



Antwoordrapport

Adrien Bousez

Jerry Charlier

Koen De Landsheer

Bert Etienne

Mathias Tierens

Bruno de Maeyer

Oktavian Vanackere

Zoë Westelinck

GROEP T – 2012

Voorwoord

Het ontwerpen van een Smal Solar Vehicle (SSV) gebeurde in opdracht van GroepT voor het opleidingsonderdeel Engineering Experience 4 (EE4). Het Icarus-team bestaat uit acht leden uit het tweede bachelorjaar van de richting Elektromechanica.

In dit rapport komt zowel de evolutie van de SSV als de resultaten, verkregen door onderzoek, aan bod.

We kregen voor deze opdracht de medewerking van onze coach Peter Slaets waarvoor we hem willen bedanken. Hij begeleidde ons gedurende het hele semester en gaf ons de nodige feedback. We bedanken ook Fablab waar we de belangrijkste delen van onze SSV hebben kunnen vervaardigen aan zeer lage kostprijs. Ook willen we GroepT bedanken die ons met deze opdracht de kans geeft om ons tot bekwame industriële ingenieurs te ontwikkelen.

Tot slot een eervolle vermelding voor het team 'Mean Green Solar Machine' omdat zij ons een set tandwielen hebben bezorgt toen onze nood het hoogst was.

Dit namens het gehele team.

Adrien Bousez	Groep 9
Jerry Charlier	Groep 9
Koen De Landsheer	Groep 8
Bert Etienne	Groep 9
Mathias Tierens	Groep 9
Bruno de Maeyer	Groep 9
Oktavian Vanackere	Groep 8
Zoë Westelinck	Groep 8

Inleiding

De opdrachtgever van dit project is het Umicore Solar Team is. Zij gaven verschillende teams de opdracht om een miniatuur zonnwagen te bouwen en deze op de markt te brengen. De opbrengsten zullen financieel bijbrengen om de onderzoeken voor hun zonnwagen, de Umicar, te vergoeden.

De SSV moet 100% op zonne-energie rijden. De teams kregen hiervoor een zonnepaneel en een elektrische motor. Met deze twee componenten moest de SSV ontwikkeld worden. Deze moet snel zijn en het liefst ook innovatief. Ook het esthetische aspect speelt mee. Op het einde van het project wordt er een race georganiseerd waarin alle teams strijden voor de snelste, meest innovatieve en mooiste wagen.

Om het project tot een goed einde te brengen was het noodzakelijk om enkele berekeningen en simulaties uit te voeren. Op deze manier is het mogelijk te voorspellen hoe het echte wagentje in het echt zal reageren en hoe de beste resultaten behaald kunnen worden.

Voor deze berekeningen werd onder andere gebruik gemaakt van software als Matlab, Simulink en Solid Edge.

Ook het financiële aspect werd bekeken. Het Enterprising-gedeelte beschrijft een marktonderzoek en de gekozen marketingstrategie.

De kosten nodig om de SSV te vervaardigen werden nauw beheerd en worden in een overzichtelijk tabel weergegeven.

Inhoudstafel

Engineering

Deel 1 : Case SSV

1. Diodefactor bepalen.....	10
2. Berekenen van de optimale overbrengingsverhouding	13
3. Manuele berekeningen	15
4. Sankeydiagrammen.....	19
a. Sankeydiagram voor de maximale snelheid.....	19
b. Sankeydiagram voor de snelheid beneden aan de helling	22
c. Verbetering van de Sankeydiagrammen	24
d. Umicar.....	26
e. Krachten op het zonnepaneel.....	31
f. Technische tekeningen	47

Deel 2 : Case Simulink

1. Maximale vermogensoverdracht.....	48
2. Optimale overbrengingsratio.....	51
3. Afstand zonder licht	56

Enterprising

1. Markonderzoek.....	58
1.1. Concurrentie en marktsegmentatie	58
1.2. Prijsbepaling.....	59
1.3. Conclusie	59
2. Budgetbeheer	60

Educating - Procesverslag

1. Inleiding.....	63
2. Oriënteringsfase.....	63

3. Analysefase	63
4. Planning	64
5. Samenwerking	65
6. Vaardigheden.....	68
7. Bespreking en evolutie SSV	69
8. Conclusie.....	75
9. Literatuur	76

Bijlagen

1. Zonnestanden en -hoeken.....	79
1.1. Tabel van de zonnestanden in mei.....	79
1.2. Interpretatie	80
2. Betalingsbewijzen	81

Figurenlijst

Figuur 1: karakteristiek van het zonnepaneel.....	10
Figuur 2 : diodefactor ifv U en I	12
Figuur 3 : De snelheid ifv de tijd	18
Figuur 4 : De verplaatsing ifv de tijd	18
Figuur 5 : Sankeydiagram voor maximale snelheid	21
Figuur 6 : Sankeydiagram voor de snelheid onderaan de helling	23
Figuur 7 : Verbeterd Sankeydiagram	25
Figuur 8 : Umicar dimensies.....	26
Figuur 9 : Sankeydiagram Umicar bij topsnelheid	29
Figuur 10 : Sankeydiagram Umicar bij halve topsnelheid	30
Figuur 11 : Vrijlichaamsdiagram van situatie 1	31
Figuur 12 : Snede van zonnepaneel bij situatie 1	32
Figuur 13 : Dwarskrachtendiagram van situatie 1	34
Figuur 14 : Momentendiagram bij situatie 1	34
Figuur 15 : Doorsnede van zonnepaneel bij situatie 1.....	35
Figuur 16 : Doorsnede van zonnepaneel voor situatie 1 (Afschuiving).....	36
Figuur 17 : Snede van zonnepaneel bij situatie 1 (Rek)	37
Figuur 18 : Vrijlichaamsdiagram voor situatie 2	38
Figuur 19 : Snede van zonnepaneel bij situatie 2	39
Figuur 20 : Dwarskrachtendiagram bij situatie 2	42
Figuur 21 : Momentendiagram bij situatie 2	42
Figuur 22 : Doorsnede van de zonnepaneel bij situatie 2 (Buigspanning).....	43
Figuur 23 : Doorsnede van de zonnepaneel bij situatie 2 (Afschuiving)	44
Figuur 24 : Snede van de zonnepaneel bij situatie 2 (Rek)	45
Figuur 25 : Technische tekening met afmetingen.....	47
Figuur 26: Simulink zonnepaneel.....	48
Figuur 27 : Simulink schakeling zonnepaneel	49
Figuur 28: Vermogen ifv de spanning over zonnepaneel	50
Figuur 29 : I,U-karakteristiek zonnepaneel	50
Figuur 30: Simulink geheel.....	51
Figuur 31 : Simulink omzetting van de hoeksnelheid	52
Figuur 32: Simulink terugkoppeling torsie	52
Figuur 33 : Simulink verplaatsing en snelheid.....	53
Figuur 34: Simulink zwaartekrachtffunctie	54
Figuur 35 : Simulink luchtweerstandfunctie	54
Figuur 36 : Optimale overbrengingsratie	55
Figuur 37 : Afstand ifv de tijd.....	56
Figuur 38 : Taartdiagram Koen.....	65

Figuur 39 : Taartdiagram Zoe	65
Figuur 40 : Taartdiagram Adrien	66
Figuur 41 : Taartdiagram Bert	66
Figuur 42 : Taartdiagram Mathias	66
Figuur 43 : Taartdiagram Bruno	67
Figuur 44: Taartdiagram Jerry	67
Figuur 45 : Het eerste ontwerp	69
Figuur 46: Probleem met het eerste ontwerp	70
Figuur 47 : Het tweede ontwerp	70
Figuur 48: De eerste fab-resultaten	71
Figuur 49 : De ondersteuning van het zonnepaneel	72
Figuur 50 : Het kogelgewricht	72
Figuur 51 : De overbrenging met slechte tandwielen	73
Figuur 52 : Het definitieve ontwerp zonder zonnepaneel en wielen	74
Figuur 53 : Definitieve ontwerop	74
Figuur 54 : Stand van de zon tov de aarde	80
Figuur 55 : Stand van de zon tov het Noorden	80

Tabellenlijst

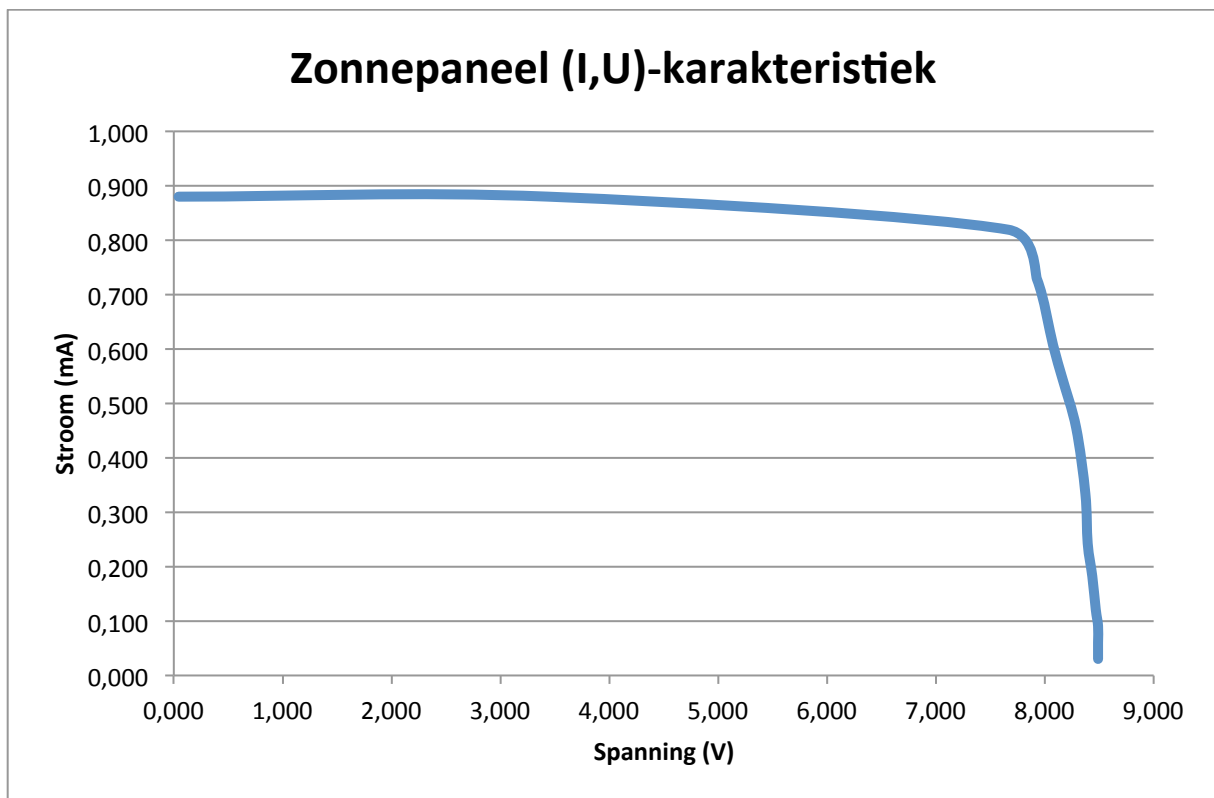
Table 1 : Diodefactor.....	12
Table 2 : Overbrengingsverhoudingen.....	14
Table 3 : Resultaten met een intervalwaarde 0,1s	17
Table 4 : Resultaten met een intervalwaarde van 0,2s.....	17
Table 5 : Kosten.....	61
Table 6 : Zonnestanden in mei.....	79

Engineering

Deel 1 : Case SSV

1. Diodefactor bepalen

Om de diodefactor te berekenen wordt er een proefopstelling gemaakt waarbij het zonnepaneel verbonden wordt met een regelbare weerstand. Een lamp, met een intensiteit van 500 W/m^2 , simuleert de zon. Vervolgens wordt de stroom en spanning over het zonnepaneel voor verschillende weerstandswaarden gemeten. De grafiek waarop deze bekomen waarden worden uitgezet, toont de karakteristiek van het zonnepaneel.



Figuur 1: karakteristiek van het zonnepaneel

Voor ieder stroom- spanningspaar kan de bijbehorende diodefactor m berekent worden. De diodefactor is een constante die aanduid hoe ver de karakteristiek van een diode afwijkt van een ideale diode. Volgende formule wordt gebruikt om deze diodefactor te berekenen.

$$I = I_{sc} - I_s \left(e^{\frac{U}{m \cdot N \cdot U_r}} - 1 \right)$$

Met:

I_{sc} : kortsluitstroom = $I_{ph} = 0,88$ A (Voor ons zonnepaneel)

I_s : saturatiestroom = $3,6 \cdot 10^{-10}$ A ($I_s = 10^{-8}$ A/m² met $A_{zonnepaneel} = 0,0036$ m²)

U_r : thermische spanning = 25,7 mV (bij 25°C)

N : aantal zonnecellen = 15

m : de diodefactor = te bepalen ($1 < m < 5$)

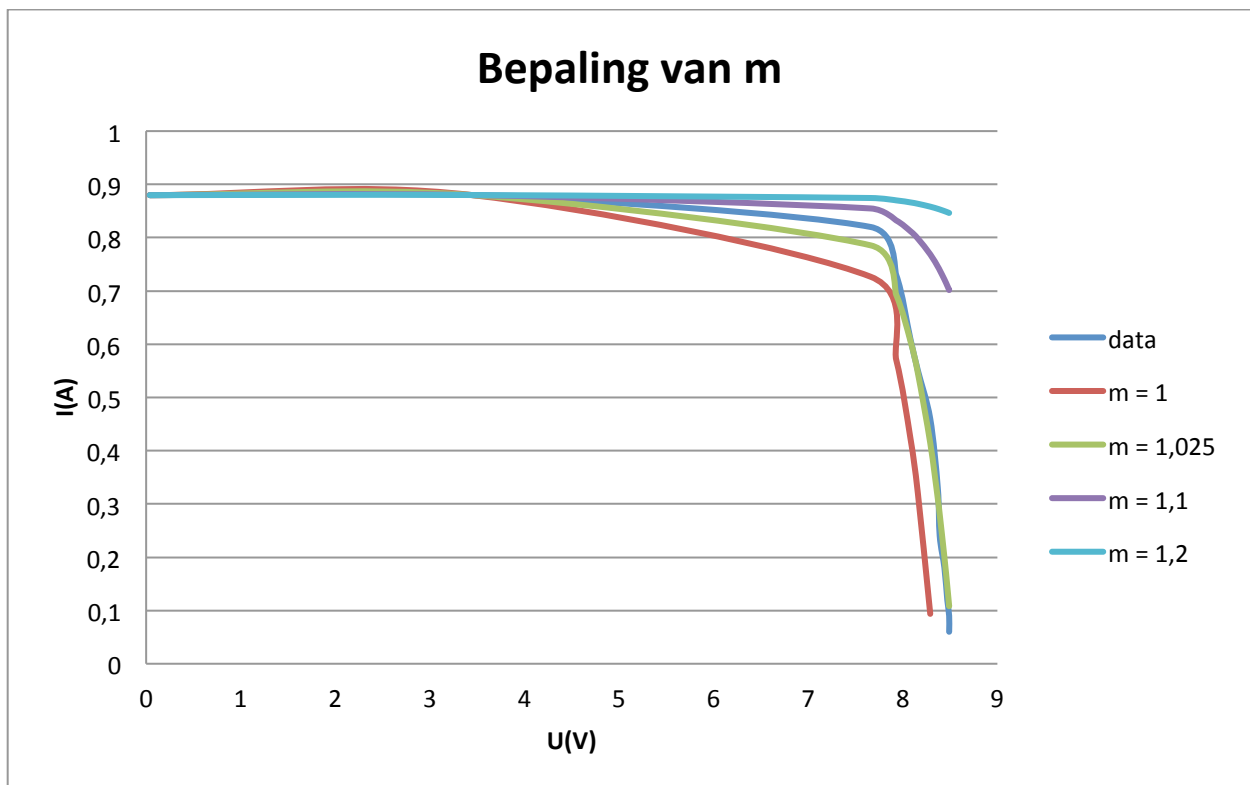
Om de diodefactor te vinden, moeten de meetresultaten systematisch benaderen worden met verschillende 'geschikte' diodefactors. Met behulp van bovenstaande formules wordt voor de verschillende factors de respectievelijke spanningen en stromen berekent. Die worden vervolgens vergeleken met de gemeten data. De benadering die het beste overeenkomt met de metingen is de diodefactor.

Door het gebruik van een lamp in de proefopstelling wijken deze waarden echter af van deze die men zou meten in de zon. Daarom zullen zowel stroom als spanning vermenigvuldigd worden met een conversiefactor van respectievelijk $I_{conversie} = 0,34$ en $V_{conversie} = 1,058$.

Uit de volgende tabellen en grafieken wordt duidelijk dat de beste diodefactor $m = 1,025$ is.

Table 1 : Diodefactor

Weerstand (Ω)	Gemeten spanning (V)	Gemeten stroom (A)	Spanning V (V)	Stroom I (A)	Diodefactor m
0,14	0,04	0,29	0,04	0,88	0,00
11,21	3,25	0,29	3,44	0,88	0,00
26,81	7,24	0,27	7,66	0,82	1,049
31,21	7,49	0,24	7,93	0,73	1,036
38,15	7,63	0,20	8,08	0,61	1,025
42,83	7,71	0,18	8,16	0,55	1,025
52,20	7,83	0,15	8,29	0,46	1,029
72,09	7,93	0,11	8,37	0,33	1,027
99,63	7,97	0,08	8,39	0,24	1,023
133,33	8,00	0,06	8,44	0,18	1,023
200,50	8,02	0,04	8,47	0,12	1,023
267,33	8,02	0,03	8,49	0,09	1,024
401,00	8,02	0,02	8,49	0,06	1,022
802,00	8,02	0,01	8,49	0,03	1,020



Figuur 2 : diodefactor ifv U en I

2. Berekenen van de optimale overbrengingsverhouding

Om de optimale overbrengingsverhouding van de wagen te berekenen wordt gebruikt gemaakt van het programma Matlab. Later wordt de verplaatsings- en snelheidskarakteristiek van de wagen handmatig berekend.

Aan de hand van het bestand, verkregen door de coach, wordt de ideale overbrengingsverhouding berekend door een aantal parameters aan te passen. Volgende parameters werden toegevoegd:

Totale massa $m = 0,750$ kg	(opgelegd minimaal gewicht)
Gravitatieversnelling $g = 9,81$ m/s ²	
$C_e = 0,00099285$	
Straal $r = 0,04$ m	(voor het gekozen wiel)
Rolweerstandcoëfficiënt $C_{rr} = 0,012$	
Luchtdichtheid $\rho = 1,293$ kg/m ³	
Luchtweerstand-coëfficiënt $C_w = 0,5$	
Voorste vlak $A = 0,02$	
Kortsluitstroom $I_{sc} = 0,88$ A	
Saturatiestroom $I_s = 3,6 \cdot 10^{-10}$ A	
Thermische spanning $U_r = 0,257$ V	
Diodefactor $m = 1,027$	(berekende waarde)
Aantal zonnecellen in serie $N = 15$	
Interne weerstand zonnecel $R_a = 3,32$ Ω	
Hellingshoek $\alpha = 0,125$ rad	(hellingshoek van het parcours)
Ratio : variërend	

Door deze parameters in te vullen werden de gegevens bekomen.

Table 2 : Overbrengingsverhoudingen

Overbrengingsverhouding	Tijd (s)	V_{max}(m/s)
3.5	5,11	4,26
4.0	4,85	4,48
4.5	4,70	4,68
5.0	4,54	4,82
5.5	4,48	4,90
6.0	4,41	4,92
6.5	4,32	4,87
7.0	4,22	4,77
7.5	4,27	4,67
8.0	4,30	4,53

3. Manuele berekeningen

Met behulp van de ratio uit de Matlab-berekeningen worden er manuele berekeningen uitgevoerd voor de eerste seconde.

Tijdens de eerste seconde legt het wagentje een afstand af op de dalende helling. Het is veilig om aan te nemen dat het langer dan 1 seconde zal duren om deze helling van 4 meter af te dalen aangezien de SSV vanuit rust vertrekt.

De versnelling, snelheid en plaats van het wagentje worden bepaald op verschillende tijdsintervallen. Dit met behulp van de volgende formules:

$$a(t) = g \cdot (\sin\alpha - \cos\alpha \cdot C_{rr}) + I(t) \cdot \frac{E(t)}{M \cdot v(t)} - 3 \cdot C_w \cdot A \cdot \rho \cdot \frac{v^2(t)}{2M}$$

$$v(t) = a(t) \cdot t$$

$$s(t) = v(t) \cdot t + \frac{a(t) \cdot t^2}{2}$$

$$E(t) = C_E \cdot \Phi \cdot 60 \cdot v(t) \cdot \frac{\text{gear ratio}}{2 \cdot \pi \cdot r}$$

$$I(t) = I_{sc} - I_s \left(e^{\frac{U}{m \cdot N \cdot U_r}} - 1 \right) = I_{sc} - I_s \left(e^{\frac{E(t) + I(t) \cdot R}{m \cdot N \cdot U_r}} - 1 \right)$$

Hier zijn s , v en a de verplaatsing, snelheid en versnelling in functie van de tijd t .

De parameters die moeten gebruikt worden bij deze berekeningen, zijn bij de matlab berekeningen al bepaald en uiteraard worden dezelfde waarden gebruikt. De berekeningen worden tweemaal uitgevoerd met een verschillende intervaltijd.

Eerst met een intervalwaarde van 0,1 seconde, daarna voor een intervaltijd van 0,2 seconden. De bekomen grafieken en tabellen zorgen voor enkele conclusies.

Eerst wordt, voor ieder tijdstip, de versnelling berekend. Deze waarde is immers ook van belang in de berekening van snelheid, afstand en energie op een bepaald tijdstip.

Met bovenstaande formule voor versnelling zou dit, voor het tijdstip $t = 0s$, echter betekenen dat er moeten gedeeld worden door 0 aangezien de snelheid op tijdstip $t = 0s$ gelijk is aan $v(0) = 0m/s$.

Om dit te vermijden, moeten we de formule wijzigen opdat $v(t)$ uit de noemer verdwijnt. De formule voor $a(0)$ wordt bijgevolg:

$$a(t) = g \cdot (\sin\alpha - \cos\alpha \cdot C_{rr}) + I(t) \cdot \frac{C_E \cdot \Phi \cdot 60 \cdot v(t) \cdot \text{gear ratio} / (2 \cdot \pi \cdot r)}{M \cdot v(t)} - 3 \cdot C_w \cdot A \cdot \rho \cdot \frac{v^2(t)}{2M}$$

met $E(t) = C_E \cdot \Phi \cdot 60 \cdot v(t) \cdot \frac{\text{gear ratio}}{2 \cdot \pi \cdot r}$

Nu komt $v(t)$ zowel boven als onder de breukstreep voor, waardoor deze wegvalt. Voor de versnelling van de SSV op het tijdstip $t = 0s$ geldt dan:

$$a(0) = 9,81 \cdot (\sin 0,125 - \cos 0,125 \cdot 0,012) + 0,88 \cdot \frac{0,00089285 \cdot 60 \cdot 7 / (2 \cdot r)}{0,75} - 3 \cdot 0,5 \cdot 0,02 \cdot 1,293 \cdot 0$$

$$a(0) = 1,65 \text{ m/s}^2$$

In $t = 0s$ zijn ook afstand en energie gelijk aan 0.

Met behulp van deze uitkomsten is het vervolgens mogelijk om snelheid, afstand en energie op het volgende tijdstip te berekenen. De bekomen waarden worden in de formules ingevuld. Voor $t=0,1s$:

$$v(0.1) = a(0) \times T$$

$$s(0.1) = v(0) \times T + a(0) \times T^2 / 2$$

$$E(0.1) = C_E \cdot \Phi \times 60 \times v(0.1) \times \text{gear ratio} / (2\pi r)$$

Op deze manier worden de waarden voor alle tijdstippen t.e.m. $t = 1s$ bekomen, met telkens intervallen van 0,1 s.

Hierna wordt hetzelfde gedaan maar met tijdsintervallen van $\Delta t = 0,2s$.

De grafieken die hieruit volgen, tonen dat voor het groter tijdsinterval de verplaatsing en de snelheid kleiner zijn.

Dit valt te verklaren door de nauwkeurigheid van de meting. Door om de 0,1 s een nieuwe meting te doen is de versnelling nauwkeuriger te bepalen waardoor ook de snelheid en de verplaatsing een andere, juistere waarde krijgen.

Hoe kleiner het interval genomen wordt, hoe nauwkeuriger de berekeningen zullen zijn en hoe hoger de snelheid en de verplaatsing zijn.

De luchtweerstand heeft een zeer kleine invloed op de versnelling van de zonnwagen. De formule van de luchtweerstand is “ $3 \times C_w$ (air drag coefficient) $\times A$ (frontal area) $\times \rho$ (air density)” en is een constant waarde = 0,03879.

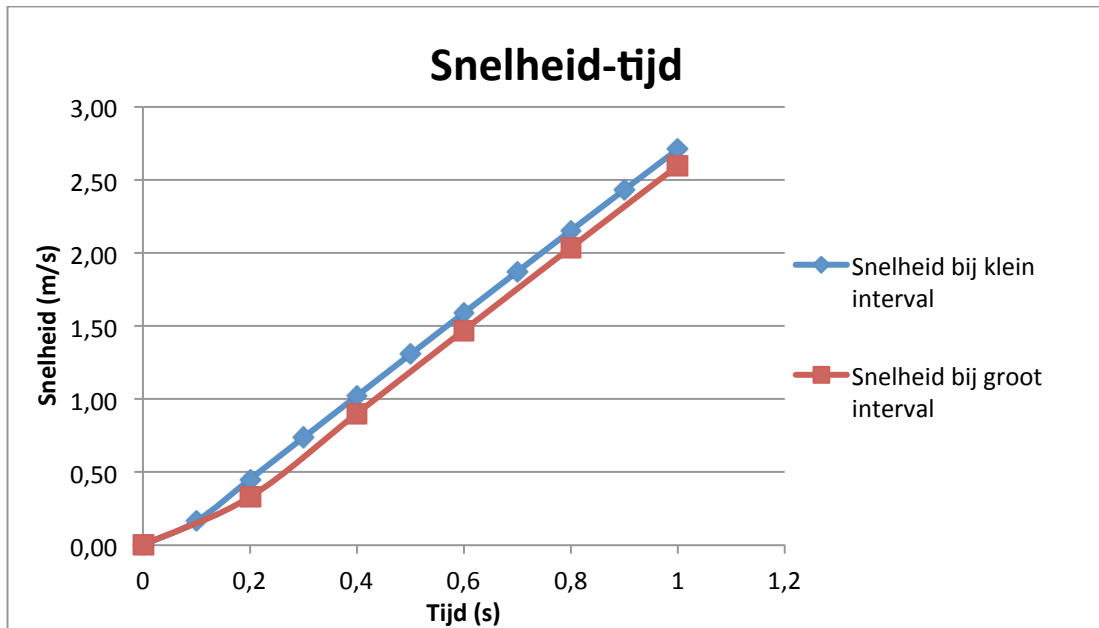
Hoe groter de voorkant van het wagentje hoe groter deze weerstand. Het wagentje is echter relatief klein en gaat ook traag waardoor de invloed van de luchtweerstand te verwaarlozen is. Bij het ontwerpen van grotere zonnewagens is het wel van belang om hier voldoende rekening mee te houden.

Table 3 : Resultaten met een intervalwaarde 0,1s

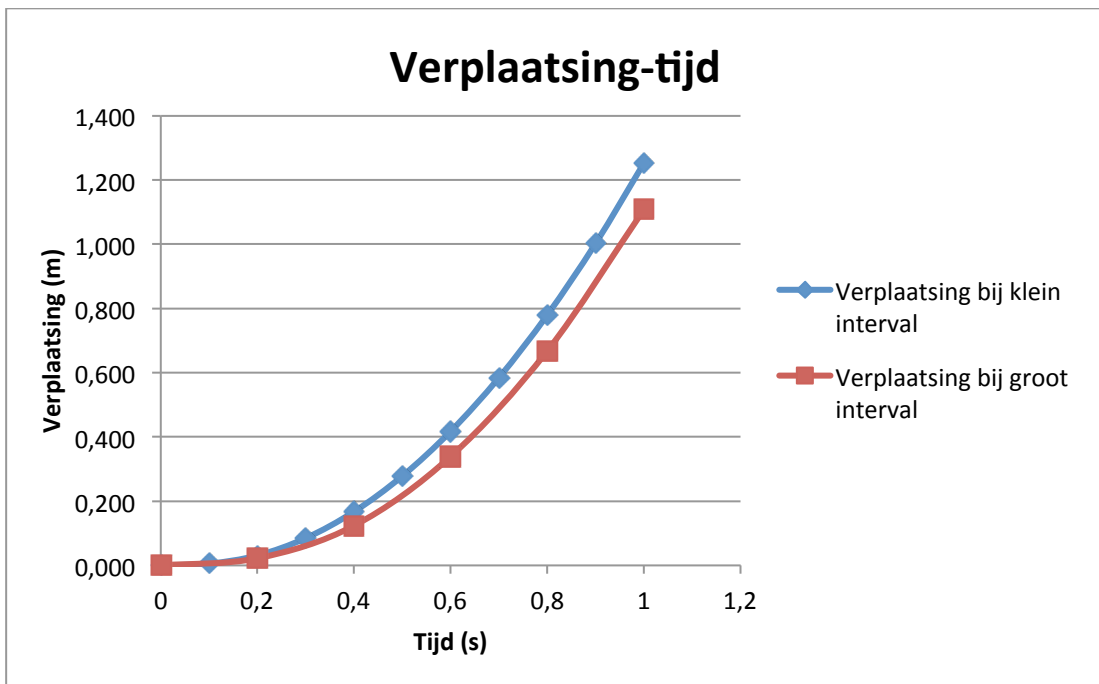
Tijd (s)	Snelheid (m/s)	Verplaatsing (m)	Energie (V)	Stroom (A)	Versnelling (m/s ²)
0	0	0	0	0,88	1,65
0,1	0,16	0,008	0,246	0,88	2,86
0,2	0,45	0,039	0,673	0,88	2,86
0,3	0,74	0,098	1,099	0,88	2,85
0,4	1,02	0,186	1,525	0,88	2,84
0,5	1,31	0,303	1,949	0,88	2,84
0,6	1,59	0,448	2,372	0,88	2,82
0,7	1,87	0,621	2,793	0,88	2,81
0,8	2,15	0,822	3,212	0,88	2,79
0,9	2,43	1,051	3,629	0,88	2,77
1	2,71	1,308	4,043	0,88	2,75

Table 4 : Resultaten met een intervalwaarde van 0,2s

Tijd (s)	Snelheid (m/s)	Verplaatsing (m)	Energie (V)	Stroom (A)	Versnelling (m/s ²)
0	0	0	0	0,88	1,65
0,2	0,33	0,03	0,49	0,88	2,86
0,4	0,90	0,16	1,34	0,88	2,85
0,6	1,47	0,39	2,19	0,88	2,83
0,8	2,04	0,74	3,04	0,88	2,80
1	2,60	1,21	3,87	0,88	2,76



Figuur 3 : De snelheid ifv de tijd



Figuur 4 : De verplaatsing ifv de tijd

4. Sankeydiagrammen

Met behulp van Sankeydiagrammen wordt aangetoond wat er gebeurt met de ingebrachte energie van het zonnepaneel. Niet al het vermogen dat het zonnepaneel levert wordt rechtstreeks omgezet in de versnelling van de wagen. Er zijn een aantal verliezen die hieronder worden berekend en getoond.

a. Sankeydiagram voor de maximale snelheid

Hier wordt het Sankey diagram bepaald voor het moment waarop de SSV zijn maximale snelheid v_{\max} bezit. Deze snelheid is gelijk aan 4,77 m/s en is bepaald met behulp van de simulink-simulatie.

Het startvermogen is dat van 100% zonlicht met een globale straling van om en bij de 800W/m^2 . Het verkregen zonnepaneel beschikt over 15 in serie geplaatste zonnecellen met elke een oppervlakte van 0,063 m bij 0,042m. Dit levert een oppervlakte $A = 15 \cdot (0,063 \text{ m} \cdot 0,042 \text{ m}) = 0,03969 \text{ m}^2$

Het resulterende vermogen dat door de zon geleverd wordt:

$$P = 800 \text{ W/m}^2 \cdot 0,03969\text{m}^2 = 31,75 \text{ W}$$

Ongeveer 20% van het zonlicht wordt echter weerkaatst, dit is het diffuus zonlicht. Het overblijvende zonlicht zorgt dus voor een vermogen van:

$$P = 31,75 \text{ W} \cdot 0,80 = 25,4 \text{ W}$$

Het zonnepaneel is echter niet ideaal en heeft een efficiëntie van ongeveer 15%, dus slechts 15% van het hoger berekende vermogen blijft over.

$$P = 25,4 \text{ W} \cdot 0,15 = 3,81 \text{ W}$$

Ook de motor is niet ideaal maar heeft een efficiëntie, gevonden in de datasheet, van 70%. Ook dit zorgt voor een lager vermogen.

$$P = 3,81\text{W} \cdot 0,70 = 2,67\text{W}$$

De efficiëntie van de overbrenging word geschat op 70%. Zo komt het resulterende vermogen neer op:

$$P = 2,67 \cdot 0,7 = 1,87 \text{ W}$$

Daarbovenop komen nog een aantal wrijvingverliezen.

Rolweerstand:

$$F_{\text{rol}} = Cr \cdot m \cdot g = 0,03 \cdot 0,750 \cdot 9,81 = 0,145 \text{ N}$$

$$P_{\text{rol}} = v_{\text{max}} \cdot F_{\text{rol}} = 4,77 \cdot 0,145 = 0,70 \text{ W}$$

Het procentuele verlies van de rolweerstand komt neer op

$$\frac{P_{\text{rol}}}{P_{\text{tot}}} \cdot 100\% = \frac{0,70}{1,87} \cdot 100\% = 37\%$$

Luchtweerstand:

$$F_w = 0,5 \cdot C_w \cdot A \cdot \rho \cdot v^2 = 0,5 \cdot 0,5 \cdot 0,02 \cdot 1,293 \cdot (4,77)^2 = 0,15 \text{ N}$$

$$P_w = 4,77 \cdot 0,15 = 0,72 \text{ W}$$

Het procentuele verlies van de luchtweerstand komt neer op

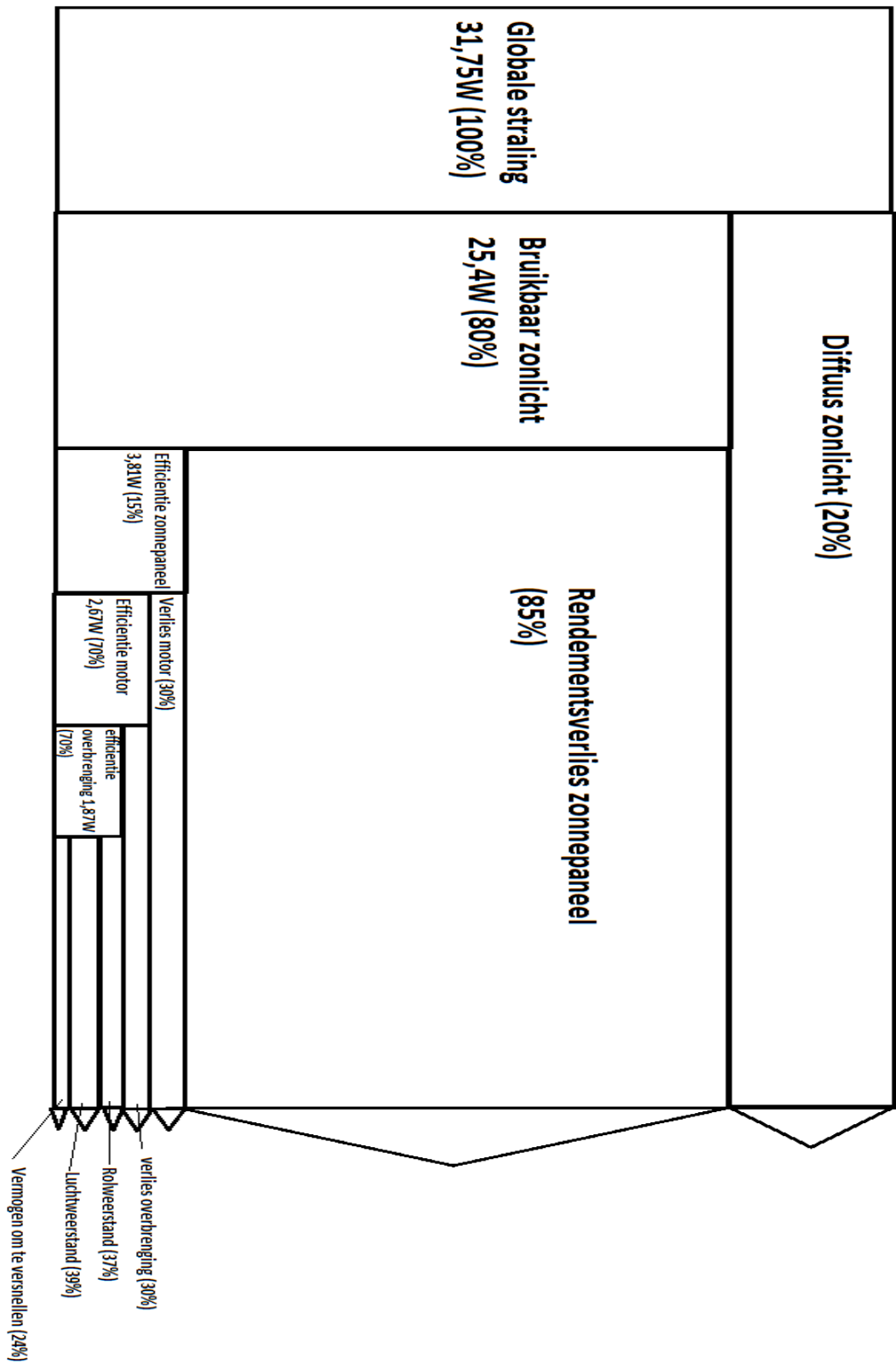
$$\frac{P_{\text{lucht}}}{P_{\text{tot}}} \cdot 100\% = \frac{0,72}{1,87} \cdot 100\% = 39\%$$

De wrijving met de rail op de baan valt te verwaarlozen.

Dit brengt het resterend vermogen P_{tot} op $= 1,87 - 0,70 - 0,72 = \mathbf{0,45 \text{ W}}$

Dit zou 0 moeten zijn aangezien de wagen niet meer kan versnellen wanneer hij zijn maximumsnelheid bereikt heeft.

Al deze verliezen en het totale vermogen zijn terug te vinden in het uiteindelijk Sankeydiagram.



Figuur 5 : Sankeydiagram voor maximale snelheid

b. Sankeydiagram voor de snelheid beneden aan de helling

Het volgende Sankeydiagram is berekend met de snelheid beneden aan de helling $v_{\text{beneden}} = 4,09 \text{ m/s}$

De berekening tot en met rendement van de motor zijn parallel aan de berekeningen hierboven. Er treed enkel een verschil op voor de rolweerstand en de luchtweerstand aangezien enkel daar de snelheid in de formule terugkomt.

Rolweerstand:

$$F_{\text{rol}} = Cr \cdot m \cdot g = 0,03 \cdot 0,750 \cdot 9,81 = 0,145 \text{ N}$$

$$P_{\text{rol}} = v_{\text{max}} \cdot F_{\text{rol}} = 4,09 \cdot 0,145 = 0,59 \text{ W}$$

Het procentuele verlies van de rolweerstand komt neer op

$$\frac{P_{\text{rol}}}{P_{\text{tot}}} \cdot 100\% = \frac{0,59}{1,87} \cdot 100\% = 32\%$$

Luchtweerstand:

$$F_w = 0,5 \cdot C_w \cdot A \cdot \rho \cdot v^2 = 0,5 \cdot 0,5 \cdot 0,02 \cdot 1,293 \cdot (4,09)^2 = 0,11 \text{ N}$$

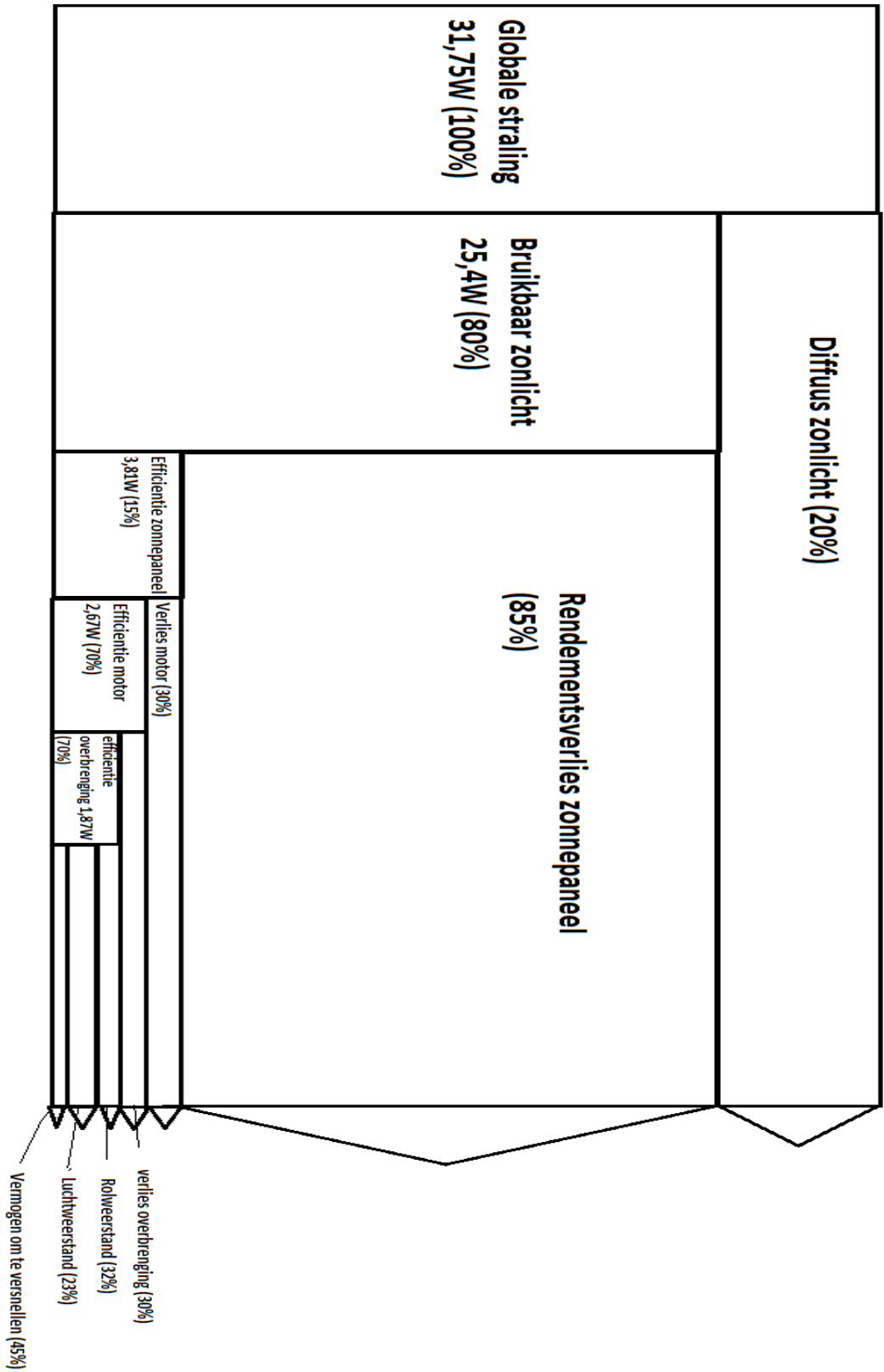
$$P_w = 4,09 \cdot 0,11 = 0,44 \text{ W}$$

Het procentuele verlies van de luchtweerstand komt neer op

$$\frac{P_{\text{lucht}}}{P_{\text{tot}}} \cdot 100\% = \frac{0,44}{1,87} \cdot 100\% = 23\%$$

Dit komt neer op een resterend vermogen van $P_{\text{tot}} = 1,87 - 0,59 - 0,44 = \mathbf{0,84 \text{ W}}$

Dit betekent dat er nog 45% van het vermogen overblijft om te versnellen en zo de laatste helling op te raken.



Figuur 6 : Sankeydiagram voor de snelheid onderaan de helling

c. Verbetering van de Sankeydiagrammen

Na het bouwen van de SSV kunnen er tests gedaan worden om het Sankeydiagram te verbeteren.

De test bestaat eruit de SSV de helling af te laten rollen en te zien hoever hij geraakt op het traject. Met Simulink was er voorspeld dat de afgelegde afstand 11,33m zou zijn. Het testresultaat toont echter dat het wagentje niet zo ver geraakt. In de praktijk geraakt hij slechts 10m ver. Hier zijn enkele verklaringen voor te vinden.

Een eerste verschil met het theoretisch model is dat het gewicht hoger ligt, in plaats van het minimale gewicht van 750 gram weegt de uiteindelijke SSV 90 gram.

Ten tweede ligt de rolweerstand een pak hoger, aangezien de rollagers niet ideaal zijn en ook de wielen niet perfect recht staan.

Deze veronderstellingen kunnen gestaafd worden door een nieuw, verbeterd Sankeydiagram op te stellen. Hiervoor wordt dezelfde snelheid ,beneden aan de helling, gebruikt als voor de vorige diagrammen. De efficiënties van motor en overbrenging zijn moeilijk exact te bepalen, dus wordt er vanuit gegaan dat de theoretische waarden een goede benadering zijn. Dit houdt dus in dat het resulterend vermogen 1,87W is, zoals berekend is bij de vorige Sankeydiagrammen. Aan de hand van de werkelijke waarden van de massa wordt de luchtweerstand en de wrijvingsweerstand herberekent.

Rolweerstand:

$$F_{rol} = Cr \cdot m \cdot g = 0,03 \cdot 0,910 \cdot 9,81 = 0,268 \text{ N}$$

$$P_{rol} = v_{max} \cdot F_{rol} = 4,09 \cdot 0,268 = 1,10 \text{ W}$$

Het procentuele verlies van de rolweerstand komt neer op

$$\frac{P_{rol}}{P_{tot}} \cdot 100\% = \frac{1,10}{1,87} \cdot 100\% = 59\%$$

Luchtweerstand:

$$F_w = 0,5 \cdot C_w \cdot A \cdot \rho \cdot v^2 = 0,5 \cdot 0,5 \cdot 0,02 \cdot 1,293 \cdot (4,09)^2 = 0,11 \text{ N}$$

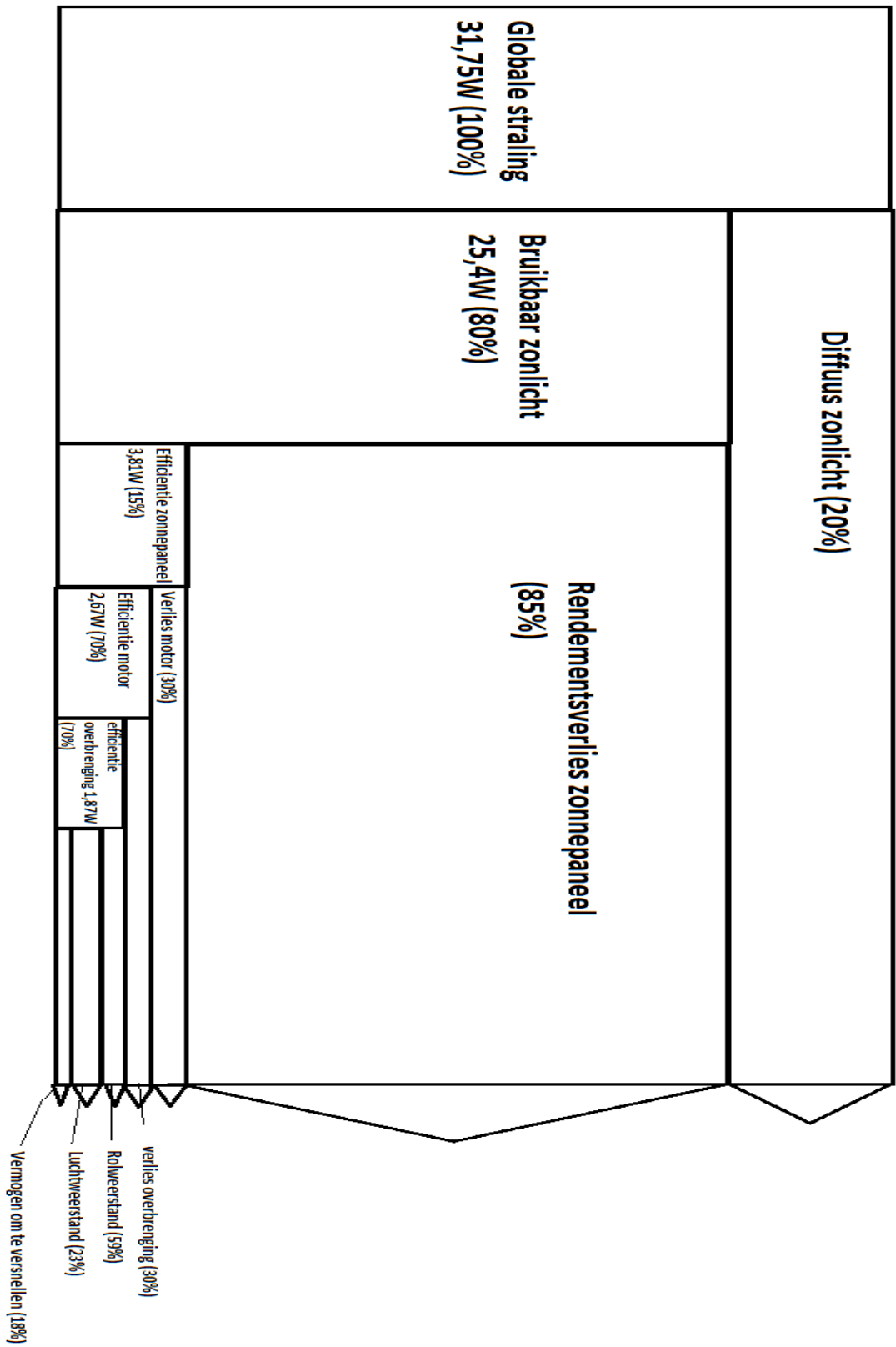
$$P_w = 4,09 \cdot 0,15 = 0,44 \text{ W}$$

Het procentuele verlies van de luchtweerstand komt neer op

$$\frac{P_{lucht}}{P_{tot}} \cdot 100\% = \frac{0,44}{1,87} \cdot 100\% = 23\%$$

Het resterende vermogen om te versnellen is dan: $P = 1,87 \text{ W} - 1,1 \text{ W} - 0,44 \text{ W} = 0,33 \text{ W}$

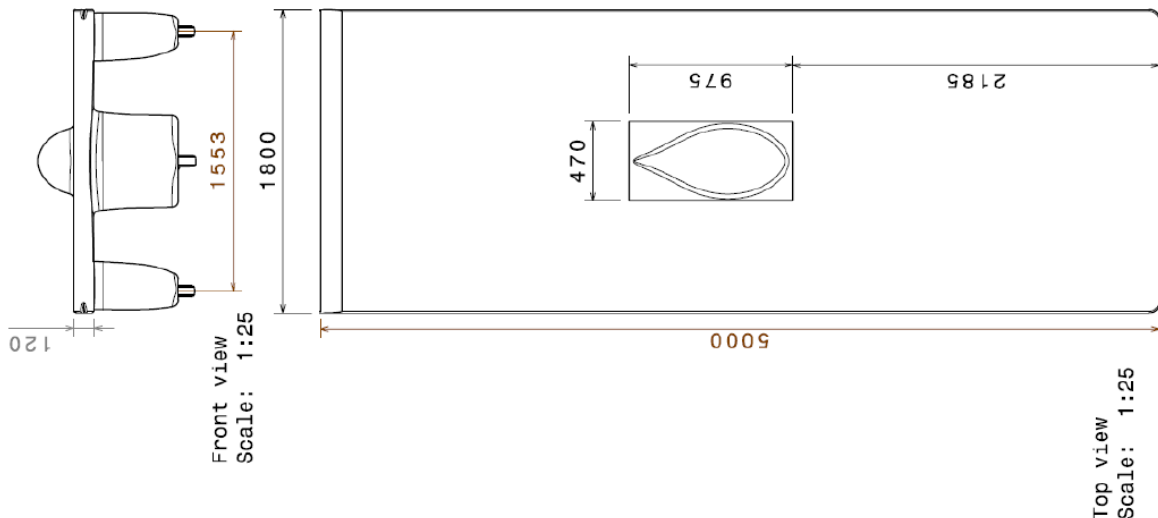
Dit is ongeveer een 18% die overblijft.



Figuur 7 : Verbeterd Sankeydiagram

d. Umicar

Om het wagentje te vergelijken met zijn grote broer, wordt er een Sankeydiagram opgesteld voor de Umicar. Dit diagram wordt gemaakt met behulp van de topsnelheid en de halve topsnelheid. Bij de berekeningen wordt er geen rekening gehouden met de batterijpakketten aan boord van de wagen. Het vermogen voor de wagen wordt dus enkel geleverd door de zonnecellen.



Figuur 8 : Umicar dimensies

Allereerst wordt de totale oppervlakte van de zonnecellen berekend. De Umicar bestaat uit 2 verschillende soorten zonnecellen: 280 RWE solar cells en 2578 Emcore solar cells.

- RWE cellen:

De oppervlakte van 1 RWE cel is 30.18 cm^2 . Deze waarde is te vinden in de datasheet van de zonnecellen.

$$\text{Totale oppervlakte RWE cellen} = 280 \times 30,18 \text{ cm}^2 = 8450,4 \text{ cm}^2 = 0,845 \text{ m}^2 = A_{\text{RWE}}$$

- Emcore cellen:

$$\text{Oppervlakte van 1 cel} = 76,1 \text{ mm} \cdot 37,16 \text{ mm} = 2827,9 \text{ mm}^2 = 28,279 \text{ cm}^2$$

$$\text{Totale oppervlakte Emcore cellen} = 2578 \cdot 28,27 \text{ cm}^2 = 72903,26 \text{ cm}^2 = 7,29 \text{ m}^2 = A_{\text{Emcore}}$$

$$\text{Dus het totale oppervlakte aan zonnecellen op de wagen} = 7,29 \text{ m}^2 + 0.845 \text{ m}^2 = 8,135 \text{ m}^2$$

Ervan uitgaand dat de zon 800 W/m^2 levert wordt het vermogen over de volledige oppervlakte berekt:

$$P = 800 \text{ W/m}^2 \cdot 8,135 \text{ m}^2 = 6508 \text{ W}$$

Ongeveer 20% van het zonlicht wordt weerkaatst, hierdoor gaat er dus 20% vermogen verloren:

$$P = 6508W \times 0,8 = 5206,4W$$

Het vermogen per type zonnecel is dan:

$$P_{RWE} = P \cdot \frac{A_{rwe}}{A_{tot}} = 5206,4 \cdot \frac{0,845}{8,135} = 540,8W$$

$$P_{Emcore} = P \cdot \frac{A_{emcore}}{A_{tot}} = 5206,4 \cdot \frac{7,29}{8,135} = 4665,6W$$

Met behulp van de datasheet van de Umicar kunnen de verliezen van het zonnepaneel en de motor berekend worden.

De efficiëntie van de RWE-cellen is 30%

$$P = 540,8 \cdot 0,3 = 162,24W$$

De efficiëntie van de Emcore-cellen is 24,5%

$$P = 4665,6 \cdot 0,245 = 1143,072W$$

Het totale vermogen geleverd door de zonnecellen is dus:

$$P = 1143,072W + 162,24W = 1305,31W \text{ (Totale efficiëntie van 25,1\%)}$$

De motor in de Umicar heeft een efficiëntie van 95%.

$$P = 1305,31 \times 0,95 = 1240,05W$$

De efficiëntie van de controller is 99%. Dit levert een netto vermogen van:

$$P_{netto} = 1240,05W \times 0,99 = 1227,65W$$

Hier bovenop komen nog eens de wrijvingsverliezen ten gevolge van de luchtweerstand en de rolweerstand.

Luchtweerstand:

$$F_w = 0,5 \cdot C_w \cdot A \cdot \rho \cdot v^2$$

Met luchtweerstandcoëfficiënt $c_w = 0,077$ (fiche2)

Geprojecteerde oppervlakte $A = 0,81m^2$ (datasheet)

Luchtdichtheid $\rho = 1,2kg/m^3$

$$P_{lucht} = 0,5 \cdot C_w \cdot A \cdot \rho \cdot v^3 = 0,5 \times 0,077 \times 0,81 \times 1,2 \times v^3 = 0,0374 \cdot v^3$$

Rolweerstand:

$$F_{\text{rol}} = C_r \cdot m \cdot g$$

Met rolweerstandcoëfficiënt $c_r = 0,0025$

Massa $m = 255 + 80 = 335 \text{ kg}$

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

$$P_{\text{rol}} = C_r \cdot m \cdot g \cdot v = 0,0025 \times 335 \times 9,81 \times v = 8,22 \cdot v$$

Door de verliesvermogens af te trekken van het totale netto vermogen en dit gelijk te stellen aan nul, wordt de topsnelheid van de Umicar bepaald. Dit mag omdat de Umicar geen vermogen meer bezit om te versnellen wanneer hij op topsnelheid is. In deze vergelijking is enkel de snelheid een onbekende.

$$P_{\text{netto}} - P_{\text{lucht}} - P_r = 0 \Leftrightarrow 1227,65 \text{ W} - 0,0374 \cdot v^3 - 8,22 \cdot v = 0$$

Hieruit komt een topsnelheid van **29,73 m/s**. Dit komt overeen met 107,03 km/u.

Met deze topsnelheid zijn ook de verlies vermogens bij topsnelheid bekend:

$$P_{\text{lucht}} = 0,0374 \cdot v^3 = \mathbf{982,8 \text{ W}}$$

$$\text{Procentueel verlies} = \frac{982,8}{1227,62} \cdot 100\% = 80\%$$

$$P_{\text{rol}} = 8,22 \cdot v = \mathbf{244,4 \text{ W}}$$

$$\text{Procentueel verlies} = \frac{244,4}{1227,62} \cdot 100\% = 20\%$$

De verlies vermogens aan halve topsnelheid zijn dan:

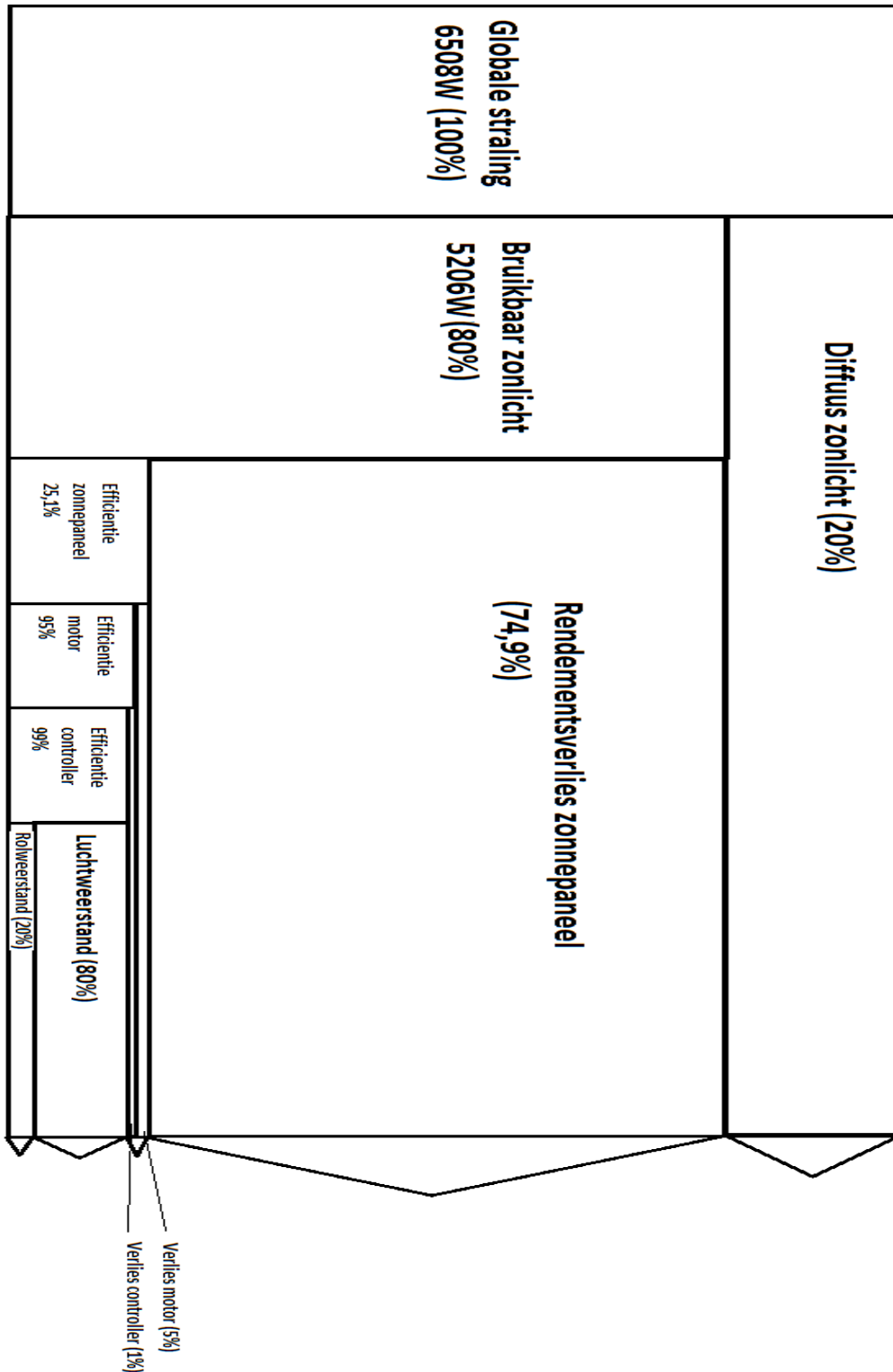
$$v = 29,73 \text{ m/s} \cdot 0,5 = \mathbf{14,865 \text{ m/s}}$$

$$P_{\text{lucht}} = 0,0374 \cdot v^3 = \mathbf{122,85 \text{ W}} \quad (= 10\% \text{ verlies})$$

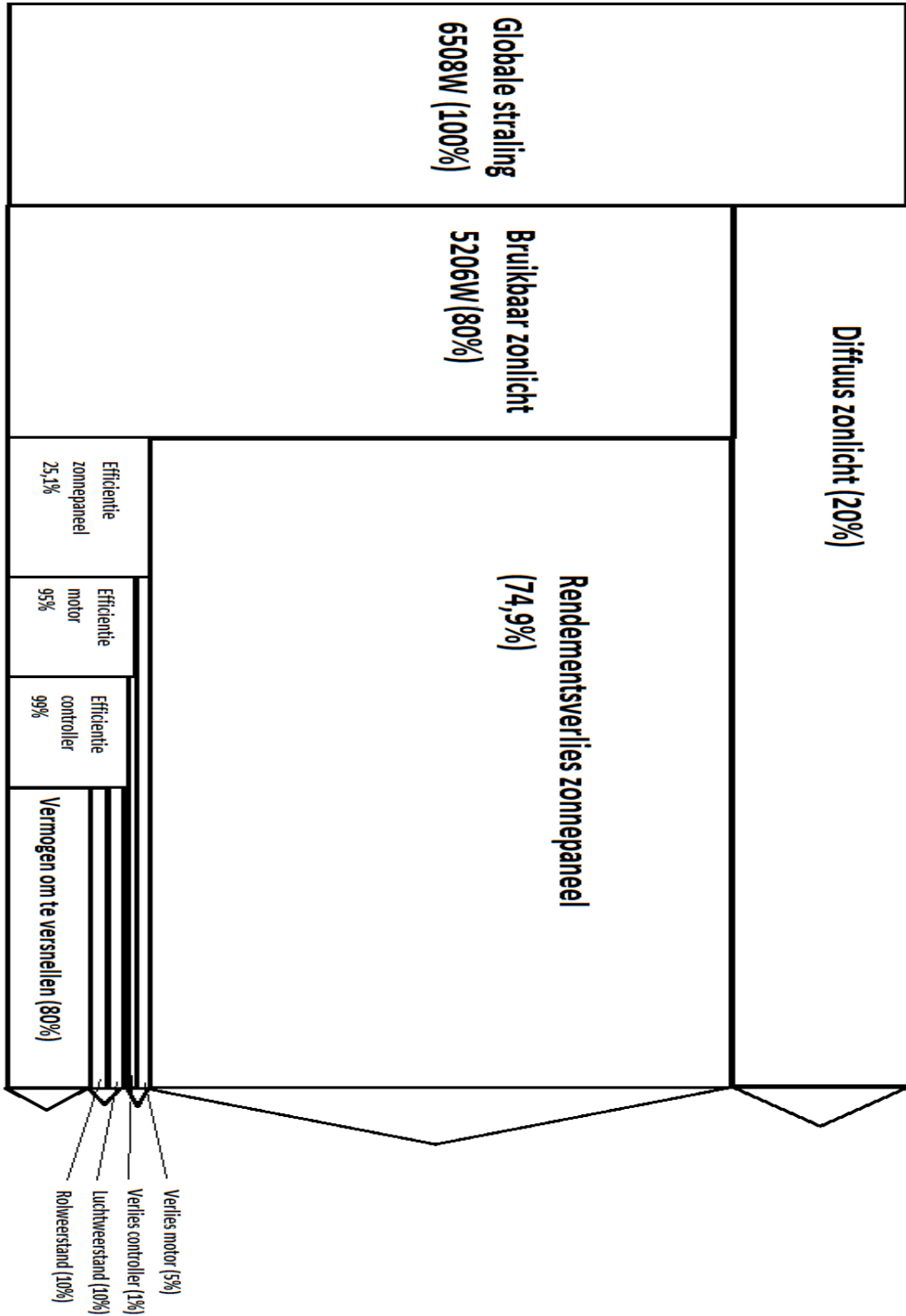
$$P_r = 8,22 \cdot v = \mathbf{122,19 \text{ W}} \quad (= 10\% \text{ verlies})$$

Het resterend vermogen om te versnellen is dan:

$$P_{\text{versnellen}} = 1227,65 - 122,85 - 122,19 = 982,61 \text{ W} (= 80\%)$$



Figuur 9 : Sankeydiagram Umicar bij topsnelheid



Figuur 10 : Sankeydiagram Umicar bij halve topsnelheid

e. Krachten op het zonnepaneel

In dit gedeelte zullen eenvoudige berekeningen uitgevoerd worden om een idee te krijgen over de belastingen en spanningen die tijdens de race in en op het zonnepaneel zouden kunnen optreden. Er wordt tevens gezocht naar de hoek waarvoor de spanningen in het zonnepaneel het grootst zouden zijn.

Voor deze berekeningen werden twee verschillende situaties beschouwd: situatie één is het geval waar de snelheid van het zonnepaneel het grootst is, situatie twee daarentegen is het geval waar de versnelling van het zonnepaneel het grootst is. De reden hiervoor is dat men de spanningen wenst te maximaliseren: in situatie één zal de luchtweerstand zo groot mogelijk zijn omdat deze evenredig is met de snelheid in het kwadraat. Hierdoor zullen de buigmomenten en dwarskrachten ook het grootst zijn. In situatie twee zal de voorwaartse versnelling zorgen voor de grootste buigmomenten en dwarskrachten.

Op de twee vrijlichaamsdiagrammen beschouwd men drie constant verdeelde belastingen:

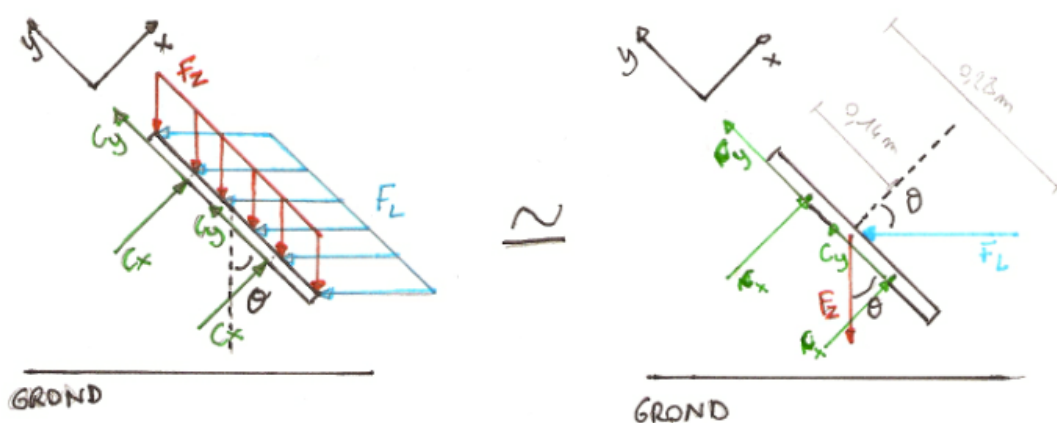
- De zwaartekracht F_z
- De luchtweerstand F_L
- De versnelling a

Hiernaast zijn er ook puntlasten die zorgen voor de ondersteuning van het zonnepaneel:

- Contactkrachten C_1 & C_2

Situatie 1

Vrijlichaamsdiagram



Figuur 11 : Vrijlichaamsdiagram van situatie 1

Men veronderstelt dat de hoek van het zonnepaneel met de grond niet nul is, zodat de weerstandscoëfficiënt C_w benaderd wordt door 0,7.

$$a = 0 \frac{m}{s^2}$$

$$v = v_{max} = 4,77 \frac{m}{s}$$

$$A_{zonnepaneel} = 0,26 m \cdot 0,28 m = 0,0728 m^2$$

$$F_Z = m_{zonnepaneel} \cdot g = 0,275 kg \cdot 9,81 \frac{N}{kg} = 2,70 N$$

$$F_L = 0,5 \cdot \rho_{lucht} \cdot v^2 \cdot A_{zonnepaneel} \cdot C_w = 0,5 \cdot 1,293 \frac{kg}{m^3} \cdot 4,77^2 \frac{m^2}{s^2} \cdot 0,0728 m^2 \cdot 0,7 = 0,75 N$$

Uit $\Sigma M_1 = 0$ en $\Sigma M_2 = 0$ kan men eenvoudig aantonen dat $C_1 = C_2 = C$.

Passen we Newton toe in de x-richting:

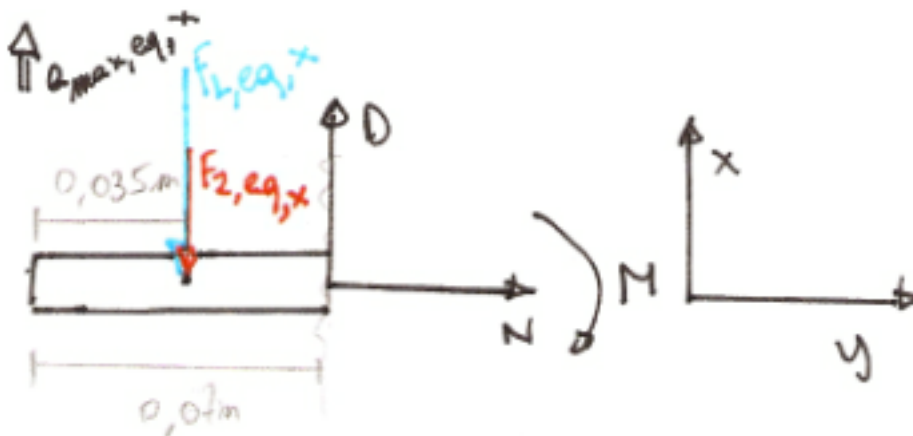
$$\Sigma F_x = m_{zonnepaneel} \cdot a_x$$

$$2 \cdot C_x - F_L \cdot \cos \theta - F_Z \cdot \sin \theta = m_{zonnepaneel} \cdot 0$$

$$2 \cdot C_x = 0,75 N \cdot \cos \theta + 2,70 N \cdot \sin \theta$$

$$C_x = \frac{0,75 N \cdot \cos \theta + 2,70 N \cdot \sin \theta}{2}$$

Dwarskrachten- en momentenlijn



Figuur 12 : Snede van zonnepaneel bij situatie 1

Uit snede:

De equivalente krachten voor 0 tot 0,07 m voor de snede zijn:

$$F_{Z,equivalent} = \frac{0,07 \text{ m}}{0,28 \text{ m}} \cdot F_Z = 0,25 \cdot F_Z$$

$$F_{L,equivalent} = \frac{0,07 \text{ m}}{0,28 \text{ m}} \cdot F_L = 0,25 \cdot F_L$$

Passen we Newton toe in de x-richting op de snede:

$$\Sigma F_x = m_{zonnepaneel} \cdot a_{x,equivalent}$$

$$D - F_{L,equivalent} \cdot \cos \theta - F_{Z,equivalent} \cdot \sin \theta = m_{zonnepaneel} \cdot 0$$

$$D = 0,25 \cdot (0,75 \text{ N} \cdot \cos \theta + 2,70 \text{ N} \cdot \sin \theta)$$

We zoeken de hoek θ voor D zo groot mogelijk mogelijk:

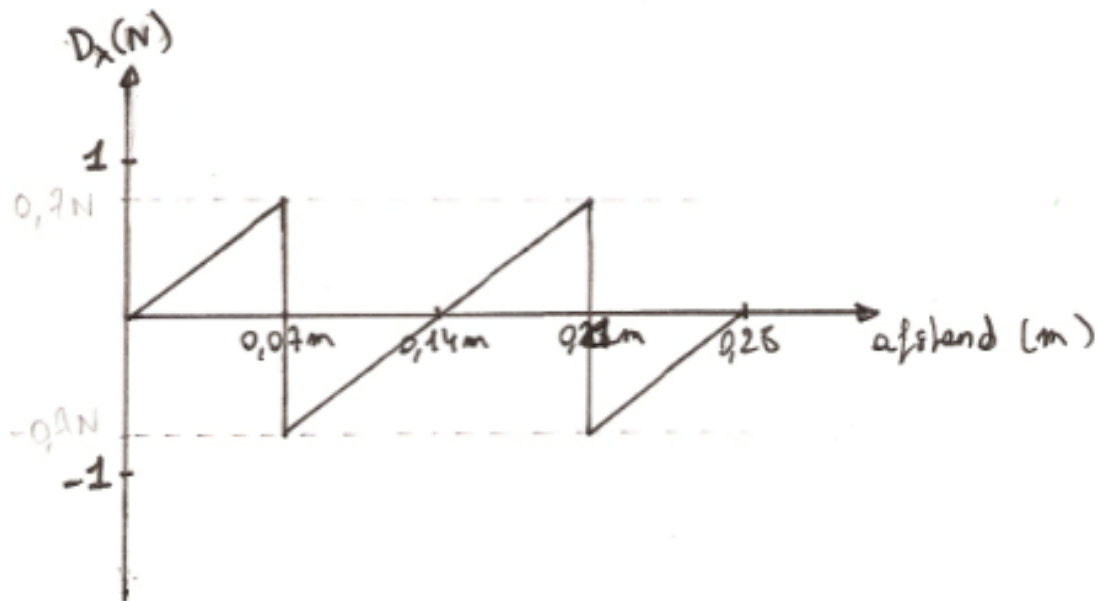
$$\frac{d(0,25 \cdot (0,75 \text{ N} \cdot \cos \theta + 2,70 \text{ N} \cdot \sin \theta))}{d\theta} = 0$$

$$0,75 \text{ N} \cdot \sin \theta = 2,70 \text{ N} \cdot \cos \theta$$

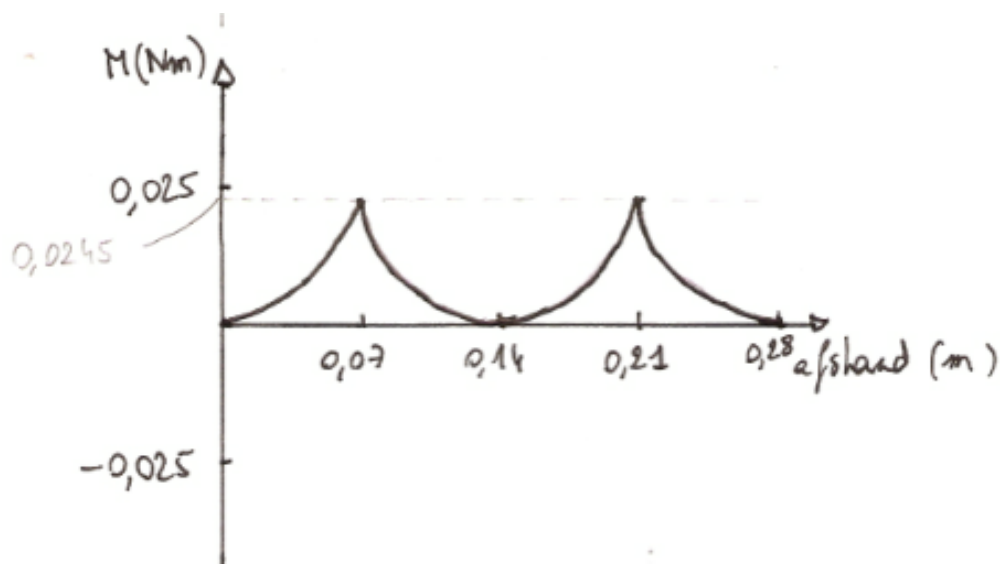
$$\tan \theta = \frac{2,70 \text{ N}}{0,75 \text{ N}}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{2,70 \text{ N}}{0,75 \text{ N}} = 74^\circ 28' 33''$$

Dus is $D = 0,7 \text{ N}$ en $C_x = 1,4 \text{ N}$.



Figuur 13 : Dwarskrachtendiagram van situatie 1



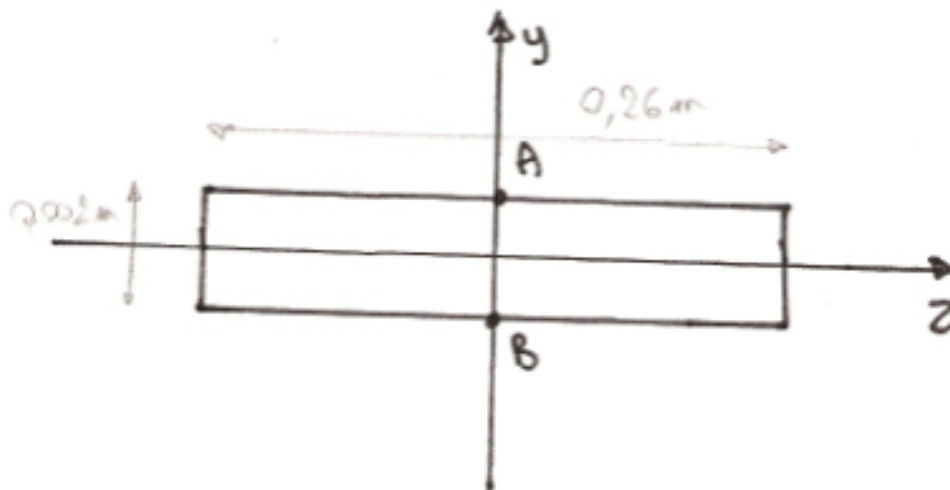
Figuur 14 : Momentendiagram bij situatie 1

Op de grafiek van de dwarskrachtenlijn zie men dat tussen punt nul en punt één, de dwarskracht lineair gaat stijgen tot 0,7 N. Dit omdat alleen verdeelde belastingen optreden. In punt één zal het eerste contactpunt optreden waardoor het verloop verticaal gaat dalen met een kracht van 1,4N. Dit immers omdat C_1 een puntlast is. Hierna zal de dwarskracht tussen punt één en twee terug lineair stijgen, maar deze keer over een dubbel zo grote afstand dus zal deze terug tot 0,7 N stijgen, vooraleer ze zoals bij punt één tegengewerkt gaat worden door het contactpunt en zo verder. De maximale dwarskracht is dus gelijk aan 0,7 N in beide richtingen.

Hieruit kan men dus afleiden dat het verloop van de momentenlijn kwadratisch gaat zijn, en uit twee halve en één volle parabolen gaat bestaan, verbonden door twee knikpunten. In deze knikpunten treedt de maximale buigspanning op die gelijk is aan:

$$M = D \cdot 0,035 \text{ m} = 0,0245 \text{ Nm}$$

Buigspanning



Figuur 15 : Doorsnede van zonnepaneel bij situatie 1

De maximale buigspanning is dan gelijk aan:

$$\sigma = \frac{M \cdot y_A}{I_Z}$$

$$I_Z = \frac{B \cdot H^3}{12} = \frac{0,26 \cdot (0,002 \text{ m})^3}{12} = 1,73 \cdot 10^{-10} \text{ m}^4$$

$$y_A = 0,001 \text{ m}$$

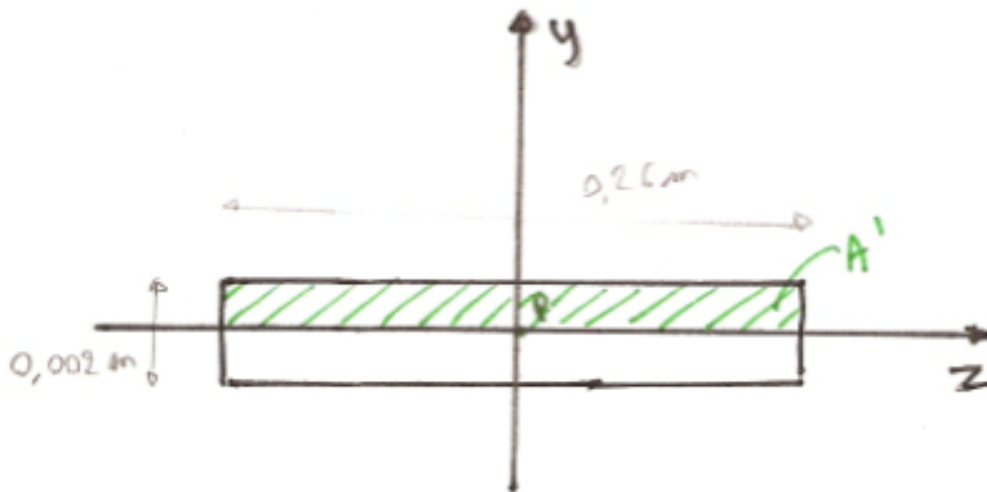
Punt A werd zo gekozen omdat hier de maximale buiging zal optreden.

$$\sigma = \frac{0,0245 \text{ Nm} \cdot 0,001 \text{ m}}{1,73 \cdot 10^{-10} \text{ m}^4} = 141,35 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 141,35 \text{ kPa} > 0 \text{ (trek)}$$

Analoog kan men berekenen dat voor punt B:

$$\sigma = \frac{0,0245 \text{ Nm} \cdot (-0,001 \text{ m})}{1,73 \cdot 10^{-10} \text{ m}^4} = -141,35 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = -141,35 \text{ kPa} < 0 \text{ (druk)}$$

Afschuifspanning



Figuur 16 : Doorsnede van zonnepaneel voor situatie 1 (Afschuiving)

De formule voor de afschuifspanning luidt als volgt:

$$\tau = \frac{D \cdot S_y}{I \cdot b}$$

Punt P werd zo gekozen dat de afschuifspanning het grootst is, in het zwaartepunt van de doorsnede dus voor een vierhoekige doorsnede. Ter hoogte van de onder- en bovengrens van de doorsnede zijn de afschuifspanningen nul.

S_y is het gearceerde oppervlak vermenigvuldigd met het y-coördinaat van haar eigen zwaartepunt, of dus

$$S_y = y_c \cdot A_{gearceerd}$$

$$S_y = 0,0005 \text{ m} \cdot (0,26 \text{ m} \cdot 0,001 \text{ m})$$

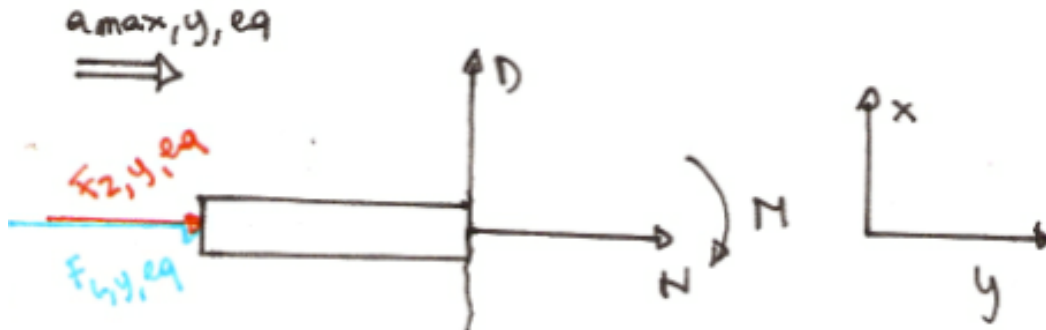
$$S_y = 1,3 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3$$

$$I = 1,73 \cdot 10^{-10} \text{ m}^4$$

$$b = 0,26 \text{ m}$$

$$\tau = \frac{0,7 \text{ N} \cdot 1,3 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3}{1,73 \cdot 10^{-10} \text{ m}^4 \cdot 0,26 \text{ m}} = 2023,12 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 2,02 \text{ kPa}$$

Rek



Figuur 17 : Snede van zonnepaneel bij situatie 1 (Rek)

Uit de snede passen we Newton in de y-richting toe:

$$\begin{aligned} \Sigma F_y &= m_{\text{zonnepaneel}} \cdot a_{y,\text{equivalent}} \\ F_{L,\text{equivalent}} \cdot \sin \theta - F_{Z,\text{equivalent}} \cdot \cos \theta - N &= m_{\text{zonnepaneel}} \cdot 0 \\ N &= -6,81 \cdot 10^{-7} \text{ N} < 0 \text{ (druk)} \end{aligned}$$

Ons zonnepaneel staat dus blijkbaar onder druk langs haar lengte en dus niet onder trek, de rek of stuik in dit geval wordt dan het volgende:

$$\varepsilon = \frac{N}{A_{\text{doorsnede}} \cdot E_{\text{zonnepaneel}}}$$

De E-modulus van ons zonnepaneel wordt benadert door deze van de Aluminiumlegering 6061 omdat deze een dichtheid heeft van $2,7 \text{ g/cm}^3$ en omgerekend naar het volume van de zonnepaneel ongeveer even zwaar is.

$$A_{\text{doorsnede}} = 0,26 \text{ m} \cdot 0,002 \text{ m} = 0,00052 \text{ m}^2$$

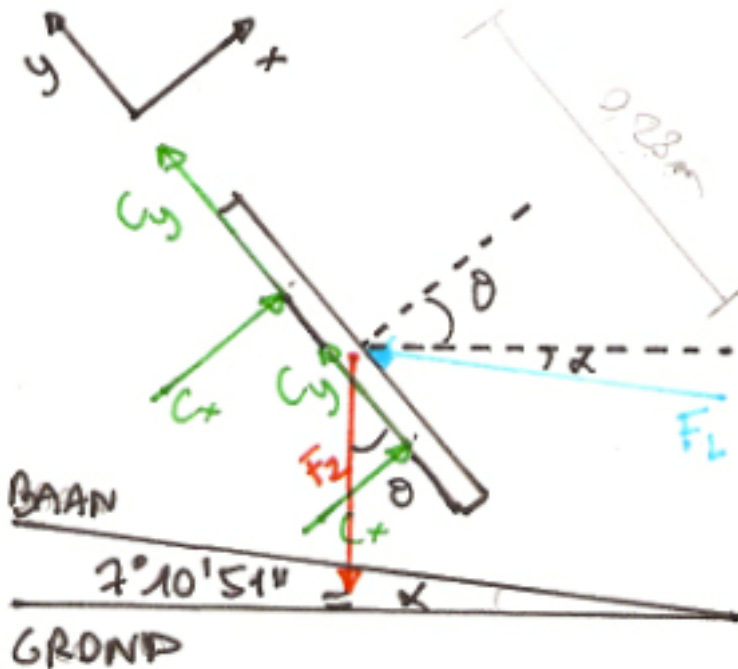
$$E_{\text{Al-legering 6061}} = 69 \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2} = 69 \cdot 10^9 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$\varepsilon = \frac{-6,81 \cdot 10^{-7} \text{ N}}{0,00052 \text{ m}^2 \cdot 69 \cdot 10^9 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}} = -1,9 \cdot 10^{-14} \approx 0$$

De rek is negatief, dus gaat het hier over stuik. Hiernaast is die quasi nul, dus de rek (of stuik in dit geval) is zo goed als onbestaand.

Situatie 2

Vrijlichaamsdiagram



Figuur 18 : Vrijlichaamsdiagram voor situatie 2

De hoek die de baan met de grond maakt is als volgt berekent:

$$\alpha = \sin^{-1} \frac{0,5 \text{ m}}{4 \text{ m}} = 7^{\circ}10'52''$$

De weerstandscoefficiënt C_w gekozen voor deze situatie is dezelfde als bij situatie één.

$$a = a_{max} = 2,86 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Bij deze versnelling heeft ons zonnegentje een snelheid van:

$$v = 0,45 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

De zwaartekracht is uiteraard dezelfde als bij situatie 1:

$$F_Z = m_{\text{zonnepaneel}} \cdot g = 0,275 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 2,70 \text{ N}$$

De luchtweerstand wordt:

$$F_L = 0,5 \cdot \rho_{\text{lucht}} \cdot v^2 \cdot A_{\text{zonnepaneel}} \cdot C_w = 0,5 \cdot 1,293 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,45^2 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \cdot 0,0728 \text{ m}^2 \cdot 0,7$$

$$= 0,007 \text{ N}$$

Passen we Newton toe in de x-richting:

$$\Sigma F_x = m_{\text{zonnepaneel}} \cdot a_{\text{max},x}$$

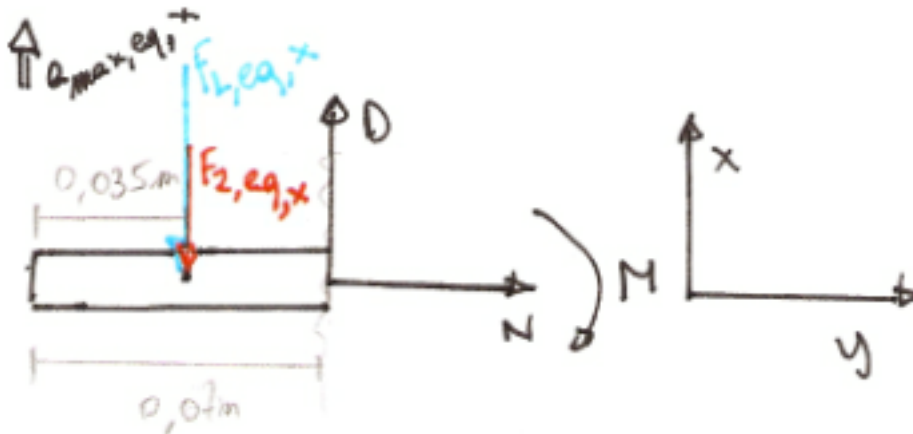
$$2 \cdot C_x - F_L \cdot \cos(\theta + \alpha) - F_Z \cdot \sin \theta = m_{\text{zonnepaneel}} \cdot a_{\text{max}} \cdot \cos(\theta + \alpha)$$

$$2 \cdot C_x$$

$$= 0,007 \text{ N} \cdot \cos(\theta + \alpha) + 2,70 \text{ N} \cdot \sin \theta + 0,275 \text{ kg} \cdot 2,86 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \cos(\theta + \alpha)$$

$$C_x = \frac{2,70 \text{ N} \cdot \sin \theta + (0,007 \text{ N} + 0,7865 \text{ N}) \cdot \cos(\theta + \alpha)}{2}$$

$$C_x = \frac{2,70 \text{ N} \cdot \sin \theta + 0,7935 \text{ N} \cdot \cos(\theta + \alpha)}{2}$$



Figuur 19 : Snede van zonnepaneel bij situatie 2

Uit snede:

De equivalente belastingen voor 0 tot 0,07 m voor de snede zijn:

$$F_{Z,equivalent} = \frac{0,07 \text{ m}}{0,28 \text{ m}} \cdot F_Z = 0,25 \cdot F_Z$$

$$F_{L,equivalent} = \frac{0,07 \text{ m}}{0,28 \text{ m}} \cdot F_L = 0,25 \cdot F_L$$

$$a_{max,equivalent} = \frac{0,07 \text{ m}}{0,28 \text{ m}} \cdot a_{max} = 0,25 \cdot a_{max}$$

Passen we Newton toe in de x-richting op de snede:

$$\begin{aligned} \Sigma F_x &= m_{zonnepaneel} \cdot a_{max,equivalent,x} \\ D - F_{L,equivalent} \cdot \cos(\theta + \alpha) - F_{Z,equivalent} \cdot \sin \theta \\ &= m_{zonnepaneel} \cdot a_{max,equivalent} \cdot \cos(\theta + \alpha) \end{aligned}$$

D wordt dus:

$$\begin{aligned} D &= F_{L,equivalent} \cdot \cos(\theta + \alpha) + F_{Z,equivalent} \cdot \sin \theta \\ &+ m_{zonnepaneel} \cdot a_{max,equivalent} \cdot \cos(\theta + \alpha) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D &= 0,25 \cdot 0,007 \text{ N} \cdot \cos(\theta + \alpha) + 0,25 \cdot 2,70 \text{ N} \cdot \sin \theta \\ &+ 0,275 \text{ kg} \cdot 0,25 \cdot 2,86 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \cos(\theta + \alpha) \end{aligned}$$

$$D = 0,25 \cdot ((0,007 \text{ N} + 0,7865 \text{ N}) \cdot \cos(\theta + \alpha) + 2,70 \text{ N} \cdot \sin \theta)$$

We zoeken de hoek θ voor D zo groot mogelijk mogelijk:

$$\begin{aligned} \frac{dD}{d\theta} &= \frac{d(0,25 \cdot ((0,007 \text{ N} + 0,7865 \text{ N}) \cdot \cos(\theta + \alpha) + 2,70 \text{ N} \cdot \sin \theta))}{d\theta} \\ 0 &= 0,25 \cdot (-0,7935 \text{ N} \cdot \sin(\theta + \alpha) + 2,70 \text{ N} \cdot \cos \theta) \\ 2,70 \text{ N} \cdot \cos \theta &= 0,7935 \text{ N} \cdot \sin(\theta + \alpha) \\ \frac{2,70 \text{ N}}{0,7935 \text{ N}} \cdot \cos \theta &= \sin(\theta + \alpha) \end{aligned}$$

Passen we Simpson toe op het rechter lid, dan krijgen we het volgende:

$$\frac{2,70 \text{ N}}{0,7935 \text{ N}} \cdot \cos \theta = \sin \theta \cdot \cos \alpha + \cos \theta \cdot \sin \alpha$$

Herschrijven geeft ons:

$$\cos \theta \cdot \left(\frac{2,70 \text{ N}}{0,7935 \text{ N}} - \sin \alpha \right) = \sin \theta \cdot \cos \alpha$$

Of dus:

$$\frac{\sin \theta}{\cos \theta} = \tan \theta = \frac{\left(\frac{2,70 \text{ N}}{0,7935 \text{ N}} - \sin \alpha \right)}{\cos \theta} = 2,304$$

De hoek θ is dus:

$$\theta = \tan^{-1} 2,304 = 73^{\circ}9'31''$$

En komt ongeveer overeen met de hoek uit situatie één.

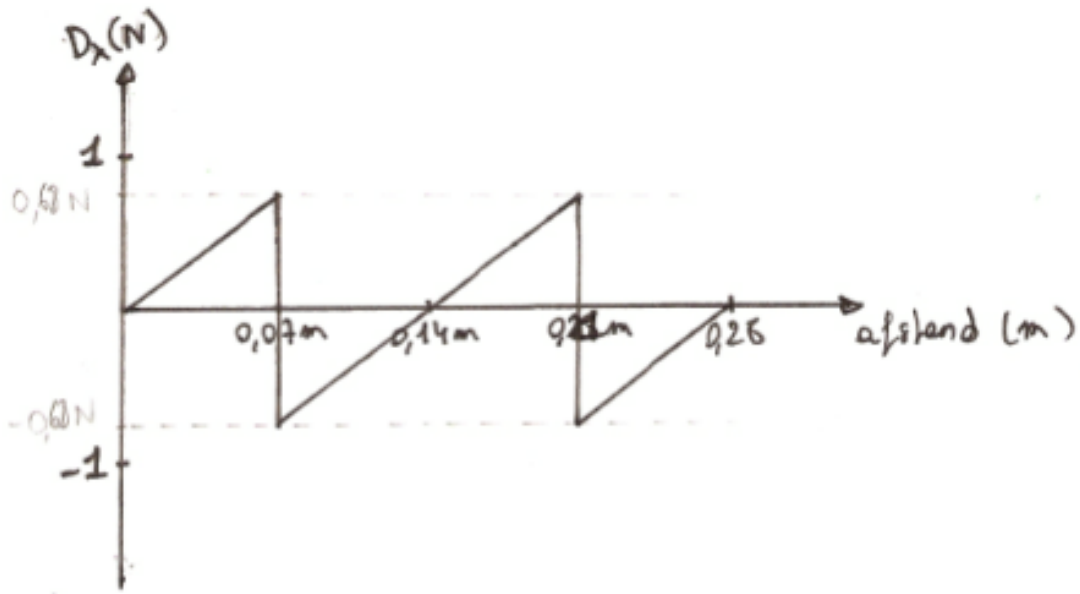
Bijgevolg is:

$$D = 0,679 \text{ N}$$

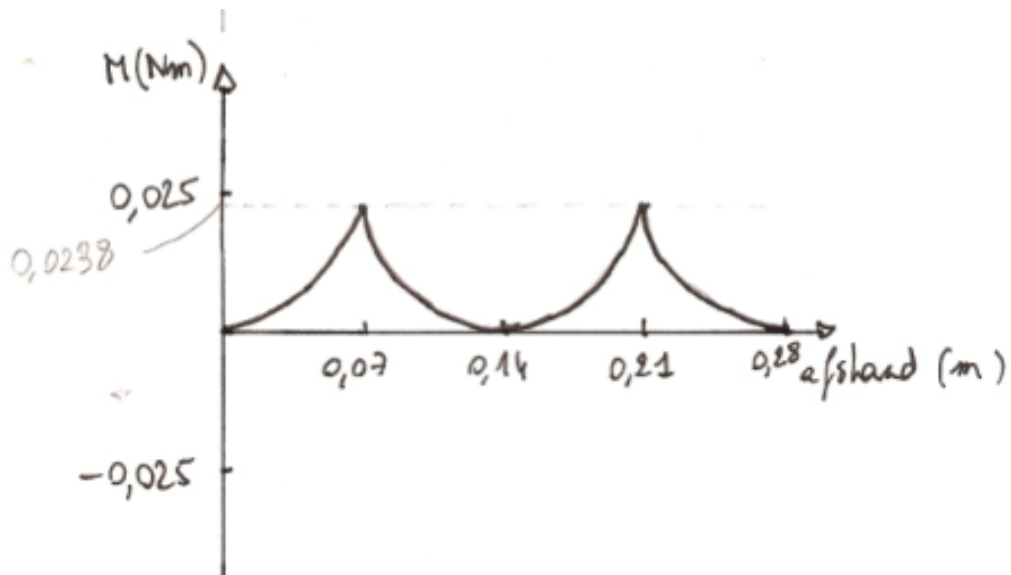
$$C_x = 1,358 \text{ N}$$

$$M = D \cdot 0,035 \text{ m} = 0,0238 \text{ Nm}$$

De dwarskrachten- en momentenlijnen hebben een analoog verloop aan situatie één:



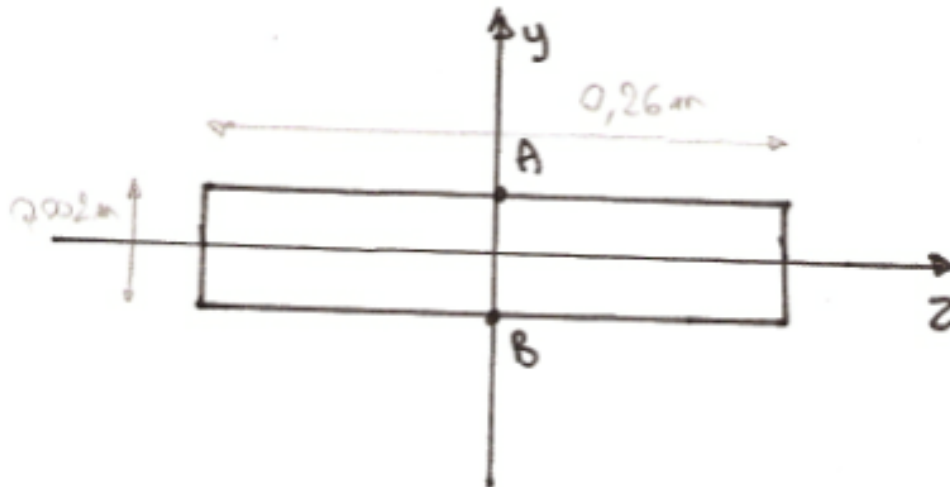
Figuur 20 : Dwarskrachtendiagram bij situatie 2



Figuur 21 : Momentendiagram bij situatie 2

De volgende spanningen worden analoog aan situatie één berekend:

Buigspanning



Figuur 22 : Doorsnede van de zonnepaneel bij situatie 2 (Buigspanning)

De maximale buigspanning is gelijk aan:

$$\sigma = \frac{M \cdot y_A}{I_z}$$

$$I_z = \frac{B \cdot H^3}{12} = \frac{0,26 \cdot (0,002 \text{ m})^3}{12} = 1,73 \cdot 10^{-10} \text{ m}^4$$

$$y_A = 0,001 \text{ m}$$

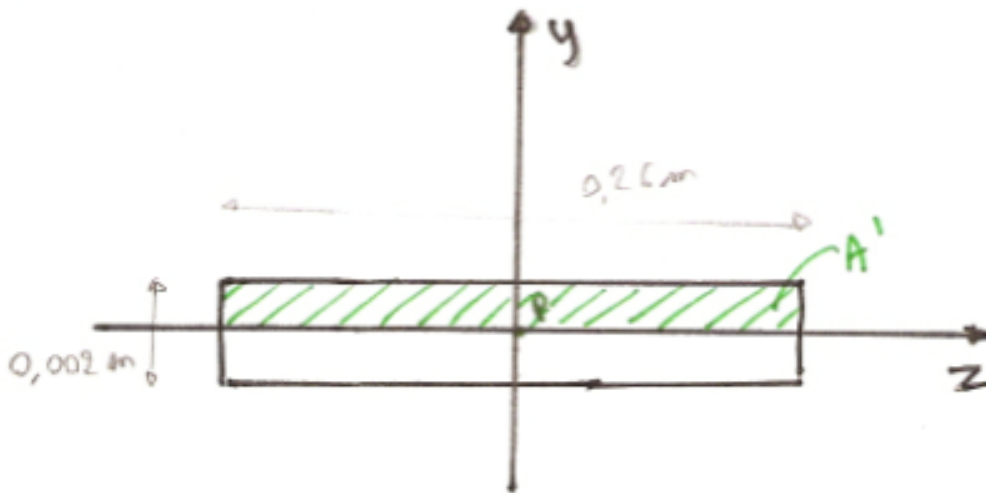
Punt A werd zoals in situatie één zo gekozen omdat hier de maximale buiging zal optreden.

$$\sigma = \frac{0,0238 \text{ Nm} \cdot 0,001 \text{ m}}{1,73 \cdot 10^{-10} \text{ m}^4} = 137,57 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 137,57 \text{ kPa} > 0 \text{ (trek)}$$

Analoog kan men berekenen dat voor punt B:

$$\sigma = \frac{0,0238 \text{ Nm} \cdot (-0,001 \text{ m})}{1,73 \cdot 10^{-10} \text{ m}^4} = -137,57 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = -137,57 \text{ kPa} < 0 \text{ (druk)}$$

Afschuifspanning



Figuur 23 : Doorsnede van de zonnepaneel bij situatie 2 (Afschuiving)

De formule voor de afschuifspanning:

$$\tau = \frac{D \cdot S_y}{I \cdot b}$$

Punt P werd voor dezelfde redenen als in situatie één zo gekozen dat de afschuifspanning het grootst is.

S_y is het gearceerde oppervlak vermenigvuldigd met het y-coördinaat van haar eigen zwaartepunt, of dus:

$$S_y = y_c \cdot A_{gearceerd}$$

$$S_y = 0,0005 \text{ m} \cdot (0,26 \text{ m} \cdot 0,001 \text{ m})$$

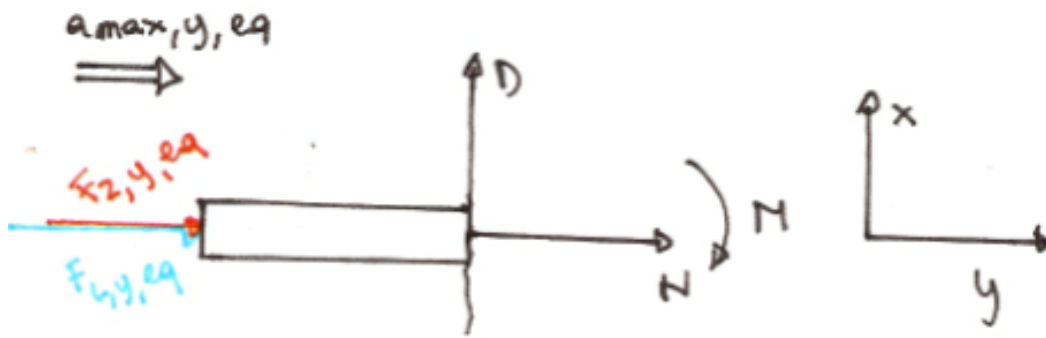
$$S_y = 1,3 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3$$

$$I = 1,73 \cdot 10^{-10} \text{ m}^4$$

$$b = 0,26 \text{ m}$$

$$\tau = \frac{0,679 \text{ N} \cdot 1,3 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3}{1,73 \cdot 10^{-10} \text{ m}^4 \cdot 0,26 \text{ m}} = 1962,43 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 1,96 \text{ kPa}$$

Rek



Figuur 24 : Snede van de zonnepaneel bij situatie 2 (Rek)

Uit de snede passen we Newton in de y-richting toe:

$$\begin{aligned}\Sigma F_y &= m_{\text{zonnepaneel}} \cdot a_{y, \text{equivalent}} \\ F_{L, \text{equivalent}} \cdot \sin(\theta + \alpha) - F_{Z, \text{equivalent}} \cdot \cos \theta - N &= m_{\text{zonnepaneel}} \cdot -2,86 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,25 \cdot \cos(\theta + \alpha) \\ N &= -0,16 \text{ N} < 0 \text{ (druk)}\end{aligned}$$

Ons zonnepaneel staat dus blijkbaar zoals situatie één onder druk langs haar lengte en dus niet onder trek, de rek of stuik in dit geval wordt dan de volgende:

$$\varepsilon = \frac{N}{A_{\text{doorsnede}} \cdot E_{\text{zonnepaneel}}}$$

De E-modulus van ons zonnepaneel wordt benadert door deze van de Aluminiumlegering 6061.

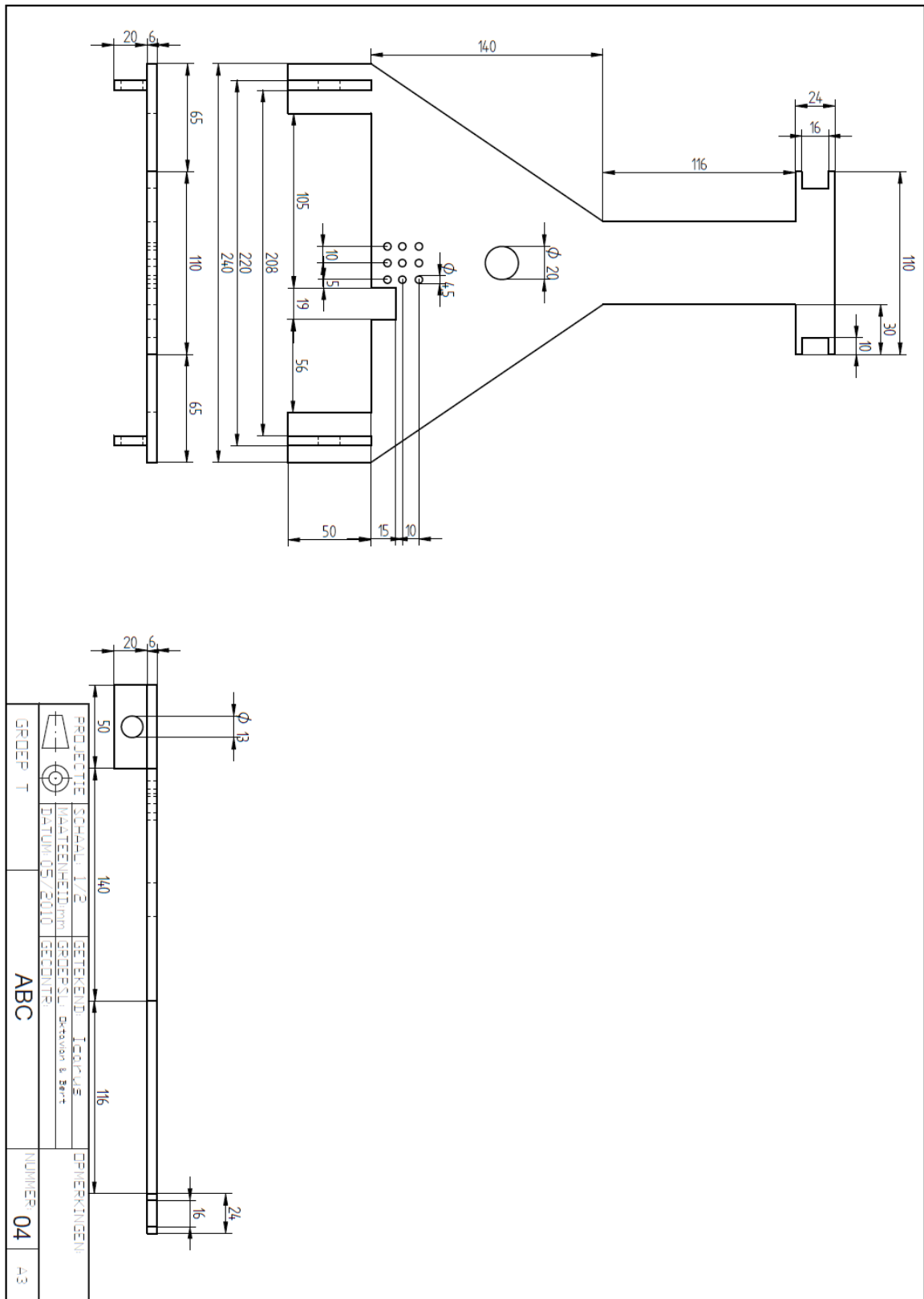
$$A_{\text{doorsnede}} = 0,26 \text{ m} \cdot 0,002 \text{ m} = 0,00052 \text{ m}^2$$

$$E_{\text{Al-legering 6061}} = 69 \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2} = 69 \cdot 10^9 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$\varepsilon = \frac{-0,16 \text{ N}}{0,00052 \text{ m}^2 \cdot 69 \cdot 10^9 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}} = -4 \cdot 10^{-9} \approx 0$$

Deze is blijkbaar groter dan voor situatie één, dit betekent dat ons zonnepaneel voor situatie twee zwaarder onder druk staat in de y-richting dan in situatie één, maar de stuik blijft verwaarloosbaar klein.

f. Technische tekeningen



Figuur 25 : Technische tekening met afmetingen

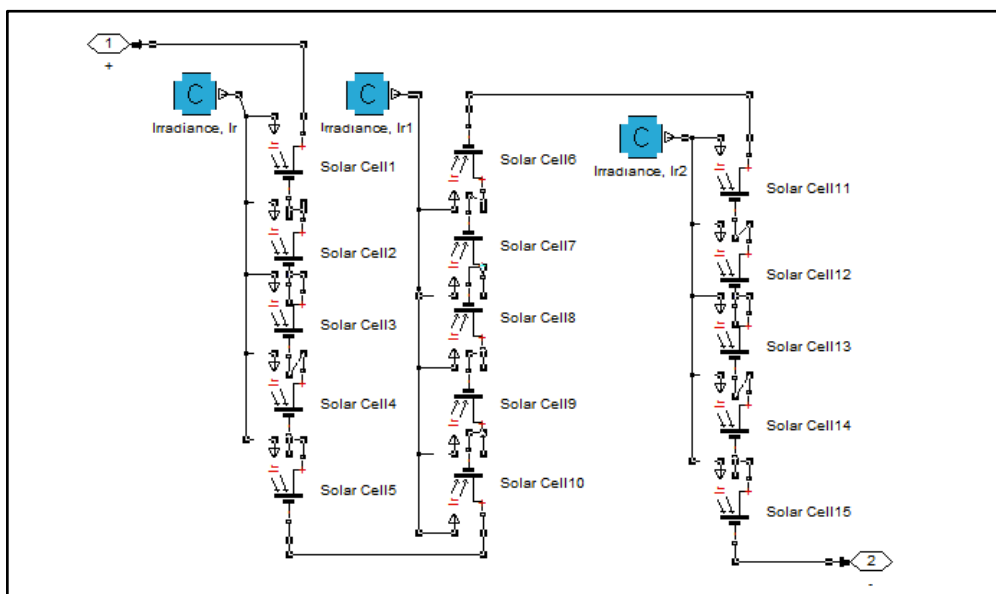
Deel 2 :Case Simulink

Naast Matlab wordt ook het programma Simulink gebruikt om een betere simulatie van de zonnepanelen te realiseren.

Simulink maakt gebruik van bouwblokken om een model te realiseren met het voordeel dat er niet alleen elektrische componenten kunnen gebruikt worden maar ook fysieke bouwstenen uit de mechanica, hydraulica,...

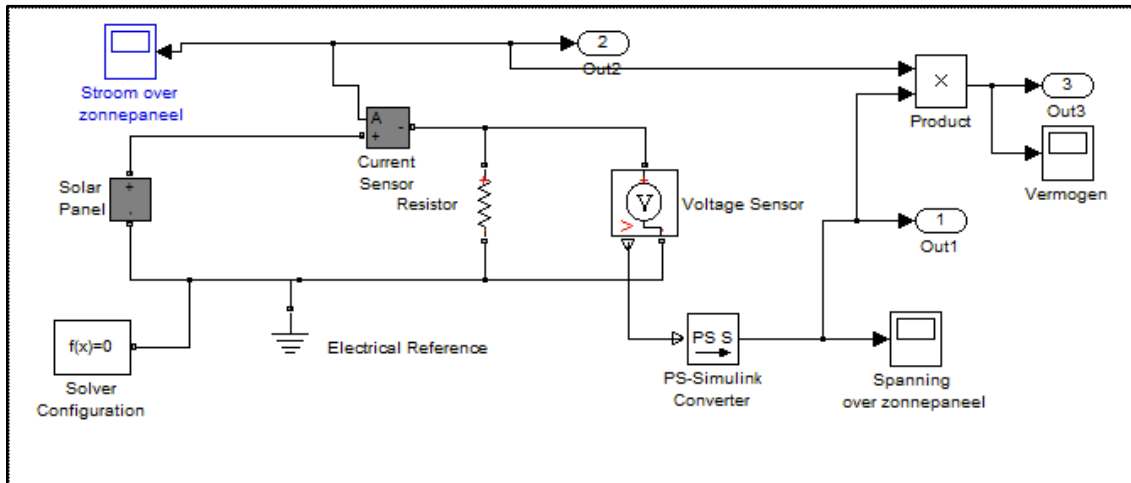
1. Maximale vermogensoverdracht

De eerste opdracht met Simulink is het bepalen van de ideale weerstand die zorgt voor een maximale vermogensoverdracht. Deze weerstand is in serie geschakeld met de zonnepanelen. Op de onderstaande afbeelding wordt het zonnepaneel weergegeven in Simulink. Het is opgebouwd uit vijftien zonnecellen die in serie geschakeld zijn. De blauwe blokken C zijn fysieke constanten die de irradiatie aangeven die op de zonnecellen invallen.

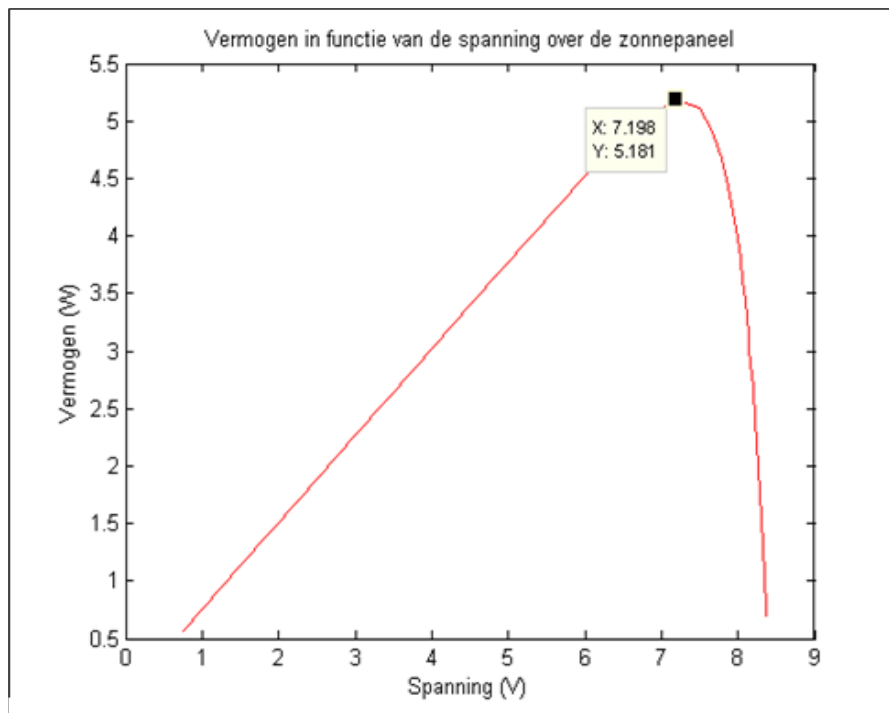


Figuur 26: Simulink zonnepaneel

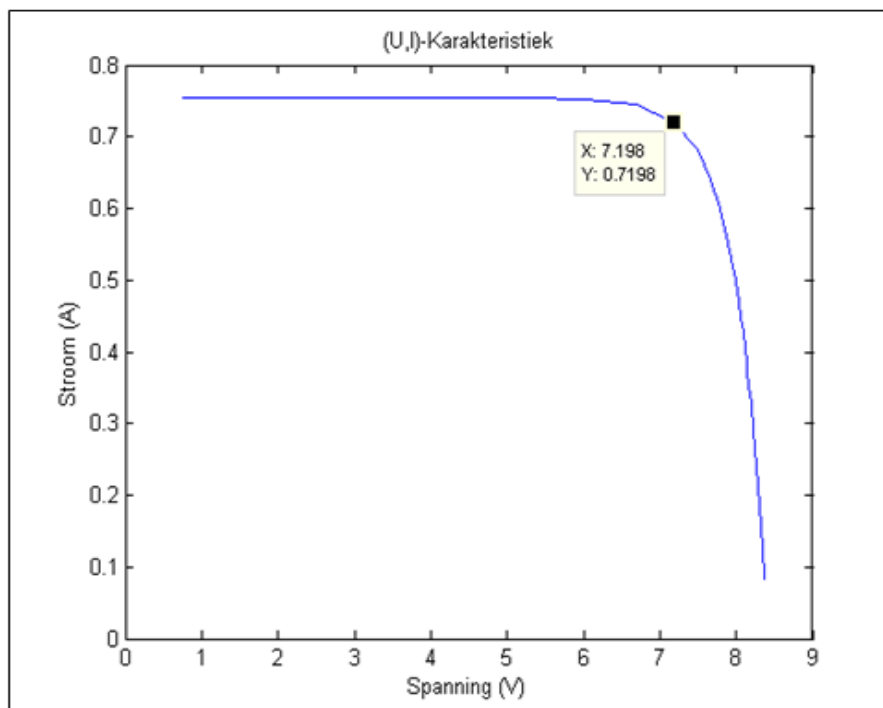
Dit zonnepaneel wordt als subsysteem gebruikt in de onderstaande schakeling. Deze schakeling maakt het mogelijk om het vermogen te bepalen dat de weerstand verbruikt. Alle parameters van het zonnepaneel werden in een Matlab-script ingegeven. Dit script bevat ook een lus die de weerstand laat variëren tussen 1Ω en 100Ω . Hiermee wordt de grafiek van de zonnepaneel-karakteristiek opgesteld. Uit de bekomen gegevens blijkt dat een weerstand van 10 Ohm het grootste vermogen van $5,181\text{ W}$ oplevert.



Figuur 27 : Simulink schakeling zonnepaneel



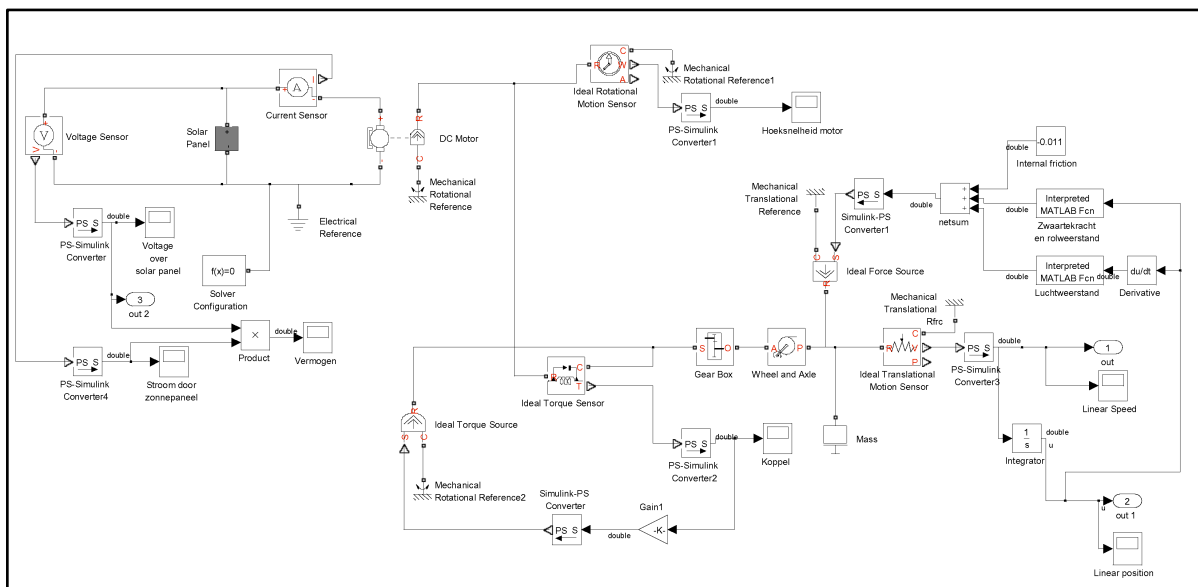
Figuur 28: Vermogen ifv de spanning over zonnepaneel



Figuur 29 : I,U-karakteristiek zonnepaneel

2. Optimale overbrengingsratio

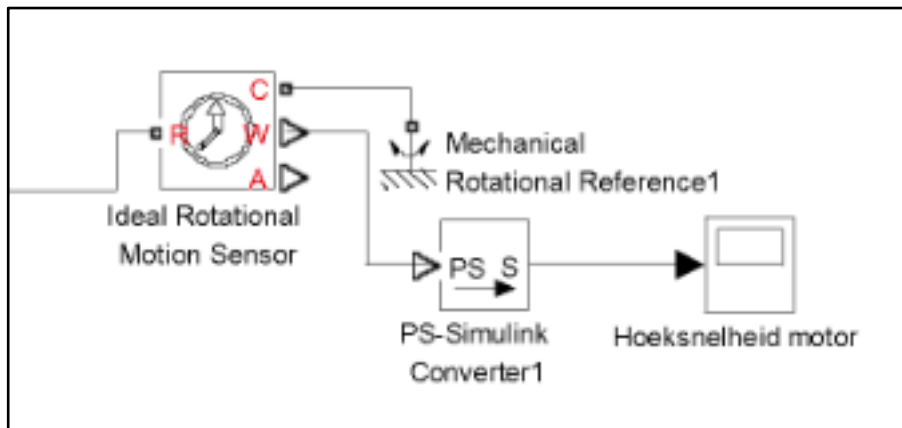
De tweede opdracht is het bepalen van de beste overbrengingsratio. Het model wordt uitgebreid ten opzichte van de vorige model zoals te zien is in de onderstaande afbeelding.



Figuur 30: Simulink geheel

De eerste uitbreiding is het plaatsen van de DC-motor. Deze is verbonden aan een “mechanical rotational reference”, dit is de mechanische tegenhanger van de grond bij elektrische schakelingen. Aan de andere kant is de motor verbonden met twee sensoren, een rotatiesensor en een koppelsensor. Met de eerste sensor wordt de hoeksnelheid van de motor-as bepaald, met de tweede kunnen wordt in het model verder gewerkt.

De hoeksnelheid die gegeven wordt door de rotatiesensor kan bekeken worden in een grafiek. Om deze grafiek te generen moet het uitgangssignaal nog worden omgezet van een fysisch signaal naar een gewoon signaal.



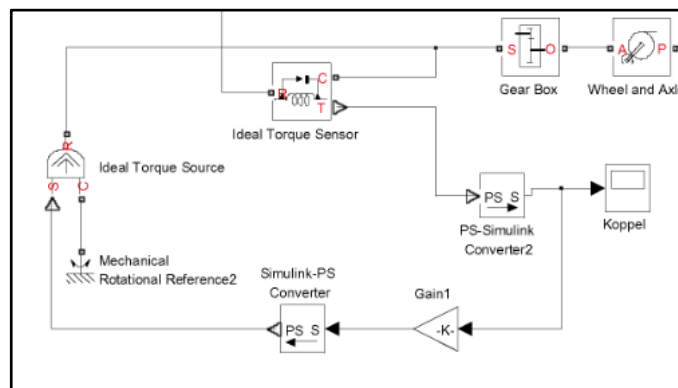
Figuur 31 : Simulink omzetting van de hoeksnelheid

Om ons model meer realistisch te maken qua verliezen (bv. de efficiëntie van de overbrenging) gebruiken we een terugkoppeling die ervoor zorgt dat slechts 80% van het geleverd koppel gebruikt wordt om het wagentje te verplaatsen.

Deze terugkoppeling bestaat uit vier blokken. Als eerste wordt het fysische signaal, gegenereerd door de koppelsensor, omgezet naar een gewoon signaal. Dan wordt dit signaal vermenigvuldigd met een gain van -0.2, wat zorgt dat er maar 80% van de oorspronkelijke koppel gebruik zal worden voor verdere berekeningen.

Dit signaal wordt vervolgens opnieuw omgezet naar een fysisch signaal en gekoppeld aan een bron dat een ideale koppel levert (Ideal Torque Source). Ook deze bron wordt teruggekoppeld en zorgt er dus voor dat 20% van het koppel verdwijnt.

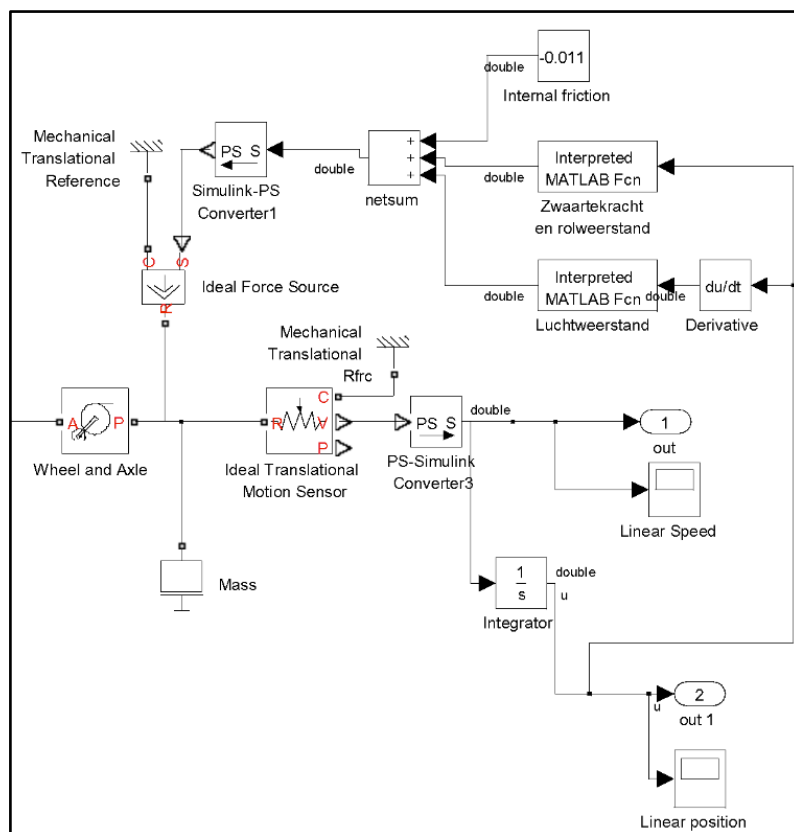
Als laatste wordt het koppel verbonden met de overbrenging. Deze overbrenging is zelf verbonden met een blok die rotatie omzet naar translatie, afhankelijk van de straal van het wiel bevestigd op de as.



Figuur 32: Simulink terugkoppeling torsie

Aan deze laatste blok wordt de massa van de wagen gehangen. De krachten inwerkend op deze massa moeten vervolgens nog in rekening gebracht worden. Deze zijn voor een deel afhankelijk van de positie van de wagen (zwaartekracht, rolweerstand,...) en voor een deel van de snelheid (luchtweerstand).

Door middel van een translatiesensor wordt de snelheid van het wagentje bepaald. Door dit fysisch signaal vervolgens om te zetten in een gewoon signaal krijgt men een signaal dat de snelheid weergeeft van de massa. Door dit signaal te integreren komt hier uiteindelijk de verplaatsing van de wagen uit. De verplaatsing en de snelheid worden ten slotte met een scope verbonden om een visuele weergave te bekomen.



Figuur 33 : Simulink verplaatsing en snelheid

Nu de verplaatsing en snelheid gekend zijn, kunnen de krachten bepaald worden en kunnen we ze laten inwerken op ons wagentje. Dit gebeurt via een ideale krachtbron die een fysisch signaal krijgt met de opsomming van alle verschillende krachten. De zwaartekrachten en rolweerstand zijn afhankelijk van de positie van de wagen op de baan.

Om deze krachten in functie van de verplaatsing en snelheid te kunnen uitdrukken werd er een Matlab-functie geschreven. Dit gebeurde zowel voor de zwaartekracht als voor de luchtweerstand.

```
function y = functie(u)

m = 0.750;
angle = 0.125;
Crr = 0.012;

if u <= 4
    y = m*9.81*(sin(angle)-Crr*cos(angle));

else if u > 4 && u <=10
    y = - m*9.81*Crr;

else
    y = m*9.81*(-sin(angle) - Crr*cos(angle));
end
end
```

Figuur 34: Simulink zwaartekrachttfunctie

De output “y” is afhankelijk van de positie “u” van de wagen op de baan.

```
function y = functie2(u)

m = 0.750;
Cw = 0.5;
A = 0.02;
rho = 1.293;

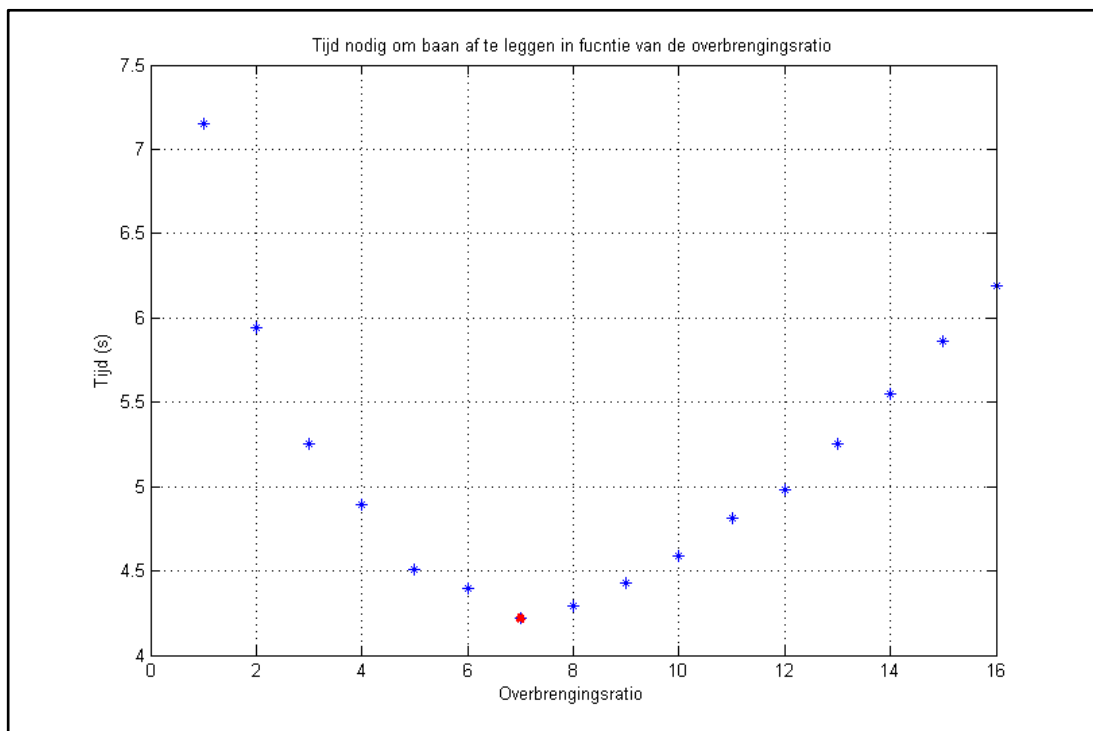
y = -(3*Cw*A*rho*u^2)/(2*m);

end
```

Figuur 35 : Simulink luchtweerstandfunctie

De laatste krachten die in de simulatie worden gebruikt is de “internal friction”. Deze wordt als een constante kracht benadert en vertegenwoordigt alle interne wrijving van de wagen.

Alle parameters voor deze wrijving werden ingegeven in het Matlab-script, geleverd door de docenten. Dit script bevat een lus die de overbrengingsratio laat variëren. Na de lus wordt een grafiek gegenereerd die de tijd dat de wagen nodig heeft om de baan af te leggen weergeeft in functie van de overbrengingsratio. Op de gegenereerde grafiek is duidelijk te zien dat de beste ratio voor ons wagentje zeven bedraagt.

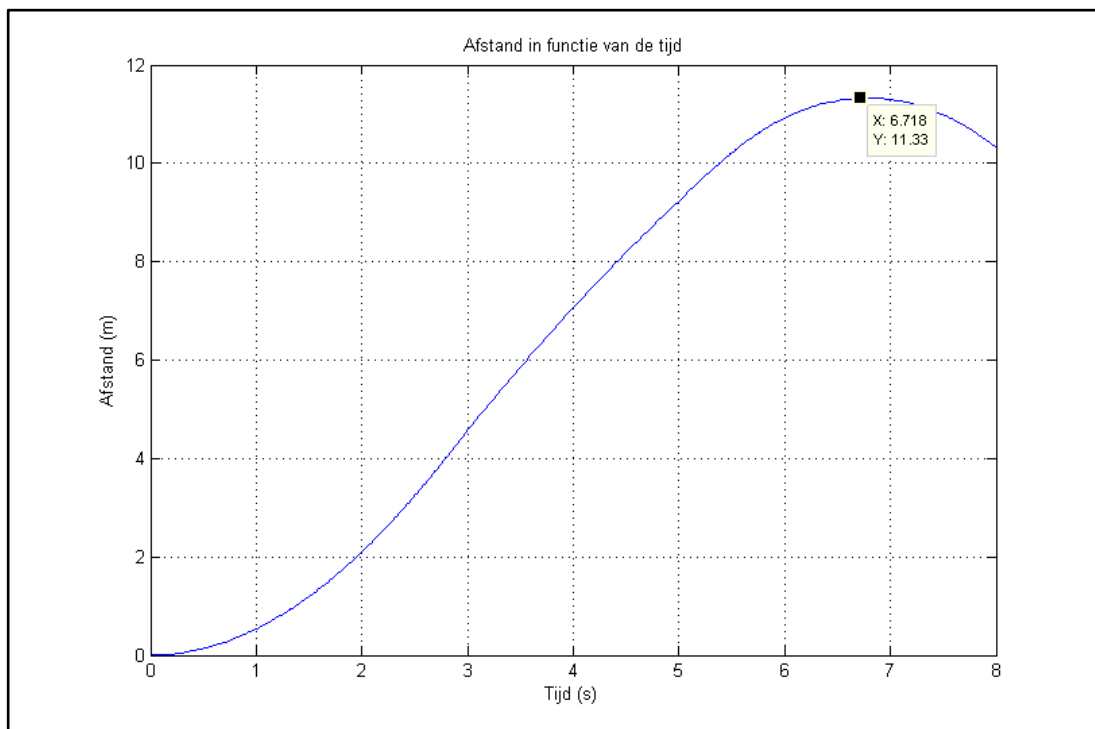


Figuur 36 : Optimale overbrengingsratie

3. Afstand zonder licht

Als laatste wordt de afstand bepaald die het wagentje kan bereiken indien het niet zou worden aangedreven door een motor. Voor deze simulatie wordt eveneens gebruik gemaakt van de vorige schakeling.

Hiervoor wordt de inkomende straling op 0 gezet, waardoor er geen vermogen kan geleverd worden door het zonnepaneel. Het resultaat is dat de wagen een afstand van 11,33m bereikt in 6,72 seconden.



Figuur 37 : Afstand ifv de tijd

Enterprising

1. Markonderzoek

1.1. Concurrentie en marktsegmentatie

Na de voltooiing van de Icarus-SSV kan deze op de markt gebracht worden. Het wagentje zal in de vorm van een bouwpakket worden uitgebracht met als doelgroep jongvolwassenen. Aangezien het wagentje gemaakt is om een kronkelende baan te volgen, zal het bouwpakket zowel de zonnwagen als een zelf te maken racebaan bevatten. Doordat de racebaan uit verschillende onderdelen bestaat kan er elke keer opnieuw een spannend parcours gemaakt worden.

Om de SSV op de markt te brengen moeten gelijkaardige producten op voorhand onderzocht worden. Alleen op deze wijze kan men het product optimaal introduceren.

Na een marktonderzoek blijkt dat gelijkaardige producten moeilijk verkrijgbaar zijn. In België zijn er amper een handvol producten die in de buurt komen en voor de betere bouwpakketen moet je al naar Duitse winkels.

De grootste spelers op dit marktsegment zijn:

- Kosmos (Duits)
- Gigo
- Eitech (Duits)
- Sol Expert (Duits)
- Green Science

Veel van deze producten zijn gemaakt voor kinderen onder de 10 jaar. Meer gesofisticeerdere wagens of moeilijkere bouwpakketten voor jongeren van 12 en meer zijn amper te vinden. Dit betekent dat er een markt met weinig concurrentie is. .

De verkoop zal gebeuren via de opgerichte site van Icarus: <http://ssvicarus.site90.com>. Hierop zal een bestellingformulier te vinden zijn dat per post moet worden verstuurd.

Een link naar deze site zal te vinden zijn op de officiële site van het *Umicore Solar Team*. Indien grotere verkoopcijfers gewenst zijn kan men de bouwpakketten distribueren naar speelgoed- en modelbouwwinkels.

1.2. Prijsbepaling

De winst is bedoelt om het project van het Umicore Solar Team te financieren. De prijs zal ongeveer rond de 20% boven de productiekost rekenen. Dit komt neer op een prijsmarge van €100 tot €120.

De prijzen van de meest vergelijkbare producten liggen tussen de €50 en de €80. Maar aangezien deze wagen professioneler is en rijdt met behulp van een zonnepaneel, is het de meerprijs zeker waard. Promotiestunts kunnen georganiseerd worden op evenementen waar het Solar Team aan meedoet.

1.3. Conclusie

De conclusie van dit nieuwe product is dat het een grote slaagkans heeft. Dit onder andere door gebrek aan (directe) concurrentie en door de naambekendheid van Umicore en zijn Solar Car. De prijs is aanvaardbaar en het product zal makkelijk verkrijgbaar zijn op de site. Ook de steeds stijgende interesse in groene energie geeft het product een duwtje in de rug.

2. Budgetbeheer

Om de eerste SSV te bouwen waren er enkel een zonnepaneel en een elektrische motor ter beschikking. De andere componenten moesten nog worden aangekocht om een volledige SSV te ontwikkelen. De kosten van deze extra componenten werden bijgehouden en staan in de onderstaande tabel. De totale som is €88,38 wat betekent dat er ruim binnen het budget van €200 is gewerkt.

Deze lage kost is te danken aan een aantal gratis componenten. Zo zijn de tandwielen verkregen van een ander team omdat de eigen tandwielen slecht gefabrt werden. Ook werd het voorstuk van de wagen gebouwd uit oude Meccano en kwam het steunelement voor het zonnepaneel van iemands oude telescoop.

Na zoeken naar gelijkaardige motors en zonnepanelen valt op hoe goedkoop deze verkrijgbaar zijn. Voor een kleine elektrische DC-motor van 12V betaal je nog geen €10. En wanneer ze in grote hoeveelheden worden aangekocht kosten ze amper €5 euro per stuk. Ook zonnepanelen zijn spotgoedkoop. Een klein paneel van 10V kost minder dan €3.

Dit maakt dat de totale kost minder dan €100 is. Dit terwijl er veel plexiglas verspilt is wat veel verlies betekent aangezien dit meer dan 50% van de kosten bedraagt.

Mocht er een tweede identieke SSV gebouwd worden zal de kostprijs minder dan €50 zijn.

Table 5 : Kosten

Beschrijving	Datum	Winkel	Koper	Prijs (€)
Ijzeren as	22/03/2012	Gamma	Zoe	2,10
Profiel te. Staal rond 5m Trans7 50ml transparant Schuurlinnen 3st. – 100	17/04/2012	Hubo	Zoe	9,60
Platte vijl basterd	17/04/2012	Gamma	Zoe	9,99
Carbonas	18/04/2012	Hobby Vandoren	Matthias	6,19
2 Kogellagers	21/04/2012	Gallery	Matthias	6,40
1 Stalen as				
Staal rondgetrokken	23/04/2012	Hubo	Zoe	2,10
Plexiplaat 3-x60cm (x4)		Fablab	Zoe(2), Bert, Adrien	52,00 (4x13,00)

Educating

Procesverslag

1. Inleiding

Dit verslag komt er als verduidelijking van zowel het eindproduct als de manier waarop dit tot stand is gekomen. Er wordt dieper ingegaan op de evolutie van de wagen en de evolutie van het teamwerk. Planning is een belangrijke factor in het slagen van een project als dit.

2. Oriënteringsfase

In deze fase werd de opdracht en zijn mijlpalen bekeken. Doelstellingen werden bepaald en er kwam een eerste, grove taakverdeling kwam. Als resultaat van deze fase werd het samenwerkingscontract opgeteld. Dit is te vinden via onderstaande link.

3. Analysefase

In deze fase wordt een duidelijkere taakverdeling gemaakt. De opdracht wordt in de Work Breakdown Structure opgesplitst in verschillende kleinere taken die vervolgens in de Gantt Chart worden verdeeld. Hierin wordt ook het verwacht aantal werkuren weergegeven. Als laatste wordt er een Plan Van Aanpak gemaakt waarin de verwachtingen van zowel het team als de coach terug te vinden zijn.

Het samenwerkingscontract, het WBS, de Gantt Chart en het PVA zijn te vinden op de wiki pagina, op onderstaande link.

http://en.wikiversity.org/wiki/Engineering_Experience_4:_Design_a_Small_Solar_Vehicle/NI/2012:_Team_AM5

4. Planning

De Gantt Chart is in week 10 aangepast. De taakverdeling kwam niet overeen met de uitgevoerde taken. Dit komt omdat we in het begin van het project nog geen zicht hadden op de kwaliteiten van de verschillende teamleden. Het was de eerste keer dat er in deze groep werd samengewerkt en het was dus niet in te schatten wie waarin goed was.

Ook de voorgestelde uren kwamen niet overeen met de werkelijkheid. Dit ligt hem vooral in het feit dat de opdracht nog niet helemaal duidelijk was in het begin van het project? Het is pas na een aantal weken dat duidelijk wordt wat het belangrijkste is in een project en waar dus ook het meeste tijd in kruipt.

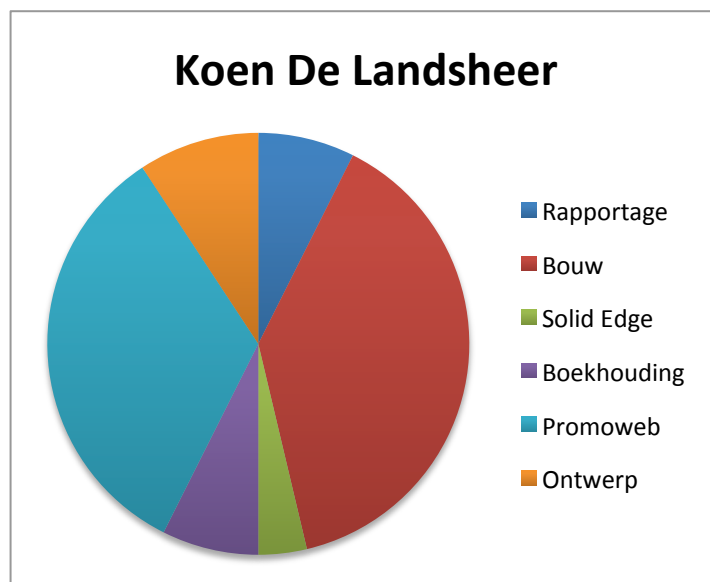
Op vlak van organisatie had team Icarus niet al te veel problemen. Elke week werd er dinsdag afgesproken na het seminarie. Op een aantal overslapers en zieken na was iedereen altijd aanwezig.

De grootste problemen kwamen er tegen het einde van het project. Iedereen had zijn eigen taak gekregen maar de samenhang werd niet altijd duidelijk gecommuniceerd. Ondanks onze gesloten groep op Facebook verliep de communicatie niet altijd even vlot. Zo viel het soms voor dat twee personen die moesten samenwerken aan iets niet altijd wisten met wie ze net moesten samenwerken. Ook als er eens iemand niet was op een vergadering werd er vaak vergeten deze persoon na afloop in te lichten van de beslissingen.

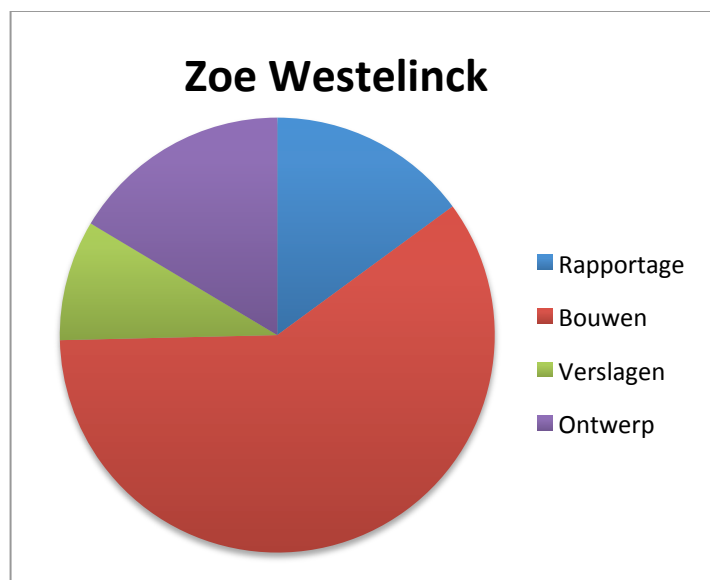
Telkens als er een vergadering werd gehouden was het dus van belang om de stand van zaken duidelijk te maken en ook de taakverdeling goed in het oog te houden.

5. Samenwerking

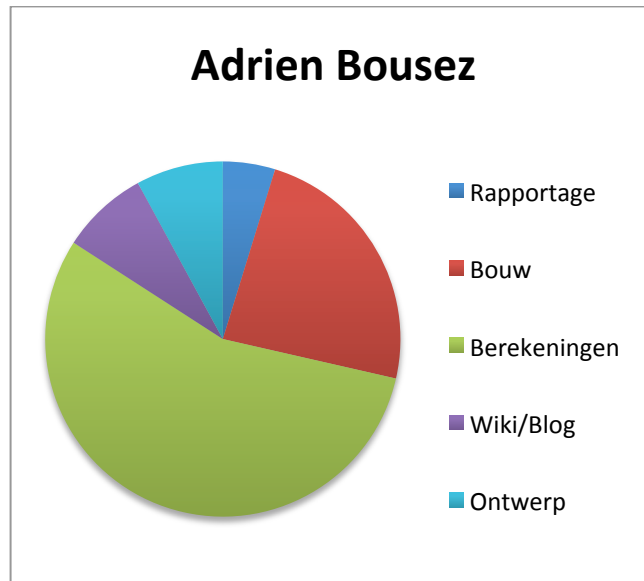
Onderstaande taartdiagrammen geven aan hoe de taakverdeling binnen het team tot uiting kwam.



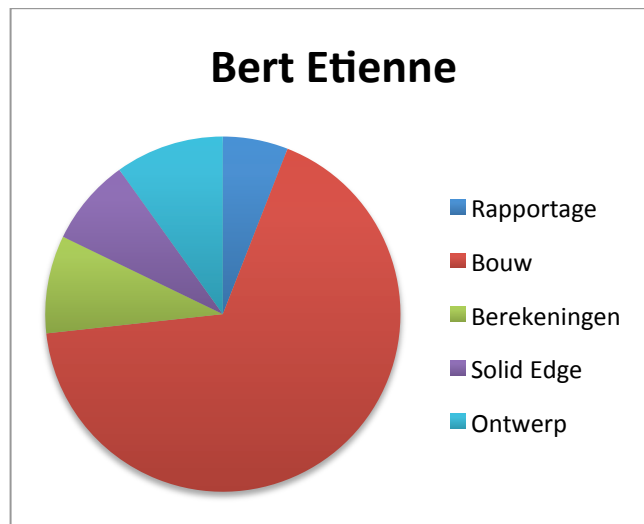
Figuur 38 : Taartdiagram Koen



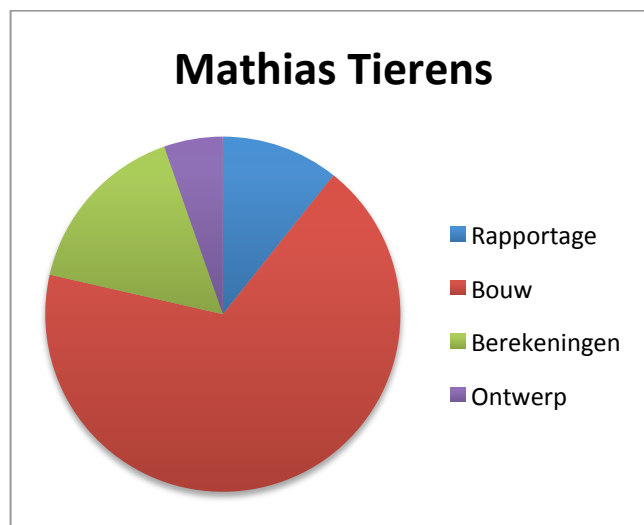
Figuur 39 : Taartdiagram Zoe



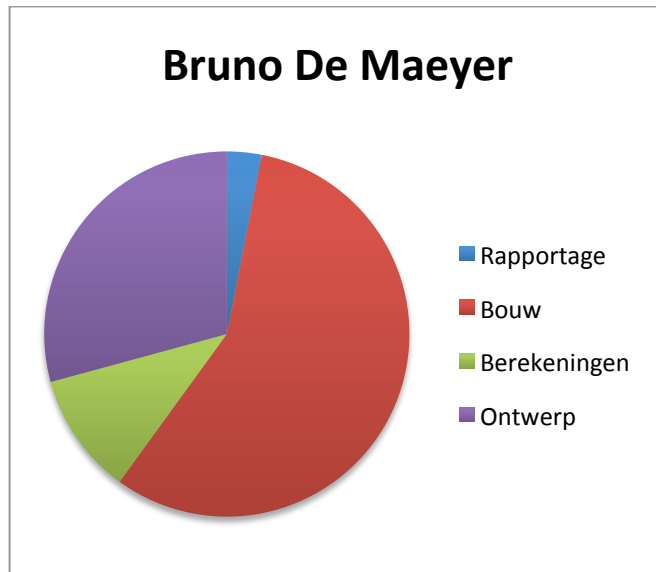
Figuur 40 : Taartdiagram Adrien



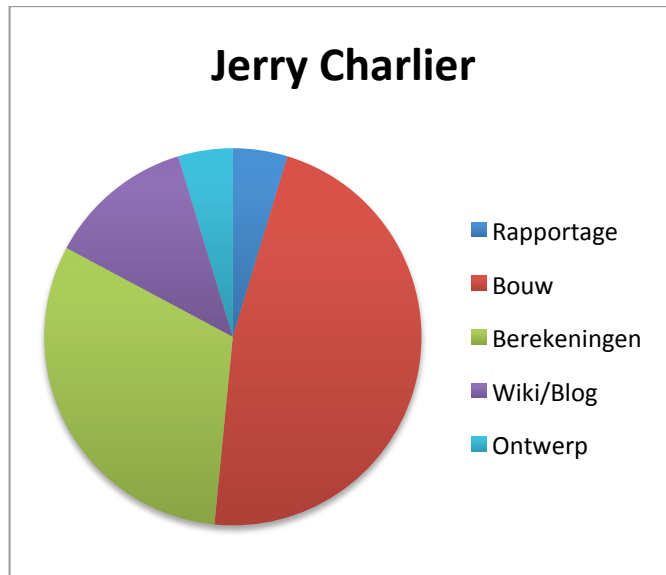
Figuur 41 : Taartdiagram Bert



Figuur 42 : Taartdiagram Mathias



Figuur 43 : Taartdiagram Bruno



Figuur 44: Taartdiagram Jerry

6. Vaardigheden

In het Icarus team zitten acht personen met elk hun eigen vaardigheden.

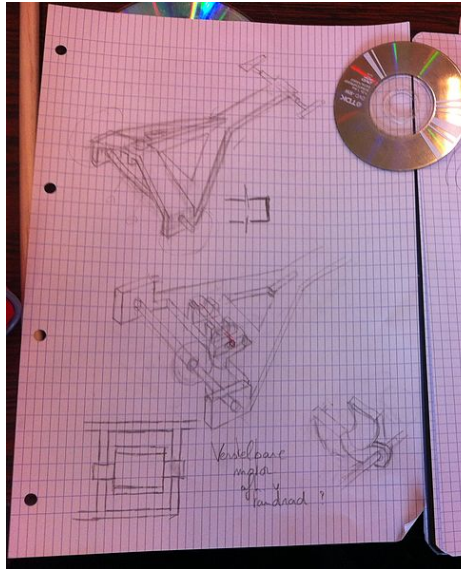
Deze vaardigheden zijn onder andere wiskundig inzicht, handigheid met verschillende soorten materialen en werktuigen, handigheid in het werken met computers, het bijhouden van deadlines en oplossingsgerichtheid.

In dit team zijn veel van deze vaardigheden al aanwezig. Wat meestal het struikelblok is bij EE-projecten is de organisatie. In ons team was dit echter niet direct een probleem. De deadlines waren altijd ruim op tijd afgewerkt en ook de vergaderingen verliepen rustig en gestructureerd. Het enige probleem dat zich af en toe voordeed was de communicatie. Niet alle vragen werden direct beantwoord in de Facebook-groep.

7. Bespreking en evolutie SSV

Ons eerste ontwerp werd bekomen na een brainstormingsessie. Dit ontwerp heeft een mooie vorm met vooral een klein oppervlakte voor de voorwielen en achteraan een brede basis voor de aandrijving. Uit de grondplaat wordt een driehoek gesneden om gewicht te verliezen.

Bovenop de grondplaat komt een bovenbouw waarop het zonnepaneel wordt bevestigd.



Figuur 45 : Het eerste ontwerp

De materiaalkeuze is al snel bepaald. Onder andere op aanraden van onze coach, wordt er gekozen voor plexiglas. Voor het materiaal van de wielen wordt er gekozen voor kleine CD's. Deze zijn licht en zeer dun waardoor er een kleine rolweerstand is.

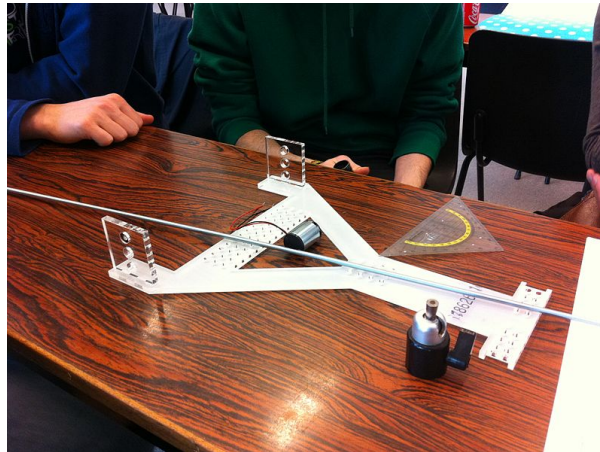
Er wordt gediscussieerd over de aandrijving en het aantal wielen. Er wordt gekozen voor achterwielaandrijving en uiteindelijk wordt er besloten voor drie wielen te gaan maar dit is nog niet zeker.

Voor de volgende vergadering werden er opzoeken gedaan naar de zonnestand in mei. Deze gegevens zijn terug te vinden in de bijlagen.

Doordat de hoek van het zonnepaneel meer dan 50° moet kunnen zijn ten opzichte van het grondvlak, komen we in de problemen met onze bovenbouw.

Er wordt besloten om zo snel mogelijk een prototype te gaan fabben. De onderplaat zal gemaakt worden uit plexiglas van 1cm waarin verschillende gaatjes gemaakt worden. Op deze manier kan er naar hartlust gevezen en getest worden om uiteindelijk de juiste gaatjes over te houden in de uiteindelijke wagen.

Ook de 'pootjes' die op de grondplaat komen te staan waardoor de as zal lopen wordt gemaakt. Het is ook de bedoeling om zelf wielen te maken uit plexiglas want de binnengaten van de CD's zijn te groot voor eender welke as.



Figuur 48: De eerste fab-resultaten

In het fablab worden we goed geholpen, er wordt ons verteld dat 1 cm te dik is voor een zonnewagen en we besluiten voor 6 mm te kiezen. Ook krijgen we de goede tip om vinylplaten uit te snijden en zo wielen te krijgen met een binnengat van de juiste diameter.

De oplossing voor het kogelgewricht werd gevonden in een oude telescoop. Dit bestaat uit een paal van ongeveer 10 cm hoogte met daarop een kogelgewricht. De paal staat op een driepikkel uit metaal. Initieel was het de bedoeling om enkel het kogelgewricht te gebruiken maar uiteindelijk wordt er ook gekozen om de driepikkel van onder de paal uit te halen en bovenop het kogelgewricht te bevestigen. Op deze manier hebben we direct een steun voor het zonnepaneel.

Ook wordt er uiteindelijk, wegens tijdgebrek, besloten om geen bovenbouw te maken maar om ook de paal van de telescoop te recyclen. Door onderaan deze paal een moer te bevestigen kan de hele constructie mooi op de plaat vastgezet worden.

Dit zorgt voor veel tijds winst maar verandert ook het uitzicht van het wagentje. Doordat de paal in het midden van het wagentje moet staan, moet de uitgesneden driehoek uit de grondplaat opnieuw opgevuld worden. Hierdoor wordt het wagentje opnieuw wat zwaarder.



Figuur 49 : De ondersteuning van het zonnepaneel



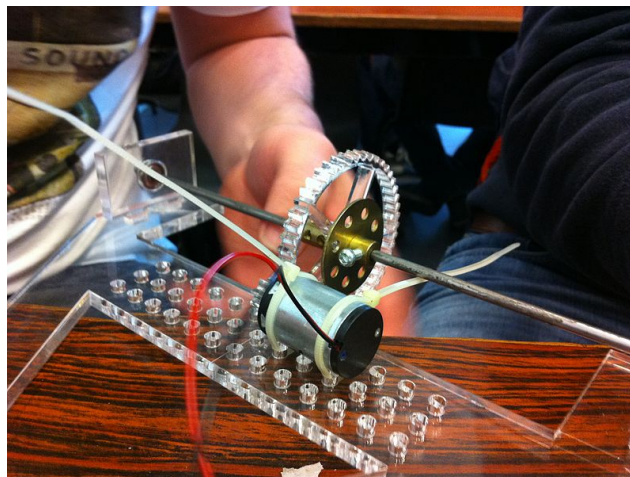
Figuur 50 : Het kogelgewricht

Het wagentje kreeg stilaan zijn vorm. Er werd een nieuwe grondplaat gefabrt met de juiste gaten en er werden ook twee tandwielen gemaakt in plexiglas. Het enige probleem dat zich nu nog voordoet is de as.

Het team heeft via recyclage vier lagers gekregen maar deze passen op geen enkele as. Na enkele mislukte pogingen om assen af te schuren en te verkleinen wordt er gekozen om nieuwe lagers te gaan kopen. Dit wordt dan ook gedaan maar de bijbehorende as is ook te

klein om op deze lagers te passen! Na 5 assen wordt er eindelijk een gevonden die juist in de juiste lagers past. Maar doordat deze nieuwe lagers een grotere buitendiameter hebben als de vorige, moeten de opzetstukken van het wagentje opnieuw gefabrt worden.

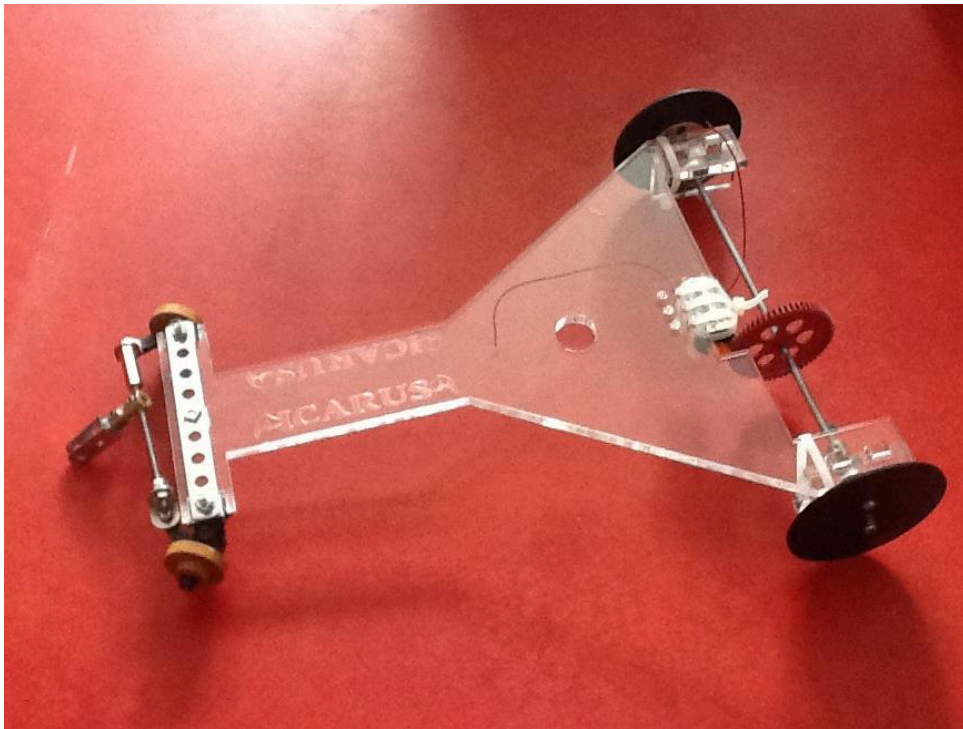
Een ander probleem dat zich voordoet is dat de tandwielen niet op elkaar passen. Door ze te fabben zijn ze niet nauwkeurig genoeg en is er zeer veel verlies bij de overbrenging. Dit werd pas ontdekt net voor de testtrace waardoor er wat paniek ontstond. Het team heeft echter tandwielen gekregen van het team Mean Green Solar Machine waarvoor zeer veel dank. Deze tandwielen pasten perfect op de as en de motor waardoor het ander team een redder in nood was.



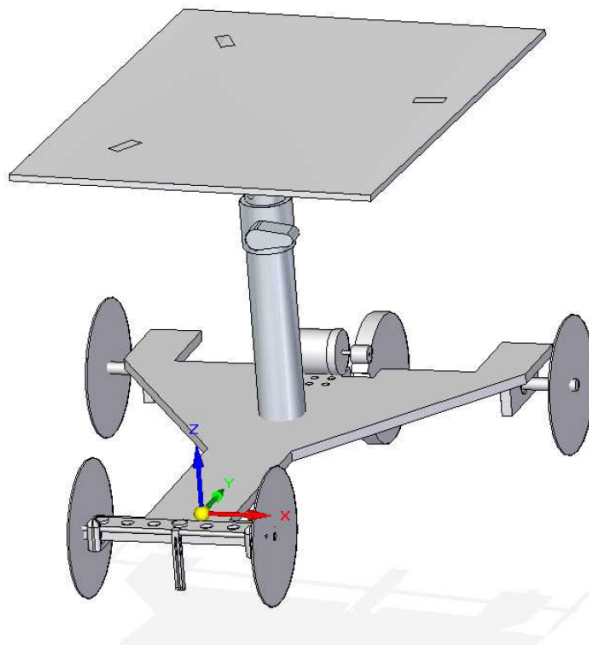
Figuur 51 : De overbrenging met slechte tandwielen

De tandwielen werden ingeklemd, de sturing afgesteld en de elektromotor werd voorlopig met plastic strips bevestigd. Klaar om te testen! Een 9V batterij diende als vervangende energie bron. De transmissie verliep uitstekende en met minimale verliezen. Dit was een grote opluchting, aangezien het toch een van de belangrijkste elementen was als het op verlies van snelheid aankwam. De sturing verliep vlot. De achterwielen zaten goed ingeklemd al viel dit niet te zeggen over de wielen aan de voorkant. Deze zaten nog te los en moesten met lagers beter worden vastgezet.

Om de voorwielen optimaal te laten draaien werd uiteindelijk toch gekozen voor het gebruik van CD's. Deze werden vastgemaakt op gefreesde houten stukken.



Figuur 52 : Het definitieve ontwerp zonder zonnepaneel en wielen



Figuur 53 : Definitieve ontwerp

8. Conclusie

Het hele team is tevreden met dit project. We zijn volledig gegaan voor dit project, de groeps sfeer zat goed en ook het verslag mag er wezen. Hopelijk wordt dit ook duidelijk in de testweek.

De samenwerking verliep redelijk vlot en ook de deadlines zijn altijd gehaald.

De enige minpunten waren het zoeken naar een as, waar we te lang mee hebben gewacht. Het feit dat we de onderplaat wel drie keer hebben moeten fabriceren wegens fouten en het breken van de plaat toont ook aan dat er soms wat te snel gewerkt en geplakt werd in plaats van eerst even na te denken.

We zijn volledig gegaan voor de innovativiteit van het wagentje wat wel zorgt voor een vereenvoudiging van de rest van de SSV. Moesten we meer tijd gehad hebben zouden we een mooier wagentje maken met een hele bovenbouw. Maar het hele team is toch zeer trots op het sturingssysteem.

9. Literatuur

1. DC Motor For Foot Massager 12V (RX-RS555SMP) (z.d.). Verkregen mei 1, 2012, van http://www.alibaba.com/product-gs/535129939/12V_DC_Motor_For_Foot_Massager.html
2. Eitech Metaalbouwdoos Solar Box C74. (z.d.). Verkregen mei 9, 2012, van <http://www.bol.com/nl/p/eitech-metaalbouwdoos-solar-box-c74/1004004006937033/?Referrer=ADVBEBES00202700099>
3. Drag Forces in Formulas. (z.d.). Verkregen april 20, 2012, van <http://sheldonbrown.com/rinard/aero/formulas.htm>
4. Gigo Energie (z.d.). Verkregen mei 3, 2012, van http://www.speelwonder.nl/index.php?main_page=index&cPath=785_770_772
5. Groep T. (2012). Projecthandleiding EE4.
6. Hecktheuer, L. A., Krenzinger, A., & Prieb, C. W. M. (2002). Methodology for Photovoltaic Modules Characterization and Shading Effects Analysis. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences*, 24(1), 26–32. doi:10.1590/S0100-73862002000100004
7. High torque 12v dc motor products, (z.d.). *Alibaba*. Verkregen mei 2, 2012, van http://www.alibaba.com/product-gs/558363346/High_torque_12v_dc_motor.html
8. HowStuffWorks. (z.d.). Verkregen april 19, 2012, van <http://www.howstuffworks.com/>
9. Kosmos solar model bouwdoos - De Solarshop. (z.d.). Verkregen maart 1, 2012, van http://shop.strato.com/epages/61325559.sf/nl_NL/?ObjectPath=/Shops/61325559/Products/200F002
10. Ouwehand, J. (2012). *Toegepaste energietechniek Dl. 1*. Den Haag: Sdu Uitgevers.
11. Small Solar Energy Panel 10V 300ma. (z.d.). *Made-in-China.com*. Verkregen april 13, 2012, van <http://sunboy2011.en.made-in-china.com/product/keXEMzDbyFhO/China-10V-300ma-Small-Solar-Energy-Panel.html>
12. SOL-EXPERT Group Webshop. (z.d.). Verkregen april 13, 2012, van http://www.sol-expert-group.de/Zonne-modellen-in-kunststof/Zonne-modellen-in-kunststof:::151_159.html

13. Solar Angle Calculator. (z.d.). *Solar Electricity Handbook*. Verkregen van <http://www.solarelectricityhandbook.com/solar-angle-calculator.html>
14. Solar Cells. (z.d.). Verkregen maart 2, 2012, van <http://www.pvresources.com/Introduction/SolarCells.aspx>
15. Solar Rover KidzLabs - Green Science | Green Science 4M KidzLabs | Green Energy Toys. (z.d.). Verkregen februari 28, 2012, van <http://www.greenenergytoys.nl/a-12116113/green-science-4m-kidzlabs/solar-rover-kidzlabs-green-science>
16. SunPosition Calculator. (z.d.). Verkregen februari 28, 2012, van <http://sunposition.info/sunposition/spc/locations.php#1>
17. The Solar Sprint PV Panel. (z.d.). Verkregen januari 23, 2012, van <http://chuck-wright.com/SolarSprintPV/SolarSprintPV.html>
18. Toledo - Seminars. (z.d.). Verkregen mei 9, 2012, van https://cygnus.cc.kuleuven.be/webapps/blackboard/content/listContent.jsp?course_id=_424406_1&content_id=_8590490_1
19. Toledo - Umicar info. (z.d.). Verkregen mei 9, 2012, van https://cygnus.cc.kuleuven.be/webapps/blackboard/content/listContent.jsp?course_id=_424406_1&content_id=_8590615_1

Bijlagen

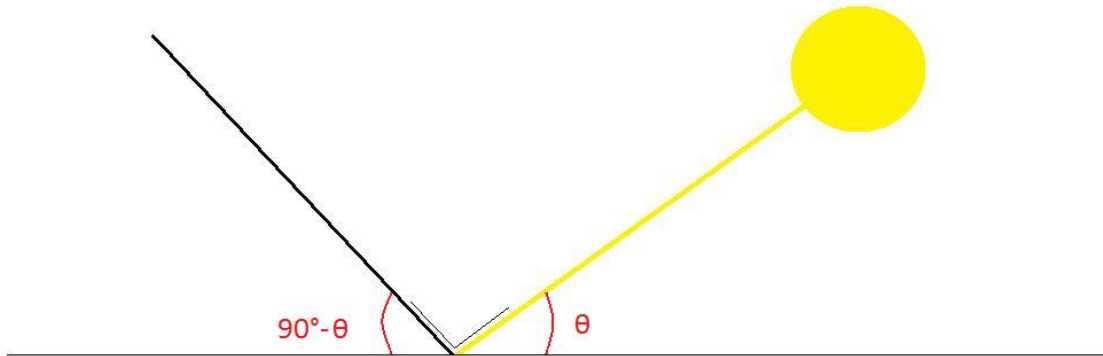
1. Zonnestanden en -hoeken

1.1. Tabel van de zonnestanden in mei

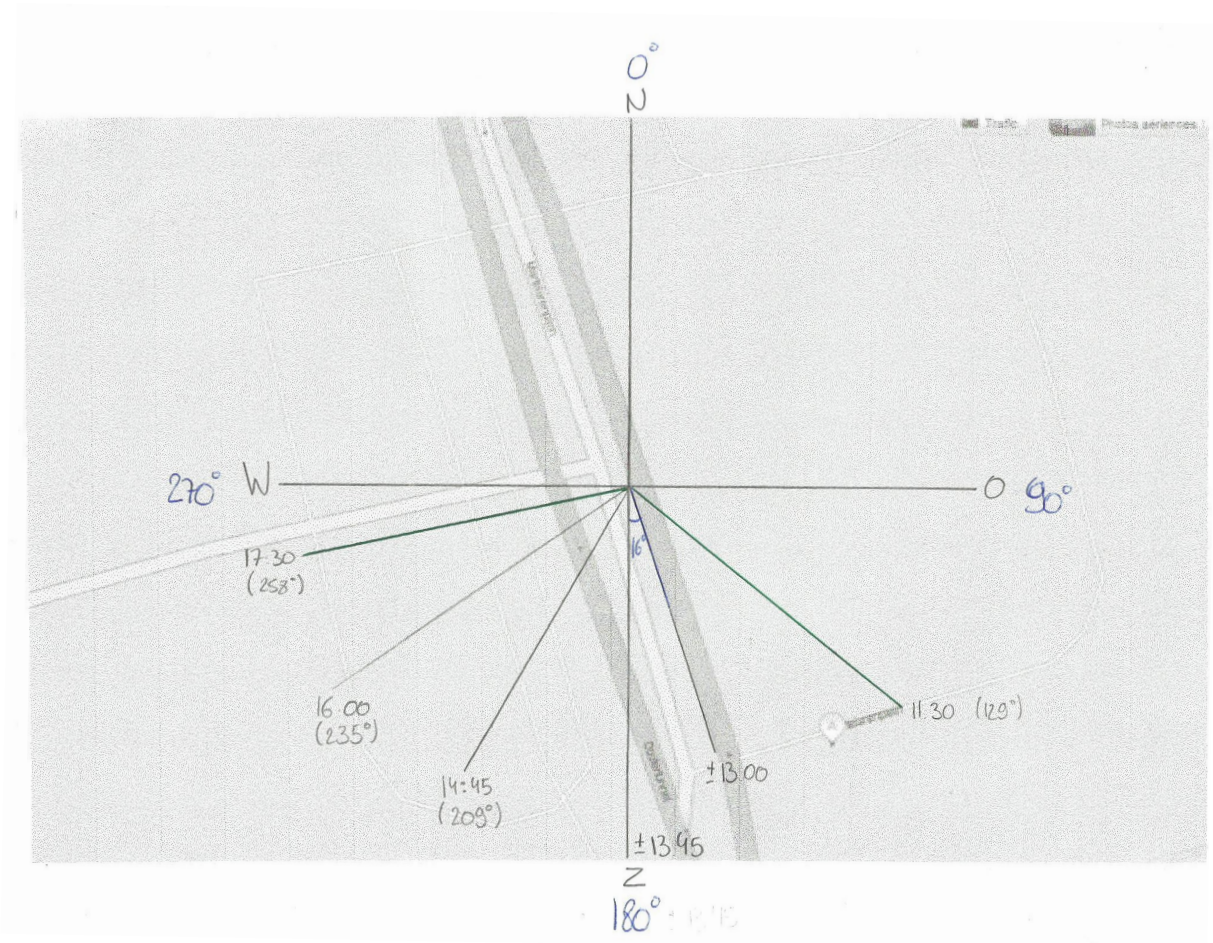
Table 6 : Zonnestanden in mei

Time	15 mei 2012			22 mei 2012			29 mei 2012		
	Azim. (Hoek tov Noorden)	Alt. (Θ)	Zonne- paneelhoek ($90^\circ - \Theta$)	Azim. (Hoek tov Noorden)	Alt. (Θ)	Zonne- paneelhoek ($90^\circ - \Theta$)	Azim. (Hoek tov Noorden)	Alt. (Θ)	Zonne- paneelhoek ($90^\circ - \Theta$)
11:30	129°	49°	41°	128°	50°	40°	126°	51°	39°
11:45	134°	51°	39°	132°	52°	38°	131°	53°	37°
12:00	139°	53°	37°	138°	54°	36°	136°	55°	35°
12:15	144°	54°	36°	143°	55°	35°	142°	56°	34°
12:30	150°	55°	35°	149°	57°	33°	148°	58°	32°
12:45	156°	56°	34°	155°	58°	32°	154°	59°	31°
13:00	162°	57°	33°	162°	59°	31°	161°	60°	30°
13:15	169°	58°	32°	168°	59°	31°	168°	60°	30°
13:30	175°	58°	32°	175°	60°	30°	175°	61°	29°
13:45	182°	58°	32°	182°	60°	30°	182°	61°	29°
14:00	189°	58°	32°	189°	59°	31°	189°	61°	29°
14:15	195°	57°	33°	196°	59°	31°	196°	60°	30°
14:30	202°	57°	33°	202°	58°	32°	203°	59°	31°
14:45	208°	56°	34°	209°	57°	33°	209°	58°	32°
15:00	214°	54°	36°	215°	56°	34°	215°	57°	33°
15:15	219°	53°	37°	220°	54°	36°	221°	56°	34°
15:30	224°	51°	39°	225°	53°	37°	226°	54°	36°
15:45	229°	50°	40°	230°	51°	39°	231°	52°	38°
16:00	234°	48°	42°	235°	49°	41°	236°	50°	40°
16:15	238°	46°	44°	239°	47°	43°	240°	48°	42°
16:30	242°	44°	46°	243°	45°	45°	244°	46°	44°
16:45	246°	42°	48°	247°	43°	47°	248°	44°	46°
17:00	250°	39°	51°	251°	41°	49°	252°	42°	48°

1.2. Interpretatie



Figuur 54 : Stand van de zon tov de aarde



Figuur 55 : Stand van de zon tov het Noorden

2. Betalingsbewijzen



Datum: 08/05/2012



FabLab-Leuven
Celestijnenlaan 300 B
3001 Heverlee
Tel: 00 32 16 32 80 62

Naam: Icarus

Adres:

Beschrijving	Prijs
4 x plexi 6mm (13€/plaat)	52,00 €
	€
	€
	€
	€
	€
	€

Totaal 52,00 €

Voor voldaan hier tekenen



GAMMA

Tiensesteenweg 356
3000 LEUVEN
+32 16 261922
BTW BE 000439256085
RPR LEUVEN

AANT OMSCHRIJVING	PRIJS	BEDRAG	BTW
1 PLATTE VIJL BASTERD 200MM BAHCO	9,99	9,99	1
1 Totaal		9,99	
Bancontact		9,99	
EFT Transactie			

17-04-12 16:23:09
Terminal 01349125 Referentie 3530

Totaal EUR 9,99
BANCONTACT/MCA
Pasnummer 734-0098063-05 0616

EFT OK

Terug 0,00

BTW 21,00 % op	TOT.BEDRAG	TOT.BTW
8,26 =	9,99	1,73

Ticket 6867 dd. 17-4-2012 16:23:03 59959383
Kassa 1 / 143866
Aantal Bedrag

Voordeelbonnen -----

KASSTICKET = GARANTIE
Omruilen alleen met kasticket in originele en onbeschadigde verpakking en binnen 14 dagen (uitgezonderd speciale bestellingen)
Indien Recupel of Bebat is deze reeds in prijs inbegrepen.
Dank u en tot ziens!



391012041716230008226867

GAMMA

Kerklaan 37
1830 MACHELEN
+32 2 2516012
BTW BE 000412562873
RPR GENT

Klantenkaart: 2614003879792

AANT OMSCHRIJVING	PRIJS	BEDRAG	BTW
1 ORAADEINDEN GAMMA M5X1000 VERZ 1X	2,10	2,10	1
1 Totaal		2,10	
Bancontact		2,10	
EFT Transactie			

22-03-12 17:42:19
Terminal 01374763 Referentie 3689

Totaal EUR 2,10
BANCONTACT/MCA
Pasnummer 310-0943487-54 0157

EFT OK

Terug 0,00

BTW 21,00 % op	TOT.BEDRAG	TOT.BTW
1,74 =	2,10	0,36


Ticket 3391 dd. 22-3-2012 17:42:09 92473990
Kassa 2 / 149014
Aantal Bedrag

Voordeelbonnen -----

Indien Recupel of Bebat is deze reeds in prijs inbegrepen.

Omruilen alleen met kasticket in originele en onbeschadigde verpakking en binnen 14 dagen (uitgezonderd speciale bestellingen)

Dank U en tot weerziens!



391012032217420012083391

