkse of 2 rechtse sensoren, geen middensensor), dan zal die kant waar worden. Daarmee kan dan later een efficiënte koers na botsing bepaald worden. De forcesensor numerieke controls stellen je in staat om in te stellen hoe hard een botsing moet zijn met een object onder water vooraleer een true geldt. Dit zal later proefondervindelijk moeten worden bepaald. Een alarm wordt gegenereerd indien in manuele stand een botsing plaatsvindt, of het programma uit autonome modus in een noodsituatie, zodat de gebruiker daar op de hoogte van is.



Figuur 3-107 Real-time: botsing

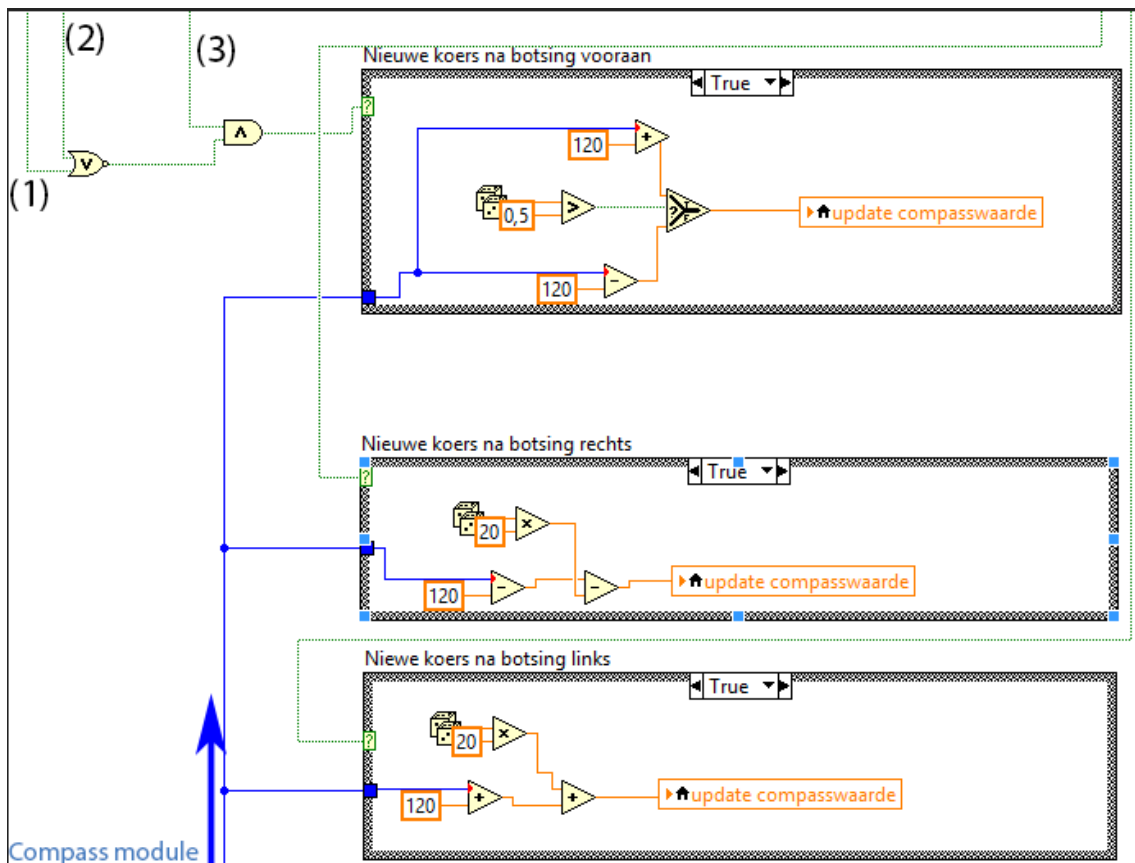
- Berekening nieuwe koers



Figuur 3-108 Koersberekening

Na collision met de oever of een obstakel is een nieuwe vaarrichting nodig. De beste richting om het minst kans te hebben in vorig vaarwater terrecht te komen, en het minst botsingen te hebben, worden aangegeven aangegeven in volgende figuur (positieve draaiverandering in wijzerszin, daar er gewerkt wordt met compass).

In het programma vertaalt zich dat er wordt bepaald aan welke kant de botsing optrad. Iedere case is staat voor een richting. Wanneer bijvoorbeeld de botsing vooraan is(3) en geen links(1) en rechts (2), zal de bovenste case waar worden, en zal er ofwel 120 graden opgeteld of afgetrokken worden, het is willekeurig, bij de compasswaarde van dat moment. Wanneer botsing rechts true is zal de nieuwe koers 120 graden + een willekeurig getal tussen 0 en 20 graden naar groteerd zijn.



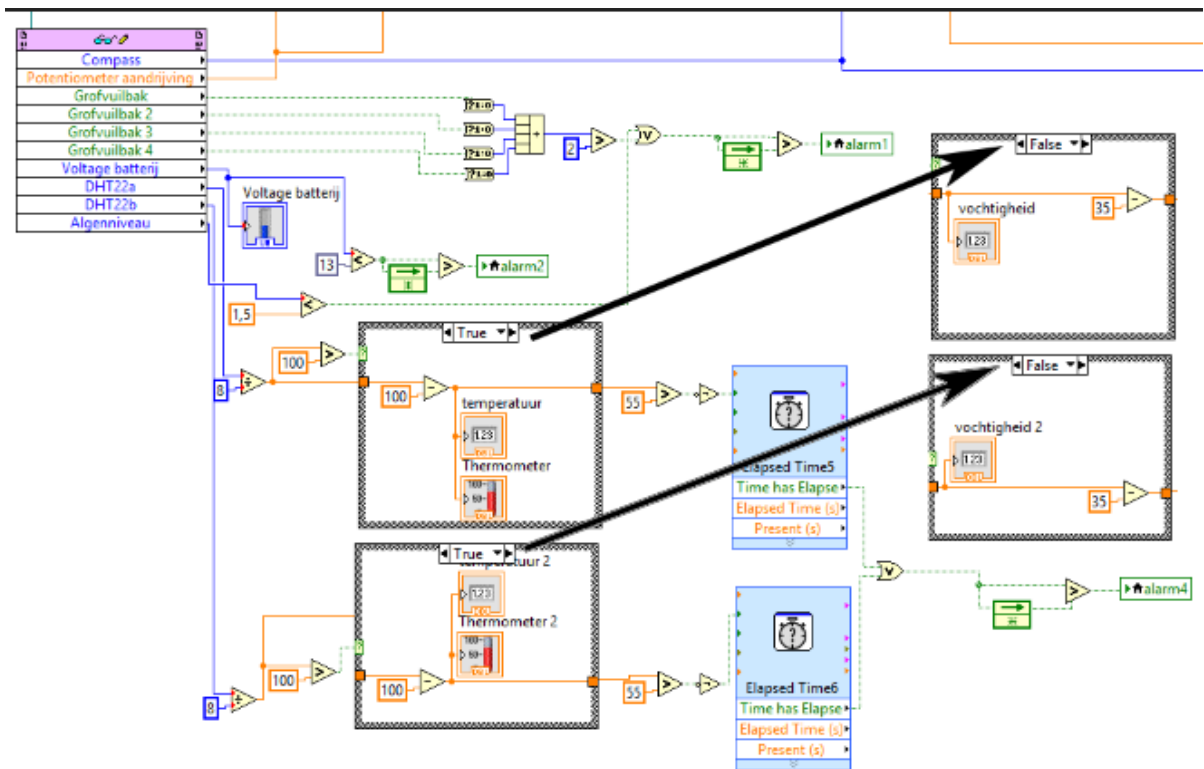
Figuur 3-109 Real-time: koersberekening

- Situaties die aandacht vereisen

De boot is niet volledig autonoom, als er bepaalde situaties kunnen optreden die de volle aandacht van de bediener vereisen, moet deze verwittigd worden via een alarm.

Wanneer de grofvuilbak vol is, dat wil zeggen minstens 3 van de 4 sensoren zijn ingedrukt( aan elke zijde één), dan klinkt er een alarm, hetzelfde alarm klinkt wanneer de algenbak vol is. Bij een voltage die onder een minimum zakt, zal ook een alarm de bediener op de hoogte stellen.

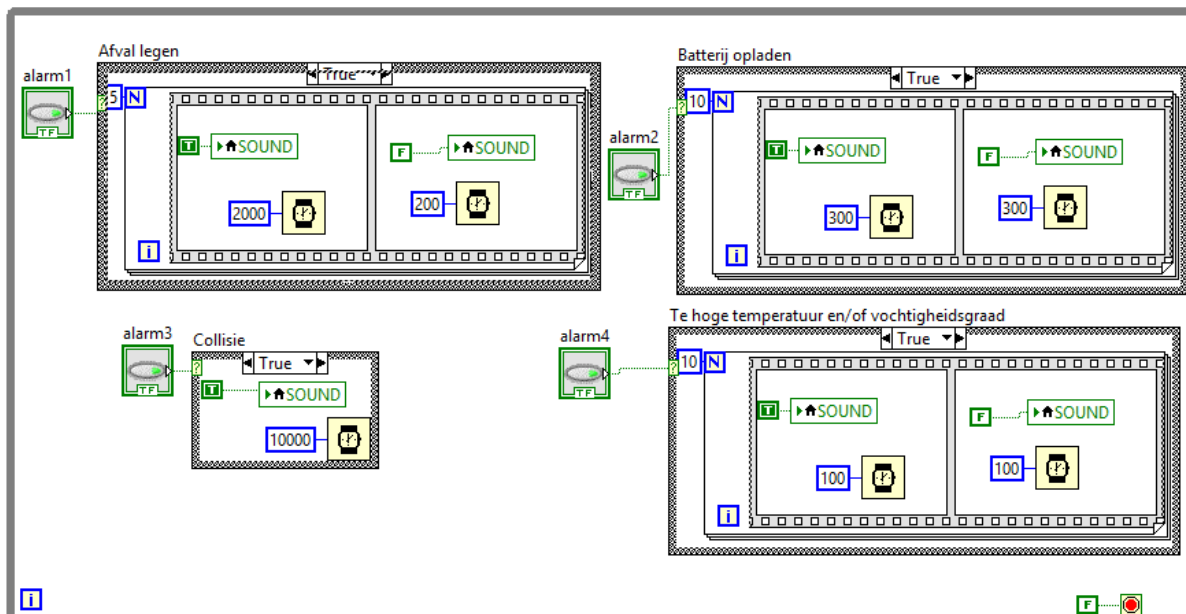
Wanneer de temperatuur boven 55 graden stijgt, maximum gebruikstemperatuur cRIO, of vochtigheid boven 90% stijgt zal er een alarm gegenereert worden, die blijft herhaald worden, omdat dit zeer gevaarlijk is voor de elektronica. De waarden die DHT22a en DHT22b doorgestuurd krijgen zijn pwm-waarden die afwisselen tussen temperatuur en vochtigheid. Als de pulsbreedte < 100 stelt het de vochtigheid voor een halve seconde later verandert het signaal in een pulsbreedte groter dan 100, dat stelt de temperatuur voor, met waarde 130 gelijk aan 0 graden celcius. Deze waardes worden gescheiden door de case structuur.



Figuur 3-110 Real-time: alarmwerking

- Alarmsituaties

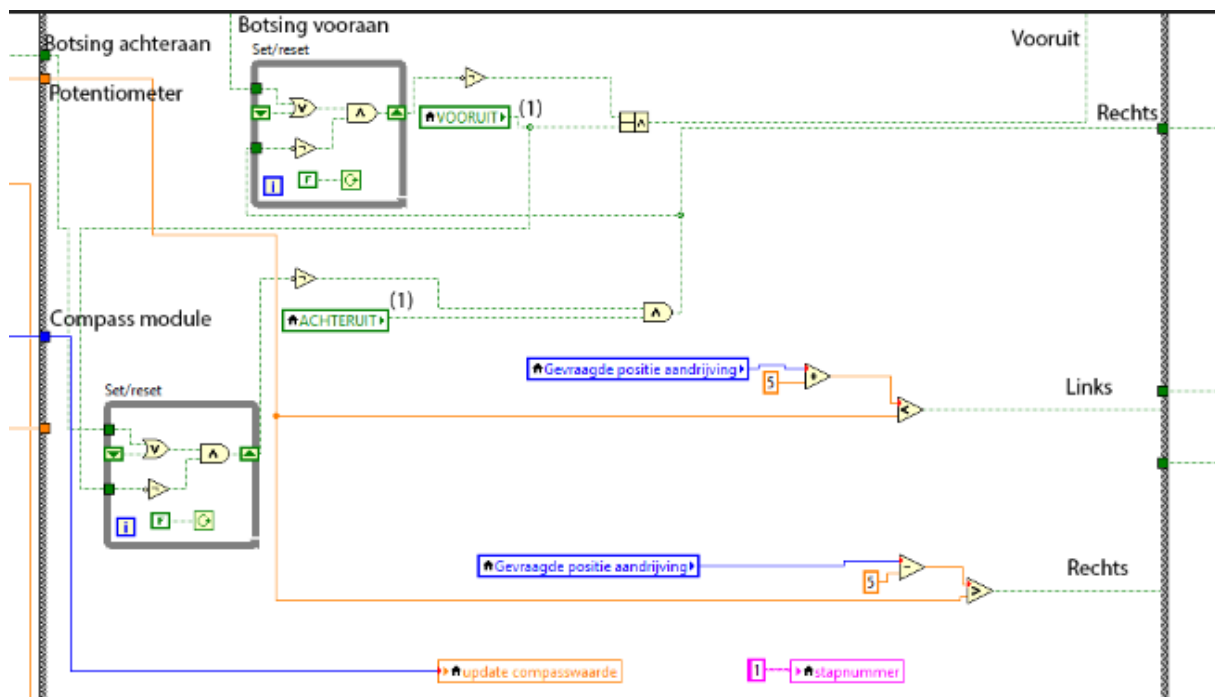
Wanneer problemen opduiken moet de bediener daarvan op de hoogte gebracht worden. Dit gebeurt via een zoemer die bepaalde aan-uit schemas volgen, zodat onderscheid kan gemaakt worden tussen verschillende alarmsituaties. Deze geluidscodes worden gegenereert door een case structure aan te zetten die een for-lus een gegeven aantal keer de lus laten doorlopen. In de lus zit een flat sequence die telkens een vaste volgorde doorloopt, de SOUND variabele is true, er wordt een bepaalde tijd gewacht, de SOUND-variabele wordt op false gezet, een bepaalde tijd wordt gewacht, daarna doorloopt de for-lus een tweede keer zijn inhoud en herhaalt dit totdat het gevraagd aantal keer wordt doorlopen.



Figuur 3-111 Real time: alarmsituaties

- Manuele besturing

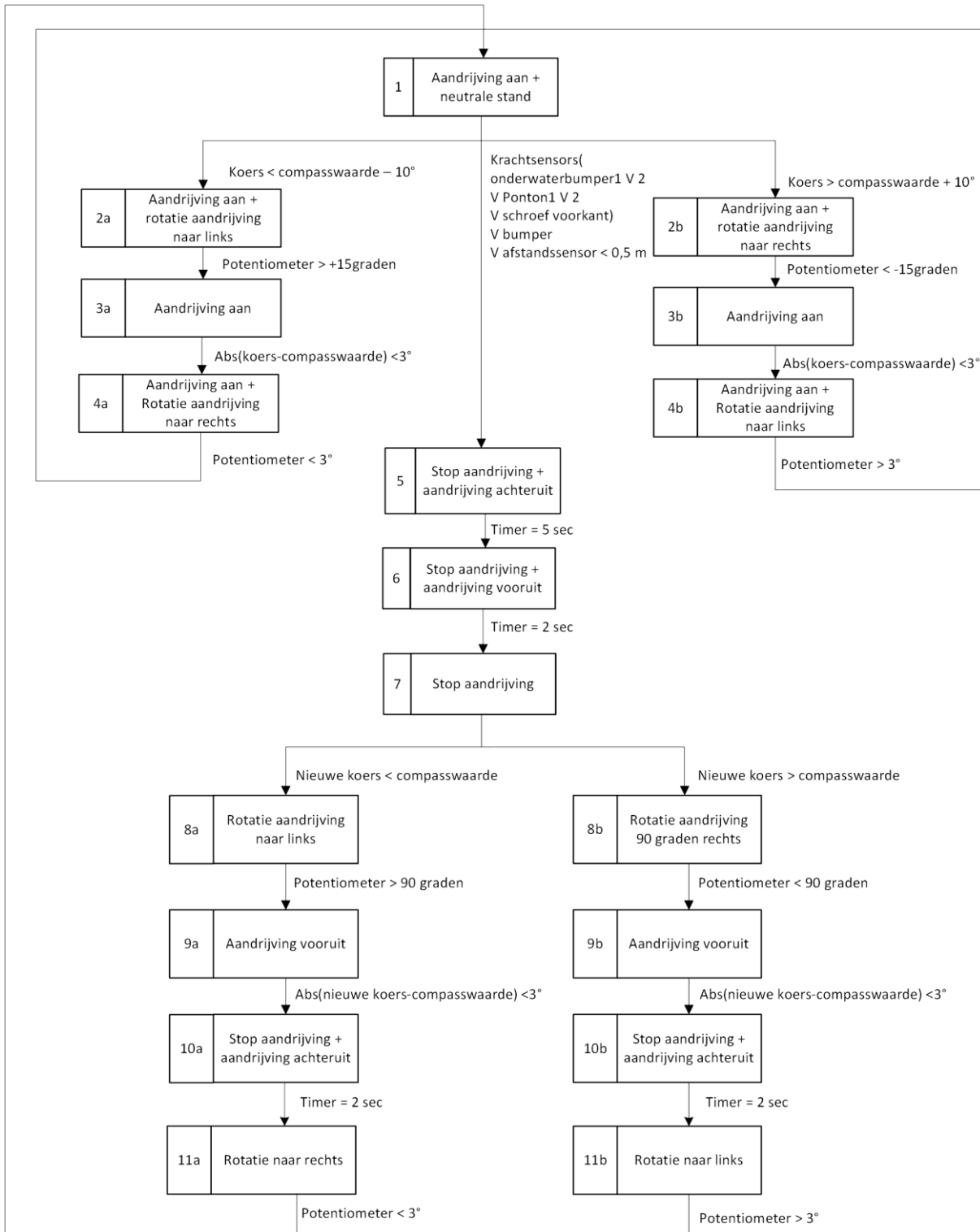
De besturing staat in een case, met true wanneer autonoom aan staat en false wanneer autonoom uit staat. In dat geval is de besturing manueel. De lokale variabelen (1) worden gestuurd in het puntje besturing hierboven. Wanneer een botsing gebeurt in de richting dat je de boot stuurt, stopt de aandrijving doordat de set/reset wordt geset (blokkering aan), en kan enkel gereset worden wanneer je achteruit vaart. Omgekeerd geldt ook voor de tegengestelde richting. Wanneer er wordt gestuurd wordt er vergeleken tussen de stand van de potentiometer (is de hoek waarin de aandrijfmotor staat) en de gevraagde hoek. Er geldt een dode zone van 10 graden zodat bij een overshoot geen oscillatie begint op te treden. Ook wordt koers constant aangepast aan de compasswaarde zodat bij het wisselen naar autonoom, de koerswaarde de compasswaarde op dat moment aanneemt, en geen oude koerswaarde.



Figuur 3-112 Real-time: manuele besturing

- Autonome besturing

**Stroomdiagram autonome stand**



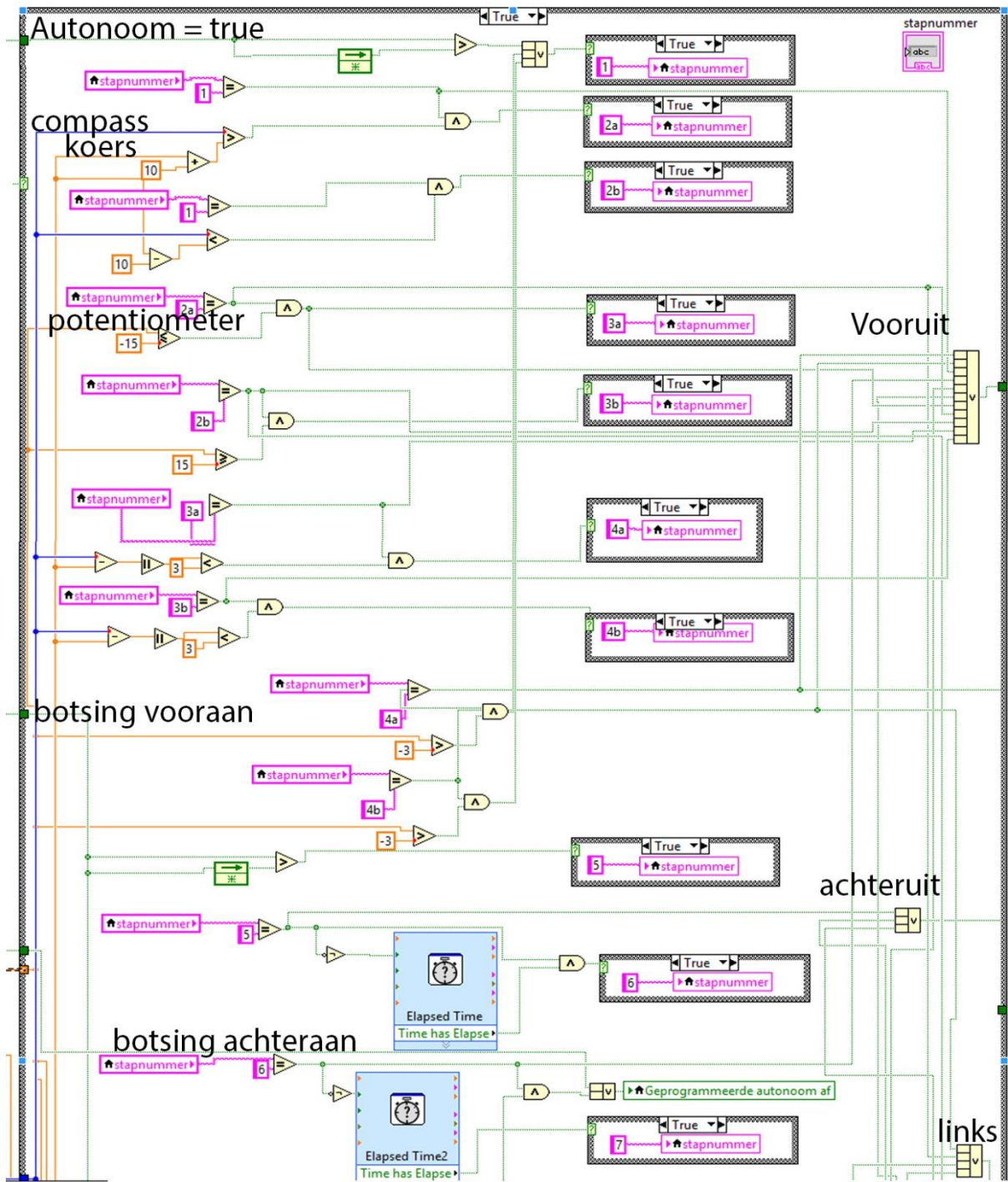
**Figuur 3-113** Stromingsdiagram autonome besturing

De stapnummers komen overeen met diegene in labview, wat het gemakkelijker maakt om mee te volgen in het programma. Wat niet aanwezig is op de stroomdiagram is dat tijdens stappen 2-4 ook over wordt geschakeld naar stap 5 indien er een botsing optreedt.

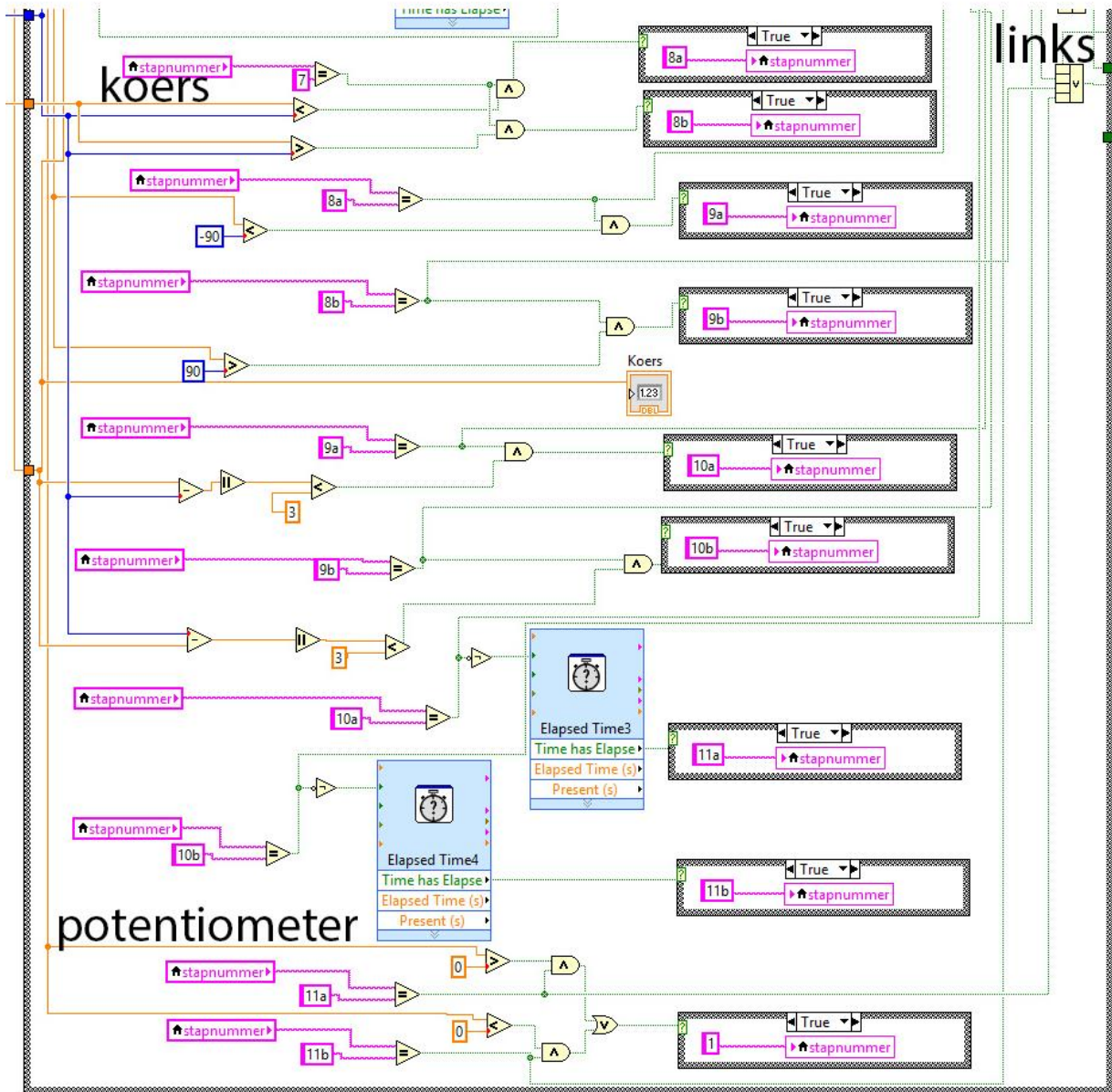
De reden dat er gewerkt is met stapnummers is dat het duidelijk werd tijdens de lessen PLC dat dit een zeer handig, doorzichtig en gebruiksvriendelijk systeem. Tijdens het testen kan direct opgespoord worden waar een fout zit, aangezien het stapnummer aantoont waar men op ieder moment zit. De stapnummers worden toegewezen wanneer de case structure true is, en dat is wanneer aan bepaalde voorwaarden is voldaan. Iedere keer men verandert naar autonome besturing wordt er gestart met stap 1.

Bij stapnummer 6 heb ik nog gesteld dat als de sensors van voorwaartse botsing na het achteruit varen nog steeds een true waarde registreren de boot terug naar manuele stand wisselt. In dat geval is de boot waarschijnlijk vastgeraakt in de oever.

Na iedere beweging die de boot maakt zorg ik ervoor dat erna een korte tegengestelde aandrijving wordt uitgevoerd, om de traagheid van de boot in het water tegen te werken.

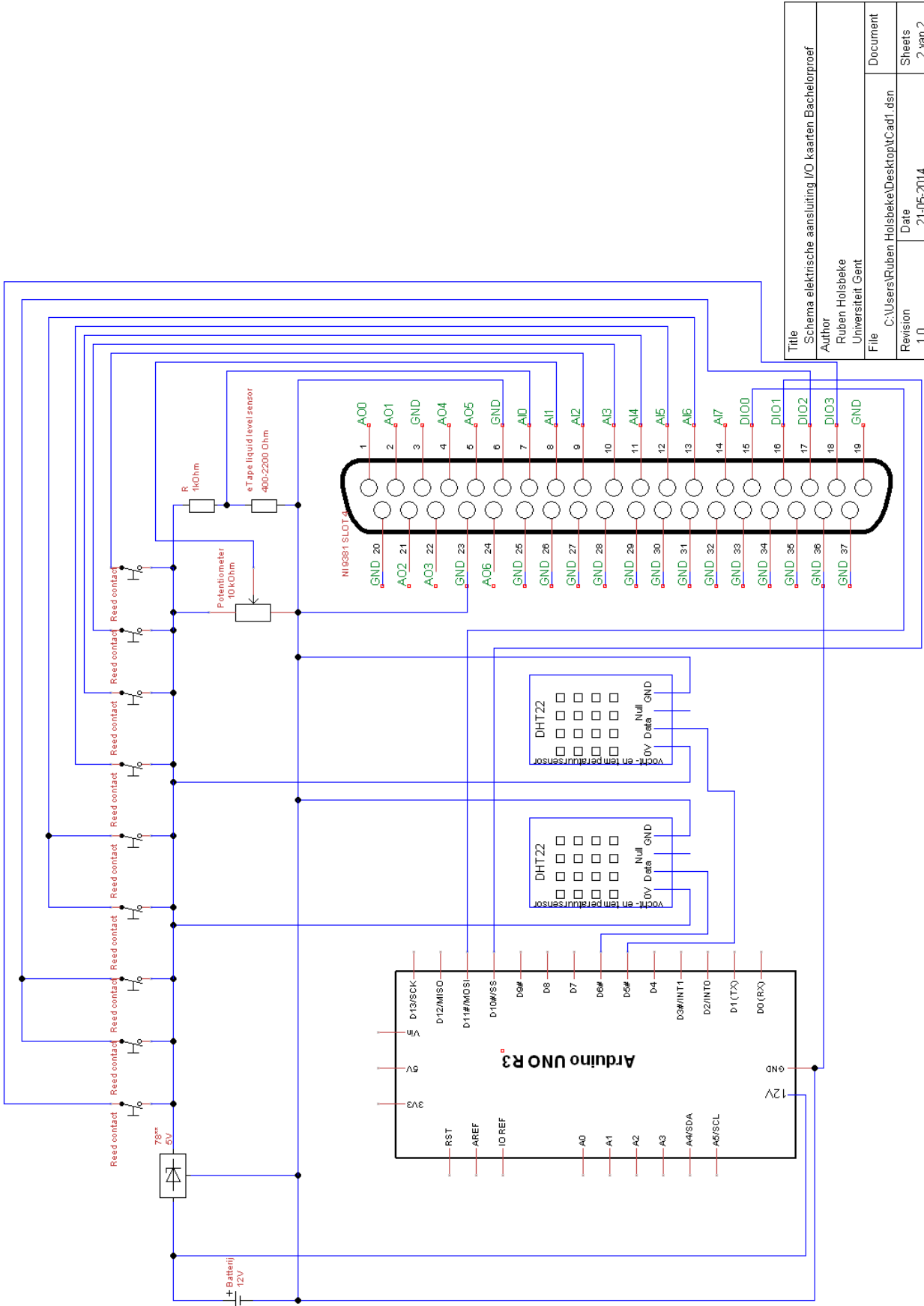


Figuur 3-114 Real-time: autonome besturing

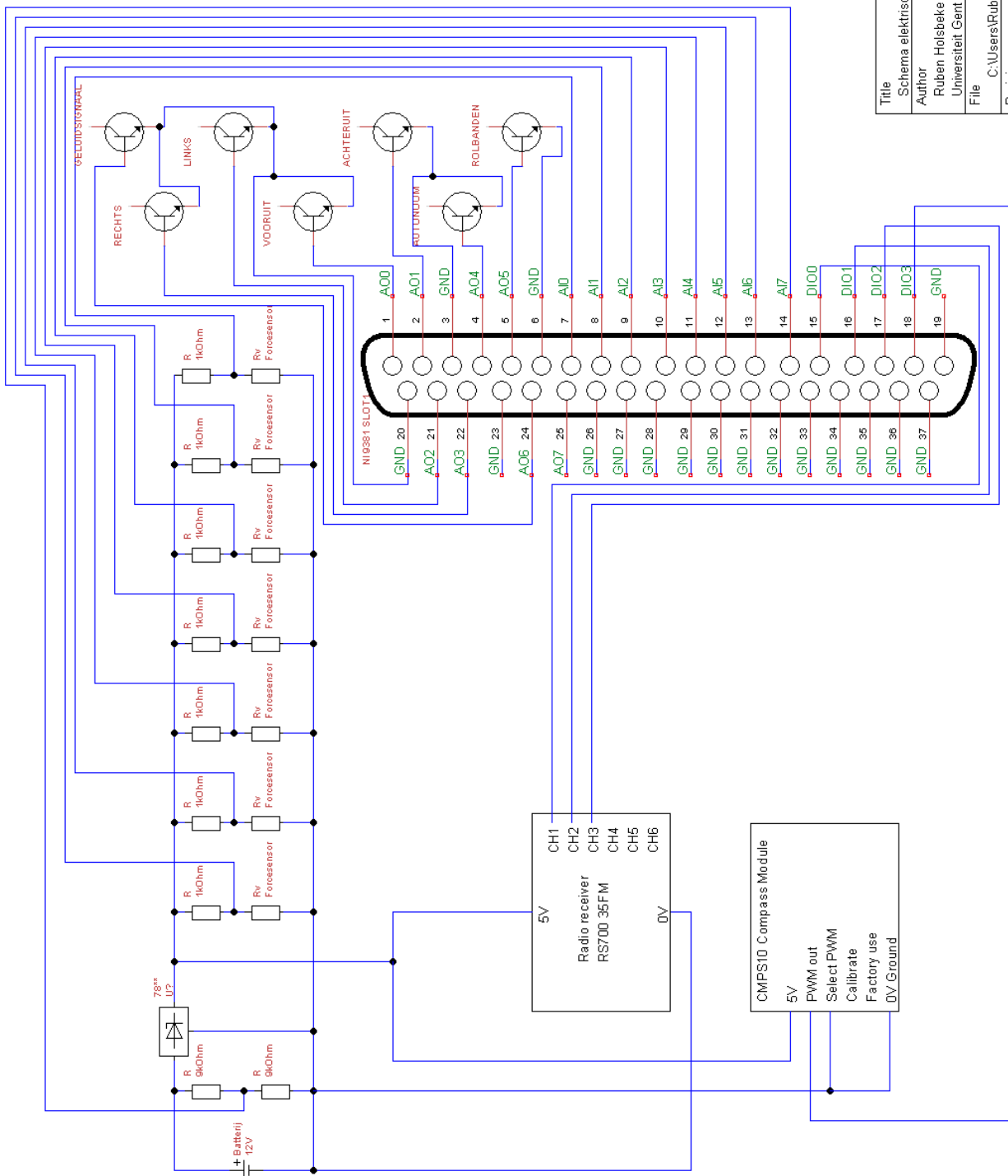


Figuur 3-115 Real-time: autonome besturing

### 3.9.3 Bedradingschema's



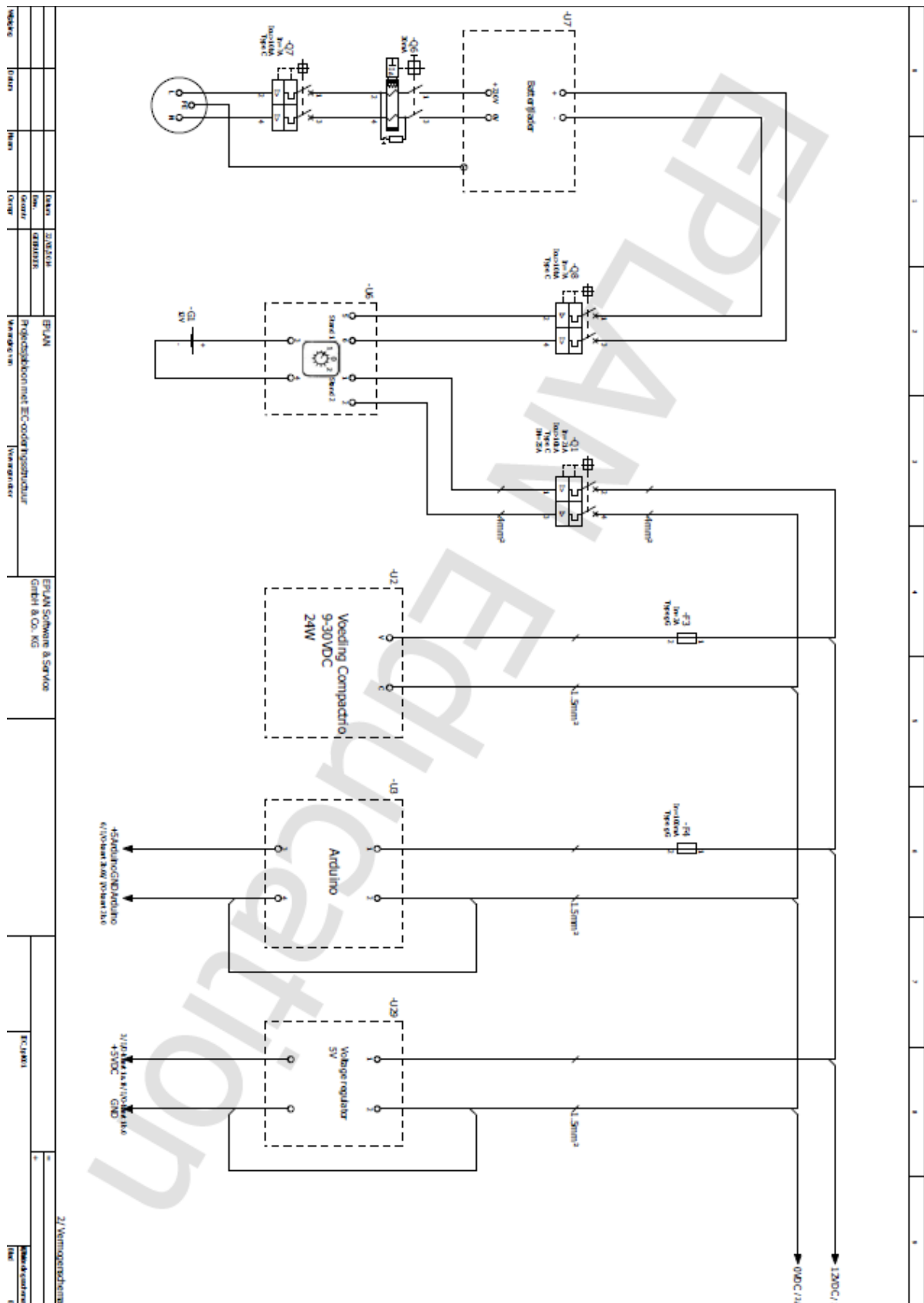
Title	Schema elektrische aansluiting I/O kaarten Bachelorproef		
Author	Ruben Holsbeke Universiteit Gent		
File	C:\Users\Ruben Holsbeke\Desktop\Cad1.dsn	Document	
Revision	1.0	Date	21-05-2014
		Sheets	2 van 2



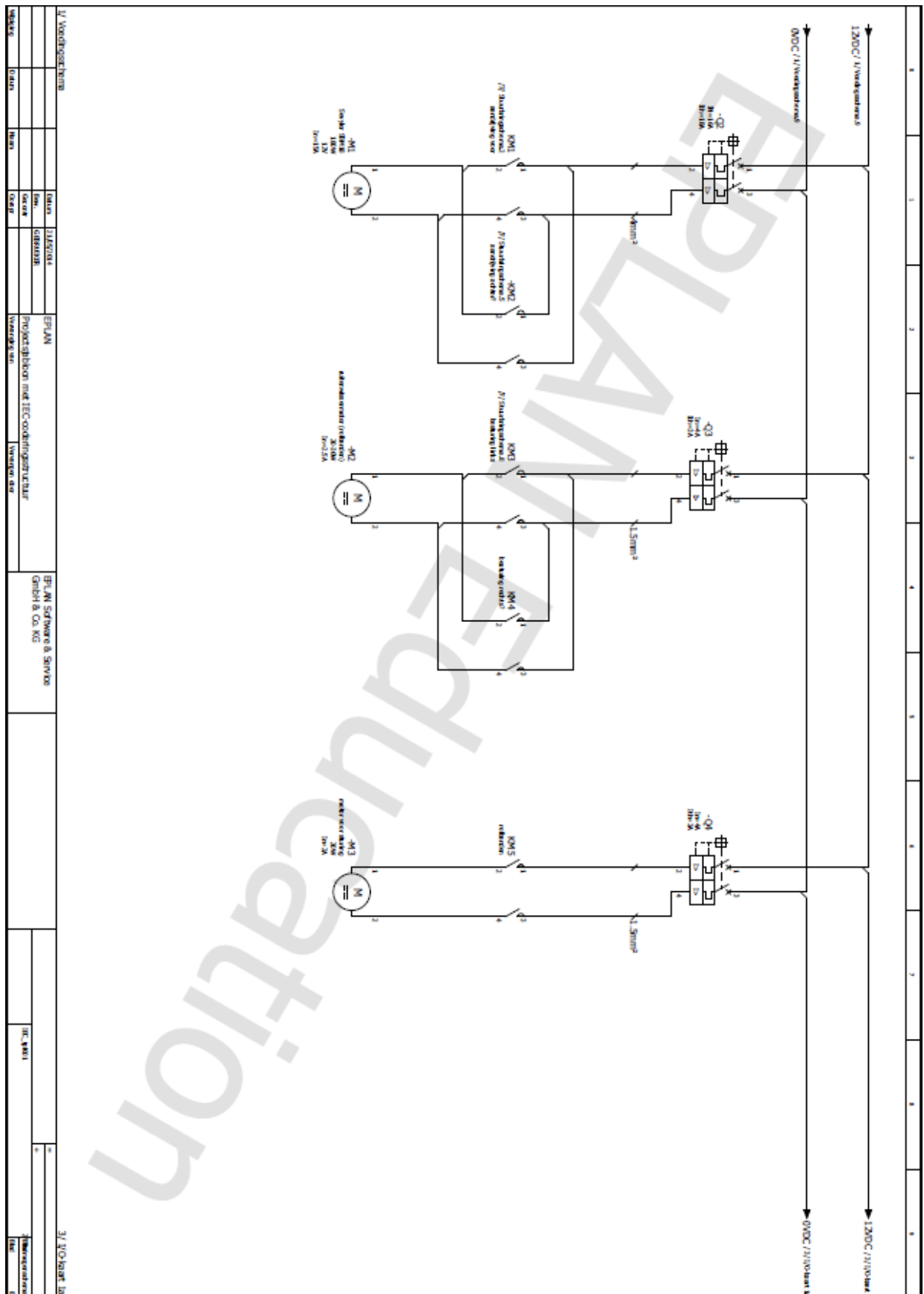
Title	Schema elektrische aansluiting I/O kaarten Bachelorproef		
Author	Ruben Holsbeke Universiteit Gent		
File	C:\Users\Ruben Holsbeke\Desktop\Cad1.dsn		
Revision	1.0	Date	21-05-2014
Document	Sheets		1 van 2

### 3.10 Eplan schema's

#### 3.10.1 Voedingsschema



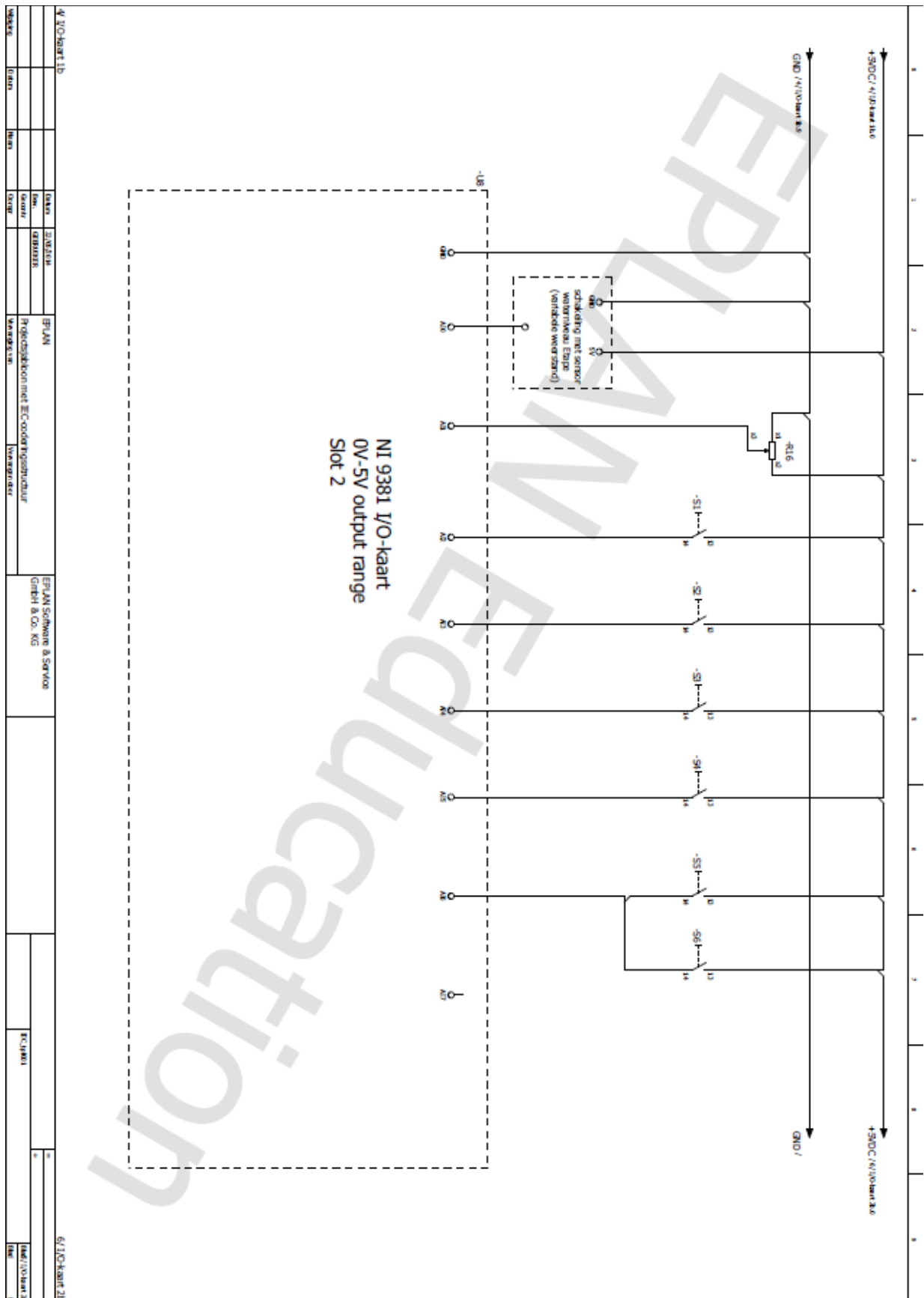
### 3.10.2 Vermogenschema



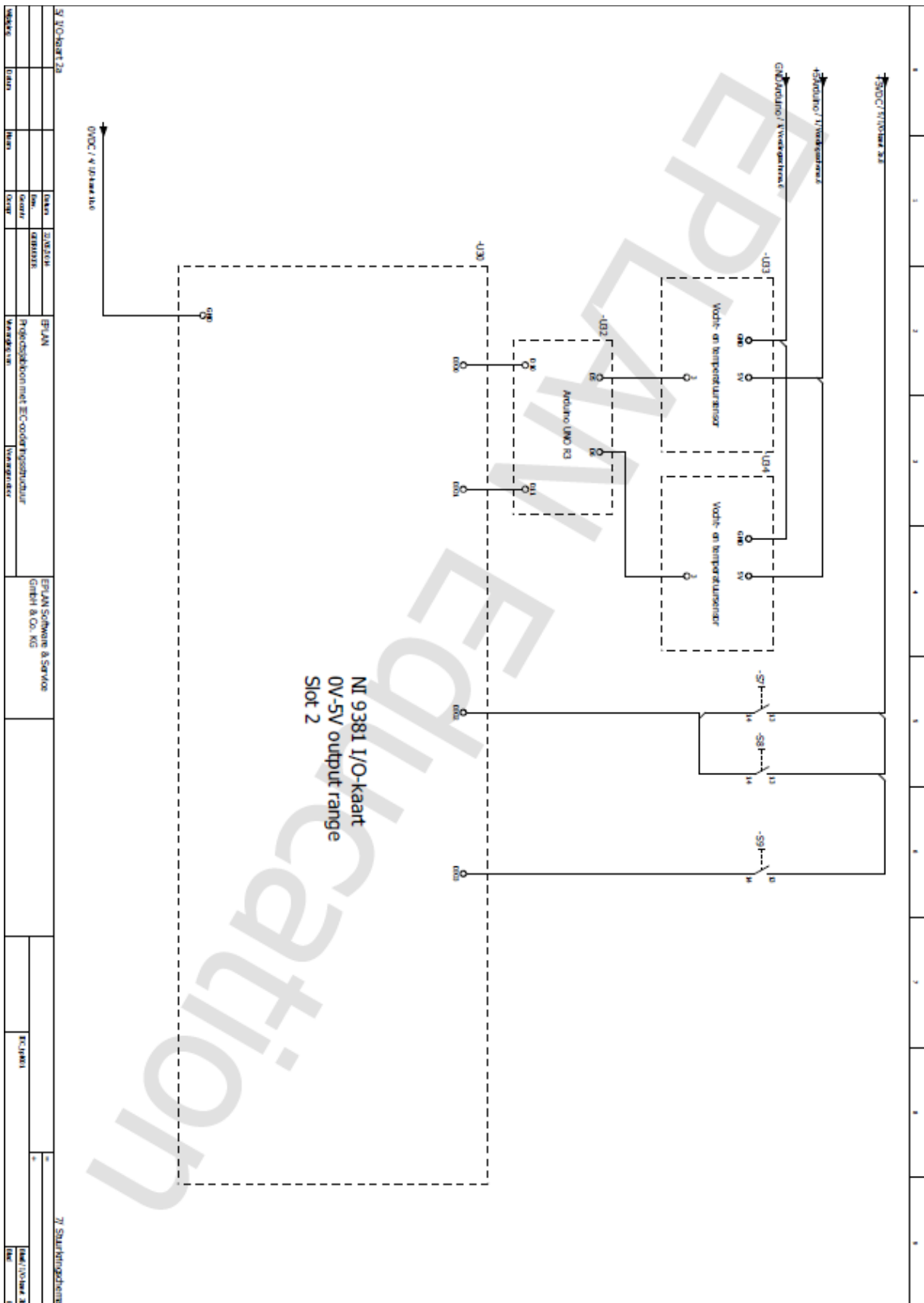




### 3.10.5 I/O kaart 2a



### 3.10.6 I/O kaart 2b







### 3.11 EG-verklaring van Overeenstemming

*Wij, Producent Algae nv.*

*Kortrijksepoortstraat 23*

*Gent*

*België*

*verklaren geheel onder eigen verantwoordelijkheid dat het*

*product :       Bewerkingsmachine, type 1*

*(serienummer: 123459)*

waarop deze verklaring betrekking heeft, in overeenstemming is met de volgende normen

ISO-12100

ISO-13849-1

ISO- 13850

EN-60204

EN-1999-1-7

NEN-ISO- 31000

NEN 1010

*volgens de bepalingen van*

*algemene productveiligheid(2001/95/EG)*

*Machinerichtlijn : Richtlijn 2006/42/EG*

*Veiligheid en gezondheid (89/655/EEG)*

*zoals laatstelijk gewijzigd*

*België, Gent*

*Gemachtigd persoon*

*Yannick Schneider*

*Datum*

*21/05/2014*

## 4 Milieu en duurzaamheid

### 4.1 Motivatie 1: Biobrandstof van microalgen

Een productie van biobrandstof door middel van microalgen moet op alle vlakken duurzaam zijn. Bij het verwijderen van algen moeten er dus ook rekening gehouden worden met welke gevolgen deze verwijdering heeft voor de biotoop en hoeveel algen er precies mogen verwijderd worden.

Algen bevatten bladgroenkorrels (chloroplasten) waarmee ze via zonlicht hun eigen energie produceren door koolstofdioxide en water om te zetten in zuurstof en glucose, het zogenaamde fotosyntheseproces. Algen zijn dus een belangrijke bron van zuurstof voor vele levensvormen.

Aan de andere kant kunnen algen zeer snel een nadelige impact hebben op een biotoop. Aangezien ze tot 10 keer sneller groeien dan andere planten is een ware overwoekering geen uitzondering.

Hoe komt deze overgroei tot stand? Om te beginnen komen er via meststoffen veelvuldig stikstof en fosfaat in zoet water terecht. Hierdoor ontstaat er eutrofiëring, een overmaat aan voedingsstoffen in het water en als gevolg hiervan een sterke algengroei. Al deze algen nemen dan de biotoop over, waardoor andere organismen afsterven.

De voornaamste negatieve gevolgen van een overmatige algengroei zijn vertroebeling van het water en de afname van het zuurstofgehalte, die een afname van waterorganismen en micro-organismen en een toename van anaërobe bacteriën en anaërobe afbraak van afvalstoffen tot gevolg hebben. Bovendien kunnen bij warme temperaturen en donkere omstandigheden de algen terug afsterven. Hierbij produceren ze vaak een rioolachtige geur en komen de nutriënten die ze tijdens hun leven hebben opgenomen opnieuw vrij in het water, dit maakt van algen secundaire vervuilers.

Voor de zogenaamde blauwgroene algen of cyanobacteriën zorgen voor een blokkade van het licht. Hierdoor kan de basis van de voedselketen in een waterachtige biotoop: het fytoplankton, niet overleven met verdere deterioratie van het systeem tot gevolg.

Het is dus wikkelen en wegen hoeveel algen er nu juist mogen verwijderd worden. Aangezien 'The Cleaning Project' zich focust op de bovenlaag van algen die drijft op het water zorgt dit ervoor dat het evenwicht terug hersteld wordt zonder een overmatige algenverwijdering zodat er nog voldoende zuurstof geproduceerd wordt.

## **Is het mogelijk om van algen een biobrandstof te maken?**

Uit algen kunnen lipiden worden gehaald en hiermee kan biodiesel worden geproduceerd. Er wordt hiervoor directe transesterificatie of omestering gebruikt. Hierbij worden esterverbindingen verbroken door het toevoegen van een base en ontstaan glycerol en vetzuren.

Deze vetzuren worden dan veresterd met alcohol waaruit er biodiesel en water verkregen wordt. Men gaat de algen dus 'uncyclen'.

Bovendien kan men uit algen meer energie produceren dan uit andere groene energiebronnen zoals plantaardige oliën.

(Zie literatuurstudie)

## **In welke mate wordt deze biobrandstof al gemaakt en gebruikt?**

Het Amerikaanse ministerie van energie heeft ingeschat dat een oppervlakte van zo'n 24140 vierkante kilometer aan algenoppervlakte (tot 50cm in het water) nodig is om gebruik van aardolie in de Verenigde Staten te vervangen door deze biobrandstof. Het kweken van algen is hierbij zinloos omdat ze in overvloed voorkomen in de natuur. Een grootschalig ophalen van algen uit het water in alle meren en rivieren op deze planeet zou dus een mogelijke oplossing zijn als alternatief voor het gebruik van fossiele brandstoffen.

Biobrandstof maken uit algen wordt de dag van vandaag op zeer kleine schaal gedaan. Toch heeft men hier al veel onderzoek naar gedaan en is de productie van biobrandstof uit algen in een ontwikkelingsfase beland. Enkele algenboerderijen kweken algen, niet enkel als energiegroestof maar ook als veevoeder. KLM bijvoorbeeld heeft een project waarbij ze de biobrandstof willen gebruiken als vervangingsmiddel van kerosine. Ten slotte heb je nog AlgaePARC van Wageningen University & Research center waar onderzoek wordt gedaan naar microalgen en het gebruik hiervan als groestof voor biodiesel. Maar het bestaat (voorlopig?) dus nog in beperkte mate.

## **Voordelen ter gebruik van biobrandstof uit algen tegenover andere biobrandstoffen en fossiele brandstoffen?**

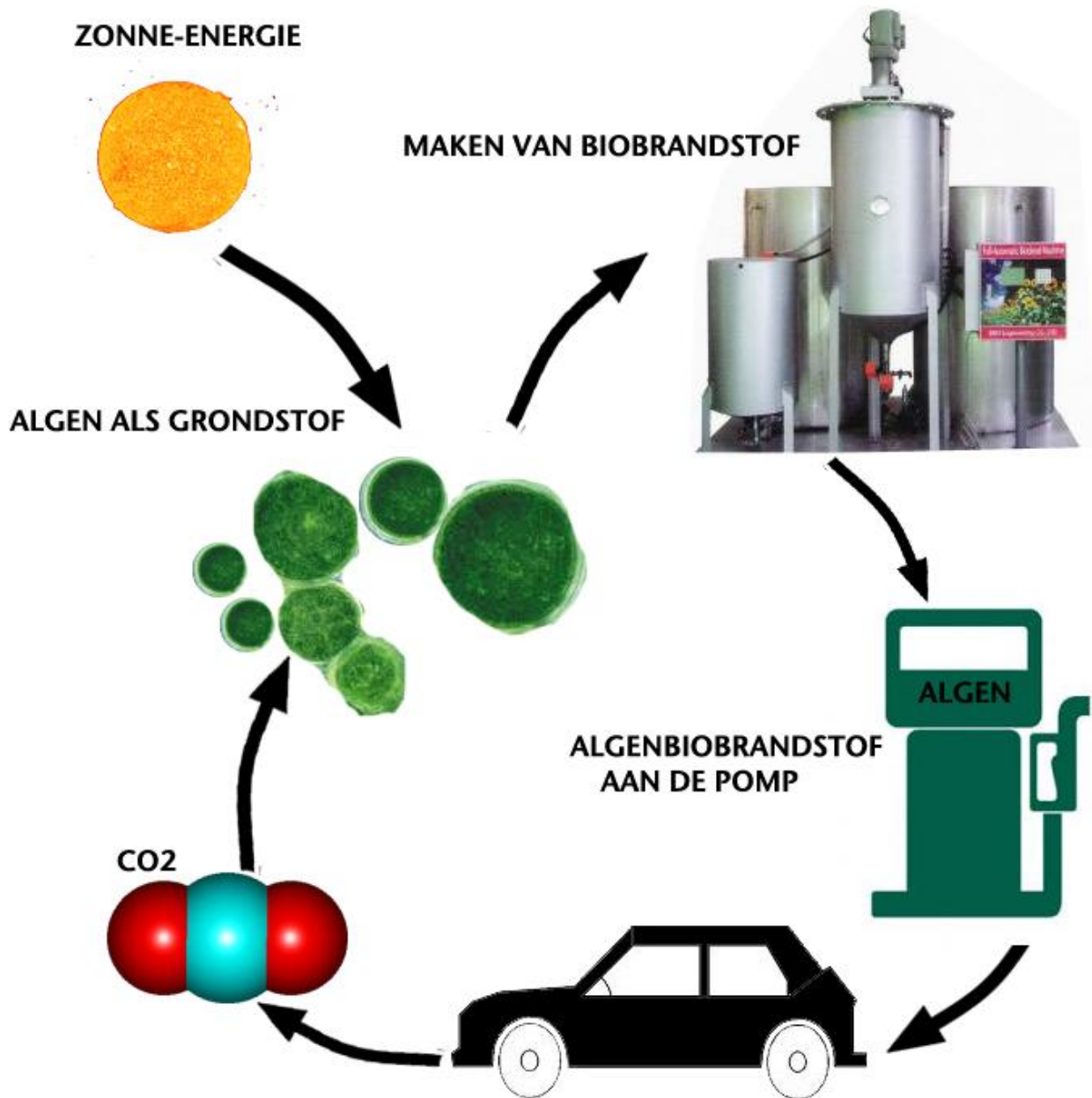
Ten eerste neemt men bij de productie van algen geen kostbare landbouwgronden in zoals het geval is bij productie van andere groestoffen voor biobrandstof zoals plantaardige oliën. Men heeft dus ook geen concurrentie tegenover andere planten, die bijvoorbeeld als voedsel kunnen dienen.

Aangezien algen niet gekweekt moeten worden maar gewoon uit het water kunnen geoogst worden heeft men ook geen extra ruimte nodig.

Tegenover fossiele brandstoffen hebben biobrandstoffen het voordeel dat ze  $CO_2$ -neutraal zijn, wat wilt zeggen dat verbranding van biobrandstoffen niet bijdraagt tot de klimaatverandering. Dit wilt niet zeggen dat bij een biomassa-elektriciteitscentrale er geen  $CO_2$  wordt uitgescheiden; maar wel dat deze  $CO_2$  deel uitmaakt van de koolstofkringloop, de samenstelling van de atmosfeer verandert

hierbij dus niet. Bij de verbranding van fossiele brandstoffen komt er  $CO_2$  vrij die miljoenen jaren geleden is vastgelegd en dit zorgt voor een onbalans in de atmosfeer gekend als het broeikaseffect.

Bovendien zorgen algen voor de omzetting van deze  $CO_2$  in zuurstof dus op dat vlak is het een gesloten cyclus. Algen zetten  $CO_2$  om in energie, wat zorgt voor meer algen, meer algen geeft meer brandstof, brandstof wordt verbruikt en produceert  $CO_2$  die op zijn beurt weer wordt omgezet door algen in zuurstof.. Het is dus de meest milieuvriendelijke biobrandstof.



Figuur 4-1: De Algencyclus

## Het gebruik van de biobrandstof als aandrijving van de ‘The Cleaning Project’-boot

Voor het project worden als elektrische voorziening batterijen gebruikt. Deze batterijen zouden kunnen worden opgeladen in de biomassa-elektriciteitscentrale zodat ook deze cyclus gesloten is. De bootjes halen algen op die zorgen voor brandstof, die op haar beurt zorgt voor het opladen van de batterij van het bootje. Zo zijn de bootjes op zich ook duurzaam, je zou bijna kunnen zeggen dat de bootjes dan autotroof zijn net zoals de algen.

Natuurlijk zou dit pas tot stand kunnen komen indien biobrandstof van algen op een grootschalig gebied zou bestaan en er ook meer algen worden opgehaald dan er door de bootjes worden verbruikt.

### 4.2 Motivatie 2: Watervervuiling

Soms zeggen foto's meer dan woorden :



Figuur 4-3: overgroei van algen

Figuur 4-2: vervuiling van het water





Figuur 4-4: overgroei van algen



Figuur 4-5: vervuiling van het water

Deze foto's zijn genomen in de provincie Guizhou, China.

## 4.3 Milieu en Duurzaamheid van gebruikte materialen.

### Het gebruik van hout

Het probleem is dat het hout permanent in contact zal zijn met water (risicoklasse 4 in zoet water). Door dit contact gaan er zich schimmels vormen op het deel van het hout dat boven water uitsteekt. Deze schimmels zorgen voor een verzwakking van het hout en dus een afname van de sterkte ervan. Daardoor kan er in theorie enkel gebruik gemaakt worden van spintvrij kernhout van de zeer duurzame (klasse I) houtsoorten als de boot voor een zeer lange tijd gebruikt wordt.

Buiten duurzaamheid zijn ook de sterkte-eisen van belang. Er moet dus rekening gehouden worden met de elasticiteitsmodulus van de gekozen houtsoort en de belasting die erop komt. Men kan stellen dat hout met een massadichtheid van  $> 750 \text{ kg/m}^3$  (bij 12% houtvochtgehalte) sterk genoeg is bij het gebruik van grote krachten.

Hieronder ziet men een overzicht van geschikte houtsoorten voor toepassingen bij klasse I en II.

Overzicht van geschikte houtsoorten				
	Klasse	FSC-label	Volumieke massa ( $\text{kg/m}^3$ ) *	E-modulus ( $\text{N/mm}^2$ ) *
<b>Europese houtsoorten</b>				
Robinia	I - II	X	720 - 800	14200
<b>Niet-Europese, voornamelijk tropische, houtsoorten</b>				
Angelim Vermelho	I	X	1050	16900
Cumaru	I	X	1070	22000
Cupiuba	II	X	840	14700
Favinha	I - II	X	690	14600
Guariuba	II - III	X	690	13700
Karri	II	X	800 - 900	19200
Louro Itauba	I - II	X	855	16200
Massaranduba	I - II	X	1100	19600
Pau Amarelo	I	X	810	15700
Piquia	II	X	810	14300
Purperhart	II	X	870	16880
Sucupira Vermelho	I - II	X	850	16300

Tabel 6: overzicht van geschikte houtsoorten

Problematisch is dat deze houtsoorten zeer duur zijn. Dergelijke houtsoorten van klasse I en II gaan dan ook meer dan 25 jaar mee. Voor het bouwen van het prototype gaan er gebruik gemaakt worden van een houtsoort met een lagere klasse en een lagere aankoopprijs zoals bijvoorbeeld Bankiri hout (klasse II of III) omdat de levensduur van dit model minder lang moet zijn.

Afhankelijk van het gebruik van het hout wordt er in de Europese norm EN 335 een indeling in risicoklassen gegeven, waaraan de in België gebruikte homologaties gelinkt zijn. De homologatiecode – A1, A2.1, A2.2, C1, C2, A3, A4.1, A4.2 - geeft aan om welke risicoklasse het precies gaat.

Bij het gebruik van een duurzame houtsoort bij watercontact moet het hout volgens procédé A4.2 een verduurzamingsbehandeling ondergaan. Het gebruikte hout moet volledig ontschorst zijn en er mag geen biologische aantasting zijn voor behandeling. De behandeling kan gebeuren door besproeien, onderdompelen of gebruik van vacuümdruk... Onder A4.2 moet de behandeling afhankelijk van houtsoort en het te gebruiken product gebeuren door vacuüm of door alternerende en oscillerende druk. Hout kan met verschillende stoffen verduurzaamd worden, waaronder met creosoot of koperhoudende middelen. Een voorbeeld van koperhoudende middelen zijn CCA- of Wolmanzouten. Andere middelen zijn creosootolie, carbolineum, boraten, bifluoriden en azaconazole. Hiervan worden creosootolie en CCA-zouten het meest gebruikt. De meeste middelen zijn inmiddels niet meer toegestaan.

CCA-zouten kunnen schadelijk zijn bij het inhaleren van de rook bij verbranding van het hout of door orale blootstelling door drinken van water waarin ze aanwezig zijn. Bovendien zijn ze vluchtig en kunnen zo in de atmosfeer terecht komen. Enkele van deze zouten zijn in geringe mate schadelijk, andere zijn zeer schadelijk tot zelfs kankerverwekend. Meer informatie over gezondheidseffecten van deze zouten vindt men in het RIVM-rapport 'Public Health Risk Assessment of CCA-Products'. Bij andere producten zijn de blootstellingen in geringe mate aanwezig.

Toch kan je naast de nadelen van deze producten ook enkele voordelen in verband met het milieu aanhalen. Zo zorgt men er bij het gebruik van dergelijke producten voor dat het hout langer meegaat en dus minder snel aan vervanging toe is, men is dus zuiniger met bomen. Ook kan dit houtna behandeling gebruikt worden als vervangmiddel voor minder milieuvriendelijke materialen. Men kan bijgevolg ook minder sterke en snelgroeïende houtsoorten gebruiken die zorgen dat andere bomen (die zeer traag teruggroeien maar wel sterker zijn) gespaard blijven.

## Het gebruik van Polyethyleenterephthalaat (PET)

Aangezien onze boot ook bedoeld is om vuil zoals PET-flessen uit het water te halen, werd er een idee gecreëerd om de verzamelde flessen te gebruiken voor het vervaardigen van de boot. Dit zou echter enkel mogelijk zijn indien ons project grootschalig werd overgenomen en de PET in een speciale fabriek zou worden gerecycleerd. Dit laatste is immers een ingewikkeld proces en is absoluut niet rendabel op kleine schaal.

Recyclage van PET-flessen gebeurt op 2 manieren: Ten eerste gaat men door een chemische recycling de flessen terugbrengen naar de oorspronkelijke grondstoffen tereftaalzuur (PTA), dimethyltereftalaat (DMT) en ethyleenglycol(EG) of tussenproducten zoals bis- $\beta$ -hydroxyterephthalate die dan gebruikt kunnen worden om opnieuw PET te maken; ten tweede gaat men door mechanische recycling de kunststof verwerken tot regranulaat (korrels) die zo kunnen gebruikt worden als grondstof voor nieuwe kunststofproducten.

Chemische recyclage zal pas kostenefficiënt kunnen zijn bij een minimum van 50000 ton PET-flessen per jaar. Er zijn reeds verschillende pogingen geweest om dergelijke omvang van recyclage-installaties te maken, maar met weinig succes. Zelfs de veelbelovende Japanse chemische recycling heeft geen industriële doorbraak voortgebracht. Redenenhiervoor zijn enerzijds dat het moeilijk is om zo'n grote hoeveelheid PET-flessen op 1 locatie te krijgen en daarnaast ook de prijsvolatiliteit van de verzamelde flessen.

Mechanische recyclage wordt de dag van vandaag wel al in grote mate gebruikt. Mechanische recyclage zal al kostenefficiënt worden vanaf een oplage van 5000 ton PET-flessen per jaar.

## 4.4 Ecolizer

Product of onderdeel: ALGEA		Project: The Cleaning Project		
datum: 2014		Steven Van Lint Frederik Merckx		
<p>Roestvrij staal wordt gebruikt voor de assen, kettingen, tandwielen, mechanische componenten en de klemringen.</p> <p>PA6 wordt gebruikt voor de glijlagers.</p> <p>Aluminium wordt gebruik voor de bouw van de pontons en voor de behuizing, het gebruikte legering is aluminium 2014.</p> <p>Rubber wordt gebruikt voor de rolbanden.</p> <p>bioplastic wordt gebruikt voor de opvangbakken.</p>				
Gegevens				
<p>De hoofdautoomaat is 21 Ampère nominale stroom. Vermenigvuldigd met 12 V geeft dit 252 Watt</p> <p>De levensduur wordt geschat op 5000 uur.</p>				
Productie				
	hoeveelheid (kilogram)	Eco indicator score	Resultaat (mPt)	Materiaal
	6,2	551	3416,2	roestvrij staal
	0,02	756	15,12	PA6
	60	1045	62700	Aluminium
	0,6	355	213	Rubber
	0,5	312	156	bioplastic
<b>Totaal</b>	<b>67,32</b>	<b>3019</b>	<b>66500,3</b>	
Bewerkingen				
Productieproces	hoeveelheid (kg)	Eco indicator score	Resultaat (mPt)	Materiaal
boren	0,011	70,8	0,7788	roestvrij staal
draaien	0,2	68,2	13,64	
frezen	0,3	70,4	21,12	
sputgieten	0,02	126	2,52	PA6
draaien	0,2	942	188,4	Aluminium
sputgieten	0,5	126	63	Bioplastic
<b>Totaal</b>	<b>1,231</b>	<b>1403,4</b>	<b>289,459</b>	

## Transport

proces	hoeveelheid (kg)	Eco indicator score	Resultaat (mPt)
<b>transport staal</b>			
trein	0,655	3,9	2,5545
vrachtwagen	0,0023	186	0,4278
<b>transport PA6</b>			
vrachtschip	0,312	4,7	1,4664
vrachtwagen	0,0009	186	0,1674
<b>Transport Aluminium</b>			
trein	0,425	3,9	1,6575
vrachtwagen	0,0015	186	0,279
<b>Transport Rubber</b>			
vrachtschip	0,285	4,7	1,3395
vrachtwagen	0,009	186	1,674
<b>Totaal</b>	<b>1,6907</b>	<b>761,2</b>	<b>9,5661</b>

## Gebruiksfase voor 5 000 uur

proces	hoeveelheid (kWh)	eco indicator score	Resultaat (mPt)
voeding batterij	1260	31	39060
<b>Totaal</b>	<b>1260</b>	<b>31</b>	<b>39060</b>

## Afdankingsfase

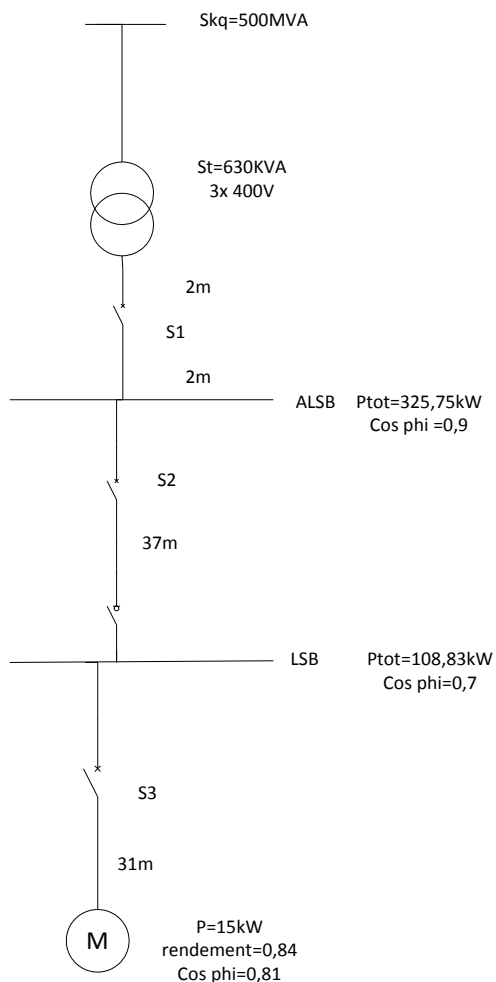
	hoeveelheid (gram)	eco indicator score	Resultaat(mPt)	Materiaal
	6,2	-475	-2945	roestvrij staal
	0,02	-731	-14,62	PA6
	60	-915	-54900	Aluminium
	0,6	50	30	Rubber
	0,5	dnb		bioplastic
	<b>67,32</b>	<b>2071</b>	<b>-57830</b>	<b>Totaal</b>

## Totaal eco efficiëntie

Totaal over alle fasen	48029,7
------------------------	---------

# 5 Laagspanningsinstallatie

## 5.1 Laagspanningsinstallaties: opgave 1



Figuur 5-1: opgave 1

### 1. Bereken van de Ib's

ALSB

$$I_{b1} = \frac{P_{tot,1}}{\sqrt{3} \cdot U_l \cdot \cos(\vartheta_1)} = \frac{325760}{400 \cdot 0,9 \cdot \sqrt{3}} = 522,44A$$

LSB

$$I_{b2} = \frac{P_{tot,2}}{\sqrt{3} \cdot U_l \cdot \cos(\vartheta_2)} = \frac{108830}{400 \cdot 0,7 \cdot \sqrt{3}} = 224,40A$$

Motor

$$I_{b3} = \frac{P_{motor}}{\sqrt{3} \cdot U_l \cdot \cos(\vartheta_{motor})} = \frac{15000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,84 \cdot 0,81} = 31,82A$$

## 2.Kabels kiezen

### Rails

Barenstelsel dimensioneren op u nominale secundaire stroom die u transformator kan leveren, en dus niet op u bedrijfstrom, met daarbij 100 A boven deze waarde om zeker genoeg te hebben.

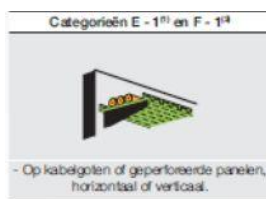
$$I_{nom,sec} = \frac{S_t}{\sqrt{3} \cdot U_l} = \frac{630000}{400 \cdot \sqrt{3}} = 909,32 A$$

Rails: 1142 A (continustroom tabel) → 50 x 10 → doorsnede = 499 mm<sup>2</sup>

### Kabels 37 meter

### Correctiefactor K1

Voor de aanleg wordt de methode E-1 gebruikt: Op kabelgoten of geperforeerde panelen, horizontaal of verticaal.



Figuur 5-2: methode E-1

### Correctiefactor K1

Selectieletter	Installatiegeval	K1
B	■ kabels in producten, direct ingebouwd in thermisch isolerende materialen	0,70
	■ kanalen ingebouwd in thermisch isolerende materialen	0,77
	■ multigeleiderkabels	0,90
	■ holle ruimtes in gebouwen en sleuven	0,95
	■ plaatsing onder plafonds	0,95
C	■ andere gevallen	1
B, C, E, F		1

Figuur 5-3: correctiefactor K1

Er wordt dus een correctiefactor K1 verkregen van 1 bij methode E

### Correctiefactor K2

Gegeven is dat er 5 kringen zijn wat bij een EPR-draad geeft dat de correctiefactor K2 een waarde krijgt van 0,75 bij methode E

## Correctiefactor K2

Selectie-letter	Opstelling van samenliggende kabels	Correctiefactor K2												
		aantal kringen of multigeleiderkabels												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20	
B, C, F	Ingebouwd of verzonken in de wanden	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,55	0,55	0,50	0,50	0,45	0,40	0,40	
C	Enkele laag op de muren, vloeren of de niet geperforeerde plaatsteunen	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	Geen bijkomende reductiefactor voor meer dan 9 kabels.			
	Enkele laag op plafond	1,00	0,85	0,76	0,72	0,69	0,67	0,66	0,65	0,64				
E, F	Enkele laag op horizontale, geperforeerde plaatsteunen of op verticale plaatsteunen	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72				
	Enkele laag op kabelladders, kraagstenen, enz.	1,00	0,88	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78				

Figuur 5-4: correctiefactor K2

## Correctiefactor K3

Gegevens is dat er een omgevingstemperatuur is van 35°C wat bij een EPR-draad geeft dat de correctiefactor K3 een waarde krijgt van 0,96

## Correctiefactor K3

Omgevings-temperatuur (°C)	isolatie		
	Elastomeer (rubber)	Polyvinylchloride (PVC)	Vernet polyethyleen (PR) butyl, ethyleen, propyleen (EPR)
10	1,29	1,22	1,15
15	1,22	1,17	1,12
20	1,15	1,12	1,08
25	1,07	1,06	1,04
30	1,00	1,00	1,00
35	0,93	0,94	0,96
40	0,82	0,87	0,91
45	0,71	0,79	0,87
50	0,58	0,71	0,82
55	-	0,61	0,76
60	-	0,50	0,71

Figuur 5-5: correctiefactor K3

## Totale correctiefactor K

Voor deze kabel krijgt men een correctiefactor  $K = K1 \cdot K2 \cdot K3 = 0,72$

Bereken van Iz

$$I_{b2} = 224A \rightarrow I_{Z0} = \frac{I_{b2}}{K} = \frac{224,40A}{0,72} = 311,67A$$

Iz → kabel kiezen die wel bestaat

## Bepaling van de minimale doorsnede

I'z en K kennende (I'z is de stroom equivalent aan de door de leidingen getransporteerde stroom: I'z = I'z/K), geeft de onderstaande tabel de aan te houden doorsnede aan.

Selectie-letter	Isolatie en aantal belaste geleiders (3 of 2)									
	Rubber of PVC				Butyl of PR of PR-ethyleen					
B	PVC3	PVC2		PR3	PR3	PR2				
C	PVC3			PVC2	PVC2	PR3	PR2			
E			PVC3					PR2		
F				PVC3		PVC2	PR3	PR3	PR2	PR2
Sectie koper (mm²)	1,5	15,5	17,5	18,5	19,5	22	23	24	26	
	2,5	21	24	25	27	30	31	33	36	
	4	28	32	34	36	40	42	45	49	
	6	36	41	43	48	51	54	58	63	
	10	50	57	60	63	70	75	80	86	
	16	68	76	80	85	94	100	107	115	
	25	89	96	101	112	119	127	138	149	161
	35	110	119	126	138	147	158	169	185	200
	50	134	144	153	168	179	192	207	225	242
	70	171	184	196	213	229	246	268	289	310
	95	207	223	238	258	278	298	328	352	377
	120	239	259	276	299	322	346	382	410	437
	150		299	319	344	371	395	441	473	504
	185		341	364	392	424	450	506	542	575
	240		403	430	461	500	538	599	641	679
	300		464	497	530	576	621	693	741	783
	400					656	754	825		940
	500					749	868	946		1 083
630					855	1 005	1 088		1 254	
Sectie aluminium (mm²)	2,5	16,5	18,5	19,5	21	23	25	26	28	
	4	22	25	26	28	31	33	35	38	
	6	28	32	33	36	39	43	45	49	
	10	39	44	46	49	54	58	62	67	
	16	53	59	61	66	73	77	84	91	
	25	70	73	78	83	90	97	101	108	121
	35	86	90	96	103	112	120	126	135	150
	50	104	110	117	125	136	146	154	164	184
	70	133	140	150	160	174	187	198	211	237
	95	161	170	183	195	211	227	241	257	289
	120	186	197	212	226	245	263	280	300	337
	150		227	245	261	283	304	324	346	389
	185		259	280	298	323	347	371	397	447
	240		305	330	352	382	409	439	470	530
	300		351	381	406	440	471	508	543	613
	400					526	600	663		740
	500					610	694	770		856
	630					711	808	899		996

Figuur 5-6: Bepaling van de minimale doorsnede

Men heeft bij methode E de keuze tussen PVC3, PVC2 of PR3. Er wordt PR3 genomen (3 leiders belast) en koper als materiaal. Onze waarde moet rond 311 A liggen, als er in de kolom gekeken wordt, heeft men een waarde van I<sub>z</sub> = 346 A een sectie van 120 mm<sup>2</sup>.

Wat is nu de doorsnede van de nulleider?

### Bepaling van de doorsnede van een belaste nulleider

De harmonische stromen van rang 3 en veelvouden ervan circulerend in de fasegeleiders van een driefasenkring hopen zich op in de nulleider en overbelasten die.

Voor de door de aanwezigheid van deze harmonischen betroffen kringen en voor fasesecties > 16 mm<sup>2</sup> in koper of 25 mm<sup>2</sup> in aluminium moet men de sectie van de geleiders op de volgende manier bepalen, in functie van het percentage harmonischen van rang 3 en veelvouden ervan in de fasegeleiders:

■ percentage (ih<sub>3</sub>) < 15%:

De nulleider wordt als niet belast beschouwd. De sectie van de nulleider (S<sub>n</sub>) gelijk aan die nodig voor de fasegeleiders (S<sub>ph</sub>). Er wordt geen enkele coëfficiënt verbonden aan de harmonischen toegepast: S<sub>n</sub> = S<sub>ph</sub>

■ percentage (ih<sub>3</sub>) gelegen tussen 15% en 33%:

De nulleider wordt beschouwd als belast zonder overgedimensioneerd te moeten zijn ten opzichte van de fasen.

■ percentage (ih<sub>3</sub>) > 33% :

De geleider wordt beschouwd als belast en moet overgedimensioneerd worden voor een gebruiksstroom gelijk aan 1,45/0,84 keer de gebruiksstroom in de fase, hetzij ongeveer 1,73 keer de berekende stroom.

Afhankelijk van het type gebruikte kabel:

□ meerpolige kabels: De sectie van de nulleider (S<sub>n</sub>) is gelijk aan die nodig voor de sectie van de fasegeleiders (S<sub>ph</sub>) en er moet rekening gehouden worden met een correctiefactor van 1,45/0,84 voor het geheel van de geleiders.

S<sub>n</sub> = S<sub>ph</sub> = S<sub>pho</sub> x 1,45/0,84 (dimensioneringsfactor voor het geheel van de geleiders ten opzichte van de berekende sectie S<sub>pho</sub>).

□ enkelpolige kabels: De nulleider moet een sectie hebben groter dan die van de fasegeleiders.

De sectie van de nulleider (S<sub>n</sub>) moet een dimensioneringsfactor hebben van 1,45/0,84 et. Voor de fasegeleiders (S<sub>ph</sub>) moet er rekening gehouden worden met een reductiefactor voor de toelaatbare stroom met waarde 0,84:

S<sub>n</sub> = S<sub>pho</sub> x 1,45/0,84

S<sub>ph</sub> = S<sub>pho</sub> x 1/0,84

■ Wanneer het percentage (ih<sub>3</sub>) niet gedefinieerd is door de gebruiker neemt men de berekeningscondities aan die overeenkomen met een percentage tussen 15% en 33%.

S<sub>n</sub> = S<sub>ph</sub> = S<sub>pho</sub> x 1/0,84 (dimensioneringsfactor voor het geheel van de geleiders ten opzichte van de berekende sectie S<sub>pho</sub>).

Figuur 5-7: Bepaling van de doorsnede van een belaste nulleider

0 < TH ≤ 15%	
Enkelfasige kringen	$S_{nul} = S_{fase}$
Driefasige kringen + nul Multipolaire kabel $S_{fase} \leq 16\text{mm}^2 \text{ Cu of } 25\text{mm}^2 \text{ Al}$	$S_{nul} = S_{fase}$
Driefasige kringen + nul Multipolaire kabel $S_{fase} > 16\text{mm}^2 \text{ Cu of } 25\text{mm}^2 \text{ Al}$	$S_{nul} = S_{fase}/2$ toegelaten Nul moet beveiligd zijn

Figuur 5-8: bepaling  $S_{nul}$

Men heeft een TH-waarde van kleiner als 15% en hebben een 3-fasige motor. Onze doorsnede van de fasedraad is groter dan 16 mm<sup>2</sup> dus zal de doorsnede van de nul de helft zijn als die van de fase.

$$S_{nul} = \frac{S_{fase}}{2} = \frac{120\text{mm}^2}{2} = 60\text{mm}^2$$

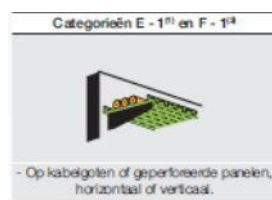
60 mm<sup>2</sup> is geen genormaliseerde sectie van koper dus wordt de dichtstbijzijnde namelijk 70 mm<sup>2</sup> genomen.

3 X 120 + G70
---------------

## Kabels 31 meter

### Correctiefactor K1

Voor de aanleg wordt de methode E-1 gebruikt: Op kabelgoten of geperforeerde panelen, horizontaal of verticaal



Figuur 5-9: methode E-1

## Correctiefactor K1

Selectieletter	Installatiegeval	K1
B	■ kabels in producten, direct ingebouwd in thermisch isolerende materialen	0,70
	■ kanalen ingebouwd in thermisch isolerende materialen	0,77
	■ multigeleiderkabels	0,90
	■ holle ruimtes in gebouwen en sleuven	0,95
C	■ plaatsing onder plafonds	0,95
B, C, E, F	■ andere gevallen	1

Figuur 5-10: correctiefactor K1

Er wordt dus een correctiefactor K1 verkregen van 1 bij methode E

## Correctiefactor K2

Gegeven is dat er 5 kringen zijn wat bij een EPR-draad geeft dat de correctiefactor K2 een waarde krijgt van 0,75 bij methode E

## Correctiefactor K2

Selectieletter	Opstelling van samenliggende kabels	Correctiefactor K2											
		aantal kringen of multigeleiderkabels											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
B, C, F	Ingebouwd of verzonken in de wanden	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,55	0,55	0,50	0,50	0,45	0,40	0,40
C	Enkele laag op de muren, vloeren of de niet geperforeerde plaatsteunen	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	Geen bijkomende reductiefactor voor meer dan 9 kabels.		
	Enkele laag op plafond	1,00	0,85	0,76	0,72	0,69	0,67	0,66	0,65	0,64			
E, F	Enkele laag op horizontale, geperforeerde plaatsteunen of op verticale plaatsteunen	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72			
	Enkele laag op kabelladders, kraagstenen, enz.	1,00	0,88	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78			

Figuur 5-11: Correctiefactor K2

## Correctiefactor K3

Gegeven is dat er een omgevingstemperatuur is van 30°C wat bij een EPR-draad geeft dat de correctiefactor K3 een waarde krijgt van 1

## Correctiefactor K3

Omgevings-temperatuur (°C)	Isolatie		
	Elastomeer (rubber)	Polyvinylchloride (PVC)	Vernet polyethyleen (PR) butyl, ethyleen, propyleen (EPR)
10	1,29	1,22	1,15
15	1,22	1,17	1,12
20	1,15	1,12	1,08
25	1,07	1,06	1,04
30	1,00	1,00	1,00
35	0,93	0,94	0,96
40	0,82	0,87	0,91
45	0,71	0,79	0,87
50	0,58	0,71	0,82
55	-	0,61	0,76
60	-	0,50	0,71

Figuur 5-12: Correctiefactor K3

## Totale correctiefactor K

Voor deze kabel krijgt men een correctiefactor  $K = K1 \cdot K2 \cdot K3 = 0,75$

Bereken van Iz

$$I_{b2} = 31,82A \rightarrow I_{Z0} = \frac{I_{b2}}{K} = \frac{31,82A}{0,75} = 42,43A$$

Iz → kabel kiezen die wel bestaat

### Bepaling van de minimale doorsnede

I'z en K kennende (I'z is de stroom equivalent aan de door de leidingen getransporteerde stroom; I'z = Iz/K), geeft de onderstaande tabel de aan te houden doorsnede aan.

Selectie-letter	Isolatie en aantal belaste geleiders (3 of 2)									
	Rubber of PVC				Butyl of PR of PR-ethyleen					
B	PVC3	PVC2		PR3		PR2				
C		PVC3		PVC2	PR3		PR2			
E			PVC3		PVC2	PR3		PR2		
F				PVC3		PVC2	PR3	PR2		PR2
Sectie koper (mm²)	1,5	15,5	17,5	18,5	19,5	22	23	24	26	
	2,5	21	24	25	27	30	31	33	36	
	4	28	32	34	36	40	42	45	49	
	6	36	41	43	48	51	54	58	63	
	10	50	57	60	63	70	75	80	86	
	16	68	76	80	85	94	100	107	115	
	25	89	96	101	112	119	127	138	149	161
	35	110	119	126	138	147	158	169	185	200
	50	134	144	153	168	179	192	207	225	242
	70	171	184	196	213	229	246	268	289	310
	95	207	223	238	258	278	298	328	352	377
	120	239	259	276	299	322	346	382	410	437
	150		299	319	344	371	395	441	473	504
	185		341	364	392	424	450	506	542	575
	240		403	430	461	500	538	599	641	679
	300		464	497	530	576	621	693	741	783
	400					656	754	825		940
500					749	868	946		1 083	
630					855	1 005	1 088		1 254	
Sectie aluminium (mm²)	2,5	16,5	18,5	19,5	21	23	25	26	28	
	4	22	25	26	28	31	33	35	38	
	6	28	32	33	36	39	43	45	49	
	10	39	44	46	49	54	58	62	67	
	16	53	59	61	66	73	77	84	91	
	25	70	73	78	83	90	97	101	108	121
	35	86	90	96	103	112	120	126	135	150
	50	104	110	117	125	136	146	154	164	184
	70	133	140	150	160	174	187	198	211	237
	95	161	170	183	195	211	227	241	257	289
	120	186	197	212	226	245	263	280	300	337
	150		227	245	261	283	304	324	346	389
	185		259	280	298	323	347	371	397	447
	240		305	330	352	382	409	439	470	530
	300		351	381	406	440	471	508	543	613
	400					526	600	663		740
	500					610	694	770		856
630					711	808	899		996	

Figuur 5-13: bepaling van de minimale doorsnede

Bij methode E is er de keuze tussen PVC3, PVC2 of PR3. PR3 (3 leiders belast) en koper als materiaal zijn de gekozen kolommen. Deze waarde moet rond 42,43 A liggen, er in de kolom gekeken wordt, heeft men bij een waarde van Iz = 54 A een sectie van 6 mm²

Wat is nu de doorsnede van de nulleider?

### Bepaling van de doorsnede van een belaste nulleider

De harmonische stromen van rang 3 en veelvoudigen ervan circulerend in de fasegeleiders van een driefasenkring hopen zich op in de nulleider en overbelasten die.

Voor de door de aanwezigheid van deze harmonischen betroffenen kringen en voor fasesecties > 16 mm<sup>2</sup> in koper of 25 mm<sup>2</sup> in aluminium moet men de sectie van de geleiders op de volgende manier bepalen, in functie van het percentage harmonischen van rang 3 en veelvoudigen ervan in de fasegeleiders:

■ percentage (ih3) < 15%:

De nulleider wordt als niet belast beschouwd. De sectie van de nulleider (S<sub>nul</sub>) gelijk aan die nodig voor de fasegeleiders (S<sub>ph</sub>). Er wordt geen enkele coëfficiënt verbonden aan de harmonischen toegepast: S<sub>nul</sub> = S<sub>ph</sub>

■ percentage (ih3) gelegen tussen 15% en 33%:

De nulleider wordt beschouwd als belast zonder overgedimensioneerd te moeten zijn ten opzichte van de fasen.

■ percentage (ih3) > 33% :

De geleider wordt beschouwd als belast en moet overgedimensioneerd worden voor een gebruiksstroom gelijk aan 1,45/0,84 keer de gebruiksstroom in de fase, hetzij ongeveer 1,73 keer de berekende stroom.

Afhankelijk van het type gebruikte kabel:

□ meerpoolige kabels: De sectie van de nulleider (S<sub>nul</sub>) is gelijk aan die nodig voor de sectie van de fasegeleiders (S<sub>ph</sub>) en er moet rekening gehouden worden met een correctiefactor van 1,45/0,84 voor het geheel van de geleiders.

S<sub>nul</sub> = S<sub>ph</sub> = S<sub>pho</sub> x 1,45/0,84 (dimensioneringsfactor voor het geheel van de geleiders ten opzichte van de berekende sectie S<sub>pho</sub>).

□ enkelpoolige kabels: De nulleider moet een sectie hebben groter dan die van de fasegeleiders.

De sectie van de nulleider (S<sub>nul</sub>) moet een dimensioneringsfactor hebben van 1,45/0,84 et. Voor de fasegeleiders (S<sub>ph</sub>) moet er rekening gehouden worden met een reductiefactor voor de toelaatbare stroom met waarde 0,84:

S<sub>nul</sub> = S<sub>pho</sub> x 1,45/0,84

S<sub>ph</sub> = S<sub>pho</sub> x 1/0,84

■ Wanneer het percentage (ih3) niet gedefinieerd is door de gebruiker neemt men de berekeningscondities aan die overeenkomen met een percentage tussen 15% en 33%. S<sub>nul</sub> = S<sub>ph</sub> = S<sub>pho</sub> x 1/0,84 (dimensioneringsfactor voor het geheel van de geleiders ten opzichte van de berekende sectie S<sub>pho</sub>).

Figuur 5-14: Bepaling van de doorsnede van een belaste nulleider

	0 < TH ≤ 15%
Enkelefasige kringen	S <sub>nul</sub> = S <sub>fase</sub>
Driefasige kringen + nul Multipolaire kabel S <sub>fase</sub> ≤ 16mm <sup>2</sup> Cu of 25mm <sup>2</sup> Al	S <sub>nul</sub> = S <sub>fase</sub>
Driefasige kringen + nul Multipolaire kabel S <sub>fase</sub> > 16mm <sup>2</sup> Cu of 25mm <sup>2</sup> Al	S <sub>nul</sub> = S <sub>fase</sub> /2 toegelaten Nul moet beveiligd zijn

Figuur 5-15: bepaling S<sub>nul</sub>

TH-waarde is kleiner als 15% en er is een 3-fasige motor. De doorsnede van de fasedraad is kleiner dan 16 mm<sup>2</sup> dus zal de doorsnede van de nul zal gelijk zijn aan de doorsnede van de fase

$$S_{nul} = S_{fase} = 6 \text{ mm}^2$$

60 mm<sup>2</sup> is geen genormaliseerde sectie van koper dus moet de dichtstbijzijnde genomen worden namelijk 70 mm<sup>2</sup>.

3 X 6 + G6

$$Z_Q = C \cdot \frac{U_{bs}^2}{S_{KQ}} = 1,1 \cdot \frac{(400V)^2}{500 \cdot 10^6 VA} = 0,000352 \Omega$$

De vaste verhouding of norm van R<sub>Q</sub> over X<sub>Q</sub> is

$$\frac{R_Q}{X_Q} = 0,1 \Rightarrow R_Q = 0,1 X_Q$$

En daarbij geldt dat

$$Z_Q = \sqrt{R_Q^2 + X_Q^2}$$

Waaruit volgt

$$Z_Q = \sqrt{(0,1 \cdot X_Q)^2 + X_Q^2}$$

$$0,00352^2 = (0,1 \cdot X_Q)^2 + X_Q^2$$

$$0,00352^2 = 1,01 \cdot X_Q^2 \Rightarrow X_Q = 0,0035 \Omega \text{ en } R_Q = 0,00035 \Omega$$

### Transformator

$$Z_T = \frac{U_{bs}^2 \cdot U_k(\%)}{100 \cdot S_T} = \frac{400V^2 \cdot 4}{100 \cdot 630000VA} = 0,0102 \Omega$$

	Vermogen in kVA					
	50	100	160	250	400	630
<b>237 V</b>						
In (A)	122	244	390	609	974	1 535
Icc (kA)	3,04	6,06	9,67	15,04	23,88	37,20
Ucc (%)	4	4	4	4	4	4
Verliezen koper (kW)	1,35	2,15	2,35	3,25	4,6	6,5

Figuur 5-16: 'Verliezen koper'

Op tabel pagina 8/24 vindt men terug dat de “Verliezen koper” bij een vermogen van 630 kVA, 6500 W bedraagt

$$R_T = \frac{P_{Cu} \cdot V_s}{S_T^2} = \frac{6500W \cdot (400V)^2}{(630000VA)^2} = 0,0026 \Omega$$

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} = 0,00986 \Omega$$

Met  $K_T$ ,

$$K_T = 0,95 \cdot \frac{C_{\max}}{1 + 0,6 \chi_T}$$

En  $\chi_T$  gelijk aan

$$\chi_T = \frac{S_T \cdot X_T}{V_S^2} = \frac{630000VA \cdot 0,00986 \Omega}{(400V)^2} = 0,039$$

$K_T$  wordt dan, met  $C_{\max} = 1,1$

$$K_T = 0,95 \cdot \frac{1,1}{1 + 0,6 \cdot 0,039} = 1,021$$

De waarden voor de transformator worden dan

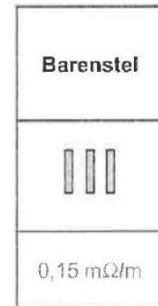
$$Z_{TK} = K_T \cdot Z_T = 1,021 \cdot 0,0102 \Omega = 0,0104 \Omega$$

$$R_{TK} = K_T \cdot R_T = 1,021 \cdot 0,0026 \Omega = 0,00265 \Omega$$

$$X_{TK} = K_T \cdot X_T = 1,021 \cdot 0,00986 \Omega = 0,0101 \Omega$$

## Rails

Op tabel p5/24 vindt men bij barenstel  $X = 0,15 \frac{m\Omega}{m}$ . Deze eenheid staat voor milli-Ohm per meter. Het barenstel heeft koper als materiaal. Op p6/24 vindt men de soortelijke weerstanden bij verschillende temperaturen en materialen terug.



Figuur 5-17: barenstel

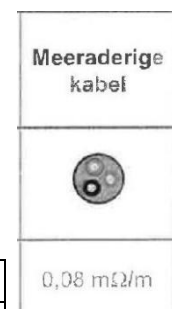
20°C	90°C	100°C
	C	
$R_{20} = \frac{0,0185 \frac{\Omega \cdot m}{mm^2} \cdot 4m}{499mm^2} = 0,000148\Omega$		$R_{20} = \frac{0,0244 \frac{\Omega \cdot m}{mm^2} \cdot 4m}{499mm^2} = 0,000196\Omega$
$X_{20} = 0,15 \frac{m\Omega}{m} \cdot 4m = 0,6 m\Omega$		$X_{20} = 0,15 \frac{m\Omega}{m} \cdot 4m = 0,6 m\Omega$

Tabel 7: rails – weerstands- en inductiewaarden bij verschillende temperaturen

## Kabel 1

Op tabel p5/24 vindt men bij meeraderige kabel  $X = 0,08 \frac{m\Omega}{m}$ . Deze eenheid staat voor milli-Ohm per meter. De kabel heeft koper als materiaal. Op p6/24 vindt men de soortelijke weerstanden bij verschillende temperaturen en materialen terug.

Figuur 5-18: meeraderige kabel



20°C	90°C	150°C
$R_{20} = \frac{0,0185 \frac{\Omega \cdot m}{mm^2} \cdot 37m}{120mm^2}$ $= 0,0057\Omega$	$R_{90} = \frac{0,0237 \frac{\Omega \cdot m}{mm^2} \cdot 37m}{120mm^2}$ $= 0,0073\Omega$	$R_{150} = \frac{0,028 \frac{\Omega \cdot m}{mm^2} \cdot 37m}{120mm^2}$ $= 0,0086\Omega$
$X_{20} = 0,08 \frac{m\Omega}{m} \cdot 37m$ $= 2,96 m\Omega$	$X_{90} = 0,08 \frac{m\Omega}{m} \cdot 37m$ $= 2,96 m\Omega$	$X_{150} = 0,08 \frac{m\Omega}{m} \cdot 37m$ $= 2,96 m\Omega$
$R_{20}^{PEN} = \frac{0,0185 \frac{\Omega \cdot m}{mm^2} \cdot 37m}{70mm^2}$ $= 0,0098\Omega$	$R_{90}^{PEN} = \frac{0,0237 \frac{\Omega \cdot m}{mm^2} \cdot 37m}{70mm^2}$ $= 0,013\Omega$	$R_{150}^{PEN} = \frac{0,028 \frac{\Omega \cdot m}{mm^2} \cdot 37m}{70mm^2}$ $= 0,015\Omega$

Tabel 8: kabel 1 - weerstands- en inductiewaarden bij verschillende temperaturen

## Kabel 2

Op tabel p5/24 vindt men bij meeraderige kabel  $X = 0,08 \frac{m\Omega}{m}$ . Deze eenheid staat voor milli-Ohm per meter. De kabel heeft koper als materiaal. Op p6/24 vindt men de soortelijke weerstanden bij verschillende temperaturen en materialen terug.

20°C	90°C	150°C
$R_{20} = \frac{0,0185 \frac{\Omega \cdot m}{mm^2} \cdot 31m}{6mm^2}$ $= 0,096\Omega$	$R_{90} = \frac{0,0237 \frac{\Omega \cdot m}{mm^2} \cdot 31m}{6mm^2}$ $= 0,122\Omega$	$R_{150} = \frac{0,028 \frac{\Omega \cdot m}{mm^2} \cdot 31m}{6mm^2}$ $= 0,145\Omega$
$X_{20} = 0,08 \frac{m\Omega}{m} \cdot 31m$ $= 2,48 m\Omega$	$X_{90} = 0,08 \frac{m\Omega}{m} \cdot 31m$ $= 2,48 m\Omega$	$X_{150} = 0,08 \frac{m\Omega}{m} \cdot 31m$ $= 2,48 m\Omega$
$R_{20}^{PEN} = R_{20} = 0,096\Omega$	$R_{90}^{PEN} = R_{90} = 0,122\Omega$	$R_{150}^{PEN} = R_{150} = 0,145\Omega$

Tabel 9: kabel 2 - weerstands - en inductiewaarden bij verschillende temperaturen

### 3.Spanningsval

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_b (R \cos(\vartheta) + X \sin(\vartheta))$$

90°

{

1) Rails  $\Rightarrow \Delta U_1 = \sqrt{3} \cdot 522,44A (0,000196\Omega \cdot 0,9 + 0,0006\Omega \cdot \sin(\text{Arc cos}(0,9))) = 0,396 V$

2) Kabel 1  $\Rightarrow \Delta U_2 = \sqrt{3} \cdot 224,44A (0,0073\Omega \cdot 0,7 + 0,00296\Omega \cdot \sin(\text{Arc cos}(0,7))) = 2,808 V$

3) Kabel 1  $\Rightarrow \Delta U_3 = \sqrt{3} \cdot 31,82A (0,122\Omega \cdot 0,81 + 0,00248\Omega \cdot \sin(\text{Arc cos}(0,81))) = 5,53 V$

Dit is de spanningsval in bedrijf, wat niet de worst-case situatie is. Deze vindt plaats bij aanzet en er geldt dan als vuistregel dat de  $I_{start} = 7 \cdot I_{nom}$  en de  $\cos(\vartheta) = 0,45$  als  $I_{nom} < 100 A$

$$\Rightarrow \Delta U_{3,Opstart} = \sqrt{3} \cdot 7 \cdot 31,82A (0,122\Omega \cdot 0,45 + 0,00248\Omega \cdot \sin(\text{Arc cos}(0,45))) = 22,03 V$$

## Controle spanningsval

In de bundel op p15/24 vindt men volgend tabel terug

### Maximale spanningsval tussen bron van de LS-installatie en de verbruikers

	Verlichting	Andere toepassingen (drijfkracht)
Abonnee gevoed door het LS-net publieke distributie	3 %	5 %
Abonnee eigenaar van de HT-A/BT-post	6 %	8 % <sup>(1)</sup>

Figuur 5-19: Maximale spanningsval tussen bron van LS-installatie en de verbruikers

Van de transformator tot de eindgebruik mag er maximum 8% spanningsval zijn. (10% bij aanloop is aanvaardbaar)

$$\Delta U_{tot} = 400V - 0,396V - 2,82V - 22,03V = 375V$$

$$\rightarrow 1 - \frac{375V}{400V} = 6,25\% \rightarrow < 8\% \Rightarrow OK$$

$$\rightarrow < 10\% \Rightarrow \text{bij aanloop}$$

## 4.Kortsluitstromen

### Schakelaar 1

$$\begin{aligned} I_{cc,max}^{20} &= \frac{1,1 \cdot U_f}{\sqrt{(R_Q + R_{TK} + \frac{R_{20,rail}}{2})^2 + (X_Q + X_{TK} + \frac{X_{20,rail}}{2})^2}} \\ &= \frac{1,1 \cdot U_f}{\sqrt{(0,00035 + 0,00265 + \frac{0,000148}{2})^2 + (0,00035 + 0,0101 + \frac{0,0006}{2})^2}} = 22,7 \text{ kA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{cc,min}^{100} &= \frac{1,1 \cdot U_f}{\sqrt{(R_Q + R_{TK} + 2 \cdot R_{100,rail})^2 + (X_Q + X_{TK} + 2 \cdot X_{150,rail})^2}} \\ &= \frac{1,1 \cdot U_f}{\sqrt{(0,00035 + 0,00265 + 2 \cdot 0,000196)^2 + (0,00035 + 0,0101 + 2 \cdot 0,0006)^2}} = 20,85 \text{ kA} \end{aligned}$$

### Schakelaar 2

$$\begin{aligned} I_{cc,max}^{20} &= \frac{1,1 \cdot U_f}{\sqrt{(R_Q + R_{TK} + R_{20,rail})^2 + (X_Q + X_{TK} + X_{20,rail})^2}} \\ &= \frac{1,1 \cdot U_f}{\sqrt{(0,00035 + 0,00265 + 0,000148)^2 + (0,00035 + 0,0101 + 0,0006)^2}} = 22,2 \text{ kA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
I_{cc,\min} &= \frac{1,1 \cdot U_f}{\sqrt{(R_Q + R_{TK} + 2 \cdot R_{150,rail} + R_{150,kabel\ 1} \downarrow + R_{150,kabel\ 1}^{PEN} \uparrow)^2 + (X_Q + X_{TK} + 2 \cdot (X_{150,rail} + X_{150,kabel\ 1} \uparrow \downarrow))^2}} \\
&= \frac{1,1 \cdot U_f}{\sqrt{(0,00035 + 0,00265 + 2 \cdot 0,00018 + 0,0086 + 0,015)^2 + (0,00035 + 0,0101 + 2 \cdot (0,0006 + 0,00296))^2}} \\
&= 7 \text{ kA}
\end{aligned}$$

### Schakelaar 3

$$\begin{aligned}
I_{cc,\max} &= \frac{1,1 \cdot U_f}{\sqrt{(R_Q + R_{TK} + R_{20,rail} + R_{20,kabel1})^2 + (X_Q + X_{TK} + X_{20,rail} + X_{20,kabel1})^2}} \\
&= \frac{1,1 \cdot U_f}{\sqrt{(0,00035 + 0,00265 + 0,000148 + 0,0057)^2 + (0,00035 + 0,0101 + 0,0006 + 0,00296)^2}} \\
&= 14,7 \text{ kA}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
I_{cc,\min} &= \frac{1,1 \cdot U_f}{\sqrt{(R_Q + R_{TK} + 2 \cdot R_{150,rail} + R_{150,kabel\ 1} + R_{150,kabel\ 1}^{PEN} + 2 \cdot R_{150,kabel\ 2})^2 + (X_Q + X_{TK} + 2 \cdot (X_{150,rail} + X_{150,kabel\ 1} + X_{150,kabel\ 2}))^2}} \\
&= \frac{1,1 \cdot U_f}{\sqrt{(0,00035 + 0,00265 + 2 \cdot 0,000148 + 0,0086 + 0,015 + 2 \cdot 0,145)^2 + (0,00035 + 0,0101 + 2 \cdot (0,0006 + 0,00296))^2}} \\
&= 797 \text{ A}
\end{aligned}$$

## Keuze en controle van beveiligingen

S1

$$I_B = 522,44 \text{ A} < I_N = 1000 \text{ A} < I_Z = 1142 \text{ A}$$

	NS800	NS1000			NS1250	NS1600	
	3, 4				3, 4		
door middel van een krukhendel draaiend, direct of verlengd	■				■		
	■				■		
	■				■		
	N	H	L		N	H	N H
vooraansluiting	■	■	■		■	■	■ ■
achteraansluiting	■	■	■		■	■	■ ■
vooraansluiting	■	■	■		■	■	■ ■
achteraansluiting	■	■	■		■	■	■ ■
50°C	800		1000		1250		1600
65°C (1)	800		1000		1250		1510
	750				750		
	8				8		
WS 50/60 Hz	690				690		
GS	500				500		
	N	H	L		N	H	
WS 50/60 Hz 220/240 V	50	70	150		50	70	
380/415 V	50	70	150		50	70	
440 V	50	65	130		50	65	
500/525 V	40	50	100		40	50	
660/690 V	30	42	25		30	42	
GS 250 V	-	-	-		-	-	
500 V	-	-	-		-	-	
waarde of % I <sub>cu</sub> manuele bediening	100%	75%	100%		100%	75%	75% 50%
elektrische bediening	75%	50%	100%		75%	50%	75% 50%
0,5 s	25	25	10		25	25	
1 s	17	17	7		17	17	
	■				■		
	B	B	A		B	B	
	10000				10000		
440 V In/2	6000				5000	5000	
In	5000				4000	2000	
690 V In/2	4000				3000	2000	
In	2000				2000	1000	
	III				III		
	N	H	L		N	H	
240 V	50	65	125		50	65	-
480 V	35	50	100		35	50	-
600 V	25	50	-		25	50	-
	Micrologic 2.0 A				Micrologic 5.0 A		
	■				■		
	-				-		
	-				-		

Figuur 5-20: keuze kaliber S1

### Keuze: Compact NS1000N

$$I_{cu} = 50 \text{ kA}$$

$$I_{cs} = 50 \cdot \frac{3}{4} = 37,5 \text{ kA}$$

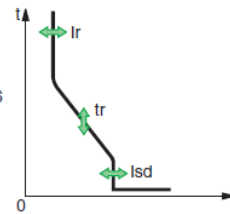
# Beveiliging van de kringen

## Keuze van de beveiligingsinrichtingen

### Keuze van de controle-units

Micrologic A voor vermogensschakelaars Compact NS800 tot 1600 en Masterpact NT-NW

Beveiligingen		Micrologic 2.0 A									
Lange vertraging											
Drempel (A)	$I_r = I_n \times \dots$	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95	0,98	1	
Uitschakeling tussen 1,05 tot 1,20 $I_r$		Andere bereiken of opheffing door verandering van plug									
Vertraging (s.)	$t_r$ tot $1,5 \times I_r$	12,5	25	50	100	200	300	400	500	600	
Precisie: 0 tot -20%	$t_r$ tot $6 \times I_r$	0,5	1	2	4	8	12	16	20	24	
	$t_r$ tot $7,2 \times I_r$	0,34	0,69	1,38	2,7	5,5	8,3	11	13,8	16,6	
Thermisch geheugen											
20 minuten voor en na uitschakeling											
Onmiddellijk											
Drempel (A)	$I_{sd} = I_r \times \dots$	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	10	
Precisie: $\pm 10\%$											
Vertraging		Vast: 20 ms									
Ampèremeter		Micrologic 2.0 A									
Continue meting van de stromen											
Metingen van 20 tot 200% van $I_n$		$I_1$	$I_2$	$I_3$	$I_n$						
Precisie: 1,5% (opnemers inbegrepen)		Voeding via eigen stroom (voor $I > 20\% I_n$ )									
Maximeters		$I_1 \text{ max}$	$I_2 \text{ max}$	$I_3 \text{ max}$	$I_n \text{ max}$						



Figuur 5-21: keuze lossers S1

### Keuze: Micrologic 2.0 A

$I_n = 1000A$  (niet gegeven bij lossers dus kijken bij kaliber)

$$I_r = 1000A = I_{nf}$$

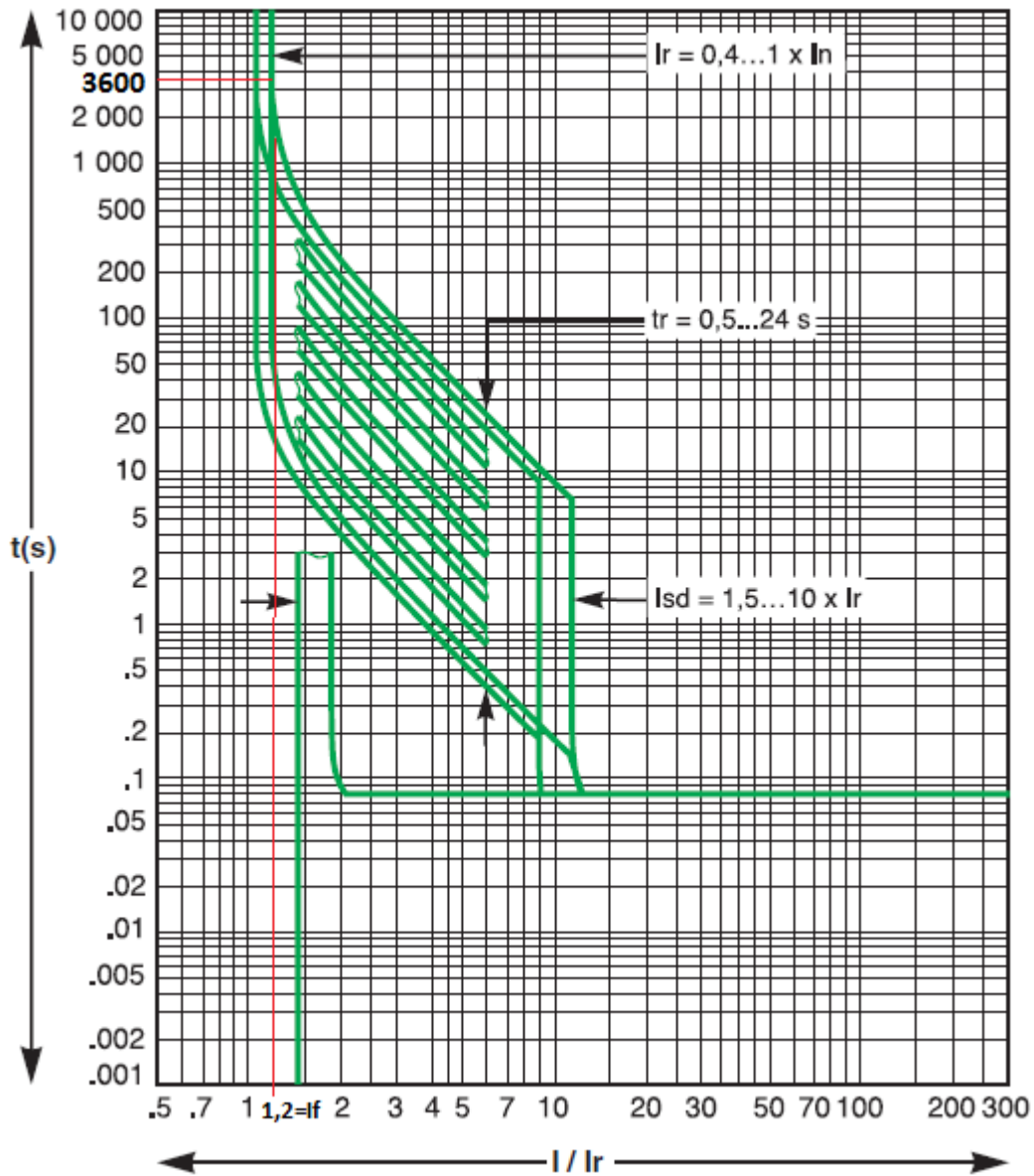
$I_f = 1,20 \cdot I_r = 1200A$  (uitschakeling tussen 1,05 tot 1,20 keer  $I_r$ )

De uitschakeltijd bij 1,2 keer  $I_r$  is ongeveer  $2000 \text{ s} < 3600 \text{ s} = t_{conv}$

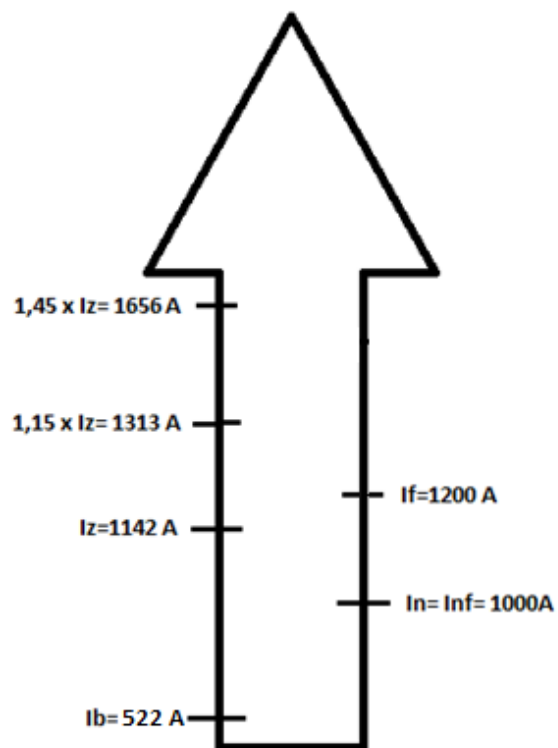
$$I_m = 10 \cdot 1000A = 10000A < I_{cc, \min} = 20,8kA < I_{cc, \max} = 22,7kA < I_{cs}$$

$$t_{uit} = 0,8s \text{ bij } I_m$$

### Micrologic 2.0



Figuur 5-22: uitschakelcurve Micrologic 2.0



Figuur 5-23: visualisatie van de twee voorwaarden voor de beveiliging S1

**S2**

$$I_B = 224,40 \text{ A} < I_N = 250 \text{ A} < I_Z = 346 \text{ A}$$

## Beveiliging van de kringen

### Keuze van de beveiligingsinrichtingen

### Keuze van de vermogensschakelaars

#### Vermogensschakelaar Compact NSX 100 tot 630

Gemeenschappelijke karakteristieken			
Toegekende spanningen			
isolatiespanning (V)	Ui		800
stoothoudspanning (kV)	Uimp		8
gebruikspanning (V)	Ue	WS 50/60 Hz	690
Scheidingsvermogen		IEC/EN 60947-2	out
Gebruikscategorie			A
Vervuilingsgraad		IEC 60664-1	3

Gemeenschappelijke karakteristieken			
Bediening			
Manueel		door middel van een krukhendel	■
		draaiend, standaard of verlengd	■
Elektrisch		met afstandsbediening	■
Versies			
Vast			■
Uittrekbaar		op sokkel	■
		op chassis	■

#### Vermogensschakelaars

Niveaus onderbrekingsvermogen				NSX100					NSX160					NSX250					NSX400					NSX630									
Karakteristieken volgens CEI/IEC 60947-2				F	N	H	S	L	F	N	H	S	L	F	N	H	S	L	F	N	H	S	L	F	N	H	S	L	F	N	H	S	L
Toegekende stroom (A)				100					160					250					400					630									
Aantal polen				2 <sup>0</sup> , 3, 4					2 <sup>0</sup> , 3, 4					2 <sup>0</sup> , 3, 4					3, 4					3, 4									
Onderbrekingsvermogen (kA eff.)				Icu WS 50/60 Hz 220/240 V 380/415 V 440 V 500 V 525 V 660/690 V					85 90 100 120 150 36 50 70 100 150 35 50 65 90 130 25 36 50 65 70 22 35 35 40 50 8 10 10 15 20					85 90 100 120 150 36 50 70 100 150 35 50 65 90 130 30 36 50 65 70 22 35 35 40 50 8 10 10 15 20					85 90 100 120 150 36 50 70 100 150 35 50 65 90 130 30 36 50 65 70 22 35 35 40 50 8 10 10 15 20					85 100 120 150 50 70 100 150 42 65 90 130 30 50 65 70 22 35 40 50 10 20 25 35 10 20 25 35					85 100 120 150 50 70 100 150 42 65 90 130 30 50 65 70 22 35 40 50 10 20 25 35 10 20 25 35				
Dienstonderbrekingsvermogen (kA eff.)				Ics WS 50/60 Hz 220/240 V 380/415 V 440 V 500 V 525 V 660/690 V					85 90 100 120 150 36 50 70 100 150 35 50 65 90 130 11 35 35 40 50 4 10 10 15 20					85 90 100 120 150 36 50 70 100 150 35 50 65 90 130 11 35 35 40 50 4 10 10 15 20					85 90 100 120 150 36 50 70 100 150 35 50 65 90 130 11 11 12 12 11 11 12 12 10 10 12 12					85 100 120 150 50 70 100 150 42 65 90 130 30 50 65 70 11 11 12 12 10 10 12 12									
Duurzaamheid (cycli C-0)				Mechanisch 50000					Elektrisch 440 V In/2 50000 480 V In 30000 690 V In/2 20000 600 V In 10000					40000 10000 20000 15000 7500					20000 10000 10000 5000					15000 8000 6000 4000 6000 2000									
Karakteristieken volgens NEMA-AB1				Onderbrekingsvermogen (kA eff.) WS 50/60 Hz 240 V 480 V 600 V					85 90 100 120 150 35 50 65 90 130 8 20 35 40 50					85 90 100 120 150 35 50 65 90 130 20 20 35 40 50					85 90 100 120 150 35 50 65 90 130 20 35 40 50					85 100 120 150 42 65 90 130 20 35 40 50									
Karakteristieken volgens UL508				Onderbrekingsvermogen (kA eff.) WS 50/60 Hz 240 V 480 V 600 V					85 85 85 - - 85 85 85 - - 35 50 65 - - 15 15 15 - - 10 10 10 - -					85 85 85 - - 85 85 85 - - 35 50 65 - - 15 15 15 - - 20 20 - - 20 20 - -					85 85 - - 85 85 - - 50 65 - - 50 65 - - 20 20 - -														
Beveiliging en meting				Beveiliging tegen kortsluitstromen Enkel magnetisch					Regelminn tegen overbelastingen / Thermomagnetisch					■					■														

Figuur 5-24: keuze kaliber S2

Keuze: Compact NSX250F

$$I_{cu} = 36kA$$

$$I_{cs} = 36kA$$

Thermomagnetische lossers		TM16D tot 250D										TM16G tot 63G							
Kalibers (A)	In bij 40 °C (1)	16	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	16	25	40	63		
Vermogensschakelaar	Compact NSX100	■	■	■	■	■	■	■	■	-	-	-	-	■	■	■	■		
	Compact NSX160	-	-	-	-	-	-	-	■	■	■	■	■	-	-	■	■		
	Compact NSX250	-	-	-	-	-	-	-	■	■	■	■	■	-	-	■	■		
Thermische beveiliging		Drempel (A) $I_r = I_n \times \dots$ regelbaar in ampère van 0,7 tot $1 \times I_n$																	
Drempel (A) uitschakeling tussen 1,05 en 1,20 $I_r$		niet regelbaar																	
Vertraging (s)		niet regelbaar										niet regelbaar							
tr tot 1,5 x $I_r$		120 tot 400										120 tot 400							
tr tot 6 x $I_r$		15										-							
Magnetische beveiliging		Drempel (A) $I_m$ vast regelbaar fixe																	
precisie ±20 %		Compact NSX100 190 300 400 500 500 500 640 800										63 80 80 125							
		Compact NSX160/250 190 300 400 500 500 500 640 800 1250 1250										5 tot $10 \times I_n$ 63 80 80 125							
Vertraging		tm vast																	
Beveiliging van de nulleider		Nulleider niet beveiligd 4P 3D zonder beveiliging																	
Volledig beveiligde nulleider 4P 4D		1 x $I_r$										geen versie 4P 3D 1 x $I_r$							

Figuur 5-25: keuze lossers S2

Keuze: TM250D

$$I_n = 250A$$

$$I_r = 1 \cdot 250A = 250A = I_{nf}$$

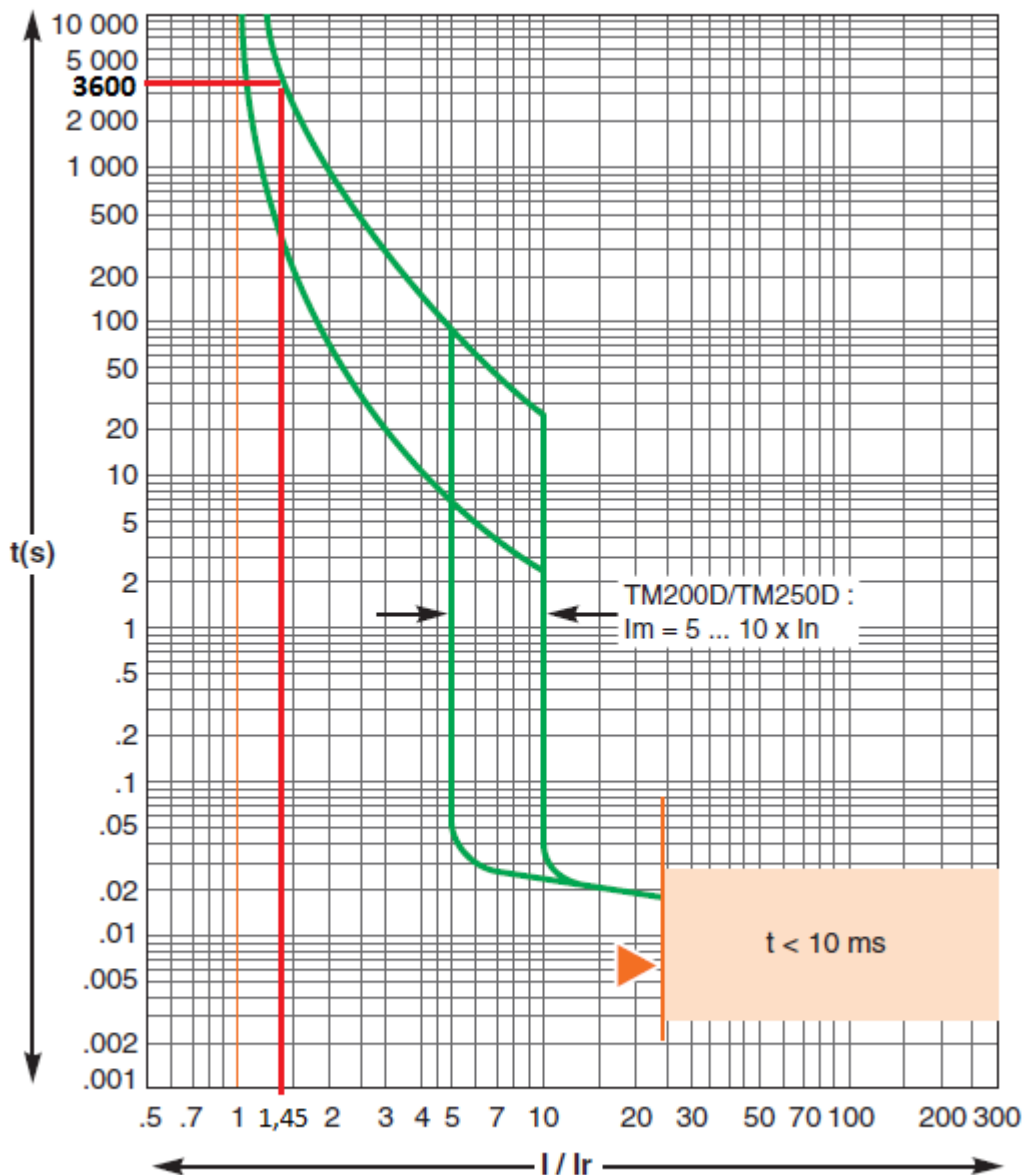
$$I_f = 1,45 \cdot I_r = 362,5A \text{ (zie karakteristiek)}$$

De uitschakeltijd bij 1,45 keer  $I_r$  is ongeveer  $3600 \text{ s} = t_{conv}$

$$I_m = 10 \cdot 250A = 2500A < I_{cc,min} = 7,9kA < I_{cc,max} = 22,2kA < I_{cs}$$

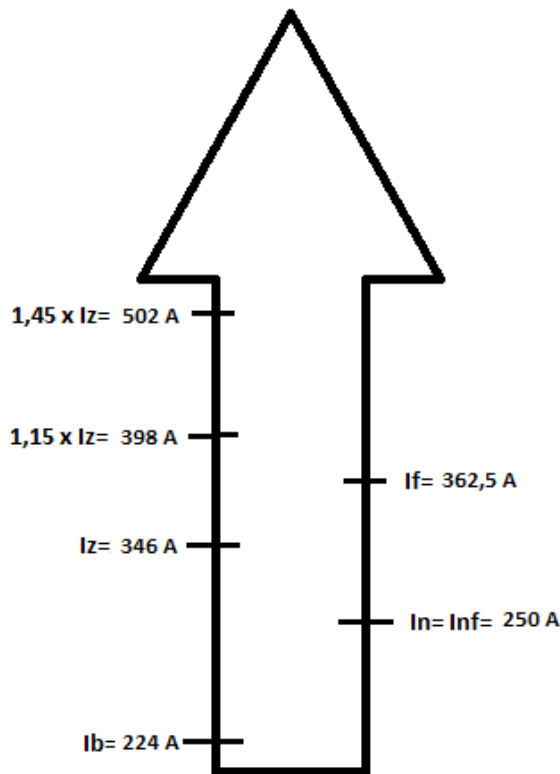
$$t_{uit} = 0,03s \text{ bij } I_m$$

### TM200D / TM250D



*Reflex-uitschakeling.*

Figuur 5-26: uitschakelcurve TMD250D



Figuur 5-27: visualisatie van de twee voorwaarden voor de beveiliging S2

S3

$$I_B = 31,82 A < I_N = 40 A < I_Z = 54 A$$

Vermogenschakelaar Compact NSX 100 tot 630				Gemeenschappelijke karakteristieken				
Gemeenschappelijke karakteristieken				Bediening				
Toegekende spanningen				Manueel door middel van een kruithendel draaiend, standaard of verlengd				
Isolatie spanning (V) Uil 800				Elektrisch met afstandsbediening				
stootvrees spanning (kV) Uimp 8				Versies				
gebruikspanning (V) Ue WS 50/60 Hz 690				Vast				
Scheidingsvermogen IEC EN 60947-2 out				Uittrekbaar op sokkel				
Gebruikscategorie A				Uittrekbaar op chassis				
Vervuilinggraad IEC 60664-1 3								
Vermogenschakelaars				NSX100	NSX160	NSX250	NSX400	NSX630
Niveaus onderbrekingsvermogen				F	N	H	S	L
Karakteristieken volgens CEMEC 60947-2				2 <sup>W</sup> , 3, 4		2 <sup>W</sup> , 3, 4		3, 4
Toegekende stroom (A) In 40°C				100	160	250	400	630
Aantal polen				2 <sup>W</sup> , 3, 4		2 <sup>W</sup> , 3, 4		3, 4
Onderbrekingsvermogen (kA eff.)				2 <sup>W</sup> , 3, 4		2 <sup>W</sup> , 3, 4		3, 4
Icu	WS 50/60 Hz	220/240 V	85 90 100 120 150	85 90 100 120 150	85 90 100 120 150	85 100 120 150	85 100 120 150	
		380/415 V	36 50 70 100 150	36 50 70 100 150	36 50 70 100 150	50 70 100 150	50 70 100 150	
		440 V	35 50 65 90 130	35 50 65 90 130	35 50 65 90 130	42 65 90 130	42 65 90 130	
		500 V	25 36 50 65 70	30 36 50 65 70	30 36 50 65 70	30 50 65 70	30 50 65 70	
		660/690 V	22 35 35 40 50	22 35 35 40 50	22 35 35 40 50	22 35 40 50	22 35 40 50	
Ics	WS 50/60 Hz	220/240 V	85 90 100 120 150	85 90 100 120 150	85 90 100 120 150	85 100 120 150	85 100 120 150	
		380/415 V	36 50 70 100 150	36 50 70 100 150	36 50 70 100 150	50 70 100 150	50 70 100 150	
		440 V	35 50 65 90 130	35 50 65 90 130	35 50 65 90 130	42 65 90 130	42 65 90 130	
		500 V	12,5 36 50 65 70	20 36 50 65 70	20 36 50 65 70	30 50 65 70	30 50 65 70	
		660/690 V	11 35 35 40 50	22 35 35 40 50	22 35 35 40 50	11 11 12 12	11 11 12 12	
Duurzaamheid (cycli C-O)	Mechanisch	440 V	50000	40000	20000	15000	15000	
		Elektrisch	440 V In/2 50000	10000	20000	12000	8000	
		690 V In/2 20000	15000	10000	8000	4000		
		660/690 V In 10000	7500	5000	3000	2000		
Karakteristieken volgens NEMA-AB1				2 <sup>W</sup> , 3, 4		2 <sup>W</sup> , 3, 4		3, 4
Onderbrekingsvermogen (kA eff.)	WS 50/60 Hz	240 V	85 90 100 120 150	85 90 100 120 150	85 90 100 120 150	85 100 120 150	85 100 120 150	
		480 V	35 50 65 90 130	35 50 65 90 130	35 50 65 90 130	42 65 90 130	42 65 90 130	
		600 V	8 20 35 40 50	20 20 35 40 50	20 20 35 40 50	20 35 40 50	20 35 40 50	
Karakteristieken volgens UL508				2 <sup>W</sup> , 3, 4		2 <sup>W</sup> , 3, 4		3, 4
Onderbrekingsvermogen (kA eff.)	WS 50/60 Hz	240 V	85 85 85 - -	85 85 85 - -	85 85 85 - -	85 85 - -	85 85 - -	
		480 V	25 65 - - -	35 50 65 - -	35 50 65 - -	50 65 - -	50 65 - -	
		600 V	10 10 10 - -	10 10 10 - -	15 15 15 - -	20 20 - -	20 20 - -	
Beveiliging en meting				2 <sup>W</sup> , 3, 4		2 <sup>W</sup> , 3, 4		3, 4
Beveiliging tegen kortsluitstromen Enkel magnetisch				-	-	-	-	-

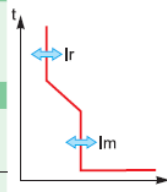
Figuur 5-28: keuze kaliber S3

## Keuze: Compact NSX100F

$$I_{cu} = 36kA$$

$$I_{cs} = 36kA$$

Thermomagnetische lossers		TM16D tot 250D										TM16G tot 63G							
Kalibers (A)	In bij 40 °C <sup>(1)</sup>	16	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	16	25	40	63		
Vermogensschakelaar	Compact NSX100	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	Compact NSX160	-	-	-	-	■	■	■	■	■	■	■	■	-	-	-	-		
	Compact NSX250	-	-	-	-	-	-	-	■	■	■	■	■	-	-	-	-		
<b>Thermische beveiliging</b>																			
Drempel (A) uitschakeling tussen 1,05 en 1,20 I <sub>r</sub>	I <sub>r</sub> = I <sub>n</sub> x ...	regelbaar in ampère van 0,7 tot 1 x I <sub>n</sub>																	
Vertraging (s)	tr	niet regelbaar											niet regelbaar						
	tr tot 1,5 x I <sub>r</sub>	120 tot 400											120 tot 400						
	tr tot 6 x I <sub>r</sub>	15											-						
<b>Magnetische beveiliging</b>																			
Drempel (A)	I <sub>m</sub>	vast										regelbaar		fixe					
precisie ±20 %	Compact NSX100	190	300	400	500	500	500	640	800				5 tot 10 x I <sub>n</sub>	63	80	80	125		
	Compact NSX160/250	190	300	400	500	500	500	640	800	1250	1250			63	80	80	125		
Vertraging	t <sub>m</sub>	vast																	
<b>Beveiliging van de nulleider</b>																			
Nulleider niet beveiligd	4P 3D	zonder beveiliging											geen versie 4P 3D						
Volledig beveiligde nulleider	4P 4D	1 x I <sub>r</sub>											1 x I <sub>r</sub>						



Figuur 5-29: keuze lossers S3

## Keuze: TM40D

$$I_n = 40A$$

$$I_r = 1 \cdot 40A = 40A = I_{nf}$$

$$I_f = 1,35 \cdot I_r = 54A \text{ (zie karakteristiek)}$$

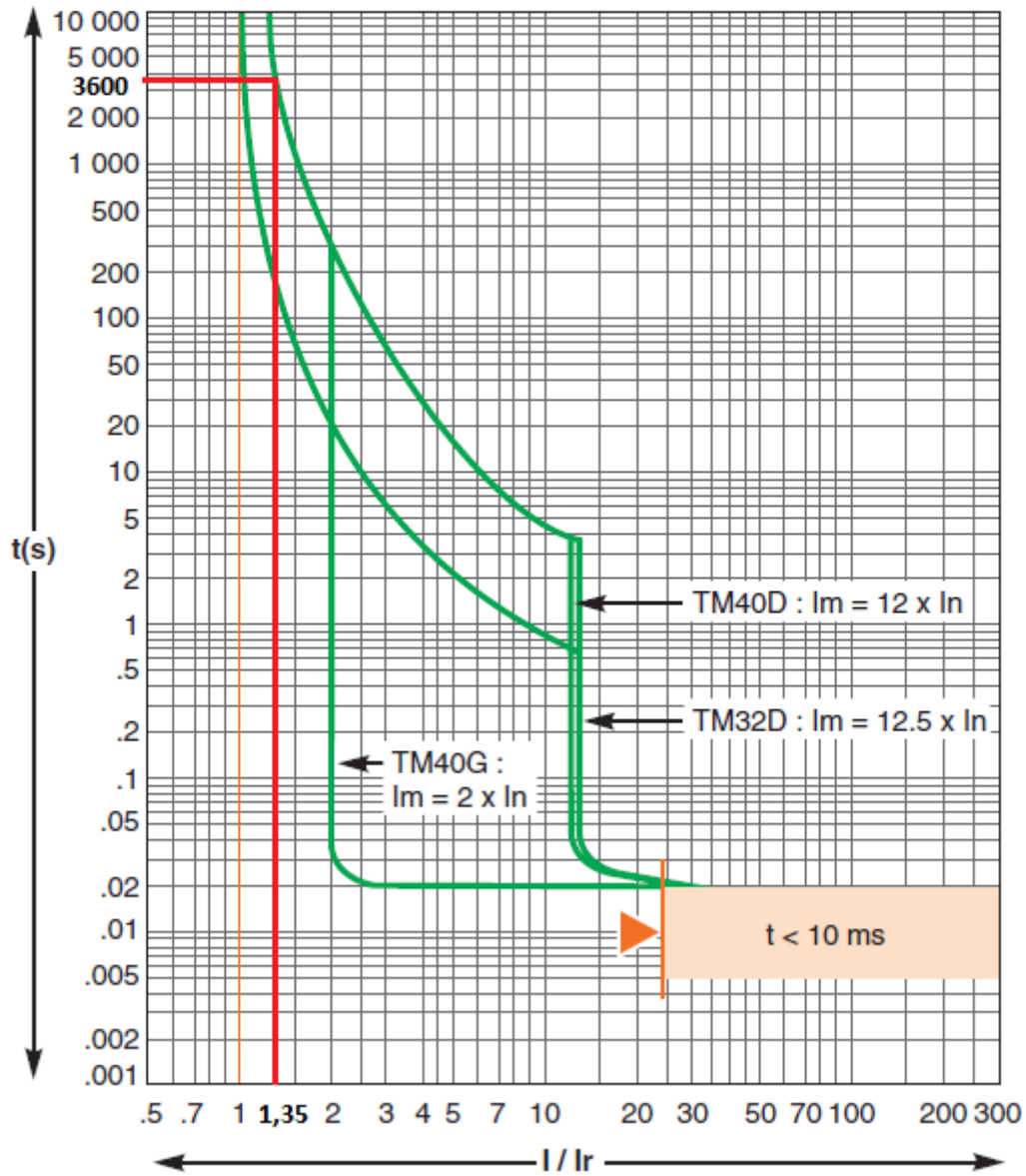
De uitschakeltijd bij 1,35 keer  $I_r$  is ongeveer  $3600 \text{ s} = t_{conv}$

$$I_m = 12 \cdot 40A = 480A < I_{cc,min} = 797A < I_{cc,max} = 15,4kA < I_{cs}$$

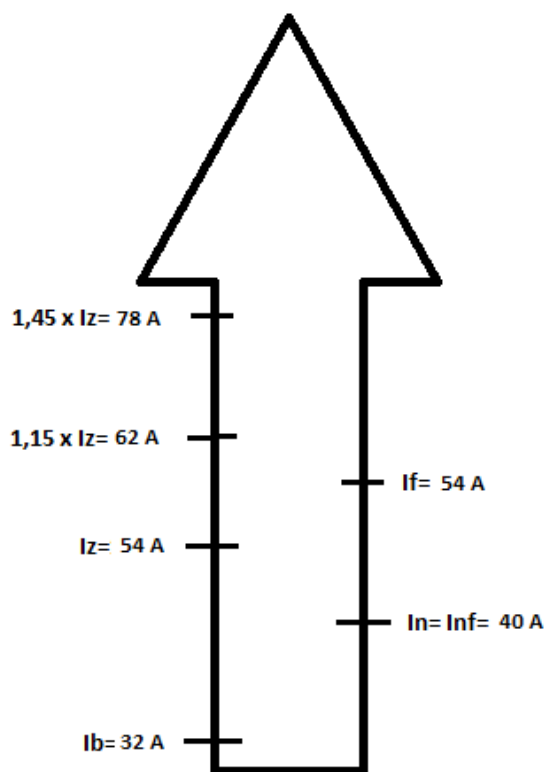
$$(I_m = 12 \cdot I_n \text{ op karakteristiek})$$

$$t_{uit} = 0,04s \text{ bij } I_m$$

TM32D / TM40D / TM40G



Figuur 5-30: uitschakelcurve TM40D



Figuur 5-31: visualisatie van de twee voorwaarden voor de beveiliging S3

De gekozen lossers zullen iets te snel uitschakelen bij overstroom aangezien  $I_f$  lager is dan 1,15 keer  $I_z$ .

### Controle isolatiemateriaal

$K=143$  voor beide kabels

$k \text{ (A}\sqrt{\text{s}}/\text{mm}^2)$	Cu	Al
PVC	115	76
VPE, EPR	143	94
B, R	135	89

Tabel 10: k-waarde voor de actieve geleiders en PE-geleider in kabels

### S2: fasegeleiders (120 mm<sup>2</sup>)

$$I_{CC\min} = 7,9 \text{ kA} \rightarrow \sqrt{t} \leq \frac{143 \cdot 120}{7900} \Rightarrow t \leq 2,17 \text{ s}$$

$$I_{CC\max} = 22,2 \text{ kA} \rightarrow \sqrt{t} \leq \frac{143 \cdot 120}{22200} \Rightarrow t \leq 0,77 \text{ s}$$

### PEN-geleider (70mm<sup>2</sup>)

$$I_{CC\min} = 7,9 \text{ kA} \rightarrow \sqrt{t} \leq \frac{143 \cdot 70}{7900} \Rightarrow t \leq 1,26 \text{ s}$$

$$I_{CC\max} = 22,2 \text{ kA} \rightarrow \sqrt{t} \leq \frac{143 \cdot 70}{22200} \Rightarrow t \leq 0,45 \text{ s}$$

De uitschakeltijd bij zowel de maximale als de minimale kortsluitstroom is kleiner dan de uitschakeltijd bij  $I_m$  en die uitschakeltijd bedraagt 0,03s dus de 4 voorwaarden zijn voldaan.

### S3: (6mm<sup>2</sup>)

$$I_{CC\min} = 797 \text{ A} \rightarrow \sqrt{t} \leq \frac{143 \cdot 6}{797} \Rightarrow t \leq 1,08 \text{ s}$$

$$I_{CC\max} = 15,4 \text{ kA} \rightarrow \sqrt{t} \leq \frac{143 \cdot 6}{15400} \Rightarrow t \leq 0,056 \text{ s}$$

De 2voorwaarden zijn voldaan want de maximale kortsluitstroom is 385 keer  $I_r$  en de uitschakeltijd is dan kleiner dan 0,01s.

### Persoonsbeveiliging

$$I_f = \frac{U_f \cdot 0,8}{Z_f + Z_{PE}}$$

$$U_C = I_f \cdot R_{PE}$$

LSB:

$$Z_{rail} = \sqrt{0,000186^2 + 0,0006^2} = 0,000628 \Omega$$

$$Z_{kabel,75^\circ C} = \sqrt{\left(\frac{0,0225 \cdot 37}{120}\right)^2 + 0,0006^2} = 0,007 \Omega$$

$$Z_{PE(kabel),75^\circ C} = \sqrt{\left(\frac{0,0225 \cdot 37}{70}\right)^2 + 0,0009^2} = 0,0119 \Omega$$

$$I_f = \frac{0,8 \cdot 230}{2 \cdot 0,000628 + 0,007 + 0,0119} = 9,129 \text{ kA}$$

$$U_C = 9129 \cdot (0,0119 + 0,000628) = 114,37 \text{ V}$$

$$t_{uit,max} = 0,17 \text{ s (BB2)}$$

Aangezien de foutstroom ongeveer 36 keer  $I_r$  van S2 is, is de uitschakeltijd kleiner dan 0,01s dus de persoonsbeveiliging voldoet hier. (karakteristiek S2)

Verbruiker:

$$Z_{kabel2,75^\circ C} = Z_{PE(kabel2),75^\circ C} = \sqrt{\left(\frac{0,0225 \cdot 31}{6}\right)^2 + 0,0009^2} = 0,116\Omega$$

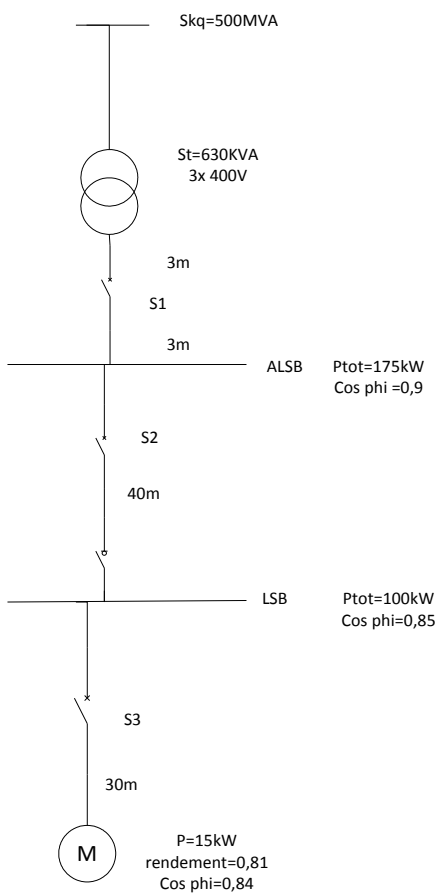
$$I_f = \frac{0,8 \cdot 230}{2 \cdot 0,000628 + 0,007 + 0,0119 + 2 \cdot 0,116} = 730A$$

$$U_c = 730 \cdot (0,000628 + 0,0119 + 0,116) = 93,8 V$$

$$t_{uit,max} \approx 0,2 s \text{ (BB2)}$$

Aangezien de foutstroom groter is dan 18 keer  $I_r$ , zal de uitschakeltijd ongeveer 0,025s zijn dus de persoonsbeveiliging voldoet hier. (karakteristiek S3)

## 5.2 Laagspanningsinstallaties: Opgave 2



Figuur 5-32: Opgave 2

## 1. Bereken van de Ib's

### ALSB

$$I_{b1} = \frac{P_{tot,1}}{\sqrt{3} \cdot U_l \cdot \cos(\vartheta_1)} = \frac{175000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,9} = 280,66A$$

### LSB

$$I_{b2} = \frac{P_{tot,2}}{\sqrt{3} \cdot U_l \cdot \cos(\vartheta_2)} = \frac{100000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,85} = 169,81A$$

### Motor

$$I_{b3} = \frac{P_{motor}}{\sqrt{3} \cdot U_l \cdot \cos(\vartheta_{motor})} = \frac{10000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,84 \cdot 0,81} = 21,21A$$

## 2. kables kiezen

### Rails

Barenstelsel dimensioneren op nominale secundaire stroom die transformator kan leveren, en dus niet op bedrijfsstroom, met daarbij 100 A boven deze waarde om zeker genoeg te hebben.

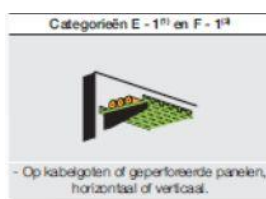
$$I_{nom,sec} = \frac{S_t}{\sqrt{3} \cdot U_l} = \frac{630000}{\sqrt{3} \cdot 400} = 909,33A$$

Rails: 1142 A (continustroom tabel) → 50 x 10 → doorsnede = 499 mm<sup>2</sup>

### Kables 40 meter

### Correctiefactor K1

Voor de aanleg wordt de methode E-1 gebruikt: Op kabelgoten of geperforeerde panelen, horizontaal of verticaal



Figuur 5-33: methode E-1

## Correctiefactor K1

Selectieletter	Installatiegeval	K1
B	■ kabels in producten, direct ingebouwd in thermisch isolerende materialen	0,70
	■ kanalen ingebouwd in thermisch isolerende materialen	0,77
	■ multigeleiderkabels	0,90
C	■ holle ruimtes in gebouwen en sleuven	0,95
	■ plaatsing onder plafonds	0,95
B, C, E, F	■ andere gevallen	1

Figuur 5-34: Correctiefactor K1

Er wordt dus een correctiefactor K1 verkregen van 1 bij methode E

## Correctiefactor K2

Gegeven is dat er 4 kringen zijn wat bij een EPR-draad geeft dat de correctiefactor K2 een waarde krijgt van 0,77 bij methode E

### Correctiefactor K2

Selectieletter	Opstelling van samenliggende kabels	Correctiefactor K2											
		aantal kringen of multigeleiderkabels											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
B, C, F	Ingebouwd of verzonken in de wanden	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,55	0,55	0,50	0,50	0,45	0,40	0,40
C	Enkele laag op de muren, vloeren of de niet geperforeerde plaatsteunen	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	Geen bijkomende reductiefactor voor meer dan 9 kabels.		
	Enkele laag op plafond	1,00	0,85	0,76	0,72	0,69	0,67	0,66	0,65	0,64			
E, F	Enkele laag op horizontale, geperforeerde plaatsteunen of op verticale plaatsteunen	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72	Geen bijkomende reductiefactor voor meer dan 9 kabels.		
	Enkele laag op kabelladders, kraagstenen, enz.	1,00	0,88	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78			

Figuur 5-35: correctiefactor K2

## Correctiefactor K3

Gegevens is dat er een omgevingstemperatuur is van 35°C wat bij een EPR-draad geeft dat de correctiefactor K3 een waarde krijgt van 0,96

### Correctiefactor K3

Omgevings-temperaturen (°C)	Isolatie		
	Elastomeer (rubber)	Polyvinylchloride (PVC)	Vernet polyethyleen (PR) butyl, ethyleen, propyleen (EPR)
10	1,29	1,22	1,15
15	1,22	1,17	1,12
20	1,15	1,12	1,08
25	1,07	1,06	1,04
30	1,00	1,00	1,00
35	0,93	0,94	0,96
40	0,82	0,87	0,91
45	0,71	0,79	0,87
50	0,58	0,71	0,82
55	-	0,61	0,76
60	-	0,50	0,71

Figuur 5-36: correctiefactor K3

## Totale correctiefactor K

Voor deze kabel krijgt men een correctiefactor  $K = K1 \cdot K2 \cdot K3 = 0,7392$

Bereken van Iz

$$I_{b2} = 169,81A \rightarrow I_{z0} = \frac{I_{b2}}{K} = \frac{169,81A}{0,7392} = 229,72A$$

Iz → kabel kiezen die wel bestaat

### Bepaling van de minimale doorsnede

I'z en K kennende (I'z is de stroom equivalent aan de door de leidingen getransporteerde stroom:  $I'z = I_z/K$ ), geeft de onderstaande tabel de aan te houden doorsnede aan.

Selectie-letter	Isolatie en aantal belaste geleiders (3 of 2)									
	Rubber of PVC				Butyl of PR of PR-ethyleen					
B	PVC3	PVC2		PR3		PR2				
C		PVC3		PVC2	PR3		PR2			
E			PVC3	PVC2	PR3	PR3	PR2	PR2		
F				PVC3		PVC2	PR3		PR2	
Sectie koper (mm²)	1,5	15,5	17,5	18,5	19,5	22	23	24	26	
	2,5	21	24	25	27	30	31	33	36	
	4	28	32	34	36	40	42	45	49	
	6	36	41	43	48	51	54	58	63	
	10	50	57	60	63	70	75	80	86	
	16	68	76	80	85	94	100	107	115	
	25	89	96	101	112	119	127	138	149	161
	35	110	119	126	138	147	158	169	185	200
	50	134	144	153	168	179	192	207	225	242
	70	171	184	196	213	229	246	268	289	310
	95	207	223	238	258	278	298	328	352	377
	120	239	259	276	299	322	346	382	410	437
	150		299	319	344	371	395	441	473	504
	185		341	364	392	424	450	506	542	575
	240		403	430	461	500	538	599	641	679
	300		464	497	530	576	621	693	741	783
	400					656	754	825		940
500					749	868	946		1 083	
630					855	1 005	1 088		1 254	
Sectie aluminium (mm²)	2,5	16,5	18,5	19,5	21	23	25	26	28	
	4	22	25	26	28	31	33	35	38	
	6	28	32	33	36	39	43	45	49	
	10	39	44	46	49	54	58	62	67	
	16	53	59	61	66	73	77	84	91	
	25	70	73	78	83	90	97	101	108	121
	35	86	90	96	103	112	120	126	135	150
	50	104	110	117	125	136	146	154	164	184
	70	133	140	150	160	174	187	198	211	237
	95	161	170	183	195	211	227	241	257	289
	120	186	197	212	226	245	263	280	300	337
	150		227	245	261	283	304	324	346	389
	185		259	280	298	323	347	371	397	447
	240		305	330	352	382	409	439	470	530
	300		351	381	406	440	471	508	543	613
	400					526	600	663		740
	500					610	694	770		856
630					711	808	899		996	

Figuur 5-37: bepaling van de minimale doorsnede

Men heeft bij methode E de keuze tussen PVC3, PVC2 of PR3. Er wordt PR3 (3 leiders belast) gekozen en koper als materiaal. Onze waarde moet rond 229 A liggen, als men ziet in de kolom heeft men een waarde van Iz = 246 A een sectie van 70 mm²

Wat is nu de doorsnede van de nulleider?

### Bepaling van de doorsnede van een belaste nulleider

De harmonische stromen van rang 3 en veelvoudigen ervan circulerend in de fasegeleiders van een driefasenkring hopen zich op in de nulleider en overbelasten die.

Voor de door de aanwezigheid van deze harmonischen betroffenen kringen en voor fasesecties > 16 mm<sup>2</sup> in koper of 25 mm<sup>2</sup> in aluminium moet men de sectie van de geleiders op de volgende manier bepalen, in functie van het percentage harmonischen van rang 3 en veelvoudigen ervan in de fasegeleiders:

■ percentage (ih3) < 15%:

De nulleider wordt als niet belast beschouwd. De sectie van de nulleider (S<sub>nul</sub>) gelijk aan die nodig voor de fasegeleiders (S<sub>ph</sub>). Er wordt geen enkele coëfficiënt verbonden aan de harmonischen toegepast: S<sub>nul</sub> = S<sub>ph</sub>

■ percentage (ih3) gelegen tussen 15% en 33%:

De nulleider wordt beschouwd als belast zonder overgedimensioneerd te moeten zijn ten opzichte van de fasen.

■ percentage (ih3) > 33% :

De geleider wordt beschouwd als belast en moet overgedimensioneerd worden voor een gebruiksstroom gelijk aan 1,45/0,84 keer de gebruiksstroom in de fase, hetzij ongeveer 1,73 keer de berekende stroom.

Afhankelijk van het type gebruikte kabel:

□ meerpolige kabels: De sectie van de nulleider (S<sub>nul</sub>) is gelijk aan die nodig voor de sectie van de fasegeleiders (S<sub>ph</sub>) en er moet rekening gehouden worden met een correctiefactor van 1,45/0,84 voor het geheel van de geleiders.

S<sub>nul</sub> = S<sub>ph</sub> = S<sub>pho</sub> x 1,45/0,84 (dimensioneringsfactor voor het geheel van de geleiders ten opzichte van de berekende sectie S<sub>pho</sub>).

□ enkelpolige kabels: De nulleider moet een sectie hebben groter dan die van de fasegeleiders.

De sectie van de nulleider (S<sub>nul</sub>) moet een dimensioneringsfactor hebben van 1,45/0,84 et. Voor de fasegeleiders (S<sub>ph</sub>) moet er rekening gehouden worden met een reductiefactor voor de toelaatbare stroom met waarde 0,84:

S<sub>nul</sub> = S<sub>pho</sub> x 1,45/0,84

S<sub>ph</sub> = S<sub>pho</sub> x 1/0,84

■ Wanneer het percentage (ih3) niet gedefinieerd is door de gebruiker neemt men de berekeningscondities aan die overeenkomen met een percentage tussen 15% en 33%. S<sub>nul</sub> = S<sub>ph</sub> = S<sub>pho</sub> x 1/0,84 (dimensioneringsfactor voor het geheel van de geleiders ten opzichte van de berekende sectie S<sub>pho</sub>).

Figuur 5-38: Bepaling van de doorsnede van een belaste nulleider

	0 < TH ≤ 15%
Enkelefasige kringen	S <sub>nul</sub> = S <sub>fase</sub>
Driefasige kringen + nul Multipolaire kabel S <sub>fase</sub> ≤ 16mm <sup>2</sup> Cu of 25mm <sup>2</sup> Al	S <sub>nul</sub> = S <sub>fase</sub>
Driefasige kringen + nul Multipolaire kabel S <sub>fase</sub> > 16mm <sup>2</sup> Cu of 25mm <sup>2</sup> Al	S <sub>nul</sub> = S <sub>fase</sub> /2 toegelaten Nul moet beveiligd zijn

Figuur 5-39: bepalen S<sub>nul</sub>

Men heeft een TH-waarde van kleiner als 15% en hebben een 3-fasige motor. Onze doorsnede van de fasedraad is groter dan 16 mm<sup>2</sup> dus zal de doorsnede van de nul de helft zijn als die van de fase.

$$S_{nul} = \frac{S_{fase}}{2} = \frac{70mm^2}{2} = 35mm^2$$

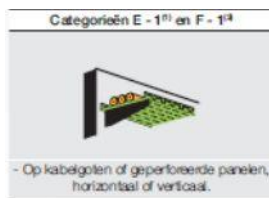
35 mm<sup>2</sup> is een genormaliseerde sectie van koper dus wordt 35mm<sup>2</sup> gekozen.

3 X 70 + G35

## Kabels 30 meter

### Correctiefactor K1

Voor de aanleg wordt de methode E-1 gebruikt: Op kabelgoten of geperforeerde panelen, horizontaal of verticaal



Figuur 5-40: methode E-1

### Correctiefactor K1

Selectieletter	Installatiegeval	K1
B	■ kabels in producten, direct ingebouwd in thermisch isolerende materialen	0,70
	■ kanalen ingebouwd in thermisch isolerende materialen	0,77
	■ multigeleiderkabels	0,90
	■ holle ruimtes in gebouwen en sleuven	0,95
C	■ plaatsing onder plafonds	0,95
B, C, E, F	■ andere gevallen	1

Figuur 5-41: correctiefactor K1

Er wordt dus een correctiefactor K1 verkregen van 1 bij methode E

### Correctiefactor K2

Gegeven is dat er 3 kringen zijn wat bij een EPR-draad geeft dat de correctiefactor K2 een waarde krijgt van 0,82 bij methode E

### Correctiefactor K2

Selectieletter	Opstelling van samenliggende kabels	Correctiefactor K2											
		aantal kringen of multigeleiderkabels											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
B, C, F	Ingebouwd of verzonken in de wanden	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,55	0,55	0,50	0,50	0,45	0,40	0,40
C	Enkele laag op de muren, vloeren of de niet geperforeerde plaatsteunen	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	Geen bijkomende reductiefactor voor meer dan 9 kabels.		
	Enkele laag op plafond	1,00	0,85	0,76	0,72	0,69	0,67	0,66	0,65	0,64			
E, F	Enkele laag op horizontale, geperforeerde plaatsteunen of op verticale plaatsteunen	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72	Geen bijkomende reductiefactor voor meer dan 9 kabels.		
	Enkele laag op kabelladders, kraagstenen, enz.	1,00	0,88	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78			

Figuur 5-42: correctiefactor K2

### Correctiefactor K3

Gegevens is dat er een omgevingstemperatuur is van 30°C wat bij een EPR-draad geeft dat de correctiefactor K3 een waarde krijgt van 1

### Correctiefactor K3

Omgevings-temperaturen (°C)	Isolatie Elastomeer (rubber)	Polyvinylchloride (PVC)	Vernet polyethyleen (PR) butyl, ethyleen, propyleen (EPR)
10	1,29	1,22	1,15
15	1,22	1,17	1,12
20	1,15	1,12	1,08
25	1,07	1,06	1,04
30	1,00	1,00	1,00
35	0,93	0,94	0,96
40	0,82	0,87	0,91
45	0,71	0,79	0,87
50	0,58	0,71	0,82
55	-	0,61	0,76
60	-	0,50	0,71

Figuur 5-43: correctiefactor K3

Totale correctiefactor K

Voor deze kabel krijgt men een correctiefactor  $K = K1 \cdot K2 \cdot K3 = 0,82$

Bereken van Iz

$$I_{b3} = 21,214A \rightarrow I_{z0} = \frac{I_{b2}}{K} = \frac{21,214A}{0,82} = 25,87A$$

Iz → kabel kiezen die wel bestaat

#### Bepaling van de minimale doorsnede

I'z en K kennende (I'z is de stroom equivalent aan de door de leidingen getransporteerde stroom: I'z = Iz/K), geeft de onderstaande tabel de aan te houden doorsnede aan.

Selectie-letter	Isolatie en aantal belaste geleiders (3 of 2)									
	Rubber of PVC					Butyl of PR of PR-ethyleen				
	B	PVC3	PVC2	PVC3	PVC3	PR3	PVC2	PR3	PR2	PR2
Sectie koper (mm²)	1,5	15,5	17,5	18,5	19,5	22	23	24	26	
	2,5	21	24	25	27	30	31	33	36	
	4	28	32	34	36	40	42	45	49	
	6	36	41	43	48	51	54	58	63	
	10	50	57	60	63	70	75	80	86	
	16	68	76	80	85	94	100	107	115	
	25	89	96	101	112	119	127	138	149	161
	35	110	119	126	138	147	158	169	185	200
	50	134	144	153	168	179	192	207	225	242
	70	171	184	196	213	229	246	268	289	310
	95	207	223	238	258	278	298	328	352	377
	120	239	259	276	299	322	346	382	410	437
	150		299	319	344	371	395	441	473	504
	185		341	364	392	424	450	506	542	575
	240		403	430	461	500	538	599	641	679
	300		464	497	530	576	621	693	741	783
	400					656	754	825		940
500					749	868	946		1 083	
630					855	1 005	1 088		1 254	
Sectie aluminium (mm²)	2,5	16,5	18,5	19,5	21	23	25	26	28	
	4	22	25	26	28	31	33	35	38	
	6	28	32	33	36	39	43	45	49	
	10	39	44	46	49	54	58	62	67	
	16	53	59	61	66	73	77	84	91	
	25	70	73	78	83	90	97	101	108	121
	35	86	90	96	103	112	120	126	135	150
	50	104	110	117	125	136	146	154	164	184
	70	133	140	150	160	174	187	198	211	237
	95	161	170	183	195	211	227	241	257	289
	120	186	197	212	226	245	263	280	300	337
	150		227	245	261	283	304	324	346	389
	185		259	280	298	323	347	371	397	447
	240		305	330	352	382	409	439	470	530
	300		351	381	406	440	471	508	543	613
	400					526	600	663		740
	500					610	694	770		856
630					711	808	899		996	

Figuur 5-44: bepaling van de minimale doorsnede

Men heeft bij methode E de keuze tussen PVC3,PVC2 of PR3. Er wordt PR3 genomen (3 leiders belast) en koper als materiaal. Onze waarde moet rond 26 A liggen, als er in de kolom gekeken wordt, heeft men een waarde van  $I_z = 31$  A een sectie van  $2,5 \text{ mm}^2$   
 Wat is nu de doorsnede van de nulleider?

**Bepaling van de doorsnede van een belaste nulleider**

De harmonische stromen van rang 3 en veelvoudigen ervan circulerend in de fasegeleiders van een driefasenkring hopen zich op in de nulleider en overbelasten die.  
 Voor de door de aanwezigheid van deze harmonischen betroffenen kringen en voor fasesecties  $> 16 \text{ mm}^2$  in koper of  $25 \text{ mm}^2$  in aluminium moet men de sectie van de geleiders op de volgende manier bepalen, in functie van het percentage harmonischen van rang 3 en veelvoudigen ervan in de fasegeleiders:  
 ■ percentage (ih3)  $< 15\%$ :  
 De nulleider wordt als niet belast beschouwd. De sectie van de nulleider ( $S_n$ ) gelijk aan die nodig voor de fasegeleiders ( $S_{ph}$ ). Er wordt geen enkele coëfficiënt verbonden aan de harmonischen toegepast:  $S_n = S_{ph}$   
 ■ percentage (ih3) gelegen tussen 15% en 33%:  
 De nulleider wordt beschouwd als belast zonder overgedimensioneerd te moeten zijn ten opzichte van de fasen.

■ percentage (ih3)  $> 33\%$  :  
 De geleider wordt beschouwd als belast en moet overgedimensioneerd worden voor een gebruiksstroom gelijk aan  $1,45/0,84$  keer de gebruiksstroom in de fase, hetzij ongeveer 1,73 keer de berekende stroom.  
 Afhankelijk van het type gebruikte kabel:  
 □ meerpolige kabels: De sectie van de nulleider ( $S_n$ ) is gelijk aan die nodig voor de sectie van de fasegeleiders ( $S_{ph}$ ) en er moet rekening gehouden worden met een correctiefactor van  $1,45/0,84$  voor het geheel van de geleiders.  
 $S_n = S_{ph} = S_{pho} \times 1,45/0,84$  (dimensioneringsfactor voor het geheel van de geleiders ten opzichte van de berekende sectie  $S_{pho}$ ).  
 □ enkelpolige kabels: De nulleider moet een sectie hebben groter dan die van de fasegeleiders.  
 De sectie van de nulleider ( $S_n$ ) moet een dimensioneringsfactor hebben van  $1,45/0,84$  et. Voor de fasegeleiders ( $S_{ph}$ ) moet er rekening gehouden worden met een reductiefactor voor de toelaatbare stroom met waarde 0,84:  
 $S_n = S_{pho} \times 1,45/0,84$   
 $S_{ph} = S_{pho} \times 1/0,84$   
 ■ Wanneer het percentage (ih3) niet gedefinieerd is door de gebruiker neemt men de berekeningscondities aan die overeenkomen met een percentage tussen 15% en 33%.  
 $S_n = S_{ph} = S_{pho} \times 1/0,84$  (dimensioneringsfactor voor het geheel van de geleiders ten opzichte van de berekende sectie  $S_{pho}$ ).

Figuur 5-45: bepaling van de doorsnede van een belaste nulleider

	$0 < TH \leq 15\%$
Enkelfasige kringen	$S_{nul} = S_{fase}$
Driefasige kringen + nul Multipolaire kabel $S_{fase} \leq 16 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ of $25 \text{ mm}^2 \text{ Al}$	$S_{nul} = S_{fase}$
Driefasige kringen + nul Multipolaire kabel $S_{fase} > 16 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ of $25 \text{ mm}^2 \text{ Al}$	$S_{nul} = S_{fase}/2$ toegelaten Nul moet beveiligd zijn

Figuur 5-46: bepalen  $S_{nul}$

TH-waarde zijn kleiner als 15% en er is een 3-fasige motor. Onze doorsnede van de fasedraad is kleiner dan  $16 \text{ mm}^2$  dus zal de doorsnede van de nul zal gelijk zijn aan de doorsnede van de fase  
 $S_{nul} = S_{fase} = 2,5 \text{ mm}^2$

$60 \text{ mm}^2$  is geen genormaliseerde sectie van koper dus wordt de dichtstbijzijnde genomen namelijk  $70 \text{ mm}^2$ .

$3 \times 2,5 + G2,5$

$$Z_Q = C \cdot \frac{U_{bs}^2}{S_{KQ}} = 1,1 \cdot \frac{(400V)^2}{500 \cdot 10^6 VA} = 0,000352 \Omega$$

De vaste verhouding of norm van  $R_Q$  over  $X_Q$  is

$$\frac{R_Q}{X_Q} = 0,1 \Rightarrow R_Q = 0,1 X_Q$$

En daarbij geldt dat

$$Z_Q = \sqrt{R_Q^2 + X_Q^2}$$

Waaruit volgt

$$Z_Q = \sqrt{(0,1 \cdot X_Q)^2 + X_Q^2}$$

$$0,00352^2 = (0,1 \cdot X_Q)^2 + X_Q^2$$

$$0,00352^2 = 1,01 \cdot X_Q^2 \Rightarrow X_Q = 0,0035 \Omega \text{ en } R_Q = 0,00035 \Omega$$

### Transformator

$$Z_T = \frac{U_{bs}^2 \cdot U_k (\%)}{100 \cdot S_T} = \frac{400V^2 \cdot 4}{100 \cdot 630000VA} = 0,0102 \Omega$$

	Vermogen in kVA					
	50	100	160	250	400	630
<b>237 V</b>						
In (A)	122	244	390	609	974	1 535
Icc (kA)	3,04	6,06	9,67	15,04	23,88	37,20
Ucc (%)	4	4	4	4	4	4
Verliezen koper (kW)	1,35	2,15	2,35	3,25	4,6	6,5

Figuur 5-47: 'Verliezen Koper'

Op tabel pagina 8/24 vind je terug dat de "Verliezen koper" bij een vermogen van 630 kVA, 6500 W bedraagt

$$R_T = \frac{P_{Cu} \cdot V_s}{S_T^2} = \frac{6500W \cdot (400V)^2}{(630000VA)^2} = 0,0026 \Omega$$

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} = 0,00986 \Omega$$

Nu wordt  $K_T$  bepaald,

$$K_T = 0,95 \cdot \frac{C_{\max}}{1 + 0,6 \chi_T}$$

Met  $\chi_T$  gelijk aan

$$\chi_T = \frac{S_T \cdot X_T}{V_s^2} = \frac{630000VA \cdot 0,00986 \Omega}{(400V)^2} = 0,039$$

$K_T$  wordt dan, met  $C_{\max} = 1,1$

$$K_T = 0,95 \cdot \frac{1,1}{1 + 0,6 \cdot 0,039} = 1,021$$

De waarden voor de transformator worden dan

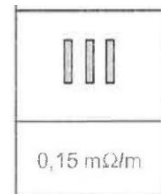
$$\left\{ \begin{array}{l} Z_{TK} = K_T \cdot Z_T = 1,021 \cdot 0,0102 \Omega = 0,0104 \Omega \\ R_{TK} = K_T \cdot R_T = 1,021 \cdot 0,0026 \Omega = 0,00265 \Omega \\ X_{TK} = K_T \cdot X_T = 1,021 \cdot 0,00986 \Omega = 0,0101 \Omega \end{array} \right.$$

### Rails

Op tabel p5/24 vindt men bij barenstel X =  $0,15 \frac{m\Omega}{m}$ . Deze eenheid staat voor milli-

Ohm per meter. Het barenstel heeft koper als materiaal. Op p6/24 vindt men de soortelijke weerstanden bij verschillende temperaturen en materialen terug.

Figuur 5-48:  
barenstel



20°C	90°C	100°C
$R_{20} = \frac{0,0185 \frac{\Omega \cdot m}{mm^2} \cdot 6m}{499mm^2} = 0,000222 \Omega$		$R_{20} = \frac{0,0244 \frac{\Omega \cdot m}{mm^2} \cdot 6m}{499mm^2} = 0,000293 \Omega$
$X_{20} = 0,15 \frac{m\Omega}{m} \cdot 6m = 0,0009 \Omega$		$X_{20} = 0,15 \frac{m\Omega}{m} \cdot 6m = 0,0009 \Omega$

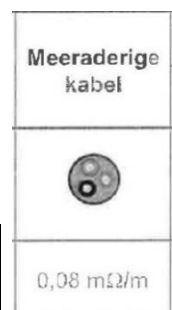
Tabel 11: rails – weerstands- en inductiewaarden bij verschillende temperaturen

Figuur 5-49:  
meeraderige kabel

### Kabel 1

Op tabel p5/24 vindt men bij meeraderige kabel X =  $0,08 \frac{m\Omega}{m}$ . Deze eenheid staat

voor milli-Ohm per meter. De kabel heeft koper als materiaal. Op p6/24 vindt men de soortelijke weerstanden bij verschillende temperaturen en materialen terug.



20°C	90°C	150°C
$R_{20} = \frac{0,0185 \frac{\Omega \cdot m}{mm^2} \cdot 40m}{70mm^2} = 0,0106 \Omega$	$R_{90} = \frac{0,0237 \frac{\Omega \cdot m}{mm^2} \cdot 40m}{70mm^2} = 0,0135 \Omega$	$R_{150} = \frac{0,028 \frac{\Omega \cdot m}{mm^2} \cdot 40m}{70mm^2} = 0,016 \Omega$
$X_{20} = 0,08 \frac{m\Omega}{m} \cdot 40m = 0,0032 \Omega$	$X_{90} = 0,08 \frac{m\Omega}{m} \cdot 40m = 0,0032 \Omega$	$X_{150} = 0,08 \frac{m\Omega}{m} \cdot 40m = 0,0032 \Omega$
$R_{20}^{PEN} = \frac{0,0185 \frac{\Omega \cdot m}{mm^2} \cdot 40m}{35mm^2} = 0,0211 \Omega$	$R_{90}^{PEN} = \frac{0,0237 \frac{\Omega \cdot m}{mm^2} \cdot 40m}{35mm^2} = 0,0271 \Omega$	$R_{150}^{PEN} = \frac{0,028 \frac{\Omega \cdot m}{mm^2} \cdot 40m}{35mm^2} = 0,032 \Omega$

Tabel 12: kabel 1 – weerstands- en inductiewaarden bij verschillende temperaturen

## Kabel 2

Op tabel p5/24 vindt men bij meeraderige kabel  $X = 0,08 \frac{m\Omega}{m}$ . Deze eenheid staat voor milli-Ohm per meter. De kabel heeft koper als materiaal. Op p6/24 vindt men de soortelijke weerstanden bij verschillende temperaturen en materialen terug.

20°C	90°C	150°C
$R_{20} = \frac{0,0185 \frac{\Omega \cdot m}{mm^2} \cdot 30m}{2,5 mm^2}$ $= 0,222 \Omega$	$R_{90} = \frac{0,0237 \frac{\Omega \cdot m}{mm^2} \cdot 30m}{2,5 mm^2}$ $= 0,2844 \Omega$	$R_{150} = \frac{0,028 \frac{\Omega \cdot m}{mm^2} \cdot 30m}{2,5 mm^2}$ $= 0,336 \Omega$
$X_{20} = 0,08 \frac{m\Omega}{m} \cdot 30m$ $= 0,0024 \Omega$	$X_{90} = 0,08 \frac{m\Omega}{m} \cdot 30m$ $= 0,0024 \Omega$	$X_{150} = 0,08 \frac{m\Omega}{m} \cdot 30m$ $= 0,0024 \Omega$
$R_{20}^{PEN} = R_{20}$	$R_{90}^{PEN} = R_{90}$	$R_{150}^{PEN} = R_{150}$

Tabel 13: kabel 2 – weerstands- en inductiewaarden bij verschillende temperaturen

## 3.Spanningsval

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_b (R \cos(\vartheta) + X \sin(\vartheta))$$

90°

{

4) Rails  $\Rightarrow \Delta U_1 = \sqrt{3} \cdot 280,66 A (0,000293 \Omega \cdot 0,9 + 0,0009 \Omega \cdot \sin(\text{Arc cos}(0,9))) = 0,319 V$

5) Kabel 1  $\Rightarrow \Delta U_2 = \sqrt{3} \cdot 169,81 A (0,0135 \Omega \cdot 0,85 + 0,032 \Omega \cdot \sin(\text{Arc cos}(0,85))) = 8,33 V$

6) Kabel 1  $\Rightarrow \Delta U_3 = \sqrt{3} \cdot 21,21 A (0,2844 \Omega \cdot 0,84 + 0,024 \Omega \cdot \sin(\text{Arc cos}(0,84))) = 9,26 V$

Dit is de spanningsval in bedrijf, wat niet de worst-case situatie is. Deze vindt plaats bij aanzet en er geldt dan als vuistregel dat de  $I_{start} = 7 \cdot I_{nom}$  en de  $\cos(\vartheta) = 0,45$  als  $I_{nom} < 100 A$

$$\Rightarrow \Delta U_{3,Opstart} = \sqrt{3} \cdot 7 \cdot 21,21 A (0,2844 \Omega \cdot 0,45 + 0,024 \Omega \cdot \sin(\text{Arc cos}(0,45))) = 38,43 V$$

## Controle spanningsval

In de bundel op p15/24 vindt men volgend tabel terug

### Maximale spanningsval tussen bron van de LS-installatie en de verbruikers

	Verlichting	Andere toepassingen (drijfkracht)
Abonnee gevoed door het LS-net publieke distributie	3 %	5 %
Abonnee eigenaar van de HT-A/BT-post	6 %	8 % <sup>(1)</sup>

Figuur 5-50: maximale spanningsval tussen bron van de LS-installatie en de verbruikers

Van de transformator tot de eindverbruiker mag er maximum 8% spanningsval zijn. (10% bij aanloop is aanvaardbaar)

$$\Delta U_{tot} = 400V - 0,319V - 8,33V - 38,43V = 352,921V$$

$$\rightarrow 1 - \frac{352,921V}{400V} = 11,77\% \rightarrow > 8\% \Rightarrow \text{niet OK}$$

$\rightarrow > 10\% \Rightarrow \text{bij aanloop ook niet OK}$

Aangezien de bijdrage van de rails en kabel 1 maar 2% van de spanningsval bedraagt, is het aangewezen de doorsnede van kabel 2 te vergroten.

$$\rightarrow \phi_{kabel2} = \phi_{kabel2}^{PE} = 6mm^2$$

20°C	90°C	150°C
$R_{20} = \frac{0,0185 \frac{\Omega \cdot m}{mm^2} \cdot 30m}{6mm^2}$ $= 0,0925 \Omega$	$R_{90} = \frac{0,0237 \frac{\Omega \cdot m}{mm^2} \cdot 30m}{6mm^2}$ $= 0,1185 \Omega$	$R_{150} = \frac{0,028 \frac{\Omega \cdot m}{mm^2} \cdot 30m}{6mm^2}$ $= 0,14 \Omega$
$X_{20} = 0,08 \frac{m\Omega}{m} \cdot 30m$ $= 0,0024 \Omega$	$X_{90} = 0,08 \frac{m\Omega}{m} \cdot 30m$ $= 0,0024 \Omega$	$X_{150} = 0,08 \frac{m\Omega}{m} \cdot 30m$ $= 0,0024 \Omega$
$R_{20}^{PEN} = R_{20}$	$R_{90}^{PEN} = R_{90}$	$R_{150}^{PEN} = R_{150}$

Tabel 14: kabel 2 – weerstands- en inductiewaarden bij verschillende temperaturen – na het vergroten van doorsnede

$$\Rightarrow \Delta U_{3,Opstart} = \sqrt{3} \cdot 7 \cdot 21,21A (0,1185 \Omega \cdot 0,45 + 0,024 \Omega \cdot \sin(\text{Arc cos}(0,45))) = 14,27V$$

$$\Delta U_{tot} = 400V - 0,319V - 8,33V - 14,27V = 377,081V$$

$$\rightarrow 1 - \frac{377,081V}{400V} = 5,729\% \rightarrow < 8\% \Rightarrow \text{OK}$$

$\rightarrow < 10\% \Rightarrow \text{bij aanloop ook OK}$

## 4. Kortsluitstromen

### Schakelaar 1

$$I_{cc,max}^{20} = \frac{1,1 \cdot U_f}{\sqrt{(R_Q + R_{TK} + \frac{R_{20,rail}}{2})^2 + (X_Q + X_{TK} + \frac{X_{20,rail}}{2})^2}}$$

$$= \frac{1,1 \cdot 230}{\sqrt{(0,00035 + 0,00265 + \frac{0,000222}{2})^2 + (0,0035 + 0,0101 + \frac{0,0009}{2})^2}} = 22,483 \text{ kA}$$

$$I_{cc,min}^{150} = \frac{1,1 \cdot U_f}{\sqrt{(R_Q + R_{TK} + 2 \cdot R_{150,rail})^2 + (X_Q + X_{TK} + 2 \cdot X_{150,rail})^2}}$$

$$= \frac{1,1 \cdot 230}{\sqrt{(0,00035 + 0,00265 + 2 \cdot 0,000269)^2 + (0,0035 + 0,0101 + 2 \cdot 0,0009)^2}} = 19,973 \text{ kA}$$

## Schakelaar 2

$$\begin{aligned} I_{cc,max} &= \frac{1,1 \cdot U_f}{\sqrt{(R_Q + R_{TK} + R_{20,rail})^2 + (X_Q + X_{TK} + X_{20,rail})^2}} \\ &= \frac{1,1 \cdot 230}{\sqrt{(0,00035 + 0,00265 + 0,000222)^2 + (0,0035 + 0,0101 + 0,0009)^2}} = 21,594 \text{ kA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{cc,min} &= \frac{1,1 \cdot U_f}{\sqrt{(R_Q + R_{TK} + 2 \cdot R_{150,rail} + R_{150,kabel 1 \downarrow} + R_{150,kabel 1 \uparrow}^{PEN})^2 + (X_Q + X_{TK} + 2 \cdot (X_{150,rail} + X_{150,kabel 1 \uparrow \downarrow}))^2}} \\ &= \frac{1,1 \cdot 230}{\sqrt{(0,00035 + 0,00265 + 2 \cdot 0,000269 + 0,016 + 0,032)^2 + (0,0035 + 0,0101 + 2 \cdot (0,0009 + 0,0032))^2}} \\ &= 4,641 \text{ kA} \end{aligned}$$

## Schakelaar 3

$$\begin{aligned} I_{cc,max} &= \frac{1,1 \cdot U_f}{\sqrt{(R_Q + R_{TK} + R_{20,rail} + R_{20,kabel 1})^2 + (X_Q + X_{TK} + X_{20,rail} + X_{20,kabel 1})^2}} \\ &= \frac{1,1 \cdot 230}{\sqrt{(0,00035 + 0,00265 + 0,000222 + 0,0106)^2 + (0,0035 + 0,0101 + 0,0009 + 0,0032)^2}} \\ &= 12,744 \text{ kA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{cc,min} &= \frac{1,1 \cdot U_f}{\sqrt{(R_Q + R_{TK} + 2 \cdot R_{150,rail} + R_{150,kabel 1} + R_{150,kabel 1}^{PEN} + 2 \cdot R_{150,kabel 2})^2 + (X_Q + X_{TK} + 2 \cdot (X_{150,rail} + X_{150,kabel 1} + X_{150,kabel 2}))^2}} \\ &= \frac{1,1 \cdot 230}{\sqrt{(0,00035 + 0,00265 + 2 \cdot 0,000269 + 0,016 + 0,032 + 2 \cdot 0,14)^2 + (0,0035 + 0,0101 + 2 \cdot (0,0009 + 0,0032 + 0,0024))^2}} \\ &= 761,9 \text{ A} \end{aligned}$$

## Keuze en controle van beveiligingen

### S1

$$I_B = 280,656 A < I_N = 1000 A < I_Z = 1142 A$$

	NS800	NS1000			NS1250	NS1600	
	3, 4				3, 4		
door middel van een krukhendel draaiend, direct of verlengd	■				■		
	■				■		
	■				■		
	N	H	L		N	H	N H
vooraansluiting	■	■	■		■	■	■
achteraansluiting	■	■	■		■	■	■
vooraansluiting	■	■	■		■	■	■
achteraansluiting	■	■	■		■	■	■
50°C	800		1000		1250		1600
65°C (1)	800		1000		1250		1510
	750				750		
	8				8		
WS 50/60 Hz	690				690		
GS	500				500		
	N	H	L		N	H	
WS 50/60 Hz 220/240 V	50	70	150		50	70	
380/415 V	50	70	150		50	70	
440 V	50	65	130		50	65	
500/525 V	40	50	100		40	50	
660/690 V	30	42	25		30	42	
GS 250 V	-	-	-		-	-	
500 V	-	-	-		-	-	
waarde of % Icu manuele bediening	100%	75%	100%		100%	75%	75% 50%
elektrische bediening	75%	50%	100%		75%	50%	75% 50%
0,5 s	25	25	10		25	25	
1 s	17	17	7		17	17	
	■				■		
	B	B	A		B	B	
	10000				10000		
440 V In/2	6000				5000	5000	
In	5000				4000	2000	
690 V In/2	4000				3000	2000	
In	2000				2000	1000	
	III				III		
	N	H	L		N	H	
240 V	50	65	125		50	65	-
480 V	35	50	100		35	50	-
600 V	25	50	-		25	50	-
	Micrologic 2.0 A				Micrologic 5.0 A		
	■				■		
	-				■		
	-				-		

Figuur 5-51: keuze kaliber S1

### Keuze: Compact NS1000N

$$I_{cu} = 50kA$$

$$I_{cs} = 50 \cdot \frac{3}{4} = 37,5kA$$

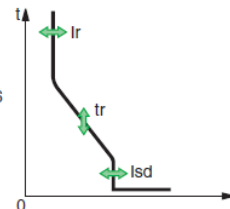
# Beveiliging van de kringen

## Keuze van de beveiligingsinrichtingen

### Keuze van de controle-units

Micrologic A voor vermogensschakelaars Compact  
 NS800 tot 1600 en Masterpact NT-NW

Beveiligingen		Micrologic 2.0 A									
<b>Lange vertraging</b>											
Drempel (A)	$I_r = I_n \times \dots$	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95	0,98	1	
Uitschakeling tussen 1,05 tot 1,20 $I_r$											
Vertraging (s.)	$t_r$ tot 1,5 x $I_r$	12,5	25	50	100	200	300	400	500	600	
Precisie: 0 tot -20%	$t_r$ tot 6 x $I_r$	0,5	1	2	4	8	12	16	20	24	
	$t_r$ tot 7,2 x $I_r$	0,34	0,69	1,38	2,7	5,5	8,3	11	13,8	16,6	
<b>Thermisch geheugen</b>											
Onmiddellijk											
Drempel (A)	$I_{sd} = I_r \times \dots$	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	10	
Precisie: $\pm 10\%$											
Vertraging											
Vast: 20 ms											
<b>Ampèremeter</b>		Micrologic 2.0 A									
Continue meting van de stromen											
Metingen van 20 tot 200% van $I_n$											
Precisie: 1,5% (opnemers inbegrepen)											
Maximeters											
$I_1 \text{ max } I_2 \text{ max } I_3 \text{ max } I_n \text{ max}$											



Figuur 5-52: keuze lossers S1

### Keuze: Micrologic 2.0 A

$I_n = 1000A$  (niet gegeven bij lossers dus kijken bij kaliber)

$$I_r = 1000A = I_{nf}$$

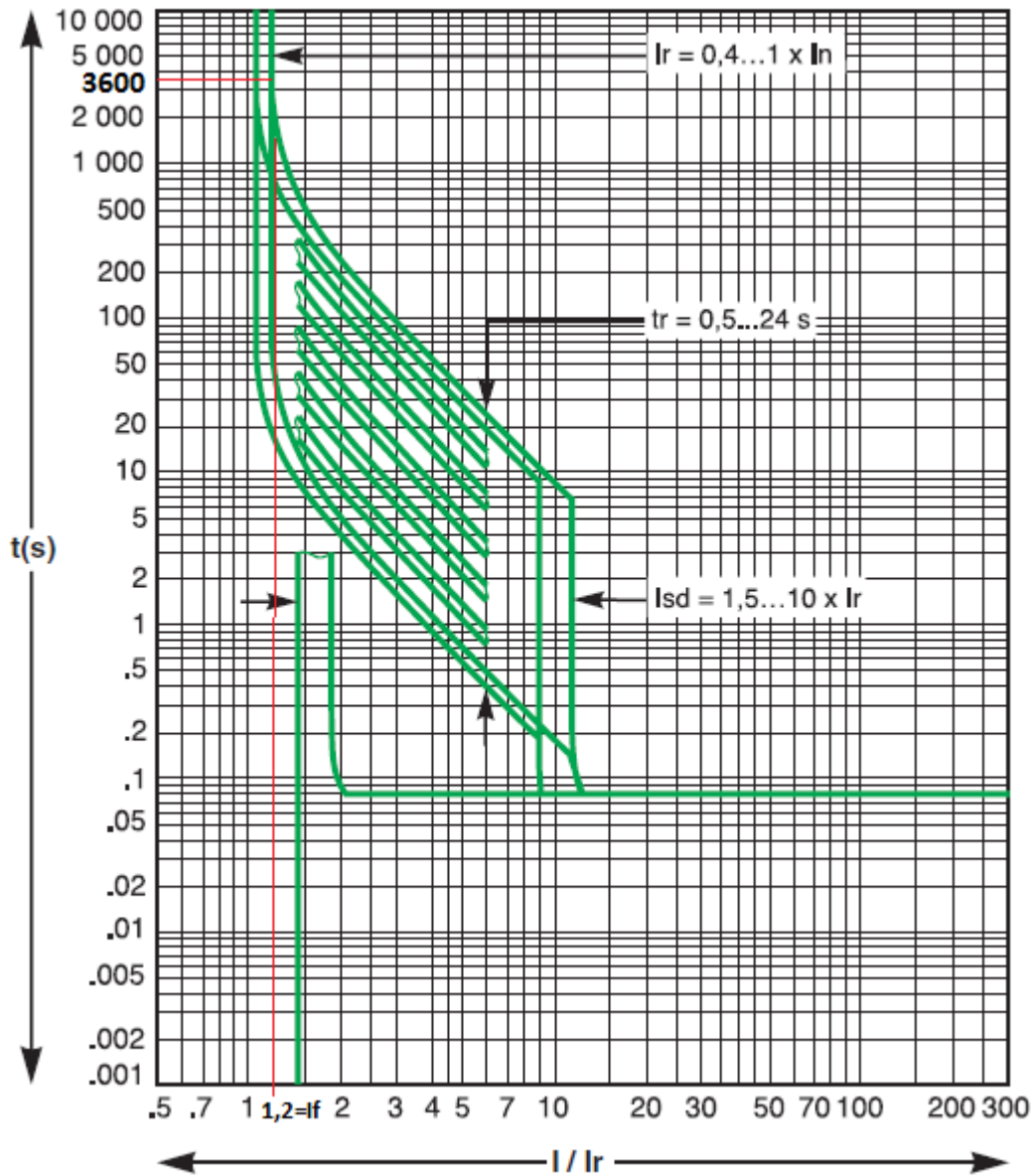
$I_f = 1,20 \cdot I_r = 1200A$  (uitschakeling tussen 1,05 tot 1,20 keer  $I_r$ )

De uitschakeltijd bij 1,2 keer  $I_r$  is ongeveer  $2000s < 3600s = t_{conv}$

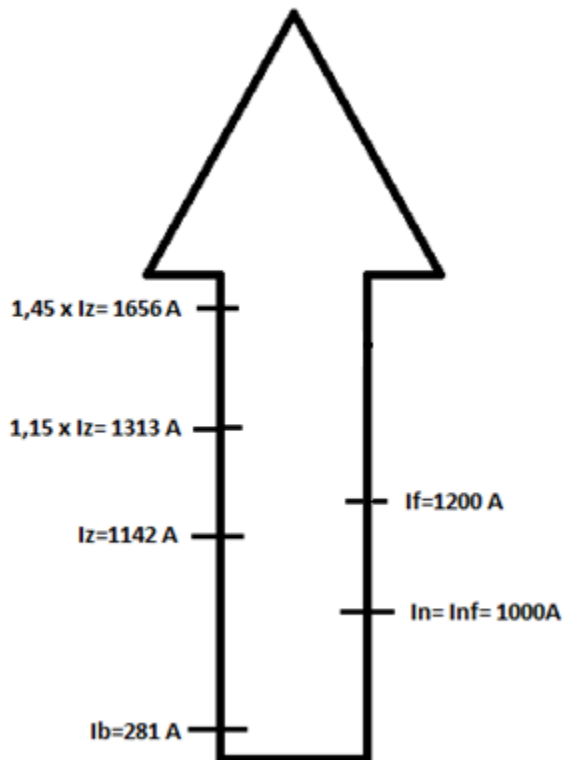
$$I_m = 10 \cdot 1000A = 10000A < I_{cc,min} = 20kA < I_{cc,max} = 22,5kA < I_{cs}$$

$$t_{uit} = 0,8s \text{ bij } I_m$$

# Micrologic 2.0



Figuur 5-53: uitschakelcurve micrologic 2.0



Figuur 5-54: visualisatie van de twee voorwaarden voor de beveiliging S1

**S2**

$$I_B = 169,809 \text{ A} < I_N = 200 \text{ A} < I_Z = 246 \text{ A}$$

## Beveiliging van de kringen

### Keuze van de beveiligingsinrichtingen

### Keuze van de vermogensschakelaars

#### Vermogensschakelaar Compact NSX 100 tot 630

Gemeenschappelijke karakteristieken			
Toegekende spanningen			
isolatiespanning (V)	Ui		800
stoothoudspanning (kV)	Uimp		8
gebruikspanning (V)	Ue	WS 50/60 Hz	690
Scheidingsvermogen	IEC/EN 60947-2		oui
Gebruikscategorie			A
Vervuilsgraad	IEC 60664-1		3

#### Vermogensschakelaars

##### Niveaus onderbrekingsvermogen

##### Karakteristieken volgens CEI/IEC 60947-2

Toegekende stroom (A) In 40 °C

Aantal polen

##### Onderbrekingsvermogen (kA eff.)

Icu	WS 50/60 Hz	220/240 V	380/415 V	440 V	500 V	525 V	660/690 V
-----	-------------	-----------	-----------	-------	-------	-------	-----------

##### Dienstonderbrekingsvermogen (kA eff.)

Ics	WS 50/60 Hz	220/240 V	380/415 V	440 V	500 V	525 V	660/690 V
-----	-------------	-----------	-----------	-------	-------	-------	-----------

Duurzaamheid (cycli C-O)

Mechanisch	Elektrisch	440 V	In/2	In	690 V	In/2	In
------------	------------	-------	------	----	-------	------	----

##### Karakteristieken volgens NEMA-AB1

##### Onderbrekingsvermogen (kA eff.)

WS 50/60 Hz	240 V	480 V	600 V
-------------	-------	-------	-------

##### Karakteristieken volgens UL508

##### Onderbrekingsvermogen (kA eff.)

WS 50/60 Hz	240 V	480 V	600 V
-------------	-------	-------	-------

##### Beveiliging en meting

Beveiliging tegen kortsluitstromen Enkel magnetisch  
 Reëlinninn tenen nuerhelastinnnen / Thermomagnetisch

#### Gemeenschappelijke karakteristieken

Bediening	
Manueel	door middel van een krukhendel
	draaiend, standaard of verlengd
Elektrisch	met afstandsbediening
Versies	
Vast	
Uittrekbaar	op sokkel
	op chassis

	NSX100				NSX160				NSX250				NSX400				NSX630						
	F	N	H	S L	F	N	H	S L	F	N	H	S L	N	H	S L	N	H	S L					
Aantal polen	2 <sup>0</sup> , 3, 4				2 <sup>0</sup> , 3, 4				2 <sup>0</sup> , 3, 4				3, 4				3, 4						
Icu	85	90	100	120	150	85	90	100	120	150	85	90	100	120	150	85	100	120	150	85	100	120	150
Ics	36	50	70	100	150	36	50	70	100	150	36	50	70	100	150	50	70	100	150	50	70	100	150
Duurzaamheid (cycli C-O)	50000	40000	20000	15000	15000	10000	20000	12000	8000	4000	20000	10000	6000	6000	2000	15000	15000	8000	4000				
Beveiliging tegen kortsluitstromen	Enkel magnetisch				Thermomagnetisch				Enkel magnetisch				Thermomagnetisch										

Figuur 5-55: keuze kaliber S2

## Keuze: Compact NSX250F

$$I_{cu} = 36kA$$

$$I_{cs} = 36kA$$

Thermomagnetische lossers		TM16D tot 250D										TM16G tot 63G					
Kalibers (A)	In bij 40 °C <sup>(1)</sup>	16	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	16	25	40	63
Vermogensschakelaar	Compact NSX100	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Compact NSX160	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Compact NSX250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Thermische beveiliging		regelbaar in ampère van 0,7 tot 1 x In															
Drempel (A) uitschakeling tussen 1,05 en 1,20 Ir	Ir = In x ...	niet regelbaar															
Vertraging (s)	tr	120 tot 400										niet regelbaar					
	tr tot 1,5 x Ir	15										120 tot 400					
	tr tot 6 x Ir	-															
Magnetische beveiliging		regelbaar															
Drempel (A)	Im	190 300 400 500 500 500 640 800										63 80 80 125					
precisie ±20 %	Compact NSX100	190 300 400 500 500 500 640 800 1250 1250										5 tot 10 x In					
	Compact NSX160/250	63 80 80 125															
Vertraging	tm	vast															
Beveiliging van de nulleider		zonder beveiliging															
Nulleider niet beveiligd	4P 3D	geen versie 4P 3D															
Volledig beveiligde nulleider	4P 4D	1 x Ir															

Figuur 5-56: keuze lossers S2

## Keuze: TM200D

$$I_n = 200A$$

$$I_r = 1 \cdot 200A = 200A = I_{nf}$$

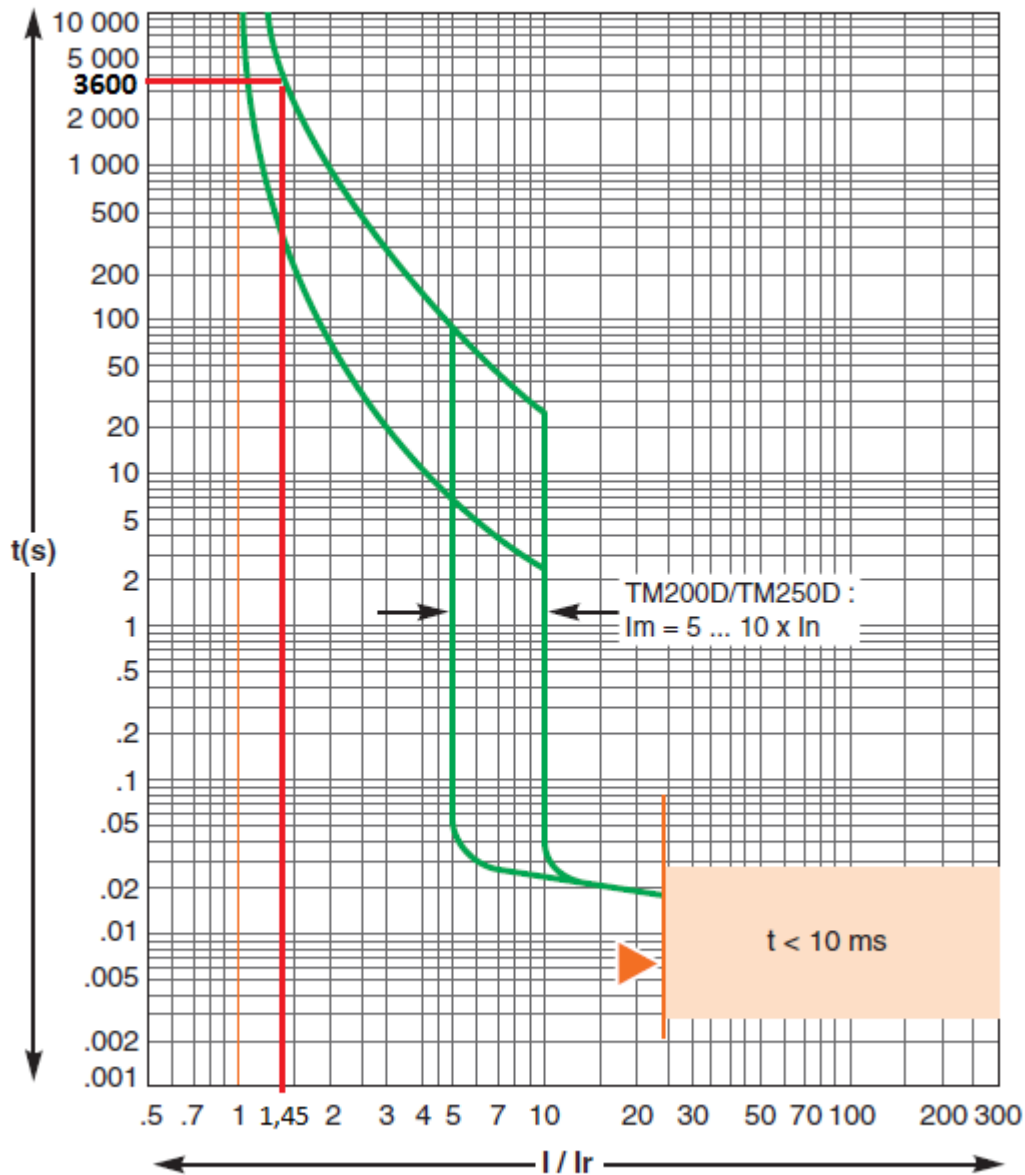
$$I_f = 1,45 \cdot I_r = 290A \text{ (zie karakteristiek)}$$

De uitschakeltijd bij 1,45 keer  $I_r$  is ongeveer  $3600s = t_{conv}$

$$I_m = 10 \cdot 200A = 2000A < I_{cc,min} = 4,6kA < I_{cc,max} = 21,6kA < I_{cs}$$

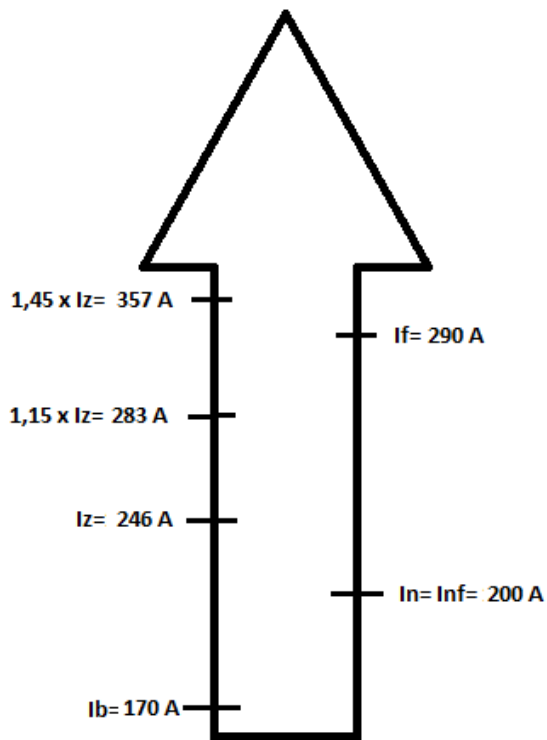
$$t_{uit} = 0,03s \text{ bij } I_m$$

### TM200D / TM250D



Reflex-uitschakeling.

Figuur 5-57: uitschakelcurve TM200D



Figuur 5-58: visualisatie van de twee voorwaarden voor de beveiliging S2

### S3

$$I_B = 21,214 A < I_N = 25 A < I_Z = 31 A$$

**Beveiliging van de kringen**  
Keuze van de beveiligingsinrichtingen  
Keuze van de vermogensschakelaars

#### Vermogenschakelaar Compact NSX 100 tot 630

Gemeenschappelijke karakteristieken	
Toegekende spanningen	
Isolatie spanning (V)	UI 800
stothoudspanning (kV)	Uimp 8
gebruikspanning (V)	Ue WS 50/60 Hz 690
Scheidingsvermogen	IEC/EN 60947-2
Gebruikscategorie	A
Vervuilsgraad	IEC 60664-1 3

#### Vermogensschakelaars

##### Niveaus onderbrekingsvermogen

##### Karakteristieken volgens CE/IEC 60947-2

Toegekende stroom (A) In 40 °C

Aantal polen

Onderbrekingsvermogen (KA eff.)

icv	WS 50/60 Hz	220/240 V	380/415 V	440 V	500 V	525 V	660/690 V
85	90	100	120	150	150	150	150
36	50	70	100	150	150	150	150
35	50	65	90	130	130	130	130
25	36	50	65	70	30	36	50
22	35	35	40	50	22	35	40
8	10	10	15	20	8	10	15

##### Dienstonderbrekingsvermogen (KA eff.)

ics	WS 50/60 Hz	220/240 V	380/415 V	440 V	500 V	525 V	660/690 V
85	90	100	120	150	150	150	150
36	50	70	100	150	150	150	150
35	50	65	90	130	130	130	130
12,5	36	50	65	70	30	36	50
11	35	35	40	50	22	35	40
4	10	10	15	20	8	10	15

##### Duurzaamheid (cycli C-O)

Mechanisch	40000
Elektrisch	20000
440 V In/2	10000
440 V In	20000
690 V In/2	20000
690 V In	10000

##### Karakteristieken volgens NEMA-AB1

Onderbrekingsvermogen (KA eff.)	WS 50/60 Hz	240 V	480 V	600 V
85	90	100	120	150
35	50	65	90	130
8	20	35	40	50

##### Karakteristieken volgens UL508

Onderbrekingsvermogen (KA eff.)	WS 50/60 Hz	240 V	480 V	600 V
85	90	100	120	150
35	50	65	90	130
8	20	35	40	50

#### Gemeenschappelijke karakteristieken

##### Bediening

Manueel door middel van een kruikhendel chassisch, standaard of verlengd

Elektrisch met afstandsbediening

##### Versies

Vast op sokkel

Dillrekbaar op chassis

NSX100				NSX160				NSX250				NSX400				NSX630								
F	N	H	S	L	F	N	H	S	L	F	N	H	S	L	F	N	H	S	L	F	N	H	S	L
100				160				250				400				630								
2 <sup>0</sup> , 3, 4				2 <sup>0</sup> , 3, 4				2 <sup>0</sup> , 3, 4				3, 4				3, 4								
85	90	100	120	150	85	90	100	120	150	85	90	100	120	150	85	100	120	150	85	100	120	150		
36	50	70	100	150	36	50	70	100	150	36	50	70	100	150	50	70	100	150	50	70	100	150		
35	50	65	90	130	35	50	65	90	130	35	50	65	90	130	42	65	90	130	42	65	90	130		
25	36	50	65	70	30	36	50	65	70	30	36	50	65	70	30	50	65	70	30	50	65	70		
22	35	35	40	50	22	35	35	40	50	22	35	35	40	50	22	35	40	50	22	35	40	50		
8	10	10	15	20	8	10	10	15	20	8	10	10	15	20	10	20	25	35	10	20	25	35		
85	90	100	120	150	85	90	100	120	150	85	90	100	120	150	85	100	120	150	85	100	120	150		
36	50	70	100	150	36	50	70	100	150	36	50	70	100	150	50	70	100	150	50	70	100	150		
35	50	65	90	130	35	50	65	90	130	35	50	65	90	130	42	65	90	130	42	65	90	130		
12,5	36	50	65	70	12,5	36	50	65	70	12,5	36	50	65	70	30	50	65	70	30	50	65	70		
11	35	35	40	50	11	35	35	40	50	11	35	35	40	50	11	11	12	12	11	11	12	12		
4	10	10	15	20	4	10	10	15	20	4	10	10	15	20	10	10	12	12	10	10	12	12		
50000				40000				20000				15000				15000								
50000				10000				20000				12000				8000								
30000				20000				10000				8000				4000								
20000				15000				10000				6000				6000								
10000				7500				5000				3000				2000								
85	90	100	120	150	85	90	100	120	150	85	90	100	120	150	85	100	120	150	85	100	120	150		
35	50	65	90	130	35	50	65	90	130	35	50	65	90	130	42	65	90	130	42	65	90	130		
8	20	35	40	50	8	20	35	40	50	8	20	35	40	50	20	35	40	50	20	35	40	50		

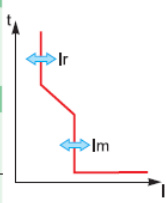
Figuur 5-59: keuze kaliber S3

**Keuze: Compact NSX100F**

$$I_{cu} = 36kA$$

$$I_{cs} = 36kA$$

Thermomagnetische lossers		TM16D tot 250D										TM16G tot 63G							
Kalibers (A)	In bij 40 °C <sup>(1)</sup>	16	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	16	25	40	63		
Vermogensschakelaar	Compact NSX100	■	■	■	■	■	■	■	■	-	-	-	-	■	■	■	■		
	Compact NSX160	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Compact NSX250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<b>Thermische beveiliging</b>																			
Drempel (A) uitschakeling tussen 1,05 en 1,20 I <sub>r</sub>	I <sub>r</sub> = I <sub>n</sub> x ...	regelbaar in ampère van 0,7 tot 1 x I <sub>n</sub>																	
Vertraging (s)	t <sub>r</sub>	niet regelbaar												niet regelbaar					
	t <sub>r</sub> tot 1,5 x I <sub>r</sub>	120 tot 400												120 tot 400					
	t <sub>r</sub> tot 6 x I <sub>r</sub>	15												-					
<b>Magnetische beveiliging</b>																			
Drempel (A)	I <sub>m</sub>	vast										regelbaar		fixe					
precisie ±20 %	Compact NSX100	190	300	400	500	500	500	640	800					63	80	80	125		
	Compact NSX160/250	190	300	400	500	500	500	640	800	1250	1250	5 tot 10 x I <sub>n</sub>	63	80	80	125			
Vertraging	t <sub>m</sub>	vast																	
<b>Beveiliging van de nulleider</b>																			
Nulleider niet beveiligd	4P 3D	zonder beveiliging												geen versie 4P 3D					
Volledig beveiligde nulleider	4P 4D	1 x I <sub>r</sub>												1 x I <sub>r</sub>					



Figuur 5-60: keuze lossers S3

**Keuze: TM25D**

$$I_n = 25A$$

$$I_r = 1 \cdot 25A = 25A = I_{nf}$$

$$I_f = 1,4 \cdot I_r = 35A \text{ (zie karakteristiek)}$$

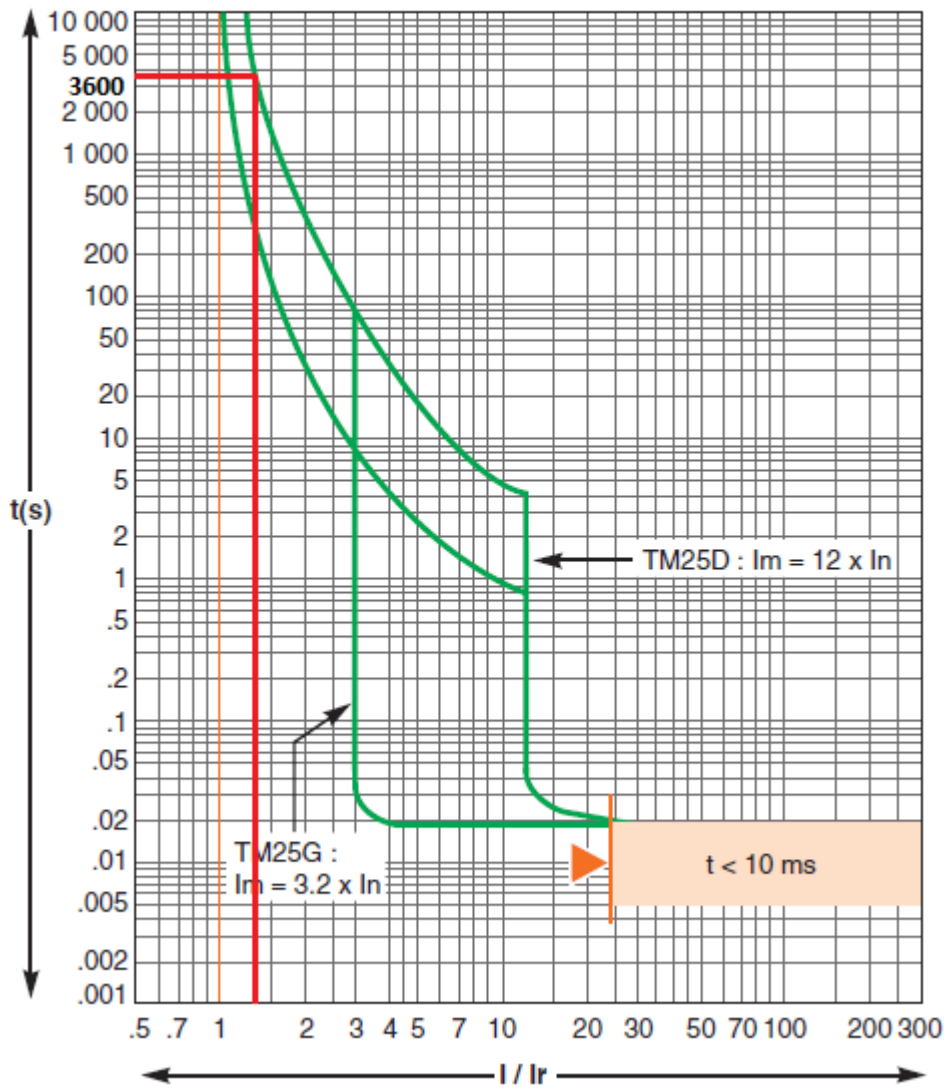
De uitschakeltijd bij 1,4 keer  $I_r$  is ongeveer  $3600 \text{ s} = t_{conv}$

$$I_m = 12 \cdot 25A = 300A < I_{cc,min} = 762A < I_{cc,max} = 12,7kA < I_{cs}$$

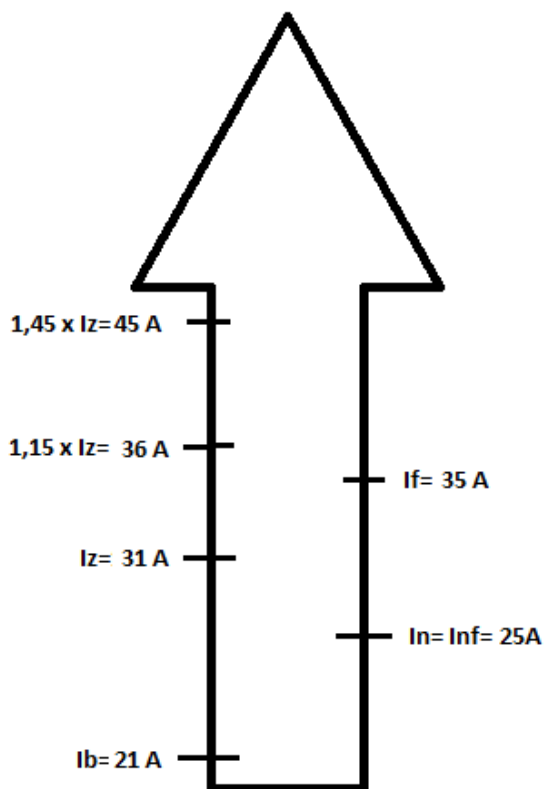
( $I_m = 12 \cdot I_n$  op karakteristiek)

$$t_{uit} = 0,04s \text{ bij } I_m$$

# TM25D / TM25G



Figuur 5-61: uitschakelcurve TM25D



Figuur 5-62: visualisatie van de twee voorwaarden voor de beveiliging S3

### Controle isolatiemateriaal

K=143 voor beide kabels

$k$ ( $A\sqrt{s}/mm^2$ )	Cu	Al
PVC	115	76
VPE, <b>EPR</b>	<b>143</b>	94
B,R	135	89

Tabel 15: actieve geleiders en PE-geleiders in kabels

S2: fasegeleiders (70 mm<sup>2</sup>)

$$I_{CC\min} = 4,641 \text{ kA} \rightarrow \sqrt{t} \leq \frac{143 \cdot 70}{4641} \Rightarrow t \leq 4,65 \text{ s}$$

$$I_{CC\max} = 21,594 \text{ kA} \rightarrow \sqrt{t} \leq \frac{143 \cdot 70}{21594} \Rightarrow t \leq 0,215 \text{ s}$$

PEN-geleider (35mm<sup>2</sup>)

$$I_{CC\min} = 4,641 \text{ kA} \rightarrow \sqrt{t} \leq \frac{143 \cdot 35}{4641} \Rightarrow t \leq 1,16 \text{ s}$$

$$I_{CC\max} = 21,594 \text{ kA} \rightarrow \sqrt{t} \leq \frac{143 \cdot 35}{21594} \Rightarrow t \leq 0,054 \text{ s}$$

De uitschakeltijd bij zowel de maximale als de minimale kortsluitstroom is kleiner dan de uitschakeltijd bij Im en die uitschakeltijd bedraagt 0,03s dus de 4 voorwaarden zijn voldaan.

S3: (6mm<sup>2</sup>)

$$I_{CC\min} = 761,9 \text{ A} \rightarrow \sqrt{t} \leq \frac{143 \cdot 6}{761,9} \Rightarrow t \leq 1,27 \text{ s}$$

$$I_{CC\max} = 12,744 \text{ kA} \rightarrow \sqrt{t} \leq \frac{143 \cdot 6}{12744} \Rightarrow t \leq 0,00452 \text{ s}$$

De 2<sup>e</sup> voorwaarde is waarschijnlijk niet voldaan. De uitschakeltijd voor beide kortsluitstromen is kleiner dan 0,01s maar hoe klein deze tijd zal zijn is niet gekend.

→ De doorsnede van kabel 2 zal groter gekozen moeten worden, dit zal de maximale uitschakeltijd voor de maximale kortsluitstroom vergroten. Dit zal ook invloed hebben op de minimale kortsluitstromen, dus deze zal ook herberekend moeten worden.

$$\rightarrow \phi_{kabel2} = \phi_{kabel2}^{PE} = 10 \text{ mm}^2$$

20°C	90°C	150°C
$R_{20} = \frac{0,0185 \frac{\Omega \cdot m}{\text{mm}^2} \cdot 30m}{10 \text{ mm}^2}$ $= 0,0555 \Omega$	$R_{90} = \frac{0,0237 \frac{\Omega \cdot m}{\text{mm}^2} \cdot 30m}{10 \text{ mm}^2}$ $= 0,0711 \Omega$	$R_{150} = \frac{0,028 \frac{\Omega \cdot m}{\text{mm}^2} \cdot 30m}{10 \text{ mm}^2}$ $= 0,084 \Omega$
$X_{20} = 0,08 \frac{m\Omega}{m} \cdot 30m$ $= 0,0024 \Omega$	$X_{90} = 0,08 \frac{m\Omega}{m} \cdot 30m$ $= 0,0024 \Omega$	$X_{150} = 0,08 \frac{m\Omega}{m} \cdot 30m$ $= 0,0024 \Omega$
$R_{20}^{PEN} = R_{20}$	$R_{90}^{PEN} = R_{90}$	$R_{150}^{PEN} = R_{150}$

Tabel 16: kabel 2 – weerstands- en inductiewaarden bij verschillende temperaturen – na het vergroten van doorsnede

$$I_{cc,\min 20} = \frac{1,1 \cdot U_f}{\sqrt{(R_Q + R_{TK} + 2 \cdot R_{150,rail} + R_{150,kabel1} + R_{150,kabel1}^{PEN} + 2 \cdot R_{150,kabel2})^2 + (X_Q + X_{TK} + 2 \cdot X_{(150,rail)} + X_{150,kabel1} + X_{150,kabel2})^2}}$$

$$= \frac{1,1 \cdot 230}{\sqrt{(0,00035 + 0,00265 + 2 \cdot 0,000269 + 0,016 + 0,032 + 2 \cdot 0,0555)^2 + (0,0035 + 0,0101 + 2 \cdot (0,0009 + 0,0032 + 0,0024))^2}}$$

$$= 1555,13 \text{ A}$$

$$I_{CC\min} = 1555,13 \text{ A} \rightarrow \sqrt{t} \leq \frac{143 \cdot 10}{1555,13} \Rightarrow t \leq 0,846 \text{ s}$$

$$I_{CC\max} = 12,744 \text{ kA} \rightarrow \sqrt{t} \leq \frac{143 \cdot 10}{12744} \Rightarrow t \leq 0,0126 \text{ s}$$

Aangezien de uitschakeltijd kleiner is dan 0,01s, zijn deze voorwaarden nu wel OK.

## Persoonsbeveiliging

$$I_f = \frac{U_f \cdot 0,8}{Z_f + Z_{PE}}$$

$$U_C = I_f \cdot R_{PE}$$

LSB:

$$Z_{rail} = \sqrt{0,000293^2 + 0,0009^2} = 0,000946 \Omega$$

$$Z_{kabel,75^\circ C} = \sqrt{\left(\frac{0,0225 \cdot 40}{70}\right)^2 + 0,0009^2} = 0,0132 \Omega$$

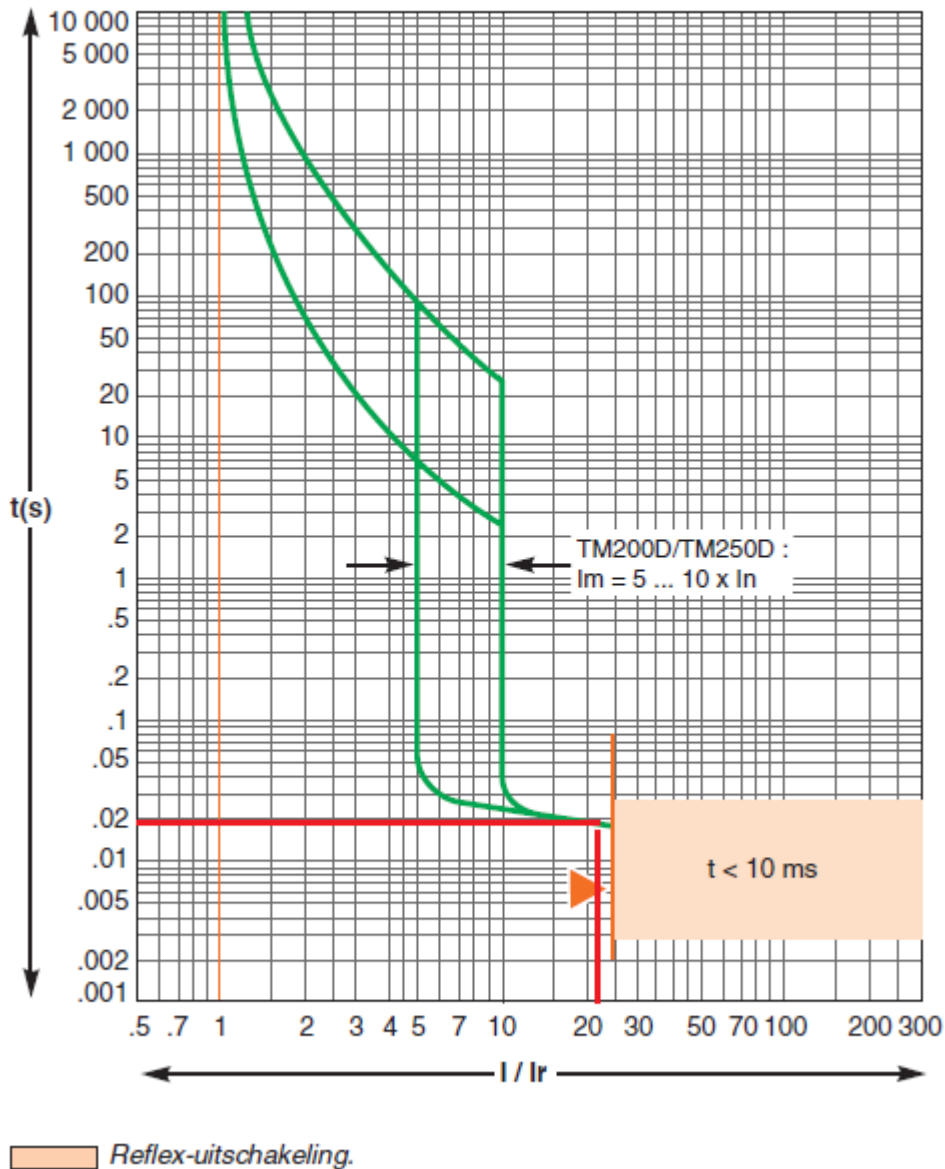
$$Z_{PE(kabel),75^\circ C} = \sqrt{\left(\frac{0,0225 \cdot 40}{35}\right)^2 + 0,0009^2} = 0,0259 \Omega$$

$$I_f = \frac{0,8 \cdot 230}{2 \cdot 0,000946 + 0,0132 + 0,0259} = 4,489 \text{ kA}$$

$$U_C = 4489 \cdot (0,0259 + 0,000946) = 120,51 \text{ V}$$

$$t_{uit,max} = 0,15 \text{ s (BB2)}$$

## TM200D / TM250D



Figuur 5-63: uitschakelcurves TM250D

Aangezien de foutstroom 22,4 keer  $I_r$  van S2 is, is de uitschakeltijd ongeveer 0,02s dus de persoonsbeveiliging voldoet hier.

Verbruiker:

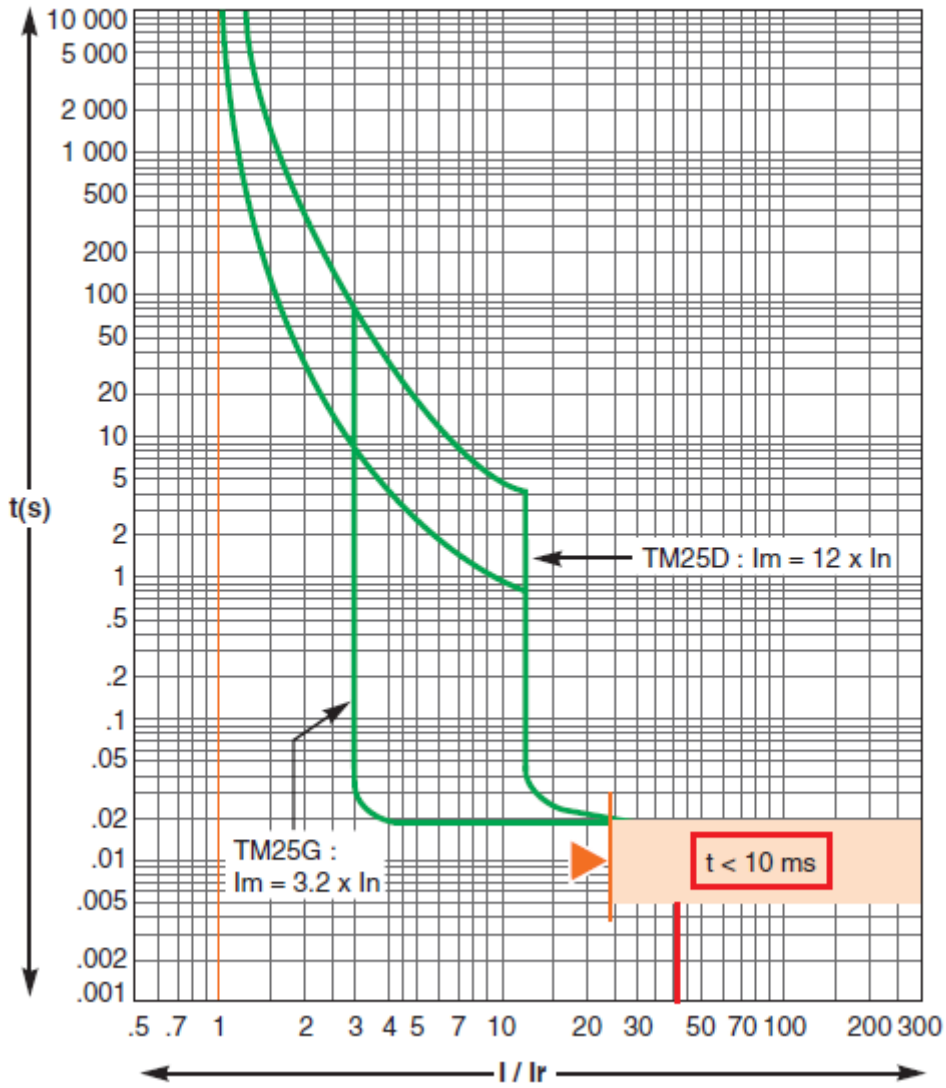
$$Z_{kabel2,75^\circ C} = Z_{PE(kabel2),75^\circ C} = \sqrt{\left(\frac{0,0225 \cdot 30}{10}\right)^2 + 0,0009^2} = 0,0675\Omega$$

$$I_f = \frac{0,8 \cdot 230}{2 \cdot 0,000946 + 0,0132 + 0,0259 + 2 \cdot 0,0675} = 1046A$$

$$U_C = 1046 \cdot (0,0675 + 0,0259 + 0,000946) = 98,7 V$$

$$t_{uit,max} = 0,15 s \text{ (BB2)}$$

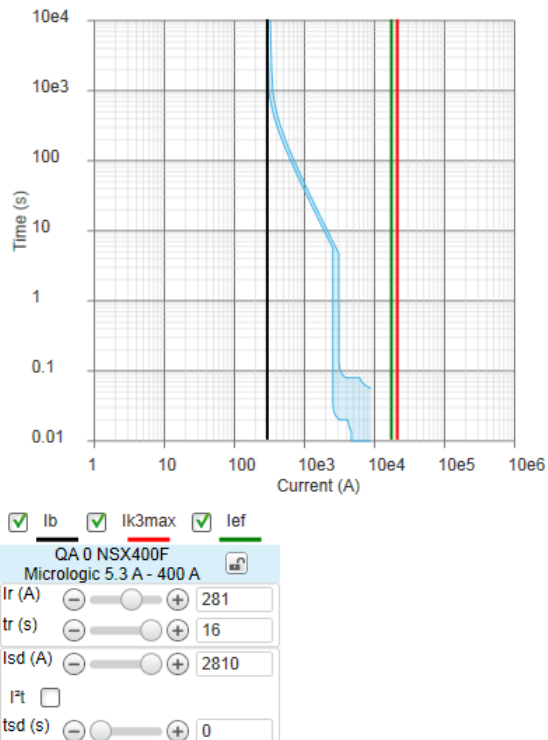
TM25D / TM25G



Aangezien de foutstroom 41,84 keer de nominale stroom van S3 is, is de uitschakeltijd kleiner dan 0,01s dus de persoonsbeveiliging voldoet hier.

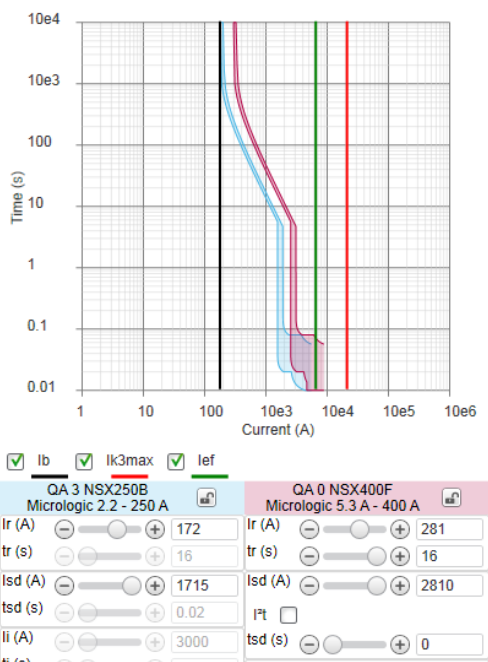
## Vergelijking van de verschillende methodes

### Opgave 2

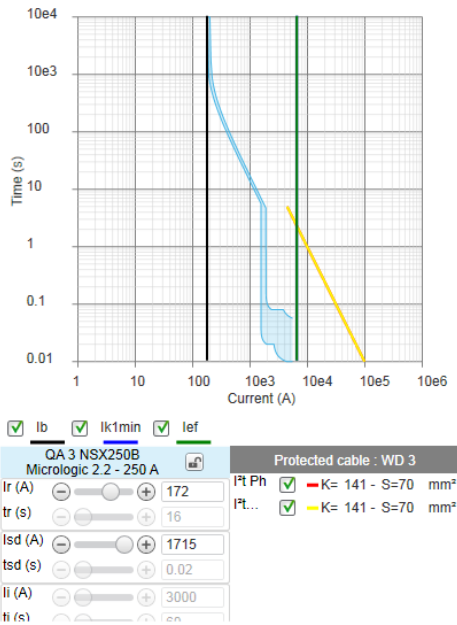


Figuur 5-64: ecodial uitschakelcurve S1

De in Ecodial gevonden beveiliging voldoet hier want de magnetische uitschakelstroom ligt onder de minimale en maximale kortsluitstroom. En de maximale kortsluitstroom ligt lager dan  $I_{cs}$  die 36kA bedraagt.

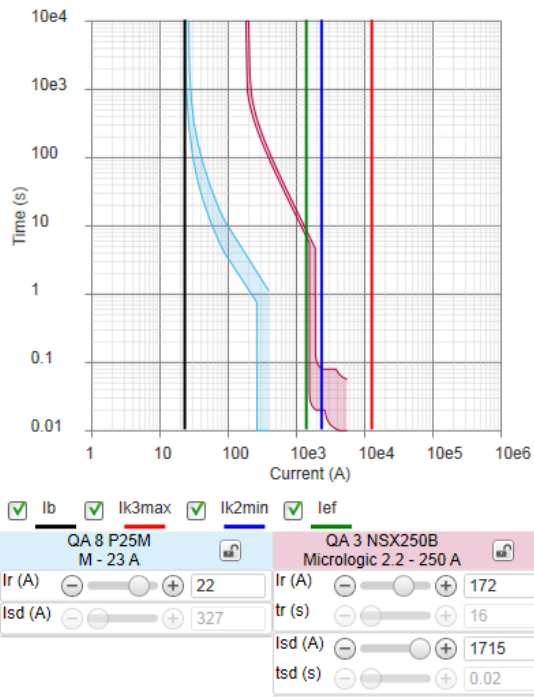


Figuur 5-65: ecodial uitschakelcurve S2

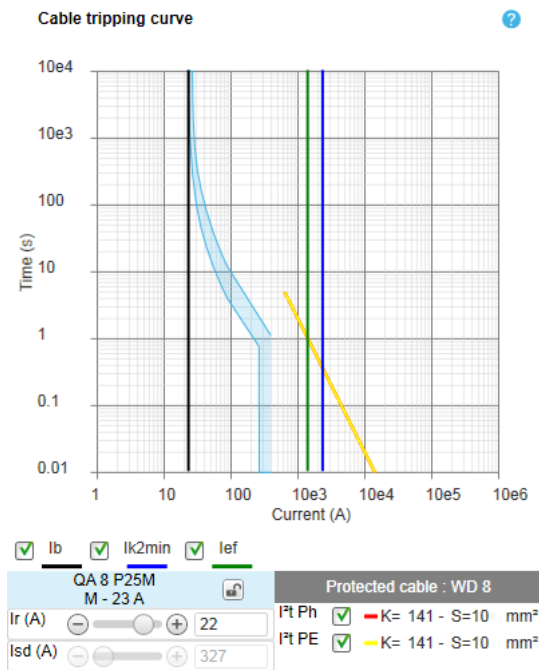


Figuur 5-66: ecodial uitschakelcurve S2 + uitschakeltijd ter bescherming isolatie kabel 1

De in Ecodial gevonden beveiliging voldoet hier want de magnetische uitschakelstroom ligt onder de minimale en maximale kortsluitstroom. En de maximale kortsluitstroom ligt lager dan  $I_{cs}$  die 25kA bedraagt. De beveiliging voldoet ook aan de eisen van de isolatie van de kabel (meest rechtse curve van de beveiliging ligt onder de gele curve)



Figuur 5-67: ecodial uitschakelcurve S3



Figuur 5-68: ecodial uitschakelcurve S3 + uitschakeltijd ter bescherming isolatie kabel 2

De in Ecodial gevonden beveiliging voldoet hier want de magnetische uitschakelstroom (rechtse lichtblauwe curve) ligt onder de minimale en maximale kortsluitstroom. En de maximale kortsluitstroom ligt lager dan  $I_{cs}$  die 15kA bedraagt. De beveiliging voldoet ook aan de eisen van de isolatie van de kabel (meest rechtse lichtblauwe curve ligt onder de gele curve)

De snelle methode zal (zolang de parameters juist in Excel zijn overgenomen) preciezer zijn dan de uitgebreide methode want bij de uitgebreide methode werd er veel meer afgerond. Maar bij beide kunnen er snel fouten gemaakt worden (vooral bij de minimale en maximale kortsluitstromen).

De methode met Ecodial zal heel snel een laagspanningsinstallatie kunnen dimensioneren en een suggestie maken van de beveiligingen die hiervoor zullen voldoen. Deze methode kan echter wel gevaarlijk zijn want het is heel gemakkelijk om een verkeerde parameter in te vullen. Ook niet alle waarden zijn te kiezen (bv. bij opgave 2 is er een motor met vermogen 10kW en dit vermogen kan in Ecodial niet gekozen worden).

## **Mogelijke verkeerde parameters**

### **Uitgebreide methode en snelle methode:**

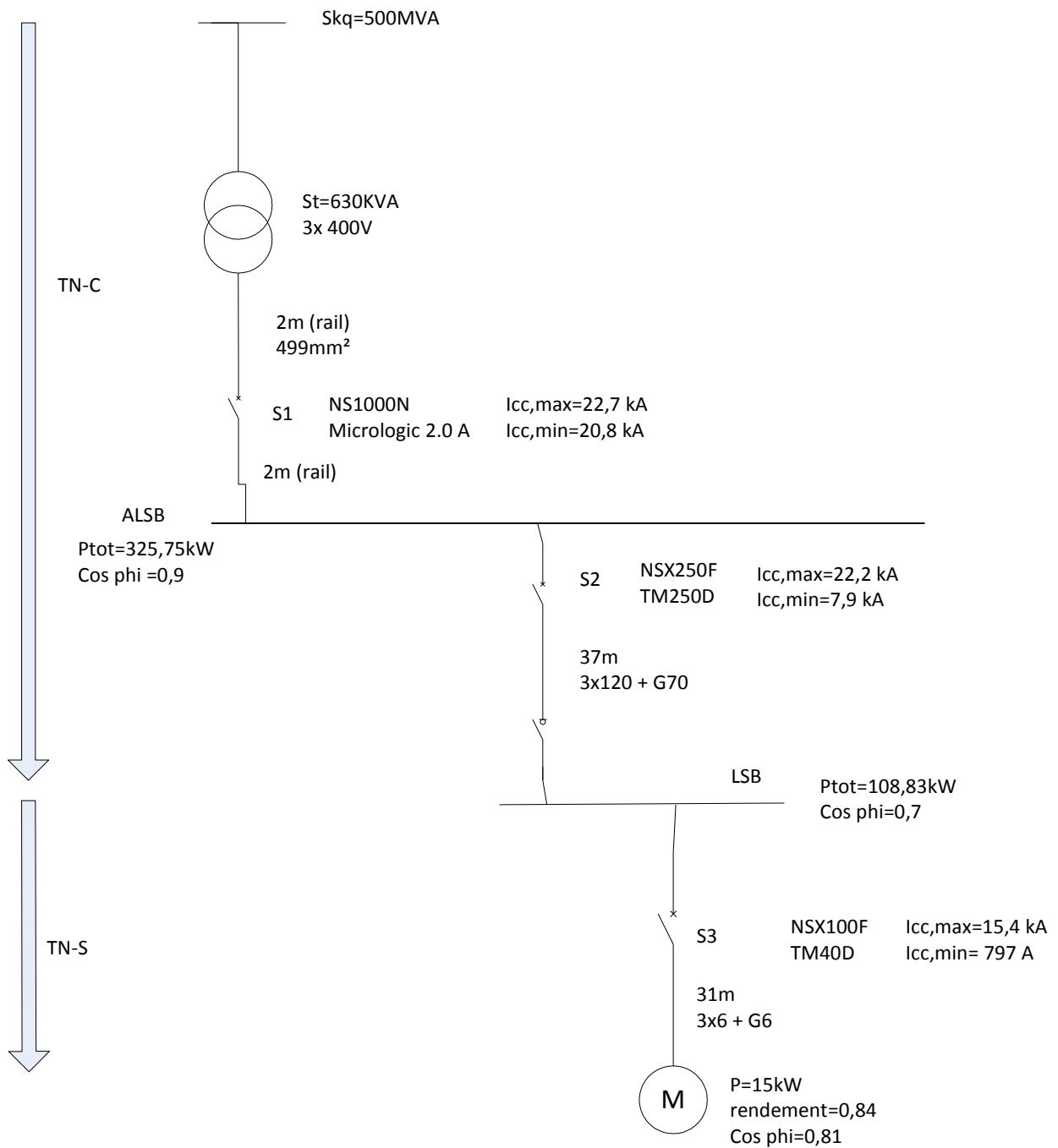
- verkeerde soortelijke weerstand bij een bepaalde temperatuur
- de weerstandswaarde bij maximale of minimale kortsluitstroom bij een verkeerde temperatuur
- verkeerde Iz of draadsectie uit tabellen
- verkeerde lossen of kaliber (of verkeerde parameters ervan)

### **Ecodial:**

- verkeerde koeling van transformator
- verkeerde installatiemethode, isolatie of materiaal van kabels
- verkeerde bedrijfsstromen
- te grote spanningsval (manueel grotere draadsectie kiezen na berekening)

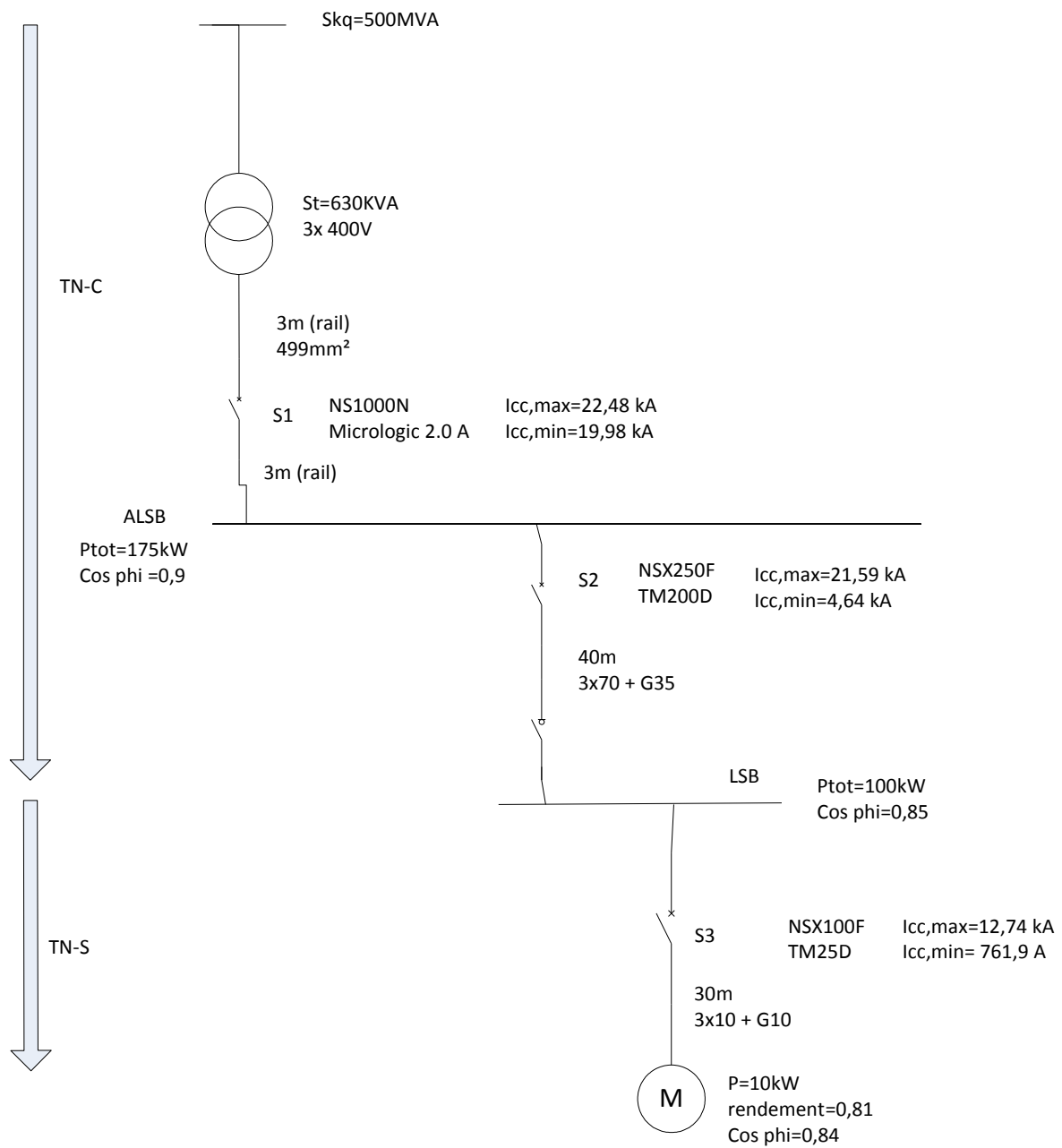
## 5.3 Eendraadschema's

### Opgave 1



Figuur 5-69: eendraadschema opgave 1

## Opgave 2



Figuur 5-70: eendraadschema opgave 2

## Componentenlijst

### Opgave 1

S1:

- kaliber: NS1000N
- lossen: Micrologic 2.0 A

S2:

- kaliber: NSX250F
- lossen: TM250D

S3:

- kaliber: NSX100F
- lossen: TM40D

Rail:

- $499\text{mm}^2$  (2m + 2m)

Kabel 1:

- 3x120+G70 (37m)

Kabel 2:

- 3x6+G6 (31m)

### Opgave 2

S1:

- kaliber: NS1000N
- lossen: Micrologic 2.0 A

S2:

- kaliber: NSX250F
- lossen: TM200D

S3:

- kaliber: NSX100F
- lossen: TM25D

Rail:

- $499\text{mm}^2$  (3m + 3m)

Kabel 1:

- 3x70+G35 (37m)

Kabel 2:

- 3x10+G10 (31m)

## 6 Onderzoek

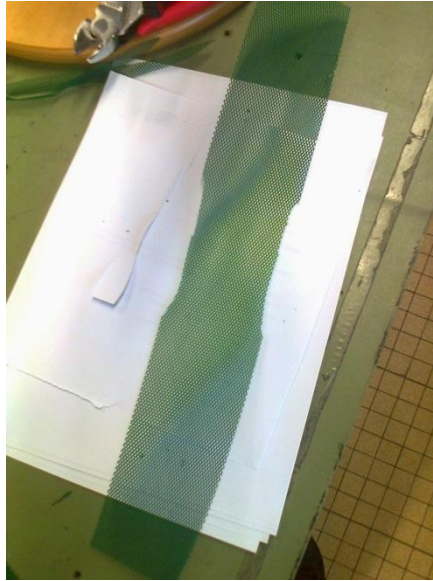
### 6.1 Trekproeven

Vier verschillende rolbanden werden getest op treksterkte, om te bepalen of deze voldoen om langdurig aan de ruwe werkomstandigheden blootgesteld te worden. Ook is een stevige aanspanning cruciaal om de banden strak te houden, zodat er voldoende grip is op de assen.



Figuur 6-1 Gazen met verschillende maasgrootte

De trekproeven werden uitgevoerd op trekbanken die bedoeld waren voor het testen van polymeren. Van iedere maas werden 5 specimen getest, die in grafieken werden uitgetekend. De proeven werden uitgevoerd volgens ISO 527 norm, en wordt gebruikt voor plastic films die niet dikker zijn dan 1 mm. Aangezien er gewerkt wordt met mazen in plaats van film, en de grove mazen een dikte van enkele malen 1 mm heeft, wordt er niet exact volgens deze norm gewerkt, en moet er rekening worden gehouden met een grotere foutenmarge bij de resultaten. Volgens de norm moeten de specimen een bepaalde vorm hebben, de breedte van het specimen moet breder zijn aan de inklempingspunten dan de rest. Zoals in volgende afbeelding.



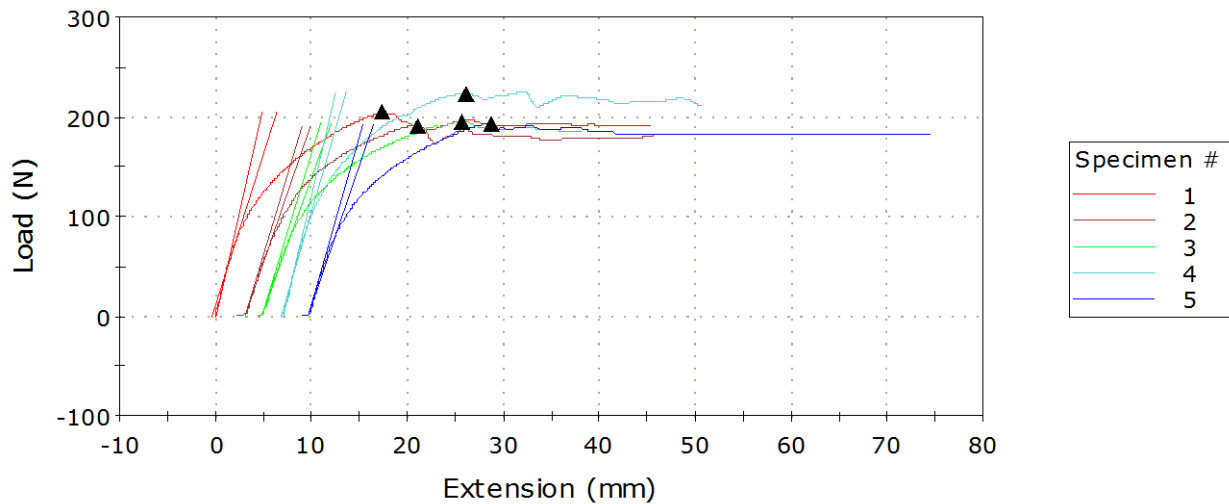
Figuur 6-2 vorm fijnste gaas voor testbank

- Fijnst gemaasde gaas



Figuur 6-3 Scheuren gevormd door trekproef in fijnste gaas

### Specimen 1 to 5



Figuur 6-4 Kracht in functie van rek fijnste gaas

	Load at Yield (Zero Slope) (N)	Tensile strain at Yield (Zero Slope) (%)	Maximum Load (N)
1	204,1	69,3	204,1
2	191,2	75,3	191,2
3	195,2	85,0	195,2
4	222,9	77,7	225,0
5	193,3	78,7	193,3
Mean	201,3	77,2	201,7
Standard Deviation	13,0	5,7	13,9
Coefficient of Variation	6,5	7,3	6,9

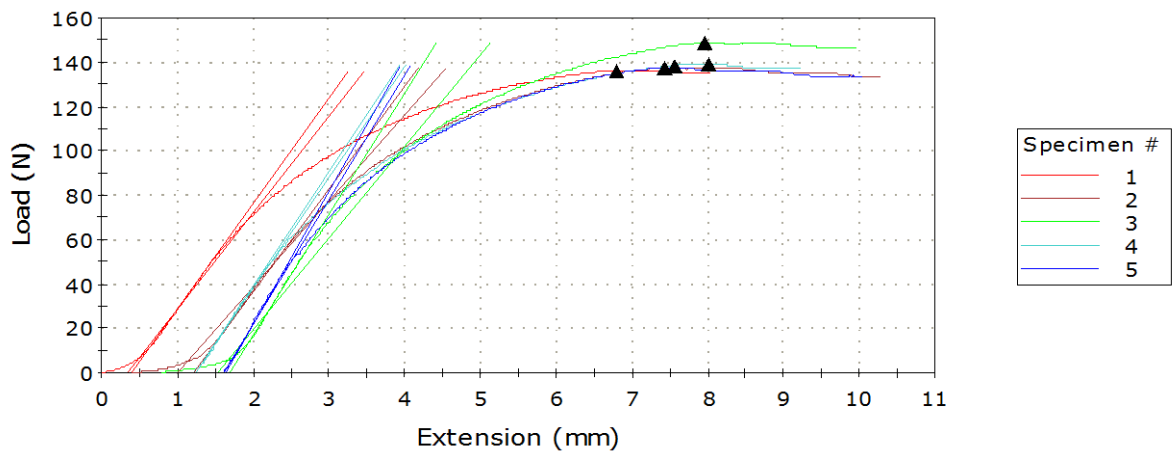
Figuur 6-5 Maximale treksterkte bijhorende procentuele rek per specimen

De gemiddelde maximale treksterkte, voordat het gaas begint te vloeien, bedraagt 201,3N. In dat geval is het specimen al voor gemiddeld 77,2 % uitgerokken.

De testsamples waren 60 mm breed, wanneerer geëxtrapoleerd wordt naar het volledige breedte van de rolband die 600 mm bedraagt wordt dit ongeveer 2000N.

- Tweedefijnste gaas

Specimen 1 to 5



Figuur 6-6 Kracht in functie van rek tweedefijnste gaas

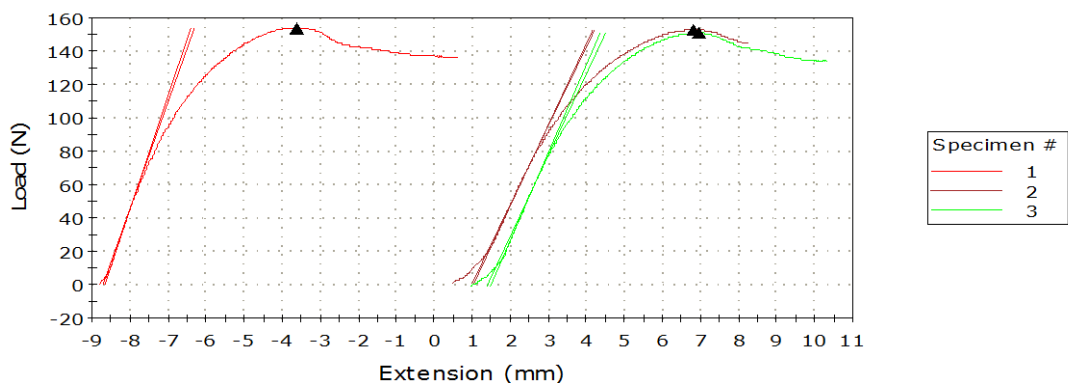
	Load at Yield (Zero Slope) (N)	Tensile strain at Yield (Zero Slope) (%)	Maximum Load (N)
1	135,8	27,1	135,8
2	137,5	28,1	137,5
3	148,7	28,7	148,7
4	139,3	27,2	139,3
5	137,8	23,8	137,8
Mean	139,8	27,0	139,8
Standard Deviation	5,1	1,9	5,1
Coefficient of Variation	3,7	7,0	3,6

Figuur 6-7 maximale treksterkte bijhorende procentuele rek per specimen

Een gemiddelde treksterkte van 139,8 N en een gemiddelde rek van 27 % tov de oorspronkelijke lengte. Er wordt opgemerkt dat de rek al beduidend lager is dan het fijnste gaas, maar ook de treksterkte ondanks een dikkere draad. Een testsample was opnieuw 60 mm breed, wanneer ergeëxtrapolleerd wordt naar 600 mm wordt er een treksterkte van 1398 N bekomen.

- Tweedegrofste gaas

Specimen 1 to 3



Figuur 6-8 Kracht in functie van rek tweedegrofste gaas

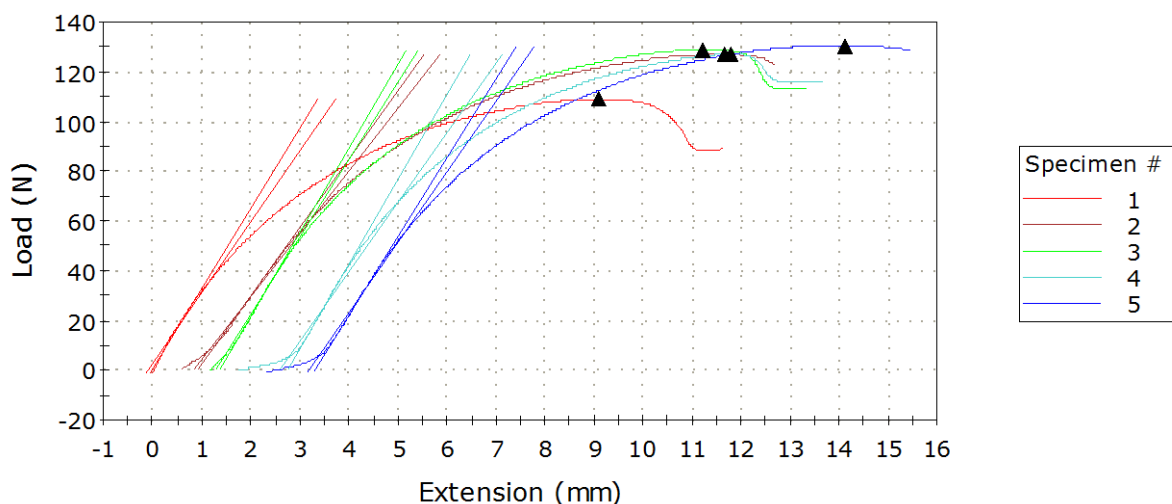
	Load at Yield (Zero Slope) (N)	Tensile strain at Yield (Zero Slope) (%)	Maximum Load (N)
1	153,9	-14,4	153,9
2	152,7	25,3	152,7
3	150,7	24,1	150,7
Mean	152,4	11,7	152,4
Standard Deviation	1,6	22,6	1,6
Coefficient of Variation	1,1	193,7	1,1

Figuur 6-9 Maximale treksterkte bijhorende procentuele rek per specimen

Door gebrek aan materiaal werden slechts 3 specimen getest. Deze hadden een gemiddelde treksterkte van 152,4 N en gemiddelde rek bij vloeigrens van 11,7%. Dit is opnieuw lager dan de gazen hierboven. De breedte van het specimen bedraagt 6 draden, overstemmend met 55mm. Een rolband van 600 mm met dit materiaal zal een treksterkte hebben van iets meer dan 1500N.

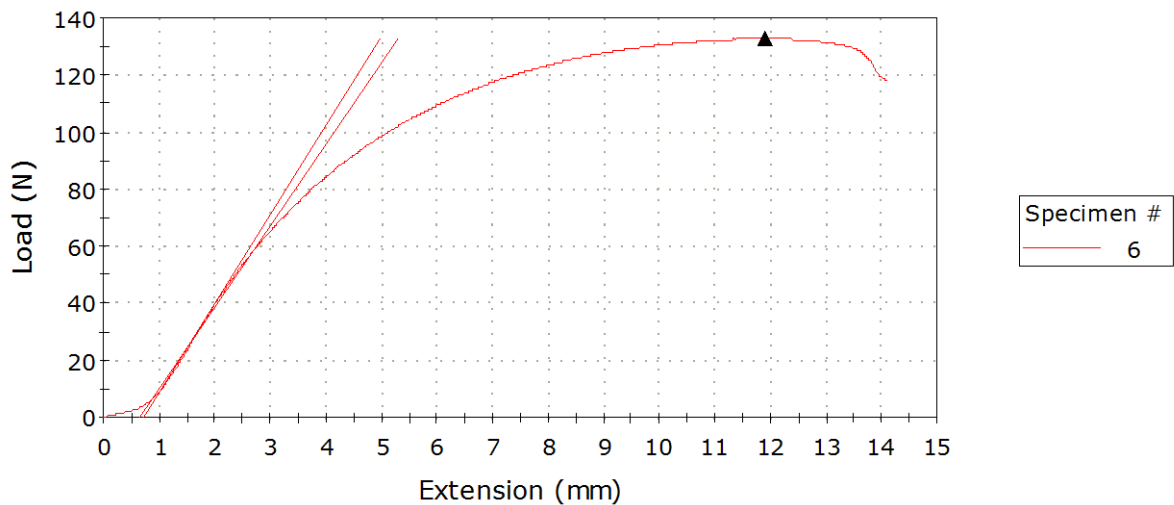
- **Grofste gaas**

### Specimen 1 to 5



Figuur 6-10 Kracht in functie van rek grofste gaas specimen 1 tot 5

## Specimen 6 to 6



Figuur 6-11 Kracht in functie van rek grofste gaas specimen 6

	Load at Yield (Zero Slope) (N)	Tensile strain at Yield (Zero Slope) (%)	Maximum Load (N)
1	108,9	36,3	108,9
2	126,9	44,3	126,9
3	128,9	40,2	128,9
4	127,0	40,2	127,0
5	130,7	47,1	130,7
6	132,8	47,7	132,8
Mean	125,9	42,6	125,9
Standard Deviation	8,6	4,5	8,6
Coefficient of Variation	6,8	10,5	6,8

Figuur 6-12 Maximale treksterkte bijhorende procentuele rek per specimen

Gemiddelde treksterkte per 2 draden bedraagt 125,9 N, die specimen zijn op dat moment gemiddeld 42,7 % uitgerokken. Het berekenen van de volledige sterkte wordt gedaan door 3 benen per 6cm vermenigvuldigt met 10 geeft 30 benen over de gehele lengte, 15 maal 125.9 N is 1888,5 N.

### Besluit

De mazen scheuren allemaal vanaf een bepaalde treksterkte geleidelijk en traag door, enkel bij het fijnstgemaasde gaas kon je dit duidelijk zien. Wat er voor zorgt dat men bij langdurig gebruik deze scheurtjes tijdig aantoonst wanneer het maas aan vervanging toe is. Aangezien het fijnste zeer uitrekbaar is, is het belangrijk om de lengte tussen de assen te kunnen vergroten, en dat is ook opgenomen in het nieuw ontwerp.

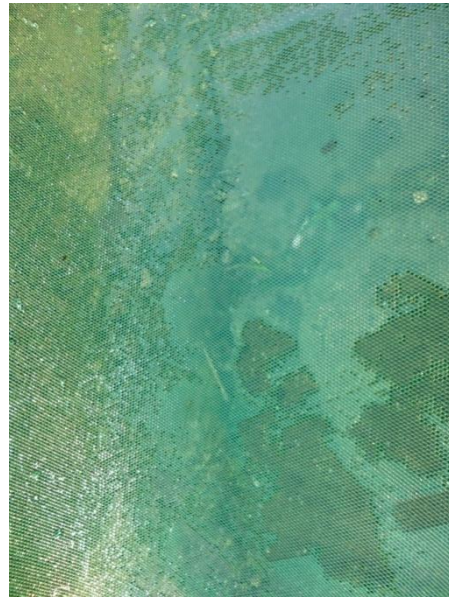
Ook is gebleken uit de testen dat alle gazen meer dan sterk genoeg zijn voor deze toepassing.

## 6.2 Algenfiltering gaas

Een kort onderzoek toonde aan dat het fijnste gaas, uit het onderzoek van hierboven, zeer geschikt is voor filtering van algen. Deze houdt de meeste algen tegen (de draadalgen), maar laat fijne partikels door, wat niet erg is, want zoals verschillende malen aangegeven zijn algen in een waterloop geen probleem, een teveel aan algen is wel een probleem. Ook was het zeer gemakkelijk de algen te verwijderen, deze bleven niet hardnekkig kleven.



Figuur 6-13 Na afwassen algen



Figuur 6-14 Algen opgevangen door het fijnste maas

# 7 Prototype vs. commerciële versie

## 7.1 Behuizing componenten

Voor de behuizing van onze componenten was er bij de ontwikkeling van het concept een soort koepel voorzien. Aangezien dit noch met de beschikbare tijd noch met het budget van €750 kon gerealiseerd worden, werd er voor het prototype gekozen om een simpele houten behuizing te gebruiken.

In de uiteindelijke versie zou het echter wel de bedoeling zijn een iets meer 'esthetische' behuizing te maken aangezien Alge vooral in gebieden zou opereren waar vele mensen voorbij komen.

Naast het esthetische aspect zou het ook de bedoeling zijn Alge in een reeks camouflage kleuren te spuiten (afhankelijk van waar ze opereert). Dit om de dieren en natuur waar Alge zou opereren zo weinig mogelijk af te schrikken en/of te storen.

### 7.1.1 Overbrenging as – meenemer – buis

#### Transportbanden

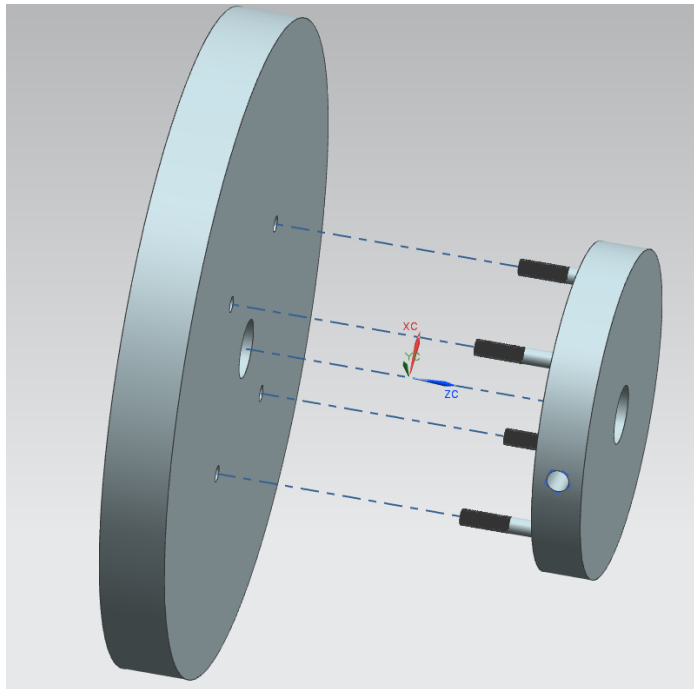
Bij het maken van het prototype wist men al op voorhand dat de bevestiging van de tandwielen op de assen één van de moeilijkere taken van het 'mechanische team' ging worden. Het eerste idee was om het koppel van de aangedreven as via een klemring op een meeneemschijf over te zetten. Op deze meeneemschijf zou er dan een buitenste (plastic) as genageld worden waarop de transportband zelf zou liggen.

Na het bestellen van de klemringen werd er vastgesteld, met de hulp van meneer De Heneau, dat de ringen van geblauwd staal gemaakt waren. Het vooropgestelde plan om gaten in de klemringen te boren waarin een pen kon ingestoken worden, die de meeneemschijven kon laten meedraaien viel dus in duigen.

De oplossing voor ons probleem werd uiteindelijk vrij toevallig gevonden. De meeneemschijven van de kleinste transportband werden per ongeluk op een iets te kleine diameter afgedraaid, waardoor de plastic buis die er over moest schuiven te veel speling had. Dit werd opgelost door een stuk binnenband tussen de schijf en de buis te steken, waarbij men zag dat de schijf goed gecentreerd werd in de buis. Tevens werd er opgemerkt dat er tussen de buis en de schijf een aanzienlijke hoeveelheid wrijving aanwezig was en dat vastnagelen bijgevolg niet meer nodig was.

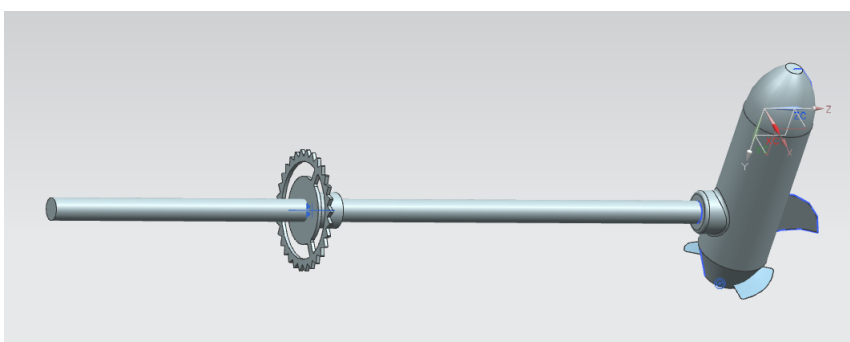
Vervolgens hebben dit ook op de overbrenging van as naar schijf geprobeerd met hetzelfde resultaat. Uiteindelijk werd besloten om de klemringen achterwege te laten aangezien de transportbanden traag draaien en er ook geen grote koppels zullen plaatsvinden rond de as.

In de uiteindelijke versie zou het oorspronkelijk idee van de klemringen wel gebruikt worden, waarbij op de klemring zelf 4 pennen met schroefdraad zouden gelast worden. Deze pennen zouden door gaten in de meeneemschijf geschoven worden en daarna met moeren bevestigd worden.



Figuur 7-1: overbrenging klemring - meeneemschijf

## Aandrijving



Figuur 7-2: tandwielbevestiging motor

Voor de aandrijving van de boot was er ook een tandwiel nodig dat op de as van de motor zou bevestigd worden. Dit tandwiel zou dan via een ketting met een ruitenwissermotor verbonden worden waardoor de aandrijfmotor kon gedraaid worden om de boot te sturen.

Voor het prototype werd er gebruik gemaakt van een plastic ring die bij de gekochte aandrijfmotor hoorde. Men heeft dan een tandwiel op een vlak oppervlak gelegd en de ring met een hamer ertussen geslaan. Aangezien de binnenste as van het tandwiel 3 driehoekvormige uitstulpingen had, kon er op die manier een goede vormsluiting bereikt worden.

Bij de uiteindelijke versie zou er met een spie- spiegleuf systeem gewerkt worden om het tandwiel aan de as te bevestigen. Een andere mogelijkheid is het gebruiken van een persverbinding.

## 7.2 Type motoren

Hoofdzakelijk omwille van de kostprijs moest er gezocht worden naar tweedehands motoren. Deze moesten zo mogelijk waterdicht zijn, op een spanning van 12 volt werken en een vrij hoog koppel bij lage toerentallen aankunnen. Via via werdentwee ruitwissermotoren op de kop te getikt die aan deze drie vereisten voldeden.

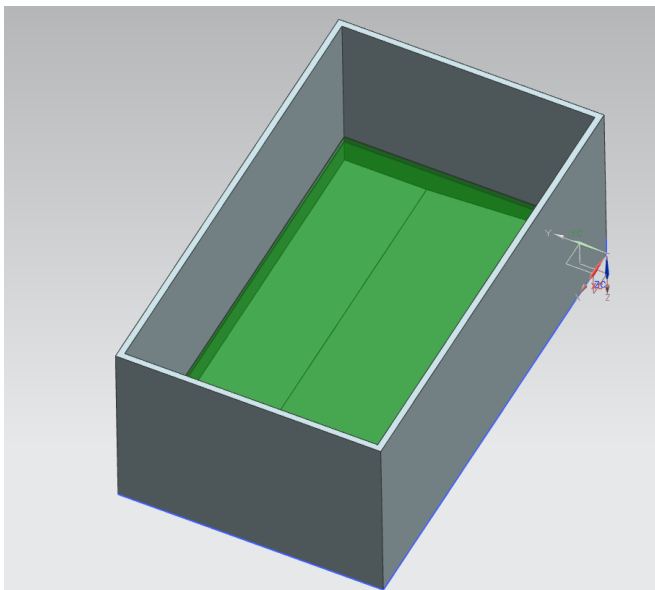


**Figuur 7-3: ruitwissemotor - transportbanden**

Bij een commerciële versie zou er gekozen worden voor een servomotor met dezelfde eigenschappen. De koppeloverbrenging zou als volgt gebeuren : via een spie wordt een tandwiel aan de as van de servomotor bevestigd. Op dit tandwiel wordt er een ketting gelegd die vervolgens rond de tandwielen de transportbanden loopt.

## 7.3 Afvalbakken

In het prototype wordt er twee eenvoudige, felgroene Ikea bakken gebruikt. Het uiteindelijke idee is echter wel om bakken van bioplastic in te bouwen met een dubbele bodem. De eerste bodem zou gemaakt zijn van een zeer fijne zeef waar water door kan druppelen, algen blijven er echter aan hangen. In de onderste bodem zouden er dan gaten voorzien worden waarlangs het overtollige water kan wegstromen om onnodig gewicht te vermijden. De algen worden dan bovenop de eerste bodem verzameld.



Figuur 7-4 - afvalbak

## 7.4 Spansysteem transportbanden

Het prototype spansysteem is erg rudimentair. Het bestaat uit een aluminium rail waarin aan de uiteinden twee houten blokjes zijn vastgeschroefd. Hiertussen komt nog een derde houten blokje dat in de rail heen en weer kan schuiven. In dit middelste blokje bevindt zich een gat waar de as kan doorheen geschoven worden. In de rail werd er dan uiteindelijk nog een sleuf gefreesd en door de twee 'stop' blokjes zitten twee bouten met een elk twee moeren.

De as wordt dus door het middelste blokje geschoven en na bevestiging van de transportband aan beide assen kan het systeem opgespannen worden door de ene bout meer een de andere minder ver het stop blokje in te draaien met behulp van de twee moeren.



Figuur 7-5: spansysteem transportbanden

De uiteindelijke versie zou geheel uit aluminium gemaakt worden, niet enkel om gewicht te besparen maar ook omdat aluminium niet roest. Verder zou het middelste blokje voorzien zijn van een glijlager waar de as doorheen schuift om wrijvingsverliezen zo veel mogelijk te beperken.

## 7.5 Transportband

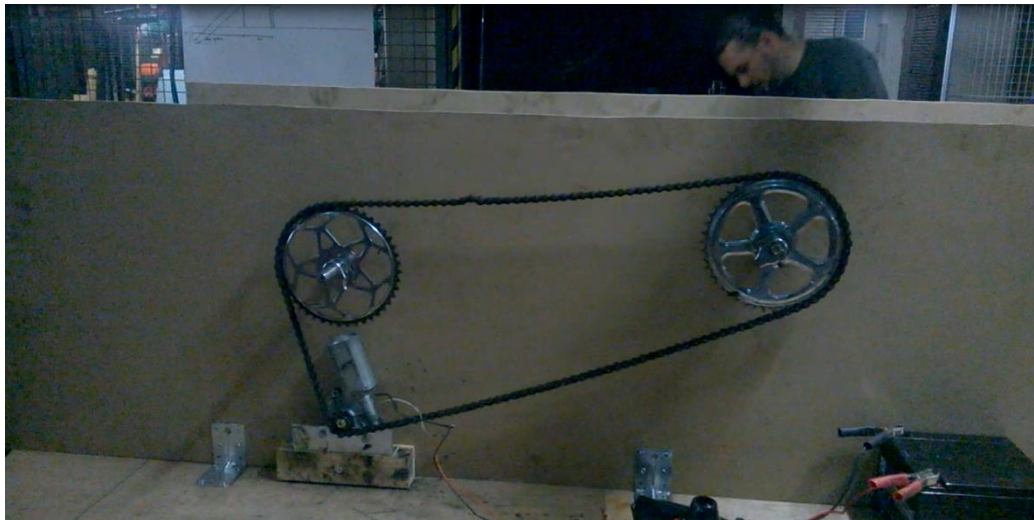
De transportband zelf werd voorlopig uit een soort kippengaas gemaakt. Voor de voorste transportband, die grof vuil ophaalt, werd voor een gaas met grotere mazen gekozen. De achterste transportband werd voorzien van zeer fijne mazen om zo veel mogelijk algen op te vangen. Hierbij kan men afhankelijk van de soort algen die in het te zuiveren gebied groeien, de grootte van de mazen aanpassen. Verschillende algensoorten hebben immers een verschillende grootte en onderlinge samenhang.

## 7.6 Aanspannen kettingen

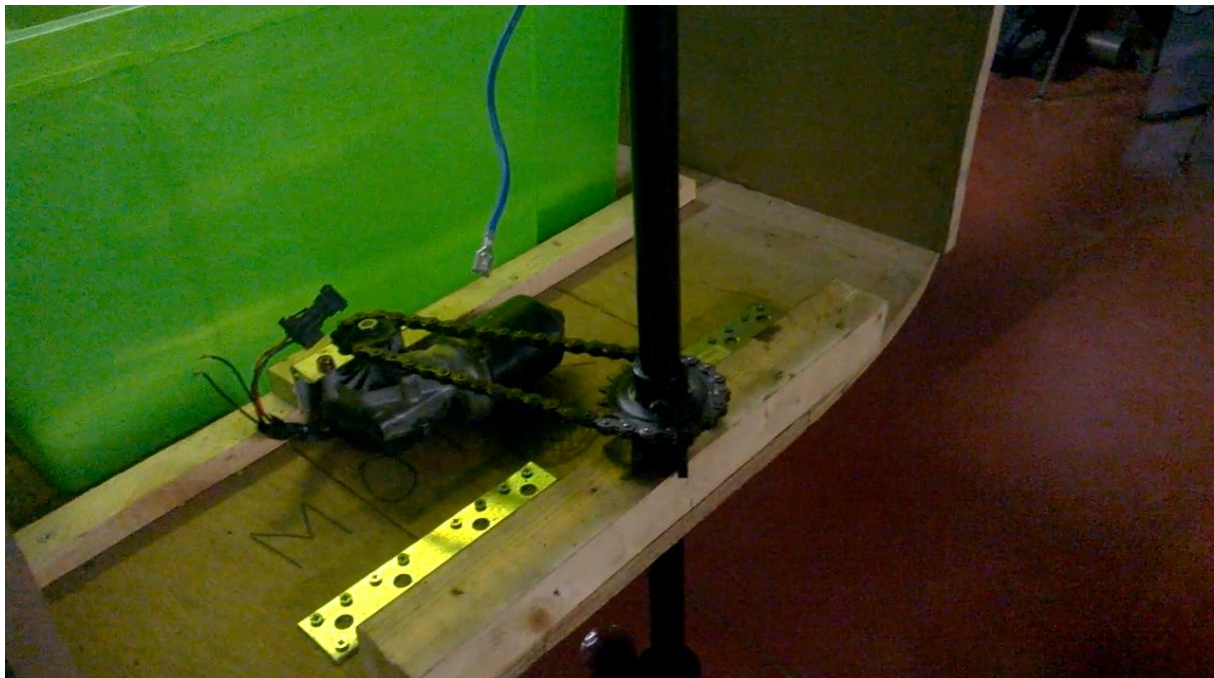
In ons prototype werd de ketting die de transportbanden via een ruitenwissermotor aandrijft gewoon vanaf de eerste keer aangespannen door de motor zo ver mogelijk naar achter vast te vijzen.

Hierbij werd er echter geen rekening gehouden met de verschillende factoren die de voorspanning van de ketting zouden kunnen beïnvloeden, onder andere :

- De temperatuur: indien het warm is, zal de ketting uitzetten en iets slapper gaan hangen dan wanneer het koud is.
- Eventueel opzwellen van het hout wanneer het langdurig in water is ondergedompeld. Hierdoor zal de ketting meer opgespannen worden met eventueel gevaar tot een te grote voorspanning waardoor de assen uit het hout zouden kunnen breken (dit zal sneller gebeuren dan dat de ketting breekt).



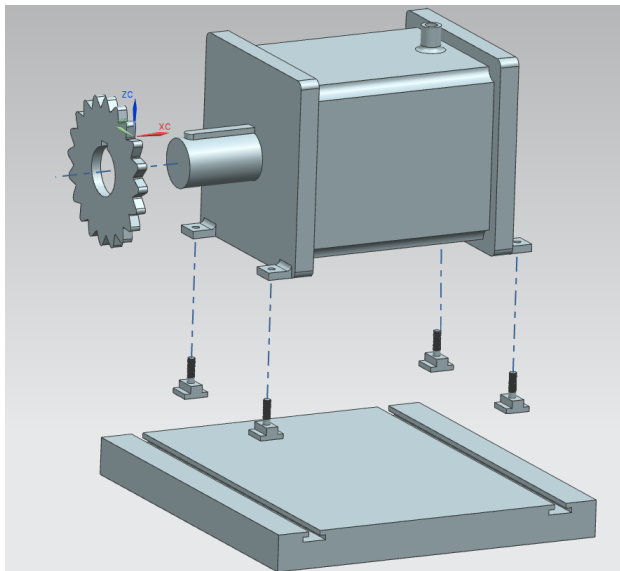
Figuur 7-6: aanspannen prototype kettingspanner - rolbanden



Figuur 7-7: : aanspannen prototype kettingspanner - motor

In de uiteindelijke versie zou er gebruik gemaakt worden van een spansysteem met een bodemplaat. In deze bodemplaat zouden zich twee verzonken rails bevinden die in T-vorm zijn uitgeslepen.

In elk van deze rails schuiven twee bouten met een T-vormige kop die tevens door gaten in de behuizing van de servomotor passen. Op het einde van deze bouten worden dan moeren gespannen waardoor de motor over een vrij grote afstand heen en weer verplaatst kan worden en op die manier een goede voorspanning van de ketting mogelijk is.



Figuur 7-8: vooropgestelde versie - spansysteem

# Besluit

Nu het einde van deze bachelorproef aangekomen is en teruggekeken wordt naar de verschillende stadia die doorlopen zijn gaande van concept tot prototype, realiseert men dat bij dergelijke project niet alle stappen even evident te nemen waren. Verscheidene zaken zouden we, indien we voor een tweede maal aan een dergelijk project zouden moeten beginnen, totaal anders aanpakken. Vooral de verdeling van theoretische en praktische aspecten had beter gekund in ons geval. Gedurende het eerste semester lag de nadruk vooral op de theoretische aspecten en tijdens het tweede semester lag de nadruk bijna uitsluitend op de realisatie van de boot. De grootste les die we hieruit geleerd hebben, en dus ook ervaring die we kunnen meenemen naar de toekomst, is dat het noodzakelijk is om tijdig starten met het verzamelen en bestellen van de verschillende componenten. Want nu hebben we aan de lijve moeten ondervinden hoe pijnlijk het kan zijn om kostbare tijd te verspillen al wachtend op onderdelen.

Hierbij moeten we wel de opmerking maken dat het combineren van zowel het schrijven van een bachelorproef met alle bijkomende theoretische moeilijkheden en het uitbouwen van een werkend prototype in het kader van de Creative Engineering Competition geen evidente combinatie was. Hierbij hebben we als groepje het werk dat deze combinatie met zich meebracht ietwat onderschat. Doordat de drang groot was om het academiejaar te willen afsluiten met een werkend prototype, werd hierdoor de bachelorproef en de theoretische inhoud soms ietwat achteruit geschoven, waardoor op het einde van de bachelorproef een inhaalbeweging op theoretisch vlak nodig was. Uiteraard zijn we wel heel erg tevreden dat we uiteindelijk erin geslaagd zijn om beide opdrachten tot een goed einde te brengen.

Materie die naar de toekomst nog verder onderzocht en geanalyseerd kan worden, is het uitvoerig testen en optimaliseren van de bestaande systemen in de boot. Dit zijn dan vooral de rolbanden die het afval en de algen uit het water filteren waar nog verbetering mogelijk is. Daarnaast is de volgende uitdaging die bij dit onderwerp hoort, het gaan uitbreiden van de besturing in Labview op een zodanige wijze dat de boot bijvoorbeeld op autonome wijze via gps bestuurd kan worden. Zodat de boot op die manier dan ook automatisch naar zijn oplaadstation kan terugkeren. Verder is ook het verwerken van de algen tot biobrandstof – dewelke dan kan dienen om de boot terug van energie te voorzien – materie waarnaar in de toekomst of in een eventuele masterproef verder onderzoek kan naar gedaan worden.

## Lijst van figuren

Figuur 1-1: mogelijke route van de autonoom bestuurd boot .....	2
Figuur 1-2: Schets concept 1.....	3
Figuur 1-3: Schets concept 2.....	3
Figuur 1-1-4: Schets concept 3 (Bovenaanzicht en ISO) .....	4
Figuur 1-5: Schets concept 3 (zijaanzicht) .....	4
Figuur 1-6: Schets concept 4.....	5
Figuur 1-7: Siemens NX tekening concept 5.....	6
Figuur 1-8: Siemens NX tekening concept 5.....	6
Figuur 1-9: Siemens NX tekening concept 5.....	6
Figuur 2-1: LED Technologie.....	9
Figuur 2-2: Reflectie tussen verticaal tegenover elkaar opgestelde fotobioreactoren.....	10
Figuur 2-3: Verschillende soorten fotobioreactoren en hun respectievelijke PE-waarde. ....	11
Figuur 2-4: Bestaande fotobioreactoren op basis van lichtintegratie .....	11
Figuur 2-5: bestaande fotobioreactoren op basis van lichtverdunding.....	12
Figuur 2-6: Botryococcus braunii scheidt spontaan olie uit .....	13
Figuur 3-1: Schets met afmetingen .....	17
Figuur 3-2: Schets met afmetingen .....	17
Figuur 3-3: Typische weerstandscoefficienten (deel 1) .....	18
Figuur 3-4: Typische weerstandscoefficienten (deel 2) .....	18
Figuur 3-5: Online calculator van Jansen & Heuning .....	22
Figuur 3-6: Transportband vermogen berekening.....	22
Figuur 3-7: Onderframe boot.....	26
Figuur 3-8: pakket PET-flessen .....	26
Figuur 3-9: Schematische voorstelling krachten op as.....	33
Figuur 3-10: Dwarskracht- en momentlijn .....	34
Figuur 3-11: Situatie 1 - Voorstelling .....	39
Figuur 3-12: Situatie 1 - Siemens NX .....	39
Figuur 3-13: Situatie 2 - Voorstelling .....	40
Figuur 3-14: Situatie 2 - Siemens NX .....	40
Figuur 3-15: 'Modeling' in Siemens NX.....	41
Figuur 3-16: Ponton gemodelleerd in Siemens NX .....	41
Figuur 3-17: 'Part Navigator' in Siemens NX .....	41
Figuur 3-18: 'Advanced Simulation' in Siemens NX .....	42
Figuur 3-19: Aanmaken nieuwe FEM- en SIM-file in Siemens NX .....	42
Figuur 3-20: 'New FEM and Simulation' in Siemens NX .....	42
Figuur 3-21: 'Solution' in in Siemens NX.....	43
Figuur 3-22: 'Simulation File View' in Siemens NX.....	43
Figuur 3-23: 'Surface-to-surface Gluing' in Siemens NX .....	44
Figuur 3-24: 'Surface-to-surface Gluing' in Siemens NX .....	44
Figuur 3-25: Resultaat na het lijmen in Siemens NX.....	45
Figuur 3-26: 'Mesh Collector'-knop in Siemens NX.....	45
Figuur 3-27: 'Mesh Collector' in Siemens NX .....	45
Figuur 3-28: 'PSOLID' in Siemens NX .....	46
Figuur 3-29: '3D Tetrahedral'-knop in Siemens NX .....	46
Figuur 3-30: '3D Tetrahedral' in Siemens NX .....	47
Figuur 3-31: Resultaat na het aanmaken van een mesh in Siemens NX .....	48

Figuur 3-32: 'Load Type -> Force'-knop in Siemens NX.....	48
Figuur 3-33: 'Force' in Siemens NX.....	49
Figuur 3-34: geslecteerd oppervlakte voor de kracht in Siemens NX.....	50
Figuur 3-35: 'Constraint Type -> User Defined Constraint' in Siemens NX.....	50
Figuur 3-36: 'User Defined Constraint' in Siemens NX.....	51
Figuur 3-37: 'Simulation Navigator' in Siemens NX.....	52
Figuur 3-38: situatie 1 - maximale doorbuiging - zonder eigengewicht.....	53
Figuur 3-39: situatie 1 - maximale spanning - zonder eigengewicht.....	54
Figuur 3-40: situatie 1 - maximale doorbuiging - met eigengewicht.....	54
Figuur 3-41: situatie 1 - maximale spanning - met eigengewicht.....	55
Figuur 3-42: situatie 2 - maximale doorbuiging - zonder eigengewicht.....	55
Figuur 3-43: situatie 2 - maximale spanning - zonder eigengewicht.....	56
Figuur 3-44: situatie 2 - maximale doorbuiging - met eigengewicht.....	56
Figuur 3-45: situatie 2 - maximale spanning - met eigengewicht.....	57
Figuur 3-46: model van de aandrijfas en de grofvuilzeef met overbrenging in Siemens NX.....	58
Figuur 3-47: model van de aandrijfas en de grofvuilzeef zonder overbrenging in Siemens NX.....	59
Figuur 3-48: Resultaat na 'Surface to Surface gluing' in Siemens NX.....	59
Figuur 3-49: Resultaat na het meshen in Siemens NX.....	60
Figuur 3-50: resultaat na het aanbrengen van de lastverdeling op de as in Siemens NX.....	60
Figuur 3-51: resultaat na het aanbrengen van de randvoorwaarden in Siemens NX.....	61
Figuur 3-52: maximale doorbuiging.....	61
Figuur 3-53: maximale spanning.....	62
Figuur 3-54: aandrijving.....	63
Figuur 3-55: aandrijving - exploded view.....	63
Figuur 3-56: gewicht propeller.....	64
Figuur 3-57: plaats inkepping.....	64
Figuur 3-58: aangrijping gewicht en stuwkracht.....	64
Figuur 3-59: maximale verplaatsing.....	65
Figuur 3-60: maximale spanning.....	65
Figuur 3-61: maximale verplaatsing.....	66
Figuur 3-62: maximale spanning.....	67
Figuur 3-63: linkerhandregel.....	68
Figuur 3-64: werking gelijkstroommotor.....	68
Figuur 3-65: Sevylor SBM 18.....	69
Figuur 3-66: relaischakeling.....	69
Figuur 3-67: batterij.....	70
Figuur 3-68: Tekening NX ISO (links).....	87
Figuur 3-69: Tekening NX ISO (rechts).....	87
Figuur 3-70: Tekening NX Bovenaanzicht.....	88
Figuur 3-71: Tekening NX Zijaanzicht (Rechts).....	88
Figuur 3-72: Tekening NX zijaanzicht (links).....	89
Figuur 3-73: Tekening NX vooraanzicht.....	89
Figuur 3-74: Tekening NX achteraanzicht.....	90
Figuur 3-75: labview project.....	112
Figuur 3-76 Graupner X-408.....	113
Figuur 3-77 Decodering FM-sigitaal.....	114
Figuur 3-78: PWM Signalen.....	114
Figuur 3-79 Aansluiting RC-ontvanger.....	116
Figuur 3-80 FPGA: PWM-sigitaal.....	117
Figuur 3-81 Formule spanningsdeler.....	118

Figuur 3-82 Fpga: Forcesensors.....	119
Figuur 3-83 Fpga: Batterij, potentiometer, algenniveau.....	120
Figuur 3-84 Fpga: output.....	120
Figuur 3-85 Real-time bediening.....	121
Figuur 3-86 Real-time: storingsdetectie.....	122
Figuur 3-87 Real-time: autonome besturing.....	122
Figuur 3-88 Real-time: botsing.....	123
Figuur 3-89 Koersberekening.....	124
Figuur 3-90 Real-time: koersberekening.....	125
Figuur 3-91 Real-time: alarmwerking.....	126
Figuur 3-92 Real time: alarmsituaties.....	127
Figuur 3-93 Real-time: manuele besturing.....	128
Figuur 3-94 Stromingsdiagram autonome besturing.....	129
Figuur 3-95 Real-time: autonome besturing.....	131
Figuur 3-96 Real-time: autonome besturing.....	132
Figuur 4-1: De Algencyclus.....	146
Figuur 4-2: vervuiling van het water.....	147
Figuur 4-3: overgroei van algen.....	147
Figuur 4-4: overgroei van algen.....	148
Figuur 4-5: vervuiling van het water.....	148
Figuur 5-1: opgave 1.....	154
Figuur 5-2: methode E-1.....	155
Figuur 5-3: correctiefactor K1.....	155
Figuur 5-4: correctiefactor K2.....	156
Figuur 5-5: correctiefactor K3.....	156
Figuur 5-6: Bepaling van de minimale doorsnede.....	157
Figuur 5-7: Bepaling van de doorsnede van een belaste nulleider.....	157
Figuur 5-8: bepaling Snul.....	158
Figuur 5-9: methode E-1.....	158
Figuur 5-10: correctiefactor K1.....	159
Figuur 5-11: Correctiefactor K2.....	159
Figuur 5-12: Correctiefactor K3.....	159
Figuur 5-13: bepaling van de minimale doorsnede.....	160
Figuur 5-14: Bepaling van de doorsnede van een belaste nulleider.....	161
Figuur 5-15: bepaling Snul.....	161
Figuur 5-16: 'Verliezen koper'.....	162
Figuur 5-17: barenstel.....	163
Figuur 5-18: meeraderige kabel.....	163
Figuur 5-19: Maximale spanningsval tussen bron van LS-installatie en de verbruikers.....	165
Figuur 5-20: keuze kaliber S1.....	167
Figuur 5-21: keuze lossen S1.....	168
Figuur 5-22: uitschakelcurve Micrologic 2.0.....	169
Figuur 5-23: visualisatie van de twee voorwaarden voor de beveiliging S1.....	170
Figuur 5-24: keuze kaliber S2.....	171
Figuur 5-25: keuze lossen S2.....	171
Figuur 5-26: uitschakelcurve TMD250D.....	172
Figuur 5-27: visualisatie van de twee voorwaarden voor de beveiliging S2.....	173
Figuur 5-28: keuze kaliber S3.....	173
Figuur 5-29: keuze lossen S3.....	174
Figuur 5-30: uitschakelcurve TM40D.....	175

Figuur 5-31: visualisatie van de twee voorwaarden voor de beveiliging S3 .....	176
Figuur 5-32: Opgave 2.....	178
Figuur 5-33: methode E-1.....	179
Figuur 5-34: Correctiefactor K1.....	180
Figuur 5-35: correctiefactor K2 .....	180
Figuur 5-36: correctiefactor K3 .....	180
Figuur 5-37: bepaling van de minimale doorsnede .....	181
Figuur 5-38: Bepaling van de doorsnede van een belaste nulleider.....	182
Figuur 5-39: bepalen Snul.....	182
Figuur 5-40: methode E-1.....	183
Figuur 5-41: correctiefactor K1 .....	183
Figuur 5-42: correctiefactor K2 .....	183
Figuur 5-43: correctiefactor K3 .....	184
Figuur 5-44: bepaling van de minimale doorsnede .....	184
Figuur 5-45: bepaling van de doorsnede van een belaste nulleider .....	185
Figuur 5-46: bepalen Snul.....	185
Figuur 5-47: 'Verliezen Koper'.....	186
Figuur 5-48: barenstel.....	187
Figuur 5-49: meeraderige kabel .....	187
Figuur 5-50: maximale spanningsval tussen bron van de LS-installatie en de verbruikers .....	188
Figuur 5-51: keuze kaliber S1 .....	191
Figuur 5-52: keuze lossen S1.....	192
Figuur 5-53: uitschakelcurve micrologic 2.0 .....	193
Figuur 5-54: visualisatie van de twee voorwaarden voor de beveiliging S1 .....	194
Figuur 5-55: keuze kaliber S2.....	195
Figuur 5-56: keuze lossen S2.....	195
Figuur 5-57: uitschakelcurve TM200D .....	196
Figuur 5-58: visualisatie van de twee voorwaarden voor de beveiliging S2 .....	197
Figuur 5-59: keuze kaliber S3.....	197
Figuur 5-60: keuze lossen S3.....	198
Figuur 5-61: uitschakelcurve TM25D .....	199
Figuur 5-62: visualisatie van de twee voorwaarden voor de beveiliging S3 .....	200
Figuur 5-63: uitschakelcurves TM250D.....	203
Figuur 5-64: ecodial uitschakelcurve S1 .....	205
Figuur 5-65: ecodial uitschakelcurve S2 .....	205
Figuur 5-66: ecodial uitschakelcurve S2 + uitschakeltijd ter bescherming isolatie kabel 1 .....	206
Figuur 5-67: ecodial uitschakelcurve S3 .....	206
Figuur 5-68: ecodial uitschakelcurve S3 + uitschakeltijd ter bescherming isolatie kabel 2.....	207
Figuur 5-69: eendraadschema opgave 1 .....	209
Figuur 5-70: eendraadschema opgave 2 .....	210
Figuur 6-1 Gazen met verschillende maasgrootte.....	212
Figuur 6-2 vorm fijnste gaas voor testbank .....	213
Figuur 6-3 Scheuren gevormd door trekproef in fijnste gaas .....	213
Figuur 6-4 Kracht in functie van rek fijnste gaas.....	214
Figuur 6-5 Maximale treksterkte bijhorende procentuele rek per specimen .....	214
Figuur 6-6 Kracht in functie van rek tweedefijnste gaas.....	215
Figuur 6-7 maximale treksterkte bijhorende procentuele rek per specimen.....	215
Figuur 6-8 Kracht in functie van rek tweedegrofste gaas.....	215
Figuur 6-9 Maximale treksterkte bijhorende procentuele rek per specimen .....	216
Figuur 6-10 Kracht in functie van rek grofste gaas specimen 1 tot 5 .....	216

Figuur 6-11 Kracht in functie van rek grofste gaas specimen 6 .....	217
Figuur 6-12 Maximale treksterkte bijhorende procentuele rek per specimen .....	217
Figuur 6-13 Na afwassen algen      Figuur 6-14 Algen opgevangen door het fijnste maas .....	218
Figuur 7-1: overbrenging klemring - meeneemschijf.....	220
Figuur 7-2: tandwielbevestiging motor .....	220
Figuur 7-3: ruitewissel motor - transportbanden.....	221
Figuur 7-4 - afvalbak .....	222
Figuur 7-5: spansysteem transportbanden .....	223
Figuur 7-6: aanspannen prototype kettingspanner - rolbanden.....	224
Figuur 7-7: : aanspannen prototype kettingspanner - motor.....	224
Figuur 7-8: vooropgestelde versie - spansysteem .....	225

## Lijst van tabellen

Tabel 1: Beroordeling Concepten .....	7
Tabel 2: Groepen Aluminium-legeringen, Aluminium Center, MCB handboek .....	28
Tabel 3: Uitleg 'Degrees Of Freedom' .....	51
Tabel 4 Uitleg cyclus PWM-decodering .....	118
Tabel 5 Spanningsdeler.....	118
Tabel 6: overzicht van geschikte houtsoorten.....	149
Tabel 7: rails – weerstands- en inductiewaarden bij verschillende temperaturen.....	163
Tabel 8: kabel 1 - weerstands - en inductiewaarden bij verschillende temperaturen.....	163
Tabel 9: kabel 2 - weerstands - en inductiewaarden bij verschillende temperaturen.....	164
Tabel 10: k-waarde voor de actieve geleiders en PE-geleider in kabels .....	176
Tabel 11: rails – weerstands- en inductiewaarden bij verschillende temperaturen.....	187
Tabel 12: kabel 1 – weerstands- en inductiewaarden bij verschillende temperaturen .....	187
Tabel 13: kabel 2 – weerstands- en inductiewaarden bij verschillende temperaturen .....	188
Tabel 14: kabel 2 – weerstands- en inductiewaarden bij verschillende temperaturen – na het vergroten van doorsnede .....	189
Tabel 15: actieve geleiders en PE-geleiders in kabels.....	200
Tabel 16: kabel 2 – weerstands- en inductiewaarden bij verschillende temperaturen – na het vergroten van doorsnede .....	201

## Geraadpleegde literatuurlijst

- Bosma, R., Vermue, M. H., Tramper, J., Wijffels, R.H. (2010). *Towards increased microalgal productivity in photobioreactors*.
- De Clippeleer, W., Wellekens, B. (2000). *Tabellenboek voor Metaaltechniek*. Mechelen: Plantyn.
- Lenze GmbH & Co KG, (2001). *Compact Lenze formula collection*.
- MCB Nederland B.V. (2013). *Aluminium center*.
- Muhs, D., Wittel, H., Becker, M., Jannasch, D., Voßiek, J. (2005, 4<sup>de</sup> druk). *Roloff/Matek machineonderdelen*. Den Haag: Sdu Uitgevers bv.
- Mott, R. L. (2009). *Toegepaste stromingsleer*. Amsterdam: Pearson Benelux B.V.
- Norsker, N., Barbosa, M. J., Vermuë, M. H., Wijffels, R. H. (2011). *Microalgal production, a close look at the economics*.
- Pollefliet, L. (2009). *Schrijven: van verslag tot eindwerk*. Gent: Academic Press.
- SEW, (2001). *Drive Engineering – Practical Implementation*
- Wijffels, R.H., Barbosa, M. J., Eppink, H.M. (2010). *Microalgae for the production of bulk chemicals and biofuels*.
- Wouters, M. (2013). *Sterkteleer*. Cursus, Universiteit Gent, Departement Toegepaste Ingenieurswetenschappen.
- Wouters, M. (2013). *FEM*. Cursus, Universiteit Gent, Departement Toegepaste Ingenieurswetenschappen.
- .