

Kennisdossier: Circulaire Zonnepanelen

Maar liefst [8,9 miljoen zonnepanelen](#) werden in 2020 geïnstalleerd in Nederland. Dit is goed nieuws voor de energietransitie. Maar zonnepanelen gebruiken ook (schaarse) materialen en kunnen zorgen voor veel afval in de toekomst.

Welke circulaire kansen biedt de enorme opkomst van zonnepanelen?

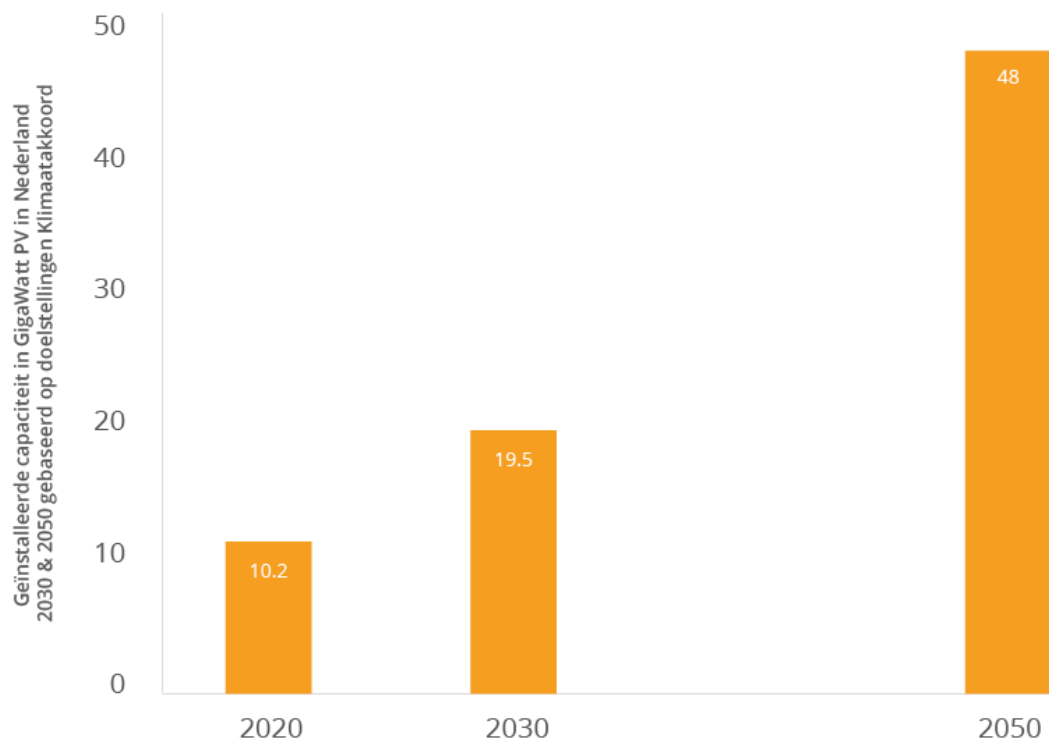
Om de energietransitie te laten slagen moeten we in [2030 bijna twee keer zoveel](#) opwekken en in [2050 bijna vijf keer zoveel](#) (zie afbeelding 1). Er zullen dus nog heel wat zonnepanelen bijkomen.

Naast een succesvolle energietransitie ambiëert Nederland in [2050 ook een volledig circulaire economie](#). Maar lukt dat als er in 2050 jaarlijks gemiddeld [8 miljoen gedegradeerde zonnepanelen](#) vrijkomen? En dat is alleen nog maar in Nederland, [Europa](#) heeft ook de ambitie om circulair én klimaatneutraal te zijn in 2050.

De gedegradeerde zonnepanelen die in 2050 vrijkomen, worden nu geïnstalleerd. Als we willen voorkomen dat we straks met een enorme berg afval zitten is nu actie noodzakelijk. Welke circulaire kansen liggen er voor de Nederlandse maakindustrie?

Afbeelding 1:
Verwachte groei in geïnstalleerd vermogen van zonnepanelen, nodig voor het behalen van het Klimaatakkoord.

Bron:
[Metaalvraag van de Nederlandse Energietransitie](#)



1. De noodzaak van circulariteit

Circulariteit verkleint de negatieve impact van grondstofwinning voor zonnepanelen én biedt bedrijfskansen in Europa. Voor Europa is een circulaire waardeketen van zonnepanelen extra belangrijk, omdat de kritieke metalen die nodig zijn voor zonnepanelen niet in Europa gewonnen worden. Het is maar zeer de vraag of wij de kritieke metalen krijgen die wij nodig hebben, wanneer de vraag groter is dan de beschikbaarheid. 's Werelds grootste metaalproducent China bepaalt zelf aan wie het zijn producten verkoopt.

1.1 Giftige materialen

Zonnepanelen kunnen giftige stoffen bevatten, zoals lood en PFAS. Deze giftige stoffen zijn schadelijk voor mens en milieu als ze vrijkomen tijdens productie of

Meer informatie over de vraag naar circulaire zonnepanelen en wetgeving?

Lees dan achteraan dit rapport:

- Kader 1: Groeiende vraag
- Kader 2: Circulaire wetgeving voor zonnepanelen

wanneer panelen worden afgedankt. Daarom moet hergebruik en recycling van panelen zorgvuldig gebeuren. Er zijn verschillende bedrijven en universiteiten bezig met onderzoek naar het verminderen of elimineren van het gebruik van giftige stoffen in zonnecellen.

Zo heeft het Nederlandse bedrijf [Mat-Tech](#) loodvrij soldeermateriaal ontwikkeld door een nieuwe techniek toe te passen en traditionele soldeercomponenten in de modules te vervangen. Het Haagse bedrijf [Exasun](#) ontwikkelde zonnepanelen met aan beide kanten glasplaten, als alternatief voor panelen met een kunststof achterkant. Op die manier hoeft er geen fluor gebruikt te worden om de waterdichtheid van de achterpanelen te verhogen. Dit zijn veelbelovende Nederlandse innovaties om gifstoffen te vervangen. Internationaal ontwikkelde de Silicon Valley Toxics

Coalition (SVTC) een [Solar Scorecard](#), met aandacht voor panelen die weinig giftige chemicaliën bevatten.

Je kan op dit moment dus al kiezen voor panelen die minder gifstoffen bevatten, maar het bewustzijn hierover moet nog groeien. Vaak is de aanname dat zonnepanelen *an sich* goed zijn, zodat de consument minder let op de duurzaamheid van het paneel zelf.

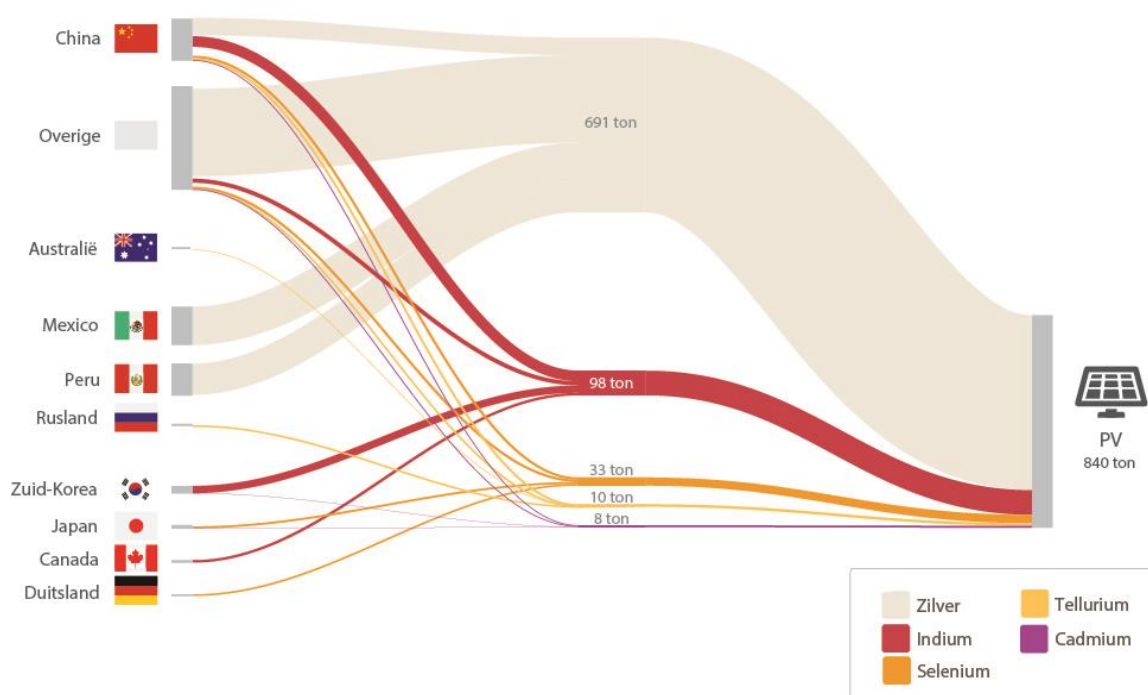
1.2 Bedrijfskansen om afhankelijkheid te verkleinen

Voor de levering van verschillende metalen voor de productie van zonnepanelen is Nederland volledig afhankelijk van landen buiten Europa, voornamelijk China (zie afbeelding 2). Niet alleen bevindt het merendeel van de huidige productie daarvan in China, het land huisvest ook het grootste deel van de raffinageprocessen. In 2019 bevat de lijst met top 10 bedrijven op het gebied van kristallijne-siliciumcellen acht uit China, één uit Zuid-Korea (Hanwha Q Cells) en één uit Canada (CanadianSolar).

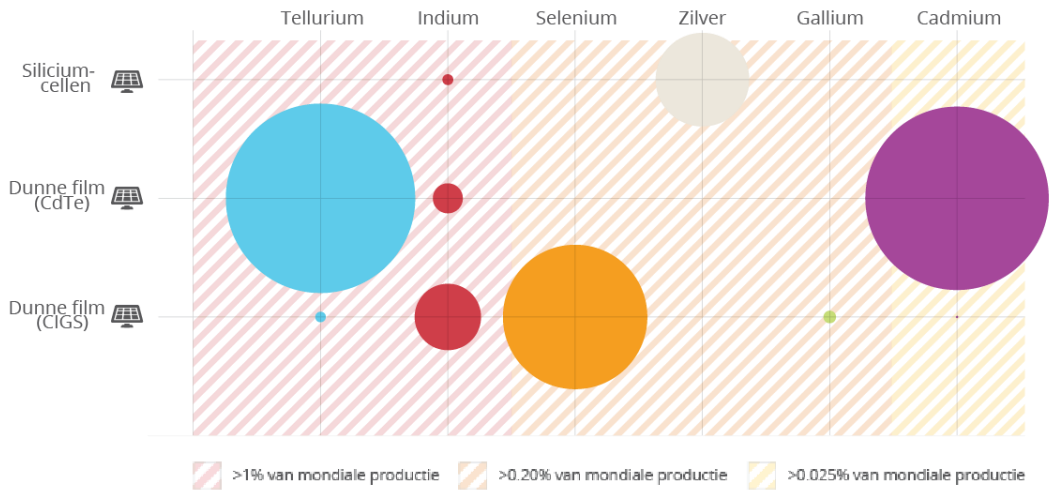
Klimaatverandering is een mondiaal probleem. Overal ter wereld zullen fossiele brandstoffen vervangen moeten worden door hernieuwbare, zoals zonne- en windenergie. Maar, er zijn niet genoeg kritieke metalen om op onze huidige, niet circulaire, manier de wereldwijde vraag te kunnen dekken. Het is doodzonde om kritieke metalen in zonnepanelen zomaar verloren

Afbeelding 2: Voor elektriciteitsproductie uit zon zijn verschillende technologieën beschikbaar. Iedere technologie heeft een eigen vraag naar kritieke metalen. Deze figuur laat zien hoeveel metaal nodig is voor de meest gangbare technologieën. De achtergrondkleur toont de jaarlijkse Nederlandse vraag naar zonne-energie als percentage van de wereldproductie.

Bron: [Metaalvraag van de Nederlandse Energietransitie](#)



Afbeelding 3: Voor elektriciteitsproductie uit zon zijn verschillende technologieën beschikbaar. Iedere technologie heeft een eigen vraag naar kritieke metalen. Deze figuur laat zien hoeveel metaal nodig is voor de meest gangbare technologieën. De achtergrondkleur toont de jaarlijkse Nederlandse vraag naar zonne-energie als percentage van de wereldproductie.



Bron: [Metaalvraag van de Nederlandse Energietransitie](#).

te laten gaan als de zonnepanelen afgedankt worden. Dit probleem speelt vooral voor de kritieke metalen [tellurium en indium](#) (zie afbeelding 3). Schaarste zal op termijn leiden tot concurrentie tussen verschillende toepassingen, en daarmee tussen bedrijven en landen. Dit is een serieus risico voor de transitie naar een meer schone en duurzame energievoorziening, zowel binnen Nederland als daarbuiten.

Het hergebruik van kritieke metalen bevindt zich nog in een ontdekkingsfase. Hoogwaardig hergebruik kan op lange termijn sterk bijdragen aan verminderde afhankelijkheid van nieuwe grondstoffen: de zonnepanelen die nu worden neergezet, leveren de materialen van de toekomst.

2 Circulaire kansen

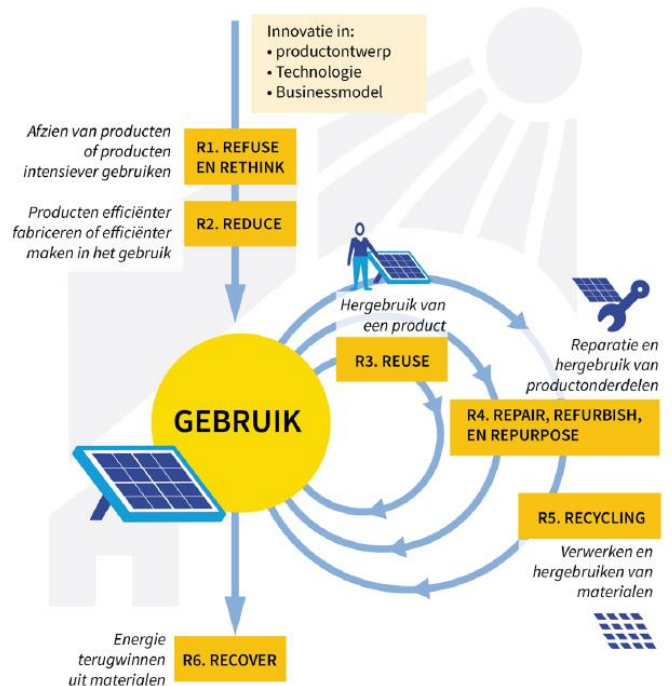
Er zijn tal van kansen om bij te dragen aan circulaire zonnepanelen. Aan de hand van de R-ladder (afbeelding 4) lichten we ze toe.

R1: Refuse & Rethink

Circulariteit start bij de vraag of je een product echt nodig hebt (*refuse*) en of het mogelijk is om producten intensiever te gebruiken door ze te delen of multifunctioneel te maken (*rethink*).

Voor de productie van zonnepanelen geldt dat het goed is om deze af te stemmen op de daadwerkelijke elektriciteitsvraag. Als we minder elektriciteit gaan gebruiken, dan zijn er ook minder hernieuwbare energiebronnen nodig om aan onze vraag te voldoen.

Binnen zonnepaneelinnovatie komt *rethink* aan de orde door zonnepanelen circulair te ontwerpen. Door de inzet op circulaire ontwerpprincipes kunnen componenten (en metalen) hoogwaardig worden hergebruikt en kan de levensduur van zonnepanelen worden geoptimaliseerd. Voor zonnepanelen is modulair ontwerp relevant, aangezien op dit moment



Afbeelding 4: R-ladder met strategieën van circulariteit (CE Delft, 2021)

de meeste materialen in zonnepanelen nauwelijks van elkaar kunnen worden gescheiden en daardoor alleen laagwaardig gerecycled worden. DSM en TNO ontwikkelden hier een oplossing voor. Zij hebben een nieuw hechtmateriaal voor zonnepanelen ontwikkeld die omkeerbaar is. Deze hechting kan bij afdanking van het zonnepaneel ongedaan gemaakt worden, zodat componenten her te gebruiken en de panelen hoogwaardig te recylen zijn.

Tijdens het ontwikkelen van zonnepanelen die langer mee gaan, is het ook goed te onderzoeken of er een businesscase te bedenken is waarbij deze langere levensduur ook daadwerkelijk benut wordt. Het ontwikkelen van zonnepanelen die langer meegaan heeft namelijk alleen zin als ze ook daadwerkelijk langer gebruikt worden. De businesscase voor maximaal gebruik zou bevorderd kunnen worden door een goed systeem op te zetten waarbij doorverkoop en hergebruik aantrekkelijke mogelijkheden zijn voor projectontwikkelaars. De tweedehands markt voor particulieren en projectontwikkelaars staat nu echter nog in de kinderschoenen.

"Er wordt op dit moment volop onderzoek & ontwikkeling gedaan om circulaire panelen te maken, ik denk dat als je een paar jaar verder kijkt dat er duidelijk wat te kiezen valt."

Harald Kerp, M2I

R2: Reduce

Bij *reduce* gaat het erom producten efficiënter te fabriceren of efficiënter te maken in het gebruik. Denk bijvoorbeeld aan minder materialen gebruiken voor hetzelfde energierendement. Belangrijk daarbij is steeds vanuit een systeem perspectief te denken. Als minder gebruik van een bepaald materiaal leidt tot een product dat niet meer repareerbaar of recyclebaar is dan wordt het systeem als geheel minder circulair.

Bij zonnepanelen kan je dat vertalen naar een zo hoog mogelijk energierendement en een zo lang mogelijke levensduur. Daarbij zijn minder panelen nodig voor het opwekken van dezelfde hoeveelheid elektriciteit. Momenteel ligt het gemiddelde energierendement dat met een industriële silicium zonnepaneel (c-Si) wordt behaald rond de 20% tot 22%. Het theoretische maximum rendement voor (laboratorium) zonnecellen wordt geschat op 29,4%. De praktische

rendementsgrens van dit type zonnecel wordt echter geschat op ongeveer 26% (TNO, 2019). De Nederlandse zonne-energie sector verwacht dat in 2030 de opbrengst verhoogd zou kunnen zijn tot ten minste 25% (RVO, 2020).

Verbetering op het ene onderwerp kan echter als gevolg hebben dat er op een ander onderwerp ingeleverd moet worden. Zo zijn bijvoorbeeld in sommige gevallen meer schaarse materialen nodig voor zonnepanelen met een hoger energierendement. Een goede balans tussen deze verschillende aspecten is erg belangrijk.

R3: Reuse

"Een internationaal statiegeldsysteem zou een oplossing kunnen zijn om zonnepanelen na gebruik terug te krijgen in Nederland"

[Onderzoeksbureau CE Delft](#)

Zonnepanelen kennen een levensduur tussen de 25 en 30 jaar. Maar, soms worden ze ook eerder afgedankt. Voor grote zonneprojecten kan het zo zijn dat het voor de *business case* aantrekkelijk is om de zonnepanelen te vervangen wanneer er een efficiënter paneel beschikbaar is. Dit wordt ook wel *repowering* genoemd. Er zijn steeds meer projecten waarbij panelen van 5 à 10 jaar oud vervangen worden door nieuwe panelen. Dit levert tweedehands panelen op die in veel andere projecten nog prima te gebruiken zijn. Dit biedt kansen voor een tweedehands markt voor zonnepanelen. Op [SecondSol](#) en [Marktplaats](#) worden tweedehands zonnepanelen aangeboden.

Maar pas op, als de panelen aan het buitenland verkocht worden, is het onbekend hoe ze uiteindelijk afgedankt worden. Een internationaal statiegeldsysteem waardoor de panelen na gebruik hier weer terugkomen voor recycling, zou daar een oplossing voor kunnen zijn.

Zonnepanelen worden vooral gekocht door bedrijven en burgers met voldoende investeringsmogelijkheden en een eigen dak (koophuis). Er zijn inmiddels ook allerlei initiatieven van verhuur en lease, en ook opties om in zonnepanelen te investeren op andermans dak. Daarbij gaat het echter vrijwel altijd om nieuwe panelen. Het zou interessant zijn om te verkennen of het mogelijk is om een goedkoper product aan te bieden als er gebruik gemaakt wordt van tweedehands panelen die

vrijkomen op locaties die ontmanteld worden. Ook voor woningcorporaties kunnen tweedehands panelen interessant zijn om kosteneffectief hernieuwbare energie op te wekken.

R4: Repair, refurbish en repurpose

Als een paneel maar gedeeltelijk stuk is, kan reparatie een mogelijkheid zijn om panelen nog langer te gebruiken. Helaas is reparatie van zonnepanelen nu vaak lastig, omdat de verschillende lagen van een zonnepaneel op elkaar gelijmd zijn. Het ontwerp van een circulair, modulair paneel kan dit probleem verhelpen.

Er zijn ondernemers die producten maken van oude zonnepanelen, zoals tafels. De energieopwekkende functie is dan niet de hoofdzaak maar wordt gezien als een leuk extraatje.

R5. Recycling

"PV-recycling is essentieel in de transitie naar een duurzame energietoekomst."

[Internationaal agentschap voor hernieuwbare energie IRENA](#)

Wereldwijd moet er volgens het internationaal agentschap voor hernieuwbare energie [IRENA](#) de komende 30 jaar 60 miljoen ton zonnepanelen gerecycled worden. Doordat de volumes nu echter nog laag zijn, is het aantal puur op zonnepanelen gerichte recyclingfabrieken zeer beperkt. Frankrijk had in 2018 de Europese primeur met de [Veolia faciliteit](#).

TNO onderzoekt op twee fronten de recycling van zonnepanelen. Enerzijds werkt het kennisinstituut met de Nederlandse fabrikant Exasun aan nieuwe circulaire zonnepanelen waarvan alle grondstoffen straks voor 100 procent te recylen zijn. Anderzijds wordt technologie ontwikkeld om de huidige generatie zonnepanelen – waarbij de materialen met elkaar versmolten zijn – zo goed mogelijk te recylen. Het doel is om hoogwaardig silicium te oogsten in een zuiverheid die kan worden hergebruikt voor de productie van nieuwe zonnecellen. Een nieuwe technologie om de glasplaten zuiver te scheiden maakt het bovendien mogelijk om de gebruikte glasplaten opnieuw in te zetten voor de productie van nieuwe zonnepanelen.

Recycling van de eerste generatie zonnepanelen zal niet alleen belangrijk worden in Nederland, maar in

heel Europa. Als je in Nederland in staat bent om op basis van de kennis van universiteiten en TNO een innovatief recyclingproces op te zetten dan heb je een stapje voor.

R6. Recover

Voor sommige producten is het ook nog een laatste optie om producten voor energieproductie te verbranden. Als zonnepanelen na demontage van het aluminiumframe en de koperkabels in een verbrandingsoven terecht komen, dan gaan alle andere materialen verloren.

3 Wat kan jij doen?

De gedegradeerde zonnepanelen die in 2050 vrijkomen, worden nu geïnstalleerd. Actie op korte termijn is daarom noodzakelijk.

[CIRCO track zonnepanelen](#)

Als Uitvoeringsprogramma Circulaire Maakindustrie zetten we ons op de volgende manier in voor circulaire zonnepanelen.

1. Korte termijn (0-1 jaar): Ontwikkeling projecten, zoals het vinden van geschikte toepassingen voor reststromen uit huidige laagwaardige recycling van zonnepanelen. Voortborduren op de uitkomsten van de CIRCO track circulaire zonnepanelen. Ten slotte verkennen we de samenwerking met het H2020 project voor recycling zonnepanelen.
2. Middellange termijn (0-2 jaar): Het ontwikkelen van strategieën en pilots voor hergebruik, servicisation, repowering, retourlogistiek en retourpremiesystemen.
3. Lange termijn (0-5 jaar): Juiste inzet van EU lobby voor een verbod op giftige stoffen in zonnepanelen, standaardisering van paneelopbouw, afdwingen van recycling en inzet gerecyclede panelen en het sterk reduceren van de CO2 footprint van panelen.

Ben jij betrokken bij de zonnepaneelketen en heb je ideeën over circulariteit, of wil je een circulaire speler worden? We zoeken projecten en partijen om kennis mee op te bouwen. Mocht je dit interessant vinden neem dan contact op met [Bart Jeroen Bierens](#).

Want alleen samen komen we tot circulaire zonnepanelen!

Kader 1: Groeiende vraag

De vraag naar circulaire zonnepanelen groeit. Zo staan circulaire PV-panelen met terugnamegarantie op de Milieulijst. Bedrijven mogen 75% van de aanschafkosten willekeurig afschrijven.

In de Kennisnotitie Zonnepanelen adviseert CE Delft de Provincie Zuid Holland om circulariteitscriteria voor zonnepanelen mee te nemen in hun aanbestedingen. Dit voorbeeld kan vervolgens landelijk en Europees als voorbeeld worden verspreid.

Kader 2: Circulaire wetgeving voor zonnepanelen

[De EU ontwikkelt tussen 2020-2023](#) een combinatie van verplichte en vrijwillige beleidsinstrumenten voor duurzaam ontwerp van zonnepanelen, zoals een eco-design richtlijn voor zonnepanelen en groene inkoopcriteria. In de eco-design richtlijn komen waarschijnlijk criteria terug met betrekking tot de levensduur van de panelen, repareerbaarheid, demonteerbaarheid en het rapporteren van een aantal van de gebruikte materialen.

Daarnaast zijn fabrikanten en importeurs van zonne-energieproducten wettelijk verplicht te voldoen aan de richtlijn Afgedankt Elektrisch en Elektronisch Afval ([AEEA](#)). Dit is de Nederlandse implementatie van de Europese WEEE-richtlijn. Door de AEEA-wetgeving zijn bedrijven die zonnepanelen en omvormers op de Nederlandse markt brengen sinds februari 2014 verantwoordelijk voor de inname en verwerking van deze producten aan het einde van hun levensduur.