

NOTITIE

Onderwerp	Duurzaamheid in mer voor Energieproject A6 zon Lelystad
Project	Energieproject A6 zon Lelystad
Opdrachtgever	Ministerie van Klimaat en Groene Groei
Projectcode	140781
Projectleider	W. Claus MSc
Status	Definitief
Datum	25 augustus 2025
Referentie	140781/25-013.210

Auteur(s)	W.R. ten Klooster MSc
Gecontroleerd door	W. Claus MSc
Goedgekeurd door	W. Claus MSc
Paraaf	



Bijlage(n)	-
------------	---

Aan	Ministerie van Klimaat en Groene Groei
Kopie	-

1 DUURZAAMHEID IN MER VOOR RCR-PROJECT A6 ZON LELYSTAD

1.1 Scope

We bekijken binnen het thema duurzaamheid in deze notitie enkel het aspect circulariteit. De focus ligt op grondstoffen en niet op milieu-impact, energiegebruik of CO₂-emissies. In dit hoofdstuk volgt een korte beschrijving van het aspect circulariteit van de vier grootste componenten, zijnde:

- fundering;
- frames;
- zonnepanelen;
- kabels.

1.2 Circulaire analyse

De circulaire analyse kijkt naar verschillende aspecten van de levenscyclus van de componenten. Voor ieder component volgt een overzicht van:

- de grondstoffen waar het uit bestaat;
- huidige mogelijkheden voor hergebruik en recycling;
- mogelijkheden om circulariteit te verhogen: via alternatieve materialen/ grondstoffen of het verhogen van de herbruikbaarheid of recyclebaarheid.

Fundering

We gaan hierbij uit van prefab betonplaten. De prefab betonplaten voor de betonfundering bestaan voornamelijk uit volgende grondstoffen:

- cement;
- zand;
- grind of granulaat;
- staalwapening.

Huidige mogelijkheden voor hergebruik en recycling

Aangezien beton een erg robuust materiaal is met een lange levensduur, leent het zich goed voor hergebruik. Indien hergebruik geen mogelijkheid meer is, kunnen de betonplaten worden gerecycled. Allereerst worden de platen mechanisch gebroken tot kleinere stukken om vervolgens de grondstoffen te scheiden. Het staal wordt via magneten verwijderd en apart gerecycled. Vanwege de chemische binding in het cement kan deze grondstof lastig hoogwaardig worden gescheiden van het granulaat. Dit betekent dat het gebroken granulaat een combinatie is van het oorspronkelijke granulaat en cement, wat invloed heeft op de restkwaliteit. Het gerecyclede granulaat wordt in kleine stukken opnieuw toegepast voor beton of in funderingslagen. Er zijn technieken in ontwikkeling om cement volledig te scheiden van het granulaat.

Maatregelen om circulariteit te verhogen

Om de circulariteit van prefab beton te verhogen, kan er bij het productieproces gekozen worden voor granulaat van secundaire oorsprong en gerecycled staal voor de wapening. Er bestaan ook duurzamere opties voor cement, zoals geopolymer beton. Voor verduurzaming van de betonsector is het Betonakkoord (2018) een belangrijke sector- en ketenbrede ontwikkeling. Het wordt aangeraden om een producent te selecteren die het Betonakkoord mede heeft ondertekend. Het akkoord stelt doelen en afspraken op gebied van CO₂-reductie, circulariteit, innovatie en onderwijs, en kapitaal. Op het thema van circulariteit stelt het akkoord de volgende doelen:

- 100 % van de betonreststromen wordt vanaf 2030 opnieuw toegepast in nieuw beton, met kennis van de herkomst en samenstelling, op een zodanige manier dat er geen vervuiling plaatsvindt die toekomstig hergebruik in de weg staat;
- 100 % terugname van de betonreststromen vanaf 2030 door de betonketen.

Frames

We gaan hierbij uit van het gebruik van frames die voornamelijk uit staal bestaan. Er valt nog een keuze te maken tussen het gebruik van een grondwal of stalen frames voor het dragen van de zonnepanelen.

Huidige mogelijkheden voor hergebruik en recycling

De levensduur van stalen frames is naar verwachting langer dan de levensduur van zonnepanelen. Het type staal en mate van roestbescherming is van invloed op de levensduur van de frames. Hergebruik van deze frames is realistisch bij einde levensduur van de zonnepanelen omdat de panelen erop gemakkelijk gedemonteerd kunnen worden. Hoewel hergebruik mogelijk is, leent staal zich dermate goed voor recycling dat dit de meest gangbare manier van verwerking is. Staal is voor vrijwel 100 % recyclebaar. Ook is het mogelijk om staal schroot weer te gebruiken als grondstof in het productieproces. Hoewel de meerderheid van staalproductie nog steeds primair is, zien we hier een groeiende verandering in. In Europa is inmiddels zo'n 40 % van de staalproductie secundair (gerecycled) staal.

Maatregelen om circulariteit te verhogen

Om de circulariteit van het staal te verhogen, ligt er voornamelijk winst in het verhogen van het aandeel secundair (gerecycled) staal. Indien de profielen via lasverbindingen aan elkaar worden verbonden, kan er gekeken worden naar alternatieve verbindingen waardoor de profielen beter losmaakbaar en daarmee nog beter herbruikbaar zijn. Bescherming tegen roest kan de levensduur van de frames daarnaast verlengen en daarmee het aandeel herbruikbare frames verhogen.

In de keuze voor een grondwal of stalen stellages is een uitgebreidere analyse nodig. De afweging op gebied van circulariteit tussen een grondwal of metalen stellages is sterk afhankelijk van de vraag of de grondwal er sowieso al komt (bijv. als geluidsblokkade), of al aanwezig is. Voor de afweging is het van belang om te weten hoeveel grond nieuw zou moeten worden aangevoerd en waar die grond vandaan komt. Aangezien grondverzet een aanzienlijke milieu-impact heeft, raden wij aan om een vergelijkende milieu-impactanalyse uit te voeren van de grondwal versus gebruik van de metalen stellages.

Zonnepanelen

Er bestaan vele soorten PV-panelen. Over het algemeen bestaan deze grotendeels uit:

- beschermende laag: glas (voorkant), kunststof (achterkant);
- het frame: aluminium;
- metalen voor de zonnecel: zilver, indium, selenium, tellurium, cadmium, gallium, silicium.

Hoewel silicium het op-één-na meest voorkomende element is in de aardkorst, is verwerking en productie hiervan niet gangbaar in Europa. Sinds 2014 heeft de EU silicium geclassificeerd als kritieke grondstof en mag in 2030 maximaal 65 % afkomstig zijn uit een niet-EU land. Er kunnen zich ook giftige stoffen in de panelen bevinden, zoals lood en PFAS door het solderen en waterdicht maken van de panelen. Zonnepanelen die geïmporteerd worden in Nederland zijn grotendeels afkomstig uit China: in 2022 was dit 90 %, waarvan 60 % werd doorgevoerd naar andere landen.

Huidige mogelijkheden voor hergebruik en recycling

Hergebruik van zonnepanelen is mogelijk. De typische levensduur voor de panelen ligt tussen de 25-30 jaar, maar ze kunnen eerder afgedankt worden als er nieuwe, efficiëntere panelen beschikbaar komen op de markt. In dat geval kunnen de nog werkende 'oude' panelen elders opnieuw worden toegepast. Het risico hierbij is - vooral bij hergebruik in het buitenland - dat het zicht op uiteindelijke hoogwaardige recycling verlaagd wordt. Daarnaast kunnen panelen mogelijk ook langer meegaan dan de theoretische levensduur.

In de meest gangbare panelen worden de zonnecellen en glasplaat aan elkaar gehecht middels een lijmlaag. Deze hechting maakt het scheiden van grondstoffen moeilijk, wat over het algemeen resulteert in laagwaardige recycling van de panelen. In Nederland worden afgedankte zonnepanelen door Stichting OPEN verzameld en naar één centrale verwerkingslocatie gebracht. De noodzaak voor hoogwaardige recycling is hoog, gezien er kritieke en schaarse grondstoffen in de zonnepanelen zitten. Er zijn ontwikkelingen in de hoogwaardige recycling van deze panelen, maar die zijn vooralsnog niet gangbaar.

Door de toegepaste lijmlaag is reparatie van de panelen zelf een uitdaging, waardoor reparatie van de panelen zelf niet gangbaar is. De hoogwaardige en losmaakbare panelen maken reparatie van de panelen toegankelijker. Reparatie van verslechterde verbindingen (bijvoorbeeld corrosie bij de connectoren) is ook met de gangbare panelen een mogelijkheid. Reparatie op locatie heeft de voorkeur om zo transport en daarmee de CO₂-impact zo laag mogelijk te houden.

Maatregelen om circulariteit te verhogen

Om de circulariteit van de zonnepanelen te verhogen, kan er gekozen worden voor een meer circulair alternatief dan de gangbare panelen. Zo zijn er producenten van modulaire en volledig recyclebare zonnepanelen. Daarnaast kan er gekozen worden voor een loodvrije soldeertechniek en PFAS-vrije afdichtingsmaterialen. Voor het frame kan gekozen worden voor gerecycled aluminium. Verder is het van belang om zicht te houden op de levensduur, deze te verlengen indien mogelijk en zorg te dragen voor zuivere verwerking bij einde levensduur. Tot slot, kijk of reparatie (op locatie) mogelijk is om de levensduur te verlengen.

Kabels

De grondkabels die het zonnepark verbinden aan het elektriciteitsnet bestaan grotendeels uit:

- een geleider: koper of aluminium;
- isolatiemateriaal: vaak PE, PVC of XLPE;
- armering: staal.

Huidige mogelijkheden voor hergebruik en recycling

Recycling van kabels is mogelijk; vooral mechanisch recyclen is gangbaar. Het gebruik van XLPE is hier wel een beperkende factor: XLPE is namelijk een thermohardend polymeer, dat door onomkeerbare chemische verbindingen niet meer om te smelten is. Dit maakt dat XLPE erg lastig hoogwaardig te recyclen is. Er zijn wel chemische technieken in ontwikkeling, maar de huidige toepassing is veelal mechanisch versnipperen waardoor de hoge kwalitatieve eigenschappen van het XLPE verloren gaan. Koper, aluminium en staal kunnen goed gerecycled worden en hoogwaardig opnieuw worden toegepast met recycling percentages tussen de 90 - 100 %. Kunststoffen zoals PE en PVC hebben over het algemeen een lager recycling percentage, rond de 50 %. Hergebruik van kabels is niet gangbaar, maar uiteindelijk wel een belangrijke ontwikkeling in de circulaire economie.

Maatregelen om circulariteit te verhogen

Om de circulariteit van de grondkabels te verhogen, kan er gekozen worden voor kabels gemaakt met bijvoorbeeld 100 % gerecycled koper als geleider, of toepassing van gerecycled of biobased kunststoffen. Ook kan er gekozen worden voor kabels zonder XLPE of met een biobased alternatief voor XLPE (dit is in ontwikkeling). Als de zonnepanelen worden vervangen door een nieuwe variant, is het interessant om te onderzoeken of de oude kabels hergebruikt kunnen worden.

1.3 Vervolg

In het algemeen is het verstandig om de levensduur van de verschillende onderdelen op elkaar af te stemmen dusdanig dat de levensduur gelijk aan of een meervoud is van de verwachte levensduur van de zonnepanelen. Daarnaast is het belangrijk dat de onderdelen met gestandaardiseerde/ modulaire bevestigingsmethoden worden bevestigd en losmaakbaar zijn. Op deze manier is het financieel meer interessant om de fundering, frames en/of kabels te hergebruiken bij einde levensduur van de zonnepanelen en wordt reparatie/ vervanging van de panelen financieel aantrekkelijk gemaakt. Daarnaast wordt het aangeraden om te kiezen voor producten die bij einde levensduur hoogwaardig gerecycled kunnen worden.

Deze analyse heeft enkel naar het thema circulariteit gekeken van de grootste materiaalstromen. We raden aan om de analyse uit te breiden zodat er naast circulariteit ook naar milieu-impact gekeken wordt, en naast de toegepaste materialen ook naar de inzet van materieel en onderhoud van de panelen in de vorm van: prestatie monitoring, schoonmaak en snoeiwerkzaamheden. Het verlies van efficiëntie en het inzetten van fossiele brandstoffen kan namelijk een grote milieu-impact veroorzaken, die in deze analyse buiten beschouwing is gelaten. Het Convenant Schoon en Emissieloos Bouwen is hiervoor een belangrijke ontwikkeling om te volgen.

1.4 Bronnen

- https://milieudatabase.nl/media/filer_public/06/41/0641bd8a-caf8-479f-8172-32a3fa494fc0/forfaitaire_waarden_mei_2024.pdf
- <https://www.betonakkoord.nl/het-betonakkoord-nieuwe-layout/>
- <https://circulairstaal.nl/>
- https://www.rabobank.nl/kennis/d011407446-de-weg-naar-groen-staal-deel-2-het-speelveld-van-belangen-en-beleid?utm_source=chatgpt.com
- <https://www.cbs.nl/en-gb/news/2023/36/the-netherlands-largest-importer-of-chinese-solar-panels>
- <https://circulairemaakindustrie.nl/app/uploads/2021/04/Kennisdossier-Circulaire-Zonnepanelen.pdf>
- <https://www.tkf.nl/nl/servicecenter/green>
- <https://www.change.inc/energie/elektriciteitskabels-van-gerecycled-plastic-maken-hun-intrede-40696>
- https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/critical-raw-materials_en#fifth-list-2023-of-critical-raw-materials-for-the-eu
- <https://www.stichting-open.org/2024/06/14/recyclen-van-end-of-live-zonnepanelen/#:~:text=Stichting%20OPEN%20beschikt%20over%20een,volume%2C%20momenteel%20circa%201.000%20ton.>
- <https://www.ams-institute.org/urban-challenges/circularity-urban-regions/fair-pv-future-repairable-transparent-and-sustainable-solar-pv/>
- <https://www.biosphere.solar/>
- Info vanuit interviews met kabelproducenten voor circulair offshore windpark vorig jaar (anoniem)