

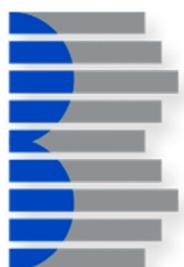
PROJECT 2D

REALISATIEFASE VAN DE INNOVATIE-OPDRACHT



'SHIFTING
SOLAR'

Marco van Heerde - Arnold Hubach - Reindert Aberson - Stijn Eppink



Bacron

TITEL	PROJECT 2D
ONDERTITEL	HET DOORONTWIKKELEN EN REALISEREN VAN EEN PRODUCT MET BACRON ALUMINIUMPROFIELEN
DATUM VAN PUBLICATIE	02-06-2017
AUTEURS	MARCO VAN HEERDE S1089444 ARNOLD HUBACH S1090289 REINDERT ABERSON S1089439 STIJN EPPINK S1087730
KLAS	IO2CD
ONDERWIJSINSTELLING	HOGESCHOOL WINDESHEIM
OPDRACHTGEVER	BACRON B.V. GEVESTIGD TE HEETEN
OPLEIDING	INDUSTRIEEL PRODUCT ONTWERPEN
BEGELEIDER	MICHAEL TAKS
RAPPORTVERSIE	1.2

VOORWOORD

Wij zijn Marco van Heerde, Arnold Hubach, Reindert Aberson en Stijn Eppink, studenten van het tweede jaar van de opleiding Industrieel Product Ontwerpen. De opdracht die we hebben gekregen is om verder te gaan met de realisatie en uitwerking van ons nieuw product *Shifting Solar*. Het doel van dit verslag is om het proces te laten zien van hoe we tot een definitief concept zijn gekomen. Daarnaast geeft dit verslag ook een totaalbeeld van de afgelopen periode en de handelingen die zijn verricht om tot de behaalde resultaten te komen.



The image shows four handwritten signatures arranged horizontally. From left to right: 1) 'Marco van Heerde' in a cursive script. 2) 'ARNOLD HUBACH' in a stylized font, with 'ARNOLD' above 'HUBACH'. 3) 'REINDERT ABERSON' in a cursive script. 4) 'STIJN EPPINK' in a cursive script, with 'STIJN' below 'EPPINK'.

Marco van Heerde – Arnold Hubach – Reindert Aberson – Stijn Eppink

SAMENVATTING

Dit verslag is geschreven om te laten zien welke onderzoeken en keuzes zijn gemaakt in het ontwerpproces en hoe het uiteindelijke ontwerp tot stand is gekomen. De hoofdvraag van ons verslag luidt als volgt: 'Op welke wijze moeten wij het concept verder uitwerken om het uiteindelijk op de markt te brengen.' Deze vraag zal worden beantwoord aan de hand van onderzoeksresultaten en de daaruit getrokken conclusies.

Alle conclusies in het verslag zijn gebaseerd op onderzoek. Uit de conclusies is gebleken dat voor een product zoals de *Shifting Solar* veel potentie is. Ook is gebleken dat de meeste balkons dezelfde hoofdonderdelen hebben (reling, balustrade) maar een ander formaat of uitvoering hebben. Het is daarom van belang dat het product op veel verschillende balkons past door middel van een bevestiging. Omdat op grote hoogte buiten het balkon wordt gewerkt, moet de veiligheid van het product gegarandeerd hoger zijn dan bij standaardproducten. We hebben dit probleem aangepakt door het gewicht, de ergonomie, de vorm en assembly van het product goed te onderzoeken en mee te nemen in het ontwerp.

Om de hanteerbaarheid en ergonomie van het product te verbeteren, zijn handvatten toegevoegd en wordt een duidelijke handleiding meegeleverd bij het product. Uit verder onderzoek is gebleken dat het product een aanzienlijke investering is. Daarom moet het wel rendabel zijn over de gehele levensduur. We hebben het type zonnepaneel en de levensduur daarvan goed kunnen onderbouwen door ons onderzoek. Om de levensduur zo lang mogelijk te maken is gekozen voor duurzame materialen. Om het rendement optimaal te benutten en tegelijkertijd het gewicht te beperken is gekozen voor amorf zonnepanelen.

De hellingshoek van de panelen wordt bereikt door een lineaire actuator die wordt aangestuurd door een *Arduino*. De constructie wordt aan het balkon opgehangen door middel van een stevige rubberen band.

INHOUDSOPGAVE

Voorwoord	3
Samenvatting	4
H1 Inleiding	7
H2 Definiëren concept	8
2.1 Globale conceptbeschrijving.....	8
2.2 Beschrijving concept Shifting Solar.....	8
2.3 Globale brainstormsessie	9
H3 Onderzoek na de brainstorm.....	12
3.1 Locatie van balkons.....	12
3.2 Verdieping balkononderzoek.....	15
3.3 Wetgeving rondom zonnepanelen	17
3.4 Bestaande patenten en octrooien	21
3.5 Onderzoek soorten zonnepanelen	24
3.6 Opbrengst van het product.....	28
3.7 Invalshoek zonlicht	30
3.8 Benodigde omvormer in concept	33
3.9 Keuze van aluminium profielen	35
3.10 Bevestiging productconcept	38
3.11 Optimale hellingshoek van de panelen.....	40
3.12 Conclusie onderzoek.....	43
H4 Concrete beschrijving concept	46
4.1 Productiemethoden van onderdelen.....	47
4.2 Ergonomie van het concept.....	51
4.3 Gebruik van het concept.....	55
4.4 Duurzaamheid van het concept.....	57
4.5 Grove detaillering van concept.....	59
4.6 Eerste ontwerp fase.....	61
H5 Plan van Eisen en Wensen	64
H6 Vormgeving (tool)	66
H7. Individuele fijne detaillering	70
7.1 Constructiepaneel (Marco).....	70
7.2 Bevestiging (Arnold).....	89
7.3 Zonnecelframe (Stijn)	102
7.4 Hellingshoekmechaniek (Reindert).....	121
H8 Terugkoppeling	143

H9 Hoofdconclusie	147
9.1 Wat is bereikt in de afgelopen periode?.....	147
9.2 Hoe ziet het product eruit?.....	147
9.3 Wat doet het product?	149
9.4 Wat gaat het product kosten?.....	150
H10 Aanbevelingen	151
Bibliografie	152
Bijlagen.....	153

H1 INLEIDING

De aanleiding voor het schrijven van dit verslag is het weergeven van het onderzoeksproces en de keuzes die gemaakt zijn met betrekking tot het concept en de probleemstelling. Met de huidige middelen is het niet mogelijk om energie op te wekken door middel van zonnepanelen wanneer desbetreffend persoon niet in het bezit is van een eigen dak. De onderzoeken en realiseringssprocessen in dit verslag moeten genoeg vertrouwen opwekken en leiden tot een product voor deze markt dat de mogelijkheid biedt voor deze mensen om energie op te kunnen wekken.

Het doel van dit verslag is het uitgebreid weergeven van de onderzoeken en keuzes die zijn gemaakt. Tevens wordt er antwoord gegeven op de hoofdvraag: ‘Op welke wijze moeten wij het concept verder uitwerken om *Shifting Solar* uiteindelijk op de markt te brengen.’ Deze vraag zal worden beantwoord aan de hand van onderzoek conclusies en observaties tijdens het ontwerpproces.

De structuur van het rapport is vrij duidelijk te zien in de inhoudsopgave. In totaal zijn er tien hoofdstukken. Deze hoofdstukken volgen elkaar op. In hoofdstuk twee wordt het concept gedefinieerd. Hierin wordt de vraag beantwoord: ‘Wat houdt ons concept in?’ Er wordt een globale beschrijving gemaakt en vrij snel daarna worden brainstormtechnieken en onderzoeken toegepast om het concept definitief te maken. Dit wordt gedaan zodat in hoofdstuk drie kan worden begonnen met het verdiepen en uitbreiden van deze onderzoeken. In dit hoofdstuk wordt de vraag beantwoord: ‘Hoe komt ons concept er definitief uit te zien?’ In hoofdstuk vier worden alle resultaten verwerkt tot een duidelijke product omschrijving. Hierin wordt de vraag beantwoord: ‘Wat is ons product en wat is het doel van het product?’ Nu duidelijk is waaraan *Shifting Solar* moet voldoen wordt het Plan van Eisen opgesteld. Dit gebeurt in hoofdstuk vijf. Hierin wordt de vraag beantwoord: ‘Aan welke eisen moet ons product en wensen moet het product voldoen?’ Deze eisen zullen gedurende het ontwerptraject steeds terugkomen. In hoofdstuk zes wordt aandacht besteed aan de vormgeving van het product. In dit hoofdstuk wordt de vraag beantwoord: ‘Hoe wordt het product geproduceerd, geassembleerd en vormgegeven?’ Hierin krijgt het product echt zijn vorm en de uitstraling die gezocht wordt. Dit is ook het moment waarop het product richting de eindfase gaat. Deze realisatiefase wordt beschreven in hoofdstuk zeven. In hoofdstuk acht komen de eisen uit het PvE weer terug. Hierin wordt de vraag beantwoord: ‘Voldoet het ontworpen productconcept aan alle eisen en wensen?’ Dit is het eindstadium van het verslag. In het hoofdstuk negen worden de aanbevelingen gedaan. Hierbij is de vraag ‘Wat zou het product nog beter maken en waar zitten nog verbeteringen in het product?’ Na het lezen van dit verslag zijn voor de lezer het proces, de keuzes en de overwegingen die zijn gemaakt duidelijk.

H2 DEFINIËREN CONCEPT

In periode 2C hebben we het concept *Shifting Solar* gegenereerd. Dit concept is ontstaan door lange en diepgaande onderzoeken. Het onderzoek begon met een overkoepelend thema: semiconductors. Semiconductors zijn letterlijk vertaald *halfgeleiders*. Halfgeleiders zijn materialen die in bepaalde situaties wél of niet geleiden. Op deze manier kunnen signalen worden verstuurd. De bekendste toepassing van de halfgeleider is de IC (chip). Deze zoekrichting hebben we uitgediept tot acht keuzerichtingen. Eén van deze richtingen was *zonnepanelen*. Dit was ook de richting die door middel van keuze- en selectiemethoden verder is uitgediept. Vanuit onderzoek hebben we heel veel klantfricties kunnen ontdekken. Uiteindelijk hebben we een concept om enkele van deze problemen heen gebouwd.

2.1 GLOBALE CONCEPTBESCHRIJVING

In periode 2C hebben we een innovatieopdracht samengesteld. Hierin hebben we vooraf beschreven in welke richting ons product moet worden ontworpen. Deze zal, net als de destijdse beschrijving van het concept, nogmaals worden uitgelegd.

Innovatieopdracht

*'De opdrachtgever Bacron BV. wil een **nieuw marktsegment** betreden. We leveren een product dat **technisch probleem oplost** binnen een organisatie van een bepaald marktsegment. Het product moet voldoen aan de eisen van Bacron, **innovatief** zijn, **groeipotential** hebben, verkocht worden aan **zakelijke klanten** en **duurzaam** zijn. Onze opdrachtgever Bacron levert vooral aan bedrijven binnen Europa. Het product wordt **binnen drie jaar geïntroduceerd** op de markt. Daarnaast moet het aluminium volop toepasbaar zijn in het gekozen concept.'*

Eerste globale conceptbeschrijving

*'Ons product betreedt een **nieuw marktsegment** (namelijk consumenten voor wie de stap naar zonnepanelen op dit moment nog te groot is). Het **technische probleem** dat wordt opgelost is een combinatie van meerdere factoren: de esthetiek, de modulairheid van een paneel en het zelf kunnen plaatsen van de zonnecel. Daarnaast benadert dit product de markt een **compleet nieuwe en innovatieve** manier. Namelijk het plaatsen van zonnepanelen op de op dit moment onmogelijke posities. De **duurzame** zonnepanelen zullen worden verkocht aan bouwmarkten, energiemaatschappijen of dergelijke. Daarnaast is dit product **eenvoudig binnen enkele jaren** op de markt te brengen'*

2.2 BESCHRIJVING CONCEPT SHIFTING SOLAR

Het probleem, waarvoor dit concept een oplossing moet zijn, is de hoge aanschafprijs van zonnepanelen voor consumenten. Dan hebben we het voornamelijk over de consumenten voor wie er op dit moment nauwelijks een mogelijkheid is om zonnepanelen aan te schaffen. Deze groep betreft mensen die geen schuin (of plat) dak hebben, zoals mensen die in een appartement of flat wonen. Om de aankoopdrempel van een zonnepaneel zo laag mogelijk te houden, moet dit product ook door de consumenten zelf kunnen worden geïnstalleerd. Dit product zal ook optimaal gebruik maken van de zon doordat het met de zon meebeweegt in de loop van de dag. De manier waarop dit gedaan zal worden, zal later nog beschreven worden. Verder moet de *Shifting Solar*, want zo heet dit concept, ook uitbreidbaar, universeel en modulair zijn. Een laatste klantfrictie die we willen oplossen, de onaantrekkelijkheid van zonnepanelen, lossen we op door de esthetiek van het totaalproduct ook naar een hoger niveau te brengen. Al deze tussenoplossingen hebben we tijdens een brainstormsessie door middel van enkele mindmaps aan de orde gebracht. Dit zal verderop in dit verslag aan bod komen.

2.3 GLOBALE BRAINSTORMSESSIE

Tijdens de brainstormsessie, die we met de vier groepsleden op 5 maart hebben gedaan, zijn verschillende aspecten van ons concept aan bod gekomen. Op basis van de conclusies van de gemaakte mindmaps zal er een definitieve en concrete conceptbeschrijving worden gemaakt.

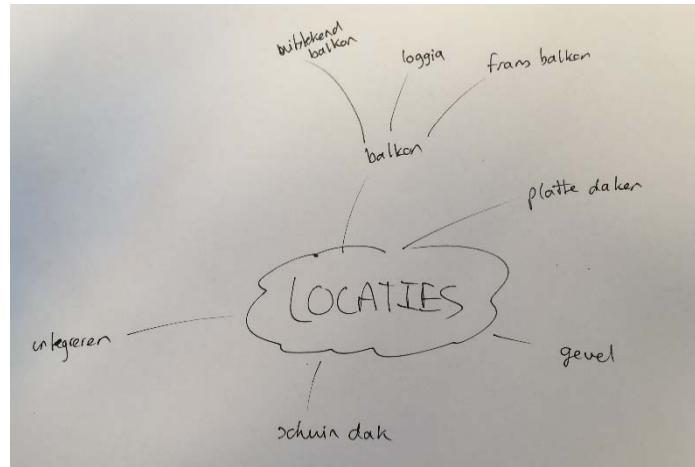
Locatie/universeel

Tijdens de brainstorm (zie figuur 1) hebben we alle opties open gehouden om zo breed mogelijk te denken. Het is echter wel van belang dat we van te voren een locatie kiezen waar ons product optimaal tot zijn recht komt. De locaties waar wij naar hebben gekeken zijn balkons, gevels en platte daken. Verder zijn zonnepanelen uiteraard ook gewoon te plaatsen op schuine daken of te integreren in producten/gevels.

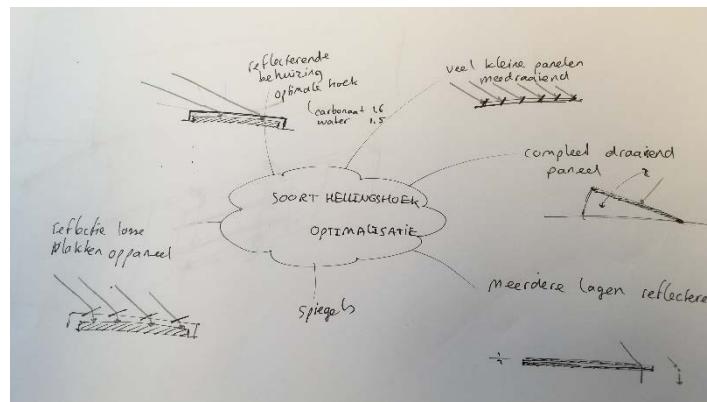
De keuze die we hebben gemaakt is om ons tijdens deze brainstorm te focussen op een product dat op balkons moet worden geplaatst. Echter is het natuurlijk ook een pluspunt als ons product ook kan worden geplaatst op andere locaties. De modulairheid van de *Shifting Solar* is namelijk ook een belangrijke eigenschap. Later in dit project zal de locatie verder worden uitgediept.

Optimale hellingshoek

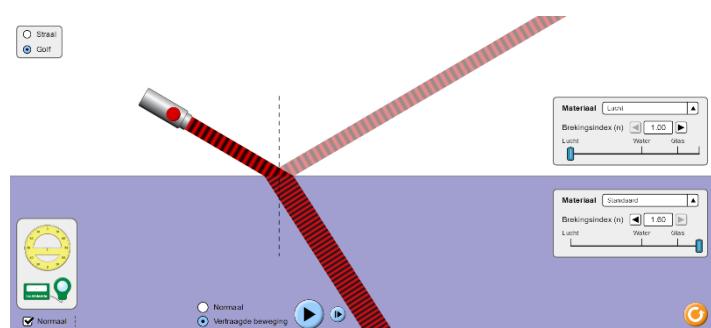
Het eerste idee dat tijdens de brainstorm (zie figuur 2) opkwam, was de mogelijkheid om de panelen altijd loodrecht op de zon te houden. Dit zorgt ervoor dat de efficiëntie van het paneel optimaal blijft.



Figuur 1: Mindmap locaties



Figuur 2: Mindmap hellingshoek optimalisatie



Figuur 3: Wet van Snellius

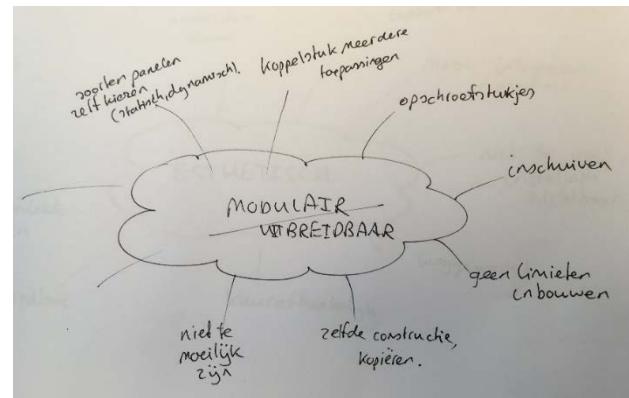
De eerste mogelijkheid die we hebben aangekaart, is om een refracterend (een lichtbrekend) scherm over het paneel te plaatsen. De brekingsindex van dit paneel moet dan zo zijn, dat de hoek van uitval altijd de hoek van inval verkleint. De wet van Snellius (zie figuur 3) laat zien dat hoe groter de brekingsindex is, hoe dichter de hoek van uitval bij de normaallijn komt. Het materiaal dat dan voor ons product het meest geschikt is, is transparant polycarbonaat ($n = 1,6$). Op dit moment twijfelen we echter nog of deze oplossing een gewenst resultaat zal leveren.

De tweede oplossing die aan bod komt, is een refracterend paneel gericht op de zonnecellen. Naast deze optie is het natuurlijk ook mogelijk dat de panelen zelf bewegen. Hier hebben we meerdere opties voor:

- 1) Een compleet bewegend paneel; het probleem is echter dat het paneel dan volledig in het zicht raakt en het veel wind zal vangen wat tot onveilige situaties leidt
- 2) Meerdere kleine meebewegende panelen (zoals een luxaflex)
- 3) Meerdere meebewegende lichtbrekende lagen boven het paneel
- 4) Gebruik van spiegels

Modulair/uitbreidbaar

Het is belangrijk dat het product na aanschaf kan worden vergroot, aangepast of verplaatst. Dit is van belang om de aankoopdrempeel van uitbreidingsstukken zo laag mogelijk te houden (zie figuur 4 voor oplossingen). Naast het uitbreiden van het aantal zonnepanelen kun je uiteraard ook denken aan het plaatsen van zonnepanelen op andere locaties dan het balkon. Het extra toevoegen van meerdere panelen is haalbaar op de volgende manieren:



Figuur 4: Mindmap modulariteit/uitbreidbaarheid

1. Het verdubbelen van het celoppervlak door middel van het plaatsen van een tweede product naast de huidige installatie
2. Geen limieten bouwen in de bestaande constructie waardoor je de vrijheid hebt om uit te breiden
3. Het inschuiven van extra panelen in de bestaande constructie
4. Het gebruik van opschroefstukjes op het bestaande basisframe
5. Het gebruik van een koppelstuk voor meerdere toepassingen (naast het ophangen aan een balkon ook op meerdere locaties)
6. De mogelijk om in plaats van de bewegende panelen, statische panelen op het balkon (in dezelfde constructie) te kunnen plaatsen is een mooie toevoeging aan het product. Hierdoor is een variëteit in het assortiment van hetzelfde product. De prijs van deze soort *Shifting Solar* zal ook lager zijn en dat maakt de aankoopdrempeel ook lager.

Bevestiging aan de balkons

Omdat we er voor hebben gekozen om als belangrijkste locatie het balkon te nemen, is het goed om al kort te kijken naar de bevestiging van de panelen. Tijdens onderzoek dat later zal worden gedaan, zal dit gedetailleerd worden uitgewerkt en onderzocht.

- 1) Ophangen aan kabels of (span)banden (gebruik eigen gewicht van het product door middel van een lus)
- 2) Elastische strips
- 3) Magneten
- 4) Universele klemming over balkonreling
- 5) Vastschroeven in balkon
- 6) Modulaire koppelstukken aan vaste frameconstructie

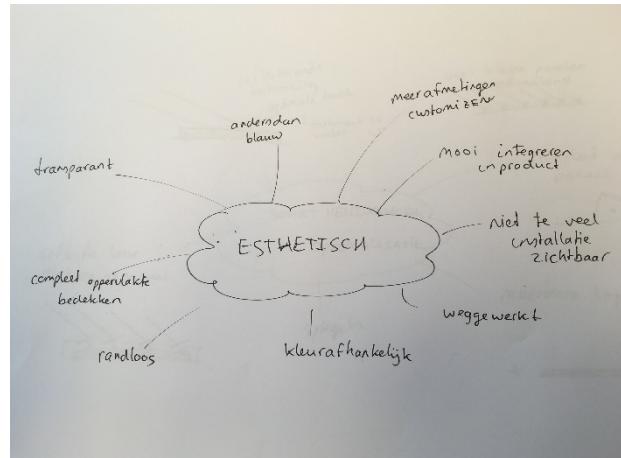


Figuur 5: Mindmap bevestiging aan het balkon

Esthetiek

Het laatste kenmerk dat de *Shifting Solar* moet uitstralen is een esthetische kwaliteit. Dit kunnen we realiseren door de volgende opties (zie ook figuur 6):

- 1) Gebruik van transparante panelen
- 2) Gebruik van passende kleuren
- 3) Aangepaste afmetingen van paneel aan omgeving
- 4) Geïntegreerd paneel in een bestaand product op het balkon
- 5) Zo weinig mogelijk zichtbaar van constructie
- 6) Wegwerken van eventuele elektrische componenten
- 7) Geen uitstekend onnodig materiaal (randloos product)



Figuur 6: Mindmap esthetiek

Omvormer

Tot slot wordt er nog even gekeken naar de connectie tussen de panelen en het netstroom: de omvormer. De omvormer is van belang om de stroom die wordt opgewekt om te zetten in wisselspanning. Als dit product in een flat wordt gebruikt kan een omvormer van industrieel formaat worden aangeschaft in groepsverband. Het is uiteraard ook mogelijk om per product een micro-omvormer te gebruiken.

Voor de omvormer hebben we geen mindmap gemaakt, maar we hebben er wel over gebrainstormd. We kwamen tot de conclusie dat er nog verder onderzoek naar de omvormer nodig is. Verder zijn we tot de conclusie gekomen dat de omvormer binnenshuis moet komen in verband met kortsluitingsgevaar en dat deze door de gebruiker zelf gemakkelijk te installeren moet zijn.

H3 ONDERZOEK NA DE BRAINSTORM

Na de start van project 2D hebben we gekeken naar de mogelijkheden die we konden bedenken om de *Shifting Solar* zo aantrekkelijk mogelijk te maken. Dit hebben we gedaan door verschillende mindmaps van alle onderdelen rondom (en van) het totaalproduct te maken en uit te werken. We hebben nog niet uit elk voorgaande onderzoek een conclusie getrokken omdat er nog een meer verdiepend onderzoek moet worden gedaan om alles goed te begrijpen en te onderbouwen. In dit hoofdstuk gaan we kijken naar de locatie en context waar dit product in wordt geplaatst. Verder kijken we naar de universaliteit, modulariteit en de uitbreidbaarheid van het concept. Nadat we dit onderzoek hebben afgerond, zullen we een conclusie trekken en een concreet product uitwerken.

3.1 LOCATIE VAN BALKONS

Het product dat wij gaan realiseren, is een product dat op balkons geplaatst zal worden. Om van tevoren een duidelijk beeld te krijgen van de locatie waar ons product zal worden geplaatst, is het van belang om hier onderzoek naar te doen.

BALKONS

'In de bouwkunde is het balkon een uitkraging aan een gevel waarvan het bovenvlak (de balkonvloer) vanuit het gebouw toegankelijk is. Het balkon is altijd aan minimaal één zijde open en bevindt zich op een verdieping van een gebouw. Vaak is een balkon voorzien van een balustrade of hekwerk.'

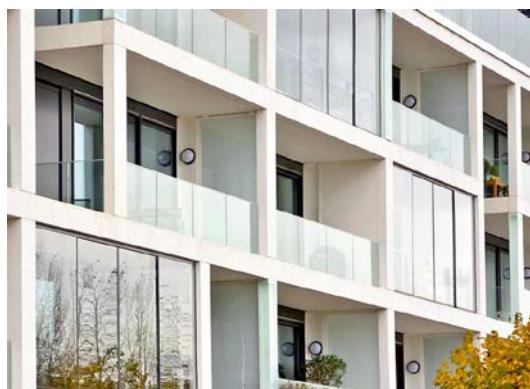
De belangrijkste locatie die we zullen onderzoeken zijn balkons. Balkons zijn te vinden in verschillende soorten gebouwen: flats, appartementen, maar ook bij gewone huizen. De flats waar wij op doelen zijn de galerijflats met lange zijden. Deze lange zijden hebben op dit moment vaak geen nadere functie. Er zijn binnen deze galerijflats/appartementen verschillende soorten balkons:

- Frans balkon (zie afbeelding 1)
- Uitstekend balkon (zie afbeelding 2)
- Loggia (serre/veranda) (zie afbeelding 3)



Afbeelding 1: Frans balkon

Binnen de categorie *uitstekend balkon* zijn er nog verschillen in uitvoering. We maken onderscheid tussen buiten-buiten-balkons en binnen-buiten-balkons. Buiten-buiten wordt doorgaans uitgevoerd in prefab beton (schoonwerk, afschot in dikte betonplaat). De koppeling is gemaakt met bestaande oplegnocken (L-ijzers).



Afbeelding 2: Loggia balkons



Afbeelding 3: Galerijflat

Voor uitstekende balkons zijn er enkele eisen en wetgevingen. De afmetingen van het balkon moeten minimaal 240 bij 150 cm zijn. Verder zijn er ook afmetingen die moeten worden gehanteerd voor de hoogte van een balkon. De wetgeving is als volgt:

- het hekwerk moet minimaal 1 meter hoog zijn, als de afstand van de grond tot het balkon minder dan 13 meter is
- het hekwerk moet minimaal 1,2 meter hoog zijn, als de afstand van de grond tot het balkon méér dan 13 meter is
- de afstand tussen de spijlen mogen in de hoogte en breedte samen niet meer dan 110 centimeter zijn.

Bij een spijlenhekwerk van 100cm hoog mag de afstand tussen de spijlen dus niet meer dan 10 centimeter zijn.

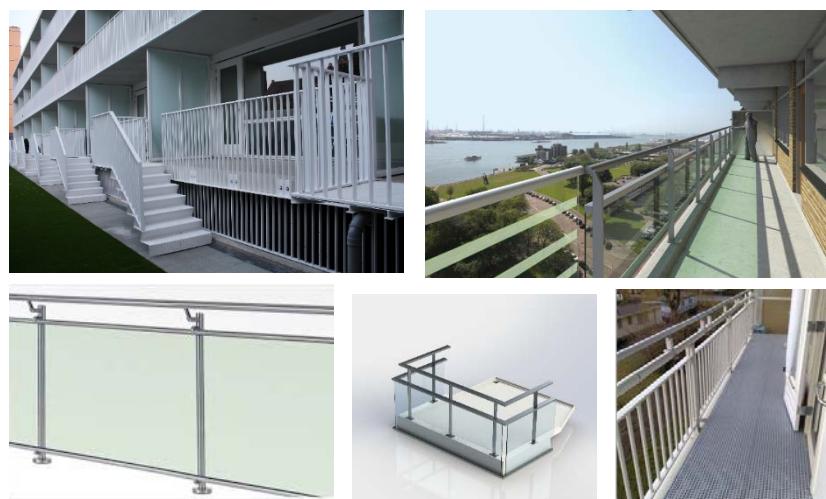
RELING BALKON

Balkons hebben logischerwijs verschillende soorten relingen. Een product dat op een balkon zal worden geplaatst moet dus universeel moeten kunnen worden opgehangen. Voordat wij de bevestiging gedetailleerd kunnen uitwerken zullen eerst alle soorten balustrades worden uitgelegd. Het gaat dan nog niet eens zo zeer over het materiaal van de balustrade, maar meer over de vorm en breedte van de reling. We hebben hieronder weergegeven welke soorten balustrades gangbaar zijn:

- Spijlhekken
- Striphekken
- Lamellenhekken
- Glashekken
- Verandahekken
- Houtbalustrade

We hebben ons gefocussed ons nu voornamelijk op galerijflats. De balkons aan deze flats hebben over het algemeen spijlhekken en geen speciale constructies. Daarmee kunnen we ons makkelijker richten op één algemeen type balkon wat er voor zorgt dat het ontwerpproces wordt vereenvoudigd. De (gemeenschappelijke) galerij ligt echter vaak uit de zon, en de persoonlijke balkons niet. Ons product zal voornamelijk voor deze kleine persoonlijke balkons worden gemaakt. Deze balustrades hebben voornamelijk metalen spijlhekken. De vorm van deze relingen heeft nog verschillende vormen. Het is lastig om hier een gangbaar gemiddelde voor te nemen. Eén aspect dat je overal terugziet, is de horizontale buis die dient als handvat.

We hebben in ons ontwerpproces gekozen voor de balkons (zie afbeelding 4) met reling en een niet gesloten balkonafscherming, zoals spijlhekwerk



Afbeelding 4: Focusgroep balkons

PLATTE DAKEN

Naast een balkon is er natuurlijk ook de mogelijkheid om een zonnepaneel op een plat dak te bevestigen. We houden daardoor de doelgroep, mensen voor wie de stap naar zonnepanelen groot is, wel zoals die is vastgesteld. Door zonnepanelen op een plat dak te bevestigen en mee te laten draaien over de optimale hellingshoek (en dit esthetisch mooi af te werken), kan dit ook een product zijn dat perfect past in de visie van ons innovatieproject.

Wat betreft platte daken zijn er nauwelijks wetten. Wel zijn er enkele praktische aspecten waar rekening mee zou kunnen worden gehouden (Zonnepanelen.net, 2017).

Bij het plaatsen van de zonnepanelen op het platte dak moet er rekening worden gehouden met de afstand tot de dakrand. Direct bij de dakrand zijn de sterkste wervelwinden die tijdens een storm behoorlijke krachten met zich meebrengen. Er moet worden gezorgd dat de afstand 0,5 tot 1 meter van de dakrand blijft. Ga je dichter naar de dakrand toe, dan zal er meer ballast toegepast moeten worden. Daarnaast ben je dan gebonden aan de lokale regels rondom het plaatsen van zonnepanelen op het platte dak. In de regel moet men een afstand tot de dakrand aanhouden die gelijk is aan de hoogte van de geplaatste zonnepanelen. Hierdoor is het niet toegestaan om zonnepanelen op het platte dak van een dakkapel te plaatsen. Het plaatsen van de panelen wordt dan namelijk gezien als een grote randzone.

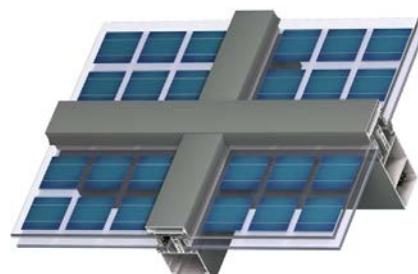
Naast de mogelijkheid om zonnepanelen bovenop een dak te bevestigen, is het ook mogelijk om de panelen als dak zelf te gebruiken. Denk hierbij aan de transparante pv (fotovoltaïsche) panelen die op dit moment in omloop raken. Deze (semi-) transparante panelen kunnen uiteraard ook worden toegepast op balkons. Het mag ook duidelijk zijn dat de opbrengst van deze panelen niet zo hoog kan zijn, vergeleken met de ondoorzichtige panelen.



Afbeelding 5: Transparante PV panelen

'In verticale of schuine gevallen is de BIPV toepassing van PV-panelen duidelijk zichtbaar en wint de architecturale uitstraling aan belang door een groen imago. De elektrische opbrengst is ongeveer een derde mindering vergelijking met een hellend systeem met optimale oriëntatie en hellingshoek. Extra aandacht voor mogelijke beschaduwing van de PV-panelen is nodig wanneer de BIPV panelen laag in de gevel worden geplaatst.' (Solar Constructions, 2017)

Als we dit project weer terugkoppelen op de opdrachtgever, is te zien dat dit type panelen ook perfect toepasbaar zijn met de aluminium profielen (zie afbeelding 6). Tijdens een vervolgend onderzoek zal dieper de toepassing met het aluminium worden ingegaan.



Afbeelding 6: Zonnepanelen in aluminium profielen

GEVELS

Zonnepanelen kunnen uiteraard ook als verticale wand gebruikt worden. Dit wordt op dit moment voornamelijk toegepast bij bedrijven. De particulier is niet erg betrokken bij deze mogelijkheid. Dit komt omdat de huizen van particulieren meestal niet geschikt zijn voor deze verticale panelen. Tijdens onderzoek in het vorige project werd al duidelijk dat men bang was dat de panelen snel kapot gaan als ze op ooghoogte hangen (omdat er objecten tegenaan kunnen staan). Op dit moment is er een grote opkomende markt die deze producten aan de man brengt.

Conclusie

Het is niet zomaar mogelijk om zonnepanelen te laten plaatsen waar je wilt. Dit hangt af van de locatie waar het product geplaatst zal worden. Dit is in diagram 1 te zien (Alles over zonnepanelen, 2017).

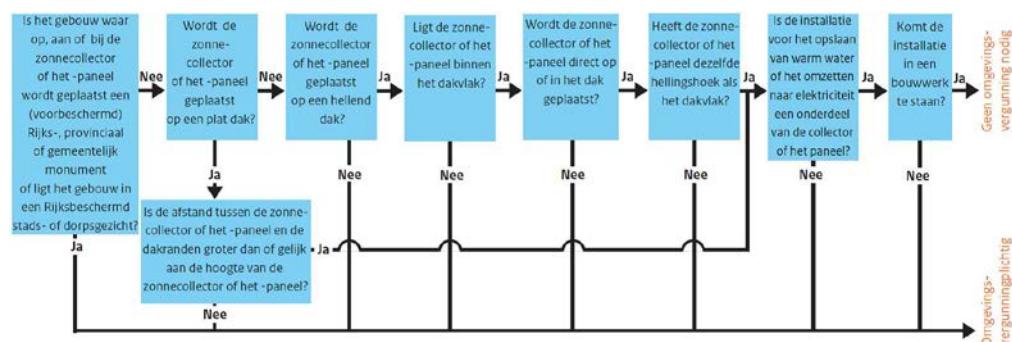


Diagram 1: Wetgeving rondom zonnepanelen

Voor zonnepanelen op een plat dak moet rekening worden gehouden met de ballast en de plaatsing. Voor zonnepanelen die op een balkon worden geplaatst, is niet concreet een eis te stellen. De gebruiker moet uiteraard zelf bepalen of de panelen niet hinderen.

3.2 VERDIEPING BALKONONDERZOEK

Om een beter beeld te krijgen van alle soorten balkons die er in Nederland zijn, hebben we 48 balkons onderzocht. Dit hebben we gedaan door op Google Maps enkele steden te observeren. We hebben na de observatie een tabel opgesteld waarin de verschillen en overeenkomsten zijn weergegeven. We hebben gekeken naar het type (en de vorm) van de reling, de hoek waaronder een deel van de reling staat (overhellend) en de manier hoe het balkon is opgebouwd (spijlen (horizontaal of verticaal) of compleet gesloten).

We hebben de steden Zwolle, Den Bosch, Amersfoort en Rotterdam genomen in onze steekproef. We hebben voor deze steden gekozen omdat het geografisch relatief ver uit elkaar ligt. De exacte gegevens over deze balkons zijn in de bijlage te zien. In dit verslag is alleen de conclusie beschreven.

TABEL 1: TELLING VORMEN RELINGEN IN VERSCHILLENDEN NEDERLANDSE STEDEN

	Buisreling	Rechthoekige reling	Overig
Zwolle	7	3	2
Den Bosch	4	7	1
Amersfoort	11	1	0
Rotterdam	10	1	1
Totaal	32	12	4

Voor ons product is het van belang dat er een reling op het balkon zit. In dit onderzoek is gebleken dat dat er twintig van de 48 balkons niet geschikt zijn voor de *Shifting Solar*. Dat betekent dat 8,33% van de balkons niet in onze 'doelgroep' valt.

TABEL 2: TELLING OVERHELLENDE BALKONS IN VERSCHILLENDEN NEDERLANDSE STEDEN

	Niet overhellend	Licht overhellend	Overig
Zwolle	11	1	0
Den Bosch	11	1	0
Amersfoort	10	2	0
Rotterdam	12	0	0
<i>Totaal</i>	44	4	0

Uit hetzelfde onderzoek blijkt dat vier van de 48 balkons licht overhellend is. Dit staat ook gelijk aan 8,33% en dit is dus het getal van dit type balkons waar ons concept niet voor wordt ontworpen.

TABEL 3: TELLING SOORTEN SPIJLEN IN VERSCHILLENDEN NEDERLANDSE STEDEN

	Horizontaal	Verticaal	Gesloten met opening	Gesloten
Zwolle	1	3	3	5
Den Bosch	0	8	0	4
Amersfoort	0	10	1	1
Rotterdam	0	7	0	5
<i>Totaal</i>	1	28	4	15

Van de 48 onderzochte balkons zijn wat betreft het type reling 33 balkons bruikbaar voor de *Shifting Solar*. Dit staat gelijk aan 68,75% met een balkon waar de zonnepaneelconstructie aan zowel de spijlen als aan de reling kan worden vastgemaakt.

CONCLUSIE BALKONONDERZOEK

Van alle balkons in Nederland is 68,75% geschikt voor ons product. In dit onderzoek hebben we gekeken naar zowel de balkons van appartementen als flats meegenomen. Eén galerijflat heeft logischerwijs meer balkons dan een appartement. We nemen dat in een galerijflat vier keer zo veel geschikte balkons gebouwd, waardoor het percentage van onze doelgroep ook omhoog gaat. Volgens ons onderzoek is 31,25% van de balkons geschikt voor ons product. Dit passen we aan naar 31,25% gedeeld door 4 = 7.8125%. De conclusie is dus dat totaal 92.1875% van alle balkons in Nederland geschikt is voor de *Shifting Solar*. We ronden dit af naar 92,19%.

3.3 WETGEVING RONDOM ZONNEPANELEN

Uiteraard zijn er allemaal regels voor ons product. Denk hierbij aan regels van de overheid, maar ook aan patenten et cetera. Voor dit onderzoek hebben we een document van de Rijksoverheid geraadpleegd (Agentschap NL, 2012).

DE STANDAARDSITUATIE VOOR CONSUMENTEN

Elektriciteit wordt geleverd door een energiebedrijf. De afnemer kan kiezen van welk energiebedrijf de stroom wordt ontvangen. In tegenstelling tot de vrije keuze van energiebedrijf kan de afnemer niet zelf kiezen onder welke netbeheerder hij valt. Dit komt doordat er in elk gebied maar één netbeheerder actief is. Bij het gebruik van de *Shifting Solar* lever je zelf de energie op en heb je dus extra te maken met de netbeheerder bij teruglevering.

Netbeheerder

Om überhaupt stroom te kunnen ontvangen, moet 'de afnemer' aangesloten zijn op het landelijk distributienet. Dit houdt in dat een van de twee aansluitingen aanwezig moet zijn in de woning om gebruik te maken van het net:

- Kleinverbruksaansluitingen: maximaal 3 x 80 A
- Grootverbruksaansluitingen: groter dan 3 x 80 A

Verder worden nog een aantal kosten aan deze aansluiting gehangen. Zo moet er eenmalig een bedrag worden betaald bij de installatie van deze aansluitingen en een jaarlijks bedrag voor het onderhoud van deze aansluiting en transport van elektriciteit. Hiervoor geldt een vast tarief. De totale jaarlijkse kosten liggen rond de €200.-

Energiebedrijf

Elektriciteit wordt geleverd door een energiebedrijf. De hoeveelheid stroom wordt berekend in kWh. De prijs per energiebedrijf kan verschillen, afhankelijk van contactduur, tarieven en energiemix. De energiebelasting kent vier schijven. Deze schijven hebben betrekking op bedrijven, particulieren en industrie. De gemiddelde particulier zit in de eerste of tweede schijf (zie tabel 4).

TABEL 4: ENERGIEBELASTINGSSCHIJVEN

Verbruikersgroep	Kleinegebruiker (< 10 000 kWh)	Middengebruiker (10 000 kWh - 50 000 kWh)	Grootgebruiker (50 000 kWh - 10 000 000 kWh)	Zware industrie
Prijscomponent	Particulier	VvE	Zeer grote VvE	
Elektriciteitsprijs (ong.)	€ 0,07	€ 0,07	€ 0,05	€ 0,04
Energiebelasting	€ 0,11	€ 0,04	€ 0,01	€ 0,00
btw (ong.)	€ 0,03	€ 0,02	€ 0,01	€ 0,01
Totaal (ong.)	€ 0,22	€ 0,13	€ 0,07	€ 0,05

- Er wordt een omzetbelasting in rekening gebracht
- Voor de betaalde energiebelasting krijgen alle verbruikers een compensatie. Dit komt overeen met ongeveer 2400 kWh (€318,62). Wie minder verbruikt, krijgt een grotere compensatie dan dat er aan kosten wordt gerekend
- Sommige verbruikers, zoals goede doelen of kerken, kunnen onder bepaalde omstandigheden een teruggaaf van vijftig procent krijgen.

ZELF ZONNE-ENERGIE OPWEKKEN

Algemene regels rondom het opwekken van energie

Bedrijven en particulieren kunnen zelf elektriciteit opwekken door middel van de zon. Op dit moment is dit de grootste concurrent voor elektriciteit van het energiebedrijf.

Zelf opgewekte stroom kost momenteel tussen de €0,15 en €0,22 per kWh. Deze kosten zijn afhankelijk van de financieringsvorm en complexiteit van de installatie. Een voordeel dat zich voordoet bij het opwekken van energie, is dat de prijs per kWh voor de levensduur van het systeem (meer dan 20 jaar) vastligt. Dit is gunstig, omdat verwacht wordt dat de prijs per kWh van netstroom flink zal stijgen. Hierdoor kunnen verbruikers in een deel van hun behoeften de komende jaren blijven voorzien voor een relatief lage prijs.

Wat de economische waarde van deze elektriciteit is, hangt af van de woonsituatie:

- Kan de verbruiker de zelf opgewekte elektriciteit vanaf de zonne-energieinstallatie achter de meter aan zijn eigen huisinstallatie leveren of
- Moet hij de zelf opgewekte stroom via het net aan zijn woning leveren.

Wanneer er sprake is van de eerste situatie hoeft er geen belasting betaald te worden. Is er sprake van de tweede situatie dan moet er wel belasting worden betaald. Mocht de afnemer de opgewekte stroom direct kunnen gebruiken, dan worden de elektriciteitskosten en belastingen, die respectievelijk €0,07 en €0,15 per kWh bedragen, afgetrokken van de energierekening. Mocht de afnemer meer opwekken dan verbruiken, dan kan de extra opgewekte elektriciteit worden teruggeleverd aan het elektriciteitsnet. Voor deze teruglevering gelden wel enkele regels:

- Als particulier mag maximaal tot 5000 kWh teruggeleverd worden aan het net.
- Als er meer terug wordt geleverd, dan moet het energiebedrijf voor de teruglevering ongeveer €0,05 per kWh rekenen.

Wat betreft belastingen rondom te teruglevering gelden de volgende regels:

- De particulier is alleen belasting verschuldigd over de netto afgenoemde elektriciteit. De netto afgenoemde elektriciteit is het stroomverbruik van de particulier minus de opgeleverde energie.
- Als de teruglevering minder is dan je energieverbruik én minder dan 5000 kWh dan kost dit €0,22 per kWh. Bij méér dan 5000 kWh teruglevering kost het €0,07 per kWh aan belasting (zie tabel 5).

TABEL 5: BELASTINGSSITUATIES

Prijscomponent	Situatie Kleinegebruiker voor afname ≤ 10 000 kWh én teruglevering ≤ 5000 kWh én teruglevering ≤ afname	Kleinegebruiker voor afname ≤ 10 000 kWh én teruglevering > 5000 kWh én teruglevering ≤ afname	Middelgrote gebruiker voor afname > 10 000 kWh én teruglevering ≤ 5000 kWh én teruglevering ≤ afname	Middelgrote gebruiker voor afname > 10 000 kWh én teruglevering > 5000 kWh én teruglevering ≤ afname	Grootgebruiker voor afname > 50 000 kWh én teruglevering ≤ afname	Alle gebruikers voor terug- levering > afname
Elektriciteitsprijs (ong.)	€ 0,07	€ 0,05	€ 0,07	€ 0,05	€ 0,05	€ 0,05
Energiebelasting	€ 0,11	€ 0,11	€ 0,04	€ 0,04	€ 0,01	€ 0,00
btw (ong.)	€ 0,03	€ 0,03	€ 0,02	€ 0,02	€ 0,01	€ 0,00
Totaal (ong.)	€ 0,22	€ 0,20	€ 0,13	€ 0,11	€ 0,07	€ 0,05

VOORKOMENDE SITUATIES BEZIT ZONNEPANELEN

Uit recent onderzoek (Zonnestroom en de Nederlandse wetgeving, juni 2012) is gebleken dat er zich de volgende situaties rondom het gebruik en plaatsen van zonnepanelen gangbaar zijn.

Situatie 1

Eigen installatie op eigen dak: zowel de woning als de installatie zijn eigendom van de bewoner. De opgewekte stroom wordt direct geleverd aan de bewoners.

Situatie 2

Andermans installatie op eigen dak: de woning is eigendom van de bewoner, maar de installatie wordt geleaset. De belasting wordt verhaald op de bewoner en deze krijgt ook de opgeleverde stroom.

Situatie 3

Andermans installatie op dak van huurwoning: zowel de woning als de installatie zijn geen eigendom van de bewoner. Hierbij leaset de bewoner het systeem van een externe partij. Bijvoorbeeld wanneer een woningcorporatie besluit zonnepanelen op een huurhuis te plaatsen, is deze situatie van toepassing.

Situatie 4

Gezamenlijke installatie op gemeenschappelijk dak van een Vereniging van Eigenaren (VvE): alle of een deel van de bewoners zijn eigenaar van de installatie.

Situatie 5

Andermans systeem op gemeenschappelijk dak van een VvE: de bewoners zijn gezamenlijk eigenaar van het dak en zonnepanelen. Deze installatie wordt aangeleverd door de woningcorporatie of door de energemaatschappij.

Situatie 6

Andermans systeem op gemeenschappelijk dak van een appartementengebouw met huurwoningen: de verhuurder is eigenaar van het dak en zonnepanelen.

In een aantal situaties is het mogelijk om de opgewekte stroom achter de meter (binnenshuis) te leveren. Hierdoor hoeft over de opgewekte energie geen belasting betaald te worden. Wanneer zonnepanelen worden gebruikt in een flat of gemeenschappelijke woning is het niet mogelijk om de stroom achter de meter te leveren. Hierdoor moeten deze bewoners wel belasting betalen over de opgewekte elektriciteit.

Om geen belasting over de opgewekte stroom te hoeven betalen, bestaan er enkele oplossingen, maar daar hangen ook weer regels aan. Deze luiden als volgt:

- Wanneer de huisinstallaties van alle deelnemende bewoners met de gemeenschappelijke installatie verbonden worden, dan worden in feite alle huisinstallaties achter de meter met elkaar verbonden. Dit is niet toegestaan.
- Om de installatie achter de meter aan te kunnen sluiten, moet iedere deelnemer een eigen installatie hebben en moet per deelnemer een leiding getrokken worden van de eigen installatie naar het eigen appartement. Omdat er geen grote installatie geplaatst wordt, maar per deelnemer een klein systeem, wordt de hele installatie een stuk duurder.
- Wanneer de leidingen op de gevel worden aangebracht, moet vervolgens een erfdienvaarheid gevestigd worden op de gemeenschappelijke gevel, wat tot aanpassing van hypotheekaktes kan leiden.
- Worden de leidingen binnenshuis aangebracht, dan moet er per appartement een leiding van het dak, via het centrale gedeelte, naar dat appartement getrokken worden. Als dit mogelijk is, zullen de kosten ook hiervoor relatief hoog zijn.

Bij de aanleg van individuele installaties, loop je niet alleen tegen constructieproblemen aan, maar zullen ook de kosten niet rendabel zijn.

- Een VvE gebruikt meestal meer dan 10.000 kWh per jaar. Voor het opgewekte deel boven de 10.000 kWh betalen zij slechts €0,13 per kWh. De opwekkingskosten van zonne-energie zijn tussen €0,15 en €0,25 per kWh. Een zonne-installatie is voor een VvE in deze constructie dan ook niet rendabel.
- Bij grotere VvE's, met een aansluiting boven de 3x80A, vervalt de saldering van de energiebelasting en de btw, waardoor bij teruglevering de waarde van zonnestroom daalt naar ongeveer €0,05 per kWh.

Conclusie uit onderzoek

Door de hoge belastingen is elektriciteit in Nederland relatief duur, vooral voor de kleinverbruikers. Tegenwoordig kost één kWh €0,22. Omdat de prijs van zonnepanelen daalt, wordt dit een interessant goedkoper alternatief (€0,15 tot €0,22 per kWh) dan het gebruik van gewone stroom.

Kleinverbruikers verbruiken onder de 10.000 kWh per jaar. Omdat over de zonne-energie die achter de meter wordt ingevoerd geen belasting betaald hoeft te worden, is het voor veel kleinverbruikers rendabel om zonnepanelen aan te schaffen. Voor de VvE geldt wel dat er belasting over de zonne-energie betaald moet worden, omdat het niet mogelijk is om de installatie achter de meter aan te sluiten.

Het verschil tussen de kosten leidt tot een ongelijkheid tussen kleinverbruikers met eigen dak en kleinverbruikers met een gezamenlijk dak. De verwachting is dat dit verschil de komende jaren alleen nog groter wordt, naarmate de prijs van elektriciteit verder omhoog gaat. Het is daarom belangrijk dat voor dit verschil een oplossing wordt bedacht.

3.4 BESTAANDE PATENTEN EN OCTROOIJEN

Om er zeker van te zijn dat het gekozen productconcept niet eerder bedacht is, wordt onderzoek gedaan naar mogelijke patenten die op ons concept zitten.

Het onderzoek naar patenten is gedaan door middel van eigenschappen van ons concept in te voeren op Espacenet.com (RVO, 2017). Op deze website is allerlei informatie te vinden over het aanvragen van patenten en al bestaande patenten. Het zoeken naar patenten wordt gedaan door middel van het invoeren van begrippen. Voor ons concept zijn de begrippen *solar*, *panel(s)*, *balcony* en *frame* ingevoerd als zoektermen. Uit deze zoekopdracht kwamen negentien resultaten naar voren. De dikgedrukte patenten hebben raakvlakken met ons concept. Deze moeten we onderzoeken om er zeker van te zijn dat we geen bestaande patenten schenden.

Patent 1 - "Domestic formula solar panel control system"

Patent 2 - "Apparatus for preventing flame propagation using solar panel"

Patent 3 - "Holding device for a solar panel on a parapet of a balcony"

Patent 4 - "Solar cell panel device installed outside balcony guardrail"

Patent 5 - "Balcony with solar cell panel"

Patent 6 - "Balcony panel solar energy device"

Patent 7 - "System intergrating complementary solar photovoltaic power generation and solar panel heat collection"

Patent 8 - "Complementary integrated system of solar energy photovoltaic power generation and solar energy panel heat collection and control method thereof"

Patent 9 - "Solar panel composite building"

Patent 10 - "S-Shaped inclined heat absorption flow passage of balcony-type flat panel solar heat collector"

Patent 11 - "Balcony mounting bracket of flat-panel solar collector"

Patent 12 - "Fold-line heat absorbing flow channel of balcony-style flat-panel solar heat collector"

Patent 13 - "Flat-panel solar heat collector capable of regularly following spotlight"

Patent 14 - "Solar panel balcony enclosure"

Patent 15 - "Balcony with solar battery panel"

Patent 16 - "Solar battery panel mounting structure and colored plate"

Patent 17 - "New installation place for solar light power generation panel"

Patent 18 - "Balcony railing panel solar thermal collector"

Patent 19 - "Solar heating system collector panel – is supported at one corner and rotated about diagonal axis to follow sun"

In de bijlage zijn de patenten in hun geheel te bekijken.

Omdat patent 1 een vergelijkbare omschrijving heeft met ons concept en daarover onduidelijkheden zijn, hebben we naar dit patent verder onderzoek verricht.

PATENT 1: DRAAISYSTEEM ZONNESYSTEEM

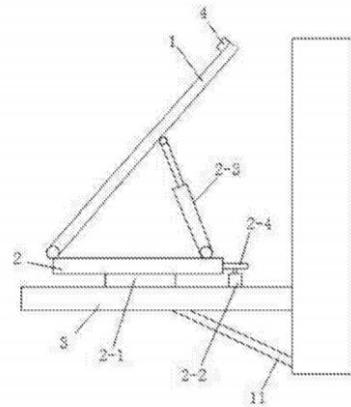
"The utility model discloses a domestic formula solar panel control system relates to solar panel control technical field. The utility model discloses there are a solar cell panel and rotating device, rotating device includes gear turntable, servo motor, the pneumatic cylinder, gear turntable sets up on the horizontal plate, the horizontal plate is fixed on the wall outside the balcony, fixed cover is equipped with one and gear turntable engaged with gear in servo motor's the pivot, solar cell panel's bottom articulates on gear turntable, solar cell panel's the upper portion and the telescopic rod hinge of pneumatic cylinder, the outer shell hinged of pneumatic cylinder is on gear turntable, the last image sensor that installs of solar cell panel, image sensor passes through AD converter connection director, the controller passes through the DA converter and connects the driver. Solar cell panel changes variable angle according to the direction that the sun removed every day for many illumination is done in receiving of solar cell panel maximize, and the illumination of acceptance changes electrical energy storage into, and is used in order to domestic illumination."

In bovenstaande omschrijving wordt een product beschreven dat door middel van een servomotor een zonnepaneel kantelt om een optimale hellingshoek te behouden ten opzichte van de zon. Dit product bestaat uit een horizontale plaat die bevestigd wordt aan een balkon. Er wordt hierbij gebruik gemaakt een horizontaal plateau, een zonnepaneel en een mechanisme om de optimale hellingshoek te behouden.

Na het lezen van deze omschrijving was het toch noodzakelijk om naar dit patent verder onderzoek te doen naar het precieze aspect waar dit patent op slaat. Bij dit onderzoek kwamen we erachter dat er een product-/concepttekening van dit patent bestond (zie figuur 7).

Deze tekening verschilt op veel verschillende manieren van ons idee. Het gaat hier namelijk om een draaiconstructie aan een vaste zonnepaneel. Daarom hebben we de conclusie getrokken dit patent niet wordt geschonden door ons concept.

Ook patent 4 bleek een soortgelijke omschrijving te hebben.



Figuur 7: Producttekening patent 1

PATENT 4: BEVESTIGING AAN BALKON

"The utility model discloses a solar cell panel device installed outside a balcony guardrail. The solar cell panel device comprises an L-shaped supporting frame and a connecting pipe, wherein the L-shaped supporting frame is vertically arranged; a solar cell panel is supported between a vertical frame side and a horizontal frame side, which are in an L shape, of the supporting frame; the rear end of the connecting pipe is connected with a clamping block, a connecting rod is arranged in the connecting pipe is a rotated manner, and the front end of the connecting rod is connected in a clamping port of the vertical frame side of the supporting frame through a pin shaft. The solar cell panel device can be installed outside the balcony guardrail, and has the advantages of convenient installation and disassembly."

In dit patent wordt een product omschreven aan de hand van een manier waarop een zonnepaneel wordt bevestigd aan een balkon. Er wordt gebruik gemaakt van een L-vorm frame dat wordt vastgezet aan de reling van het balkon door middel van klemmen (*clamping blocks*).

Om te voorkomen dat dit patent geschonden wordt, mag de bevestiging van het zonnepaneel in ons concept niet op een gelijke manier gaan. Om een beter beeld te krijgen van de bevestiging is gezocht naar '*clamping block*'. Een van de meest voorkomende resultaten van deze zoekopdracht is in afbeelding 7 te zien.



Afbeelding 7: Clamping block

Bij het uitwerken van de bevestiging van de *Shifting Solar* moet rekening worden gehouden dat het patent niet wordt geschonden.

Patent 11 is het laatste patent dat onze aandacht trok.

PATENT 11: OPHANGSysteem ZONNEPANEEL

"A balcony mounting bracket of a flat-panel solar collector relates to the field of the structure of a bracket used for flat-panel solar collector installation, and comprises at least two groups of bracket components, each group of brackets components comprise a transverse rod, a vertical rod, an inclined pull rod and a fixed block, wherein the vertical rod is vertically arranged above the transverse rod, the lower end of the vertical rod is fixedly connected with the transverse rod, the upper end of the vertical rod is inclined pull rod is fixedly connected with the front end of the transverse rod; the rear end of the transverse rod is fixedly connected with the front end of the transverse rod; the rear end of transverse rod is fixedly connected with the fixing rod, each group of bracket components also comprise a lower clamping plate, and the upper end of the inclined pull rod is connected with an upper clamping plate. When in installation, the fixing block is fixed with a cement base by bolts, two sides of the lower end of the collector are respectively placed in the lower clamping plate, and two sides of the upper end of the collector are fixed by the upper clamping plate so as the load the collector not to slip, therefore, the balcony mounting bracket has good stability, can be installed in common balconies, and breaks through the installing limitation completely."

In dit patent wordt een frame beschreven waarmee een zonnepaneel kan worden opgehangen aan het balkon. De manier van ophangen van de *Shifting Solar* is ook een aspect waar we ook rekening mee moeten houden in ons ontwerpproces.

Wetgeving rondom balkons

Op internet is gezocht naar eventuele wetten voor balkons. Hieruit is gebleken dat er weinig wetten bestaan voor (voorwerpen rondom) balkons. Wel is het belangrijk dat tussen twee balkons minimaal 2 meter afstand zit. Dit kan worden meegenomen in het ontwerp van het concept. Verder zijn er weinig regels bekend omtrent maximaal gewicht, formaten en maximaal aanhanggewicht.

Conclusie

Uit de zoekopdracht en het daaruit volgende onderzoek is gebleken dat er nog geen patenten zijn waarmee ons concept in strijd is. Het voortzetten van de ontwikkeling van het concept hoeft dus niet voor verdere problemen te zorgen. Wel moet er gelet worden op de bevestiging van het frame aan het balkon. Op dit gebied zijn er wel patenten die geschonden kunnen worden. Verder zijn er weinig regels bekend omtrent maximaal gewicht, formaten en maximaal aanhanggewicht voor balkons. Dit wil niet zeggen dat alle ruimte benut kan worden rondom het balkon, maar dat hierin wel meer vrijheid is dan wij in de eerste instantie verwachtten.

3.5 ONDERZOEK SOORTEN ZONNEPANELEN

Zonnepanelen zijn er in allerlei soorten en maten. Er zijn drie verschillende typen zonnepanelen. Deze typen verschillen in opbrengst, levensduur en uiterlijk. Wij richten ons op de volgende drie typen: monokristallijn, polykristallijn en amorf.

MONOKRISTALLIJN ZONNEPANELEN

De structuur van silicium bestaat bij monokristallijn zonnepanelen uit één groot kristallijn, vandaar de naam monokristallijn. Hierdoor levert monokristallijn het meeste vermogen van de drie genoemde typen. Een monokristallijn paneel is duurder, maar door het hoge vermogen dat het levert, heb je minder celoppervlak nodig. Monokristallijn zonnepanelen zijn te herkennen aan de karakteristieke zwarte kleur (zie afbeelding 8). Ze zijn ideaal voor situaties waarin je weinig ruimte hebt, maar het meeste eruit wilt halen. We hebben de voor- en nadelen onder elkaar gezet.

Voordelen

- Hogere opbrengst ten opzichte van andere typen zonnepanelen
- Relatief lange levensduur van het paneel
- Hoge esthetische waarde

Nadelen

- Hoge prijs
- Zwaar

In tabel 6 hebben we de twee meest gangbare panelen met hun eigenschappen onder elkaar gezet. Hieruit zijn de nadelen van dit type panelen ook te zien.

TABEL 6: EIGENSCHAPPEN VAN ENKELE MONOKRISTALLIJNE PANELEN

Watt / WP	Afmetingen (mm)	Gewicht (kg)	Prijs (€)
Trina Solar			
270	1650 x 992 x 35	18,6	140
295	1650 x 992 x 35	18,6	230
Canadian Solar			
270	1650 x 992 x 40	18,2	180
275	1650 x 992 x 40	18,2	185
295	1650 x 992 x 40	18,2	200



Afbeelding 8: Monokristallijn paneel

POLYKRISTALLIJN ZONNEPANELEN

Door een ander bewerkingsproces van silicium ontstaat polykristallijn. Er worden meerdere plakken van het polykristallijn gesneden en deze worden tot één geheel gemaakt. De productie is een stuk minder ingewikkeld dan het productieproces van monokristallijn en daarom goedkoper. Deze (traditionele) zonnepanelen kun je herkennen aan hun typische blauwe ruitvormige look en aluminium omlijsting (zie afbeelding 9). Ze zijn in het verleden altijd goedkoper geweest dan monokristallijn zonnepanelen en werden daarom erg veel verkocht. Het rendement dat je ermee kunt behalen, is iets lager dan bij monokristallijn zonnepanelen (15 tot 18 %) maar door moderne ontwikkelingen wordt dit verschil steeds kleiner. Wanneer je voldoende dakoppervlakte hebt of slechts weinig energie moet opwekken, is dit type zonnepanelen een goedkoop en slim alternatief. Je bespaart hier zo'n 10% mee op de prijs van de investering. Ook bij dit type panelen hebben we de voor- en nadelen onder elkaar gezet.

Voordelen

- Hogere opbrengst ten opzichte van amorf zonnepanelen
- Lange levensduur
- Redelijke prijs

Nadelen

- Minder opbrengst bij een klein celoppervlak
- Minder esthetische waarde
- Zwaar

In tabel 7 hebben we de twee meest gangbare panelen met hun eigenschappen onder elkaar gezet. Hier zijn de gegevens van de bovenstaande opsomming terug te zien.



TABEL 7: EIGENSCHAPPEN VAN ENKELE POLYKRISTALLIJNE PANELEN

Watt / WP	Afmetingen (mm)	Gewicht (kg)	Prijs (€)
Canadian Solar			
265	1650 x 992 x 40	18,2	150
270	1650 x 992 x 40	18,2	160
Panelen (Solar Frontier)			
160	1257 x 977 x 35	20	108
165	1257 x 977 x 35	20	112
170	1257 x 977 x 35	20	117

Afbeelding 9: Polykristallijn paneel

AMORFE ZONNEPANELEN

Amorf wordt ook wel dunne film genoemd. Dit type paneel varieert in kleur. Amorfe zonnepanelen worden voornamelijk gemaakt uit amorf silicium. Er wordt als het ware een dun laagje (de film) amorf silicium opgedampt op een onderlaag. Dit laagje is flinterdun en er is geen kristallijn aanwezig. Hierdoor is dit laagje flexibel en kunnen er zelfs flexibele zonnepanelen worden gemaakt (zie afbeelding 10). De voor- en nadelen zijn opnieuw onder elkaar gezet.

Voordeelen

- Lage productiekosten
- Bestendig voor temperatuurverschillen (functioneert ook bij hoge temperatuur)
- Rendabel bij diffuus licht
- Zelfreparerend
- Lichtgewicht

Nadelen

- Relatief korte levensduur (15 tot 25 jaar)
- Minder vermogen dan kristallijne panelen

Amorfe panelen zie je terug in veel kleine maten.

Maar er zijn ook producenten die deze panelen maken op grotere oppervlaktes. Na wat verder onderzoek binnen deze sector te hebben gedaan, kwam CFW Solar naar boven. Dit bedrijf maakt grote rollen amorf zonnepanelen.

Een ander bedrijf dat zich ook bezighoudt met de productie van amorf panelen is Solar Frontier. Zij ontwikkelt amorf zonnepanelen met een veel hoger rendement dan de andere amorf panelen. Ook hier hebben we de meest gangbare panelen onder elkaar gezet. Tot slot zijn ook hier de voor- en nadelen terug te zien in onderstaande tabel 8.

TABEL 8: EIGENSCHAPPEN VAN ENKELE AMORFE PANELEN

Watt / WP	Afmetingen (mm)	Gewicht (kg)	Prijs (€)
Rollen (CFW)			
33	1410 x 394 x 4	1,85	65
72	2849 x 394 x 4	3,9	102
144	5486 x 394 x 4	7,7	225
Panelen (Solar Frontier)			
160	1257 x 977 x 35	20	108
165	1257 x 977 x 35	20	112
170	1257 x 977 x 35	20	117



Afbeelding 10: Flexibele en vaste amorf panelen

KEUZE ZONNEPANEEL

Het zonnepaneel dat wordt gebruikt voor onze *Shifting Solar* moet voldoen aan enkele eisen. Niet elk zonnepaneel is toepasbaar. *Shifting Solar* moet sterk, stevig, rendabel en esthetiek zijn. We hebben eisen opgesteld waar het zonnepaneel aan moet voldoen:

- Maximaal gewicht van 10,5 kilogram
- Rendement van minimaal 12,5%
- Mogelijkheid om panelen op maat te krijgen
- Onopvallende uiterlijk (niet reflecterend)
- Totaal oppervlakte van ongeveer 2m²

Onze eerste keuze is uitgegaan naar monokristallijne zonnepanelen. Ze hebben in theorie het hoogste rendement op kleine oppervlaktes. Echter zijn deze zonnepanelen erg zwaar. Het idee om alleen de zonnecellen te gebruiken (dus zonder plaat, glas, omlijsting et cetera) is ook niet aan te raden. De zonnecellen zullen snel worden aangetast door externe factoren, zoals het weer en de omgeving. Daarnaast is het gebruik van panelen zonder omlijsting een zeer geavanceerd (lees: precies) proces dat niet haalbaar is bij Bacron, omdat zij deze kennis niet heeft. Bacron kan dan niet dezelfde garantie leveren op het product die zij normaliter wel doen. Deze argumentatie geldt ook voor polykristallijn zonnepanelen.

CONCLUSIE

Onze voorkeur voor onze *Shifting Solar* gaat uit naar amorf zonnepanelen. Deze zonnepanelen zijn erg licht van gewicht. Ze kunnen in veel meer afmetingen worden besteld en daar komt ook nog bij dat de prijs ook nog eens een stuk lager ligt. Het uiterlijk van amorf zonnepanelen is ook erg gunstig voor *Shifting Solar*. De zonnepanelen reflecteren namelijk niet en zullen daarom niet storend zijn voor de gebruiker en/of de omgeving (dieren, mensen, luchtverkeer etc.). Bij een paneel met een oppervlakte van ongeveer 2m² is het haalbaar om een zonnepaneel te krijgen dat onder het gewicht van 10,5 kilogram blijft.

Het rendement van amorf zonnepanelen is wel een aandachtspunt. Amorf zonnepanelen staan er namelijk om bekend dat ze een veel lager rendement hebben dan monokristallijn en polykristallijn zonnepanelen. Echter is de techniek van tegenwoordig ver gevorderd in het verhogen van het rendement van amorf zonnepanelen. Enkele fabrikanten slagen erin om een rendement te behalen dat hoger ligt dan die van monokristallijn zonnepanelen.

Daarnaast zijn amorf zonnepanelen in veel meer verschillende maten te bestellen. Deze modulariteit sluit beter aan bij *Shifting Solar*, omdat deze kleinere zonnepanelen nodig heeft dan de standaard afmetingen van kristallijne panelen. Door amorf zonnepanelen te gebruiken, zal de prijs van het product ook lager uitpakken.

3.6 OPBRENGST VAN HET PRODUCT

Om een goed beeld te krijgen van de hoeveelheid zonnecellen die *Shifting Solar* moet hebben om de kostprijs terug te verdienen, hebben we hier een deelonderzoek over gedaan. Uit dit onderzoek is duidelijk geworden hoeveel celopervlak er nodig is om te voldoen aan de gewenste opbrengst en welk type amorf paneel daarbij nodig is.

TERUGVERDIENTIJD VAN DE SHIFTING SOLAR

Shifting Solar moet door de consument worden terugverdiend binnen 5 jaar. Het product krijgt een uiteindelijke verkoopprijs van €300,-. *Shifting Solar* moet per jaar €60,- besparen. Dit geld moet worden verdiend door energie terug te leveren aan het net. Voor het terugleveren van stroom wordt tegenwoordig €0,20 vergoeding geleverd per kWh. *Shifting Solar* moet per jaar 300 kWh opleveren.

Daarnaast moet *Shifting Solar* 10% van het huidige energieverbruik van een huishouden uit onze doelgroep compenseren. Een gemiddeld huishouden uit onze doelgroep verbruikt gemiddeld zo'n 3.200 kWh stroom per jaar. *Shifting Solar* zal dus zo'n 320 kWh moeten opleveren in een jaar tijd.

BENODIGDE CELOPPERVLAK

Nu we weten hoeveel energie *Shifting Solar* moet opwekken in een jaar tijd, hebben we gezocht naar het benodigd celopervlak. Amorfe cellen staan bekend als zonnecellen die niet zoveel energie opleveren en een laag rendement hebben, maar zoals hiervoor al beschreven is komt daar verandering in. De huidige technieken maken het mogelijk om ook uit amorse zonnecellen een hoog rendement te halen, zelfs hoger dan sommige bestaande monokristallijn panelen. Om een geschikt paneel te vinden, dat voldoet aan de terugverdientijd, hebben we meer gegevens nodig. Deze gegevens zijn namelijk:

- Oppervlakte zonnecel
- Gemiddelde opbrengst per dag
- Terugkoppeling plan van eisen

Oppervlakte zonnecel

Hoe groter een zonnecel, des te hoger is de opbrengst. *Shifting Solar* heeft een totaal celopervlak van zo'n 2m². De zonnecel moet dus binnen dit oppervlakte de benodigde hoeveelheid energie opleveren, namelijk zo'n 300 tot 320 kWh per jaar.

Gemiddelde opbrengst per dag

De gemiddelde opbrengst van een zonnecel per dag is afhankelijk aan het aantal gemiddelde zonuren per dag. Als er op een dag meer zonuren zijn, zal de opbrengst ook hoger zijn. Om aan het aantal zonuren te komen, is er gebruik gemaakt van een betrouwbare bron, namelijk het KNMI.

Vanaf 1 januari 2007 tot en met 1 januari 2017 zijn er in Nederland 10.286,99 zonuren geweest. Dit komt neer op gemiddeld ongeveer 3 zonuren per dag. Omdat een amorse zonnecel ook diffuus licht opneemt (bij bewolkt weer), zal er worden doorgerekend met 4 zonuren per dag. Dit betekent dat *Shifting Solar* gemiddeld 4 uur per dag zijn maximale vermogen zal leveren.

Gewicht van de zonnecel

Een van de belangrijkste eisen aan ons concept is het gewicht van *Shifting Solar*. Zonnecellen kunnen erg zwaar zijn. Daarom zal met het gewicht extra rekening mee gehouden moeten worden tijdens het uitkiezen van een bijpassende zonnecel. De zonnecel mag maximaal 10,5 kilogram wegen.

Bijpassende zonnecel

De zonnecel die in *Shifting Solar* zal worden geïntegreerd, zal aan enkele eisen moeten voldoen:

- Een vermogen van minimaal 125W per m²
- Een maximaal gewicht van 10,5 Kg
- Een betrouwbare leverancier.

Na een lange zoektocht op het internet hebben we een bedrijf gevonden dat zonnecellen levert die aan deze eisen voldoet. Dit bedrijf is gevestigd te Shenzhen in China. China is een van de topproducenten van amorf zonnepanelen.

Het bedrijf heet Shenzhen Shine Solar (zie afbeelding 11). Dit bedrijf levert flexibele amorf zonnepanelen. De zonnecel die het beste past bij de eisen van *Shifting Solar* is model SN-H180W. Dit is een flexibel zonnepaneel met een hoge opbrengst. In tabel 9 hebben we de specificaties van dit model beschreven.



Afbeelding 11: Shenzhen Shine Solar

TABEL 9: SPECIFICATIES VAN MODEL SN-H180W

Oppervlakte	1,04 m ²	<i>Doorbuighoek</i>	30°-90°
Efficiëntie	22%	<i>Installatie (bijv)</i>	Schroeven of lijm
Kabellengte	900 mm	<i>Vermogen</i>	180-200 Watt
Kleur	Zwart of wit	<i>Gewicht</i>	3,8 Kg
Aantal cellen	60	<i>Dikte</i>	3 mm

Deze zonnepanelen hebben precies wat we graag wilden hebben. Het zijn lichtgewicht panelen die een mooi vermogen hebben. De dikte van de panelen is perfect dat ze in de aluminium profielen passen.

3.7 INVALSHOEK ZONLICHT

Zonnepanelen zetten zonlicht om in energie. Daglicht komt gericht uit de lucht boven ons. Om zoveel mogelijk daglicht op te vangen, lijkt het dus het beste om het zonnepaneel plat te leggen met vrij zicht op de gehele hemelkoepel. Deze bewering klopt zolang het daglicht in gelijke mate over de hemelkoepel verdeeld is. Dit is in de praktijk natuurlijk niet het geval, omdat de aarde gedurende de dag roteert waardoor de zonnestralen onder een andere hoek op een bepaalde plek vallen. Zo zal op een heldere dag bijna al het daglicht direct afkomstig zijn van de zon. Een horizontaal geplaatst paneel 'ziet' de zon dan wel maar 'kijkt' eigenlijk een beetje de verkeerde kant uit. Het licht valt niet met de optimale hoek op het paneel. Om te berekenen hoeveel daglicht een zonnepaneel ontvangt, wordt gebruik gemaakt van daglichtmodellen. Een daglichtmodel beschrijft hoe het daglicht verdeeld is over de hemelkoepel.

DAGLICHTMODEL

Het rekenen met het daglichtmodel is niet moeilijk, maar vereist wel enig kennis en inzicht in de wis- en natuurkunde. Daglichtmodellen zijn er in vele soorten. Voor dit rapport is gebruik gemaakt van een bestaand daglichtmodel. Dit model is gebaseerd op een heldere dag: het zogenaamde *Clear-Sky* model. Een *Clear-Sky* model is essentieel om te bepalen hoeveel daglicht er op een schuin (paneel)vlak valt.

Daglicht bestaat uit twee componenten. Zonnestraling die direct afkomstig is van de zon heet directe straling en wordt aangeduid met de letter 'B' (Beam radiation). Alle andere straling (wolken, blauwe lucht) is indirecte straling en wordt aangeduid als met de letter 'D' (Diffuse radiation). Het totaal van directe en diffuse straling heet de globale straling ('G' van Global). Het *Clear-Sky* model berekent voor elk moment van de dag de globale straling.

Om te laten zien hoe goed dit model werkt, is voor het KNMI-station Cabauw de dagelijkse som van de *Clear-Sky* globale straling berekend gedurende een heel jaar. Diagram 2 toont de door het KNMI gemeten globale straling over het tijdvak 1990-2009. De stralen van deze metingen zijn opvangen door een horizontaal geplaatst vlak.

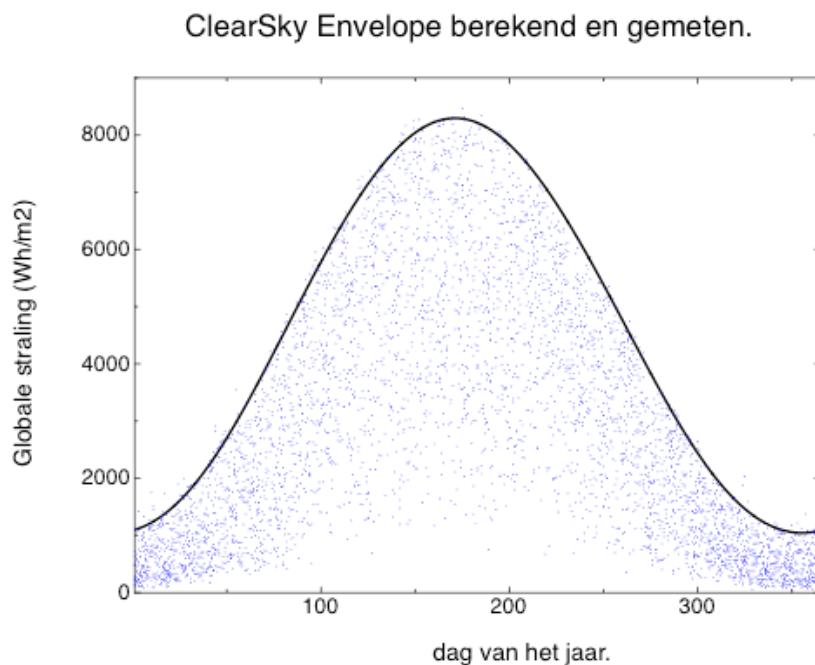


Diagram 2: *Clear-Sky* globale straling gedurende het jaar

Het *Clear-Sky* model geeft helaas geen informatie over de samenstelling van de berekende globale straling. De globale straling (G) bestaat namelijk uit directe (B) en diffuse straling (D). We weten wel dat $G = B + D$, dus $B = G - D$. In diagram 3 zijn deze componenten los van elkaar te zien. Wat opvalt is dat de directe straling de belangrijkste component is. Gemiddeld bestaat de *Clear-Sky* globale straling over een jaar uit 80% directe straling en 20% diffuse straling.

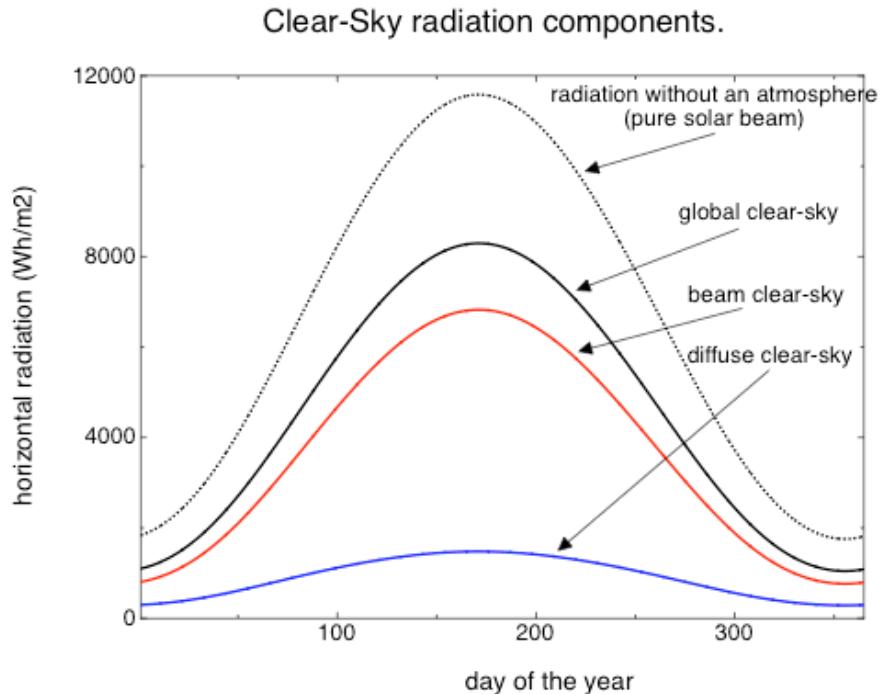


Diagram 3: Clear-Sky verdeling verschillende stralingen

Tot nu toe is alleen gekeken naar *Clear-Sky* omstandigheden. In werkelijkheid zal de licht meestal deels of geheel bewolkt zijn. We spreken dan van *All-Sky* omstandigheden. Voor *All-Sky* omstandigheden is geen model beschikbaar, maar wordt gebruik gemaakt van indicatoren. De *Clearness Index* is zo'n *All-Sky* indicator. De *Clearness Index* (K_t) geeft aan welk deel van de buitenaardse zonnestraling uiteindelijk het aardoppervlak bereikt. De *Clearness Index* berekenen we door de gemeten globale straling (G) te delen door de extra-terrestriale (=buitenlaardse) straling (G_{ext}). Onder *Clear-Sky* omstandigheden bedraagt de *Clearness Index* (K_t) ongeveer 0,7. Dat betekent dat van alle zonnestraling 70% het aardoppervlak bereikt. De resterende 30% wordt of geabsorbeerd of gereflecteerd.

DE TILTFATOR

De metingen van *Clear-Sky* hebben betrekking op een horizontaal vlak. Een horizontaal vlak heeft namelijk zicht op de gehele hemelkoepel. Een schuin vlak "ziet" slechts een deel van die hemelkoepel en daarom zal het daglicht op een schuin vlak niet hetzelfde zijn als op het horizontale vlak. Een verticaal vlak heeft bijvoorbeeld zicht op maar de helft van de hemelkoepel. Het daglicht dat op een schuin vlak valt, drukken we uit als percentage van het daglicht op het horizontale vlak. We noemen dat de Tilt Factor (TF). Deze is uitgezet in diagram 4. Een schuin vlak met een TF van 1,15 voor globale straling ontvangt dus 15% **meer** daglicht dan een horizontaal vlak.

De globale straling op een schuin vlak wordt berekend door de horizontale stralingscomponenten (direct en diffuus) te vermenigvuldigen met de overeenkomstige Tilt Factoren. Dit betekent dus dat er een TF berekend moet worden voor zowel de directe straling als de diffuse straling. Deze berekeningen zijn (net als de volgende zin) erg gecompliceerd. Het komt er op neer dat de TF voor directe straling gelijk is aan het quotiënt van de sinus van de invalshoeken van de directe straling op het schuine vlak én het horizontale vlak. De TF voor diffuse straling is nog veel gecompliceerder.

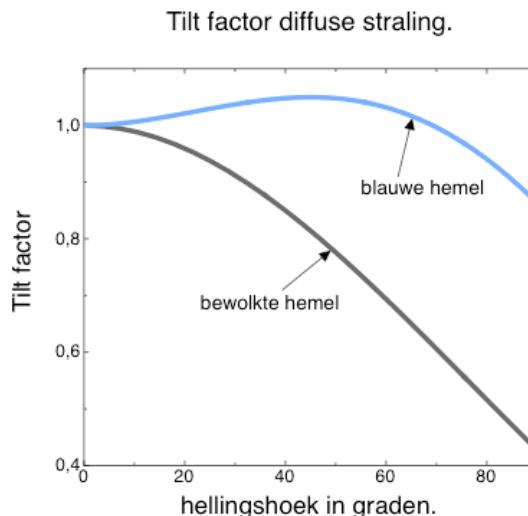


Diagram 4: TF factor bij bewolkte en heldere hemel

Wat je dus nodig hebt voor een optimale opbrengst, is een hoge Tilt Factor bij de meest ideale hellingshoek. Volgens diagram 5 is de ideale hellingshoek 30 graden.

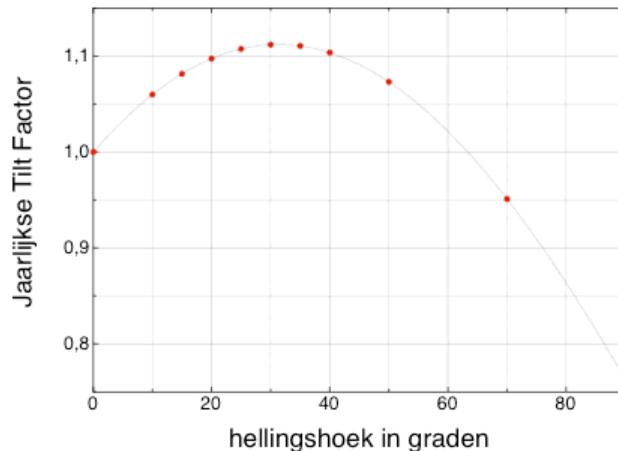


Diagram 5: Ideale hellingshoek

3.8 BENODIGDE OMVORMER IN CONCEPT

Om nuttige energie uit een zonnepaneel te halen, heb je een omvormer nodig. Een omvormer maakt de opgewekte stroom uit het zonnepaneel geschikt voor huishoudelijk gebruik of teruglevering aan het stroomnet. Een zonnepaneel levert gelijkstroom en het stroomnet werkt met wisselstroom. Er bestaan ook off-grid omvormers, voor situaties waarbij er geen stroomnet beschikbaar is. Deze kijken aan de hand van de stroomvraag op dat moment hoeveel stroom er moet worden omgezet. De overige energie wordt opgeslagen in een accu (gelijkstroom) en hoeft dus niet direct te worden omgezet.

Er zijn omvormers met of zonder transformator. Omvormers zonder transformator hebben over het algemeen een hoger rendement. Sommige zonnepanelen mogen alleen op een omvormer mét een transformator worden aangesloten, omdat er anders een kortere levensduur krijgen. De levensduur van de zonnepanelen kan dan drastisch verminderen.

MAXIMAAL VERMOGEN VAN DE OMVORMER

Het vermogen van omvormer hangt af van de totale capaciteit van de zonnepanelen, aangeduid met eenheid Wp (Wattpiek). 1 Wattpiek staat gelijk aan één watt aan elektrisch vermogen onder standaard testomstandigheden voor zonnepanelen. Deze omstandigheden zijn:

- Sterkte van de invallende zonnestralen van 1000 W/m²
- Loodrechte inval van de zonnestralen op het paneel
- Genormaliseerde luchtmassa van 1,5
- Temperatuur van de zonnecel van 25°C.

In Nederland wordt het maximale vermogen van een zonnepaneel zelden behaald vanwege ons bewolkte klimaat. Daarom kan de omvormer een lager wattage hebben dan de totale capaciteit van de installatie. Als de zonnepanelen niet ideaal op het zuiden staan, kan er ook een kleinere omvormer worden gebruikt in de installatie. Hiervoor geldt de vuistregel dat het vermogen van de omvormer maximaal 20% kleiner en 10% groter mag zijn dan de totale capaciteit van de zonnepanelen.

De kleinste gangbare omvormer is berekend op 100 Wp en omvormers reiken tot 6.000 Wp voor consumenten. Op industriële schaal kan dit oplopen tot 15.000 Wp.

In een omvormer die voor zonnepanelen geschikt is, zitten altijd één of meerdere Maximum Power Point (MPP) trackers. Deze trackers zoeken constant naar het punt in het zonnepaneel waar de opwekking op dat moment het hoogst is. Dit punt is afhankelijk van de hoek van de zonnestralen en de temperatuur en verandert dus regelmatig.

In een installatie van meerdere panelen wordt het vermogen bepaald door het zwakste paneel in de installatie. In veel gevallen is dit een paneel dat zo nu en dan te maken heeft met schaduw. Dit verschil moet worden opgelost door de omvormer. Dit kan door aparte lussen (serieschakelingen) met panelen te maken die ongeveer, gelijke opbrengst hebben. Daarnaast kan er gebruik gemaakt worden van micro-omvormers of zogeheten power optimizers. Een micro-omvormer is een kleine omvormer per paneel. Een power optimizer is een regelunit (MPP tracker) per paneel die allemaal aansluiten op één speciale hoofdomvormer.

LEVENSDUUR VAN EEN OMVORMER

Omvormers gaan gemiddeld tot 15 jaar mee. Deze levensduur neemt nog wel toe door de technologische voortgang. Het probleem is dat deze levensduur ongeveer de helft is van de verwachte levensduur van een zonnepaneel. Sommige panelen werken na 40 jaar nog probleemloos. Bij micro-omvormers is de levensduur vaak langer dan van andere typen omvormer. Deze hebben vaak een garantie tot wel 25 jaar.

TERUGLEVERING AAN HET HUIS OF STROOMNET

Bij zonne-energie-installaties zijn er meerdere mogelijkheden om de opgewekte energie terug te leveren aan het stroomnet. De beste keuze is voornamelijk afhankelijk van de hoeveelheid energie die je opwekt.

Wanneer een installatie niet meer dan drie panelen heeft, gelijk aan een stroomsterkte van 2,25 Ampère, kan de omvormer simpelweg worden aangesloten op een stopcontact in het huis (Volta Solar, 2017). De energie komt dan in de stroomkring van het huis en heft een deel van het energieverbruik in het huis op. Omdat *Shifting Solar* niet meer dan drie panelen bevat, kan de omvormer dus worden aangesloten op een stopcontact. Dit kan met behulp van een normale stekker.

Ondanks dat het met een kleine installatie als *Shifting Solar* onwaarschijnlijk is dat er meer energie wordt opgewekt dan dat er verbruikt wordt in het huishouden, kan er met deze manier van aansluiting ook stroom worden teruggeleverd aan het stroomnet buiten het huis. Hiervoor moet wel de juiste stroommeter geïnstalleerd zijn. Volgens (Zonnepanelen.net, 2017) zijn er op het moment van schrijven vier meters:

- De ‘ouderwetse’ Ferrarismeter, de meest gebruikte meter. Dit is de analoge meter met de bekende draaischijf die vroeger standaard was
- Een analoge meter zonder draaischijf
- Een digitale meter zonder terugleverregistratie
- Een digitale meter met terugleverregistratie.

Van de bovenstaande meters zijn de Ferrarismeter en de digitale meter met terugleverregistratie geschikt voor teruglevering. De digitale meter registreert zelf hoeveel er wordt teruggeleverd en de bij de Ferrarismeter draait de schijf terug als er meer wordt opgewekt dan wordt verbruikt.

Uiteindelijk hoef je dan minder te betalen in het geval van een Ferrarismeter of krijg je een vergoeding teruggestort in het geval van een digitale meter.

CONCLUSIE

In *Shifting Solar* is de totale oppervlakte van de losse panelen in het product gelijk of kleiner dan twee zonnepanelen. Voor deze toepassing is een micro-omvormer de beste oplossing. Deze heeft dezelfde eigenschappen als een gewone omvormer die gespecialiseerd is voor zonne-energie, zoals de aanwezigheid van een MPP-tracker, maar is berekend op een kleinere opbrengst. De aansluiting van de omvormer op het stroomnet gaat door middel van een gewone stekker in het stopcontact.

3.9 KEUZE VAN ALUMINIUM PROFIELEN

Het concept *Shifting Solar* wordt ontwikkeld voor Bacron. Bacron werkt vrijwel uitsluitend met de aluminium extrusieprofielen van hun partner, de Franse firma Norcan. Norcan heeft een breed assortiment aan verschillende extrusieprofielen. Daarnaast heeft Norcan allerlei toebehoren voor de extrusieprofielen, zoals koppelstukken, geleiders en andere accessoires.

Voor ons product hebben we aan Norcan profielen in ieder geval het volgende nodig:

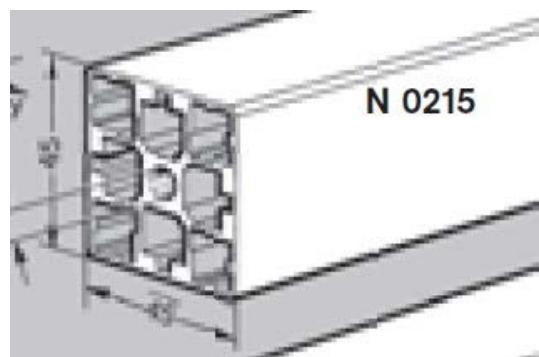
- Een frame voor het zonnepaneel of mogelijke meerdere paneelsecties
- Een skelet van het gehele product

Hiervoor zijn extrusieprofielen en geleiders nodig. Deze onderdelen zijn hieronder nader uitgewerkt.

EXTRUSIEPROFIELEN

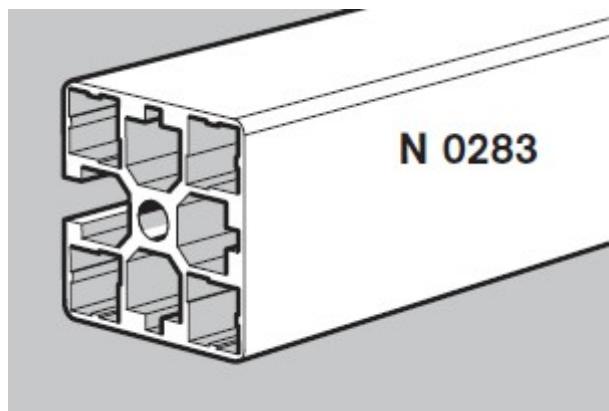
Zoals eerder aangegeven, is er een breed assortiment aan verschillende varianten van extrusieprofielen. Hieronder zullen enkele profielen beschreven worden die nuttig kunnen zijn voor de *Shifting Solar*.

N 0215 – Profiel 45x45 gesloten – Het basisprofiel van Norcan. Dit profiel is volledig gesloten en biedt dus geen ruimte voor het inschuiven van panelen of bouten. Na een boor- of freesbewerking is dit wel mogelijk. Dit profiel is goed te gebruiken voor de delen van het skelet, waar geen andere onderdelen in gemonteerd hoeven te worden.

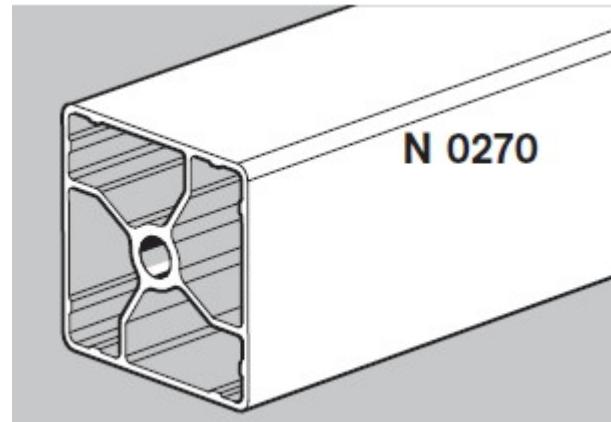


N 0283 – Profiel 45x45 drie zijden gesloten – Dit profiel heeft één open zijde waarin bijvoorbeeld een paneel of een bout kan worden geschoven. Dit profiel is bruikbaar voor de zijkanten van het skelet, waar de geleiders van de panelen in kunnen worden geschoven.

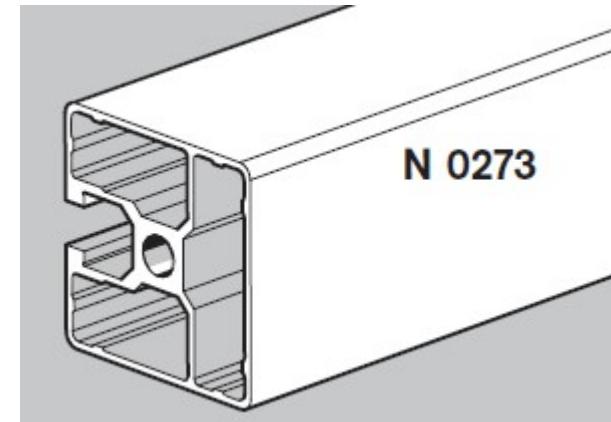
Naast deze variant zijn er ook profielen die drie of minder gesloten zijden hebben. Deze varianten spreken voor zich en zullen niet expliciet beschreven worden.



N 0270 - Profiel 45x45 gesloten, licht – De lichtere variant van profiel N 0215. Als de last op het skelet het toelaat, kan deze lichtere variant worden gebruikt om materiaalkosten te besparen en het hele product lichter te maken, waarmee het ergonomischer en minder belastend op het balkon wordt.

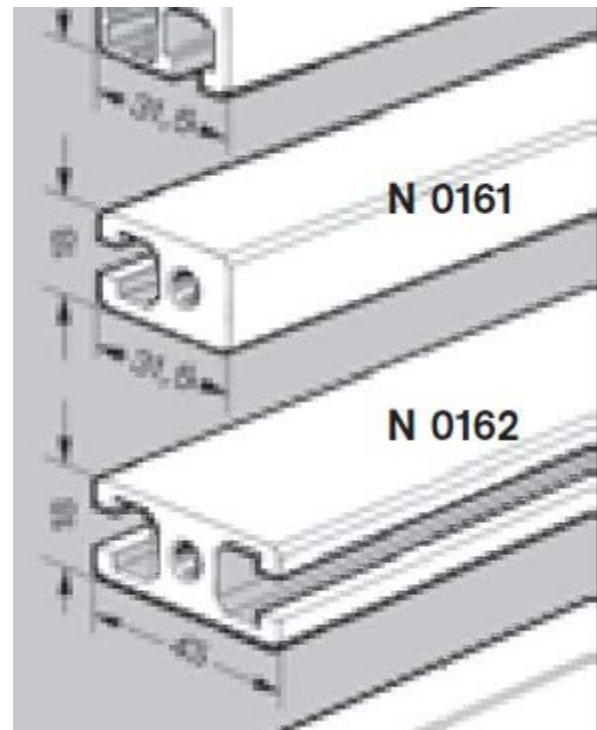


N 0273 - Profiel 45x45 drie zijden gesloten, licht – De lichtere variant van profiel N 0283. Evenals profiel N 0283 zijn er meerdere varianten met meerdere openingen.



N 0161 - Profiel 18x31,5 – Het smallere profiel van Norcan. Het neemt minder ruimte in dan het standaard profiel en is minder log. Dit profiel kan gebruikt worden als omlijsting van de zonnepanelen.

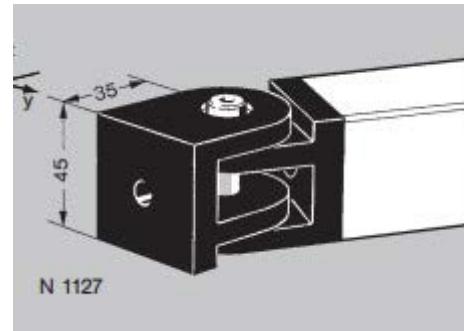
N 0162 - Profiel 18x45 – Gelijkend aan profiel N 0161. Dit profiel heeft twee open zijden. Dit profiel is bruikbaar tussen twee panelen.



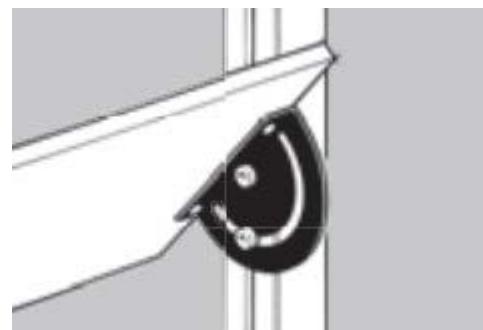
SCHARNIERPUNTEN

Als er sprake is van het kantelen van de panelen om een optimale hoek ten opzichte van de zon te behouden, is er een scharnierpunt nodig.

N 1117 – Scharnierpunt 45x45



N 1545 – Stalen verstelbare plaat



Uiteraard is het ook mogelijk om een as door een geboord gat in het profiel te steken. Deze as heeft dan dezelfde diameter als een M8 bout.

CONCLUSIE

In dit vroege stadium van de conceptontwikkeling, kan nog niet met zekerheid worden gezegd welk profiel uiteindelijk het beste kan worden toegepast in het product. Uit dit onderzoek is duidelijk gebleken dat er voldoende mogelijkheden voor ons concept binnen het assortiment van Bacron zijn. De uiteindelijke keuze voor de benodigde profielen zal gemaakt worden tijdens de verfijning van het productconcept. Bij het kiezen van het uiteindelijk toegepaste profiel wegen we esthetiek, gewicht en de praktische voordelen tegen elkaar af.

3.10 BEVESTIGING PRODUCTCONCEPT

Een balkon is er in allerlei verschillende vormen en maten. Omdat er rekening moet worden gehouden met de verschillende relingen doen we onderzoek naar de verschillende soorten bevestigingssystemen. Hieruit volgt uiteindelijk de beste keuze voor de bevestiging van het zonneconcept. Het gaat hierbij om het principe van de klem in de afbeelding en niet om de exacte vorm of variant.

Buis-type

De eerste mogelijkheid om iets aan een balkon te hangen, is een klem die wordt aangedraaid om twee buizen. Deze wordt rondom de buizen geplaatst en vervolgens aangedraaid door middel van een vlindermoer (zie afbeelding 12). Dit is ideaal in een situatie waarbij de balustrade wordt gevormd door een hekwerk. Uiteraard moet hierbij in het concept wel gebruik worden gemaakt van de juiste bevestiging aan de andere kant van de klem.



Afbeelding 12: Buisklem

De kostprijs van deze klem hangt af van de grootte. De mogelijkheden die dit type klem biedt, compenseert de iets hogere kostprijs.

Bankschroef

De bankschroefklem (zie afbeelding 13) kan worden vastgeschroefd over vierkante relingen of relingen die dikker zijn dan het gemiddelde hekwerk. Het principe werkt hetzelfde als bij een bankschroef en kan zorgen voor een solide bevestiging aan het balkon. Het voordeel van dit type is de variatie van dikte en hiermee de mogelijkheden voor verschillende balkons. De kostprijs van deze klem is ongeveer gelijk aan de kostprijs van de hiervoor genoemde buisklem.



Afbeelding 13: Bankschroefklem

Kant-draaiklem

Deze klem is een variatie op de bankschroefklem (zie afbeelding 14). De klem maakt gebruik van het principe van een klasse drie hefboom. Hierbij wordt hetzelfde principe gebruikt, maar in plaats van een arm bewegen twee armen. De kostprijs van deze klem is hoog. De beweegbare metalen armen en draai-as veroorzaken deze hoge kostprijs.



Afbeelding 14: Kant draaiklem

Spanband

Dit type bevestiging (zie afbeelding 15) wordt gebruikt in de transportsector. Een verstevigde en doorontwikkelde versie van deze klem kan een hoge belasting weerstaan. Het voordeel van deze manier van bevestigen is dat de band om elke vorm en maat reling te bevestigen is. Hierbij wordt de bovenkant over het balkon gehangen en wordt het product aan de banden gehangen.



De kostprijs van deze banden is relatief laag. Het is een simpele oplossing die niet veel materiaal vereist.

Afbeelding 15: Spanband

Klemtang

De klemtang is een knijpsysteem (zie afbeelding 16). Er wordt gebruik gemaakt van twee armen die van beide zijden tegen het glas (om de reling) klemmen. Het voordeel van deze klem is mogelijk om te bevestigen op hele dunne wandjes. Helaas kunnen deze dunne wandjes mogelijk de panelen niet dragen. De kostprijs van deze klemmen is hoog. Er wordt gebruik gemaakt van een mechaniek en meerdere onderdelen. Dit zal leiden tot een dure klem die eenmalig wordt vastgeklemd.



Afbeelding 16: Klemtang

Variant op de buisklem

Dit type is een variant van de eerste buisklem. Bij deze variant is de andere kant van de klem horizontaal (zie afbeelding 17). Dit zou een voordeel kunnen vormen voor het ontwerp van het conceptframe. Ook hierbij wordt gebruik gemaakt van bouten om het geheel vast te maken.



Afbeelding 17: Buisklem variant

Bloembakprincipe

Deze manier van bevestiging wordt gebruikt bij bloembakken (zie de manier uit afbeelding 18). Een versteigde en doorontwikkelde versie van deze klem zou het hele product kunnen tillen. Hierbij wordt de bovenkant over het balkon gehangen en wordt het product in de onderste haken gehangen.

De kostprijs van deze klemmen is relatief laag. Het is een simpele klem die niet veel materiaal vereist.



Afbeelding 18: Bloembakprincipe

3.11 OPTIMALE HELLINGSHOEK VAN DE PANELEN

Omdat ons product met de zon meedraait, is het nodig dat ook hier de nodige informatie over verstrekt wordt. De zon staat nooit recht boven een huis/flat. Verder is de stand van de zon ten opzichte van het huis elke dag weer anders. Het is dus van belang dat de uitersten per dag/seizoen worden uitgezocht. Op dit moment willen we het product alleen in Nederland plaatsen en daarom hebben we de weerdata voor Nederland geanalyseerd.

ZONNESTANDEN

De eerste tabel die we bekijken, is de zonnestand per maand per uur van de dag. De zon staat op z'n hoogst op 21 juni. Dit staat gelijk aan 61,2 graden. Tabel 10 is uitgezet in diagram 6.

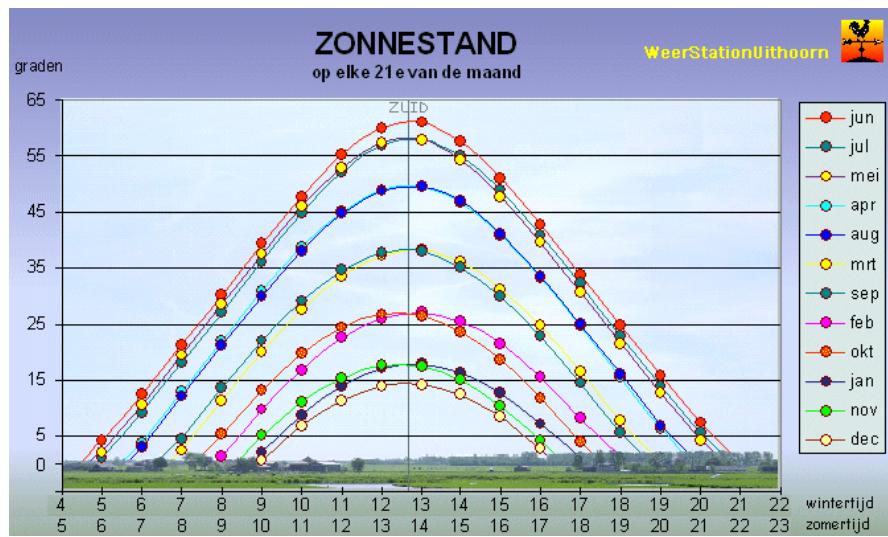
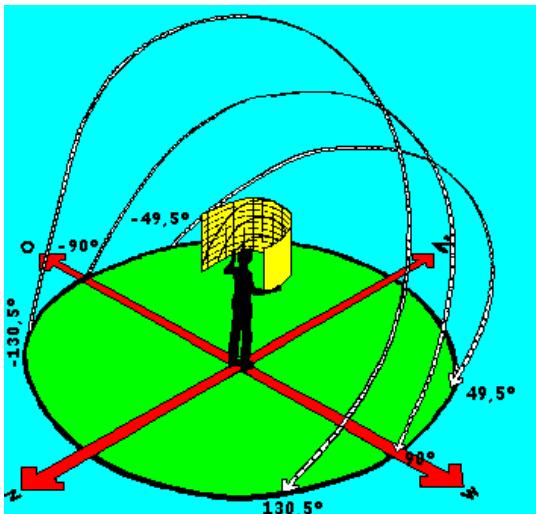


Diagram 6: Zonnestand per maand

maximale hoogte van de zon	
datum	graden
21 jan	17,9
21 feb	27,3
21 mrt	38,1
21 apr	49,7
21 mei	58,0
21 juni	61,2
21 juli	58,2
21 aug	49,8
21 sep	38,4
21 okt	27,0
21 nov	17,8
21 dec	14,3

Tabel 10: Hoek zon per maand

De zonbeweging gaat hier over de verticale verplaatsing. Dit is ook de verplaatsing waar ons product zich op richt. De horizontale verplaatsing die per dag plaatsvindt (de opkomst in oosten en het ondergaan in het westen) is voor ons product niet relevant. Om hier ook een systeem bij te bedenken, zou het gehele product te complex maken. Daarnaast zal deze extra optie veel extra geld kosten waardoor het product te duur zou worden.



Figuur 8: Zonnebanen

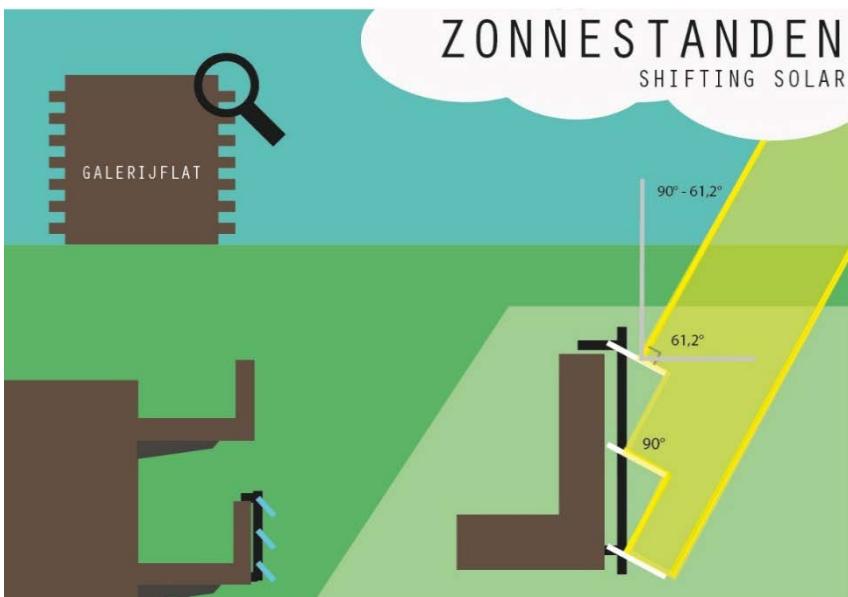
Het gele papier dat het poppetje uit figuur 8 in z'n handen houdt, is als het ware diagram 6. De illustratie geeft de banen van de zon weer in december (laagste), in maart/september (middelste) en in juni (hoogste).

Rond 21 maart (de middelste baan) komt de zon precies in het oosten op en gaat ze precies in het westen onder. Rond 21 juni komt de zon bijna in het noordoosten op en gaat ze vrijwel in het noordwesten onder. De hoek die rondom de groene cirkel staat, wordt de azimut-hoek genoemd. Met azimuth wordt de hoek in graden aangegeven, van de zon ten opzichte van het zuiden.

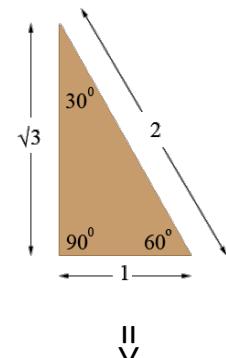
- 0° is precies zuid,
- $+90^\circ$ is west
- -90° is oost.

TOEPASSING ZONNEBANEN IN ONS PRODUCT

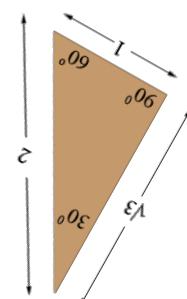
De zonnestanden en ons product zijn samen te vatten in figuur 9. De maximale hoek die het draaiende paneel moet kunnen bewegen, is $61,2^\circ$. Een punt van aandacht is dat hoe schuiner het paneel staat, hoe meer zon het tegenhoudt voor de panelen eronder. Dit betekent dat voor elke centimeter die het paneel lang is, de lengte tussen twee panelen twee centimeter moet zijn om geen last te hebben van de eigenschaduw (zie afbeelding 19). Dat betekent ook dat als de zon onder is, de helft van het hoogte van het frame niet nuttig gebruikt is, door de ongebruikte ruimte tussen de panelen. Daarom moeten we ons afvragen of we wel die $61,2^\circ$ hoek moeten aanhouden.



Figuur 9: Maximale zonnestand in ons product



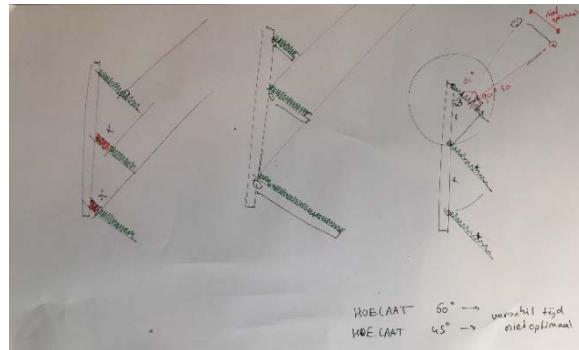
II



Afbeelding 19: Lengte korte en lange zijden

Aanpassing door eigen schaduw

Het oorspronkelijke idee was om de maximale hellingshoek van alle panelen op $61,2^\circ$ te zetten. Dat brengt echter wel met zich mee dat de afstand tussen de panelen groot moet zijn om verlies in energieopbrengsten gevolge van eigenschaduw te voorkomen. Dit is esthetisch niet aantrekkelijk en daarom hebben we ervoor gekozen om een middenweg te kiezen. We hebben enkele opties bekeken en deze zijn weergegeven in afbeelding 20.



Afbeelding 20: Aanpassingen m.b.t. optimalisatie hellingshoek

De eerste schets laat zien dat er sprake kan zijn van een eigenschaduw. Dit willen we uiteraard voorkomen. De tweede schets laat zien dat verschillende lengten van panelen dit probleem ook kunnen oplossen. Een andere oplossing is om de hoek van de draaiende panelen maximaal op 50° te zetten. Dit zorgt deels voor eigenschaduw en ook deels voor een optimale inkomen

hellingshoek. Dat betekent dus dat de tijd tussen de zonnestand op $61,2^\circ$ en de 50° de inval van de zon niet optimaal zal worden benut. Dit staat gelijk aan een tijd van 4 uur en 45 minuten (zie tabel 10 en 11).

- Tussen 21 augustus en 21 april komt de zon niet meer boven de 50° uit en wordt de *Shifting Solar* dus optimaal gebruikt.
- Tussen 21 april en 21 augustus (in totaal drie maanden) is het mogelijk dat de zon op enkele momenten op de dag boven de 50° staat. Het aantal uren dat de zon per dag niet optimaal in de *Shifting Solar* valt, is te zien in tabel 11 en 12.

De gegevens uit tabel 11 zijn gebaseerd op een database die op internet is gevonden.

De conclusie is dat met een maximale draaihoek van de panelen de zon van 50° er zowel sprake is van kleine eigenschaduw en niet een optimale invalshoek (loodrecht op de zon). De oplossing om de maximale draaihoek op 50° te zetten, zorgt ervoor dat de zon in negen maanden perfect op de zonnepanelen kan vallen. In de drie overige maanden van het jaar werkt zal de zon bijna vijf uur niet

Invalshoek zon	Tijdstip op de dag
$61,2^\circ$	12:41
50°	10:15 / 15:00
Verschil	04h45

Tabel 11: Verschil tijd inefficiënt gebruik

21 juni 2017, Zonnestanden		
TIJD	Altitude	Azimuth
09:30	44.2	110.9
10:00	48.4	118.8
10:30	52.2	127.8
11:00	55.5	138.0
11:30	58.2	149.6
12:00	60.1	162.6
12:30	60.9	176.4
13:00	60.6	190.5
13:30	59.3	204.0
14:00	57.0	216.3
14:30	53.9	227.2
15:00	50.3	236.8
15:30	46.3	245.2
16:00	42.1	252.8

Tabel 12: Zonnestanden op 21 juni 2017

optimaal op de panelen schijnen. Dit is echter alleen op de warmste dag van het jaar. Wij zullen dus de maximale draaihoek van de panelen op 50° houden.

Verder hebben we in ons achterhoofd gehouden dat we gebruik zullen maken van amorf zonnepanelen. Dit betekent dus ook dat de loodrechte zoninval niet meer heel belangrijk is, omdat dit type panelen ook veel reflectie- en indirect licht om kan zetten.

CONCLUSIE ZONNESTANDEN

Afgaand op bovenstaand onderzoek over de inval van de zon op de *Shifting Solar*, kunnen enkele conclusies worden getrokken:

- De maximale hellingshoek van de zon op het product is 50°
- De *Shifting Solar* wordt negen maanden optimaal gebruikt. In de overige drie maanden van het jaar wordt de *Shifting Solar* ook niet extreem beperkt in de energieoplevering omdat de zon maar enkele uren per dag boven de 50° uit komt.
- De afstand tussen de panelen is in de neutrale stand 0 cm. Als alle panelen verticaal gepositioneerd zijn, sluiten ze perfect op elkaar aan
- Door de panelen in neutrale stand op elkaar aan te sluiten, blijft het product esthetisch hoogwaardig.

3.12 MECHANIEK

De naam zegt het al; *Shifting Solar*. De zonnepanelen die zijn geïntegreerd in het product kunnen namelijk bewegen. Dit heeft meerdere redenen namelijk: De opbrengst van de zonnepanelen is hoger als deze continu onder een goede hoek staan, maar ook biedt het extra esthetische waarde. Er zijn verschillende mogelijkheden om de zonnepanelen te laten bewegen. We gaan opzoek naar de beste oplossing.

EIGENSCHAPPEN

Door gebruik te maken van een elektrische aandrijving kunnen de zonepanelen bewegen. Deze elektrische aandrijving moet worden aangestuurd door het stroom wat *Shifting Solar* levert. Het elektrische component moet voldoen aan een aantal eisen. Deze zijn namelijk:

- Het component moet aan te drijven zijn met 12 of 24 volts stroom.
- Het component moet 12,5 kilogram over een afstand van 300 mm kunnen drukken.
- Het component moet klein en compact zijn.
- Bedrading van het component moet weg te werken zijn in de profielen.

Er kan gekozen worden naar het gebruik van een elektromotor of een actuator. Onze voorkeur gaat uit naar een actuator omdat deze veel meer kracht kan leveren, en met betrekking tot *Shifting Solar* komt het een stuk beter uit. Een actuator neemt namelijk veel minder ruimte in.

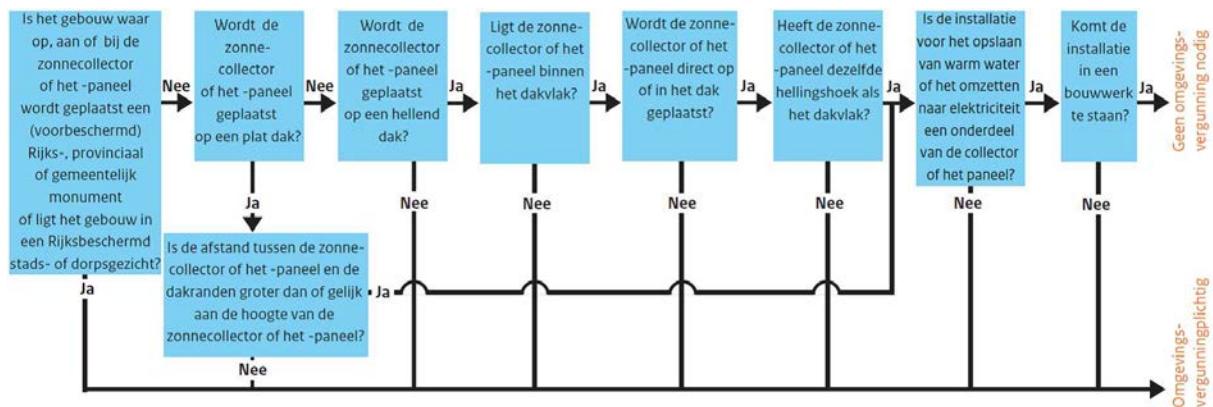
Een ander voordeel van een actuator ten opzichte van een elektromotor is dat het nagenoeg geen geluid maakt. Het is een zeer stil mechanisch onderdeel. Dit is voor de gebruiker erg prettig.

3.12 CONCLUSIE ONDERZOEK

Uit alle onderzoeken die we hebben gedaan, hebben we conclusies getrokken. Alle conclusies hebben we hier nogmaals onder elkaar gezet. Uit deze conclusies zal een *Plan van Eisen en Wensen* worden opgesteld.

Locatie

Het is niet altijd ongelimiteerd mogelijk om zonnepanelen te laten plaatsen. Dit hangt af van de locatie waar het product geplaatst zal worden. Dit is in afbeelding 21 te zien.



Afbeelding 21: Wetgeving locatie plaatsen zonnepanelen

Voor zonnepanelen op een plat dak moet rekening worden gehouden met de ballast en de plaatsing. Voor zonnepanelen die op een balkon worden geplaatst, is niet concreet een eis te stellen. De gebruiker moet uiteraard zelf bepalen of de panelen niet hinderen.

Wetgeving

Uit patentonderzoek is gebleken, dat er nog geen patenten zijn op onderdelen van de *Shifting Solar*. Het voortzetten van de ontwikkeling van het concept hoeft dus niet voor verdere problemen te zorgen. Waar wel op gelet moet worden, is de bevestiging van het frame aan het balkon. Op dit gebied zijn er wel patenten die geschonden kunnen worden. Dit moeten wij dus voorkomen in de detailleringfasen.

Verder zijn er weinig regels bekend omtrent maximaal gewicht, formaten en maximale verhangingen.

Dit wil niet zeggen dat alle ruimte benut kan worden rondom het balkon, maar hierin wel meer vrijheid wordt gegeven dan verwacht werd in eerste instantie.

Patenten

Door de hoge belastingen is elektriciteit in Nederland voor vooral de kleinverbruikers relatief duur. Tegenwoordig kost één kWh 0,22 euro. Omdat de prijs van zonnepanelen daalt wordt dit een interessant goedkoper alternatief (0,15/0,22 per kWh).

Kleinverbruikers verbruiken onder de 10000 kWh per jaar. Omdat over de zonnestroom die achter de meter wordt ingevoerd geen belasting betaalt hoeft te worden, is het voor veel kleinverbruikers rendabel om zonnepanelen aan te schaffen. Voor VvE-flats geld wel dat er belasting over de zonnestroom betaalt moet worden. Dit omdat het niet mogelijk is om belasting achter de meter in te voeren. Dit verschil leidt tot een ongelijkheid tussen kleinverbruikers met eigen dak en kleinverbruikers met een gezamenlijk dak. De verwachting is dat dit verschil de komende jaren alleen nog maar groter wordt, naarmate zonnepanelen duurder worden en de prijs van elektriciteit verder omhoog gaat. Uiteindelijk zal dit leiden tot hogere kosten voor elektriciteit dan huur.

Zonnepaneel

Onze voorkeur voor onze *Shifting Solar* gaat uit naar amorf zonnepanelen. Deze zonnepanelen zijn erg licht van gewicht. Ze kunnen in veel meer afmetingen worden besteld en daar komt ook nog bij dat de prijs ook nog eens een stuk lager ligt. Het uiterlijk van amorf zonnepanelen is ook erg gunstig voor *Shifting Solar*. De zonnepanelen reflecteren namelijk niet en zullen daarom niet storend zijn voor de gebruiker en/of de omgeving (dieren, mensen, luchtverkeer et cetera). Bij een paneel met een oppervlakte van ongeveer 2m² is het haalbaar om een zonnepaneel te krijgen dat onder het gewicht van 10,5 kilogram blijft.

Optimale hellingshoek

De maximale hellingshoek van de zon op het product is 50°. Op deze manier wordt de *Shifting Solar* negen maanden optimaal gebruikt. In de overige drie maanden van het jaar wordt de *Shifting Solar* ook niet extreem beperkt in de energie-oplevering omdat de zon maar enkele uren per dag boven de 50° uit komt. Verder is de afstand tussen de panelen in de neutrale stand 0 cm. Als alle panelen verticaal gepositioneerd zijn, sluiten ze perfect op elkaar aan. Dit is een belangrijke conclusie dat op basis van de esthetiek is gemaakt.

Omvormer

In *Shifting Solar* is de totale oppervlakte van de losse panelen in het product gelijk of kleiner dan twee zonnepanelen. Voor deze toepassing is een micro-omvormer de beste oplossing. Dit type omvormer heeft dezelfde eigenschappen als een gewone omvormer gespecialiseerd voor zonne-energie, zoals de aanwezigheid van een MPP-tracker, maar is berekend op een kleinere opbrengst.

Aluminiumprofielen

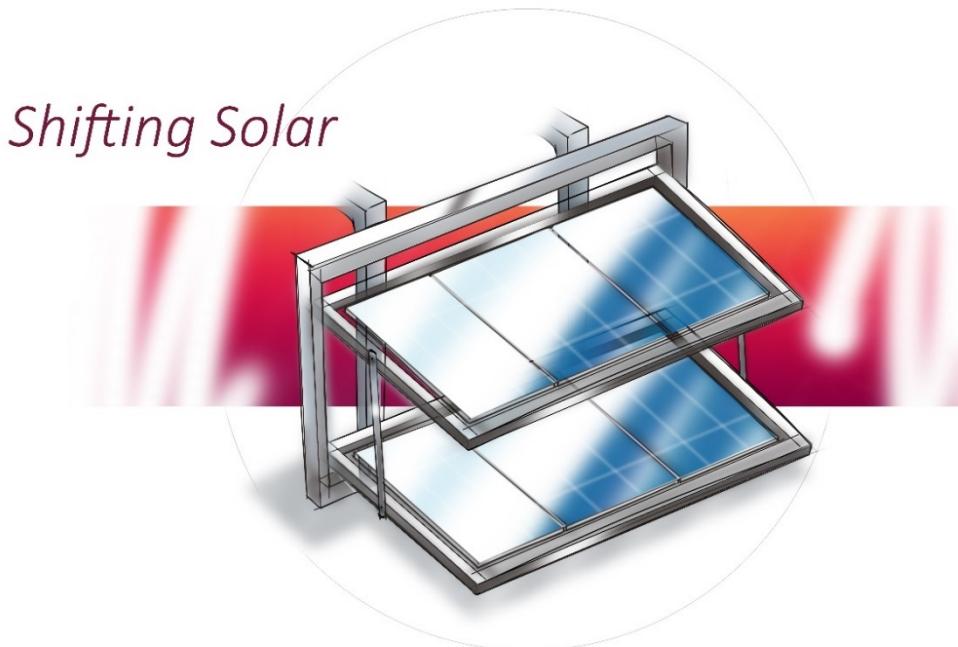
In dit vroege stadium van de conceptontwikkeling, kan nog niet met zekerheid worden gezegd welk profiel uiteindelijk in wordt verwerkt in het product. Uit dit onderzoek is duidelijk gebleken dat er voldoende mogelijkheden zijn binnen het assortiment van Bacron. De uiteindelijke keuze zal gemaakt worden tijdens de verfijning van het productconcept.

Bevestiging

Uit eerdere onderzoeken is gebleken dat er veel verschillende balkonrelingen zijn op de markt. Om het bevestigingssysteem universeel te houden, is gekozen om een aansluiting te ontwerpen die op 92% van de balkons is te bevestigen. Deze bevestiging zal gebaseerd worden op het principe van een spanband. De band zal verder worden doorontwikkeld om aan de veiligheidseisen te voldoen.

H4 CONCRETE BESCHRIJVING CONCEPT

Nu we alle onderzoeken hebben verricht hebben we voor onszelf een concretere conceptbeschrijving gemaakt. De eerste visie van het productconcept is hieronder weergegeven in tekening 1.



Tekening 1: Schets Shifting Solar

In het concept wordt vooral gebruik gemaakt van aluminiumprofielen. De zonnepanelen zijn opgedeeld in kleinere panelen die twee zonnepanelen omranden. He geheel wordt bij elkaar gehouden door middel van een aluminiumframe. Ook dit frame zal worden gemaakt van Bacron profielen. De keuze van deze profielen zal worden gebaseerd op ergonomisch en esthetisch oogpunt. Tussen de zonnepaneel-en de frameconstructie zitten scharnierpunten die ervoor zorgen dat de lagen kunnen mee 'shiften' met de zon. De zonnepanelen zijn onderling verbonden zodat deze altijd dezelfde hoek behouden.

Verwachtingen van het concept

Het product dat we op dit moment voor ogen hebben is niet bijzonder moeilijk in de productie. De *Shifting Solar* bestaat voornamelijk uit inkoopcomponenten en materiaal dat bij Bacron al voor handen is. Deze benodigde onderdelen uit het concept zijn hieronder weergegeven:

- Inkooponderdelen
 - (Micro-)omvormer
 - Zonnepanelen
 - Systeem draaien hellingshoek
- Assemblage
 - Op maat zagen van aluminium profielen
 - Vastschroeven van bouten
- Productie
 - Bevestiging
 - Spuitgietonderdelen

De productiemethoden die van toepassing zijn in ons concept, komen in het volgende hoofdstuk aan bod.

4.1 PRODUCTIEMETHODEN VAN ONDERDELEN

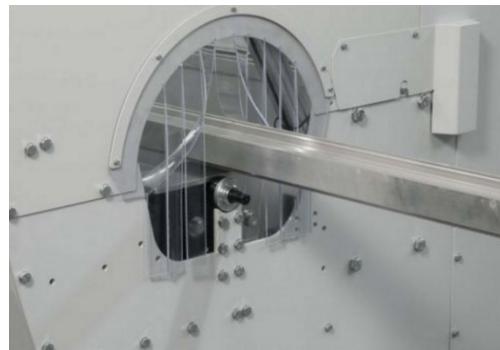
Tijdens het ontwerpen van het product, houden wij rekening met een aantal productieprocessen die zullen gaan plaatsvinden. Deze productieprocessen genereren eisen. Met deze eisen moet rekening worden gehouden tijdens de detaillering van de ontwerp fase. De productieprocessen die Bacron hanteert zijn: slijpen, boren & vrezen (verspanen) en tappen. Verder komt er bij de productie van zonnepanelen komt ook een heel proces kijken.

VREZEN

Bij Bacron wordt gebruik gemaakt van een CNC vreesmachine (afbeelding 22). Met deze machine kunnen delen aluminium op zeer nauwkeurige wijze worden verwijderd uit het profiel. De machine heeft een bepaald oppervlakte waar behandelingen op kunnen worden uitgevoerd. Voor deze machine geldt: X-afstand Δ 3005 mm, Y-afstand Δ 355 mm en een Z-afstand Δ 214 mm. Een object groter dan deze dimensies kan dus niet worden bewerkt bij Bacron met deze vreesmachine. Echter moet daarbij worden aangevuld dat, wanneer er gebruik wordt gemaakt van aluminium profielen, de Y afstand onbeperkt lang kan zijn. Dit heeft te maken met de pneumatische stops links en rechts van de machine. Deze geven het profiel de ruimte om buiten de machine uit te steken (afbeelding 22).



Afbeelding 23: CNC vreesmachine



Afbeelding 22 Pneumatische stops

De CNC vreesmachine kan de profielen van alle kanten bewerken. De profielen kunnen in de machine worden gekanteld. De software wordt aangedreven door een tekening die wordt ingevoerd door de gebruiker. Profielen worden zeer nauwkeurig gevreesd. Er komen vrijwel geen fouten voor.

BOREN

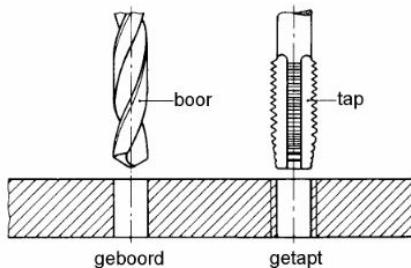
Bij Bacron wordt er ook geboord in de profielen. Dit wordt gedaan om verschillende profielen aan elkaar te kunnen bevestigen. Door bouten te gebruiken, kunnen deze profielen aan elkaar bevestigd worden. Bij Bacron wordt alleen gebruik gemaakt van M8 bouten. Gaten die geboord zullen worden dus een doorsnede van 6,8mm hebben. Hiermee moet rekening worden gehouden als er kleine profielen worden gebruikt in een product. Bacron maakt gebruik van een kolomboor (afbeelding 24). Een kolomboor is gemakkelijker te bedienen ten op zichtte van een accuboor. Daarnaast is het een stuk nauwkeuriger. Een CNC-vreesmachine is nog veel nauwkeuriger. Het werk met een kolomboor gaat soms sneller, omdat je er niet een hele machine voor hoeft in te stellen. Voor kleine bewerkingen kan de kolomboor soms tijdsverlies opleveren.



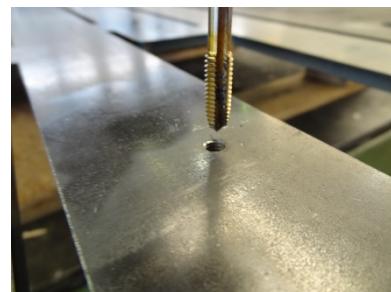
Afbeelding 24:
Kolomboor

TAPPEN

Op het boren volgt logischerwijs tappen van het gemaakte gat. Met tappen wordt bedoeld dat er schroefdraad wordt aangelegd in het gedeelte waar is geboord (afbeelding 4). Dit schroefdraad komt overeen met dat van de M8 bout die door het boorgat moet worden gedraaid. Schroefdraad tappen wordt vaak met een accuboor, kolomboor of met een handtap gedaan. Bij tappen is het uiterst belangrijk dat het schroefdraad recht wordt aangebracht. Wanneer dit niet het geval is zal de schroef niet in de tap passen of zal de schroef schuin het profiel in lopen. Om dit te vermijden wordt vaak gebruik gemaakt van een stellage die of de accuboor of de handtap onder de gewenste hoek houdt. Voor het tappen is een constante draaisnelheid gewenst. Bij het tappen is het gewenst dat er op een vlak oppervlakte wordt getapt (afbeelding 26). Daarnaast moet het aluminium genoeg 'meegeven'. Soms is het niet nodig om een gat te tappen omdat het materiaal erg zacht is van zichzelf. Het zal dan gemakkelijker het schroefdraad van de bout aannemen. Bij aluminium kan dit ook het geval zijn. Echter is het voor het assembleren en de-assembleren van het product gewenst om wel te tappen.



Afbeelding 26: Boren en tappen



Afbeelding 25: Gebruik vlak oppervlakte

SUITGIETEN

In de *Shifting Solar* zitten ook enkele sputtgegoten onderdelen. Deze zullen bij de fijne detaillering door iedereen individueel worden uitgewerkt. Hier zal onder andere worden gekeken naar de sterkteberekening, de designrules en de kostprijsberekening van het kunststof onderdeel.

ZONNEPANELEN

Het maken van een zonnepaneel is een uitgebreid proces. In de fabriek staan drie productielijnen waar, aan het eind, kant en klare zonnepanelen af komen. De lijnen worden gevoed met:

- Losse zonnecellen (ca. 12,5 cm²)
- Glas
- Smeltfolie
- Aluminium raamwerk
- Aansluit kabels

De prijs van een paneel wordt voor ca. 80% bepaald door de aanschaf van de zonnecellen. Er loopt in een fabriek maar weinig personeel rond. Verreweg de meeste handelingen worden gedaan door robots. Het aandeel van de mensuren is in de kostprijs van zonnepanelen dus gering.

Een zonnepaneel meestal uit 60 kleinere zonnecellen (van 12,5 x 12,5 cm). Deze zonnecellen worden gemaakt van brokken silicium dat wordt gesmolten bij 1400 graden Celcius. Het gesmolten silicium wordt samengeperst tot een zeer groot blok (een zogenaamde ingot). Dit blok wordt gezaagd tot meer handzame staven.

Vervolgens worden deze staven met de hypermoderne draadzaag technologie gezaagd tot het voor ons herkenbare formaat van de uiteindelijke zonnecellen (zogenaamde wafers).



Afbeelding 27: Stappenplan productieproces zonnecel

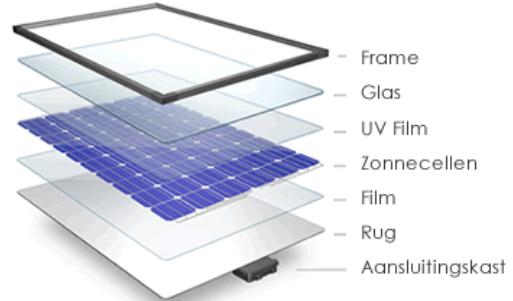
Na een aantal chemische processen, zoals de schoonmaak- en anti-reflectiebehandelingen, zijn de *wafers* gereed om er *fingers* (zeer dunne metalen strepen) en *busbars* (geleiders) in te printen. Langs deze fingers en *busbars* kan de opgewekte stroom worden getransporteerd. De *busbars* kun je je voorstellen als snelweg en de *fingers* zijn de kleinere wegen. Als alles geprint is, heb je een losse zonnecel. Vervolgens volgen er in het productieproces de volgende stappen:

- Eerst worden losse zonnecellen in een string gesoldeerd
- Dan worden de strips op een glazen plaat gelegd
- Vervolgens worden de strips onderling met elkaar verbonden
- Dan volgt er een controle door mensen
- Daarna wordt de glazen plaat met zonnecellen met een soort smeltlijm tot een geheel gebakken
- Vervolgens komt er een frame omheen en wordt het paneel getest
- Ten slotte wordt het testbonnetje wordt op het paneel geplakt.

De eerste stap is het onderling verbinden van losse zonnecellen tot strips van ca. 1.5 m. Dat gebeurd in een volledig gerobotiseerde productiemachine. Een medewerker zet enkele doosjes met losse zonnecellen in de machine. Dit zijn zonnecellen van verschillende kwaliteiten. Een grijper kiest een mix/gemiddelde uit deze kwaliteiten, zodat straks de zonnepaneel de gewenste opbrengst kan leveren. Deze losse zonnecellen zijn ca. 12,5 x 12,5 cm groot. De machine soldeert een strip op de zonnecel en deze cellen worden vervolgens onderling aan elkaar gemaakt tot een strip van ca. 1.5 m lang. De machine levert deze strip af in een goot. Deze zonnecellen zijn papierdun en het silicium waar ze van gemaakt zijn is zeer bros. Mensenhanden kunnen deze zonnecellen bijna niet produceren, vandaar dat er gebruik wordt gemaakt van machines.

Bij de tweede robotinstallatie legt een medewerker een glasplaat op de lopende band met daarop een smeltfolie. Met een liniaal veegt hij de lucht onder de folie weg. De glasplaat gaat de machine in en daar leggen robots met zuignappen de eerder gesoldeerde strips zonnecellen op de glasplaat met smeltfolie. Ze bewegen niet te snel, want dan zouden de zonnecellen kapot waaien. Alle lagen die in de zonnepanelen aanwezig zijn, zijn weergegeven in afbeelding 28.

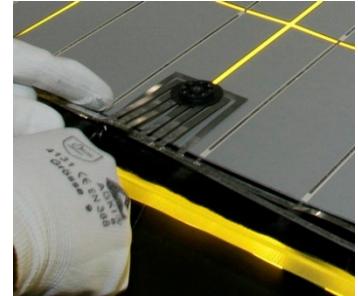
Daarna gaat de plaat glas met de losse strips zonnecellen opnieuw een soldeer machine in. Deze derde machine溶deert de losse strips aan elkaar. Zowel onder als boven worden de strips onderling verbonden. Ook dit wordt helemaal door robots gedaan. Daarnaast legt een robot de 'spins' op de juiste plaats. Dit vormt een soort concentratie punt, waar later de kabels worden aangesloten. Ook deze spin (zie afbeelding 29) wordt met soldeerstripjes aan de zonnecellen gesoldeerd, door weer andere een robot.



Afbeelding 28: Lagen in een zonnepaneel

Mensen controleren de robots

Na de toepassing van de soldeerrobot rolt het 'zonnepaneel in wording' op een lichtbak voor een inspectie door kritische medewerkers (zie afbeelding 28). Omdat er licht op de panelen valt, werken de panelen al. Met een voltmeter controleert een medewerker of er daadwerkelijk een Voltage door de panelen loopt. Verder kijken ze met zijn tweeën aan onder en bovenkant naar de soldeerverbindingen van de robots en solderen ze (indien nodig) nog wat na. Indien nodig schuiven ze de zonnepanelen nog netjes op de goede plaats. Daarna leggen ze de achterfolie (film) op de losliggende rijen zonnecellen.



Afbeelding 29: Controle van de cellen en de spins op de zonnecellen

Bakken op 160 graden

De zonnecellen zijn nu aan elkaar gesoldeerd en zitten nu tussen een smeltfolie op de glasplaat. Het geheel wordt nu vacuüm gezogen en tot 160 graden Celsius verwarmd. De folie waar ze tussen liggen smelt. Hierdoor worden de zonnecellen een geheel met de glasplaat. Aan het eind van de verwarmingslijn, koelt de bakmachine de platen 'glas met zonnecellen' weer af tot ca. 80 graden. Anders zou het te lang duren voordat de medewerkers er wat mee kunnen. Bovendien zorgt dit ervoor dat de warmte kan worden hergebruikt. Een robotarm pakt de 'glascellen' op met zuignappen en houdt hem voor een camera. Deze controleert of de cellen nog steeds op de goede plaats gepositioneerd zijn en checkt of er nergens een stukje is afgebroken. Een vervolgstep is het afsnijden van de gestolde smeltfolie die er aan de zijkant is uitgekomen.

Het raamwerk

Het raamwerk wordt door medewerkers gemonteerd. Eerst zet een medewerker de hoekstukken langs de hoeken en perst deze vervolgens vast. Daarna wordt het frame op de hoekstukken en de glasplaat heen gelegd om dat vervolgens opnieuw vast te persen. Het doosje met de aansluitkabels wordt er op gekit en vastgeschroefd. Dit maakt de productie van de zonnepanelen als voltooid.

4.2 ERGONOMIE VAN HET CONCEPT

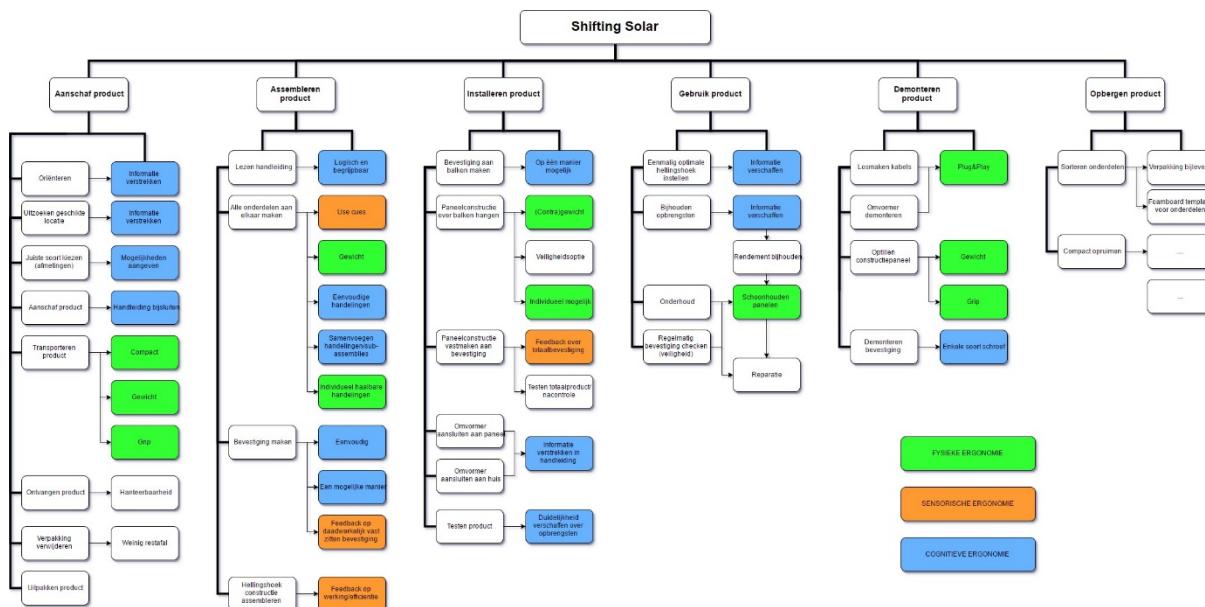
De *Shifting Solar* is een product dat door de consument zelf kan worden geïnstalleerd en geassembleerd. Mede daarom is het van belang dat deze stappen geen problemen en irritaties opleveren na de aankoop van het product. Door de ergonomie te optimaliseren en hier extra aandacht aan te besteden, zal de *Shifting Solar* worden ervaren als een aangenaam product. De definitie van ergonomie, is dat het product is aangepast naar de mens in plaats van dat de mens zich moet aanpassen om het product te kunnen gebruiken.

De ergonomie is in verschillende onderdelen te verdelen;

- Fysieke ergonomie
- Sensorische ergonomie
- Cognitieve ergonomie

TAAKANALYSE

We zullen de *Shifting Solar* kritisch naast de bovenstaande typen ergonomie leggen om zo enkele posities van het product te kunnen optimaliseren. Voordat we dit doen zal eerst een stappenplan/taakanalyse van het gebruik van het product worden weergegeven (zie diagram).



FYSIEKE ERGONOMIE

Goede fysieke ergonomie van een product houdt rekening met de mens en de fysieke activiteiten die het lichaam op een veilige en gezonde manier moet kunnen uitvoeren. Deze ergonomie is van toepassing als de gebruiker in direct contact staat met het product. Bij de *Shifting Solar* is dat dus bij de assemblage en installatie.

Compact in verpakking

Bij aanschaf van het product moet het product door de consument zelf mee naar huis (en de trap op) te nemen zijn. De *Shifting Solar* wordt namelijk op een balkon geplaatst en dat is altijd op een eerste (of hogere) etage. Alle onderdelen moeten dus zo compact mogelijk in de verpakking zitten. Een concreet plan kan hier nog niet voor worden gemaakt gezien de afmetingen pas later zullen worden opgesteld.

Gewicht

Naast compact, moet het totaalpakket ook niet te zwaar zijn om te tillen. Laat staan als dit product niet te zwaar mag zij als het over de reling wordt gehangen. Dan komt alle massa van de *Shifting Solar* op het lichaam van de gebruiker te hangen en dat is niet wat goed is voor een mens. Gezien de *Shifting Solar*, door de aluminium constructie en de zonnepanelen die erin verwerkt zijn, al snel een relatief zwaar product is, moet dus voor dit probleem een oplossing worden bedacht. Hieronder zijn enkele oplossingen benoemd:

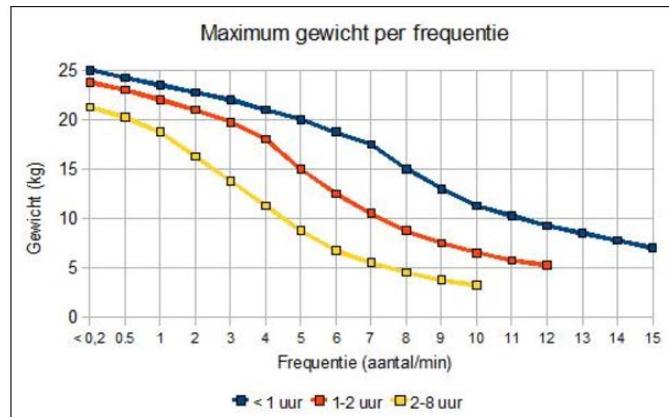
- Gebruik van hefbomen
- Installatie in meerdere stappen
- Rolssysteem waardoor het product met weinig weerstand over de reling kan worden geschoven
- Zo min mogelijk transport nodig: de totale constructie moet zo dicht mogelijk bij de huidige locatie kunnen worden geassembleerd.

Op de werkvloer is het gangbaar om een maximum tilgewicht van 23 tot 25 kg te hanteren. Echter gaat het hier over tilmomenten met een frequentie van meerdere keren per uur per dag. Dit is dus niet een reëel getal om aan vast te houden.

Volgens ergonomische wetten (zie grafiek 1) is deze 25 kg ook een getal dat wordt aangehouden als maximaal tilgewicht. Voor twee personen gaat het dan logischerwijs over het dubbele.

Een tilgewicht van 50 kg is voor twee personen dus het maximale aanvaardbare. Echter is het niet goed te achterhalen of dit gaat over terugkerende tilmomenten of dat het hier gaat om een eenmalig moment van tillen (zoals dat bij de *Shifting Solar* wel het geval zal zijn). Daarom hebben we gekeken naar het maximale dat een gemiddeld mens kan tillen. Tijdens het onderzoek kwamen een tabel tegen zoals die te zien is in tabel 13.

Het is lastig om goed vast te kunnen stellen hoe zwaar de *Shifting Solar* mag zijn. Daarom stellen we het gewicht nu op 50 kg.



Grafiek 1: Maximale tilgewicht per frequentie

Lichaamsgewicht (kg)	Ongetraind	Beginner	Gevorderd	Geavanceerd	Elite
52	42,5	82,5	92,5	135,0	175,0
56	47,5	87,5	100,0	145,0	187,5
60	50,0	95,0	110,0	155,0	200,0
67	57,5	107,5	122,5	172,5	217,5
75	62,5	115,0	135,0	185,0	235,0
82	67,5	125,0	142,5	200,0	250,0
90	70,0	132,5	152,5	207,5	257,5
100	75,0	137,5	160,0	217,5	265,0
110	77,5	145,0	165,0	222,5	270,0

Tabel 13: Tilgewicht per soort gebruiker

Grip

Tijdens de aanschaf, installatie en assemblage wordt er heel wat gewicht heen en weer verplaatst. Om dit op een goede manier te laten verlopen, moet dit worden vereenvoudigd door gebruik te maken van grip. Dit kan gedaan worden op de volgende manieren:

- Grip op de verpakking: de verpakking van het totaalproduct moet goed grip hebben op de aangrijppunten. Zo kan de *Shifting Solar* eenvoudig naar de locatie worden getransporteerd
- Grip op de constructie: de frameconstructie moet handvaten bevatten waar de gebruiker houvast aan heeft tijdens de installatie van het product.

Zo veel mogelijk individueel

We hadden de hoop dat dit product individueel plaatsbaar zou zijn. Echter is inmiddels al wel duidelijk dat dit heel erg lastig realiseerbaar is (tenzij dat we het product modulair maken). Dit zou namelijk betekenen dat elk onderdeel direct op de juiste plek kan worden geassembleerd waardoor er niet meer met zware onderdelen hoeft worden gelopen zodra alles als één geheel is geassembleerd.

Een laatste uitkomst kan zijn om hefbomen of de Momentenwet te gebruiken. Deze mogelijkheden worden later in het verslag verder uitgewerkt.

SENSORISCHE ERGONOMIE

Sensorische ergonomie richt zich op het waarnemen en de werking van de zintuigen. Deze ergonomie zal in dit subhoofdstuk worden uitgewerkt.

Gebruik van use cues

- In de assemblage
 - a. Tijdens de assemblage moeten onderdelen aan elkaar worden gemonteerd door middel van M8 bouten en koppelstukjes. Doordat er veel profielen zijn die allemaal aan elkaar moeten worden gemaakt, moet het duidelijk zijn welke onderdelen op welke plek op welke manier aan elkaar moeten worden gemaakt. Dit kan uiteraard op de ouderwetse manier worden gedaan aan de hand van de handleiding. Echter kan het gebruik van kleuren of vormen hier ook goed aan bijdragen
 - b. Door alle onderdelen te labelen met nummers kan tijdens de assemblage gewoon de volgorde in de handleiding op een eenvoudige manier gevolgd worden.
- In de installatie
 - a. Door duidelijk te maken waar de handvaten/grip is zal dit de installatie vereenvoudigen
 - b. Door op de spanband duidelijk te laten zien waar de grip is, moet voorkomen worden dat de band verkeerd wordt opgehangen.

Samenvoegen handelingen

Door enkele handelingen samen te voegen (denk aan het vastschroeven van de bouten) kan de assemblage versneld en vereenvoudigd worden. Alle bouten moeten tegelijk worden aangedraaid, waardoor het benodigd gereedschap niet telkens hoeft worden gepakt of weggelegd. Verder kun je ook denken aan het combineren van onderdelen waardoor er een handeling minder hoeft worden gedaan (door iets met een schroef vast te klemmen kan er ook een derde onderdeel tussen worden geklemd). Dit is op dit moment nog niet met een concreet voorbeeld te verduidelijken, omdat we het concept op dit moment nog niet tot op detail hebben uitgewerkt.

Enkelvoudig assemblagemogelijkheden

Alle onderdelen die aan elkaar kunnen worden gemaakt, kunnen ook op een verkeerde manier aan elkaar worden gemaakt. Dit kan worden voorkomen door deze onderdelen maar één manier te geven hoe ze in elkaar passen. Dit kan worden gedaan door de eerder aangegeven kleuren of door de vormen zo aan te passen dat duidelijk wordt dat de betreffende onderdelen daadwerkelijk niet in elkaar horen.

COGNITIEVE ERGONOMIE

Informatieverstrekking

De gebruiker, die de *Shifting Solar* koopt, moet heel goed weten wat hij in huis heeft. De gebruiker moet voor zichzelf duidelijk hebben wat de mogelijkheden zijn. Misschien is de handleiding (naast het gewicht) wel het belangrijkste onderdeel van de ergonomie. In de handleiding moeten in ieder geval de volgende aspecten aan bod komen:

- Alle mogelijke afmetingen aangeven
- Logische en begrijpbare opbouw van de lay-out
- Informatie over het gebruik van de omvormer
- Duidelijkheid over de opbrengsten

Verder moet nog vóór de aanschaf van de *Shifting Solar* duidelijkheid zijn over het product (zodat het niet achteraf voor problemen gaat zorgen). Denk hierbij aan flyers die in de bouwmarkten liggen waardoor interesse kan worden gewekt. Aan de hand van deze flyers kan er ook per consument individueel worden overwogen om de *Shifting Solar* ook echt aan te schaffen.

ERGONOMIE TIJDENS DE INSTALLATIE EN ASSEMBLAGE

De assemblage en installatie van *Shifting Solar* moet natuurlijk ergonomisch verantwoord en veilig verlopen. Uit voorgaand ergonomie-onderzoek is vastgesteld dat het totaalproduct maximaal 50 kg mag wegen. Waar we nu nog tegenaanlopen is dat het product gemakkelijk over het balkon te hangen is en dat er tijdens de installatie niets verkeerd kan gaan. Het product mag absoluut niet uit de handen van de gebruiker glippen of op andere wijze naar beneden vallen, met alle gevolgen van dien. Hiervoor hebben we tijdens brainstorms en discussies oplossingen bedacht.

De lus waar de installatie aan hangt wordt als eerste aan de balkonreling gehangen (zie afbeelding 30). Wanneer de installatie geassembleerd is, wordt deze tegen de reling aan gezet (met de achterkant richting de reling en de bovenkant onderaan). De lussen hebben beide een lang eind met gaten voor bouten erin. De bouten kunnen nu door de lus gedaan worden en in de gleuf van de profielen. Op dit moment hoeven deze nog niet strak vast te zitten, maar moeten ze niet meer los kunnen gaan. De moeren moeten dus een veilig aantal rotaties vastgedraaid zijn.



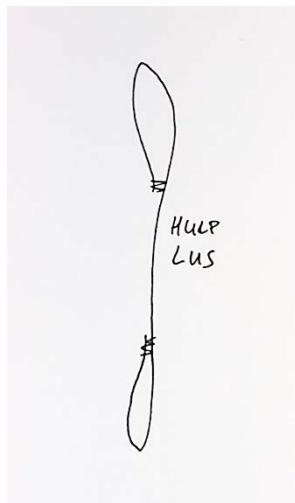
Afbeelding 30: Ophangsysteem

Nu kunnen de bouten dus door de gleuven van de profielen glijden. Hier zit de kern van de gemakkelijke installatie van *Shifting Solar* in. Het paneel wordt door de gebruiker bij de onderkant vastgepakt en omhooggetild waardoor het paneel met het andere eind leunt op de reling. Nu kan het paneel, over de reling, naar voren geschoven worden. De bouten glijden nu vrij door de profielen. De gebruiker laat nu het paneel voorzichtig zakken aan de voorkant van het balkon waarna de installatie aan het balkon hangt (zie afbeelding 31).

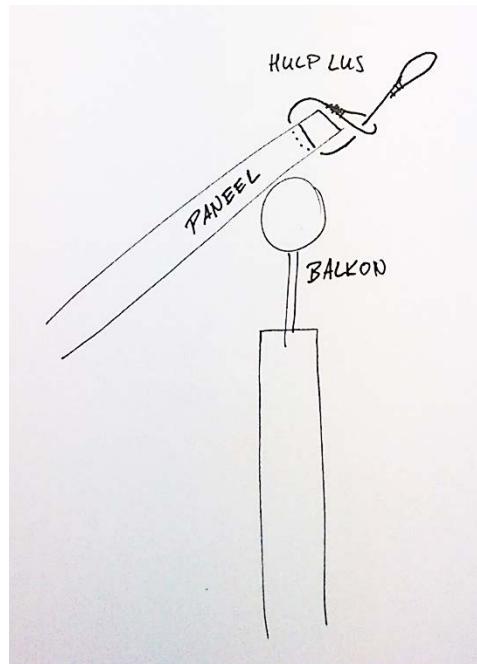
Omdat het profiel een gefreesde gleuf heeft in plaats van een profiel waar de gleuf bij in geëxtrudeerd is, eindigt de gleuf na een bepaalde lengte. De kracht van de bouten komt hierdoor op het einde van de gleuf, en dus op het profiel, in plaats van op de kapjes die de profielen afsluiten. Dit zou namelijk onveilig zijn en er zou een risico zijn dat de kapjes het ooit begeven waardoor de installatie naar beneden zou vallen. Met een gefreesde ruimte in de profielen is dit niet het geval.

Om het paneel goed over de reling te kunnen hangen moet de gebruiker natuurlijk wel genoeg houvast hebben aan de bovenkant van het paneel. Omdat we geen handvaten in het ontwerp willen introduceren voor een installatie die maar één keer gedaan hoeft

te worden, hebben we gekozen voor het bijleveren van twee hulp-lussen van nylon. De hulp-lussen hebben aan beide einden een lus. De hulp-lus wordt om de bovenkant van het paneel geslagen en door één van de lussen geslagen zodat de hulp-lus om het profiel zit. Nu is de lus aan het andere eind te gebruiken als handvat.



Afbeelding 32: Hulplus



Afbeelding 31: Draaien paneel over reling

4.3 GEBRUIK VAN HET CONCEPT

Zonnepanelen vallen onder een categorie producten die eenmalig worden bevestigd en daarna in principe nooit meer worden verplaatst. Een zonnepaneel is dus een minder interactief product dan bijvoorbeeld een dakraam. Desondanks het feit dat er weinig interactie plaatsvindt tussen gebruiker en zonnepaneel, wordt er toch gekeken naar het 'gebruik' van een zonnepaneel. Voor het onderzoek rondom de gebruiksduur van een zonnepaneel is dit opgedeeld in 3 subonderdelen: assemblage, gebruik en demontage. Deze drie onderdelen zullen hieronder verder worden toegelicht.

Assemblage

Bij de assemblage van het product concept wordt het zonnepaneel over de reling van het balkon gemonteerd. Om tijdens het gebruik te voorkomen dat een zonnepaneel vijftien verdiepingen naar beneden valt, moet dit op een veilige manier gebeuren. Voor het gebruik van het productconcept tijdens de assemblage moet gelet worden op een oplossing voor het veilig plaatsen van het concept.

Gebruik

Tijdens het daadwerkelijke gebruik van de zonnepanelen, heeft de consument in principe weinig interactie met het product. Wat tegenwoordig wel veel wordt gedaan, is het schoonhouden van zonnepanelen tijdens het gebruik. Omdat ook hierbij moet worden gedacht aan de veiligheid, moet voor het schoonmaken een oplossing worden bedacht om de zonnepanelen veilig te kunnen onderhouden.

Demontage

Voor de demontage geld hetzelfde als bij de assemblage. Ook voor de demontage moet gelet worden op veiligheid rondom het concept. Het terughalen of optillen van zonnepanelen vereist veel meer energie en kracht dan het langzaam laten zakken van zonnepanelen tijdens de assemblage. Bij de demontage speelt veiligheid een nog grotere rol.

Ergonomie en gebruik

Om de veiligheid te behouden is een goede ergonomie belangrijk. De ergonomie speelt een belangrijke factor bij het hanteren van het productconcept. Het is hierbij van belang dat de assemblage, het onderhoud en de eventuele demontage gemakkelijk en natuurlijk kunnen verlopen door het gebruik van use clues. Denk bijvoorbeeld aan de eerder beschreven hulplus of een indicatief railsysteem waarmee de zonnepanelen over de reling geholpen worden. Extra safety features (lees: makkelijk handteerbare onderdelen) zorgen ook voor een betere ergonomie.

Onderhoud

Het onderhoud is op te delen in ‘simpel’ onderhoud en het meer geavanceerde onderhoud. Dit houdt in dat onder het simpele onderhoud het schoonhouden van zonnepanelen en de reguliere controle valt en onder geavanceerd onderhoud de reparaties van zonnepanelen en frame. Voor het simpele onderhoud moet rekening gehouden worden met de consument die dit zelf uitvoert. De geavanceerde reparaties zullen gedaan worden door een externe reparateur of leverancier. Het gebruik komt terug in de toegankelijkheid van onderdelen tijdens het onderhoud. Wat voorkomen moet worden, is dat reparateurs of consumenten die over de reling hangen om schoon te maken of reparaties uit te voeren. Voor een verbeterd gebruik moet gezorgd worden voor een goede toegankelijkheid ook tijdens het onderhoud en schoonmaken van de panelen of frame.

Conclusie

Uit het gebruiksonderzoek blijkt, dat voor een verbeterd gebruik vooral gelet moet worden op toegankelijkheid wanneer het concept hangt over de reling. Met het gebruik hangt in grote mate de ergonomie samen. Wanneer dit product een goede ergonomie heeft zal het gebruik van dit product ook een stuk veiliger zijn. Uit het onderzoek zijn dit de grootse aandachtspunten gebleken.

- Vermijden van consumenten/reparateurs die hangen over de reling
- Vermijd het tillen van slechte ergonomische onderdelen over de reling
- Veel safety features toevoegen aan het concept om vallende onderdelen te vermijden
- Goede toegankelijkheid van (belangrijke) onderdelen ook wanneer het product over de reling hangt.

Deze vier punten spelen een belangrijke rol in het gebruik, veiligheid en ergonomie van het product concept en zullen worden meegenomen in verder onderzoek.

4.4 DUURZAAMHEID VAN HET CONCEPT

Duurzaamheid is een groot en breed begrip. We delen het in ons onderzoek op in: de milieu-impact van de te gebruiken materialen en de duurzaamheid van het product in het geheel. Ten slotte beschrijven we de bijdrage die het product levert aan het milieubewustzijn van de eindgebruiker en wat het product teweegbrengt.

MILIEU-IMPACT VAN DE MATERIALEN

In Shifting Solar worden voornamelijk aluminiumprofielen van Norcan gebruikt. Daarnaast zijn de zonnepanelen een belangrijk onderdeel.

ALUMINIUM PROFIELEN

Aluminium staat er niet om bekend om erg milieuvriendelijk te zijn. Vooral de productie van aluminium heeft een relatief grote milieulast. Aluminium wordt vooral uit bauxiet gewonnen. Dit erts bevat het hoogste percentage aluminium van alle gesteenten. Bij het verwerken van bauxiet, komen schadelijke stoffen zoals fijnstof en zwaveloxiden vrij. Tijdens het delven van bauxiet worden ook veel bossen gekapt. Ten slotte kost het ontzettend veel energie om vervolgens aluminium te maken.

Ondanks deze negatieve punten heeft aluminium ook voordelen over andere metalen. Omdat aluminium lichter is dan bijvoorbeeld het gangbare staal, is er minder brandstof nodig om het te vervoeren. Ook is aluminium duurzamer in de zin dat het minder snel verweerd vergeleken met staal. Het gaat dus vele malen langer mee.

Aluminium is goed te recycelen en levert niet in aan kwaliteit na het recycelen. Aluminium wordt dan ook al veel gerecycled tegenwoordig. (Jonkers & Dreijerink, 2011)

ZONNEPANELEN

Fotovoltaïsche zonnecellen worden gemaakt van silicium. Een zonnecel is een semiconductor en voor de productie ervan worden dus ook stoffen gebruikt die over het algemeen in de semiconductorindustrie gebruikt worden. Hieronder vallen chemicaliën zoals verschillende zuren, waterstofferide en aceton. In dunne film cellen worden ook nog stoffen zoals het giftige galliumarsenide gebruikt. Daarnaast is voor de productie van halfgeleiders, waaronder zonnecellen, veel energie nodig. Zonnecellen zijn op zichzelf dus geen milieuvriendelijke producten. (Union of Concerned Scientists, 2013)

Van zonnepanelen kan 95 procent gerecycled worden. Helaas worden zonnepanelen op dit moment nog niet grootschalig gerecycled. Het is op dit moment simpelweg niet winstgevend genoeg en er zijn nog niet genoeg panelen die gerecycled moeten worden. Daarnaast betekent het feit dat 95 procent gerecycled kan worden niet meteen dat het ook gemakkelijk is. Naast silicium bevat een paneel ook glas, aluminium, verschillende kunststoffen en ook verschillende metalen, waaronder enkele zeldzame metalen. Het is moeilijk om al deze materialen goed te scheiden van elkaar, zonder ze daarmee te beschadigen. Gelukkig wordt er wel door verschillende producenten gewerkt aan de processen waarmee panelen gerecycled worden.

DUURZAAMHEID VAN SHIFTING SOLAR

Door het gebruik van materialen van hoge kwaliteit is de *Shifting Solar* een duurzaam product. Aluminium gaat relatief lang mee. Daarnaast wordt het aluminium in *Shifting Solar* niet zwaar belast. Het enige punt dat veel zou kunnen slijten is het scharnierpunt van de panelen. Omdat het product door het gebruik van het systeem van Norcan modulair/aanpasbaar is, kan een versleten onderdeel heel gemakkelijk vervangen worden waarmee de levensduur van het product verlengd kan worden. Dit geldt natuurlijk voor alle andere onderdelen in het product. Volgens het testinstituut Kiwa gaan zonnepanelen gemiddeld 17 jaar mee. In de wegwerptentaliteit die tegenwoordig heerst, is dit ontzettend lang voor een product. Dit maakt het geheel een duurzaam product.

MILIEUBIJDRAGE

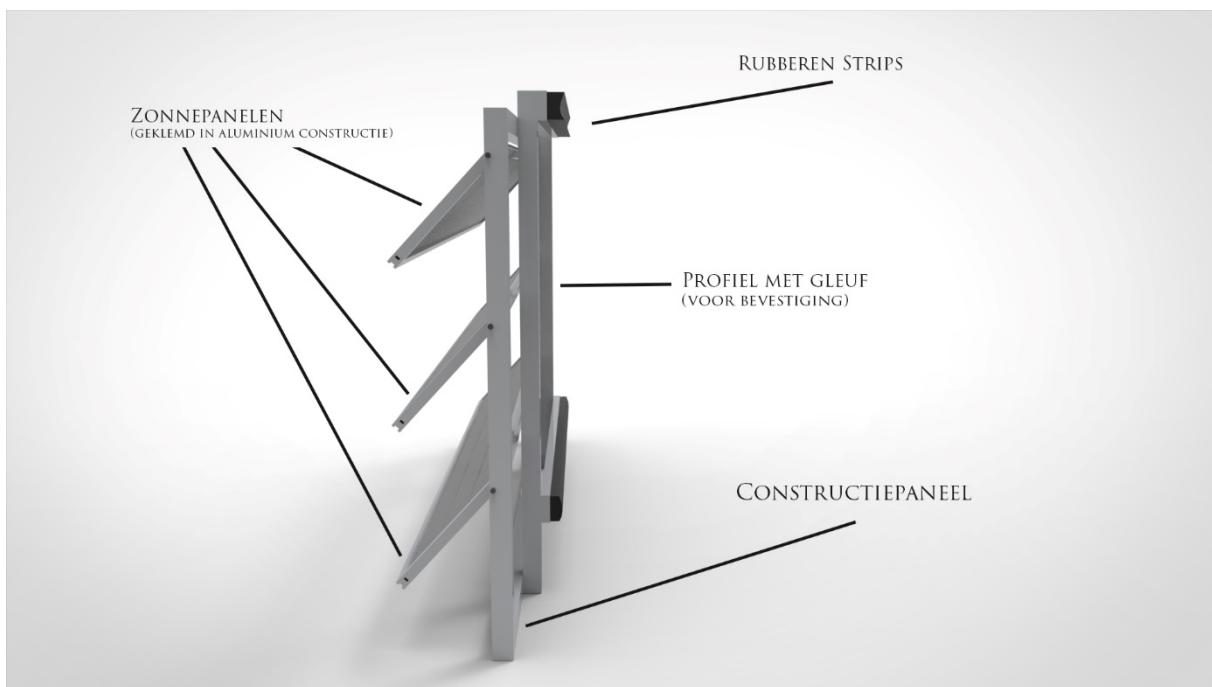
Los van het milieu-impact die de materialen, productietechnieken en mogelijkheden tot recycling hebben, levert *Shifting Solar* ook een bijdrage aan het milieu. Door energie te halen uit hernieuwbare bronnen, in plaats van fossiele brandstoffen, draagt de *Shifting Solar* bij aan het milieu. Ook worden gebruikers, door hun eigen energie op te wekken, bewuster van de energie die ze verbruiken en de invloed die ze hebben op het milieu.

4.5 GROVE DETAILLERING VAN CONCEPT

Nu we na al het onderzoek een algemeen idee hebben voor het product, moet dit worden uitgedacht en verwerkt. In de grove detaillering zien wij de opbouw en de werking van het product, de afmetingen en de materiaalkeuze.

OPBOUW VAN HET PRODUCT

De *Shifting Solar* is opgebouwd uit een vierkant constructieframe. Dit constructieframe is vastgemaakt aan het balkon met een spanbandconstructie. Daarnaast zit er nog een stalen veiligheidskabel om het balkon die vast zit aan de constructie. Binnenin het vierkante constructieframe zitten drie rechthoekige zonnepanelen die kunnen meebewegen met de verticale verplaatsing van de zon. Aan de achterkant van het constructiepaneel zit een gat waar de bevestiging (spanband) over kan bewegen. Verder zitten er aan de achterkant van het paneel ook rubberen banden waardoor het balkon niet wordt beschadigd (zie afbeelding 33).



Afbeelding 33: Totaalproduct onderdelen

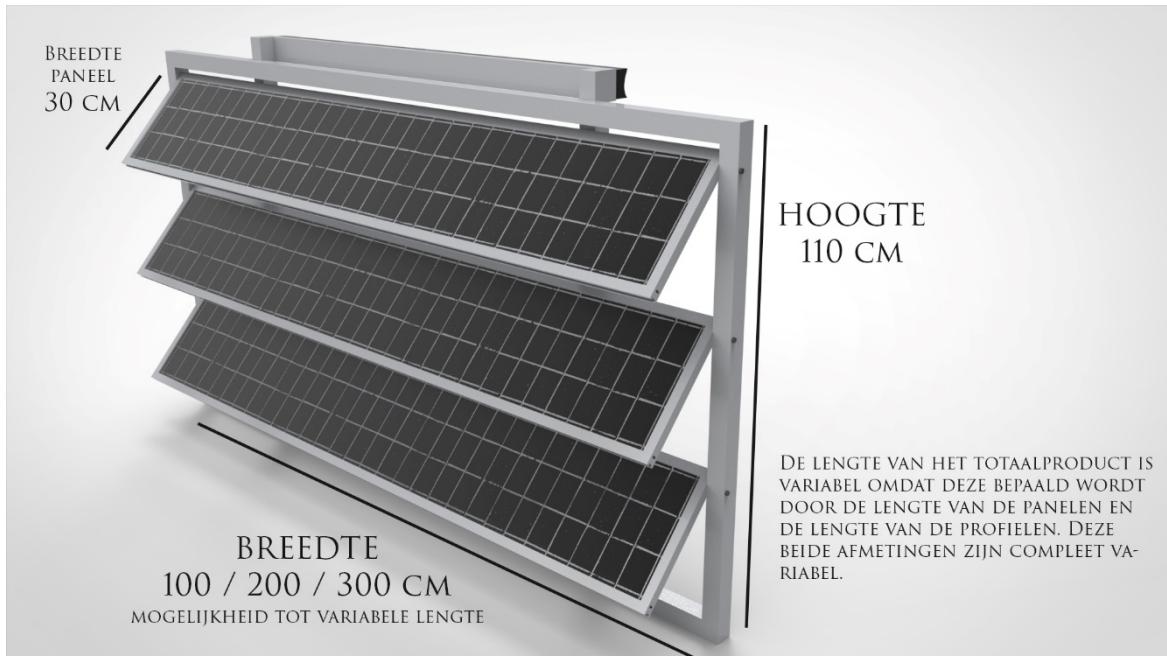
WERKING VAN HET PRODUCT

De werking van de *Shifting Solar* is in principe heel eenvoudig. Het product wordt door de gebruiker gekocht en zal worden aangeleverd/opgehaald in subassemblies. Deze subassemblies worden geïnstalleerd op het balkon zelf. Dan zal de bevestiging (de spanband) om het balkon worden vastgemaakt met het koppelstuk (connectie tussen bevestiging en constructiepaneel) aan de kant van de gebruiker. Als het totale paneel is geassembleerd zal deze rechtop tegen het balkon worden gezet. De bevestiging wordt via de gaten vastgemaakt aan de achterkant van het paneel. Daarna wordt het totale paneel over het balkon geschoven en opgehangen. Op dit moment is de uitleg nog heel cryptisch, maar later zal het worden gevisualiseerd in een werkend(e) model/animatie.

De zonnepanelen zullen gaan draaien met de zon mee. Hoe dit precies zal gaan werken wordt in de fijne detaillering uitgewerkt.

AFMETINGEN

De grove bemating van het totaalproduct is aangegeven in afbeelding 34. De hoogte van het totale paneel is gebaseerd op de minimale hoogte van een balkon. De afmetingen van de zonnepanelen zijn compleet variabel omdat het amorf zonnepanelen zijn. Dit betekent dat deze panelen in elke gewenste afmeting kunnen worden besteld. Dit type paneel kan dus in elk gewenste bemating besteld worden. Dit zorgt er dus voor dat het product in principe modulair is.



Afbeelding 34: Bemating Shifting Solar

MATERIAALKEUZE

De materialen in dit product zijn heel eenvoudig. De zonnepanelen zijn gewoon zoals ze zijn. Deze zijn omgeven door een aluminium constructie. Aan deze constructie zitten twee rubberen strips om beschadigingen aan het balkon te voorkomen. Verder moeten de amorf panelen nog een plaatmateriaal hebben waar de panelen op worden gemaakt. Op dit moment hebben we daar nog geen keuze voor gemaakt. Wel is duidelijk dat dit een licht, weersbestendig en esthetisch hoogstand materiaal (denk aan hout, zie afbeelding 35) moet zijn. Verder moet het materiaal niet vervormbaar zijn en het is een pluspunt als het een reflecterende waarde heeft.



Afbeelding 35: Achterkant product

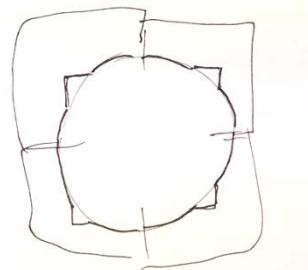
4.6 EERSTE ONTWERPFASE

Om voor onszelf een duidelijk conceptdefinitie te krijgen, hebben we nog een brainstorm gehouden om voor elk onderdeel van het concept een weloverwogen keuze te kunnen maken. De focus tijdens deze tweede brainstormsessie lag op de volgende onderdelen: de bevestiging op het balkon, de connectie tussen de bevestiging en het constructiepaneel. Verder kijken we naar de manier om de hellingshoek te optimaliseren en de manier om de constructie zo ergonomisch mogelijk te kunnen installeren.

DE BEVESTIGING OM/AAN ELK BALKON

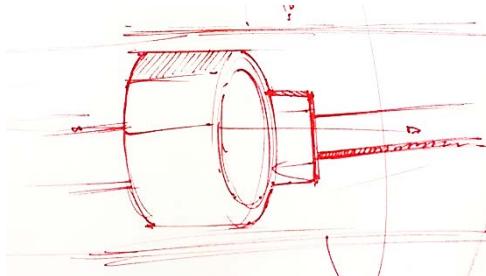
Om het product veilig te kunnen bevestigen aan een balkon, zijn er enkele problemen die we moeten overkomen. Het grootste probleem is het feit dat we met vele verschillende soorten balkons te maken hebben. Tijdens de brainstorm hebben we verschillende oplossingen geschatst en hebben we hun waarde in de praktijk besproken.

- Een klem voor zowel buis- als rechthoekige reling. Door middel van vier voetjes die om de reling samenklemmen wordt het product bevestigd. Deze klem past op alle mogelijke varianten van een rechthoekige reling, maar het nadeel is dat het maar op relingen binnen een bepaald bereik van diameters past. Hoe groter het verschil tussen de diameter van de klemvoetjes en de reling, hoe minder klemoppervlak er is.
- Een buisklem (zie afbeelding 37) die in de gleuf van het aluminiumprofiel past. Hierdoor zijn de klemmen aan de passen aan verschillende breedtes van balkons. Hier is het nadeel ook dat het niet past op meerdere maten van de reling.
- Klem voor buisrelingen dit door middel van een bout vastgeschroefd wordt (zie afbeelding 38). Door de aanwezigheid van uitlijningspinnen wordt er voor gezorgd dat de twee klemdelen altijd goed oplijnen.
- Deze klem heeft een vergelijkende werking als de hiervoor beschreven klem (zie afbeelding 39). Eén van de twee klemdelen fungeert ook als een beugel die over de balkonrand hangt. Bijgeleverd worden verschillende klemvoetjes, voor respectievelijk een buis of kokerreling. Het geheel wordt vastgezet door een bout die door beide klemdelen schroeft. Het nadeel van deze klemming is dat de klemvoetjes maar op één radius of kokerafmeting passen. Daarom moeten er allerlei verschillende voetjes bijgeleverd worden wat de kostprijs aanzienlijk omhoog brengt.

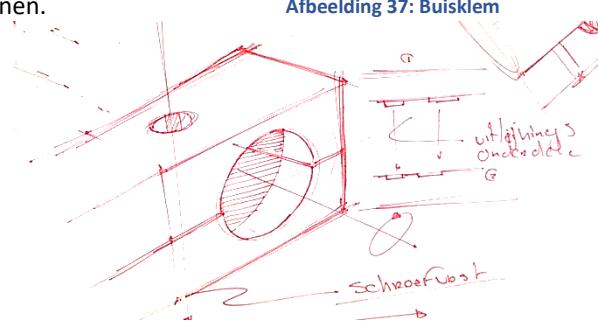


KLEM VOOR ZWEL BUIS
ALS KOKER BALKON RELING

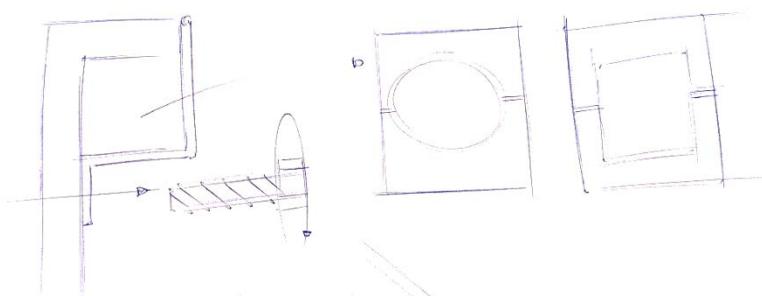
Afbeelding 36: Klem voor vormen reling



Afbeelding 37: Buisklem

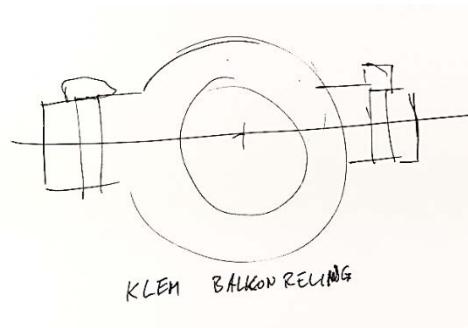


Afbeelding 38: Buisreling klem

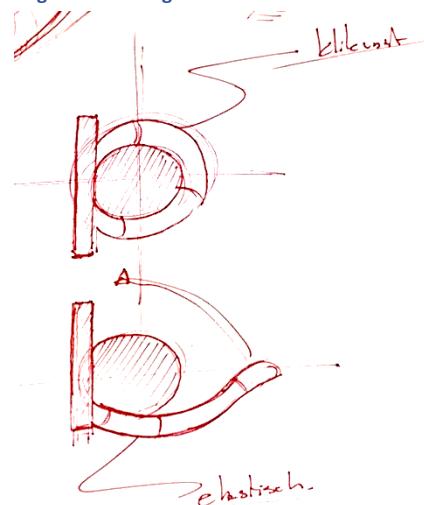


Afbeelding 39: Beugelklem

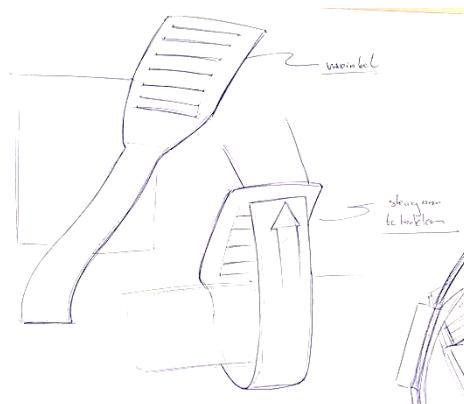
- Ook deze klem is vergelijkend met de twee hiervoor genoemde klemmen (zie afbeelding 40). Deze is echter alleen te gebruiken voor buisrelingen. Daarnaast heeft deze hetzelfde probleem dat het niet toepasbaar is op meerdere radii buisrelingen.
- Naast statische manieren van bevestiging hebben we ook gekeken naar dynamische bevestigingen. Deze passen zich aan aan het type reling dat op een balkon zit zie afbeelding 41). Deze klemming werkt door middel van een elastische lus, die om de reling wordt gedaan en weer terug aan het product wordt gehaakt. Het nadeel hiervan is natuurlijk dat het heel snel weer los kan schieten.
- Bij eerder onderzoek naar de bevestigingsmogelijkheden kwamen we terecht bij een klemming waarbij gebruik wordt gemaakt van een spanband of een variatie daarop. Deze past om verschillende vormen en maten relingen en kan veel kracht aan (zie afbeelding 42). Vervolgens kwamen we op het idee om het gewicht van het product te gebruiken in de ophanging ervan. De band heeft een lus, of in ieder geval een opening, aan een uiteinde waar het zelf weer doorheen geregen kan worden. Het gewicht van het product trekt deze lus vervolgens aan.



Afbeelding 40: Buisreling



Afbeelding 41: Dynamische bevestiging



Afbeelding 42: Spanband

CONCLUSIE

Uit eerdere onderzoeken is gebleken dat er veel verschillende balkonrelingen zijn op de markt. Om het bevestigingssysteem universeel te houden, is gekozen om een aansluiting te ontwerpen die op 92% van de balkons is te bevestigen. Dit percentage komt uit het balkononderzoek dat eerder in dit hoofdstuk beschreven is. De bevestiging die wij zullen ontwerpen, zal gebaseerd worden op de spanband. De band zal verder worden doorontwikkeld om aan de veiligheidseisen te voldoen, bruikbaar te zijn voor de consument en aansluiten bij het concept *Shifting Solar*.

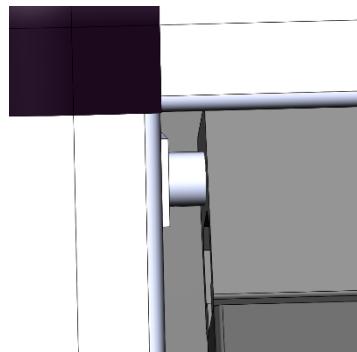
DE MANIER OM DE HELLINGSHOEK TE OPTIMALISEREN

De *Shifting Solar* heeft een relatief klein celoppervlak om zonne-energie mee op te vangen. Om toch de energieopbrengst van het product optimaal te maken, bewegen de panelen in verticale richting mee met de invalshoek van de zon, om de zonnestralen zo veel mogelijk loodrecht op de panelen te laten invallen. Op deze manier kunnen de zonnecellen het meeste energie uit de zonnestralen halen.

Hiervoor hebben we het volgende nodig:

- De panelen moeten kunnen kantelen;
- De panelen moeten door middel van een actuator of motor gekanteld worden
- Het product heeft een input nodig om de panelen relatief aan de zon te kunnen stellen.

De bevestiging waarmee de zonnepanelen aan de gehele constructie vastzit, functioneert ook als as waarom de panelen kantelen. Deze as wordt ingesloten tussen het zonnepaneel en de constructie. In afbeelding 43 is dit zichtbaar. In het profiel dat het zonnepaneel omsluit zit al een gat waar de as in kan. In het profiel dat in de constructie gebruikt wordt, wordt in de zijde die later aan de binnenkant komt een corresponderend gat geboord. De as wordt dus ingesloten tussen de profielen.



Afbeelding 43: As zonnepanelen

Uit het onderzoek dat eerder in dit verslag beschreven staat bleek dat een elektrische lineaire actuator het beste is voor het product. Deze actuatoren zijn nauw te besturen, waardoor we de zonnepanelen met de gewenste precisie in de ideale hoek ten opzichte van de zon te zetten. Voor het product gebruiken we twee actuatoren, één aan beide zijden. Deze besturen de bovenste van de drie panelen. De andere panelen worden met een dunne stalen lijn aan het uiteinde van de panelen aan het bovenste paneel vastgemaakt. Op deze manier bewegen de twee onderste panelen mee zonder dat er zes actuatoren gebruikt hoeven worden.

Wanneer de actuator uitschuift, kantelt het zonnepaneel omhoog en moet het uiteinde van de actuator dus mee omhoog. Daarom kan de actuator scharnieren in beide uiteinden, aan het eind bij het zonnepaneel en het eind bij de constructie.

Omdat de twee actuatoren aan weerszijden van het product bevestigd zijn, zijn ze moeilijk te verbergen. Daarnaast is een actuator op zichzelf een erg technisch vormgegeven onderdeel. Daarom ontwerpen we voor de actuator een nieuwe behuizing die de actuator minder laat opvallen en daarnaast ook beter zal passen in de vormtaal van het hele product.

H5 PLAN VAN EISEN EN WENSEN

Op basis van het onderzoek dat we hebben gedaan, kunnen we eisen en wensen stellen aan de *Shifting Solar*.

1) Concepteisen

- a. Het product moet te bevestigen zijn aan 92% van alle balkons
 - i. Het product moet in verschillende lengten beschikbaar zijn
 - ii. Het product moet verschillende soorten bevestigingen aan het balkon kunnen worden geïnstalleerd
 - 1. Balkonreling met een verticale handleuning
 - 2. Balkonreling met een naar buiten stekende handleuning
 - 3. Balkonreling met een naar binnen stekende handleuning
- b. Het product moet mee bewegen met de zon door middel van een actuator
- c. Het product moet gemakkelijk te installeren zijn door de gebruiker zelf
 - i. Het product moet tilbaar zijn door een individueel persoon
 - ii. Het product moet installeerbaar zijn door een individueel persoon
 - iii. Het product moet assembleerbaar zijn door een individueel persoon
- d. Het product moet een positieve impact hebben op het milieu

2) Afmetingen

- a. De hoogte van het totaalpaneel is maximaal 120 cm
- b. Het paneel mag niet aan beide zijden van het balkon uitsteken
- c. De dikte van de amorf panelen is 3 mm
- d. Het maximale oppervlakte van de zonnepanelen is 2 m²

3) Gewicht

- a. Het maximale gewicht van het totaalproduct is 50 kg
- b. Het maximale gewicht van de zonnecellen is 10,5 kg

4) Assemblage

- a. De installatie moet een micro-omvormer bevatten
- b. In het product moet gebruik gemaakt worden van amorf zonnepanelen
- c. Bij de productie van de spuitgietonderdelen moet voldoen aan de designrules
- d. De maximale hellingshoek die het product moet ondersteunen is 50 graden

5) Kostprijs

- a. De kostprijs van het product is maximaal 350 euro

6) Installatie/productie/gebruik

- a. De micro-omvormer kan aan het netstroom worden aangesloten
 - i. Maximaal aantal zonnepanelen in de constructie is drie
 - ii. De maximale stroomsterkte van alle panelen is maximaal 2,25A
- b. Het product moet aan te sluiten zijn op een micro-omvormer
- c. De micro-omvormer moet binnenshuis geplaatst worden
- d. De verpakking moet compact zijn want het moet door een deur/kozijn passen
- e. Het gebruik van use cues die de installatie/assemblage vereenvoudigen
 - i. Cijfertelling (aan de hand van de handleiding)
 - ii. Kleuren (bouten en getapte gaten)
- f. Geleverde subassemblies moeten in een snelle logische manier te assembleren zijn
- g. Het product moet demonteerbaar zijn
- h. Het product/onderdelen moet te vervangen zijn
- i. Het product moet makkelijk te onderhouden zijn

7) Bestand tegen omgeving

- a. Weersbestendig
 - i. Wind
 - ii. Temperatuur
 - iii. Luchtvuchtigheid
- b. Hufterproof

8) Ergonomie

- a. Cognitieve ergonomie bij de band: moet er extreem sterk uit zien

9) Aluminiumprofiel

- a. Alle profielen die in het product gebruikt worden zijn afkomstig van Bacron
- b. Maak gebruik van M8 bevestiging
- c. De totaalconstructie moet stevig genoeg zijn (op basis van sterkeberekening)
- d. Maximale lengte van het constructieframe is wat Bacron ter beschikking heeft
- e. De breedte van het profiel mag niet breder dan 355 mm
- f. Naast de boorgaten in het profiel moeten minimaal 5 mm zitten
 - i. Het kleinste profiel dat gebruikt kan worden heeft een breedte van 18 mm

10) Efficiëntie

- a. Maximaal 5000 kWh terug mogen leveren (anders belasting betalen)
- b. De hellingshoek van de panelen moet altijd loodrecht op de zon zijn
 - i. Minimaal 0 graden (ochtend/avond) - onderhoek
 - ii. Maximaal 50 graden (middag) - bovenhoek
- c. De levensduur van het totaalproduct moet 17 jaar zijn
- d. De minimale opbrengst van de zonnecellen is 125 W per m²
- e. De minimale opbrengst van de *Shifting Solar* is 320 kWh

11) Veiligheid

- a. Het product mag niet de veiligheid van mensen op het balkon schenden
- b. Het product moet altijd worden verankerd aan het balkon/gevel
- c. De bevestiging moet safetyfactor hebben van 2
- d. De constructie moet een safetyfactor hebben van 1,5
- e. De frameconstructie moet handvatten bevatten waar de gebruiker houvast aan heeft tijdens de installatie van het product
- f. Ondanks aanwezigheid van de bevestiging, moet de reling vast kunnen blijven worden gehouden
- g. Als het balkon onder een hoek staat, moet het product voetjes aan constructie waardoor het paneel verticaal blijft hangen
- h. Maak gebruik van rubberen band (glazen balkon)

12) Product moet geen huidige patenten schenden

WENSEN

1) Esthetiek

- a. De afstand tussen de panelen in verticale positie moet zo klein mogelijk zijn

2) Combineren met balkonaccessoires

- a. Integreren bloembak en extra vensterbank
- b. BBQ
- c. Vensterbank

H6 VORMGEVING (TOOL)

1. Opdracht: Duidelijke opdrachtomschrijving voor je design team en samenvattend in één zin: wat moet het design uitstralen (USP - unique selling point)

Tijdens project 2C hebben we onze eigen opdracht samengesteld. Hieronder is in het kort weergegeven wat ons product inhoud.

<u>Opdrachtomschrijving Bacron</u>	<u>Opdrachtomschrijving project</u>
<p><i>De opdrachtgever Bacron BV. wil een nieuw marktsegment betreden. We leveren een product dat technisch probleem oplost binnen een organisatie van een bepaald marktsegment. Het product moet voldoen aan de eisen van Bacron, innovatief zijn, groeiopotentie hebben, verkocht worden aan zakelijke klanten en duurzaam zijn. Onze opdrachtgever Bacron levert vooral aan bedrijven binnen Europa. Het product wordt binnen drie jaar geïntroduceerd op de markt. Daarnaast moet het aluminium volop toepasbaar zijn in het gekozen concept.</i></p>	<p><i>Ons product betreedt een nieuw marktsegment (namelijk consumenten voor wie de stap naar zonnepanelen op dit moment nog te groot is). Het technische probleem dat wordt opgelost is een combinatie van meerdere factoren: de esthetiek, de modulairheid van een paneel en het zelf kunnen plaatsen van de zonnecel. Daarnaast benadert dit product de markt een compleet nieuwe en innovatieve manier. Namelijk het plaatsen van zonnepanelen op de op dit moment onmogelijke posities. De duurzame zonnepanelen zullen worden verkocht aan bouwmarkten, energiemaatschappijen of dergelijke. Daarnaast is dit product eenvoudig binnen enkele jaren op de markt te brengen.</i></p>

Even kort samengevat: wij ontwerpen een product dat zonnepanelen dichter bij flatbewoners brengt. Het moet een zonnepaneelconstructie zijn die de gebruiker zelf aan zijn of haar balkon kan hangen.

Unique Selling Points

- 1) Zonnepanelen voor mensen met een balkon
- 2) Zonnepanelen bewegen mee met de zon
- 3) Constructie is door de gebruiker zelf te installeren
- 4) Passend voor elk balkon
 - a. Bevestiging is universeel
 - b. Lengte panelen/constructie is variabel

Wat moet ons product uitstralen

Ons product moet zoveel mogelijk passen bij de vormgeving van het balkon waar het aan wordt opgehangen. Dat betekent dat het geen uitgesproken vormtaal moet hebben die naar een specifiek thema neigt. De *Shifting Solar* moet uitstralen dat het product groene energie opwekt en dat het betrouwbaar is. Verder moet het product er niet zwaar en log uit zien en moet het het beeld van het balkon niet negatief beïnvloeden.

2. User focus: maak een persona poster van je gebruikers (interviews uit VOORT traject, culturele aspecten en waardes)

Zie hieronder in afbeelding 44 de twee de persona posters die we hebben gemaakt. Deze persona's vertegenwoordigen de doelgroep aan wie dit product verkocht zal gaan worden. We hebben zowel een flatbewoner, als een bewoner uit een wat groter huis genomen, omdat ons product in beide groepen prima verkocht kan worden.

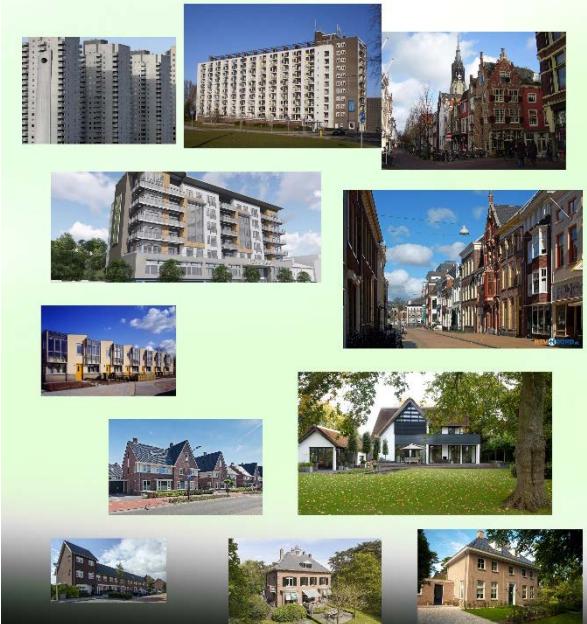


Afbeelding 44: Twee persona's

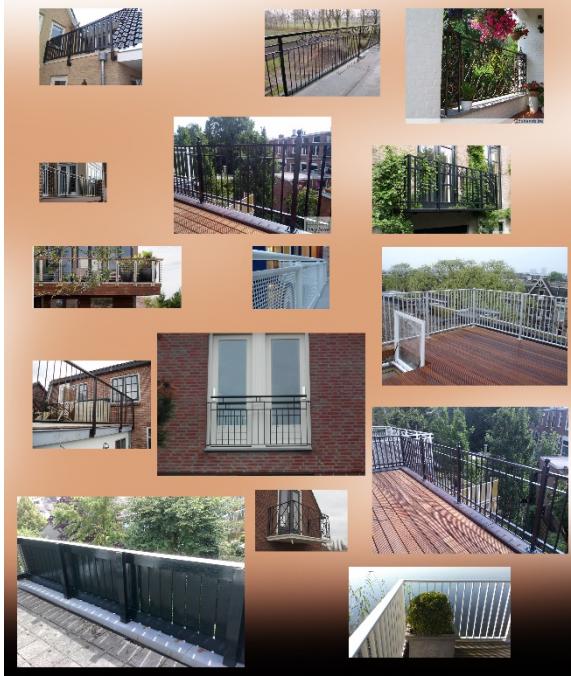
3. Design inspiratie: maak een moodboard met inspirerende producten voor de vormgeving (vormtaal, kleur, veel details, uitstraling, concurrentieproducten)

We hebben enkele collages en moodboards gemaakt om te laten zien wat ons product moet uitstralen en in welke omgeving het product geplaatst moet worden. Dit hebben we gedaan om een goed beeld te krijgen dat we tijdens de vormgeving kunnen houden.

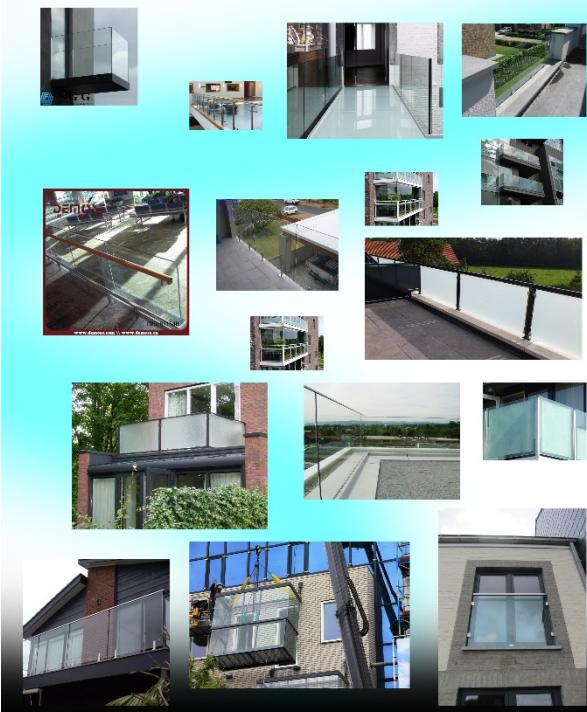
Situaties balkons



Hekwerk balkons



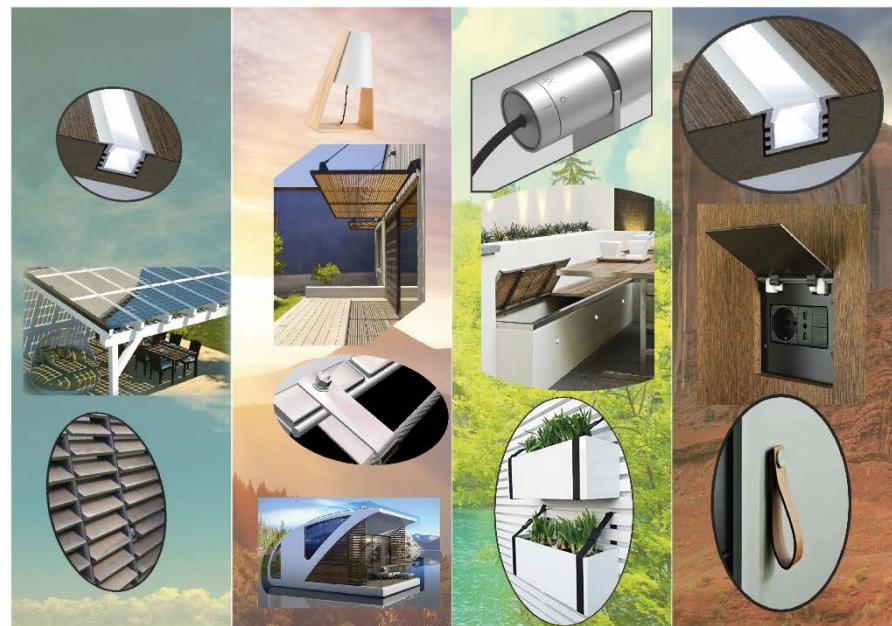
Glazen Balkons



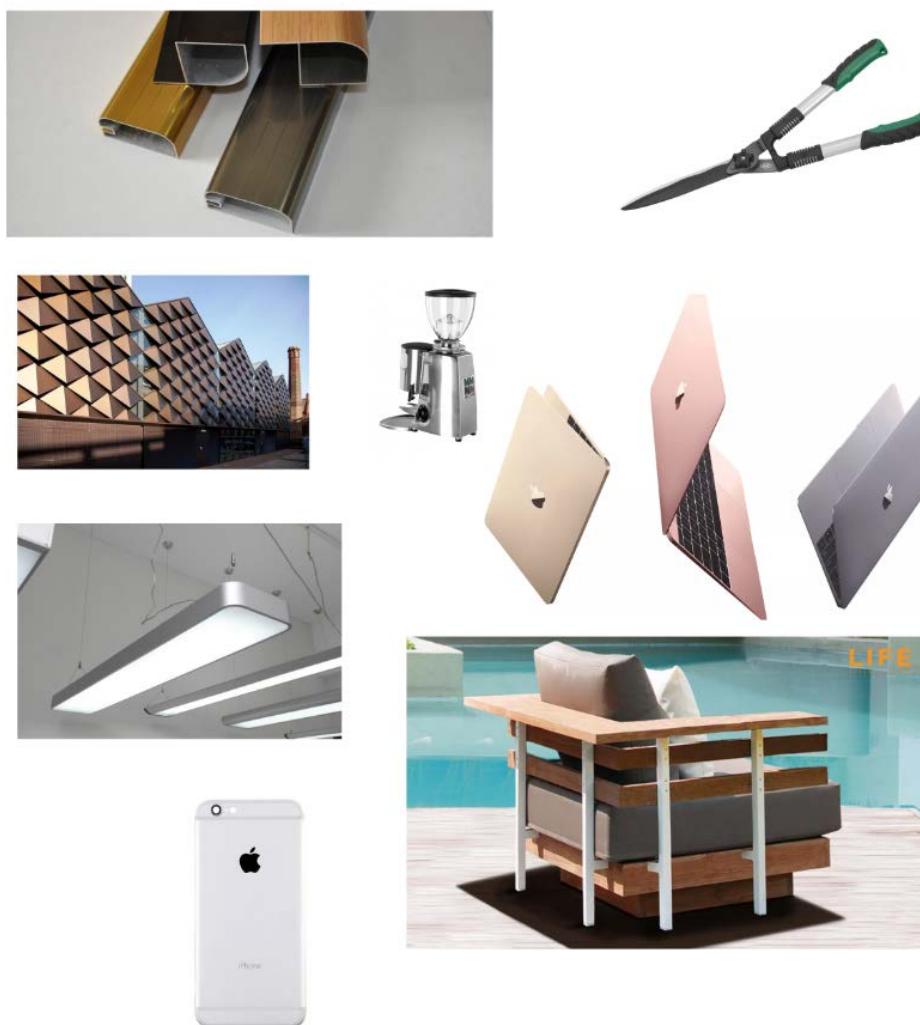
Balkons



Verder hebben we ook nog collages gemaakt van producten die uitstralen wat de *Shifting Solar* moet uitstralen. Evenals een collage over producten waar aluminium de esthetische waarde van een product verhogen (zie afbeelding 45 en 46)



Afbeelding 45: Sfeermoodboard



Afbeelding 46: Mooie aluminium producten

H7. INDIVIDUELE FIJNE DETAILLERING

We hebben van alle vier de onderdelen die we individueel hebben uitgewerkt, schetsen gemaakt als vormstudie. Hier hebben we ook gebruik gemaakt van een brainstormmethode.

7.1 CONSTRUCTIEPANEEL (MARCO)

Voor onderdeel wat ik ga uitwerken moet bewijs worden geleverd. Het moet duidelijk worden of dit onderdeel goed geproduceerd kan worden en goed zal functioneren. Het bewijs zal bestaan uit enkele rapportages. Deze rapportages bestaan uit aspecten die komen kijken bij een product of onderdeel. Deze aspecten zijn:

- De ergonomie van het onderdeel
- De kostprijs van het onderdeel
- De sterkteberekeningen op een (sub)onderdeel
- De productietechnieken die moeten worden toegepast op het onderdeel
- Een FMEA test

Wanneer al deze aspecten zijn behandeld, zal er een positief of negatief eindresultaat worden gegeven in de vorm van een conclusie of aanbeveling.

Het onderdeel

Shifting Solar bestaat uit een paar onderdelen namelijk het frame, de zonnepanelen, de draagbanden en een actuator. Ieder werkt één onderdeel dieper uit. Het onderdeel dat ik ga uitwerken is het frame waar alle andere onderdelen aan worden vastgemaakt. Dit onderdeel is te zien in afbeelding 47.



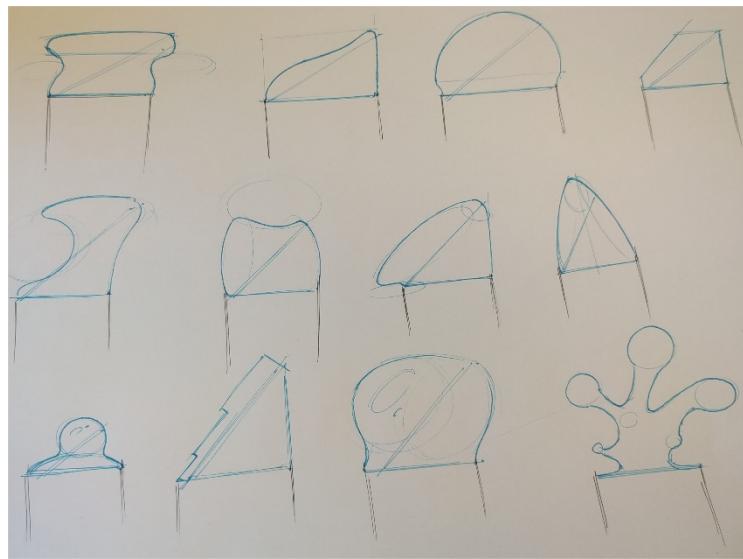
Afbeelding 47: Constructieframe

Het onderdeel bestaat voornamelijk uit aluminium profielen. Daarnaast zitten er ook kunststof gespoten 'doppen' in. Deze doppen sluiten het aluminium profiel af. Ook zitten er moeren en bouten in van het formaat M8. Het soort profielen dat is gebruikt in dit onderdeel komt later aan bod.

Het onderdeel dient als draagconstructie voor alle zonnepanelen. Het moet functioneel zijn om aan je balkon te hangen. Het onderdeel dient zo gemaakt te worden dat het gemakkelijk is om in elkaar gezet te worden.

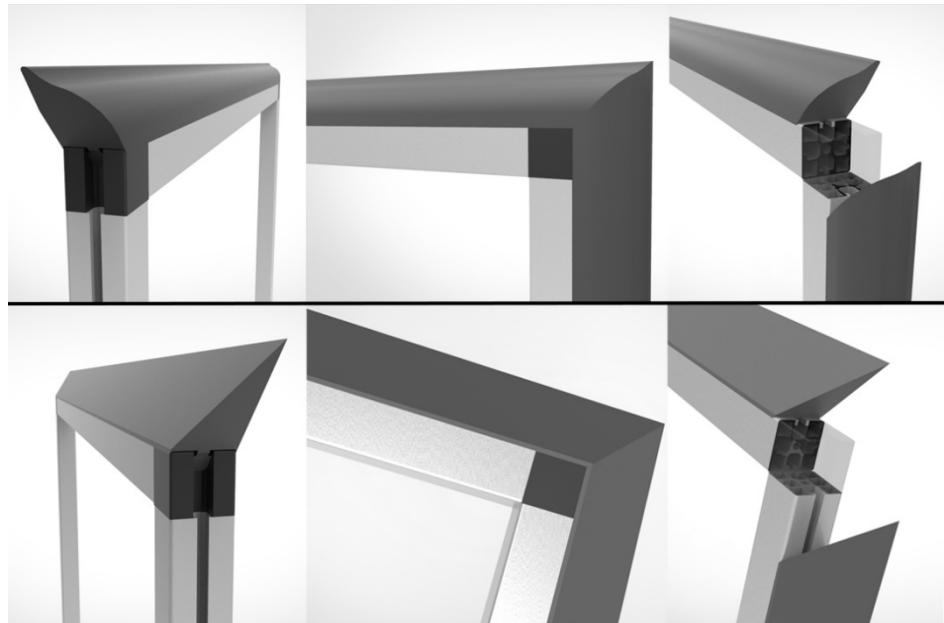
Brainstorm

Tijdens een brainstormsessie zijn er allemaal verschillen de profielen met opzetstukken getekend (zie afbeelding 48). Hieruit is besloten welke vorm het best zou aansluiten bij het product. Dit is tevens ook voor de tool Vormgeving.



Afbeelding 48: Brainstorm opzetstukken

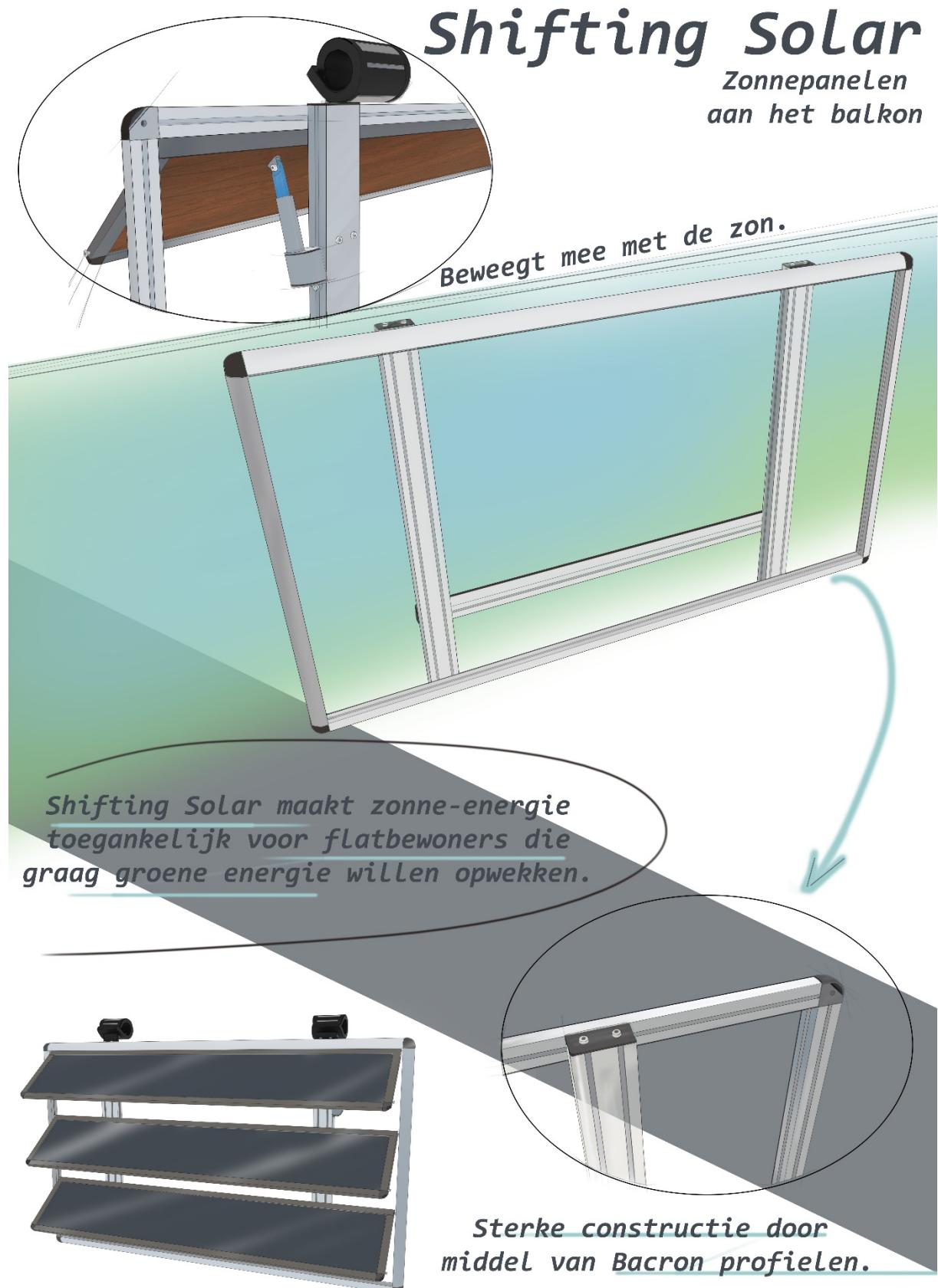
Deze verschillende opzetstukken zijn ook 3D uitgetekend om een beter beeld te krijgen hoe het aansluit bij de profielen (zie afbeelding 49).



Afbeelding 49: Opzetstukken

Uiteindelijk is er gekozen om geen extra opzetstukken te maken, of om een nieuw profiel aan te bieden. Binnen de groep, en op advies van enkele docenten hebben we een ander profiel gekozen. Reden hiervoor was enkele problemen waar we tegen aanliepen bij de profielen uit de brainstorm: langere assemblagetijd, extra gewicht, extra kosten en een te groot eindproduct. Er is gekozen om het afferonde N0294 profiel van Bacron te gebruiken voor dit onderdeel. Hiermee ben ik verder gaan werken.

Vanuit de brainstorm heb ik een presentatieschets gemaakt. Deze geeft een representatie van het product.



SOLIDWORKS

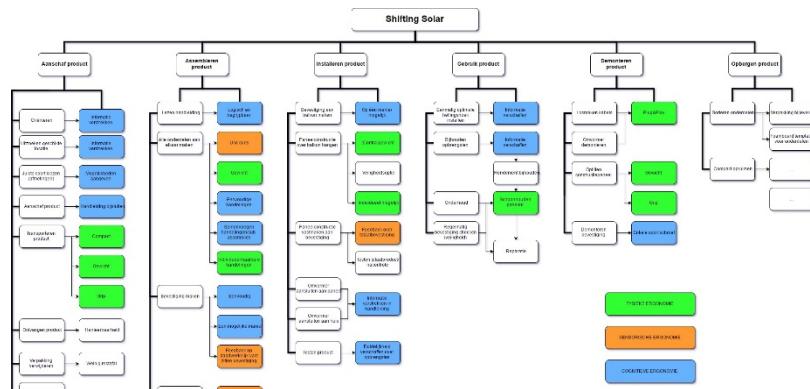
In Solidworks heb ik het volledige onderdeel getekend. Hiervan zijn enkele aspecten in afbeelding 50 te zien. De CAD-bestanden zijn bijgevoegd in de bijlage.



Afbeelding 50: Constructieframe

ERGONOMIE

Om de ergonomie van het constructiepaneel te bepalen is dit teruggekoppeld naar de ergonomische taakanalyse. Door de taakanalyse (zie figuur 10) kritisch door te nemen, kunnen alle verbeteringen worden aangebracht. Het constructiepaneel heeft betrekking op de assemblage, installatie, gebruik en uiteindelijk demontage/opberging.



Figuur 10: Taakanalyse

Assemblage

Wanneer de gebruiker het product in elkaar zet moet er rekening gehouden worden met de moeilijkheidsgraad. Het product moet gemakkelijk in elkaar te zetten zijn, en het moet duidelijk zijn hoe het product in elkaar zit. Dit kan worden gedaan door middel van kleine stickers waar nummertjes op staan. Zo ontstaat er een duidelijk overzicht. Op deze manier weet de gebruiker welk onderdeel waar geplaatst moet worden. Daarnaast moet er een duidelijke handleiding zijn. Hierin moet het productassemblage stapsgewijs worden uitgelegd aan de gebruiker.

Installatie

Tijdens de installatie moet het constructiepaneel worden vast gemaakt aan de bevestigingsband. Dit wordt gedaan door middel van vier bouten en moeten. Om het gemakkelijk te maken voor de gebruiker zijn de moeren al aan gebracht in de sleuven van het profiel. Hierdoor hoeft de gebruiker niet te prutsen met bouten. Daarnaast moet ook hier weer worden aangegeven door middel van stickers op welke plek de onderdelen met elkaar worden verbonden.

Gebruik

Een handeling die de gebruiker vaak moet uitvoeren is het schoonmaken van het product. Deze handeling wordt gemakkelijk gemaakt voor de gebruiker door er voor te zorgen dat er bijna geen viezigheid in de profielen kan komen. Door middel van afdichtdoppen op de profielen weren ze vocht en vuil tegen. Daarnaast wordt er gebruik gemaakt van afgeronde profielen. Hierop blijft geen water liggen. De afgeronde profielen werken ook mee aan het uiterlijk van het product. Het product zie er rustig uit, maar wel zeer sterk.

Demonteren

Ook bij het demonteren van het product moet er rekening gehouden worden met de ergonomie. Een voordeel van het constructiepaneel is dat er alleen maar gebruik word gemaakt van M8 bouten. Hierdoor hoeft de gebruiker maar één stuks gereedschap te gebruiken. Door middel van lussen (touw), die dienen als handvat, is het product gemakkelijk van het balkon af te halen.

MATERIAAL



Rubber

Natuurlijk rubber wordt doorgaans geproduceerd uit latex, gewonnen uit de Braziliaanse rubberboom. De latex wordt gefilterd en verdunt met water. Het resultaat hiervan wordt met zuur behandeld om de rubberdeeltjes te doen stollen. Het resultaat hiervan wordt rubber genoemd. Dit rubber wordt geëxtrudeerd. Extruderen van rubberen profielen is het maken van een profiel door met een draaiende schroef, onder hoge druk en warmte, granulaat of strippeën door een sputtplaat te persen. Door verwarming en samendrukking van het materiaal smelt het granulaat en worden de strips zacht. Als het zachte materiaal de matrijs verlaat heeft het de vorm van de doorsnede van de matrijs aangenomen.



RVS

Roestvaststaal is een legering van hoofdzakelijk ijzer, chroom, nikkel en koolstof. Doordat het staal is bedekt met een laagje oxide, waardoor het staal niet zal roesten. Staal staat bekend om zijn sterke. De E-modulus van rvs is $E = 195.000 \text{ MPa}$. De bouten in *Shifting Solar* zullen gemaakt worden van gegalvaniseerd staal. Hierdoor creëer je een sterke constructie en voorkom je roestvorming.



Polypropyleen

Polypropeen is een thermoplastisch polymeer dat een zeer wijde toepassing kent. Polypropeen lijkt op polyetheen en is ook net zo goedkoop, maar het is veel sterker. In het dagelijks leven komen we het tegen in de vorm van plastic jerrycans. Polypropeen wordt ook gebruikt als touw. Het voordeel is dat het blijft drijven op het water. Ik gebruik het polypropyleen voor de afdichtdoppen in het product.

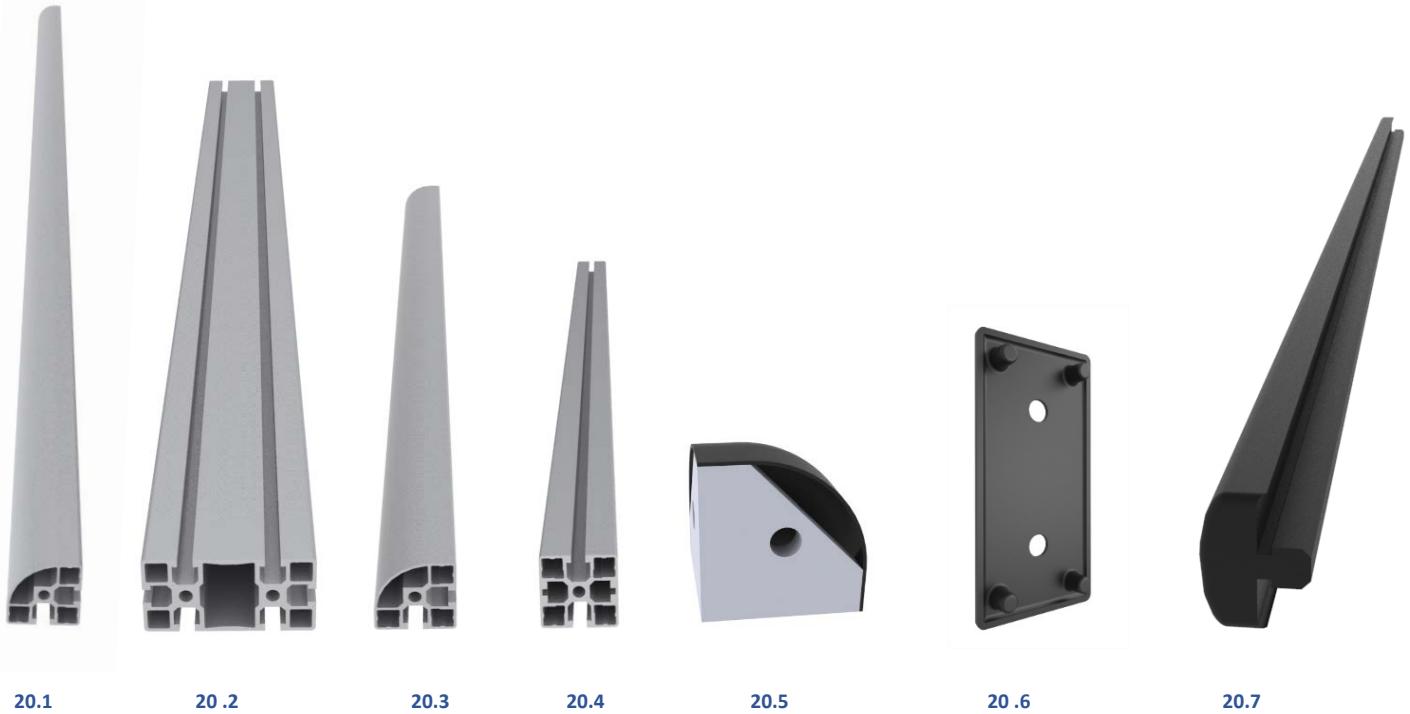


Aluminium

Het meest voorkomende materiaal in het constructiepaneel is aluminium. Het aluminium wordt omgezet in aluminium profielen. Dit wordt gedaan door middel van extrusie. In het product zit ongeveer 8 meter aan aluminium profielen.

PRODUCEERBAARHEID

In dit hoofdstuk behandel ik de produceerbaarheid van het constructiepaneel. Daarin wil ik erachter komen of het constructiepaneel wel te produceren is en wat daar allemaal bij komt kijken. Het proces moet zo gemakkelijk mogelijk zijn. Hieronder zijn alle onderdelen te zien die in het constructiepaneel zitten.



20.1

20 .2

20.3

20.4

20.5

20 .6

20.7

PROFIELEN

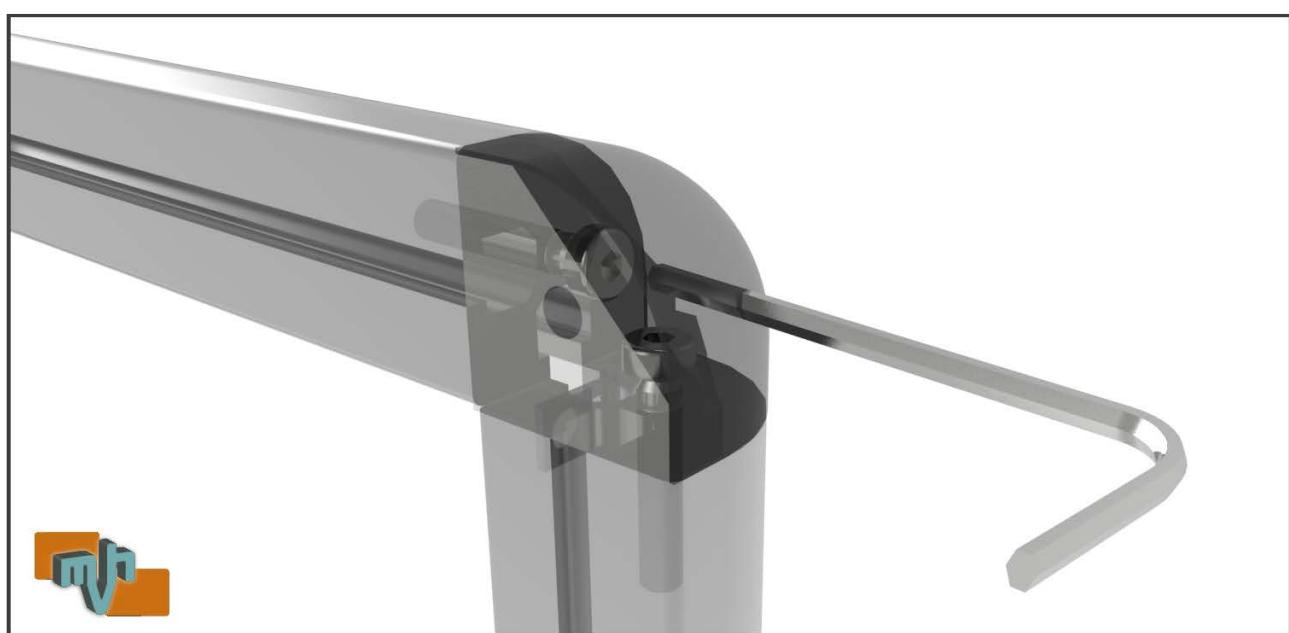
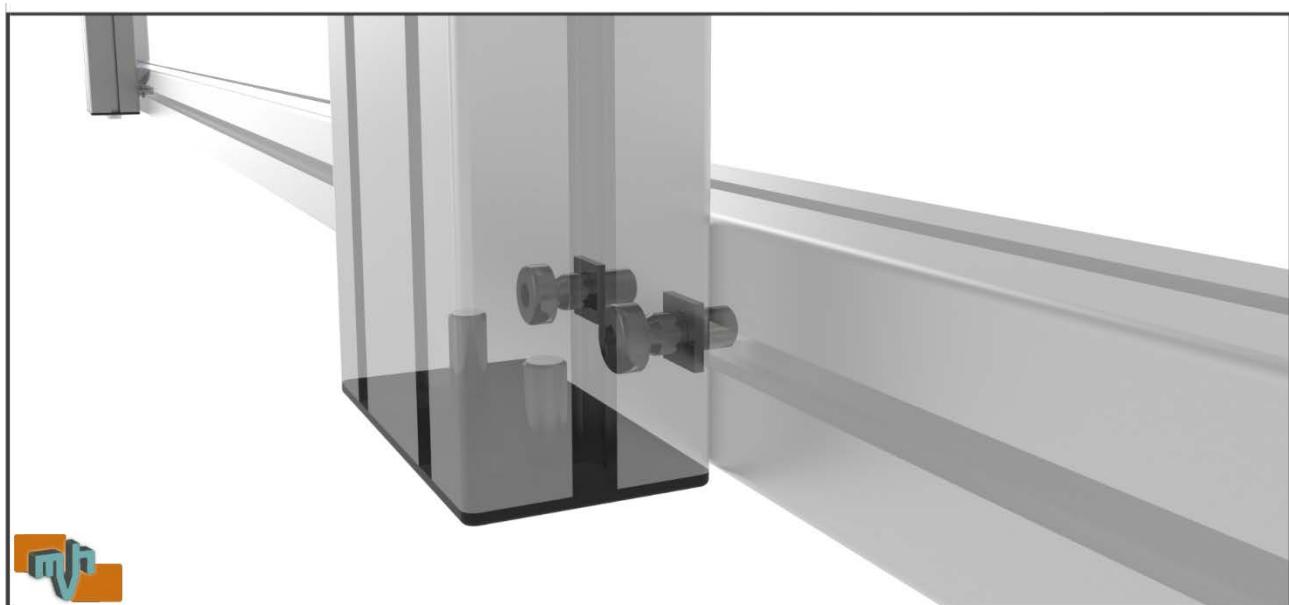
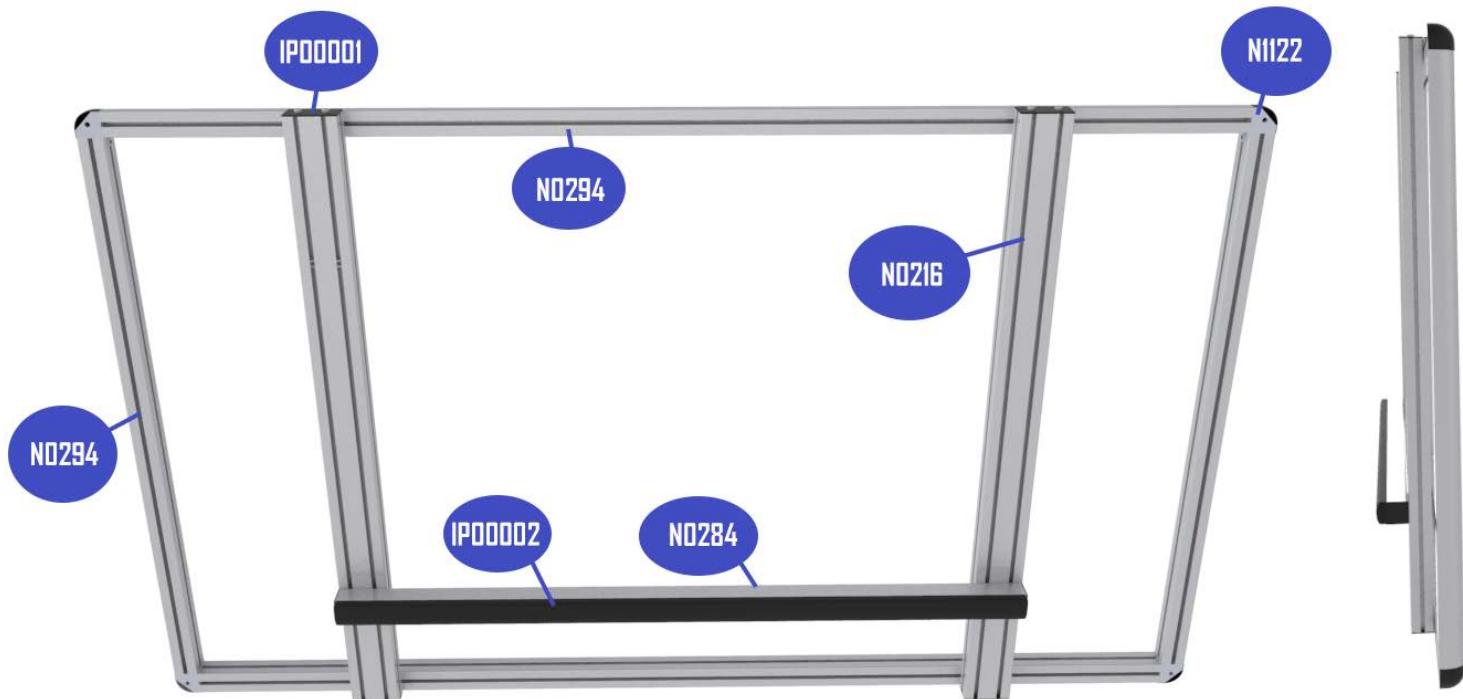
Allereerst gaan we het hebben over de profielen. Voor dit onderdeel heb ik verschillende profielen gebruikt. Bij het kiezen van deze profielen heb ik eisen gesteld waar ze aan moeten voldoen. Deze zijn:

1. Het profiel moet sterk genoeg zijn om de zonnecollectoren te dragen
2. De profielen moeten een sterke uitstraling hebben (ergonomie)
3. De constructie moet te maken zijn bij Bacron
4. Zo efficiënt mogelijk gebruik maken van het profiel
5. Verbindingen tussen profielen moeten intern zijn
6. Verbindingen binnen in de constructie mogen het uiterlijk van het product niet aantasten (tenzij; *eis 2*)
7. De prijs van de profielen mag niet meer zijn dan 33% van de prijs van *Shifting Solar*

Voordat ik mijn ruwe schetsen in Solidworks ben gaan zetten heb ik eerst de bestanden en boeken van Bacron doorgelezen. Hierin heb ik profielen met elkaar vergeleken, en gekeken hoe ik de profielen van Bacron het beste kon plaatsten in het constructiepaneel.

De profielen die ik uiteindelijk heb gebruikt voor dit product zijn:

- **N0294**, afgerond profiel, 45mm x 45mm, afbeelding 20.1 en 20.3
- **N0216**, rechthoekig, 45mm x 90mm, afbeelding 20.2
- **N0284**, vierkant, 45mm x 45mm, afbeelding 20.4
- **N1122**, afgerond hoekdopje met bevestiging, 45mm x 45mm, afbeelding 20.5
- **IPO0001**, afdichtklepje voor N0216, 45mm x 90 mm, afbeelding 20.6
- **IPO0002**, stuurwering balkon ingeklemd in N0216, 30mm x 45mm, afbeelding 20.7



AFDICHTKLEPJE

Ik heb een afdichtklepje ontworpen voor de afwerking van het N0216 profiel van Bacron. Dit heb ik gemaakt om het product een betere uitstraling te geven, en om de kwaliteit van het product te waarborgen. Door het afdichtklepje kan er namelijk geen vocht of rotzooi het profiel binnenkomen. Dit bevorderd de levensduur en de esthetiek van het product.

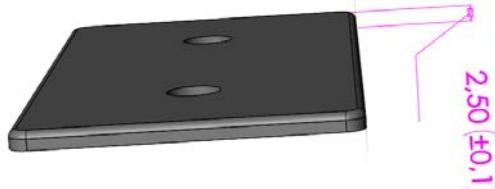
Door middel van spuitgieten wordt het afdichtklepje gemaakt. De kenmerken van het spuitgietproces zijn dat het vaak complexe producten zijn die ermee worden gemaakt. Daarnaast kun je dunne kunststof wanden creëren maar wel een gelijkmatige wanddikte. Daarnaast heeft het product vaak ribben. Voordat het afdichtklepje kan worden geproduceerd moet het voldoen aan enkele technische eisen. Deze eisen gaan over:

- Wanddikte
- Afrondingen
- Lossingen

Voor het spuitgiet afdichtklepje ga ik alle designrules (eisen) langs. Ik lever hierbij het bewijs dat het klepje overal aan voldoet en zo de spuitgietmachine in kan.

WANDDIKTE

Het product (zie afbeelding 51) wordt spuitgegoten van het kunststof polypropyleen. Dit kunststof moet een wanddikte hebben van minimaal 0,6 mm en maximaal 3,8 mm. De wanddikte van het afdichtklepje is 2,5 mm. Hiermee voldoet het aan de eisen betreft wanddikte.

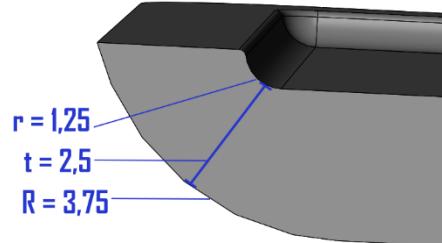


Afbeelding 51: Afdichtklepje

AFRONDINGEN

Voor afrondingen geld ook een regel. De regel luidt: $R = r + t$. Hierin is R: de afronding van de buitenkant, r: afronding van de binnenkant, t: de wanddikte van het product.

t is in dit geval 2,50 mm.



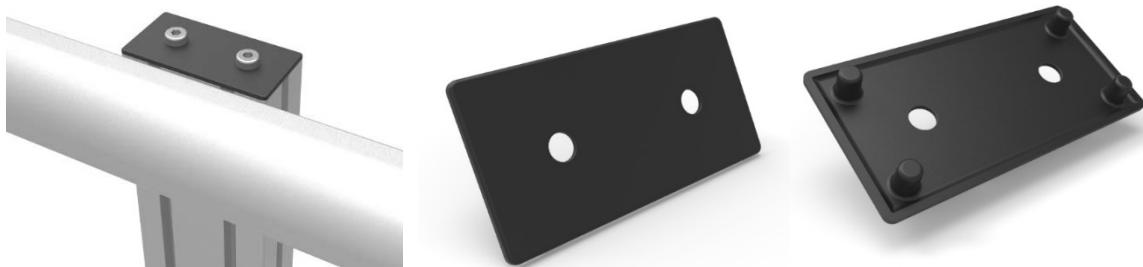
Afbeelding 52: Afronding

LOSSINGEN

Bij lossingen zijn de regels wat anders opgebouwd. Het aantal graden dat de lossing van het product moet zijn hangt af van het oppervlakte (egaal of textuur) van het product. In mijn geval heeft het product geen texturen. Er is een lossing aanbevolen van minimaal 0,5° aan zowel de binnenkant als buitenkant van het product. In afbeelding 52 is te zien dat deze lossingen duidelijk aanwezig zijn.

KOSTPRIJSBEREKENING

Ik ga de kostprijsberekening uitvoeren op het afdichtkapje (afbeelding 53) die ik heb ontworpen voor *Shifting Solar* (en Bacron). Dit afdichtklepje wordt gemaakt van polypropyleen. Dit is een kunststof dat na het spuitgietproces weinig tot geen nabewerking nodig heeft. Daarnaast is het een veel voorkomend kunststof wat wordt gebruikt om te spuitgieten. Het is ook een erg sterk kunststof. Het afdichtklepje heeft een breedte van 90 mm en een lengte van 45 mm. Het klepje heeft 2 schroefgaten. Hierdoor kunnen schroeven die het profiel en het klepje tegen elkaar aan drukken. Ook zitten er 4 cilindervormige 'extrudes' op het klepje. Deze vallen in de gaten van het profiel.



Afbeelding 53

AANTAL AFDICHTKLEPPEN

Om het aantal potentiele klanten te definiëren (die de *Shifting Solar* zullen kopen) zal er eerst een plan moeten worden opgesteld. Ik ga er eerst vanuit dat we dit product gaan verkopen binnen Nederland. Het aantal klanten waar Bacron dit product aan kan leveren varieert erg. Het precieze aantal is dus niet te definiëren. Om echter een basis te hebben om op verder te bouwen gaan we het aantal producten uitrekenen. Hieronder is daarvoor de rekensom weergegeven:

$$\text{aantal producten} = \text{aantal flatwoningen} \times \% \text{ gunstige ligging} \times \% \text{ keuze groene energie}$$

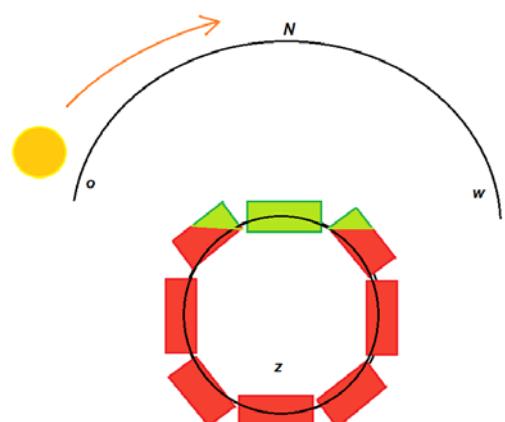
Aantal producten: dit is het aantal producten wat Bacron zal leveren aan klanten.

Aantal flatwoningen: dit is het aantal flatwoningen in Nederland.

Percentage gunstige ligging: dit is het aantal flats wat een gunstige ligging heeft om te voldoen aan een van de eisen van het product.

Percentage keuze groene energie: lang niet iedereen wil zo'n zonnepaneel. We bedoelen hier percentage mensen in Nederland dat hiervoor kiest. Hierbij scheren huurwoningen en koopwoningen over één kamp.

Aantal flatwoningeng In Nederland woont zo'n 16,4 procent van de inwoners in een flat. Een flatwoning biedt ruimte voor gemiddeld 3,4 personen. Het aantal komt neer op: $0,164 \times \frac{17.000.000}{3,4} = 820.000 \text{ flatwoningen}$



Percentage gunstige ligging

Een flat met een gunstige ligging, is een flat die meer dan 35% van het aantal uren van een etmaal in de zon licht. In de afbeelding hiernaast is te zien dat alle groene flats hieraan voldoen. Dit deel kan gespiegeld worden maar omdat een flat maar aan één kant zon heeft komt dit overeen met elkaar. Ongeveer 1,6 flat voldoet aan de eis. Dit komt overeen met 20% van de flats in Nederland.

$$0,20 \times 820.000 = 164000 \text{ flatwoningen}$$

Percentage keuze groene energie

Lang niet elke particulier of organisatie kiest ervoor om zijn flat uit te bereiden met ons product. Dit aandeel in Nederland dan wat de EU ons heeft opgedragen. 6 % van de Nederlanders kiest ervoor om wel zonnepanelen aan te schaffen. We rekenen met dit getal verder.

$$0,06 \times 164000 = 9840 \text{ producten}$$

Bacron zou aan de hand van dit model zo'n kleine 10.000 producten kunnen leveren. Ervan uit gegaan dat Bacron 50% van deze markt veroverd. Dit geeft een marktafzet van:

$$0,50 \times 9840 = 4920 \text{ producten (shifting solar)}$$

Slechts 92% van de balkons is toegankelijk om *Shifting Solar* te installeren. En in elk product zitten 4 sput gegoten opzetstukken. Dit geeft een aantal van:

$$0,92 \times 4920 \times 4 = 18106 \text{ opzetstukken}$$

KOSTPRIJS TERUGREKENEN

Om een idee te krijgen wat de kostprijs van een product (zoals *Shifting Solar*) is ga ik de winkelprijs terugrekenen naar de kostprijs aan de hand van twee voorbeelden.

De winkelprijs staat gelijk aan 2 keer de inkoopprijs, en 3 keer de kostprijs.



Kostprijs product 400 Euro:

$$\begin{aligned} 100 \times \frac{400}{121} &= 330,58 && \text{Prijs product zonder BTW.} \\ \frac{330,58}{2} &= 165,29 && \text{Inkoopprijs product} \\ \frac{165,29}{1,5} &= 110,19 && \text{Kostprijs product} \end{aligned}$$

Kostprijs product 600 euro:

$$\begin{aligned} 100 \times \frac{600}{121} &= 495,87 && \text{Prijs product zonder BTW.} \\ \frac{495,87}{2} &= 247,93 && \text{Inkoopprijs product} \\ \frac{247,93}{1,5} &= 165,29 && \text{Kostprijs product} \end{aligned}$$

Om tijdens het ontwerpen rekening te kunnen houden met de kostprijs, inkoopprijs winkelprijs van een product is het handig om te weten wat de vermenigvuldigingsfactor is.

$$\frac{400}{110,19} = 3,63 \quad \frac{600}{165,29} = 3,63.$$

Elk onderdeel dat in de kostprijs 1 Euro kost, kost in voor de consument dus 3,63 Euro. Dit is een zeer belangrijke factor die tijdens meerdere afwegingen in de ontwerp fase gebruikt moet worden, bijvoorbeeld tijdens de materiaalkeuze, de productieprocessen die worden gebuikt en de inkoopprijs van materialen.

KOSTPRIJSBEREKENING AFDICHTKLEPJE

Voor dit project ga ik een kostprijsberekening maken voor een spuit gegoten kunststof onderdeel. We nemen als onderdeel het zelf ontworpen afdichtklepje (afbeelding 54). Zie hieronder de gegevens van dit onderdeel:

Massa: 0,0015 kg

Materiaal: Polypropyleen

Dichtheid: 946 kg/m³

Kleur: zwart

Lengte: 45 mm

Breedte: 90 mm

Wanddikte: 3 mm

Kosten engineer: 50 euro/uur

Cavities (holtes): 4

5 machines / operator

Kosten operator: 30 euro/uur

Matrizenstaal: 4500 euro /ton

Matrijsgewicht: 125 kg

Levensduur: 175000 shots

Aanspuiting: 2 gram

MATERIAALKOSTEN

De materiaal kosten van het onderdeel is de totale optelsom van:

- Gewicht product vermenigvuldigd met materiaalprijs
- Gewicht aanspuiting (ruwe schatting) vermenigvuldigd met materiaalprijs
- Eventuele toegevoegde materialen: verwaarloosbaar

De materiaalprijs van *polypropyleen* is €1.140 per ton. De materiaalkosten voor het afdichtklepje zijn te zien in tabel 14:



Afbeelding 54: Afdichtklepje

Gewicht (kg)	Materiaalprijs (€/ton)	Kosten (€)
0,0015	1.140	0,00171
0,002	1.140	0,000228
Totaal		0,001938

Tabel 14: materiaalkosten

BEWERKINGSKOSTEN

Voor het bepalen van het uurtarief van een machine, en de sluitkracht die daarbij hoort moet het slagvolume bekend zijn. Het slagvolume kun je berekenen met de volgende formule:

$$\text{slagvolume} = \text{gewicht totaal} \div (\text{dichtheid} \times \text{holtes})$$

Het slagvolume van het afdichtklepje is: $19,38 \div (0,946 \times 4) = 5,121 \text{ gram}$

Vervolgens gaan we kijken in tabel 15 overzicht van machinetypen, en machinespecificaties.

Machinetype	40/150	90/350	200/800	350/1300	1120/2100
Sluitkracht (kN)	1.140	350	800	1300	2100
Slagvolume (cm ³)	36	67	139	352	495
Uurtarief (€/hr)	16	20	25	35	40

Tabel 15: overzicht van machinetypen, en machinespecificaties

Uit de tabel volgt dat het uurtarief voor de machine €16; is. Daarnaast is de sluitkracht van de machine 1.140 kN.

Dit geldt voor een machine die een slagvolume heeft van 0-26 gram.

Elk onderdeel van spuitgieten heeft een cylustijd: $T_{\text{cycle}} = T_1 + T_2 + T_3 + T_6$.

T_1 = Open- en sluittijd matrijs

T_2 = Injectietijd

T_3 = Koeltijd

T_6 = Uitstoottijd

T_1

Het uur tarief van deze machine is €16,00. Er is een sluitkracht nodig van 1140 kN. Dit staat gelijk aan 116 Ton.

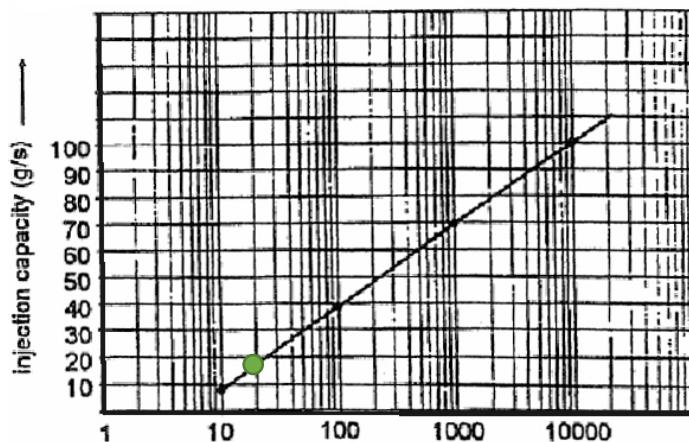
Sluitkracht (ton)	100	200	300
Open- en sluittijd (s)	1,5	2	2,5

Tabel 16: Open- en sluittijd

Volgens tabel 16 hoort bij een sluitkracht van 116 Ton, een Open- en sluittijd (T_1) van 1,60 seconden.

T_2

Het shotgewicht van het onderdeel is 19,38 gram. Uit tabel 17 kunnen we de injectiecapaciteit aflezen. Dit geeft een injectiecapaciteit van 19g/s injectietijd (T_2) van $\frac{19,38}{19} = 1,02$ seconden.



Tabel 17: Injectiecapaciteit

T_3

Voor de koeltijd (T_3) gebruikt men de vuistregel: $T_3 = 2,2 \times d^2$ (d is nominale wanddikte).

Daaruit volgt dus dat $T_3 = 2,2 \times 3^2 = 19.8$ seconden.

T_6

De uitstoottijd T_6 is afhankelijk van het machinetype en het aantal schuiven (kernen) voor ondersnijdingen. In tabel 18 kun je deze waarden aflezen. $T_6 = 0$ seconden.

Sluitkracht (ton)	100	200	300	400
Geen kernen	0	0	0	0
Enkelvoudige kernen (tegelijk)	3	4	5	6
Dubbele kernbeweging	5	6	8	9
Drievoudige kernbeweging	6	8	10	12

Tabel 18: Uitstoottijd

Cylustijd en kosten

De totale tijd om het afdichtklepje te spuitgieten is: $1,60 + 1,02 + 19,8 + 0 = 21,42$ seconden

Totale machinekosten per product: (*Cylustijd* \div 3600) \times uurtarief machine

De kosten voor het afdichtklepje zijn: $21,42 \div 3600 \times €16 = €0,0952$.

Mankosten per shot = (*Cylustijd* \times mantarief) \div aantal machines per operator

Mankosten per afdichtklepje: $\frac{21,42 \div 3600 \times €30}{5} = €0,0357$.

MATRIJSKOSTEN

De kosten voor een matrijs komen voort uit een aantal factoren en processen. Deze zijn:

- Materiaal kosten
- Uren voor het uithollen
- Uren voor de ombouw
- Uren proefspuiten en montage
- Uren voor het ontwerpen van de matrijs

MATERIAALKOSTEN

De materiaalkosten staan gelijk aan het aantal kilo's staal wat nodig is om een matrijs te maken. Matrijzenstaal kost ongeveer €4500; per ton. De matrijs die wordt gebruikt om het afdekklepje te spuitgieten heeft een gewicht van 150 kilogram. De prijs van het staal is: $0,15 \times 4500 = €675$. Er worden ongeveer 170.000 shots geleverd uit deze matrijs. De prijs van het materiaal per product/shot is: $675 \div 18106 = €0,037$

CONSTRUCTIEKOSTEN

Om de constructiekosten te berekenen moet er eerst een tabel 19 worden ingevuld.

Deze punten in combinatie met het oppervlakte geven samen een schatting van de uurinhoud voor de matrijs. Het oppervlakte van het onderdeel is: $4,5\text{cm}^2 \times 9\text{cm}^2 = 40,5 \text{ cm}^2$.

1. Vorm	2. Omtrek	Cilindrisch (glad) Cilindrisch (niet glad) Rechthoekig ongedefinieerd	1 2 3
	3. Inwendige structuren	aantal	Gering Normaal Aanzienlijk
		grondvorm	Gering Normaal Aanzienlijk
	4. Schuiven	Geen Eén Meerdere	1 2 3
	5. Afnijfvlak	Geen Eén Meerdere	1 2 3
2. Toleranties	Niet functioneel, normaal Nauwkeurig Zeer nauwkeurig		1 2 3
3. Oppervlakte gesteldheid	Geen eisen (inbouwarticel) Normaal (toonbankartikel) Bijzonder (hoogglans, lenzen, schalen)		1 2 3
Oppervlakte van één product	40,5 cm ²	Totaal	9 punten

Tabel 19: Puntentelling spuitgieten matrijs

In de tabel *uurinhoud matrijskosten* staan het aantal uren dat nodig is voor het bouwen van een matrijs. Deze tabel is aangeboden tijdens de lessen. Uit de tabel uit de powerpoint blijkt dat er maximaal 42 uren nodig zijn voor deze matrijs. Per afdekklepje is dit $\frac{42 \times €30}{18106} = €0,0696$.

OMBOUW KOSTEN

Om achter de ombouw kosten te komen zal er weer een puntenschema moeten worden ingevuld.

Het totale oppervlakte is weer $40,5 \text{ cm}^2$. Uit tabel 20: *ombouw* blijkt dat het afdekklepje scoort 7 punten.

Ombouw			punten
aanspuiting	Normaal Centraal op één plaats Op meerdere plaatsen Ringvormig, hot runner		<u>1</u> 2 3
Aanspuiting verwijderen	Handmatig Automatisch	Op één plaats	<u>1</u> 2
uitstoten	Normaal Voorzichtig	Dunwandige, hoge producten Oppervlakte per product > 100 cm ²	<u>1</u> 2 2
Machanieken	Geen Schuif extern Schuif intern Schroefinrichting		<u>1</u> 2 3 3
Koeling/verwarming	Normaal Speciaal	Hot runner Oppervlakte per product > 100 cm ²	<u>1</u> 2 2
Sterkte	Normaal Speciaal	Hoge producten Oppervlakte per product > 100 cm ²	1 <u>2</u> 2
Oppervlakte van η producten	<u>40,5</u> cm ²	Totaal	<u>7</u> punten

Tabel 20: *ombouw*

Tabel *ombouw uurinhoud* (aangeboden tijdens de lessen) geeft het aantal uren dat nodig is om deze matrijs om te bouwen. Na het aflezen van de tabel (in de powerpoint) krijgen we het gegeven dat het maximaal 65 uur kost. Per afdekklepje is dit $\frac{65 \times €30}{18106} = €0,108$

PROEFSPUIT- EN MONTAGEKOSTEN

Door de punten van de holte bij elkaar op te tellen, en deze te vergelijken met het oppervlakte en de punten van de ombouw komt er een schatting uit die staat voor de uurinhoud van het proefspuiten en monteren van de matrijs. Af te lezen is dat dit maximaal 14,5 uur zijn. Per afdekklepje is dit $\frac{14,50 \times €16 + €30}{18106} = €0,0368$

Punten voor de holte Oppervlakte cm ²	Punten voor de ombouw						
	6	7	8	9	10	11	12
0-60	13	<u>14,5</u>	16	17,5	19	20,5	22
60-100	14	15,5	17	18,5	20	21,5	23
100-160	15	16,5	18	19,5	21	22,5	24

TOTAAL KOSTEN AFDICHTKLEPJE

Het totaal aantal uren bedraagt:

· Uren voor het uithollen	42	uur
· Uren voor de ombouw	65	uur
· Uren proefspuiten en montage	14,5	uur
Totaal = 121,5 uur		
· Uren voor het ontwerpen van de matrijs ⁽¹⁾	0,20 × 121,5	= 24,3 uur

(1) De vuistregel is: 20% van de uren om de matrijs te bouwen is gelijk aan het aantal uren om de matrijs te ontwerpen.

De kosten per afdichtklepje betreft *uithollen, ombouw en montage*: 121,50 uur × €30 = €3645;

De kosten per afdichtklepje betreft *ontwerpen van de matrijs*: 24,50 uur × €50 = €1215;

Voor het sputigieten van een afdichtklepje bestemd voor *Shifting Solar* zijn de volgende kosten van toepassing.

Deze kosten zijn per productje dat wordt gespoten:

1. Kosten voor het materiaal van het klepje	€0,020
2. Kosten voor het gebruiken van de machine	€0,350
3. Kosten voor het personeel dat de machine bedient	€0,0357
4. Kosten voor de matrijs, deze bestaan uit:	
a) het materiaal van de matrijs	€0,037
b) - de constructietijd van de matrijs	€0,0696
- het ombouwen van de matrijs	€0,108
- het proefspuitgieten en de montage	€0,0368
c) de kosten voor het ontwerpen van de matrijs	€0,0671
Totaal:	€0,3185 per product

De kosten in punt 4 zijn investeringskosten voor het product. De investeringskosten zien er als volgt uit:

a) het materiaal van de matrijs	€675,00
b) - de constructietijd van de matrijs	€1260,00
- het ombouwen van de matrijs	€1950,00
- het proefspuitgieten en de montage	€667,00
c) de uren voor het ontwerpen van de matrijs	€1215,00
Totaal:	€5767,00 investeringskosten

Het kost dus 0,3185 euro om het afdichtklepje te sputigieten. De factor waarmee dit mee vermenigvuldigd moet worden om achter de winkelprijs te komen is 3,63. Het afdichtklepje kost dus in de winkel zo'n €1,16. Hierbij is een investering nodig van zo'n 5767 euro.

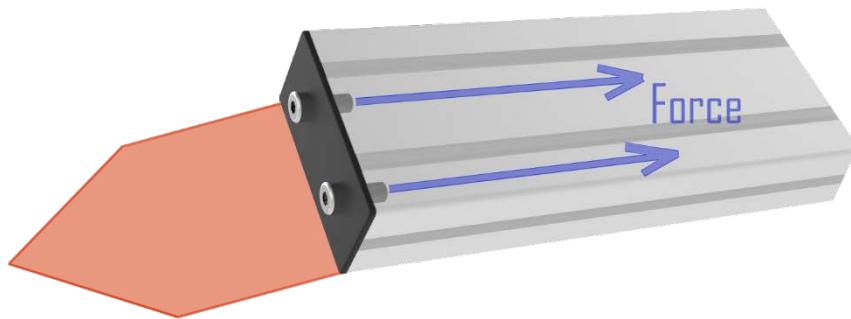
TOTAALKOSTEN CONSTRUCTIEPANEEL

We hebben een prijsvraag gedaan bij Bacron voor enkele profielen. De totaalprijs voor het constructiepaneel bedraagt:

Aantal	Type (profiel)	Lengte (mm)	Kostprijs (€p/m)	Totaal (€)
1	Rubber stootwering	1284	4,50	5,88
4	Afdichtklepje	45x90	0,32	1,28
4	N1122	45x45	3,96	11,84
2	N0216	1160	16,90	39,20
1	N0284/N0165	1284	9,20/7,90	11,80/10,14
2	N0294	1910	8,10	30,94
2	N0294	1070	8,10	17,33
12	N3310	M8	0,07	0,84
20	N3135	M8	0,07	1,40
				TOTAALPRIJS
				111,70

STERKTE EN STIJFHEID

Nu de kostprijs van het afdichtklepje bekend is en de designrules zijn toegepast op het afdichtklepje is het ook interessant om te weten of het klepje ook in de praktijk zijn werk zal doen. Dit ga ik proberen te weten te komen door een sterkteberekening uit te voeren op het klepje. De volgende situatie doet zich voor: de twee moeren die door het afdichtklepje zijn bevestigd worden belast met een kracht van 150 newton per stuk (afbeelding 55). De vraag is of het klepje heel blijft, of dat het klepje zal gaan vervormen en zelfs breken.



Afbeelding 55: Krachtenverdeling

Samengevat de gegevens:

Uitgeoefende kracht: 300 Newton

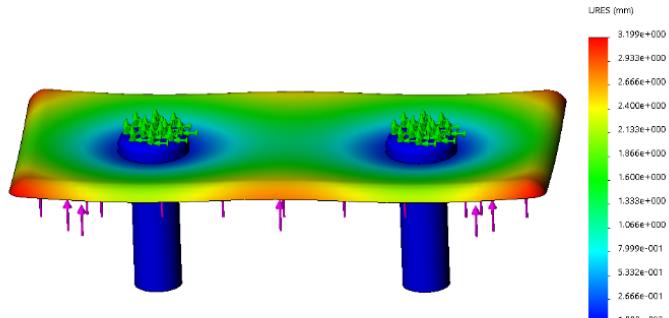
Materiaal: Polypropyleen

Dikte: 2,5 mm

VERPLAATSING

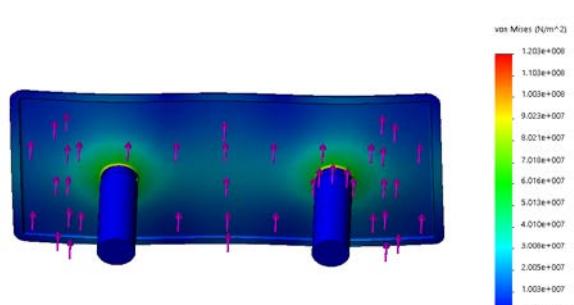
Allereerst wordt de verplaatsing van het kunststof in het afdichtklepje berekent.

De maximale verplaatsing die in het afdichtklepje optreedt is 3mm. Echter is dit de verplaatsing in de hoekstukken van het klepje. In de praktijk zal deze verplaatsen worden tegengegaan door het aluminium profiel. De verplaatsing die optreedt in de kern van het klepje, rondom de moeren, is erg klein. Het klepje is op dit onderdeel door de test heen gekomen. Er is geen noodzaak om het onderdeel aan te passen.



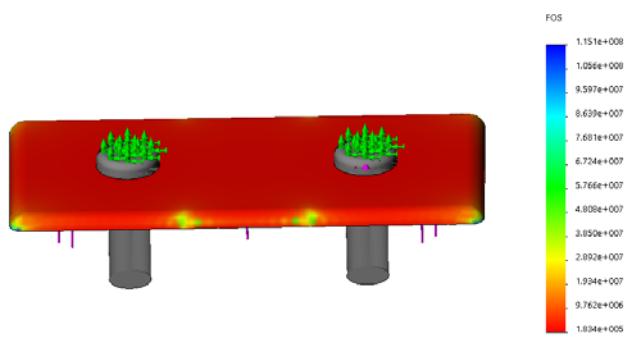
PLASTISCHE VERVORMING

De volgende test is de “stress VonMises”. Het criterium van Von Mises geeft aan wanneer een monster plastisch vervormt onder een meerdimensionale aangebrachte spanning. Wordt slechts in één richting een spanning aangebracht, dan moet die spanning onder de vloegrens blijven. Het afdichtklepje kan een maximale stress aan van $1.203 \times 10^8 \text{ N/m}^2$. Ook hiervoor is het afdichtklepje geslaagd.



SAFETY FACTOR

Het laatste onderdeel is de Safety Factor. Dit is een getal wat aangeeft hoe veilig het product technisch gezien is. De Safety Factor is door het gehele product nagenoeg gelijk. Hier en daar zijn wat extra veilige stukken. De Safety Factor is gemiddeld ongeveer 2. Dit is voldoende voor het afdichtklepje. Onder de omstandigheden waarvoor het wordt gebruikt zal het prima werken.



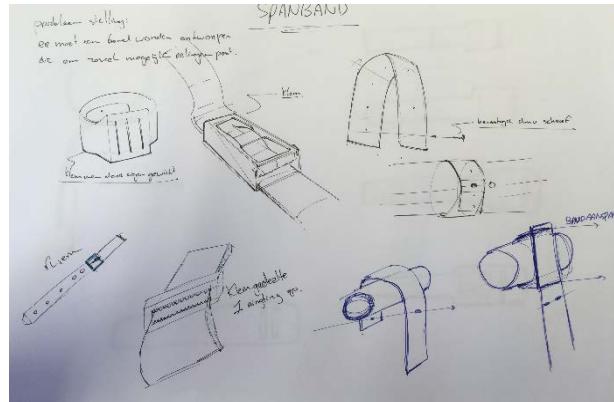
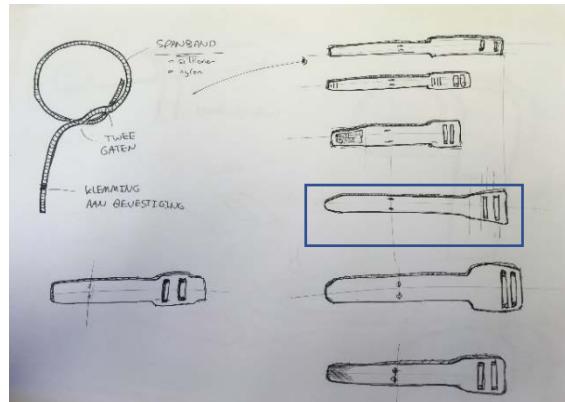
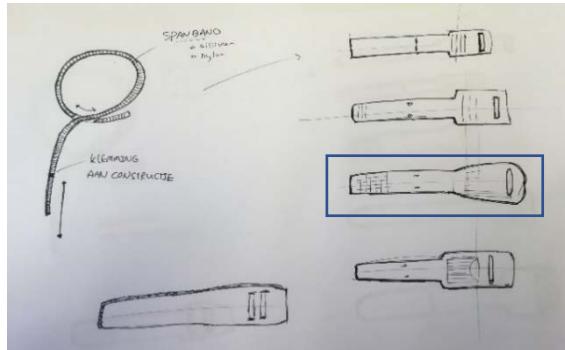
7.2 BEVESTIGING (ARNOLD)

Het onderdeel dat ik uit ga werken in het individuele deel van het project is de bevestigingsband. Deze band is al kort aangehaald in eerder onderzoek (bevestiging, ergonomie). We zijn begonnen met een brainstorm over de vormgeving van de band.

BRAINSTORM

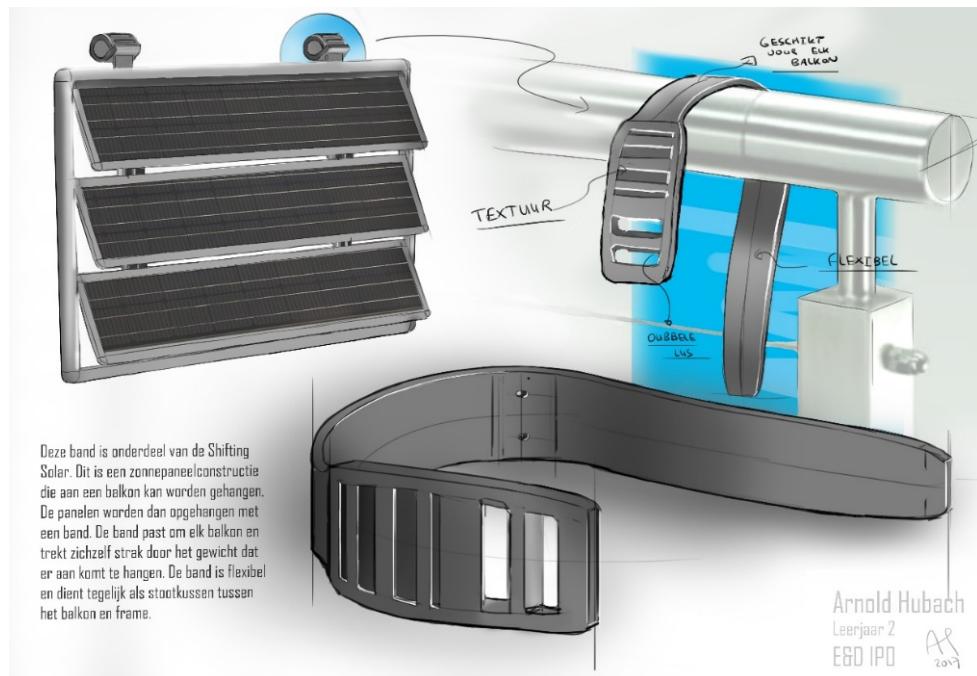
Als brainstormtechniek heb ik, samen met mij groepsgenoten, de techniek x-3-5 gebruikt. Het onderdeel dat ik uit ga werken is de bevestiging van het constructiepaneel aan het balkon.

We hebben deze brainstorm met z'n vieren gedaan. We keken vooral naar de vormgeving en het type band dat nodig zal zijn. Eerst heb ik in 2D de band getekend. De band zal zichzelf straktrekken door het gewicht van de constructie die eraan komt te hangen. Eerst ging ik er van uit dat de band één keer door zichzelf heen zou gaan, zoals in afbeelding 56 (helemaal linksboven). Later bedacht ik me dat het, met het oog op praktische en mechanische punten, beter is om de band twee keer door zichzelf heen te laten gaan. Voor de vormgeving zijn enkele variaties getekend. De definitieve vorm is gebaseerd op de twee omcirkelde vormen. De definitieve vormkeuze is samen met de groep gedaan omdat we allemaal aan hetzelfde totaalproduct werken. We kiezen voor een rechthoekige vorm met een klein verloop (fillet) tussen de brede en de smalle rechthoekig vlak.



Afbeelding 56: Brainstormresultaten x-3-5

Vanuit deze brainstorm is een presentatieposter geschetst. Deze schets laat zien hoe de band er ongeveer uit moet gaan zien (zie tekening 2).

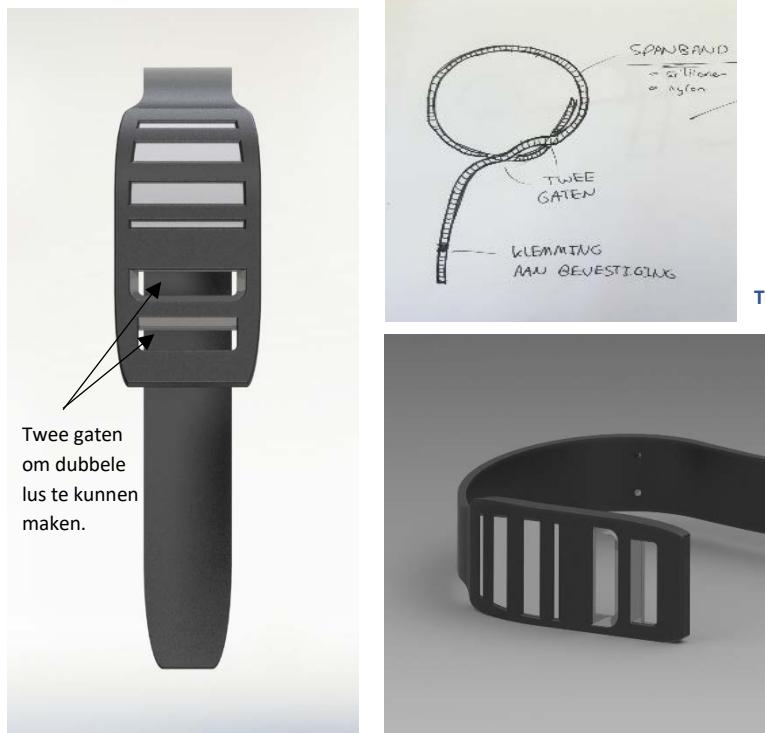


Tekening 2: Presentatieschets band Arnold

De presentatietekening is ook bijgevoegd in de bijlagen (.jpg)

SOLIDWORKS

Op basis van de gekozen vormgeving, is de band in 3D in Solidworks gezet. Het resultaat is hieronder te zien in afbeelding 57. In afbeelding 58 en tekening 3 is een keer extra laten zien waar de twee gaten exact zitten.



Tekening 3: Principe

Afbeelding 57: Vooranzicht band

Afbeelding 58: Aanzicht band

UITLEG PRODUCT

Tijdens het onderzoek hebben we gekozen voor een flexibele band die om elk type balkon (met reling) past. Dat is dus ook het belangrijkste kenmerk van de band. De band klemt zichzelf vast doordat het een lus vormt. Deze lus loopt door zijn eigen band heen en wordt zo strak getrokken door het gewicht van de constructie. In de bevestigingsband zitten twee gaten die zijn verstevigd met een 'tri clamp ferrule' (zie afbeelding 59). De diameter van deze gaten staat gelijk aan de diameter van de M8-bouten die in de frameconstructie zitten. De constructie is te bevestigen op het balkon zelf.



Afbeelding 59: Tri clamp ferulle

De band gaat dus twee keer door zichzelf heen. Op deze manier sluit de band mooi aan om elk type balkonreling zonder dat er stukken van de band naar buiten steken. Op dit moment zijn deze gaten nog gewoon een *cut* uit de band, zonder een extra vorm van safety of stevigheid (in de vorm van een metalen zekering als omranding). Op deze gaten kan, door tekort aan kennis van SolidWorks met flexibele parts, niet een sterke-stijfheid berekening worden losgelaten. Later zal er wel een berekening worden gedaan over de klemmingsgaten, met de *tri clamp ferrule* omranding, waar de M8 bouten doorheen moeten. We zijn ons er van bewust dat het wellicht nodig is dat de twee grote gaten ook moeten worden gezekerd met een stalen rand. Echter kan dat niet worden bewezen en aangetoond door middel van berekeningen.

ERGONOMIE

Voor de ergonomie van dit product zijn er maar enkele aspecten waar rekening mee moet worden gehouden. Zo is het belangrijk dat de band er sterk en betrouwbaar uit ziet. Daarnaast moet de band flexibel genoeg zijn zodat het de installatie van de constructie verbeterd. De band heeft ook een structuur/textuur wat de installatie van het totaalproduct moet vereenvoudigen. De textuur moet er ook voor zorgen dat de gebruiker de band niet verkeerd om de reling doet. Verder is het van groot belang dat de band grip heeft zodat de gebruiker het totaalproduct via de band weer kan optillen. Verder is er voor deze band niet veel aan ergonomie toe te passen. De ergonomie voor het totaalproduct is al in een eerder stadium in dit project gedaan.

MATERIAAL

Voordat de materiaalkeuze van de band wordt gemaakt, is het belangrijk om enkele eisen aan het materiaal te stellen. Deze eisen zijn hieronder weergegeven en in CES EduPack 2016 ingesteld.

- Het materiaal moet flexibel zijn
- Het materiaal moet een lage rekbaarheid hebben (maximaal 5%)
- Het materiaal moet sterk genoeg zijn om de totaalconstructie te kunnen hangen
 - Maximaal bestand tegen 50 kg aan trekgewicht
 - Minimaal 20 jaar deze kracht kunnen verdagen zonder plastisch te vervormen
- Het materiaal moet weersbestendig zijn
 - Bestendig tegen veranderingen van temperatuur
 - Bestendig tegen veranderingen van luchtvochtigheid
 - Bestendig tegen zonlicht (geen verkleuringen)
- Het materiaal mag niet te duur zijn (max 10 euro per kg).

Het materiaal dat uit het onderzoek naar voren is gekomen, is TPE. Dit is een Thermoplastische Polyester Elastomeer. Dit materiaal is het best uit uit te leggen door middel van een citaat:

'Thermoplastische polyester elastomeren (TPE) vormen een groep blokcopolymeren met harde kristallijne en zachte rubbersegmenten. Ze hebben daardoor zowel thermoplastische als elastomere eigenschappen, die sterk worden beïnvloed door de verhouding tussen de harde en zachte segmenten en de aard daarvan. TPE wordt toegepast als de omstandigheden zwaar zijn en bijv. een hoge elasticiteit is vereist in combinatie met een hoge mechanische sterke en levensduur. Voorbeelden zijn schokabsorberende onderdelen, flexibele koppelingen en buizen, afdichtingen en membranen. Glasversterkte soorten worden gebruikt als hogere eisen aan de deformatietemperatuur worden gesteld.'

De resistentie tegen hitte en chemicaliën nemen toe met de hardheid en stijfheid van het TPE. De hardste soorten kunnen kortstondig 150 °C weerstaan, maar voor een langere periode is circa 80 °C de bovenlimiet.

De vochtopname van TPE is sterk afhankelijk van de chemische structuur. Een typische waarde is 1,1% bij 23 °C/50% RH en 0,5% bij verzadiging in water van 23 °C. TPE is resistent tegen minerale oliën en vetten en niet-aromatische koolwaterstoffen, evenals tegen verdunde zuren, basen en alkalische stoffen. Het materiaal is niet bestand tegen heet water en sterke zuren en basen, alcohol en gehalogeneerde en aromatische koolwaterstoffen. De resistentie tegen UV-straling is matig; voor buitengebruik is het gebruik van UV-stabiele soorten noodzakelijk.

Het belangrijkste pluspunt van niet-versterkt TPE is de herstelmogelijkheid na vervorming, die tot zo'n 25% mag bedragen. De bestandheid tegen koude vervorming is beperkt, terwijl de sterke bij rek aanzienlijk beter is dan die van rubbers. Tot -40 à - 80 °C, afhankelijk van chemische structuur, is de slaggastheid uitstekend.' (KIK, 2017)

Er zijn heel veel verschillende soorten TPE's. Wikipedia verdeelt deze soorten onder in de volgende zes groepen:

- Styreen blok copolymer
- Polyolefinen mengsels
- Elastomeer mengsels (TPV)
- Thermoplastische polyurethanen (TPU)
- Thermoplastische co-polyester
- Thermoplastische polyamide (thermoplastic polyamides)



Afbeelding 60: Toepassingen TPU

Al snel werd duidelijk dat TPU een veelgebruikte TPE is. Denk als toepassingen bijvoorbeeld aan een schoenzool of een mobielhoesje (zie afbeelding 60). Verder is TPU ook een materiaal dat voldoet aan de eisen van de band van de *Shifting Solar*. Deze eigenschappen zijn ook weergegeven in het bovenstaande citaat en onderstrept. Daarnaast is TPU ook een materiaal dat er sterk uit ziet (als het goed is bewerkt met texturen et cetera). Door textuur op een goede manier te gebruiken, zoals ook in de schoenzool is gedaan, voldoet de band op deze manier ook aan de ergonomische eisen die gesteld zijn. Verder zitten er in de band enkele metalen onderdelen. Denk aan de '*tri clamp ferule*' waar de M8 bout doorheen gaat. Dit is een eenvoudige RVS-clip die in de band zal worden bevestigd na het spuitgieten.

Indien nodig, zal de band worden verstevigd met een nylonconstructie die onzichtbaar binnenin de band zal zitten. Dit zorgt voor een extra sterke band, terwijl de band wel flexibel blijft. Na de kostprijsberekening, die hieronder volgt, zal een sterke- en tolerantieberekening worden gedaan en zal blijken of deze extra toevoeging ook écht nodig zal zijn.

KOSTPRIJSBEREKENING

De kostprijs wordt gedaan over de complete band. In tabel 21 zijn alle gegevens die nodig zijn weergegeven.

Tabel 21: Eigenschappen band en materiaal

Massa: 2,2 kg	Materiaal: TPU	Dichtheid: 1,21 g/cm3
Kleur: zwart	Lengte: 1100 mm	Breedte: 150 mm
Wanddikte: 10 mm	Kosten engineer: 50 euro/uur	Cavities (holtes): 1
5 machines / operator	Kosten operator: 30 euro/uur	Matrijzenstaal: 4500 euro /ton
Matrijsgewicht: 300 kg	Levensduur: 9052 shots	Aanspuiting: 20 gram

Zoals in de balkonanalyse te zien was, is op 92% van de balkons toegankelijk om de *Shifting Solar* te installeren. In elk product zitten twee sputtgegoten banden. Uit onderzoek uit project 2C kwam naar voren dat in Nederland 4920 potentiele klanten zijn. Totaal geeft dit een aantal van $0,92 \cdot 4920 \cdot 2 = 9052$ benodigde bevestigingsbanden.

Via Solidworks is het volume van één band berekend. Dit kwam neer op 1801923,86 mm³. Omgerekend staat dit gelijk aan 1801,92386 cm³. De dichtheid van de TPU is 1,21 gram per vierkante centimeter. Dit maakt de massa van het product totaal 2180,32 gram. Tel hier nog wat extra massa bij op voor de metalen onderdelen en dan kom je uit een gewicht van op 2,2 kg.

MATERIAALKOSTEN

De materiaalkosten van de TPU'en band is de totale optelsom van:

- Gewicht van het product vermenigvuldigd met de materiaalprijs
- Gewicht van de aanspuiting (ruwe schatting) vermenigvuldigd met materiaalprijs
- Eventueel toegevoegde materialen: verwaarloosbaar

De materiaalprijs van PTU is €0,59 per kilogram (Plasticker, 2017). De prijs van de twee kleine metalen ringetjes laten we achterwege. De materiaalkosten voor de band zijn te zien in tabel 22:

Tabel 22: Materiaalkosten band

Gewicht (kg)	Materiaalprijs (€/kg)	Kosten (€)
2,2	0,59	1,2980
0,02	0,59	0,0118
Totaal		1,3098

BEWERKINGSKOSTEN

Voor het bepalen van het uurtarief van een machine en de sluitkracht die daarbij hoort, is het slagvolume nodig (zie tabel 23). Het slagvolume kun je berekenen met de volgende formule:

slagvolume = gewicht totaal ÷ (dichtheid · holtes). Dit was al berekend met SolidWorks op 1800 cm³ (gezien er maar 1 holte in de matrijs is).

Tabel 23: Machinetypen en bijbehorende sluitkracht

Machinetype	40/150	90/350	200/800	350/1300	1120/2100
Sluitkracht (kN)	1.140	350	800	1300	2100
Slagvolume (cm ³)	36	67	139	352	495
Uurtarief (€/hr)	16	20	25	35	40

Uit de tabel volgt dat het uurtarief voor de machine €40,- is. Daarnaast is de sluitkracht van de machine 2100 kN. Dit geldt beide voor een machine die een slagvolume heeft van minimaal 495 cm³. Ik ben me er van bewust dat dit vele malen kleiner is dan het daadwerkelijke volume waar ik mee behoor te rekenen. Echter is dit de enige data die ik ter beschikking heb en dus zal de berekening met deze gegevens worden hervat.

Elk onderdeel van het spuitgiettraject neemt een bepaalde tijd in beslag. De totale tijd van alle handelingen noemen we de cyclustijd: $T_{cycle} = T_1 + T_2 + T_3 + T_6$.

T_1 = Open- en sluittijd matrijs, T_2 = Injectietijd, T_3 = Koeltijd en T_6 = Uitstoottijd.

T_1 - Het uur tarief van deze machine is €40,00. Er is een sluitkracht nodig van 2100 kN. Dit staat gelijk aan 2141 ton. Opnieuw heb ik niet de juiste data/tabellen ter beschikking om de open- en sluittijd te berekenen. Daarom neem ik $4,5 \div 800 \cdot 2141$. Op deze manier hoop ik een reëel getal te creëren. Met deze berekening kom ik uit op een Open- en sluittijd (T_1) van 12,04 seconden. Deze tijd wordt gebruikt in tabel 24 om de sluitkracht te berekenen.

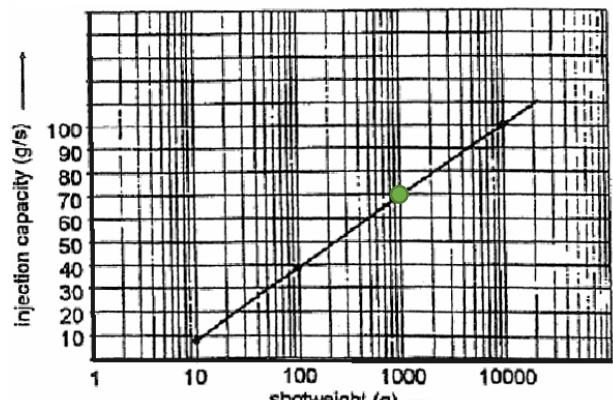
Tabel 24: Sluitkracht tegenover de T1

Sluitkracht (ton)	100	200	300	400	500	650	800
Open- en sluittijd (s)	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5

T_2 - Het shotgewicht van het onderdeel is 2,2 kilogram. Uit grafiek 4 kunnen we de injectie-capaciteit aflezen. Het invullen van het shotgewicht geeft een injectiecapaciteit van 70g/s en dus injectietijd (T_2) van $\frac{2200}{70} = 31,43$ seconden.

T_3 - Voor de koeltijd (T_3) gebruikt men de vuistregel: $T_3 = 2,2 \times d^2$ (d is nominale wanddikte). Daaruit volgt dus dat $T_3 = 2,2 \cdot 10^2 = 220$ seconden.

T_6 - De uitstoottijd T_6 is afhankelijk van het machinetype en het aantal schuiven (kernen) voor ondersnijdingen. Gezien dit product geen schuiven heeft geldt $T_6 = 0$ seconden.



Grafiek 2: Injectiecapaciteit

Cylustijd en -kosten

De totale tijd om de band te sputgieten is: $12,04 + 31,43 + 220 + 0 = 263,47$ seconden . De totale machinekosten per product: $(cyclustijd \div 3600) \cdot uurtarief\ machine$. De kosten voor de band zijn $(263,47 \div 3600) \cdot €40 = €2,927$. We hebben nu voor de cylustijd enkel de kosten van de machine berekent. Dit wordt op de volgende manier berekend: Mankosten per shot = $(cyclustijd \cdot mantarief) \div aantal\ machines\ per\ operator$. Mankosten per band: $\frac{263,47 \div 3600 \cdot €30}{5} = €0,439$.

MATRIJSKOSTEN

De kosten voor een matrijs komen voort uit een aantal factoren en processen. Deze zijn:

- Materiaal kosten
- Uren voor het uithollen
- Uren voor de ombouw
- Uren proefspuiten en montage
- Uren voor het ontwerpen van de matrijs

Materiaal kosten

Deze materiaalkosten staan gelijk aan het aantal kilo's staal wat nodig is om een matrijs te maken. Matrijzenstaal kost ongeveer €4500,- per ton. De matrijs die wordt gebruikt om de band te sputgieten, heeft een gewicht van 300 kilogram. De prijs van het staal van de matrijs is: $0,3 \cdot 4500 = €1350$. Er worden 9052 shots geleverd uit deze matrijs. De prijs van het materiaal per product/shot is: $1350 \div 9052 = €0,149$

Constructie kosten

Om de constructiekosten te berekenen moet er eerst tabel 25 worden ingevuld. De punten in combinatie met het oppervlakte geeft een schatting van de urinhoud voor de matrijs. Het oppervlakte van de band is $1650\ mm^2$.

Tabel 25: Urinhoud matrijs

1. Vorm	2. Omtrek	Cilindrisch (glad)	1
		Cilindrisch (niet glad)	<u>2</u>
		Rechthoekig ongedefinieerd	3
	3. Inwendige structuren	aantal	1 2 3
		grondvorm	1 2 <u>3</u>
	4. Schuiven	Geen Eén Meerdere	1 2 3
	5. Afknijpvlak	Geen Eén Meerdere	1 <u>2</u> 3
2. Toleranties	Niet functioneel, normaal Nauwkeurig Zeer nauwkeurig		1 2 3
3. Oppervlakte gesteldheid	Geen eisen (inbouwarticel) Normaal (toonbankartikel) Bijzonder (hoogglans, lenzen, schalen)		1 <u>2</u> 3
Oppervlakte product	<u>1650</u> cm ²	Totaal	<u>13</u> punten

In de tabel *uurinhoud matrijskosten* staan het aantal uren dat nodig is, om de matrijs te bouwen. Deze tabel is aangeboden in de lessen. Uit de tabel uit de PowerPoint blijkt dat er maximaal 437 uren nodig zijn voor deze matrijs. Deze tabel is in dit verslag niet te zien, gezien het anders alleen maar heel onoverzichtelijk zal worden. Wat betreft de uurinhoud matrijskosten kost de band $\frac{437 \cdot €30}{9052} = €1,4482$.

Ombouw kosten

Om achter de ombouwkosten van de matrijs te komen zal er weer een puntenschema moeten worden ingevuld. Het totale oppervlakte is weer 1650 cm². Uit tabel 26: wordt duidelijk dat de band acht punten scoort.

Tabel 26: Ombouwkosten	Ombouw		punten
Aanspuiting	Normaal	Centraal op één plaats Op meerdere plaatsen Ringvormig, hot runner	<u>1</u> 2 3
Aanspuiting verwijderen	Handmatig Automatisch	Op één plaats	<u>1</u> 2
Uitstoten	Normaal Voorzichtig	Dunwandige, hoge producten Oppervlakte per product > 100 cm ² (niet nodig want flexibel product)	<u>1</u> 2 2
Mechanieken	Geen Schuif extern Schuif intern Schroefinrichting		<u>1</u> 2 3 3
Koeling/verwarming	Normaal Speciaal	Hot runner Oppervlakte per product > 100 cm ²	1 2 <u>2</u>
Sterkte	Normaal Speciaal	Hoge producten Oppervlakte per product > 100 cm ²	1 2 <u>2</u>
Oppervlakte van η producten	<u>1650</u> cm ²		Totaal <u>8</u> punten

Tabel *ombouw uurinhoud* (aangeboden tijdens de lessen) geeft het aantal uren dat nodig is om deze matrijs om te bouwen. Na het aflezen van de tabel (in de PowerPoint) krijgen we het gegeven dat het maximaal 273 uur kost. Dit betekent dat de ombouwkosten van één band $\frac{273 \cdot €30}{9052} = €0,90477$ zijn.

Proefspuit- en montagekosten

Door de punten van de holte bij elkaar op te tellen en deze te vergelijken met het oppervlakte (en de punten) van de ombouw, komt er een schatting uit die staat voor de uurinhoud van het proefspuiten en monteren van de matrijs. Af te lezen is dat dit maximaal 59,50 uur zijn. Per band komt dit neer op $\frac{59,50 \cdot (\€40 + \€30)}{9052} = \€0,46011$

Punten voor de holte Oppervlakte cm ²		Punten voor de ombouw						
		8	9	10	11	12	13	14
	900-1225	34	35,5	37	38,5	40	41,5	43
10 - 16	1225-1600	44	45,5	47	48,5	50	51,5	53
	1600-2025	52	53,5	55	56,5	58	59,5	61

TOTAALKOSTEN

Het totaal aantal uren bedraagt:

- Uren voor het uithollen 437 uur
- Uren voor de ombouw 273 uur
- Uren proefspuiten en montage 59,5 uur

Totaal komt dit neer op 769,5 uur

- Uren voor ontwerpen van de matrijs⁽¹⁾ 153,9 uur

⁽¹⁾ De vuistregel is: 20% van de uren om de matrijs te bouwen is gelijk aan het aantal uren om de matrijs te ontwerpen.
 $0,20 \cdot 769,5 = 153,9$ uur.

De kosten per band betreft *uithollen, ombouw en montage*: $\frac{769,5 \text{ uur} \cdot \€30}{9052} = \€2,55;$

De kosten per band betreft *ontwerpen van de matrijs*: $\frac{153,9 \text{ uur} \cdot \€50}{9052} = \€0,85;$

Voor het sputigieten van de band, bestemd voor *Shifting Solar*, zijn de volgende kosten van toepassing. Deze kosten zijn van toepassing op één band die wordt sputtgegoten:

1. Kosten voor het materiaal van de band €1,310
 2. Kosten voor het gebruiken van de machine €2,293
 3. Kosten voor het personeel dat de machine bedient €0,439
 4. Kosten voor de matrijs, deze bestaan uit:
 - a) het materiaal van de matrijs €0,149
 - b) - de constructietijd van de matrijs €1,448
 - het ombouwen van de matrijs €0,905
 - het proefspuitgieten en de montage €0,460
 - c) de kosten voor het ontwerpen van de matrijs €0,850
- Totaal:** €8,391 per product

Het kost dus €8,39 om de spanband te sputigieten. De factor waarmee dit mee vermenigvuldigd moet worden om achter de winkelprijs te komen is 3,63. De band zal dus €30,46 kosten bij individuele verkoop.

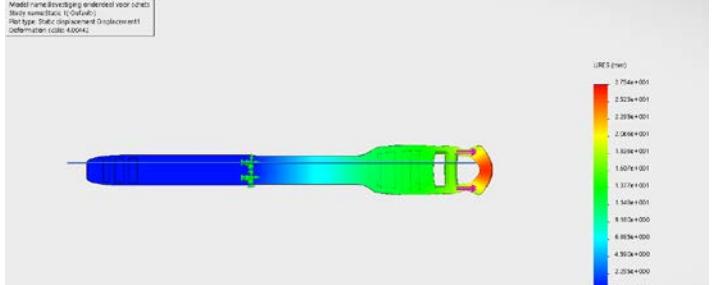
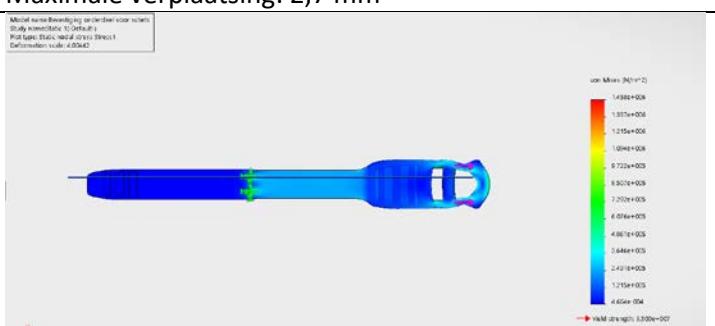
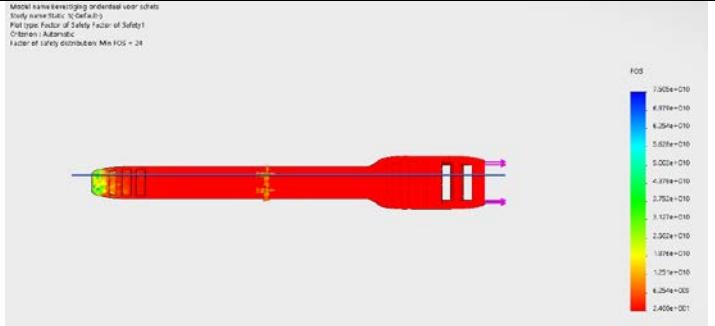
STERKTE/STIJFHEID

De sterkte-/stijfheidberekening wordt in dit onderdeel van het product toegepast op de connectie tussen de M8 bouten en de gaten in de band. Dit is één van de twee posities waar het reëel is om een berekening op toe te passen. De andere plek is de positie waar de band door zichzelf vast lust. Echter is het (door te weinig vaardigheden met flexibele banden in SolidWorks) niet mogelijk om hier een goede berekening op los te laten. Mocht het blijken dat de band op die plek niet stevig genoeg is, dan zullen de twee gleuven in de band worden versterkt met een stalen omranding.

De krachten die op de band komen te staan, is de massa van het totaalproduct. De *Shifting Solar* bestaat uit de volgende onderdelen:

· De frameconstructie		
· Inhoud vierkante buitenconstructie	2120000 mm ³	
· Inhoud tussenbalken	3603740 mm ³	
· Dichtheid aluminium 2702 kg/m ³		15470 gram
· De zonnepaneelconstructies		
· Aluminiumconstructie		
i. Totale lengte profielen	13542 mm	
ii. Oppervlakte profiel	330 mm ²	
iii. Dichtheid 2702 kg/m ³		12040 gram
· Zonnepanelen (drie keer)		3 · 3900 gram
· Houten vlak		
i. Dichtheid 700 kg/m ³		
ii. Inhoud $5 \cdot 320 \cdot 1865 = 2984000\text{mm}^3$		2088 gram
· De actuator (en de hardware die erbij hoort)		
· Arduino	200 gram	
· Actuator (twee keer)		2 · 300 gram
TOTALE MASSA PRODUCT		42.098 gram = 42 kg

Op dit moment is de massa van het totaalproduct zo'n 42 kg. Dit is de massa waar de sterkteberekening mee wordt gedaan. De constructie hangt aan vier schroeven vast die door de band heen gaan. Dat komt dus neer op iets meer dan 10 kg en dus op ongeveer 100 Newton per schroef. Dit is dus de *Force* die per schroef in Solidworks is ingesteld. De band is aan de bovenkant gesimuleerd ingeklemd. In het daadwerkelijke fysieke model zal de band in een lusvorm zijn ingeklemd. Echter kan dat niet in SolidWorks worden gezet (en berekend) omdat we daar niet de vaardigheden voor hebben.

Verplaatsing De maximale verplaatsing in het product is 2,7 mm. De gesimuleerde verplaatsing is echter een grotere verplaatsing dan dat er in het echt zal zijn. Dit komt omdat er niet voldoende vaardigheden zijn om de (flexibele) band met een lus in SolidWorks te zetten.	 <p>Model name: klemtype onderdeel voor schroef Study name: static_1(Oefenvl.) Plot type: Static displacement Displacement Deformation value: 0.0042</p>
	Maximale verplaatsing: 2,7 mm
Stress De maximale stress die zich in het onderdeel mag voordoen, is de yield strength van 3.500^e+007 . De maximale stress in het product is 1.485^e+006 N. Ook hier voldoet de band dus aan gestelde eisen.	 <p>Model name: Berekening onderdeel voor schroef Study name: static_1(Oefenvl.) Plot type: Static, total stress Stress Deformation value: 0.0042</p>
	Maximale stress in het product: 1.485^e+006 N
Safety-factor De safety-factor is door het gehele product nagenoeg gelijk. De safetyfactor die uit deze berekening komt is 24. Het mag duidelijk zijn dat dit ruim voldoende is.	 <p>Model name: klemtype onderdeel voor schroef Study name: static_1(Oefenvl.) Plot type: Factor of Safety Factor of Safety Criteria: AutoAnodic Factor of safety distribution: Min FOS = 24</p>
	Minimale safety-factor: 24

De conclusie die we kunnen trekken is niet volledig waterdicht omdat het heel lastig is om een flexibele band in SolidWorks te simuleren. Echter kunnen we volgens deze berekeningen wel stellen dat de band stevig genoeg is om het product op een veilige manier op te hangen.

PRODUCTIETECHNIEK

De band zal worden gemaakt door middel van de methode sputtigieten. Het is een hele logische keuze aangezien dit product van kunststof wordt gemaakt en een heel precies (en met een hoge betrouwbaarheid) moet worden gemaakt. Hieronder zullen de designrules, die gelden bij sputtigietproducten, worden uitgewerkt. Alle designrules zijn ook in een keer te bekijken in afbeelding 61.

Wanddikte

De wanddikte van producten die van TPU zijn gemaakt mag minimaal 2,0 mm en maximaal 19,1 mm dik zijn. De bevestigingsband heeft een dikte van 10 mm dus wat dat betreft voldoet het product aan deze eis. Daarnaast is het belangrijk dat de wanddikte over het hele product gelijk is. En ook dat is in de meeste stukken het geval. Er is een klein verloopje van 10 naar 19,2 mm. Dit is echter gedaan met een afronding met een 5 mm radius.



Afbeelding 61: Designrules sputtigietband

Afrondingen

Wat betreft afrondingen gelden de volgende regels: de binnendiameter is 0,5 maal de wanddikte. Voor de buitendiameter moet de wanddikte 1,5 keer de wanddikte zijn. Met een wanddikte van 10 mm moet de afronding in het product dus 5 mm zijn.

Lossing

Op twee plaatsen in het product is een champfer ingevoegd. Dit is gedaan omdat de band zichzelf over deze vlakken straktekt. De champfer staat onder een hoek van 45 graden. Voor de lossing is dit dus perfect.

Deling

De matrijsdeling (net als alle andere designrules) zijn te zien in afbeelding 61.

TOLERANTIES BAND

De band heeft op maar vier plekken in het product een daadwerkelijk contact met andere onderdelen. Het gaat in alle vier de gevallen om de plek waar de M8 bout door de band (en de tri clamp ferulle) heen gaat. De bout moet wel door het gat passen, maar mag er niet aan de 'achterkant' weer uit gaan. Dat betekent dat de minimale grootte van het gat 7,35 mm is en dat de maximale grootte van het gat 12 mm moet zijn. In de gaten in de band zitten dus nog roestvaststalen ringetjes waar de M8 bout in moet. We kijken echter naar de PU band waar de oorspronkelijke gaten in zitten.

Uit de tabel blijkt dat voor het materiaal PUR (polyurethaan) met een normale tolerantie (klasse III) een tolerantiepercentage van 0,6 % moet worden aangehouden. Dit is terug te zien in de grafieken 2 en 3.

Verwerkingstoleranties							
$\pm [\%]$	0,050	0,075	0,10	0,15	0,20	0,30	0,6
Groep A	I	II	III				
Groep B		I	II	III			
Groep C			I	II	III		
Groep D				I		II	III
Groep E					I	II	III

Klasse I = precies
Klasse II = nauwkeurig
Klasse III = normaal

Grafiek 3: Verwerkingstoleranties per groep

Dit betekent dat de minimale gatgrootte in de band aan de volgende afmetingen moet (zie tabel 27) voldoen:

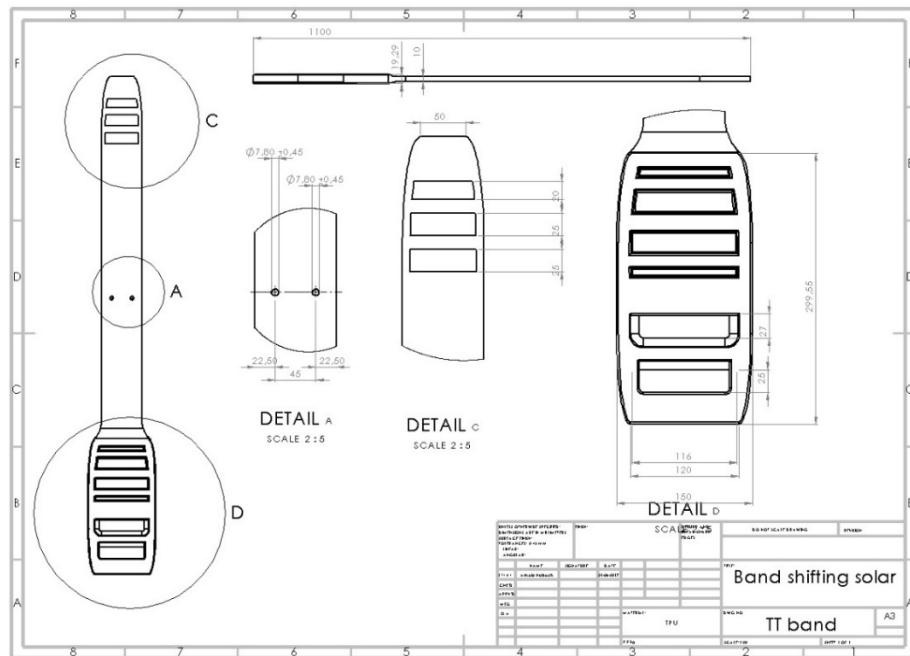
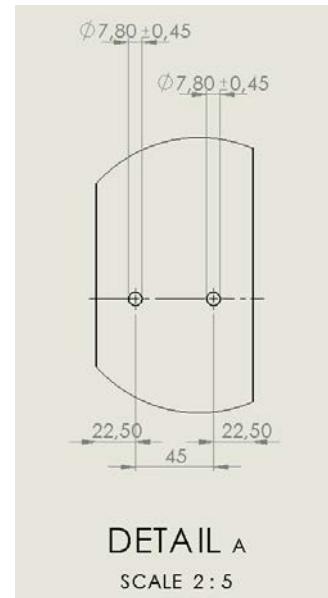
Tabel 27: Toleranties

Minimale grootte van gat	7,35 mm	+0,6%	7,80mm
Maximale grootte van gat	7,81mm	+0,6%	8,27 mm
	Tolerantie	0,45 mm	

De grootte van het gat moet worden afgemeten op 7.8 mm. Dit formaat zorgt voor genoeg speling naar binnen toe (kleiner) en heeft genoeg speling naar buiten toe (groter) om nog steeds onder de maximale 12 mm te zitten. Deze toleranties worden meegenomen bij het maken van de technische tekeningen van de band (zie afbeelding 62).

Groep A	Groep B	Groep C	Groep D	Groep E
PC glasvezel gevuld	PS	CA	PF	UF
PPO glasvezel gevuld	SAN	CP	PP	MF
SAN glasvezel gevuld	ABS	CAB	PE (HD)	PE (LD)
PF glasvezel gevuld	PVC	PP minerale vulling	POM	PUR (TH PL)
UP glasvezel gevuld	PC		PA	
DAP	PPO		PBTB	
	PSO			
	PMMA			
	PA glasvezel gevuld			
	POM glasvezel gevuld			
	PBTP glasvezel gevuld			

Grafiek 4: Kunststoffen en groepen voor toleranties



Afbeelding 62: Technische tekening band

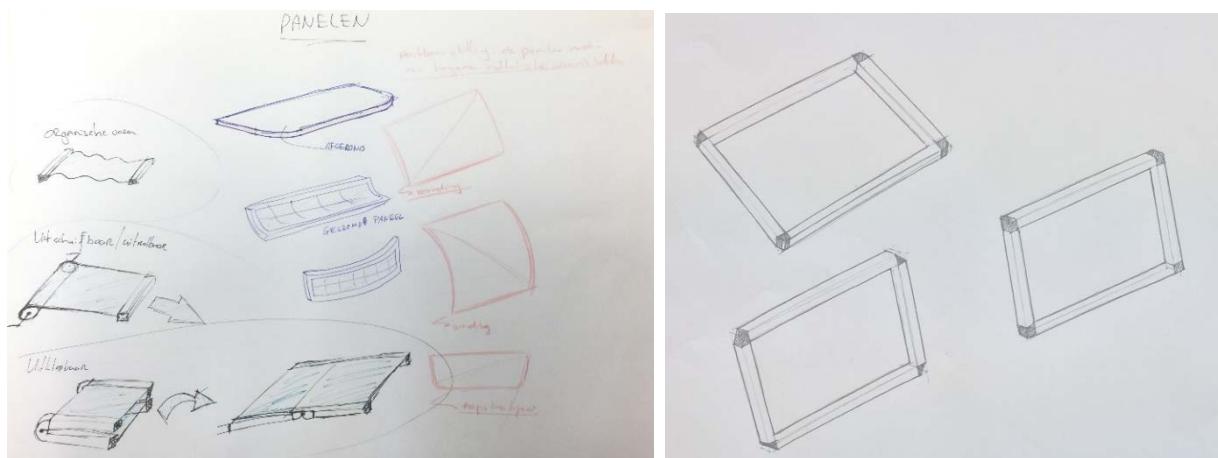
De .pdf van de technische tekening is bijgevoegd in de bijlage.

7.3 ZONNECELFRAME (STIJN)

BRAINSTORM

Voor de brainstorm hebben we de techniek x-3-5 gebruikt. In deze brainstormsessie is het frame direct rondom de zonnepanelen behandeld.

Er is begonnen met het maken van schetsen, een deel hiervan is individueel gemaakt en een deel is onstaan tijdens de x-3-5 techniek.

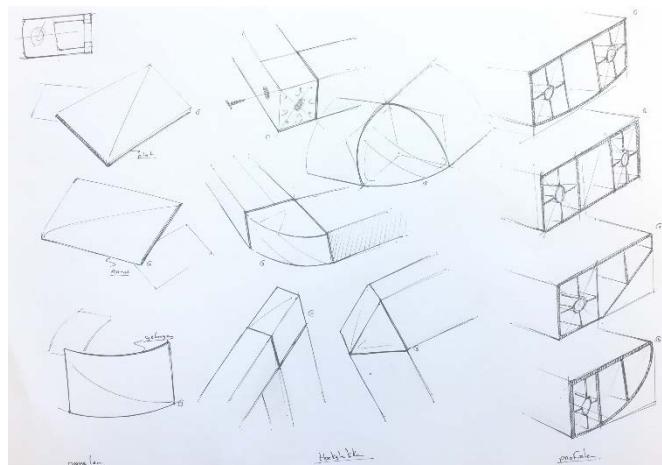


In de brainstorm is gekeken naar de totale vorm van het frame; vorm van het profiel en de vorm van de hoekstukken.

Hierbij is gelet op de ergonomie en de samenhang van het totale product (vormovergangen). Naast de esthetiek is ook rekening gehouden met de functies en bevestigingen rondom het frame.

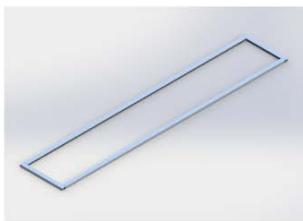
Onderdelen die in overweging zijn genomen tijdens de brainstormsessie:

- Overhangende panelen.
- Afgeronde panelen.
- Ronde profielen.
- Hoekstukken.
- Afronden van panelen.
- Materialen aan achterkant

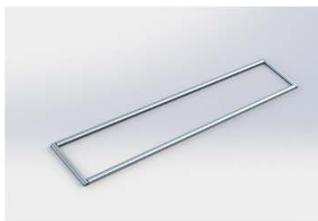


Afbeelding 63: Vormvariaties

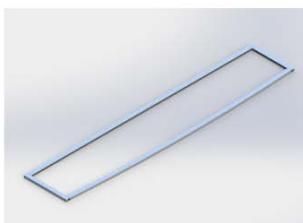
Uit de schetsen zijn een aantal interessante vormvariaties gekomen zie afbeelding 63, die vervolgens zijn geproduceerd in Solidworks. Deze vormvariaties zijn allemaal gemaakt aan de hand van het standaard Bacron profiel 'N 0161'.



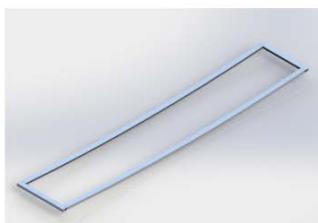
1



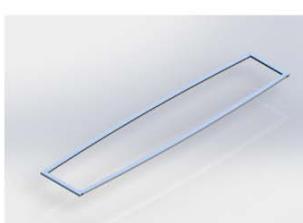
2



3



4



5

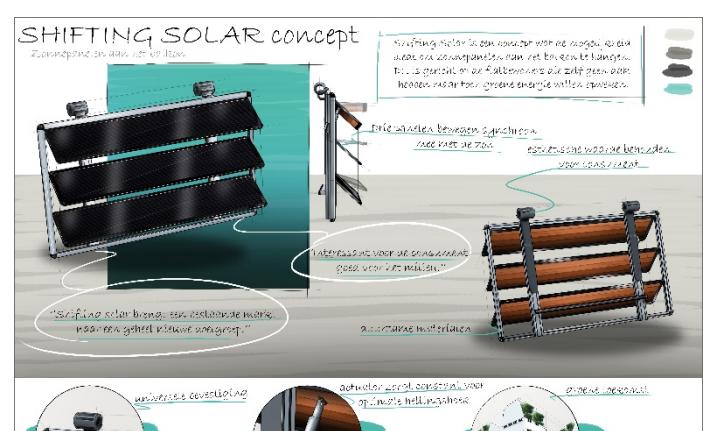
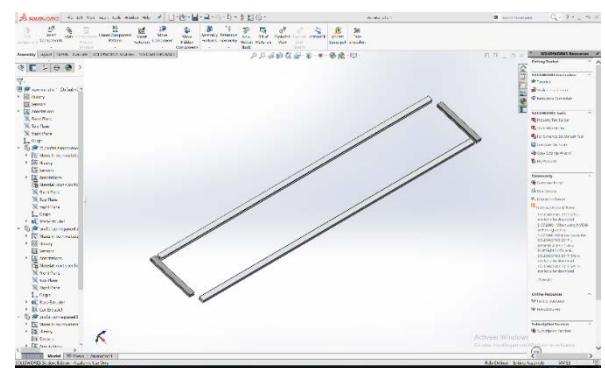
SOLIDWORKS

Na overlegd te hebben met de rest van de groep is uiteindelijk gekozen voor het meest simpele design (vormvariatie 1). Deze variatie bestaat uit het standaard profiel in een vierkante vorm.

Hiervoor is gekozen omdat dit ontwerp netjes aansluit op het buitenste frame. Hierdoor wordt het product een geheel. Doormiddel van de hoekstukken wordt het "vierkante" echter wel doorbroken. Zie afbeelding 64

Ook in verder onderzoek wordt nog gebruik gemaakt van Solidworks. Dit wordt gedaan om uiteindelijk het totaal product volle **Afbeelding 64: Frame** renders en tevens om te presenteren tijdens/bij de BPSI.

Vanuit deze brainstorm is een presentatieposter geschetst. Deze is te zien in tekening 4. De tekening op ware grootte is te zien in de bijlage.



Tekening 4: Presentatietekening

UITLEG PRODUCT

Het totale product bestaat uit het eerder beschreven frame dat wordt opgevuld met zonnepanelen, een stevige backplate voor de zonnepanelen met daarin ook ruimte voor de benodigde elektronica en een houten achterkant voor de esthetiek.

Om de hellingshoek gedurende de dag optimaal te houden zal het bovenste frame worden 'aangedreven' door een actuator. Om energie en kosten te besparen worden de overige twee panelen meegenomen met een staalkabel aan beide zijden van het frame. Op deze manier hebben alle panelen dezelfde hellingshoek gedurende de hele dag.

Het onderdeel wat in deze haalbaarheid wordt behandeld wordt bevestigd binnenin het frame. Dit gebeurt door middel van een as door het bovenste profiel. Die vervolgens in het buitenste frame wordt bevestigd. De actuator wordt alleen aan het bovenst paneel bevestigd. Dit gebeurt door de actuator te bevestigen aan de houten plaat aan de achterzijde van het zonnepaneelframe. In afbeelding 65 zijn de grove maten weergegeven van dit onderdeel, meer gedetailleerde afmetingen staan in de technische



Afbeelding 65: Grove bemating zonnepaneel

HOEKSTUKKEN

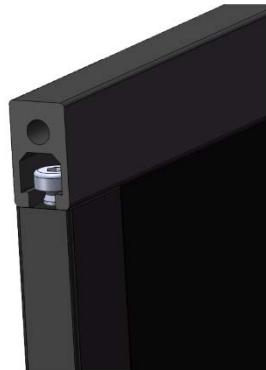
Om het geheel niet alleen uit aluminium profielen te laten bestaan is gekozen om gebruik te maken van kunststof hoekstukken. Ook in het buitenste frame wordt gebruik gemaakt van hoekstukken waardoor het geheel weer bij elkaar past.

De hoekstukken hebben hetzelfde formaat als de profielen die gebruikt worden in het frame (zie afbeelding 66). De hoekstukken worden aan de onderkant van het frame geplaatst om een mooie overloop te vormen in beide profielen. Er is wel voor gekozen om aan de bovenzijde van het frame het profiel door te laten lopen in verband met de stevigheid en de as die daar doorheen loopt (zie afbeelding 67).



Afbeelding 66: Hoekstukken

Het ronde hoekstuk moet aan de onderkant worden bevestigd. In beide hoekstukken is een uitsparing behouden die ruimte biedt voor het zonnepaneel en verdere achterliggende panelen. Door openingen te houden in de hoekstukken kunnen de schroeven worden bevestigd in het profiel.



Afbeelding 67: Bovenzijde frame

Bij het produceren van deze hoekstukken worden de lossing gehouden op een halve graad. Omdat dit een vrij complex hoekstuk is wordt hier verder op ingegaan in het kopje "productiemethodes".

PROFIELEN

De aluminium profielen zullen zwart/donker grijs worden geanodiseerd. Hierdoor wordt het frame en de zonnepanelen een geheel, dit creëert rust en eenheid in het product.

Het profiel soort voor dit frame is het zogenaamde N0161 profiel, dit is een relatief compact en sterk profiel. Op dit profiel zal ook de sterkteberekening worden gedaan.

VERBINDING

De verbinding van de verschillende panelen onder elkaar gebeurd doormiddel van een 2 staalkabels die aan de zijkant van het paneel zijn bevestigd.

De kabels zullen bevestigd worden aan de daarvoor bestemde schroeven/geleiders aan de zijkant van het frame zie afbeelding 68. Door de staalkabels op deze manier te bevestigen worden alle panelen meegenomen in de beweging van de hoek en kan ondanks het formaat van het buitenste frame het gehele product ingeklapt worden.

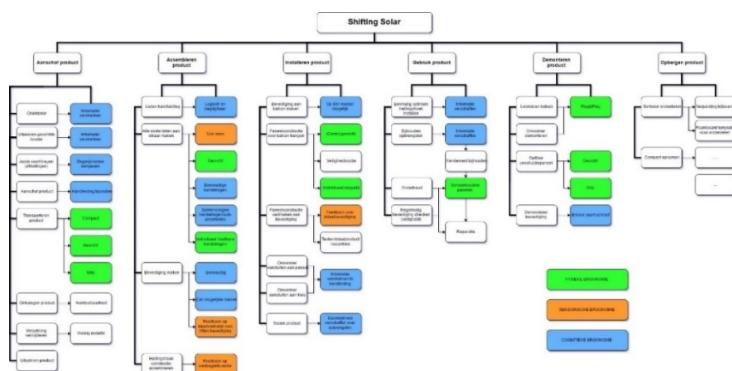


Afbeelding 68: Schroef verbinding panelen

De geleider bestaat uit een bout die in het profiel zal worden geschroefd, ook dit zal het formaat m8 zijn. Door de brede diameter en het korte lengte moet dit genoeg stevigheid bieden om het gewicht van het zonnepaneelframe hieraan te hangen.

ERGONOMIE

Om de ergonomie van het frame te bepalen is dit terug gekoppeld naar de ergonomische taakanalyse (zie figuur 11). Door de taakanalyse ernaast te houden wordt geprobeerd zoveel mogelijk hiervan te gebruiken in het frame. Het frame heeft betrekking op de assemblage, installatie, gebruik en uiteindelijk demontage/opbergung.



Figuur 11: Taakanalyse

Assemblage

Voor de assemblage van dit product is gelet op de hoeveelheid onderdelen en manier van assembleren. Het totale product bestaat uit elf verschillende onderdelen waarvan acht het frame vormen en de overige drie onderdelen in het frame worden geplaatst. Bij het product wordt een duidelijke handleiding geleverd die precies vertelt waar en hoe de onderdelen in elkaar passen.

Installatie

Omdat de totale assembly van het product voornamelijk bestaat uit het aan elkaar bevestigen van sub-assembly's wordt het in elkaar zetten van het totaal product een stuk gemakkelijker. Ook hierbij wordt een duidelijke handleiding geleverd.

Gebruik

Tijdens het gebruik is gelet op voornamelijk de achterkant van het product. Het gaat hierbij om de kant waar tegenaan wordt gekeken vanuit het balkon of beneden aan de flat. Om dit ‘vriendelijk’ en minder industrieel te houden is gekozen voor een houten onderkant/achterkant van het frame. Hierdoor worden de natuurlijke materialen, vormen en kleuren meegenomen in het product. De keuze is hierop gevallen omdat veel bewoners toch houden van een plantje of bloementje op het balkon en omdat dan het hout te integreren in het product is een mooie en goed passende toevoeging.

Demontage

Door de assemblage achterstevoren uit te voeren is het zonnepaneel frame te demonteren. Door de kleine hoeveelheid onderdelen en manier makkelijke manier van assemblage zijn de onderdelen individueel goed schoon te houden voordat deze worden opgeborgen.

Opberging

Het opbergen kan na de demontage in dezelfde doos gedaan. De doos is zo ingedeeld dat alle onderdelen een standaard plek hebben.

KOSTPRIJS HOEKSTUK

Om erachter te komen wat het complete product uiteindelijk gaat kosten wordt eerst de prijs van de hoekstukken berekend (zie afbeelding 69). Hieronder staan een aantal aannames en gegevens die voor de kostprijs worden aangenomen:

Massa: 0,00861 kg

Materiaal: Polypropyleen

Dichtheid: 946 kg/m³

Kleur: zwart

Lengte: 31,43 mm

Breedte: 31,43 mm

Wanddikte: 2 mm

Kosten engineer: 50 euro/uur

Cavities (holtes): 1

5 machines/operator

Kosten operator: 30 euro/uur

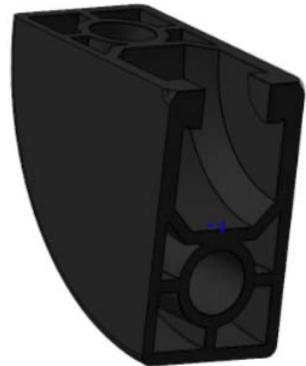
Matrijzenstaal: 4500 euro /ton

Matrijsgewicht: 125 kg

Levensduur(seriegrootte): 100.000 shots

Aanspuiting: 5 gram

materiaal: 1,925 euro/kg



Afbeelding 69: Hoekstuk

KOSTEN MATERIAAL PRODUCT:

Volume x dichtheid	Massa	Massa x kostprijs per kg	Kostprijs materiaal onderdeel
9,1x10^-6 X 946	8,61x10^-3 kg	8,61x10^-3 x 1,925 =	0,016 euro

Tabel 28: materiaalkosten

BEWERKINGSKOSTEN

Om het uurtarief van een machine te bepalen, en de sluitkracht die daarbij hoort moet het slagvolume bekend zijn. Het slagvolume kun je berekenen met de volgende formule:

$$\text{slagvolume} = \text{gewicht totaal} \div (\text{dichtheid} \times \text{holtes})$$

Het slagvolume van het afdichtklepje is: $8,61 \div (0,946 * 1) = 9,102 \text{ cm}^3$

Vervolgens gaan we kijken in Tabel 2 *oversicht van machinetypen, en machinespecificaties*.

Machinetype	40/150	90/350	200/800	350/1300	1120/2100
Sluitkracht (kN)	1.140	350	800	1300	2100
Slagvolume (cm ³)	36	67	139	352	495
Uurtarief (€/hr)	16	20	25	35	40

Tabel 29: oversicht van machinetypen, en machinespecificaties

Uit de tabel blijkt dat het uurtarief voor de machine €16; is. Daarnaast is de sluitkracht van de machine 1.140 kN.

Elk onderdeel van sputtigieten heeft een cylustijd: $T_{cycle} = T_1 + T_2 + T_3 + T_6$.

T_1 = Open- en sluittijd matrijs

T_2 = Injectietijd

T_3 = Koeltijd

T_6 = Uitstoottijd

T_1

Het uurtarief van deze machine is €16,00. Er is een sluitkracht nodig van 1140 kN. Dit staat gelijk aan 116 Ton.

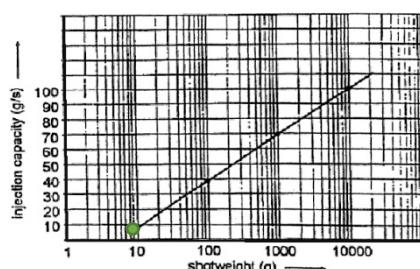
Sluitkracht (ton)	100	200	300
Open- en sluittijd (s)	1,5	2	2,5

Tabel 30: Open- en sluittijd

In Tabel 3 staat dat bij een sluitkracht van 116 Ton, een Open- en sluittijd (T_1) van 1,60 seconden hoort.

T_2

Het shotgewicht van het onderdeel is 9,102 gram. Uit Tabel 4 kunnen we de injectie-capaciteit aflezen. Dit geeft een injectiecapaciteit van 9 g/s injectietijd (T_2) van $\frac{9,102}{9} = 1,01$ seconden.



Tabel 31: Injectiecapaciteit

T_3

Voor de koeltijd (T_3) wordt de vuistregel: $T_3 = 2,2 \times d^2$ (d is nominale wanddikte) gebruikt.
Daaruit volgt dus dat $T_3 = 2,2 \times 2^2 = 8.8$ seconden.

T_6

De uitstoottijd T_6 is afhankelijk van het machinetype en het aantal schuiven (kernen) voor ondersnijdingen. In Tabel 5 kun je deze waarden aflezen. $T_6 = 8$ seconden. Omdat er een aantal gaten in dit product moeten zitten en hierbij beide zijden gevuld moeten worden is gekozen voor een meervoudige kernbeweging.

Sluitkracht (ton)	100	200	300	400
Geen kernen	0	0	0	0
Enkelvoudige kernen (tegelijk)	3	4	5	6
Dubbele kernbeweging	5	6	8	9
Drievoudige kernbeweging	6	8	10	12

Tabel 32: Uitstoottijd

Cylustijd en kosten

De totale tijd om het hoekstuk te sputtigelen is: $1,60 + 1,01 + 8,8 + 8 = 19,41$ seconden
Totale machinekosten per product: (*Cyclustijd* \div 3600) \times *uurtarief machine*

De kosten per hoekstuk zijn: $19,41 \div 3600 \times €16 = €0,086$.

Mankosten per shot = (*Cyclustijd* \times *mantarief*) \div aantal machines per operator

Mankosten per afdichtklepje: $\frac{19,41 \div 3600 \times €30}{5} = €0,0323$.

MATRIJSKOSTEN

De kosten voor een matrijs worden door een aantal factoren en processen beïnvloed/bepaald. Deze zijn:

- Materiaal kosten
- Uren voor het uithollen
- Uren voor de ombouw
- Uren proefspuiten en montage
- Uren voor het ontwerpen van de matrijs

MATERIAAL KOSTEN

De materiaalkosten staan gelijk aan het aantal kilo's staal wat nodig is om een matrijs te maken. Matrijzenstaal kost ongeveer €4500; per ton. De matrijs die wordt gebruikt om hoekstuk te sputtigelen heeft een gewicht van 150 kilogram. De prijs van het staal is: $0,15 \times 4500 = €675$.

CONSTRUCTIE KOSTEN

Voor de constructiekosten moet het aantal punten in tabel 6 worden ingevuld. Deze punten in combinatie met het oppervlakte geven samen een schatting van de uur inhoud voor de matrijs. Het oppervlakte van het onderdeel is: $3,143\text{cm}^2 \times 3,143\text{cm}^2 = 9,87\text{ cm}^2$.

6. Vorm	7. Omtrek	Cilindrisch (glad)	1
		Cilindrisch (niet glad)	2
		Rechthoekig ongedefinieerd	3
	8. Inwendige structuren	Aantal	Gering Normaal Aanzienlijk
		Grondvorm	Gering Normaal Aanzienlijk
9. Schuiven	Geen		1
	Eén		2
10. Afknijpvlak	Meerdere		3
	Geen		1
2. Toleranties	Eén		2
	Meerdere		3
3. Oppervlakte gesteldheid	Niet functioneel, normaal Nauwkeurig Zeer nauwkeurig		1 2 3
Oppervlakte van één product	9,87 cm ²	Totaal	17 punten

Tabel 33: Puntentelling sputtigieten matrijs

In de tabel *uur inhoud matrijkosten* staan het aantal uren dat nodig is voor het bouwen van een matrijs. Deze tabel is aangeboden tijdens de lessen. Uit de tabel uit de PowerPoint blijkt dat er maximaal 153 uren nodig zijn voor deze matrijs. Voor elk hoekstuk komt dit neer op $\frac{153 \times €30}{100.000} = €0,0459$.

opp (cm ²)	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
10 - 15	10	11	15	13	15	20	30	45	58	68	75	101	125	175	190	200
15 - 20	14	18	20	24	24	35	47	67	67	67	115	153	233	268	365	301
20 - 25	17	19	24	29	39	56	78	102	156	156	222	276	318	367	-	356
25 - 30	20	23	28	36	48	66	94	124	165	165	220	280	332	374	426	430
30 - 35	20	25	35	45	60	86	116	158	205	273	345	410	482	501	581	490
35 - 40	24	28	36	45	60	86	116	158	205	273	345	410	482	501	581	490
40 - 45	24	29	35	45	60	85	116	158	205	273	345	410	482	501	581	490
45 - 50	26	33	42	54	72	100	135	178	241	321	406	481	541	587	658	595
50 - 55	26	35	45	57	78	109	149	190	255	340	420	490	569	573	652	650
55 - 60	29	35	45	57	78	109	149	190	255	340	420	490	569	573	652	650
60 - 65	30	35	45	57	78	109	149	190	255	340	420	490	569	573	652	650
65 - 70	30	35	45	57	78	109	149	190	255	340	420	490	569	573	652	650
70 - 75	31	35	45	57	78	109	149	190	255	340	420	490	569	573	652	650
75 - 80	31	35	45	57	78	109	149	190	255	340	420	490	569	573	652	650
80 - 85	31	35	45	57	78	109	149	190	255	340	420	490	569	573	652	650
85 - 90	31	35	45	57	78	109	149	190	255	340	420	490	569	573	652	650
90 - 95	31	35	45	57	78	109	149	190	255	340	420	490	569	573	652	650
95 - 100	31	35	45	57	78	109	149	190	255	340	420	490	569	573	652	650
100 - 105	31	35	45	57	78	109	149	190	255	340	420	490	569	573	652	650
105 - 110	31	35	45	57	78	109	149	190	255	340	420	490	569	573	652	650
110 - 115	31	35	45	57	78	109	149	190	255	340	420	490	569	573	652	650
115 - 120	31	35	45	57	78	109	149	190	255	340	420	490	569	573	652	650
120 - 125	31	35	45	57	78	109	149	190	255	340	420	490	569	573	652	650
125 - 130	31	35	45	57	78	109	149	190	255	340	420	490	569	573	652	650
130 - 135	31	35	45	57	78	109	149	190	255	340	420	490	569	573	652	650
135 - 140	31	35	45	57	78	109	149	190	255	340	420	490	569	573	652	650
140 - 145	31	35	45	57	78	109	149	190	255	340	420	490	569	573	652	650
145 - 150	31	35	45	57	78	109	149	190	255	340	420	490	569	573	652	650
150 - 155	31	35	45	57	78	109	149	190	255	340	420	490	569	573	652	650
155 - 160	31	35	45	57	78	109	149	190	255	340	420	490	569	573	652	650
160 - 165	31	35	45	57	78	109	149	190	255	340	420	490	569	573	652	650
165 - 170	31	35	45	57	78	109	149	190	255	340	420	490	569	573	652	650
170 - 175	31	35	45	57	78	109	149	190	255	340	420	490	569	573	652	650
175 - 180	31	35	45	57	78	109	149	190	255	340	420	490	569	573	652	650
180 - 185	31	35	45	57	78	109	149	190	255	340	420	490	569	573	652	650
185 - 190	31	35	45	57	78	109	149	190	255	340	420	490	569	573	652	650
190 - 195	31	35	45	57	78	109	149	190	255	340	420	490	569	573	652	650
195 - 200	31	35	45	57	78	109	149	190	255	340	420	490	569	573	652	650

OMBOUW KOSTEN

Om achter de ombouw kosten te komen zal er weer een puntenschema moeten worden ingevuld.

Omdat er maar 1 product per keer wordt gespoten is ook hiervoor een oppervlakte van 9,87 cm² genomen.

Ombouw			Punten
Aanspuiting	Normaal	Centraal op één plaats Op meerdere plaatsen Ringvormig, hot runner	<u>1</u> 2 3
Aanspuiting verwijderen	Handmatig Automatisch	Op één plaats	<u>1</u> 2
Uitstoten	Normaal Voorzichtig	Dunwandige, hoge producten Oppervlakte per product > 100 cm ²	<u>1</u> 2 2
Mechanieken	Geen Schuif extern Schuif intern Schroefinrichting		1 2 <u>3</u> 3
Koeling/verwarming	Normaal Speciaal	Hot runner Oppervlakte per product > 100 cm ²	<u>1</u> 2 2
Sterkte	Normaal Speciaal	Hoge producten Oppervlakte per product > 100 cm ²	<u>1</u> 2 2
Oppervlakte van η producten	<u>9,87</u> cm ²	Totaal	<u>8</u> punten

Tabel 34: ombouw

Tabel *ombouw uur inhoud* geeft het aantal uren dat nodig is om deze matrijs om te bouwen. Na het aflezen van de tabel blijkt dat dit ongeveer 70 uur kost.

Per hoekstuk is dit $\frac{70 \times €30}{100.000} = €0,021$

opp.vl. mm ² x n	punten									
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
0 - 10	49	58	70	83	99	117	137	159	184	
10 - 16	50	59	71	84	100	118	138	161	186	
16 - 25	51	60	72	85	101	120	140	163	188	
25 - 40	53	62	74	88	104	123	144	167	193	
40 - 60	55	65	77	91	108	127	149	173	199	
60 - 100	60	70	82	97	115	135	158	183	210	
100 - 160	67	78	91	107	126	147	172	198	228	
160 - 225	74	86	100	117	137	160	186	215	246	
225 - 400	93	107	123	143	166	193	223	257	293	
400 - 625	116	132	151	175	202	232	268	307	350	
625 - 900	141	160	182	209	241	276	318	363	412	
900 - 1225	168	189	214	245	281	322	369	420	476	
1225 - 1600	194	217	245	280	320	365	417	475	537	
1600 - 2025	218	243	273	311	354	404	460	522	590	
2025 - 2500	237	263	295	335	381	432	491	557	629	

PROEFSUIT- EN MONTAGEKOSTEN

Door het aantal punten te nemen van de constructie- en machinekosten kan in deze tabel worden afgelezen hoeveel uur nodig is voor het proefspuiten en monteren van matrijzen. Uit deze tabel blijkt dat dit ongeveer 30 uur gaan kosten.

dunten voor de halte	oppervlakte [km ²] ¹	dunten van de omhoog											
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
7	0 - 100	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	100 - 225	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
	225 - 400	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
t&m	400 - 625	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
	625 - 900	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
9	900 - 1225	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
	1225 - 1600	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
	1600 - 2025	28	29	30	31	32	33	34	35	36			
	0 - 60	13	14,5	16	17,5	19	20,5	22	23,5	25			
	60 - 100	14	15,5	17	18,5	20	21,5	23	24,5	26			
10	100 - 160	15	16,5	18	19,5	21	22,5	24	25,5	27			
	160 - 225	17	18,5	20	21,5	23	24,5	26	27,5	29			
t&m	225 - 400	21	22,5	24	25,5	27	28,5	30	31,5	33			
	400 - 625	25	26,5	28	29,5	31	32,5	34	35,5	37			
16	625 - 900	31	32,5	34	35,5	37	38,5	40	41,5	43			
	900 - 1225	36	37,5	39	40,5	42	43,5	45	46,5	47			
	1225 - 1600	41	42,5	44	45,5	47	48,5	50	51,5	53			
	1600 - 2025	49	50,5	52	53,5	55	56,5	58	59,5	61			
	0 - 60	26	28	30	32	34	36	38	40	42			
	60 - 100	27	29	31	33	35	37	39	41	43			
17	100 - 160	29	31	33	35	37	39	41	43	45			
	160 - 225	31	33	35	37	39	41	43	45	47			
t&m	225 - 400	36	38	40	42	44	46	48	50	52			
	400 - 625	43	45	47	49	51	53	55	57	59			
21	625 - 900	49	51	53	55	57	59	61	63	65			
	900 - 1225	57	59	61	63	65	67	69	71	73			
	1225 - 1600	63	65	67	69	71	73	75	77	79			
	1600 - 2025	74	76	78	80	82	84	86	88	90			

2.5 Totaal kosten

Het totaal aantal uren is uiteindelijk geworden:

- | | | |
|--------------------------------|-----|-----|
| · Uren voor het uithollen | 153 | uur |
| · Uren voor de ombouw | 70 | uur |
| · Uren proefspuiten en montage | 30 | uur |

Totaal = 253 uur

- Uren voor het ontwerpen van de matrijs ⁽¹⁾ $0,20 \times 253 = 50,6$ uur

De vuistregel is: 20% van de uren om de matrijs te bouwen is gelijk aan het aantal uren om de matrijs te ontwerpen.

De totale kosten komen neer op:

$$(253 \times 30) + (50,6 \times 50) + 675 = €10795$$

Totale matrijskosten per product komen dan neer op:

$\frac{10795}{100.000}$: €0,108 per product

Totale productprijs = (materiaal kosten + machinekosten & operator kosten + Matrijskosten)

$$(0,016 + 0,086 + 0,0323 + 0,108) = €0,24$$

Het kost dus **€0,24** om het afdichtklepje te sputigieten. De factor waarmee dit mee vermenigvuldigd moet worden om achter de winkelprijs te komen is 3,63. In principe zou het hoekstuk **€0,88** in de winkel kosten.

KOSTPRIJS VAN TOTAAL PRODUCT:

Omdat het voor het complete product uiteindelijk interessant is om de totale kostprijs te achterhalen is onderzocht wat het totale frame zou kosten als fabrikant. Om hierachter te komen is een lijst gemaakt met daarin de onderdelen, het aantal en de prijs van de onderdelen.

Onderdeel	Aantal	Kostprijs
Hoekstuk	2	0,48 euro
Profiel	5 (m)	23,23
Kunststof plaat	1	3 euro
Hout	1	3,50 euro
Elektronica	n.v.t.	10 euro
Zonnepaneel	1	20 euro
Schroeven	8	0,56
Totaal 1 frame		€60,77 (61)

Omdat in het product uiteindelijk drie frames worden gebruikt moet de kostprijs nog keer drie worden gedaan, dit komt neer op een inkoopprijs van €183,-

MATERIAAL

De materialen die in dit product worden gebruikt zijn vrij eenvoudig te verkrijgen. Hieronder worden de materialen benoemd en argumentatie rondom het materiaal.

Kunststof

De hoekstukken bestaan uit kunststof spuit gegoten PP. Dit materiaal is gekozen omdat dit goed tegen uv-licht en vocht kan. Uit CES-Edupack en Solidworks blijkt dat dit materiaal erg sterk is en het genoeg flexibiliteit bevat om eventuele stoten te kunnen weerstaan met mogelijk als resultaat een deuk, dit zou in principe niks moeten uitmaken voor de gehele constructie.

Hout

Het houten paneel bevindt zich aan de achterzijde van het product. Het doel van dit materiaal is vooral de esthetiek van het product verbeteren. Het hout wordt behandeld om alle weersomstandigheden te kunnen weerstaan. En zal waarschijnlijk gevormd worden uit multi- of triplex. De maximale dikte van de plaat wordt 5 mm en zal voornamelijk alleen voor de consument vanaf het balkon te zien zijn.

Kunststof

De kunststof plaat tussen het hout en de zonnepanelen geeft genoeg ruimte en speling voor elektronica. Tevens helpt dit product met de stevigheid van het totale product. Ook deze plaat zal bestaan uit het materiaal pp. Dit is een simpel onderdeel en dient vooral voor het hechten van de zonnepanelen en het verbeteren van de algemene constructie. Deze plaat geeft wat damping en is makkelijk bewerkbaar.

Aluminium

Aluminium wordt gebruikt in de profielen van het frame. Dit wordt niet alleen gebruikt in het frame van de zonnepanelen maar ook in het buitenste frame van het product. Dit materiaal is afkomstig van Bacron zij gebruiken aluminium 6061 voor hun profielen. Dit is stevig en lichtgewicht het is daarom ideaal voor het maken van producten die stevig kunnen zijn en uiteindelijk veel minder wegen dan een stalen constructie.

Zonnepaneel

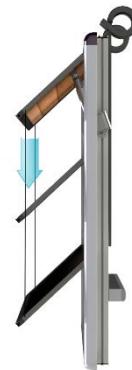
Het zonnepaneel wat gebruikt wordt in het product kan bestaan uit een aantal verschillende materialen. De algemene term voor deze materialen is amorf. Deze panelen kunnen bestaan uit CIGS oftewel koper, indium, pallium en selenide, deze materialen hebben een hoger rendement en zijn milieuvriendelijker. Door de keuze van dit materiaal is het niet alleen mogelijk om het zonnepaneel te buigen maar is de totale dikte van zo'n paneel maar 3 mm. Dit superdunne paneel is ideaal voor ons concept omdat het een hoog rendement heeft, een dun paneel is en een laag gewicht heeft.

STERKTE/STIJFHEID

Het bovenste paneel heeft in principe de meeste krachten te verdragen. De twee panelen die hieronder hangen, hangen letterlijk aan het bovenste paneel.

Het is daarom belangrijk om te achterhalen of het aluminiumprofiel sterk genoeg is om het geheel te kunnen dragen.

Om uit te zoeken of dit inderdaad het geval is zijn de sterkte berekeningen uitgevoerd op het profiel wat zich aan de zijkant van het zonnepaneel frame bevindt. Dit profiel moet de meeste krachten weerstaan.



Voor de berekeningen is een kracht gehangen aan het profiel van 150 N. Deze kracht komt overeen met het gewicht van beide panelen, hiervoor is gekozen om er zeker van te zijn dat het product grotendeels intact blijft mocht een van de kabels breken of losschieten.

Verplaatsing De maximale verplaatsing in het product is 1.3 mm. Dit gebeurd alleen als al het gewicht aan 1 kant zou worden gehangen. De verplaatsing zal nog verder afnemen als in het profiel nog de zonnepanelen, kunststof backplate en hout zijn geschoven.	
	Maximale verplaatsing: 1,3 mm
Stress De maximale stress die zich mag voordoen in het onderdeel is de yield strength van 5.515^e+007 .	
	Maximale stress: $2.037^e +007$ N
Safety-factor De safety-factor is door het gehele product nagenoeg gelijk. Ook deze factor geldt voor het hangen van het complete gewicht aan een kant. Mocht dit ooit voorkomen dan kan het profiel dit nog aan met een safety-factor van 1.5. Wordt de helft van het gewicht aan het profiel gehangen dan is de safety-factor 3.2. (Normale situatie).	
	Minimale safety-factor: 1.5

PRODUCTIETECHNIEK

Het onderdeel bestaat uit verschillende onderdelen die aan elkaar worden geschroefd door middel van m8 schroeven en koppelstukken.

De grotere onderdelen zijn van aluminium en de koppelstukken worden geproduceerd vanuit kunststof (ook bekend bij Bacron).

De aluminium profielen worden gemaakt doormiddel van extrusie, dit is een proces waarbij het materiaal (in dit geval aluminium) door een mal wordt geperst waardoor het mogelijk is profielen te produceren op elk gewenste lengte. Daarnaast kunnen door het juist vormen van de mal holtes gecreëerd worden die niet mogelijk zijn bij het sputtigieten.

Dit is een effectief en relatief goedkope manier voor het produceren van profielen.



De hoekstukken worden gevormd door matrijzen in een sputtigietmachine. Deze methode wordt vaak toegepast bij grotere seriegroottes. De grootte van onderdeel, serie en vorm van het onderdeel bepalen of het nuttig is om deze methode te gebruiken.

Voor de hoekstukken sputten is het een passende methode omdat per

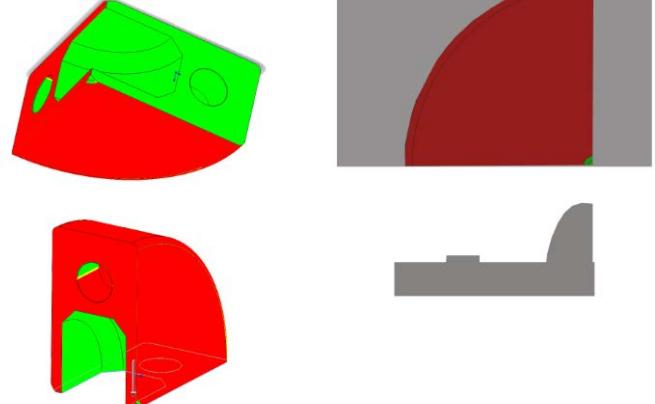
product 6 hoekstukken in de assembly zitten. De minimale rendabele serie grootte van 100.000 stuks wordt al bereikt bij een verkoop van ongeveer 17.000 producten.

Verdere productietechnieken die worden toegepast in het product zijn vrij simpel. Het op maat zagen van de houten planken en het knippen of snijden van de zonnepanelen zijn de twee meest simpele productiemethodes.

LOSSINGEN HOEKSTUKKEN:

De hoekstukken worden geproduceerd door middel van spuitgieten. In afbeelding xxx is te zien op welke manier dat dan wordt gedaan. Hierop is de draft analysis te zien en de matrijs deling.

Zoals de matrijs deling nu eruit ziet moet er 1 schuif worden geplaatst voor het horizontale gat voor de bout die daardoor heen moet. Verder zijn de hoekjes die wel in de vorige versie aanwezig waren weggehaald met de matrijs en schuiven.



In de draft is een lossing aanwezig van een halve graad. Voor het horizontale gat loopt de draft vanuit het vlak waaraan het profiel wordt bevestigd.

Afbeelding 70: Lossing hoekstuk

TOLERANTIES HOEKSTUKKEN:

Omdat met spuitgieten het product altijd wat veranderd is ook gekeken naar de toleranties die dit product moet hebben wil het in de meeste gevallen passen. Nou hoeft dit onderdeel niet in een ander kunststof onderdeel wel moet er een m8 schroef doorheen passen. Deze moet met het lichaam van de bout door het hoekstuk heen kunnen maar moet met de kop van de bout niet verder kunnen dan het hoekstuk zie afbeelding 70.

Dit betekent dat:

Minimale grootte van gat	7,35 mm
Maximale grootte van gat	12 mm

Omdat deze hoekstukken worden gespoten uit het materiaal pp moet worden gekeken naar groep D uit de presentatie tabel.

Uit de tabel blijkt dat voor het materiaal pp met een normale tolerantie (klasse III) een tolerantiepercentage van 0,6 % moet worden aangehouden.

Verwerkingstoleranties							
$\pm [\%]$	0,050	0,075	0,10	0,15	0,20	0,30	0,6
Groep A	I	II	III				
Groep B		I	II	III			
Groep C			I	II	III		
Groep D				I		II	III
Groep E					I	II	III

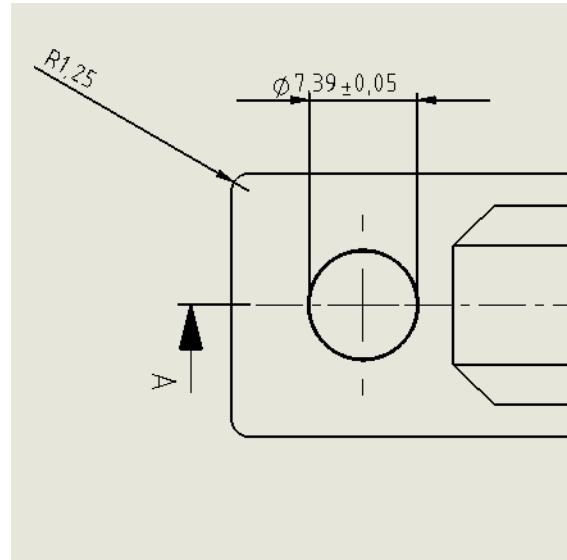
Klasse I	= precies
Klasse II	= nauwkeurig
Klasse III	= normaal

Dit betekent dat de minimale gat grootte in het hoekstuk moet zijn:

Minimale grootte van gat	7,35 mm	+0,6%	7,39mm
Maximale grootte van gat	7,39mm	+0,6%	7,44 mm
Tolerantie	0,05 mm		

De grootte van het gat moet worden afgemeten op 7.8 mm. Dit formaat zorgt voor genoeg speling naar binnen toe (kleiner) en heeft genoeg speling naar buiten toe (groter) om nog steeds onder de maximale 12 mm te zitten. Deze toleranties worden meegenomen bij het maken van de technische tekeningen van de hoekstukken zie ook afbeelding 71.

Voor het complete profiel geldt hetzelfde verhaal. Ook hierbij moet rekening gehouden worden met de toleranties van het materiaal. Wat voorkomen moet worden is dat de hoekstukken teveel gaan uitsteken ten opzichte van het profiel. Dit houdt in dat het profiel niet groter mag zijn dan 19x32,43.



Afbeelding 71: Technisch detail hoekstuk

Ook hiervoor geldt dat er een tolerantie is van 0,6%.

Hoogte van profiel

Minimale grootte van profiel	16,92 mm	+0,6%	17,02 mm
Theoretische grootte van profiel	17,02 mm		
Maximale grootte van profiel	17,02 mm	+0,6%	17,12 mm
Tolerantie	0,10 mm		

Breedte van profiel

Minimale grootte van profiel	29,54 mm	+0,6%	29,72 mm
Theoretische grootte van profiel	29,72 mm		
Maximale grootte van profiel	29,72 mm	+0,6%	29,90 mm
Tolerantie	0,28 mm		

Met de bemating zoals die nu is kan het profiel te groot worden. Om dit te voorkomen worden de maximale maten van 19x32,43 ingesteld als de max afmeting + toleranties.

Hieruit volgt

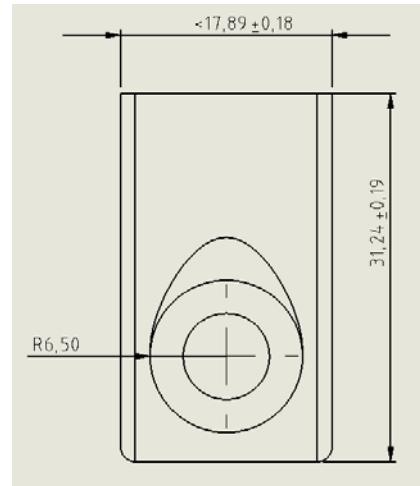
Hoogte van profiel met als maximale maat 19

Minimale grootte van profiel	17,78 mm	+0,6%	17,89 mm
Theoretische grootte van profiel	17,89 mm		
Maximale grootte van profiel	17,89 mm	+0,6%	18 mm
	Tolerantie	0,11 mm	

Breedte van profiel met als maximale maat 31,43

Minimale grootte van profiel	31,05 mm	+0,6%	31,24 mm
Theoretische grootte van profiel	31,24 mm		
Maximale grootte van profiel	31,24 mm	+0,6%	31,43 mm
	Tolerantie	0,19 mm	

Dit houdt in dat de maten die moeten worden genomen in de technische tekening neerkomen op een hoogte van 17,86 en een breedte van 30,48. Met deze maten zal het hoekstuk nooit groter worden dan het profiel. Uiteraard zullen ook deze lengten worden meegenomen in de technische tekening zie afbeelding 72.



Afbeelding 72: Technisch detail hoekstuk

HOEKSTUK MODEL

Om er zeker van te zijn dat het hoekstuk met de theoretische lengten van 18x31,43 mm zou passen is er een model ge3dprint. Uit dit model kon worden opgemaakt of alles mooi in elkaar overliep, of het allemaal zou passen en hoe dit in het uiteindelijke model eruit zal kunnen zien.

Het model dat is geprint is een aangepaste versie. Deze is solide en bevat geen lossing of toleranties omdat een 3Dprinter heel nauwkeurig kan printen met betrekking tot maten.

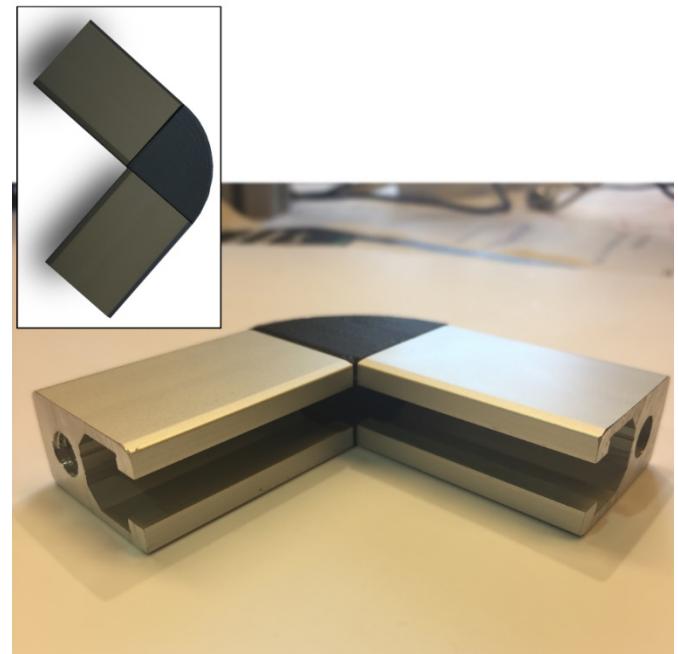
Het materiaal wat hier voor is gebruikt is PLA. Dit materiaal heeft als voordeel dat het weinig krimpt, veel kracht kan weerstaan en een relatief "mooie" oppervlakte heeft.

Voor het model zijn de test stukken van het profiel N0161 en originele bouten gebruikt. In het uiteindelijke model zullen deze onderdelen er op dezelfde manier uitzien en deze eerste print was ook gelijk een goedkeuring om nog 5 van deze onderdelen te printen voor het model.

Voordat dit model in elkaar kon worden gezet zijn de gaten in het aluminium profiel getapt en is de opening van het geprinte hoekstuk iets verbreed omdat hier een aantal lagen steunmateriaal is was geprint.

Na dit alles kon het model gemakkelijk en stevig in elkaar worden gedraaid. Uiteindelijk ziet het er dan uit zoals in afbeelding 73 te zien is.

Om een idee te geven hoe een zwart hoekstuk eruit zal zien in combinatie met zwart geanodiseerd aluminium is een kleiner render aan gepast in Photoshop om een idee/beeld te geven hoe het uiteindelijke ontwerp eruit zal zien.



Afbeelding 73: Model hoekstuk

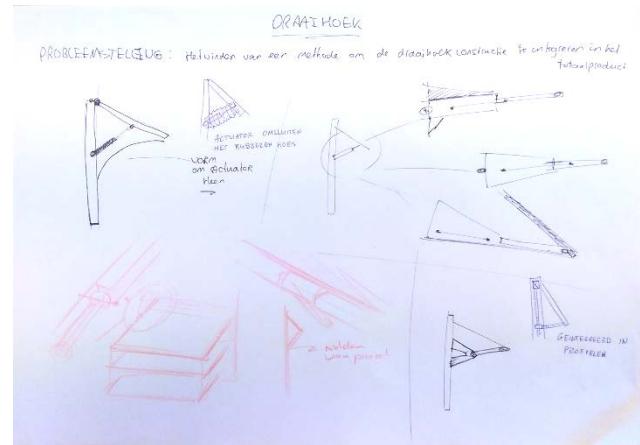
7.4 HELLINGSHOEKMECHANIEK (REINDERT)

Binnen ons product werk ik alles met betrekking tot het hellingshoekmechaniek. Hierbij hoort de actuator en de besturing hiervan. Omdat de gebruiker geen directe interactie heeft met het hellingshoekmechaniek, werk ik voor de ergonomie de interface uit voor de app waarmee de gebruiker de opbrengst van het product bijhoudt. Daarnaast moet de besturing van het mechaniek beschermd worden voor het weer. Hiervoor ontwerp ik een behuizing.

BRAINSTORM

Zoals hiervoor genoemd is hebben we voor de brainstorm de X-3-5 methode gebruikt. In deze methode worden problemen gesteld en tekent ieder drie oplossingen voor de probleemstelling. Na vijf minuten geeft iedereen zijn probleem door, waarna je voor andermans probleem drie oplossingen tekent.

Het probleem waar ik mee zat was het wegwerken of integreren van de lineaire actuator in het product (zie afbeelding 74). De actuator an sich is een heel erg technisch vormgegeven product, wat niet altijd even gewenst is.

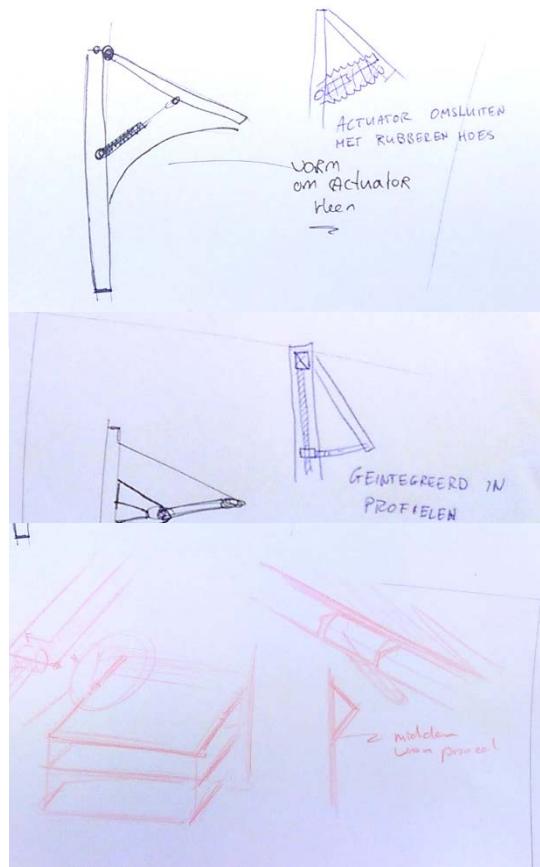


Afbeelding 74: Brainstorm actuator

Deze oplossingen zijn naar voren gekomen:

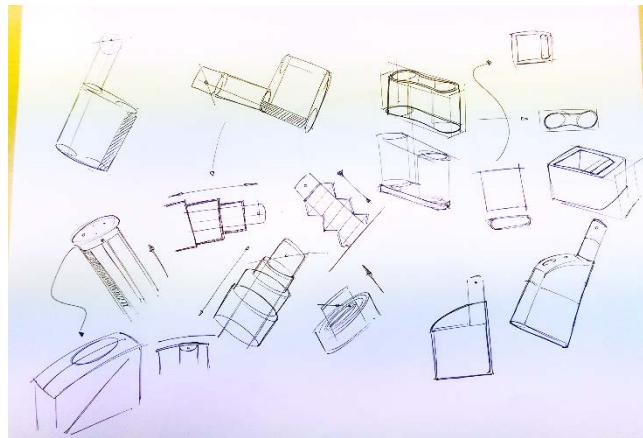
- Het verbergen van de actuator door er een vorm omheen te ontwerpen
- Het verbergen van de actuator door het te omsluiten met een rubberen hoes (harmonica)
- Het schrappen van de actuator en door middel van een schroefstang in het profiel, het mechaniek integreren
- De vormintegratie van de actuator stimuleren door het toevoegen van een vorm aan of bij de actuator
- De actuatoren verplaatsen van de zijkanten van het paneel naar het midden.

Wat niet in de brainstorm naar voren is gekomen is het ontwerpen van een nieuwe behuizing voor de actuator. Voor de tool Vormgeving heb ik besloten om dit te doen.



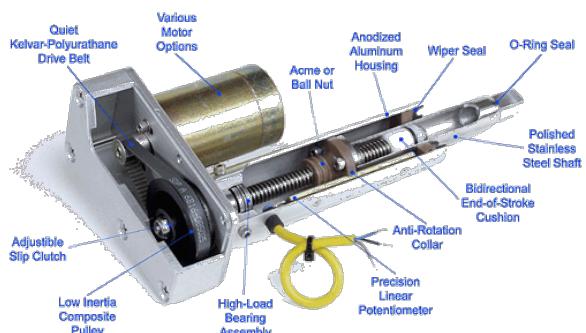
VORMGEVING

Eerder in dit hoofdstuk zijn enkele collages te zien met bijvoorbeeld producten waar aluminium als esthetisch element is toegepast. Daarnaast staat er ook een collage met elementen die ons aanspreken en die we terug willen laten komen in onze vormtaal. Een van de elementen die mij aansprak in het kader van de actuator was de douchekraan. De zwarte accenten passen goed bij de zwarte eindkapjes van Norcan. De combinatie met het matte aluminium maakt het geheel onopvallend maar toch mooi in zijn simpelheid. Het matte aluminium en de zwarte accenten zullen dus in ieder geval terugkomen in de vormgeving van de actuator.



De actuator is in principe een combinatie van een stang, een elektrische motor en een vertraging in de vorm van een set tandwielen (zie afbeelding 75). Door deze onderdelen te omsluiten met vormen die op elkaar aansluiten kan het geheel al een stuk mooier gemaakt worden.

Ik heb ervoor gekozen om de motor en een deel van de stang in één vorm te omsluiten. Door de nadruk op het ontwerp op de verticale lijnen te houden worden de onderste vorm en de stangbehuizing al beter geïntegreerd. Door de zwarte accenten in het ontwerp te betrekken krijgt het net iets meer definitie en is het geen saai blok aluminium. Hierdoor wordt het een bescheiden strak ontwerp met een technische vormtaal.



Afbeelding 75: Open aanzicht actuator

Verder moet er nog een behuizing voor de aansturing van de actuator worden ontworpen. Voor de aansturing van de actuator kiezen we voor een *Arduino* (zie afbeelding 76). Dit is een module die te gemakkelijk te programmeren is met simpele software. Deze optie gebruiken we voor de eerste batch van *Shifting Solar* installaties. Bij grotere belangstelling voor het product kan er gekeken worden naar het ontwerpen van een *dedicated* printplaat door een externe partner zoals *Global Electronics* in Haaksbergen.



Afbeelding 76: Arduino

Voor de behuizing van de *Arduino* ga ik voor een simpele kunststof behuizing met kleine designelementen. Omdat het een klein onderdeel is dat zal worden weggestopt achter het paneel is het niet van belang dat er een grote vormgevingsslag overheen gaat.

UITLEG PRODUCT

Het hellingshoekmechaniek verzorgt een van de kerntaken van *Shifting Solar*. Het product wekt zonne-energie op, maar doet dit ook op een zo optimale manier mogelijk. Dit wordt gedaan door de panelen te laten meebewegen met de helling van de zon. Hiervoor gebruiken we een elektrische lineaire actuator en een aansturing door middel van een *Arduino*. Hierbij hoort een behuizing voor de *Arduino* om het te beschermen tegen de elementen.

ERGONOMIE

Omdat er geen ergonomie te pas komt bij de actuator en de besturing maak ik een interface design voor de app waarmee de gebruiker zijn energieopbrengst bijhoudt.

Strategy

Het doel van de app is om de gebruiker inzicht te geven in de opbrengst van zijn *Shifting Solar* installatie en de controle te geven over de instellingen van de installatie. Daarnaast willen we de gebruiker bewust maken van zijn positieve impact op het milieu.

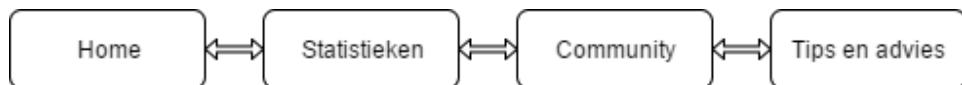
Scope

De app moet:

- De energieopbrengst grafisch weergeven
- De huidige en aankomende weersomstandigheden weergeven
- De gebruiker de mogelijkheid geven om de panelen handmatig te kantelen
- Het huidige voltage in de panelen live weergeven
- De terugverdientijd weergeven
- Weergeven waar nog meer *Shifting Solar* installaties hangen in Nederland
- De gebruiker hulp en service bieden wanneer nodig

Structure

Voor de app hebben we gekozen voor een opzet met vier panelen waar doorheen geswiped kan worden. Dit zijn de kernfuncties van de app. De kopjes instellingen, mijn installaties en hulp & service vallen onder het menu dat losstaat van de vier panelen. Hiervoor is gekozen omdat dit vandaag de dag in apps gebruikelijk is.



Wanneer binnen Mijn Installaties een andere beheerde installatie geselecteerd wordt, veranderen de vier panelen mee zodat ze de relevante informatie voor de geselecteerde installatie tonen.

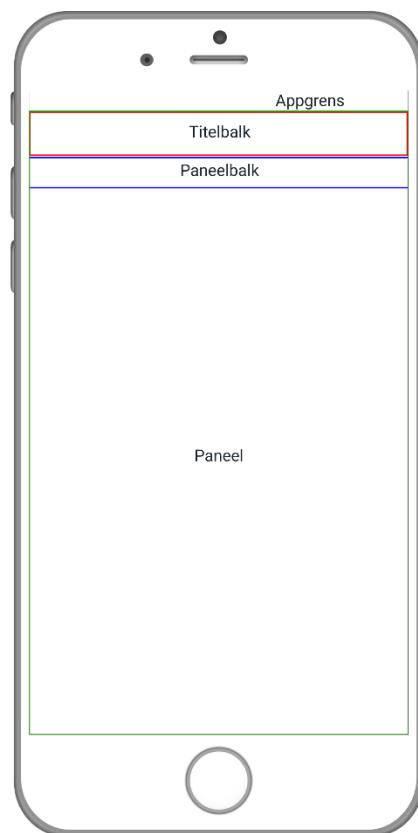


Skeleton

De app kent enkele stramieren. De appgrens is het hele scherm minus de statusbalk die op zowel iOS als Android telefoons altijd zichtbaar zijn. Vervolgens komt van boven naar beneden de titelbalk, paneelbalk en het paneel.

In de titelbalk zal altijd de naam *Shifting Solar* staan. In de paneelbalk staan de titels van alle mogelijke panelen op een rij, met een kleurverloop aan de randen van het scherm. Hiermee wordt de suggestie gewekt dat de balk verder doorloopt, waardoor de gebruiker weet dat er nog meer panelen zijn. Dit wordt duidelijker in de surfacelaag.

Uiteindelijk wordt de rest van het scherm gevuld met het paneel. Hier wordt alle kerninformatie weergeven zoals het weer, de opbrengst en statistieken.



Surface

Voor de surface is gekozen voor een donkere interface volgens de laatste trend, de flat en minimal interface. De accentkleur is warm geel, wat natuurlijk voortkomt uit de associatie met de zon. Het paneel laat meteen alle nodige gegevens zien zonder dat er verder naar beneden gescrolld moet worden.



KOSTPRIJS

Voor de actuator is een geheel nieuwe behuizing ontworpen. Dit was een vereiste voor de tool Vormgeving en daarnaast moet je je tijdens het ontwerpen niet laten beïnvloeden door gedachtes over de haalbaarheid van een bepaald ontwerp. Helaas is het wel vrij duidelijk dat het produceren van een actuator met een eigen ontworpen behuizing veel prijziger is dan het inkopen van een bestaande actuator. Daarom zullen we dus ook voor een ingekochte actuator moeten gaan. Dit wordt een 12 volt lineaire actuator met een slaglengte (stroke) van 150mm. De goedkoopste die op internet voor winkelprijs te vinden is kost \$26,50 (€23,70) (zie afbeelding 77). Deze actuator ziet er al minder technisch uit dan andere opties op de markt en heeft enige overeenkomsten met het huidige ontwerp.

https://www.aliexpress.com/store/product/Electric-Linear-Actuator-12v-150mm-6-Stroke-1500N-DC-Motor-Linear-Motion-Controller-with-Limit-Switch/913649_32509862178.html

The screenshot shows a product listing for a linear actuator on AliExpress. The product is described as having a stroke of 150mm (6") and a load capacity of 1500N (330lbs). The listing includes a store promotion for a \$4.00 coupon. The total price shown is \$41.99, which includes a 8% off discount from the original price of \$24.38. The listing also mentions shipping to the Netherlands via China Post Registered Air Mail.

Afbeelding 77: Actuator inkoop

In de beschrijving van de actuator is te lezen dat deze ook waterdicht is. Daarom kan deze zonder bescherming op het product gemonteerd worden.

Product Details	Feedback (4)	Shipping & Payment	Seller Guarantees	Report item
Item specifics				
Certification: CE,ROHS	Type: Gear Motor			
Efficiency: IE 1	Construction: Permanent Magnet			
Commutation: Brush	Protect Feature: Waterproof			
Speed(RPM): 4000R/min	Continuous Current(A): 4A			
Output Power: 50w	Voltage(V): 12v DC			
Model Number: yx-03	Usage: Boat,Car,Electric Bicycle,Fan,Home Appliance			
Torque: 1500n 330lbs	colour: sliver white			
stroke: 150mm				
Product Description				
Electric Linear Actuator 12v 50mm(2') Stroke 1500N DC Motor Linear Motion Controller with Limit Switch-1PC				

De *Arduino* heeft een winkelprijs van €20,-. Omdat de eerste batch van *Shifting Solar* producten niet erg groot zal zijn, zal het waarschijnlijk niet mogelijk zijn om deze in bulk in te kopen en te kunnen profiteren van bulkprijzen. <https://store.arduino.cc/arduino-uno-rev3>

Kostprijsberekening

De kostprijs wordt gedaan over het onderste deel van het kastje. Dit noemen we in de berekening het bakje.

Massa: 25 gram	Materiaal: HDPE	Dichtheid: 0,95 g/cm ³
Kleur: zwart	Lengte: 80 mm	Breedte: 120 mm
Wanddikte: 1,5 mm	Kosten engineer: 50 euro/uur	Cavities (holtes): 1
5 machines / operator	Kosten operator: 30 euro/uur	Matrijzenstaal: 4500 euro /ton
Matrijsgewicht: 300 kg	Levensduur: 4526 shots	Aanspuiting: 10 gram

Zoals in de analyse beschreven is, is op 92% van de balkons is toegankelijk om *Shifting Solar* te installeren. Uit onderzoek uit project 2C kwam naar voren dat in Nederland 4920 potentiele klanten zijn. Totaal geeft dit een aantal van: $0,92 \times 4920 = 4526$ installaties en dus 4526 kastjes en dus ook zoveel bakjes.

Via Solidworks is het volume van het bakje berekend. Dit kwam neer op 25358,69 mm³. Omgerekend staat dit gelijk aan 25,4 cm³. De dichtheid van HDPE is 0,95 gram per kubieke centimeter. De massa is de dichtheid maal het volume. Dit geeft een massa van het bakje.

MATERIAALKOSTEN

De materiaal kosten van het onderdeel is de totale optelsom van:

- Gewicht product vermenigvuldigd met materiaalprijs
- Gewicht aansputting (ruwe schatting) vermenigvuldigd met materiaalprijs

De materiaalprijs van HDPE is €1,21 per kilogram (Vraag en aanbod, 2017). De materiaalkosten voor het bakje zijn :

Tabel 35: Materiaalprijs kastje

Gewicht (kg)	Materiaalprijs (€/kg)	Kosten (€)
0,025	1,21	0,0302
0,01	1,21	0,0121
Totaal		0,0423

BEWERKINGSKOSTEN

Voor het bepalen van het uurtarief van een machine en de sluitkracht die daarbij hoort moet het slagvolume bekend zijn. Het slagvolume kun je berekenen met de volgende formule:

slagvolume = gewicht totaal ÷ (dichtheid × holtes). Dit was al berekend door SolidWorks op 25 cm³ (gezien er maar 1 holte in de matrijs is).

Machinetype	40/150	90/350	200/800	350/1300	1120/2100
Sluitkracht (kN)	150	350	800	1300	2100
Slagvolume (cm ³)	36	67	139	352	495
Uurtarief (€/hr)	16	20	25	35	40

Tabel 36: overszicht van machinetypen, en machinespecificaties

Het bakje wordt dus sputtgegoten met de eerste optie en het kleinste slagvolume.

Uit de tabel volgt dat het uurtarief voor de machine €16,- is. Daarnaast is de sluitkracht van de machine 150 kN.

Elk onderdeel van sputtgieter heeft een cyclustijd: $T_{cyclus} = T_1 + T_2 + T_3 + T_6$.

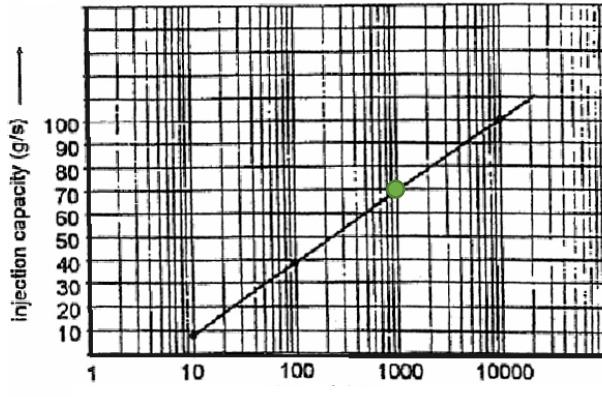
T_1 = Open- en sluittijd matrijs, T_2 = Injectietijd, T_3 = Koeltijd en T_6 = Uitstoottijd.

T_1 - Het uur tarief van deze machine is €16,-. Er is een sluitkracht nodig van 150 kN. Met deze berekening hoort een Open- en sluittijd (T_1) van 1,75 seconden.

Sluitkracht (ton)	100	200	300	400	500	650	800
Open- en sluittijd (s)	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5

Tabel 37: Open- en sluittijd

T_2 - Het shotgewicht van het onderdeel is **25 gram**. Uit Tabel 4 kunnen we de injectie-capaciteit aflezen. Dit geeft een injectiecapaciteit van **20 g/s** en dus injectietijd (T_2) van $\frac{25}{20} = 1,25$ seconden.



Tabel 38: Injectiecapaciteit

T_3 - Voor de koeltijd (T_3) gebruikt men de vuistregel: $T_3 = 2,2 \times d^2$ (d is nominale wanddikte). Daaruit volgt dus dat $T_3 = 2,2 \times 1,5^2 = 4,95$ seconden.

T_6 - De uitstoottijd T_6 is afhankelijk van het machinetype en het aantal schuiven (kernen) voor ondersnijdingen. Omdat er een gat in het bakje zit voor de kabels, wordt er gebruik gemaakt van één schuif. Omdat er een sluitkracht van 150 ton nodig is, is de uitstoottijd $T_6 = 3,5$ seconden.

Sluitkracht (ton)	100	200	300	400	500	600	700
Geen kernen	0	0	0	0	0	0	0
Eenvoudige kernen	3	4	5	6	7	8	9
Dubbele kernbeweging	5	6	8	9	10	12	14
Drievoudige kernbeweging	6	8	10	12	14	16	18

Cyclustijd en kosten

De totale tijd om de band te sputtigieten is: $1,75 + 1,25 + 4,95 + 3,5 = 11,45$ seconden

Totale machinekosten per product: $(Cyclustijd \div 3600) \times uurtarief\ machine$

De machinekosten voor de band zijn : $11,45 \text{ seconden} \div 3600 \times €16 = €0,0589$ per uur.

Mankosten per shot = $(cyclustijd \times mantarief) \div \text{aantal machines per operator}$

Mankosten per band: $\frac{11,45 \div 3600 \times €30}{5} = €0,0191$.

MATRIJSKOSTEN

De kosten voor een matrijs komen voort uit een aantal factoren en processen. Deze zijn:

- Materiaal kosten
- Uren voor het uithollen
- Uren voor de ombouw
- Uren proefspuiten en montage
- Uren voor het ontwerpen van de matrijs

MATERIAAL KOSTEN

De materiaalkosten staan gelijk aan het aantal kilo's staal wat nodig is om een matrijs te maken. Matrijzenstaal kost ongeveer €4500,- per ton. De matrijs die wordt gebruikt om de band te sputtigelen heeft een gewicht van 150 kilogram. De prijs van het staal is: $0,15 \times 4500 = €675$. Er worden ongeveer 4526 shots geleverd uit deze matrijs. De prijs van het materiaal per product/shot is: $675 \div 4526 = €0,149$.

CONSTRUCTIE KOSTEN

Om de constructiekosten te berekenen moet er eerst een tabel worden ingevuld.

Deze punten in combinatie met het oppervlakte geven samen een schatting van de uurinhoud voor de matrijs. Het oppervlakte van het onderdeel is: $110 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} = 1650 \text{ cm}^2$.

11. Vorm	1. Omtrek	Cilindrisch (glad) Cilindrisch (niet glad) Rechthoekig ongedefinieerd		1 2 3		
	2. Inwendige structuren	aantal	Gering Normaal Aanzienlijk	1 2 3		
		grondvorm	Gering Normaal Aanzienlijk	1 2 3		
	3. Schuiven	Geen Eén Meerdere		1 2 3		
	4. Afknijpvlak	Geen Eén Meerdere		1 2 3		
2. Toleranties	Niet functioneel, normaal Nauwkeurig Zeer nauwkeurig			1 2 3		
3. Oppervlakte gesteldheid	Geen eisen (inbouwarticel) Normaal (toonbankartikel) Bijzonder (hoogglans, lenzen, schalen)			1 2 3		
Oppervlakte van één product	353 cm ²		Totaal	13 punten		

Tabel 39: Puntentelling sputtigelen matrijs

In de tabel *uurinhoud matrijkosten* staan het aantal uren dat nodig is voor het bouwen van een matrijs. Deze tabel is aangeboden tijdens de lessen. Uit de tabel uit de powerpoint blijkt dat er maximaal 241 uren nodig zijn voor deze matrijs. Per bakje is dit $\frac{241 \times €30}{4526} = €1,597$.

OMBOUW KOSTEN

Om achter de ombouw kosten te komen zal er weer een puntenschema moeten worden ingevuld. Het totale oppervlakte is weer 353 cm^2 . Uit Tabel 40: *ombouw* blijkt dat het bakje 7 punten scoort.

Ombouw			punten
Aanspuiting	Normaal	Centraal op één plaats Op meerdere plaatsen Ringvormig, hot runner	<u>1</u> 2 3
Aanspuiting verwijderen	Handmatig Automatisch	Op één plaats	<u>1</u> 2
Uitstoten	Normaal Voorzichtig	Dunwandige, hoge producten Oppervlakte per product > 100 cm ²	1 2 <u>2</u>
Mechanieken	Geen Schuif extern Schuif intern Schroefinrichting		1 <u>2</u> 3 3
Koeling/verwarming	Normaal Speciaal	Hot runner Oppervlakte per product > 100 cm ²	1 2 <u>2</u>
Sterkte	Normaal Speciaal	Hoge producten Oppervlakte per product > 100 cm ²	1 2 <u>2</u>
Oppervlakte van η producten	<u>353</u> cm ²	Totaal	<u>10</u> punten

Tabel 40: *ombouw*

Tabel *ombouw uurinhoud* (aangeboden tijdens de lessen) geeft het aantal uren dat nodig is om deze matrijs om te bouwen. Na het aflezen van de tabel (in de powerpoint) krijgen we het gegeven dat het maximaal 166 uur kost. Per bakje is dit $\frac{166 \times €30}{4526} = €1,100$.

PROEFSPUIT- EN MONTAGEKOSTEN

Door de punten van de holte bij elkaar op te tellen en deze te vergelijken met het oppervlakte en de punten van de ombouw komt er een schatting uit die staat voor de uurinhoud van het proefspuiten en monteren van de matrijs. Af te lezen is dat dit maximaal 37 uur zijn. Per bakje is dit $\frac{37 \times (\€40 + \€30)}{4526} = \€0,572$.

Punten voor de holte Oppervlakte cm ²	Punten voor de ombouw						
	8	9	10	11	12	13	14
900-1225	34	35,5	37	38,5	40	41,5	43
10 - 16	1225-1600	44	45,5	47	48,5	50	51,5
	1600-2025	52	53,5	55	56,5	58	59,5
							61

TOTAAL KOSTEN

Het totaal aantal uren bedraagt:

- Uren voor het uithollen 241 uur
 - Uren voor de ombouw 166 uur
 - Uren proefspuiten en montage 37 uur
- Totaal = 444 uur
- Uren voor het ontwerpen van de matrijs⁽¹⁾ 0,20 × 444 = 88,8 uur

(1) De vuistregel is: 20% van de uren om de matrijs te bouwen is gelijk aan het aantal uren om de matrijs te ontwerpen.

De kosten per bakje betreft *uithollen, ombouw en montage*: $\frac{444 \text{ uur} \times \€30}{4526} = \€2,94$;

De kosten per bakje betreft *ontwerpen van de matrijs*: $\frac{88,8 \text{ uur} \times \€50}{4526} = \€0,972$

Voor het spuitgieten van het bakje, bestemd voor *Shifting Solar*, zijn de volgende kosten van toepassing. Deze kosten zijn per productje dat wordt gespoten:

5. Kosten voor het materiaal van het bakje	€0,042
6. Kosten voor het gebruiken van de machine	€0,058
7. Kosten voor het personeel dat de machine bedient	€0,019
8. Kosten voor de matrijs, deze bestaan uit:	
a) het materiaal van de matrijs	€0,149
b) - de constructietijd van de matrijs	€1,597
- het ombouwen van de matrijs	€1,100
- het proefspuitgieten en de montage	€0,572
c) de kosten voor het ontwerpen van de matrijs	€0,972
Totaal:	€4,509 per product

Het kost dus 4,50 euro om het bakje te spuitgieten. De factor waarmee dit mee vermenigvuldigd moet worden om achter de winkelprijs te komen is 3,63. De bakje zal dus 16,34 euro kosten bij individuele verkoop.

MATERIAAL

Voor het kastje (zie afbeelding 78) van de *Arduino* moet er een kunststof gekozen worden dat goed tegen constante blootstelling aan de elementen kan. Dit is ook de enige kerntaak van het kastje. Het hoeft verder geen krachten te weerstaan. Volgens CES Edupack (2016) hebben polycarbonaat en polyethyleen als enige gangbare kunststoffen een redelijke weerstand tegen UV-blootstelling. PC is duurder (€3,60/kg) dan PE (€2,03/kg) en kan meer kracht weerstaan. Omdat dit niet nodig is in het kastje kiezen we voor PE. Binnen de kunststof PE kiezen we voor HDPE (high density) omdat dat bruikbaar is voor het sputtigieten van producten (LDPE wordt gebruikt voor dunne film).



Afbeelding 78: Kastje Arduino

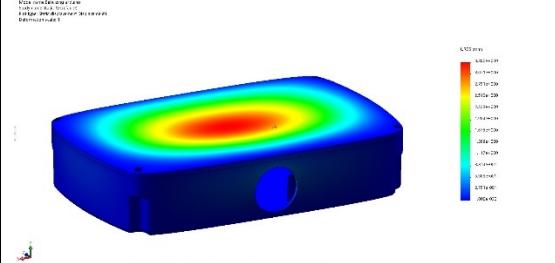
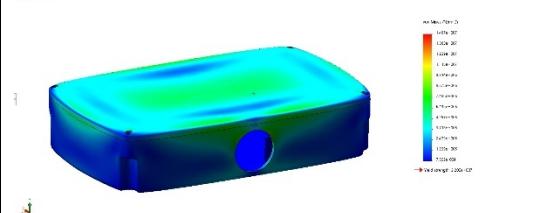
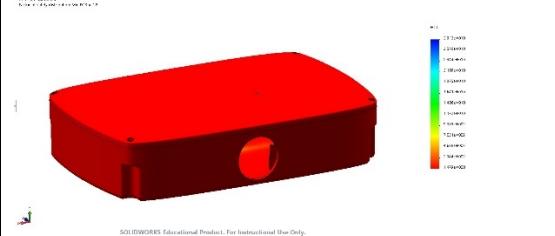
Zoals hiervoor beschreven heeft het kastje een rand in de sluiting van het deksel waarmee het waterbestendig is tegen regen. Omdat er wel een gat moet zijn waar de stekkers van de bedrading doorheen kunnen komen er een kapje in dat gat dat alle opspattende regen tegenhoudt. Deze is niet volledig waterdicht en zit daarom aan de onderkant van het kastje. Zo kan er geen water inlopen. Dit kapje moet van een flexibel materiaal gemaakt worden zodat de stekkers er bij installatie doorheen gedrukt kunnen worden, waarna het kapje zichzelf weer sluit. Hiervoor is gekozen voor het flexibele ethyleen vinyl acetaat (EVA). EVA is goed bestand tegen UV-blootstelling en goedkoper (€2,22) dan siliconen (€5,05).

STERKTE/STIJFHEID

Zoals eerder beschreven komen er geen lasten op het kastje. Deze hangt achterop één van de zonnepanelen en beschermt de *Arduino* tegen de weersomstandigheden. De enige last die het kastje zou kunnen beschadigen is een belasting wanneer het kastje nog niet op de panelen geïnstalleerd is. Tijdens het assembleren van het product kan het voorkomen dat iemand per ongeluk een beetje leunt op de kastje of dat er een onderdeel op komt te liggen. Dit moet het kastje natuurlijk wel kunnen weerstaan.

Omdat de belasting op het geïnstalleerde kastje te verwaarlozen is, wordt de sterkte- en stijfheidberekening gedaan met de tweede situatie die hiervoor beschreven is. De berekening wordt gedaan met een belasting van 10 kg. Hiermee kan gegarandeerd worden dat het kastje zowel een kleine belasting, zoals een onderdeel dat op het kastje komt te liggen, aankan en dat het ook een grotere belasting, zoals een belasting doordat de gebruiker per ongeluk een beetje op het kastje leunt, aankan. Garantie dat de gebruiker met vol gewicht op het kastje kan leunen is niet reëel voor een kunststof onderdeel van klein formaat en we gaan er vanuit dat een dergelijke situatie niet voorkomt.

In de berekening is het kastje vastgezet op het ondervlak en wordt er een kracht van 100N uitgeoefend op het bovenvlak van het deksel. Het flexibele kapje voor de kabels is niet meegenomen in de berekening omdat het geen structurele steun biedt aan het kastje. Dit leverde de volgende resultaten op.

Verplaatsing De maximale verplaatsing in het kastje is 3,35 mm. Dit komt alleen voor wanneer er een belasting van 10 kg op het kastje komt, wat alleen het geval zou zijn wanneer de gebruiker of een onderdeel tijdens de assemblage op het kastje terecht komt.	 <p>SOLIDWORKS Educational Product, For Instructional Use Only.</p>
	Maximale verplaatsing: 3,35 mm
Stress HDPE heeft een vloeigrens van 22 MPa. Bij deze kracht is er sprake van plastische vervorming. In de berekening is de maximale belasting 14,8 MPa. Dit is ruim onder de vloeigrens en dus kan het kastje een dergelijke belasting weerstaan.	 <p>SOLIDWORKS Educational Product, For Instructional Use Only.</p>
	Maximale stress: 14,8 MPa
Safety-factor De safety-factor is door het gehele product nagenoeg gelijk. De minimale factor of safety in het kastje is 1,5. Gewenst is een safetyfactor van 2 of hoger, maar de FOS van 1,5 komt alleen voor bij een belasting van 10 kg. Deze belasting kan voorkomen maar dit is eigenlijk niet de bedoeling.	 <p>SOLIDWORKS Educational Product, For Instructional Use Only.</p>
	Minimale safety-factor: 1,5

PRODUCTIETECHNIEK

Het kastje voor de besturing wordt spuitgegoten in drie delen: het kastje, het deksel en het flexibele kapje. Hiervoor zijn uiteraard de design rules voor spuitgieten gevolgd.

Wanddikte

Voor PE geldt een minimale wanddikte (T) van 0,8 mm en een maximum van 5,1 mm. Omdat het kastje nauwelijks belast wordt, krijgt het een wanddikte van 1,5 mm. Hierdoor is het wel bestand tegen een ongelukkig stootje maar is er geen sprake van onnodig materiaalverbruik.

Radii

Voor afrondingen geldt een minimale binnenradius van $0,5T$ en een minimale buitenradius van $1,5T$. Voor de gekozen wanddikte van 1,5 mm geldt dus respectievelijk een binnen- en buitenradius van 0,75 mm en 2,25 mm. Alle binnenradii zijn 1 mm of groter en alle buitenradii zijn 2,5 mm of groter.

Lossing

Voor buitenzijden geldt een minimale lossingshoek van 1° . Deze lossing is aangehouden in het kastje.

Matrijsdeling

Zowel het deksel als het bakje kunnen met een simpele tweedeling spuitgegoten worden. Alleen bij het bakje moet gebruik worden gemaakt van een schuif voor de opening voor de kabels.

De aanspuiting van het bakje komt aan de onderkant in het centrum van het bakje, evenals bij het deksel. Hierdoor zit het puntje dat de aanspuiting achterlaat niet in het zicht.

TOTAALPRODUCT

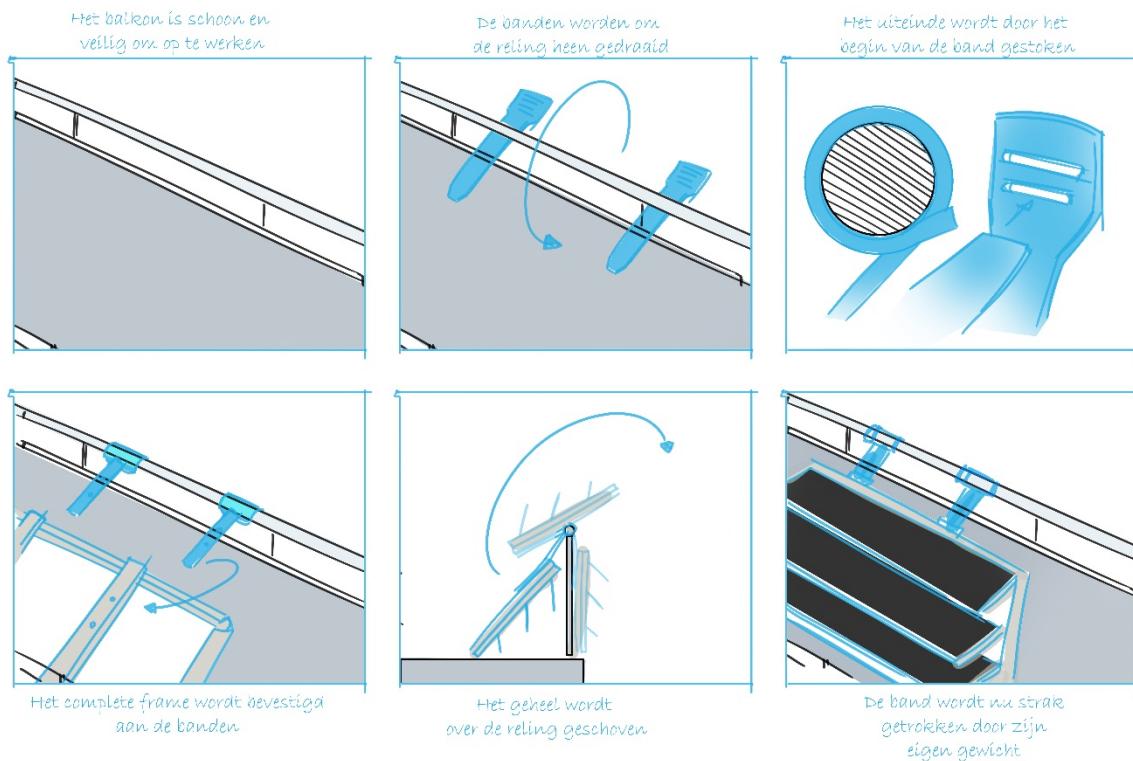
Gebruik van hout in het product

Het gebruik van hout in het product zorgt voor eenheid rondom het balkon. Veel flatbewoners hebben ondanks dat ze geen tuin bezitten wel planten op het balkon staan. Dit zorgt voor het benodigde groen in de betonnen steden. Om het groene te stimuleren en minder industrie toe te voegen aan deze steden wordt gebruik gemaakt van natuurlijke materialen.

Storyboard van bevestiging

In onderstaand storyboard (afbeelding 79) is te zien hoe de installatie van het product zou moeten gebeuren. Met deze methode van installatie wordt de veiligheid in acht genomen en is de kans op fouten het kleinst. Tevens is deze manier het best voor het menselijk lichaam met nadruk op de ergonomie van het product.

Storyboard: bevestiging shifting solar aan balkon



Afbeelding 79: Storyboard installatie

Mooi maken totaal product

Het mooi maken van het product gebeurt doormiddel van materiaal gebruik en de vorm van het product. Aluminium profielen staan er niet om bekend de mooiste en meest natuurlijk ogende materialen te zijn. Dit geeft des te meer reden om voor het uiteindelijke product de vorm mooi te laten opgaan in de omgeving. Oftewel gebruik maken van afrondingen, luchtige vormen, kleuren en de juiste materialen.

FMEA (Failure Mode and Effects Analysis)

Het laatste onderdeel van het deel van het project is het uitvoeren van een FMEA. We hadden dit graag eerder in het project toegepast zodat we de conclusies ook konden toepassen in ons product. Echter was dit planning technisch niet mogelijk. Daarom doen we dit tot slot alsnog en zullen we de conclusie dit staat voor Failure Mode and Effects Analysis (faalwijzen- en gevolgenanalyse). Hier ga je op een systematische manier risico-analyse en kwaliteitsverbetering van processen en producten achterhalen en toepassen. Het doel is het in kaart brengen van alle mogelijke defecten en risico's de bevestigingsband. Op deze manier kunnen we de problemen van en rondom het product in een vroeg stadium aan het licht brengen. Het type FMEA dat gedaan zal worden is een product-FMEA. We kijken naar het product voordat het in productie zal worden gedaan.

Stap 1: Formuleer de opdracht

'Stel een interdisciplinair team (max zes personen) samen met alle expertise benodigd voor de analyse. Omschrijf het onderwerp, het type FMEA en de begrenzingen van de analyse.'

We doen deze FMEA uiteraard met de vier projectsleden. De opdracht is hieronder geformuleerd (zie afbeelding 80):

FMEA - Failure Mode and Effect Analysis		Bedrijf: Hogeschool Windesheim	Pagina:
Product/Proces: Shifting Solar		Kenmerk:	Datum: 01-06-2017
Omschrijf het product of proces¹			
Het product dat bij deze FMEA zal worden genalyseerd is de Shifting Solar. EN dan nader de bevestigingsband, de frameconstructie, de zonnepaneelconstructie en de actuator.			
Omschrijf de begrenzingen van de FMEA²			
We kijken bij dit product enkel naar de vier hierboven beschreven onderdelen van het product. We doen dit omdat ieder teamlid één onderdeel heeft uitgewerkt.			
Opmerkingen			
FMEA Team			
Nr.	Naam	Organisatorische Functie	Code*
1.	Marco van Heerde	Voorzitter	V
2.	Arnold Hubach	Notulist	N
3.	Reindert Abserson	Expert	E
4.	Stijn Eppink	Expert	E
5.			
6.			
<small>¹) V = Voorzitter, N = Notulist, X = Expert, P = Projectleider, K = Klant</small>			
Zijn alle relevante disciplines vertegenwoordigd? Ja/Nee Actie: FMEA samenstellen zonder klant			
Is voldoende verscheidenheid aan kennis en ervaring aanwezig? Ja/Nee Actie:			
Is de klant erbij betrokken? Ja/Nee Actie: FMEA samenstellen zonder klant			
Gewenste resultaten³		Budget	Gereed
<input type="checkbox"/> FMEA Analyse			
<input type="checkbox"/> Aanbevelingen ter verbetering			
<input type="checkbox"/> Implementeren verbeteringen			
<input type="checkbox"/> Rapportage en/of presentatie verbeteringen			

Afbeelding 80: FMEA-formulier

Stap 2: Verzamel informatie

'Verzamel gegevens over de werking en opbouw van het proces of product. Stel een (proces-)schema of tabel op om alle relevante elementen/aspecten van het product of proces mee te kunnen nemen in de analyse.'

De werking van het product is in eerdere onderzoeken in dit verslag al uitgebreid aan bod gekomen. Het lijkt onnodig om dit opnieuw te doen.

Tabel 41: Tabel opzet

Onderdeel/Aspect	Soort balkon (locatie)	Weersom-standigheden	Aantal personen (gebruiker)	Voorkennis/ ervaring	Demonteren
Bevestigingsband					
Constructieframe					
Zonnepanelen					
Actuator					

Stap 3: Bedenk mogelijke faalwijzen

'Stel bij elke stap in het proces of bij elk onderdeel/functie van het product de vraag: "Wat kan hier fout gaan?" Enkele voorbeelden van faalwijzen: breken, kortsluiting, blokkeren, verkeerd om gemonteerd, niet gemonteerd, verwisseld.'

Hieronder hebben we de bovenstaande tabel 42 ingevuld.

Tabel 42: Faalwijzen

Aspect Onderdeel	Soort balkon (locatie)	Weers- situaties	Aantal gebruiker	Voorkennis/ ervaring	Demonteren
Bevestigingsband	Scherpe randen balkon	Glad Uitdrogen door zon	-	Niet snappen hoe de lus werkt	De band zit compleet vast doordat lang in bepaalde positie een gewicht heeft vastgehouden
Constructieframe	Overhangen de balkon waardoor niet goed leunt	Meegenomen door wind (klapperen) Roest door regen	Te weinig mensen die paneel kunnen ophangen/dragen	Niet weten hoe M8 bouten werken	Eerst bevestigingsbanden losmaken voordat paneel wordt opgetild
Zonnepanelen	Incorrecte zonnestandende	Door droogte rendement achteruit	-	Verkeerd aansluiten omvormer	-
Actuator	-	Omvormer toch buiten plaatsen (in plaats van binnen)	-	Niet goed vast schroeven actuator aan panelen	-

Stap 4: Inventariseer mogelijke gevolgen

'Beantwoord bij elke faalwijze steeds de vraag: "Als de faalwijze optreed wat kunnen dan de gevolgen zijn?" Beoordeel de ernst van elk gevolg op een schaal van 1 tot 10.'

Bovenstaande tabel hebben we nu uitgewerkt in de gevallen. Deze gevallen zijn gerangschikt op een schaal van 1 tot 10. 10 is een groot probleem, 1 geeft aan dat de gevallen niet extreem groot zijn. Dit is ook te zien in tabel 43.

Ernst (product)		
Score	Omschrijving	Definitie
10	Gevaarlijk hoog	Falen kan klant of personeelslid ernstig verwonden
9	Zeer hoog	Falen leidt tot het niet langer voldoen aan wettelijke normen en voorschriften.
8	Erg hoog	Door falen raakt het product defect en onbruikbaar.
7	Hoog	Falen leidt tot klanttevredenheid
6	Gemiddeld	Door falen wordt het product gedeeltelijk onbruikbaar of defect
5	Laag	Falen leidt tot klachten van klanten
4	Erg laag	Falen kan gecorrigeerd worden, maar leidt tot minder goede prestatie van het product
3	Minimaal	Falen leidt tot ergernis bij de klant maar hij kan het zelf verhelpen zonder op de prestatie van het product in te boeten
2	Gering	Het falen wordt niet door de klant opgemerkt en heeft slechts een gering effect op de werking van het product
1	Geen	Falen wordt niet opgemerkt door de klant en heeft geen effect op de werking van het product.

Tabel 43: Schaal gevaren/gevolgen

Stap 5: Inventariseer oorzaken en kans van optreden

'Bepaal de mogelijke oorzaken van elke faalwijze. Stel enkele malen de WAAROM vraag. Beoordeel de kans van optreden met een cijfer van 1 t/m 10. Gebruik indien mogelijk gegevens die vorhanden zijn: creëer een specifieke classificatielijst.'

We gebruiken opnieuw de tabel en vullen de frequentie van het falen in. Deze keer is het getal dat de frequentiescore weergeeft onderstrept. Deze score is te zien in tabel 44.

Frequentie (kans op falen)		
Score	Omschrijving	Definitie
10	Extrem vaak (falen is onvermijdelijk)	Meer dan eens per dag of een kans van meer dan 3 op de 10 ($C_{pk} < 0,33$)
9	Zeer vaak	Eens per drie of vier dagen of een kans van 3 per 10 ($C_{pk} \sim 0,33$)
8	Vaak	Eens per week of een kans van 5 per honderd ($C_{pk} \sim 0,67$)
7	Zeer regelmatig	Eens per maand of 1 op de 100 ($C_{pk} \sim 0,83$)
6	Regelmatig	Eens per 3 maanden of 3 per 1000 ($C_{pk} \sim 1,00$)
5	Met tussenpozen	Eens per 6 maanden tot een jaar of 1 op de 10.000 ($C_{pk} \sim 1,17$)
4	Af en toe	Eens per paar of 6 op de 100.000 ($C_{pk} \sim 1,33$)
3	Laag	Eens per een tot drie jaar of 6 per 10.000.000 ($C_{pk} \sim 1,67$)
2	Gering	Eens per drie tot vijf jaar of 2 per 1.000.000.000 ($C_{pk} \sim 2,00$)
1	Nihil (falen is zeer onwaarschijnlijk)	Eens per vijf of meer jaar of minder dan 2 per 1.000.000.000 ($C_{pk} > 2,00$)

Tabel 44: Frequentieschaal

Stap 6: Inventariseer detectiemethode en ontdek-kans

'Welke controles worden momenteel uitgevoerd? Hoe wordt gedetecteerd of een faalwijze gaat optreden? Beoordeel deze methode met een cijfer van 1 t/m 10.'

Om deze FMEA overzichtelijk te houden hebben we ook de gegevens uit tabel 42 samengevoegd in de tabel die op de volgende pagina te zien is. De detectiescore uit tabel 45 is het derde getal dat achter het gevolg is weergegeven.

Detectie (kans op tijdige ontdekking)		
Score	Omschrijving	Definitie
10	Vrijwel uitgesloten	Het product wordt niet geïnspecteerd of het defect is niet te detecteren.
9	Zeer onwaarschijnlijk	Het product wordt steekproefsgewijs gecontroleerd en vrijgegeven op basis van AQL (Acceptable Quality Level).
8	Onwaarschijnlijk	Het product wordt steekproefsgewijs gecontroleerd en vrijgegeven op basis van zero defect steekproef.
7	Erg laag	Het product wordt 100% handmatig gecontroleerd.
6	Laag	Het product wordt 100% handmatig gecontroleerd met go/no-go of een andere vorm van foutpreventie.
5	Gemiddeld	Een vorm van SPC procesbeheersing wordt uitgevoerd en het product ondergaat een eindcontrole off-line.
4	Meer dan gemiddeld	SPC procesbeheersing wordt gebruikt en er is een onmiddellijke reactie op het buiten de regelgrenzen lopen.
3	Waarschijnlijk	Een gekwalificeerde SPC procesbeheersing wordt gebruikt met een $C_{pk} > 1,33$
2	Zeer waarschijnlijk	Alle producten worden 100% automatisch gecontroleerd.
1	Vrijwel zeker	Het defect is duidelijk zichtbaar of er vindt 100% automatische controle plaats met regelmatige ijking en preventieve onderhoud van de controle apparatuur.

Tabel 45: Detectie

Tabel 46: Samengevoegde tabel

Aspect Onderdeel	Soort balkon (locatie)	Weers- situaties	Aantal gebruiker	Voorkennis/erv aring	Demonteren
Bevestigingsband	Band gaat kapot (10) <u>2</u> (10) 200	Band glipt uit handen bij installatie (2) <u>4</u> (10) 60 Ontstaan scheuren in band (7) <u>2</u> (9) 126	-	Het niet kunnen installeren van het product (1) <u>6</u> (10) 60	Band moet geforceerd worden losgemaakt (3) <u>9</u> (9) 243
Constructieframe	Het frame gaat schuin hangen (8) <u>7</u> (7) 392	Het frame gaat klapperen (9) <u>5</u> (5) 90 De safetyfactor wordt lager (6) <u>4</u> (8) 192	Levert gevaarlijke situaties op bij de installatie (6) <u>8</u> (3) 144	Niet kunnen installeren (1) <u>6</u> (8) 48	Frame kan naar beneden vallen (8) <u>1</u> (5) 40
Zonnepanelen	Lage efficiënte en opbrengst (2) <u>4</u> (1) 8	Lage efficiënte en opbrengst (2) <u>4</u> (1) 8	-	Geen opbrengst (4) <u>4</u> (1) 16	-
Actuator	-	Levensduur van de omvormer gaat omlaag (4) <u>4</u> (1) 16	-	De hellingshoek constructie werkt niet optimaal (4) <u>4</u> (5) 80	-

Stap 7: Bereken RPN

'Bereken van elke faalwijze het Risk Priority Number (Ernst x Frequentie x Detectie). Groepeer de faalwijzen naar aflopend RPN: de hoogste RPN bovenaan de lijst.'

In tabel 46 (hierboven) is de RPN te zien onderaan elke cel. Hieronder is alles op volgorde aflopend weergegeven. Het frame gaat schuin hangen

392 – *Het frame gaat schuin hangen door verkeerd type balkon*

243 – *De band moet geforceerd worden losgemaakt omdat er heel lang een groot gewicht aan heeft gehangen*

200 – *De band gaat kapot omdat de reling uit scherpe randen bestaat*

192 – *De safetyfactor van de profielen wordt lager omdat ze gaan roesten na beschadigingen*

144 – *Het ophangen van de installatie levert gevaarlijke situaties omdat de constructie te zwaar is om alleen op te hangen*

126 – *Er ontstaan scheuren in band omdat deze uitdroogt door de zon*

90 - *Het frame gaat klapperen door de wind*

80 - *De hellingshoek constructie werkt niet optimaal door men deze verkeerd vast maakt aan de paneelconstructie*

60 - *Het niet kunnen installeren van het product omdat de lus en de M8 bout verkeerd worden gebruikt*

48 – *Het niet kunnen assembleren van het product daar te weinig kennis voor is*

40 - *Frame kan naar beneden vallen bij het demonteren omdat met de verkeerde onlogische volgorde hanteert.*

.... - '

Stap 8: Welke faalwijzen moeten worden aangepakt?

'Bepaal een RPN waarboven actie zal worden ondernomen. Geef bij elke faalwijze aan of actie zal worden ondernomen om deze te voorkomen.'

Bij deze FMEA zullen we de bovenste vier onderdelen bekijken. Deze vier zijn het belangrijkste. De vierde uit de RPN-lijn (met 192 punten) hebben we niet in de hand omdat het over het roesten van het aluminiumprofiel gaat. Daarom zullen onderstaande drie faalwijzen worden verbeterd.

- 392 – *Het frame gaat schuin hangen door verkeerd type balkon*
- 243 – *De band moet geforceerd worden losgemaakt omdat er heel lang een groot gewicht aan heeft gehangen*
- 200 – *De band gaat kapot omdat de reling uit scherpe randen bestaat.*

Stap 9: Acties om de RPN te reduceren

Voor alle drie de situaties zullen we nu kijken we deze kunnen oplossen.

Faalwijze 1: Het frame gaat schuin hangen door verkeerd type(overhangend) balkon

In eerste instantie: kan de faalwijze geëlimineerd worden?

- Door het product nog universeler te maken, door het mogelijk te maken dat het product ook onder een schuine hoek goed en veilig werkt. Dit kan worden gedaan door het product een variabele driehoek constructie te geven. Het maakt het product wel complexer en duurder.

Daarna: kan de kans van optreden gereduceerd worden?

- Als het balkon schuin (lees: overhellend) is, dan is dat een gegeven waar je mee moet werken. De gebruiker moet sowieso vóór de aanschaf al goed kijken of de *Shifting Solar* wel geschikt is voor haar balkon. Het is mogelijk om hier als verkoper van dit product harde eisen aan te stellen. De gebruiker moet bewijzen dat het balkon geschikt is voor het product. Nadat dit is gedaan mag het product pas worden aangeschaft.

Tenslotte: vergroten van de kans op detectie of het beperken van de gevolgen.

- Hier kom je weer terug op echt vorige punt: strenge regels stellen bij de aanschaf van het product. Óf heel duidelijk naar de gebruiker communiceren (vóór de aanschaf) voor welke locaties de *Shifting Solar* precies voor bedoeld is.

Faalwijze 2: De band moet geforceerd worden losgemaakt omdat er heel lang een groot gewicht aan heeft gehangen

In eerste instantie: kan de faalwijze geëlimineerd worden?

- Het weghalen van deze faalwijze is niet mogelijk. Je hebt te maken met een gewicht wat aan een band hangt. Dat is een gegeven dat gewoon gerespecteerd moet worden.

Daarna: kan de kans van optreden gereduceerd worden?

- Er zou nog kritisch naar het materiaal kunnen worden gekeken. Nu is er een type TPE gekozen dat aansluit bij de gewenste eigenschappen. Echter zal dit ook nog als eis worden toegevoegd aan de materiaaleisen waardoor er wellicht een ander type TPE naar voren komt (in plaats van het huidige TPU)

Tenslotte: vergroten van de kans op detectie of het beperken van de gevolgen.

- Een band die een aantal jaar strak gespannen staat is een gegeven waar je iet omheen kunt. Je kunt het wel detecteren maar je hebt er niets aan. Daarom kunnen gevolgen niet beperkt worden. Maar voorgaande kopjes lieten zien dat het wel gereduceerd kan worden.

Faalwijze 3: De band gaat kapot omdat de reling uit scherpe randen bestaat.

In eerste instantie: kan de faalwijze geëlimineerd worden?

- Er zou een veiligheidsmateriaal tussen de band en de reling kunnen worden geplaatst om te zorgen dat de (eventueel aanwezige) scherpe randen niet in direct contact komen met de band. Er zou ook kunnen worden gekeken naar een speciaal, extra bevestigingstype die uitsluitend voor vierkante relingen wordt gebruikt. Echter is uit ons onderzoek gebleken dat slechts 8,33% van alle balkons niet geschikt is wat betreft de reling.

Daarna: kan de kans van optreden gereduceerd worden?

- Hier kom je weer terug op de materiaalkeuze van de band. Zie de oplossing van de vorige faalwijze.

Tenslotte: vergroten van de kans op detectie of het beperken van de gevolgen.

- Een reëel optie is om op de bijbehorende app weer te geven dat de gebruiker af en toe moet checken of alles nog goed vast zit en of de bevestiging nog steeds veilig genoeg is. Dit kan ook een groot voordeel zijn met het oog op de verzekering van het product.

Stap 10: Nieuwe RPN

'Bereken aan de hand van de verbeteringen de nieuwe (lagere) RPN waarde.'

Nu we enkele verbeteringen kunnen toepassen zullen we nogmaals de RPN waarde berekenen. Zie tabel 47 voor de gegevens.

Tabel 47: RPN waarden

Situatie / RPN	Oude RPN waarde	Nieuwe RPN waarden	Verschil
<i>Het frame gaat schuin hangen door verkeerd type balkon</i>	Ernst: (8) Frequentie: (7) Detectie: (7) 392	Ernst: (4) Frequentie: (6) Detectie: (8) 192	200
<i>De band moet geforceerd worden losgemaakt omdat er heel lang een groot gewicht aan heeft gehangen</i>	Ernst: (3) Frequentie: (9) Detectie: (9) 243	Ernst: (3) Frequentie: (8) Detectie: (9) 216	27
<i>De band gaat kapot omdat de reling uit scherpe randen bestaat.</i>	Ernst: (10) Frequentie: (2) Detectie: (10) 200	Ernst: (3) Frequentie: (2) Detectie: (2) 8	292

Zoals in tabel 47 te zien is zijn alle drie de situaties verbeterd ten opzichte van het eerste idee. Omdat we dit nu niet meer kunnen toepassen en uitwerken zullen deze verbeteringen in de aanbevelingen worden opgenomen.

H8 TERUGKOPPELING

De terugkoppeling wordt gedaan door middel van PvE. Het PvE (eerder vernoemd in verslag) is opgedeeld in twaalf categorieën. Voor de terugkoppeling zal er kort wat getypt worden per categorie en hoe dit terug is te vinden is en waar rekening mee is gehouden in het ontwerp.

Nu we het hele product hebben uitgewerkt is het tijd om het concept terug te koppelen op het PvE dat is opgesteld. Achter elke eis staat een korte toelichting.

1) Concepteisen

- a. Het product moet te bevestigen zijn aan 92% van alle balkons
 - i. Het product moet in verschillende lengten beschikbaar zijn (door gebruik van amorf panelen en aluminium extrusie-profielen is het product in elke lengte te maken)
 - ii. Het product moet aan verschillende soorten balkons worden geïnstalleerd
 1. Balkonreling met een verticale handleuning (een flexibele band rondom de reling)
 2. Balkonreling met een naar buiten stekende handleuning (idem)
 3. Balkonreling met een naar binnen stekende handleuning (idem)
- b. Het product moet mee bewegen met de zon door middel van een actuator (voldaan)
- c. Het product moet gemakkelijk te installeren zijn door de gebruiker zelf
 - i. Het product moet tilbaar zijn door een individueel persoon (elke meter die het product lang is, weegt 20 kg. Het is dus tilbaar voor een individueel persoon)
 - ii. Het product moet installeerbaar zijn door een individueel persoon (idem)
 - iii. Het product moet assembleerbaar zijn door een individueel persoon (idem)
- d. Het product moet een positieve impact hebben op het milieu (dit is uit onderzoek gebleken)

2) Afmetingen

- a. De hoogte van het totaalpaneel is maximaal 120 cm (voldaan)
- b. Het paneel mag niet aan beide zijden van het balkon uitsteken (optioneel per gebruiker, voldaan)
- c. De dikte van de amorf panelen is 3 mm (voldaan)
- d. Het maximale oppervlakte van de zonnepanelen is 2 m² (voldaan)

3) Gewicht

- a. Het maximale gewicht van het totaalproduct is 50 kg (voldaan)
- b. Het maximale gewicht van de zonnecellen is 10,5 kg (voldaan)

4) Assemblage

- a. De installatie moet micro-omvormer bevatten (voldaan)
- b. In het product moet gebruik gemaakt worden van amorf zonnepanelen (voldaan)
- c. Bij de productie van de spuitgietenonderdelen moet voldoen aan de designrules (voldaan)
- d. De maximale hellingshoek die het product moet ondersteunen is 50 graden (voldaan)

5) Kostprijs

- a. De kostprijs van het product is maximaal 350 euro (voldaan)

6) Installatie/productie/gebruik

- a. De micro-omvormer kan aan het netstroom worden aangesloten
 - i. Maximaal aantal zonnepanelen in de constructie is drie (voldaan)
 - ii. De maximale stroomsterkte van alle panelen is maximaal 2,25A (voldaan)
- b. Het product moet aan te sluiten zijn op een micro-omvormer (voldaan)
- c. De micro-omvormer moet binnenshuis geplaatst worden (optioneel per gebruiker, voldaan)
- d. De verpakking moet compact zijn want het moet door een deur/kozijn passen (niet uitgewerkt)
- e. Het gebruik van use cues die de installatie/assemblage vereenvoudigen
 - i. Cijfertelling (aan de hand van de handleiding) (niet uitgewerkt)
 - ii. Kleuren (bouten en getapte gaten) (niet uitgewerkt)
- f. Geleverde subassemblies moeten in een snelle logische manier te assembleren zijn (niet uitgewerkt)
- g. Het product moet demonteerbaar zijn (gebruik van M8 bouten, geen gebruik van lijm)
- h. Het product/onderdelen moet te vervangen zijn (idem)
- i. Het product moet makkelijk te onderhouden zijn (het product is tilbaar)

7) Bestand tegen omgeving

- a. Weersbestendig
 - i. Tegen de wind (*hier is bij het opstellen van eisen van de materialen rekening gehouden*)
 - ii. Temperatuur (*hier is bij het opstellen van eisen van de materialen rekening gehouden*)
 - iii. Luchtvochtigheid (*hier is bij het opstellen van eisen van de materialen rekening gehouden*)
- b. Hufterproof (*er is gebruik gemaakt van stevige materialen*)

8) Ergonomie

- a. Cognitieve ergonomie bij de band: moet er extreem sterk uit zien (*er is gebruik gemaakt van een textuur en een sterk uitzende kleur*)

9) Aluminiumprofiel

- a. Alle profielen die in het product gebruikt worden zijn afkomstig van Bacron (*voldaan*)
- b. Maak gebruik van M8 bevestiging (*voldaan*)
- c. De totaalconstructie moet stevig genoeg zijn (op basis van sterkeberekening) (*voldaan*)
- d. Maximale lengte van het constructieframe is wat Bacron ter beschikking heeft (*voldaan*)
- e. De breedte van het profiel mag niet breder dan 355 mm. (*voldaan*)
- f. Naast de boorgaten in het profiel moeten minimaal 5 mm zitten
 - i. Het kleinste profiel dat gebruikt kan worden heeft een breedte van 18 mm (*voldaan*)

10) Efficiëntie

- a. Maximaal 5000 kWh terug mogen leveren (anders belasting betalen) (*voldaan*)
- b. De hellingshoek van de panelen moet altijd loodrecht op de zon zijn
 - i. Minimaal 0 graden (ochtend/avond) – onderhoek (*voldaan, bij dichte stand staan alle panelen verticaal*)
 - ii. Maximaal 50 graden (middag) – bovenhoek (*voldaan*)
- c. De levensduur van het totaalproduct moet 17 jaar zijn (*hebben we niet kunnen achterhalen, wat betreft de zonnepanelen en de omvormers het wel zo*)
- d. De minimale opbrengst van de zonnecellen is 125 W per m² (*voldaan*)
- e. De minimale opbrengst van de Shifting Solar is 320 kWh. (*voldaan*)

11) Veiligheid

- a. Het product mag niet de veiligheid van mensen op het balkon schenden (*voldaan, sterkeberekeningen en aanbevelingen vanuit het FMEA*)
- b. Het product moet altijd worden verankerd aan het balkon/gevel (*gebruik van een extra stalen veiligheidskabel*)
- c. De bevestiging moet safetyfactor hebben van 2 (*voldaan*)
- d. De constructie moet een safetyfactor hebben van 1,5 (*voldaan*)
- e. De frameconstructie moet handvatten bevatten waar de gebruiker houvast aan heeft tijdens de installatie van het product (*voldaan, deze hulplussen worden bijgevoegd in de doos en zijn dus niet standaard op het product geassembleerd*)
- f. Ondanks aanwezigheid van de bevestiging, moet de reling vast kunnen blijven worden gehouden (*voldaan, want een de band is slechts 19,1 mm dik*)
- g. Als het balkon onder een hoek staat, moet het product voetjes aan constructie krijgen, waardoor het paneel verticaal blijft hangen (*hier hebben we niet naar gekeken, maar deze doelgroep hebben we aan het begin van het project uitgesloten*)
- h. Maak gebruik van rubberen band (glazen balkon) (*voldaan*)

12) Product moet geen huidige patenten schenden (*voldaan*)

Concepteisen

Het product moet aan zoveel mogelijk balkons te bevestigen zijn. Een van de oplossingen hiervoor was het leveren van verschillende maten van het product. Dit is uiteindelijk besloten om te doen in de maten een meter, anderhalf meter en twee meter. Daarnaast is het bevestigen van het product door middel van verschillende bevestigingen vervangen door een universele bevestiging wat ook deze eis vervult.

In het uiteindelijk ontwerp moesten de panelen meebewegen met de zon. Dit is gerealiseerd door het gebruik van een bordcomputer (Arduino) en actuators aan beide zijden van het frame. Om energie en kosten te besparen worden de onderste twee panelen meegenomen door het bovenste frame door de staalkabel verbinding.

De installatie kan door de consument zelf gedaan worden door de meegeleverde handleiding en de daarvoor bestemde ergonomische eigenschappen van het product. Het product wordt gekocht als een Ikea bouwpakket wat de consument zelf en gemakkelijk in elkaar kan zetten. Aan het product zijn handvaten toegevoegd in de vorm van lussen waardoor het over de reling kan worden getild op een veilige manier.

De positieve impact op het milieu wordt geleverd door de zonnepanelen op het product en de materiaalkeuze.

Afmetingen

Het formaat van het uiteindelijke concept valt mooi binnen de gewenste formaten. Het product is niet hoger dan 120 cm in verband met andere balkons en totale oppervlakte van de panelen ligt onder de 2 m²

Gewicht

Uit de berekening is gebleken dat het totaal product niet meer weegt dan 42 Kg.

Assemblage

In het uiteindelijk product is de micro omvormer verwerkt en zijn amorf panelen gebruikt. Dit zorgt voor een gemakkelijke aansluiting op het net en een hoog rendement. Om de hellingshoek zo groot mogelijk te houden is de ruimte om de zonnepanelen heen zo ruim mogelijk gehouden. Hierdoor oogt het product lichter en wordt aan de eis van een hellinghoek van minimaal 50 graden voldaan.

Kostprijs

Het product mocht niet meer kosten dan 350 euro (inkoopprijs) en uit de uiteindelijk kostprijs is gebleken dat het product maar liefst 348 euro (inkoopprijs) kost.

Installatie/productie/gebruik

Door het oppervlakte van de zonnepanelen onder 2 m² te houden is het mogelijk om de juiste omvormer bij het product te kiezen waardoor het mogelijk is om dit product op het netstroom aan te sluiten. Omdat het geheel verkocht wordt als een bouwpakket moet dit makkelijk door een deur of kozijn kunnen. Het gebruik van een duidelijke meegeleverde handleiding zorgt voor genoeg use clues in het product waardoor het voor de consument veel makkelijker wordt om het product te assembleren.

Bestand tegen omgeving

Het weer kan veel impact hebben om de levensduur van een product. Om deze impact zo klein mogelijk te houden is gekozen voor materialen die goed tegen de elementen bestand zijn. Bij de assembly is gelet op een stevige verbinding tussen alle onderdelen in verband met wind, regen of zon en mogelijke impacts van objecten.

Ergonomie

Om de consument meer zekerheid te bieden met betrekking tot de bevestiging aan het balkon is gekozen voor een stevige robuuste band die rond de gehele reling wordt bevestigd. Dit geeft een sterk gevoel en doordat er geen gebruik wordt gemaakt van klemmen wordt de stevigheid meer benadrukt.

Aluminiumprofielen

De aluminiumprofielen worden door het gehele product gebruikt. Deze profiel zijn al bekend bij Bacron en zullen daarom makkelijk te produceren zijn voor dit product. Om de veiligheid te garanderen zijn sterke berekeningen gedaan op de profielen.

Efficiëntie

Met de huidige configuratie van zonnepanelen komt het totaal terug geleverde kWh neer op minimaal 3350 kWh per jaar. Dit heeft genoeg marge en is onder de maximaal toegestane terug levering van 5000 kWh. Het aantal terug geleverde kWh is zo hoog omdat deze panelen van ochtends tot avonds loodrecht op de zon staan en hierdoor een enorm hoog rendement hebben ten opzichte van standaard dakpanelen.

Veiligheid

Om de veiligheid van het product te kunnen garanderen zijn zoals eerdergenoemd sterke berekeningen gedaan. Hieruit kwam dat voor alle onderdelen de minimale safety factor anderhalf of hoger is. Hierdoor is de veiligheid van het materiaal gegarandeerd. Om er zeker van te zijn dat tijdens de installatie en gebruik van de panelen geen object of hele producten naar beneden vallen is gezorgd voor een extra staalkabel die als anker biedt mochten de banden waarmee het product origineel vast zit het begeven. Om er zeker van te zijn dat de reling nog bruikbaar zou zijn zit er een kleine afstand tussen de panelen en het balkon. Deze afstand wordt behouden door middel van een rubberen band die langs het frame loopt en dient als een schokdemper.

Product moet geen huidige patenten schenden

Uit het patenten onderzoek is gebleken dat er nog geen patent zijn op het product zoals deze nu is ontworpen.

Bevestiging

De bevestiging van het product wordt gedaan door middel van een band. Deze band kan zich vormen naar elk soort reling. Door deze bevestiging universeel te houden worden kosten en moeite bespaard. Kosten worden bespaard doordat er maar een soort bevestiging geproduceerd hoeft te worden en moeite omdat de consument geen bijpassende klemmen voor zijn balkon hoeft uit te zoeken.

Esthetiek

Het paneel heeft een rechthoekige vorm, dit vormt samen met het balkon een doorlopend geheel.

Combineren met balkonaccessoires

Door ruimte tussen de reling en het balkon te laten kunnen dergelijke bloembakken en andere accessoires nog steeds over de reling worden gehangen. Doordat het product buiten het balkon hangt kan de volledige ruimte op het balkon nog steeds benut worden.

H9 HOOFDCONCLUSIE

9.1 WAT IS BEREIKT IN DE AFGELOPEN PERIODE?

In de afgelopen weken is er hard gewerkt aan wat nu het uiteindelijke concept is geworden. Het doel van deze afgelopen periode is het verder uitwerken en vooral realiseerbaar maken van het eerder uitgewerkte concept. En natuurlijk het beantwoorden van de hoofdvraag: Op welke wijze moeten wij het concept verder uitwerken om het uiteindelijk op de markt te brengen.' Vanuit een marktindicatie is toegewerkt naar een productconcept die in principe productie klaar is. De onderzoeken zijn vooral gericht op de situaties rondom het product, wetgeving rondom het product, technische eigenschappen van het product en veiligheid tijdens het gebruik van het product. De resultaten van de verschillende onderzoeken zijn samengebracht in het uiteindelijke PvE waaraan het uiteindelijk ontwerp voldoet. Door deze werkwijze voldoet het product niet alleen aan alle eisen van het PvE maar worden de resultaten van de onderzoeken ook meteen verwerkt in het ontwerp. Oftewel problemen uit de praktijk worden vertaald naar eisen en deze worden omgezet in ontwerpeigenschappen.

9.2 HOE ZIET HET PRODUCT ERUIT?

Shifting Solar is een product dat gemakkelijk te plaatsen is op en rondom uw huis/balkon. Door zijn unieke eigenschap is dit niet alleen het enige product wat energie opwekt en aan het balkon kan hangen, maar ook het enige product wat altijd de optimale hellingshoek ten opzichte van de zon houdt. Het product is gemakkelijk als consument te installeren op de gewenste locatie. Hierdoor is het ook mogelijk om de prijs van het product nog verder terug te brengen. *Shifting Solar* moet het mogelijk maken dat iedereen zijn steentje bij kan dragen aan een groenere wereld. Gemeenten, woningcoöperaties, energieleveranciers en bouwmarkten moeten dit product aanbieden bij de doelgroep. Door een relatief goedkoop product te leveren verlagen we de aankoopdrempel voor de desbetreffende doelgroep.



Afbeelding 81: Render eindproduct



Afbeelding 82: Render eindproduct



Afbeelding 83: Render eindproduct

Materiaal gebruik

In het ontwerp is vooral gelet op het gebruik maken van al bestaande materialen en productietechnieken. Zo zijn de aluminium profielen al bekend bij de opdrachtgever en zijn veel materialen makkelijk uit elkaar te halen en recyclebaar (hout, kunststof en aluminium).

Variaties

Het uiteindelijke product zal in drie variaties op de markt worden gebracht. Een, anderhalf en twee meter lang. De hoogte zal onveranderd 1 meter 20 blijven. De verschillende lengtes van het product zullen beter aansluiten op de verschillende balkons van consumenten.

Vorm

Voor de vorm van het totaal product is gelet op de huisstijl van de opdrachtgever en de situaties waarin het product uiteindelijk in terecht komt. Om de huisstijl terug te laten komen is veel gewerkt met aluminium profielen. Dit zijn de onderdelen waar de opdrachtgever (Bacron) om bekent staat. Algemeen is het product slank en opgaand in de omgeving gehouden. Dit houdt in dat het product uiteindelijk in het balkon opgaat zoveel als dit mogelijk is. Mede hierom is rekening gehouden met scherpe hoeken, uitstekende onderdelen en de afwerking van het product, zowel voor mensen op de grond en mensen die zich op het balkon bevinden.

9.3 WAT DOET HET PRODUCT?

Shifting Solar biedt een optimale opwekking van zonne-energie door middel van het meegaan met de zon. De drie zonnepanelen zullen door middel van een actuator gedurende de dag worden bewogen.

Dit product is een primeur in de zonnepaneel markt omdat alleen dit product tot nu toe de mogelijkheid biedt voor consumenten zonder eigen dak toch serieus zonne-energie op te wekken.

9.4 WAT GAAT HET PRODUCT KOSTEN?

Omdat de kostprijs van alle individuele onderdelen al bekend is, was een logisch gevolg dat in de eindconclusie de prijs van het complete product berekend wordt. Dit is gedaan in een Excelsheet, hierin zijn de kostprijzen van profielen, bouten, zonnepanelen, hellinghoekmechaniek en ophanging bij elkaar gebracht.

Profielen

Aantal	Lengte	Type profielen	Kostprijs per meter	Kostprijs
6	1891	N0161	€ 4,55	€ 51,62
6	290	N0161	€ 4,55	€ 7,92
4		N1122	€ 3,96	€ 15,84
2	1160	N0216	€ 16,90	€ 39,21
1	1284	N0284	€ 9,20	€ 11,81
2	1910	N0294	€ 8,10	€ 30,94
2	1070	N0294	€ 8,10	€ 17,33
Subtotaal profielen				€ 174,68

Bouten

Aantal	Type bouten	Kostprijs per stuk	Kostprijs
6	N3145	€ 0,07	€ 0,42
16	N3355	€ 0,07	€ 1,12
54	N3135	€ 0,07	€ 3,78
Subtotaal bouten			€ 5,32

Zonnepanelen

Aantal	Onderdeel	Kostprijs per stuk	Kostprijs
3	Zonnepanelen	€ 20,00	€ 60,00
3	Houten achterplaat	€ 3,50	€ 10,50
3	Kunststof plaat	€ 3,00	€ 9,00
6	Hoekstuk	€ 0,48	€ 2,88
n.v.t.	Elektronica	€ 10,00	€ 10,00
Subtotaal zonnepanelen			€ 92,38

Hellingshoekmechaniek

Aantal	Onderdeel	Kostprijs per stuk	Kostprijs
1	Arduino actuator	€ 7,00	€ 7,00
2	Actuator	€ 24,00	€ 48,00
1	Behuizing Arduino	€ 4,50	€ 4,50
Subtotaal hellingshoekmechaniek			€ 59,50

Ophanging

Aantal	Onderdeel	Kostprijs per stuk	Kostprijs
2	Ophangbanden	€ 8,39	€ 16,78
Subtotaal ophanging			€ 16,78
Totale kostprijs			€ 348,66

De berekende inkoopprijs is afgerond € 349.-

Dit bedrag komt heel mooi uit met de eis die in het PvE is gesteld.

H10 AANBEVELINGEN

Banden:

Om meer zekerheid te bieden omtrent de stevigheid van de banden die het geheel dragen zou nylon kunnen worden toegevoegd aan de banden. De band bestaat nu alleen uit polyurethaan en nylon zou voor een steviger verbinding zorgen in de band. Om nog meer zekerheid te creëren kunnen de gaten aan de bovenkant worden verstevigd door een eventuele toevoeging van stalen ringen rondom de gaten. Dit principe wordt ook toegepast in ringmappen en a4'tjes.

Massa van totaalproduct:

Om de massa van het totaal product te verlagen/verbeteren zou gelet kunnen worden op de dikte van materialen. Een van de onderdelen waar veel gewicht kan worden bespaard is de houten plaat die zich aan de achterzijde van het middelste frame bevindt. Door deze dunner te maken zou het product lichter gemaakt kunnen worden. Ook kan een lichtere variatie op de al bestaande profielen het gewicht van het product verbeteren.

Besturing hellingshoekmechaniek

In het huidige product wordt gebruik gemaakt van een *Arduino*. In een latere fase van het project kwamen we er echter achter dat een *Raspberry Pi* een betere optie zou zijn. Een *Raspberry Pi* is een product dat alle functies van een PC in één klein printplaatje heeft. Het heeft een relatief laag energieverbruik, is kleiner dan de *Arduino* en ook aanzienlijk goedkoper.

We kwamen er helaas te laat achter om alle onderdelen hierop aan te passen.

Aanbevelingen vanuit FMEA

Door het product nog universeler te maken kan om nog meer soorten balkonrelingen passen. Op deze manier sluit je de overhellende balkons niet meer uit en vergroot je ook de doelgroep. Zo kan het product ook onder een schuine hoek goed en veilig werken. Dit kan worden gedaan door het product een variabele driehoekconstructie te geven. Het maakt het product wel complexer en duurder.

Er zou ook nog kritisch naar het materiaal van kunnen worden gekeken. Nu is er een type TPE gekozen dat aansluit bij de gewenste eigenschappen. Echter zal dit ook nog als eis worden toegevoegd aan de materiaaleisen waardoor er wellicht een ander type TPE naar voren komt (in plaats van het huidige TPU)

Om het probleem van scherpe balkonraden te elimineren zou een veiligheidsmateriaal tussen de band en de reling kunnen worden geplaatst om te zorgen dat de (eventueel aanwezige) scherpe randen niet in direct contact komen met de band. Hoewel het niet reëel is dat er scherpe relingen zijn moeten we hier toch rekening mee houden. Er zou ook kunnen worden gekeken naar een speciaal, extra bevestigingstype die uitsluitend voor vierkante relingen wordt gebruikt.

Ten slotte is er ook nog een aanbeveling om de gebruiker via de bijbehorende app door te geven dat de bevestigingsconstructie af en toe moet worden gecheckt. Dit kan ook een groot voordeel zijn met het oog op de verzekering van het product.

BIBLIOGRAFIE

- Agentschap NL. (2012, juni). *Zonnestroom en de Nederlandse wetgeving*. Opgehaald van RVO.nl:
http://www.rvo.nl/sites/default/files/Zonnestroom%20en%20de%20Nederlandse%20wetgeving_0.pdf
- Alles over zonnepanelen. (2017). Opgehaald van Allesoverzonnepanelen.nl:
<http://www.allesoverzonnepanelen.nl/voorwaarden/vergunningen/>
- Energieterugleveren. (2017). Opgehaald van Energieterugleveren.nl:
<https://www.energievergelijken.nl/nl/zonnepanelen/energie-terugleveren>
- Jonkers, N., & Dreijerink, L. (2011). Opgehaald van Aluminiumcentrum.nl:
http://www.aluminiumcentrum.nl/aluminiumcentrum.nl/files/Doc/Duurzaamheid%20Aluminium/IVA_M_eindversie_folder_Duurzaamheid_Aluminium_20110524.pdf
- KIK. (2017). Opgehaald van KIK.nl: <http://www.kik.nl/thermoplastische-polyester-elastomeren-tpe>
- Plasticker. (2017). Opgehaald van Plasticker.de:
http://plasticker.de/preise/pms_en.php?show=ok&make=ok&aog=A&kat=Mahlgut
- RVO. (2017). Opgehaald van Espacenet.nl:
https://nl.espacenet.com/searchResults?AB=balcony&AP=&CPC=&DB=EPODOC&IC=&IN=&PA=&PD=&PN=&PR=&ST=advanced&Submit=ZOEK&TI=solar+panel&bclId=1&compact=true&locale=nl_NL&page=0&return=true
- Solar Constructions. (2017). Opgehaald van Solar-constructions.com: <http://www.solar-constructions.com/wordpress/transparante-solar-cellene/>
- Union of Concerned Scientists. (2013). Opgehaald van UCSUSA.org: http://www.ucsusa.org/clean_energy/our-energy-choices/renewable-energy/environmental-impacts-solar-power.html
- Volta Solar. (2017). Opgehaald van Bespaarbazaar.nl: <https://www.bespaarbazaar.nl/kenniscentrum/de-praktijk/zonnepanelen-aansluiten-meterkast/>
- Volta Solar. (2017). Opgehaald van Bespaarbazaar.nl:
<https://www.bespaarbazaar.nl/kenniscentrum/ontwerp/zonnepanelen-op-plat-dak/>
- Vraag en aanbod. (2017). Opgehaald van Vraagenaanbod.nl:
HTTP://WWW.VRAAGENAANBOD.NL/MARKTPRIJZEN/ID15605-KUNSTSTOFPRIJZEN_WEEK.HTML
- Wikipedia. (2017). Opgehaald van Wikipedia.org: https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_panel
- Zonnepanelen.net. (2017). Opgehaald van Zonnepanelen.net: <https://www.zonnepanelen.net/zonnepanelen-plat-dak/>
- Zonnepanelen.net. (2017). Opgehaald van Zonnepanelen.net: <https://www.zonnepanelen.net/afstand-zonnepanelen-berekenen-plat-dak/>
- Zonnepanelen.net. (2017). Opgehaald van Zonnepanelen.net: <https://www.zonnepanelen.net/meters-teruglevering/>

- Word document bijlagen
 - Balkoneisen
 - Stad Zwolle balkons
 - Stad Den Bosch balkons
 - Stad Amersfoort balkons
 - Stad Rotterdam balkons
 - Patenten
- Technische tekeningen
 - TT behuizing arduino bakje
 - TT behuizing arduino deksel
 - TT behuizing arduino kapje
 - TT bevestigingsband
 - TT concept verbinding onder
 - TT backplate
 - TT hout
 - TT profiel boven
 - TT profiel onder
 - TT profiel zijkant
 - TT zonnepaneel frame assembly
 - TT zonnepaneel
 - TT constructieframe
 - TT stootwering
 - TT verbindingsstuk
 - TT afdichtplaat
- Presentatietekeningen
 - Presentatieschets Marco van Heerde
 - Presentatieschets Arnold Hubach
 - Presentatieschets Reindert Aberson
 - Presentatieschets Stijn Eppink
- Renders
 - Shifting Solar
 - Shifting Solar (2)
 - Bevestigingsband
 - Bevestigingsband (2)
 - Zonnepanelen
 - Achterkant zonnepaneelframe
 - Frame zonnepanelen
 - Achteraanzicht zonnepanelen
 - Onderdelen zonnepaneelframe
 - Onderkant *Shifting Solar*
 - Achterkant actuator
 - Gesloten positie