

Case SSV: Part 2

EE4- Building a SSV



**Quentin Cant
Hendrik Celis
Tom Keuleneer
Wouter Segers
Christoph Van Winkel
Koen Verniers**

**Team PM1
Coach: Goethals Pauwel
21 maart 2014**

Inhoudsopgave

I. IMPACTEXPERIMENTEN	4
I.1. PROEFOPSTELLING	4
I.2. RESTITUTIECOËFFICIËNT	4
I.3. SNELHEID VAN DE SSV	5
I.4. OMZETTEN VAN DE DATA	6
I.5. CONCLUSIE	7
II. HET SANKEY DIAGRAM	7
2.1. TOTALE VERMOGEN	7
2.2. VERLIEZEN DOOR HET ZONNEPANEEL	7
2.3. VERLIES IN DE MOTOR	8
2.4. VERLIES IN DE OVERBRENGING	8
2.5. VERLIES DOOR LUCHTWEERSTAND	8
2.6. VERLIEZEN DOOR WRIJVING	8
2.7. BEPALEN V_{MAX}	9
2.8. SANKEY DIAGRAMMEN	9
II. STERKTEBEREKENINGEN	12
III. 2D-TECHNISCHE TEKENINGEN	14
IV. HET BOTSINGSPROCES	14
5.1. DEELVRAAG A	14
5.2. DEELVRAAG B	15
5.3. DEELVRAAG C	15
5.4. DEELVRAAG D	16
V. BIJLAGEN	17
6.1. DESIGN SSV	17
6.1.1. FRAME	17
6.1.2. WIELEN	19
6.1.3. ASSEN	20
6.1.4. LAGERS	20
6.1.5. MOTOR	21
6.1.6. ZONNEPANEEL	21
6.2. 2D - TECHNISCHE TEKENINGEN	22

Lijst van Weergegeven figuren

Figuur 1 - Hoogte bal in functie van afstand tot SSV	5
Figuur 2 - Grafische Weergave Impacttest 2	6
Figuur 3 - Impactkracht in functie van vertrekhoogte bal	6
Figuur 4 - Sankey Diagram bij maximale snelheid SSV	9
Figuur 5 - Sankey Diagram bij halve snelheid SSV	11
Figuur 6 - Vereenvoudigd model SSV voor sterkeberekeningen	12
Figuur 7: Frame SSV	17
Figuur 8: Zijkant SSV	18
Figuur 9: Stootplaat SSV	18
Figuur 10: Bevestiging Wielen SSV	19
Figuur 11: Koperen assen en detail aandrijving	20
Figuur 12: Lagerhouders	20
Figuur 13: Detail motor	21
Figuur 14: Totaalbeeld SSV	22

I. Impactexperimenten

In deze paragraaf worden de impact testen besproken en welke conclusies hieruit getrokken kunnen worden.

I.1. Proefopstelling

Voor het experiment werd een krachtcel (PCB 200C20) bevestigd op een gewicht van 780g en opgehangen als een pendel. Deze pendel werd van 5 verschillende hoogtes op de stilstaande SSV losgelaten. Het moment van impact werd geregistreerd met de krachtcel. Deze krachtcel is een Piëzo-elektrometer. Deze kan vibraties meten via de verschillen in spanning die variëren tijdens de impact. De Piëzo-elektrometer meet elke 1E-5 seconde de spanning.

Voor het signaal naar de DAQ gaat word het signaal versterkt met een factor 100. Na de versterking is het signaal 10 keer preciezer. Dit komt doordat externe signalen geen invloed hebben op de metingen. De DAQ zal de informatie in een programma verwerken en plotten.

Duizenden signalen werden geregistreerd en geplott in een grafiek. De test werd 5 keer herhaald en elke grafiek had dezelfde vorm met drie pieken. De verwachting was 1 grote piek tijdens het moment van impact. De drie pieken wijzen aan dat er voor en na het moment van impact een actie-reactie moment plaatsvind. De middelste piek is het moment van impact. Dit is ook de grootste piek.

Naast de metingen met de Piëzo-elektrometer werd ook de lengte van het touw en de afstand van de massa tot de SSV gemeten.

I.2. Restitutiecoëfficiënt

De restitutiecoëfficiënt komt voort uit de verkregen data. Bij de hoogste piek (B in de formule) wordt de meeste energie van de pendel op de SSV overgedragen. Na de piek van impact volgt een nieuwe piek (A in de formule). Dit is het moment waarop de SSV contact verliest met de massa. De verhouding van deze twee metingen benadert de restitutiecoëfficiënt.

$$Cr = \frac{A}{B}$$

Deze waarde kan vergeleken worden met de restitutiecoëfficiënt die gekozen werd in Case SSV – Part 1. Deze bedroeg 0,85.

1.3. Snelheid van de SSV

Het is mogelijk om de snelheid van de SSV te berekenen na het moment van impact. In het begin heeft de massa enkel potentiële energie. Deze energie zal omgezet worden in kinetische energie op de SSV. Met de wet van behoud van energie is het mogelijk hieruit de snelheid van de SSV te berekenen.

$$\frac{m_{SSV}v^2}{2} = m_{blok}gh$$

m_{blok} = massa van het gewicht = 0.780 kg

v = snelheid van de SSV

m_{SSV} = massa van de SSV = 1.5 kg

g = gravitatie constante = 9.81 N/kg

h = hoogte van de bal

De hoogte van de balk komt voort uit de stelling van Pythagoras. De lengte van het touw ($L=1,2m$) is bekend en de afstand tussen de massa en de SSV ($X_1=0,25m$, $X_2=0,40m$, $X_3=0,55m$, $X_4=0,70m$, $X_5=1,0m$).

$H_1 = 0.026m$

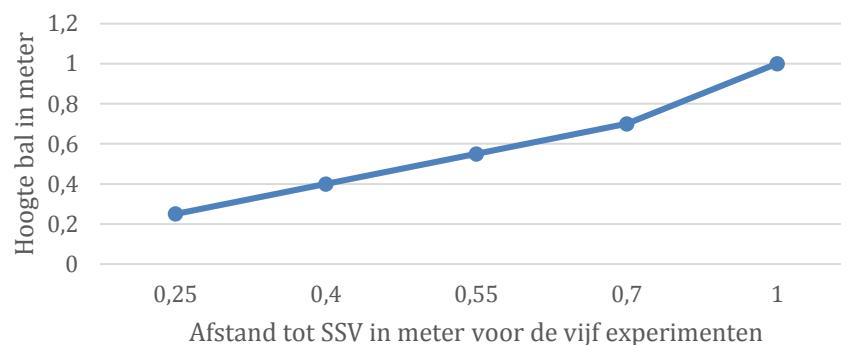
$H_2 = 0.067m$

$H_3 = 0.130m$

$H_4 = 0.200m$

$H_5 = 0.420m$

Hoogte bal



Figuur 1 - Hoogte bal in functie van afstand tot SSV

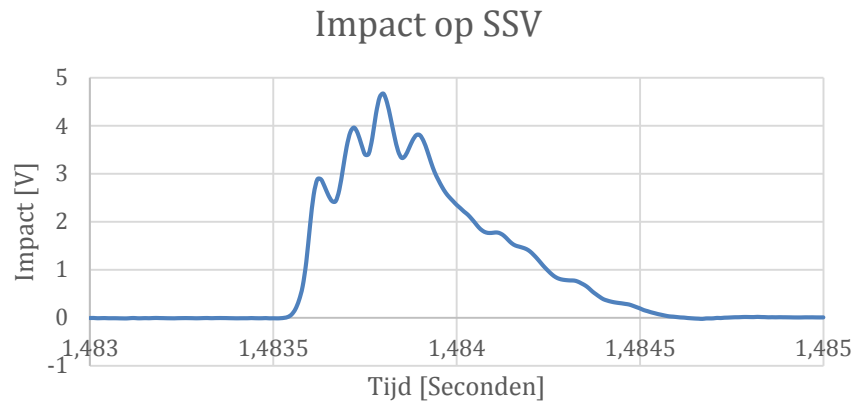
Uit voorgaande berekeningen bleek dat de SSV de bal tot op ongeveer 1m hoogte krijgt. Dit komt overeen met de laatste hoogte. Door de laatste hoogte in te vullen is het mogelijk de benodigde snelheid te berekenen en deze te vergelijken met de snelheidswaardes uit voorgaande berekeningen en simulaties.

$$V = 3,96 \text{ m/s}$$

Deze snelheid verschilt van de 3,2m/s (de snelheid van de SSV berekend is Case SSV 1). Dit komt doordat de SSV niet de optimale massa heeft en de afstandsmetingen niet heel nauwkeurig werden opgemeten. Deze berekening van de snelheid houdt geen rekening met verliezen.

I.4. Omzetten van de data

Figuur 2 geeft een grafische weergave van de testresultaten van de tweede impacttest; hierbij wordt het meettoestel op van op een hoogte van 6.7 cm relatief ten opzichte van het baanoppervlak losgelaten, waarna het tegen de SSV slingert.



Figuur 2 - Grafische Weergave Impacttest 2

De sensitiviteit van de PCB200C20 is terug te vinden in de datasheet. De data kan omgezet worden naar newton; hierdoor is het mogelijk de data te interpreteren.

De algemene formule is:

$$\frac{y}{a} = xs$$

$$y = xsa$$

y = De gemeten spanning (V)

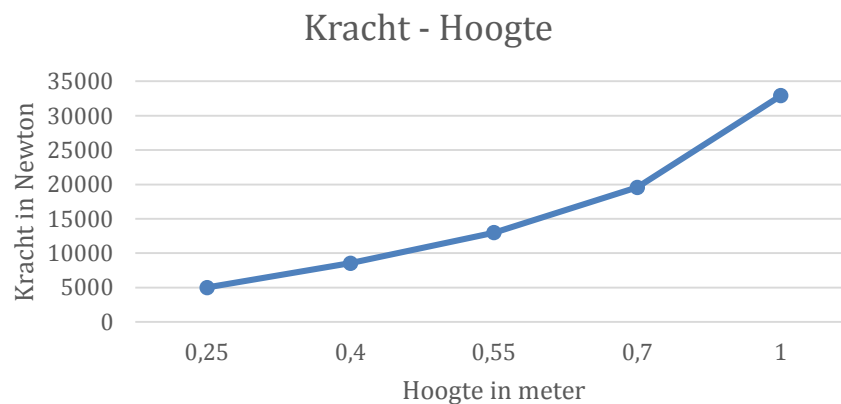
x = De gemeten kracht (N)

a = De vermenigvuldigingsfactor (10 [dimensie loos])

s = sensitiviteit is de spanningsoutput per newton 56.2 [mV/kN]

De formule moet herschreven worden om de kracht te bepalen:

$$x = \frac{y}{56.2 \times 10^{-5} \frac{V}{N}}$$



Figuur 3 - Impactkracht in functie van vertrekhoogte bal

I.5. Conclusie

Tijdens de race zal niet de bal voor een impact op de SSV zorgen maar de op SSV op bal. Met de impact test is het mogelijk enkele parameters van vorige cases te herberekenen en te vergelijken. De resultaten van deze test verschillen een beetje met andere berekeningen, dit betekend het experiment representatief is. Het experiment is een goede simulatie voor de impact op de auto. Met de resultaten is het mogelijk sterkte berekeningen te doen om te zien of de SSV de impact kan doorstaan.

II. Het Sankey diagram

Het Sankey diagram geeft een visuele weergave van de vermogensverliezen in de SSV. Hieruit kan men het nuttige vermogen berekenen die nodig is voor de acceleratie van de SSV. Tijdens de berekening is er aangenomen geweest dat de zon een stralingswarmte van 800 W/m^2 heeft (BRON). In het 1^{ste} deel word het nuttige vermogen voor de maximale snelheid berekend, vervolgens word er in het 2^{de} deel het vermogen berekend voor de halve snelheid.

Voor de vermogensverliezen te berekenen moet men eerst het totale vermogen berekenen. Hieruit kon men de verliezen bereken. Bij de berekening van de verliezen werd en rekening gehouden met de verliezen van het zonnepaneel, de motor, de overbrenging, de rolwrijving en de luchtweerstand.

2.1. Totale vermogen

Oppervlakte zonnepaneel:

$$OPP = A(BH) = 0.0423 \text{ m}^2$$

A = aantal zonnecellen = 16

B = breedte van 1 zonnecel = 0.063m

H = hoogte van 1 zonnecel = 0.042m

Het totale vermogen is gelijk aan de oppervlakte vermenigvuldigd met de stralingssterkte per vierkante meter.

$$P_{in} = OPP \cdot G = 33.87 \text{ Watt}$$

$$G = 800 \text{ W/m}^2$$

2.2. Verliezen door het zonnepaneel

Aangezien het zonnepaneel enkel nog maar getest is met een lamp, zal het vermogensverlies berekend worden met de waarden van de lamp. Deze geven een mooie weergave van hoeveel verlies er zal optreden bij zonlicht.

Het totale vermogen in het zonnepaneel met behulp van een lamp is:

$$P_{in} = OPP \cdot G_{lamp} = 21,15 \text{ Watt}$$

$$G_{lamp} = 500 \text{ W/m}^2$$

Tijdens de testen is het maximale vermogen gemeten van het zonnepaneel 2,72 Watt: dit komt erop neer dat het rendement van het zonnepaneel gelijk is aan $2,72\text{W}/12,7\text{W} = 12,86\%$.

Het totale vermogensverlies in het zonnepaneel bedraagt dus $(1-0,1286)*33,87W = 29,51$ Watt. Door het grote verlies in de motor blijft er nog 4,36 Watt over.

2.3. Verlies in de motor

De motor heeft een efficiëntie van 84%. Hierdoor is het resterende vermogen die door de motor geleverd word gelijk aan $4,36W * 0,84 = 3,662$ Watt.

2.4. Verlies in de overbrenging

Overbrengingen hebben een verlies van 2% per tandwiel. De SSV maakt bij de overbrenging gebruik van 2 tandwielen. Hierdoor is er een verlies van 4%. Het resterende verlies na de overbrenging bedraagt dan: $0,96* 3,662W = 3,52$ Watt.

2.5. Verlies door luchtweerstand

$$F_{luchtweerstand} = \rho_{lucht} A c_w \frac{v^2}{2}$$

$$\rho_{lucht} = 1.293 \text{Kg/m}^2$$

$$A = 0.05 \text{m}^2$$

$$c_w = 0.5$$

$$v = v_{max}$$

Hierdoor is :

$$P_{luchtweerstand} = F_{luchtweerstand} v_{max}$$

Dus:

$$P_{luchtweerstand} = 0.01616 v_{max}^3$$

2.6. Verliezen door wrijving

$$F_{wrijving} = C_{rr} N \cos(\alpha)$$

$$C_{rr} = 0.012$$

$$N = mg = 1.55 \text{ kg} \cdot 9.81$$

$$\alpha = 0$$

Hierdoor is:

$$P_{wrijving} = F_{wrijving} v_{max}$$

Dus:

$$P_{wrijving} = 0.18247 v_{max}$$

2.7. Bepalen v_{max}

Doordat de acceleratie bij de maximale snelheid gelijk is aan nul, is het vermogen op maximale snelheid gelijk aan:

$$P_{vmax,out} = P_{wrijving} + P_{luchtweerstand} \quad (1)$$

Dus is de kracht bij maximale snelheid gelijk aan:

$$F_{vmax,out} = F_{wrijving} \cdot F_{luchtweerstand} \quad (2)$$

Uit bovenstaande berekeningen weten we dat:

$$P_{out} + P_{wrijving} + P_{luchtweerstand} = 3,52 \text{ Watt} \quad (3)$$

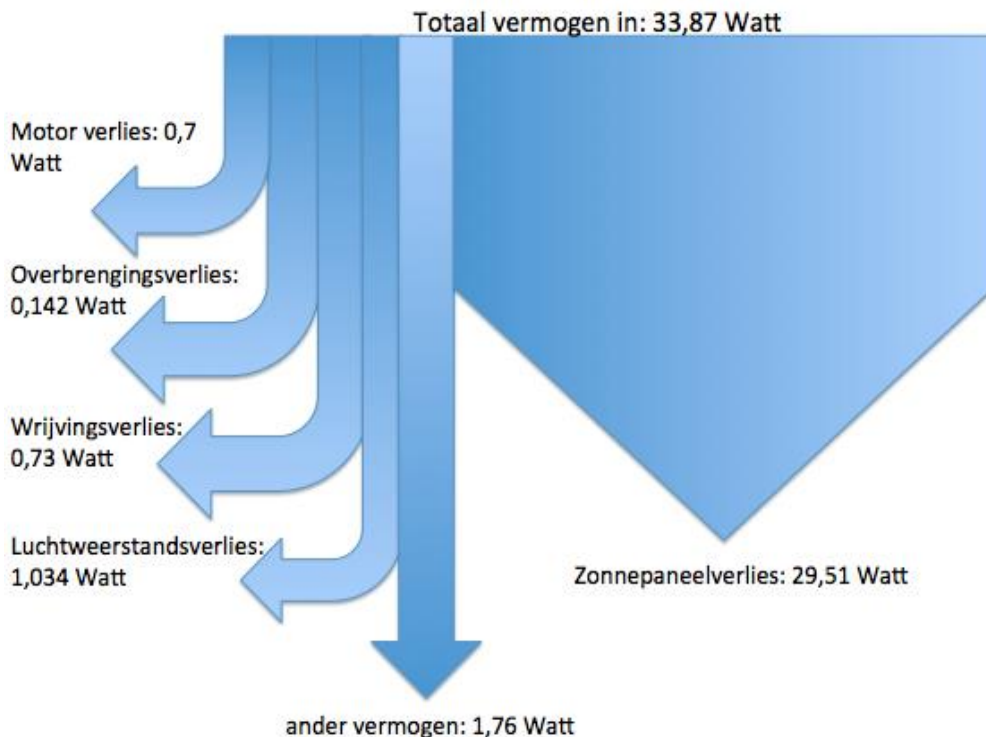
Door vergelijking 1 en 3 te substitueren bekomen we dat:

$$P_{out} = F_{vmax,out} \cdot v_{max} = 1,76 \text{ Watt} \quad (4)$$

Door vergelijking 2 in 4 te vullen komen we een waarde uit voor v_{max} van 4,0 m/s uit. Door de snelheid in te vullen bekomen we de verliezen bij de luchtweerstand en de wrijving. Al deze verliezen zullen leiden tot de volgende sankey diagrammen. Het 1^{ste} diagram is aan volle snelheid en het 2^{de} is aan halve snelheid. P_{out} zou normaal gelijk moeten zijn aan 0 bij maximale snelheid. Hier is dit echter niet het geval. Dit komt doordat er enkele waarden niet goed ingeschat of slecht afgerond zijn. Deze noemt ander vermogen in het Sankey diagram.

2.8. Sankey diagrammen

Al deze verliezen leiden tot de Sankey diagrammen bij volledige en halve snelheid die figuur 1 en 2 respectievelijk weergeven. Het 1^{ste} diagram geldt bij volledige snelheid, het 2^{de} bij halve snelheid.



Figuur 4 - Sankey Diagram bij maximale snelheid SSV

2.9 Verliezen door het zonnepaneel bij halve snelheid

Aangezien het zonnepaneel enkel nog maar getest is met een lamp, zal het vermogensverlies berekend worden met de waarden van de lamp. Deze geven een mooie weergave van hoeveel verlies er zal optreden bij zonlicht.

Het totale vermogen in het zonnepaneel met behulp van een lamp is:

$$P_{in} = OPP \cdot G_{lamp} = 21,15 \text{ Watt}$$

$$G_{lamp} = 500 \text{ W/m}^2$$

Tijdens de testen is het maximale vermogen gemeten van het zonnepaneel 2,4 Watt: dit komt erop neer dat het rendement van het zonnepaneel gelijk is aan $2,4\text{W}/12,7\text{W} = 17,64\%$.

Het totale vermogensverlies in het zonnepaneel bedraagt dus $(1-0,1764) \cdot 33,87\text{W} = 27,9$ Watt. Door het grote verlies in de motor blijft er nog 5,97 Watt over.

2.10 Verlies in de motor

De motor heeft een efficiëntie van 84%. Hierdoor is het resterende vermogen die door de motor geleverd wordt gelijk aan $5,97\text{W} \cdot 0,84 = 5,01$ Watt.

2.11 Verlies in de overbrenging

Overbrengingen hebben een verlies van 2% per tandwiel. De SSV maakt bij de overbrenging gebruik van 2 tandwielen. Hierdoor is er een verlies van 4%. Het resterende verlies na de overbrenging bedraagt dan: $0,96 \cdot 5,01\text{W} = 4,81$ Watt.

2.12 Verlies door luchtweerstand

$$F_{luchtweerstand} = \rho_{lucht} A c_w \frac{v^2}{2}$$

$$\rho_{lucht} = 1,293 \text{ Kg/m}^3$$

$$A = 0,05 \text{ m}^2$$

$$c_w = 0,5$$

$$v = v_{max}$$

hierdoor is :

$$P_{luchtweerstand} = F_{luchtweerstand} v_{max}$$

dus:

$$P_{luchtweerstand} = 0,01616 v_{max}^3$$

2.13 Verliezen door wrijving

$$F_{wrijving} = C_{rr} N \cos(\alpha)$$

$$C_{rr} = 0,012$$

$$N = mg = 1,55 \text{ kg} \cdot 9,81$$

$$\alpha = 0$$

Hierdoor is:

$$P_{wrijving} = F_{wrijving} v_{max}$$

dus:

$$P_{wrijving} = 0,18247 v_{max}$$

2.14 Bepalen v_{max}

Doordat de acceleratie bij de maximale snelheid gelijk is aan nul, is het vermogen op maximale snelheid gelijk aan:

$$P_{vmax,out} = P_{wrijving} + P_{luchtweerstand} \quad (1)$$

dus is de kracht bij maximale snelheid gelijk aan:

$$F_{vmax,out} = F_{wrijving} \cdot F_{luchtweerstand} \quad (2)$$

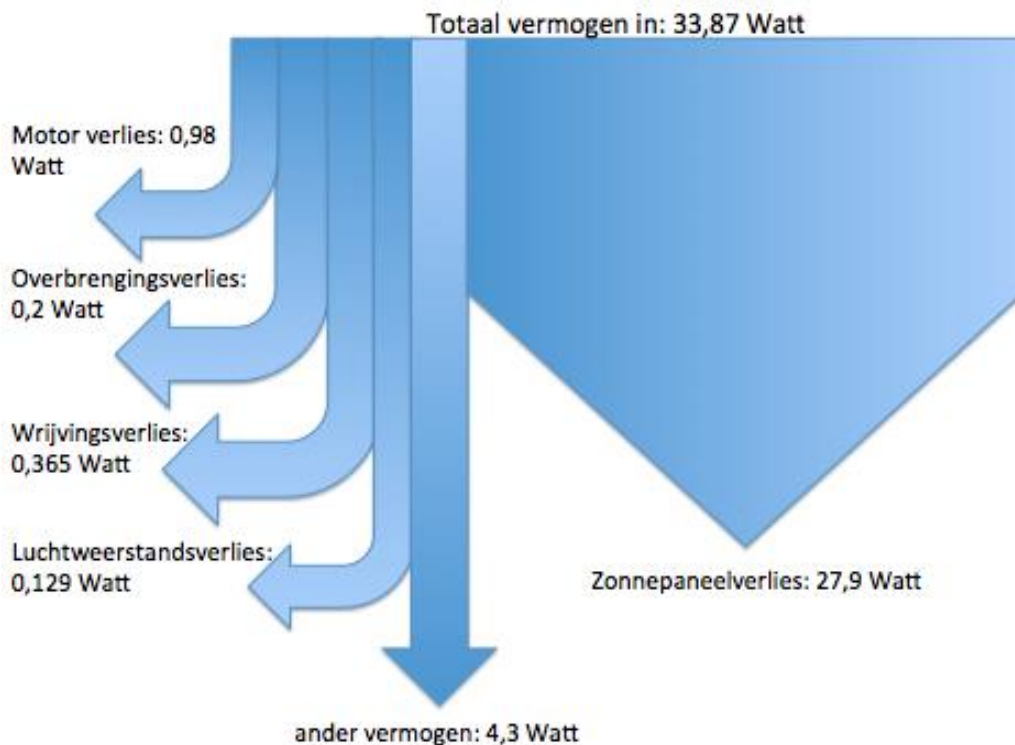
Uit bovenstaande berekeningen weten we dat:

$$P_{out} - P_{wrijving} - P_{luchtweerstand} = 4,81 \text{ Watt} \quad (3)$$

Door vergelijking 1 en 3 te substitueren bekomen we dat:

$$P_{out} = F_{vmax,out} v_{max} = 0,49 \text{ Watt} \quad (4)$$

door vergelijking 2 in 4 te vullen komen we een waarde uit voor v_{max} van 2,0 m/s uit. Door de snelheid in te vullen bekomen we de verliezen bij de luchtweerstand en de wrijving. Al deze verliezen zullen leiden tot de volgende Sankey diagram. Het vermogen dat overblijft wordt gebruikt voor de acceleratie.

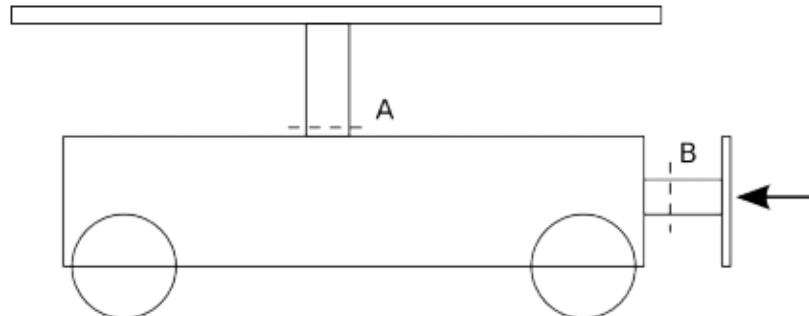


Figuur 5 - Sankey Diagram bij halve snelheid SSV

BRON: (http://www2.vlaanderen.be/economie/energiesparen/doc/brochure_zonlicht.pdf)

II. Sterkteberekeningen

Deze paragraaf toont af of de SSV de belasting tijdens de impact kan overleven. Hiervoor wordt een vereenvoudigd model gebruikt, zoals weergegeven in figuur 3.



Figuur 6 - Vereenvoudigd model SSV voor sterkerekeningen

Figuur 1 geeft een vereenvoudigde weergave van de SSV. In snede A zal buiging optreden omdat de SSV op een zeer korte afstand zeer sterk wordt vertraagd. Aangezien kracht gelijk is aan de massa maal de versnelling zal deze versnelling eerst bepaald moeten worden. Vermits het hier om een vertraging gaat zal deze negatief zijn. De kracht die de SSV tot stilstand brengt wordt afgeleid uit de eerder besproken impacttesten. Deze kracht is echter niet gelijk niet de kracht die in snede A zal optreden want het zonnepaneel heeft niet de totale massa van de SSV. Met de volgende formule kan deze kracht bepaald worden.

$$F = \frac{F_2 m_1}{m_2}$$

m_1 = massa zonnepaneel = 0.375kg

m_2 = massa SSV = 1,50kg

F_2 = 32500N

F = 8125N

Er zal dus een kracht F met een grootte van 8125N inwerken op het punt waar het zonnepaneel aangrijpt op de houder. Deze houder heeft een hoogte van 15cm. In realiteit is het zonnepaneel op de SSV echter gemonteerd onder een hoek van 20° , dus zullen de krachten enigszins anders liggen. Aangezien er een kracht wordt geïnduceerd op een afstand van waar de houder is gemonteerd op de SSV, zal er een moment werkzaam zijn. De grootte van dit moment is gelijk aan:

$$M = Fr$$

Kracht F = 8125N

Afstand r = 0.15m

Moment M = 1219Nm

De houder zal dus belast worden op buiging. De balk is ook zo gekozen dat hij een afmeting van 3cm op 3cm bezit. De schuifspanningen in de balk kunnen berekend worden met de formule

$$\sigma = \frac{My}{I}$$

$$I = (1/12) \cdot 30^4 = 6750000 \text{mm}^4$$

$$M = 1219 \cdot 10^3 \text{Nmm}$$

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

$$\sigma = 27,1 \text{N/mm}^2$$

Na enkel opzoekingen blijkt dat berken multiplex en schuifspanning van om en bij de 55N/mm² kan weerstaan. De reële spanningen zullen deze grens zeker niet bereiken. In snede B zullen er enkel normaalkrachten aanwezig zijn. De afstand in het punt waar de bal aangrijpt zal groot genoeg zijn zodat de spanning verdeeld worden over de gehele oppervlakte. De kracht die voortkomt uit het diagram heeft een grootte van 32500N.

Multiplex kan over het algemeen een normaalspanning opnemen van 50N/mm². Deze waarde is echter zeer variabel want hout is een materiaal dat zeer veel onzuiverheden kan bevatten. De oppervlakte van het stootoppervlak is gelijk aan 3096mm². Dit alles in een formule geeft:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$\text{Oppervlakte } A = 3096 \text{mm}^2$$

$$\text{Kracht } F = 32500 \text{N}$$

$$\text{Max normaalspanning } \sigma = 10.5$$

De inwerkende kracht door impact kan dus vijfmaal keer groter zijn voordat de stoter bezwijkt aan de belasting.

III. 2D-Technische tekeningen

De technische tekeningen & het design van de SSV bevinden zich achteraan "Case 2" in bijlage.

IV. Het botsingsproces

5.1. Deelvraag A

Om de snelheid te berekenen van B en C, onmiddellijk na de eerste impact, worden de formules voor een inelastische botsing gebruikt. Bij deze berekening gaat het over B en C want A blijft aan 6m/s glijden. A weet niet wanneer de botsing zal plaatsvinden.

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 u_1 + m_2 u_2 \quad (1)$$

Met:

$$m_1 = 2\text{kg}$$

$$v_1 = 6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$m_2 = 4\text{kg}$$

$$v_2 = 0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

u_1 en u_2 zijn de snelheden van B en C onmiddellijk na de botsing. De restitutiecoëfficiënt is gelijk aan nul. Dit geeft de volgende vergelijking:

$$0 = -\frac{u_2 - u_1}{v_2 - v_1} \quad (2)$$

Uit vergelijking 2 blijkt dat $u_1 = u_2$. Substitueer vergelijking 2 in 1. Hieruit blijkt dat de snelheid van B en C onmiddellijk na de botsing gelijk is aan $2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

5.2. Deelvraag B

Op het moment dat de SSV botst, is de kinetische energie laag en bereikt de potentiële energie een maximum wanneer de restitutiecoëfficiënt gelijk is aan 0. Met andere woorden: wanneer de snelheid overal gelijk is, is de potentiële energie maximaal in de veer. Om de snelheid te berekenen van B en C na impact wordt er wederom gebruik gemaakt van de formules voor een inelastische botsing. Bij deze berekening worden C en B als een geheel beschouwd.

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 u_1 + m_2 u_2 \quad (1)$$

Met:

$$m_1 = 2\text{kg}$$

$$v_1 = 6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$m_2 = 6\text{kg}$$

$$v_2 = 0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

u_1 en u_2 zijn de snelheden van B en C, onmiddellijk na de botsing. De restitutiecoëfficiënt is gelijk aan nul. Dit geeft de volgende vergelijking:

$$0 = -\frac{u_2 - u_1}{v_2 - v_1} \quad (2)$$

Uit vergelijking 2 blijkt dat $u_1 = u_2$. Substitueer vergelijking 2 in 1. Hieruit blijkt dat de snelheid van B en C na de botsing waar de potentiële energie in de veer maximaal is, gelijk is aan $3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

5.3. Deelvraag C

De snelheid op het ogenblik van de botsing is gelijk aan $3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Door middel van de som van de kinetische energie wordt de maximale kinetische energie berekend op het ogenblik onmiddellijk na de botsing. Hier is de snelheid in A nog $6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ en de snelheid in BC $2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

$$T_A + T_{BC} = T_{\text{totaal}}$$

Met:

$$T_A = \frac{1}{2} m_A v_A^2$$

$$T_{BC} = \frac{1}{2} m_{BC} v_{BC}^2$$

Hieruit blijkt dat de maximale kinetische energie gelijk is aan 48 Joule. Nu wordt de kinetische energie op het ogenblik waar de snelheid gelijk aan $3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Het verschil tussen de maximale kinetische energie en de kinetische energie aan $3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ is gelijk aan de maximale potentiële energie.

$$T_A + T_{BC} = T_{\text{totaal}}$$

Met:

$$T_A = \frac{1}{2} m_A v_A^2$$

$$T_{BC} = \frac{1}{2} m_{BC} v_{BC}^2$$

De totale kinetische energie is hier gelijk aan 36 Joule. Het verschil tussen de maximale kinetische energie en de kinetische energie aan $3 \frac{m}{s}$ is 12 Joule. De maximale potentiële energie in de veer is dus gelijk aan 12 Joule.

5.4. Deelvraag D

De baan van A verandert wanneer de kinetische energie groter zal worden dan 48 Joule. Bij de formule van de botsing wordt er uitgegaan van de veronderstelling dat de snelheid van A naar nul zal gaan.

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 u_1 + m_2 u_2$$

Met:

$$m_1 = 2 \text{ kg}$$

$$v_1 = 3 \frac{m}{s}$$

$$m_2 = 6 \text{ kg}$$

$$v_2 = 0 \frac{m}{s}$$

$$u_2 = \text{gaat naar nul.}$$

Uit deze vergelijking blijkt dat de snelheid van BC naar $4 \frac{m}{s}$ gaat. Vervolgens wordt de kinetische energie van BC aan $4 \frac{m}{s}$ vergeleken met de maximale kinetische energie. Dus de kinetische energie wordt:

$$T_{BC} = \frac{1}{2} m_{BC} v_{BC}^2 = 48 \text{ Joule}$$

Hieruit volgt dat de kinetische energie gelijk blijft waardoor A niet van bewegingsrichting zal veranderen gedurende de botsing.

V. Bijlagen

6.1. Design SSV

Deze paragraaf behandelt elk onderdeel van SSV en de hierbij gemaakte materiaalkeuzes.

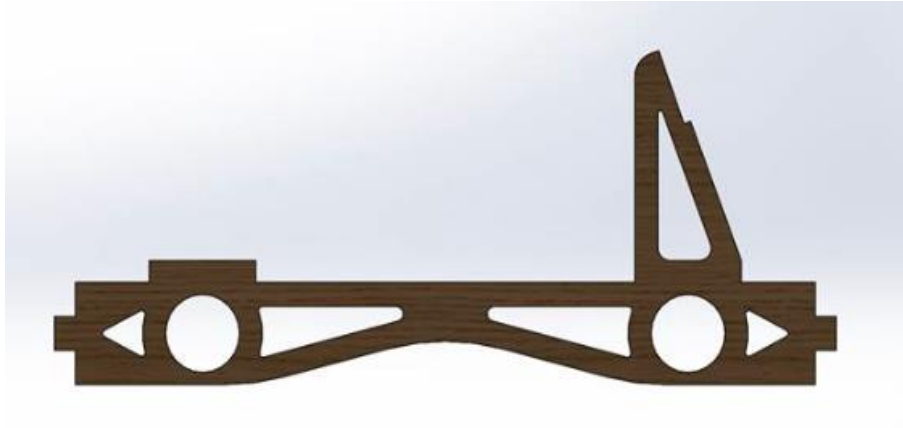
6.1.1. Frame

Het frame of het chassis van de SSV is volledig gemaakt uit multiplex (berk) met een dikte van 9mm. Deze keuze is bewust gemaakt omdat hout veel minder bros is dan plexiglas. Hierdoor kan het hout beter tegen stoten zonder dat het zal breken. Het gebruik van hout laat toe een licht chassis te produceren dat gemakkelijk te bewerken is en te verbinden met vijzen. Hout is veel elastischer dan ijzer of plexiglas. Dit komt omdat de elasticiteitsmodulus van hout veel lager is dan deze van ijzer of plexiglas. Een frame dat volledig uit ijzer opgebouwd is zou veel te zwaar zijn doordat de massadichtheid van ijzer veel hoger ligt dan die van hout. Daarnaast moeten er gaten voorzien worden om de verschillende delen met elkaar te kunnen verbinden. Deze gaten zouden zeer precies gemaakt moeten worden zodat de vijzen er mooi in passen. In het geval van hout kunnen we in het frame achteraf gaten boren op de plaats waar er gaten dienen te zijn. Hierdoor biedt hout een grotere vrijheid op het vlak van het onderling verbinden van de onderdelen. Het frame bestaat uit 3 grote delen: de onderframe, de stootplaat en het hoofdframe. Figuur 4 geeft het volledige frame van de SSV weer.



Figuur 7: Frame SSV

De onderkant bestaat uit 4 zijden; 2 zijkanten, een voorzijde en een achterzijde. Het is het deel van het frame waarop de wielen en de motor bevestigd zijn. In beide zijkanten zijn gaten voorzien om de lagers te bevestigen. De achterzijde bevat een houder om de motor op zijn plaats te houden. De overige gaten in de onderkant zijn er om gewicht te besparen. De twee zijkanten van het frame zijn voorzien van 2 pijlers die dienst doen om het zonnepaneel onder een hoek van 20° te plaatsen. Een pijler bestaat samen met de zijkant uit een stuk hout. Dit is niet alleen steviger maar zorgt daarnaast ook voor minder verbindingen met vijzen. Dit zorgt voor een gewichtsbesparing. Figuur 5 geeft dit geheel van zijkant en pijler weer.



Figuur 8: Zijkant SSV

Het frame is zodanig ontworpen dat de hoofdplaat van de SSV de bal precies in het midden raakt. Dit wil zeggen dat het midden van de voorkant van het frame op 86mm hoogte ligt. De reden hiervoor is dat de hoofdplaat de volledige impact van de botsing zou opnemen zodat de overbrenging en andere vitale onderdelen zo weinig mogelijk belast worden. Uit voorzorgsmaatregelen is aan de voorkant, waar de SSV met de bal in aanraking komt, een versterking aangebracht; de stootplaat. De stootplaat is d.m.v. vijzen aan de hoofdplaat bevestigd. Hierop zijn eveneens het logo van het team en de namen van de leden te vinden. Een detail van de stootplaat wordt weergegeven in figuur 6.



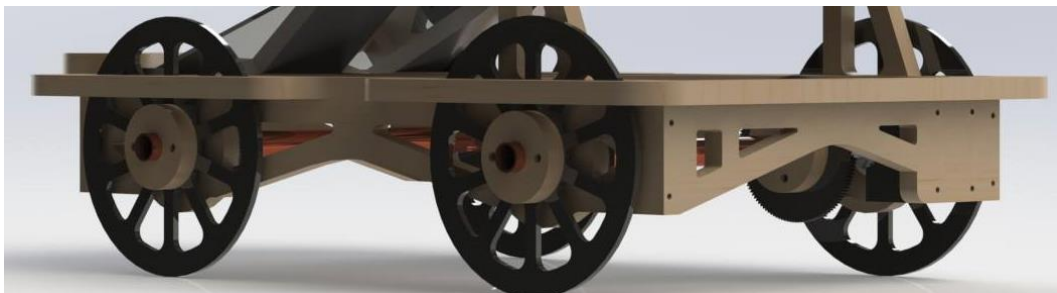
Figuur 9: Stootplaat SSV

Het frame van de SSV is zodanig ontworpen dat de krachten worden verdeeld over het frame en dus zoveel mogelijk door het hout worden opgenomen. Hierdoor is er meer hout aanwezig aan de voorkant van de frame dan aan de achterkant; om de impact te absorberen. Op de zijkant van het frame zijn 4 zijwieltjes gemonteerd. Deze zorgen ervoor dat de SSV rechtdoor zal blijven rijden van zodra de SSV de zijkant van de baan raakt. Op deze manier zal er zo min mogelijk energie verloren gaan bij contact met deze zijkant. Deze zijwieltjes zijn standaard te koop bij BRICO en worden extra gesmeerd voor minder verlies en dus een soepelere werking.

Het volledige frame is d.m.v. vijzen aan elkaar bevestigd. Deze moeten in staat zijn om dwarskrachten te kunnen opvangen tijdens de botsing. Het gebruik van meer vijzen zorgt voor een betere verdeling van deze dwarskracht.

6.1.2. Wielen

De wielen zijn gemaakt uit zwart plexiglas van 3mm dik. Dit is bewust gekozen doordat het plexiglas niet veel weegt en toch stevig genoeg is om de wagen te kunnen dragen en de botsing te kunnen overleven. Om gewicht te besparen en stevigheid te garanderen heeft ieder wiel 10 spaken (Figuur 7). Het plexiglas beschikt naast de kleine massadichtheid ook over een goede rolweerstand ten opzichte van het rubber op de racebaan.

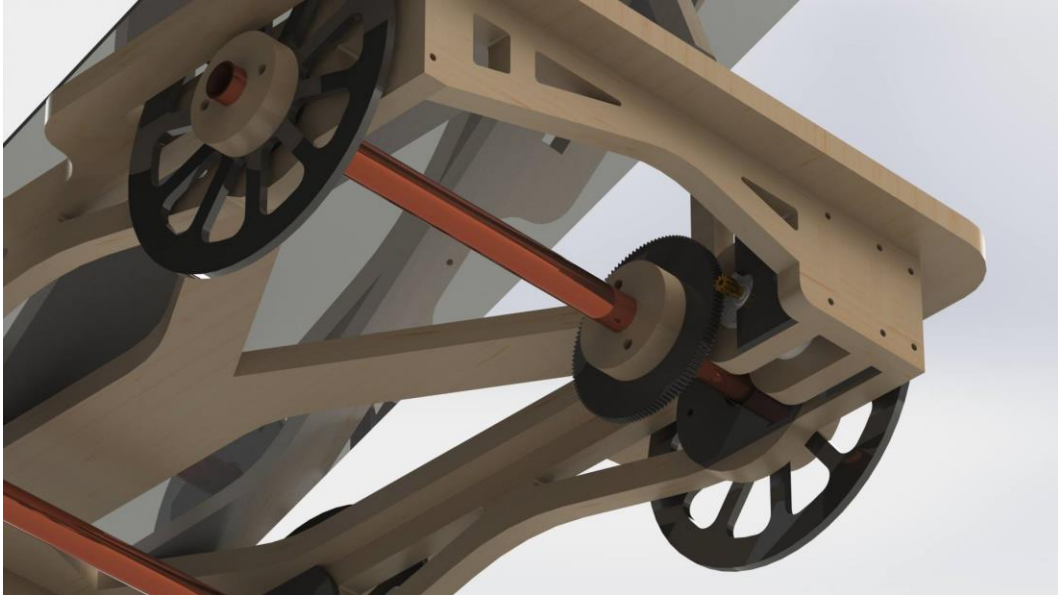


Figuur 10: Bevestiging Wielen SSV

Om de wielen te kunnen bevestigen op de assen is er gebruik gemaakt van kleine ronde houten doppen die precies rond de assen passen. Deze zijn net als de wielen voorzien van 2 gaten deze met twee bouten en moeren met elkaar te verbinden zijn. Vervolgens zijn de houten stukjes d.m.v. een vijs met de assen verbonden zodat deze niet meer kunnen doorslippen.

6.1.3. Assen

De assen bestaan uit 2 holle buizen uit koper met een buitendiameter van 12mm. Deze wegen echter meer dan ijzeren buizen maar zijn minder hard. Hierdoor kunnen de wielen gemakkelijker bevestigd worden op de assen. Figuur 8 geeft deze assen en de rest van de ophanging weer.

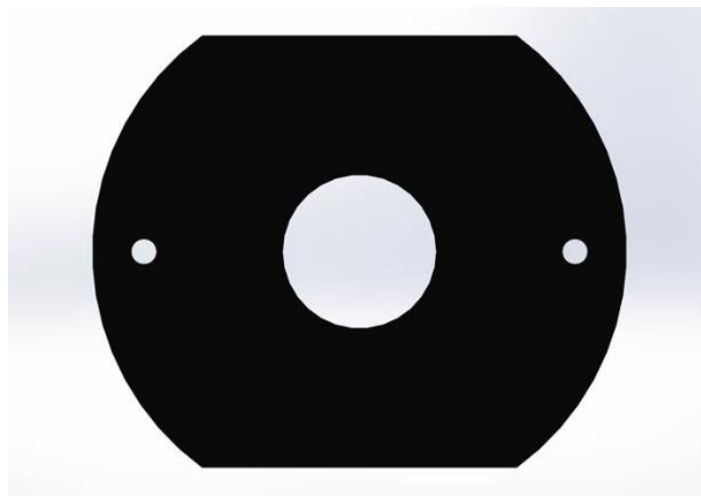


Figuur 11: Koperen assen en detail aandrijving

6.1.4. Lagers

De lagers werden voor dit project aangekocht bij Conrad.be en worden in de onderkant van het frame bevestigd. Hiervoor zijn gaten voorzien waarvan de diameter 0,5mm kleiner is dan de buiten diameter van de lagers. De lagers worden zo geperst in de onderkant en kunnen minder vrij bewegen. Uit voorzorgsmaatregelen zijn er aan de binnenkant van het frame houders (zie figuur 9) voorzien die beletten dat de lagers loskomen uit de onderkant. Deze houders zijn alsook gemaakt uit 3mm dik zwart plexiglas. De lagerhouders zijn op het frame geplakt d.m.v. secondelijm.

(Bron: <http://www.conrad.be/ce/nl/product/221951/Radiaal-kogellager-van-chroomstaal-32-mm-12-mm-10-mm?ref=searchDetail>)



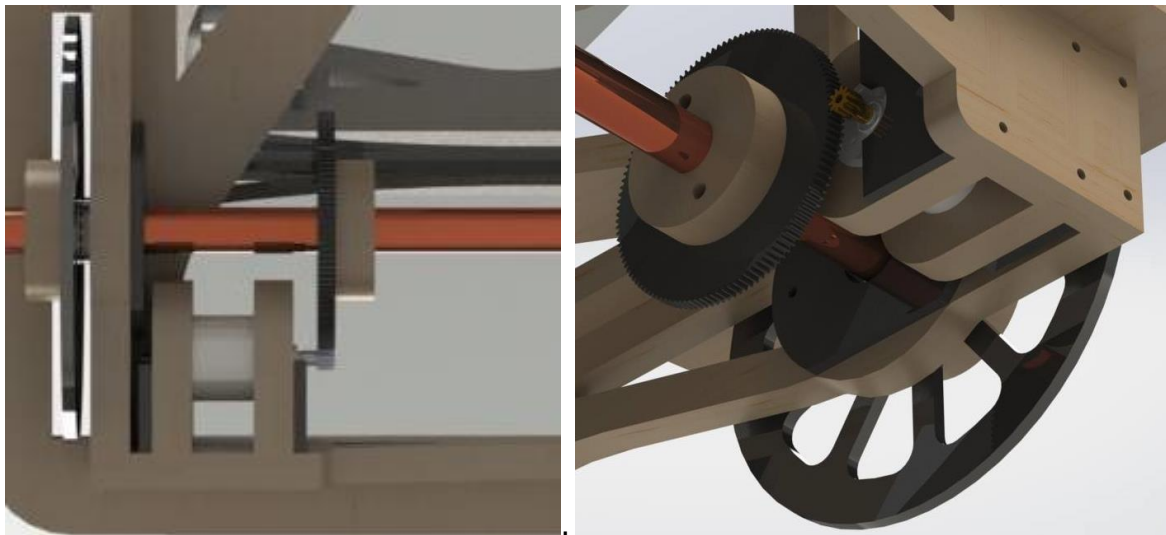
Figuur 12: Lagerhouders

6.1.5. Motor

Voor de aandrijving wordt er gebruik gemaakt van een MAXON DC-motor. Deze motor zet het geleverde vermogen van de zonnepaneel om in mechanisch vermogen. Aan het uiteinde van de motor-as is een tandwiel geplaatst. Dit tandwiel staat in contact met het grote tandwiel dat gemonteerd is op de achterste as.

De overbrengingsverhouding van deze tandwielen is 1:12, zoals bepaald bij Case SSV – Part 1. Deze is immers de optimale overbrengingsverhouding om het koppel te genereren dat nodig is voor een goede acceleratie en eindsnelheid van de SSV.

Het kleine tandwiel is gemaakt uit staal. Dit kleine tandwiel werd aangekocht in een winkel voor RC-hobbyisten. Het grote tandwiel bestaat uit 3mm dik plexiglas en is, op dezelfde manier als de wielen, bevestigd op de achterste as. Deze is sterk genoeg om de kracht bij de botsing op te vangen. Figuur 10 geeft twee details weer van hoe de motor en de tandwielen zijn gepositioneerd in de SSV.



Figuur 13: Detail motor

6.1.6. Zonnepaneel

Het zonnepaneel (zie figuur 11) genereert de nodige stroom om de motor aan te drijven. Om zoveel mogelijk zonlicht op het paneel te laten vallen is het paneel onder een hoek van 20° geplaatst. Uit onderstaande tabel blijkt dat de ideale hoek voor de dag van de race (Zie tabel 1) 30° is. Voor een betere stroomlijn van de SSV en een besparing in gewicht van extra hout voor een groter statief, is er gekozen voor een scherpere hoek. Figuur 11 geeft de uitgevoerde SSV weer. Tabel 1 toont aan wat de optimale hoek is waarin men de SSV moet plaatsen.



Figuur 14: Totaalbeeld SSV

Tabel 1: De optimale stand van een zonnepaneel voor maximale zoninval per maand

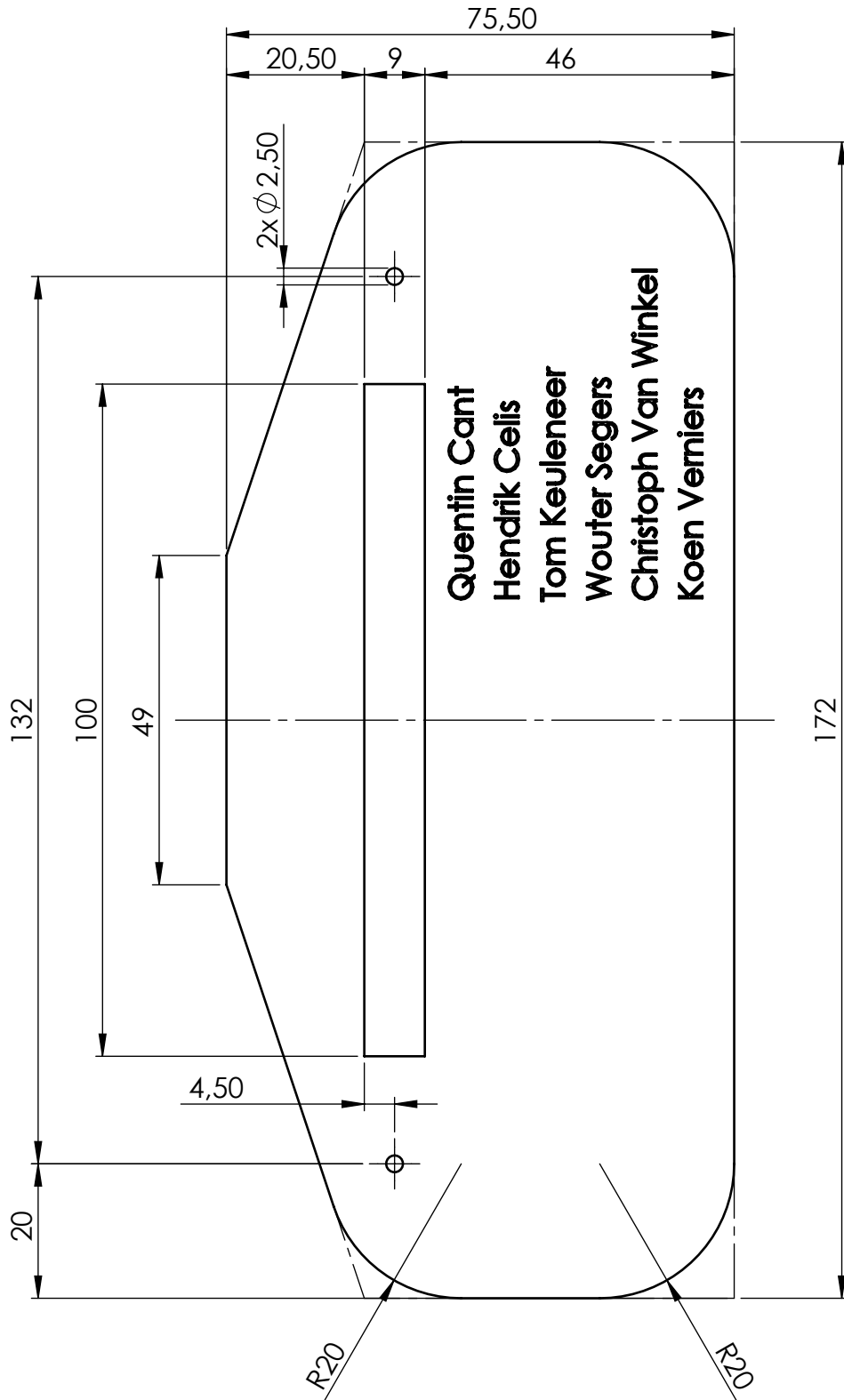
(Bron: <http://www.electicsite.be/zonP/zonHoek.htm>)

Breedtegraad = 51 ° Noord

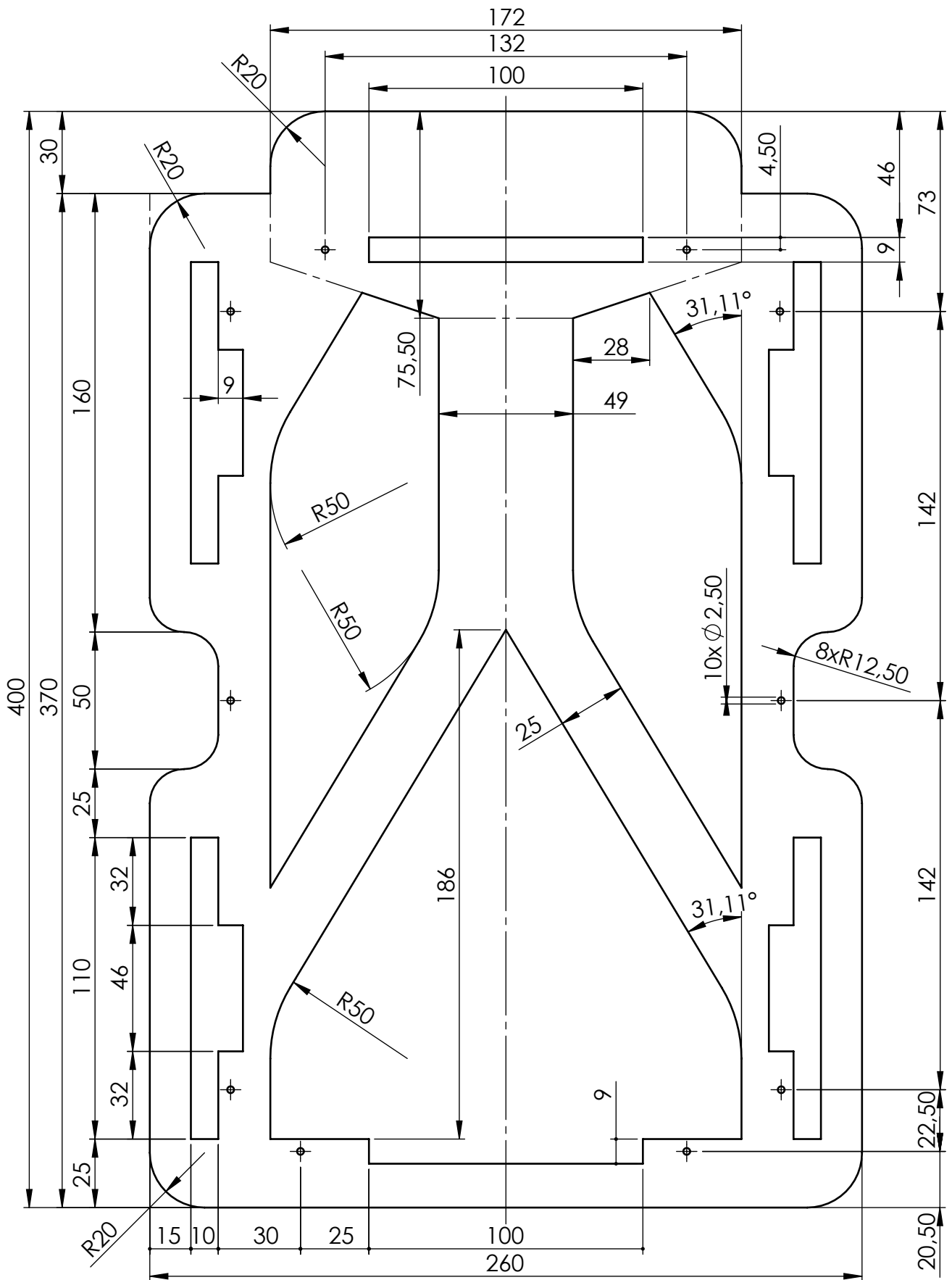
Maand	Zon Hoek	Paneel Hoek	Paneel richten naar het
JAN	19	71	Zuiden
FEB	28	62	Zuiden
MAA	39	51	Zuiden
APR	51	39	Zuiden
MEI	59	31	Zuiden
JUN	62	28	Zuiden
JUL	59	31	Zuiden
AUG	51	39	Zuiden
SEP	39	51	Zuiden
OCT	27	63	Zuiden
NOV	19	71	Zuiden
DEC	16	74	Zuiden

6.2. 2D - Technische tekeningen

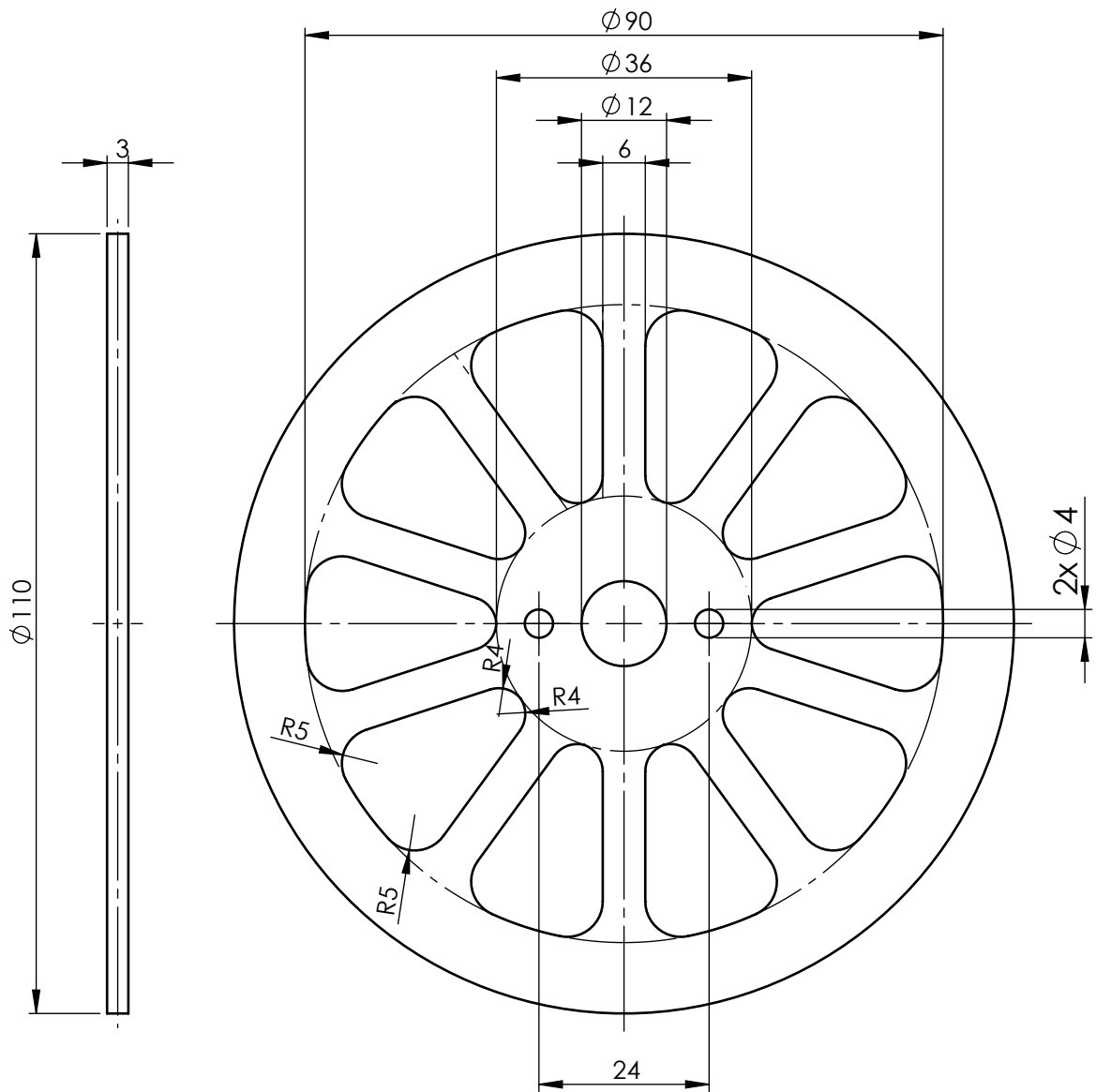
De volgende pagina's omvatten de technische tekeningen van de 6 belangrijkste onderdelen die geproduceerd werden in het FabLab te Heverlee.



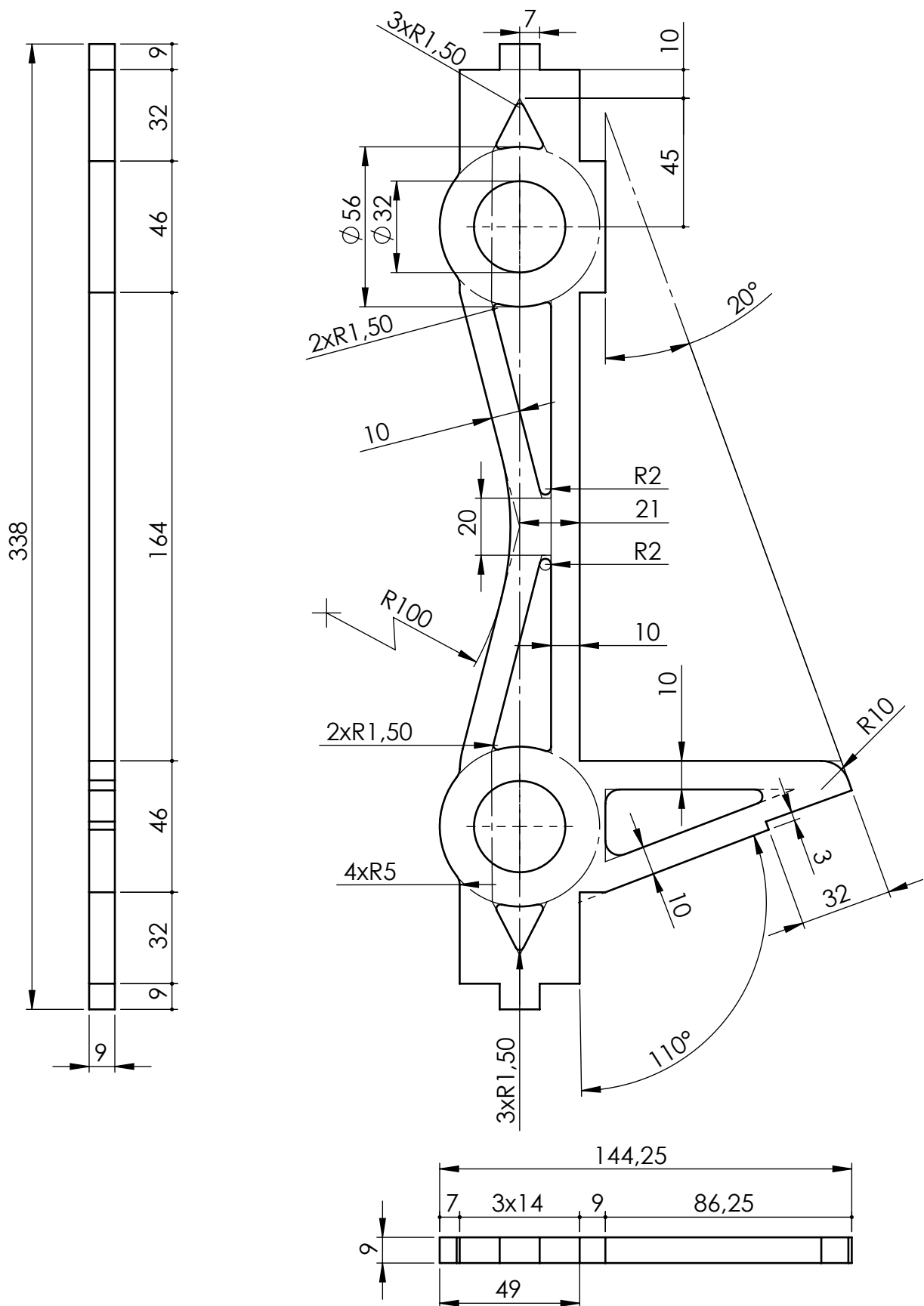
RUWHEID VOL- GENS NEN 3634	MAATTOLERANTIES VOLGENS NEN 2365	MATERIAAL Multiplex Berk Dikte 9mm	VORM- EN PLAATSTOL. VOLGENS NEN 3311
PROJECTIE 	SCHAAL 1:1	GETEKEND Team Cochonnet	OPMERKINGEN
	MAATEENHEID mm	GROEPSL. Koen Verniers	
	DATUM 22/05/2014	GECONTR.	
GROUP T		Stootplaat	NUMMER 1 A4



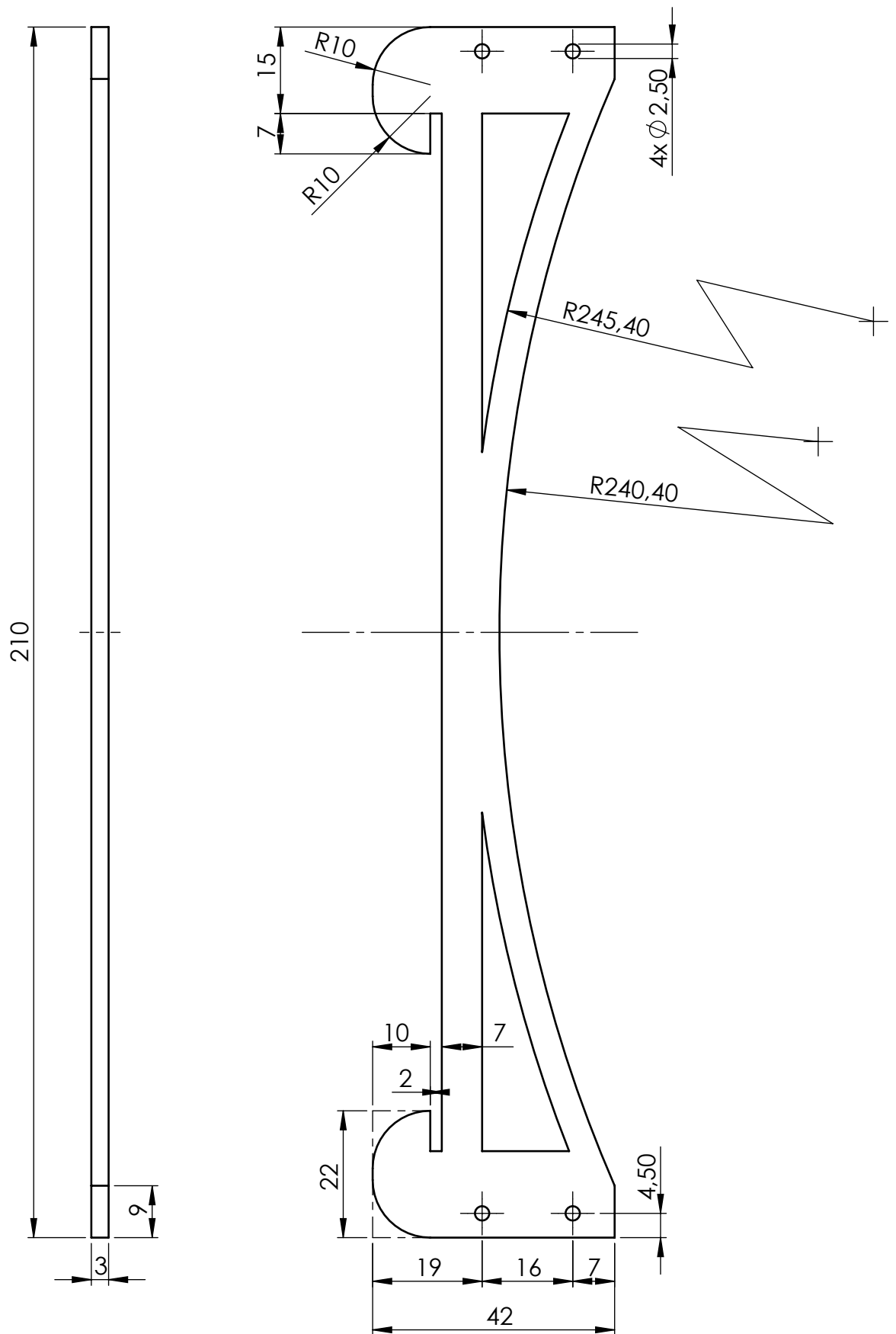
RUWHEID VOLGENS NEN 3634	MAATTOLERANTIES VOLGENS NEN 2365	MATERIAAL	Multiplex Berk Dikte 9mm	VORM- EN PLAATSTOL. VOLGENS NEN 3311	
PROJECTIE 	SCHAAL	1:2	GETEKEND	OPMERKINGEN	
	MAATEENHEID	mm	GROEPSL.		Team Cochonet Koën Verniers
	DATUM	22/05/2014	GECONTR.		
			Topplaat	NUMMER	
				2	
				A4	



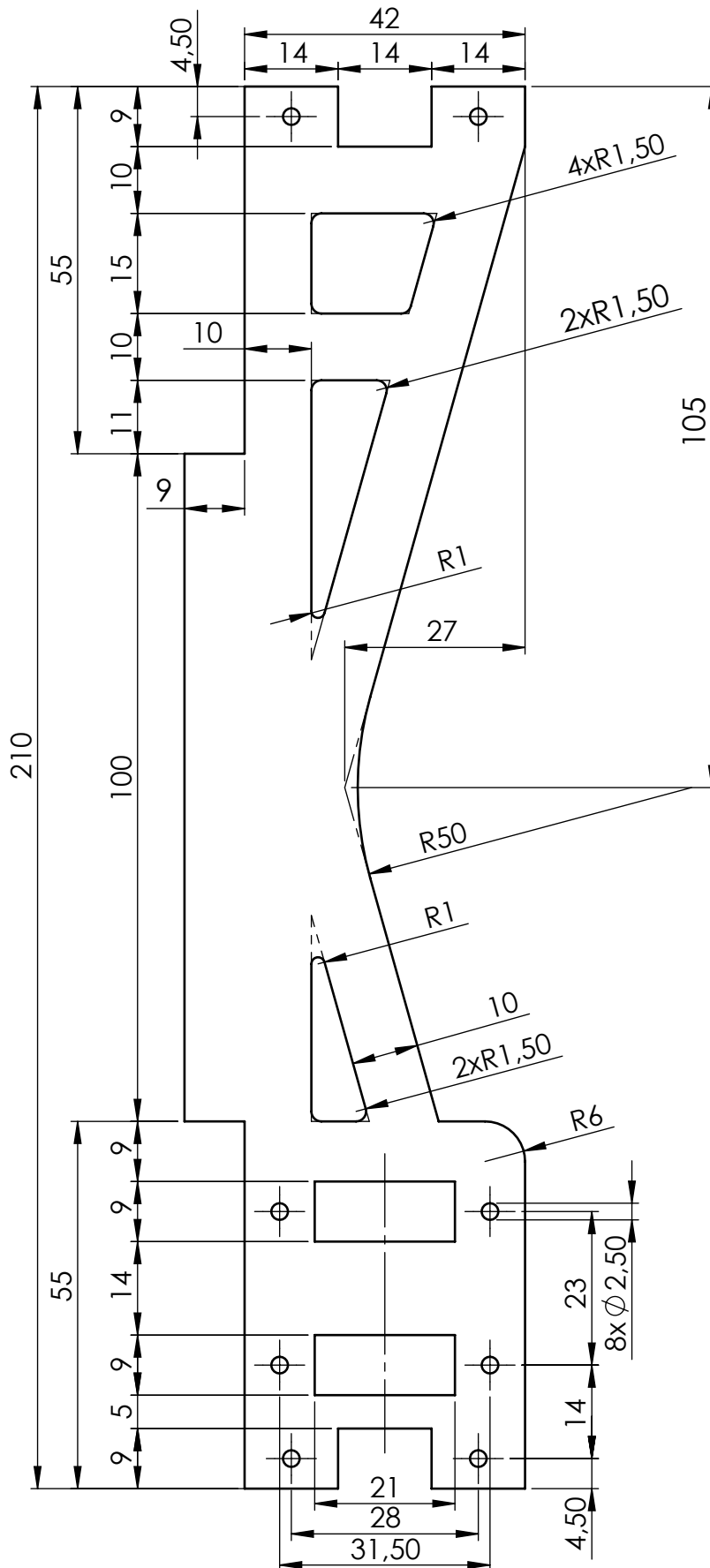
RUWHEID VOLGENS NEN 3634	MAATTOLERANTIES VOLGENS NEN 2365	MATERIAAL	Plexiglas zwart Dikte 3mm	VORM- EN PLAATSTOL. VOLGENS NEN 3311
	PROJECTIE	SCHAAL	1:1	OPMERKINGEN
		MAATEENHEID	mm	
		DATUM	22/05/2014	
		GETEKEND	Team Cochonnet	NUMMER
		GROEPSL.	Koen Verniers	
		GECONTR.		3
		Wiel		A4



RUWHEID VOLGENS NEN 3634	MAATTOLERANTIES VOLGENS NEN 2365	MATERIAAL	Multiplex Berk Dikte 9mm	VORM- EN PLAATSTOL. VOLGENS NEN 3311			
	PROJECTIE	SCHAAL	1:2	GETEKEND	Team Cochonnet	OPMERKINGEN	
		MAATEENHEID	mm	GROEPSL.	Koen Verniers		
		DATUM	22/05/2014	GECONTR.			
		Zijvlak			NUMMER	4	A4



RUWHEID VOLGENS NEN 3634	MAATTOLERANTIES VOLGENS NEN 2365	MATERIAAL Plexiglas zwart Dikte 3mm	VORM- EN PLAATSTOL. VOLGENS NEN 3311
PROJECTIE 	SCHAAL 1:1	GETEKEND Team Cochonnet	OPMERKINGEN
	MAATEENHEID mm	GROEPSL. Koen Verniers	
	DATUM 22/05/2014	GECONTR.	
		Houder zonnepaneel	NUMMER 5 A4



RUWHEID VOLGENS NEN 3634	MAATTOLERANTIES VOLGENS NEN 2365	MATERIAAL	Multiplex Berk Dikte 9mm	VORM- EN PLAATSTOL. VOLGENS NEN 3311	
PROJECTIE 	SCHAAL	1:2	GETEKEND	OPMERKINGEN	
	MAATEENHEID	mm	GROEPSL.		Koen Verniers
	DATUM	22/05/2014	GECONTR.		
			Achterkant		
			NUMMER	6	
				A4	

