



Kosten zontoepassingen

Methode om private en
maatschappelijke kosten te vergelijken



Committed to the Environment

Kosten zontoepassingen

Methode om private en maatschappelijke kosten te vergelijken

Delft, CE Delft, september 2020

Publicatienummer: 20.190394.078

Zonne-energie / Kosten / Economische factoren / Maatschappelijke factoren / Landgebruik / Effecten / Leefomgeving

Deze notitie is opgesteld door: Martijn Blom, Thijs Scholten, Joukje de Vries

Deze notitie is opgesteld in opdracht van RVO.nl voor de Topsector Energie op verzoek van TKI Urban Energy

CE Delft

Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al 40 jaar werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.



Samenvatting

Zonne-energie maakt de afgelopen jaren een spectaculaire ontwikkeling door, zowel in opgesteld vermogen als in kostendaling van systemen. Er is sprake van een aanzienlijke daling in kosten van systemen, hetgeen heeft geleid tot een sterk gereduceerde subsidiebehoefte (SDE+) in een langere periode.

Als gevolg van deze kostprijzdaling van zonnepanelen zien provincies en gemeenten zich gesteld voor een toenemend aantal vergunningsaanvragen, maar in omvang toenemende projecten. Dit leidt vaak tot lastige ruimtelijke afwegingen, waarbij de nadelen van inpassing meegewogen moeten worden ten opzichte van de bijdrage van aan de regionale energietransitie. Tevens kunnen kansen ontstaan wanneer nieuwe zonnenvelden in de plaats komen van agrarische veehouderij waardoor een daling van de ammoniakuitstoot ontstaat. Door extra eisen te stellen aan een goede inpassing kan sprake zijn van een hogere kostprijs van de geproduceerde stroom aan de ene kant, maar ook aan een hogere maatschappelijke waarde van een goede inpassing.

Model voor integrale afweging

Doel van het onderzoek is om een methodiek te ontwikkelen voor een gestandaardiseerde (maatschappelijke) kostenanalyse voor diverse zonnestroomtoepassingen in Nederland. Hiertoe wordt een bestaande kostenmethodiek uitgebreid om ook maatschappelijke kosten (besparingen) op een consistente manier in de tijd en tussen verschillende toepassingen te kunnen vergelijken. Deze *uitgebreide gestandaardiseerde methode*¹ kan worden ingezet om een meer integrale afweging van kosten en baten mogelijk te maken bij de inpassing van zonprojecten in de leefomgeving en het landschap.

Deze methodiek brengt de kostprijs van zonnestroom in beeld over de gehele levensduur van het project. De private kostprijs per kWh kan dan gezien worden als de prijs van zonnestroom die nodig is om de totale kosten te kunnen dekken ('break-even'), inclusief een vergoeding voor de private investeerder voor het gelopen risico. In de maatschappelijke variant is een vergoeding opgenomen die de externe kosten voor de leefomgeving dekt (internalisatieprincipe). Hierin is specifiek gekeken naar een waardering voor de volgende effecten:

- visuele effecten voor omwonenden;
- effecten op ecologie en biodiversiteit.
- effecten op stikstofuitstoot (bij onttrekking uit agrarisch gebied).

Voor het waarden van deze effecten is een literatuurstudie uitgevoerd en is het Handboek Milieuprijzen gehanteerd (2017). Dit project heeft geresulteerd in een model waarmee zowel private als maatschappelijke kosten in beeld worden gebracht en uitgedrukt in euro per kWh.

Resultaat

Een vergelijking tussen 2020 en 2030 in Figuur 1 laat zien dat over het algemeen de opwekkosten per kWh over de komende tien jaar zullen dalen naar een range tussen 4,5 en 5,4 €cent per kWh voor de verschillende toepassingen. Hiermee komt in sommige toepassingen grid parity in Nederland in zicht in de periode 2030, uitgaande van elektriciteitsprijzen in 2020. Deze daling komt grotendeels door de leercurve, en verdere verwachtingen voor dalende kosten voor componenten.

¹ Ook wel bekend in de internationale literatuur als levelised costs of electricity.

Naast de private opwekkosten kunnen met het model ook de maatschappelijke opwekkosten per kWh in beeld worden gebracht door per project een specifieke inschatting te maken van:

- aantal woningen in de directe omgeving (waarde visuele beleving);
- stikstofemissie voor en na de ingreep;
- biodiversiteit voor en na de ingreep.

Maatregelen kunnen worden genomen gericht op een ecologisch en visuele verantwoorde inpassing om daarmee maatschappelijke kosten te beperken en maatschappelijke bijdrage te verbeteren. Dat heeft invloed op de kosten voor exploitant en kosten voor de samenleving. Met het betreffende model kunnen deze maatregelen op basis concrete project-specificaties worden doorgerekend op private en maatschappelijke kosten.

Een ecologische inrichting kent een extensief ruimtegebruik, waardoor voor eenzelfde stroomopbrengst ten opzichte van een regulier project uiteindelijk een hogere pachtvergoeding moet worden uitgekeerd aan grondeigenaren. Ook zijn de kosten voor landschappelijke en esthetische inpassing hierin meegerekend. Hier staan echter lagere maatschappelijke kosten van inpassing voor de leefomgeving tegenover. Per saldo zijn de kosten per kWh wel hoger dan in een standaardinrichting gericht op maximale energieopbrengst.

1 Inleiding

Nederland staat aan de vooravond van grootschalige implementatie van hernieuwbare energie. Zonne-energie speelt hierin een grote rol. Naast de integratie van zon-pv in de gebouwde omgeving worden ook veel meer zonneparken en -panelen zichtbaar in het landschap. In de afgelopen tien jaar is de prijs van zonnestroom drastisch gedaald en is de subsidiebehoefte vanuit de SDE+ sterk verminderd. De verwachting is dat de komende jaren de prijsdaling zich verder zal voortzetten. Er zijn zelfs aanwijzingen dat de kostprijs van zonne-energie sterker daalt dan eerder was voorzien. Dit kan ertoe leiden dat zonne-energie één van de goedkopere opties wordt om hernieuwbare energie te realiseren.

Aan de andere kant zullen toenemende eisen vanuit de gebouwde omgeving en leef-omgeving die gesteld worden aan de integratie zonnestroomsystemen, een (kostprijs-verhogend) effect kunnen hebben. Hierdoor kan de businesscase op korte termijn onzeker worden of zelfs onmogelijk. Door deze inpassingsmaatregelen kunnen de projecten een grotere maatschappelijke waarde genereren voor omwonenden, burgers en overheden door bijvoorbeeld een beter zicht, een hogere ecologische bijdrage of een lagere stikstofemissie. Om het effect van deze factoren op de prijs eenduidig te kunnen bepalen en te monitoren is het van belang om een consistente methode te ontwikkelen waarmee de kosten van zonnestroom kunnen worden bepaald. Dit kan bijvoorbeeld door een gestandaardiseerde kostenmethode als de LCoE (levelised costs of electricity) te hanteren. Aan de hand van de gekozen methode kan worden bepaald wat de opwekkosten van zonnestroom zijn van verschillende zonnestroomtoepassingen.

2 Doel

Doel van het onderzoek is om een methodiek te ontwikkelen voor een gestandaardiseerde (maatschappelijke) kostenanalyse voor diverse zonnestroomtoepassingen in Nederland. Daarnaast worden aan de hand van deze methodiek, voor een drietal zonnestroom-toepassingen, de volgende resultaten opgeleverd:

- LCoE-berekening vanuit het perspectief vanuit een (private) investeerder;
- LCoE-berekeningen vanuit het perspectief van maatschappelijke kosten en baten;
- een inschatting van LCoE voor de komende tien jaar.

Hiertoe wordt een bestaande kostenmethodiek uitgebreid om ook maatschappelijke kosten (besparingen) op een consistente manier in de tijd en tussen verschillende toepassingen te kunnen vergelijken. Deze *uitgebreide LCoE-methode* kan worden ingezet om een meer integrale afweging van kosten en baten mogelijk te maken bij de inpassing van zon-projecten in de leefomgeving en het landschap.

In deze notitie geven we de resultaten van de eerste stappen van het onderzoek weer: het ontwikkelen van een LCoE-model en de literatuuranalyse.

3 Afbakening en leeswijzer

Deze studie is uitgevoerd om zo goed mogelijk zicht te krijgen op onderliggende kosten van zontoepassingen voor 2020 en 2030. Dat is een ander doel dan de subsidiebehoefte van systemen te bepalen, waarbij ook rekening wordt gehouden met de opbrengsten van zontoepassingen (vollasturen en elektriciteitsprijzen). Het basisbedrag SDE+(+) is de kostprijs voor productie van zonstroom. In de bepaling van de subsidiebehoefte worden beleidsmatige uitgangspunten meegenomen, zoals keuzes over het wel of niet vergoeden van proces- en grondkosten. In deze SDE+-berekening worden grondkosten voor zon, participatiekosten en kosten van procesvoorbereiding, die worden gemaakt voor opstarten,



het verkrijgen van draagvlak of milieuvergunningen, niet meegenomen. Deze kosten hebben uiteindelijk wel effect op de kostprijs voor zontoepassingen en zijn onderwerp van deze studie. Resultaten uit de SDE+-bedragen en uit deze studie kunnen niet zonder meer met elkaar vergeleken worden.

Voor dit project zijn de volgende uitgangspunten gekozen:

- We kiezen voor de jaren 2020 (basisjaar) en 2030 (prognosejaar).
- De volgende zontoepassingen zullen worden meegenomen:
 - zon op gebouw, toepassing op gebouwen met een grootverbruiker-aansluiting;
 - zon op water, toepassing op binnenwateren;
 - zon op landschap, toepassing in het buitengebied (w.o. agrarische gronden).
- De kosten voor de huidige situatie worden gebaseerd op staand beleid.
- De maatschappelijke kosten geven geen volledig beeld en focussen op inpassingsaspecten. De bijdrage aan klimaat en luchtkwaliteit is niet gewaardeerd.
- Gevoeligheidsanalyses met bandbreedtes worden toegepast voor maatschappelijke waardering van baten (kostenbesparing) door bijvoorbeeld een betere inpassing in het landschap.

Leeswijzer

Deze notitie is bedoeld als achtergrond op het LCoE-model dat in Excel ontwikkeld is.

We bespreken eerst de afbakening van projecten (Hoofdstuk 4), aanpak (Hoofdstuk 5) en modelopzet (Hoofdstuk 0). Hiervoor vormt de methodiek van de gestandaardiseerde kosten (levelised cost) de basis.

In Hoofdstuk 7 gaan we vervolgens dieper in op de parameterwaardes per kostenpost, de investeringskosten (CAPEX) en operationele kosten (OPEX). Hoofdstuk 8 gaat in op de inpassingskosten voor initiatiefnemers als zij geconformeerd worden met extra eisen vanuit leefomgeving en landschap. In Hoofdstuk 9 presenteren de maatschappelijke effecten (in financiële termen) van het nemen van inpassingsmaatregelen. Dit onderdeel is gebaseerd op een literatuurstudie.

De uitkomsten van het model, zowel privaat als maatschappelijk, laten we zien in Hoofdstuk 0. Dat doen we eerst voor de private kosten en tenslotte voor maatschappelijke kosten (besparingen). Het slothoofdstuk (Hoofdstuk 11) beschrijft hoe we de enquête-resultaten hebben ingezet bij het formuleren van scenario's.

4 Afbakening van drie toepassingen

Dit project biedt een raamwerk op gestandaardiseerde kosten voor de toepassingen (water, veld, dak). In dit raamwerk gaat het om gemiddelde kosten voor deze toepassingen, die voor typische projectgroottes worden afgebakend van zonsystemen in Nederland.

Op en aan gebouwen varieert de omvang van enkele panelen tot ca. 3 MW. Grondgebonden zonne-energiesystemen komen voor vanaf enkele panelen tot een omvang van enkele tientallen hectares in de vorm van zonneparken, zonneakkers of zonneweiden. Wat groot is, is daarbij subjectief vanuit degenen die erop uitkijkt. Grondgebonden zonneparken van 1 MW (grootte van een boerenerf) kunnen door omwonenden als groot worden ervaren.

Om goed vast te stellen wat een gemiddelde of typische omvang is hebben we de project-omvang in termen van elektrisch vermogen onderzocht. Uit de projectgegevens van de SDE+-beschikkingen in de periode 2015 t/m 2019 (RVO, 2020b) blijken de gemiddelde

vermogens die zijn weergegeven in Tabel 1. Voor alle SDE+(+)-projecten is een grootverbruikersaansluiting verplicht.

Tabel 1 - Gemiddeld/typisch vermogen (MWp) per type zonnestelsel uit literatuur

Type systeem	Gemiddeld vermogen SDE+-beschikkingen 2015 t/m 2019 (MWp)	Typisch vermogen in SDE++ 2020 advies van PBL (MWp)
Daksysteem	0,40	
Groot	2,73	2,50
Klein	0,25	0,25
Veldsysteem	6,97	10,00
Groot	10,10	
Klein	0,46	
Watersysteem	0,66	10,00
Groot	4,92	
Klein	0,28	

Opmerking: Klein hebben we gedefinieerd als ≥ 15 kWp en < 1 MWp, en groot als ≥ 1 MWp conform de SDE+.

Daarnaast worden in het PBL-advies voor SDE++-subsidie 2020 (PBL, 2020) ook typische vermogens voor zonneprojecten gehanteerd. Deze zijn ook weergegeven in Tabel 1. Voor daksystemen komt dit nauw overeen met de gemiddelde vermogens genoemd in Tabel 1, namelijk 250 kWp voor kleine daksystemen en 2,5 MWp voor grote daksystemen. Voor systemen op land komt de SDE++-categorie overeen met de grote veldsystemen uit Tabel 1, namelijk 10 MWp. Zonsystemen op water zijn eveneens 10 MWp in de SDE++ 2020. Doordat de laatste twee hetzelfde vermogen hebben, zijn ze goed onderling vergelijkbaar.

Basisgegevens projecten

Wij stellen voor om voor de typische vermogens uit te gaan van de cijfers die PBL hanteert in haar advies voor de SDE++ 2020. Dit heeft als voordeel dat het goed aansluit bij de cijfers van PBL in het kader van de SDE++ en aansluit bij de verwachte toekomstige projectomvang. Bovendien sluiten dan de typische projectkosten, die PBL in consultatie met de markt heeft bepaald, aan bij onze LCoE-analyse.

Voor daksystemen met een grootverbruikersaansluiting gaan we uit van een groot dak met ruimte voor een systeem van 2,5 MWp. De gehanteerde typische vermogens zijn weergegeven in Tabel 2.

Tabel 2 - Gehanteerde typische vermogens per zontoepassing (alleen grootverbruikersaansluiting)

Type systeem	Typisch vermogen (MWp)	Typisch paneeloppervlak per grondoppervlak (m ² paneel/m ² grond)
Daksysteem	2,50	0,61
Veldsysteem intensief grondgebruik	10,00	0,65
Veldsysteem extensief grondgebruik	10,00	0,29
Watersysteem (binnenwater)	10,00	0,65

Intensief en extensief grondgebruik

Voor veldsystemen gaan we uit van twee configuraties: intensief en extensief grondgebruik. De systemen met intensief grondgebruik zijn gericht op een optimale elektriciteitsproductie per hectare om een zo hoog mogelijk rendement te behalen. Hierbij wordt ingezet op het

plaatsen van zoveel mogelijk panelen, maar blijven de mogelijkheden voor natuur beperkt. Dit betreft de meeste huidige zonneparken in Nederland.

In veldsystemen met extensief grondgebruik worden ruimtefuncties gecombineerd door productie te combineren met ecologische of andere functies (landbouw). In de praktijk betekent meervoudig landgebruik van zonneparken vaak meer ruimte tussen en rondom zonnepanelen. Bij deze ruimere opzet is de elektriciteitsopbrengst per hectare lager dan bij een monofunctioneel zonnepark. Het is daarbij belangrijk om een balans te vinden tussen economisch voldoende rendabele zonneparken en investeringen extensivering. Deze nieuwe opstellingen zijn nu sterk in ontwikkeling.

TKI Urban Energy heeft een verkennende analyse gedaan naar zonnestroom systeem typologieën met bijbehorende typische kenmerken (TKI Urban Energy, 2020). Voor het oppervlaktegebruik en de elektriciteitsproductie gaan we uit van een veel voorkomende zuidoriëntatie (22,5 graden t.o.v. zuid) en een hellingshoek van 11,5 graden (TKI Urban Energy, 2020). Alleen voor een veldsysteem met extensief grondgebruik wijkt de typische hellingshoek af (30 graden). TKI Urban Energy heeft tevens een analyse gedaan naar de *typische verhouding* tussen paneeloppervlak en grondoppervlak, die verhouding is 0,61 voor daksystemen op een plat dak van utiliteit, 0,65 bij veldsystemen met intensief grondgebruik en 0,29 bij veldsystemen met extensief grondgebruik. Hierin is rekening gehouden met typische onderlinge afstand en vrije randen/obstakels.

Voor zon op water veronderstellen we een gelijke opstelling als bij zon op veld met intensief grondgebruik (0,65). Afwijkingen in deze configuraties kunnen leiden tot lagere elektriciteitsproductie of een ander oppervlaktegebruik.

5 Aanpak

Om de kosten van de drie zontoepassingen in de tijd en onderling te kunnen vergelijken is een monitoringsmethode nodig die alle kostenonderdelen consistent kwantificeert. De opzet van onze analyse is gebaseerd op een LCoE-methode, die aangevuld wordt met de aspecten van maatschappelijke kosten en baten.

LCoE is een maat voor de gestandaardiseerde kosten waarmee een energiebron, in dit geval zonnestroom, op een consistente basis wordt vergeleken met een andere opwekkingstechnieken (biomassa, gascentrale of een ander zonsysteem). Het is een economische beoordeling van de gemiddelde totale kosten voor de installatie en het exploiteren van een systeem gedurende zijn levensduur, gedeeld door de totale energieoutput van het systeem gedurende die levensduur. De LCoE kan ook worden beschouwd als de gemiddelde minimumprijs waartegen (zonne)stroom moet worden verkocht om tijdens de levensduur van het project om break-even te blijven.

LCoE brengt dus traditioneel private (ofwel technisch-economisch) kosten in beeld, en houdt doorgaans geen rekening met kosten en besparingen voor de maatschappij, bijvoorbeeld verminderde luchtverontreiniging of CO₂-voordelen ten opzichte van conventionele opwekking. Ook houdt de LCoE-methode doorgaans geen rekening met de landschappelijke impact van zonneparken op derden. Zo is er wel een post opgenomen voor het pachten van de grond (vergoeding aan de grondeigenaar), maar niet voor de positieve of negatieve waardering van zonneparken op omwonenden of passanten. Echter door de systeemgrenzen breder te trekken, maken we deze LCoE-methode wel 'geschikt' om rekening te houden met deze maatschappelijke kosten en baten, om tot een eenduidige vergelijking te komen van alle (maatschappelijke) kostenaspecten.



Daarnaast nemen wij in de LCoE-methode expliciet een post op voor (te verwachten) aspecten met betrekking tot eisen gesteld aan ecologie, landschappelijke inpassing, duurzaamheid, veiligheid, etc., die zich vertalen in kostprijsverhoging en dus in extra elektriciteitskosten voor zontoepassing. Dat wordt op basis van een survey ingeschat. Methodisch gezien kunnen deze kosten als privaat worden aangemerkt, ze worden immers niet betaald door de maatschappij, maar door de initiatiefnemer. Echter de initiatiefnemer maakt deze kosten om effecten op derden (inpassing, veiligheid) te reguleren/internaliseren.

Tabel 3 - Overzicht van verschillende benaderingen

	Privaat	Maatschappelijk
LCoE traditioneel	✓	
LCoE met aanvulling inpassingseisen	✓	
LCoE met maatschappelijke kosten en baten		✓

6 LCoE-model

6.1 Systeemgrenzen LCoE

De uitgangspunten en systeemgrenzen hangen sterk af van het gekozen perspectief van de analyse. Indien een privaat perspectief (LCoE) wordt gekozen dan is het van belang dat de discontovoet (hetzelfde als de WACC) aansluit bij de kapitaaleis van verstrekkers van vreemd en eigen vermogen aan projectontwikkelaars. Er wordt dan gekozen voor een private discontovoet. Bij een maatschappelijke analyse (maatschappelijke kosten en baten) is het gebruikelijk een maatschappelijke discontovoet te kiezen (3%). In Tabel 4 geven we een overzicht.

Tabel 4 - Overzicht voorgestelde uitgangspunten

	Vanuit investeerder	Vanuit maatschappelijke kosten-baten
Perspectief	Privaat	Maatschappelijk
Discontovoet	WACC	3%
Mee te nemen effecten	<ul style="list-style-type: none"> - Investeringskosten - Exploitatiekosten - Exploitatieopbrengsten - Kostprijsverhogende eisen vanuit integratie 	<ul style="list-style-type: none"> - Kosten en opbrengsten voor investeerder - Maatschappelijke effecten van verminderde visuele of landschappelijke effecten

6.2 LCoE-methodiek op hoofdlijnen

De LCoE-methodiek brengt de kostprijs van zonnestroom over de gehele levensduur in beeld, inclusief een vergoeding voor de kosten voor verstrekkers van vermogen (WACC). De kostprijs per kWh kan dan gezien worden als de prijs van zonnestroom die nodig is om de totale kosten te kunnen dekken ('break-even').

De totale opwekkosten voor het produceren van zonnestroom is afhankelijk van een aantal variabelen. Om het overzichtelijk te houden, wordt de prijs van zon uit de drie toepassingen uitgedrukt in een prijs per kilowattuur (kWh). De prijs per kWh kan gezien worden als de minimale prijs, die nodig is om energie te produceren, onderhoud te plegen, het personeel te betalen, de investering terug te verdienen en een beetje winst te maken.

Deze laatste twee aspecten komen terug in het begrip gewogen kapitaalkosten (WACC) en geven de vergoeding weer die verschafters van vreemd en eigen vermogen nodig hebben voor financiering. Door de kosten van de drie toepassingen om te rekenen naar de LCoE, kunnen ze met elkaar worden vergeleken.

Binnen de LCoE-methode zijn verschillende keuzes te maken. Om tot de LCoE te komen, kan men ofwel een annuïteitenberekening of een netto contante waardeberekening maken. In de annuïteitenberekening bepaalt men de quotiënt van de op jaarbasis berekende investerings- en operationele kosten, en de gemiddelde energieopbrengst. Het voordeel van deze methode is dat het minder rekeninspanning vergt dan de netto contante waardebenadering. In deze netto huidige waardebenadering worden toekomstige kosten en energie-output verdisconteerd naar de huidige waarde. Deze methode komt dichterbij de werkelijkheid in de buurt en weerspiegelt beter de tijdsvoorkeur en risico's van het project (Fraunhofer ISE, 2018).

Kort gezegd, omdat toekomstige (fysieke) opbrengsten altijd onzeker zijn, wordt een kWh over 10 jaar minder waard dan een kWh van dit jaar. Om die reden hanteren we de verdiscontering.

De elementen van de LCoE bestaan uit de volgende, in deze gesimplificeerde formule:

$$LCoE = \frac{\text{Netto contante waarde kosten over levensduur (€)}}{\text{Netto contante waarde elektriciteitsproductie over levensduur (kWh)}}$$

6.3 De netto contante waarde van de exploitatiekosten

De netto contante waarde van de exploitatiekosten is de optelsom van de verdisconteerde kosten over de gehele levensduur van het zon-pv-systeem. De volgende categorieën worden hierin onderscheiden:

- **De initiële investeringskosten.** Deze worden gedaan in jaar 0, voordat het systeem energie gaat opwekken. De som van deze kosten wordt niet verdisconteerd, deze bestaat al uit de huidige waarde, ervan uitgaande dat de LCoE wordt berekend op het moment van investeren.
- **De kosten voor inpassingseisen.**
- **De exploitatiekosten.** Deze kosten komen jaarlijks terug gedurende de levensduur van het systeem. Deze jaarlijks terugkerende kosten worden verdisconteerd met de nominale WACC als discontovoet voor de private LCoE; en met de maatschappelijke discontovoet van 3% voor de maatschappelijke LCoE.
- **De vervanging van de omvormers.** Dit is een eenmalige kost die plaatsvindt na 10 tot 15 jaar, gedurende de levensduur van het gehele systeem. Deze wordt verdisconteerd met de nominale WACC als discontovoet voor de private LCoE; en met de maatschappelijke discontovoet van 3% voor de maatschappelijke LCoE.



Op deze verdisconteerde kosten wordt het volgende in vermindering gebracht:

- De restwaarde van het systeem aan het einde van de levensduur. Als er eventueel nog een monetaire waarde is van het systeem zodra deze economisch is afgeschreven, wordt de restwaarde in mindering op de kosten gebracht. Deze wordt verdisconteerd met de nominale WACC als discontovoet voor de private LCoE; en met de maatschappelijke discontovoet van 3% voor de maatschappelijke LCoE.

6.4 De netto huidige waarde van de exploitatieoutput

De LCoE wordt uitgedrukt in fysieke output (kilowattuur). Of anders gezegd het gaat om gestandaardiseerde kosten per kWh. De waardering van elke kWh in de tijd is echter wel verschillend. Een kWh in dit jaar is meer waard dan een geleverde kWh over 10 jaar, vanwege de onzekerheid van het systeem en waardering aan de factor tijd. De tijdsvoorkeur wordt gelijkgesteld aan de WACC. De netto huidige waarde van de exploitatieopbrengsten over de levensduur van het systeem is derhalve de optelsom van de verdisconteerde energieoutput in elk jaar, gemeten in fysieke eenheden (kilowattuur).

Deze wordt verdisconteerd met de reële WACC als discontovoet voor de private LCoE; en met de maatschappelijke discontovoet van 3% voor de maatschappelijke LCoE.

In de LCoE-methode wordt bij de exploitatieopbrengsten uitgegaan van een volume-benadering. Dit houdt in dat er geen waardering plaatsvindt voor het feit dat de energie die kan worden geleverd door zon-pv-systemen kan fluctueren over tijd. Zo is dit jaar (2020) de stroomprijs in Nederland al een paar keer negatief is geweest, wat negatieve gevolgen kan hebben op de businesscase voor zon. Omdat de LCoE-waarde is uitgedrukt als euro per kilowattuur, en dus de kosten per fysieke exploitatieopbrengst weergeeft, worden de marktprijzen van zonnestroom niet meegenomen. In de kern is het doel van de LCoE om verschillende energiebronnen onderling vergelijkbaar te maken. Met de huidige methode is dat mogelijk².

Een negatieve stroomprijs kan gevolgen hebben voor een beperking van aantal vollasturen (projecten met een afschakelfunctie). Dit effect is echter niet meegenomen in het model.

6.5 Samenstelling WACC

De WACC is de gewogen gemiddelde kostenvoet van het verwerven van financiering, en kan gezien worden als de vergoeding die verschaffers van eigen en vreemd vermogen ontvangen voor gelopen risico's. Bij het verdisconteren van de kosten en opbrengsten van zon-pv-systemen moet de hoogte van de weighted average cost of capital (WACC) bepaald worden. Deze is afhankelijk van het aandeel eigen en vreemd vermogen in een project, en de bijbehorende vereiste rente op eigen en vreemd vermogen. Daarnaast is de reële WACC verder nog afhankelijk van het inflatiepercentage³.

In het huidige LCoE-model nemen wij de samenstelling van de WACC over uit de SDE+-berekeningen van PBL. Deze samenstelling ziet er als volgt uit, voor alle zon-pv-toepassingen (zie Tabel 5).

² Dit is een abstracte versie is van de werkelijkheid. Om de winstgevendheid te bepalen van een specifiek zon-pv-project, zou de methode uitgebreid kunnen worden met waarderingen voor de verkochte energie en overige factoren die van invloed zijn op de inkomsten uit het zon-pv-project (Fraunhofer ISE, 2018).

³ Dit geldt alleen indien kostenonderdelen in nominale eenheden zijn uitgedrukt.

Tabel 5 - Opbouw van de WACC voor zontoepassingen

Afkorting	Uitleg	SDE+-waarde (PBL, 2020)	Formule
IF	Inflatie	2,0%	
E	Percentage financiering uit Eigen Vermogen	20%	
Re	Kosten Eigen Vermogen (dividendbetaling)	12,0%	
V	Percentage financiering uit Vreemd Vermogen	80%	
Rv	Kosten Vreemd Vermogen (Rente over lening)	2,5%	
B	Vennootschapsbelasting	20,5%	
WACCnom	Weighted average cost of capital, nominaal	3,99%	$[E \times Re] + [(1 - B) \times V \times Rv]$
WACCreal	Weighted average cost of capital, reëel	2,318%	$[E \times (Re - IF)] + [(1 - B) \times V \times (Rv - IF)]$

Bij het verdisconteren van de kosten wordt gebruik gemaakt van de nominale WACC. Het verdisconteren van de elektriciteitsopwekking doen we met de reële WACC. Door de WACC op deze manier toe te passen verzeker je dat de netto contante waarde van de investering gelijk is aan 0 wanneer de opgewekte elektriciteit wordt gewaardeerd met de reële LCoE.

6.6 Samenvatting LCoE-berekening

In dit hoofdstuk hebben we de theoretische elementen besproken die nodig zijn voor de LCoE-berekening. De formule die is gegeven kan nu worden uitgebreid met de meer gedetailleerde elementen zoals die zijn besproken. Dit komt er als volgt uit te zien (Vartiainen, et al., 2020):

$$LCoE \text{ (Privaat)} = \frac{\text{Investeringskosten} + \sum \frac{\text{Exploitatiekosten}(t)}{(1 + WACC)^t} + \frac{\text{Vervanging omvormer}(t)}{(1 + WACC)^t} - \frac{\text{Restwaarde}}{(1 + WACC)^N}}{\sum \frac{\text{Elektriciteitsproductie in kWh}(t) \times (1 - \text{degradatie})^t}{(1 + WACC)^t}}$$

- In de LCoE-formule kiezen we voor de netto huidige waardemethode.
- De discontovoet wordt gebruikt om de huidige waarde te bepalen. Hiervoor maken we gebruik van een maatschappelijke discontovoet voor maatschappelijke analyse en een private discontovoet voor de private analyse.
- De private discontovoet staat gelijk aan de WACC.
- WACC wordt opgesplitst in een nominale WACC voor de kostenonderdelen en reële WACC voor de energieopbrengsten.
- We nemen degradatie van panelen mee als onderdeel van de output.
- De investeringskosten (CAPEX) wordt zoveel mogelijk opgesplitst in specifieke kostenonderdelen om een zo getrouw mogelijk beeld ervan te geven (modules, omvormers en BOS-kosten).
- Restwaarde aan het einde van de levensduur worden meegenomen, betreft immers een economische waarde (verdisconteerd).



7 Technisch-economische kosten per post

In deze paragraaf bespreken we de elementen van de LCoE per categorie en vervolgens daarbinnen per (kosten)post. De (kosten)posten zijn zowel voor 2020 als 2030 in kaart gebracht, uitgaande van bestaand beleid. Alle posten zijn gebaseerd op nationale en internationale literatuurwaarden.

Zonnepanelen zijn er in diverse soorten en uitvoeringen. Zo zijn er amorfe, mono- en polykristallijne panelen, dubbelzijdige panelen en diverse soorten (gebouw)geïntegreerde zon-pv-systemen. Ook is er een range in het vermogen per paneel. In principe verschillen de zonnepanelen op daken niet van de panelen die op land of op water gebruikt worden. Voor alle categorieën hanteren we dan ook dezelfde type panelen. Voor de standaard LCoE-waarde gaan we uit van typische waarden van zonnepanelen (dus niet geïntegreerde zon-pv-systemen), zonder specifiek te vermelden om welk type paneel het gaat. In feite geldt hetzelfde voor de omvormers en de onderconstructies. In de standaard situatie gaan we uit van statische niet-zonvolgende systemen.

Wanneer er cijfers van het PBL-advies voor de SDE++ beschikbaar zijn, hanteren we deze zoveel als mogelijk. Deze cijfers sluiten het beste aan bij de gemiddelde situatie in Nederland en zijn in consultatie met de markt tot stand gekomen.

7.1 Technische parameters

In Nederland verschilt de zoninstraling per jaar en ook per regio. De vollastopbrengst in Nederland ligt rond de 990 kWh/kWp voor nieuwe systemen met optimale oriëntatie. Door degradatie van de panelen daalt de opbrengst jaarlijks met een paar tiende procent. De technische levensduur van zon-pv-systemen is circa 25 jaar, wij stellen de technische levensduur gelijk aan de economische levensduur.

In Tabel 6 en Tabel 7 hebben wij een overzicht opgenomen van de literatuurwaarden voor technische parameters.

Tabel 6 - Literatuurwaarden technische parameters huidige situatie (2020)

Post	Waarde	Bandbreedte	Eenheid	Bronnen
Vollastopbrengst optimale vaste oriëntatie ^a	990	900-1.000	kWh/kWp	(PBL, 2020) (Universiteit Utrecht, 2014)
Vollastopbrengst meebewegende oriëntatie ^a	1.238		kWh/kWp	(PBL, 2020)
Degradatiefactor panelen, jaarlijks	0,64%	0,2-0,9% Kristallijn: 0,5-0,6% Dunne film: 0,8-1%	%/jaar	(PBL, 2020) (IEA PVPS, 2017; ETIP-PV, 2017)
Technische levensduur panelen	25	25-30 20-35	jaar	(PBL, 2020) (ETIP-PV, 2017; IRENA, 2019a)
Technische levensduur omvormer	12	10-15	jaar	(PBL, 2020) (IEA PVPS, 2017)

^a Het gaat hier om langjarige gemiddelde waarden voor nieuwe systemen in Nederland.

Door efficiëntieverbeteringen van met name de omvormers en randapparatuur zal de vollastopbrengst in 2030 hoger liggen dan nu het geval is. Ook wordt er minder degradatie van de panelen verwacht en gaan de componenten langer mee.

Tabel 7 - Literatuurwaarden technische parameters toekomstige situatie (2030)

Post	Waarde	Bandbreedte	Eenheid	Bronnen
Vollastopbrengst optimale vaste oriëntatie	1.000	995-1.050	kWh/kWp	(Ecofys, 2018)
Vollastopbrengst meebewegende oriëntatie			kWh/kWp	
Degradatiefactor panelen, jaarlijks	0,4%		%/jaar	(Ecofys, 2018)
Technische levensduur panelen	30	25-30	jaar	(Ecofys, 2018) (Tsiropoulos, et al., 2018)
Technische levensduur omvormer	15		jaar	(Ecofys, 2018)

Ruimtebeslag

Het ruimtebeslag van zonnepanelen verschilt per configuratie en of is er gekozen voor intensief of extensief grondgebruik. In standaard situatie gaan wij uit van zuidgerichte systemen (22,5 graden ten opzichte van het zuiden) onder een hellingshoek van 11,5 graden bij intensief grondgebruik⁴. Uit een analyse van TKI Urban Energy blijkt dat dit de meest gangbare configuratie is, zie ook de toelichting in Hoofdstuk 4. Het paneeloppervlak per grondoppervlak is overgenomen uit dezelfde analyse van TKI Urban Energy. Zonnepanelen hebben typische een oppervlak van iets meer dan 1,6 m² en momenteel een typisch vermogen van 295 Wp/paneel. Door ontwikkelingen in moduleoppervlakefficiëntie zal het vermogen per paneeloppervlak toenemen. Voor 2030 verwachten we een typisch vermogen van 369 Wp/paneel⁵. Op basis van deze gegevens is in Tabel 8 het vermogen per hectare berekend.

Tabel 8 - Ruimtebeslag van zuidgerichte systemen (11,5 graden hellingshoek)

Type systeem	Paneeloppervlak per grondoppervlak	Ruimtebeslag 2020 in MWp/ha	Ruimtebeslag 2030 in MWp/ha
Daksysteem (plat dakutiliteit)	0,61	1,10	1,38 (1,27-1,45)
Veldsysteem intensief grondgebruik	0,65	1,17	1,47 (1,36-1,55)
Veldsysteem extensief grondgebruik	0,29	0,52	0,65 (0,61-0,69)
Watersysteem (binnenwater)	0,65	1,17	1,47 (1,36-1,55)

⁴ De minder gangbare oost-west opstelling zijn in opkomst en worden steeds meer toegepast. Deze opstellingen kunnen door aanpassing van de parameter ruimtebeslag per hectare in het model ook doorgerekend worden.

⁵ Deze waarden zijn berekend op basis van lineaire interpolatie van de gemiddelde verwachte module-efficiëntie in 2050 volgens Agora/Fraunhofer (2015). Op basis van deze aanpak valt uit de studie van Agora een typisch paneelvermogen van 342 tot 389 Wp te verwachten, uitgaande van een gelijk paneeloppervlak als in 2020. De gemiddelde moduleoppervlakefficiëntie van 226 W/m² in 2030 is daarmee in lijn met recente verwachtingen van het VDMA (2020).



Levensduur en restwaarde

De levensduur van het project is in het model variabel in te voeren, met een standaardwaarde van 25 jaar. Na de technische levensduur van 25 jaar hebben zonnepanelen door degradatie een deel van hun vermogen verloren, er resteert nog circa 80% van het originele vermogen. De restwaarde van zonnepanelen na hun technische levensduur is moeilijk in te schatten. PBL geeft aan dat de restwaarde te onzeker is om mee te nemen in haar SDE++-advies (PBL, 2020). Naast een restwaarde zijn er aan het einde van het project ook ontmantelingskosten. Mogelijk vallen de opbrengst van de restwaarde weg tegen de ontmantelingskosten. Beide kosten zijn niet expliciet meegenomen.

7.2 Investeringskosten (CAPEX)

De investeringskosten voor een zonneproject bestaan uit de kosten voor de pv-modules, omvormers, aansluitkosten op het elektriciteitsnet en overige kosten, de zogenaamde 'balance of system' (BOS). De kosten voor grond, dak of wateroppervlak hebben we meegenomen als operationele kosten, waarbij we uitgaan van huur/pacht. In Tabel 9 hebben wij een overzicht opgenomen van de literatuurwaarden voor de investeringskosten.

Tabel 9 - Literatuurwaarden investeringskosten huidige situatie (2020)

Post	Waarde	Bandbreedte	Eenheid	Bronnen
Algemeen				
Pv-modules (panelen)	240 (in 2021) (270 in 2019)	188-366	€ ₂₀₁₉ /kWp € ₂₀₁₈ /kWp	(PBL, 2020) (IRENA, 2019b)
Omvormers	37 (in 2021) 26 (in 2032) ^b		€ ₂₀₁₉ /kWp	(PBL, 2020)
Zon op gebouw (klein)				
BOS	403		€ ₂₀₂₁ /kWp	(PBL, 2020)
Vaste aansluitkosten	20		€ ₂₀₂₀ /kWp	(PBL, 2020)
Totale CAPEX	700		€/kWp	
Zon op gebouw (groot)				
BOS	394		€ ₂₀₂₁ /kWp	(PBL, 2020)
Vaste aansluitkosten	20		€ ₂₀₂₀ /kWp	(PBL, 2020)
Totale CAPEX	691		€/kWp	
Zon op veld				
BOS	329		€ ₂₀₂₁ /kWp	(PBL, 2020)
Vaste aansluitkosten	55 ^a		€ ₂₀₂₀ /kWp	(PBL, 2020)
Totale CAPEX	661		€/kWp	
Zon op binnenwater				
BOS	479		€ ₂₀₂₁ /kWp	(PBL, 2020)
Vaste aansluitkosten	55 ^a		€ ₂₀₂₀ /kWp	(PBL, 2020)
Totale CAPEX	811		€/kWp	

^a Deze kostenpost bestaat uit 30 €/kWp voor vaste aansluitkosten, 30 €/kWp voor kosten voor de transportkabel en -5 €/kWp EIA-aftrek.

^b Omvormers hebben een technische levensduur van twaalf jaar, waarna er een herinvestering volgt in 2032. De kosten zijn bepaald volgens dezelfde leercurve en methode als beschreven in de volgende paragraaf.

2030

Voor 2030 hanteren we een leercurve voor de verwachte kostendaling van de pv-modules en -omvormers. De vermogensdichtheid van zonnepanelen zal naar verwachting toenemen. Hierdoor zijn er per kWp minder panelen nodig en dalen als gevolg hiervan een deel van de BOS-kosten per kWp, zoals de kosten van de bevestigingsstructuur en de installatiekosten. We veronderstellen geen kostenverandering in aansluitkosten⁶ en overige BOS-kosten, ontwikkeling van deze kosten is niet goed in beeld.

Uit de studie van Agora (Fraunhofer ISE, 2015) kunnen we afleiden dat circa 22% van de huidige BOS-kosten van zonnepanelen op land voor rekening komen van de bevestigingsstructuur en circa 15% voor installatiekosten. Deze onderverdeling (totaal 37% van BOS) hebben we aangehouden voor zon op land. Voor zon op water zal het aandeel van de bevestigingsstructuur en installatiekosten hoger liggen, PBL schat de extra investeringskosten voor zon-pv drijvend op water 20-35% hoger (PBL, 2020). Wij veronderstellen dat deze extra kosten met name in de constructie en de installatie gaan zitten, zodat het uitkomt op 47% van de BOS-kosten. Voor zon op dak zullen de aandelen van installatie en constructie waarschijnlijk weer lager liggen dan die voor zon op land, we veronderstellen hier een aandeel van 30%⁷. De BOS-kosten van 2020 zijn vervolgens voor deze aandelen geschaald op basis van het horizontale ruimtebeslag in 2030 ten opzichte van de waarde in 2020.

Leercurve

Voor de leercurve handteren we methode zoals beschreven in een recent rapport van Fraunhofer (Fraunhofer ISE, 2018):

“ If the number of units doubles and the costs decrease by 20%, this is called a Learning Rate (LR) of 20%. The relationship between the quantity x_t produced at the time t , the cost $C(x_t)$ compared to the output quantity at the reference point x_0 and the corresponding cost $C(x_0)$ and the learning parameter b is as follows for the learning rate:

$$C(x_t) = C(x_0) \left(\frac{x_t}{x_0}\right)^{-b}$$
$$LR = 1 - 2^{-b} \quad ,$$

De onderkant van de verwachtingen van Fraunhofer voor de wereldmarkt omvang van het vermogen van zon-pv sluit aan bij de cijfers die PBL (PBL, 2020) rapporteert voor 2021-2023 op basis van de learning rate van 20,9% uit de studie van Agora (Fraunhofer ISE, 2015). Het gaat uit van een wereldwijd geïnstalleerd vermogen van 585 GWp in 2019 en 2.236 GWp in 2030. Bij een pv-moduleprijs van 270 €/kWp in 2019 levert dit een verwachte prijs van circa 172 €/kWp in 2030. We hanteren de 2020 prijzen voor toepassing van de leercurves.

⁶ Natuurlijk zijn er door onder andere het Klimaatakkoord veel extra netinvesteringen nodig, die mogelijk wel zullen zorgen tot hoger vaste of variabele aansluitkosten. Hier is geen goed zicht op.

⁷ Hiervoor zijn geen goede cijfers voorhanden. Op basis van typische kosten van installateurs voor een systeem van zestien panelen op een plat dak, komen we op een aandeel van installatie en montagesysteem van circa 30%.

Tabel 10 - Literatuurwaarden investeringskosten toekomstige situatie, uitgaand van bestaand beleid (2030)

Post	Waarde	Bandbreedte	Eenheid	Bronnen
Leercurve parameter				
Leerfactor pv-modules (learning rate)	20,9%	25-30% 10-23% 19,8-22,6%	%	(RVO, 2020b); (ETIP-PV, 2019) (Tsiropoulos, et al., 2018) (Fraunhofer ISE, 2015)
Leerfactor omvormer (learning rate)	18,9%			(Fraunhofer ISE, 2015)
Wereldwijd geïnstalleerd vermogen referentiejaar	585		GW	(Fraunhofer ISE, 2018)
Wereldwijd geïnstalleerd vermogen 2030	2.236		GW	(Fraunhofer ISE, 2018)
Algemeen				
Pv-modules (panelen)	172		€ ₂₀₁₉ /kWp	Zie leercurve parameters
Omvormers	27 (in 2030) 25 (in 2042) ^a		€ ₂₀₁₉ /kWp	Zie leercurve parameters
Zon op gebouw (klein)				
BOS	379		€ ₂₀₂₁ /kWp	Zie tekst, geschaald op toegenomen MWp/ha
Vaste aansluitkosten	20		€ ₂₀₂₁ /kWp	Gelijk aan 2020 verondersteld
Totale CAPEX	598		€/kWp	
Zon op gebouw (groot)				
BOS	370		€ ₂₀₂₁ /kWp	Zie tekst, geschaald op toegenomen MWp/ha
Vaste aansluitkosten	20		€ ₂₀₂₁ /kWp	Gelijk aan 2020 verondersteld
Totale CAPEX	589		€/kWp	
Zon op veld				
BOS	305		€ ₂₀₂₁ /kWp	Zie tekst, geschaald op toegenomen MWp/ha
Vaste aansluitkosten	55		€ ₂₀₂₁ /kWp	Gelijk aan 2020 verondersteld
Totale CAPEX	558		€/kWp	
Zon op binnenwater				
BOS	434		€ ₂₀₂₁ /kWp	Zie tekst, geschaald op toegenomen MWp/ha
Vaste aansluitkosten	55		€ ₂₀₂₁ /kWp	Gelijk aan 2020 verondersteld
Totale CAPEX	688		€/kWp	

^a Omvormers hebben een levensduur van twaalf jaar, waarna een herinvestering volgt. Op basis van de gebruikte leercurve komen we in 2035 op de genoemde kostenpost. Er zijn te weinig gegevens om voor 2042 de kosten te bepalen met de leercurve, we hanteren daarom de waarde uit 2035.

Naast bovengenoemde kosten kunnen er ook specifieke inpassingkosten zijn. Het kan dan gaan om kosten die voortvloeien uit landschappelijke of esthetische vereisten. Er zijn in de literatuur geen goede gemiddelde waarden hiervoor beschikbaar. Deze zullen we met een enquête proberen vast te stellen.

7.3 Operationele kosten (OPEX)

Recente gemiddelde waarden voor operationele kosten in de Nederlandse context zijn door PBL in beeld gebracht in het SDE+-advies.

Tabel 11 - Literatuurwaarden operationele kosten huidige situatie (2020)

Post	Waarde	Bandbreedte	Eenheid	Bronnen
Algemeen				
-				
Zon op gebouw (klein)				
Gebruiksvergoeding oppervlak	N.v.t.			Niet verondersteld, klein dak
OZB	2,3		€ ₂₀₂₀ /kWp/jr	(PBL, 2020) ^c
Variabele aansluit-/netkosten	2,0		€ ₂₀₂₀ /kWp/jr	(PBL, 2020)
Meetdienst/Bruto productiemeter	3,0		€ ₂₀₂₀ /kWp/jr	(PBL, 2020)
Asset management	1,0		€ ₂₀₂₀ /kWp/jr	(PBL, 2020)
O&M	7,5		€ ₂₀₂₀ /kWp/jr	(PBL, 2020)
Verzekering	1,0		€ ₂₀₂₀ /kWp/jr	(PBL, 2020)
Totale OPEX	16,8		€ ₂₀₂₀ /kWp/jr	
Zon op gebouw (groot)				
Gebruiksvergoeding oppervlak	14.000 ^b	13.100-14.900	€ ₂₀₂₀ /ha/jr	(Engie, 2020; Nieuwe Oogst, 2017)
			€ ₂₀₂₀ /kWp/jr	
OZB	2,2		€ ₂₀₂₀ /kWp/jr	(PBL, 2020) ^c
Variabele aansluit-/netkosten	2,0		€ ₂₀₂₀ /kWp/jr	(PBL, 2020)
Meetdienst/Bruto productiemeter	0,4		€ ₂₀₂₀ /kWp/jr	(PBL, 2020)
Asset management	1,0		€ ₂₀₂₀ /kWp/jr	(PBL, 2020)
O&M	7,0		€ ₂₀₂₀ /kWp/jr	(PBL, 2020)
Verzekering	1,0		€ ₂₀₂₀ /kWp/jr	(PBL, 2020)
Totale OPEX	26,4		€ ₂₀₂₀ /kWp/jr	
Zon op veld				
Gebruiksvergoeding oppervlak	5.100 ^a	500-10.000 ^a	€ ₂₀₁₈ /ha/jr	(Ecorys, 2018); (PBL, 2018)
			€ ₂₀₁₈ /kWp/jr	
OZB	2,1		€ ₂₀₂₀ /kWp/jr	(PBL, 2020) ^c
Variabele aansluit-/netkosten	2,0		€ ₂₀₂₀ /kWp/jr	(PBL, 2020)
Meetdienst/Bruto productiemeter	0,2		€ ₂₀₂₀ /kWp/jr	(PBL, 2020)
Asset management	1,0		€ ₂₀₂₀ /kWp/jr	(PBL, 2020)
O&M	6,0		€ ₂₀₂₀ /kWp/jr	(PBL, 2020)
Verzekering	1,0		€ ₂₀₂₀ /kWp/jr	(PBL, 2020)
Beveiligingsdiensten	0,5		€ ₂₀₂₀ /kWp/jr	(PBL, 2020)
Totale OPEX	17,2		€/kWp/jr	
Zon op binnenwater				
Gebruiksvergoeding oppervlak	1.500	1.000-1.500	€ ₂₀₁₉ /ha/jr	(ROM3D & Inenergie, 2019); (BlueTerra et al., 2019)
			€ ₂₀₁₉ /kWp/jr	
OZB	2,6		€ ₂₀₂₀ /kWp/jr	(PBL, 2020) ^c
Variabele aansluit-/netkosten	2,0		€ ₂₀₂₀ /kWp/jr	(PBL, 2020)
Meetdienst/Bruto productiemeter	0,2		€ ₂₀₂₀ /kWp/jr	(PBL, 2020)
Asset management	1,0		€ ₂₀₂₀ /kWp/jr	(PBL, 2020)
O&M	8,0		€ ₂₀₂₀ /kWp/jr	(PBL, 2020)

Post	Waarde	Bandbreedte	Eenheid	Bronnen
Verzekering	1,0		€ ₂₀₂₀ /kWp/jr	(PBL, 2020)
Beveiligingsdiensten	0,5		€ ₂₀₂₀ /kWp/jr	(PBL, 2020)

- ^a Omgerekend vanuit 4,4 €₂₀₁₈/MWh en afgerond op twee significante cijfers. De range hangt af van het vermogen van de installaties, voor grotere installaties gelden kleinere prijzen per MWp.
- ^b Op basis van 3,5-4,0 €/paneel/jaar en een gemiddeld platdakoppervlak van 2,68 m²/paneel, afgerond op twee significante cijfers. Omdat er weinig literatuur over beschikbaar is, zit er een grote onzekerheid in deze cijfers. De dakvergoeding zal afhankelijk zijn van de specifieke situatie. De gegeven waarden moet naar verwachting gezien worden als een boevengrens.
- ^c Conform de methodiek van PBL: 0,5% OZB over 65% van de CAPEX.

Omdat de totale investeringskosten richting 2030 dalen, zullen ook de operationele kosten voor OZB en verzekeringen (bij gelijkblijvende tarieven) evenredig dalen. We veronderstellen geen ontwikkeling in de overige operationele kosten, zoals voor de gebruiksvergoeding van het installatieoppervlak (dak, veld of water).

Tabel 12 - Literatuurwaarden operationele kosten toekomstige situatie, bij gelijkblijvend beleid (2030)

Post	Waarde	Bandbreedte	Eenheid	Bronnen
Algemeen				
-				
Zon op gebouw (klein)				
Gebruiksvergoeding oppervlak	N.v.t.			Gelijk aan 2020 verondersteld
OZB	1,9		€ ₂₀₂₀ /kWp/jr	Zie tekst geschaald
Variabele aansluit-/netkosten	2,0		€ ₂₀₂₀ /kWp/jr	Gelijk aan 2020 verondersteld
Meetdienst/Bruto productiemeter	3,0		€ ₂₀₂₀ /kWp/jr	Gelijk aan 2020 verondersteld
Asset management	1,0		€ ₂₀₂₀ /kWp/jr	Gelijk aan 2020 verondersteld
O&M	7,5		€ ₂₀₂₀ /kWp/jr	Gelijk aan 2020 verondersteld
Verzekering	0,9		€ ₂₀₂₀ /kWp/jr	Zie tekst geschaald
Totale OPEX	16,3		€ ₂₀₂₀ /kWp/jr	
Zon op gebouw (groot)				
Gebruiksvergoeding oppervlak	14.000 ^b	13.100-14.900	€ ₂₀₂₀ /ha/jr	Gelijk aan 2020 verondersteld
	10,2		€ ₂₀₂₀ /kWp/jr	
OZB	1,9		€ ₂₀₂₀ /kWp/jr	Zie tekst geschaald
Variabele aansluit-/netkosten	2,0		€ ₂₀₂₀ /kWp/jr	Gelijk aan 2020 verondersteld
Meetdienst/Bruto productiemeter	0,4		€ ₂₀₂₀ /kWp/jr	Gelijk aan 2020 verondersteld
Asset management	1,0		€ ₂₀₂₀ /kWp/jr	Gelijk aan 2020 verondersteld
O&M	7,0		€ ₂₀₂₀ /kWp/jr	Gelijk aan 2020 verondersteld
Verzekering	0,9		€ ₂₀₂₀ /kWp/jr	Zie tekst geschaald
Totale OPEX	23,3		€ ₂₀₂₀ /kWp/jr	
Zon op veld				
Gebruiksvergoeding oppervlak	5.100 ^a	500-10.000 ^a	€ ₂₀₁₈ /ha/jr	Gelijk aan 2020 verondersteld
	3,5		€ ₂₀₁₈ /kWp/jr	
OZB	1,8		€ ₂₀₂₀ /kWp/jr	Zie tekst geschaald
Variabele aansluit-/netkosten	2,0		€ ₂₀₂₀ /kWp/jr	Gelijk aan 2020 verondersteld
Meetdienst/Bruto productiemeter	0,2		€ ₂₀₂₀ /kWp/jr	Gelijk aan 2020 verondersteld
Asset management	1,0		€ ₂₀₂₀ /kWp/jr	Gelijk aan 2020 verondersteld
O&M	6,0		€ ₂₀₂₀ /kWp/jr	Gelijk aan 2020 verondersteld
Verzekering	0,8		€ ₂₀₂₀ /kWp/jr	Zie tekst geschaald
Beveiligingsdiensten	0,5		€ ₂₀₂₀ /kWp/jr	Gelijk aan 2020 verondersteld
Totale OPEX	15,8		€/kWp/jr	

Post	Waarde	Bandbreedte	Eenheid	Bronnen
Zon op binnenwater				
Gebruiksvergoeding oppervlak	1.500	1.000-1.500	€ ₂₀₁₉ /ha/jr	Gelijk aan 2020 verondersteld
	1,0		€ ₂₀₁₉ /kWp/jr	
OZB	2,2		€ ₂₀₂₀ /kWp/jr	Zie tekst geschaald
Variabele aansluit-/netkosten	2,0		€ ₂₀₂₀ /kWp/jr	Gelijk aan 2020 verondersteld
Meetdienst/Bruto productiemeter	0,2		€ ₂₀₂₀ /kWp/jr	Gelijk aan 2020 verondersteld
Asset management	1,0		€ ₂₀₂₀ /kWp/jr	Gelijk aan 2020 verondersteld
O&M	8,0		€ ₂₀₂₀ /kWp/jr	Gelijk aan 2020 verondersteld
Verzekering	0,8		€ ₂₀₂₀ /kWp/jr	Zie tekst geschaald
Beveiligingsdiensten	0,5		€ ₂₀₂₀ /kWp/jr	Gelijk aan 2020 verondersteld
Totale OPEX	15,8		€/kWp/jr	

Noten: Zie onder Tabel 11.

8 Inpassingskosten

Meervoudig landgebruik en ecologische inpassing van zonneparken betekenen vaak meer ruimte tussen en rondom zonnepanelen. Bij deze ruimere opzet is de elektriciteitsopbrengst per hectare lager dan bij een standaard zonnepark. Voor de inpassingskosten hanteren we scenario's met een onder- en bovenwaarde. In Tabel 13 staan aanvullende kosten van maatregelen gericht op inpassingen. Het gaat om percentages ten opzichte van de technisch-economische kosten van een standaardproject en zijn gebaseerd op de enquête (bovenwaarde) en literatuur (onderwaarde). In Tabel 13 presenteren we het overzicht van deze 'kostenopslagpercentages'.

Tabel 13 - Parameters voor kosten van aanvullende maatregelen gericht op inpassing (% t.o.v. CAPEX en OPEX)

	CAPEX		OPEX		Opmerking
	Onderwaarde	Bovenwaarde	Onderwaarde	Bovenwaarde	
Landschappelijke inpassing + ecologie	2%	25%	11%	25%	Bandbreedte uit literatuur
Esthetiek	0,5%	25%	0,5%	25%	Bandbreedte uit enquête

Ondergrens

De kosten van ecologische inpassing in de ondergrens zijn ontleend aan Hartog et al. (2020) en zijn in de tabel donkerblauw gearceerd. De ruimere opzet van de zonneparken vormt de basis van de ecologische meerwaarde. Zowel tussen als rondom de paneelrijen is meer ruimte aanwezig in vergelijking met monofunctionele zonneparken. Tabel 14 geeft een overzicht van kostenkennalen voor de verschillende ecologische maatregelen die getroffen kunnen worden.

Tabel 14 - Kentallen voor huidige kosten ecologische inpassing

	Bedrag	Eenheid
Ecologisch beheerplan opstellen	30.000	€
Struweel	5	€/m
Kruidenrijk graslandmengsel	2.476	€/ha
Maai- en afvoerbeleid	1.500	€/ha
Monitorbeleid	2.500	€/jaar
Fonds investering	2.500	€/jaar

Bepaalde maatregelen zoals het monitorbeleid en het opstellen van een biodiversiteitsplan, geven schaalvoordeel als men kijkt naar een grotere businesscase. Dit komt omdat deze kosten niet evenredig opschalen met de oppervlakte van het park.

Ook zijn kosten voor het ecologisch maaibeheer opgenomen. Door de extensieve opzet neemt het ruimtebeslag toe en daarmee ook de pachtvergoeding die per MWp moet worden afgedragen. In de onderzochte cases in Hartog et al. (2020) was deze extensieve opzet alleen financieel haalbaar door vaak *lage of afwezige grondkosten*⁸. In onze modelopzet rekenen we ook de *volledige pachtvergoeding* uitgaande van de lagere dekkingsgraad van een extensief veldsysteem (0,29), resulterende in een hoger OPEX-percentage (11%).

Bovengrens

In de bovengrens wordt gerekend met de uitkomsten van de enquête. Deze kunnen gezien worden als een hele grove indicatie van mogelijke kostenophogende factor door extra eisen vanuit leefomgeving en visuele inpassing richting toekomst (2030). Op dit moment wordt hiervoor nog geen onderbouwing gevonden in de literatuur.

9 Maatschappelijke kosten en baten

Inleiding

De maatschappelijke kosten en baten refereren naar de effecten van een zonneproject die niet tot uitdrukking komen in de directe kosten en opbrengsten van het project voor de initiatiefnemer. Het gaat hierbij om effecten op aspecten als visuele waardering, biodiversiteit en het ecologisch systeem.

Kosten en baten worden vergeleken met een standaard zonproject, zonder de extra inpassingsmaatregelen of uitvoeringseisen. Dat wil zeggen dat de situatie van een goede inpassing wordt vergeleken met een standaardproject zonder een dergelijke inpassing.

In dit hoofdstuk bespreken we de literatuur die te vinden is over de maatschappelijke impact van zonneprojecten.

⁸ In deze studies zijn er twee businesscases geconstrueerd; een kleinschalige case die onder de 2.2 MWp blijft en een grootschalige case (17 MWp) die op een onderstation moet worden aangesloten. Wij zijn uitgegaan van de grootschalige casus.

Visuele beleving van omwonenden

In het geval van windenergie is al substantieel onderzoek gedaan naar het effect van een nieuw geplaatste windturbine op de beleving van omwonenden. De effecten worden veelal gemeten door middel van de huizenprijzen binnen een beperkte straal rondom de turbine in kwestie. Uit deze onderzoeken komt naar voren dat de huizenprijzen negatief worden beïnvloed, wat erop duidt dat mensen een turbine in hun omgeving negatief beleven. Vergelijkbaar onderzoek met betrekking tot zonneprojecten is schaarser. In de onderzoeken die er zijn, is er vaak minder data beschikbaar. De straal van impact is vermoedelijk kleiner aangezien panelen vaak dichtbij de grond staan en minder zichthinder opleveren voor omwonenden. Daarnaast zijn er, in vergelijking met windprojecten, minder beschikbare projecten om te analyseren.

Maddison et al. (2019) hebben onderzoek gedaan naar het effect van zonneparken op ruimtelijke kwaliteit, en constateren dat aspecten als weerkaatsing van zonlicht en omgevingsgeluid als negatief worden ervaren. Deze effecten hebben ze getracht te kwantificeren en vinden een daling van 2-10% van huizenprijzen binnen een straal van 500 meter van het zonnepark (Maddison, et al., 2019). Dröes en Koster (2019) hebben in Nederland een vergelijkbaar onderzoek gedaan, en vinden na opening van een zonnepark een daling in woningprijzen van gemiddeld 3% bij huizen in een straal van 1 km rondom het park (Dröes & Koster, 2019). Een onderzoek van Von Möllendorff en Welsch (2017) neemt subjectief welzijn mee als variabele, maar zij vinden geen effect van zonneparken op dit subjectieve welzijn.

De beleving van omwonenden in het geval van zonnepanelen op dak verschilt van zonneparken. Dat wil zeggen, de beleving van de eigenaar is veelal positief, immers zij ervaren opbrengsten uit deze panelen, en het bezit van zonnepanelen kan zorgen voor een gevoel van status. Daarentegen ondervinden bewoners in aangrenzende buurten een negatieve visuele beleving van de panelen van buurtgenoten (von Möllendorf & Welsch, 2017). Het is alleen onduidelijk hoe hoog deze beide effecten zijn. Daarnaast geven deze effecten elkaar tegenwicht, en vallen ze mogelijk tegen elkaar weg in een buurt.

Waarde in model

Een mogelijke indicator voor de waardering van omwonenden is de waardeverandering in vastgoed. Er zijn meer indicatoren en methoden (bijv. stated preference). Echter in de literatuur zijn de meeste uitkomsten te vinden in woningmarktonderzoek. Om de beleving van omwonenden te kunnen kwantificeren, gebruiken wij de bandbreedte van **2 tot 10% gemiddelde daling van woningwaarde** van betreffende woningen. Deze range komt uit bovenstaande onderzoeken naar voren. Deze passen wij toe op de woningen binnen een straal van 1 kilometer van het zonneproject, in het geval van grondgebonden zon. Bij de bandbreedte gaan we ervan uit dat een lager percentage toepasbaar is wanneer er meer aandacht uitgaat naar de landschappelijke inpassing en maatschappelijke acceptatie van het project, en vice versa. De conclusie is dat er zeker niet uit te sluiten is dat negatieve effecten kunnen optreden van zonneparken op waardering. Daarbij kunnen maatregelen gericht op inpassing van zonneparken in het landschap voorkomen dat deze negatieve effecten optreden.

De gemiddelde woningprijs was in 2019 € 308.000 volgens het CBS (2020). Per woning binnen een straal van een kilometer komt dat dus neer op zo'n € 6.160 tot € 30.800 gemiddelde waardedaling ten gevolge van het plaatsen van een zonnepark, met de bandbreedte van 2-10% waardedaling. Om een indicatie te geven van het maatschappelijke effect op de beleving van omwonenden, stellen wij daarom voor om het aantal woningen in een straal van een kilometer rondom het zonneproject te vermenigvuldigen met dit bedrag.



Verder stellen wij voor om dit bedrag vervolgens uit te smeren over de levensduur van het project, om te laten reflecteren dat het gaat om een blijvende verminderde beleving, en niet een eenmalige waardedaling van deze beleving aan het begin van het project. Deze indicaties nemen we als mogelijk batenpotentieel van maatregelen gericht op groene zoom, groene buffers en natuurlijke omheiningen.

Daling van woningwaarde is een goede graadmeter voor de waardering van zonneparken maar is thans als binaire waarde gemodelleerd: wel of geen effect. Het betekent concreet dat als er geen omwonenden binnen de straal van een kilometer wonen, er geen effect verondersteld wordt. In de toekomst kan dit verfijnder gemodelleerd worden.

Biodiversiteit en natuur

Bij het plaatsen van een zonnepark bestaan er zorgen over de negatieve effecten op de biodiversiteit. Zo kan een park ten koste gaan van leefgebied van verschillende soorten vogels, kan er verlies van ondergrondse biodiversiteit ontstaan, en kan de bodemkwaliteit achteruitgaan. In een rapport van de Rijksuniversiteit Groningen, Grauwe Kiekendief en Wageningen Environmental Research (2018) worden deze invloeden beschreven, en worden de verschillen geschetst tussen verschillende mate van ecologische inpassing van een zonnepark. Over het algemeen wordt geconcludeerd dat bij een veld welke vol wordt geplaatst met panelen een verlies voor leefgebied van vogels optreedt, en dat de bodemkwaliteit achteruitgaat. Daarentegen kan er bij een goede ecologische inpassing een verbetering van het leefgebied voor vogels plaatsvinden, en wordt de bodemkwaliteit verbeterd (University of Groningen; Wageningen University and Research; Grauwe Kiekendief, 2018).

In een rapport van TNO (2018) wordt opgemerkt dat het van de bestaande staat van de biodiversiteit afhangt of het plaatsen van een zonnepark een negatieve of positieve impact heeft. Het effect kan over het algemeen positief zijn als de grond oorspronkelijk weinig natuurwaarde had, zoals intensieve landbouwgrond, bouwpercelen en stukken grond langs infrastructuur. Daar staat tegenover dat de impact op biodiversiteit negatief kan zijn als de grond oorspronkelijk een hoge natuurwaarde had. Zonneparken kunnen derhalve, indien goed ingericht, beter zijn voor biodiversiteit dan de meeste landbouwgrond.

Een aantal specifieke impacts van zonnepanelen op diverse diersoorten wordt beschreven in een rapport van BSG Ecology (2019). De negatieve impacts worden hierin benadrukt. Vogels raken mogelijk gedesoriënteerd door de weerkaatsing van de panelen, en insecten zien de panelen aan voor wateroppervlak. In dit rapport, net als in het rapport van de Rijksuniversiteit Groningen, Grauwe Kiekendief en Wageningen Environmental Research (2018) en die van TNO (2018), wordt gesuggereerd dat deze negatieve effecten kunnen worden gecompenseerd of dat er zelfs een positieve impact op biodiversiteit kan worden gerealiseerd door een ecologisch verantwoorde inrichting van een zonnepark. Hierbij gaat het om bijvoorbeeld extensiever ruimtebeslag door ruimte te laten tussen de rijen panelen; aanbreng van natuurlijke omheiningen (groenzoom); dunne witte strepen op de panelen zodat insecten dit niet als wateroppervlak zien; het laten grazen van schapen tussen de panelen; en ecologisch maaibeheer van het terrein om de biodiversiteit optimaal te faciliteren. Dergelijke inrichting is in een rapport van Naturalis genoemd als reden voor een verhoogde biodiversiteit in een zonnepark in Nederland (Naturalis, 2020).

Eén van de maatregelen, ecologisch maaibeheer, is onderzocht in een studie door Montag, Parker en Clarkson (2016). Zij onderzochten de biodiversiteit van zonneparken in vergelijking met lege velden in de buurt. Ze concluderen dat de biodiversiteit hoger is in zonneparken. De hogere biodiversiteit hangt sterk samen met het beheer van de grond. Hierbij is



de biodiversiteit beter waar diverse planten worden gezaaid, en waar een goed ecologisch maaibeheer plaatsvindt (Montag, et al., 2016). Hieruit kunnen we concluderen dat een ecologische inpassing van een zonnepark voor verbeterde biodiversiteit kan zorgen.

We zien ook dat er steeds meer eisen worden gesteld aan ecologische inpassing door bijvoorbeeld provincies. De provincie Overijssel scherpt de voorwaarden aan voor de aanleg van zonneparken in het landelijk gebied. Initiatiefnemers van zonneparken moeten ook investeren in andere maatschappelijke opgaven dan de productie van hernieuwbare energie⁹. Gezien de groei van het aantal zonneparken wil de provincie een striktere toepassing van de zonneladder. De zonneladder is een rangschikking op volgorde van voorkeur van mogelijke locaties voor zonnepanelen: van daken via industrieterrein tot landbouwgrond. Zonnevelden in het landelijk gebied gelden als het sluitstuk van de zogeheten zonneladder.

Ondanks de redelijke beschikbaarheid van literatuur over (mogelijk) effecten van zonneparken op biodiversiteit, zijn deze effecten niet heel hard onderbouwd. Om deze effecten toch een waardering te kunnen geven in de maatschappelijke kosten en baten van een zonneproject, gebruiken we het Handboek Milieuprijzen van CE Delft (CE Delft, 2017). Hierin is een berekening gemaakt voor een gemiddelde economische waardering van biodiversiteit in Nederland. Dit is gebaseerd op verschillende onderzoeken en resulteert in een bandbreedte van waardering van biodiversiteit.

Waarde in model

Door ecologische landtransformatie neemt de soortenrijkdom toe. Op basis van verschillende data komt het Handboek Milieuprijzen op een bandbreedte van € 0,158 tot € 1,240 per PDF per m² in Nederland voor de minimale herstelkosten van biodiversiteit. Deze PDF staat voor Potentially Disappeared Fraction (of species) en duidt daarmee het verlies van soorten aan op een vierkante meter grond gedurende een jaar. De PDF geeft het aantal soorten aan dat verdwijnt als gevolg van ongewenste leefomstandigheden. Hierbij gaat het om het verschil met de 'normale' situatie, en de PDF is dan ook een deltagetal. Een PDF van bijvoorbeeld 0,1 houdt in dat 10% van de soorten verloren gaat per m² gedurende een jaar, ten opzichte van de uitgangssituatie. De minimale herstelkosten zijn vervolgens te interpreteren als de marginale waardering voor een marginale *winst* aan soortenrijkdom. Immers, als men een ecologisch maaibeheer toepast, neemt de soortenrijkdom toe en 'bespaart' men de herstelkosten van de diersoorten die door dit beheer terugkomen in het gebied. Bij een gebrek aan ecologisch grondbeheer is de waardering te interpreteren als de marginale waardering voor de soortenrijkdom die verloren gaat door het afzien van ecologisch beheer. Om dit in het model te kunnen weergeven, moeten zowel de oorspronkelijke soortenrijkdom als de soortenrijkdom na het bouwen van het zonneproject worden aangegeven. Met het verschil kan daarna via de milieuprijs een kwantitatieve waardering worden berekend.

Ruimtegebruik: Opportunity cost

Door een standaard zonnepark (zonder meervoudig ruimtegebruik) neer te zetten op een stuk grond belet je dat er alternatieve (economische) activiteiten op diezelfde grond plaatsvinden. Het stuk grond kan namelijk maar één keer tegelijk gebruikt worden. Dit is ook wel de 'opportunity cost' van de grond genoemd, en deze staat gelijk aan het beste

⁹ Dit kan bijvoorbeeld zijn duurzame landbouw, natuurcompensatie, of (financiële) meerwaarde voor de omwonenden.



alternatieve gebruik van de grond. Deze opportunity cost is van toepassing op de grond-eigenaar. De vraag hierbij is: hoeveel zou de grond opbrengen bij het beste alternatieve gebruik?

In zekere zin is daarom de opportunity cost al geïnternaliseerd in de projectkosten door middel van de pachtvergoeding. Deze pachtvergoeding ontstaat op de markt en reflecteert daarom, onder voorwaarde van vrije marktwerking, de waarde van het stuk grond. Hoewel zeker discussie mogelijk is in hoeverre deze redenering in de Nederlandse ruimtelijke ordening van toepassing is, zal de pachtvergoeding doorgaans een redelijke maatstaf vormen voor de kosten van alternatief ruimtegebruik¹⁰. De grondkosten worden niet vergoed in de SDE+, maar is wel als bedrijfskundige kost in het LCoE-model opgenomen. Zie daarvoor gebruiksaafhankelijke vergoeding per zontoepassingen.

Stikstofuitstoot

Een maatschappelijk effect van het gebruiken van landbouwgrond voor een zonnepark is dat er minder stikstof wordt uitgestoten als het oorspronkelijk grondgebruik de functie landbouw had. De gemiddelde stikstofdepositie (neerslag) in Nederland bedraagt momenteel ongeveer 1.600 mol N/ha/jr. (WWF, 2019). De uitdaging voor ons land wordt om dit terug te brengen naar gemiddeld 1.000 mol/N/ha/jr.². Dit is nodig om ervoor te zorgen dat de kwaliteit van de Nederlandse natuurgebieden niet verder verslechtert en om te voldoen aan de natuurbehoudafspraken die op nationaal en Europees niveau zijn vastgelegd. De landbouwsector is de bron van rond 68% van de stikstofdeposities van Nederlandse bodem. Eén van de maatregelen is het opkopen van intensieve landbouwgebieden (veehouderij) en er een andere bestemming aan geven (warme sanering). Eén van de mogelijke alternatieve bestemmingen is grond ten behoeve van zonneparken.

Om een indicatie te geven van de hoeveelheid stikstof die gepaard gaat met landbouwactiviteiten, gaan we uit van de maximaal toegestane stikstofuitstoot uit dierlijke mest die is vastgesteld door de Nederlandse overheid. In 2020 is het maximale stikstofgebruik uit dierlijke mest 170 kg per hectare (RVO, 2020a). Om dit te waarderen in monetaire eenheden gebruiken we het Handboek Milieuprijzen van CE Delft (2017). Hierin wordt een milieuprijs voor stikstof voorgesteld van € 24,10 per kg per jaar als onderwaarde, en € 53,70 per kg per jaar als bovenwaarde. De centrale waarde is € 34,70 per kg per jaar. Dit komt neer op € 4.097 tot € 9.129 aan voorkomen stikstof per hectare per jaar. Deze milieubaten kunnen gerealiseerd worden als grond onttrokken wordt van intensieve landbouw en dan met name veehouderij. De milieubaten zijn verder afhankelijk van locatie en nabijheid tot natuurgebieden, in bovenstaande gaat het om gemiddelde waarden in Nederland. Dit effect komt alleen tot uitdrukking in het model indien er inderdaad grond wordt onttrokken van intensieve veehouderij. In andere gevallen is niet met zekerheid te stellen dat er een significante vermindering van stikstofemissie plaatsvindt.

¹⁰ Eén van de voorkomende situaties is in het geval van een stoppend agrarisch bedrijf. Het opzetten van een zonnepark blijkt dan vaak een goed alternatief van het grondgebruik. In dit geval is er een opportunity cost. Het zonnepark gaat dan namelijk 'ten koste' van bruikbare landbouwgrond, en daarmee ten koste van landbouwopbrengst. In andere gevallen wordt door de gemeente een stuk grond uitgezocht waarvan het bestemmingsplan vervolgens wordt gewijzigd. Een ander voorbeeld is het gebruik van voormalige slibdepots en vuilstortplaatsen voor een aan te leggen zonnepark. In deze situaties is de opportunity cost minder eenvoudig te bepalen.



Participatie

Een onderwerp wat steeds belangrijker wordt bij zonneparken is lokale participatie. In het Klimaatakkoord is het streven afgesproken dat 50% van de productie van hernieuwbare opwek op land, in handen komt van de lokale omgeving (inwoners en bedrijven). Participatie door omwonenden of andere belanghebbenden heeft als voordeel dat het voor meer draagvlak kan zorgen. Dit kan op meerdere manieren worden bewerkstelligd, bijvoorbeeld door belangstellenden te betrekken in het proces, ze financieel mee te laten doen, te compenseren of mee te nemen in het beheer door middel van vrijwilligerswerk. Participatie kan in zekere zin de negatieve beleving van omwonenden verlichten.

Bij financiële participatie zijn verschillende gezichtspunten mogelijk. Een mogelijk standpunt is dat financiële participatie vraagt om een andere verdeling van het rendement gaat. Het totaalrendement staat grotendeels vast, en wordt door de subsidieverstrekker bepaald via de SDE++. Vervolgens kan dit toegestane rendement verdeeld worden tussen de verschillende groepen participanten, te weten initiatiefnemers, investeerders en omwonenden. In dit eerste standpunt leidt deze vorm niet tot extra kosten van vermogen, maar wel tot een andere verdeling van het totaalrendement. Omwonenden profiteren van een deel van de opbrengsten, zonder dat hiermee de totaalopbrengst wordt verhoogd. Participatie- en omgevingskosten worden op basis van de uitgangspunten niet meegenomen in de CAPEX, maar worden dan wel gecompenseerd vanuit het rendement op eigen vermogen. Op dit moment is dit ook benadering binnen de SDE++.

Het tweede standpunt heeft **wel** invloed de hoogte van het totaalrendement en deze kosten moeten dus wel meegenomen worden in kosteninschatting. Hierin wordt participatie wel als een reële 'kostprijsverhogende' factor gezien in projecten. De baten zijn dat daarmee de slaagkans wordt vergroot en sociaal draagvlak voor (grote) zonneprojecten wordt gerealiseerd. Een bijdrage aan een omgevingsfonds vanuit de opbrengst van het project is daarmee één van de additionele kosten ten opzichte standaardprojectkosten. Overigens zijn deze additionele kosten niet heel precies te kwantificeren. Het kan gaan om procesrisico's (complex participatieproces), bijdrages aan omgevingsfondsen, of lokale eisen vanuit vergunningsverlener. Deze type kosten gaan relatief een grotere rol spelen in de periode tot 2030, aangezien projecten groter worden en locaties voor projecten in toenemende mate op verzet kunnen stuiten.

Om een hogere mate van maatschappelijke acceptatie te bewerkstelligen, en om rekening te houden met de natuur, wordt in veel gevallen gevraagd om rekening te houden met de landschappelijke inpassing van zonneprojecten. Er wordt gevraagd om ruimte te reserveren, bijvoorbeeld 10 tot 20%, om een groene rand te kunnen realiseren rond het zonnepark. Dit verhoogt uiteraard de kosten door lagere gemiddelde energieopbrengsten per hectare, maar verhoogt ook de maatschappelijke baten door middel van verbeterde visuele beleving en eventueel verbeterde biodiversiteit.

Aangezien de waarde van een goed ingepast project vooral een politieke keuze is en er nog geen eenduidige oplossing is voor de twee gezichtspunten (kostprijsverhoging of vooral verdeling van rendement), wordt dit aspect niet meegenomen in de huidige opzet van het model.



Tabel 15 - Literatuurwaarden maatschappelijke kosten huidige situatie (2020)

Post	Bandbreedte	Eenheid	Bronnen
Visuele beleving			
Woningwaardedaling	2-10% (van € 308,000)	% woningwaardedaling	(Maddison, et al., 2019) (CBS, 2020)
Biodiversiteit			
Soortenrijkdom verlies/winst (PDF)	0,158-1,24	€/PDF/m ² /jaar	(CE Delft, 2017)
Voorkomen stikstofemissies			
Milieuprijs stikstofemissie	24,10-53,7	€/kg	(CE Delft, 2017)
Maximale stikstofemissie per ha	170	kg/ha/jaar	(RVO, 2020a)

10 Resultaten LCoE-model

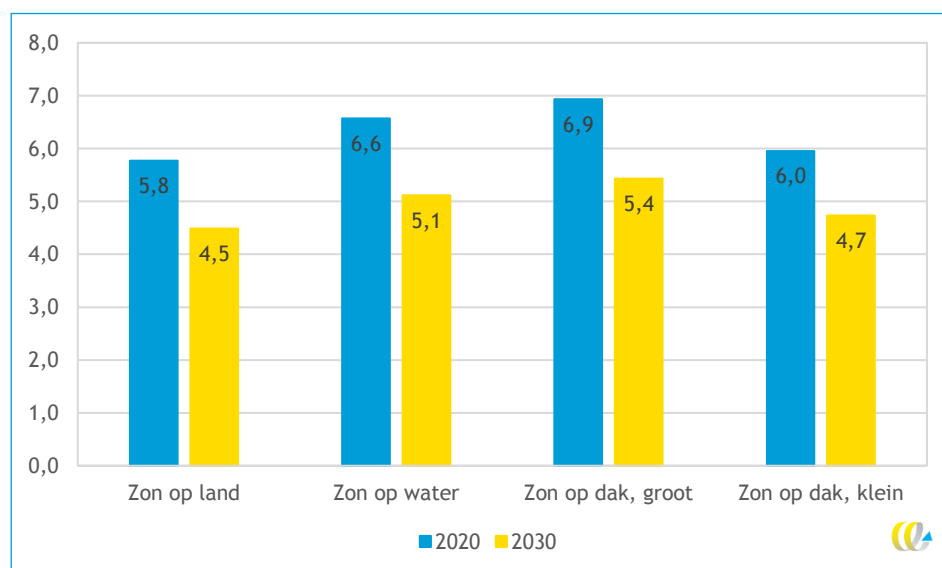
Hier geven we een overzicht van de resultaten binnen de bandbreedtes van de inpassingsaspecten (LCoE privaat) en binnen de bandbreedtes van de maatschappelijke effecten (LCoE maatschappelijk).

In het model zijn parameterwaarden verzameld van private kosten in 2020 en 2030. Aanvullend is een inschatting gemaakt van maatschappelijke kosten in minimale en maximale inpassingsvarianten. De onderbouwing van de verschillende parameters volgt in de resterende paragrafen.

10.1 Opwekkosten bij inrichting voor maximale energieproductie

We presenteren allereerst de private kosten voor de zontoepassingen, gegeven een projectdimensionering gericht op maximale energieproductie. In Figuur 1 worden de private kosten per kWh voor alle vier toepassingen in 2020 en 2030 weergegeven.

Figuur 1 - LCoE privaat 2020 en 2030 voor standaardinrichting zonneproject, €cent per kWh



Een vergelijking tussen 2020 en 2030 in Figuur 1 laat zien dat over het algemeen de opwekkosten per kWh over de komende tien jaar zullen dalen naar een range tussen 4,5 €cent en 5,4 €cent per kWh. De marktindex (APX) voor de SDE+ voor 2020 is bepaald op 4,9 €/kWh (afgerond). Hiermee komt in sommige toepassingen grid parity in zicht in de periode 2030, uitgaande van elektriciteitsprijzen in 2020. Deze daling komt grotendeels door de leercurve, en verdere verwachtingen voor dalende kosten voor componenten.

Naast de private opwekkosten zijn ook de maatschappelijke opwekkosten per kWh bepaald. Hierin worden de maatschappelijke effecten van het zonneproject verwerkt. De parameters die het verschil tussen de minimale en maximale inpassing definiëren, zijn weergegeven in Tabel 16.

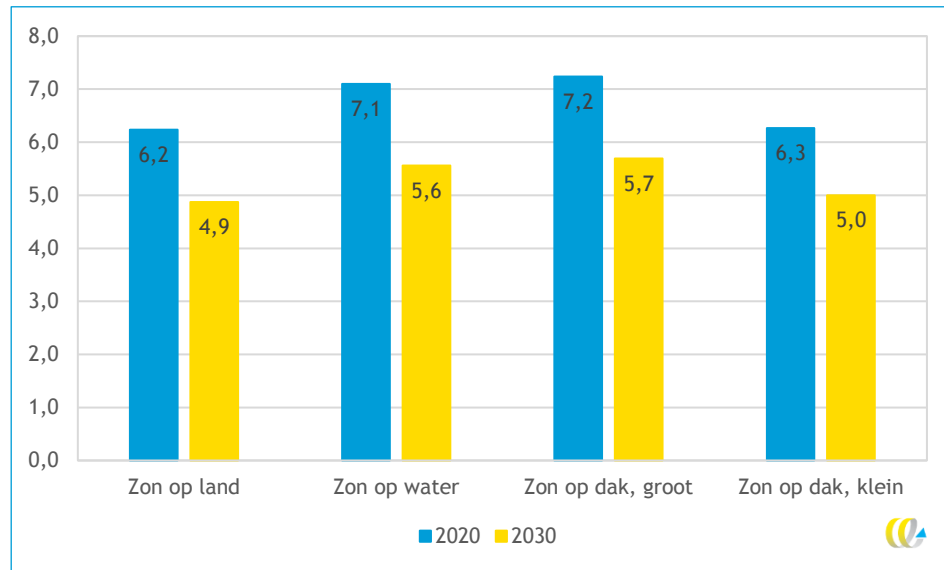
Bij een inrichting van het project gericht op maximale energieproductie, ontstaan maatschappelijke kosten van visuele hinder, verlies aan biodiversiteit en mogelijk andere effecten. Deze kosten worden vaak nu niet toegerekend aan de projectontwikkelaar, maar kunnen wel gekwantificeerd worden. Voor het bepalen van externe kosten worden de parameters bij minimale inpassing gehanteerd. De resulterende maatschappelijke opwekkosten per kWh presenteren we in Figuur 2.

Tabel 16 - Parameters bij minimale en maximale maatregelen gericht op (landschappelijke) inpassing

Parameter	Minimale inpassing	Maximale inpassing	Eenheid	Opmerking
Aantal woningen binnen straal 1 km	10	10	Aantal woningen	Zelf in te vullen, referentiescenario = 10 woningen
Daling woningwaarde	10%	2%	% van woningwaarde	Bandbreedte uit literatuur
Soortenrijkdom na project	-0,35	0,35	PDF ¹¹	Bandbreedte zelf gedefinieerd
Milieuprijs biodiversiteit	1,24	1,24	€/PDF/m ²	Bovenwaarde milieuprijs in beide gevallen
Oppervlakte onttrokken aan intensieve veehouderij	0	Gehele oppervlakte	ha	Zelf in te vullen, bandbreedte tussen 0 en totale oppervlakte van project
Milieuprijs stikstof	24,10	24,10	€/kg	Onderwaarde milieuprijs in beide gevallen

¹¹ PDF staat voor Potentially Disappeared Fraction. Dit geeft het verlies (of de 'winst') aan soorten weer. Een PDF van 0,35 zegt bijvoorbeeld dat 35% van de soortenrijkdom verloren gaat t.o.v. de Ausgangssituatie. Om verschil te maken tussen winst en verlies aan soorten en deze als maatschappelijk effect in het model aan te brengen, gebruiken we een negatief getal voor soortenverlies en een positief getal voor soortenwinst.

Figuur 2 - LCoE Maatschappelijk in 2020 en 2030 voor standaardinrichting zonneproject, €cent per kWh



Een vergelijking tussen Figuur 1 en Figuur 2 laat zien dat over het algemeen de maatschappelijke opwekkosten per kWh hoger zijn dan de private opwekkosten, zowel in 2020 als in 2030. De reden hiervoor is dat er negatieve effecten optreden op het gebied van visuele waardering en verlies aan biodiversiteit. Voor zon op land in 2020 komt dit neer op 0,04 €cent/kWh aan kosten voor biodiversiteit, en 0,13 €cent/kWh aan kosten voor een daling in visuele waardering. Deze effecten zijn alleen meegenomen bij zon op land en deels bij zon op water. De reden hiervoor is dat de literatuur voor de maatschappelijke effecten vrijwel geheel gefocust is op zonneparken. Voor zontoe toepassingen op water is slechts beperkt onderzoek gedaan. Daarnaast is een aantal maatschappelijke effecten niet van toepassing op zon op dak.

10.2 LCoE bij landschappelijk ingepaste zonneprojecten

In de vorige paragraaf was de LCoE te zien bij een standaardinrichting, dat wil zeggen een inrichting van het zonneproject dat gericht is op maximale energieproductie. Hierbij worden er geen maatregelen genomen om inpassing in het landschap en ecologie te waarborgen. Hiertegenover staat een ecologische inrichting, waarbij de bedekkingsgraad veel beperkter is, er meer ruimte toegestaan wordt tussen de rijen modules en gebruik wordt gemaakt van natuurlijke hagen en wallen om het zonnepark.

In Figuur 3 vergelijken we de kosten van een standaardinrichting met de ecologische inrichting van het zonnepark voor zon op land in 2020. Hierbij is een onder- (literatuur) en bovenwaarde (enquête) gehanteerd voor de kosten van landschappelijke en esthetische inpassing. Deze onder- en bovenwaarde is terug te vinden in Tabel 13 in Hoofdstuk 8.

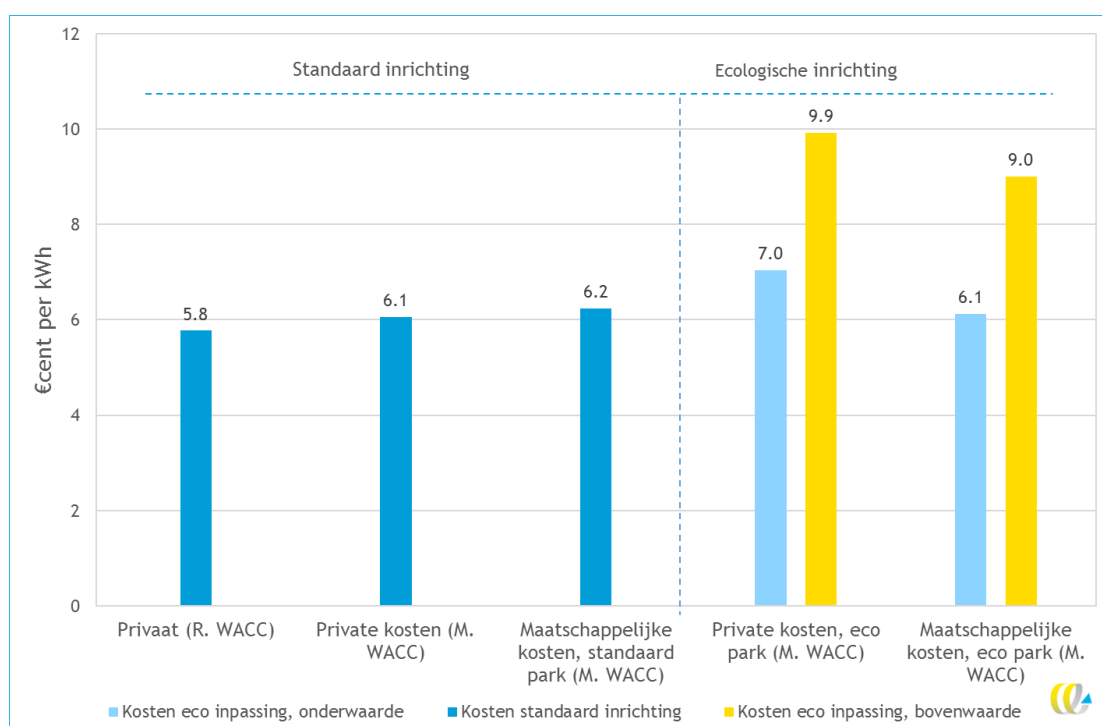
Van links naar rechts gebeurt er het volgende:

- De private LCoE voor een standaard ingericht park is 5,8 €cent/kWh.
- Als men deze kosten waardeert met de maatschappelijke WACC, is de LCoE 6,1 €cent/kWh.
- Inclusief maatschappelijke effecten is de maatschappelijke LCoE voor zon op land 6,2 €cent/kWh. In feite verhogen de maatschappelijke kosten de maatschappelijke LCoE

met 0,1 €cent/kWh (hierin wordt de woningwaarde daling in de omgeving, en de biodiversiteitsverliezen meegerekend).

- Vervolgens stijgen de private kosten voor een ecologisch ingericht zonnepark omdat de ruimte van het park toeneemt en daarmee de kosten, en omdat er kosten gemaakt worden voor de ecologische inrichting en beheer. Hierbij geven lichtblauw en geel de onder- en bovenwaarde aan van de kosten voor ecologische inpassing, respectievelijk resulterend in een LCoE van 7,0 tot 9,9.
- De laatste twee kolommen geven de maatschappelijke LCoE aan wanneer de maatschappelijke voordelen van deze inpassing vervolgens zijn meegerekend. Hier is uitgegaan van beperkte woningwaardedaling, vermeden herstelkosten voor biodiversiteit, en vermeden stikstofuitstoot voor de gehele oppervlakte. In de onder- en bovenwaarde resulteert dit in een LCoE van 6,1 tot 9,0 €cent/kWh.

Figuur 3 - LCoE zon op land 2020: standaard en ecologisch inrichting, €cent per kWh



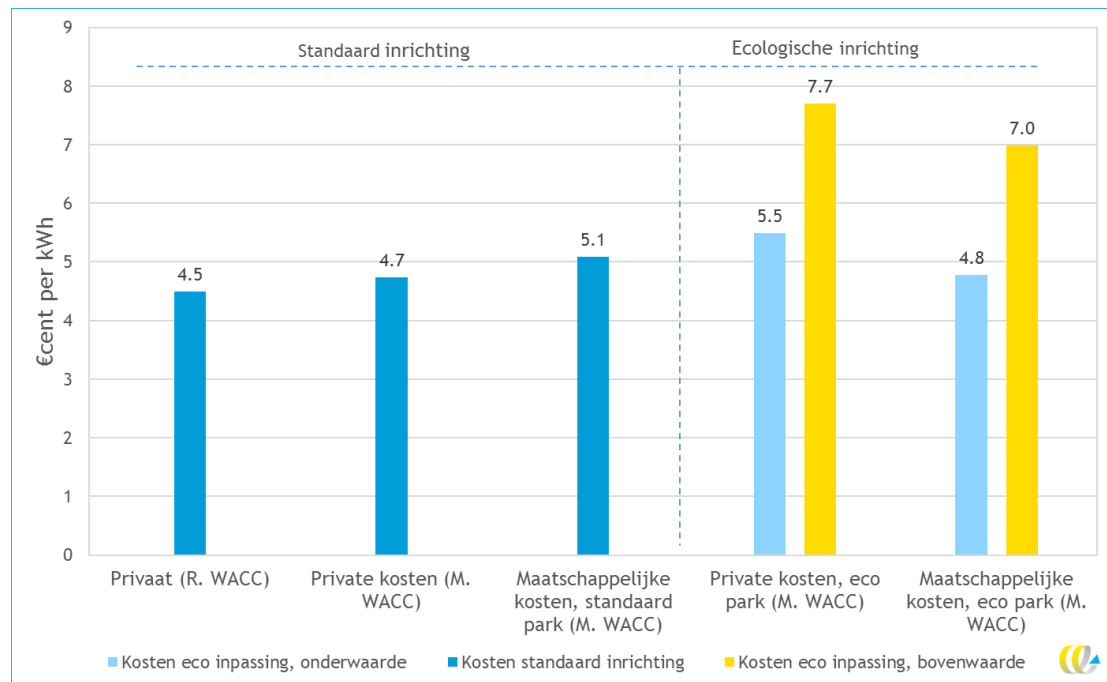
De afkorting (R. Wacc) of (M. Wacc) geeft aan of de LCoE is verdisconteerd met de reële WACC voor de private kosten of met de maatschappelijke WACC voor de maatschappelijke kosten.

In Figuur 3 is te zien dat de maatschappelijke kosten per kWh voor ecologisch ingerichte zonneparken over het algemeen hoger liggen (6,1-9,0 €cent/kWh) dan zonneparken die ingericht zijn op maximale energieproductie (standaardinrichting, 5,8 €cent/kWh). De reden hiervoor is dat een ecologische inrichting een extensief ruimtegebruik kent en meer ruimte in beslag neemt, waardoor voor eenzelfde stroomopbrengst uiteindelijk een hogere pachtvergoeding moet worden uitgekeerd aan grondeigenaren. Ook zijn de kosten voor landschappelijke en esthetische inpassing meegerekend in het ecologisch ingerichte project. Gerekend met de onderwaarde voor inpassingskosten wordt een ecologisch ingericht park maatschappelijk gezien met lagere kosten gewaardeerd dan een standaard ingericht park (6,1 €cent/kWh voor een ecologisch ingericht park vs. 6,2 €cent/kWh voor een standaard ingericht park). Met andere woorden, de voordelen van de inpassingsmaatregelen wegen op tegen de nadelen ervan.

Natuurlijk hangt dit in het model sterk af van de gekozen Ausgangssituatie van landgebruik, aantal woningen in de buurt, de oorspronkelijke biodiversiteit, etc. Bij de bovenwaarde van een ecologisch ingericht zonnepark wegen de kosten van inpassing niet op tegen de maatschappelijke effecten.

De resultaten voor zon op land in 2030 zijn weergegeven in Figuur 4.

Figuur 4 - LCoE zon op land 2030: standaard en ecologisch inpassing, €cent per kWh



Tabel 17 geeft de individuele impact weer van de verschillende maatschappelijke effecten, alsmede de inpassingskosten, op de LCoE voor Zon op land in 2020 en 2030. Hier is te zien dat in de bovenwaarde de inpassingskosten een grote impact hebben op de LCoE. Zowel de OPEX als CAPEX stijgen met 25%, resulterend in een significante ophoging van de LCoE. Van de maatschappelijke effecten heeft stikstofwinst (m.a.w., vermeden stikstofuitstoot door een zonnepark op een voormalig intensief agrarisch grondgebied) de grootste impact. Ook hier geldt dat de effecten sterk afhankelijk zijn van de uitgangspunten in het model, zoals de inpassingskosten, het aantal woningen in de omgeving, de staat van biodiversiteit en of een grondgebied wel of niet is onttrokken van intensieve veehouderij.

Tabel 17 - Impact van verschillende maatschappelijke effecten op de LCoE, zon op land, €cent per kWh

	2020		2030	
	Onderwaarde	Bovenwaarde	Onderwaarde	Bovenwaarde
LCoE standaardinrichting	6.2	6.2	5.1	5.1
<i>Inpassingskosten</i>	+0.80	+3.68	+0.40	+2.60
<i>Woningwaarde daling</i>	+0.03	+0.03	+0.02	+0.02
<i>Biodiversiteitswinst</i>	-0.09	-0.09	-0.07	-0.07
<i>Stikstofwinst</i>	-0.85	-0.85	-0.66	-0.66
LCoE ecologische inrichting	6.1	9.0	4.8	7.0

10.3 Gevoeligheidsanalyse

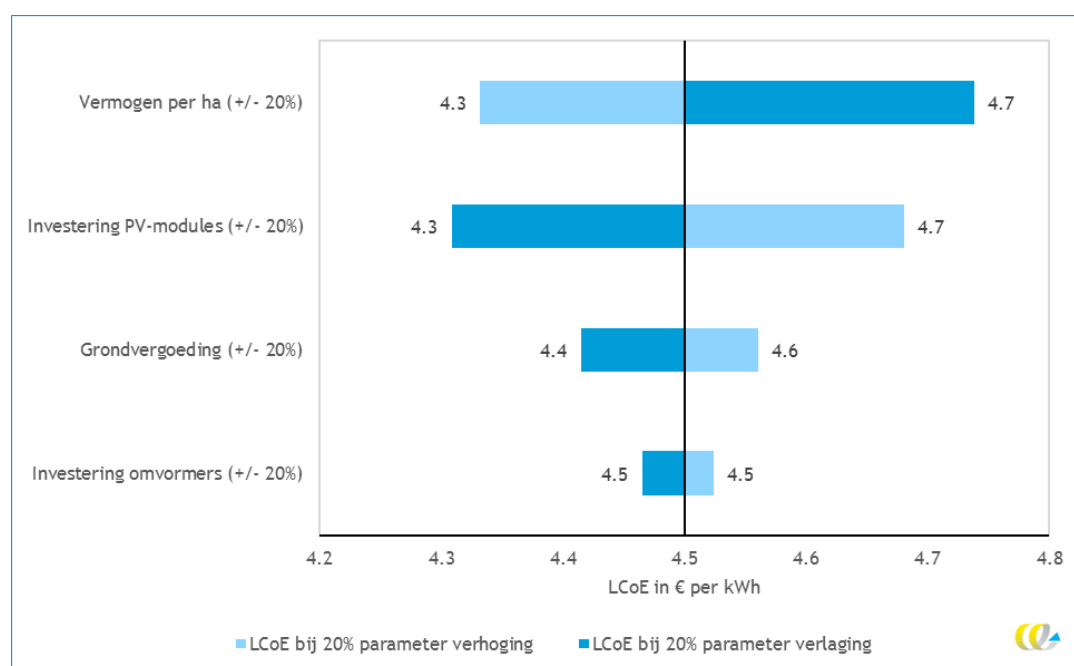
Vanwege onzekerheid over de waarde van de parameters in de toekomst, is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd op een aantal parameters. Hierbij is het effect van een daling of stijging van 20% van een individuele parameter op de LCoE berekend.

De volgende parameters zijn onderworpen aan een gevoeligheidsanalyse:

- vermogen per hectare;
- investeringskosten pv-modules;
- investeringskosten omvormers;
- en de huur/pachtvergoeding.

Door het aanpassen van deze parameters veranderen er een aantal kosten mee, vanwege de samenhang. Bij een aanpassing aan het vermogen per hectare veranderen de installatiekosten, de OZB- en de verzekeringskosten. Bij het aanpassen van de investeringskosten van pv-modules en/of omvormers veranderen de OZB- en de verzekeringskosten mee, die hiervan afgeleid zijn. In Figuur 5 is het resultaat van de gevoeligheidsanalyse weergegeven.

Figuur 5 - Gevoeligheidsanalyse zon op land 2030: standaardinrichting, €cent per kWh



In Figuur 5 is te zien dat de LCoE zonder gevoeligheidsanalyse 4,5 €cent/kWh is (de Y-as). Het vermogen per hectare heeft de hoogste gevoeligheid. Door een 20% verlaging in het vermogen per ha verandert de LCoE met 5,3% (4,7 €cent/kWh t.o.v. 4,5 €cent/kWh). Dit is te verklaren door het feit dat het geïnstalleerde vermogen gelijk blijft, maar er meer oppervlakte nodig is voor dit vermogen. Daarmee gaan de oppervlakte-afhankelijke kosten omhoog. Door minder efficiënte panelen gaan ook de installatiekosten gedeeltelijk omhoog. Bij gelijkblijvende productie op een grotere oppervlakte stijgt daarom de LCoE. Deze mechanismes werken tegenovergesteld bij een verhoogd vermogen per hectare. De LCoE daalt dan met 3,7% ten gevolge van een stijging in het vermogen per hectare van 20% (4,3 €cent/kWh t.o.v. 4,5 €cent/kWh). Van de overige parameters is de investering pv-modules het meest gevoelig met ongeveer 5% verandering in de LCoE ten gevolge van een 20% verandering in de kosten voor de investering in pv-modules.

11 Resultaten enquête

Onder projectontwikkelaars van zonneprojecten hebben we een enquête afgenomen over de huidige kosten van verschillende inpassingseisen en de trends die men verwacht, op de vier toepassingsgebieden. De volledige respons van de enquête is opgenomen in Bijlage A. Hier bespreken we de respons op het gebied van de eisen aan inpassingsaspecten die op dit moment extra worden gevraagd in sommige projecten, en de trends die projectontwikkelaars verwachten op het gebied van inpassing.

Veiligheid

Op het gebied van veiligheid worden vooral brandgevaar en vlamboogdetectie genoemd als extra eis voor verzekeringen. Dit is nog niet vereist vanuit de NEN-normen.

Ook wordt verwacht dat dit in de toekomst strenger wordt, met meer inspecties en keuringen. Verder wordt verwacht dat er meer vraag komt naar bijvoorbeeld de mogelijkheid tot wateropvang voor zonneparken. Mogelijk leiden deze aspecten tot hogere kosten, maar het wordt ook gesuggereerd dat projecten goedkoper worden door dalende kosten voor technisch betrouwbare componenten.

Esthetiek

Onder de huidige extra eisen worden in het algemeen de eisen van de welstand genoemd, met andere woorden dat het project architectonisch in zijn omgeving past. Verder wordt soms gevraagd om de panelen 'onzichtbaar' te maken, vooral in de toepassing gebouwgebonden zon. Voor zon op land gaat het bij de extra eisen vooral om het hekwerk, schittering van de panelen, de kleur van het onderstel en de hoogte van de panelen.

Bij trends wordt genoemd dat er steeds meer trends naar zwarte panelen zal komen, en verschillende kleuren. Ook wordt genoemd dat er wellicht meer vraag naar integratie in het dak komt en een dunnere film wordt gebruikt, welke direct op de dakbedekking geplaatst kan worden.

Landschappelijke inpassingen

Ook hier wordt de onzichtbaarheid van het systeem genoemd als extra eis, en hiermee is dit aspect gelinkt aan esthetiek. Voor zon op land wordt hier ook genoemd dat er soms eisen worden gesteld aan het uit het zicht houden van hekwerk, en de panelen zelf door bijv. bebossing of houtwallen.

Over het algemeen wordt ingeschat dat eisen aan landschappelijke inpassing alleen maar gaan toenemen, inpassing begint steeds belangrijker te worden. Voor gebouw gebonden zon is dit aspect niet erg toepasbaar, maar voor zonneparken wordt verwacht dat de focus verschuift van maximalisatie van productie naar de inpassing van het project in het landschap.

Ecologie

De eisen van ecologie zijn ook te linken aan landschappelijke inpassing. Genoemd wordt de koppeling met natuurdoelstellingen, biodiversiteit, ruimte tussen panelen houden en eventueel een combinatie met extensieve veehouderij. Verder wordt ook de scheiding van afval genoemd, en dat dit een kwestie is van goed scheiden, maar niet per definitie een kostenstijging met zich meebrengt.

Wat betreft trends wordt ook hier aangegeven dat er eventueel verplichtingen kunnen komen om ecologische oplossingen toe te passen. Verder worden de ruimte voor dakgroen en circulariteit van het systeem genoemd.

Technische eisen

Brandveiligheid wordt veel genoemd als extra eis, net als bliksembeveiliging. Dit heeft te maken met inspecties in keuringen die in eisen toenemen. Bij zon op dak wordt genoemd dat de technische aansluitkosten (het AC-gedeelte) het meeste verschillen per project. Hier gaat het om de lengte van de kabels, omwisseling van de transformator, vergroten van de aansluiting. Ook is in sommige gevallen dakversterking nodig om het systeem te kunnen dragen.

Bij de trends worden veel verschillende mogelijkheden genoemd. De kernwoorden zijn: databeveiliging; communicatie; energiesystemen; batterijen; EVtoGrid; brandbeveiliging; hogere productie; isolatie; separatie; keuringen; opslagmogelijkheden; IT-toepassingen; vlamboogdetectie; lichtere panelen. Overkoepelend is een verwachting dat de systemen 'slimmer' worden, door IT-toepassingen en opslagmogelijkheden.

Vergunningen

Op het gebied van vergunningen wordt genoemd dat er soms een omgevingsvergunning nodig is voor het plaatsen van elementen aan de gevel of naast het pand. Bij zon op land is soms de Wet natuurbescherming van toepassing. Het gaat hier om ecologie, biodiversiteit, landschappelijke inpassing, en cultuurhistorische aspecten.

Onder de trends worden genoemd meer welstandseisen en brandbeveiliging. Ook wordt gesuggereerd dat de overheid meer grip op de projecten wilt krijgen om wildgroei te voorkomen. Verder zal procesparticipatie meer geëist kunnen worden in het kader van de Omgevingswet.

Combinatie met andere functies

Bij extra huidige eisen wordt alleen op het gebied van zon op land genoemd dat mogelijke combinaties natuurfunctie, agrarische functie en recreatieve functie zijn.

Wat betreft trends wordt genoemd dat waterkering een mogelijke dubbele functie kan zijn voor zon op dak, en dat panelen wellicht gebruikt kunnen worden als isolatie en dakbekleding. Het wordt ingeschat dat er veel mogelijkheden zijn, en dat het wellicht in plaats van met een kostenstijging ook met een kostendaling gepaard kan gaan. Gebouwen zouden

ook beter kunnen worden ontworpen zodat een zonnestelsel ideaal kan worden ingepast. Verder zou er steeds meer aansluiting met andere lokale doelstellingen kunnen plaatsvinden, bijvoorbeeld op het gebied van natuur.

Combinatie met dak- en gevelelementen

Dit aspect is gelinkt met esthetiek en het combineren van functies. Verzekeraarbaarheid wordt ook genoemd als extra eis.

Er wordt verwacht dat er meer samenwerking komt tussen gevel en dak en storageopties. Verder kan er gewichtsreductie komen zodat panelen lichter worden, en systemen die beter geschikt zijn voor daken en gevels. Ook wordt genoemd dat het maatwerk zal blijven, maar dat er meer inpassingsmogelijkheden zijn zodra de panelen lichter worden en de vermogens hoger.

Andere eisen

Een aantal keren is genoemd dat lokale participatie een belangrijke extra eis is. Dit wordt steeds vaker gevraagd, zodat ten minste 50% van het project onder lokaal eigendom valt.

In de trends wordt verder verwacht dat storage belangrijker zal worden, dat de vraag naar zonnestelsels zal toenemen, dat er meer regulering komt maar de kosten dalen, en dat lokale participatie zal toenemen.

Effect op de kostprijs

Bovenstaande observaties kunnen uiteenlopende effecten hebben op de kosten van zonnestelsels in de toekomst. Over het algemeen wordt verwacht dat de projecten in zijn geheel goedkoper worden, vooral door de dalende kosten voor de componenten van het systeem.

Wel wordt ingeschat dat op de verschillende aspecten de eisen alleen maar zullen toenemen, of dat er slimmer wordt omgegaan met de inpassing van het zonneproject. Al dan niet zal dit een kostenstijging met zich meebrengen. Omdat dit niet geheel voorspelbaar is en lastig in te schatten, ook voor projectontwikkelaars, en omdat de respons op deze vragen te klein is om er kengetallen uit te halen, noteren we hier de bandbreedtes die uit de enquête naar voren komen. Op die manier kunnen we werken met verschillende scenario's voor de toekomst om te bekijken welke invloed een bepaalde ontwikkeling zou hebben op de kostprijs van een zonneproject.

12 Bibliografie

- BlueTerra et al., 2019. *Zon op recreatiewater - studie naar de toepassing van zonne-energie op recreatiewater*. [Online]
Available at: https://blueterra.nl/wp-content/uploads/2019/04/werkboek_zon_op_water_DEF-gecomprimeerd.pdf
[Geopend 2020].
- BSG ecology, 2019. *Potential ecological impacts of ground-mounted photovoltaic solar panels in the UK : An introduction and literature review*, Monmouth: BSG ecology.
- CBS, 2020. *Huizenprijzen in de meeste gemeenten opnieuw gestegen*. [Online]
Available at: <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2020/07/huizenprijzen-in-de-meeste-gemeenten-opnieuw-gestegen>
[Geopend Mei 2020].
- CE Delft, 2016. *Evaluatie van de SDE+*, Delft: CE Delft.
- CE Delft, 2017. *Handboek Milieuprijzen 2017*, Delft: CE Delft.
- Dröes, M. I. & Koster, H. R., 2019. *Windturbines, zonneparken en woningprijzen*, Amsterdam: VU Amsterdam ; Universiteit Amsterdam.
- Ecofys, 2018. *Kostprijs van zon-PV en wind in 2030 : Effect van- en voorwaarden voor kostprijsreducties*. [Online]
Available at: http://www.nvde.nl/wp-content/uploads/2018/06/NVDE_Kostendalingen-zon-PV-en-wind.pdf
[Geopend 2020].
- Ecorys, 2018. *Onderzoek grondmarkt duurzame energievoorzieningen : eindrapport*. [Online]
Available at: <https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/rapporten/2018/09/18/onderzoek-grondmarkt-duurzame-energievoorzieningen/onderzoek-grondmarkt-duurzame-energievoorzieningen.pdf>
[Geopend 2020].
- Engie, 2020. *Dakverhuren voor zonnepanelen*. [Online]
Available at: <https://www.enie.nl/dakhuur/>
[Geopend 5 maart 2020].
- ETIP-PV, 2017. *The True Competitiveness of Solar PV - A European Case Study*. [Online]
Available at: https://resources.solarbusinesshub.com/solar-industry-reports?task=callelement&format=raw&item_id=879&element=9a77e66e-555e-43f7-9139-155b8c71208d&method=download
[Geopend 2020].
- ETIP-PV, 2019. *Fact Sheet About Photovoltaics ; PV the cheapest electricity source almost everywhere*. [Online]
Available at: [file:///117vsfile/downloads\\$/HVDP/Downloads/pv-the-cheapest-electricity-source-almost-everywhe.pdf](file:///117vsfile/downloads$/HVDP/Downloads/pv-the-cheapest-electricity-source-almost-everywhe.pdf)
[Geopend 2020].
- Fraunhofer ISE, 2015. *Current and Future Cost of Photovoltaics : Long-term Scenarios for Market Development, System Prices and LCOE of Utility-Scale PV Systems*. [Online]
Available at: https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/AgoraEnergiewende_Current_and_Future_Cost_of_PV_Feb2015_web.pdf
[Geopend 2020].
- Fraunhofer ISE, 2018. *Levelized Cost of Electricity Renewable Energy Technologies*. [Online]
Available at: https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/en/documents/publications/studies/EN2018_Fraunhofer-ISE_LCOE_Renewable_Energy_Technologies.pdf
[Geopend 2020].



Hartog, F. d. et al., 2020. *Concepten voor multifunctionele zonneparken in Wageningen*, wageningen: Gemeente Wageningen.

IEA PVPS, 2017. *Technical Assumptions Used in PV Financial Models - Review of Current Practices and Recommendations*. [Online]
Available at: https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2020/01/Report_IEA-PVPS_T13-08_2017_Technical_Assumptions_Used_in_PV_Financial_Models.pdf
[Geopend 2020].

IRENA, 2019a. *Future of Solar Photovoltaic - Deployment, investment, technology, grid integration and socio-economic aspects*. [Online]
Available at: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Nov/IRENA_Future_of_Solar_PV_2019.pdf
[Geopend 2020].

IRENA, 2019b. *Renewable Power Generation Costs in 2018*. [Online]
Available at: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/May/IRENA_Renewable-Power-Generations-Costs-in-2018.pdf
[Geopend 2020].

Maddison, D., Ogier, R. & Beltran, A., 2019. *The disamenity impact of solar farms: A hedonic analysis, Working Paper*, Birmingham: University of Birmingham.

Montag, H., Parker, D. G. & Clarkson, T., 2016. *The effects of solar farms on local biodiversity : A comparative study*, sl: Clarkson and Woods and Wychwood Biodiversity.

Naturalis, 2020. *The effects of solar parks on plants and pollinators: the case of Shell Moerdijk*, sl: sn

Nieuwe Oogst, 2017. Lease of huur van zonnepanelen rukt op. *Nieuwe Oogst*, 17 november, pp. <https://www.nieuweoogst.nl/nieuws/2017/11/17/lease-of-huur-van-zonnepanelen-rukt-op>.

PBL, 2018. *Eindadvies basisbedragen SDE+ 2019*. [Online]
Available at: https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2018-eindadvies-basisbedragen-SDE-plus-2019_3342.pdf
[Geopend 2020].

PBL, 2020. *Eindadvies basisbedragen SDE++ 2020*. [Online]
Available at: https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2020-eindadvies-basisbedragen-sde-plus-plus-2020_3526_27-02-2020.pdf
[Geopend 2020].

ROM3D & Inenergie, 2019. *Haalbaarheid : Zon op water Kruisbekkenmeertje*. [Online]
Available at: https://ssccust1.spreadsheethosting.com/1/35/b038fba6bc6ca0/KRUISBEKKEN_ONLINE/KRUISBEKKEN_ONLINE.htm
[Geopend 24 maart 2019].

RVO, 2016. *Grondgebonden zonneparken : Verkenning naar de afwegingskaders rond locatiekeuze en ruimtelijke inpassing in Nederland*, <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2016/09/Grondgebonden%20Zonneparken%20-%20verkenning%20afwegingskadersmetbijlagen.pdf>: RVO.

RVO, 2020a. *Hoeveel dierlijke mest landbouwgrond*. [Online]
Available at: <https://www.rvo.nl/onderwerpen/agrarisch-ondernemen/mestbeleid/gebruiken-en-uitrijden/hoeveel-dierlijke-mest-landbouwgrond>
[Geopend Mei 2020].

RVO, 2020b. *Projecten in beheer SDE(+), peildatum 6 januari 2020*, <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2020/02/SDE%20plus%20-%20Projecten%20in%20beheer%20-%20januari%202020.xlsx>: RVO.

SEAC, Universiteit Utrecht & TKI Urban Energy, 2017. *ROADMAP PV Systemen en Toepassingen*. [Online]
Available at: <https://www.uu.nl/sites/default/files/roadmap-pv-systemen-en->



toepassingen-final.pdf

[Geopend 2020].

TKI Urban Energy, 2020. *Zonnestroom systeem typologieën onderdeel van studie naar potentieel zonnestroom in NL*, Utrecht: niet gepubliceerd.

TNO, 2018. *Zonnepanelen en natuur': Hoe zonnepanelen kunnen samengaan met natuur: een eerste praktische handreiking*, sl: Consortium 'Zon in landschap en landbouw.

Tsiropoulos, I., Tarvydas, D. & Zucker, A., 2018. *Cost development of low carbon energy technologies - Scenario-based cost trajectories tot 2050, 2017 edition*, Luxembourg: Publications Office of the European Union.

Universiteit Utrecht, 2014. *Opbrengst van zonnestroomsystemen in Nederland*. [Online]

Available at:

https://www.rvo.nl/sites/default/files/2014/03/Definitief_rapport%20opbrengst%20van%20zonnestroomsystemen%20in%20NL.pdf

[Geopend 2020].

University of Groningen; Wageningen University and Research; Grauwe Kiekendief, 2018. *Literatuurstudie en formulering richtlijnen voor een ecologische inrichting van zonneparken in de provincies Groningen en Noord-Holland*, sl: sn

Vartiainen, E. et al., 2020. Impact of weighted average cost of capital, capital expenditure,

and other parameters on future utility-scale PV levelised cost of electricity. *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 28(6), pp. 439-453.

VDMA, 2020. *International Technology Roadmap for Photovoltaic (ITRPV) 2019 Results*.

[Online]

Available at:

<https://itrpv.vdma.org/documents/27094228/29066965/ITRPV02020.pdf/ba3da187-3186-83de-784e-6e3b10d96f3f>

[Geopend 2020].

von Möllendorf, C. & Welsch, H., 2017. Measuring renewable energy externalities: Evidence from subjective well-being data. *SOEPpapers on Multidisciplinary Panel Data Research*,

Issue no. 779, pp. 1-20.



A Enquêteresultaten

1. Respondenten overzicht: hoeveel respondenten hebben de enquête afgerond, en waar is men anders afgehaakt?

Gestopt bij ->	Afgerond	Omvang	Kosten/ selectie	Eisen	Trends	Totaal
KVA	3	2	4	0	0	9
GVA	4	3	3	0	1	11
Land	2	1	4	2	0	9
Water	0	1	0	0	0	1
Totaal	9	7	11	2	1	30

2. Geeft de respondent aan voornamelijk met BIPV te werken? Het aantal respondenten is weergegeven.

Voornamelijk BIPV?	KVA	GVA	Land	Water
Ja	5	2		
Nee	4	9	9	1

3. Gemiddelde omvang van een project, en hoe vaak komen projecten van die grootte voor? Gegroepeerd per toepassing.

KVA

Gem. omvang (kWp)	%	Kleinste project	%	Grootste project	%
< 15	70	20	70	1.000	5
< 15	50	4	10	20	10
< 15	90	1,5	5	20	5
400-500	40	5	40	125	3
50-100	5	1	5	2.000	5
< 15	90	3	5	80	5
< 15	95	10	50	70	5

GVA

Gem. omvang (MWp)	%	Kleinste project	%	Grootste project	%
1-2	50	0,1	15	4,5	10
1-2		N.v.t.		N.v.t.	
2-3	60	0,2	5	8	5
2-3	50	1	20	10	5
2-3	13	0,032	0,5	14,3	0,5
<1	20	0,005	20	0,5	15
<1	50	0,3	15	7	10
<1	95	0,02	5	2	5

Zon op land

Gem. omvang (MWp)	%	Kleinste project	%	Grootste project	%
1-3	50	3	50	9	50
3-5	50	0,4	20	40	5
9-11	25	3	20	25	20
> 11	50	7	15	45	5
> 11	50	7	15	45	5
> 11	70	2,2	5	138	10
> 11	70	1,5	3	110	3
> 11	75	8	90	25	50

4. Wat zijn de huidige kosten van de inpassingsaspecten, als percentage van CAPEX en OPEX? De gegeven cijfers zijn de ingevulde percentages.

%	KVA		GVA		Land	
	CAPEX	OPEX	CAPEX	OPEX	CAPEX	OPEX
Veiligheid	5	1	7,5	10	1	0
	5	5	1	1	2	1
			2	0		
			5	5		
Esthetiek	0	0	1	0	1	0
	25	0	1	0,2	0,1	0
	25	25	1	0		
Landschappelijke inpassing	0	0	0	0	2	2
			0	0	1	0
			0	0	0,2	0
Ecologie	0	0	0	0	2	2
			1	0,2	1	0
			0	0	0,2	0
Technische eisen	80	5	50	50	1	0
	10	0	10	10	1	0
			15	1		
			10	5		
Vergunningen	0	0	0	0	1	1
			0,5	0,1	1	0
			0	0	2	0
Combineren andere functies	0	0	0	0	1	1
			0	0	1	0
					0	0
Ander			1	1	5	5
			(externe controles)	(externe controles)	(participatie)	(participatie)
			10 (Aansluiting)	10 (aansluiting)		

5. Hoe vaak zijn de volgende aspecten genoemd als aspect waarvoor in sommige projecten extra eisen worden gesteld? De cijfers zijn het aantal keren dat het aspect is aangevinkt.

	KVA	GVA	Land	Water (geen respons)
Veiligheid	2	4	1	
Esthetiek	2	2	2	
Landsch. inpassing		1	3	
Ecologie		1	3	
Technische eisen	2	3		
Vergunningen		2	3	
Combinatie andere functie		1	2	
Combinatie dak en gevel	1		N.v.t.	N.v.t.
Ander		2 (verzekeringen; eigenaar specifiek)	3 (3x lokale participatie)	
Geen van alle	3			

6. Wat zijn de bovengenoemde extra eisen, in hoeveel projecten komen deze eisen voor (in %), en wat kosten deze extra eisen als percentage van CAPEX en OPEX? Gegroepeerd per aspect.

Veiligheid	Extra eisen?	Hoe vaak?	% CAPEX?	% OPEX?
KVA	VCA*	60-89%	5	N.v.t.
GVA	Eisen t.b.v. verzekeringen brengen extra kosten met zich mee zoals: dakisolatie, werkwijzen, inspecties en keuringen, uitvoering van kabels, kabelgoten en omvormers	60-89%	16	5
	Vaak ingegeven door gebouweigenaar die anders wil kunnen afschakelen of (ander type) omvormers op een andere locatie wil. Verder stellen de verzekeraars extra eisen.	60-89%	10	10
	Verzekeringen eisen sinds een jaar vlamboogdetectie. Dat is niet vereist vanuit de NEN-normen. Ook zijn hiervoor nog onvoldoende oplossingen voor op de markt. Tot voor kort de enige oplossing was het SolarEdge-systeem, wat door het noodzakelijk maken van optimizers meerkosten oplevert van circa 5% in de investeringskosten. Op dit moment komen er druppelsgewijs ook stringomvormers met vlamboogdetectie op de markt.	> 90%	5	NVT
	Verzekeringseisen m.n. gericht op brandgevaar.	<10%	10	10

Esthetiek	Extra eisen?	Hoe vaak?	% CAPEX?	% OPEX?
KVA	Eisen van de welstand.	<10%	N.v.t.	N.v.t.
	Niet of nauwelijks zichtbaar, mooi inpasbaar.	10-59%	25	0
GVA	Gebouw eigenaar wil pv-systeem niet zien dus kabelgoten langs de gevel in kleur van de gevel, omvormers op dak of buiten uit het zicht.	60-89%	1	1
	Welstand.	>90%	N.v.t.	N.v.t.
Land	Hoogte panelen, schittering, kleur van het onderstel, hoogte hekwerk.	10-59%	1	1

Landschappelijke inpassing	Extra eisen?	Hoe vaak?	% CAPEX?	% OPEX?
GVA	Zorgen dat systeem niet zichtbaar is, kost niets extra's is een kwestie van goed en slim ontwerpen.	60-89%	0	0
Land	Landschappelijke inpassing begint een steeds grotere factor te worden het aantal eisen neemt toe per project geen hekwerk om zonne-installatie, panelen op zelfde hoogte houden, uit het zicht houden van het park (d.m.v. bebossing/houtwallen, etc.), panelen parallel aan het landschap laten meelopen etc.	> 90%	2	2

Ecologie	Extra eisen?	Hoe vaak?	% CAPEX?	% OPEX?
GVA	Gaat vooral over de omgang met afval. Goed scheiden. Kost niets extra's.	60-89%	0	0
Land	Aanleg of koppeling met EVZ of andere lokale natuurdoelstellingen, waterberging, biodiversiteit, ruimte tussen panelen, extensieve veehouderij (schapen of varkens).	60-89%	2	2

Technische eisen	Extra eisen?	Hoe vaak?	% CAPEX?	% OPEX?
KVA	Brand-, Bliksembeveiliging, aarding/vereffening, bekabeling.	Weet niet	N.v.t.	N.v.t.
GVA	Beperkte extra eisen, we zien enkel een toename in eisen qua inspecties en keuringen.	< 10%	5	5
	Kan zitten in extra brandveiligheid, locatie omvormers, extra wensen in AC-deel en/of bemetering. Maar veel is bij ons als kwaliteitspartij gewoon standaard (interne norm) wat door veel anderen wordt gezien als extra. Als je je alleen richt op kosten zal dat zo voelen maar als je altijd al een top-product wilt leveren dan hoort dat er gewoon bij en is het geen punt van discussie.	> 90%	10	10
	Technische aansluitkosten (het AC-gedeelte) verschillen per project het meest. Soms moeten er enorme lengtes kabel worden gelegd naar het transformatorhuis, soms moet de aansluiting vergroot worden en de transformator omgewisseld worden. Ook komt het voor dat er op twee in plaats van 1 technische grootverbruikersaansluiting moet worden aangesloten. Tweede punt dat vaak in de praktijk voorkomt is de benodigde extra versterking van het dak, omdat het dak niet sterk genoeg is gemaakt voor het kunnen dragen van het zonnestroomsysteem.	10-59%	30	1



Vergunningen	Extra eisen?	Hoe vaak?	% CAPEX?	% OPEX?
GVA	Omgevingsvergunning voor plaatsen van omvormers aan de gevel of direct naast het pand.	< 10%	1	1
Land	WNB, uitgebreidere onderbouwing ecologie, biodiversiteit, landschappelijke inpassing, cultuurhistorisch.	> 90%	1	1

Combinatie andere functie	Extra eisen?	Hoe vaak?	% CAPEX?	% OPEX?
Land	Combineren met natuurfuncties, agrarische functies, recreatieve functies.	60-89%	1	1

Combinatie dak en gevel	Extra eisen?	Hoe vaak?	% CAPEX?	% OPEX?
KVA	Verzekeerbaar	10-59%	N.v.t.	N.v.t.

Ander	Extra eisen?	Hoe vaak?	% CAPEX?	% OPEX?
Land	Lokale participatie ten minste 50% lokaal eigendom wordt steeds vaker niet meer als streven opgenomen, maar als harde eis, zowel in RES als lokaal beleid.	> 90%	5	5
	Participatie	> 90%	N.v.t.	N.v.t.

7. Wat zijn de trends op het gebied van bovengenoemde inpassingsaspecten naar verwachting van de respondent, en welke kostenverandering kan deze verwachting tot gevolg hebben voor de CAPEX en OPEX? Gegroepeerd per inpassingsaspect.

Veiligheid	Trends?	% CAPEX?	% OPEX?
KVA	ARC-protection, Scope12 (externe keuring), kwalificatiestructuur installateur, valbeveiliging.	+ 0-25	0
	Extra bescherming tegen brand, extra isolatie verzoek, circulaire panelen.	0	+ 25-50
	Voorkomen van brand.	N.v.t.	N.v.t.
GVA	Brandveiligheid, (af)schakelbaarheid.	+ 0-25	+ 0-25
	De kwaliteit van de systemen zal steeds beter worden. Wat wij nu beschouwen als de 'normaal' ligt veel hoger dan de rest van de markt. Dat zal door druk van o.a. verzekeraars naar elkaar toegroeien. Er komen meer controles en hogere eisen. Wij juichen dat toe. Dat hoeft niet veel extra's te kosten, veel kwaliteit zit gewoon in goed engineeren en een goede uitvoering. De prijsdaling van componenten (o.a. panelen) is veel groter dan de extra kosten voor kwaliteit.	> - 25	0
	Verdere eisen omtrent brandveiligheid, inspecties en keuringen en normeringen.	- 0-25	+ 0-25
	Verwachting is dat, vanwege veiligheid, optimizers met vlamboogdetectie en afschakelfunctie gaan ingebouwd worden in panelen, wellicht als vervanging van de huidige	+ 0-25	N.v.t.



Veiligheid	Trends?	% CAPEX?	% OPEX?
	diodes. Een andere mogelijkheid is dat er extra elektronica aan de DC kant komt die gevaarlijke spanningen en stromen detecteert en kan aan en uitschakelen. Wellicht wordt dit verder geïntegreerd in string omvormers. Voor het monteren is de verwachting dat dit alleen nog maar op veilige wijze mag gebeuren en dat dit ook strenger wordt gehandhaafd. Dit betekent meer en betere opleiding van montagepersoneel en meer investeringen in beschermingsmiddelen tijdens de constructie. Met betrekking tot dakconstructie: lichtere panelen en een lichtere onderconstructie kan hierbij helpen.		
Land	Geen	+ 0-25	0
	Toenemend aantal technische eisen voor projecten met name wateropvang	+ 0-25	+ 0-25
	Geen	N.v.t.	N.v.t.

Esthetiek	Trends?	% CAPEX?	% OPEX?
KVA	Kleur, graad van afwerking, integratie.	+ 0-25	0
	Meerdere kleuren, naar dunne film panelen.	0	+ 25-50
	Mooie dakoplossingen, geen wirwar van zonnepanelen op daken.	N.v.t.	N.v.t.
GVA	--	N.v.t.	N.v.t.
	Die blijven gelijk.	0	0
	Voor pv-systemen op (grote) daken verwachten wij weinig veranderingen, wel nieuwe technieken zoals glas-glas-panelen (bi-facial in combinatie met witte dakbedekking) of flexibele (dunne film) panelen die direct op de dakbedekking geplaatst kan worden.	+ 0-25	+ 0-25
	Steeds meer een trend naar zwarte panelen.	0	0
Land	Geen	0	0

Landschappelijke inpassing	Trends?	% CAPEX?	% OPEX?
KVA	Verschillende kleuren.	0	+ 0-25
	Ik denk geen specifieke eisen.	N.v.t.	N.v.t.
GVA	Die blijven gelijk.	0	0
Land	Focus verschuift nog meer naar inpassing en niet naar maximaliseren productie.	+ 0-25	+ 0-25

Ecologie	Trends?	% CAPEX?	% OPEX?
KVA	Dakgroen	+ 0-25	+ 0-25
	Circulariteit	0	0
	Geen	N.v.t.	N.v.t.
GVA	--	N.v.t.	N.v.t.
	Die blijven gelijk	0	0
	Geen mening	N.v.t.	N.v.t.
	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
Land	Meer onderzoeksresultaten zullen leiden tot mogelijk meer ecologische verplichtingen in het project.	+ 0-25	+ 0-25

Technische eisen	Trends?	%	%
		CAPEX?	OPEX?
KVA	Databeveiliging, communicatie, energiesystemen, aansturen extern (prijs), batterijen, EVtoGrid	+ 0-25	+ 25-50
	Strenger m.b.t. brand, hogere opbrengsten	0	+ 0-25
	Meer bouwkundige keuringen en keuringen op materiaal gebied	N.v.t.	N.v.t.
GVA	Isolatie, separatie	+ 0-25	+ 0-25
	De technische eisen worden groter vooral als het gaat om mogelijkheden tot curtailment, opslag, omvormertechnologie, etc. De systemen worden steeds slimmer en beter bestuurbaar. Dus meer IT-toepassingen.	+ 0-25	+ 0-25
	Toename eisen ten aanzien van vlamboogdetectie en of andere detectiesystemen t.b.v. waarborgen (brand) veiligheid, betere inzichten inzake toe te passen materialen en wijze van jaarlijkse inspecties.	+ 0-25	+ 0-25
	Lichtere panelen zodat de extra ballast op het dak wordt verminderd en meer daken (vooral logistieke panden) geschikt zijn voor het kunnen plaatsen van zonnestroomsystemen.	+ 0-25	0
Land	Geen	0	0

Vergunningen	Trends?	%	%
		CAPEX?	OPEX?
KVA	-	N.v.t.	N.v.t.
	Eisen aan brandbeveiliging.	0	+ 0-25
	Meer welstandseisen.	N.v.t.	N.v.t.
GVA	--	N.v.t.	N.v.t.
	Voor gebouwgebonden systemen nemen die toe omdat de overheid meer grip wil krijgen op wat er allemaal aan projecten ontstaat om wildgroei te voorkomen en het net in balans te houden.	+ 0-25	+ 0-25
	Geen mening	N.v.t.	N.v.t.
	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
Land	Door omgevingswet extra eisen gesteld aan vergunning denk hierbij aan procesparticipatie. Eventueel kan voor te stellen zijn dat financiële participatie op nationaal niveau wordt geregeld.	+ 0-25	+ 0-25

Combinatie andere functie	Trends?	%	%
		CAPEX?	OPEX?
KVA	Waterkering-pv, dak wordt technische ruimte.	0	+ 0-25
	Multifunctionaliteit (e.g. 3 of 4 functies ineen), pre-installation in factory.	0	0
	Waterkering en energieopwekking in één.	N.v.t.	N.v.t.
GVA	Dakisolatie en/of bekleding	+ 0-25	+ 0-25
	De mogelijkheden die ontstaan zijn groot. Wij zitten pas aan het begin van de energietransitie. Als je over 10 jaar terugkijkt zul je zien dat dit pas het begin was en dat er talloze nieuwe ontwikkelingen zijn bijgekomen. Het wordt wel anders maar de prijs van een pv-systeem zal alleen maar (substantieel) dalen.	> - 25	> - 25
	Geen mening	N.v.t.	N.v.t.

Combinatie andere functie	Trends?	% CAPEX?	% OPEX?
	In landbouw en logistiek kan ik me voorstellen dat gebouwen ontworpen worden op een zodanige wijze dat zonnestroomsystemen ideaal ingepast kunnen worden.	- 0-25	0
Land	Zeker in het idee van de omgevingswet zal de combinatie met andere gebiedsopgaves moeten worden gezocht, hierbij valt te denken aan alle andere lokale doelstellingen op het gebied van natuur, etc.	+ 0-25	+ 0-25

Combinatie dak en gevel	Trends?	% CAPEX?	% OPEX?
KVA	-	N.v.t.	N.v.t.
	Samenwerking gevel en dak met storage, dus op elk moment van de dag energieopwekking.	0	+ 25-50
	Systemen die voor daken en gevels geschikt zijn.	N.v.t.	N.v.t.
GVA	Gewichtsreductie.	+ 0-25	+ 0-25
	Energieopwekkende gevels zijn in 2030 heel normaal maar in welke vorm is niet te voorspellen.	> - 25	> - 25
	Geen verwachting buiten het feit dat dit maatwerk is zonnepanelen aan gevels zal iets toenemen zodra de vermogens hoger worden en panelen lichter.	+ 0-25	+ 0-25
	Niet zo veel voor de markt waarop wij actief zijn.	N.v.t.	N.v.t.

Ander	Trends?	% CAPEX?	% OPEX?
KVA	-	N.v.t.	N.v.t.
	STORAGE, storage, smart grid, laadpalen fiets en auto en stofzuiger en...	0	0
	Meer vraag vanuit architecten en consumenten.	N.v.t.	N.v.t.
GVA	--	N.v.t.	N.v.t.
	Deze nemen toe. Het is nu nog een 'vrije' markt maar de opwekking van duurzame energie wordt zo groot dat regulering noodzakelijk wordt. Maar dat hoeft niet te betekenen dat het duurder wordt. In z'n algemeenheid neemt de kostprijs voor elke opgewekte kWh zonne-energie substantieel af zoals wij de afgelopen jaren ook gezien hebben.	> - 25	> - 25
	Geen mening	N.v.t.	N.v.t.
	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
Land	Lokale participatie: coöperatie in een leidende rol in het hele proces, extra kosten door mee-investering van coöperatie.	+ 0-25	+ 0-25

8. Wat is de restwaarde en wat zijn de ontmantelingskosten van het project als percentage van de projectkosten? En is men van plan om het project na het einde van de levensduur voort te zetten? Gegroepeerd per toepassing.

KVA

Restwaarde? %	Ontmantelingskosten? %	Project doorzetten?
5-10	15-20	Ja
0-5	5-10	Ja
>25	geen	Ja

GVA

Restwaarde? %	Ontmantelingskosten? %	Project doorzetten?
0-5	5-10	Ja
0-5	5-10	Nee
0-5	5-10	Nee
0-5	15-20	Ja

Zon op land

Restwaarde? %	Ontmantelingskosten? %	Project doorzetten?
0-5	0-5	Nee
0-5	0-5	Nee

