

# Recycleplan

## Zonnepark Soerense Zand Zuid

31 juli 2023



**IX Zonnig Duurzame Energie BV**

Schipholweg 103

2316 XC Leiden

T: +31 88 8860808

[www.ixzon.nl](http://www.ixzon.nl)

© Copyright 2020 IX Renewables

## Inhoud

1.	Toelichting recycleplan.....	3
2.	Aanleg en bouwactiviteiten.....	4
2.1	Duurzaam transport .....	4
2.2	Maatregelen bouwactiviteiten .....	4
3.	Technische componenten .....	5
3.1	Zonnepanelen.....	5
3.2	Omvormers.....	7
3.3	Trafo's en Inkoopstation .....	7
3.4	Onderconstructies .....	8
3.5	Kabels .....	8
3.6	Hekwerk.....	9
3.7	Overzicht hergebruik en herwinning van gebruikte grondstoffen.....	10
3.8	Gebruik Niet-uitlogende materialen .....	11
4.	Recycling.....	12
4.1	Staal en Aluminium .....	12
4.2	Hout als alternatief voor onderconstructie.....	12
4.3	Hout als alternatief voor onderconstructie.....	13
5.	Onderhoud en beheer .....	15
5.1	Inspectie ingebruikname PV-installatie.....	15
5.2	Schoonmaak en monitoring PV-panelen.....	15

## 1. Toelichting recycleplan

In dit plan wordt aangegeven hoe op een duurzame, circulaire wijze wordt omgegaan met aanleg, materiaalgebruik, onderhoud, beheer, afbraak en recycling bij einde levensduur/ontmanteling van het project.

Om een totaalplan van hergebruik van de gebruikte materialen te kunnen schetsen, is het noodzakelijk een overzicht te geven van alle componenten van het beoogde zonnepark. Vervolgens wordt per onderdeel in een aparte paragraaf beschreven op welke manieren er bijgedragen kan worden aan de duurzame keten waarbij de ladder van Lansink wordt toegepast. De ladder van Lansink geeft de afvalhiërarchie aan waarbij prioriteit gegeven dient te worden aan de meest milieuvriendelijke verwerkingwijze zijnde de bovenste trede van de ladder.



Figuur 1 - Ladder van Lansink

Per technisch element beschrijven we de methodes die op moment van schrijven beschikbaar zijn om hergebruik te faciliteren, of in het beste geval om de componenten op een zo hoogwaardig mogelijke manier te recyclen. Tabel 1 geeft dit overzicht, samen met een inschatting van de gebruikte aantallen binnen het voorgelegde projectplan. Na individuele beschrijving van de componenten zal een overzicht geschetst worden van de hoeveelheid gebruikte materialen en een inschatting van het percentage grondstoffen dat aan het eind van exploitatie teruggewonnen kan worden.

Allereerst komen de aanleg en bouwactiviteiten aan bod. Daarna zal per technische component de methodes worden benoemd die op het moment van schrijven beschikbaar zijn om hergebruik te faciliteren, of om de componenten op een zo hoogwaardig mogelijke manier te recyclen. Tot slot zal de onderhoud en beheerfase aan bod komen.

Tabel 1 geeft dit overzicht, samen met een inschatting van de gebruikte aantallen binnen het voorgelegde projectplan. Het uiteindelijke aantal kan enigszins afwijken i.v.m. de detailengineering.

Technische component	Aantal (indicatief)
Zonnepanelen	ca. 23.000 stuks
Omvormers	ca. 50 stuks
Inkoopstation	1
Transformatorstations	ca. 2-3 stuks
Onderconstructies (6x6 panelen per tafel)	ca. 667 stuks
Park kabels AC	ca. 2 km
String kabels DC	ca. 90 km
Hekwerk	ca. 2 km

Tabel 1 – Overzicht technische componenten Zonnepark Soerense Zand Zuid

## 2. Aanleg en bouwactiviteiten

Gedurende de bouw van het zonnepark komen er een aantal aspecten aan bod waarmee rekening gehouden dient te worden, wil men het zonnepark ook daadwerkelijk duurzaam aanleggen. De bouw en het transport hieromheen zijn daarmee de twee voornaamste punten van aandacht. Er is gekeken naar hoe dit nu het 'duurzaamst' kan worden uitgevoerd, waarbij de maatregelen zowel realistisch als daadwerkelijk milieu-positief worden geacht.

### 2.1 Duurzaam transport

Voor wat betreft het transport zal overleg plaatsvinden met de leverancier om de transporten zo veel als mogelijk elektrisch te laten geschieden. Daarnaast zullen daar waar mogelijk de transportbewegingen worden beperkt tot het minimum. Binnen IX Zon streven we naar de inzet van lokale partijen. Dit beperkt de te rijden afstanden en schept lokale werkgelegenheid. Het zal hierbij met name gaan om uit te voeren werkzaamheden zoals: grondverzet, hekwerken, beveiliging en de te realiseren landschappelijke inrichting. Dit is niet tegen elke prijs, bij gelijkwaardige aanbiedingen krijgt een lokale partij voorrang.

### 2.2 Maatregelen bouwactiviteiten

Gedurende de bouw zal er gestreefd worden dat volgende activiteiten duurzaam worden uitgevoerd:

- **Bouwstroom:** voor de bouwstroom zullen we in overleg de partij die het park gaat bouwen een alternatief voor dieselaggregaten bespreken. Voorheen werd er vaak gewerkt met dieselaggregaten welke de locatie voorzien van bouwstroom. Echter zijn er hedendaags goede duurzame alternatieven voor, zoals bouwstroom vanuit een batterij of stroom halen vanuit nabij gelegen aansluitpunten. Hiermee kan ca. 5000 liter diesel en bijna 15.000 kg aan CO<sub>2</sub> bespaard worden de aanbouw van een zonnepark<sup>1</sup>
- **Bouwafval:** het bouwafval wordt zoveel als mogelijk gescheiden ingezameld en gerecycled.

---

<sup>1</sup> Greener realizes sustainable construction of a solar park for Goldbeck  
(<https://www.greener.nl/news/greener-realiseert-met-goldbeck-duurzame-bouw-van-zonneparken/>)

### 3. Technische componenten

In dit hoofdstuk komen alle componenten aan bod. Hierbij wordt geredeneerd vanuit de in hoofdstuk 1 benoemde afvalhiërarchie van Lansink. Per component zal ook de wijze van onderhoud worden toegelicht.

#### 3.1 Zonnepanelen

Bovenaan de ladder van Lansink wordt afvalpreventie genoemd. Daarbij is relevant dat de hoofdfunctie van het product zo lang mogelijk in stand gehouden wordt. Dit punt wordt door de gemeente ingevuld door een vergunning voor het zonnepark met een termijn van 30 jaar te verlenen, met de mogelijkheid om een verzoek in te dienen om deze termijn met 5 jaar te verlengen. IX Zon kiest er aanvullend voor om panelen te selecteren met een lange productgarantie zodat de termijn van 30 jaar ook makkelijk gehaald kan worden. Momenteel is er in de markt een verschuiving zichtbaar naar zogeheten bifacial, ofwel dubbelzijdige zonnepanelen. Deze panelen hebben een gegarandeerd langere garantietermijn dan de op dit moment gangbare monofacial panelen. Aan de achterzijde van het paneel is namelijk de plastic folie vervangen door glas. Hierdoor zijn de zonnecellen significant beter afgeschermd tegen invloeden van buitenaf en dit heeft tevens een gunstig effect op de mechanische stabiliteit van het paneel als geheel. Bovendien laten deze panelen meer licht door naar de ondergrond wat een positief effect heeft op het bodemleven, hetgeen door TNO en Wageningen University & Research wordt bevestigd<sup>2</sup>.

IX Zon kiest voor bifacial modules mits dit op het moment van bouwen een haalbaar project oplevert. Het prijsverschil tussen monofacial en bifacial modules ligt op dit moment nog te ver uit elkaar, echter horen wij vanuit verschillende producenten wel de wens en het voornemen om richting eind 2023 enkel nog bifacial modules te produceren. Daarmee is het zeer aannemelijk dat ten tijde van de bouw van dit zonnepark de prijsverschillen klein genoeg zijn om te kiezen voor bifacial zonnepanelen.

*Figuur 2 - Bifacial zonnepaneel gefotografeerd vanaf de onderzijde*



De importeur/leverancier van de zonnepanelen is in Nederland wettelijk verplicht om de producten bij vervanging of einde levensduur weer in te nemen. Producenten en importeurs worden getoetst of ze daartoe aangesloten zijn bij een organisatie die zich inzet voor hergebruik en recycling van zonnepanelen, genaamd Stichting OPEN (Organisatie Producentenverantwoordelijkheid E-waste Nederland). Importeurs en producenten betalen een afvalbeheerbijdrage aan deze stichting, welke vervolgens zorg draagt voor het organiseren van inzameling en recycling van de zonnepanelen aan het einde van de levensduur. Er wordt daarbij richting de toekomst ingezet op hoogwaardig hergebruik van de panelen, omdat de technische levensduur in de praktijk naar alle waarschijnlijkheid langer zal zijn dan de leeftijd van de panelen op het moment van inzameling. De door de fabrikant geschatte

<sup>2</sup> Better solar farm design needed for nature conservation (TNO, September 2021): <https://www.tno.nl/en/sustainable/renewable-electricity/sustainable-solar-land-water/solar-farm-design-nature-conservation/>

levensduur van de monofacial panelen overstijgt de productieggarantietermijn van 30 jaar. Voor panelen met aan zowel aan de voor- als achterzijde glas (bi-facial/dubbelzijdig) wordt de levensduur nu zelfs op 40 jaar ingeschat. Het is hierdoor zeer aannemelijk dat de exploitatie van het zonnepark na 30 jaar zowel technisch als financieel nog steeds haalbaar. In dat geval kan IX Zon een verzoek doen voor een verlenging van de vergunning en de grondovereenkomst. Het is dan aan de gemeente en de grondeigenaren om te bepalen of het zonnepark al dan niet langer kan worden voortgezet. Als blijkt dat het continueren van het zonnepark op deze locatie niet wenselijk is, dan zal het park zorgvuldig gedemonteerd worden.

Stichting OPEN kent na het collecteren in feite twee “additionele re-/upcycling” routes. Het collecteren en demonteren van elektrische goederen is conform de WEEE (Waste of Electrical and Electronic Equipment) al een eis. De WEEE-richtlijn stelt namelijk dat het hergebruik of recycling van elektronisch materieel de voorkeur kent boven het afvoeren van het materieel naar stortplaatsen, waar het hergebruik uit het zicht raakt. De twee routes na inzameling kunnen worden onderscheiden als:

- 1) Delaminatie: dit zijn diverse werkwijzen om de panelen in bepaalde stromen van elkaar te scheiden. In de realiteit blijft er vaak glas en (gebroken of hele) zonnecellen over. Deze materialen kunnen dan steeds vaker en beter weer worden hergebruikt voor de productie van nieuwe PV-panelen (of andere producten).
- 2) PV-cell recycling: na de delaminatie (scheiding of opsplitsing van diverse materiaal stromen) kan er met verdere behandeling een aantal extra materialen worden teruggewonnen. Met name de materialen zoals koper, zilver, lood, silicium en aluminium. Methodes hiervoor staan nog in een vroeg stadium en zijn vaak prijzig. De verwachting is echter dat deze methodes, gezien de explosieve groei van het aantal opererende zonnepanelen, economisch gezien steeds haalbaarder worden.

Mocht er in de toekomst geen optie zijn tot hergebruik, zal er tenminste middels delaminatie verzorgd worden dat een gedeelte van de PV-panelen als gescheiden materialen verder worden verwerkt. Verder in het document is dit ook hetgeen wat wordt bedoeld met “gangbare processen” zoals deze nu al actief zijn via (bijv.) stichting OPEN.

Een zusterorganisatie van IX Zon, genaamd AGIX Energy B.V.<sup>3</sup>, werkt momenteel actief aan een oplossing voor het hergebruiken van windturbines door te acteren als projectmanager bij ontmanteling en zo een koppeling te vormen tussen huidige en toekomstige turbine eigenaar. Windturbines krijgen hierdoor na een grondige inspectie en revisie een tweede leven op een nieuwe locatie. IX Zon en AGIX Energy zijn voornemens hetzelfde te gaan doen voor andere markten van gebruikte duurzame assets, waaronder zonneparken. In plaats van een directe inzameling door Stichting OPEN wordt op die manier eerst zorgvuldig gezocht naar een geschikte locatie voor hergebruik van de gehele installatie om de levensduur te verlengen. Mocht hergebruik van de gehele installatie na een verloop van 30 jaar toch geen optie zijn, dan dienen de panelen gerecycled te worden via de kanalen van stichting OPEN.

Op dit moment zijn de recycling methoden in Nederland nog niet geoptimaliseerd voor het volledig uitsplitsen van de grondstoffen van een zonnepaneel. Hierbij wordt enkel het aluminium frame, de koperen aansluitkabels en het glazen voor- (en achter)paneel gerecycled. De overige componenten van het zonnepaneel worden vermalen en verwerkt in de cementindustrie of worden ingezet als energierecuperatie product. Er zijn echter wel ontwikkelingen om een volledige recycling mogelijk te maken. In Frankrijk heeft Veolia een fabriek gebouwd waarin jaarlijks 4000 ton zonnepanelen

---

<sup>3</sup> LinkedIn Agix Energy BV: <https://www.linkedin.com/company/agix-energy/posts/?feedView=all>

gerecycled worden volgens een methode waarbij ook het relatief kostbare silicium wordt herwonnen voor de metaalindustrie. Hierop voortbordurend heeft Veolia leiding genomen over het Europese project ReProSolar, waar een nieuwe techniek wordt toegepast om de lagen van een zonnepanelen van elkaar te scheiden. Dit proces maakt het mogelijk om het silicium en zelfs het zilver uit de elektrische contacten van de zonnecellen volledig te herwinnen, waardoor het direct teruggebracht kan worden in de keten naar de producent van zonnecellen. Project ReProSolar is hierin niet het enige initiatief aangezien de waarde van schaarse grondstoffen continu blijft stijgen. Gebruikte zonnepanelen worden niet meer gezien als afval, maar als waardevolle grondstof voor de productie van nieuwe zonnepanelen. Ook het Duitse Fraunhofer-instituut is er in geslaagd het kostbare silicium terug te winnen uit oude zonnepanelen, ongeacht merk of type. Dit is vervolgens als grondstof voor nieuwe panelen gebruikt.

Deze ontwikkelingen laten zien dat er nu al methodes ontwikkeld worden waarmee nagenoeg 100% recycling van zonnepanelen mogelijk wordt. Dit zal de komende jaren blijven door ontwikkelen waardoor het reëel is om te denken dat aan het einde van de levensduur of exploitatietermijn de zonnepanelen volledig gerecycled wordt.

### 3.2 Omvormers

Ook voor omvormers geldt gelijke wetgeving als voor zonnepanelen. De producent of importeur betaalt een afvalbeheerbijdrage aan Stichting OPEN, welke zorg draagt voor een goede recycling of hergebruik van de producten. In het geval van omvormers ligt het wat betreft levensduur iets gecompliceerder dan voor zonnepanelen. Producenten geven doorgaans geen garantietermijn af welke lang genoeg is om de exploitatietermijn van een project te overstijgen. Er zijn echter wel producenten die een aantoonbaar langere levensduur van de omvormers kunnen garanderen, ondersteund door rapporten van erkende instituten welke het volledige productieproces in kaart hebben gebracht en kwaliteitscontroles hebben uitgevoerd. IX Zon kiest voor deze fabrikanten, waardoor het zeer aannemelijk is dat niet langer alle omvormers gedurende de looptijd van het project vervangen dienen te worden, hetgeen in het verleden zeer gangbaar was. Dit is in eerste instantie een vorm van afvalpreventie door te kiezen voor kwaliteit. Het is zeer aannemelijk dat er bij het opruimen van het zonnepark omvormers staan die de volledige looptijd van het park hebben doorstaan. Er zal allereerst onderzocht worden of hergebruik mogelijk is. Mocht blijken dat hergebruik geen optie is, dan zullen de omvormers van het park op dat moment gerecycled worden via gangbare processen van E-waste recycling via Stichting OPEN.

Omvormers die in een later stadium van exploitatie van dit zonnepark zijn vervangen, kunnen nog goed een 10-tal jaren mee en zullen ingezet worden bij nieuwe initiatieven of opgeslagen worden als vervangingsonderdeel.

### 3.3 Trafo's en Inkoopstation

De energieomzetting van het zonnepark gebeurt middels 5 transformatorstations die strategisch in het plangebied geplaatst worden. Hier wordt de spanning van het park omgezet van laagspanning naar middenspanning. De transformator bevindt zich in een klein gebouw, ook wel compact-station genoemd, gemaakt van beton voor omgevingsveiligheid. Het inkoopstation is een vergelijkbaar object, echter bevindt zich hier het schakelsysteem naar het elektriciteitsnet van de netbeheerder alsmede vermogenslektronica en zekeringen.

Doorgaans gaan deze transformatoren bij goed onderhoud ruim 30 jaar mee en hoeven dus gedurende de exploitatietermijn van het zonnepark niet vervangen te worden. Na de exploitatietermijn zal allereerst onderzocht worden of hergebruik na een revisie van bepaalde componenten mogelijk is. Is hergebruik geen optie, dan zullen de transformatoren en het inkoopstation gerecycled worden.

Recycling van transformatoren wordt al jaren toegepast, aangezien er zich vele dure metalen in bevinden zoals koper, aluminium, ijzer en speciaal siliciumstaal, ofwel transformator blik. Het scheiden van deze materialen is goed uitvoerbaar en op deze manier kunnen de metalen ingezet worden voor het vervaardigen van nieuwe transformatoren of andere producten. De elektronica uit het inkoopstation wordt via de reguliere E-waste cyclus gerecycled.

De betonnen compact-stations worden aan het einde van de levensduur gesloopt en dit betonpuin wordt op reguliere wijze verwerkt in de betoncyclus, waarbij 95% hergebruikt kan worden als



grondstof voor nieuw beton. IX Zon zal er zorg voor dragen dat de transformatoren en het inkoopstation van dit zonnepark op voornoemde wijze zo optimaal mogelijk gerecycled worden.

*Figuur 3 - Transformatorstation geplaatst bij een zonnepark. Donkere rand betreft de kelder van het compact-station wat bij oplevering ingegraven is.*

### 3.4 Onderconstructies

Met betrekking tot de onderconstructie van het zonnepark, hiervoor worden hoofdzakelijk stalen en aluminium profielen gebruikt. Staal wordt hierbij toegepast als funderingspalen, schuine dragers en schoren, waarbij de constructieve eigenschappen van staal benut worden om aan de constructie-eisbaarheid te kunnen voldoen. Horizontale en verticale liggers (korte overspanningselementen) worden doorgaans uitgevoerd in aluminium, om zodoende het gewicht op de constructie te verminderen. Deze materialen zijn uiterst geschikt om zowel de benodigde constructiesterkte te bieden als de beoogde levensduur van het park te halen. Zowel het staal als het aluminium wordt 100% gerecycled aan het einde van de levensduur van dit zonnepark, aangezien de profielen zeer eenvoudig te demonteren en ontmantelen zijn. Verdere toelichting op het recyclen van staal en aluminium is verderop in dit document te vinden.

### 3.5 Kabels

De bekabeling van het zonnepark bestaat uit een geleidende metalen kern van koper of aluminium, met een mantel van kunststof voor elektrische isolatie. De kern kan na inzameling zeer gemakkelijk verwijderd worden en kan direct ingezet worden als grondstof voor bijvoorbeeld nieuwe kabels. De kabelmantels worden momenteel nog vaak verbrand voor restwarmte, echter zijn er steeds meer bedrijven zoals GreenRC die kabelmantels inzamelen en omvormen tot nieuwe producten. Dit is op dit moment nog een vorm van down-cycling, echter wordt het productportfolio in de komende tijd verder uitgebreid. Hierdoor kunnen de kabelmantels in producten van vergelijkbare waarde ingezet worden.



De nieuwste ontwikkeling in het kabelmantelmateriaal is het gebruiken van XLPO, ofwel Crosslinked polyolefin, een zeer flexibel halogeenvrij materiaal wat aan het einde van de levensduur zeer goed te recyclen valt. Dit materiaal is zeer geschikt als toepassing voor kabelisolatie en vrijwel alle bovengrondse DC kabelmantels en ondergrondse AC kabels van een zonnepark worden tegenwoordig uit dit materiaal vervaardigd. Van down-cycling is met dit materiaal geen spraken meer. Voor dit zonnepark zal uitsluitend gebruik gemaakt worden van dit nieuwe type kabelmantel. Na exploitatie van het zonnepark zullen ook de ondergrondse kabels zorgvuldig uitgegraven worden en in de keten teruggebracht worden voor hergebruik van zowel de koperen/aluminium kern en het XLPO.

### 3.6 Hekwerk

Als hekwerk verkiest IX Zon een constructie van houten paaltjes met groot-mazig schapengaas boven een traditioneel stalen hekwerk. Dit oogt in eerste instantie vriendelijker, beperkt materiaalgebruik en biedt ruimte voor klein wild en reeën om te passeren. Bovendien is het hekwerk hierdoor gedeeltelijk bio-based. Verzekeringstechnisch vergt dit wel de extra inspanning om aanvullende maatregelen te treffen waarbij beveiliging van het zonnepark centraal staat. Dit kan zijn het plaatsen van antidiefstal bevestiging op de buitenste rij panelen, het verweven van een detectiedraad in het hekwerk of het plaatsen van opto-elektrische beveiliging. Deze maatregelen samen moeten in elk geval dezelfde mate van beveiliging bieden als het plaatsen van een stalen hekwerk van 1,80 meter hoog.



*Figuur 4 - Impressiefoto's van landelijk hekwerk bestaande uit ronde houten palen met een grof mazig schapengaas.*

Van het landelijke hekwerk zijn zowel het stalen gaas als de houten paaltjes na exploitatie van het zonnepark zeer eenvoudig te recyclen. Het gaas zal gerecycled worden in de vorm van schrootstaal en de paaltjes zullen als klasse-A afvalhout voor de productie van nieuw geperst materiaal ingezet worden.

### 3.7 Overzicht hergebruik en herwinning van gebruikte grondstoffen

Onderstaande tabel toont per technische onderdeel een inschatting van het grondstofgebruik per stuk en in totaal voor het hele park. Vervolgens wordt het percentage 1 op 1 hergebruik weergegeven en tot slot het percentage dat herwonnen zal worden per grondstof met de huidige stand der techniek. In de voorgaande paragrafen is reeds toegelicht dat er grote vooruitgang wordt verwacht in het herwinnen van grondstoffen uit e-waste en zonnepanelen. Op dit moment is de inschatting dat 4% van de grondstoffen opnieuw gebruikt zal worden en daarnaast zal 91% van de grondstoffen herwonnen worden. Slechts 5% zal in een verbrandingsoven belanden en omgezet worden in thermische energie. Zoals eerder genoemd zal IX Zon een inspanning leveren om het percentage hergebruik omhoog te brengen door voor zonnepanelen en omvormers een tweede bestemming te zoeken.

Onderdeel	Per stuk	Totaalgewicht	Hergebruik	Herwonnen
<b>Zonnepanelen</b>	<b>38.3 kg</b>	<b>881 ton</b>	<b>Wordt onderzocht</b>	<b>811 ton</b>
Glas	30 kg	713 ton	0%	100%
Aluminium	4 kg	92 ton	0%	100%
Silicium	1 kg	23 ton	0%	80%
EVA folie	2 kg	46 ton	0%	0%
Koper	65 gram	1495 kg	0%	100%
Zilver	15 gram	345 kg	0%	100%
Silicone	500 gram	11.5 ton	0%	0%
Kunststof	700 gram	16 ton	0%	50%
<b>Omvormers</b>	<b>85 kg</b>	<b>4250 kg</b>	<b>Wordt onderzocht</b>	<b>3875 kg</b>
Kunststof	50 kg	2500 kg	0%	85%
Koper	10 kg	500 kg	0%	100%
Ijzer	25 kg	1250 kg	0%	100%
<b>Transformatoren</b>	<b>31 ton</b>	<b>62 ton</b>	<b>40 ton</b>	<b>20 ton</b>
Beton	20 ton	40 ton	95%	0%
Staal	200 kg	400 kg	95%	0%
Koper	1500 kg	3000 kg	0%	100%
Blik	8500 kg	17 ton	0%	100%
Olie	800 kg	1600 kg	100%	0%
<b>Inkoopstation</b>	<b>25.4 ton</b>	<b>25.4 ton</b>	<b>24 ton</b>	<b>150 kg</b>
Beton	25 ton	25 ton	95%	0%
Staal	250 kg	250 kg	95%	0%
Koper	150 kg	150 kg	0%	100%
<b>Onderconstructies</b>	<b>70 kg</b>	<b>625 ton</b>	<b>0 ton</b>	<b>625 ton</b>
Stalen fundering	50 kg	466 ton	0%	100%
Aluminium ligger	20 kg	159 ton	0%	100%
<b>Kabels</b>		<b>10.6 ton</b>	<b>0 ton</b>	<b>6.1 ton</b>
Cu 6mm <sup>2</sup> p/m	54 gram	4822 kg	0%	100%
Al 240mm <sup>2</sup> p/m	660 gram	1322 kg	0%	100%
Kunststof p/m	50 gram	4500 kg	0%	0%
<b>Hekwerk</b>		<b>22 ton</b>	<b>0 ton</b>	<b>19 ton</b>
Houten paal	21kg	21 ton	0%	85%
Gaas/meter	0.5kg	1 ton	0%	100%

### 3.8 Gebruik Niet-uitlogende materialen

Ten behoeve van een goede waterkwaliteit is het niet toegestaan om bij de bouw van een zonnepark uitlogende materialen te gebruiken. Waterschap Vallei en Veluwe heeft aangegeven meer te willen weten over de coating die gebruikt wordt op zonnepanelen. Hieronder daarom een toelichting.

Vanuit de fabriek is de glazen voorzijde van de zonnepanelen standaard voorzien van een anti-reflectiecoating. Deze coating zorgt ervoor dat een groter deel van het invallende licht opgenomen kan worden in de zonnecellen, wat anders gereflecteerd zou worden door het verschil in brekingsindex op de overgang van lucht naar glas. Deze coating zorgt er tevens voor dat de zonnepanelen geen 'schittering' veroorzaken maar eerder een 'glans'. Hierdoor treedt er geen hinder op voor voorbijgangers en bewoners. De zorg voor 'schittering' komt vaak naar voren in gesprekken met belanghebbenden wonend nabij een zonnepark. Geschikte coatings bestaan vaak uit silicium nitride ( $\text{SiN}_x$ ) of titanium dioxide ( $\text{TiO}_2$ ). De levensduur van dergelijke coatings is afgestemd op de levensduur van het paneel en zal gedurende de operationele fase van het zonnepark niet of nauwelijks uitlogen. Na plaatsing van de panelen worden geen additionele coatings meer aangebracht om bijvoorbeeld de vuilaanhechting van het paneel te verminderen. In de praktijk bieden dergelijke producten namelijk geen of slechts een geringe verbetering van de opbrengst, terwijl dergelijke coatings wel na verloop van tijd zullen uitwassen.

## 4. Recycling

### 4.1 Staal en Aluminium

Staal kan 100% gerecycled worden, onafhankelijk van toegepaste coatings/verzinking of toevoegingen van bepaalde legeringselementen om de kwaliteiten van het staal te beïnvloeden. In de praktijk wordt 95% van al het geproduceerde staal aan het einde van het gebruik gerecycled en dit gebeurt al decennia lang. Daarnaast wordt een groot gedeelte van constructiestaal zoals balken hergebruikt, aangezien zij hun functie prima in een nieuwe toepassing kunnen vervullen.

Wereldwijd vindt ruim 25%<sup>4</sup> van al het geproduceerde staal zijn oorsprong in staalschroot, ofwel staal van gebruikte producten wat opnieuw omgesmolten wordt. De reden dat dit aandeel relatief laag is, is omdat de vraag naar staal nog altijd vele male hoger is dan de aanleveringsstroom van staalschroot kan bieden. Het rapport van het BIR (Bureau of International Recycling) toont echter wel dat het aandeel schroot in productie van nieuwe staal jaar na jaar groeit, zeker in China waar momenteel rond de 55% van al het staal wereldwijd geproduceerd wordt. In China bestond in 2020 20% van het staal uit gerecycled schroot, in Europa was dit aandeel 56% en in de VS en Turkije lag het aandeel nog hoger op 69% en 84% respectievelijk<sup>5</sup>.

Het voordeel van staal recycelen is dat het omsmelten van schroot ongeveer de helft van de energie kost van het proces om nieuw staal te produceren van ijzererts en kool. Het grootste voordeel komt voort uit het niet hoeven winnen van ijzer uit erts en het in mindere mate hoeven toevoegen van koolstof in de vorm van coke, puur koolstof dat gemaakt wordt door steekool lange tijd te verhitten. Dit is een enorme energiebesparing, waardoor de productiekosten flink kunnen dalen. Bij aluminium ligt het energievoordeel van recycling zelfs rond de 95%, aangezien hier geen koolstof aan toegevoegd hoeft te worden en juist het winnen van aluminium uit bauxiet zeer energie-intensief is.

Bij de productie van staal wordt vaak gesproken over de term 'embodied energy', wat staat voor de som van alle energie die benodigd was voor de productie van het materiaal. Bij staal ligt deze waarde gemiddeld rond de 20MJ/kg, wat neerkomt op 5.5 kWh aan elektrische energie. Voor de bouw van het beoogde zonnepark is een inschatting gemaakt dat hier in totaal 500 ton staal gebruikt zal worden. Dit komt overeen met een embodied energy van 2.8MWh aan energie. In contrast, hetzelfde beoogde zonnepark produceert jaarlijks ongeveer 14MWh aan stroom, oftewel de embodied energy van het staal alleen wordt in 2,5 maand terug geleverd door het zonnepark in de vorm van groene stroom.

### 4.2 Hout als alternatief voor onderconstructie

Momenteel worden, op een enkele uitzondering na, alle grootschalige grondgebonden zonneparken gebouwd met een stalen onderconstructie. De voornaamste redenen dat staal verkozen wordt boven andere materialen zijn de levensduur, de constructieve eigenschappen, de eenvoudige recycling en de prijs.

Een houten onderconstructie kan op de punten van recycling en prijs concurreren met staal, echter zijn de punten levensduur en constructieve eigenschappen niet gemakkelijk te evenaren. Houtsoorten die gebruikt worden voor constructie, dienen voor weersinvloeden beschermd te worden. Verven van het hout is daarbij een onderhoudsklus die iedere 5 jaar terug zal komen, waarbij 30 jaar een tijdsspanne is die de constructie mogelijk niet gaat volhouden. Met een zuid gerichte paneel oriëntatie worden de panelen bovendien op tafels gelegd van meerdere panelen boven elkaar op een afstand

---

<sup>4</sup> <https://www.bouwenmetstaal.nl/themas/duurzaam/recycling-en-hergebruik/>

<sup>5</sup> BIR global facts & figures, World steel recycling in figures 2016-2020.

van ca. 60-70cm boven het maaiveld. Hierdoor krijgt de constructie hoge windlasten te verduren, waarbij de constructiesterkte moet voldoen aan de NEN-EN 1991-1-4 norm voor windbelasting.

Een uitzondering hierop is een zonnepark in Groningen, genaamd Freek Sonneveld. Hier is een houten onderconstructie toegepast, echter is hier een oost-west opstelling gebouwd met de panelen slechts 30-40cm boven het maaiveld en een totale hoogte van 1 meter. De windbelasting op een dergelijke opstelling is significant lager, waardoor deze constructie uit te voeren was in hout. Deze gekozen opstelling heeft echter een ongunstige invloed op de bodemkwaliteit aangezien deze nauwelijks zonlicht doorlaat. De opstelling voor Zonnepark Soerense Zand Zuid bestaat uit hoge tafels gericht op het zuiden met brede tussenpaden. Hierdoor is het percentage onbedekt oppervlak significant hoger, wat zorgt voor voldoende lichtinstraling op de grond en een betere ontwikkeling van de bodemkwaliteit. Details over de gebruikte opstelling vindt u in hoofdstuk 6 uit het “Plan van Aanpak Zonnepark Soerense Zand Zuid” of in Bijlage 5, “Achtergronddocument Financiële en Technische Haalbaarheid”.

Een ander probleem met hout is het funderen van de constructie. Bij een stalen onderconstructie worden hier doorgaans verzinkte stalen kokerprofielen in de grond gedreven, welke voldoende druksterkte en treksterkte hebben om de krachten van de constructie op te vangen. Constructiehout is niet geschikt om als fundering te gebruiken, aangezien hout op een overgang van vocht en lucht zeer snel zal gaan rotten. Hier dient gekozen te worden voor tropische hardhouthoutsoorten zoals angelim, vermelho of azobe. Deze kunnen een levensduur van meer dan 30 jaar doorstaan, echter zijn deze soorten stukken duurder en worden deze bomen bovendien gekapt in Brazilië en West-Afrika, vaak zonder keurmerk voor duurzaamheid en milieu.

Tot slot, het recyclen van hout aan het einde van de levensduur bestaat op dit moment voornamelijk uit het verbranden in biomassacentrales of als bijstook in kolencentrales als bron voor energie. Slechts een kwart wordt vermalen tot nieuw geperst hout in de vorm van pallets of spaanplaat. Hergebruik is vaak niet aan de orde, aangezien het ingezamelde hout geclassificeerd wordt als afvalhout<sup>6</sup>.

#### 4.3 Hout als alternatief voor onderconstructie

Om de markt voor te bereiden op het toepassen van meer bio-based materialen in zonneparken voert IX Zon een pilot uit met de toepassing van een bio-based materiaal voor het bouwen van een groot formaat onderconstructie. Op dit moment is er in de markt van grondgebonden zonneparken zoals in voorgaande paragraaf beschreven geen goed alternatief verkrijgbaar om een stalen onderconstructie te vervangen. Ondanks dat staal en aluminium zeer goed recyclebaar zijn, kan de impact van een bio-based constructiemateriaal op het milieu lager zijn. Er zijn bio-based materialen die toepasbaar kunnen zijn, maar nog niet commercieel worden toegepast in zonneparken.

Het bio based materiaal dat in deze pilot wordt toegepast, is specifiek een composiet materiaal van hout en polypropyleen. Dit wordt vervaardigd uit 72% houtvezels met een oorsprong in reststromen van productiebossen en timmerfabrieken en 28% polypropyleen, wat zijn oorsprong vindt in gerecycled plastic uit onder andere PMD (plastic, metaal en drinkpakken) afvalbakken. Aan het einde van de exploitatietermijn van het zonnepark kan het composiet materiaal weer ingenomen worden om verwerkt te worden tot nieuwe composiet profielen. Dit materiaal scoort hoog op duurzaamheid, constructiesterkte en levensduur, maar is momenteel stukken duurder dan staal voor een vergelijkbare zonnetafel configuratie en daardoor (nog) niet financieel haalbaar op grote schaal.

---

<sup>6</sup> Meer hergebruik en recycling van afvalhout, naar een plan van aanpak. Gemax B.V. in opdracht van RWS, april 2020.

Mogelijk kan dit in de toekomst anders worden als een dergelijk materiaal op grotere schaal wordt geproduceerd.

Een ander potentieel toepasbaar materiaal wordt vervaardigd uit gewasresten, ookwel agrowaste. Samen met natuurlijke vezels zoals vlas, jute of hennep, kan er een sterk composiet gemaakt worden dat 100% bio-based is. De fabrikant van dit materiaal is ook zeer geïnteresseerd om een pilot uit te voeren bij het zonnepark.

Door een pilot zonnetafel in dit initiatief te bouwen met composiet, zetten we een eerste stap om de haalbaarheid van dit materiaal te toetsen in de praktijk gedurende de volledige looptijd van het project en creëren we de mogelijkheid dat dit materiaal in de toekomst vaker toegepast kan worden. Als proof-of-concept heeft de ontwikkelaar van het materiaal reeds een klein formaat zonneschans vervaardigd uit het composiet materiaal. Wij brengen dit graag een stap verder door een groot formaat zonnetafel van 15 meter breed en gelijke hoogte als de overige in het ontwerp gebruikte stalen constructies te plaatsen. Daarbij gaan wij tevens onderzoeken of het materiaal ook als funderingspaal gebruikt kan worden.

Bij een succes van dit pilotproject zal IX Zon streven naar verdere ontwikkeling van deze vorm van bio-based materiaalgebruik bij zonneparken. Tevens zullen de resultaten gerapporteerd en gedeeld worden met zowel de gemeente Brummen als de markt, zodat er door de bredere industrie meegekeken kan worden met deze innovatie wat kan leiden tot verdere toepassing in toekomstige initiatieven met betrekking tot het gebruik van Bio-based materialen.



*Figuur 5 - Kleinschalige proefopstelling vervaardigd uit bio-based hout-polypropyleen composiet.*

## 5. Onderhoud en beheer

PV-installaties behoeven minimaal onderhoud. Het beheer van de landschappelijke elementen zal in de eerste fase van het zonnepark (zegge 1 á 3 jaar) intensiever zijn. Het landschappelijke beheer wordt verder toegelicht in het voor zonnepark opgestelde landschapsplan. Daar wordt in dit document dan ook verder niet op in gegaan. Het beheer van het zonnepark haar installaties zal in de onderstaande paragrafen worden toegelicht.

### 5.1 Inspectie ingebruikname PV-installatie

De PV-installatie zal bij oplevering aan een fors aantal eisen moeten voldoen. Dit is vaak ook zo gesteld vanuit verzekeringsmaatschappijen. Bij oplevering van de PV-installatie is een inspectie dan ook gebruikelijk. Deze inspectie(s) zullen worden uitgevoerd conform de SCIOS Scope 12 (of vergelijkbaar/wat tegen de tijd van oplevering gangbaar is).

### 5.2 Schoonmaak en monitoring PV-panelen

De panelen worden dagelijks gemonitord. Alle omvormers zullen worden aangesloten op intelligente meetapparatuur, welke eventuele storingen in zonnepanelen, omvormers of verdeelkasten kan herkennen. Ook kan middels deze software worden gemonitord of de opwek van bepaalde panelen minder is dan verwacht. Zo kan er goed worden geanalyseerd wanneer een eventuele schoonmaak van de PV-panelen gunstig is. Calamiteiten worden middels de software direct erkend en zo snel als mogelijk opgelost. In het verleden hebben wij standaard O&M afspraken gezien welke het als volgt stellen:

- Calamiteiten en storingen welke niet in samenwerking met de installatieverantwoordelijk via de telefoon / e-mail kunnen worden opgelost, worden binnen twee werkdagen door gespecialiseerde field service engineers worden opgelost.
- Indien de calamiteiten en/of storingen een productiedaling van 20% of meer veroorzaken, zal de engineer binnen 24 uur aanwezig zijn.

Het zonnepark zal standaard jaarlijks worden geïnspecteerd. Daarbij wordt er vaak aangeboden om preventief onderhoud te plegen. Hierbij kan worden gedacht aan kleine herstelwerkzaamheden die de veiligheid en de technische werking ten goede komen. Ook zal het zonnepark periodiek worden schoongemaakt (de PV-panelen). Dit is per locatie verschillend in welke mate dit nodig zal zijn. Zo vereisen locaties langs drukke wegen door opwaaiing van stof en uitstootdeeltjes vaak meer schoonmaak/onderhoud, dan de beoogde locatie in Brummen. De verwachting is dat de schoonmaak ca. 1 keer per jaar plaats zal vinden.