



Rijksdienst voor Ondernemend  
Nederland

# *Economische levensduurverlenging zonnestroomsystemen*

*In opdracht van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat*

*>> Duurzaam, Agrarisch, Innovatief  
en Internationaal Ondernemen*



# Economische levensduurverlenging zonnestroomsystemen

Onderzoek naar vroegtijdige verwijdering



Dit rapport is opgesteld in opdracht van de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO)

**Auteurs**

Lucie Jansen  
Stefan Favrin  
Cécile van Oppen

**Datum**

Juni 2026

# Inhoudsopgave

|                                                          |           |
|----------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Samenvatting .....</b>                                | <b>2</b>  |
| <b>Hoofdstuk 1. Aanleiding .....</b>                     | <b>3</b>  |
| <b>Hoofdstuk 2. Afbakening en aanpak .....</b>           | <b>5</b>  |
| <b>Hoofdstuk 3. Vroegtijdige verwijdering .....</b>      | <b>6</b>  |
| <b>Hoofdstuk 4. Vroegtijdige vervanging .....</b>        | <b>13</b> |
| <b>Hoofdstuk 5. Hergebruik en end-of-life .....</b>      | <b>17</b> |
| <b>Hoofdstuk 6. Veranderende marktdynamiek .....</b>     | <b>20</b> |
| <b>Hoofdstuk 7. Interventies .....</b>                   | <b>22</b> |
| <b>Hoofdstuk 8. Conclusie en aanbeveling .....</b>       | <b>27</b> |
| <b>Bijlage I. Achterliggende data .....</b>              | <b>31</b> |
| <b>Bijlage II. Interviews &amp; de ronde tafel .....</b> | <b>34</b> |
| <b>Bronnen .....</b>                                     | <b>36</b> |

---

# Samenvatting.

**Het aantal zonnestroomsystemen in Nederland is de afgelopen tien jaar sterk toegenomen.** Veel van de zakelijke zonnestroomsystemen op dak zijn met behulp van de SDE-subsidie aangeschaft. Waar de SDE-subsidie een looptijd van 15 jaar kent, is de technische levensduur van zonnepanelen ruim 25 jaar.

**Vroegtijdige verwijdering van zonnestroomsystemen op zakelijke daken komt in minder dan 25% van de projecten voor.** Op basis van SDE-data is naar schatting 1,6% van het totale opgestelde vermogen uit de periode 2009–2021 mogelijk vroegtijdig verwijderd; voor projecten uit 2009–2014 ligt dit aandeel aanzienlijk hoger.

**Economische beweegredenen voor vroegtijdige verwijdering – zoals de afloop van de SDE-regeling, financieringsvoorwaarden en verzekeringsvoorwaarden – worden in dit onderzoek veel genoemd.** Ook worden praktische redenen, zoals het plaats maken voor andere (infrastructuur)projecten en technische defecten genoemd als belangrijke reden voor vroegtijdige verwijdering.

**Naar verwachting worden de economische beweegredenen voor vroegtijdige verwijdering richting de toekomst ook relevanter.** Dit komt enerzijds doordat de markt voor zonnestroom volwassen en concurrerender is geworden; maar ook worden de marges steeds dunner als gevolg van nieuwe wet- en regelgeving. Op de korte termijn zullen de economische beweegredenen vroegtijdige verwijdering versterken; op de lange termijn verwachten we juist dat het eigen gebruik van zon weer centraal komt te staan wat juist weer kan leiden tot langer gebruik van zonnestroominstallaties.

**Met name omvormers en connectoren worden met enige regelmaat vroegtijdig vervangen (~22%).** Slechts in enkele gevallen komt *Repowering* voor, waarbij hele zonnestroomsystemen worden vervangen. Ook bij vroegtijdige vervanging geldt dat economische beweegredenen dominant zijn.

**Er is beperkt zicht op wat er na verwijdering met zonnestroom-systemen gebeurt.** Hoewel er twee formele routes zijn – voor respectievelijk hergebruik en hoogwaardige recycling – worden deze routes niet altijd gevolgd.

**Om toe te werken naar een circulaire keten voor zonnestroominstallaties zijn diverse interventies opgehaald:**

- **Verleng de economische levensduur via de SDE-regeling** door te verkennen of een aangepaste vergoeding, termijnverlenging of onderhoudsverplichting na vijftien jaar mogelijk is.
- **Verbeter monitoring en dataverzameling** over prestaties, onderhoud, vroegtijdige verwijdering en end-of-life, zodat gerichter kan worden gestuurd en toekomstige volumes beter voorspelbaar worden.
- **Voorkom onnodige vervanging** door inspectiestandaarden proportioneel toe te passen en beter rekening te houden met de technische context van oudere systemen.
- **Creëer betere voorwaarden voor reparatie en vervanging van onderdelen** via Europese eisen aan beschikbaarheid, compatibiliteit en ontwerp van componenten.
- **Stuur op formele en hoogwaardige verwerking aan het einde van de levensduur** door bewustwording, registratie en duidelijke voorwaarden voor hergebruik en recycling te versterken.

---

# Hoofdstuk 1. Aanleiding

In de afgelopen tien jaar is het aantal zonnestroomsystemen in Nederland sterk toegenomen. Naar verwachting blijft het geïnstalleerd vermogen de komende jaren verder groeien. Deze snelle opschaling betekent dat er op middellange termijn ook grote volumes bestaande installaties verouderen, met toenemende gevolgen voor beheer, onderhoud, vervanging en *end-of-life-vraagstukken*. Deze gevolgen worden mogelijk vergroot door vroegtijdige verwijdering en vervanging.

## 1.1 Dit onderzoek

Uit marktsignalen blijkt dat eigenaren in sommige gevallen besluiten om een systeem te verwijderen of te vervangen vóór het einde van de technische levensduur. Deze keuzes hangen samen met verschillende overwegingen, waaronder economische factoren zoals onderhoudskosten, opbrengstonzekerheid en voorwaarden vanuit financiers en verzekeraars. In dergelijke situaties kan de economische levensduur van een systeem afwijken van de technische levensduur. Het is op dit moment nog onduidelijk in welke mate vroegtijdige verwijdering voorkomt en welke factoren hierin een rol spelen. Om gerichte (beleids-) interventies te kunnen ontwerpen die passen bij de marktontwikkelingen, is inzicht in de huidige praktijk van vroegtijdige verwijdering nodig. De onderzoeksvraag luidt daarom als volgt:

**“In welke mate worden grootschalige zakelijke zonnestroomsystemen vroegtijdig verwijderd? Wat zijn de beweegredenen hierachter, wat gebeurt er na verwijdering met de zonnepanelen en welke kansen en belemmeringen**

**bestaan er voor levensduurverlenging en hergebruik van panelen en componenten?”**

Dit onderzoek vormt daarmee een belangrijke bouwsteen voor de verdere uitvoering van de Routekaart Circulaire Zonnestroomsystemen & Weerbare Sector en het realiseren van circulaire zonnestroomsystemen in Nederland.

## 1.2 Beleidscontext

### 1.1.1 Routekaart circulaire zonnestroomsystemen & weerbare sector

Vanuit het Nationaal Programma Circulaire Economie (NPCE) zijn doelen geformuleerd voor verschillende prioritaire productgroepen, waaronder zon-PV. Voor deze productgroepen zijn routekaarten ontwikkeld om de transitie naar een circulaire economie richting 2050 concreet vorm te geven.

De Routekaart Circulaire Zonnestroomsystemen & Weerbare Sector (hierna: routekaart) beoogt een gezamenlijk gedragen aanpak om de circulariteit van zonnestroomsystemen te vergroten, en tegelijkertijd bij te dragen aan een weerbare Nederlandse en Europese maakindustrie.

### 1.1.2 Levensduurverlenging als prioriteit

Levensduurverlenging wordt op dit moment gezien als een van de meest effectieve strategieën om de materiaalvraag van zonnestroomsystemen te beperken. Binnen de R-ladder<sup>1</sup> geldt dit dan ook als een van de meest circulaire opties: hoe langer systemen zonder extra bewerkingen in gebruik blijven, hoe lager de ecologische impact.

---

<sup>1</sup> De R-ladder is een raamwerk om de mate van circulariteit uit te drukken: hoe hoger op de ladder, hoe hoogwaardiger de circulaire strategie. Zie [hier](#) voor meer informatie.

---

Dit is zeer relevant voor zonnestroomsystemen, omdat zonnepanelen diverse kritieke materialen bevatten en de toeleveringsketen sterk afhankelijk is van landen zoals China [1]. Daarnaast kan op termijn een knelpunt ontstaan in de verwerkingscapaciteit wanneer grote volumes panelen gelijktijdig de *end-of-life* fase bereiken [2]. Tegen deze achtergrond richt dit onderzoek zich op het verlengen van de economische levensduur van bestaande zakelijke zonnestroomsystemen op daken. Dit thema is aangemerkt als één van de prioritaire projecten binnen de routekaart. Daarbij is als doel van het project gesteld dat minimaal 75% van de zonnestroomsystemen een levensduur bereikt van tenminste 25 jaar.

### **1.1.3 Rol van de SDE-regeling in verwijderingsafweging**

Binnen dit onderzoek wordt expliciet gekeken naar de rol van de Stimulering Duurzame Energieproductie en Klimaattransitie regeling (SDE). Het grootste volume zonnestroomsystemen in Nederland wordt zakelijk aangeschaft [3] en maakt gebruik van deze regeling. De subsidie heeft een looptijd van ongeveer vijftien jaar en vormt daarmee een belangrijk uitgangspunt voor de businesscase en strategische planning. Gezien de technische levensduur van zonnestroomsystemen van circa 25 jaar is het relevant om te onderzoeken of er na afloop van deze subsidieperiode sprake is van (grootschalige) verwijdering of vervanging van installaties. Naarmate systemen het einde van deze periode naderen, kan het economisch perspectief veranderen: structurele subsidie-inkomsten vallen weg of worden onzekerder, terwijl onderhouds- en investeringskosten kunnen toenemen. In de komende jaren bereikt een groeiend aantal zonnestroomsystemen in Nederland deze leeftijdsfase. Het is daarom relevant om te onderzoeken in hoeverre deze overgang samenhangt met keuzes rondom vervanging, voortzetting of verwijdering van systemen.

# Hoofdstuk 2. Afbakening en aanpak

Dit hoofdstuk beschrijft de aanpak van het onderzoek die is gehanteerd om inzicht te verkrijgen in vroegtijdige verwijdering van grootschalige zonnestroomsystemen. De aanpak combineert verschillende onderzoeksmethoden om zowel de omvang van het vraagstuk als de onderliggende afwegingen en mogelijke oplossingsrichtingen in kaart te brengen.

## 2.1 Definities

Dit onderzoek richt zich op grootschalige zonnestroomsystemen op daken. We hanteren hierbij de volgende definities:

- **Vroegtijdige verwijdering:** demontage en afdanking vóór de verwachte technische levensduur van circa 25–30 jaar.
- **Vroegtijdige vervanging:** vervanging van één of meerdere elementen vóór de verwachte technische levensduur van het betreffende element.
- **Technische levensduur:** periode waarin een zonnestroomstelsel technisch functioneert. Dit verschilt per component.
- **Economische levensduur:** periode waarin gebruik van het systeem rendabel is.

## 2.2 Methode

Om de onderzoeksvraag te beantwoorden is gebruikgemaakt van een combinatie van kwalitatieve en kwantitatieve methoden:

- **Deskresearch:** Analyse van bestaande literatuur, beleidsdocumenten en marktstudies om de context, relevante ontwikkelingen en bestaande kennis rondom levensduur en verwijdering van zonnestroomsystemen in kaart te brengen.
- **Interviews met betrokkenen uit de keten:** Semigestructureerde interviews met verschillende stakeholders, waaronder *asset owners*, installateurs, financiers, verzekeraars en brancheorganisaties. Deze interviews geven

inzicht in praktijkervaringen, afwegingen en knelpunten rondom vervanging en verwijdering.

- **Enquête onder SDE-subsidieontvangers:** Een enquête onder eigenaren van zonnestroomsystemen met een SDE-beschikking, gericht op het verkrijgen van kwantitatief inzicht in ervaringen met beheer, vervanging en levensduur van installaties.
- **Data-analyse:** Analyse van beschikbare data van RVO, gecombineerd met de resultaten uit de enquête, om patronen te identificeren in leeftijd, gebruik en eventuele verwijdering en/of vervanging van systemen.
- **Rondetafel met experts:** Een validatiesessie met experts uit de sector om de bevindingen te toetsen, te verdiepen en mogelijke interventies en oplossingsrichtingen te verkennen.

Dit onderzoek is gericht op grootschalige (> 15 kWp) zon-op-dakprojecten op zakelijke daken die een SDE(+) of SDE++-subsidie ontvangen.

## 2.3 Databron voor energieproductiegegevens

Vanuit RVO wordt er voor ieder project dat een SDE-subsidie ontvangt de energieproductiegegevens bijgehouden, omdat de vergoeding die een project ontvangt gebaseerd wordt op de werkelijke gerealiseerde productie. Deze gegevens zijn de basis voor de inzichten binnen dit project.

Om de vertrouwelijkheid van de gegevens te waarborgen, zijn de gegevens geanonimiseerd verwerkt en zoveel mogelijk geaggregeerd. De gegevens zijn vertrouwelijk behandeld en alleen verwerkt binnen de scope van dit onderzoek.

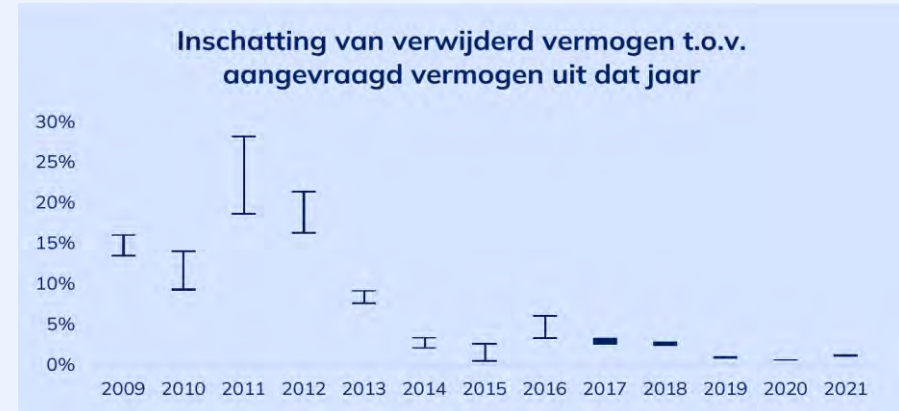
# Hoofdstuk 3. Vroegtijdige verwijdering

Voor projecten met een aanvraagjaar van 2009-2014 komt vroegtijdige verwijdering naar schatting voor in 19-23% van de SDE-projecten, of bij 13% van het opgestelde vermogen uit die periode. Voor de periode 2015-2021 is dat slechts 2,1% van het vermogen. We spreken van vroegtijdige verwijdering wanneer een zonnestroomsysteem wordt verwijderd vóór het einde van de verwachte technische levensduur. De redenen voor vroegtijdige verwijdering variëren en zijn praktisch, economisch en technisch van aard. De verwachting is dat economische redenen in de toekomst een grotere rol gaan spelen.

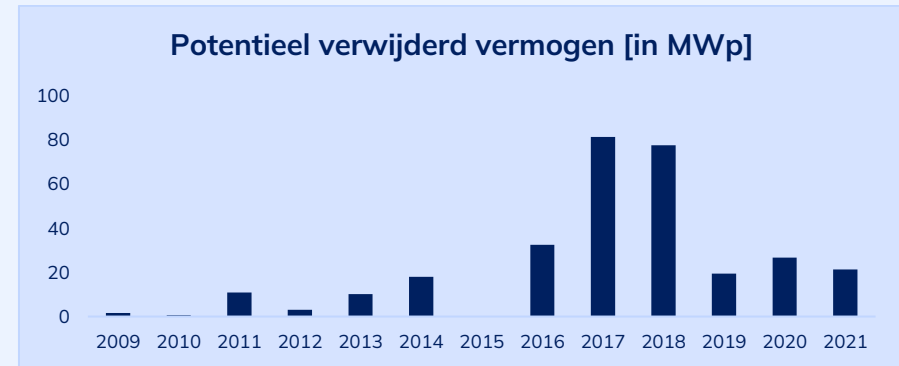
## 3.1 Omvang van vroegtijdige verwijdering

Op basis van energieproductiegegevens van de SDE-subsidie zien we dat 1,6% van het totaal aantal zonnepanelen mogelijk is verwijderd in de periode van 2009 tot 2021. In Figuur 1 is het potentieel verwijderd vermogen<sup>2</sup> per jaar van aanvraag te zien (in % t.o.v. het aangevraagde vermogen van dat jaar). Zo is bijvoorbeeld ongeveer 15% van het vermogen dat is aangevraagd in 2009 reeds al potentieel verwijderd. Dit vertaalt zich in totaal naar 488 MWp wat geen stroom meer produceert en mogelijk is verwijderd. Bij een gemiddeld vermogen van 250 Wp per zonnepaneel, zou dat neerkomen op ongeveer 2 miljoen verwijderde zonnepanelen. Om dat in perspectief te plaatsen: in totaal is er voor 18.529 MWp aan opgesteld vermogen (ofwel ongeveer 74,1 miljoen zonnepanelen) in dezelfde periode aangevraagd.

<sup>2</sup> Het gaat hier om *potentieel* verwijderd vermogen, omdat de gegevens enkel inzicht geven in of er productie is of niet. Projecten die langer dan een jaar geen productie hebben gedraaid, terwijl het einde van het SDE-termijn nog niet is bereikt, zijn gelabeld als potentieel verwijderd.



Figuur 1 | Percentage verwijderd vermogen ten opzichte van het aangevraagde vermogen in het aanvraagjaar van de subsidie. De balken geven de onzekerheidsmarge aan.



Figuur 2 | Verwijderd vermogen tussen 2009 en 2021 in MWp. Hierin zijn de percentages verwijderd vermogen uit Figuur 1 vermenigvuldigd met het totaal aangevraagde vermogen (zie Figuur 10).

Op basis van deze zelfde dataset zien we dat het potentieel verwijderingspercentage tussen 2009 en 2013 een stuk hoger ligt dan in de jaren erna: gemiddeld 15% versus 2%. Hier kunnen verschillende redenen voor zijn.

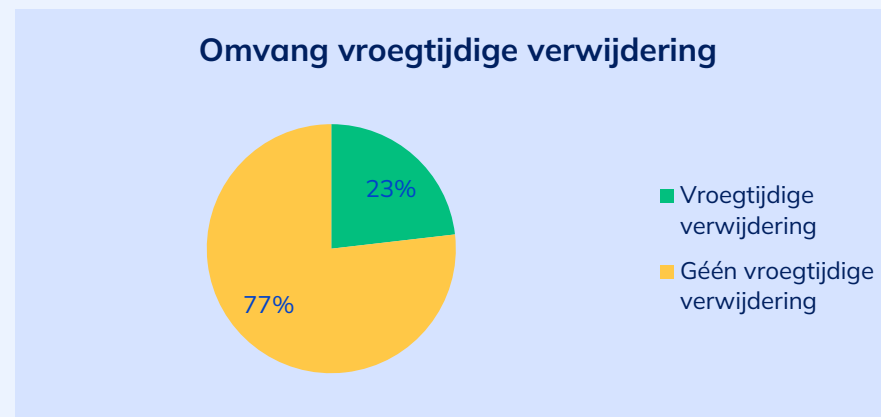
De meest voor de hand liggende reden is dat projecten vanaf 2014 maximaal 12 jaar op het dak liggen en daardoor minder blootgesteld zijn aan verschillende redenen voor verwijdering, zoals technische defecten, onderdelen die niet vervangen kunnen worden, onderhoud op het dak en belemmeringen door nieuwe infrastructuur. Doordat deze projecten nog niet de volledige subsidieperiode hebben doorlopen, kan het percentage vroegtijdige verwijdering in de toekomst nog wel verder oplopen. De redenen voor verwijdering veranderen naar verwachting ook in de toekomst, als gevolg van diverse ontwikkelingen in de markt en wet- & regelgeving. Dit wordt verder toegelicht op pagina 11 en in Hoofdstuk 6.

Uit de enquête blijkt dat in 23% van de projecten van respondenten<sup>3</sup> vroegtijdige verwijdering van (een deel van) het zonnestroomsysteem plaatsvindt. Het gaat hierbij voornamelijk om projecten die zijn gerealiseerd in de periode 2009-2014. Dit komt overeen met de inzichten uit de analyse van de SDE-energieproductiegegevens, waar het verwijderpercentage in deze beginperiode redelijk hoog ligt.

In tegenstelling tot de enquête komt uit de interviews – met name vanuit de gesproken asset managers – juist het beeld naar voren dat vroegtijdige verwijdering zeer sporadisch gebeurt. Het gaat hier echter vaak om recenter gerealiseerde zon-op-dakprojecten, die vaak pas vanaf 2016/2017 grootschalig gelegd werden. Ook dit komt overeen met de energieproductiedata vanuit de SDE-projecten, waar vanaf 2014 een veel lager percentage vroegtijdige verwijdering te zien is. Ondanks de lage percentages gaat het hier wel om grotere opstellingen en daarmee ook grotere volumes.

<sup>3</sup> Dit percentage ligt met 95% zekerheid tussen de 15% en 33% o.b.v. een Wilson-test.

Voor de achterliggende aannames en beschrijving van de methodiek voor de bovenliggende analyse, zie Bijlage I.



Figuur 3 | Omvang vroegtijdige verwijdering bij respondenten op de enquête.

### 3.2 Redenen voor vroegtijdige verwijdering

Op basis van de enquête zien we veel verschillende redenen terugkomen voor vroegtijdige verwijdering. Wat opvalt, is dat veel van de genoemde redenen – zoals de afloop van de SDE-subsidie, financieringsvoorwaarden en verzekeringsvoorwaarden – economisch van aard zijn. Dit geeft aan dat verwijderbeslissingen vooral te maken hebben met de businesscase; een businesscase die onder druk staat door verschillende ontwikkelingen, zoals stijgende onderhoudskosten door bijvoorbeeld veranderende verzekeringsvoorwaarden (Scope 12), negatieve energieprijzen en concurrentie op de energiemarkt (zie ook hoofdstuk 6).

Vanuit de enquête zijn de belangrijkste redenen voor vroegtijdige verwijdering opgehaald. Deze zijn aangevuld met inzichten vanuit de interviews en hieronder

---

samengevat. In Figuur 5 zijn de redenen geprioriteerd op de rol die ze hebben gespeeld, en verwachten te gaan spelen, bij verwijderbeslissingen.

### **1. Plaats maken voor andere infrastructuurprojecten**

Enkele zonnepaneelsystemen zijn vroegtijdig verwijderd omdat gebouwen gesloopt zijn. Ook kwam uit de enquête de Landelijke Beëindigingsregeling Veehouderijlocaties (LBV) regeling naar voren waarbij veehouderijen financieel zijn gesteund om te stoppen. Deze reden van vroegtijdige verwijdering is praktisch van aard, omdat deze voortkomt uit praktische ontwikkelingen (zoals sloop of functiewijziging van gebouwen, en niet uit een “systeemfout” of tekortkoming binnen de zonnestroomketen.

### **2. Afloop van de SDE-subsidie regeling**

Uit de interviews blijkt dat veel partijen de businesscase opmaken aan de hand van de SDE-looptijd van 15 jaar. Als deze tijd is verstreken ontstaat er als het ware een nieuwe businesscase waarin de SDE-subsidie geen rol meer speelt. Tegelijkertijd zijn de systemen boekhoudkundig vaak al na 15 jaar afgeschreven. Hierdoor zijn de investeringskosten terugverdiend en kan het systeem zonder boekhoudkundige afschrijvingen worden geëxploiteerd. Kortom, deze nieuwe businesscase wordt vooral bepaald door operationele kosten versus de energieopbrengsten. Verwacht onderhoud, en de grootte en kosten hiervan, spelen door het wegvallen van de subsidie daarom zwaarder mee in de keuze om de panelen wel of niet te laten liggen.

### **3. Financieringsvoorwaarden**

Uit de enquête blijkt dat financieringsvoorwaarden een belangrijke rol spelen in afwegingen rondom de voortzetting van zonnestroomsystemen. Dit kan verschillende redenen hebben. Uit interviews blijkt dat banken vaak een financieringstermijn hanteren die aansluit bij de looptijd van de SDE-subsidie van vijftien jaar. Ze baseren hun beoordeling daarmee in belangrijke mate op de verwachte kasstromen binnen deze periode. De subsidie biedt daarbij zekerheid over inkomsten, terwijl na afloop van de SDE-periode de financiële voorspelbaarheid afneemt. Schommelingen in energieprijzen en de introductie

van negatieve prijsuren dragen daar nog verder aan bij. Dit zorgt ervoor dat er na vijftien jaar meer onzekerheid over de rendabiliteit van het systeem is, wat de bereidheid om financiering te verstrekken of investeringen voort te zetten kan beperken.

### **4. Technische defecten aan panelen of andere systeemonderdelen**

Het verschil in technische levensduur tussen verschillende systeemcomponenten speelt een belangrijke rol bij vroegtijdige verwijdering. Hoewel zonnepanelen zelf doorgaans een technische levensduur van 25 tot 30 jaar hebben, geldt dit niet voor alle onderdelen van een zonnestroomsysteem. Met name omvormers hebben een kortere levensduur en worden gemiddeld na 10 jaar vervangen. Zeker bij oudere systemen kan het daardoor voorkomen dat er geen goede of alleen kostbare onderdelen beschikbaar zijn die voldoen aan de vereisten van het oude systeem. Dit kan leiden tot aanzienlijke kosten, waardoor in sommige gevallen wordt gekozen om het systeem geheel of gedeeltelijk te verwijderen.

Daarnaast geldt voor zonnepanelen zelf dat bij een technisch defect het vaak niet als rendabel wordt gezien om deze te repareren of te vervangen. Reparatie kan in verhouding duurder zijn dan het uit laten staan van het zonnepaneel, terwijl vervanging soms fysiek bemoeilijk wordt door veranderende omvang en/of capaciteit van zonnepanelen zelf waardoor deze niet meer in het systeem passen.

### **5. Verzekeringsvoorwaarden**

In de afgelopen jaren zijn verzekeringsvoorwaarden aangescherpt, wat heeft geleid tot strengere eisen en frequentere inspecties. Een belangrijke uitwerking hiervan is de zogenoemde ‘Scope 12-inspectie’. Scope 12 is een uniforme inspectiestandaard voor brandveiligheid van zonnestroominstallaties, en is inmiddels voor veel verzekeraars een vereiste bij grotere installaties. De standaard schrijft periodieke controles voor gedurende de looptijd van het systeem.

Uit de interviews komt naar voren dat verzekeraarbaarheid of veiligheid zelden op zichzelf de doorslaggevende reden is om een zonnestroomsysteem volledig te verwijderen. Verzekeraars geven aan dat panelen slechts in uitzonderlijke gevallen daadwerkelijk worden afgekeurd. Tegelijkertijd signaleren experts en marktpartijen dat aanpassingen en herstelmaatregelen die voortvloeien uit Scope 12-keuringen vaak gepaard gaan met extra kosten. Met name bij oudere systemen kunnen deze investeringen aanzienlijk zijn, bijvoorbeeld doordat kabels, connectoren of omvormers niet meer aan de actuele eisen voldoen.

Wanneer de businesscase van een systeem al onder druk staat - bijvoorbeeld door lage elektriciteitsprijzen, aflopende subsidies of verwacht groot onderhoud - kunnen deze aanvullende kosten een kantelpunt vormen in de afweging om een systeem te repareren, aan te passen of (gedeeltelijk) te verwijderen. In dat geval fungeert verzekeraarbaarheid niet zozeer als primaire oorzaak, maar als katalysator binnen een bredere economische en technische besluitvorming. Een geïnterviewde praktijkcasus laat zien dat aangescherpte Scope 12-vereisten, in combinatie met de kosten van noodzakelijke aanpassingen, wel degelijk kunnen leiden tot vervanging van onderdelen of tot vroegtijdige (gedeeltelijke) verwijdering van het systeem.

Een aandachtspunt is de wijze waarop inspecties worden uitgevoerd. In de praktijk worden oudere systemen soms beoordeeld aan de hand van actuele normen, terwijl deze systemen zijn ontworpen en geïnstalleerd volgens de destijds geldende eisen. Daarnaast blijkt uit de praktijk dat er niet altijd consistent beoordeeld wordt en dat het oordeel afhangt van de interpretatie van de inspecteur: waar de ene inspecteur oordeelt dat vervanging niet noodzakelijk is mits aan aanvullende voorwaarden wordt voldaan, kan een andere inspecteur een systeem vanuit brandveiligheid wel volledig afkeuren. Dit benadrukt het belang van een meer eenduidige en proportionele beoordelingswijze, waarbij oudere systemen worden getoetst op veiligheid op een manier die recht doet aan de normen en technische context ten tijde van aanleg.

## **6. Onderhoud op dak**

Uit de interviews blijkt dat dakonderhoud of dakrenovatie een belangrijke aanleiding is om zonnepanelen (tijdelijk) te verwijderen. Veel eigenaren laten het systeem liggen totdat werkzaamheden aan het dak nodig zijn, bijvoorbeeld bij lekkage of een geplande vervanging. Op dat moment moeten de panelen toch van het dak en ontstaat een keuze: terugplaatsen of (deels) vernieuwen.

Deze afweging wordt meestal per situatie gemaakt. Als de onderhoudscyclus van het dak korter is dan de levensduur van de panelen, ontstaat een spanningsveld. Zo kan een renovatie na 15 jaar ertoe leiden dat panelen worden verwijderd, terwijl ze technisch nog functioneren.

Daarnaast wordt dakvernieuwing vaak gezien als een logisch moment om oudere panelen te vervangen. De installatie is dan toch al gedemonteerd en er moet een nieuwe businesscase worden opgesteld. Praktische dakwerkzaamheden bepalen daarmee vaak of panelen worden teruggeplaatst of vervangen.

## **7. Netcongestie**

In de interviews en de enquête wordt netcongestie als toekomstige reden genoemd om zonnepanelen mogelijk voortijdig te verwijderen. In gebieden met beperkte netcapaciteit kan opgewekte stroom niet altijd worden teruggeleverd. Dit kan zelfs leiden tot negatieve stroomprijzen.

Eigenaren geven aan dat installaties minder waardevol worden wanneer ze regelmatig moeten worden uitgeschakeld of beperkt. Zonder aanvullende oplossingen, zoals opslag of direct eigen verbruik, verslechtert de businesscase.

Hoewel er nog weinig voorbeelden zijn van systemen die om deze reden worden verwijderd, zien geïnterviewden netcongestie wel als een belangrijk risico voor de toekomst. In sommige gevallen kan het zelfs leiden tot het besluit om niet opnieuw te investeren in zonnepanelen.

### 8. Productgaranties zijn verlopen

Gemiddeld genomen ligt de lengte van productgaranties tussen de 10 en de 15 jaar, wat kan oplopen tot 30 jaar voor hogere kwaliteit merken [4]. Het aflopen van productgaranties verandert de afweging voor eigenaren. Na de garantieperiode zijn kosten voor reparatie en vervanging niet langer gedekt, waardoor onderhoud zwaarder op de exploitatie drukt.

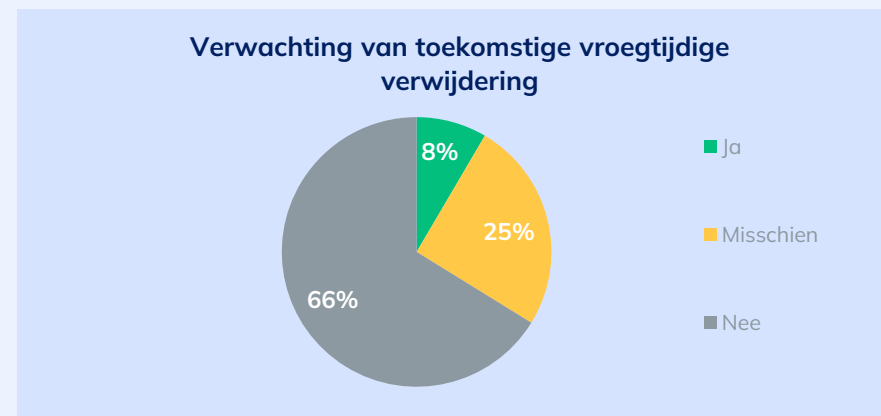
Vooraf bij oudere installaties kan dit een rol (gaan) spelen. Wanneer onderdelen lastig of duur te vervangen zijn, kiezen sommige eigenaren ervoor om het hele systeem te vernieuwen of buiten gebruik te stellen.

## 3.3 Toekomstige redenen vroegtijdige verwijdering

In de toekomst verwachten we op basis van de enquête dat er meer verwijdering gaat plaatsvinden vóór het einde van de technische levensduur (zie Figuur 4). Hierbij moet worden opgemerkt dat een groot deel van de bevroagde projecten nog niet de SDE-looptijd van 15 jaar heeft doorlopen, en dat de resultaten hierbij dus gebaseerd zijn op verwachtingen van respondenten.

Vooraf economisch gerelateerde redenen – zoals financieringsvoorwaarden en verzekeringsvoorwaarden – lijken een grotere rol te gaan spelen in de beslissing om vroegtijdig te verwijderen.

Figuur 5 laat zien dat er wezenlijke veranderingen zijn in de verwachte redenen voor verwijdering in de toekomst, ten opzichte van de redenen die tot nu toe hebben geleid tot vroegtijdige verwijdering.



Figuur 4 | 24 van de 71 (34%) respondenten verwachten in de toekomst mogelijk vroegtijdige verwijdering.

We verwachten dat dit veroorzaakt wordt door een aantal dynamieken:

- **Er is veel technische ontwikkeling geweest.** Technisch is er gedurende de onderzochte tijdsperiode op veel vlakken sterk doorontwikkeld. Zo is er een verschuiving geweest van polykristallijn naar monokristallijn, en is het gemiddelde vermogen (en afmeting) sterk toegenomen, van 200 Wp naar maximaal 800 Wp. Deze ontwikkelingen kunnen zorgen voor verwijdering of vervanging van oudere panelen, als de businesscase niet meer sluitend is. Bijvoorbeeld door toenemende onderhoudskosten om de productiecapaciteit in stand te houden.
- **De markt voor zakelijke zonnestroomsystemen is volwassener en concurrerender geworden.** De markt zelf is veranderd van een relatief onvolwassen markt naar een sterk businesscasegedreven markt. Waar zeker in de beginperiode van de SDE-subsidie (2008-2010) zonnestroomsystemen nog op kleinere schaal werden toegepast, is dat steeds meer verschoven naar commerciële partijen waarbij het verdienvermogen van het systeem centraal staat. Dit betekent dat

---

zonnestroomsystemen sneller zullen worden verwijderd als er geen businesscase meer is.

- **De financiële businesscase is veranderd door de tijd heen.** Door zowel ontwikkelingen in de energiemarkt (concurrentie met fossiele brandstoffen) als door de introductie van negatieve energieprijzen, zijn er kleinere marges.
- **Veranderende wet- en regelgeving.** Veranderende regelgeving, zoals de scope 12-vereisten, kunnen ervoor zorgen dat oudere systemen niet meer voldoen aan vigerende wetgeving en daardoor moeten worden verwijderd of vervangen.

Een aantal van deze dynamieken, en hun rol in verwijderbeslissingen, worden verder toegelicht in Hoofdstuk 6. In Hoofdstuk 7 worden interventies voorgesteld die inspelen op de redenen van vroegtijdige verwijdering en vervanging.

## Huidige versus toekomstige redenen voor verwijdering



Figuur 5 | De huidige redenen voor vervanging in de toekomst verschillen van de gegeven redenen voor voltooid verwijdering. De percentages zijn op basis van de inzichten uit de enquête, over welke rol respondenten aangeven dat de reden heeft gespeeld binnen hun project.

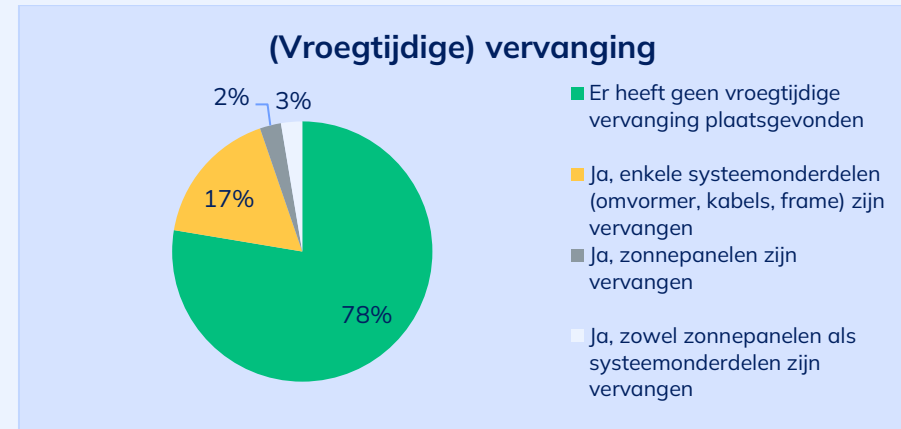
# Hoofdstuk 4. Vroegtijdige vervanging

Bij bijna een kwart van de respondenten van de enquête zien we dat onderdelen van het zonnestroomsysteem of zonnepanelen vroegtijdig worden vervangen. In de meeste gevallen is er met name sprake van het vervangen van systeemonderdelen zoals de omvormers. Het is opvallend dat verzekeringsvoorwaarden en technische defecten de voornaamste redenen zijn voor vroegtijdige vervanging. Repowering – waarbij oude panelen worden vervangen door nieuwere panelen met een hoger rendement – lijkt nog geen reden te zijn geweest voor vervanging, maar kan mogelijk in de toekomst een rol gaan spelen.

## 4.1 Omvang vroegtijdige vervanging

In dit onderzoek wordt onder vroegtijdige vervanging verstaan: het vervangen van een zonnestroomsysteem voordat de technische levensduur is bereikt. Het voornaamste verschil met vroegtijdige verwijdering is dat de functie intact blijft; het zonnestroomsysteem blijft bestaan, ook al worden oude onderdelen of panelen (deels) van het dak afgehaald.

Vroegtijdige vervanging lijkt minder voor te komen dan vroegtijdige verwijdering en vormt geen grote uitdaging binnen de projecten van respondenten. Bij 5% van de respondenten uit de enquête heeft vroegtijdige vervanging van zonnepanelen plaatsgevonden. 17% geeft aan systeemonderdelen te hebben vervangen. Hierbij is het onduidelijk of dit vroegtijdig heeft plaatsgevonden (voor einde technische levensduur), of bij einde levensduur van dit onderdeel.

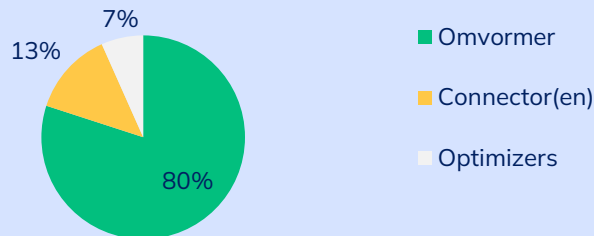


Figuur 6 | Het voorkomen van vroegtijdige vervanging bij de respondenten van de enquête

## 4.2 Omvormer wordt het vaakst vervangen

De onderdelen in zon-op-daksystemen hebben een verschillende technische levensduur. Wanneer vervanging plaatsvindt, betreft dit met name de systeemonderdelen met een kortere technische levensduur, zoals omvormers en connectoren. Zeker voor omvormers is dit geen verrassing: zij hebben een technische levensduur van circa 10 jaar en worden het vaakst vervangen (80%). Hierbij is geen sprake van vroegtijdige vervanging, maar van 'reguliere' vervanging aan het einde van de levensduur.

### Welke systeemonderdelen zijn het meest vervangen?



Figuur 7 | Het onderdeel wat het vaakst wordt vervangen is de omvormer

## 4.3 Redenen voor vroegtijdige vervanging

Vanuit de enquête worden onderstaande redenen (in hiërarchische volgorde) als belangrijkste aangewezen voor vroegtijdige vervanging. Waar voor verwijdering met name de economische redenen een grote rol spelen, zijn de belangrijkste redenen voor vervanging met name technisch van aard: er zijn defecten en deze kunnen niet opgelost worden met reparatie of één op één vervanging.

### 1. Fysieke of technische defecten aan panelen of andere systeemonderdelen

Fysieke of technische defecten zijn regelmatig een directe aanleiding voor vroegtijdige vervanging van (delen van) zonnestroomsystemen. Het gaat hierbij bijvoorbeeld om het uitvallen van een omvormer of schade aan panelen, bekabeling of connectoren als gevolg van externe factoren zoals ongedierte of weersinvloeden. Of deze aanleiding daadwerkelijk leidt tot vervanging of reparatie, hangt sterk samen met de beschikbaarheid en compatibiliteit van reserveonderdelen.

### 2. Reserveonderdelen voor reparatie zijn niet meer beschikbaar

Bij oudere zonnestroomsystemen vormt de beperkte beschikbaarheid van reserveonderdelen een belangrijke belemmering voor reparatie. Componenten zijn niet altijd meer leverbaar of worden niet langer ondersteund door fabrikanten, waardoor herstel technisch of praktisch niet mogelijk is. In dergelijke situaties verschuift de afweging noodgedwongen van reparatie naar vervanging. De mate waarin dit speelt en de gevolgen daarvan hangen samen met de compatibiliteit van beschikbare onderdelen met het bestaande systeem (reden #3) en met een economische overweging of reparatie of vervanging duurder uitvalt.

De Europese Commissie werkt momenteel aan een verordening met eisen voor *ecodesign* met daarin eisen over de beschikbaarheid van reserveonderdelen. Goedkeuring door de Commissie op deze verordening is gepland in het tweede kwartaal van 2026. Dit zou een positief effect kunnen hebben om reparatie en vervanging van onderdelen te stimuleren.

### 3. Reserveonderdelen zijn niet compatibel met het bestaande systeem

Ook wanneer reserveonderdelen beschikbaar zijn, blijkt compatibiliteit met het bestaande systeem regelmatig een knelpunt. Bij oudere installaties zijn componenten ontworpen met andere technische specificaties dan die van huidige producten. Een veelvoorkomend voorbeeld is een defecte omvormer waarvoor geen passende vervanging beschikbaar is die aansluit op het bestaande systeem. Oudere systemen maken vaak gebruik van panelen met een lager vermogen (bijvoorbeeld 180–250 Wp), terwijl moderne omvormers zijn ontworpen voor krachtigere panelen en een hogere opstartspanning vereisen. Hierdoor is vervanging van alleen het defecte onderdeel niet altijd mogelijk en moet een groter deel van het systeem worden aangepast of vervangen.

### 4. Verzekeringsvoorwaarden

Uit de enquête en interviews blijkt dat aangescherpte verzekerings- en inspectie-eisen een belangrijke aanleiding zijn voor vroegtijdige vervanging

van onderdelen van zonnestroomsystemen, met name bij oudere installaties. Systemen die bij aanleg voldeden aan de destijds geldende normen, sluiten niet altijd aan bij actuele eisen, zoals die voortvloeien uit Scope 12-inspecties. Dit betreft onder andere:

- Gewijzigde aardingsvereisten. Waarbij oudere systemen vaak gebruikmaakten van het montagesysteem als aarding, is inmiddels een aparte aardingsleiding verplicht;
- Strengere voorschriften voor DC-bekabeling, zoals fysieke scheiding van plus- en min-kabels;
- Aanvullende eisen aan de plaatsing en brandwerende afscherming van omvormers.

Het voldoen aan deze nieuwe eisen kan leiden tot (gedeeltelijke) vervanging, in plaats van het blijven gebruiken van het bestaande systeem.

#### **5. Nieuwe panelen hebben een hoger financieel rendement (*repowering*)**

Naast technische noodzaak kan ook een verwacht hoger financieel rendement aanleiding zijn om (delen van) een zonnestroomsysteem voortijdig te vervangen. Door snelle technologische ontwikkelingen is het vermogen per paneel in de afgelopen jaren sterk toegenomen. Waar oudere systemen vaak werken met panelen van circa 180–250 Wp, liggen de vermogens van nieuwe panelen inmiddels aanzienlijk hoger. Dit maakt *repowering* - het vervangen van bestaande panelen door nieuwe – potentieel aantrekkelijk.

De praktijk laat echter een genuanceerd beeld zien. Enerzijds kan *repowering* bij oudere, laagvermogende systemen leiden tot een substantiële opbrengstverhoging. Anderzijds is de efficiencywinst per vierkante meter beperkter dan vaak wordt verondersteld en wordt een belangrijk deel van de opbrengststijging verklaard door grotere paneeloppervlakken. Bovendien beperken randvoorwaarden de toepasbaarheid, zoals de kosten voor verwijdering, beperkingen in netaansluitingen en subsidievoorwaarden (zoals binnen de SDE) die uitbreiding van het maximaal vergunde of gesubsidieerde piekvermogen

niet toestaan. Hierdoor is *repowering* niet per definitie rendabel, maar sterk contextafhankelijk.

#### **6. Financieringsvoorwaarden, netcongestie en afloop van de SDE-subsidie**

Ofwel door het veranderen van de business case, ofwel doordat er problemen zijn met teruglevering bij netcongestie, kan het voorkomen dat (onderdelen van) het systeem moeten worden vervangen. Hierbij is waarschijnlijk de aanname dat nieuwe panelen met een hoger vermogen een uitkomst kunnen bieden.

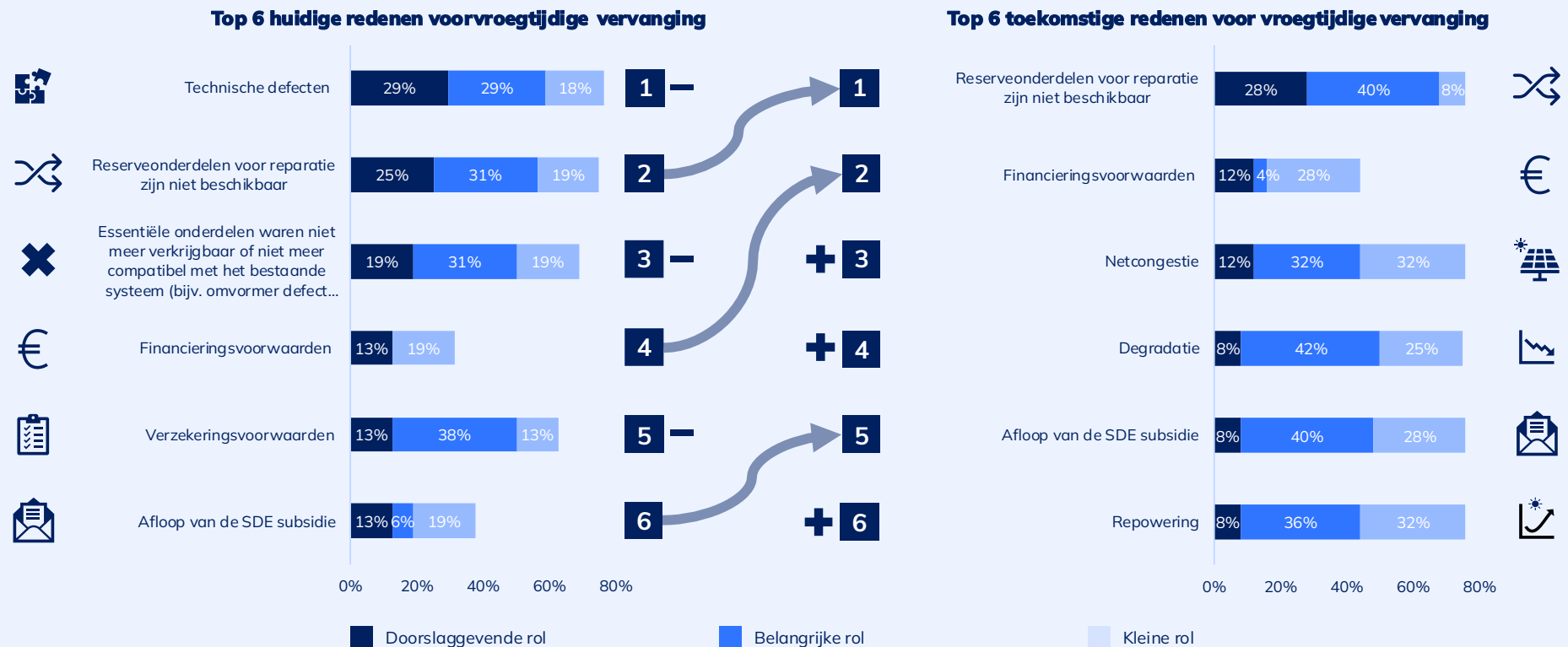
#### **7. Degradatie**

Zowel uit de interviews als in de enquête geven respondenten aan dat degradatie tot nu toe geen grote uitdaging vormt; het lijkt minder een rol te spelen dan vooraf gedacht. Toch wordt er aangegeven dat het in de toekomst wellicht wel een rol kan gaan spelen in vervangingsbeslissingen.

Dit kan mogelijk te maken hebben met het krappere worden van de businesscase, waardoor degradatie relatief meer invloed heeft omdat het bepaalt wat de energieopbrengsten zijn. Ook is het natuurlijk zo dat de degradatie steeds hoger wordt, naarmate de panelen langer op het dak liggen.

Ook voor vroegtijdige vervanging geldt dat een aantal van deze dynamieken, en hun rol in verwijderbeslissingen, verder worden toegelicht in Hoofdstuk 6. In Hoofdstuk 7 worden interventies voorgesteld die inspelen op de redenen van vroegtijdige verwijdering en vervanging.

## Huidige versus toekomstige redenen voor vervanging



Figuur 8 | De verwachte redenen voor vervanging in de toekomst verschillen van de gegeven redenen voor voltooid verwijdering. De percentages zijn op basis van de inzichten uit de enquête, over welke rol respondenten aangeven dat de reden heeft gespeeld binnen hun project.

---

# Hoofdstuk 5. Hergebruik en end-of-life

Binnen dit onderzoek is op basis van de enquête en openbare bronnen aanvullend inzicht verkregen in de bestemming van verwijderde panelen. Uit dit onderzoek blijkt opnieuw dat er (te) weinig transparantie is over hergebruik en de end-of-life context van zonnepanelen. Door de gebrekkige transparantie is het lastig om conclusies te trekken over de omvang van verschillende routes na verwijdering.

Op basis van de enquête en interviews zien we dat na verwijdering van panelen er verschillende routes gevolgd worden: hergebruik van panelen binnen Nederland of daarbuiten; en recycling van panelen binnen Nederland en daarbuiten. Van deze twee routes aan te duiden als de formele route:

1. Voor **hergebruik** op productniveau (ongeacht de bestemming van de panelen) is het een vereiste dat de panelen getest worden door een gecertificeerde organisatie (bijv. Refurn/ ZonNext) die kan bevestigen dat het een werkend product is. Is het geen werkend product, wordt het gezien als afval en moet het officieel via de formele weg gerecycled worden. Enkel bij goedkeuring mag het product verscheept worden naar buiten de EU conform de Europese Verordening Overbrenging Afvalstoffen (EVOA). De tests die bijv. Refurn uitvoert zijn vaak ook een voorwaarde voor hergebruik i.r.t. Scope 12.
2. Voor **recycling** heeft Stichting OPEN een aanbesteding uitgezet voor de hoogwaardige recycling van zonnepanelen. MIREC heeft deze aanbesteding in 2025 gewonnen en is binnen de Nederlandse context zodoende aan zet voor de recycling van panelen.

Voor beide formele routes geldt dat er géén vergoeding wordt geboden.

Opvallend is dat de formele routes voor verwerking onvoldoende bekend zijn bij de ondervraagden. Informele routes worden gevolgd ofwel omdat het meer oplevert, ofwel omdat de intentie (een goed doel bijvoorbeeld) positief is.

## 5.1 Hergebruik op productniveau

Kijkend naar de formele route voor hergebruik van zonnepanelen (bijv. via Refurn/ ZonNext) is het aanbod van te hergebruiken zonnepanelen op dit moment groter dan de vraag naar hergebruikte zonnepanelen. De oudere en afgekeurde zonnepanelen worden aangeboden aan MIREC voor recycling.

Voor de businesscase van hergebruik is het gunstig wanneer grote (rest)partijen worden aangeboden. Naast de populatie die in dit onderzoek centraal staat (SDE op zakelijk dak) worden panelen ook aangeboden vanuit verwijderde zonneparken, zakelijke afnemers die zonder een SDE-subsidie werken en particulieren (die geen gebruik kunnen maken van de SDE). Ook (rest)partijen van zonnepanelen die niet zijn gebruikt behoren tot de panelen die worden aangeboden.

Het is opvallend dat de panelen die worden aangeboden voor hergebruik relatief jong zijn. De populatie van verwijderde zonnepanelen van zakelijke daken binnen de SDE is daarmee niet representatief voor het aanbod dat in de praktijk aan het einde van de keten beschikbaar is.

Het hergebruiken van zonnepanelen is een economisch uitdagende businesscase omdat het reinigen, testen en borgen van de kwaliteit van panelen een arbeidsintensief en daarmee kostbaar proces is. De jonge leeftijd van de zonnepanelen is hierin gunstig voor de hergebruikcasus – omdat enkel panelen met een hoge opbrengst (>250 Wp) voldoende opleveren om de

businesscase van hergebruik sluitend te maken. Het feit dat de panelen bij ZonNext worden aangeboden via een donatiemodel is gunstig voor de businesscase; alleen werken concurrenten (informele routes) juist met een vergoeding voor de panelen. Hierdoor is het denkbaar dat kwalitatieve panelen soms niet bij de juiste (formele) route belanden en mogelijk laagwaardiger worden verwerkt.

De toenemende rol van verzekeringsvoorwaarden (Scope 12) maakt dat het testen van zonnepanelen voor hergebruik relevant is. Partijen zoals ZonNext en Refurn hebben een innovatief proces ontwikkeld waarmee een soort röntgenfoto van het zonnepaneel gemaakt kan worden. Zonnepanelen die via deze weg worden gekeurd voldoen zo ook aan de Scope 12-voorwaarden.

De zonnepanelen die via deze route voor hergebruik worden aangeboden kennen diverse bronnen – zowel zakelijk als voor de consumentenmarkt. Voor de consumentenmarkt is het aannemelijk dat het de businesscase voor hergebruikte zonnepanelen interessanter kan worden in de nabije toekomst vanwege de stijgende kosten voor (grijs) stroomverbruik. Zowel geopolitieke ontwikkelingen als de verplichting voor huishoudens om vanaf 2028 binnen EU-ETS 2 te betalen voor hun CO<sub>2</sub> uitstoot (momenteel nog een beleidsvoorstel) kunnen leiden tot een toename in energiekosten. Hergebruikte zonnepanelen kunnen dit helpen dempen omdat ze goedkoper zijn en een lagere afhankelijkheid kennen van landen zoals China.

Wat is ervoor nodig om de businesscase van hergebruik te verbeteren?

Op dit moment is er al onbenut potentieel; aangezien er meer zonnepanelen worden aangeboden voor hergebruik dan de vraag. De voorwaarden voor het verbeteren van het hergebruikmodel zijn:

- Het verbeteren van de businesscase voor hergebruik, waarbij met name de arbeidskosten op dit moment drukken op de businesscase. Wanneer deze kosten verlaagd kunnen worden is het ook sneller rendabel om panelen met een iets lagere opbrengst te hergebruiken;

- Het vergroten van de vraag naar hergebruikte panelen. De neiging is al gauw om ook het aanbod van hergebruikte panelen te vergroten, alleen moet hiervoor worden opgepast dat er geen perverse incentives ontstaan die juist het vroegtijdig verwijderen stimuleren.

## 5.2 Recycling

Binnen het huidige recyclingproces worden diverse materialen hoogwaardig gedolven zoals metalen en glas. Er worden nu verschillende innovatietrajecten uitgerold om te onderzoeken hoe andere materialen zoals het silicium ook gedolven kunnen worden uit het recyclingproces door middel van pyrolyse. De vele stappen in het recyclingproces tezamen met de noodzaak voor continue innovatie maken dat het recyclen van zonnepanelen in de huidige markt een nog vrij kostbaar proces is.

MIREC is op dit moment de contractpartij van Stichting OPEN voor de verwerking van zonnepanelen. Mede doordat MIREC investeert in het hoogwaardig verwerken van zonnepanelen, hebben zij de aanbesteding van Stichting OPEN voor de verwerking gewonnen.

De businesscase voor het recyclingproces wordt nader onder druk gezet doordat de zonnepanelen vaak zonder frame bij hen worden aangeboden. Juist dit frame is makkelijk te recyclen en vertegenwoordigt daarmee een eenvoudige waarde.

Daarnaast is het zo dat in de praktijk zonnepanelen vaak ook via andere kanalen – zowel in Nederland als in het buitenland – worden aangeboden voor recycling. Het is aannemelijk, maar niet bewezen, dat dit economisch gedreven is.

Voor recyclingpartijen is het ongunstig dat panelen ook via andere routes worden verwerkt, omdat dit ten koste gaat van de schaalvoordelen die ontstaan bij het verwerken van hogere volumes zonnepanelen.

---

### 5.3 Conclusie

Bij verwijdering van zonnepanelen van zakelijke daken zien we dat de formele routes voor hergebruik en recycling nog onvoldoende worden gevolgd. Uit de enquête blijkt dat de beslissing om zonnepanelen niet via de formele routes in te leveren ook economisch gedreven is. Zo zien we dat bij MIREC de zonnepanelen zonder frame worden aangeboden – het frame vormt namelijk een makkelijk te recyclen onderdeel en vertegenwoordigt ook een waarde voor gemiddelde metaalverwerkers. Ook voor hergebruikroutes zien we dat er opkopers actief zijn die geld bieden voor panelen; in tegenstelling tot ZonNext die werkt met een donatiemodel. Verder zien we dat er betere monitoring en informatievoorziening nodig is om hergebruik en de *end-of-life* fase beter te organiseren.

---

# Hoofdstuk 6. Veranderende marktdynamiek

De marktdynamiek rondom zonnestroom is de afgelopen jaren in beweging. Enerzijds staan businesscases onder druk door de toename van negatieve prijzen, wat leidt tot afnemende opbrengsten en daarmee een versmalling van de marges. Anderzijds zorgen geopolitieke ontwikkelingen en de groeiende urgentie van de energietransitie juist voor een toenemende vraag naar hernieuwbare energie.

Uit de resultaten blijkt dat de omvang van vroegtijdige verwijdering voor oudere installaties momenteel nog beperkt is, maar dat veranderende marktomstandigheden dit beeld kunnen beïnvloeden. Op korte termijn kan dit leiden tot een toename in vervanging en verwijdering, terwijl voor de middellange termijn het beeld minder eenduidig is: druk op de businesscase en systeembeperkingen kunnen blijven doorwerken, maar een verschuiving richting meer lokaal gebruik en flexibiliteit kan juist bijdragen aan het langer in gebruik houden van systemen.

## 6.1 Marktsituatie grootschalige zonnestroomssystemen

### 6.1.1 Zonnestroom als businesscase

Grootschalige zonnestroom op dak wordt in de huidige praktijk primair benaderd als een businesscase. Voor veel partijen vormt het opwekken van zonnestroom niet alleen een manier om in energiebehoefte te voorzien, maar ook een verdienmodel via teruglevering aan het net en het verhandelen op de energiemarkt. Daarbij speelt de concurrentie met fossiele energie een belangrijke rol, zowel in termen van ruimtegebruik als prijsontwikkeling. De opkomst van negatieve energieprijzen versterkt deze dynamiek: met name voor partijen die actief zijn op de elektriciteitsmarkt beïnvloeden deze prijsfluctuaties de rendabiliteit van zonnestroomssystemen.

### 6.1.2 De SDE-regeling als basis

Binnen deze context vormt de SDE-regeling een centrale pijler onder de businesscase van grootschalige zonnestroomssystemen. Uit de interviews komt duidelijk naar voren dat de looptijd van de SDE-subsidie - doorgaans circa 15 jaar - voor veel partijen leidend is in strategische en financiële besluitvorming. Asset owners richten hun businesscase en investeringsstrategie vaak expliciet in op deze periode, waarbij de subsidie fungeert als fundament voor de investeringsbeslissing. Ook financiers en verzekeraars sluiten aan bij deze termijn. Bij het verstrekken van financiering wordt veelal uitgegaan van de kasstromen binnen de SDE-periode omdat deze zeker zijn. Het financieren van langere looptijden blijkt in de praktijk lastig, vanwege de onzekerheid over inkomsten na afloop van de subsidie. Dit is ook omdat er weinig data is over deze periode. Dit maakt dat de SDE-termijn niet alleen richtinggevend is voor investeringsbeslissingen, maar ook voor de economische levensduur die partijen hanteren.

De ontwikkeling van zonnestroom *als business case* zien we ook terug in de veranderende type aanvrager van de SDE-subsidie, waarbij energiebedrijven, ontwikkelaars en asset managers een steeds groter aandeel van de populatie aanvragers vertegenwoordigen (zie Figuur 9). Samen met de verhoogde aangevraagde capaciteit van grootschalige (>15kW) zon-op-dak SDE-projecten (zie Figuur 10), wijst dit erop dat grootschalige exploitatie aantrekkelijker is geworden.

Op langere termijn zien we echter dat het model van zonnestroom kan verschuiven: van een model dat gericht is op teruglevering naar het net, naar een model waarin lokaal gebruik en flexibiliteit belangrijker worden. Dit hangt samen met toenemende netcongestie en perioden van overproductie, waarbij

teruglevering voor negatieve prijzen zorgt. In deze context wordt het afstemmen van productie en verbruik op locatie, bijvoorbeeld door vraagsturing of opslag, een belangrijker sturingsmechanisme. Dit kan invloed hebben op de afweging van (vroegtijdige) verwijdering, omdat systemen in toenemende mate worden ingericht op eigen gebruik. Hierdoor neemt de afhankelijkheid van marktprijzen en terugleververgoedingen af en verschuift de businesscase van externe opbrengsten naar het optimale gebruik van de lokaal opgewekte energie.

## 6.2 Ontwikkelingen

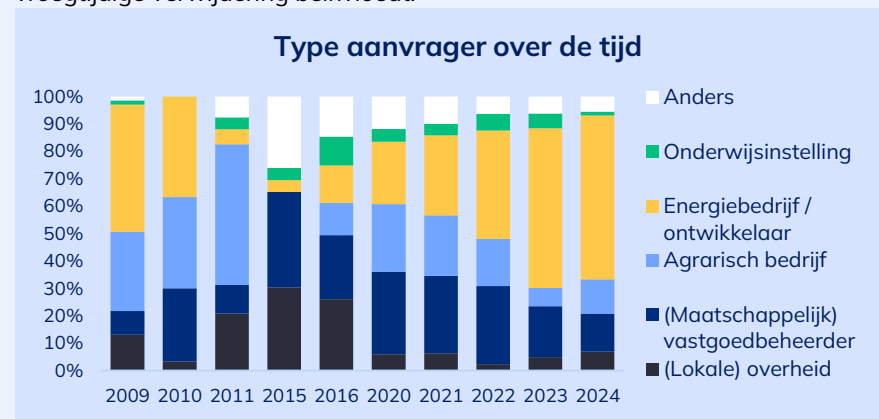
### 6.2.1 Technologische ontwikkelingen

Technologische vooruitgang speelt een belangrijke rol in de ontwikkeling van grootschalige zonnestroomsystemen. Verbeteringen in efficiëntie en prestaties van zonnepanelen maken het in toenemende mate aantrekkelijk om bestaande installaties te vervangen of te upgraden (*repowering*), mits het verschil in opbrengst voldoende groot is om de benodigde investeringen te rechtvaardigen. Vanaf 2028 worden er bijvoorbeeld tandempanelen op de markt verwacht, met een significant hogere energie-efficiëntie.<sup>i</sup>

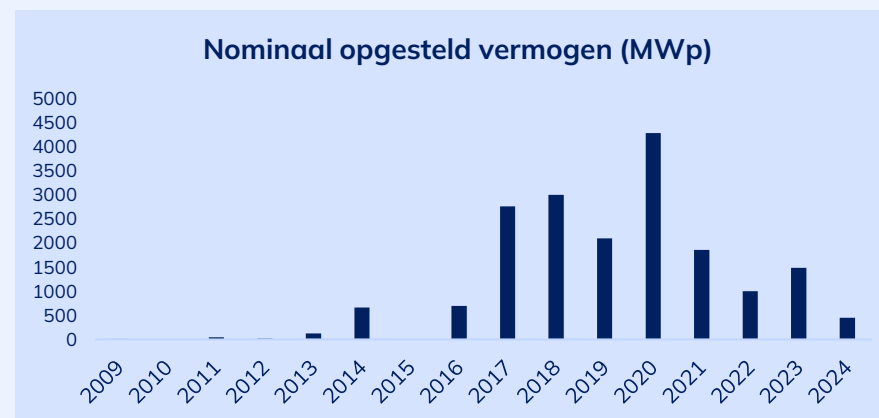
### 6.2.2 Beleidsmatige ontwikkelingen

De overheid heeft in toenemende mate prikkels ingebouwd overaanbod van elektriciteit te beperken en flexibiliteit in productie en gebruik te stimuleren. Een belangrijk voorbeeld is de SDE-regeling: voor installaties met een beschikking vanaf 2016 geldt dat bij langdurig negatieve elektriciteitsprijzen ( $\geq 6$  uur) geen subsidie wordt uitgekeerd. Hiermee wordt actief gestuurd op het beperken van overaanbod en het stimuleren van flexibiliteit in productie en gebruik. Tegelijkertijd komen negatieve elektriciteitsprijzen de afgelopen jaren steeds vaker voor, mede door de groei van zon- en windenergie. In combinatie met bovengenoemde SDE-systematiek vertaalt dit zich in lagere opbrengsten voor producenten. Daarnaast wordt de ruimte voor teruglevering verder beperkt door toenemende netcongestie, waarbij in verschillende regio's expliciet

capaciteitsbeperkingen zijn afgekondigd. Ook leiden aangescherpte regelgeving en normen, zoals onder Scope 12 en aanvullende eisen rondom brandveiligheid, tot strengere randvoorwaarden voor installatie en exploitatie. In samenhang vergroten deze beleidsmatige ontwikkelingen de onzekerheid en kosten binnen de businesscase, wat de afwegingen rondom vervanging, *repowering* en vroegtijdige verwijdering beïnvloedt.



Figuur 9 | Type aanvrager SDE-subsidie 2009-2024 o.b.v. de SDE-dataset



Figuur 10 | Nominaal opgesteld vermogen o.b.v. jaar van aanvraag binnen SDE-subsidie. Bron: SDE-Dataset

# Hoofdstuk 7. Interventies

Dit hoofdstuk beschrijft interventies en prikkels die kunnen bijdragen aan het verlengen van de levensduur van zonnestroomsystemen en hun componenten. Deze interventies bouwen voort op de analyse uit voorgaande hoofdstukken, waaruit blijkt dat verschillende factoren kunnen leiden tot een toename van vroegtijdige verwijdering. In dit hoofdstuk worden maatregelen verkend die deze ontwikkeling kunnen beïnvloeden en die gericht zijn op het verminderen van materiaalgebruik, levensduurverlenging en hoogwaardige verwerking.

In dit hoofdstuk maken we een onderverdeling tussen:

1. *Narrow the loop*: interventies die zich richten op het verminderen van materiaalgebruik in zonnestroomsystemen, bijvoorbeeld door het verbeteren van het ontwerp. In dit onderzoek zijn geen interventies gedefinieerd op niveau van *narrow the loop*.
2. *Slow the loop*: interventies die zich richten op het verlengen van de gebruiksduur van systemen en componenten, bijvoorbeeld door onderhoud, reparatie, vervanging van deelcomponenten (zoals omvormers) en hergebruik van panelen.
3. *Close the loop*: Interventies die zich primair richten op de end-of-life fase en indirect bij dragen bij aan economische levensduurverlenging door verbetering van restwaarde en hergebruik. Echter beïnvloeden zij niet direct het vervangingsmoment van operationele systemen.

Dit wordt afgezet tegen drie niveaus van interventies:

- a. *SDE-niveau*: interventies die betrekking hebben op de SDE-regeling.
- b. *Nationaal niveau*: interventies die op betrekking hebben op nationale partijen zoals de Rijksoverheid, RVO en andere uitvoeringsorganisaties.

- c. *Europees niveau*: interventies die betrekking hebben op bijvoorbeeld Europese wet- en regelgeving.

Daarnaast zijn alle maatregelen gescoord op haalbaarheid, impact en termijn. De scores zijn gebaseerd op basis van inzichten uit de interviews en de rondetafel en geven een indicatie over welke maatregelen het meeste bijdragen aan het reduceren van vroegtijdige verwijdering en vervanging. Een overzicht van de interventies is te vinden in Figuur 12.

## 7.1 Handelingsperspectief

Op de *korte termijn* ligt de prioriteit bij het onder de loep nemen van de SDE-subsidie voorwaarden en het beter inzichtelijk maken van datastromen, om gericht te kunnen sturen (maatregelen 2.1, 2.3, 3.1 & 3.2). Veel oorzaken van vroegtijdige verwijdering – zoals de subsidieperiode, financiële voorwaarden en de bredere businesscase – hangen direct samen met de inrichting van de SDE-subsidie. Het is daarom belangrijk te onderzoeken welke aanpassingen mogelijk en proportioneel zijn (oftewel: meer opleveren dan ze kosten).

Op de *middellange termijn* is aandacht nodig voor het aanscherpen van ontwerpisen voor onderdelen op Europees niveau nodig. Uniforme eisen kunnen alleen op Europees niveau worden vastgesteld; hierin kan lobby vanuit ons land een rol spelen in het versnellen van deze ontwikkelingen.

Op de *lange termijn* vraagt met name de inrichting van het bredere energiesysteem aandacht. Maatregelen zoals het stimuleren van lokaal energieverbruik en het verschuiven van belasting van arbeid naar materialen (Ex'Tax) zijn hierbij cruciaal.

## 7.2 Slow the loop

### 2.1 Betere ontwerpeisen voor onderdelen

EU

Haalbaarheid  
Impact  
Termijn



#### Huidige situatie

Componenten zoals connectoren, omvormers en optimisers hebben vaak een kortere levensduur en zijn niet ontworpen voor meermalig gebruik. Dit kan leiden tot vervanging van (delen van) systemen vóór het einde van de technische levensduur.

#### Interventie

Het verbeteren van ontwerpeisen vanuit wet- en regelgeving (bijv. standaardisatie en modulariteit) zodat onderdelen eenvoudiger te vervangen en her te gebruiken zijn. Het is wenselijk om deze punten mee te nemen in de totstandkoming van de Ecodesign richtlijn in Europees verband:

- Ontwerpen van connectoren voor meermalig gebruik;
- Het faciliteren van losmaakbaarheid van de omvormers, zodat deze eenvoudig gedemonteerd kunnen worden zonder schade.
- Dit is met name interessant voor omvormers, connectoren, bekabeling en onderdelen zoals junction boxes, die een relatief hogere kans op falen en een kortere levensduur hebben (vaak <20 jaar), [5] [6]

### 2.2 Aanpassen SDE voorwaarden voor langere gebruiksduur

SDE

Haalbaarheid  
Impact  
Termijn



#### Huidige situatie

De businesscase van *asset owners* voor zonnestroomsystemen is vaak ingericht op de SDE-looptijd van 15 jaar. Na deze periode vallen de (zekere) subsidie-inkomsten weg, terwijl kosten voor onderhoud en vervanging kunnen toenemen. Dit kan bijdragen aan de keuze om systemen te vervangen of te verwijderen.

Daarnaast wordt onderhoud door asset owners niet altijd voldoende meegenomen in de businesscase, waardoor onderhoud wordt uitgesteld of afgeschaald en de technische levensduur van systemen niet volledig wordt benut.

#### Interventie

Het aanpassen van de SDE-voorwaarden, door:

- Een aangepaste vergoeding na afloop van de reguliere doorlooptijd. Een lagere, maar geleidelijk oplopende vergoeding in de periode na 15 jaar, zodat systemen die langer in gebruik blijven een hogere beloning ontvangen. De vergoeding kan bijvoorbeeld gekoppeld worden aan de gerealiseerde elektriciteitsproductie (zoals in de huidige SDE-systematiek), waarbij installaties die aantoonbaar blijven produceren in latere jaren een aanvullend bedrag per kWh ontvangen.
- Het verlengen van de SDE-termijn met enkele jaren. Verder onderzoek moet worden gedaan om te bepalen hoe groot de verlenging zou moeten zijn.
- Het opnemen van een verplicht onderhoudsplan en begroting in de SDE-voorwaarden. Dit kan eventueel worden gekoppeld aan (gedeeltelijk) voorwaardelijke uitbetaling van subsidie, zodat onderhoud daadwerkelijk wordt uitgevoerd en prestaties op peil blijven.

### 2.3 Verbeteren compatibiliteit & beschikbaarheid van reserveonderdelen

EU

Haalbaarheid



Impact



Termijn

Middellange termijn

#### Huidige situatie

Reserveonderdelen zijn vaak niet beschikbaar of onderling niet compatibel, waardoor soms onnodig grote delen van systemen vervangen moeten worden.

#### Interventie

Via Europese regelgeving (bijv. ESPR) sturen op betere beschikbaarheid en compatibiliteit van reserveonderdelen, onder meer door standaardisatie en minimale beschikbaarheidseisen. Deze eisen werken in de praktijk door in productspecifieke eisen aan ontwerp en beschikbaarheid van onderdelen: fabrikanten moeten producten repareerbaar ontwerpen en voor een bepaalde periode reserveonderdelen beschikbaar stellen. Deze eisen kunnen worden uitgewerkt in technische standaarden (bijv. via CENELEC).

Zo schrijft de Ecodesign-verordening voor specifieke productgroepen voor dat reserveonderdelen gedurende meerdere jaren beschikbaar moeten zijn (bijv. circa 7 jaar voor koelapparatuur en 10 jaar voor wasmachines). Het Right to Repair richt zich aanvullend op toegang tot reparatie, onderdelen en informatie. Uitbreiding naar de zakelijke markt voor PV-systemen kan daarmee dus toegang tot onderdelen en daarmee reparatie verbeteren. De effectiviteit van deze interventie valt of staat echter wel bij handhaving van deze regels, waarbij nu een groot grijs circuit bestaat met beperkt zicht op waar onderdelen vandaan komen.

### 2.4 Betere monitoring & dataverzameling voor langer gebruik

SDE

Haalbaarheid



Impact



Termijn

Korte termijn

#### Huidige situatie

Beperkt inzicht in prestaties en onderhoud, waardoor systemen ongemerkt minder presteren en korter meegaan; ook oorzaken van (vroegtijdige) verwijdering zijn onvoldoende inzichtelijk.

#### Interventie

Het inrichten van een monitoringsysteem vanuit de SDE-regeling kent meerdere toepassingen en vormen:

- Beter benutten van bestaande data en verbeteren van monitoring. Gebruik maken van bestaande databronnen (bijv. productiegegevens) en deze aanvullen met gerichtere monitoring van prestaties en onderhoud, zodat afwijking en prestatieverlies tijdig wordt gesignaleerd.
- Dataverzameling over vroegtijdige verwijdering. Inzicht verkrijgen in (veranderende) redenen voor vroegtijdige verwijdering, bijvoorbeeld door het uitzetten van een vragenlijst of enquête als duidelijk blijkt dat de productie is gestopt.
- Opbouwen van data voor na de looptijd van 15 jaar, zodat financiers en verzekeraars beter in staat zijn om verlengd gebruik te financieren of verzekeren.

Voor deze interventie is het belangrijk om de uitvoerbaarheid en proportionaliteit van een monitoringsysteem binnen de SDE nader te verkennen. Parallel hieraan loopt een monitoringsproject waarin de gemiddelde levensduur van grootschalige zon-op-dak systemen wordt onderzocht. Het is relevant om hierbij expliciet de koppeling met de SDE-subsidie te maken.

## 2.5 Proportionele toepassing inspectiestandaarden NL

|              |               |
|--------------|---------------|
| Haalbaarheid | ✓✓✓✓✓         |
| Impact       | 🌀🌀🌀🌀🌀         |
| Termijn      | Korte termijn |

### Huidige situatie

Aangescherpte inspectiestandaarden (zoals Scope 12) kunnen leiden tot extra eisen en kosten, met name bij oudere systemen. De beoordeling is niet altijd eenduidig en houdt niet altijd rekening met de oorspronkelijke ontwerpnormen, waardoor herstelmaatregelen of vervanging vaker nodig lijken dan technisch noodzakelijk.

### Interventie

Het ontwikkelen van meer ruimte in de inspectiestandaarden, waarbij rekening wordt gehouden met de technische context en normen ten tijde van aanleg. Doel is om onnodige vervanging te voorkomen en duidelijkheid te bieden aan eigenaren, inspecteurs en verzekeraars, zodat veiligheid geborgd blijft zonder de levensduur van systemen onnodig te verkorten.

## 2.6 Stimuleren lokaal gebruik en/of opslag van energie NL

|              |               |
|--------------|---------------|
| Haalbaarheid | ✓✓✓✓✓         |
| Impact       | 🌀🌀🌀🌀🌀         |
| Termijn      | Lange termijn |

### Huidige situatie

Een groot deel van de opgewekte zonnestroom wordt teruggeleverd aan het net in plaats van direct lokaal gebruikt. Dit draagt bij aan netcongestie en maakt systemen afhankelijk van marktprijzen en terugleververgoedingen. Hierdoor krijgen economische overwegingen een dominante rol in beslissingen zoals vroegtijdige verwijdering. Meer lokaal gebruik kan bijdragen aan een stabielere exploitatie en daarmee mogelijk langere gebruiksduur.

### Interventie

Het stimuleren van lokaal gebruik en/of opslag van energie, onder meer via:

- Het stimuleren van flexibel energiegebruik, waarbij verbruik en opwek beter op elkaar worden afgestemd (bijvoorbeeld via vraagsturing);
- Het stimuleren van energieopslag (bijv. batterijen via regelingen zoals Flex-e), zodat opgewekte stroom lokaal kan worden opgeslagen en benut.

Een aandachtspunt hierbij is dat betere benutting van de netaansluiting en het dakoppervlak ook *repowering* kan stimuleren.

## 2.7 Fiscale prikkels voor levensduurverlenging (ExTax) NL & EU

|              |               |
|--------------|---------------|
| Haalbaarheid | ✓✓✓✓✓         |
| Impact       | 🌀🌀🌀🌀🌀         |
| Termijn      | Lange termijn |

### Huidige situatie

Instrumenten zoals de SDE en de Energie-investeringsaftrek (EIA) bieden voordelen bij of na aanschaf van een nieuw systeem, terwijl vergelijkbare prikkels voor onderhoud, reparatie en levensduurverlenging beperkt zijn. Tegelijkertijd zijn de kosten van arbeid relatief hoog ten opzichte van materiaal- en investeringskosten.

### Interventie

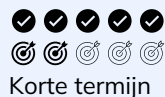
Het verschuiven van belastingdruk van arbeid naar het gebruik van nieuwe materialen en grondstoffen, zodat onderhoud, reparatie en hergebruik relatief goedkoper worden ten opzichte van vervanging. Op Europees niveau kan dit worden ondersteund door het aanpassen van fiscale kaders en richtlijnen, bijvoorbeeld door lidstaten meer ruimte te geven om arbeid lager te belasten en grondstofgebruik zwaarder te beprijsen in lijn met circulaire economie-doelen. Op nationaal niveau kan dit worden uitgewerkt via fiscale instrumenten, bijvoorbeeld door lasten op arbeid te verlagen en/of heffingen op primaire grondstoffen of materiaalgebruik te verhogen.

## 7.3 Close the loop

### 3.1 Afdanking opnemen in SDE-voorwaarden

SDE

Haalbaarheid  
Impact  
Termijn



#### Huidige situatie

Hoewel formele routes bestaan voor hergebruik (via gecertificeerd testen) en recycling (via Stichting OPEN), blijkt dat panelen in praktijk niet altijd via deze routes worden afgevoerd. Hierdoor ontstaan informele stromen binnen en buiten de EU en is het lastig om zicht te krijgen op hergebruik, recycling en milieueffecten.

#### Interventie

Het opnemen van een verplichting in de SDE-voorwaarde voor afvoer via formele routes voor hergebruik (na certificering) of recycling. Hierdoor zijn partijen gedurende en na de subsidieperiode verantwoordelijk voor de verwerking van installaties. Dit kan bijdragen aan betere en in de praktijk daadwerkelijk gerealiseerde benutting van de restlevensduur van panelen.

### 3.2 Betere monitoring & dataverzameling voor end-of-life scenario

SDE

Haalbaarheid  
Impact  
Termijn



#### Huidige situatie

Er is beperkt inzicht in de bestemming en verwerking van zonnepanelen na verwijdering. Door het ontbreken van structurele dataverzameling is het lastig om zicht te krijgen op de omvang van hergebruik, recycling en informele stromen.

#### Interventie

Het verbeteren van monitoring en dataverzameling rondom de *end-of-life* fase van zonnestroomsystemen, door dit te integreren in de SDE-regeling. Dit kan bijvoorbeeld door het opbouwen van een centrale database die inzicht biedt in:

- Het registreren van verwijderde volumes en de gekozen verwerkingsroute;
- Het vastleggen van gegevens over hergebruik, export en recycling;

Dit kan bijvoorbeeld door het uitzetten van een vragenlijst of enquête als duidelijk blijkt dat de productie is gestopt (zie ook 2.3). Hierin kan samenwerking worden gezocht met o.a. Stichting OPEN zodat recyclingcapaciteit hier goed op kan worden ingeschaald.

### 3.3 Bewustzijn vergroten rondom hergebruik en afdanking

SDE & NL

Haalbaarheid  
Impact  
Termijn



#### Huidige situatie

Er is beperkt bewustzijn bij systeemeigenaren en marktpartijen over de mogelijke routes voor hergebruik en afdanking van zonnepanelen. Hierdoor worden formele routes en mogelijkheden voor hoogwaardig hergebruik of recycling niet altijd benut.

#### Interventie

Het vergroten van bewustzijn over hergebruik en afdanking, bijvoorbeeld via gerichte informatievoorziening, campagnes of handreikingen voor systeemeigenaren en installateurs. Dit kan worden ondersteund door:

- Het ontwikkelen van praktische richtlijnen voor correcte afdanking en hergebruik;
- Het verspreiden van informatie via RVO, brancheorganisaties en uitvoeringsinstanties;

|                                                                                                       | SDE                                                           | Nationaal                                               | Europees                                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| <br>Slow the loop    | 2.1 Betere ontwerpeisen voor onderdelen                       |                                                         |                                                                         |
|                                                                                                       | 2.2 Aanpassen SDE voorwaarden voor langere gebruiksduur       |                                                         |                                                                         |
|                                                                                                       |                                                               |                                                         | 2.3 Verbeteren compatibiliteit & beschikbaarheid van reserve-onderdelen |
|                                                                                                       | 2.4 Betere monitoring & data voor langer gebruik.             |                                                         |                                                                         |
|                                                                                                       |                                                               | 2.5 Proportionele toepassing inspectiestandaarden       |                                                                         |
|                                                                                                       |                                                               | 2.6 Stimuleren lokaal gebruik en/of opslag energie      |                                                                         |
|                                                                                                       |                                                               | 2.7 Fiscale prikkels voor levensduurverlenging (Ex'Tax) |                                                                         |
| <br>Close the loop | 3.1 Afdanking opnemen in SDE-voorwaarden                      |                                                         |                                                                         |
|                                                                                                       | 3.2 Betere monitoring & data voor betere end-of-life stromen. |                                                         |                                                                         |
|                                                                                                       | 3.3 Bewustzijn vergroten rondom hergebruik en afdanking       |                                                         |                                                                         |

Figuur 12 | Overzicht van de interventies, verdeeld over de categorieën slow en close (y-as) en SDE, Nationaal en Europees (x-as).

---

# Hoofdstuk 8. Conclusie en aanbeveling

Dit onderzoek laat zien dat vroegtijdige verwijdering en vervanging samenhangen met een afweging tussen technische en economische levensduur. Beslissingen rondom installatie, gebruik, vervanging en verwijdering worden in sterke mate gestuurd door een onderliggende businesscase. Marktdynamieken zetten deze afwegingen momenteel onder druk. In dit hoofdstuk vertalen we de inzichten naar conclusies en aanbevelingen om de levensduur van zonnestroomsystemen te verlengen.

## 8.1 Omvang van vroegtijdige verwijdering

In dit onderzoek zien we dat er sprake is van vroegtijdige verwijdering van zonnepanelen op (zakelijke) daken. Het is lastig om een exacte duiding te geven van de omvang van deze vroegtijdige verwijdering. Op basis van beschikbare SDE-data is ongeveer 1,6% van het totale opgestelde vermogen verwijderd tussen 2009-2021. Wanneer wordt gekeken naar het aanvraagjaar, ontstaat er echter een ander beeld: van de projecten die tussen 2009 en 2013 zijn gestart, is naar schatting 8% tot 23% (deels) verwijderd. Na 2013 is dit lager (tussen de 0-5%), wat te verklaren is door de leeftijd van deze zonnestroomsystemen: namelijk jonger dan 11 jaar. Het beeld van de SDE-data is consistent met de data uit de enquête – rond de 23% van de projecten heeft te maken met verwijdering.

Dat het percentage vroegtijdige verwijdering op basis van de SDE-data lager ligt voor jongere projecten kan twee dingen betekenen:

- 1) Projecten gaan nog te maken krijgen met factoren die kunnen leiden tot vroegtijdige verwijdering binnen de looptijd, waardoor het percentage gelijk optrekt met het beeld uit 2009-2013;

- 2) De zonnestroomsystemen en de gerelateerde marktfactoren zijn zodanig veranderd in projecten na 2013, dat het verwijderpercentage anders gaat uitpakken in de nabije toekomst.

Mocht het beeld zich doortrekken – of zelfs hoger uitkomen – kan dat potentieel tot problemen leiden. Dat zou namelijk betekenen dat er sneller dan verwacht een grote stroom zonnepanelen op ons afkomt.

Het percentage vroegtijdige verwijdering op basis van SDE-data kan daarom worden geïnterpreteerd als een minimum: voor een groot deel van de installaties is de technische en economische levensduur nog niet bereikt, waardoor nog niet kan worden vastgesteld hoe het uiteindelijke verwijderingspercentage zich ontwikkelt.

## 8.2 Businesscase als dominante drijfveer

De voornaamste redenen voor vroegtijdige verwijdering zijn praktisch of economisch van aard. De praktische redenen – zoals het stoppen van de bedrijfsvoering of natuurlijke verwijderingsmomenten vanwege dakrenovaties – zijn lastig te beïnvloeden vanuit de SDE. De economisch gedreven drijfveren – zoals de afloop van de SDE-termijn, financierings- of verzekeringsvoorwaarden leggen een dieperliggend thema bloot; namelijk de businesscase van zon-op-dak.

Op basis van dit onderzoek zien we dat deze economische motivatie terugkomt bij elke beslissing rondom zon-op-dak. Het kiezen voor zon-op-dak is in de huidige markt vaak economisch gedreven. We zien dit onder meer terug in de veranderende populatie van SDE-aanvragers – dat nu voor een groot deel bestaat uit energiebedrijven en ontwikkelaars. Zon-op-dak is, met als belangrijk

fundament de SDE-subsidie, een businesscase geworden waarop kan worden verdiend.

Het vroegtijdig verwijderen van zonnepanelen (al dan niet bij afloop van de SDE-termijn) is in veel gevallen ook economisch gedreven. Zo zijn bijvoorbeeld de benodigde tests om te voldoen aan verzekeringsvoorwaarden arbeidsintensief, net als reparatie en goede demontage. De kosten voor deze werkzaamheden worden vaak afgewogen tegen de mogelijke opbrengst. Wanneer deze opbrengst onvoldoende is, wordt sneller gekozen voor vervanging door nieuwe generatie panelen die een hogere opbrengst vertegenwoordigen.

Het laten liggen van zon-op-dak na afloop van de SDE-termijn is eveneens economisch gedreven. Immers zijn de investeringen dan al gedaan. Wanneer er geen sprake is van grootschalige onderhoudswerkzaamheden loont het om groene stroom te blijven opwekken.

Het is aannemelijk dat de bestemming bij end-of-life ook deels economisch gedreven kan zijn, al is hier nader onderzoek voor nodig. We zien dat maar een beperkt deel van de panelen via formele routes voor hergebruik of recycling wordt aangeboden. Bij hergebruik zijn er veel handelaren die oude panelen tegen een prijs opkopen, terwijl de formele route werkt met een donatiemodel. Wanneer panelen bij de formele route voor recycling worden aangeboden, ontbreekt in veel gevallen het frame, omdat dit aluminium een goede restwaarde heeft en daardoor vaak los verkocht of gerecycled wordt.

### 8.3 Marktdynamiek: van teruglevering naar lokaal gebruik

De markt voor zon-op-dak is echter aan het veranderen. Aan de ene kant zien we dat de geopolitieke spanningen leiden tot hogere energieprijzen wat de businesscase van zon-op-dak ten goede komt. Aan de andere kant zien we ook

dat de businesscase voor zon-op-dak onder druk komt te staan door negatieve energieprijzen en veranderende verzekeringsvoorwaarden. De marges voor grootschalige zonnestroominstallaties worden steeds kleiner, wat de economische drijfveren om te verwijderen of vervangen waarschijnlijk op de korte termijn zal versterken. Op de lange termijn verwachten we juist door deze ontwikkelingen dat het eigen gebruik van zon centraal komt te staan, wat waarschijnlijk zal leiden tot langer gebruik van de zonnestroominstallaties – mogelijk zelfs tot aan de technische levensduur.

### 8.4 Kansrijke interventierichtingen

Het verlengen van de levensduur vraagt om een aanpak op verschillende niveaus en termijnen. Op korte termijn liggen de belangrijkste interventies op niveau van de SDE-regeling, aangezien deze direct doorwerken in de termijn en businesscase en daarmee in keuzes rondom voortzetting of verwijdering. De meest kansrijke interventies zijn:

- **2.1 Aanpassen SDE-voorwaarden voor langer gebruik**, waarbij de termijn verlengd kan worden of een aangepaste vergoeding toegepast na de looptijd van 15 jaar.
- **2.4 Betere monitoring & dataverzameling voor langer gebruik**, rondom o.a. energie-opwek en redenen van vroegtijdige verwijdering.
- **2.5 Proportionele toepassing inspectiestandaarden**, om onnodige of vroegtijdige vervanging te voorkomen.
- **3.1 Afdanking opnemen in SDE-voorwaarden**, zodat meer systemen via de formele route worden afgedankt.
- **3.2 Betere monitoring & dataverzameling voor end-of-life scenario**, zodat er meer grip wordt verkregen op het *end-of-life* scenario en recyclingcapaciteit hierop kan worden afgestemd.

Op middellange termijn verschuift de focus van de interventies naar Europese regelgeving, met name rondom ontwerpisen en beschikbaarheid van onderdelen, die randvoorwaarden creëert voor reparatie en hergebruik.

---

Op langere termijn vraagt de inrichting van het bredere energiesysteem aandacht, waarin lokaal gebruik, flexibiliteit en prikkels voor het verminderen van materiaalgebruik (zoals een belastingverschuiving) steeds belangrijker worden.

Dit benadrukt dat vroegtijdige verwijdering geen op zichzelf staand vraagstuk is, maar het resultaat van de manier waarop beleid, markt en systeemprikkels momenteel zijn ingericht. Het verlengen van levensduur vraagt niet alleen om gerichte interventies om de economische levensduur te verhogen, maar ook om een bredere verschuiving in hoe zonnestroomsystemen worden ontworpen, gefinancierd en benut.

# Bijlage I. Achterliggende data

## Aanpak bepalen omvang vroegtijdige verwijdering

Er zijn twee methodes gebruikt om een inschatting te maken van de omvang van vroegtijdige verwijdering:

- 1) **Vroegtijdige verwijdering op basis van energieproductiegegevens van de SDE-subsidie.** Er wordt op dit moment niet gemonitord binnen de SDE-subsidie of zonnestroomsystemen binnen de looptijd van de subsidie worden verwijderd. Om een inschatting te kunnen maken, is op basis van geaggregeerde data vanuit RVO inzicht verkregen in de energieproductie van SDE-projecten. Wanneer er langdurig geen productie meer is geweest, terwijl een project wel binnen de looptijd van de subsidie nog actief zou moeten zijn, is het aangemerkt als potentieel verwijderd. Hiervoor zijn drie filtercriteria gebruikt. Het project heeft:
  - Minder dan 14 jaar geproduceerd (hiermee worden projecten uitgesloten die al 14 jaar succesvol gedraaid hebben);
  - Meer dan 1 jaar aan productiemaanden heeft gemist en sindsdien geen productie meer gedraaid hebben;
  - De laatste productiemaand vóór 2025 gedraaid (dit is de cutoff tot wanneer de meeste productiedata binnen is).

Het is belangrijk om in acht te nemen dat dit geen rekening houdt met potentiële vroegtijdige verwijdering ná het afronden van de SDE-subsidie. Deze dataset geeft enkel inzicht in mogelijke verwijdering tijdens de 15-jarige looptijd van de SDE-subsidie.

- 2) **Vroegtijdige verwijdering o.b.v. de enquête.** Om op meer detailniveau inzicht te krijgen in het voorkomen van vroegtijdige verwijdering en de redenen daarvoor, is een enquête uitgestuurd. De doelgroep van deze enquête is beperkt tot dossiers uit met name 2008-2013. De voornaamste reden hiervoor is dat deze dossiers (bijna) allemaal 15 jaar hebben doorlopen, en dus het meest volledige beeld geven wat er tijdens de looptijd van de subsidie is gebeurd. Het nadeel hiervan is dat er een wezenlijk

andere doelgroep is bevraagd dan dossiers die bijvoorbeeld pas na 2020 zijn gestart, omdat de samenstelling van wie de SDE-subsidie aanvraagt veranderd is over de tijd.

## De enquête

### De scope

De enquête is uitgestuurd naar dossiers die aan de volgende voorwaarden voldeden, zowel inhoudelijk als praktisch.

Inhoudelijke voorwaarden:

- Het dossier staat geregistreerd onder de SDE-subsidie;
- Het dossier betreft zon-op-dak en is groter dan 15 kWp;
- Het dossier heeft de gehele SDE-subsidie doorlopen, of wordt de komende 1 of 2 jaar verwacht de subsidie af te ronden.

Praktische voorwaarden

- Er is beschikking over een e-mailadres

In totaal zijn er 1020 dossiers uit de inhoudelijke selectie gekomen. Voor 593 dossiers was er beschikking over een e-mailadres. Vervolgens is er binnen deze dossiers gekeken of er meerdere dossiers zijn aangevraagd door één organisatie, om te voorkomen dat de enquête meerdere keren bij dezelfde organisatie zou belanden. Deze dossiers zijn apart behandeld: er is één enquête uitgegaan naar contactpersonen met een enkel geregistreerd dossier en een andere enquête naar contactpersonen met meerdere dossiers. Deze enquêtes kwamen overeen in inhoudelijke datapunten, maar verschilden in framing in de vragen om rekening te houden met het feit dat er voor meerdere dossiers data ingevuld kon worden.

### Respons

De twee enquêtes hebben respectievelijk 76 respondenten (voor de individuele contactpersonen) en 7 respondenten (voor de contactpersonen met meerdere projecten) gekregen.

### Profiel van de dossiers

Om de antwoorden op de vragen over verwijdering en vervanging te kunnen plaatsen in de juiste context, is er ook inzicht verkregen in het profiel van de dossiers. Zo is er uitgevraagd:

- Welke rol de organisatie of de individu heeft?
- Het type organisatie;
- Type en het vermogen van de aangevraagde zonnepanelen;
- Jaar van aanvraag van de subsidie.

Aanvullend is er voor de enquête die naar contactpersonen met meerdere projecten gestuurd is, ook gevraagd naar:

- Hoeveel dossiers ze beheren;
- Hoeveel vermogen de dossiers in totaliteit hebben.

#### *Overzicht van de respondenten – contactpersonen met één project*

De respondenten bestaan met name uit agrarische bedrijven die zelf eigenaar zijn van hun zonnestroomsysteem en dak. De zonnepanelen die op het dak zijn

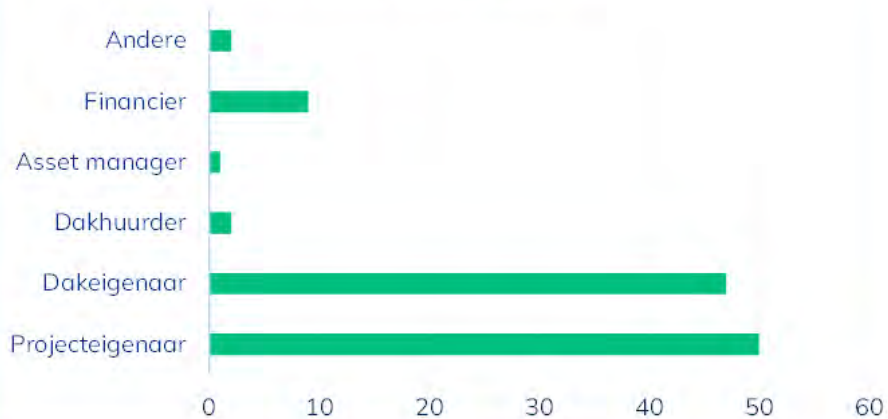
gelegd, zijn een mix van poly- en monokristallijn, met voornamelijk vermogens onder de 300 Wp (81%). Dit is passend bij de periode waarin de meeste respondenten hun subsidie hebben aangevraagd: 84% van de dossiers zijn aangevraagd tussen 2009-2014.

#### *Overzicht van de respondenten – contactpersonen met meerdere projecten*

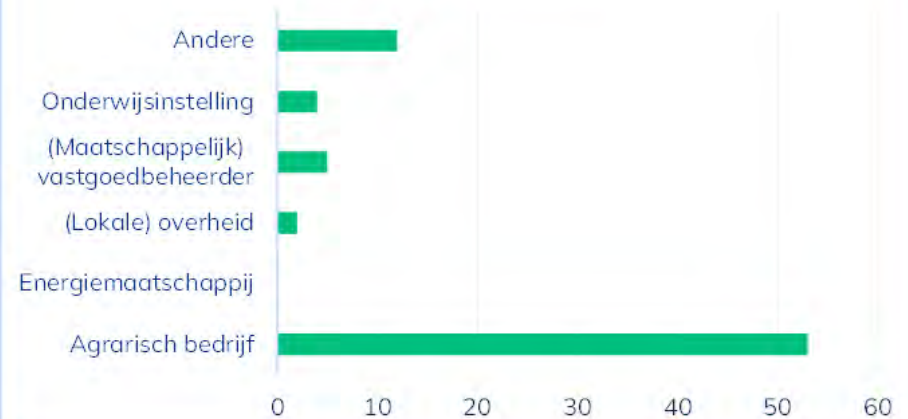
De respondenten op deze enquête zijn een mix tussen agrariërs, energiemaatschappijen en investeerders. Opvallend is met name dat de tweede groep (energiemaatschappijen en investeerders) vooral als asset manager fungeert en daarmee geen eigenaar is van het dak. Met name de energiemaatschappijen en investeerders beheren een groot aantal projecten: in totaal 433 projecten. Ook hier is een gelijke verdeling tussen poly- en monokristallijn, met een enkel dunnefilmpaneel.

### Overzicht van de respondenten – contactpersonen met één project

Welke rol heeft u of uw organisatie in dit zonnestroomproject?



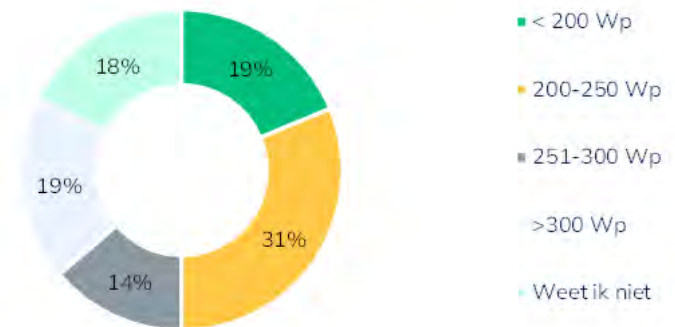
Welk van de onderstaande opties beschrijft uw organisatie het beste?



Voor welk zonnepaneeltype is de SDE subsidie aangevraagd?



Hoe hoog is het gemiddelde vermogen van deze zonnepanelen in Wattpiek (Wp) bij aanvraag van de SDE subsidie?



## Overzicht van de respondenten – contactpersonen met meerdere projecten

Welke rol heeft u of uw organisatie in dit zonnestroomproject?



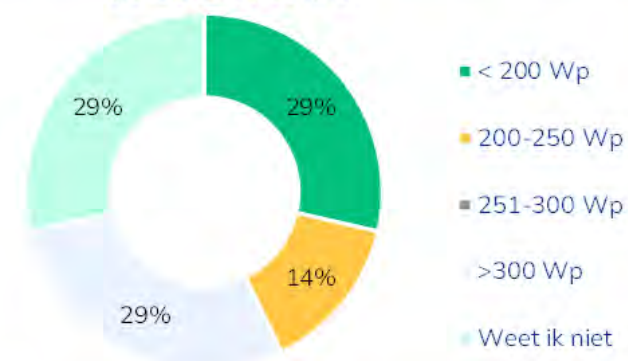
Welk van de onderstaande opties beschrijft uw organisatie het beste?



Welk zonnepaneeltype(n) komen het meest voor binnen deze projecten?



In welke vermogenscategorie (in Wattpiek, Wp) vallen de meeste panelen, bij de aanvraag van de SDE-subsidie?



# Bijlage II. Interviews & de ronde tafel

## Interviews

Er zijn twee rondes interviews gehouden:

- Ronde 1. De eerste ronde interviews is gehouden vóór het uitsturen van de enquête en de data-analyse van de SDE-subsidie. Het doel van deze ronde was om inzichtelijk te krijgen in de omvang van vroegtijdige verwijdering in de praktijk, en wat mogelijke redenen ervoor kunnen zijn. Deze inzichten zijn vervolgens gebruikt om de enquête vorm te geven.
- Ronde 2. De tweede ronde interviews is gehouden om meer duiding te kunnen geven aan de analyse uit de enquête en de data over de SDE-subsidie. In deze ronde is vooral aandacht besteed aan onderwerpen waar nog beperkt informatie over was opgehaald of waar meer inzicht nodig was, zoals de rol van financiering in verwijderbeslissingen.

In totaal zijn er 13 interviews gehouden. De volgende organisaties zijn geïnterviewd:

### Ronde 1

| Organisatie    | Rol                         |
|----------------|-----------------------------|
| Sunrock        | Asset Manager               |
| Solara         | Asset Manager               |
| Stichting OPEN | End-of-life                 |
| MIREC          | End-of-life                 |
| ZonNext        | Hergebruik van zonnepanelen |
| Rabobank       | Financier                   |

### Ronde 2

| Organisatie        | Rol                         |
|--------------------|-----------------------------|
| Unify Energy       | Expert energiesysteem       |
| Blue Peak Energy   | Expert zonnestroom          |
| ASR Verzekeringen  | Verzekeraar                 |
| ZonHub             | Hergebruik van zonnepanelen |
| Gemeente Rotterdam | Facilitator Zon-op-dak      |
| Eneco              | Energiemaatschappij         |

## Ronde tafel

De ronde tafel is ingericht als een validatiesessie van een dagdeel met experts uit de sector om de bevindingen te toetsen, te verdiepen en mogelijke interventies en oplossingsrichtingen te verkennen.

Experts uit de volgende organisaties waren aanwezig:

- Stichting OPEN
- Solar Watt
- Rabobank
- Eneco
- Sunrock
- RVO

# Bronnen

- [1] Ministerie van EZK, „Circulaire strategieën voor het energiesysteem - Kritieke materiaalvraag van de Nederlandse energietransitie,” 2026.
  - [2] KRO-NCRV, „Wat doen we straks met al die afgedankte zonnepanelen?,” Pointer, 4 Mei 2025. [Online]. Available: <https://pointer.kro-ncrv.nl/wat-kun-je-doen-met-oude-zonnepanelen>. [Geopend 28 Mei 2026].
  - [3] CBS, „Grootste deel zonnepanelen ligt bij bedrijven,” 5 Augustus 2025. [Online]. Available: <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2025/32/grootste-deel-zonnepanelen-ligt-bij-bedrijven>. [Geopend 26 Mei 2026].
  - [4] Consumentenbond, „Garantie op zonnepanelen: waar heb je recht op?,” 18 Maart 2026. [Online]. Available: <https://www.consumentenbond.nl/zonnepanelen/garantie-zonnepanelen>. [Geopend 26 Mei 2026].
  - [5] I. E. Agency, „Review of Failures of Photovoltaic Modules,” 2014.
- 

## Over ons

Copper8 is een Social Enterprise en sinds 2016 trotse B Corp. We werken hard aan de transitie naar een duurzame economie. Dat doen we niet alleen door te adviseren, maar ook door tijd te investeren in onderzoek en vernieuwing. Samen met onze opdrachtgevers verkennen we continu de randen van de transitie en spelen we in op wat nodig is om onze idealen dichterbij te brengen.

## Contact

020 261 02 89  
[info@copper8.com](mailto:info@copper8.com)

## Kom langs!

100 Watt gebouw, 8<sup>e</sup> verdieping  
James Wattstraat 100  
Amsterdam

Dit is een publicatie van:

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland  
Graadt van Roggenweg 200, 3531 AH Utrecht  
Postbus 8242, 3503 RE Utrecht  
T +31 (0) 88 042 42 42  
[Contact](#)  
[www.rvo.nl](http://www.rvo.nl)

Deze publicatie is tot stand gekomen in opdracht van het Ministerie van  
Economische Zaken en Klimaat.

© Rijksdienst voor Ondernemend Nederland | juli 2026

Publicatienummer: RVO-135-2026/RP-DUZA

De Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) stimuleert duurzaam,  
agrarisch, innovatief en internationaal ondernemen. Met subsidies, het vinden  
van zakenpartners, kennis en het voldoen aan wet- en regelgeving. RVO werkt  
in opdracht van ministeries en de Europese Unie.

RVO is een onderdeel van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat.