

Eindrapport



Jeffrey Gijbels
Joke Decubber
Louis Ghesquiere
Olivier Vranken
Rens Vanderheyden
Stijn Martens
Yanick Van Hoeymissen
Vince Vloeberghs

Voorwoord

Dit project kadert in het vak “Engineering Experience 4” en kwam tot stand dankzij de hulp van vele mensen. In dit voorwoord wil het Helios Racing Team al deze mensen bedanken.

Eerst en vooral dankt het team zijn coaches voor al hun raad en bijstand op elk moment gedurende het project. Pauwel Goethals, de persoonlijke coach van ons team, krijgt dan ook een extra bedanking. Verder wil het team ook alle mensen bedanken die materiaal hebben uitgeleend.

Uiteraard bedankt het team ook Groep T voor het ter beschikking stellen van lokalen en machines.

Ook werd een gratis motor en zonnepaneel verkregen van Groep T.

Dit gehele project, dat liep gedurende het hele 2^{de} semester, heeft onze kennis van Engineering enorm uitgebreid.

Inhoud

Voorwoord	3
Samenvatting.....	6
Inleiding	7
Case 1 : Ontwerp en bouw een SSV	8
Ontwerp	8
Wielen	8
Vorm.....	8
Tandwielen	9
Meting zonnepaneel.....	10
Resultaten.....	10
Optimale overbrengingsverhouding	12
Methode 1: Mat-lab simulatie.....	12
Methode 2: numerieke berekening met Excel	14
Besluit	17
Sankey diagrammen	18
Op topsnelheid:	18
Bepaling rendement zonnepaneel	20
Net op het vlakke stuk.....	22
02Case Simulink.....	24
Subsystem zonnepaneel.....	29
Subsysteem current sensor	29
Subsysteem parcours	30
Matlab model	31
Case 2	33
Krachtenberekeningen	33
Vernieuwd Sankey diagram.....	33
Umicar	36
Topsnelheid	37
Halve topsnelheid.....	38
Technische tekening.....	39
Enterprising	40
De 4P's.....	40
Prijs.....	41

Plaats	43
Product	44
Promotie.....	45
Conclusie	45
Uiteindelijke kosten Project	46
Procesverslag.....	47
Inleiding	47
Planning.....	47
Samenwerking.....	48
Vaardigheden	50
Conclusie	50
Bronnen	51
Bijlage A: Resultaten Enquête	52
Bijlage B: Krachtenberekeningen	54

Samenvatting

Voor het Engineering Experience 4 project maken de studenten van het tweede jaar, die voor de optie elektromechanica hebben gekozen, een kleine zonnwagen. Deze zonnwagen moet een bepaald parcours kunnen afleggen. Dit parcours bevat een afdaling, een vlak gedeelte en een helling.

Het project begint met het opstellen van een plan van aanpak en een Gantt Chart. Deze dienen als planning van het project. Deze planning bevat de taken per teamlid. Als enige bouwmaterialen krijgt het team een zonnepaneel en een motor.

Om een zonnwagen te bouwen moeten er eerst berekeningen gemaakt worden. De belangrijkste berekening is het bepalen van de overbrengingsverhouding. Om deze te bepalen moeten er bepaalde parameters gekend zijn.

Ten eerste is de racestrategie een bepalende factor. Het Helios Racing Team heeft gekozen om zo veel mogelijk snelheid in de afdaling te creëren zodat de topsnelheid zo snel mogelijk bereikt wordt. Dit wil zeggen dat de overbrengingsverhouding lager zal liggen.

Ten tweede spelen een aantal parameters een rol. Het gewicht, de diodefactor, de wrijving van de wielen op het parcours en de luchtweerstand zijn allemaal factoren die de overbrengingsverhouding bepalen.

Wanneer de overbrengingsverhouding bepaald is, kan de bouw van de wagen beginnen. Hierin wordt de vorm van het frame en tandwielkast bepaald. Het team heeft ervoor gekozen het zonnepaneel op zoveel mogelijk manieren te laten draaien. Daarvoor zijn er twee systemen ontworpen. Ook de materialen werden in deze stap gekozen. Er is vooral gebruik gemaakt van plexiglas en aluminium.

Naast het bouwen van de wagen zijn er nog enkele andere taken. Een Sankey diagram is opgesteld om de vermogensstroom te kunnen bekijken. Van het frame is een technische tekening gemaakt. Alle kosten zijn bijgehouden en aan de hand daarvan is er een economische analyse opgesteld waarin de vier P's besproken werden.

De berekeningen, de beschrijving van de bouw en de economische analyse is in een eindrapport gegoten. Op het einde wordt er door de teamleden teruggeblikt en een procesverslag opgesteld. Hierin zijn de sterke en zwakke punten van het team aangehaald zodat elk teamlid op elk gebied zoveel mogelijk bijleert.

Inleiding

In kader van het vak Engineering Experience 4 maken alle studenten van het tweede jaar elektromechanica een kleine zonnwagen. De bedoeling is om met een wagentje, dat zijn vermogen enkel uit een aantal zonnecellen haalt, zo snel mogelijk een parcours af te leggen. Het parcours bestaat uit een afdaling van 4m lang, een plat stuk van 6m lang en een helling van wederom 4m lang. Op het einde van het semester wordt er tegen de andere teams geracet om te bepalen wie de snelste wagen gebouwd heeft. De mooiste en meest innovatieve wagen krijgen ook een prijs.

In dit rapport staat een korte beschrijving van het ontwerp en alle metingen en berekeningen die nodig zijn om de optimale condities van het wagentje te bepalen. Er is ook een online verslaggeving waar de vorderingen week per week zijn bijgehouden. Deze online verslaggeving is te vinden op http://en.wikiversity.org/wiki/Engineering_Experience_4:_Design_a_Small_Solar_Vehicle/Nl/2012:Team_AM3.

Case 1 : Ontwerp en bouw een SSV

Ontwerp

In dit deel is het ontwerp beschreven. Alle veranderingen en keuzes zijn hierin geargumenteed.

Wielen

De wagen heeft vier wielen, waardoor de wagen een goede stabiliteit heeft. De voorwielen hebben een diameter van 50mm. De achterwielen hebben een diameter van 80 mm.

De wielen zitten op een as die verbonden is met het frame. Om zo weinig mogelijk wrijvingsweerstand te hebben is deze verbinding gemaakt met lagers.

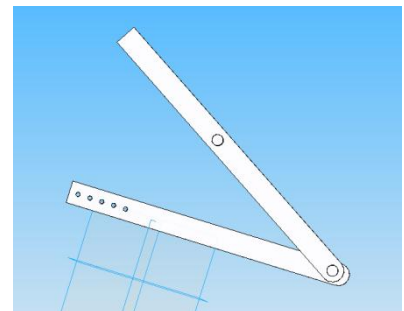
In de loop van het project is het ontwerp van de wielen meerdere malen veranderd. Eerst was het de bedoeling één wiel op de L-vormige rail te laten rijden en aan ander op het parcours. Dit gaf echter te veel weerstand en gaf problemen met de schroeven die de rail bevestigen op het parcours. Dit is dan vervangen door één groot voorwiel en één klein. Het grote wiel rijdt op het parcours en het kleine wiel gaat de wagen op de baan houden. Toch werkt dit niet helemaal. Uiteindelijk is er dan geopteerd voor twee even grote wielen die allebei op het parcours rijden.

Vorm

Het frame is vervaardigd uit plexiglas. Het bestaat uit een driehoek met uitsnijdingen om het gewicht te beperken. De uitsparingen waren in het begin niet aanwezig. De wagen woog echter zo veel dat de finish niet bereikt werd. Met behulp van de uitsparingen werd de finish wel bereikt.

Het zonnepaneel beweegt op twee verschillende manieren ten opzichte van het frame.

Ten eerste kan het zonnepaneel onder een andere hoek met het frame, en dus ook met de grond, worden ingesteld. Dit gebeurt volgens het principe van een tuinstoel (figuur 1). Er zijn zeven verschillende gaten voorzien zodat het paneel op zeven verschillende hoogtes ingesteld kan worden.



Figuur 1: Tuinstoelprincipe

Vervolgens kan het paneel draaien zodat deze altijd naar de zon gericht is (zie figuur 2).



Figuur 2: Draaisysteem

In het frame is een pin voorzien waarrond de hele constructie kan draaien en een gaatje waarmee de constructie vastgemaakt is met een schroef. Ook uit deze draaischijf is er plexiglas gesneden om zo veel mogelijk gewicht te verliezen.

Het draaisysteem en het tuinstoelprincipe zijn aan de wagen toegevoegd om de zonnestralen op de meest optimale manier te ontvangen. De zonnestralen vallen het best in op het paneel onder een hoek van 90°C. Daarom zit er een staafje op het paneel onder een hoek van 90° met het paneel. Via dit staafje is de beste stand van het paneel bepaald. Wanneer de zon loodrecht op het paneel staat is er geen schaduw van het staafje en is de positie van het paneel optimaal.

Tandwielen

Er werd een overbrengingsverhouding gevonden van 7. Er wordt gewerkt met 4 tandwielen.

	<u>Aantal tanden</u>
Tandwiel 1	10
Tandwiel 2	20
Tandwiel 3	10
Tandwiel 4	40

Tabel 1: Tandwielen

Het derde en tweede tandwiel zitten op dezelfde as. Van de motor naar het tweede tandwiel is de vertraging 2. Van het derde tandwiel naar het laatste tandwiel is de vertraging 4. Samen levert dit een overbrengingsverhouding van 8. Een overbrengingsverhouding van 7 is moeilijk te maken aangezien dit getal een priemgetal is. Daarom werd gekozen voor een overbrengingsverhouding van 8. De overbrengingsverhouding van 8 gaat de trekkracht verhogen ten opzichte van een overbrengingsverhouding van 7, hierdoor gaat de helling voor het wagentje geen probleem zijn.

Meting zonnepaneel

Om de beste overbrengingsverhouding te berekenen, moet de diodefactor van het zonnepaneel gekend zijn. Deze wordt bepaald door het zonnepaneel te schakelen aan een weerstand. Een multimeter meet de spanning en de stroom over het paneel voor verschillende weerstandswaarden. Met volgende formules wordt de diodefactor en het vermogen berekend van deze waarden.

Voorbeeld berekening diodefactor:

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

Als voorbeeld wordt deze formule uitgewerkt bij een spanning van 7 V en 0,76 A:

- $0,76 = 0,94 - 10^{-8} * \left(e^{\frac{7}{m * 15 * 0,0254}} - 1 \right)$
- $18 * 10^6 = e^{\frac{7}{m * 15 * 0,0254}} - 1$
- $16,7 = \frac{7}{m * 15 * 0,0254}$
- $m = 1,1$

Berekenen vermogen:

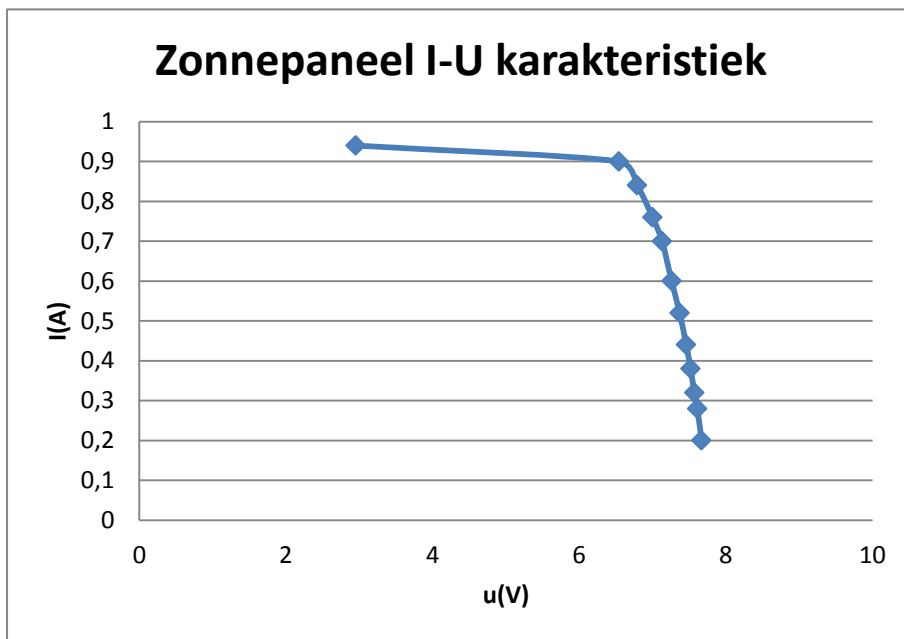
$$P = U * I$$

Resultaten

U (V)	I (A)	m	P(W)
2,95	0,94	/	2,773
6,54	0,9	1,13	5,886
6,79	0,84	1,065	5,7036
7	0,76	1,1	5,32
7,13	0,7	1,1	4,991
7,26	0,6	1,099	4,356
7,37	0,52	1,102	3,8324
7,46	0,44	1,104	3,2824
7,52	0,38	1,106	2,8576
7,57	0,32	1,107	2,4224
7,61	0,28	1,109	2,1308
7,67	0,2	1,111	1,534
Gemiddeld		m=1,103	

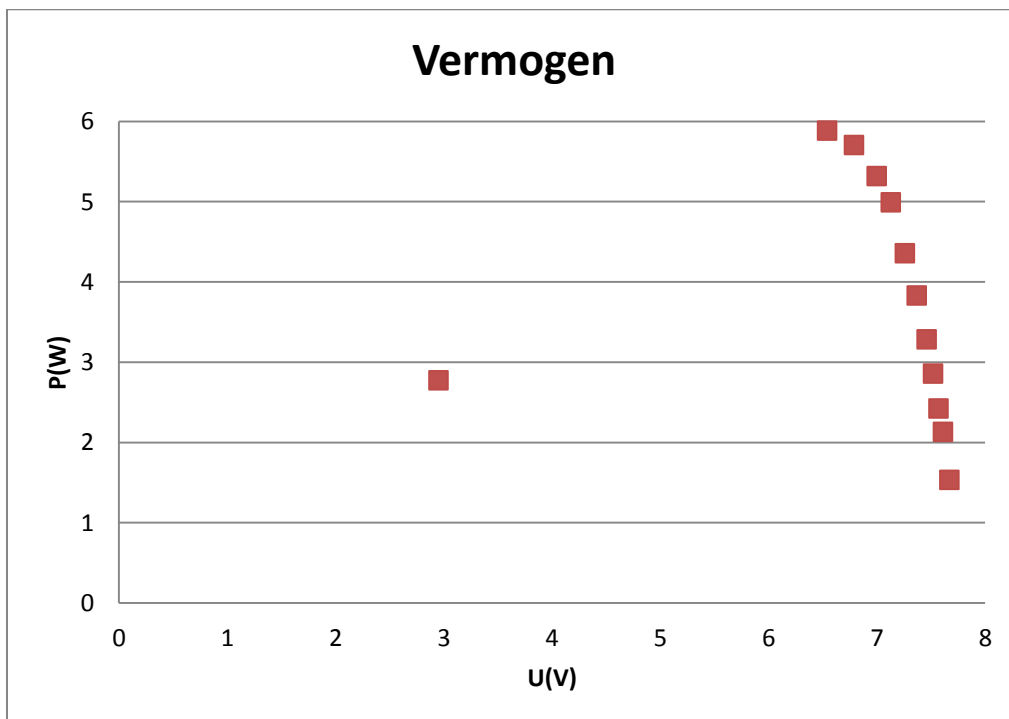
Tabel 2: Resultaten van de metingen op het zonnepaneel

Met deze gegevens is de I-U karakteristiek van het zonnepaneel opgesteld.



Grafiek 1: I-U karakteristieken

Het maximale vermogen bedraagt 5,886 W. Dit wordt bereikt bij een stroom van 0,9 A en een spanning van 6,54 V.



Grafiek 2: Vermogen van het zonnepaneel in functie van de spanning

De diodefactor van het zonnepaneel bedraagt 1,103. Het maximale vermogen van het zonnepaneel bedraagt 5,886 W.

Optimale overbrengingsverhouding

De maximale overbrengingsverhouding wordt op twee verschillende manieren bepaald, via het simulatieprogramma Matlab en via een numerieke benadering met Excel.

Methode 1: Mat-lab simulatie

Om de overbrengingsverhouding van het wagentje te berekenen is er gestart met de gegeven parameters in de energy_func.m aan te passen (zie figuur 3).

```
1   %%% x is position
2
3   function dx = f(t,x)
4
5   -   a=0.1244;
6   -   M=1;
7   -   g=9.81;
8   -   Ce=8.9285e-4;
9   -   r=0.04;
10  -   Crr=0.005;
11  -   ratio=7;
12  -   Cw=0.5;
13  -   A=0.02;
14  -   p=1.293;
15  -   Isc=0.94;
16  -   Is=1e-8;
17  -   Ur=0.0257;
18  -   m=1.1;
19  -   N=15;
20  -   R=3.32;
21
```

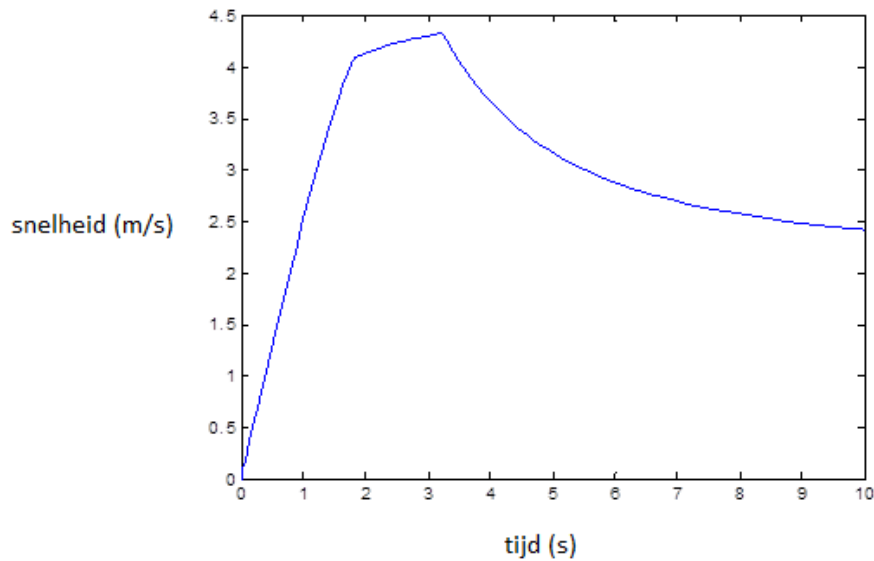
Figuur 3: Parameters in het Matlabbestand energy_func.m

In het bestand func.m zijn ook de nodige parameters aangepast (zie figuur 4).

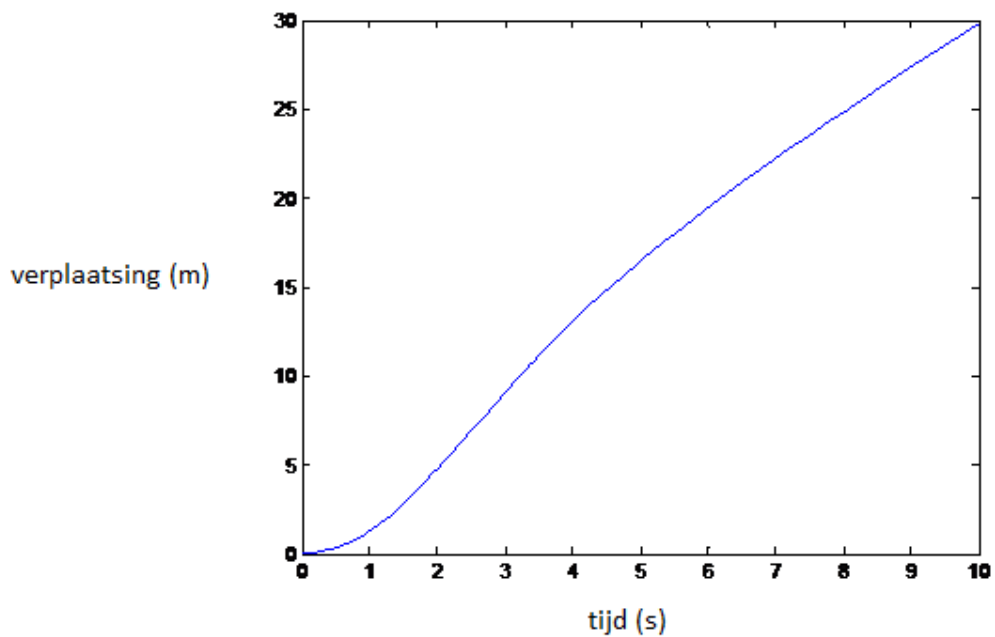
```
1   function f =func(var,vel)
2
3   -   U=var;
4
5   -   Isc=0.94;
6   -   Is=1e-8;
7   -   Ur=0.0257;
8   -   m=1.1;
9   -   N=15;
10  -   R=3.32;
11
12  -   Ce=8.9285e-4;
13  -   r=0.04;
14  -   ratio=7;
15
```

Figuur 4: Parameters in het matlabbestand func.m

Vervolgens zal Matlab deze bestanden uitvoeren. De resultaten van deze simulatie zijn te zien in grafiek 3 en 4. Grafiek 3 toont de snelheid-tijd curve voor een overbrengingsverhouding van 7, grafiek 4 toont dan weer de verplaatsing-tijd curve voor een overbrengingsverhouding van 7. Deze simulatie is uitgevoerd voor verschillende overbrengingsverhoudingen. Uit de verschillende grafieken is de optimale overbrengingsverhouding bepaald. Uit deze onderzoeken blijkt dat 7 de beste overbrengingsverhouding is.



Grafiek 3: Snelheid-tijd curve



Grafiek 4: Verplaatsing-tijd curve

Het parcours dat de SSV moet afleggen is 14 meter lang. Op de verplaatsing-tijd curve is te zien dat deze afstand in iets meer de 4.3 seconden is afgelegd. De topsnelheid bedraagt net geen 4.324 m/s.

Methode 2: numerieke berekening met Excel

De tweede methode die gebruikt wordt om de overbrengingsverhouding te simuleren is met Excel. Er wordt gebruik gemaakt van een overbrengingsverhouding van 7 en dezelfde parameters als bij methode 1 om de Lagrange vergelijking op te stellen. Dit is uitgevoerd voor een benaderingsinterval van 0,1 s en voor een benaderingsinterval van 0,2s.

De Lagrange vergelijking: $a(t) = g(\sin(\alpha) - \cos(\alpha) \times C_{rr}) + I(t) \times E(t)/(M \times v(t)) - 3C_w A \rho \times v^2(t)/2M$

Met :

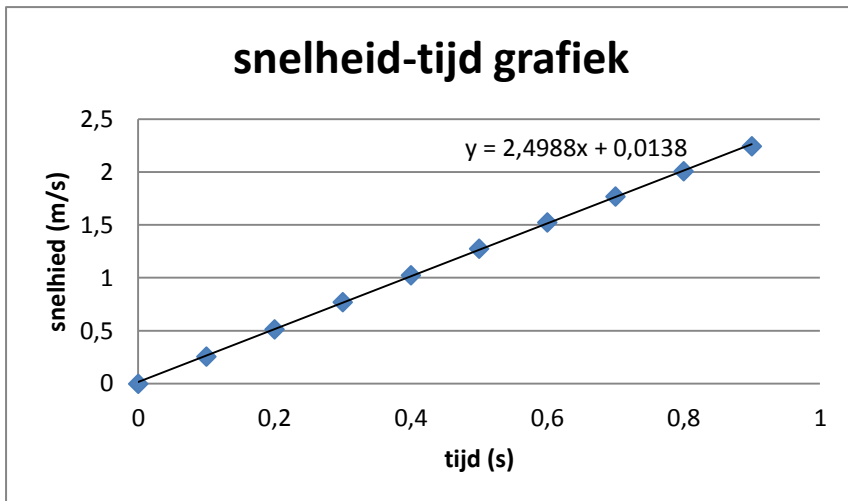
- g = valversnelling (9,81 m/s²)
- α = hoek van de helling
- C_{rr} = rolweerstandscoefficiënt
- $I(t)$ = stroomsterkte
- $E(t)$ = EMF
- M = totale massa van het wagentje
- $v(t)$ = snelheid
- C_w = luchtweerstandscoefficiënt
- A = frontale oppervlakte
- ρ = dichtheid van lucht

Tijdsinterval 0,1s

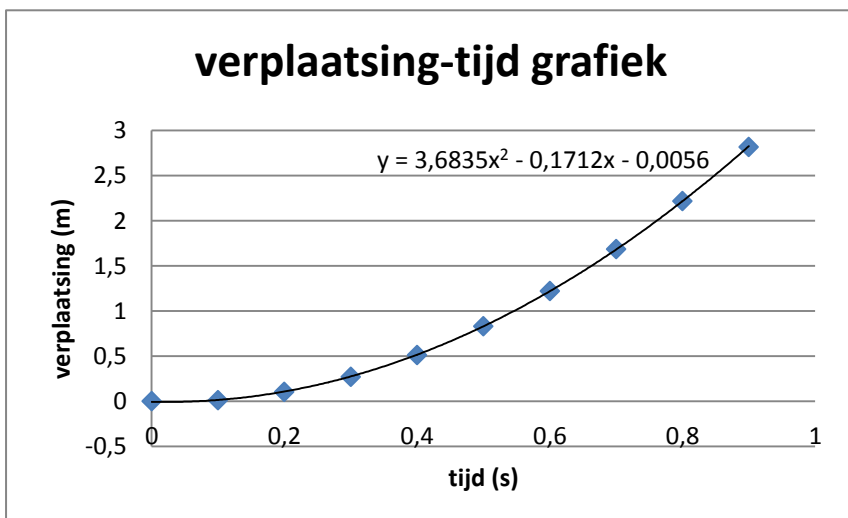
Voor dit tijdsinterval wordt er een tabel opgemaakt (tabel 3) en met Excel is vervolgens de snelheid-tijd curve (grafiek 5) en de verplaatsing-tijd curve (grafiek 6) opgesteld.

t(s)	a(m/s ²)	v(m/s)	s(m)	E(V)	I(A)
0	2,57109	0	0	0	0,94
0,1	2,569781	0,257109	0,012855	0,383623	0,939982
0,2	2,565928	0,513956	0,102817	0,766856	0,939974
0,3	2,55954	0,769778	0,269654	1,14856	0,939962
0,4	2,550677	1,023816	0,512675	1,527601	0,939945
0,5	2,539423	1,275339	0,830743	1,902889	0,939919
0,6	2,525889	1,523654	1,222299	2,273392	0,939883
0,7	2,510205	1,768123	1,685401	2,638155	0,939832
0,8	2,492516	2,008164	2,217764	2,996312	0,939759
0,9	2,47298	2,243264	2,816816	3,347098	0,939658

Tabel 3: Resultaten voor tijdsinterval 0,1s



Grafiek 5: Snelheid-tijd grafiek voor tijdsinterval 0,1s.



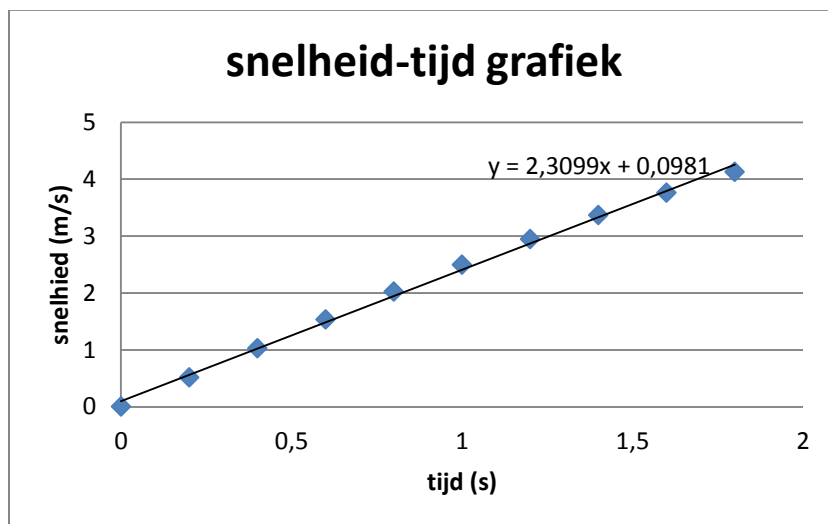
Grafiek 6: Verplaatsing-tijd grafiek voor tijdsinterval 0,1s

Tijdsinterval 0,2 s

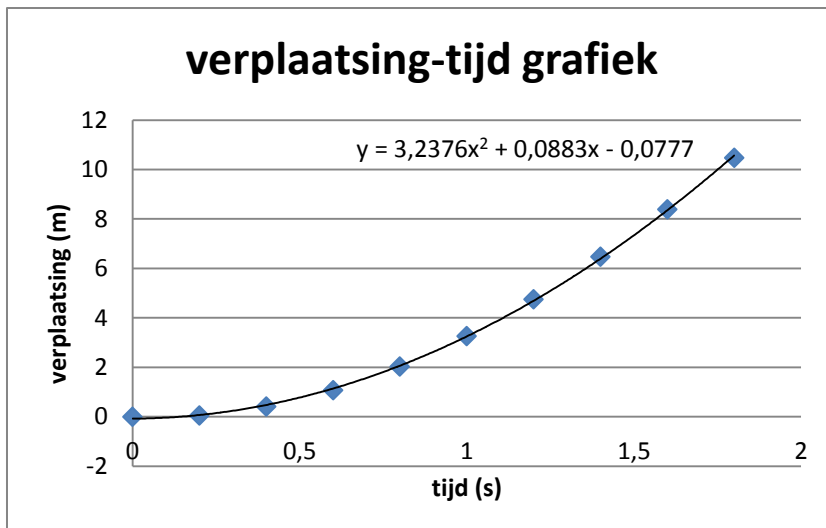
Ook voor dit tijdsinterval is er een tabel opgesteld (tabel 4) en met Excel is dan de snelheid-tijd curve (grafiek 7) en de verplaatsing-tijd curve (grafiek 8) opgesteld.

t(s)	a(m/s ²)	v(m/s)	s(m)	E(V)	I(A)
0	2,57109	0	0	0	0,94
0,2	2,565922	0,514218	0,051422	0,767247	0,939974
0,4	2,550575	1,026369	0,410961	1,53141	0,939944
0,6	2,525491	1,530345	1,074925	2,283375	0,939882
0,8	2,491554	2,020393	2,032433	3,014559	0,939755
1	2,44995	2,491554	3,26617	3,717562	0,939505
1,2	2,402015	2,93994	4,753829	4,386584	0,939036
1,4	2,349066	3,362821	6,469892	5,01755	0,938194
1,6	2,292278	3,758506	8,387319	5,607937	0,936762
1,8	2,232625	4,1261	10,4788	6,156412	0,934457

Tabel 4: Resultaten voor tijdsinterval 0,2s.



Grafiek 7: Snelheid-tijd curve voor tijdsinterval 0,2s.



Grafiek 8: Verplaatsing-tijd grafiek voor tijdsinterval 0,2s.

Besluit

Na het onderzoeken van de verschillende verhoudingen via Excel en Matlab, is uit de grafiek afgeleid dat de beste overbrengingsverhouding 7 bedraagt. Bij deze overbrengingsverhouding is de snelheid/verplaatsing-tijd curve het best. Onze bedoeling is namelijk zo snel mogelijk aan de optimale snelheid te komen en deze vervolgens constant te houden.

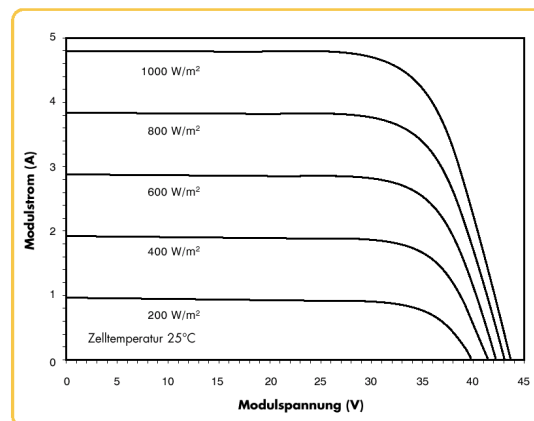
Sankey diagrammen

In dit deel van het rapport is er gekeken naar het gedrag van de onderdelen en de rendementen. Het diagram geeft weer hoe de energiestromen zijn binnen de SSV. Het diagram wordt twee keer opgesteld, één keer op topsnelheid en één keer op het vlakke stuk van het parcours.

Op topsnelheid:

Input

- Opp. van 1 zonnecel:
 $6,4 \text{ cm} * 4,1 \text{ cm} = 26,24 \text{ cm}^2 = 0,002624 \text{ m}^2$
- Opp van 15 zonnecellen:
 $0,002624 \text{ m}^2 * 15 = 0,03936 \text{ m}^2$
- Instraling van de zon waarbij het zonnepaneel zijn piekvermogen bereikt:
 1000 W/m^2
- Maximaal vermogen:
 $1000 \text{ W/m}^2 * 0,03936 \text{ m}^2 = 39,39 \text{ W}$



Figuur 5: Karakteristieken van het zonnepaneel

Verliezen diffuus zonlicht

Het inkomende vermogen van de zon is op 1000 W/m^2 geschat. Daarbij is echter geen rekening gehouden met de weerkaatsing. Deze weerkaatsingverliezen zijn geschat op 25%.

$$39,39 \cdot 0,75 = 29,5425 \text{ W}$$

Het vermogen dat het zonnepaneel krijgt van de zon is $29,5425 \text{ W}$.

Het zonnepaneel heeft een bepaald rendement, niet al het zonlicht kan worden omgezet naar mechanische energie. Om het rendement van het zonnepaneel te bepalen, zijn de verliezen berekend bij topsnelheid. Aangezien er bij topsnelheid geen vermogen meer geleverd moet worden aan de versnelling en alle andere verliezen gekend zijn, is dit de ideale situatie om het rendement te berekenen.

Mechanische verliezen

➤ Rolweerstand

$$U_r = 0,010$$

$$m = 1 \text{ kg}$$

$$F_{rr} = m \cdot g \cdot u_r = 0,0981 \text{ N}$$

➤ Luchtweerstand

$$\rho = \text{dichtheid van lucht: } 1,293 \text{ kg/m}^3$$

$$v = \text{snelheid van voorwerp tegenover de lucht: } 4,324 \text{ m/s}$$

$$A = \text{loodrechte oppervlakte: } 0,02 \text{ m}^2$$

$$C_w = \text{weerstandscoefficiënt : } 0,8$$

$$F_w = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot A \cdot C_w = 0,193 \text{ N}$$

➤ Lagerweerstand

$$C_{wl} = \text{wrijvingscoefficient: } 0,001$$

$$v = \text{snelheid van voorwerp tegenover de lucht: } 4,324 \text{ m/s}$$

$$m = 1 \text{ kg}$$

$$F_{wl} = m \cdot g \cdot v \cdot C_{wl} = 0,0424 \text{ N}$$

➤ Totale vermogensverliezen

$$P = \vec{F} \cdot \vec{v} = 0,33 \cdot 4,324 = 1,43 \text{ W}$$

Elektrische verliezen

➤ Weerstand van de geleider

L= lengte van geleider: 15 cm

A= oppervlakte van geleider: 3,5 mm²

P= soortelijke weerstand: 1,67 E-8 Ωm

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A} = 7,16 \cdot 10^{-5} \Omega$$

➤ Vermogensverlies in de geleider

I= stroom door geleider : 0,9 A

R=weerstand van de geleider: 7,16*10⁻⁵ Ω

$$P = I^2 \cdot R = 5,8 \cdot 10^{-5} W$$

Bepaling rendement zonnepaneel

Bij optimale snelheid gaat er dus een deel van het een vermogen naar de schakeling en mechanica.

$$P = 5,8 \cdot 10^{-5} + 1,43 = 1,430058 W$$

Om het rendement van het zonnepaneel te bepalen, zijn er buiten de mechanische en elektrische verliezen ook nog de verliezen van de motor en de overbrenging.

Rendement tandwieloverbrenging

Voor de tandwieloverbrenging is geen datasheet ter beschikking. Aangezien onze tandwielen vrij goed op elkaar zijn geplaatst maar niet erg duur zijn worden onze verliezen door de overbrenging op 20% geschat.

$$\frac{1,43}{0,8} = 1,79 W$$

Rendement motor

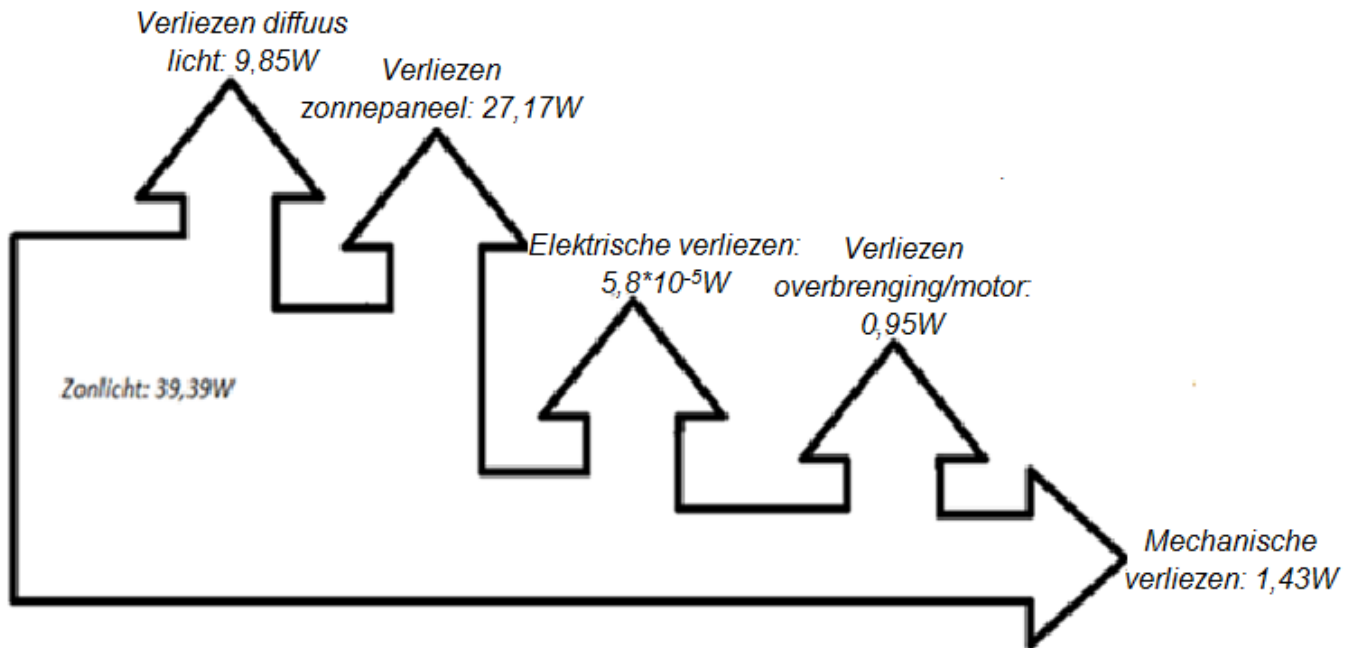
Volgens de datasheet van de motor is het maximale rendement gelijk aan 84%. Omdat dit alleen bij maximaal toerental is en dit waarschijnlijk niet heel de race het geval gaat zijn is er gekozen voor een verlies van de motor van 25%.

$$\frac{1,79}{0,75} = 2,39 W$$

Zoals eerder berekend, krijgt het zonnepaneel een vermogen van 29,54 W. Aan de uitgang van het zonnepaneel wordt echter 1,16W gebruikt. Het rendement van het zonnepaneel bedraagt dan:

$$\eta = \frac{2,39}{29,54} = 0,0809 = 8,09 \%$$

Sankey diagram bij topsnelheid:



Figuur 6: Sankey diagram op topsnelheid

Net op het vlakke stuk

Doordat de wagen op het vlakke stuk rijdt en geen invloed ondervindt van de afdaling, zal de snelheid dalen. Hierdoor verminderen de mechanische verliezen, de rest van de verliezen blijven gelijk. Het overige vermogen wordt gebruikt als nuttig vermogen. Dit nuttig vermogen wordt gebruikt voor de versnelling.

Mechanische verliezen

➤ Rolweerstand

$$U_r = 0,010$$

$$m = 1 \text{ kg}$$

$$F_{rr} = m \cdot g \cdot u_r = 0,0981$$

➤ Luchtweerstand

$$\rho = \text{dichtheid van lucht: } 1,293 \text{ kg/m}^3$$

$$v = \text{snelheid van voorwerp tegenover de lucht: } 3,5 \text{ m/s}$$

$$A = \text{loodrechte oppervlakte: } 0,02 \text{ m}^2$$

$$C_w = \text{weerstandscoefficiënt: } 0,8$$

$$F_w = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot A \cdot C_w = 0,127 \text{ N}$$

➤ Lagerweerstand

$$C_{wl} = \text{wrijvingscoëfficiënt: } 0,001$$

$$v = \text{snelheid van voorwerp tegenover de lucht } 3,5 \text{ m/s}$$

$$m = 1 \text{ kg}$$

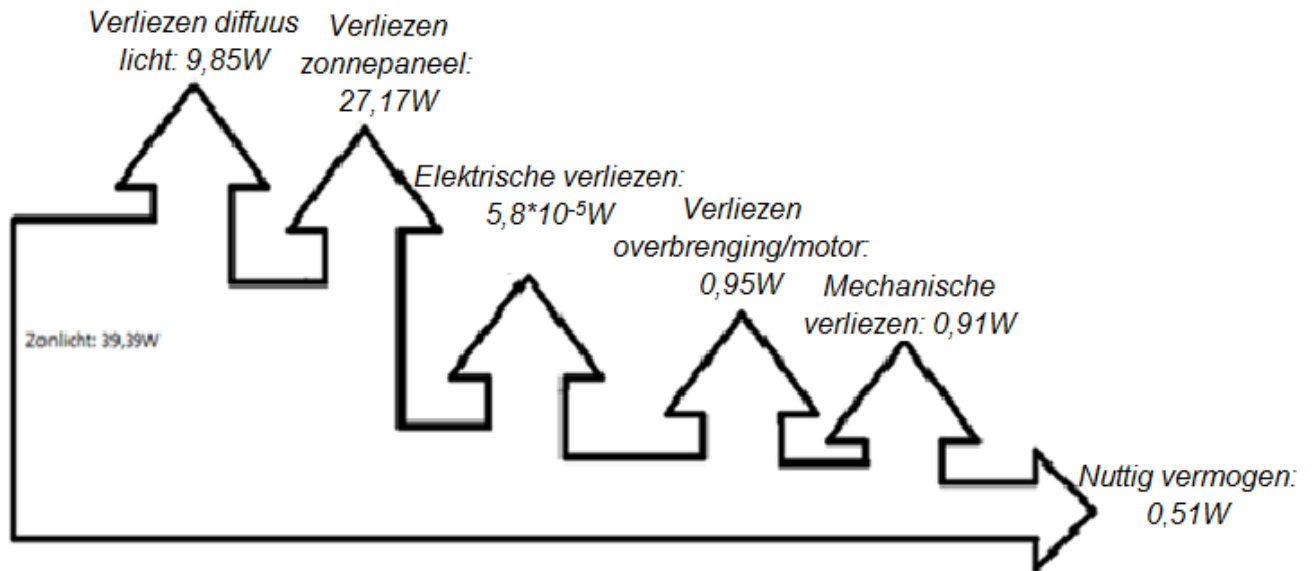
$$F_{wl} = m \cdot g \cdot v \cdot C_{wl} = 0,034 \text{ N}$$

➤ Totale vermogensverliezen

$$P = \vec{F} \cdot \vec{v} = 0,2594 \cdot 3,5 = 0,91 \text{ W}$$

Sankey diagram op vlakke stuk

Het Sankey diagram ziet er dan als volgt uit. Er is te zien dat hier niet alle energie opgebruikt is. Er is nog een deel voor de versnelling.

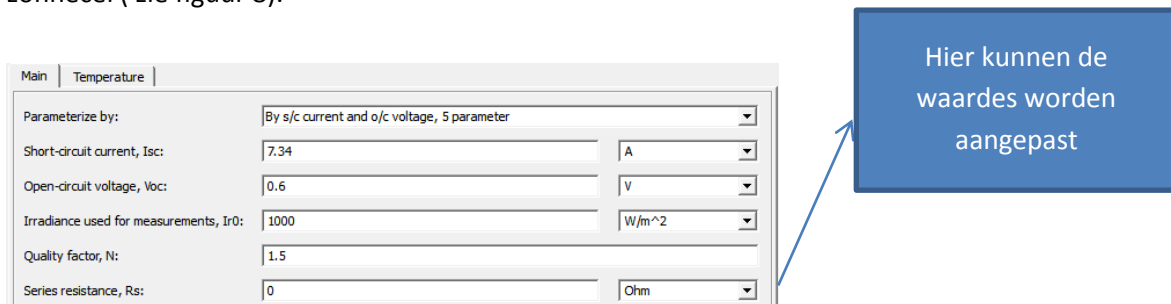


Figuur 7: Sankey diagram wanneer het autootje net op het vlakke stuk is.

Case Simulink

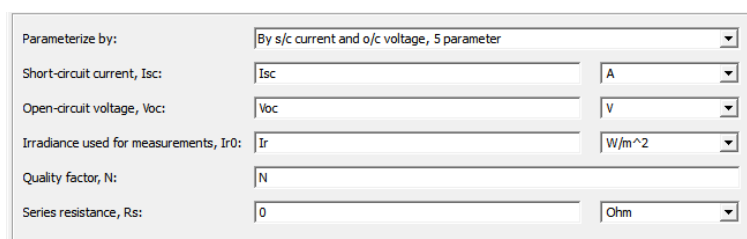
Voor Case Simulink waren er twee opdrachten opgegeven. In de eerste opdracht wordt de optimale weerstand gesimuleerd waarbij het zonnepaneel maximaal vermogen levert. Met de weerstand wordt hier dus de motor bedoeld die het wagentje aandrijft. De tweede opdracht bestaat uit het simuleren hoe ver de wagen zal geraken zonder dat het wordt aangedreven, dus gewoon door de zwaartekracht. De wagen legt wel degelijk een afstand af op het parcours want er wordt gestart op een afdaling. Later is de tweede opdracht ook echt getest en wordt de simulatie vergeleken met de werkelijkheid. Mogelijke verschillen worden dan besproken.

Simulink is een deelprogramma van Matlab. In Simulink kan men een schakeling bouwen die in dit geval de werking van de wagen nabootst. Er zijn allerlei componenten toegevoegd aan de schakeling om een zo juist mogelijke simulatie te verwezenlijken. De meeste componenten in Simulink kunnen helemaal aangepast worden door bepaalde waarden te veranderen. Zoals bijvoorbeeld bij de zonnecel (zie figuur 8).



Figuur 8: Waarden veranderen bij een zonnecel.

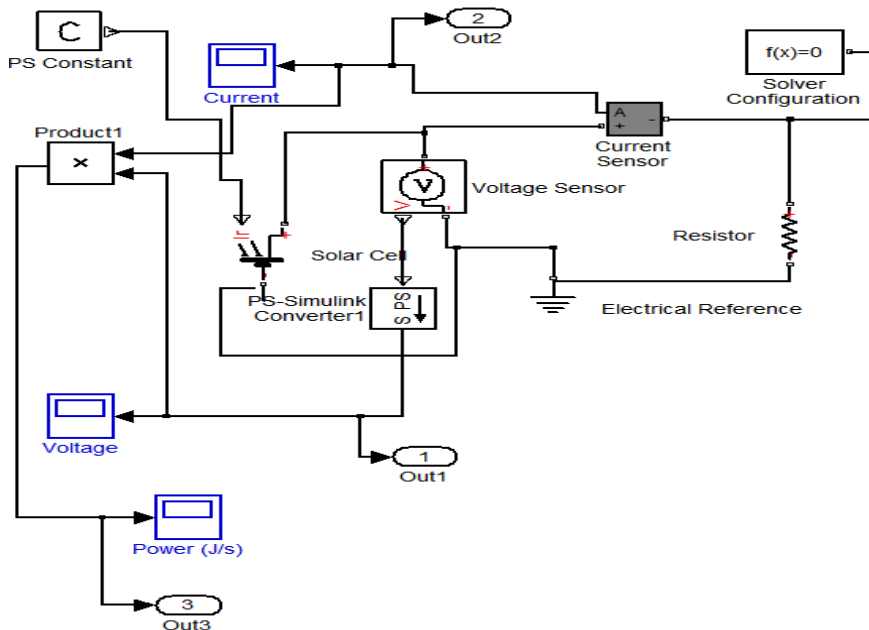
De werkelijke simulatie gebeurt eigenlijk in Matlab, hierin wordt een programma geschreven om te simuleren wat er gezocht wordt (hoever geraakt de wagen zonder aandrijving en welke weerstand geeft een maximaal vermogen). De waarden die besproken zijn in bovenstaande tekst worden vervangen door parameters die in Matlab gedefinieerd zijn, op deze manier wordt de Simulink schakeling aangesproken door de Matlab file. Zoals te zien is in onderstaande afbeelding.



Figuur 9: Parameters voor Matlab

De Matlab files zijn reeds gemaakt door de coaches en staan op Toledo, ook de Simulink schakeling is makkelijk na te bouwen door de voorbeeld filmpjes op Toledo.

Opdracht 1: Bepaal de waarde van de weerstand(10Ω tot 100Ω) zodat het zonnepaneel maximaal vermogen levert.



Figuur 10: Simulink schakeling van de eerste opdracht

Dit is de Simulink schakeling van de eerste opdracht. Er zijn sensoren zichtbaar die voor de nodige metingen zorgen. In het midden is de zonnecel geschakeld en rechts is de weerstand geschakeld die wordt bepaald. Bij deze schakeling hoort een Matlab programma.

```

1 - clear all;
2 - close all;
3
4 - %% Solar Power
5 - Ir = 1000 ; % solar irradiance [W/m^2]
6 - Is = 1e-8 ; % saturation current [ A/m^2]
7 - Isc = 0.94 ; %short circuit current [A]
8 - Voc = 8.8/15; %Open circuit voltage [V]
9 - Ir0=700; %irradiance used for measurements [W/m^2]
10 - N = 1.1; %diode quality factor
11
12
13 - V=[];
14 - I=[];
15 - P=[];
16
17 - for R=1:10:100
18
19 -     sim('Case1_a',10); % Simulate Simulink model "Solar_cell.mdl" for 10 sec.
20
21 -     V= [V yout(end,1)];
22 -     I=[I yout(end,2)];
23 -     P=[P yout(end,3)];
24
25 - end
26
27
28 - figure(1)
29 - plot(V,I,'b*');
30 - ylabel('I');
31 - xlabel('V');
32
33 - figure(2)
34 - plot(V,P,'r*');
35 - ylabel('P');
36 - xlabel('V');
37
38
39

```

Figuur 11: de Matlab file

Bovenaan in de Matlab file zijn de parameters bepaald die communiceren met de Simulink file.

In het midden wordt de meting bepaald.

```
for R=1:10:100
    sim('Case1_a',10); % Simulate Simulink model "Solar_cell.mdl" for 1
    V= [V yout(end,1)];
    I=[I yout(end,2)];
    P=[P yout(end,3)];
end
```

Figuur 12

Dit is een for loop die de weerstand laat variëren van 10 tot 100 Ohm, met sprongen van 1. 'Case1a' duidt op de Simulink file.

Verder wordt er nog een grafiek gesimuleerd waarmee te vinden is wat de weerstand is voor maximale overbrenging.

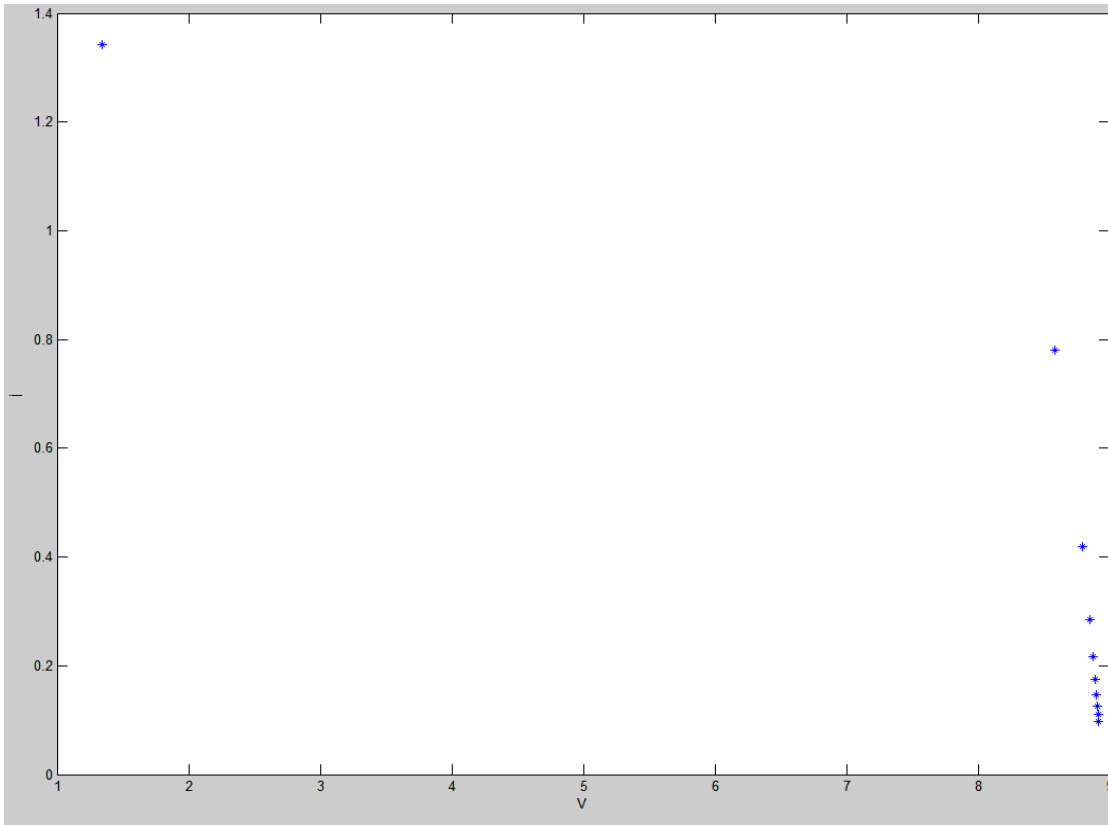
Nadat alles is gebouwd, kan het programma gestart worden en bekomen we twee grafieken. Stroom i.f.v. de spanning en vermogen i.f.v. de spanning.

Uit deze grafieken wordt dan de weerstand berekend, de berekening wordt hieronder weergegeven.

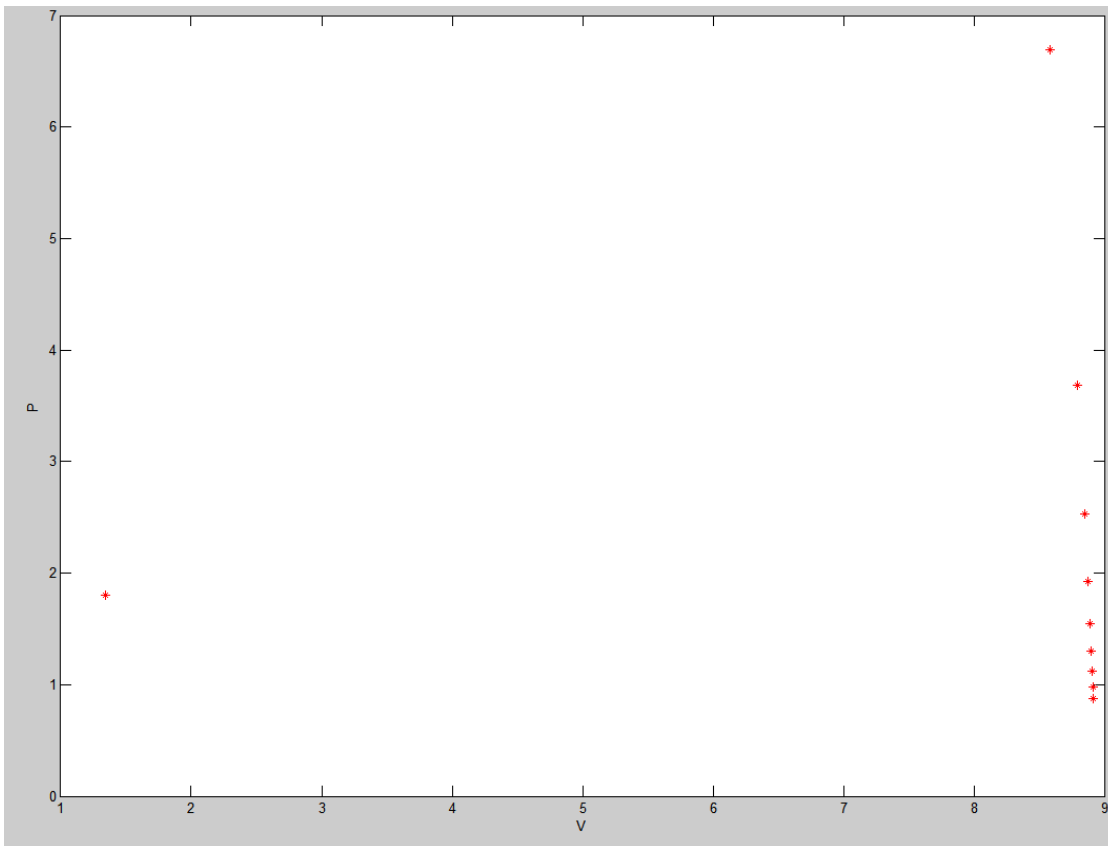
Berekening:

Het maximale vermogen bedraagt 6.2 W (zie grafiek op volgende pagina), bij dit vermogen is een bijhorende spanning van 8.58 V. Hieruit is de waarde van de weerstand te bepalen:

$$P = \frac{U^2}{R} \rightarrow 6,2 = \frac{8,58^2}{R}$$
$$R = 11,87\Omega$$



Grafiek 9

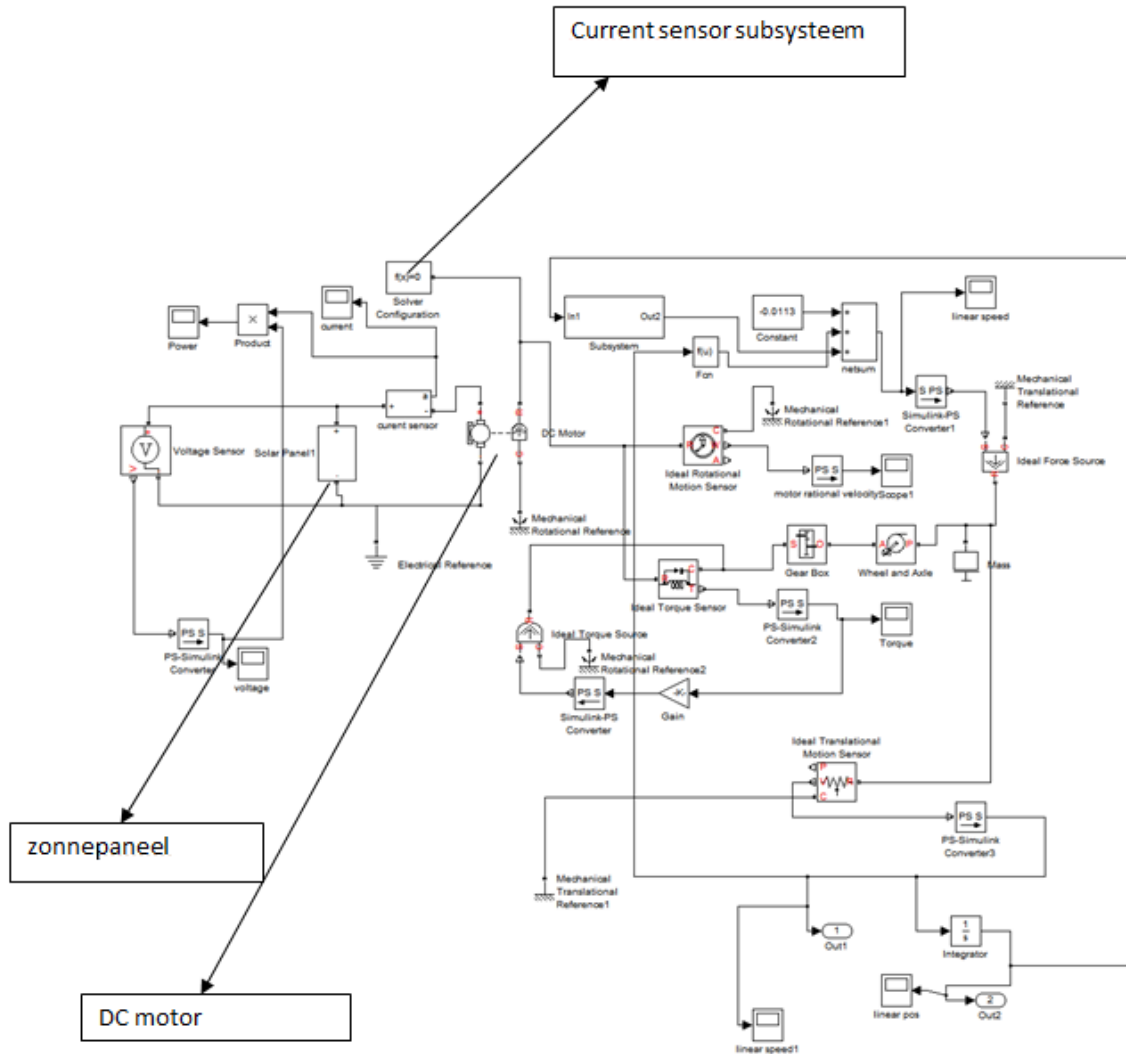


Grafiek 10

Opdracht 2: Bepaal hoever de wagen geraakt op het parcours zonder enige aandrijving.

Deze opdracht eist een meer complexe schakeling in Simulink. Hieronder bespreken we even deze schakeling.

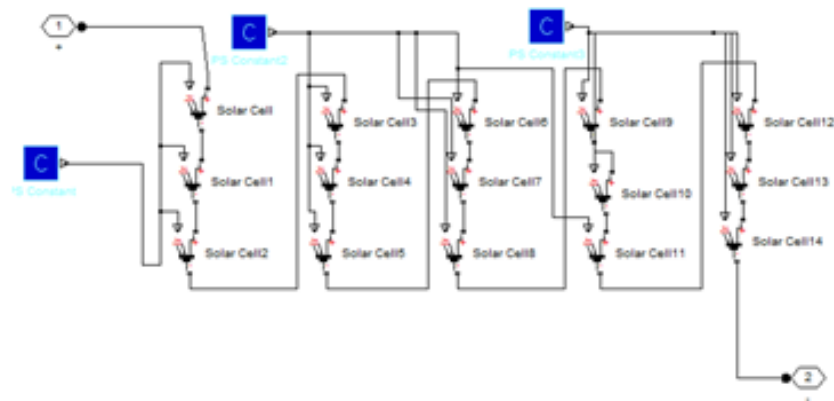
Dit is de hoofdschakeling:



Figuur 13: Hoofdschakeling simulink

De schakeling in figuur 5 toont de hoofdschakeling. Enkele subsystemen zoals het zonnepaneel, de stroomsensor en het parcours zijn in deze schakeling verwerkt.

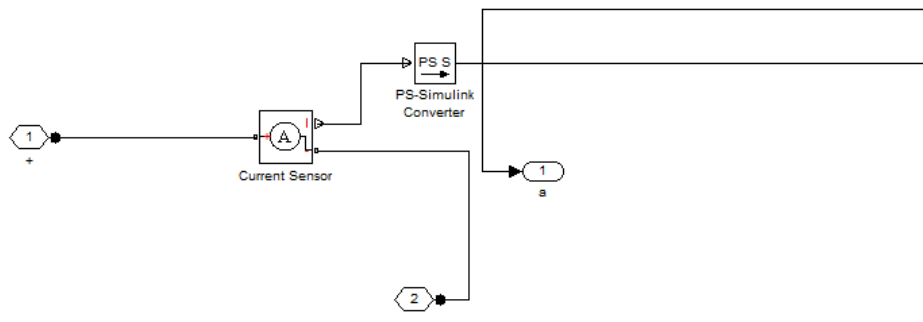
Subsystem zonnepaneel



Figuur 14: Subsystem zonnepaneel

In figuur 14 zijn 15 zonnecellen in serie geschakeld. Het blauwe blokje stuurt een constante waarde naar de zonnecellen. Deze waarde stelt de lichtintensiteit voor. Dit is ingegeven als parameter zodat men dit gemakkelijk kan aanpassen in het Matlab bestand.

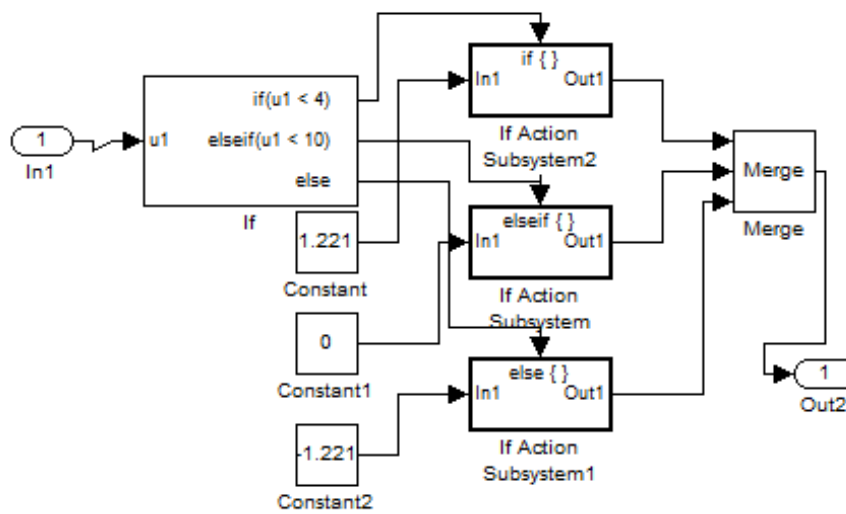
Subsystem current sensor



Figuur 15: Subsystem current sensor

In figuur 15 is het subsystem van de stroomsensor te zien. Dit is een simpele schakeling die de stroom door een draad meet.

Subsysteem parcours



Figuur 16: Subsysteem van het parcours

Figuur 16 stelt het subsysteem van het parcours dat de wagen moet afleggen voor. De wagen gaat eerst van een afdaling, dan een recht stuk en dan op een helling. Als U_1 kleiner is dan 4 bevindt de wagen zich op een helling van 1,221. U is een graad die de steilheid van de helling weergeeft. Voor de twee andere stukken verloopt dit gelijkaardig.

Matlab model

Om de Simulink te linken met een Matlab model is een Matlab file gebruikt (zie figuur 17). Hierin kan men de gebruikte waarden ingeven. Met deze Matlab file is ook de 2^e case opgelost.

```
1  %% Solar Power
2  Irl = 0 ; % W/m^2
3  Isc= 0.94 ; %Ampere
4  Voc = 8.8/15; %Volt
5  Is= 1e-8; %Ampere
6  N = 1.1;
7  Ir = 700;
8  %% Motor parameters
9  Ra = 3.32 ; %ohm
10 Kt= 0.00855 ; %Nm/A
11 La= 2.2e-4 ; %H
12 Im = 4.1e-7 ; % kg*m^2
13 Cm = 1e-4 ; % N*m/(rad/s)
14 %% SSV parameter
15 m = 0.75; % kg
16 r = 0.04; % wheel radius [m]
17 n = 8 ; % gear ratio
18
19 tn=[]; %% initialize empty vector
20 result=[];
21
22 for n=8
23   tn=[tn n]; %% Extend vector with gear ratio n
24
25   sim('simulink_case_1a',10); % Simulate Simulink model for 10 sec.
26
27   [i,j]=find(yout(:,2)>3.4); % find when position of 14 m is achieved
28   if isempty(i)
29     result =[result 10]; %% if not achieved take time =10 sec
30   else
31     result=[result tout(i(1))]; %% put travel time in vector
32   end
33 end
34
35 figure(1)
36 plot(tn,result,'*') %% plot gear ratio versus travel time
37 [opt,i]=min(result); %%% find minimal travel time
38
39 n=tn(i); %% take gear ratio corresponding with minimal travel time
40 sim('simulink_case_1a',10);
41
42
43
```

Dit zijn de parameters die we invullen in onze simulink schakeling

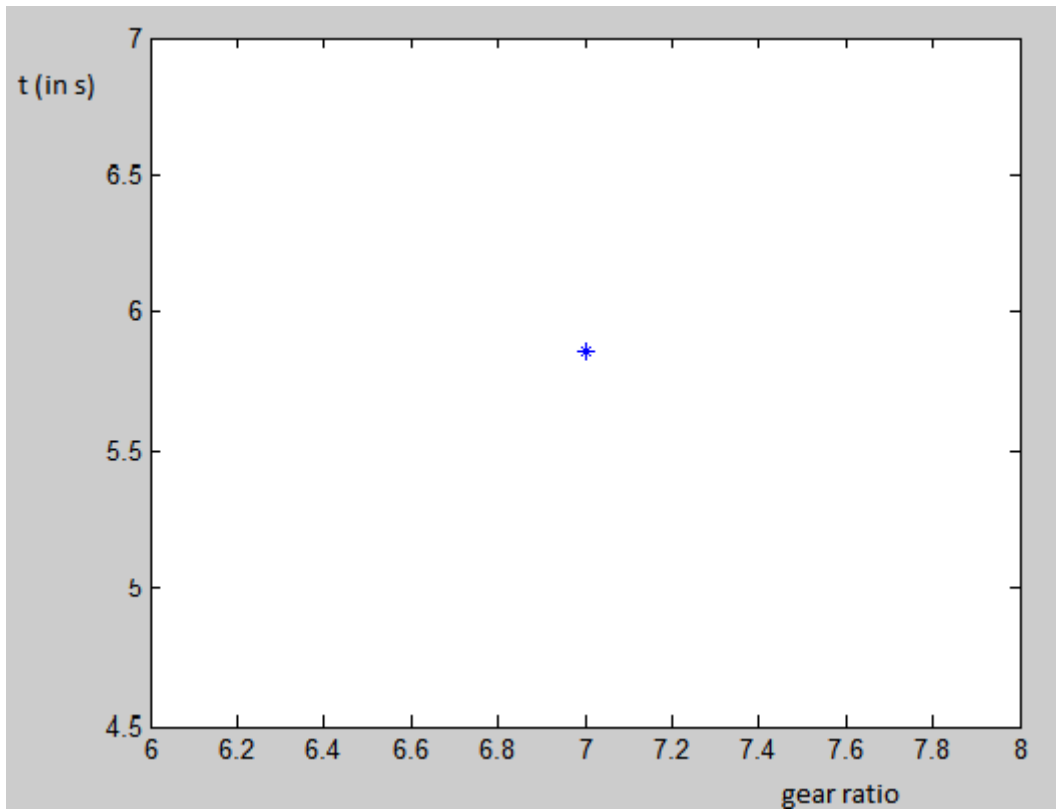
Parameters voor het zonnepaneel en de constante.

Gegevens van de motor

Gegevens van de wagen

Figuur 17

Ook in deze file is een for loop gebruikt. Deze file vereist twee waarden, de overbrengingsverhouding die hier het symbool “n” voorstelt en de afstand die het wagentje moet bereiken binnen de 10 seconden, hier 12.06 m. De beperking van 10 seconden dient om te voorkomen dat de lus oneindig blijft doorgaan. Als de wagen er niet geraakt binnen de 10 seconden zal Matlab het niet laten zien op de grafiek, zie hieronder.



Grafiek 11: Gear ratio in functie van de tijd

Op de grafiek is duidelijk te zien dat voor deze simulatie een overbrengingsverhouding van 7 genomen is.

Case 2

Krachtenberekeningen

Deze zijn terug te vinden in bijlage B.

Vernieuwd Sankey diagram

De wagen legt, als hij niet is aangedreven door de motor, een afstand van 12,06 m af volgens de berekeningen in Simulink. In realiteit bereikt de wagen echter maar een afstand van 10,60m. Dit heeft drie oorzaken.

Ten eerste is er getest met de maximale stand van het zonnepaneel, waardoor de loodrechte oppervlakte zal verhogen. Hierdoor gaat ook de luchtweerstand verhogen.

Ten tweede is de tegenwerking van de lagers onderschat. Deze bieden meer weerstand dan eerst gedacht en zullen zo dus ook voor extra verliezen zorgen.

Ten derde zijn er nog overige verliezen. De belangrijkste hiervan zijn de verliezen ten gevolge van de overschakeling naar een ander stuk rail en de voorwielen die nog niet geoptimaliseerd waren bij deze test.

Gemiddelde snelheid

Eerst en vooral moet de gemiddelde snelheid berekend zijn. Dit gebeurt a.d.h.v. de wet van behoud van energie.

Deel 1: neerwaartse helling

Als wrijvingscoëfficiënt μ nemen we 0,8. De hoek van de helling is $7,181^\circ$.

$$E_{kin1} + E_{pot1} = E_{kin2} + E_{pot2} + E_{wrijving} \rightarrow 0 + m \cdot g \cdot h = \frac{m \cdot v^2}{2} + 0 + m \cdot g \cdot \cos(\alpha) \cdot \mu_r \cdot s$$

We kunnen v berekenen als volgt:

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h - 2 \cdot g \cdot \cos(\alpha) \cdot \mu_r \cdot s} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,5 - 2 \cdot 9,81 \cdot \cos(7,181) \cdot 0,01 \cdot 4} = 3,005 \text{ m/s}$$

Omdat de snelheid lineair toeneemt kan de gemiddelde snelheid berekend worden als het gemiddelde van de begin- en de eindsnelheid. De gemiddelde snelheid in deel 1 wordt dan:

$$v_{gem1} = \frac{3,005 - 0}{2} = 1,5025 \text{ m/s}$$

Deel 2: Horizontaal deel

$$E_{kin1} = E_{kin2} + E_{wrijving} \rightarrow \frac{m \cdot v_1}{2} = \frac{m \cdot v_2}{2} + m \cdot g \cdot \mu_r \cdot s$$

$$v_2 = \sqrt{3,005 - 2 \cdot 9,81 \cdot 0,01 \cdot 6} = 1,352 \text{ m/s}$$

$$v_{gem2} = 1,352 + \frac{3,005 - 1,352}{2} = 2,1785 \text{ m/s}$$

Deel 3: Opwaartse helling

We kunnen de hoogte in functie van de afstand schrijven: $h = s \cdot \sin(\alpha)$

$$E_{kin1} = E_{pot2} + E_{wrijving} \rightarrow \frac{m \cdot v^2}{2} = m \cdot g \cdot s \cdot \sin(\alpha) + m \cdot g \cdot \cos(\alpha) \cdot \mu_r \cdot s$$
$$s = \frac{v^2}{2 \cdot g \cdot (\sin(\alpha) + \cos(\alpha) \cdot \mu_r)} = \frac{1,352^2}{2 \cdot 9,81 \cdot (\sin(7,181) + \cos(1,181) \cdot 0,01)} = 0,69 \text{ m}$$
$$v_{gem3} = \frac{1,352 - 0}{2} = 0,676 \text{ m/s}$$

Totale gemiddelde snelheid

$$v_{gem} = \frac{s_1}{s_{tot}} \cdot v_{gem1} + \frac{s_2}{s_{tot}} \cdot v_{gem2} + \frac{s_3}{s_{tot}} \cdot v_{gem3}$$
$$= \frac{4}{10,69} \cdot 1,5025 + \frac{6}{10,69} \cdot 2,1785 + \frac{0,69}{10,69} \cdot 0,676 = 1,829 \text{ m/s}$$

Luchtweerstand

ρ = dichtheid van lucht: 1,293 kg/m³

v = gemiddelde snelheid van voorwerp tegenover de lucht: 1,829 m/s

A = loodrechte oppervlakte: 0,055 m²

C_w = weerstandscoefficiënt : 0,5

$$F = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot A \cdot C_w = 0,0595 \text{ N}$$

Lagerweerstand

f_{wl} = wrijvingscoëfficiënt: 0,001

v = gemiddelde snelheid van voorwerp: 1,829 m/s

m = de massa van het voorwerp: 1 kg

g = zwaarteveldsterkte: 9,81 N/kg

Er zijn 4 lagers

$$F_{wl} = f_{wl} \cdot m \cdot g \cdot v \cdot 4 = 0,0718 \text{ N}$$

Rolweerstand

$\mu_r = 0,010$

$m = 1 \text{ kg}$

$$F_{rr} = m \cdot g \cdot \mu_r = 0,0981 \text{ N}$$

Totale mechanische verliezen

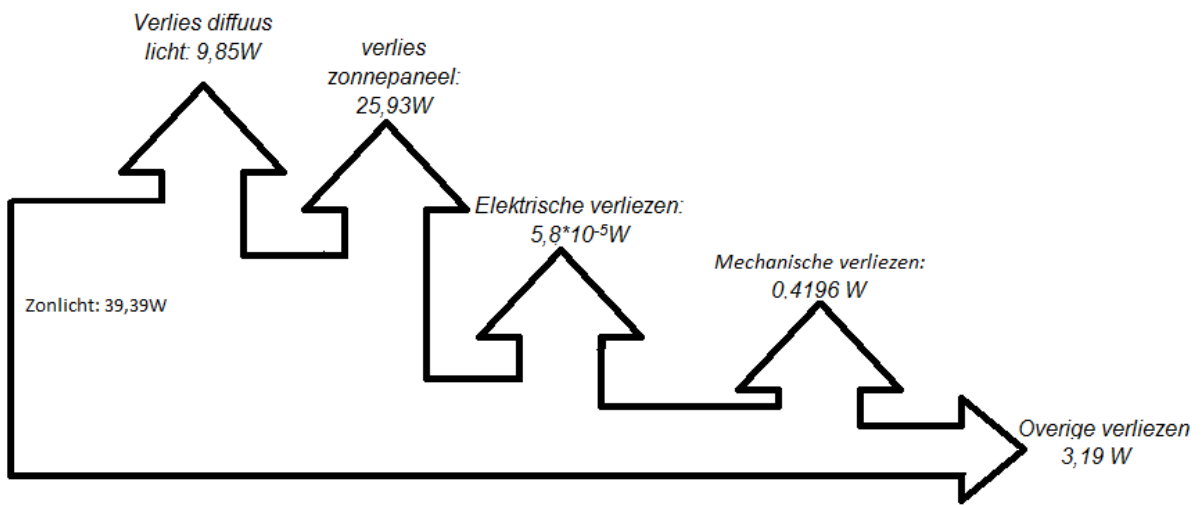
De totale mechanische verliezen worden dan:

$$P = \vec{F} \cdot \vec{v} = 0,2294 \cdot 1,829 = 0,4196 \text{ W}$$

Overige verliezen:

Er zijn nog een aantal oorzaken van energieverlies die moeilijk in berekeningen te gieten zijn. Dit is bijvoorbeeld de baan. Op de plaatsen waar twee stukken van de rails aan elkaar gemaakt worden met duct tape maakt ons wagentje een klein sprongetje met een groot energieverlies tot gevolg. Ook waren onze voorwielen nog niet optimaal bij de testtrace wat ook een groot energieverlies opleverde. Samen met nog enkele andere kleine verliezen bedraagt dit ongeveer 3,19 W.

Sankey diagram:



Figuur 18: Sankey diagram zonder aandrijving.

Umicar

Uit het bestand Umicaredata.xls zijn de nodige parameters gehaald. De Umicar maakt gebruik van twee verschillende soorten zonnecellen met elk een andere efficiëntie.

280 RWE solar cells – 30% efficiëntie

2578 Emcore solar cells – 24,5% efficiëntie

Uit de datasheets van de zonnecellen vindt men de oppervlakte van één cel.

RWE solar cells: 30,18 cm²

Emcore solar cells: 27,56 cm²

Totaaloppervlak RWE solar cells: $280 * 0,003018\text{m}^2 = 0,845\text{m}^2$

Totaaloppervlak Emcore solar cells: $2578 * 0,002756 = 7,105\text{m}^2$

Samengevat:

	Aantal	Gemiddelde efficiëntie (%)	Oppervlakte van één cel (cm ²)	Totaaloppervlak cellen (m ²)
RWE solar cells	280	30	30,18	0,845
Emcore solar cells	2578	24,5	27,56	7,105

Tabel 5

Voor het vermogen van de zonnestrallen nemen we 800 W/m²

RWE solar cells: $800 \text{ W/m}^2 * 0,845\text{m}^2 = 676 \text{ W}$

Emcore solar cells: $800 \text{ W/m}^2 * 7,105\text{m}^2 = 5684 \text{ W}$

Rekening houdend met de efficiëntie van de zonnecellen:

$676 \text{ W} * 0,30 = 202,8 \text{ W}$

$5684 \text{ W} * 0,245 = 1392,58 \text{ W}$

Totaalvermogen dat het zonnepaneel aan de motor levert: 1595,38 W

Het vermogen stuurt men via de Tritium Gold controller. Deze heeft een efficiëntie van 99%. Dit zorgt ervoor dat er 1579,43 W effectief aan de motor geleverd wordt.

Volgens de datasheet heeft de motor een efficiëntie van 95%, dit wil zeggen dat de motor in totaal een vermogen van 1500,45 W levert.

Topsnelheid

Op topsnelheid is het vermogen aan de motor geleverd gelijk aan de weerstanden die de Umicar beletten van een 'oneindige' snelheid. Deze zijn de aerodynamische weerstand, de rolweerstand en de wrijving in de lagers.

$$P_{\text{lager}} = m \cdot g \cdot v \cdot C_{wl}$$

$$P_{\text{roll}} = m \cdot g \cdot C_{rr} \cdot v$$

$$P_{\text{lucht}} = 0,5 \cdot A_f \cdot C_w \cdot v^3 \cdot \rho$$

A_f = frontale oppervlak = $0,81\text{m}^2$

v = snelheid

ρ = luchtdichtheid = $1,29\text{ kg/m}^3$

m = massa zonnwagen + bestuurder = $225\text{kg} + 75\text{kg} = 300\text{kg}$

g = gravitatiekracht = $9,81\text{ N/kg}$

C_{rr} = rolweerstand coëfficiënt = $0,0056$

C_w = weerstand coëfficiënt = $0,15$

C_{wl} = lagerweerstand coëfficiënt = 0.0015

$$P_{\text{lager}} + P_{\text{roll}} + P_{\text{lucht}} = 1500,4\text{ W}$$

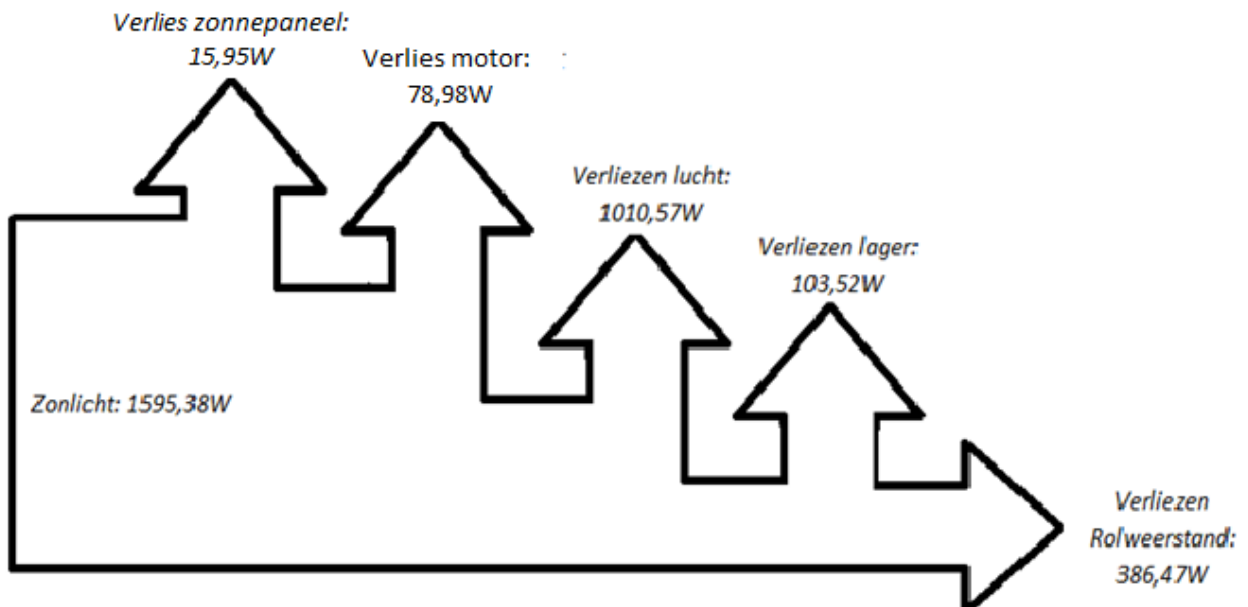
$$4,4145v + 16,48v + 0,07836v^3 = 1500,4\text{ W}$$

$$20,89v + 0,07836v^3 = 1500,4$$

Maple rekt deze vergelijking uit en geeft een maximale snelheid van $23,45\text{m/s}$ oftewel $84,42\text{km/h}$.

	P_{lucht} (W)	P_{lager} (W)	P_{roll} (W)
Maximale snelheid	1010,57	103,52	386,47

Tabel 6



Figuur 19: Sankey Umicar op topsnelheid.

Halve topsnelheid

$$v = 23,45\text{m/s} / 2 = 11,725\text{m/s}$$

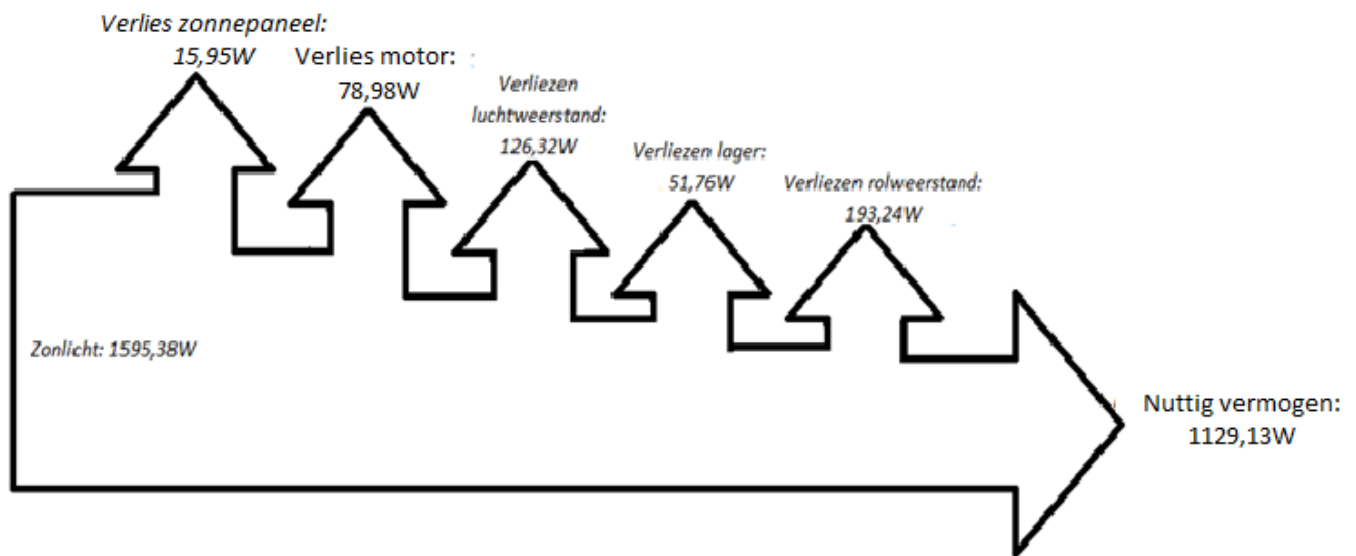
$$P_{\text{lager}} = 51,76 \text{ W}$$

$$P_{\text{roll}} = 193,24 \text{ W}$$

$$P_{\text{lucht}} = 126,32 \text{ W}$$

	P_{lager} (W)	P_{roll} (W)	P_{lucht} (W)
Halve maximale snelheid	51,76	193,24	126,32

Tabel 7



Figuur 20: Sankey Umicar op halve topsnelheid.

Enterprising

In het kader van het EE4 project is er gevraagd om een verkoopbaar product te maken van de SSV. In dit deel worden de 4P's besproken. Deze marketingmix leidt tot het verkoopbaar product dat een meerwaarde creëert en waar er in ruil een zo hoog mogelijk geldbedrag voor gegeven wordt.

De 4P's

De vorm van het product hoeft niet noodzakelijk een speelgoedwagen te zijn. Om een beter beeld te krijgen van alle 4 P's is er een klein marktonderzoek uitgevoerd aan de hand van een enquête. Alle resultaten van de enquête zijn te vinden in bijlage A. De vragen waren de volgende:

Vraag 1: Wat is uw leeftijd?

- 18-25
- 25-40
- 40-60
- 60-75
- +75

Vraag 2: Wat is uw geslacht?

- Man
- Vrouw

Vraag 3: Met hoeveel woont u thuis?

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- +5

Vraag 4: Wat is uw beroep?

Vraag 5: Hebt u interesse in de wetenschappen?

- Ja
- Nee

Vraag 6: In welke vorm lijkt een zonnwagen u het interessantst?

- Als speelgoed voor kinderen.
- Als iets waarmee kinderen op school kunnen ontdekken hoe groene energie werkt.
- Als bouwpakket voor uw vrije tijd.

Vraag 7: Welke kwaliteitseisen verwacht u van de zonnwagen? (meerdere antwoorden mogelijk)

- Veilig
- Snel
- Stevig
- Mooi
- Realistisch

Vraag 8: Waar zou u het willen kopen?

- Supermarkt
- Hobbywinkel
- Speelgoedwinkel
- Online
- Andere:

Vraag 9: Hoeveel geld zou u maximaal voor een zonnewagen willen geven?

- € 0 - € 50
- € 50 - € 75
- € 75 - € 100
- € 100 - € 150
- € 150 - € 200
- € 200 - € 250
- € 250 - € 300
- + € 300

Prijs

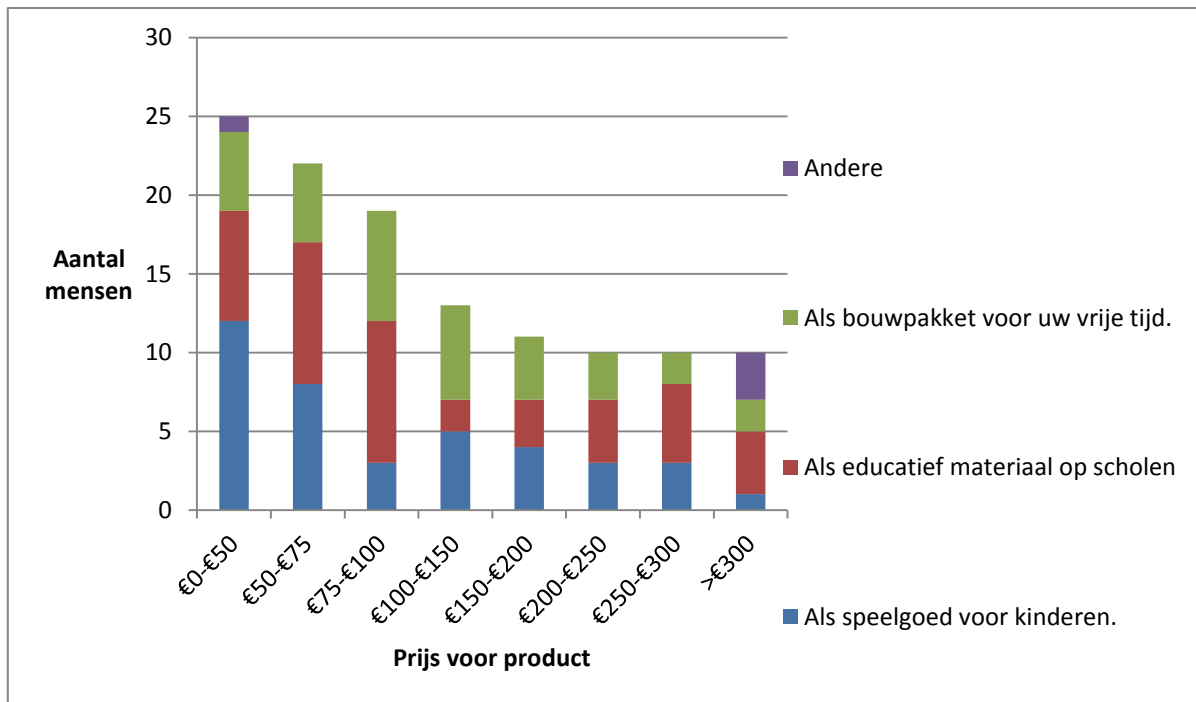
Om de precieze kost van ons product te kennen zijn alle kosten van alle onderdelen opgeteld.

Onderdeel	Prijs	Bron
Maxon 110119	53,86	Internet
Zonnepaneel	100	veronderstelling na prijzenvergelijking
Constructie	20	veronderstelling na prijzenvergelijking

Tabel 8: Prijs bepaling

De totale prijs voor de onkosten bedraagt 173,86 euro. Aangezien er in de constructieprijzen nog besparingsmogelijkheden zijn (wat ook geldt voor het zonnepaneel bij bestelling van meerdere stuks) zijn de kosten voor het maken van één product op 160 euro geschat.

In de enquête is de vraag gesteld welk concept de mensen het meeste zien zitten (speelgoedauto, bouw pakket, ...). De resultaten zijn vergeleken met de prijs die mensen aan het product willen geven (zie grafiek12). Omdat de onkosten al redelijk hoog liggen is er vooral gefocust op de doelgroep die er een groot bedrag aan wil geven. Deze resultaten moeten leiden tot een zo groot mogelijke winst.



Grafiek 12: Bedrag gekoppeld aan de vorm van het product

Zoals eerder vermeld zal er door de hoge onkosten gefocust worden op de mensen die vanaf “150 euro” tot “+300 euro” hebben aangeduid. Uit grafiek 12 is dan ook af te leiden dat in die categorieën vooral gekozen is voor de vorm “educatief materiaal”. Deze keuze komt ook veelvuldig voor bij de lagere prijzen. Om de hoge prijs te compenseren moet het product een grote educatieve meerwaarde hebben. Het moet duidelijk tonen dat het zijn prijs waard is, wat niet eenvoudig is. Om deze waarde te verkrijgen is ons voorstel: een gedetailleerde productvorm met het Groep T Education college uitwerken. Zij moeten de educatieve meerwaarde bepalen en zijn dus van groot belang in ons voorstel. Zij zijn het onderwijs van morgen en weten ook waar het solar team aan werkt. Daarom is de prijs bepaald op een bedrag van 174 euro. Er is voor deze prijs gekozen om voldoende winst te hebben zodat het Solar team budget heeft voor innovatie.

Product extensie

Indien het Solar team vindt dat dit een zeer goede manier is om hun kosten te dekken, kan het team beslissen om over te gaan op een eventuele productextensie. De precieze kost zal dan afhangen van de vorm. Deze verschillende versies komen neer op de verschillende onderwijsniveaus.

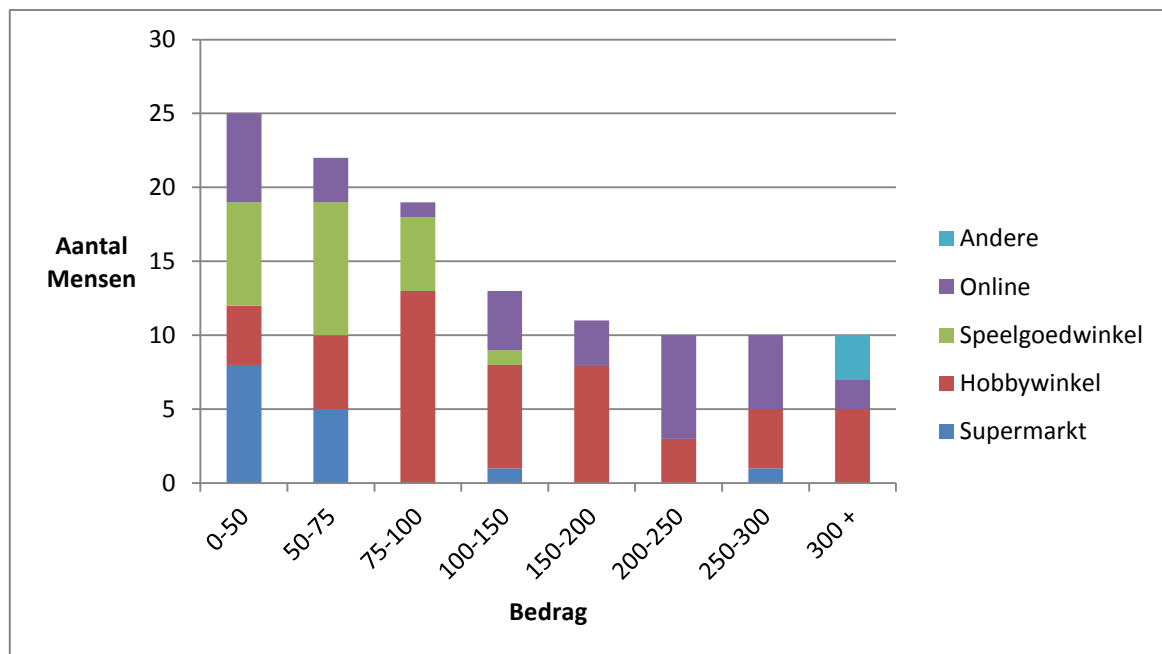
Voor de basisscholen zal er een eenvoudiger versie bestaan, de “Helios Basic Car”. Deze heeft een kleiner zonnepaneel en ook een minder sterke motor aangezien de wagen kleiner zal zijn. Op die manier verlagen de onkosten met ongeveer 30 euro en is de verkoopprijs bepaald op 139 euro. Aangezien de onkosten 130 euro bedragen is de winstmarge kleiner geworden. Dit is bewust gedaan omdat op deze manier de kinderen al snel kennis kunnen maken met groene energie en overtuigd geraken van het product. Hierdoor zullen ze in een latere onderwijsfase opnieuw vragen om een grotere en mooiere zonnewagen te mogen bouwen.

Voor de kinderen van het secundair onderwijs zou er de “Helios Pro Car” in aanbidding zijn. Deze wagen is van dezelfde grote als het basisproduct met 160 euro onkosten. Nu de kinderen al overtuigd zijn kan deze prijs iets hoger gelegd worden dan de oorspronkelijke 174 euro. Er is gekozen voor een verkoopprijs van 179 euro. Deze visie vraagt wel een langere termijn. Eerst moeten de jongere klanten overtuigd worden zodat de markt groeit en er een prijsverhoging kan gebeuren.

In verband met de prijs is te concluderen dat er een prijs van ongeveer 174 euro gekozen is. Indien het product aanslaat kan er gekozen worden voor productextensie en kunnen de vormen en prijzen veranderen. Indien het product niet aanslaat kan het solar team nog bijsturen en de prijs eventueel verlagen.

Plaats

Dit aspect van de marketingstrategie bevat de plaats waar de consument zijn product wil kopen alsook het distributiekanaal. Ook dit is in de enquête gevraagd. In grafiek 2 is de vraag “Waar zou u het product kopen?” gekoppeld aan het bedrag dat de mens wil betalen voor het product. Ook hier is vooral gekeken naar de mensen die “150 euro” tot “+300 euro” hadden aangeduid.



Grafiek 13: Bedrag gekoppeld aan soort winkel

Uit grafiek 13 is af te leiden dat vooral online en de hobbywinkel als verkooppunt populair zijn. De hobbywinkel is vooral terugkerend bij mensen die de vorm “als bouw pakket” hebben gekozen. Maar onze productvorm is het educatief materiaal dus zal ons product enkel online verkrijgbaar zijn. Op deze site zal in samenspraak met het Groep T Education college de gepaste educatieve bijlage te vinden zijn. Deze is enkel te verkrijgen als het product gekocht is door het ingeven van de activeringscode die bij in de verpakking zit. Op die manier wordt de educatieve waarde meer onderstreept, wat toch een belangrijk punt was bij de prijsbepaling.

Uit de “P” van plaats valt af te leiden dat het product op een educatief verantwoorde site terecht zal komen. Op deze site zal dan ook de educatieve meerwaarde van het product tot zijn recht komen. Het distributiekanaal is online en er zal via een pakjesdienst gewerkt worden om het product op de gewenste plaats af te leveren. De distributiekosten rekenen we mee door aan de klanten. Ze moeten een extra kost als verzending betalen maar aangezien we niet verder dan België gaan, is deze beperkt. Dit doet de prijs van het fysieke product niet stijgen maar brengt wel nog een extra kost met zich mee.

Product

Deze “P” bevat de verschillende niveaus die een product kan hebben. In dit gedeelte zijn de niveaus van het educatief product kort aangehaald.

Fysiek product

Het product is onze eigen zonnwagen die voornamelijk vervaardigd is uit plexiglas en aluminium. In dit rapport is daarover alles te vinden. Uit de resultaten van bijlage 1 is te zien dat de consument voornamelijk gericht is op een veilige en realistische wagen. Daarom is er bij ons ook voor gekozen om de wagen een realistisch uitzicht te geven.

Uitgebreid product

Er is verder gewerkt onder de merknaam Helios vandaar ook de naam “Helios Pro Car”. De link met de zon en de educatieve meerwaarde (helios is Grieks voor zon) is daardoor meteen gemaakt. De verpakking mag iets opvallender zijn net zoals ons logo al is. De kinderen zullen meteen de link leggen met het racen en dergelijke. Het logo van ons team zal dan ook op de verpakking verschijnen. In de verpakking vinden ze een kort boekje met al een kleine aanzet tot het educatiever verhaal en uiteraard de activeringscode voor het educatieve materiaal op onze site. De site is dan ook een zeer belangrijke toegevoegde eigenschap en biedt ook een service naar de klant toe. Ook de service voor het leveren van het product is een uitbreiding waar de klant een kleine kost voor betaald.

Totaal product

Op de site vinden de kinderen naast het educatieve verhaal ook al de verhalen van de Solar wagens. Op die manier worden de kinderen ook betrokken bij die opdracht en bloeit de mini ingenieur misschien sneller open in de kinderen. De site, het educatieve verhaal op de site, het leveren aan huis en het kernproduct zorgen toch voor een sterk product dat hopelijk zo ook ervaren wordt.

Uit de “P” van product is af te leiden dat het om meer dan enkel een wagen gaat. De site biedt het educatieve materiaal aan en verteld de kinderen een verhaal. Het sleurt ze mee in het Solar team en leert hen wat er allemaal met groene energie aan te vangen valt.

Promotie

Deze "P" is gericht op het stimuleren van de verkoop. Voor een educatief product moet dit meer gericht zijn op leerkrachten, scholen, ouders en kinderen. Uit de resultaten in bijlage 1 valt af te leiden dat de ouder die het gepaste geld wil geven, voornamelijk een zelfstandige, bediende of arbeider is. Er zal niet op gepensioneerde of studenten gemikt moeten worden.

Voor onze public relations wordt er vooral gerekend op de meerwaarde die de Groep T leerkrachten creëren. Ook kan het CLB het product aanraden bij de scholen. De nood aan alternatieve energie moet al vanaf een jonge leeftijd gestimuleerd worden voor een betere toekomst te hebben. Daarom heeft ons product ook een maatschappelijk belang want de kinderen (de energiegebruikers van de toekomst) zien dat groene energie werkt. Met deze argumenten kan er ook bij de overheid worden aangeklopt. Zo kunnen zij ons aanbevelen bij het onderwijs en ons zo een goede reputatie geven. Hierdoor worden de scholen en ouders meteen bereikt.

In het geval van de kinderen is er vooral gericht op de kindertelevisie. Uit de resultaten in Bijlage A is af te leiden dat er met 3 inwonende meer interesse in de wetenschap is dan wanneer er 2 inwonende zijn. Dus vanaf het moment dat er een kind bijkomt, willen de ouders hun kind enige wetenschappelijke interesse bijbrengen. Hieruit valt dus af te leiden dat onze reclame niet onopgemerkt voorbij zal gaan en er ook naar de ouders toe gewerkt mag worden. Het voorstel voor promotie is dan ook om op kinderzenders reclame over het Solar team te brengen en te verwijzen naar onze SSV.

Uit de "P" van promotie valt af te leiden dat het product ook een maatschappelijk belang heeft en dus via allerlei onderwijsinstellingen kan aanbevolen worden bij de scholen. De promotie heeft dan ook als doel om het nut van onze SSV en de educatieve meerwaarde extra in de verf te zetten. Indien dit niet lukt, zal er een groter budget moeten voorzien worden om ons ook op andere kanalen te richten (bijvoorbeeld meer op de ouders) en onze doelgroep dichter te benaderen.

Conclusie

Het totale product is een wagen van 174 euro met een educatieve meerwaarde. Deze meerwaarde wordt gecreëerd door het Groep T Education college via een website. In de verpakking zit de activeringscode die de consument toegang geeft tot al het educatieve materiaal op de website. Op die website worden de kinderen ook meegesleurd in het Solar verhaal van Groep T. Op die manier worden dus de toekomstige studenten geboren en worden de toekomstige verbruikers overtuigd van groene energie. Ons product heeft nut en meerwaarde, alleen moeten we dit nog duidelijk proberen over te brengen naar de mensen. Onze conclusie is dan ook dat dit een goed winstgevend goed kan zijn voor het Solar Team indien alles vlot verloopt en de doelgroep bereikt wordt.

Uiteindelijke kosten Project

Productomschrijving	Prijs (€)	Verzendingskosten (€)	Leverancier/winkel	Datum	Teamlid
Tandwielen + lijm	17,2	0	Albatros	30/03/2012	Yanick van Hoeymissen
Lagers + schroeven (albatros)	37,2	0	Albatros	3/04/2012	Yanick van Hoeymissen
as + tandwielen + axiale lagers	33,02	6,95	Conrad	23/03/2012	Yanick van Hoeymissen
Plexiglas	28	0	KU Leuven Fablab	30/03/2012	Yanick van Hoeymissen
Spuitbus wit	4,95	0	Brico vilvoorde	14/04/2012	Yanick van Hoeymissen
Constructie tuinstoel	18,3	0	Brico vilvoorde	21/04/2012	Yanick van Hoeymissen
Lagers	3,3	0	Albatros	9/05/2012	Yanick van Hoeymissen
Totale prijs (inc. Verzendingskosten)	€ 141,97				

Tabel 9: kosten project

Procesverslag

Inleiding

Dit verslag gaat over het parcours dat het team heeft afgelegd om van een zonnepaneel en motor een zonnewagen te maken. In tegenstelling tot het bovenstaande deel zal het hier niet gaan over de berekeningen en de bouw. In dit deel draait het rond de samenwerking binnen het team. De problemen, de sterktepunten en de werkpunten worden hier aangehaald zodat ieder teamlid uit dit project lessen kan trekken en volgende projecten steeds vlotter en vlotter zullen verlopen.

Planning

Bij de start van het project is er een Gantt Chart opgesteld. Dit is een overzichtelijk Excel bestand waarin alle taken van het gehele project gerangschikt staan. Elk teamlid krijgt meerder taken toegewezen. Het is de bedoeling dat elk teamlid zich in de loop van het project zo veel mogelijk aan deze taakverdeling houdt. In de paasvakantie zijn hier wel enkel problemen rond ontstaan, niet iedereen heeft zich toen aan zijn taken gehouden. In deze periode was de bouw van enorm belang waardoor er enkele problemen ontstonden met het bouwen van de wagen. Taken werden van eigenaar verschoven wat enkele problemen gaf en waardoor sommige teamleden de taken van anderen moesten vervullen.

De organisatie is gedurende de paasvakantie daardoor zeer stroef verlopen. Het grootste probleem lag aan de communicatie. Het meest gebruikte kanaal was Facebook, dit bleek niet het best gekozen kanaal te zijn. Na de paasvakantie werd er op andere manieren gecommuniceerd, bellen en berichten sturen via GSM, waardoor het teamwerk veel vlotter verliep.

Ook bij het naderen van case 1 waren er enkele gebreken in de communicatie tussen de teamleden onderling. Dit is opgelost door er met het team over te praten. Tijdens dat gesprek is er op gehamerd dat de communicatie vlotter moet verlopen, wat ook te merken is in het verdere verloop van het project.

Toch haalt ieder teamlid het gebrek aan communicatie aan in zijn persoonlijk kijk op de samenwerking. De communicatie is dus een werkpunt voor het team en een aandachtspunt voor volgende projecten.

Wanneer de Gantt Chart op het einde van het project vergeleken wordt met deze in het begin is het opvallend dat enkele taken zijn verschoven van teamlid. Een ander opmerkelijk punt is dat redelijk veel teamleden een kleine bijdrage hebben geleverd in de taken van andere teamleden. Er was dus ruimte voor flexibiliteit en iedereen hielp goed mee als een teamlid met een probleem zat.

Samenwerking

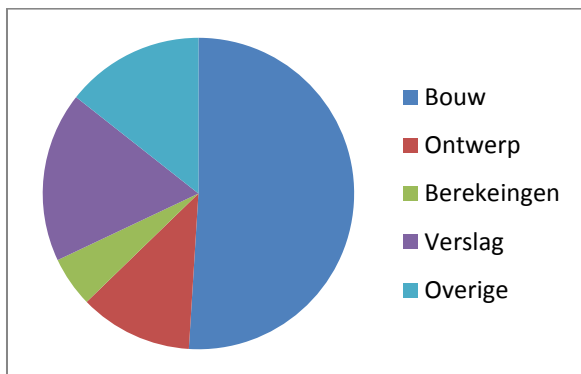
Voor elk teamlid is een taartdiagram opgesteld om te tonen hoeveel tijd in elke taak gestoken is. Alle taken zijn onderverdeeld in volgende subgroepen:

- Bouw
- Ontwerp
- Berekeningen
- Verslag
- Overige

De subgroep overige verwijst naar de seminars, studeren voor de testen,

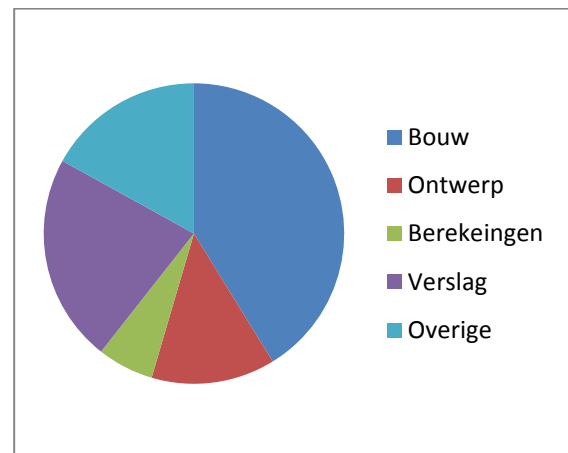
Stijn:

Totaal uren: 76,5u



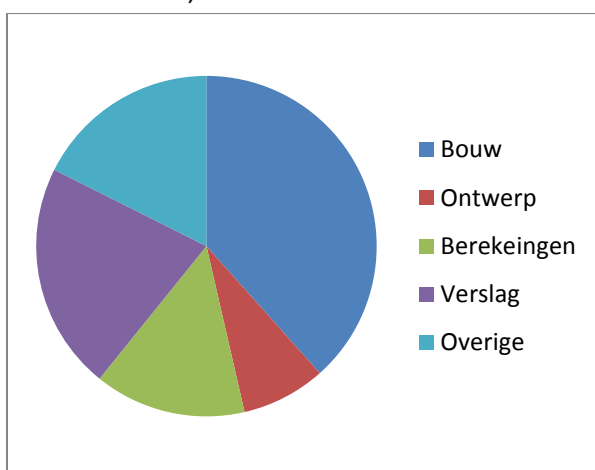
Joke:

Totaal uren: 85,5u



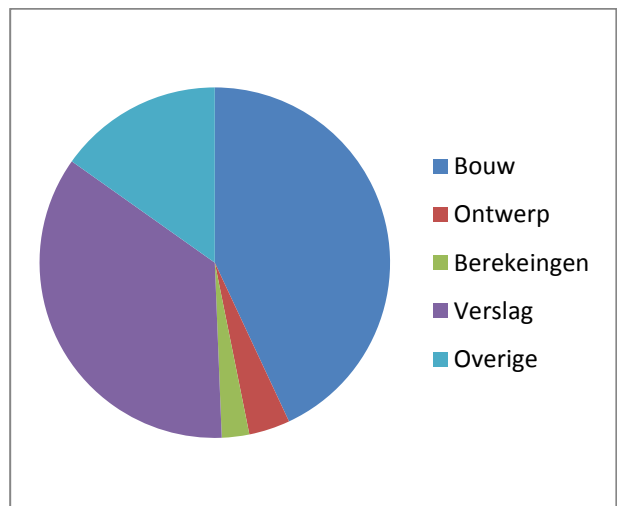
Rens:

Totaal uren: 63,5u



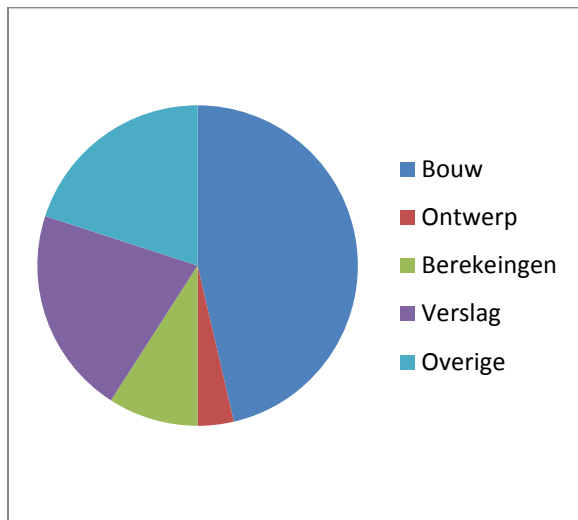
Yanick:

Totaal uren: 85u



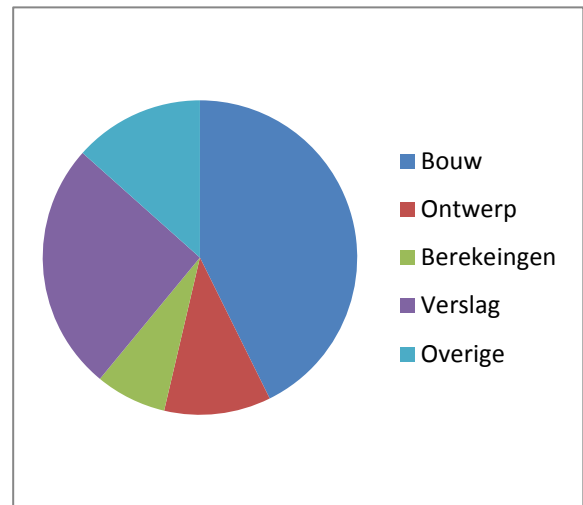
Olivier:

Totaal uren: 55u



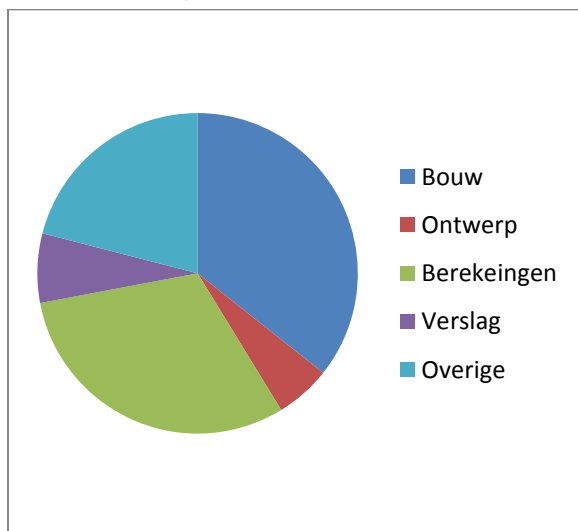
Louis:

Totaal uren: 83u



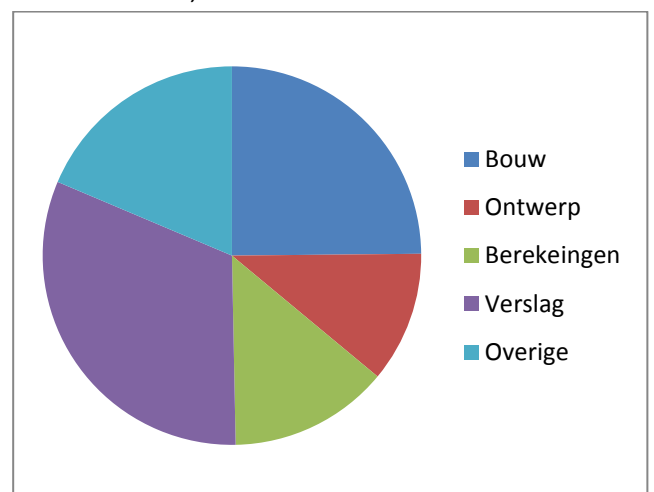
Vince:

Totaal uren: 61,5



Jeffrey:

Totaal uren: 80,5u



In deze diagrammen is te zien dat elk teamlid enorm veel tijd heeft gestoken in de bouw. De verdeling van de taken is ook zo gebeurd dat er voldoende afwisseling was en dat ieder teamlid kon meewerken aan elk aspect van het bouwen van de wagen. Op deze manier wordt ook het meeste kennis en ervaring bereikt op elk gebied.

Een klein werkpunt is dat het team veel apart heeft gewerkt in het eerste deel van het project. Wanneer er aan de bouw begonnen werd is iedereen veel vaker beginnen samen te werken dan het werk alleen op kot of thuis te verrichten. Dit zorgt voor meer sfeer en vermijd ook meer fouten. In het begin werd alles besproken op de vergadering en dan werkte iedereen alleen. Een probleem werd op de volgende vergadering besproken. Wanneer je naast elkaar werkt kan je veel sneller hulp vragen of om controle vragen. Dit is efficiënter en zou het team tijd hebben bespaard in het begin van het project. Naar het einde toe is dit enorm verbeterd en was de samenwerking veel beter.

Vaardigheden

Tijdens de vergaderingen was er altijd een goede sfeer. Dit kwam mede door de buitenschoolse activiteiten die er met het team zijn geweest.

Zoals eerder vermeld was de communicatie een heikel punt. Hierin moet, zoals eerder vermeld, verbetering in komen. De verschillende communicatie kanalen, zoals sms en Facebook, moeten meer gebruikt worden.

Alle teamleden hebben leren werken met de machines in Fablab. Ieder teamlid heeft ook veel meer kennis verworven over motoren en zonnepanelen. In het begin was dit natuurlijk niet even gemakkelijk en werd er niet meteen heel efficiënt gewerkt. Iedereen leerde wel snel bij waardoor dit niet echt een probleem vormde.

Op vlak van organisatie waren er enkele problemen omdat niet iedereen in dezelfde klasgroep zat. Het team bestaat uit twee verschillende groepen en tijdens het plannen van vergaderingen moet er rekening gehouden worden met twee verschillende lessenroosters. Dit zorgde ervoor dat vergaderingen plannen moeilijk was. Zeker wanneer er veel aan de bouw gewerkt werd en er over lange tijdspannes gewerkt werd was het moeilijk als enkele teamleden voor enkele uren naar de les moesten. Dit is echter iets waar het team zelf niks aan kan veranderen.

De grootste vaardigheid dat het team mistte was de kennis over het bewerken en bevestigingen van plexiglas. Er werd geprobeerd met verschillende lijmen waarvan er vele loskwamen. Dit aspect zorgde voor enorme frustraties en vertragingen. Door raad te vragen aan de mensen in Fablab en door een grondige research te doen naar de eigenschappen van alle materialen en lijmen is dit probleem opgelost.

Conclusie

Om een goede conclusie te kunnen formuleren is er aan ieder teamlid gevraagd om zijn/haar eindoordeel te vellen. Hierbij wordt meestal aangehaald dat er enorm veel transformaties zijn gebeurd aan de wagen. Tijdens deze transformaties was het niet altijd even fijn en zakte de moed soms in de schoenen maar, zoals een teamlid mooi verwoordde, maakt het niet uit hoeveel fouten of transformaties er gebeurd zijn, als hetgeen we afgeven maar prachtig is. Er werd zo vaak mogelijk geprobeerd de sfeer erin te houden en elkaar aan te moedigen met een positief resultaat tot gevolg. Ook over het proces is iedereen positief. Vaak werd aangehaald dat de transformaties zijn gebeurd na goede en efficiënte vergaderingen. Er was ruimte voor discussie en er werd samen beslist over de volgende stappen.

Het was dus een parcours met veel hoogtes en laagtes maar de finish is bereikt op de meest mooie manier mogelijk.

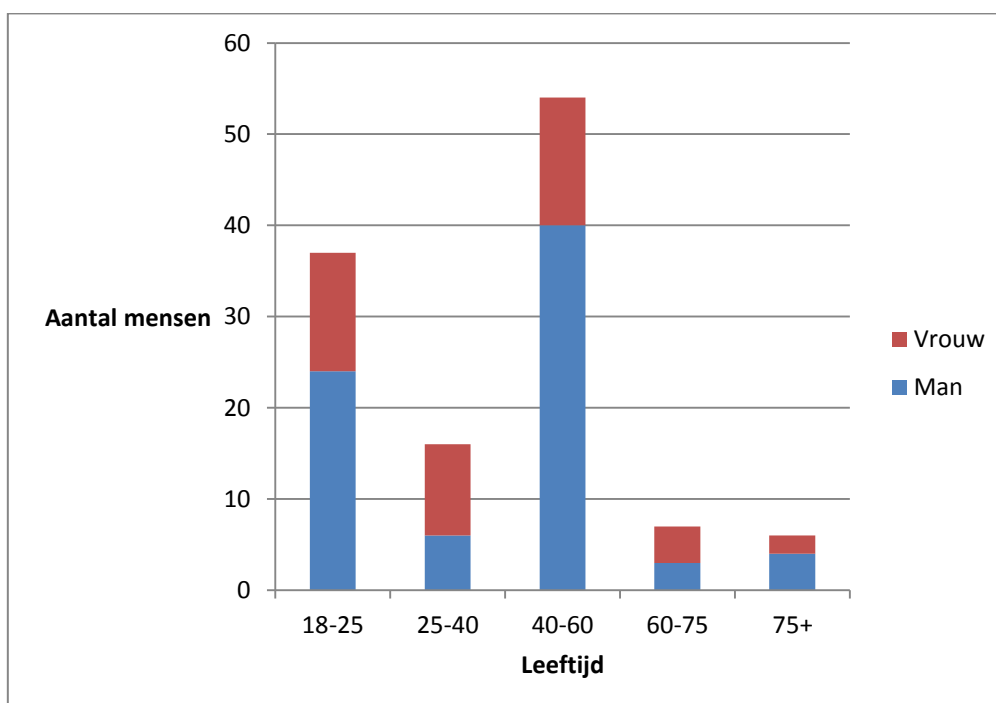
Bronnen

- [1] "How to make gearbox | Let's Make Robots!" [Online]. Available: <http://letsmakerobots.com/node/7356>. [Accessed: 10-mei-2012].
- [2] "De Marketingmix - 4 P's | Zakelijk: Marketing". [Online]. Available: <http://zakelijk.infonu.nl/marketing/1381-de-marketingmix-4-ps.html>. [Accessed: 10-mei-2012].
- [3] "Wrijvingscoefficient, Rolweerstand, Luchtweerstand". [Online]. Available: <http://www.tribologie.nl/abc/cof.htm>. [Accessed: 10-mei-2012].

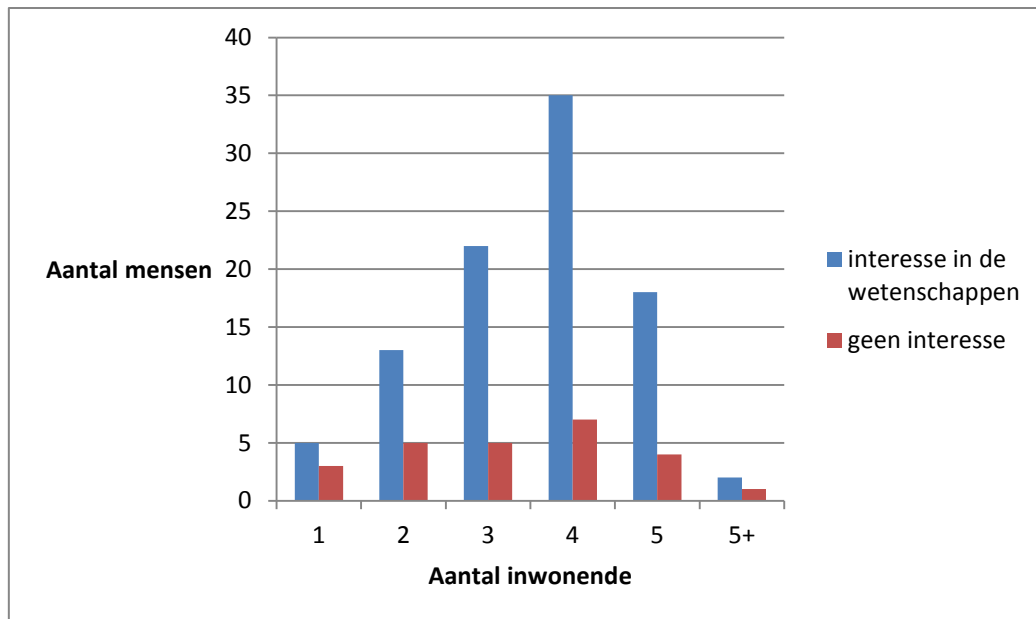
Bijlage A: Resultaten Enquête

	€0-€50	€50-€75	€75- €100	€100-€150	€150- €200	€200- €250	€250- €300	>€300	Totaal
Als speelgoed voor kinderen.	12	8	3	5	4	3	3	1	39
Als educatief materiaal op scholen	7	9	9	2	3	4	5	4	43
Als bouwpakket voor uw vrije tijd.	5	5	7	6	4	3	2	2	34
Andere	1							3	4
Totaal	25	22	19	13	11	10	10	10	120

Leeftijd	18-25	25-40	40-60	60-75	75+	Totaal
Man	24	6	40	3	4	77
Vrouw	13	10	14	4	2	43



Inwonende	1	2	3	4	5	5+	Totaal
interesse in de wetenschappen	5	13	22	35	18	2	95
geen interesse	3	5	5	7	4	1	25



Eigenschappen

Eigenschappen	Aantal aangeduid
Veilig	78
Snel	28
Stevig	56
Mooi	29
Realistisch	50
Andere	
Duurzaam	2

Prijs	0-50	50-75	75-100	100-150	150-200	200-250	250-300	300 +
Supermarkt	8	5	0	1	0	0	1	0
Hobbywinkel	4	5	13	7	8	3	4	5
Speelgoedwinkel	7	9	5	1	0	0	0	0
Online	6	3	1	4	3	7	5	2
Andere	0	0	0	0	0	0	0	3

Prijs	0-50	50-75	75-100	100-150	150-200	200-250	250-300	300 +
Arbeider	2	2	2	3	3	5	4	3
Bediende	6	5	7	6	5	2	2	6
Zelfstandige	3	2	1	1	1	3	4	
Student	9	8	7	2	2			1
Gepensioneerd	3	5	2					
Werkloos	2			1				

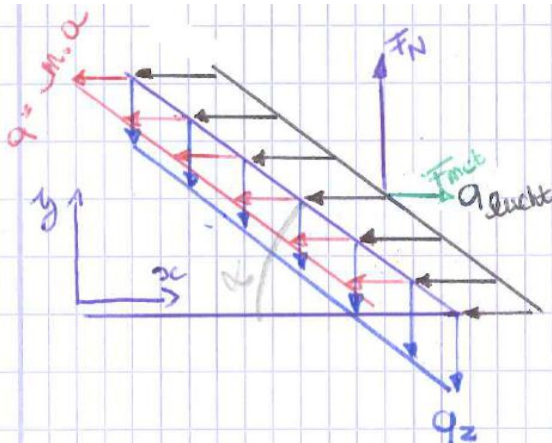
Bijlage B: Krachtenberekeningen

Krachten op het zonnepaneel

De hoek van het zonnepaneel, waarunder de zonnecellen het meeste krachten ondervinden, wordt berekend via de maximale kracht verticaal op het zonnepaneel.

Het wagentje bevindt zich op het vlakke deel van het parcours omdat hier de zwaartekracht volledig moet worden opgevangen door het wagentje.

Op dit punt: $a = 2 \text{ m/s}^2$ $v = 4 \text{ m/s}$ $t = 2 \text{ s}$
 $m = 0,350 \text{ kg}$



$$F = m \cdot a$$
$$= 0,350 \text{ kg} \cdot 2 \text{ m/s}^2$$
$$= 0,700 \text{ N}$$

$$F_z = m \cdot g = 0,350 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$$
$$= 3,48 \text{ N}$$

De zwaartekracht wordt voorgesteld door een verdeelde belasting, omdat het zonnepaneel door een balk over de gehele lengte wordt ondersteund.

$$F_{\text{lucht}} = \frac{1}{2} c_w \cdot v^2 \cdot \rho \cdot A \cdot \frac{1}{2} \cdot 0,5 \cdot (4 \text{ m/s})^2 \cdot 1,293 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,22 \text{ m} \cdot 0,28 \text{ m} \cdot \sin \alpha$$
$$= 0,219 \cdot \sin \alpha \text{ N}$$

$$F_{\text{max}} = F \cdot \sin \alpha + F_{\text{lucht}} \sin \alpha + F_z \cdot \cos \alpha$$

$$\frac{dF_{\max}}{dk} = F \cos k \cdot i + F_{\text{lucht}} \cos k \cdot i - F_2 \sin k \cdot i = 0$$

$$\Rightarrow \frac{F_2}{F + F_{\text{lucht}}} = \frac{\cos k}{\sin k}$$

$$\Rightarrow \frac{3,43 \text{ N}}{0,700 \text{ N} + 0,319 \text{ N} \cdot \sin k} = \frac{\cos k}{\sin k}$$

$$\Rightarrow 3,43 = 0,7 \frac{\cos k}{\sin k} + 0,319 \cos k$$

$$k = 13^\circ$$

$$\Sigma F_y = 0$$

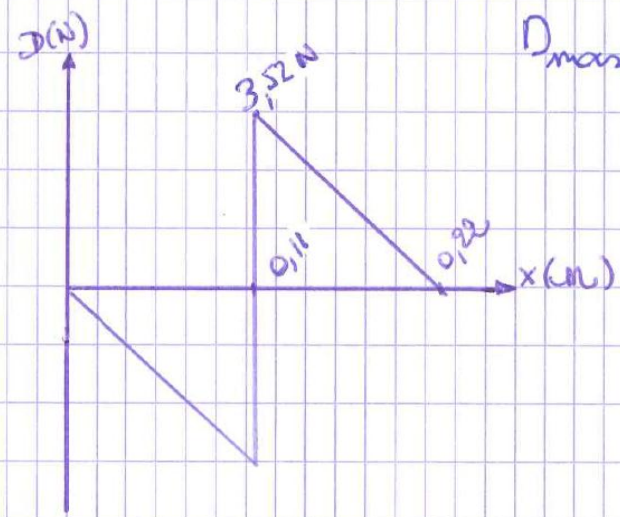
$$F_N = F_2 = 3,43 \text{ N}$$

$$F_{\text{lucht}} = 0,319 \cdot \sin 13^\circ = 0,092 \text{ N}$$

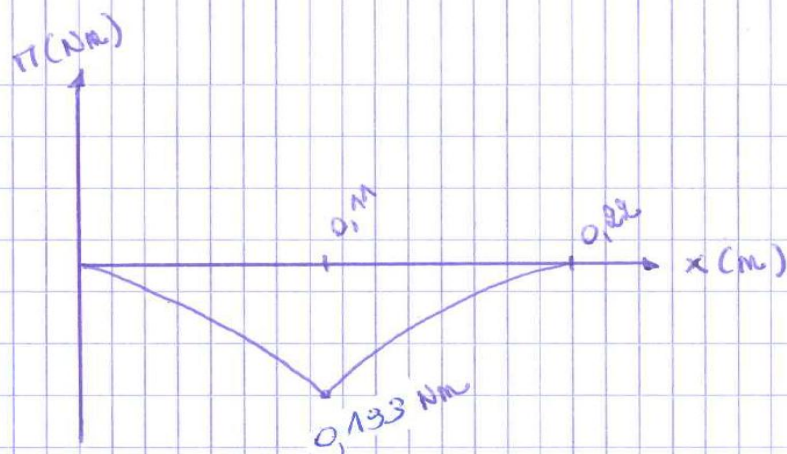
$$\Sigma F_x = m \cdot a$$

$$F_n = F_{\text{lucht}} + F = 0,319 \cdot \sin 13^\circ + 0,700 = 0,992 \text{ N}$$

$$D_{\text{max}} = \frac{F_N \cdot \cos 13^\circ + F_n \cdot \sin 13^\circ}{2} = 3,52$$



In de breedte zal de dwarskracht het grootst zijn want hier heeft het paneel maar 1 steunpunt.



$$I = \frac{0,22 \cdot (0,0022)^3}{12} = 6,59 \cdot 10^{-10} \text{ m}^4$$

$$D_{\max} = 352 \text{ N}$$

$$\pi_{\max} = 0,133 \text{ Nm}$$

$$h = 0,0022 \text{ m}$$

$$b = 0,22 \text{ m}$$

$$l = 0,22 \text{ m}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{D_{\max} \cdot y}{I \cdot b} = \frac{352 \cdot 0,22 \cdot 0,0165 \cdot 0,00225}{6,59 \cdot 10^{-10} \cdot 0,22}$$

$$\underline{\sigma_{\max} = 727 \text{ kPa}}$$

$$\tau_{\max} = \frac{\pi_{\max} \cdot y}{I} = \frac{0,133 \cdot 0,0165}{6,59 \cdot 10^{-10}}$$

$$\underline{\tau_{\max} = 4832 \text{ kPa}}$$

$$\sigma = E \cdot \epsilon \Rightarrow \epsilon_{\max} = \frac{\sigma_{\max}}{E} = \frac{4,832 \cdot 10^5 \text{ Pa}}{69 \cdot 10^8 \text{ Pa}} = 7,003 \cdot 10^{-5} \text{ m}$$