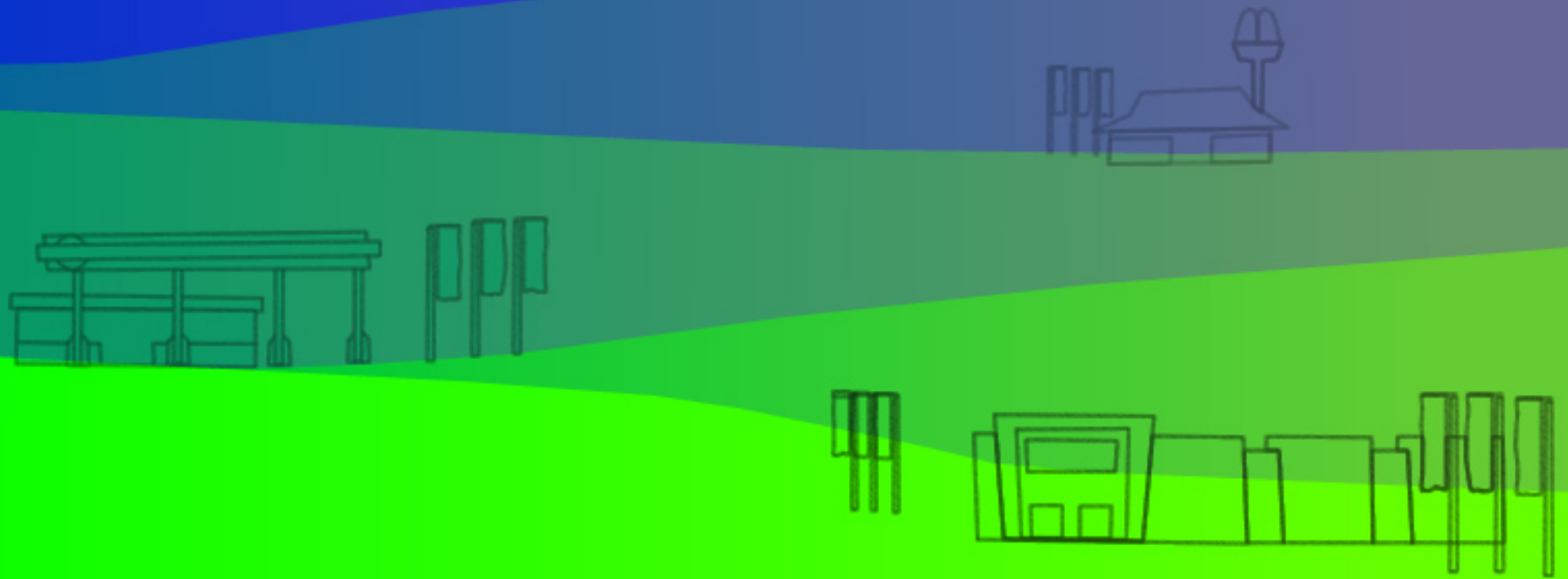


TO INNOVATE: een vlag-innovatie

door D van Hout
voor TO INNOVATE
IO/Universiteit Twente

Een ontwerpstudie naar een standalone verlichte vlaggenmast.



TO INNOVATE: een vlag-innovatie

Een ontwerpstudie naar een
standalone verlichte vlaggenmast.

bachelorscriptie van:
D.F.M. van Hout
s0051632

ter afsluiting van de bachelor:
Industrieel Ontwerpen aan de
Universiteit Twente
Postbus 217
7500 AE Enschede
Tel. +31 (0)53 489 91 11

in opdracht van:
TO INNOVATE BV
Postbus 2543
8901 AA Leeuwarden
Tel. +31 (0)58 244 93 90
Fax +31 (0)58 244 93 93

verstrekt aan:
Voorzitter:
Prof.Dr.Ir. W. Poelman
UT-begeleider:
Ing. F. van Slooten
Bedrijfsbegeleider:
T. ter Voort

publicatiedatum:
22-02-2010

I | Voorwoord

U ziet hier voor u de scriptie die als afsluiting gaat dienen van mijn bacheloropdracht, en daarmee de bachelor als geheel. Het betreft hier de bachelor Industrieel Ontwerpen aan de Universiteit Twente.

In deze scriptie wordt het ontwerptraject doorlopen voor een opdracht die aangedragen is door 'To Innovate'.

Ik wil de volgende mensen in het bijzonder danken voor, de gegeven kans, hun geduld, hun steun en hun vertrouwen.

- T. ter Voort, eigenaar 'To Innovate'
 - Ing. F. van Slooten, begeleider van universiteit Twente
 - Ir. A. P. van den Beukel, Coördinator Bachelor Eindopdrachten IO
- en voor iedereen die zich mist in deze lijst: "da ge bedankt zijt, da witte"

Graag nodig ik u uit tot het lezen van de samenvatting, en daarna wellicht de rest.

mvg.dvh

II | Samenvatting

Ter afsluiting van de bachelor Industrieel ontwerpen aan de Universiteit Twente, is een bachelor-opdracht doorlopen voor het bedrijf 'To Innovate'.

Het doel van de opdracht was het maken van een ontwerp voor de verlichting van een vlag aan rotobanner. De energie die hiervoor nodig is, komt niet van het elektriciteitsnet maar de vlaggenmast moet hier zelf in voorzien.

Het ontwerp bestaat uit 3 delen.

- Energievoorziening
- Verlichting
- Energieopslag

Verlichting

Er is onderzoek gedaan naar de benodigde verlichting. Uit een simulatie blijkt dat er 32 LEDs van 1 W en 100 lm/W per vlagzijde nodig zijn, voor het reproduceren van de luminantie van de empirische metingen, die qua gebruik het meest overeenkomt met het verlichten van een vlag. Om de zelfvoorzienendheid van de vlaggenmast haalbaarder te maken, is een maximaal vermogen gesteld. Een goed ontwerp moet het mogelijk maken de vlag toch voldoende te verlichten. Hiervoor zijn reflectoren geconstrueerd. Verder is er een ontwerp gemaakt voor de armatuur als geheel.

Energievoorziening

Er zijn twee vormen die zich in principe lenen voor het standalone opwekken van energie bij een vlaggenmast, namelijk PV-panelen, en windenergie. Het is echter niet mogelijk om een ontwerp te maken, dat in elke situatie in heel Nederland kan voldoen, met alleen PV-panelen, of alleen windenergie. De oplossing hiervoor kan gevonden worden in het combineren van PV-panelen met windenergie. Een ander oplossing kan gevonden worden door het heroverwegen van de eis dat de opstelling standalone moet zijn.

Energieopslag

De uitwerkingen voor het opslaan van energie heeft niet dezelfde waarde als het verlichten van de vlag en het opwekken van energie. Een goed inzicht in de parameters die komen kijken bij het opslaan van energie, bleken nodig voor een goede afweging van de manier waarop het opwekken van energie en gebruik ervan zich tot elkaar verhouden. Het opslaan is zeer beperkt mogelijk, en kan alleen gebruikt worden om een kleine dip in de energie aanvoer op te vangen.

III | Summary

The bachelor industrial design at the University of Twente will be completed with this bachelor assignment. The assignment is realized for 'To Innovate'.

The purpose of this assignment is to make a design study on the illumination of a flag in rotobanner. The flagpole itself must provide in its own energy needs because the design will not be connected to the grid.

The design study contains 3 main issues.

- The energy supply
- The illumination of the flag
- The energy storage

The energy supply

Only two forms of renewable energy could be a suitable solution to supply energy to a standalone flagpole: photovoltaic's (PV) and wind energy. Calculations proved that it was not possible to make a design which could supply energy on every spot in the Netherlands, using only one of these sources. A solution could be a combination of these two sources, or ignoring the requirement that the design should be standalone.

The illumination

This assignment contains illumination measurements of advertisement objects. Which were used as reference in a simulation. This simulation shows the amount of illumination needed to duplicate the range of values of the measurements for objects that are used in the same way as flagpoles. The simulation proves that each side of the flag needs 32 LEDs (1 W each / 100 lm/W).

Due the lack of enough energy to supply these 32 W (32 LEDs), the decision is made to limit the amount of power to 20 W per side. The optimal result of the LEDs must be achieved with a carefully designed light fixture and reflectors.

Energy storage

This part of the design study, resulted in a understanding in which way the usage and the supply of energy must be connected. The lack of possibilities to store electrical energy over a long period in a standalone situation, results in an approach where the daily production of energy should be equal to the daily usage. A battery is added to supply energy in days with a temporarily lack of production.

IV | Inhoudsopgave

I Voorwoord	b
II Samenvatting	c
III Summary	d
IV Inhoudsopgave	e
1 Inleiding	1
Introductie	1
Programma van eisen en wensen	5
2 Onderzoek	7
Energievoorziening	7
Introductie duurzame energie	7
Windenergie	10
Zonne-energie	16
Energieopslag	19
Verlichting	20
3 Concepten	24
Verlichting	24
Energievoorziening	34
4 Conceptkeuze & Uitwerking	39
Energievoorziening	39
Armatuur	40
Reflector	41
5 Evaluatie	43
V Bronvermelding	45
VI Bijlage	46

1 | Inleiding

Introductie

Deze scriptie is geschreven ter afsluiting en verantwoording van een bacheloropdracht. De bacheloropdracht ging over een ontwerpstudie naar een innovatie van een vlaghouder. Het doel van de innovatie was: het verlichten van een vlag die hangt aan een vlaghouder. De opstelling als geheel moet zelf voorzien in het opwekken en opslaan van de benodigde energie.

Het vervolg van dit hoofdstuk zal bestaan uit het schetsen van de Ausgangssituation. Hoofdstuk 2 is de uitwerking van het onderzoek naar de manier van verlichten en het opwekken en opslaan van de benodigde energie. De in hoofdstuk 2 gegenereerde theorie wordt in hoofdstuk 3 als bouwsteen gebruikt bij het genereren van concepten. In hoofdstuk 4 zal het gekozen concept verder uitgewerkt worden. Tot slot worden in hoofdstuk 5 conclusies getrokken en aanbevelingen gegeven.

[fgr 1] vlaggen aan een rotobanner voor een meubelboulevard



Huidige situatie

De Rotobanner

Een rotobanner is een voorbeeld van een vlaghouder. Dit is een hulpstuk voor een vlaggenmast, dat tot doel heeft het leesbaar houden van een vlag.

Vlag

De vlag die aan de rotobanner hangt is van het type banner en heeft een (veel) grotere lengte dan breedte ($l = 1\frac{2}{3} b$ t/m $l = 5\frac{5}{8} b$). De meest gangbare maten voor banners zijn te vinden in [blg 1]. De verdere uitwerking van deze opdracht is gericht op een vlag van 300 x 100 cm.

Functionaliteit

De functie van de rotobanner is om te voorkomen dat de vlag onleesbaar langs de mast hangt. Hierin is voorzien door het bevestigen van een uithouder aan de vlaggenmast. Deze uithouder staat haaks op de vlaggenmast en bevindt zich in het horizontale vlak. Deze uithouder kan, meestal als gevolg van de wind, draaien ten opzichte van de vlaggenmast.

[fgr 2] vlaggen aan een rotobanner voor een autoshowroom

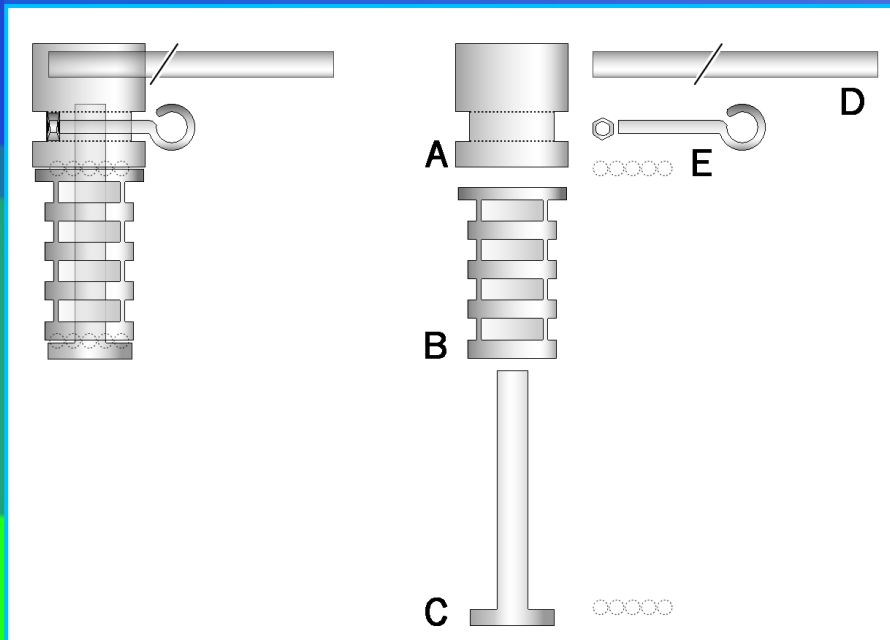


Producent

De rotobanner vormt samen met de vlagcorrector en de handy stick de banner&flag-divisie van 'To Innovate'. 'To Innovate' is deze divisie ooit begonnen met het overnemen van de rotobanner van zijn uitvinder. De rotobanners die nu op de markt gebracht worden, lijken alleen in functionaliteit op de oorspronkelijke rotobanner. Dit komt door de grote innovatieslag die 'To Innovate' wist te maken waarbij het aantal onderdelen en de productietijd sterk gereduceerd zijn.

Uitwerking

De rotobanner bestaat uit 3 pom spuitgiet onderdelen, in [fgr 3] aangegeven met A, B & C. Voor de dubbele lagering zitten er in totaal 27 kogeltjes van POM in, deze zijn o.a. te zien bij E. De onderdelen worden in elkaar geschoven en geborgd door een oogbout en een moer (E). In deel A van de rotobanner is een uitsparing gemaakt voor de vlaguithouder (D).



[fgr 3] schematische weergave van een gemonteerde en een gedemonteerde Rotobanner.

Markt

'To Innovate' verkoopt de rotobanner aan verkopers van vlaggenmastsystemen.

Positie

Rotobanners zijn, net als andere vlaghouders, voor het openhouden van een vlag aan een verticaal staande paal. De vlaggen zijn groot omdat ze vaak in een ruimtelijke omgeving staan. Het formaat en het type (banner is niet voor particulieren) zorgen ervoor dat vlaghouders met banners gebruikt worden om aandacht te vestigen op een bedrijf/festival. Vlaggenmasten met vlaghouders staan vaak op parkeerplaatsen voor een gebouw. De vlaggen zijn vaak in groepen (van drie) te vinden langs de rand van het perceel of de parkeerplaats van wegrestaurant, bouwmarkt, (auto-)showrooms en tankstation. Voorbeelden hiervan zijn te zien in [fgr 1], [fgr 2] en [fgr 15].

Verlichting

Op het moment is er behoefte aan het verlichten van vlaggen aan vlaghouders, zoals de rotobanner. De gebruikelijke manier om dit nu te doen is meestal provisorisch, met behulp van spots vanaf de grond of een andere statische plek. Met name verlichten vanaf de grond kent drie nadelen:

1. De lampen zijn in tegenstelling tot de vlag statisch ten opzichte van de vlaggenmast. Voor een optimale verlichting moet daarom een cilindervormige ruimte verlicht worden waar de vlag zich kan bevinden. Deze cilinder heeft de straal en hoogte van de vlag. Dit is een zeer inefficiënte manier van verlichten;
2. De lampen op de grond zijn gevoelig voor vandalisme;
3. Bij lampen die naar boven schijnen, moet extra rekening worden gehouden met water.

Programma van eisen en wensen

Eisen

Verlichting

Een vlag die hangt aan de vlaggenmast met rotobanner moet verlicht worden. Dit moet gebeuren op een manier waarop de verlichting, bij verandering van de windrichting, met de vlag meedraait.

Standalone

De vlaggenmast met verlichtte vlag moet standalone zijn. Dit betekent dat hij niet aangesloten is op het elektriciteitsnet. De reden hiervoor is dat overall een vlaggenmast met verlichte vlag geplaatst moet kunnen worden. Het aanleggen van bedrading maakt de investering voor verlichting duurder, en gevoeliger voor weer en vandalisme en uitval.

Duurzame energie

Voor de verlichting moet duurzame energie gebruikt worden die opgewekt is door een toevoeging aan de vlaggenmast. Het zelf opwekken van energie maakt het voor criticasters wellicht minder erg dat het verspild wordt aan reclame.

Doorontwikkeling

De voorzieningen die getroffen moeten worden ten behoeve van de verlichting van de vlag en het opwekken en opslaan van energie moeten gebaseerd zijn op het gebruik van de bestaande rotobanner, met behoud van de huidige functionaliteit.

Markt

Het te ontwerpen product zal verkocht worden op de Nederlandse markt, en moet in heel Nederland gebruikt kunnen worden.

Energieopwekking uit de slag van de rotobanner

Er moet gekeken worden naar de haalbaarheid van het opwekken van energie uit de slag die de vlaguithouder van de rotobanner maakt. De opdrachtgever heeft de voorkeur voor een onzichtbare oplossing.

Duur

De verlichting moet tussen 6.00 uur en 0.00 uur, indien het donker is, automatisch gaan branden. De maximale duur van de verlichting is 6 aaneengesloten uren.

Wensen

LEDs

De opdrachtgever heeft in het verleden gekeken naar mogelijkheden voor het verlichten van een vlag die hangt aan een rotobanner. Toen is ook gekeken naar de mogelijkheden voor het verlichten met behulp van LED-verlichting omdat dit een energiezuinige manier van verlichten belooft te zijn. Daarnaast oogt LED-verlichting ook modern.

Wind

De opdrachtgever heeft een voorkeur aan windenergie, omdat het goed past bij een vlag.

Ontwerp

De aandacht van de passant moet in de eerste plaats gericht zijn op de vlag. Het is niet wenselijk dat de toevoegingen aan de opstelling de aandacht afleiden van de vlag. Naast het volume, moet ook het ontwerp bescheiden zijn.

2 | Onderzoek

In hoofdstuk 2 wordt theorie verzameld die in hoofdstuk 3 de basis zal zijn voor het vormen van concepten. Achtereenvolgens wordt er gekeken naar de parameters die van invloed zijn op het ontwerp met betrekking tot de energievoorziening, energieopslag en verlichting.

Energievoorziening

Introductie duurzame energie

Een van de eisen van het ontwerp was dat het product standalone moet zijn, en dus zichzelf moet voorzien in zijn energiebehoefte en -opslag door middel van duurzame energie. Bij het opwekken van duurzame energie wordt er gebruik gemaakt van bronnen die onbeperkt aanwezig zijn, zonder het genereren van een (belastende) uitstoot. Voorbeelden hiervan zijn:

1. Actieve zonne-energie

Voorbeelden van actieve zonne-energie zijn thermische zonne-energie en fotovoltaïsche energie (ook bekend als PV of PV-panelen). De eerste warmt een medium (gas of vloeistof) op, de tweede zet zonne-energie om in elektrische energie. Vooral de conversie van zonne-energie naar elektrische energie (PV-systeem) is bruikbaar als energievoorziening voor de verlichting van de vlag. Pv-systemen bestaan in veel varianten: verschillende soorten halfgeleide materialen geven verschillende rendementen met verschillende prijzen. Een voordeel van deze vorm van duurzame energie in combinatie met LED-verlichting is dat het beide gelijkstroomtoepassingen zijn.

2. Passieve zonne-energie

Passieve zonne-energie wordt toegepast om het binnenklimaat van gebouwen te optimaliseren/beheersen. In de winter moet de mogelijke straling zoveel als mogelijk benut worden om een aangename binnentemperatuur te krijgen, in de zomer moet voorkomen worden dat het gebouw teveel opwarmt als gevolg van de zon. Deze vorm van duurzame energie voorziet niet in het opwekken van een energievorm die kan leiden tot het verlichten van een vlag.

3. Windenergie

Bij windenergie wordt wind omgezet in een (meestal draaiende) beweging. Nederlandse molens gebruikten deze draaiende beweging om bijvoorbeeld hout te zagen, meel te malen of water op te pompen. Tegenwoordig wordt meestal windenergie gebruikt voor het opwekken van elektriciteit. Deze vorm van duurzame energie kent veel toepassingen die variëren in configuratie en grootte en kan mogelijk ook gebruikt worden in combinatie met een vlaggenmast.

4. Geothermische energie

Bij geothermische energie wordt gebruik gemaakt van warmte afkomstig uit het inwendige van de aarde. Geothermische energie voorziet niet in het opwekken van een energievorm die kan leiden tot het verlichten van een vlag.

5. Waterkracht

Wanneer er energie opgewekt wordt uit het verval van water, wordt er gesproken van waterkracht. De hoogte-energie van water wordt hierbij omgezet in kinetische energie. De kinetische energie drijft een rad/turbine aan. Deze draaiende beweging is meestal de input voor een generator die elektrische energie opwekt. Deze vorm van duurzame energie zou gebruikt kunnen worden in de vorm van een gesloten systeem. In dit gesloten systeem moet een medium verdampen als gevolg van opwarming door de zon, na condensatie moet het vervolgens in een rad/turbine vallen. Er is ooit een dergelijk concept gepresenteerd. Dit had echter een maximaal hoogteverschil van 4000 meter en voor het temperatuurverschil moest de toren in de zee staan: het is niet aannemelijk dat het op de schaal van een vlaggenmast mogelijk is [brn 9].

6. Energie uit biomassa

Er wordt gesproken van biomassa indien energie vrijgemaakt wordt uit organisch materiaal. Dit kan bijvoorbeeld door organisch materiaal als brandstof te gebruiken (zoals hout in een verbrandingsoven) Organisch materiaal kan ook als input dienen voor een biochemisch of fysisch-mechanisch proces. Daarbij wordt het materiaal respectievelijk vergist/gefermenteerd of geperst en veresterd tot brandstof. (Voorbeelden: CH_4 uit mest, ethanol uit rietsuiker, biodiesel uit zaden) met name het chemische en het fysisch-mechanisch proces vinden op fabrieksmatige wijze plaats en zijn niet kleinschalig toepasbaar. Daarnaast is de aanvoer van brandstof die elke biomassainstallatie heeft, tegenstrijdig met de eis dat de opwekker standalone moet zijn.

7. Brandstofcellen

Een brandstofcel zet H_2 (waterstofgas) en zuurstof om in water, zodoende dat er een vermogen vrij komt op de belasting die aan de twee polen aangesloten zit. Bij brandstofcellen is waterstofgas de brandstof. Dit is in strijd met de eis dat het systeem standalone moet zijn. Daarnaast hebben brandstofcellen het nadeel dat ze nog niet behoren tot de alledaagse vormen van duurzame energie. Voor een vlaggenmast zou het een mogelijke vorm van energie voorziening kunnen worden, indien er kleinschalige toepassingen komen die bijvoorbeeld eens per jaar van brandstof voorzien moeten worden. Het ontwerp is dan niet volledig standalone. Daarnaast is de duurzaamheid van brandstofcellen te betwisten indien het waterstofgas vervaardigd wordt met behulp van niet-duurzame energie.

Conclusie

Uit deze opsomming kan geconcludeerd worden dat pv-systemen en windenergie de enige twee vormen van duurzame energie zijn die volledig standalone, praktisch en kleinschalig toepasbaar zijn. Daarom meer achtergrond informatie over die vormen van duurzame energie in de volgende paragrafen.

[fgr 4] Windturbines en PV-panelen.



Windenergie

Er wordt al honderden jaren gebruik gemaakt van windenergie. Tijdens de industriële revolutie is het gebruik afgenomen, maar de afgelopen 40 jaar is de techniek gegroeid waardoor het gebruik helemaal terug gekomen is. De gebruikelijke manier om windenergie toe te passen is doormiddel van een turbine, maar er zijn echter alternatieven denkbaar. In deze paragraaf worden de volgende vormen van windenergie behandeld:

- Windturbine
- Windbelt
- Energie opwekken uit de slag van de rotobanner of vlag

Tot slot zal er een subparagraaf geweid worden aan de beschikbaarheid van windenergie.

Windturbine

Een windturbine zet de kinetische energie van wind om in een roterende beweging. Met deze roterende beweging wordt door middel van een generator elektrische energie opgewekt en dit wordt vaak 'windenergie' genoemd. Er bestaan verschillende manieren om de kinetische energie van wind om te zetten in een roterende beweging. Het is echter altijd met dezelfde formules te beschrijven: (Formules afkomstig uit [brn 1])

Het vermogen van de wind:

$$P_{\text{wind}} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^3 \cdot A$$

Het vermogen van wind door een oppervlakte.

ρ = dichtheid van de lucht [kg/m^3]

(in het vervolg wordt gerekend met: $1,3 \text{ kg}/\text{m}^3$)

v = snelheid [m/s]

A = oppervlakte [m^2]

Dit is een combinatie van twee formules:

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \quad [\text{J}/\text{m}^3] \quad (\text{de energie van de wind})$$

$$I = A \cdot v \quad [\text{m}^3] \quad (\text{volume per seconde, door oppervlakte } A)$$

$$P_{\text{wind}} = E_{\text{kin}} \cdot I$$

Het vermogen dat een turbine opwekt:

$$P_{\text{turbine}} = C_p \cdot P_{\text{wind}} = C_p \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^3 \cdot A$$

Het vermogen dat een turbine opwekt is het vermogen van de wind vermenigvuldigd met C_p . De vermenigvuldigingsfactor C_p is een vermenigvuldigingfactor voor het rendement van de energieomzetting. Dit rendement is in theorie maximaal $\approx 60\%$, het Betz-optimum [brn 1], C_p is in dat geval 0,6.

Configuratie

Er bestaan veel verschillende soorten windturbines. Verdelingen zijn te maken op basis van:

Stand van de as

Op basis van de stand van de as zijn windturbines in twee hoofdgroepen te verdelen. Wanneer de stand van de as vertikaal is, spreekt men van een verticale as turbine (VAT of vertical-axis wind turbine (VAWT)) De stand van de as kan ook horizontaal zijn: horizontale as turbine (HAT of horizontal-axis wind turbines (HAWT))

Lift- of weerstandsprincipiepe

Een ander onderscheid is te maken op basis van de manier waarop ze door de wind worden aangedreven. Dit kan namelijk doormiddel van het liftprincipe of het weerstandsprincipe. [brn 1 pagina 148]

Duurzaamheid

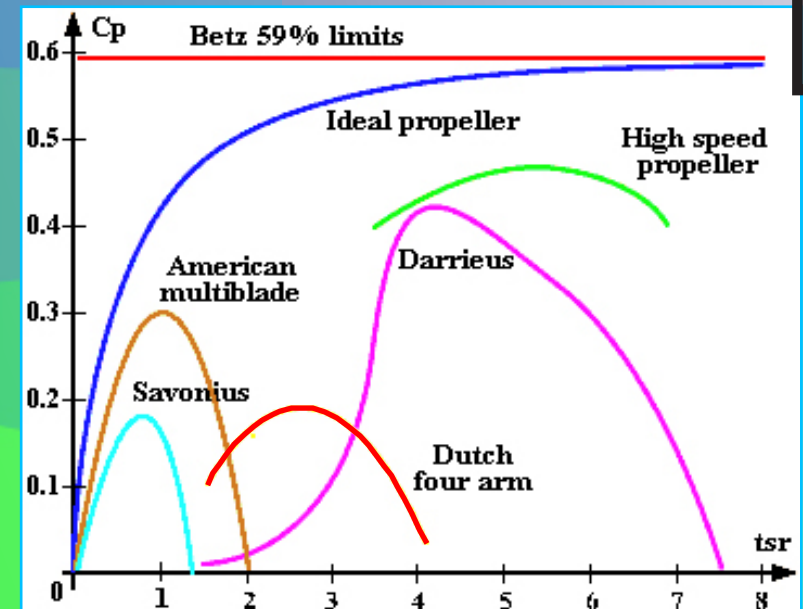
Een HAWT heeft minimaal 2 draaiende assen. De eerste is de rotor en de tweede draaiende beweging zorgt ervoor dat de turbine de juiste hoek maakt met de wind. Een VAWT werkt bij alle windrichtingen en heeft daarom alleen een rotor als draaiende as. Hoe minder draaiende assen, hoe minder kans op storingen en dus kan een VAWT duurzamer zijn.

Koppel vs. Toerental

Snellopendheid (λ of Tipspeed/windSpeed-Ratio (TSR)) is een parameter die een maat is voor de verhouding tussen koppel en toerental. Een windturbine met een lage snellopendheid heeft een lager toerental en een hoger koppel. (Een windturbine met een hoge snellopendheid heeft een hoger toerental en een lager koppel.)

Turbines met een hoger koppel en een laag toerental zijn vooral geschikt voor het aandrijven van werktuigen, zoals pompen. Voor het opwekken van elektriciteit is een hoog toerental belangrijker dan een hoog koppel.

In [fgr 5] is de vermogenscoëfficiënt (C_p) als functie van de snellopendheid/ λ /tsr voor verschillende modellen windturbines uitgezet. [brn 2]



[fgr 5] vermogenscoëfficiënt uitgezet tegen λ (tsr)

Windbelt

De windbelt is een vrij jonge toepassing van windenergie. De uitvinder, Shawn Frayne, won met zijn vinding in 2007 de "breakthrough award" van het wetenschap en technologie magazine popular mechanics. De windbelt is nog in ontwikkeling en kent nog geen commerciële toepassingen.

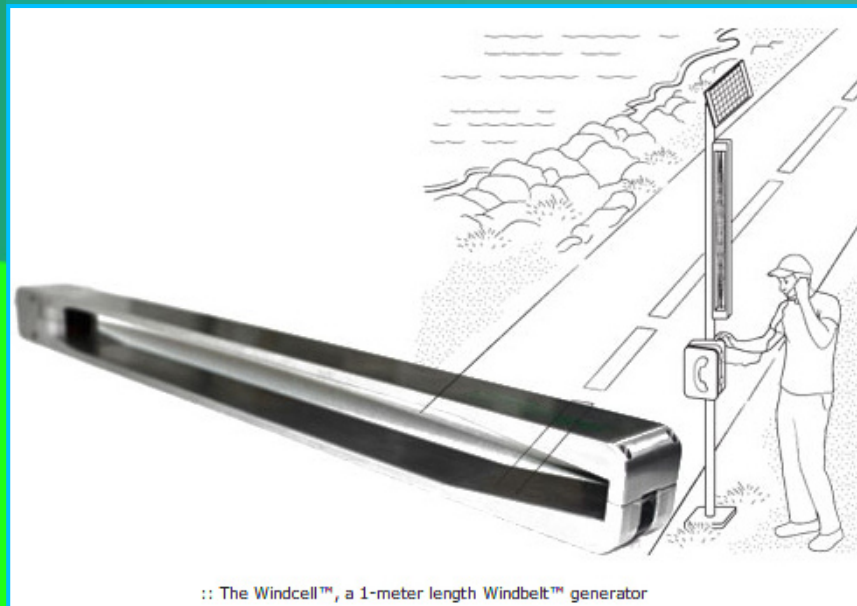
In tegenstelling tot windturbines wordt bij de windbelt de wind niet omgezet in een draaiende beweging, maar in een trilling. De wind brengt een snaar in trilling, waardoor een magneet die aan de snaar zit een baan aflegt. De verplaatsing van de magneet maakt een veranderend magnetisch veld en dat wekt een elektrisch veld op. (*Inductiewet van faraday*)

Toepassing

Op [fgr 6] hieronder is een windbelt met op de achtergrond een toepassing. De meest rechtse afbeeldingen zijn voorbeelden van hoe het windbelt principe toegepast kan worden op een vlaggenmast. Dit kan bijvoorbeeld in het verlengde van de mast, of parallel aan de mast.

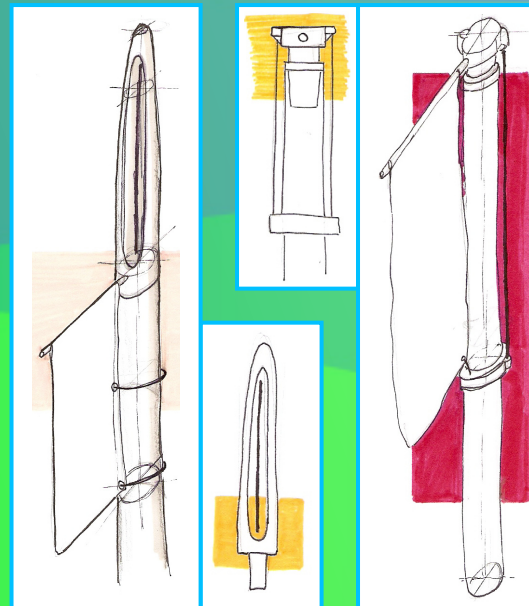
Vermogen

Humdingerwind claimt met een 1 meter lange windcel, een voorbeeld van een windbelt [fgr 6] 5 W op te wekken bij een windsnelheid van 12 m/s. [brn 3]. Dit is een hoge windsnelheid en een laag vermogen.



:: The Windcell™, a 1-meter length Windbelt™ generator

[fgr 6] een windcell, toegepast op een noodpaal en vlaggenmast



Energie opwekken uit de slag van de rotobanner en/of de vlag

Bij het opwekken van energie bij een vlaggenmast, kan gedacht worden aan het opwekken van energie uit de beweging van de vlag of rotobanner. Hier bestaan geen standaard toepassingen voor, maar er is op theoretische basis wel iets te zeggen over het vermogen dat het zou kunnen opleveren.

Bij het omzetten van windenergie geldt dat het uitgaande vermogen van een omzetter van windenergie gelijk is aan het vermogen van wind door een bepaald oppervlakte vermenigvuldigd met de vermogenscoëfficiënt (C_p) In formule:

$$P_{uit} = C_p \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^3 \cdot A \text{ (eerder gebruikt op [pgn 10])}$$

De oppervlakte van de windspleet (A)

Bij het opwekken van energie uit de vlag of slag van de rotobanner wordt gebruik gemaakt van het wapperen van de vlag of het klapperen van de rotobanner als gevolg van de wind.

Oppervlakte van windspleet bij wapperen.

De vlag bevindt zich, normaliter in het 'schaduwgebied' dat zich ten opzichte van de windrichting achter de mast bevindt. In dat geval wappert de vlag alleen als gevolg van een denkbeeldige windspleet die de vlag aan beide zijde passeert. De lengte van de windspleet is de lengte van de vlag, de breedte is onbekend, maar minder dan de doorsnede van de mast. Hierdoor is de oppervlakte, bij een mast met een doorsnede van 10 cm, en een lengte van 3 m altijd kleiner dan $0,3 \text{ m}^2$ ($3 \times 0,1$)

Oppervlakte van windspleet bij klapperen.

Het klapperen van de vlag kan ontstaan als gevolg van het draaien van de wind, daardoor komt de vlag onder een hoek ten opzichte van de windrichting te staan. De vlag vangt nu wind, waardoor de rotobanner draait in de richting van het schaduwgebied. Wanneer deze correctie overdadig is, zal vlag opnieuw buiten het schaduwgebied komen. Hierdoor vangt de vlag opnieuw wind en zal dus weer gecorrigeerd worden. Dit kan leiden tot oscillatie.

De oppervlakte van de windspleet die verantwoordelijk is voor deze correctie is:

$$A = \sin \alpha \cdot r_{rb} \cdot l$$

α = de hoek, afwijking t.o.v. wind

r_{rb} = de straal van de rotobanner

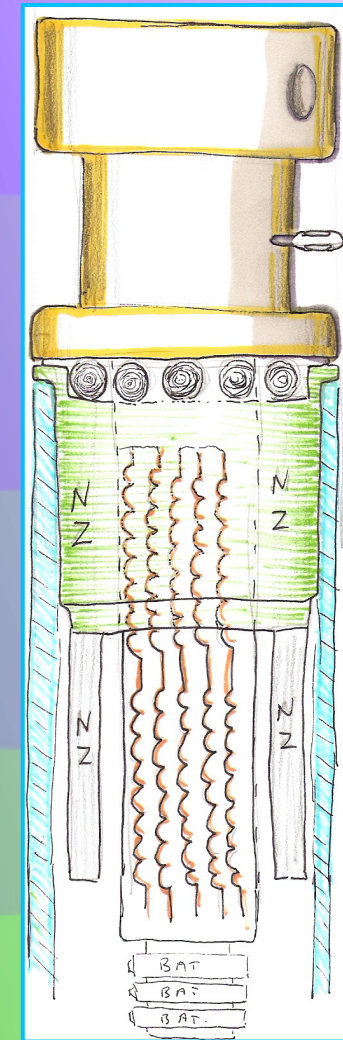
l = lengte van de vlag

De oppervlakte van een vlag van $1 \times 3 \text{ m}$ en $\alpha = 10$ graden:

$$\sin 10 \cdot 1 \cdot 3 = 0,52 \text{ m}^2$$

Conclusie

Het oppervlakte dat hier mogelijk voor aangesproken wordt is klein. Het is niet aannemelijk dat het vermogenscoëfficiënt (c_p) dit positief kan corrigeren.



[fgr 7] Een voorbeeld van een manier waarop energie opgewekt kan worden uit het klapperen van de rotobanner: spoelen in het draaiende deel, en magneten als onderdeel van de mast.

Beschikbaarheid windenergie

De windsnelheid op een bepaalde plaats is afhankelijk van obstakels en de weerstand van het aardoppervlak zelf. Dichtbij het aardoppervlak neemt de windsnelheid snel af. Voor een hoog vermogen is een hoge windsnelheid zeer belangrijk: een dubbele windsnelheid levert 8 keer zoveel vermogen (immers: $P_{\text{wind}} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^3 \cdot A$).

Berekening windsnelheid

De gemiddelde windsnelheid op een bepaalde plaats kan uitgerekend worden wanneer de windsnelheid (en meethoogte) en de terreingesteldheid op die plek bekend zijn. Hiervoor wordt de volgende formule [brn 4, pagina 53] gebruikt.

$$v_2 = v_1 \cdot (z_2/z_1)^\alpha$$

	hoogte/z (m)	windsnelheid/v (m/s)
buitengebied	60	13.1
stedelijk gebied	70	13.1

[tbl 1] Referentie windsnelheid op hoogte z_1

terreingesteldheid	α	v_2 op $z_2=5$ m	v_2 op $z_2=6$ m	v_2 op $z_2=7$ m
vlak kustgebied met overwegend aanlandige wind	0,12	9,7	9,9	10,1
vlak of licht glooiend land met enkele lanen en vrijstaande bomen	0,15	9,0	9,3	9,5
heuvelachtig gebied met lanen, bosjes en verspreide bebouwing	0,19	8,2	8,5	8,7
landschap met dichtere bebouwing of kleinere bossen	0,26	6,6	6,9	7,2
zware bossen, sterk heuvelachtig terrein of centrum van grote stad met hoogbouw	0,35	5,2	5,5	5,9

[tbl 2] Berekende waarde voor de windsnelheid op hoogte z_2 , met v_2 in m/s

In de praktijk zal de windsnelheid sterk afwijken van de waarde uit [tbl 2]. Dit komt omdat het een gemiddelde is. De wind varieert namelijk per plaats, seconde, tijdstip op de dag en seizoen. Een windsnelheidsverdeling van een bepaalde plek geeft een beter beeld van het aantal uren dat een windsnelheid in een jaar beschikbaar is. Voor een windsnelheidsverdeling op een bepaalde plek zijn langdurig metingen nodig, wat deze aanpak duur maakt en dus niet toepasbaar op kleine schaal.

De berekende windsnelheden zijn in bebouwd gebied pas redelijk nauwkeurig vanaf 30 meter, in lichtbebouwde gebieden is de berekening al vanaf 10 meter redelijk nauwkeurig. Voor een nauwkeurigere berekening moet gebruik gemaakt worden van de volgende formule. Waar de voorgaande formule de parameter 'α' heeft voor de terreinruwheid, gebaseerd op generalisering, tabellen en monogrammen, heeft de volgende formule z_0 . Deze parameter is gebaseerd op bezettingsgraad en hoogte van obstakels.

$$v_1/v_2 = \ln(z_1/z_0)/\ln(z_2/z_0) \text{ [brn 4 pagina 50]}$$

$$z_0 \approx 1/2 \cdot b \cdot H$$

b = bezettingsgraad, bij 10% bezettingsgraad: b = 0,1

H = hoogte van obstakel.

Direct invloedsgebied van bebouwing

Gezien de positie van de vlaggenmasten, zie 'positie' [pgn 4] in de paragraaf huidige situatie, is het belangrijk te kijken wat de invloed van de bebouwing is waarbij de vlag staat. De luchtstroom die haaks op een vrij breed gebouw is gericht, resulteert vóór het gebouw in een gebied met lagere windsnelheid, het zogenaamde zogebied. Dit gebied begint 12.H voor het gebouw en heeft een hoogte van 2.H. (waarin H de hoogte van het gebouw is.) De gemiddelde mate van verandering is op de halve hoogte van het gebouw 30%. Op de hoogte van het gebouw is het 25%. Zie voor de gemiddelde mate van veranderingen op verschillende hoogtes [fgr 8] uit [brn 4].

Wanneer de wind uit de tegengestelde richting komt, en dus over het gebouw heen moet komen, is de luchtstroom ook onderhevig aan verandering. Voor het gebouw ontstaat dan een onderdruk, waardoor de luchtstroom met 80% verminderd wordt in het bereik van 10.H vanaf de gevel van het gebouw.

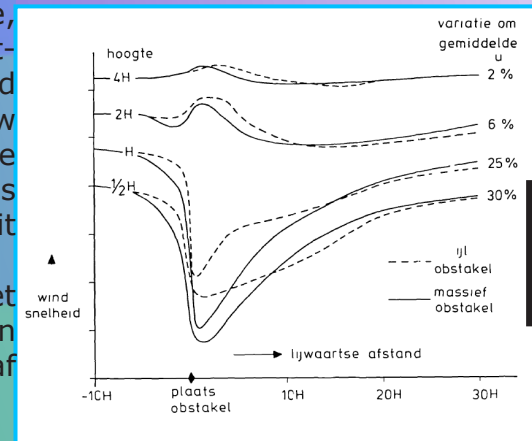
Praktijksituatie

In [tbl 3] hieronder staan de windsnelheden op 6 meter hoogte. In de middelste kolom de windsnelheden indien de wind haaks op het gebouw staat, in rechter kolom de windsnelheden wanneer de wind over het gebouw naar de vlaggen waait. Deze berekende windsnelheden zijn gebaseerd op:

$$v_2 = v_1 \cdot (z_2/z_1)^\alpha \text{ voor verschillende waarde } \alpha \text{ verminderd met 25\% (op) of 80\% (over)}$$

terreingesteldheid	wind haaks OP gebouw	wind haaks OVER gebouw
dichtere bebouwing ($\alpha = 0.26$)	5.17 m/s (6,9 - 25%)	1.4 m/s (6,9- 80%)
centrum van grote stad met hoogbouw ($\alpha = 0.35$)	4,13 m/s (5,5 - 25%)	1.1 m/s (5,5 - 80%)

[tbl 3] windsnelheid vóór een gebouw in m/s als gevolg van wind die haaks op het gebouw staat of wind die (haaks) over het gebouw moet komen.



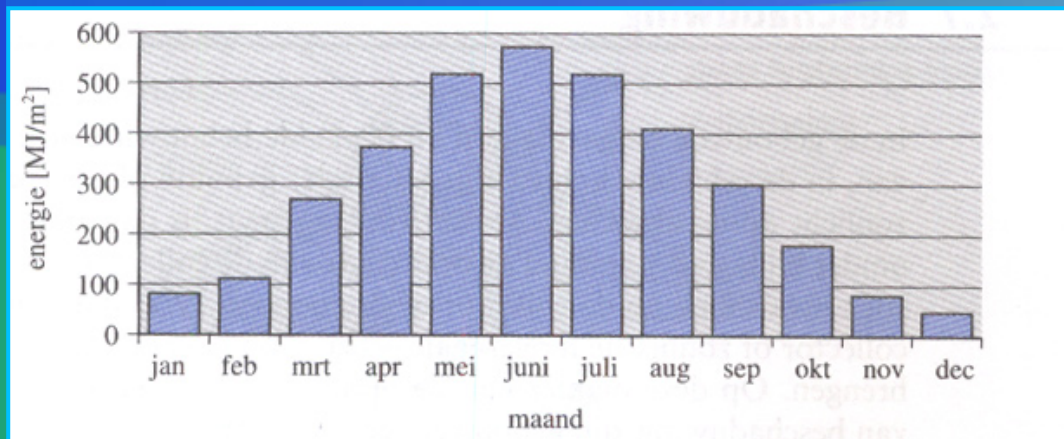
[fgr 8] De invloed van obstakel op wind. Afkomstig uit [brn 4]

Zonne-energie

Zoals eerder beschreven in "introductie duurzame energie" [pgn 7] is actieve zonne-energie in de vorm van PV-panelen mogelijk toepasbaar. In deze subparagraaf de benodigde theorie voor het toepassen van deze vorm van duurzame energie.

Beschikbaarheid

Voor berekeningen aan zonne-energie wordt in Nederland en België vaak uitgegaan van een gemiddelde globale zonnestraling van 1000 kWh/m² per jaar. Door weersomstandigheden varieert dit van 1100 kWh/m² per jaar aan de kust tot 900 kWh/m² per jaar in het oosten. De uiteindelijke opbrengst per vierkante meter is afhankelijk van het rendement van de gekozen PV-panelen. 1000 kWh/m² per jaar komt overeen met 3,6 GJ/m² per jaar en een gemiddelde van 300 MJ/m² per maand. De werkelijke maandelijkse hoeveelheid energie per vierkante meter wijkt als gevolg van het seizoenen af. De variatie van de ingestraalde energie MJ/m² per maand is te zien in [fgr 9] hieronder.



[fgr 9] De gemiddelde globale zonnestraling per maand uit [brn 1].

Ontwerpafwegingen

Er zijn verschillende manieren mogelijk waarop gekeken kan worden naar de variatie in opbrengst van PV-panelen. namelijk:

- De jaaropbrengst even groot maken aan het jaarverbruik, het overschot aan elektriciteitsnet geven en het tekort aanvullen vanaf het elektriciteitsnet.
- De jaaropbrengst even groot maken aan het jaarverbruik, het overschot van de zomer opslaan, om in de winter een tekort aan te vullen.
- Dagopbrengst in zonarme periodes even groot maken aan dagverbruik. Dit systeem kan uitgebreid worden met een buffer voor dagen waarin geen productie plaatsvindt, en wel energie gebruikt wordt.

Jaaropbrengst = jaarverbruik, netwerk gekoppeld

Bij het ontwerpen van een product dat zelf met behulp van PV-systemen moet voorzien in zijn energiebehoefte en netgekoppeld is, kan uitgegaan worden van het jaargemiddelde van 1000 kWh/m² per jaar. De PV-panelen zullen dan in de zomer meer energie opwekken dan dat het product zelf nodig heeft en dit leveren aan het elektriciteitsnet. In de winter wordt dan de zelf opgewekte energie aangevuld met energie uit het elektriciteitsnet.

Jaaropbrengst = jaarverbruik, standalone.

Wanneer een product ontworpen wordt dat zelf moet voorzien in zijn energiebehoefte, kan ervoor gekozen worden om uit te gaan van de jaaropbrengst. In dat geval moet de variatie rond het gemiddelde opgevangen worden: Er moet een buffer gecreëerd worden. Deze buffer wordt gevuld indien de productie boven het gemiddelde ligt, en geleegd in tijden dat het gemiddelde niet gehaald wordt. De zelfontlading van accu's, voor NiMH is dit bijvoorbeeld 20% per maand [blg 2], maakt het onmogelijk om te kiezen voor deze aanpak. (zie bijlage voor andere type batterijen, en zelfontlading per jaar) Alleen wanneer er accu's komen met een veel lagere zelfontlading (bijvoorbeeld in de buurt van 5% op halfjaarbasis) of wanneer de energie op een andere manier opgeslagen wordt, kan er gebruik gemaakt worden van deze aanpak.

Dagopbrengst = dagverbruik

Bij het ontwerp van standalone producten waarbij het niet goed mogelijk is om energie energiezuinig voor meerdere maanden op te slaan, kan gekozen worden om de dagopbrengst aan te passen aan het dagverbruik. Hierbij moet de grootte van het paneel zodanig zijn, dat zelfs de dag met de minste lichtopbrengst kan voldoen aan het verbruik van die dag. Dit soort systemen worden uitgerust met batterijen die, afhankelijk van de gewenste bedrijfszekerheid, een veelvoud van de dagelijks benodigde energie opslaan voor dagen onvoldoende energie opgewekt word.

De capaciteit (C) van een accu die nodig is wanneer er t dagen van de periode m geen energie opgewekt maar wel gebruikt wordt kan berekend worden met:

$$C = (t + 1) \cdot E$$

E = energie die in 1 nacht gebruikt wordt

Tijdens t dagen zonder productie, is het gebruik (t + 1)

De vermenigvuldigingsfactor V waarmee de dagproductie uitgebreid moet worden om de buffer te vullen geldt:

$$V = 1 + t/(m - t)$$

Praktijkvoorbeeld:

Wanneer de verlichting van een vlaggenmast t = 3 achtereenvolgende dagen per periode m = 30 dagen productief moet kunnen zijn, zonder dat er in die dagen energie opgewekt wordt, moet een buffer C, een capaciteit hebben die (t + 1) keer zo groot is dan het verbruik E in de nacht:

$$C = (3 + 1) \cdot E = 4 \cdot E$$

Daarnaast moet het in de overige dagen van de periode de buffer weer vullen. Daarvoor moet de dagopbrengst vermenigvuldigd worden met V:

$$V = 1 + t/(m - t) = 1 + 3/(30-3) = 1.11$$

De PV-panelen moeten dus 1,11 keer zoveel produceren als dat er op 1 dag nodig is, zodat een vlag zelfs na 3 improductieve dagen voldoende energie in de accu heeft voor de nachtelijke verlichting van de vlag. (Hierbij is geen rekening gehouden met de zelfontlading van de batterij.)

Energieopslag

De benodigde energie voor het verlichten van een vlag met een lamp is elektrische energie, het gebruik van een elektrische accu is de meest voor de hand liggende en praktische manier om de benodigde energie op te slaan. De ontwerpkeuzes die hiervoor gemaakt moeten worden, zijn dus de parameters met betrekking tot de keuze van een accu:

- Energie (kWh)
- Energie/massa (Wh/kg)
- Energie/inhoud (Wh/dm³)
- Energie/prijs (Wh/€)
- Zelfontlading (%/maand)

De eerste parameter is afhankelijk van de energievraag, de overige parameters zijn eigenschappen van de soort batterij.

Zelfontlading

Wanneer gebruik gemaakt wordt van batterijen, moet rekening gehouden worden met de zelfontlading ervan. Bij zelfontlading vergaat een deel van de opgeslagen hoeveelheid energie. Dit wordt aangegeven in %-verlies/maand. Voor opstellingen die overdag moeten voorzien in het opwekken van de energie die gebruikt wordt in de nacht, is de zelfontlading per dag nodig. In [blg 2] staat de zelfontlading per maand voor verschillende typen batterijen [brn 5]. Daarnaast zijn de zelfontladings per dag, per half jaar en per jaar berekend.

Om de zelfontlading te compenseren moet de capaciteit van de batterij groter zijn dan wat er uiteindelijk verbruikt wordt. De capaciteit waarmee een batterij geladen moet worden (C_{in}) kan berekend worden uit de uitgaande capaciteit (C_{uit}) en de zelfontlading per dag (%d) door middel van:

$$C_{in} = -100 * C_{uit} / (-100 + \%d)$$

Bij het ontwerp van een standalone product dat, een x aantal dagen ontladen wordt geldt:

$$\%d = 100 - 100 (1 - \%d/100)^x$$

Waarbij x het aantal dagen is dat er zelfontlading plaatsvindt, zonder er productie plaatsvindt.

Laad- ontlad rendement

Het rendement voor het laden en ontladen van een batterij varieert per type batterij. In het vervolg van het project is gerekend met een rendement van 85%.

Verlichting

In deze paragraaf worden de parameters opgesomd die van belang zijn bij het ontwerp van verlichting van een vlag.

Verlichting t.o.v. vlag

Zoals op [pgn 4] te lezen is, worden er reeds vlaggen verlicht. Dat gebeurt meestal vanaf de grond. Het grootste nadeel hiervan is dat het niet statisch is ten opzichte van de vlag. Dit kan opgelost worden door de verlichting te bevestigen aan de rotobanner.

Lange of korte zijde

Om een vlag te verlichten kan ervoor gekozen worden om het armatuur langs de lange of korte zijde te plaatsen. De lange zijde van de vlag is veel groter dan de korte zijde van de vlag.

Voor de vlaggen uit [blg 1] geldt dat de lengte $1\frac{2}{3}$ tot $5\frac{5}{8}$ keer de breedte is. Verlichting langs de korte zijde geeft een klein armatuur met een grote arm, verlichting langs de lange zijde resulteert in een groot armatuur en een kleine arm.

Spot of rail

Bij het verlichten van een object wordt vaak gekozen voor het concentreren en te richten van een bundel op een object. De puntbron die zo ontstaat, is beter bekend als een spot. Wanneer LEDs gebruikt worden, kan gekozen worden voor een LEDspot. Dit is een spot die bestaat uit een verzameling van LEDs. Het is echter ook mogelijk om spots te maken die bestaan uit 1 LED. In dat geval zal het aantal spots veel groter zijn, waardoor het geheel meer op een rail gaat lijken. Door de vele kleine puntbronnen kan een object gelijkmatiger verlicht worden, een gelijkmatige verdeling met behulp van enkele spots is haast onmogelijk.

Soort lamp

Voor het bepalen van de keuze voor het soort lamp wordt de nadruk gelegd op de efficiëntie. Immers hoe hoger het aantal lm/W, des te lager het benodigde vermogen voor dezelfde verlichting, en des te kleiner het uitgaand vermogen van de energieopwekker. In [tbl 4] hieronder worden verschillende soorten lampen met elkaar vergeleken.

soort lamp	bekend van / gebruikt voor	nuttig licht rendement	nuttig licht rendement
gloeilamp	het 'peertje'	5 - 35 lm/W	2 - 5.1 %
LED	nieuwste generatie verlichting	tot 150 lm/W	tot 22 %
Fluorescentielamp	TL-verlichting/spaarlampen	46 - 100 lm/W	8 - 15 %
gas ontladingslamp	Neon/Xenon/Natrium (straat/auto-verlichting)	65-200 lm/W	9.5 - 29%

[tbl 4] Rendement van verschillende soorten verlichting [brn 6].

Het nuttig licht rendement ('overall luminous efficacy') van een lamp wordt uitgedrukt in 'luminous flux' die een lamp uitstraalt per opgenomen vermogen (lm/W). Hierbij is rekening gehouden met de lichtgevoelheidsfunctie ('luminosity function') die de gemiddelde visuele gevoeligheid beschrijft van het menselijk oog voor licht van verschillende golflengtes. Het nuttig lichtrendement percentage is het nuttig licht rendement van de maximaal haalbare lichtopname van het menselijk oog.

Zoals af te lezen in de [tbl 4] bestaan er LEDs met een hoge mate van efficiëntie. Er zijn echter wel alternatieven met een nog hoger nuttig licht rendement. Fluorescentielampen kunnen ook een hoog rendement hebben, maar ze hebben het nadeel dat ze diffuus licht verspreiden. Hierdoor zijn deze lampen geschikter voor algemene verlichting en minder geschikt voor een het maken van een spot.

Gasontladingslampen hebben de hoogst mogelijke nuttig licht rendement. Een nadeel van gasontladingslampen is dat er voorschakelapparatuur vereist is, die voorziet in de juiste frequentie en een hoge startspanning. Dit is vooral een probleem wanneer de energievoorziening gebeurt met gelijkspanning/accu.

De gasontladingslamp met het hoogste rendement is de lagedruk natriumlamp. Deze is bekend als gele straatverlichting. Het gele licht maakt het onmogelijk kleuren waar te nemen en dus niet ideaal voor het verlichten van een vlag.

Gasontladingslampen met wit licht zijn van het type hogedruk natriumlamp, het rendement bevindt zich tussen 100 en 130 lumen/watt, waarbij 100 lumen/watt het meest witte licht geeft. Een ander nadeel van zowel gasontladingslampen als fluorescentielampen is dat ze beide breekbaar en gevoelig voor trillingen zijn, dit in tegenstelling tot de solidstate lampen zoals LEDs.

Conclusie

Wanneer een object energie-efficiënt, kleurgetrouw verlicht moet worden, is er geen beter alternatief dan LEDs.

De mate van verlichting,

Om de mate waarin een vlag verlicht moet worden te bepalen, is er een empirisch onderzoek gedaan naar bestaande verlichte objecten, die zich in het straatbeeld bevinden. Het betrof hierabri's, verlichte verkeerslichtbakken en reclameobjecten. De resultaten zijn opgenomen in de tabel in [blg 4].

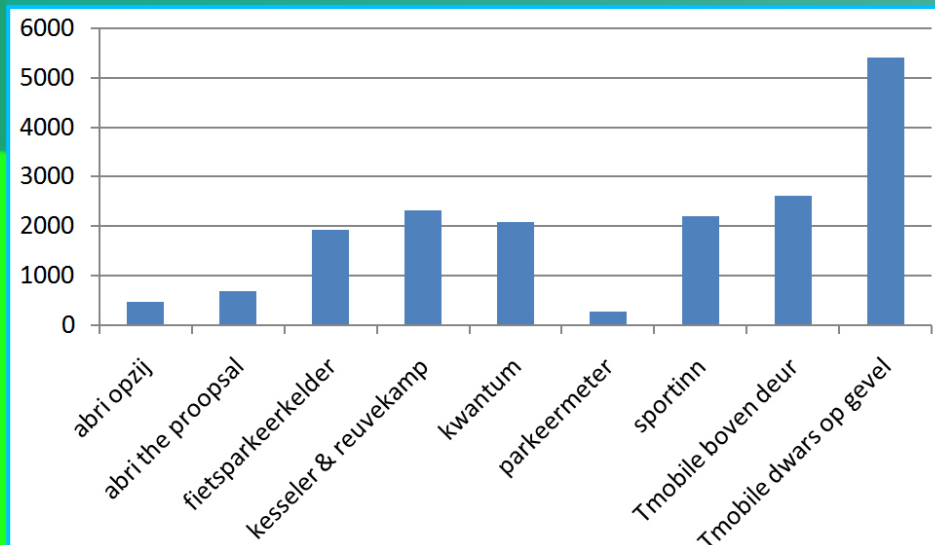
Plaats van lichtbak.

De manier waarop de lichtbakken zijn opgesteld ten opzichte van zijn mogelijke toeschouwers zijn in 3 categorieën te verdelen.

1. Lichtbakken in een relatief donkere straat, op korte afstand van de toeschouwers. (Deze categorie bestaat uit deabri's en de parkeermeter. Deabri's staan in een donkere berm, vlak langs de rijbaan. De gemeten parkeermeter staat in een matig verlichte straat.)
2. Lichtbakken in een lichte omgeving. (Lichtbakken uit de categorie van Sportinn en T-Mobile hangen in het voetgangersgebied, waar ze zich moeten onderscheiden van de verlichte etalages.)
3. Lichtbakken in normale verlichte omgeving, op grote afstand van de toeschouwers. (De lichtbak voor de fietsparkeerkelder hangt ver van de inrit af, hierdoor is het belangrijk dat het op grotere afstand goed leesbaar is. De lichtbakken van 'Kessler & Reuvekamp' en Kwantum hangen op grotere afstand (≈ 5 m) van de mogelijke toeschouwers.)

Lichtbakken uit categorie 1, hebben een lage luminantie, lichtbakken die behoren tot categorie 2 & 3 hebben een hoge tot extreem hoge luminantie.

Wanneer de meetresultaten van lichtobjecten die wit licht uitstralen in een grafiek gezet worden, ([fgr 10]) zijn er 3 subgroepen te zien:



[fgr 10] luminantie (in cd/m^2) van verschillende lichtbakken

- Een lage luminantie (475, 684, 266 cd/m^2)
- Een hoge luminantie (1935, 2316, 2092, 2200, 2620 cd/m^2)
- Een extreem hoge luminantie (5400 cd/m^2)

Conclusies van lichtmeting

Uit de verhouding tussen plaats van de lichtbak en de mate van verlichting kan geconcludeerd worden:

- Weinig omgevingslicht: minder luminantie
- Veel omgevingslicht: veel luminantie
- Normaal omgevingslicht, met grotere afstand tot de toeschouwers: hogere luminantie.

Andere overwegingen zijn:

- Licht trekt de aandacht, méér licht trekt meer aandacht.
- Overbelichting maakt onleesbaar, en het zal tot ergernis leiden (lichtvervuiling.)

Conclusie met betrekking tot vlaggenmast.

Zoals beschreven in de paragraaf "opstelling" op [pgn 4], zijn vlaggenmasten met vlaguithouders vaak te vinden in combinatie met een gebouw. De onderzijde van de vlag bevindt zich 2,5 tot 4 meter boven de grond, en zal dus niet verlicht worden door autolichten. Tussen een rij vlaggenmasten en de straatverlichting bevindt zich meestal een berm en/of een stoep. De meest nabije lantaarnpalen staan vervolgens meestal met de "rug" naar de vlaggenmasten en zullen de vlag dus niet verlichten.

Vlaggenmasten kunnen zich in het bereik van gevelverlichting of in diffuse verlichting waarmee de ruimte in het gebouw (bijvoorbeeld een showroom) verlicht wordt, bevinden.

Deze eigenschappen maken het aannemelijk dat de mate van verlichting van een vlag het meest overeenkomt met die van de subgroep met lage luminantie.

3 | Concepten

Verlichting

Soort armatuur

In hoofdstuk 2 zijn de verschillende parameters die mogelijk zijn bij het verlichten van de vlag geïntroduceerd. Dit resulteert in 4 mogelijke configuraties waarop de verlichting geïmplementeerd kan worden in de rotobanner.

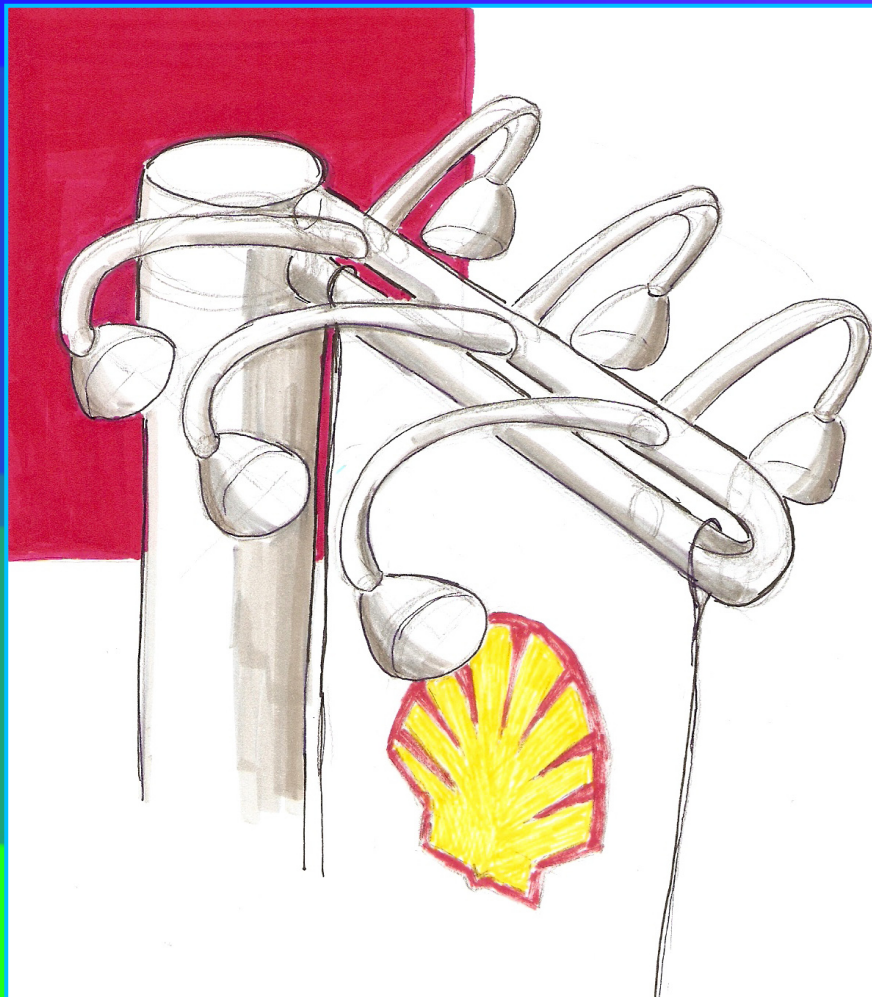
De verschillende configuraties zoals zie hieronder opgesomd zijn, zijn uitgewerkt in de afbeeldingen [fgr 11] t/m [fgr 14] op de komende pagina's.

Lampconfiguratie 1: Een aantal spots langs korte zijde van de vlag (in voorbeeld 3 per zijde).

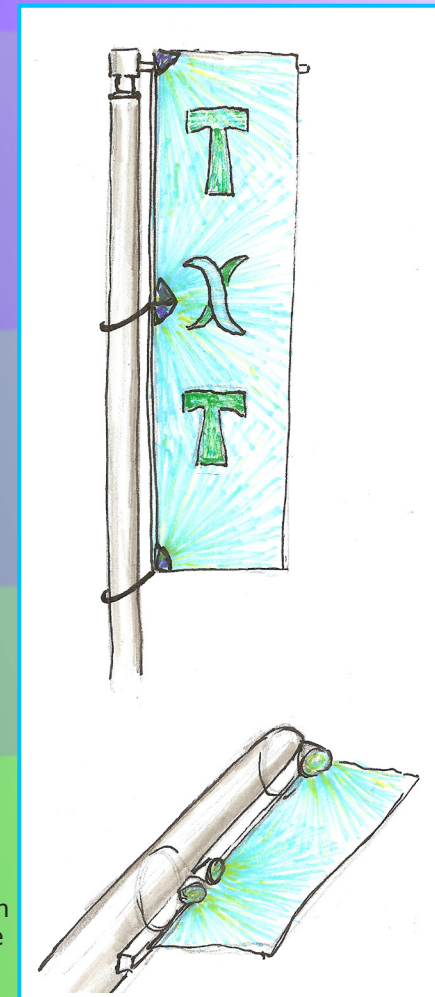
Lampconfiguratie 2: Een aantal spots langs de lange zijde van de vlag (in voorbeeld 4 per zijde).

Lampconfiguratie 3: Een rail met verlichting langs de lange zijde van vlag.

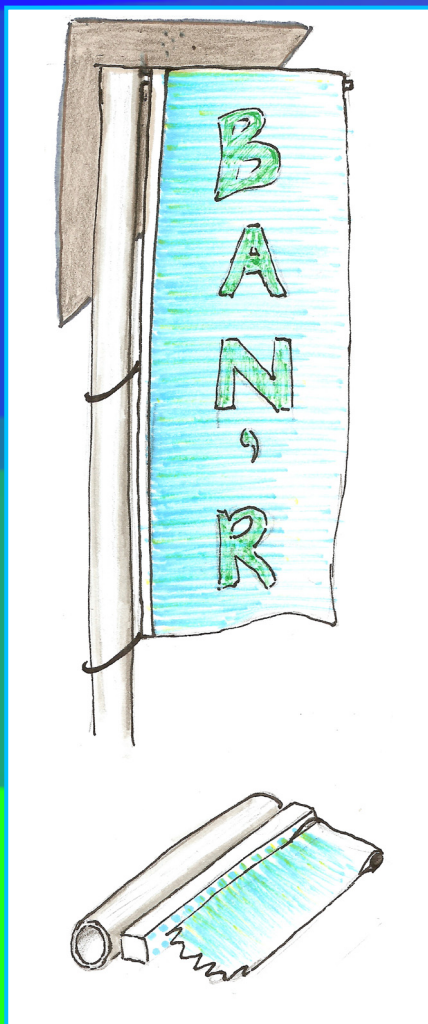
Lampconfiguratie 4: Een rail met verlichting langs de korte zijde van de vlag.



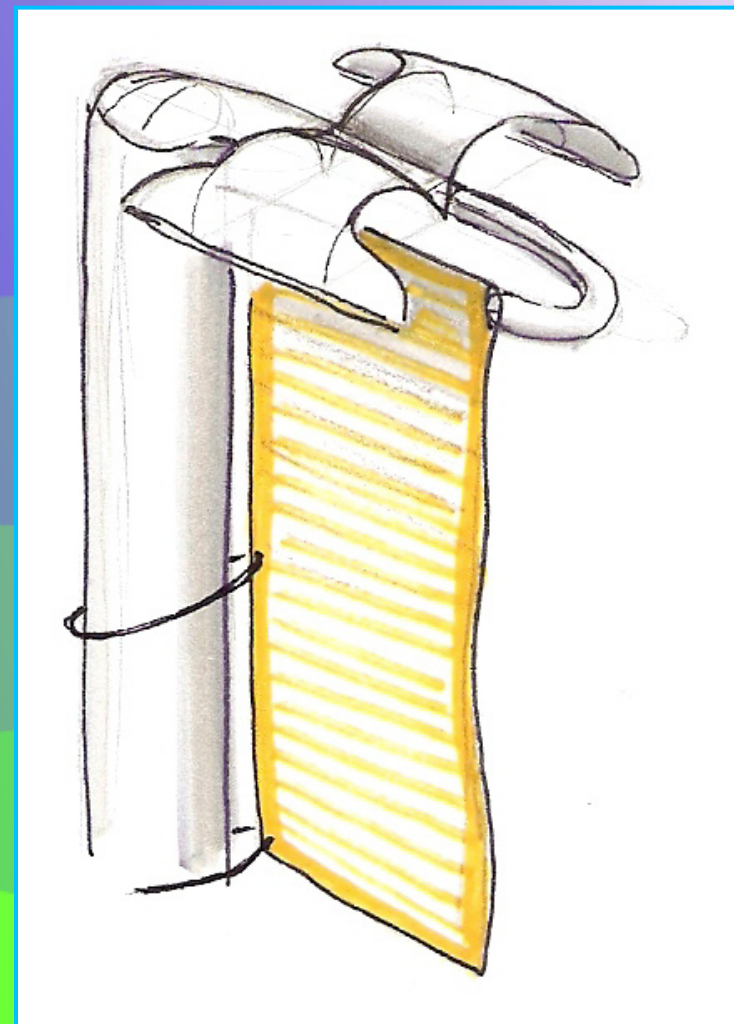
[fgr 11] Lampconfiguratie 1 (links) een aantal spots langs korte zijde van de vlag.



[fgr 12] Lampconfiguratie 2 (rechts) een aantal spots langs de lange zijde van de vlag.



[fgr 13] Lampconfiguratie 3 (links) Een rail langs de lange zijde van vlag



[fgr 14] Lampconfiguratie 4 (rechts) Een rail langs de korte zijde van vlag

Keuze lampconfiguratie

Zowel bij lampconfiguratie 2 als 3 moet er een geheel nieuwe voorziening getroffen worden voor de verlichting, wat bij configuratie 3 zelfs zal betekenen dat de bewegingsvrijheid van de vlag verminderd wordt. Deze twee eigenschappen maken deze configuraties slecht verenigbaar met de (functionaliteit van de) rotobanner, wat een eis is van de opdrachtgever, (Zie PVE: "doorontwikkeling" [pgn 5]) daarom is in overleg met de opdrachtgever gekozen om lampconfiguratie 4 verder uit te werken.

De informatie die een vlag moet uitdragen kan gelijkmatig over de vlag verdeeld zijn, zoals de carwash vlaggen van [fgr 15], voor deze vlaggen is het nodig om een gelijkmatige verlichting toe te passen. Daarnaast bestaan er vlaggen waarbij de informatie op een bepaald deel van de vlag staat. (bijvoorbeeld de Opelvlag [fgr 2]) De plaats waar de informatie staat varieert, daarom moet bij een armatuur die slechts een deel van de vlag verlicht de hoek die de lichtbundel maakt instelbaar zijn. De oplossing kan ook gevonden worden in het leveren van een brede range van armaturen, met allemaal hun eigen hoek.

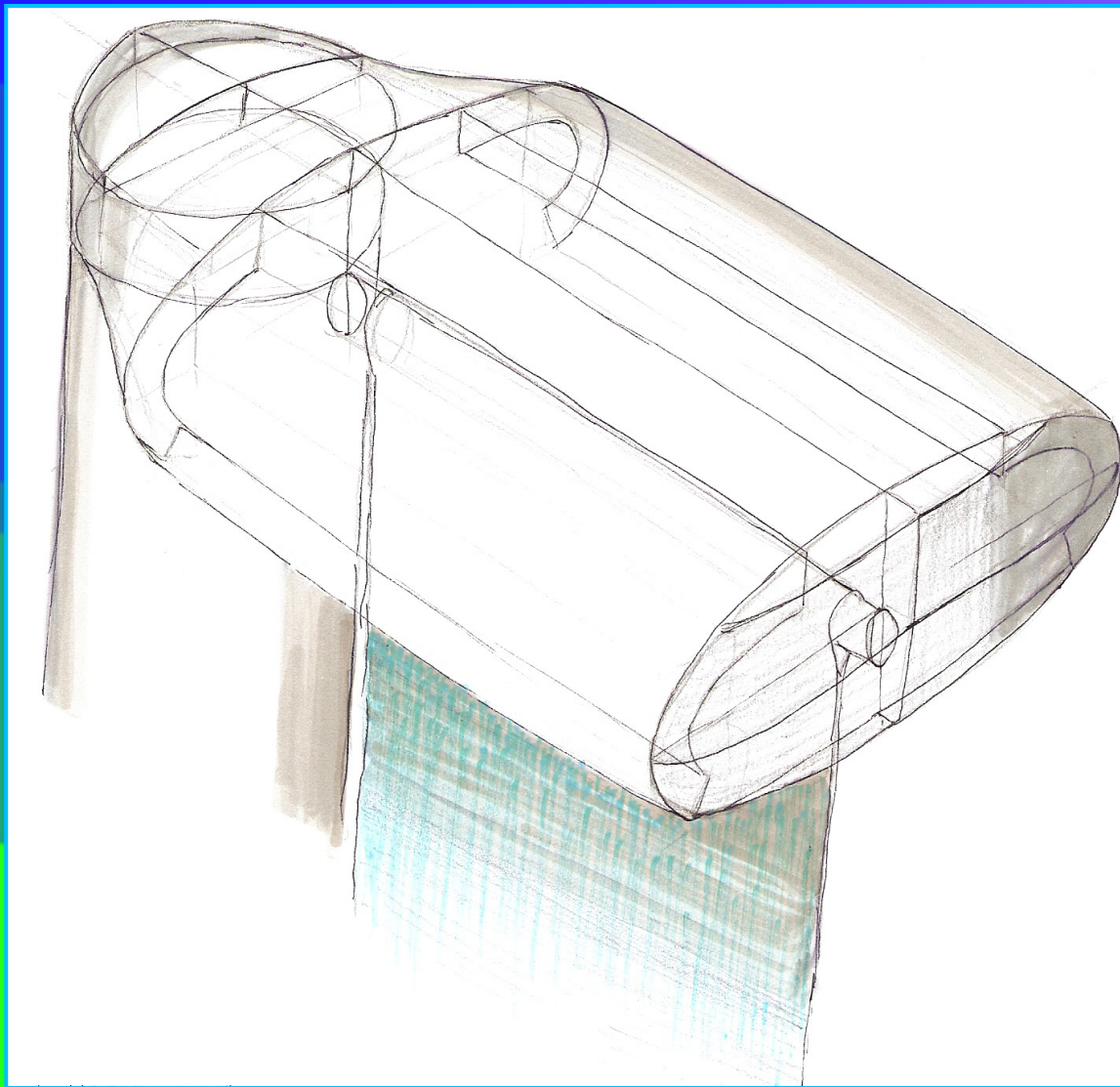
Bij vlaggen waarbij de informatie slechts op een deel van de vlag staat, kan ook gekozen worden voor gelijkmatig verlichting. Het lijkt misschien verspilling, maar dit is maar relatief als je bedenkt dat de achtergrondkleur van de vlag ook een onderdeel van de huisstijl is, en dus waardevolle informatie.

Omdat de investering voor dit nieuwe product groot zijn in verhouding tot de onzekerheid van de vraag, is het verstandig om zeker de eerste generatie uit te voeren met een gelijkmatige verlichting. Dit kan gerealiseerd worden met een rail, of een fijne verdeling van een groot aantal kleine spots.

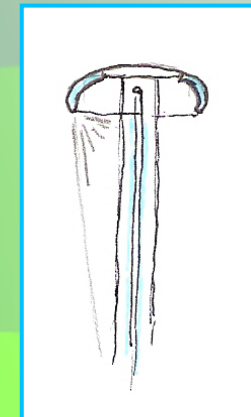
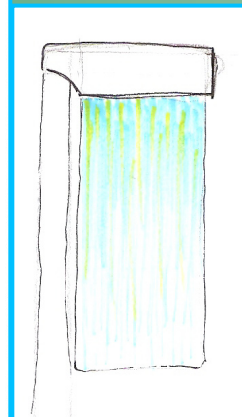
Deze configuratie kan op verschillende manieren uitgewerkt worden. Dit is te zien in [fgr 16] tot en met [fgr 19].

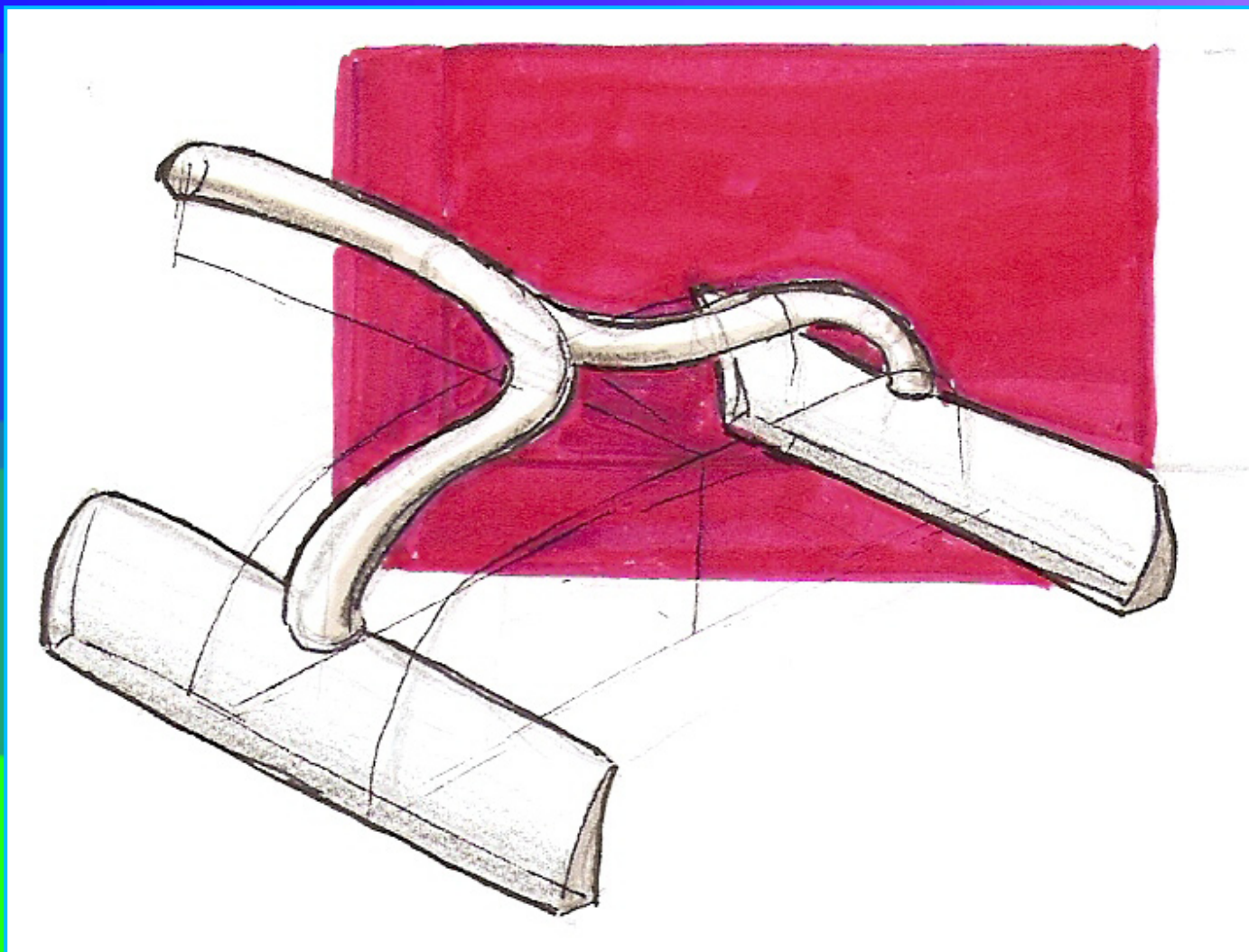
[fgr 15] Voorbeelden van vlaggen waarbij informatie gelijkmatig verdeeld is. Uiterst rechts, vlaggen van Boels waarbij de informatie in het bovenste stuk van de vlag staat.



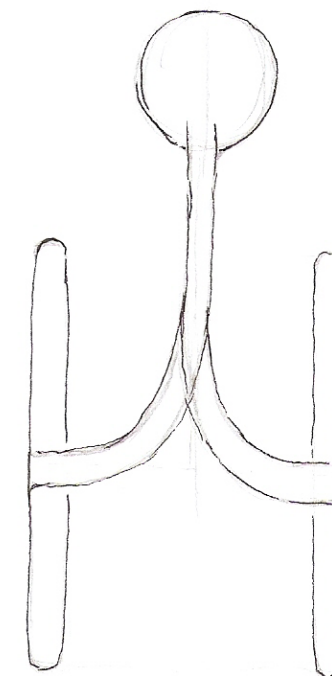


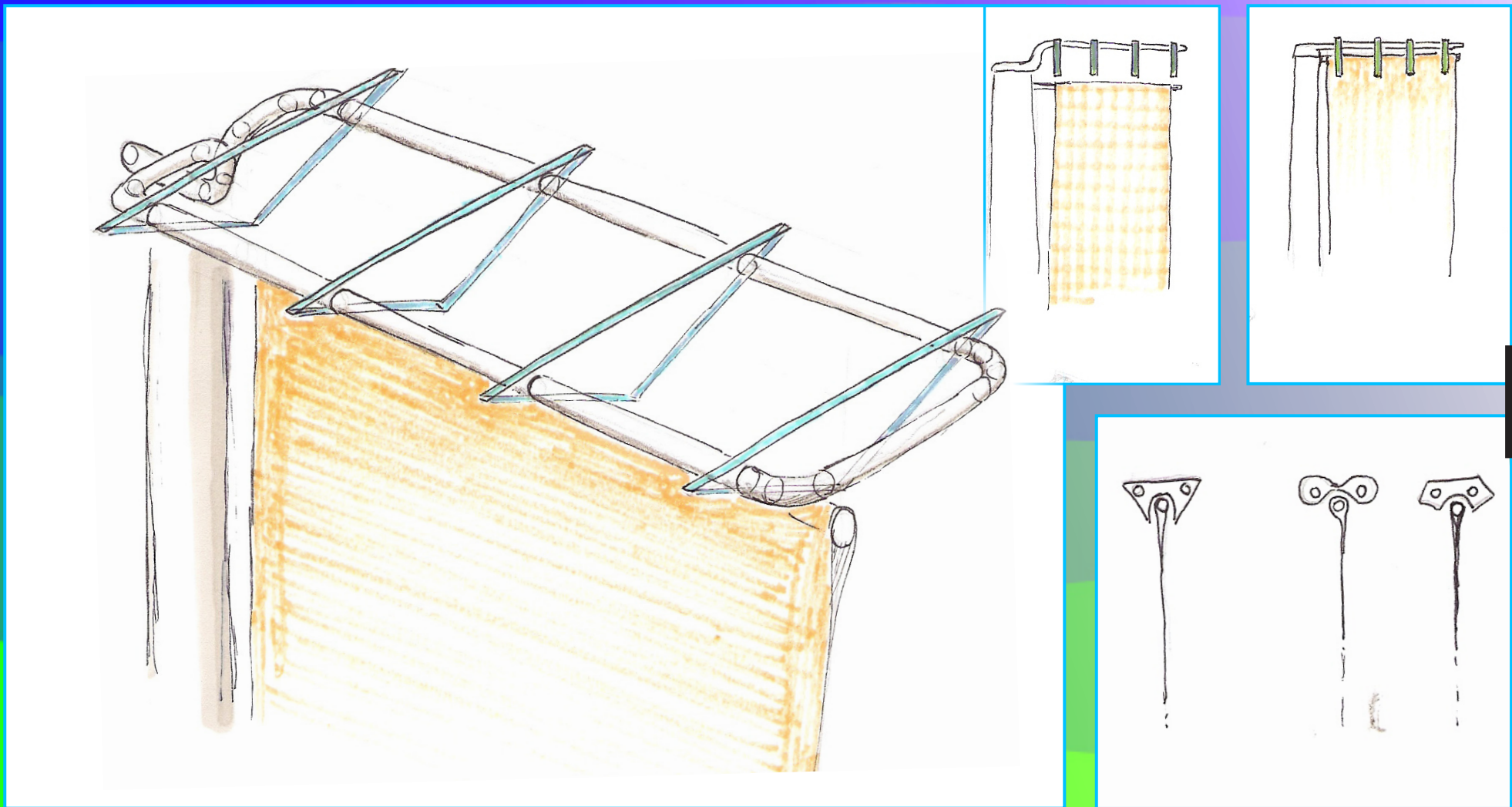
[fig 16] concept 1: Een 3d-weergave van een armatuur, aangevuld met een vooraanzicht, bovenaanzicht en zij-aanzicht.



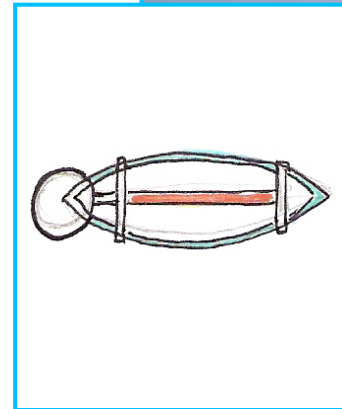
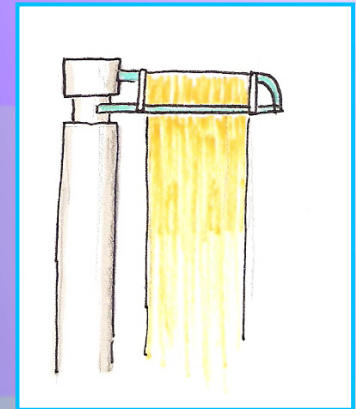
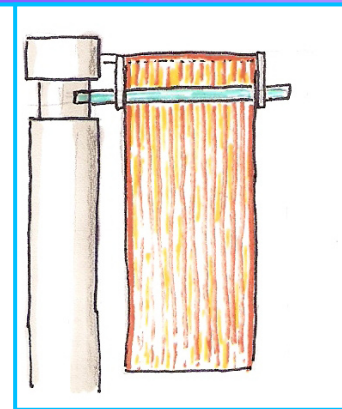
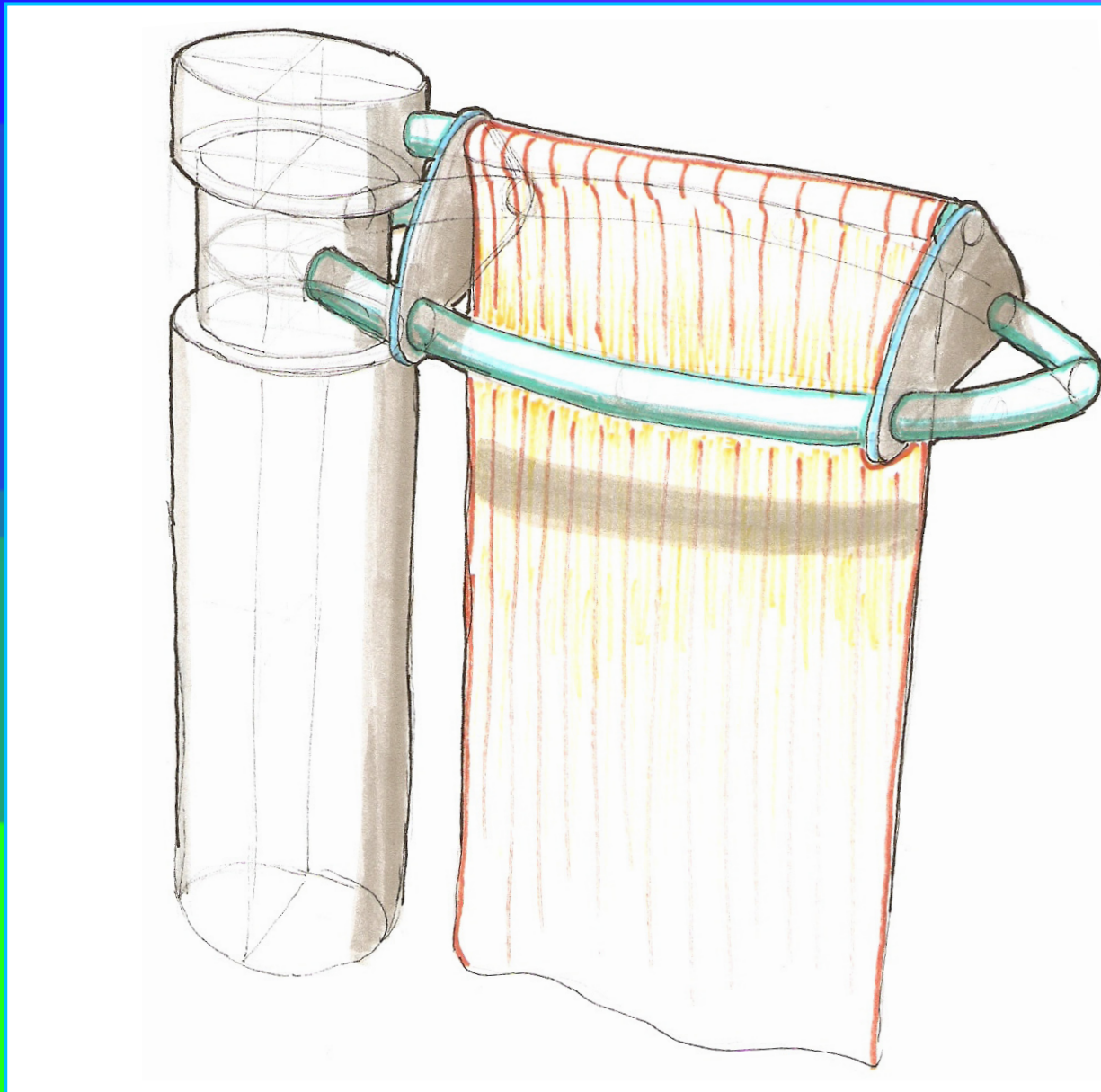


[fgr 17] concept 2:
Een 3d-weergave van een
sierlijk organisch armatuur, met
daarnaast een bovenaanzicht
ervan.





[fgr 18] concept 3: Een 3d-weergave van een armatuur, bestaande uit een rondlopende buis die de LEDs herbergt. Rechts van de 3-d weergave staan twee mogelijke vooraanzichten. De andere weergaven zijn varianten van combinaties tussen uithouder en verlichtingsbuis.



[fgr 19] concept 4: Een 3d-weergave van concept 4 waarbij de buis met verlichting zich lager dan de vlaguit-houder bevindt. De buizen lopen rond, dit is ook te zien op het boven-aanzicht, naast de 3d-weergave.

Mate van verlichting

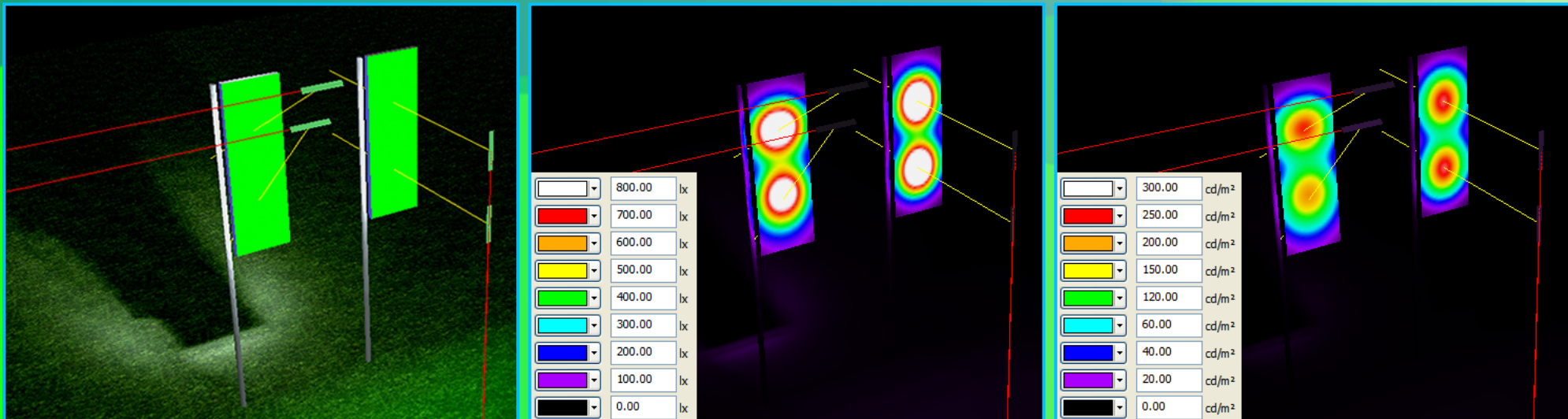
Om een goed beeld te krijgen van de manier waarop voorzien kan worden in de verlichting, wordt een simulatie gedaan in DIALux. Dit is gratis software voor het simuleren van verlichting. Het doel van de simulatie is vaststellen van het benodigde vermogen voor verlichten van een vlag op een manier waarop het voldoet aan de op [pgn 23] gewenste mate van verlichting, namelijk 250 cd/m^2 . Bij de simulatie is uitgegaan van een industriële omgeving in Amsterdam met geringe vervuilingfactor (0,7).

Het doel is bereikt door de vlaggen te voorzien van twee LED-armaturen. De armaturen zijn strips bestaande uit 16 LEDs van 1 W, met een 1600 lm per strip. Er is gekozen voor twee verschillende opstellingen: bij de eerste vlaggenmast bevinden de armaturen zich ongeveer zoals beschreven is op lampconfiguratie 4 ([pgn 26]). Bij de plaatsing van de armaturen van vlaggenmast 2, is uitgegaan van het zo optimaal mogelijk benaderen van het doel. Dit is gedaan door de LED-strips te laten zweven in elkaars verlengde boven de middenlijn van de vlag.

De verzameling afbeeldingen hieronder, samen [fgr 20] zijn 3 schermafbeeldingen van de twee vlaggenmasten. De schermafbeeldingen hebben alledrie hetzelfde perspectief. De lijn waarop de LEDs in de strips liggen, is weergegeven met de rode lijnen. De gele lijnen zijn de richtingen waarin de LEDs schijnen.

Op de linker afbeelding is de vlag met armaturen en verlichting te zien. De middelste en rechtse afbeelding geven dezelfde 2 vlaggen, met dezelfde omstandigheden met respectievelijk de verdeling van de verlichtingssterkte (in lx) en de verdeling van de luminantie (in cd/m^2).

[fgr 20] Verlichte vlaggenmasten / Verlichte vlaggenmasten met het bereik in verlichtingssterkte in lx / Verlichte vlaggenmasten met luminantiebereik in cd/m^2



Conclusie

Uit de simulatie is te concluderen dat een gebied van ongeveer 70% van de breedte en 60% van de hoogte een luminantie heeft van 150 cd/m² tot 300 cd/m². De mate van verlichting voldoet hiermee aan de gewenste matige luminantie zoals beschreven in hoofdstuk 2. De verdeling van het licht is in dit voorbeeld echter wel te grillig.

Het vermogen van de gesimuleerde opstelling bedraagt 64 W (2 keer 16 W per zijde). Op een winterdag wanneer de verlichting 8 uur aan is (6.00 - 8.00 Uur en van 18.00 - 0.00 uur) wordt er daarom 512 Wh gebruikt. Ter illustratie: voor 1 dag zou dit overeen komen met 150 stuks NiMH AA batterijen. (AA / NiMH/ 2850 mAh/ 1,2 V)

Om de haalbaarheid met betrekking tot de opslag en energieproductie te vergroten, is na overleg met de opdrachtgever gekozen om de uitdaging aan te gaan met een maximaal vermogen van 20 W per vlagzijde.

Energievoorziening

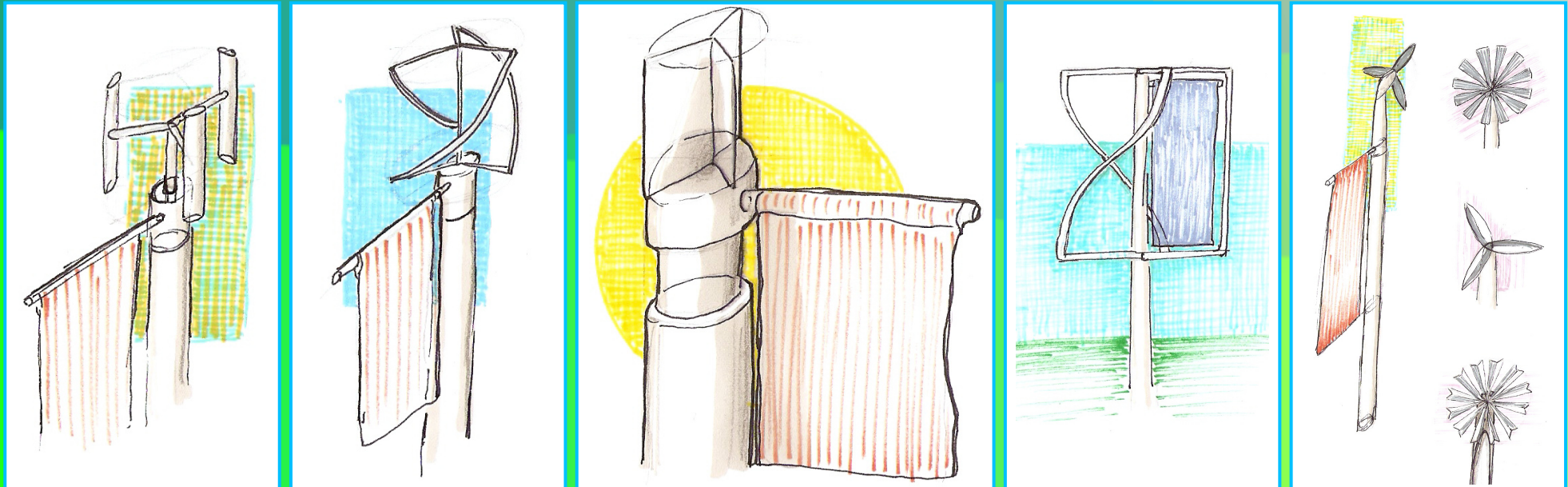
Windenergie

Wanneer er gekozen wordt voor windenergie, blijkt de keuze voor een molen voor de hand te liggen. Zoals eerder beschreven in hoofdstuk 1 zijn er verschillende soorten turbines. In de afbeelding hieronder [fgr 21] zijn schetsen weergegeven van de manier waarop deze verschillende type molens toegepast kunnen worden op een vlaggenmast.

Achtereenvolgens zijn te zien:

- H-darrieus
- Turby
claimt voordeel te halen uit stijgende en dalen windstromen.
- Savonius
onveranderlijk silhouet
- Turby om vlag
grotere molen, dus meer vermogen. De banner beïnvloedt het rendement van de molen, waarschijnlijk negatief.
- HAWT met 3 wieken
- HAWT Amerikaans model

[fgr 21] Turbines in combinatie met een rotobanner



Afmetingen

Voor het 8 uur lang verlichten met 40 W is 320 Wh nodig. Ter compensatie van het laad/ontlaadrendement van 85%, moet er 376 Wh opgewekt worden. Hierin kan voorzien worden met een turbine van 16 W, die 24 uur per dag draait. De oppervlaktes die nodig zijn voor dit vermogen zijn voor ieder van de bovengenoemde typen turbines weergegeven in de komende tabellen, [tbl 5] en [tbl 6]. Aan de hand van de oppervlakte is voor HAWTs de straal van de rotor berekend, voor VAWTs is berekend wat de hoogte zou zijn indien de straal 0,3 m of 0,5 m is.

De afmetingen worden berekend aan de hand van de volgende windsnelheidsprofielen.

1. $v = 6,9$ m/s, de gemiddelde windsnelheid op 6 m in een landschap met dichtere bebouwing of kleinere bossen ($\alpha = 0,26$)
2. $v = 5,17$ m/s, de gemiddelde windsnelheid op 6 m in een landschap met dichtere bebouwing of kleinere bossen ($\alpha = 0,26$) voor een gebouw waar de wind haaks op staat
3. $v = 4,13$ m/s, de gemiddelde windsnelheid op 6 m in zware bossen, sterk heuvelachtig terrein of centrum van grote stad met hoogbouw ($\alpha = 0,35$) voor een gebouw waar de wind haaks op staat
4. $v = 1,4$ m/s, de gemiddelde windsnelheid op 6 m in zware bossen, sterk heuvelachtig terrein of het centrum van een grote stad met hoogbouw ($\alpha = 0,35$) voor een gebouw waar de wind over het gebouw moet.
5. $v = 1,1$ m/s, waardes niet weergegeven omdat bij $v = 1,4$ m/s windenergie al onhaalbaar bleek.

HAWTs

HAWT 3 wieken ($C_p = 0,5$ / $\rho = 1,2$ kg/m ³)			
v in m/s	A m ²	r (m)	
6,90	0,2	0,2	(yes)
5,17	0,4	0,3	(yes)
4,13	0,7	0,5	(yes)
1,40	19,1	2,5	(no)

HAWT Amerikaans ($C_p = 0,3$ / $\rho = 1,2$ kg/m ³)			
v in m/s	A m ²	r (m)	
6,90	0,3	0,3	(yes)
5,17	0,6	0,4	(yes)
4,13	1,2	0,6	(maybe)
1,40	31,8	3,2	(no)

[tbl 5] Berekende oppervlaktes, en straal voor verschillende type HAWTs bij verschillende windsnelheden.

legenda:

haalbare afmetingen	(yes)
grote molen	(maybe)
te grote molen	(no)

VAWTs

H-Darrieus ($C_p = 0,4$ / $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$)				
v in m/s	A m ²	h bij r = 0,3 m	h bij r = 0,5 m	
6,90	0,2	0,3 (yes)	0,2 (yes)	
5,17	0,5	0,8 (yes)	0,5 (yes)	
4,13	0,9	1,5 (yes)	0,9 (yes)	
1,40	23,8	39,7 (no)	23,8 (no)	

Turby ($C_p = 0,2$ / $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$)				
v in m/s	A m ²	h bij r = 0,3 m	h bij r = 0,5 m	
6,90	0,4	0,7 (yes)	0,4 (yes)	
5,17	0,9	1,6 (maybe)	0,9 (yes)	
4,13	1,9	3,1 (no)	1,9 (no)	
1,40	47,6	79,4 (no)	47,6 (no)	

Savonius ($C_p = 0,15$ / $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$)				
v in m/s	A m ²	h bij r = 0,3 m	h bij r = 0,5 m	
6,90	0,5	0,9 (yes)	0,5 (yes)	
5,17	1,3	2,1 (no)	1,3 (maybe)	
4,13	2,5	4,1 (no)	2,5 (no)	
1,40	63,5	105,9 (no)	63,5 (no)	

[tbl 6] Berekende oppervlaktes, voor verschillende type VAWTs bij verschillende windsnelheden en straal.

Conclusie:

De keuze voor (de dimensie en configuratie van) een windmolen hangt sterk af van de windsnelheid. De windsnelheid varieert sterk per locatie. Dit geldt helemaal voor locaties die onder directe invloed staan van een gebouw en op geringe hoogte.

In [tbl 5] en [tbl 6] zijn de uitkomsten te verdelen in 3 categorieën:

- Turbines die door hun grootte niet te combineren zijn met een vlaggenmast zijn ter herkennen aan de rode cel/'no'.
- Turbines die zo groot zijn dat een combinatie met een vlaggenmast twijfelachtig is, zijn roze 'maybe'.
- Turbines die waarvan het formaat te combineren is met een vlaggenmast zijn groen/'yes'.

Voor windsnelheidsprofielen 4 & 5 is het niet mogelijk een turbine, van welk type dan ook, te construeren die qua maatvoering te combineren is met een vlaggenmast. Een keuze voor windenergie zou dus een deel van de markt uitsluiten. Daarnaast zullen er altijd locaties zijn waar de windsnelheid en dus de opbrengst ondanks alle voorspellingen tegen valt.

legenda:

haalbare afmetingen	(yes)
grote molen	(maybe)
te grote molen	(no)

Zonne-energie

Bij het realiseren van een standalone product zoals een verlichte vlag, kan er gekozen worden voor zonne-energie als energie-opwekker. De vraag is dan: wat wil je maximaal uitgeven aan panelen, en welk oppervlak (en massa) mag er maximaal gebruikt worden? De aanschafprijs en oppervlakte verschillen per soort PV-paneel.

Zoals beschreven in de verlichting (op [pgn 33]) wordt er 20 W per vlagzijde gebruikt, voor maximaal 8 uur per dag. De benodigde energie is dus 320 Wh dit moet vermeerderd worden om een buffer op te bouwen, zodat de vlag ook verlicht kan worden na een x-aantal zonloze dagen.

Om een buffer op te bouwen waarmee 3 zonloze dagen opgevangen kunnen worden, moet dagelijks 11% meer energie opgewekt worden (Uitgaande van: $v = 1 + t/(m - t)$, $m = 30$, $t = 3$).

De dagelijks op te wekken energie bedraagt, afgezien van de compensatie in verband met het laden ontladen van een batterij en zelfontlading, $320 \times 10/9 = 356$ Wh.

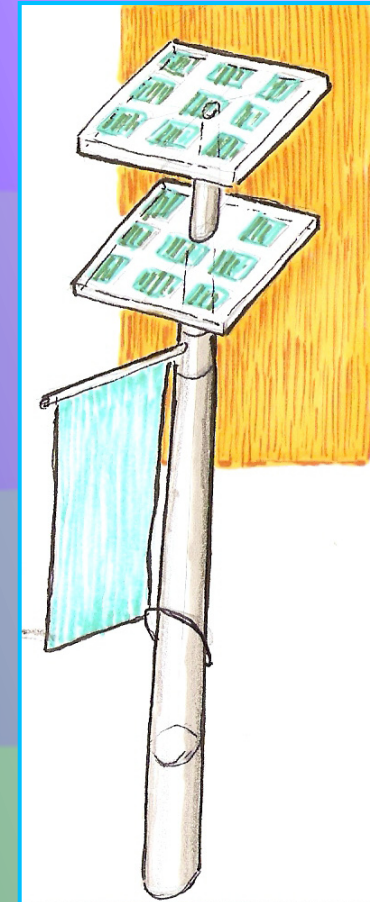
Globale straling

De opstelling moet ook in de maand met de minste globale straling voorzien in de dagelijkse energievoorziening, daarom is gekeken naar de globale straling per maand. De globale straling staat voor de hoeveelheid zonnestraling per oppervlakte-eenheid. In de [tbl 7] hieronder is de waarde van het langjarig gemiddelde van de globale straling per maand voor Nederland (gebaseerd op 5 weerstations) weergegeven. De werkelijke straling varieert echter per jaar. De gemiddelde standaardafwijking is ook weergegeven in [tbl 7].

Wanneer men er vanuit gaat dat de straling van de zon een normaalverdeling is, kan gesteld worden dat 97.7% van alle decembermaanden een globale straling heeft van minimaal 3699 Joule/cm². (gebaseerd op het gemiddelde minus 2 keer de standaardafwijking)

	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
Globale straling (μ) in Joule/cm ² langjarige gemid. 1971-2000	7225	13490	25649	40345	54184	54243	54698	47773	30757	18683	8716	5372
Standaard afwijkingen (s) globale straling in Joule/cm ²	916	2052	3735	5059	7094	6771	6407	4827	3520	2189	1147	836
μ -1s (68,3 + 15,85 = 84,15%)	6309	11438	21914	35286	47090	47472	48291	42946	27237	16494	7569	4536
μ -2s (95,4 + 2,3 = 97,7%)	5393	9386	18179	30227	39995	40702	41884	38120	23717	14306	6422	3699

[tbl 7] Globale straling en standaardafwijking gebaseerd op data uit [brn 7] Aangevuld met de globale straling minus 1 of 2 keer de standaardafwijking (1s/2s).



[fgr 22] Een voorbeeld van PV op een mast.

Afmetingen

In 97,7% van alle decembermaanden is de globale straling minimaal 3699 joule/(cm².mnd) of 36,99 MJ/(m².mnd), dit is gelijk aan 10,3 kWh/(m².Mnd). De minimale waarde van de globale straling op een decemberdag bedraagt in 97.7% van alle decembermaanden 332,25 Wh/(m².d). Een PV-paneel zet slechts een percentage van de globale straling om in bruikbare energie, dit percentage is afhankelijk van het type PV-paneel.

Omdat ieder type PV-paneel een ander rendement heeft, heeft ieder type paneel een ander oppervlakte nodig om te voorzien in een dagelijks verbruik van 376 Wh. (Zie [pgn 35]) De oppervlakte voor verschillende type PV-panelen zijn te vinden in [tbl 8] hieronder.

Groep	type	eff (%)	A (m ²)
Silicon	Si (crystalline)	24,7	4,6
	Si (multicrystalline)	20,3	5,6
	Si (thin-film transfer)	16,6	6,8
	Si (amorphous)	9,5	11,9
	Si (nanocrystalline)	10,1	11,2
III-V cells	GaAs (crystalline)	25,1	4,5
	GaAs (thin-film)	24,5	4,6
	GaAs (multicrystalline)	18,2	6,2
	Inp (crystalline)	21,9	5,2
Thin-film chalcogenide	CIGS (cell)	18,4	6,2
	CIGS (submodule)	16,6	6,8
	CdTe (cell)	16,5	6,9
Photochemical	Nanocrystalline dye	10,4	10,9
	Nanocrystalline dye INAP (subm.)	4,7	24,1
Multijunction devices	GaInP/GaAs/Ge	32	3,5
	GaInp/GaAs	30,3	3,7
	GaAs/CIS (thin-film)	25,8	4,4
	a-Si/CIGS (thin-film)	14,6	7,8
	a-Si/ μ c-Si (thin submodule)	11,7	9,7

[tbl 8] berekende oppervlaktes voor verschillende type PV-panelen. Efficiëntie/rendement gebaseerd op [fgr 27]/[blg 3] N.B. alledaagse PV-panelen behoren tot de categorie "Silicon"

Conclusie

De oppervlaktes die nodig zijn voor het opwekken van de dagelijkse hoeveelheid energie zijn erg groot, het is dus niet aannemelijk dat het toegepast kan worden als energieopwekker in combinatie met een vlaggenmast.

4 | Conceptkeuze & Uitwerking

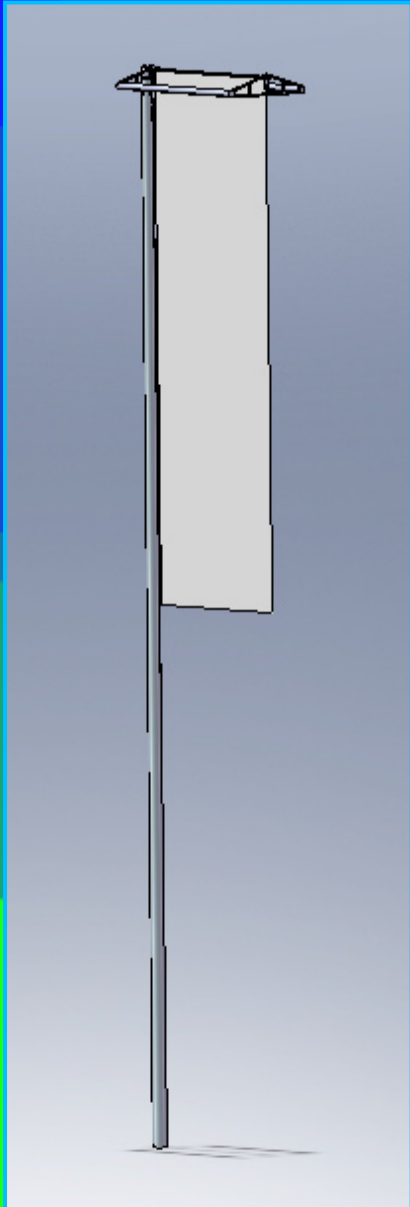
Achtereenvolgens zullen in dit hoofdstuk de concepten uitgewerkt worden van de verschillende projectonderdelen. Eerst zal het onderdeel energievoorziening uitgewerkt worden, gevolgd door het armatuur.

Energievoorziening

Zoals te lezen is in de conclusies behorende bij de uitwerking van de energievoorziening zijn er kanttekeningen te plaatsen bij de mogelijkheden energievoorziening. De onzekerheden van de windsnelheid, en daarmee het vermogen is een minpunt voor windenergie, het grote oppervlakte is een nadeel van zonne-energie.

De onzekerheid omtrent de (on-)mogelijkheden wat betreft de energieopwekking, en het feit dat de bouwstenen daarvoor al dan niet in combinatie modulair verkrijgbaar zijn, en dus niet zelf ontworpen hoeven te worden, is besloten de keuze van de energievoorziening uit te stellen voordat precies duidelijk is welk vermogen precies nodig is. Hierdoor zal de rest van het project gericht zijn op het bewijzen dat het mogelijk is om een vlag met 40 W te verlichten.

Armatuur



De uitwerking van het armatuur begint bij een beoordeling van de gegenereerde concepten die te zien zijn op [pgn 28] t/m [pgn 31].

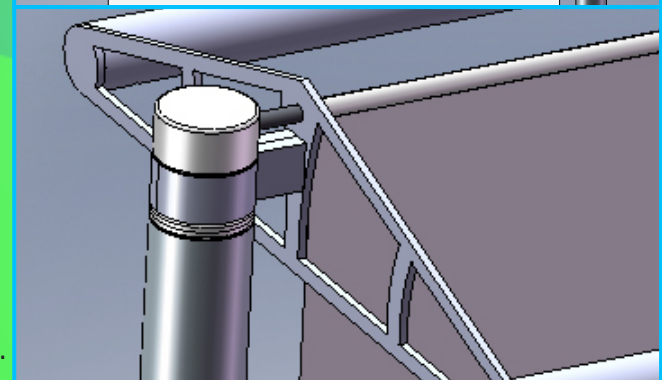
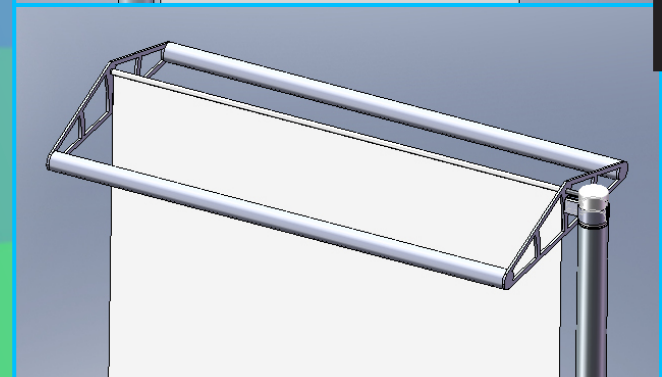
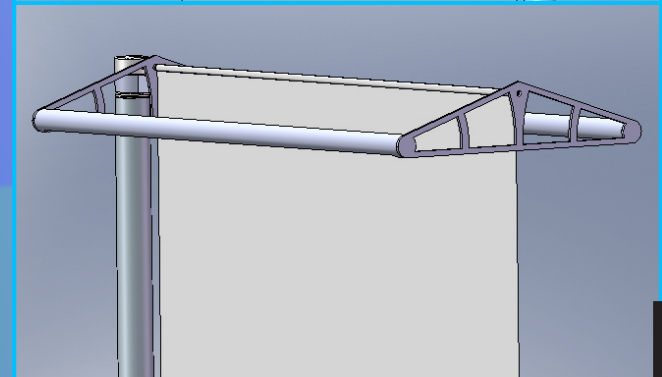
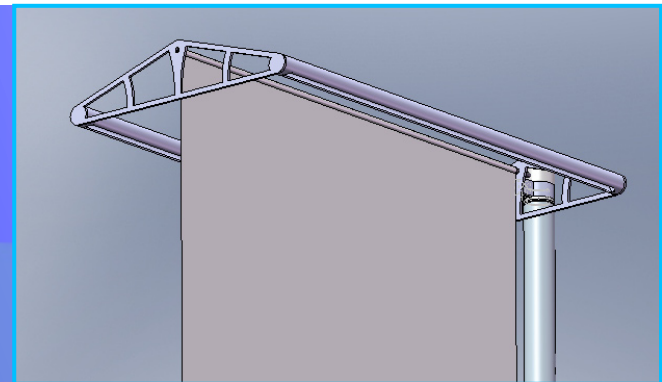
- Concept 1: Dit ontwerp is door de gesloten vorm vrij massief. Het programma van eisen en wensen wenst echter ontwerp dat zo bescheiden mogelijk is.
- Concept 2: Dit ontwerp is organisch, sierlijk en open ontwerp. De twee armaturen hebben samen een ophanging, waardoor ze gevoeliger zijn voor trillingen.
- Concept 3: Dit concept is strak, zakelijk en open en oogt zakelijk.
- Concept 4: Dit is degenlijk-ogend ontwerp, met een ronde afwerking.

De combinatie tussen de buizen met verlichting en de uithouder van de vlag maakt concepten 3 en 4 ontwerpen star-ogend. Daarnaast is concept 3 zonder ornament en dus vooral functioneel ontwerp, hierdoor is het minder snel gedateerd.

Bij de uitwerking van concept 4 in SolidWorks viel het ontwerp tegen. De kromming van de buizen doet geforceerd aan. Daarnaast zorgt de kromming ervoor dat de afstand tot de vlag varieert, wat de gelijkmatige lichtverdeling bemoeilijkt.

De oplossing is gevonden in een combinatie van concept 3 en concept 4 en is te zien in [fgr 23] op deze pagina.

Het ontwerp bestaat uit twee opengewerkte opstaande vlakken, in de vorm van een driehoek, waarvan de hoogte 12 cm is, en de basis 54 cm. De vlakken zijn verbonden met een opengewerkte buis met daarin de reflectoren. Het driehoekige vlak is, aan de zijde van de paal, verbonden met de rotobanner. Omdat de vlaguithouder geen vaste verbinding heeft met de rotobanner heeft, kan de vlag vervangen worden door het losschroeven van de uithouder.



[fgr 23] Verzameling afbeeldingen van de uitwerking van de armatuur in SolidWorks.

Reflector

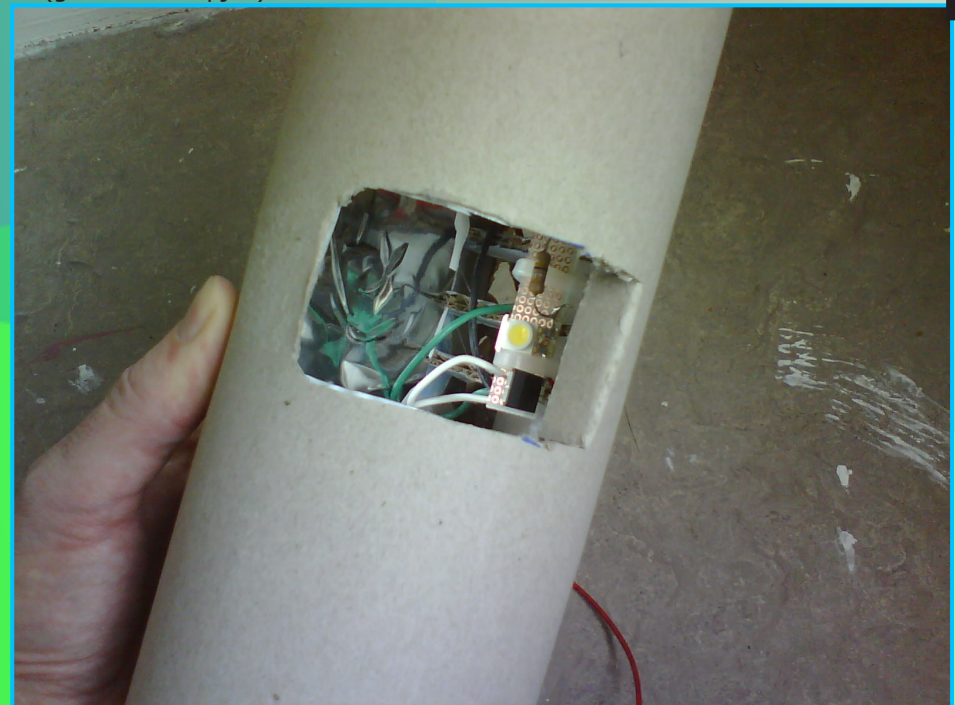
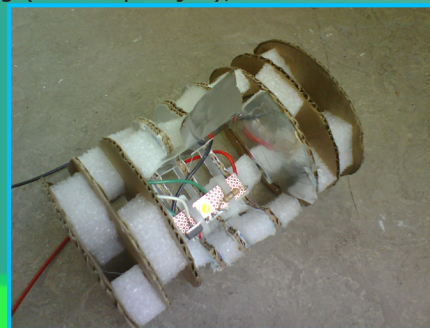
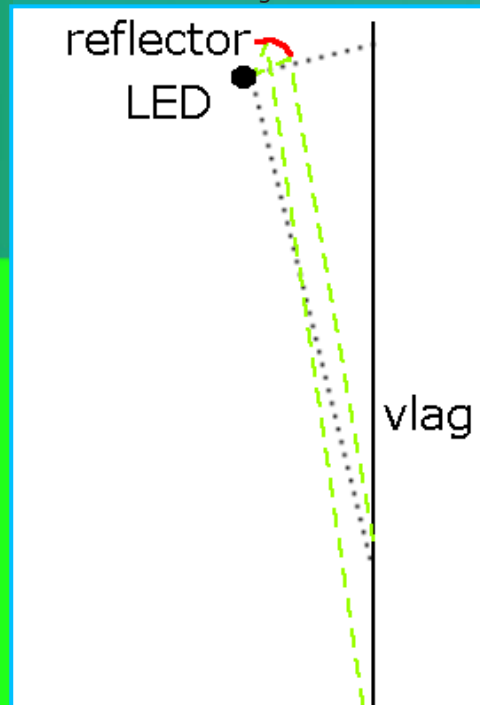
Zoals beschreven op de voorgaande pagina, bestaat het ontwerp uit een buis met daarin een twintigtal reflectoren. Het detailontwerp van de reflectoren gebeurt op basis van een led met een uitstraalhoek van 120 graden.

Wanneer de buis met LEDs die voor de vlag langs loopt (zie het ontwerp op voorgaande pagina) op 25 cm afstand van de vlag geplaatst zou worden, is de hoek tussen de bovenzijde en onderzijde van de vlag 85 graden. Dit betekent dat er slechts 60% van de uitstraalhoek van de led gebruikt kan worden. Dit kan opgelost worden door gebruik te maken van een reflector. Dit heeft geleid tot het ontwerp van prototype 1.

Prototype 1

Bij prototype 1 is getracht de lichtbundel van 120 graden, te splitsen. Twee-derde van de bundel valt direct op de vlag, een-derde schijnt via een reflector op een deel. Dit is uitgewerkt en te zien in [fgr 24] hieronder. De werking van dit prototype is zeer matig, de lichtopbrengst is hoopgevend. De verdeling van het licht is echter slecht. Er is een herontwerp van de reflector gemaakt om dit probleem op te lossen, zie hiervoor prototype 2, op de volgende pagina.

[fgr 24] Verzameling afbeeldingen m.b.t. prototype 1, schematische weergave van het opsplitsen van de bundel, 66% van de bundel gaat direct naar de vlag (zwarte puntjes), de rest via de reflector (groene streepjes)



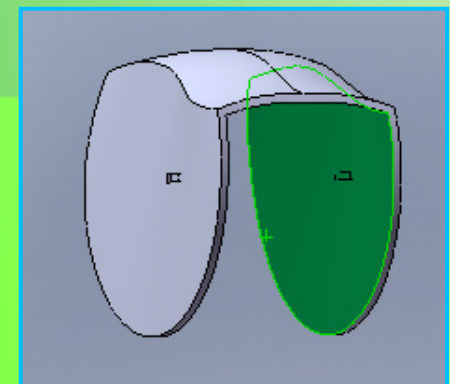
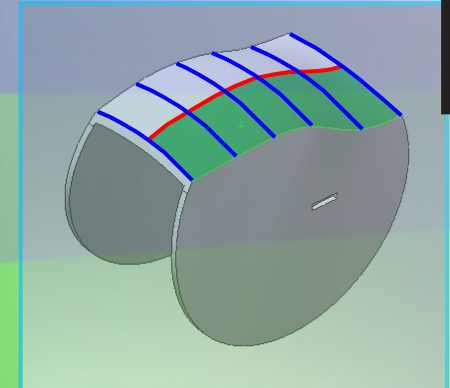
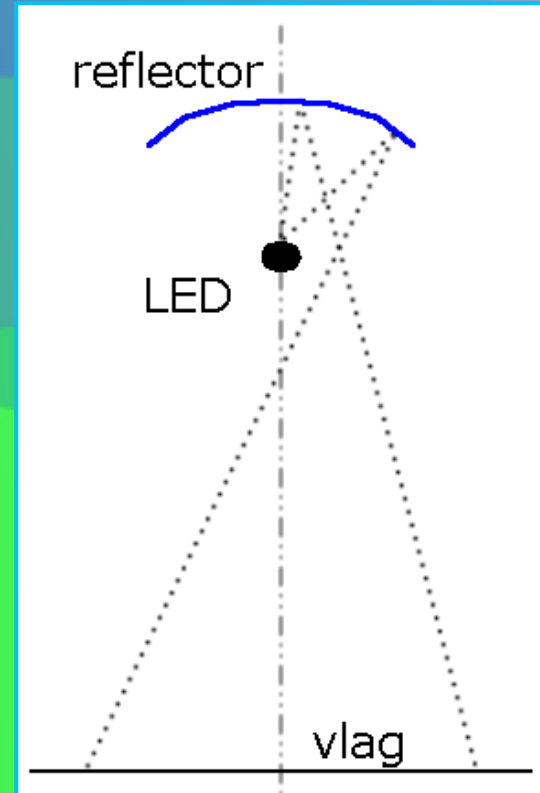
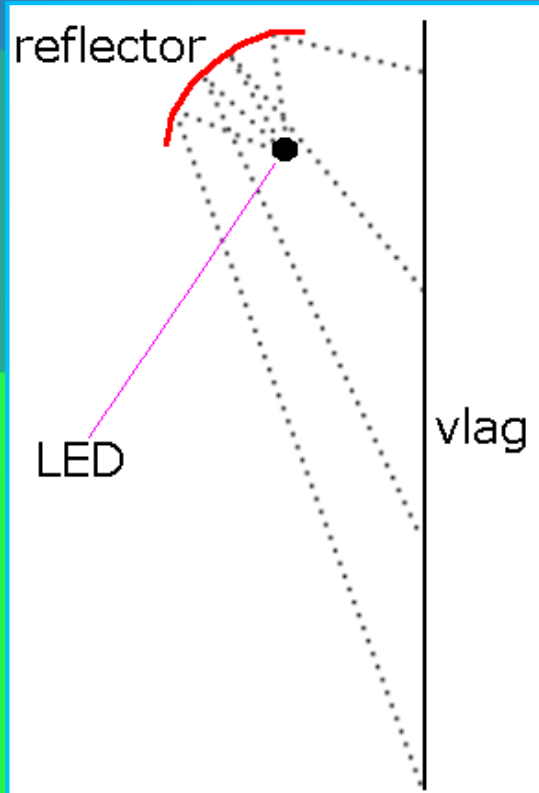
Prototype 2

Bij het ontwerp van prototype 2 is uitgegaan van een aaneenschakeling van reflectoren die over de gehele breedte van de vlag in de voorliggende buis geplaatst worden. Iedere zijde van de vlag wordt verlicht door 20 LEDs. De maximale breedte van de reflector is 5 cm (100/20). Iedere LED zal de gehele lengte van de vlag verlichten over een breedte van 6 cm.

De gehele lichtbundel van 120 graden wordt opgevangen door een reflector. De bundel is vervolgens opgedeeld in een 9-tal kleinere gelijke hoeken, die ieder via een spiegelpunt (reflector) naar een punt op de vlag worden geleid. Met behulp van de regel "hoek van inval = hoek van terugkaatsing" kan de afgeleide van de reflector voor al deze specifieke spiegelpunten gevonden worden. Hierdoor ontstaat een kromming op de hoofdas, dit is hieronder schematisch weergegeven in de afbeeldingen met een rode lijn.

Door het toevoegen van een tweede kromming door de spiegelpunten die hierboven gedefinieerd zijn, wordt een dubbelgekromd vlak geconstrueerd. De afgeleide van de kromming is op dezelfde manier gevonden als bij de eerste kromming, met het verschil dat er nu twee uiterste punten van het bereik op de vlag gebruikt worden. De tweede kromming daarna gespiegeld, het resultaat is hieronder schematisch weergegeven met een blauwe lijn.

[fgr 25] Verzameling van afbeeldingen behorende bij prototype 2. Rechts de SolidWorks uitwerking van de reflector, de LED komt er tussen de ronde schijven. De rode en blauwe lijnen in het SolidWorks model zijn de geconstrueerde krommingen van de reflector.



5 | Evaluatie

Ter afsluiting van het ontwerptraject met als doel een verlichte vlag, een evaluatie van het project. Deze bestaat uit een kleine samenvatting van voorgaande conclusies, aangevuld met een aanbeveling die een opening kan bieden naar een volgende fase.

Conclusies

Energievoorziening

Uit de verzameling van conclusies met betrekking tot de energievoorziening, moet geconcludeerd worden dat het op dit moment niet mogelijk lijkt een ontwerp te maken dat voldoet aan het programma van eisen:

Er zijn in beginsel twee vormen van duurzame energie die in principe geschikt zouden kunnen zijn voor het voorzien in de energiebehoefte in combinatie met een vlaggenmast, namelijk zonne-energie en windenergie. De onbalans van aan de ene kant de aanwezigheid van de benodigde bronnen en aan de ander kant het vermogen van de verlichting, maakt dat het niet mogelijk is de vlaggenmast te voorzien van een toevoeging (PV-panelen OF windenergie) die niet te groot is, en overal in Nederland functioneert.

Verlichting

De werking van prototype 2 is niet bewezen. Als het niet mogelijk blijkt om de gehele vlag gelijkmatig te verlichten met de ontworpen reflector dan zou een oplossing gezocht kunnen worden in het werken met lenzen. Daarnaast kan overwogen worden het vermogen dat beschikbaar is voor de verlichting te verhogen, of lampen te kiezen met een nog hoger rendement.

Aanbevelingen

Er is geen ontwerp te realiseren op basis van de huidige programma van eisen. Het doel kan wel gerealiseerd worden als het programma van eisen heroverwogen wordt.

Standalone

Wanneer de eis vervalt dat het ontwerp standalone moet zijn, zal de opdracht haalbaarder worden. Er kan dan bijvoorbeeld gekozen worden voor netgekoppelde PV-panelen. De oppervlakte die nodig is om een verlichting van 40 W, voor 6 uur per nacht (4 uur in de zomer, 8 uur in de winter), 365 dagen per jaar te laten branden, is voor netgekoppelde PV-panelen met een rendement van $\sim 15\%$ ongeveer $\frac{1}{2}$ m². Ter vergelijking: een standalone PV-systeem heeft daar bijna 7 m² voor nodig ([pgn 38]).

Het aansluiten van een verlichte vlaggenmast aan het elektriciteitsnet is in de meeste gevallen mogelijk, want vlaggenmasten staan vaak op parkeerplaatsen en in bermten waar voor (gevel-/sfeer-) verlichting al bekabeling ligt.

Hybride

Een oplossing voor het energievraagstuk kan gevonden worden in de combinatie van een kleine windturbine, in combinatie met PV-panelen. Dit is vooral een mooie combinatie omdat de aanwezigheid van de bronnen anticyclisch is: zomermaanden: meer zon/lagere gemiddelde windsnelheid, wintermaanden: minder zon/hogere gemiddelde windsnelheid. ([brn 1] & [brn 4]) Combinaties van PV-panelen en kleine windturbines zijn al op de markt te koop. Een oplossing als deze kan wel in conflict komen met de wens dat de toevoegingen aan de vlaggenmast niet de aandacht afleidt van de vlag.

Overwegingen

Is een standalone PV-paneel wel duurzaam?

Bij een opstelling die voorziet in zijn eigen energiebehoefte, op basis van een standalone PV-systeem, gaat veel opgewekte energie verloren. Dit geldt helemaal sterk voor opstellingen waarbij het gebruik, en het opwekken van de energie anticyclisch is.

Een voorbeeld hiervan is de verlichte vlag. In de zomer wordt veel energie opgewekt en weinig gebruikt (korte nachten geeft minder verbruik). In de winter wordt weinig energie opgewekt terwijl het verbruik maximaal is. Door het niet volledig benutten van de capaciteit van zonnepanelen, kan het zijn dat er minder energie benut wordt dan dat de productie van het PV-paneel kostte. De totale energiebalans van de PV-paneel is dan negatief, en dus niet duurzaam.

V | Bronvermelding

brn 1 |

Toegepaste energietechniek,
Deel 2, duurzame energie
Ir. J. Ouwehand, ir. T.J.G. Papa, dr. W. Giljamse, drs. J. De geus
Isbn 90 395 2305 3, sdu uitgevers bv, den haag.

brn 2 |

[fgr 5], vermogenscoefficient uitgezet tegen λ is afkomstig van:
[Http://www.Physicsforums.Com/showthread.Php?T=229058](http://www.Physicsforums.Com/showthread.Php?T=229058)

brn 3 |

Informatie over de windbelt komt van:
[Http://www.Humdingerwind.Com/](http://www.Humdingerwind.Com/)

brn 4 |

Windklimaat van Nederland
J. Wieringa en p. J. Rijkoort
Isbn 90 12 044669, knmi/koninklijk Nederlands meteorologisch instituut, de bilt

brn 5 |

Encyclopedia of electrochemistry
Volume 5: electrochemical engineering
Bard, allen j. / Stratmann, martin / macdonald, digby / schmuki, patrik (eds.)
Isbn-10: 3-527-30397-9 / isbn-13: 978-3-527-30397-7

brn 6 |

Rendement van verschillende soorten verlichting:
[Http://en.Wikipedia.Org/wiki/luminous_efficacy#lighting_efficiency](http://en.Wikipedia.Org/wiki/luminous_efficacy#lighting_efficiency)

brn 7 |

Maandwaarde en standaardafwijking straling per maand afkomstig van:
[Http://www.Knmi.Nl/klimatologie/normalen1971-2000/element_gegevens.Html](http://www.Knmi.Nl/klimatologie/normalen1971-2000/element_gegevens.Html)

brn 8 |

[Blg 3] afkomstig uit:
Handbook of energy efficiency and renewable energy
Frank kreith / d. Yogi goswami
Isbn: 0849317304 ean:9780849317309

brn 9 |

De Ingenieur nr.20 - 6 december 1995
<http://www.lgwkater.nl/energie/megapower/megapower.htm>

VI | Bijlage

blg 1 | Maatvoering

l x b (cm) / mastlengte	l x b (cm) / mastlengte	l x b (cm) / mastlengte
250 x 80 / 5 m	350 x 80 / 7 m	450 x 80 / 9 m
250 x 100 / 5 m	350 x 100 / 7 m	450 x 100 / 9 m
250 x 120 / 5 m	350 x 120 / 7 m	450 x 120 / 9 m
250 x 150 / 5 m	350 x 150 / 7 m	450 x 150 / 9 m
300 x 80 / 6 m	400 x 80 / 8 m	500 x 100 / 9 m
300 x 100 / 6 m	400 x 100 / 8 m	500 x 120 / 9 m
300 x 120 / 6 m	400 x 120 / 8 m	500 x 150 / 9 m
300 x 150 / 6 m	400 x 150 / 8 m	

[tbl 9] Opsomming van de meest gangbare maten van banners, en de lengte van de vlaggenmast waarmee ze doorgaans gecombineerd worden.

blg 2 | Eigenschappen batterij

Characteristics	Secondary batteries				
	Lead acid (SLI design)	Nickel-Cadmium (sealed design)	Nickel-Hydrogen	Nickel-Metal hydride	Lithium-ion (C/LiCoO ₂ system)
Energy density ^b (Wh kg ⁻¹)	35	30-35	55	50	90
Cell voltage operating range (V)	2.0-1.8	1.25-1.0	1.3-1.15	1.25-1.10	4.0-2.5
Operating temperature (°C)	-40 to 55	-40 to 50	0 to 50	-20 to 50	-20 to 55
Self-discharge rate ^b (% loss/month)	2-3 ^c	15-20	60	20	5-10
Cycle life	200-700	300-700	1500-6000	300-600	500-1000
Electrolyte solvent	Aqueous	Aqueous	Aqueous	Aqueous	Not aqueous ^d
High rate performance	Good	Good	Good	Good	Moderate
Cost (1 to 4 - least to most expensive)	1	2	4	3	3

^aData taken from Ref. 1.
^bAt 20°C.
^cMaintenance free design.
^dOrganic solvents such as propylene carbonate, ethylene carbonate, ethyl methyl carbonate, and so on.

[fgr 26] Batterij eigenschappen, copy uit [brn 5]

soort batterij	% zelfontlading/ dag (d%)	% zelfontlading/ maand (m%)	% zelfontlading/ half jaar (hj%)	% zelfontlading/ p. jaar (j%)
loodaccu (auto)	0,07-0,10%	2 - 3%	9,6 - 14,1	19.9-28.5
NiCd	0,52-0,72%	15 - 20%	55,6 - 67,2	83.3-91.4
Nikkel-waterstof-accu	2,91%	60%	99	100
Nikkel-metaalhydride-accu	0,72%	20%	67,2	91.4
Lithium-ionaccu's (LiCoO ₂)	0,17-0,34%	5 -10%	22,6 - 41	43.1-68.6

[tbl 10] Zelfontlading per dag, jaar en halfjaar gebaseerd op zelfontlading per maand [brn 5 pg 410]

blg 3 | eigenschappen PV-panelen

[fgr 27] rendement van verschillende soorten PV-panelen. copy uit [brn 8]

TABLE 23.3a Confirmed Terrestrial Cell and Submodule Efficiencies Measured Under the Global AM1.5 Spectrum ($1,000 \text{ Wm}^{-2}$)

Classification ^a	Effic. Description (%) ^b	Area (cm ²) ^c	V _{oc} (V)	J _{sc} (mA/cm ²)	FF (%) ^d	Test Center (and Date) ^e
<i>Silicon</i>						
Si (crystalline)	24.7 ± 0.5 UNSW PERL	4.00 (da)	0.706	42.2	82.8	Sandia (3/99)
Si (multicrystalline)	20.3 ± 0.5 FhG-ISE	1.002 (ap)	0.664	37.7	80.9	NREL (5/04)
Si (thin-film transfer)	16.6 ± 0.4 U. Stuttgart (45 μm thick)	4.017 (ap)	0.645	32.8	78.2	FhG-ISE (7/01)
Si (amorphous) ^f	9.5 ± 0.3 U. Neuchatel	1.070(ap)	0.859	17.5	63.0	NREL (4/03)
Si (nanocrystalline)	10.1 ± 0.2 Kaneka (2 μm on glass)	1.199(ap)	0.539	24.4	76.6	JQA (12/97)
<i>III-V Cells</i>						
GaAs (crystalline)	25.1 ± 0.8 Kopin, AlGaAs window	3.91(t)	1.022	28.2	87.1	NREL (3/90)
GaAs (thin-film)	24.5 ± 0.5 Radboud U., NL	1.002(t)	1.029	28.8	82.5	FhG-ISE (5/05)
GaAs (multicrystalline)	18.2 ± 0.5 RTI, Ge substrate	4.011(t)	0.994	23.0	79.7	NREL (11/95)
InP (crystalline)	21.9 ± 0.7 Spire, epitaxial	4.02(t)	0.878	29.3	85.4	NREL (4/90)
<i>Thin-film chalcogenide</i>						
CIGS (cell)	18.4 ± 0.5 ^g NREL, CIGS on glass	1.04(ap)	0.669	35.7	77.0	NREL (2/01)
CIGS (submodule)	16.6 ± 0.4 U. Uppsala, 4 serial cells	16.0(ap)	2.643	8.35	75.1	FhG-ISE (3/00)
CdTe (cell)	16.5 ± 0.5 ^g NREL, mesa on glass	1.032(ap)	0.845	25.9	75.5	NREL (9/01)
<i>Photochemical</i>						
Nanocrystalline dye Sharp	10.4 ± 0.3	1.004 (ap)	0.729	21.8	65.2	AIST(8/05)
Nanocrystalline dye INAP (submodule)	4.7 ± 0.2	141.4 (ap)	0.795	11.3	59.2	FhG-ISE (2/98)
<i>Multijunction devices</i>						
GaInP/GaAs/Ge	32.0 ± 1.5 Spectrolab (monolithic)	3.989(t)	2.622	14.37	85.0	NREL (1/03)
GaInP/GaAs	30.3 Japan Energy (monolithic)	4.0(t)	2.488	14.22	85.6	JQA (4/96)
GaAs/CIS (thin-film)	25.8 ± 1.3 Kopin/Bocing (4 terminal)	4.00(t)	–	–	–	NREL (11/89)
a-Si/CIGS (thin-film) ^h	14.6 ± 0.7 ARCO (4 terminal)	2.40(ap)	–	–	–	NREL (6/88)
a-Si/μc-Si (thin submodule) ⁱ	11.7 ± 0.4	14.23(ap)	5.462	2.99	71.3	AIST (9/04)

^a CIGS = CuInGaSe₂; a-Si = amorphous silicon/hydrogen alloy.

^b Effic. = efficiency.

^c (ap) = aperture area; (t) = total area; (da) = designated illumination area.

^d FF = fill factor.

^e FhG-ISE = Fraunhofer-Insitut für Solare Energiesysteme; JQA = Japan Quality Assurance; AIST = Japanese National Institute of Advanced Industrial Science and Technology.

^f Stabilized by 800 h, 1 sun AM1.5 illumination at a cell temperature of 50°C.

^g Not measured at an external laboratory.

^h Unstabilized results.

ⁱ Stabilized by 174 h, 1-sun illumination after 20 h, 5-sun illumination at a sample temperature of 50°C.

Source: From Deng, X. and Schiff, E. A., Amorphous silicon-based solar cells, In *Handbook of Photovoltaic Science and Engineering*, Luque, A. and Hegedus, S., eds., Wiley, New York, 2003.

blg 4 | resultaten lichtmeting

lichtbak	wit	rood	blauw	l. blauw	orange	geel	beige	groen	roze	paars
abri Nikon					40-70	164				
abri Opzij	475			89		514				
abri "the propsall"	714-655									
abri Twentse Welle		42		94						
fietsparkeerkelder	1935		60-104							
Kessler & Reuvekamp	2316			170			2115			
Kwantum	2092				863					
mcDrive		42				993				
parkeermeter	266		13							
parkeren bezoekers K&R			67-80							
poster in lichtbak										5-17
poster theater*	82-280									
poster theater*								48-460		
Specsavers								365		
Sportinn	2200									
T-Mobile boven deur	2620									
T-Mobile dwars op gevel	5400								671	
Trebbe					2000-4000					

[tbl 11] uitkomsten lichtmeting, in cd/m2 *De theaterposters waren posters op een prikboard, achter een raam, verlicht door spotjes, deze waardes zijn dus niet te vergelijken met de andere.