

PIO- Een dijk van een zonnepaneel

Appendix 8.2. aan Eindrapport
Voortraject

Mentimeter verslag

Auteurs:

Gerd Van Cauteren | Verhaert Masters in Innovation

Dit verslag bevat de tekstuele vertaalslag van de scores per topic, aangevuld met de conclusies uit de discussies (deze worden in italic tekst weergegeven).

1. Technische haalbaarheid van de randvoorwaarden voor een 'PV-dijk'

- **>50 jaar levensduur drager:** Er is een stabiel vertrouwen in de markt (score 4.1); de absolute meerderheid acht dit zeer goed haalbaar.
- **Zetting < 5 mm na 6 maanden:** Er is geen absolute consensus (score 3.5). De meningen neigen naar 'haalbaar', maar met de nodige onzekerheid over deze strikte marge.
- **100% zanddichtheid:** Hier vertoont zich een lichte tegenstrijdigheid (score 3.7). Een grote groep ziet dit als goed haalbaar, terwijl een minderheid twijfels uit over de absolute 0% infiltratie-eis.
- **Massa 2400~kg/m en milieuklasse EE4:** Brede consensus (score 4.0) dat dit in combinatie met kabeldoorvoeren technisch zeer goed haalbaar is.

2. De beste aanpak voor Return on Investment (ROI)

- De meerderheid kiest (20 stemmen) voor het ontkoppelen van de civiele levensduur (>50 jaar) en de technische levensduur (~25 jaar) via een slimme, robuuste "Lego"-drager.
 - *Discussie toevoeging: in de discussie wordt wel getild aan de aanname dat dit sowieso een zware investering zal zijn, terwijl dit nog niet vaststaat. Hoe complexer, hoe duurder het geheel wel wordt ingeschat.*
- *Ook wordt er gewezen op de immense snelheid waarmee de PV- technologie vooruitgaat. Bijgevolg wordt gevreesd dat de vorm van de PV-panelen sterk kan veranderen, waardoor de wijze van integratie in de taludplaat mee kan veranderen. Dit kan worden opgelost door zonnepanelen op maat te kopen, maar deze zijn dan duurder. Extreme opties, zoals alles massief integreren of de betonstructuur 'downgraden' naar 25 jaar, worden volledig verworpen.*

3. Detectie van holtes (>10cm) zonder demontage

- De markt verwerpt analoge, manuele luiken volledig. De voorkeur gaat uit naar een pragmatische hybride oplossing: steekproefsgewijze sensoren gecombineerd met periodieke visuele inspectie (9 stemmen).
- Volledig digitale monitoring via tilt-sensoren per module volgt met 7 stemmen.

- Opvallend is dat een groep van 5 stemmen externe detectie (drones/radar) als het meest realistisch ziet, omdat dit volgens hen met drones sneller en goedkoper is dan inspectie door een persoon of het plaatsen van LiDAR-sensoren op panelen.

Discussie toevoeging: voor 50 jaar levensduur van de taludplaten en het inperken van beschadiging van de zonnepanelen te garanderen, wordt aangeraden om zo weinig mogelijk extra's onder de vorm van bijvoorbeeld manuele inspectieluiken toe te voegen. Deze extra's beperken, kan bijvoorbeeld ook door een sensor per circuit van een aantal zonnepanelen te plaatsen aangezien ze allemaal dezelfde oriëntatie hebben.

4. Prestatie-eisen in relatie tot warmte en inpassing

- **Opbrengst 1000 kWh/kWp:** De markt acht dit eerder moeilijk haalbaar of enkel onder voorwaarden (score 2,7). De hoogste piek ligt op '3' (enkel onder voorwaarden) en een minderheid denkt dat dit wel haalbaar is. Dit is dus eerder een collectieve 'nee' van de markt tegen de huidige rendementsverwachting bij een flush-opstelling. Zelfs in de ideale situatie achten ze dat niet haalbaar; er moet 15 tot 20% van worden afgetrokken, dus maximaal 800 kWh per kWp.
 - *Discussie toevoeging: hoewel een zuidelijke oriëntatie de opbrengst in euro's maximaliseert, biedt een oost-westopstelling een betere spreiding over de dag. Juist door de kortstondige piekbelasting van sluizen is deze spreiding ideaal voor value stacking, wat ook de exploitatie van andere waterwegen boeiend maakt. Hoewel een BESS (batterijopslag) nu een interessante aanvulling is om dit proces te ondersteunen, kan die waarde onder druk komen te staan zodra de markt voor opslag verzadigd raakt.*
- **Degradatie max 0,5%/jaar:** Ondanks een positieve gemiddelde score (3,7), blijft er discussie bestaan: waar de meerderheid het als realistisch ziet, ervaart een minderheid dit juist als onhaalbaar.
- **1500V DC architectuur:** De antwoorden zijn verspreid over alle scores. Dit toont dat de markt sterk verdeeld is over de veiligheidsrisico's van hoge spanning in een vochtige oeveromgeving. De hoeveelheid vocht maakt, zo blijkt, minder uit; het gaat eerder om hoe goed de materialen in de PV-modules hiertegen bestand zijn.

5. Cel technologieën en koelingsconcepten

- Uit de open antwoorden blijkt een sterke voorkeur voor cellen met een hoog rendement (N-type, TOPCon) ingekapseld in glas-glas modules.

- Qua koeling suggereert de markt passieve warmtegeleiding, bijvoorbeeld via metalen koelplaten die in contact staan met het wateroppervlak.

6. Financiële ontwerpkeuze voor de PV-laag zonder ventilatie

- De markt kiest overduidelijk voor een pragmatische, kostenefficiënte benadering. Er is een sterke voorkeur (7 stemmen) voor het gebruik van standaard Tier-1 monokristallijne panelen (PERC/TOPCon). Men accepteert hierbij expliciet een lager rendement op hete dagen in ruil voor een lagere initiële investering (CAPEX).
- Slechts een minderheid (3 stemmen) ziet heil in duurdere technologieën met een superieure temperatuurcoëfficiënt (HJT of CIGS).
- Opvallend is dat geen enkele marktpartij stemt voor passieve warmtegeleiding via de drager of actieve koeling netwerken.
 - *Discussie toevoeging:* Hoewel in de discussie wel naar voren komt dat er ook afkoeling kan plaatsvinden via de betonnen drager zelf. Uit onderzoek blijkt dat een PV-paneel direct tegen het beton kan worden geplaatst. Er is dan geen luchtstroom aan de achterzijde, maar omdat beton 's nachts afkoelt, werkt een PV-paneel tegen het beton minstens even goed als andere oplossingen.

7. 'Flush' randvoorwaarden (niveauverschillen en obstakels)

- **Obstakelvrij & Waterdicht weggewerkte kabels:** Deze eisen worden als goed tot zeer goed haalbaar ingeschat (scores 3.9 en 4.1). De markt kan kabelgoten en connectoren naadloos integreren.
 - *Discussie toevoeging:* de experts vragen zich af waar deze grens het meest kritiek is. Is dat op de bovenkant (het horizontale gedeelte bij het jaagpad) of op de schuine kant van het talud?
- **Niveauverschil < 10 mm over tijd:** De score van 3,3 weerspiegelt de nodige bezorgdheid. Terwijl er al onzekerheid bestaat over de strikte marge voor maximale zetting (< 5 mm na 6 maanden), wordt de eis voor een maximaal niveauverschil van 10 mm over het gehele traject van de PV-dijk als nog minder realistisch gezien.

- *Discussie toevoeging:* Er wordt een belangrijk onderscheid gemaakt: een verschil van 10 mm is haalbaar tussen twee aangrenzende taludstukken (lokaal), maar niet over de gehele lengte van het kanaal (globaal).

8. Operationele eisen voor vervanging (O&M)

- Hoewel de meerderheid een **hersteltijd (MTTR) van minder dan 30 minuten** haalbaar acht, vertoont de curve een lange 'staart' naar de negatieve zijde, wat duidt op praktijkzorgen.
 - *Discussie toevoeging:* in de praktijk kunnen zonnepanelen van 30kg gedragen worden door twee personen, het hefmateriaal moet dan wel beperkt zijn. Er wordt ook geopperd dat de integratiemethode het meest kritische punt kan zijn in de plaatsing/vervanging.
- De haalbaarheid van **vervanging zonder zware kranen** vertoont een brede spreiding, waarbij de markt de grenzen van handmatige hanteerbaarheid nog verkent.
 - *Discussie toevoeging:* een zuignap kan een ondersteunende tool zijn voor de verwijdering van een beschadigd zonnepaneel, als er natuurlijk geen extra materiaal aan hangt.
- Er is een massale consensus dat de **waterkerende stabiliteit tijdens vervanging** gegarandeerd blijft.

9. Optimalisatie van OPEX/CAPEX bij het Lego-systeem

Er bestaat een brede consensus voor een 'Low CAPEX'-strategie (9 stemmen).

- *Discussie toevoeging:* Men vindt het jammer dat in de vraagstelling automatisch wordt aangenomen dat dit een meerprijs met zich meebrengt.

Binnen deze voorkeur zijn er verschillende nuances:

- Drie respondenten verkiezen lagere aanschafkosten boven dure snelsluitingen, zelfs als dit leidt tot hogere operationele kosten (OPEX) door manuele arbeid.
- Twee anderen zien de oplossing eerder in automatisering en robotica dan in hardware-aanpassingen.

- De optie om defecte panelen ongemoeid te laten, wordt met nul stemmen resoluut afgewezen.
 - *Discussie toevoeging: Men stelt dat het woord ‘lichtgewicht’ in contradictie is met de eis 2400 kg/m.*

10. Beschikbaarheid van maritieme robuuste componenten

- De markt uit structurele zorgen. Het bereiken van een hoge impactweerstand (IK10) zonder rendementsverlies door de materiaaldikte wordt als matig tot moeilijk haalbaar gezien (score 2.8).
- Ook de garanties voor corrosievrijheid (C5-M) over 25 jaar (score 3.3) en de toereikendheid van puur gehard glas (score 3.2) stuiten op voorzichtigheid en zelfs op een tegenstrijdigheid.
 - *Discussie toevoeging: De vraag rijst wat er bedoeld wordt met gehard glas, gaat dat over 2 mm of 10 mm? Men stelt dat als het glas voldoende dik is, dit volstaat.*
 - *Discussie toevoeging: Als we zonnepanelen aan de taludplaat toevoegen dan verlaag je de wrijving index, is een bezorgdheid die wordt geuit.*

11. Nautische veiligheid en reflectie

- Er is geen noodzaak voor volledig nieuwe ontwerpen, aangezien er reeds bewezen oplossingen bestaan voor reflectie beheersing (bijvoorbeeld bij projecten rondom vliegvelden).
- Een plaatsingshoek van 45 graden wordt als potentieel gunstig beschouwd, zodat de reflectie eventueel uit het zichtveld van de schippers kan gaan.
- Desondanks blijft de impact van reflectie een punt van aandacht voor de veiligheid langs waterwegen.

12. Innovatieve materialen als alternatief voor glas

Om verblinding en breuk te voorkomen stelt de markt diverse alternatieven voor, zoals chemisch (in plaats van thermisch) gehard glas, robuuste polymeerfolies, en gespecialiseerde anti-vandalismecoatings (die ook bescherming bieden tegen graffiti/spraypaint).

- *Discussie toevoeging: Er wordt benadrukt dat het glas aan de zijkanten beschermd moet worden, anders is het glas kwetsbaar en gaat het kapot.*

13. Rendabele risicostrategie rondom vandalisme

De markt is vrijwel exact 50/50 verdeeld over twee fundamentele risicofilosofieën:

- **Preventie-blok (A+D: 12 stemmen):** Focus op behoud. Men wil schade voorkomen door extreem robuuste hardware (onbreekbaar glas) of actieve bewaking.
- **Herstel-blok (B+C: 11 stemmen):** Focus op veerkracht. Men accepteert incidentele breuk als feit en zet in op een snelle, modulaire herstelcyclus (Lego-principe).

De markt wijst "tussenoplossingen" zoals folies (C) en camerabewaking (D) eerder af. Men kiest voor High-end Engineering (onverwoestbaar) óf High-end Logistiek (snel wisselen).

- *Discussie toevoeging: Tijdens de discussie werden diverse suggesties gedaan die de risicostrategie nuanceren: zo bleek dat graffiti op de huidige taludplaten minimaal is. Waarbij deelnemers aanvulden dat een hellingshoek van 45 graden en een ontwerp als 'bouw materiaal' de prikkel PV platen minder zichtbaar maken en de prikkel tot vandalisme kan minimaliseren.*
- *Omdat volledige afsluiting van het terrein ecologisch onwenselijk is voor de lokale fauna, werden onzichtbare bekabeling en beveiligde toegang als alternatieven tegen diefstal en dierschade geopperd.*
- *De suggestie om tijdens het pilootproject camera's te plaatsen om te detecteren wat er kan gebeuren.*

14. Diffuus licht en zelfreinigend effect

- Discussie toevoeging: De noodzaak voor reiniging van panelen gebeurt volgens sommigen automatisch bij een hoek van 30 graden, waardoor daarin investeren eventueel overbodig wordt.

15. Economische en operationele eisen voor eventuele opschaling

- **TVT <15j:** De markt ziet de economische haalbaarheid nog als risicovol. Een meerderheid ziet dit zitten enkel onder voorwaarden.
 - *Discussie toevoeging:* Er werd benadrukt dat de businesscase per locatie en per sluis moet worden bepaald; een algemeen model volstaat niet.
 - De installatie moet fysiek zo dicht mogelijk bij de gebruiker (sluis of industrie) staan om de kabels kort te houden en verliezen te beperken.
 - Er is geopperd dat derde partijen (zoals lokale industrie) zouden kunnen investeren om hun eigen duurzaamheidsdoelen te halen
- **Snelheid >50m/dag:** Wordt positief onthaald, maar met lichte onzekerheid.
- **Robotisering:** De overgrote meerderheid van de markt beschouwt dit nu eerder als een utopie die enkel haalbaar is onder strikte voorwaarden.

16. Financiële meerkost PV-hardware maritiem vs. standaard

- De geschatte meerkost van gemiddeld 220% voor maritieme zonne-energie-toepassingen wordt niet uitsluitend veroorzaakt door de maritieme condities zelf, maar vloeit vooral voort uit de complexe technische synergie met prefabbeton en de specifieke installatiewijze die afwijkt van standaard dak- of veldopstellingen.
 - *Discussie toevoeging:* daarnaast vormen lange kabeltrajecten en de bijbehorende kosten voor kabelmanagement significante financiële factoren, waarbij ook de nabijheid van een netkoppeling en de specifieke locatie bepalend zijn voor de haalbaarheid. Vanwege deze variabelen is een universele prijsinschatting lastig en blijft een case-by-case

beoordeling noodzakelijk om de werkelijke meerprijs per project nauwkeurig te bepalen.

17. Financiële meerkost Prefabbeton vs. in-situ storten

- De geschatte meerkost van circa 32% voor de modulaire prefab oeverbekleding ten opzichte van traditionele, in situ gestorte oeververdediging vloeit hoofdzakelijk voort uit de strikte eisen aan maatvastheid (<10 mm tolerantie) en de integratie van functionele voorzieningen zoals goten.
 - *Discussie toevoeging: Om deze meerprijs te beheersen en de kostenefficiëntie van de prefab-oplossing te optimaliseren, wordt aangeraden om schaalvoordelen te benutten door het maximaliseren van de productie-output ('meters maken').*
 - *Ook een strategische mal-aanpak, waarbij wordt uitgegaan van de grootst mogelijke taludplaat, is hierbij geprefereerd om aanpassingskosten te minimaliseren.*
 - *Desalniettemin blijft de finale kostprijs sterk afhankelijk van locatie specifieke variabelen volgens de experts; met name de variabiliteit in kanaaldimensies en de specifieke dimensionering van de kopbalk bepalen het aantal benodigde varianten en de complexiteit van de uiteindelijke assemblage.*