



Maatschappelijke kosten-batenanalyse naar toekomstige inpassing van
drie alternatieven voor opwek van zonne-energie

Onderzoek in opdracht van Enpuls

63354 – Openbaar

juli 2020



Berenschot



MKBA inpassing zonne-energie

Maatschappelijke kosten-batenanalyse naar toekomstige inpassing van drie alternatieven voor opwek van zonne-energie

Joachim Schellekens
Rob Terwel
Tuuli Tiihonen
Max Coenen
John Kerkhoven

juli 2020

Berenschot



Inhoudsopgave

Management samenvatting	4
1. Inleiding	7
1.1 Aanleiding	7
1.2 Onze opdracht	8
1.3 Leeswijzer	9
2. Aanpak	11
2.1 Waarom een (kengetallen) MKBA?	11
2.2 Beschrijving projectalternatieven	11
2.3 Algemene uitgangspunten	12
3. Effecten	14
3.1 Directe effecten	14
3.2 Indirecte effecten	15
3.3 Externe effecten	17
4. Resultaten	22
4.1 Resultaat MKBA 2020	22
4.2 Doorkijk naar 2030	23
4.3 Gevoeligheidsanalyse	25
4.4 Beschouwing overige effecten	26
Bijlagen:	28
A) Resultaten LCOE	28
B) Opbouw kosten en baten (NCW, 2020)	30
C) Kengetallen	31

Management samenvatting

Inleiding

Het ontwikkelen van zonne- (en wind-)energie is van cruciaal belang voor de ontwikkeling van een duurzame energievoorziening. Er zijn echter serieuze uitdagingen bij de inpassing van wind en zon-pv projecten, onder andere vanwege het gebruik van schaars beschikbare ruimte. Bij de ontwikkeling van deze vormen van hernieuwbare energie op land is een afweging waarbij alle effecten van een project meegewogen worden belangrijk. Partijen hebben met ondertekening van het Klimaatakkoord (35 TWh opwek duurzame elektriciteit op land in 2030) zichzelf gecommitteerd aan een forse toename van het aantal zon-pv en wind op land projecten om zo een reductie in CO₂-uitstoot te realiseren. Een eerste analyse van de concept-RES-sen leert ons dat in het komend decennia voornamelijk ingezet wordt op nieuwe zon-pv projecten om huidig 'tekort' aan duurzame elektriciteit mee op te wekken. Er zijn drie voorname typen om zonne-energie mee op te wekken, namelijk zonneweides, zon op daken van bedrijven en zon op daken van particulieren¹. Elk van deze varianten kent positieve en negatieve (maatschappelijke) effecten, welke deels in de business case worden weerspiegeld. Om te bepalen welk alternatief van opwekking van zonne-energie wenselijk is vanuit maatschappelijk oogpunt is een maatschappelijke kosten- en baten analyse uitgevoerd (MKBA).

Doel van deze MKBA is om alle effecten van drie alternatieven voor het opwekken van zonne-energie inzichtelijk te maken, waardoor algemene inzichten over de wenselijkheid (in de tijd) vanuit business case perspectief en maatschappelijk perspectief verkregen kunnen worden. Deze inzichten maken het mogelijk om onderbouwde keuzes te maken en een constructieve discussie te voeren over welk type zonne-installatie waar en wanneer in de tijd in te passen in de ruimte.

Dit rapport kent als bijlage een rekenmodel in Excel waarmee de resultaten voor de verschillende alternatieven zijn berekend. In de toekomst kan dit model uitgebreid worden om i) andere alternatieven door te rekenen (bijv. wind op land, maar ook zon op gevels), ii) effect van beleidsmaatregelen mee te toetsen (bijv. internaliseren van kosten) en/of iii) kostenverdeling tussen gebruikers van een elektriciteitsnet mee te onderzoeken.

Aanpak en meegenomen effecten

In deze MKBA zijn drie projectalternatieven met elk een totaal vermogen van 7,5 MW met elkaar vergeleken, namelijk: een zonneweide (op agrarisch grondgebied), een zonne-installatie op een aaneengesloten bedrijventerrein en een sommatie van zonne-installaties op verspreide woningen. De capaciteit van de zon-pv systemen per paneel is 320 Wp.

Voor elk van de projectalternatieven zijn de voornaamste directe, indirecte en externe effecten geïdentificeerd. Voorname directe effecten zijn de kosten van installatie, exploitatie en financiering en verkoop van elektriciteit. Voorname indirecte effecten zijn de kosten van (vervroegde netverzwaring) en additionele werkgelegenheid. Voorname externe effecten zijn vermeden CO₂-uitstoot, verbetering van luchtkwaliteit, verbetering van de bodemkwaliteit en – lastig te waarderen, maar evenzo belangrijk – zaken zoals burgerparticipatie en kennisontwikkeling. In het business case perspectief worden alleen de directe effecten meegenomen. In het maatschappelijk perspectief zijn alle directe, indirecte en externe effecten relevant en meegenomen. Indien mogelijk zijn de verschillende effecten gekwantificeerd en vervolgens gemonetariseerd.

¹ Inspanningen die leiden tot meer dan 7 TWh kleinschalig zon op dak, tellen alleen mee voor de landelijke doelstelling indien de doelstelling van 35 TWh wordt verhoogd (bron: NPRES).

De verschillende resultaten zijn middels de Netto Contante Waarde (NCW) methodiek met elkaar vergeleken. De NCW van een project toont de waarde van een project indien alle kosten en baten naar het jaartal 2020 verdisconteerd zijn. Hierdoor zijn kosten en baten met een verschillende levensduur-/discontovoet goed met elkaar te vergelijken. Belangrijk om hierbij op te merken is dat in een MKBA subsidies en belastingen (denk aan: SDE, salderen, ODE, EB, etc) buiten beschouwing blijven, aangezien deze de totale maatschappelijke waarde die in Nederland gerealiseerd wordt niet beïnvloeden. In de praktijk hebben belastingen en subsidies wel impact op de business case van de drie alternatieven en leidt het tot een herverdeling van welvaart en sturing van bestedingen.

Voornaamste resultaten

Van elk van de drie alternatieven is voor 2020 en 2030 de netto contante waarde uitgerekend voor het business case en het maatschappelijk perspectief. Onderstaand zijn de voornaamste resultaten weergegeven.

- In 2020 is de business case (excl. belastingen en subsidies) van alle drie de alternatieven negatief. Zon op bedrijfsdaken geeft maatschappelijk gezien de grootste meerwaarde, gevolgd door zonneweides en zon op dak (huishoudens) in 2020. Dit betekent dat het investeren in een zonne-installatie zonder subsidies niet rendabel zou zijn en dat – met name vanwege de maatschappelijke waarde die we aan een vermeden ton CO2 toekennen – het toekennen van subsidies aan zonne-installaties maatschappelijk verantwoord is.
- In 2030 verbetert het business case resultaat van alle drie de alternatieven en alleen het alternatief zonne-installatie op woningen heeft in 2030 nog een negatieve business case. Dit betekent dat projecten op den duur ook zonder subsidie rendabel zijn. De meerwaarde vanuit maatschappelijk oogpunt voor investeren in zonneweides en zon op bedrijfsdaken projecten neemt in de tijd af. Dit komt voornamelijk doordat de kosten van inpassen van zonne-installaties in het elektriciteitsnet toenemen en de baten van een vermeden ton CO2 afnemen. Voor zon op daken van particulieren neemt de maatschappelijke waarde nog wel toe.
- Zon op woningen heeft in 2020 een slechte business case in vergelijking met de andere alternatieven en leunt vandaag flink op belastingvoordelen. De business case zal echter sterk verbeteren richting 2030. Bovendien zijn de maatschappelijke baten van zon op woningen zeer groot, vergeleken met de andere alternatieven. Hierdoor wordt de relatief slechtere business case volledig gecompenseerd.
- In de praktijk blijkt dat daadwerkelijke realisatie van een zon-pv project door verschillende oorzaken vertraging kan oplopen. Denk hierbij aan een conflict met omwonenden, productieproblemen bij leveranciers en de tijd benodigd voor (vergunningprocedures) verzwaring van het elektriciteitsnet. De gevoeligheidsanalyse laat zien dat bij een vertraging van 5 jaar – vanuit maatschappelijk perspectief – alle drie de varianten een negatief maatschappelijk resultaat hebben. In de praktijk zien we dat vertraging van projectrealisatie meer voorkomt bij zonneweides en nauwelijks bij zon op daken van particulieren.
- Niet alle effecten zijn in geld uit te drukken en zijn daarmee geen onderdeel van de NCW berekening, te weten: polarisatie, burgerparticipatie en sociale cohesie, energieonafhankelijkheid en kennisontwikkeling. Voor alle drie de alternatieven geldt dat investeren in zon overwegend een positief effect heeft op participatie van burgers in de algehele energietransitie, al is momenteel onbekend in welke mate financiële participatie van omwonenden in zonneweides daadwerkelijk plaats vindt. Hierbij merken we wel op dat het risico bestaat dat huidige belasting en subsidieregels er voor zorgen dat polarisatie tussen de bevolking kan optreden. Het is namelijk niet voor elk huishouden even gemakkelijk om bijv. zelf in een zonne-installatie te investeren of te participeren. Wij schatten in dat voor alle alternatieven geldt dat het effect op energieonafhankelijkheid en kennisontwikkeling overwegend positief is.

Conclusies

- De huidige systematiek van de SDE houdt onvoldoende rekening met alle effecten van een zonne-energie project. Hierdoor worden projecten geprioriteerd welke vanuit business case perspectief de laagste kosten hebben, maar niet vanuit maatschappelijk perspectief. Indien de SDE systematiek ook rekening zou houden met indirecte en externe effecten kan – voor een algemene case – gesteld worden dat zon op

bedrijfsdaken sterker gestimuleerd moet worden. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat om een gelijk aantal MW duurzame elektriciteit op te wekken de totale subsidie kosten hoger zijn. Daartegenover staat wel een groter maatschappelijk surplus. Een andere mogelijkheid om een deel van de indirecte kosten te internaliseren is door de opgewekte elektriciteit gelijkmatiger over de dag aan het net te leveren, dit zou kunnen door elektriciteit lokaal op te slaan, hierdoor zijn de onbalans en netverzwaringkosten kleiner.

- Vanwege de verwachte kostendaling van zon-pv kunnen op termijn zonneweides en ook zon op bedrijfsdaken subsidieloos worden gerealiseerd. Voor zonneweides verwachten we dat dit in de tweede helft van het huidige decennium het geval is, voor zon op bedrijfsdaken gaat dit eind van het decennium pas op. Zon op daken van woningen is vanwege verscheidene belastingvoordelen vandaag al rendabel. Ergens vlak na 2030 wordt zon op dak van particulieren ook zonder belastingvoordelen financieel interessant.
- Eventuele vertraging van een project heeft grote gevolgen voor de maatschappelijk waarde van een zon-pv project, aangezien de waarde van een vermeden ton CO2 in de tijd afneemt.
- Niet iedereen heeft momenteel in gelijke mate toegang tot bestaande financiële instrumenten die opwek van zonne-energie bevorderen, hierdoor neemt de kloof tussen wel-/niet vermogende huishoudens toe. Dit kan weerstand tegen de energietransitie in de hand werken.

Implicaties voor beleid

- In het Klimaatakkoord is opgenomen dat de SDE voor zon-pv stopt na 2025. Om in de periode 2025-2030 zon op bedrijfsdaken rendabel te ontwikkelen moeten kosten sneller dalen dan nu aangenomen. De overheid kan door onderzoek te stimuleren hierin een rol spelen. Indien kosten niet (tijdig) voldoende dalen kan ervoor gekozen worden om langer subsidies beschikbaar te stellen dan nu voorgenomen. Dit kunnen zowel subsidies op prijs als vraagstimulerend beleid zijn (bijv. door stimuleren van of wegnemen van barrières voor flexibilisering vraag, opslag, conversie (P2X). etc).
- Projecten die later in de tijd gerealiseerd worden dragen minder bij aan de maatschappij (vanwege afnemende baten van CO2-reductie); bij het toekennen van de SDE++ kan men hier in de beoordeling van projecten meer rekening mee houden; toevoeging van de verplichte transportindicatie in de SDE-najaarsronde van 2019 is hier een goed voorbeeld van. Zon op daken van particulieren kennen over het algemeen nauwelijks vertraging.
- De business case van zon op daken van particulieren is waarschijnlijk in de periode vlak na 2030 ook zonder subsidies of belastingvoordelen positief. Het argument om dit alternatief van opwek van zonne-energie te stimuleren vanuit kwantitatief oogpunt neemt daarmee af. Desondanks kan het – vanwege het in vergelijking met bijv. zonneweides of wind op land overwegend grotere draagvlak – vanuit kwalitatief oogpunt toch relevant zijn om zon op dak ook na 2030 met bijv. belastingvoordelen aantrekkelijker te maken. Hierdoor wordt een groter deel van de totale elektriciteitsvoorziening dicht bij de eindgebruiker opgewekt.
- Na 2030 nemen de kosten voor realisatie van een zonneweide en zon op bedrijfsdaken verder af (zie Bijlage A.2). Indien ook de maatschappelijke baten van beide alternatieven afnemen (bijv. vanwege afnemende baten van CO2-reductie) kan in de periode 2030-2050 de situatie ontstaan dat het business case resultaat van een zon-pv project groter is dan de maatschappelijke waarde, een ongewenste situatie. Met betrokken instanties moet daarom tijdig nagedacht worden over hoe, wanneer en welke kosten – die momenteel op de maatschappij afgewenteld worden – opgenomen kunnen worden als kostenpost in een business case (zgn. internaliseren van indirecte en externe effecten, zoals bijv. kosten van netverzwaring).

1. Inleiding

1.1 Aanleiding

Zonne-energie maakt wereldwijd een flinke groei door, zo ook in Nederland. Het totale vermogen aan zonne-energie is de afgelopen jaren sterk gestegen en groeide in 2018 met 52%². Met name het vermogen aan zonne-energie zal naar verwachting, onder andere door de afspraken uit het Klimaatakkoord (35 TWh opwek duurzame elektriciteit op land in 2030), fors groeien richting 2030³. Dit blijkt ook uit een scan van de gepubliceerde concept-RES-sen. Inpassing van grootschalige energie uit zon- en wind op land is daarvoor nodig⁴.

Het ontwikkelen van zonne- (en wind-) energie is van cruciaal belang voor de ontwikkeling van een duurzame energievoorziening. Om investeringen in duurzame opwek te stimuleren is de SDE+ subsidie in het leven geroepen. Deze subsidie prioriteert zon- en wind projecten die tegen de laagste kWh-prijs elektriciteit opwekken⁵. Achterliggende gedachte hierbij is dat de verduurzaming van de elektriciteitsvoorziening hierdoor tegen zo laag mogelijk nationale kosten gerealiseerd wordt. Het PBL onderscheidt drie typen zon-pv projecten, elk met een ander kostenprofiel, namelijk: kleinschalig zon op dak (15 kWp tot 1 MWp)⁶, grootschalig zon op dak (daksystemen vanaf 1 MWp) en grootschalig zon op veld/water (veldsystemen vanaf 1 MWp). De SDE+ bijdrage aan zon projecten op land ligt lager dan dat van zon op dak vanwege de overwegend gunstigere business-case⁷. Uit cijfers van de RVO blijkt dat tot mei 2019 meer dan 170 projecten groter dan 1 MWp met behulp van de SDE+ subsidie zijn gerealiseerd en dat er nog 1.150 projecten in de pijplijn zitten⁸.

Er zijn echter serieuze uitdagingen bij de inpassing van windparken en zonneweides. Bij de ontwikkeling van deze vormen van hernieuwbare energie op land, zeker in een dichtbevolkt land als Nederland, zijn zaken als ruimtelijke inpassing, landschapswaarden, financiële participatie en biodiversiteit belangrijke vraagstukken. In dit kader ontstaat steeds meer publieke weerstand tegen de aanleg van wind- en zonneparken op land⁹. Zo is in de motie Dik-Faber¹⁰ uit 2018 al opgemerkt dat er vanuit verschillende maatschappelijke partijen wordt gepleit voor een ruimtelijk afwegingskader, een zgn. zonneladder, voor het inpassen van zonne-energie¹¹. De zonneladder is een belangrijk niet-dwingend instrument, omdat in de huidige SDE+ subsidie toewijzingsmethodiek geen rekening gehouden wordt met eventuele indirecte kosten van projecten, zoals bijv. de kosten die netbeheerders maken t.b.v. netverzwaring. Dit type kosten wordt momenteel afgewenteld op de elektriciteitsgebruiker c.q. de maatschappij.

² CBS (voor link klik [hier](#)).

³ Zie o.a. Factsheet zon-pv en wind op land, NPRES 2019 en RVO projecten in beheer, in mei 2019 bedroeg de pijplijn >10.000 MW. In de diverse regio's in Nederland wordt momenteel de laatste hand gelegd aan de conceptversie van de Regionale Energie Strategieën voor de inpassing van deze duurzame energiebronnen.

⁴ Gedragscode zonneweide, 2019. Holland Solar en milieufederaties. Pagina 4.

⁵ In de SDE wordt voor verschillende alternatieven met verschillende basisbedragen gewerkt om de 'onrendabele top' af te dekken, dus concurrentie vindt m.n. tussen zelfde type project plaats.

⁶ Recent is door TNO een vierde 'type' aangekondigd, namelijk zon op gevels. Dit type bevindt zich nog in een vroeg stadium van ontwikkeling en is niet meegenomen in deze studie.

⁷ Verschil is gemiddeld 33 euro per MWh (over de gehele looptijd van een project) in het voordeel van grootschalige veldopstellingen voor gerealiseerde projecten.

⁸ RVO projecten in beheer mei 2019. Het aantal projecten betreft 17% veldopstelling en 83% dakopstelling (aantal projecten >1MWp). In MWh gaat het in 42% om zon-pv projecten (193 projecten) met een veldopstelling versus 58% zon-op-dak projecten (betreft projecten >1MWp).

⁹ Zie o.a. Schneider, 2019 (voor link klik [hier](#))

¹⁰ Motie van het lid Dik-Faber c.s. (voor link klik [hier](#)).

¹¹ Inmiddels zijn de eerste stappen gezet om maatregelen te nemen die zon-PV op latente daken en onbenutte terreinen toepast en is er bijvoorbeeld een zogenaamde 'constructieve' zonneladder ontwikkeld door de Natuur en Milieufederaties .

Uit bovenstaande blijkt dat – het vanuit maatschappelijk oogpunt – mogelijk niet volstaat om alleen een zuiver financiële afweging te maken bij het maken van een keuze tussen de verschillende alternatieven voor zon-pv. Om te bepalen welk alternatief van opwekking van zonne-energie vanuit maatschappelijk oogpunt wenselijk is, kan een maatschappelijke kosten- en baten analyse (hierna: MKBA) uitkomst bieden. Een MKBA biedt onder andere antwoord op de vraag of zonne-energie in de gebouwde omgeving beter past dan in het buitengebied. In een MKBA worden dan naast de business-case indicatoren ook maatschappelijke indicatoren, zoals beslag op beschikbare ruimte, biodiversiteit en inpassing in het elektriciteitsnet meegewogen om zo'n vraag te beantwoorden.

Enpuls is van mening dat een cijfermatige onderbouwing van de maatschappelijke effecten van drie varianten van inpassing van zonne-energie meerwaarde heeft voor het voeren van een constructieve discussie over welk type zonne-installatie waar en wanneer in de tijd in te passen in de ruimte. Daarom heeft Enpuls aan Berenschot en Kalavasta gevraagd te onderzoeken wat de maatschappelijke waarde is van zonne-energie voor drie meest voorkomende 'typen' van opwek van zonne-energie op land¹².

1.2 Onze opdracht

Het doel is om te komen tot een integrale maatschappelijke kosten- en batenafweging (MKBA) tussen drie alternatieven voor het opwekken van zonne-energie¹³. Een MKBA is een integraal afwegingsinstrument dat alle welvaartseffecten vergelijkt door deze zoveel mogelijk in geld uit te drukken. Er is gekozen om een kengetallen MKBA uit te voeren. Het voordeel van deze aanpak is dat er geen project-specifieke details nodig zijn, terwijl er wel een gekwantificeerd beeld wordt gegenereerd dat van toepassing is op nagenoeg elke locatie in Nederland. Hierdoor is het mogelijk om op basis van deze MKBA generieke uitspraken te doen.

In deze MKBA worden drie projectalternatieven met elkaar vergeleken, namelijk:

- Alternatief 1: zonneweide, in het buitengebied (op agrarisch grondgebied)
- Alternatief 2: zonne-installatie op dak, verspreid over daken van een bedrijventerrein
- Alternatief 3: zonne-installatie op dak, verspreide woningen

De drie alternatieven zijn afgezet tegen een nulalternatief (geen ontwikkeling van zon-pv en geen alternatieve opwekking van duurzame elektriciteit) en worden vergeleken op basis van de verschillende directe, indirecte en externe kosten en baten die ze veroorzaken. Inzicht in deze drie effecten maakt het mogelijk om de alternatieven vanuit twee perspectieven te beoordelen, te weten het business-case en het maatschappelijke perspectief. Vanwege de focus van deze studie op het maatschappelijke perspectief (hierin blijven subsidies en belastingen buiten beschouwing¹⁴) is ook in het business-case perspectief geen rekening met eventuele subsidies en belastingen gehouden. Beide perspectieven zijn in de tabel hieronder toegelicht.

Tabel 1 – Toelichting business-case en maatschappelijk perspectief

Business-case perspectief (directe kosten en baten van een project)

Het business case perspectief heeft betrekking op de directe kosten en baten die het gevolg zijn van investeringsbeslissingen op het niveau van een individueel project. Dit zijn bijvoorbeeld de financiële kosten en baten voor de investeerders (pacht grond), voor bedrijven (kosten dakversterking) of huishoudens (kosten installatie), afhankelijk van de case. Belastingen en subsidies zijn – vanwege de focus op het maatschappelijke effect van de drie alternatieven – niet meegenomen in bepalen van de business-case uitkomst.

¹² Het vierde type van opwek zon op land; zon op water, is buiten beschouwing gelaten.

¹³ In de toekomst kunnen ook andere alternatieven aan de vergelijking worden toegevoegd, bijv. wind op land, zon op gevel, groene waterstof, etc.

¹⁴ Omdat de scope van de studie de B.V. Nederland betreft zijn belastingen en subsidies niet relevant. Belastingen zijn kosten voor een project, en baten voor Nederland. Subsidies zijn inkomsten voor een project en kosten voor de overheid. In een MKBA wordt uitgegaan van een efficiënte overheid en dat verdeling van gelden in elk geval geen negatief effect heeft op de welvaart.

Maatschappelijk perspectief (directe, indirecte en externe kosten en baten van een project)

Het maatschappelijk perspectief kijkt naar de directe, indirecte en externe kosten en baten van een alternatief. Dit perspectief is van belang om de voor- en nadelen voor de B.V. Nederland van een alternatief mee te beoordelen. Zaken zoals belastingen en subsidies (bijv. SDE++) zijn relevant voor de business-case, maar niet op het niveau van de B.V. Nederland. Kosten die wel relevant zijn voor het nationale perspectief, maar niet voor de business-case, zijn bijv. de kosten van netverzwaring en kosten vergunningsverlening. Maar ook kosten (of baten) waar geen marktprijs voor bestaat. Dit zijn bijvoorbeeld de impact op het landschap en de biodiversiteit, kennisontwikkeling, draagvlak voor de energietransitie en vermeden CO₂-emissies (exclusief baten vanuit verkoop GvO's en ETS-rechten).

In hoofdstuk 5 is een overzicht opgenomen van alle directe, indirecte en externe effecten (kosten en baten) waar in deze studie rekening mee gehouden is.

De verschillende resultaten zijn middels de Netto Contante Waarde (NCW) methodiek, de standaardwijze om alternatieven in een MKBA met elkaar te vergelijken, met elkaar vergeleken. De NCW van een project toont de waarde van een project indien alle kosten en baten naar het jaartal 2020 verdisconteerd zijn. Hierdoor zijn kosten en baten met een verschillende levensduur-/discontovoet goed met elkaar te vergelijken. Onderstaand is op hoofdlijnen uiteengezet hoe de uitkomsten van een NCW analyse te interpreteren.

	Business case perspectief	Maatschappelijk perspectief
Resultaat NCW = Positief	Project is winstgevend. Er is geen kwantitatief argument voor subsidie.	Positieve indirecte en externe effecten zijn groter dan eventuele negatieve effecten. Project vergroot totale welvaart.
Resultaat NCW = Negatief	Project is verlieslatend en indien het maatschappelijk perspectief positief is kan gekozen worden voor subsidiëring	Project heeft meer negatieve dan positieve effecten. Er is een argument voor additionele heffingen.

Voor de drie alternatieven van deze studie is de verwachting dat momenteel de NCW van het business case perspectief negatief is en dat het maatschappelijk perspectief positief is. Indien op termijn de NCW van de business case positief wordt, is er geen noodzaak meer om subsidie/belastingvoordelen beschikbaar te stellen. In het geval dat de NCW van de business case hoger wordt dan de NCW maatschappelijk is er een argument voor heffingen of een andere vorm van internalisering van de kosten die op de maatschappij afgewenteld worden.

Naast de NCW is ook van elk alternatief de break-even elektriciteitsprijs (zgn. de levelised cost of electricity of LCOE) berekend. Deze indicator geeft weer voor zowel de business case als het maatschappelijk perspectief wat de hoogte van de elektriciteitsprijs moet zijn om alle kosten en baten in een project te internaliseren. Resultaten van de LCOE zijn met name relevant voor ontwikkelaars/investeerders in zonne-installaties. Beschrijving van deze indicator en de resultaten zijn daarom apart in bijlage A opgenomen.

1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 geeft een beknopte uitleg van wat een MKBA is, gaat in op de drie projectalternatieven en beschrijft de algemene uitgangspunten van de studie. Vervolgens is in hoofdstuk 3 beschreven welke kosten en baten

indicatoren meegenomen worden in de analyse. Dit hoofdstuk beschrijft achtereenvolgend voor de directe, indirecte en externe effecten de argumentatie en voornamen bronnen per effect. Hoofdstuk 4 toont en duidt de resultaten. Eerst worden inzichten voor de situatie in 2020 beschreven, vervolgens is een doorkijk naar 2030 gegeven en tenslotte is het belang van voornamen kengetallen middels een gevoeligheidsanalyse uiteengezet. Ook is een beschouwing op de resultaten en zijn suggesties voor nader onderzoek opgenomen. Tenslotte is in de bijlagen voor elk effect het gehanteerde kengetal en de bron van dit kengetal te raadplegen. Ook zijn hier de resultaten van de LCOE voor 2020, 2030 en 2050 en is de opbouw van kosten en baten voor de NCW in 2020 zichtbaar.

2. Aanpak

2.1 Waarom een (kengetallen) MKBA?

Een MKBA is een methode om overzichtelijk alle effecten (kosten en baten) van een project in kaart te brengen. Naast de gebruikelijke (directe) kosten en baten van een businesscase worden in een MKBA ook de indirecte kosten en baten en externe effecten meegenomen. Eventuele effecten die buiten de directe scope van een project vallen (bijv. CO₂-reductie of geluidsoverlast) – en dus voor een projectontwikkelaar niet/minder meegenomen worden in besluitvorming, maar wel voor bijv. een beleidsmaker relevant zijn – worden op deze wijze inzichtelijk gemaakt. In deze studie is de scope de B.V. Nederland. Naast het identificeren van alle effecten worden effecten in een MKBA veelal ook gekwantificeerd en vervolgens vertaald naar een marktwaarde (in euro).

Indien een MKBA voor meerdere projectalternatieven wordt uitgevoerd kan door de resultaten met elkaar te vergelijken (bijv. door naar de netto contante waarde van elk alternatief te kijken) geïnformeerd een keuze gemaakt worden tussen de alternatieven. Projecten met verschillende ordegrrootte en/of effecten kunnen op deze manier met elkaar vergeleken worden. Een MKBA biedt dus inzicht en dient als hulpmiddel bij (ruimtelijke) besluitvorming vraagstukken.

Er zijn drie soorten MKBA. Ten eerste is er de multi-criteria analyse, deze geeft een kwantitatief beeld van de kosten en een kwalitatief beeld van de maatschappelijke effecten. Ten tweede is er de kengetallen MKBA, hiermee kunnen generieke projectalternatieven met elkaar vergeleken worden. Input voor een kengetallen MKBA komt veelal uit desk research en hierdoor kunnen de meeste van de gevonden effecten gekwantificeerd en gemonetariseerd worden. Tenslotte, kan ervoor gekozen worden om een volledige MKBA uit te voeren. Hiervoor kiest men indien men voor een concreet project monetair inzicht in kosten en baten wil. Dit onderzoek heeft als doel generieke uitspraken te kunnen doen over het effect van de drie alternatieven voor opwek van zonne-energie, daarom is gekozen voor een kengetallen MKBA.

2.2 Beschrijving projectalternatieven

Doel van de MKBA is om de maatschappelijke kosten en baten van drie alternatieven voor inpassing van zonne-energie met elkaar te vergelijken. Daarom is het van belang dat het totale vermogen van de drie alternatieven gelijk is aan elkaar. Er is voor gekozen om per alternatief uit te gaan van een totaal vermogen van 7,5 MW, een vermogen dat ook gerealiseerd kan worden op daken van een bedrijventerrein. Deze paragraaf schetst de belangrijkste uitgangspunten van elk alternatief. Sectie 2.3 toont de uitgangspunten die op elk alternatief van toepassing zijn, bijv. aantal kWh per kW opgesteld vermogen.

Alternatief 1: Zonneweide (buitengebied)

In Nederland worden in veel regio's zonneweides in het buitengebied ontwikkeld. De sector (Holland Solar) heeft samen met natuur- en milieufederaties de Gedragscode zon op land opgesteld. Hierin is opgenomen dat een zonneweide in principe niet op natuurgrond wordt ontwikkeld en bij voorkeur op braakliggend terrein. Men geeft ook aan dat – om de doelstellingen uit het Klimaatakkoord te kunnen halen – zon-op-land op agrarisch grondgebied ontwikkelen onvermijdelijk is. Aangezien in deze studie elk alternatief een vermogen van 7,5 MW heeft, is er voor zon-op-land vanuit gegaan dat het project op agrarische grond ontwikkeld wordt. Ontwikkelen van alternatief 1 heeft dus verlies van landbouwgrond als gevolg. Tevens gaan we ervan uit dat



voor de opgewekte elektriciteit een 5,4 MW aansluiting op het elektriciteitsnet aangevraagd wordt¹⁵ en dat het zonne-park een eigen gebruik van 15% heeft¹⁶. We gaan uit van 3% transportverliezen¹⁷ en er is uitgegaan van een rendement van 98% van de omvormers¹⁸. Tenslotte, wordt uitgegaan van een technische levensduur van 25 jaar van de zonnepanelen¹⁹. In deze studie is verder geen rekening gehouden met de kosten en mogelijke voordelen van curtailment (bijv. lagere onbalans kosten).

Alternatief 2: Zon op dak (bedrijventerrein)

Het alternatief zon-op-bedrijfsdaken staat hoog op de zonneladder. Aangezien 7,5 MW een relatief fors volume is voor plaatsing op 1 dak is aangenomen dat de 7,5 MW op een aaneengesloten bedrijventerrein ontwikkeld wordt. Ook voor dit alternatief geldt dat men in het net moet investeren en dat er effectief een 5,4 MW aansluiting nodig is. Kosten van netverzwaring vallen echter (gemiddeld genomen) iets lager uit, omdat bedrijven een deel van de opgewekte elektriciteit zelf gebruiken. Op jaarbasis betreft dit volgens het PBL gemiddeld zo'n 30%.²⁰ We gaan uit van 3% transportverliezen en er is uitgegaan van een rendement van 98% van de omvormers. Tenslotte, wordt uitgegaan van een technische levensduur van 25 jaar van de zonnepanelen. In deze studie is verder geen rekening gehouden met de kosten en mogelijke voordelen van curtailment (bijv. lagere onbalans kosten).



Alternatief 3: Zon op dak (woonwijk)

Alternatief 3 betreft het plaatsen van zonnepanelen op daken van meerdere eengezinswoningen (10 per woning). In totaal wordt een vermogen geïnstalleerd verspreid over heel Nederland, dat gelijk is aan het vermogen van de andere alternatieven, namelijk 7,5 MW. De zonnepanelen zijn in eigendom van de woningeigenaar. De woningeigenaar voorziet voor 30% in zijn eigen elektriciteitsbehoefte en levert de rest terug aan het net²¹. Voor alternatief 3 verwachten we dat de huidige netcapaciteit van een gemiddelde woning aansluiting voldoende is, hierdoor zijn er geen extra kosten voor netverzwaring²². We gaan uit van 3% transportverliezen en er is uitgegaan van een rendement van 95% van de micro-omvormers¹⁸. Het rendement voor een micro-omvormer is namelijk lager dan voor grootschalige omvormers. Tenslotte, wordt uitgegaan van een technische levensduur van 25 jaar van de zonnepanelen.



2.3 Algemene uitgangspunten

In de MKBA zijn enkele uitgangspunten en aannames gemaakt die gelden voor alle alternatieven. Ten eerste gaan we uit van een totaal geïnstalleerd vermogen van 7,5 MW. Het vermogen van per zonnepaneel is 320 Wp. Dit ligt iets hoger dan het gemiddeld huidig opgesteld vermogen, maar ligt in lijn met de verwachte groei van het vermogen

¹⁵ Er wordt vaak de volgende relatie genoemd: bovenste 30% van vermogen zonnepark levert slechts 3% van de productie (kWh) op. Volgens Holland Solar is de DC/AC ratio momenteel 1,4. In de toekomst kan dit toenemen richting 1,8, waardoor benodigde netaansluiting in de tijd (o.b.v. 7,5 MW) afneemt tot 4,2 MW.

¹⁶ PBL, 2019 basisbedragen SDE+. De term eigen verbruik verwijst naar lokaal gebruik, het betreft gebruik van opgewekte elektriciteit welke niet over het net naar elders getransporteerd hoeft te worden.

¹⁷ RVO (2016). Grondgebonden zonneparken - Verkenning naar de afwegingskaders rond locatiekeuze en ruimtelijke inpassing in Nederland

¹⁸ IRENA, 2016. The Power to Change: Solar and Wind Cost Reduction Potential to 2025.

¹⁹ PBL, volgens het PBL is de technische levensduur van zon-pv projecten 25 jaar. De economische levensduur hangt in de praktijk af van m.n. de ontwikkeling van de elektriciteitsprijs en is daarmee variabel.

²⁰ PBL, 2019. Conceptadvies SDE+. Voor de categorie 5 – 10 MW betreft dit 25-30% (n=3).

²¹ TNO, 2020. Effect afbouw salderingsregeling op de terugverdientijd van investeringen in zonnepanelen.

²² Indien woningeigenaren naast een zonne-installatie ook bijv. een warmtepomp installeren en elektrisch gaan rijden gaat dit argument mogelijk niet meer op.

van zonnepanelen^{23/24}. Hiermee komt het aantal zonnepanelen op 23.438 (de zonnepanelen hebben de volgende afmeting: 1650x1000mm). Ten tweede is het aantal vollasturen gelijk aan het Nederlandse gemiddelde van 950MWh/MW²⁵. Daarnaast zijn alle zonnepanelen stationair, georiënteerd op het oost-westen en onder een hellingshoek van 35° geplaatst. Deze oriëntatie levert het hoogste rendement op^{26/27}. De zonintensiteit en de schaduwvorming is dus voor alle projecten gelijk.

²³ International Technology Roadmap for Photovoltaic, 2019.

²⁴ Fraunhofer ISE, 2015. Current and FutureCost of Photovoltaics.

²⁵ RVO, 2018. Deze waarde corrigeert ook voor de gemiddelde afname van elektriciteitsproductie van zonnepanelen (0,64% per jaar).

²⁶ Hoewel dit geen realistische aanname is voor alle zonneparken in Nederland, omdat dit zorgt voor piekproductie rond het middaguur, is er in deze MKBA wel voor gekozen zodat alle varianten goed met elkaar vergeleken kunnen worden.

²⁷ Induurzaam (z.d.). Zoninstraling en Oriëntatie

3. Effecten

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de effecten die zijn geïdentificeerd voor de verschillende alternatieven. Voor elk niveau (directe effecten (business case perspectief), indirecte effecten en externe effecten (nationaal- of maatschappelijk perspectief)) worden de voornaamste effecten beschreven en de kengetallen gepresenteerd. In de bijlage is de (wiskundige) aanpak om tot kengetallen te komen uiteengezet en zijn bronnen opgenomen.

Voor de effecten op de drie verschillende niveaus zijn kengetallen verzameld (veelal een onder-, midden- en bovenwaarde) met behulp van beschikbare studies, interviews met experts en expertise van Berenschot en Kalavasta. Waar mogelijk zijn effecten gekwantificeerd en vervolgens gemonetariseerd. Echter, niet alle effecten zijn uit te drukken in geld. Deze effecten zijn kwalitatief meegenomen in deze MKBA.

3.1 Directe effecten

Directe effecten zijn in een MKBA de effecten (kosten en baten) die direct gekoppeld kunnen worden aan het project. De gebruikers, eigenaren en exploitanten ondervinden hier direct de gevolgen van. Voor bepaling van de directe effecten zijn de PBL SDE++ waarden gehanteerd als input indien mogelijk.

Onder directe kosten vallen de investerings-, financierings- en exploitatiekosten van opwek van zonne-energie.

- De investeringskosten zijn verder uit te splitsen in kosten voor de fotovoltaïsche modules, omvormers, overige materiaal- en installatiekosten, profiel- en onbalanskosten en kosten voor recyclen. De verwachte investeringskosten in euro/Wp hebben grote impact op de business case. Voor alternatief 1 en 2 is uitgegaan van de cijfers van PBL, kosten per wattpiek zijn respectievelijk 0,58 euro/Wp en 0,63 euro/Wp. De kosten voor alternatief 3 zijn significant hoger en bedragen volgens TNO²⁸ 1,26 euro/Wp (uitgaande van een 'standaard' installatie van 10 panelen). Dit verschil in kosten komt voornamelijk door het ontbreken van schaalvoordeel, meer of minder panelen heeft een relatief groot effect op de gemiddelde euro/Wp prijs^{29,30}.
- De exploitatiekosten bestaan uit twee componenten. Enerzijds zijn er de 'gewone' jaarlijkse O&M exploitatiekosten ten behoeve van de brutoproductiemeter/prestatiecheck, verplichte verzekeringen, beveiligingsdiensten, de netwerkaansluiting (deel ondernemer) en assetmanagement. Anderzijds maakt een projectontwikkelaar kosten voor vervanging van delen van de installatie als gevolg van variërende afschrijvingstermijnen (omvormers).
- Tenslotte, zijn er kosten vanwege aantrekken van vermogen, zogenaamde financieringskosten. Voor alternatief 1 en 2 is ervan uitgegaan dat projecten voor respectievelijk 10 procent met eigen vermogen en voor 90 procent met vreemd vermogen gefinancierd worden. In 2020 bedraagt de groenfinancieringsrente 1,5% en is de rendementseis op eigen vermogen voor zon-pv 9%. De WACC komt hiermee uit op 2,7%. Voor alternatief 3 is aangenomen dat de investering volledig wordt bekostigd uit eigen vermogen (spaartegoeden). Momenteel is het rendement op spaartegoeden verwaarloosbaar. Daarom stellen we de rendementseis voor zon-op-dak voor huishoudens op 0%³¹. Eventuele belastingen vallen buiten de scope van dit onderzoek en zijn niet opgenomen.

²⁸ TNO, 2020. Effect afbouw salderingsregeling op de terugverdientijd van zonnepanelen

²⁹ Milieucentraal, 2020. Salderingsregeling.

³⁰ In deze wattpiek prijzen is daarnaast geen rekening gehouden door het PBL met zaken zoals grondhuur en ontwikkelkosten (deze zijn in de NCW berekening apart opgenomen) en dienen daarom niet 1-op-1 met de euro/Wp prijs van zon op daken vergeleken te worden.

³¹ Indien de rendementseis toeneemt (in 2012 was de rendementseis op obligaties en depositos volgens het CPB bijv. 0,7%), nemen de totale kosten van een project toe. Dit omdat een woningeigenaar bij een lager rendement zijn geld niet van de bank zal halen.

Onder directe baten vallen de exploitatieopbrengsten. De exploitatieopbrengsten bestaan uit het leveren van elektriciteit aan het net en het eigengebruik van de geproduceerde elektriciteit. Bovenop de prijs van grijze stroom kunnen groencertificaten (GvO's) worden verkocht, we zijn uitgegaan van een prijs van 7 euro per MWh. Voor berekening van de NCW is uitgegaan van een elektriciteitsprijs van 44 euro per MWh voor alle jaren³². Specifiek voor alternatief 3 (zon-op-dak, woonhuizen) kan de toename in woningwaarde bij verkoop van de woning als mogelijk relevante directe baat gezien worden. Echter, de door de TIAS gevonden gemiddelde waardeestijging van 2,5%³³ is grotendeels toe te schrijven aan de som van de investeringswaarde van zonnepanelen en het zogenaamde imago effect. Aangezien het eerste deel van de waardeestijging al meegenomen is in de MKBA (dit betreft namelijk de restwaarde van de investeringskosten) wordt deze niet meegenomen. Voor het imago effect bestaat onvoldoende bewijs en de pakweg waardeestijging van 1.000 euro per woning is daarom ook niet mee meegenomen als een baat³⁴. Eventuele subsidies (denk aan: SDE en salderingsregeling) vallen buiten de scope van dit onderzoek omdat we ons richten op het maatschappelijk perspectief en zijn niet opgenomen. Hierdoor is in 2020 de business case van elk alternatief negatief.

3.2 Indirecte effecten

Indirecte effecten ontstaan doordat directe effecten invloed uitoefenen op andere markten (oftewel: voor indirecte effecten bestaat een marktprijs). Indirecte effecten kunnen zowel positief (baten) als negatief (kosten) zijn. Relevante indirecte effecten van inpassing van zonne-energie zijn de kosten gerelateerd aan (vervroegde) netverzwaring, kosten vergunningverlening (eenmalig) en verlies van landbouwgrond-/opbrengst (deze zijn niet van toepassing op elk alternatief) en werkgelegenheidsbaten. Als discontovoet is een percentage van 2,7% gehanteerd, de discontovoet is hiermee gelijk aan de WACC die het PBL hanteert voor grootschalige zonne-installaties. Dit percentage is lager dan de door de Leidraad MKBA is voorgeschreven. Deze keuze is gemaakt omdat – in onze optiek – de standaard discontovoet percentage onvoldoende rekening houden met huidige lage rentestand en ze normaal gesproken lager zijn dan de discontovoet die voor directe effecten van toepassing is. De aanpak om de kosten van netverzwaring, verlies van landbouwgrond en baten van werkgelegenheid te bepalen zijn hieronder toegelicht.

Kosten netverzwaring

De gezamenlijke netbeheerders hebben een belangrijke rol in de energietransitie. Onder andere vanwege hun taak om nieuwe wind en zonneparken in Nederland op het net aan te sluiten. De kosten van het elektriciteitsnetwerk, zowel vervanging, verzwaring als onderhoud worden verdeeld over alle gebruikers (zgn. gesocialiseerd). De kosten voor netverzwaring voor een wind- of zonnepark ontwikkelaar zijn nihil (excl. kosten van aansluiting van het park tot aan het net). In het geval dat een nieuw zonnepark ertoe leidt dat het elektriciteitsnetwerk in een regio verzaamd moet worden, zijn dit kosten die op de maatschappij afgewenteld worden, indirecte kosten dus. In het geval dat er nog capaciteit op het net 'over' is zijn de kosten van aansluiten voor een netbeheerder nihil, een netbeheerder maakt dan geen extra kosten. Het bepalen van de indirecte kosten van netverzwaring van de drie verschillende alternatieven gemiddeld voor Nederland is hierdoor niet eenvoudig.

Om tot een gedegen kengetal te komen voor de gemiddelde kosten van netverzwaring voor elk alternatief is samengewerkt met experts van Enexis Netbeheer. Enexis Netbeheer heeft de impact van de concept-ambities voor wind- en zon – resultante van het RES-proces van 2019/2020 – tot 2030 op hun netten doorgerekend. Hieruit blijkt dat de totale kosten voor netverzwaring per RES-regio van drie factoren afhangt, namelijk:

³² PBL, 2020. De elektriciteitsprijs is lastig te voorspellen en aangezien de studie een doorkijk heeft richting 2050 is er voor gekozen om voor alle jaren een gelijke elektriciteitsprijs te hanteren.

³³ Zie o.a. TIAS, 2016. De waarde van zonnepanelen bij woningverkoop.

³⁴ Dastrup, Samuel R. and Graff Zivin, Joshua and Costa, Dora L. and Kahn, Matthew E., Understanding the Solar Home Price Premium: Electricity Generation and "Green" Social Status (2011).

- de verdeling in additionele MW tussen wind op land, zon-op-dak en zonneweides. De verdeling is respectievelijk 16%, 33% en 51% voor het gebied in beheer van Enexis Netbeheer;
- de momenteel beschikbare capaciteit op het aanwezige net; en
- het percentage eigen gebruik van bovenstaande drie varianten.

Uit de doorrekening blijkt dat de gemiddelde totale kosten voor netverzwaring in de periode 2020 tot 2030 als gevolg van de concept-RES-ambities voor Enexis Netbeheer uitkomen op gemiddeld 141.000 euro per MW. Per RES variëren de kosten voor netverzwaring per MW tussen de 50.000 en 380.000 euro per MW. In dit bedrag is rekening gehouden met de huidige beschikbare capaciteit op het net. Bij Enexis Netbeheer is verdere uitsplitsing in kosten van netverzwaring per alternatief niet beschikbaar. Aangezien we er vanuit gaan dat de kosten van netverzwaring wel variëren tussen de drie alternatieven, met name vanwege verschil in percentage eigen gebruik is een inschatting te maken van de kosten van netverzwaring per alternatief. Uitgangspunt hierbij zijn de gemiddelde kosten van netverzwaring per MW en de percentages eigen gebruik³⁵. Onderstaande tabel toont de gehanteerde kengetallen, deze waarden betreffen een ruwe indicatie en de kosten voor netverzwaring verschillen per RES-regio zijn aanzienlijk³⁶.

Tabel 2 – Indirecte kosten netverzwaring per alternatief

Type	Zon op dak (huishoudens)	Zon op dak bedrijfsdak	Zonneweide	Wind op land
Percentage eigen gebruik in 2020	30%	30%	15%	15%
Indirecte kosten netverzwaring, in euro per MW	n.v.t	100.000	120.000	120.000

Bovenstaande waarden worden over een periode van 40 jaar afgeschreven. In de analyse is er vanuit gegaan dat na de eerste 25 jaar het verzwaaarde net in gebruik blijft, bijv. voor een nieuw zon-pv project of een alternatieve bron van hernieuwbare elektriciteit. Kosten van afschrijving na jaar 25 worden dan ook niet meegenomen in de indirecte kosten. In de gevoeligheidsanalyse is getoetst wat het effect is indien het net over een periode van 25 jaar afgeschreven moet worden, bijv. omdat de verzwaring van het net grotendeels overbodig is geworden. Wij houden een WACC van 2,8% aan³⁷. Aangezien we naar de kosten van (vervroegde) netverzwaring kijken en naar verwachting de operationele kosten van netbeheer over een zwaarder net relatief gelijk blijven, zijn additionele kosten van operationeel beheer in de MKBA niet van toepassing.

Voor de profiel- en onbalanskosten wordt voor elk alternatief gerekend met €0,004 per kWh³⁸.

Werkgelegenheidsbaten

Het inpassen van elk van de drie alternatieven leidt tot werkgelegenheid. In een MKBA is alleen een toename van de totale werkgelegenheid op nationaal niveau van waarde. Additionele werkgelegenheid betekent dat er werk wordt gecreëerd voor werklozen, waardoor op nationaal niveau meer mensen een baan hebben. Wanneer iemand zou wisselen van werk is dit namelijk niet het geval, omdat er in dit geval niet over additionele werkgelegenheid

³⁵ Voor zonneweides gaat het PBL uit van 15% en voor zon op dak (bedrijven) van 60%. Voor wind gaan we ook uit van een percentage eigen gebruik van 15%. Voor zon op dak (huishoudens) nemen we aan dat er geen netverzwaring nodig zal zijn.

³⁶ Nader onderzoek naar de kosten van netverzwaring voor verschillende vormen van duurzame elektriciteit, en de impact daarvan op de maatschappij kan de leiden tot nieuwe inzichten.

³⁷ ACM, 2019. Methodenbesluit voor periode 2017-2021. Waarde betreft investeringen in 2021.

³⁸ ECN (2016). Basisprijzen SDE+

gesproken kan worden. Er is slechts sprake van een verplaatsing van werkgelegenheid. Een additionele fte komt neer op €15.000 aan welvaartsbaten per jaar³⁹.

De werkgelegenheidsbaten gerelateerd aan het inpassen van zonne-energie bestaan uit twee onderdelen, te weten additionele werkgelegenheid vanwege installatie en structurele additionele werkgelegenheid vanwege de operationele fase van zon-pv. Onderstaand is weergegeven welke waarden zijn gebruikt om de tijdelijke en structurele (additionele) werkgelegenheid per alternatief mee te bepalen:

- Voor alternatief 1 is gerekend met 0,25 tijdelijke fte per MW en 0,13 permanente fte per MW³⁹.
- Voor alternatief 2 is gerekend met 0,5 tijdelijke fte per MW en 0,13 permanente fte per MW. Hierbij is de aanname gedaan dat er tweemaal zoveel tijdelijke additionele werkgelegenheid wordt gecreëerd door zon op daken van bedrijven vergeleken met zonneweides³⁹.
- Voor alternatief 3 is gerekend met 1,8 tijdelijke fte per MW en 0,09 permanente fte per MW³⁹.

Verlies van landbouwgrond

Nederland is een relatief klein land met veel conflicterende belangen in de fysieke ruimte. Indien een boer kiest om zijn land te verpachten en/of zelf een zonneweide wenst te ontwikkelen gaat veelal vruchtbare grond verloren⁴⁰. Op deze grond kan als gevolg hiervan geen vee of gewas meer geproduceerd worden. De opportuniteitskosten van realisatie van een zonneweide leidt dus ook tot een afname van toegevoegde waarde gerealiseerd op agrarische grond. Om de indirecte kosten hiervan te bepalen is gebruik gemaakt van de volgende kengetallen:

- Het gemiddeld inkomen van het inkomen uit bedrijf per onbetaald arbeidsuur (zgn. aje) betreft 37.000 euro⁴¹.
- Per bedrijf werken er gemiddeld 2,9 aje⁴².
- Deze gemiddelde bedrijfsgrootte van een akkerbouwer is 60 ha⁴³.
- De gemiddelde toegevoegde waarde van een ha landbouwgrond komt daarmee neer op ongeveer €1.800 per ha⁴⁴. Eventuele indirecte toegevoegde waarde in de keten is niet meegenomen in deze analyse.

3.3 Externe effecten

Tenslotte moet voor bepaling van het maatschappelijk perspectief van de drie alternatieven ook naar de externe effecten gekeken worden. Externe effecten zijn niet-beprijste neveneffecten (meestal kosten, het kunnen ook baten zijn) van een project op derden. Externe partijen worden hiervoor niet gecompenseerd (of in geval van een baat, betalen niet mee aan realisatie van een project). Externe effecten als gevolg van de opwek van zonne-energie zijn (afhankelijk van welk alternatief je onderzoekt) de impact op landschapskwaliteit, landgebruik, kennisontwikkeling, reductie CO₂-uitstoot, polarisatie, burgerparticipatie, sociale cohesie, etc. Als discontovoet is een percentage van 2,7% gehanteerd, de discontovoet is hiermee gelijk aan de WACC die het PBL hanteert voor grootschalige zonne-installaties. Dit percentage is lager dan de door de Leidraad MKBA is voorgeschreven. Deze keuze is gemaakt omdat – in onze optiek – de standaard discontovoet percentage onvoldoende rekening houden met huidige lage rentestand en ze normaal gesproken lager zijn dan de discontovoet die voor directe effecten van toepassing is. Onderstaand wordt kort op elk extern effect nader ingegaan.

Impact op landschapskwaliteit

³⁹ CE Delft (2013). MKBA Windenergie Lage Weide

⁴⁰ Volgens de branchevereniging Holland Solar komt multifunctioneel gebruik van grond steeds vaker voor. In dit geval is het verlies van landbouwgrond lager of mogelijk zelfs nihil.

⁴¹ <https://www.agrimatie.nl/SectorResultaat.aspx?themaID=2272&indicatorID=2046&subpubID=2232§orID=2233>

⁴² <https://www.agrimatie.nl/PublicatiePage.aspx?subpubID=2525&themaID=2264§orID=3534>

⁴³ <https://www.agrimatie.nl/ThemaResultaat.aspx?subpubID=2232&themaID=2272&indicatorID=2100>

⁴⁴ Het oppervlak van een zonneweide is circa 78.000 m², wat overeenkomt met 0,96 MW/ha of 7,2 ha in totaal voor alternatief 1.

Het plaatsen van een zonnepark heeft impact op de waarde die men aan een landschap toekent. Men meet de toe-/afname van de waarde die men aan een landschap toekent middels de toe-/afname van de omliggende woningwaarde, de zgn. hedonische prijsmethode. De impact van alternatief 1 (zonneweide) is volgens verschillende onderzoeken negatief en leidt tot een daling van nabijgelegen woningen^{39,45}. De negatieve impact van een nieuw zonnepark is echter wel zeer lokaal en alleen woningen binnen een range van 1 á 2 kilometer zien een waardedaling.

Om de negatieve impact van een zonnepark op de woningwaarde te minimaliseren wordt in samenspraak met omwonenden vaak gezocht naar een 'passende' locatie. Het realiseren van een zonnepark op deze locatie is vaak duurder dan de voorkeurslocatie vanuit perspectief van de ontwikkelaar. Deze investering doet de negatieve impact op het landschap echter maar gedeeltelijk teniet en is niet altijd van toepassing.

Om de daling in woningwaarde te monetariseren gaan we er vanuit dat binnen een straal van 1 km rondom de zonneweide 10 woningen per km² staan⁴⁶. Deze woningen hebben een gemiddelde WOZ-waarde van circa €206.000⁴⁷. Door de komst van een zonneweide neemt de waarde van woning 1,5% af. De gemiddelde waardedaling van alternatief 1 komt daarmee uit op 14.500 euro per MWp.

Bodemkwaliteit en biodiversiteit

Uit een onderzoek van de Wageningen Universiteit blijkt dat de komst van een zonneweide een positief effect kan hebben op de bodemkwaliteit indien het agrarisch landgebruik vervangt. Dit effect is grotendeels afhankelijk van de dichtheid van de zonneweide⁴⁸. Voor het bepalen van de toename in bodemkwaliteit en biodiversiteit – wat als externe baat bij alternatief 1 is meegenomen – zijn de kosten van extensief vruchtbaar grasland (dus grond onder een zonneweide met voldoende ruimte tussen panelen) in mindering gebracht op de kosten voor intensieve gewassen. De kosten per m² per jaar voor intensieve gewassen zijn € 0,033⁴⁹, en de kosten per m² per jaar voor extensief vruchtbaar grasland zijn € 0,017⁴⁹. Het oppervlakte van de zonneweide is circa 78.000 m².

Alternatief 2 en 3 veroorzaken geen verandering in landgebruik.

Vermeden CO₂-uitstoot

Een belangrijke reden om te investeren in duurzame opwek van elektriciteit betreft de reductie van CO₂-uitstoot. CO₂ is een broeikasgas dat voor een groot deel verantwoordelijk is voor de verwachte opwarming van de aarde. Sinds 1990 zijn er vele studies uitgevoerd naar wat de juiste aanpak is om de waarde van een vermeden ton CO₂ in euro's in een MKBA mee te bepalen. Grofweg zijn er twee uitgangspunten. Enerzijds kan de waarde van een ton CO₂ beprijsd worden door naar de marktwaarde te kijken. Hiervoor kan de ETS-prijs worden genomen. Kritiek op deze aanpak is echter dat de ETS-prijs niet de maatschappelijke waarde van CO₂ reflecteert (hij is te laag). Anderzijds kan men de schaduwprijs van een ton CO₂ berekenen, dit is de zgn. efficiënte CO₂-prijs. De efficiënte CO₂-prijs corrigeert voor imperfecte marktprijzen en is toepasbaar in een MKBA voor ETS en niet ETS-sectoren.

In 2016 heeft de Begeleidingscommissie werkwijzer MKBA milieubeleid, het CPB en het PBL opdracht gegeven om onderzoek te doen naar de hoogte van de ETS-prijs van een vermeden ton CO₂ en naar de hoogte van de efficiënte CO₂-prijs voor drie scenario's. Elk van deze drie scenario's heeft een verschillend percentage CO₂-reductie in 2050, respectievelijk: 45 procent CO₂-reductie (WLO-laag); 65 procent CO₂-reductie (WLO-hoog); en 80 procent CO₂-reductie (2-graden temperatuurstijging). Het CPB/PBL hebben voor elk van deze scenario's het tijdspad voor

⁴⁵ Urban Economics (2019) Windturbines, zonneparken en woningprijzen

⁴⁶ De gemiddelde huizendichtheid van dunbevolkte gebieden in Nederland is ongeveer 40 woningen per km². Ook worden over het algemeen zonneweides niet gebouwd vlakbij dorpskernen waardoor de gecorrigeerde waarde 4 keer zo laag ligt

⁴⁷ CBS Statline (2020). Regionale kerncijfers Nederland

⁴⁸ WUR (2019). Zonneparken Natuur en Landbouw

⁴⁹ CE Delft, 2017. Handboek Milieuprijzen 2017

ontwikkeling van de CO₂-prijs bepaald⁵⁰. Volgens het CPB/PBL dient in een MKBA met de efficiënte CO₂-prijs gerekend te worden, dit advies is door de Minister van Financiën in 2015 overgenomen⁵¹.

Nederland streeft ernaar om in 2050 een CO₂-reductie van 95 procent te realiseren. Het 2-graden scenario van het CPB/PBL komt hierbij het dichtst in de buurt. Daarom zijn de cijfers van het CPB/PBL voor het 2-graden temperatuurstijging scenario gehanteerd in deze studie. Voor elk jaar is het gemiddelde als kengetal gekozen. Onderstaande tabel toont de resultaten van het CPB/PBL en onze inschatting voor te hanteren waardes als referentiegetal voor de jaren 2020, 2030 en 2050.

Tabel 3 - Inschatting van CO₂-prijzen (€/ton) volgens CPB/PBL, inschatting referentiewaardes Berenschot

Scenario	ETS-prijs CO ₂ in jaar:				Efficiënte prijs CO ₂ in jaar:			
	2015	2020	2030	2050	2015	2020	2030	2050
Laag	5	9	15	40	12	15	20	40
Hoog	5	22	40	160	48	60	80	160
2°C	5	50 - 200	100-500	200-1000	60-300	75 - 300	100-500	200-1000
2°C - ref	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	187,50	300	600

Voor bepalen van de NCW in 2030 is rekening gehouden met de verwachte daling van de totale CO₂-uitstoot. De totale waarde van een extra ton vermeden CO₂ neemt in de tijd af, omdat de gemiddelde uitstoot per geproduceerde MWh in Nederland daalt. Zie ook sectie 4.2.

Luchtkwaliteit

Investeren in zonne-energie leidt tot een verbetering van de luchtkwaliteit Nederland. De verschillende alternatieven hebben impact op de totale uitstoot van SO₂, NO_x en fijnstof. Door de reductie van deze voor de mens schadelijke emissies zijn alternatieve maatregelen – waarvoor een marktconforme prijs te bepalen valt – niet of in mindere mate nodig. In hoofdstuk 5 zijn de indirecte baten als gevolg van een reductie in uitstoot weergegeven.

Overige externe effecten: polarisatie, burgerparticipatie, energieonafhankelijkheid en kennisontwikkeling

Tenslotte heeft elk alternatief voor inpassing van zonne-energie ook effect op een aantal lastig te kwantificeren thema's. Voornamelijk zijn polarisatie van de samenleving, mate van burgerparticipatie (zowel in besluitvorming als financiële participatie) en het belang van energieonafhankelijkheid voor een regio en voor Nederland. Eerst wordt elk effect kort beschreven. Vervolgens zijn de drie overige externe effecten kwalitatief beoordeeld per alternatief. Belangrijk om mee te nemen is dat op lokaal niveau deze effecten gezamenlijk het draagvlak voor of tegen een van de (of allemaal) alternatieven significant kan beïnvloeden. Indien er voor een specifieke locatie geen draagvlak is voor een alternatief dan leidt dit in het minste geval tot uitstel en in het ergste geval tot afstel⁵². Latere oplevering van een project heeft als gevolg dat de verwachte CO₂-reductie (en overige maatschappelijke effecten, al zijn deze minder tijdsafhankelijk) pas later in de tijd optreden.

⁵⁰ CPB/PBL, 2016. WLO-klimaatscenario's en de waardering van CO₂-uitstoot in MKBA's

⁵¹ Minister van Financiën, 2015. Betreft Kabinetsreactie bij eindrapport werkgroep discontovoet. Brief aan de Voorzitter van de Tweede Kamer der Staten-Generaal. 13 november 2015. IRF/2015/866.

⁵² In de factsheet zon-pv en wind op land van het NPRES gaat men uit van een realisatiegraad van SDE+ beschikte projecten van 'slechts' 50 procent. Er zijn meerdere redenen waarom men uit gaat van 'slechts' 50 procent realisatie, denk aan netcapaciteit, vergunningverlening, maar ook onvoldoende draagvlak. In dit is nog geen rekening gehouden met eventuele latere oplevering van projecten.

Toename van tegenstellingen in de bevolking: Polarisatie

De energietransitie is niet voor iedereen mogelijk, of in elk geval het is niet voor iedereen even makkelijk om te investeren in een zonne-energie project. Dit geldt zowel voor het wel/niet kunnen participeren in een zonneweide, investeren in grootschalig zon op bedrijfsdaken als voor het aanleggen van zon op een woning. Zoals voor veel dingen geldt kan je 'met geld geld maken', mensen met meer vermogen kunnen gemakkelijker investeren.

Voor alternatief 1 geldt dat een zonneweide verdeeldheid tussen groepen kan vergroten, met name vanwege de impact op landschapskwaliteit, kosten gerelateerd aan netverzwaring en schaalgrootte van investeringen. Dit effect is kleiner indien burgers (financieel) worden betrokken bij de bouw van een zonneweide.

Onze inschatting is dat alternatief 2 niet leidt tot polarisatie. Dit alternatief heeft over het algemeen weinig impact op de landschapskwaliteit en – in vergelijking met een zonneweide – vraagt om minder investeringen in het elektriciteitsnet. Enige kritische noot hierbij is dat – net als bij zonneweides – grootschalige projecten een relatief groot deel van de totale subsidiepot gebruiken.

Voor alternatief 3 geldt dat indien een woningeigenaar kan investeren in zon op zijn dak, hij deze investering vanwege m.n. belastingvoordeel in zo'n 7 jaar terugverdient (vanwege een lagere energierekening van ongeveer 600 euro per jaar)⁵³. Een woningeigenaar die niet kan investeren in zon op zijn dak, vanwege bijv. onvoldoende eigen vermogen, heeft dit voordeel niet maar betaalt indirect via belastingen wel mee aan de lagere energierekening van zijn bureaus⁵⁴. Daarnaast speelt ook nog het onderscheid tussen een woningeigenaar en een huurder. De laatste kan alleen (financieel) baat hebben van zonnepanelen als zijn/haar woningcorporatie (of andere verhuurder) investeert in zonnepanelen op het dak en een deel van zijn/haar voordeel doorgeeft aan de huurder. Volgens Vanhille resulteert de hierdoor ontstane ongelijkheid in lagere economische groei⁵⁵.

Burgerparticipatie en sociale cohesie

Het betrekken van burgers bij projecten leidt tot een toename van legitimiteit van de overheid en toename van sociale cohesie. Daarnaast leidt burgerparticipatie ook tot een toename in kwaliteit van projecten en vergroot het de kennis van burgers⁵⁶. Burgerparticipatie leidt aan de andere kant tot kosten (bijv. organiseren van insprek avonden), risico (conflict) en mogelijk heeft het een langere looptijd van projecten als gevolg.

Voor alle drie de alternatieven geldt dat ze een positief effect (kunnen) hebben op burgerparticipatie.

Voor alternatief 1 wordt een positieve impact op het gehele project verwacht indien men proactief burgers de mogelijkheid biedt om in het project (ook financieel) te participeren. Het streven van de sector is dan ook om zonneweides veelal in samenwerking met omwonenden te realiseren⁵⁷. Volgens een Duits onderzoek kan de totale waarde van een windproject zelfs met een factor 8 toenemen, voor de eigen regio, wanneer de ontwikkeling door lokale partijen gebeurt in plaats van dat externe (internationale) financiers en ontwikkelaars een windpark realiseren (en zelf alle werkzaamheden uitvoeren met personeel buiten de regio en subsidie-inkomsten opstrijken)⁵⁸. Het is op dit moment niet bekend in welke mate financiële participatie van omwonenden in zonneweides, en voor welk percentage, daadwerkelijk plaats vindt.

Voor alternatief 2 geldt dat, mede vanwege het bestaan van de postcodeoosregeling, burgerparticipatie (o.a. financieel) goed geregeld is. Dit vergroot de sociale cohesie.

⁵³ Milieucentraal, salderingsregeling voor zonnepanelen 2020. De lagere energierekening ontstaat door belastingvoordelen.

⁵⁴ Zie ook: <https://energeia.nl/trilemma/40088722/elektriciteit-is-een-raar-goedje>

⁵⁵ Vanhille et al (2019). Sociale ongelijkheid in het klimaatvraagstuk.

⁵⁶ Involve (2005). The True Costs of Public Participation

⁵⁷ Holland Solar, 2019. Gedragscode zon op land.

⁵⁸ https://www.sw-kassel.de/fileadmin/stw/bilder/05-unternehmen/news/2016/2015_31_05_RWS_Abgabeversion_Kurz.pdf

Tenslotte geldt voor alternatief 3 dat veel burgers vanwege salderen financieel aantrekkelijk zelf duurzaam elektriciteit op kunnen wekken⁵⁹. Een vergelijkbare optie bestaat voor VVE's, die kunnen gezamenlijk zon-pv installaties aanschaffen en zo gebruik maken van belastingvoordelen. Zoals vermeld bij polarisatie hangt voor zowel woningeigenaren en huurders dit wel af van ieders persoonlijke (financiële) situatie. Een ander effect dat bij alternatief 3 optreedt is dat van de sneeuwbal: mensen zien zonnepanelen op het dak van hun buurman/-vrouw, raken met elkaar in gesprek en willen vervolgens zelf ook zonnepanelen, etc.

Energieonafhankelijkheid

De energieonafhankelijkheid neemt voor alternatief 2 en 3 toe. Eigenaren kunnen in grotere mate in hun eigen energieverbruik voorzien. Voor alternatief 1 blijft de afhankelijkheid van energieleveranciers gelijk of neemt licht toe. Op nationale schaal hebben alle alternatieven een (ongeveer) gelijk positief effect op de energieonafhankelijkheid van Nederland.

Kennisontwikkeling

Aan zon-pv gerelateerde kennisontwikkeling is tweeledig. Enerzijds neemt de innovatie in de sector toe door te investeren in zon-pv. Dit leidt tot een daling van de investeringskosten van zon-pv, iets wat het Rijk met de SDE++ subsidie ook beoogt⁶⁰. Anderzijds verwachten we dat de arbeidsproductiviteit stijgt, wanneer fors wordt ingezet op zon-pv. Dit komt omdat meer installateurs ervaring opdoen gedurende de installatie- en onderhoudsfase en marktwerking.

Innovatie gerelateerde kennisontwikkeling zal plaatsvinden wanneer er geïnvesteerd wordt in één van de alternatieven. De impact van alle drie de alternatieven op innovatie gerelateerde kennisontwikkeling wordt daarom als positief beoordeeld. Kennisontwikkeling in de vorm van toegenomen arbeidsproductiviteit verschilt per alternatief, omdat het aandeel arbeid verschilt per alternatief. Alternatief 3 vraagt meer arbeid dan alternatief 1 en 2, omdat de zonnepanelen op een groot aantal verschillende daken geïnstalleerd moeten worden. Het kennisontwikkelingseffect als gevolg van toegenomen arbeidsproductiviteit is daarom het grootste voor alternatief 3. De verschillen tussen de alternatieven zijn echter niet significant. Daarom wordt voor alle drie de alternatieven een positief effect verondersteld met betrekking tot kennisontwikkeling.

De onderstaande tabel geeft een overzicht van de kwalitatieve beoordeling van de vier besproken effecten.

Tabel 4: Beoordeling overige externe effecten

	Zonneweide	Zon op dak (bedrijven)	Zon op dak (particulieren)
Polarisatie	Negatief, tenzij..	Positief	Negatief, tenzij..
Burgerparticipatie	Neutraal, tenzij..	Positief	Positief
Energieonafhankelijkheid	Neutraal	Positief	Positief
Kennisontwikkeling	Positief	Positief	Positief
Totaal	Negatief, tenzij..	Positief	Positief, tenzij..

Nb: Bovenstaande effecten zijn niet meegenomen in de NCW berekeningen

⁵⁹ TNO, 2020. Effect afbouw saleringsregeling op de terugverdeintijd van zonnepanelen

⁶⁰ De International Renewable Energy Agency (IRENA) houdt de kosten van duurzame energie-installaties wereldwijd bij. Kostprijzen van PV-modules zijn in de periode 2009-2018 met 90% afgenomen en volgens NVDE (2016) blijven de kosten komende jaren verder dalen (bijv. 30% kostenreductie tussen 2018-2030 voor de zon-pv module).

4. Resultaten

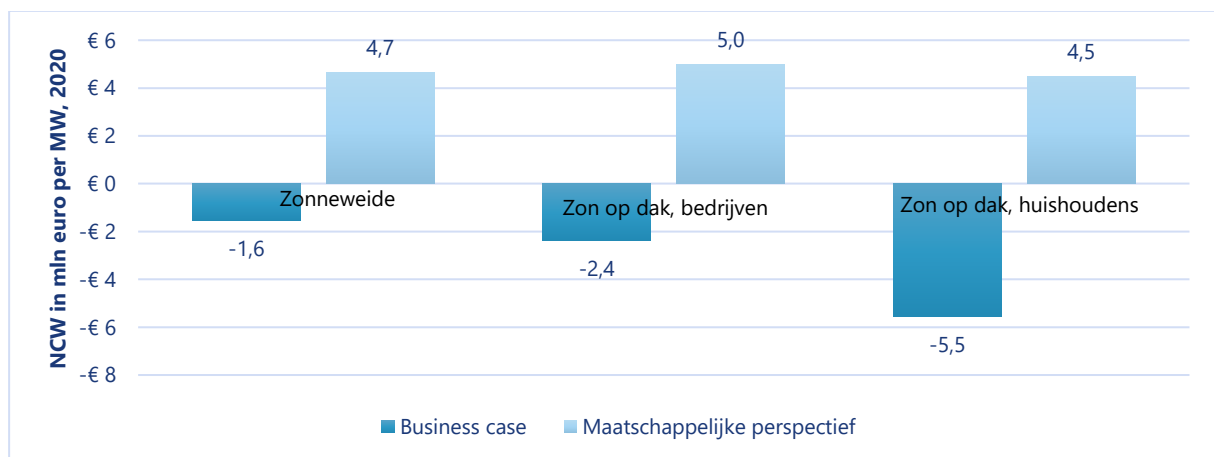
Dit hoofdstuk toont de resultaten van de analyse naar de kosten en baten van de drie alternatieven voor inpassing van zonne-energie. De projectalternatieven worden vergeleken vanuit twee perspectieven, te weten het business-case perspectief (excl. belastingen en subsidies) en het maatschappelijk perspectief. Kwalitatieve effecten, zoals polarisatie en burgerparticipatie zijn niet meegenomen in dit hoofdstuk. Het hoofdstuk heeft drie onderdelen, te weten:

- In sectie 4.1 zijn eerst de alternatieven middels de netto contante waarde met elkaar vergeleken;
- Sectie 4.2 geeft een doorkijk naar hoe we verwachten dat de business case en het maatschappelijk perspectief richting 2030 ontwikkeld; en
- Sectie 4.3 toont hoe gevoelig de NCW uitkomsten zijn indien op een select aantal parameters een gevoeligheidsanalyse wordt uitgevoerd.

4.1 Resultaat MKBA 2020

Uit de analyse blijkt dat de business case voor alle drie de alternatieven – excl. belastingen en subsidies – negatief is. Deze uitkomst is niet verrassend, aangezien momenteel voor elk van de alternatieven verschillende vormen van subsidie beschikbaar zijn. De business case voor zonneweides is met een NCW van -1,6 miljoen euro het beste. Dit alternatief wordt gevolgd door zon op dak (bedrijven) met een iets slechtere uitkomst van -2,4 miljoen. Vanuit business case perspectief is inpassing van zonne-energie op daken van particulieren, met een NCW van -5,5 miljoen, het slechtst. Voornamelijk reden voor de slechte business case komt door de relatief hoge kosten van installatie en aanschaf van een zonnepaneel, welke in 2020 een factor 2 boven die van zonneweides en zon op bedrijfsdaken ligt. Dit verschil is in grote mate verklaarbaar door schaalvoordelen die ontstaan bij grootschalige afname- en installatie van zonne-installaties⁶¹.

Vanuit maatschappelijk perspectief zijn alle drie de alternatieven voor inpassing van zonne-energie positief. De maatschappelijke waarde van opwek van zonne-energie komt gemiddeld neer op een ruime 600.000 euro per MW in 2020. Zon op dak (bedrijven) geeft maatschappelijk gezien de grootste meerwaarde, gevolgd door zonneweides en zon op dak (huishoudens).



Figuur 1 – Netto contante waarde per alternatief voor inpassing van 7.5 MW zonne-energie in 2020

⁶¹ In de wattpiek prijs van een zonnepaneel zijn kosten van pacht grond/dak niet meegenomen. Indien deze kosten meegenomen worden is het verschil in euro/Wp kleiner.

4.2 Doorkijk naar 2030

In het verleden zijn er grote ontwikkelingen geweest op technisch gebied waardoor onder andere de kosten van (installatie van) een zonnepaneel enorm zijn gedaald. Richting 2030 en verder is de verwachting dat de kostprijs van zonnepanelen daalt en dat tegelijk ook de capaciteit van zonnepanelen toeneemt. Tevens blijkt uit analyses dat ook de prijs van een vermeden ton CO₂ stijgt. Een stijging of daling van directe, indirecte en externe effecten heeft een impact op de uitkomst van de business case en/of het maatschappelijk perspectief.

Deze sectie gaat hier op in en geeft een doorkijk van de business case en het maatschappelijk perspectief voor 2030, voor alle drie de alternatieven. De NCW wordt berekend vanuit het perspectief dat een project in 2030 ontwikkeld wordt.

Voor het bepalen van de NCW in 2030 is uitgegaan van de onderstaande ontwikkelingen voor alle alternatieven.

Tabel 5 – Algemene kengetallen die richting 2030 wijzigen ten opzichte van referentie situatie in 2020

	Eenheid	2020	2030
Levensduur (maximaal 50)	jaren	25	30
Oppervlakte benodigd	hectare	7,8	6,3
Capaciteit zonnepaneel (power)	Wp	320	400
Prijs vermeden ton CO ₂	€/t	187,5	300
Prijs vermeden NO _x	€/kg	41,2	58,1
Prijs vermeden SO ₂	€/kg	29,6	41,7
Prijs vermeden PM ₁₀	€/kg	53,0	74,7
Emissiefactor elektriciteit markt ⁶²	t CO ₂ /MWh	0,4	0,09

Voor het bepalen van de maatschappelijke waarde van vermeden emissies werken we met profielen, zowel voor de hoeveelheid vermeden emissies (in ton emissies per MWh elektriciteit) als voor de prijs van de vermeden emissies (in euro per ton emissies). De waarde van de vermeden emissies in euro per MWh elektriciteit is dan het product van bovenstaande. We berekenen dit op jaarbasis, waarbij zowel de emissiefactor als de emissieprijs voor tussenliggende jaren (e.g. 2024) benaderd worden door de 2020 en 2030 data via een exponentiële functie met elkaar te verbinden. We nemen aan dat de emissies anders dan CO₂ met eenzelfde snelheid afnemen als CO₂.

Tussen 2020 en 2030 neemt de emissiefactor van Nederlandse stroom af, maar nemen de prijzen van de emissies toe. Het netto resultaat is dat de maatschappelijke waarde van vermeden emissies afneemt. Met andere woorden, het is meer waard om CO₂ nu te vermijden in 2020 dan in 2024. In deze aanpak zit impliciet de aanname dat in 2050 het Nederlandse elektriciteitssysteem CO₂ neutraal is. Omdat er dan dus geen CO₂-emissies meer vermeden worden door zonne-energie (de Nederlandse elektriciteitssector stoot namelijk geen CO₂ meer uit), zijn de baten ook nihil.

⁶² Aanname dat de emissiefactor van andere emissies (NO_x, SO₂, PM₁₀) meeschaalt met die van CO₂.

Naast deze generieke parameters die voor alle projectvarianten gelijk zijn, zijn er ook project specifieke veranderingen. Voor het bepalen van de NCW in 2030 is uitgegaan van de onderstaande ontwikkelingen voor elk alternatief. Indien een parameter niet aangepast is, is deze niet opgenomen in onderstaande tabel.

Tabel 6 – Specifieke kengetallen die richting 2030 wijzigen ten opzichte van referentie situatie in 2020

	Eenheid	Land 2030	Bedrijven 2030	Huishoudens 2030
Kostprijs installatie	€/kW	390	440	917
Operationele kosten	Fractie van 2020 waarde	0,85	0,85	0,85
Kosten pacht grond	Fractie van 2020 waarde	1,25	NVT	NVT
Opportunitetskosten	Fractie van 2020 waarde	1,25	NVT	NVT
Kosten huur van dak	Fractie van 2020 waarde	NVT	1,1	NVT
Percentage eigen gebruik	Fractie van 2020 waarde	+10%	+10%	+20%

Bron: inschatting ontwikkeling parameters door Kalavasta en Berenschot

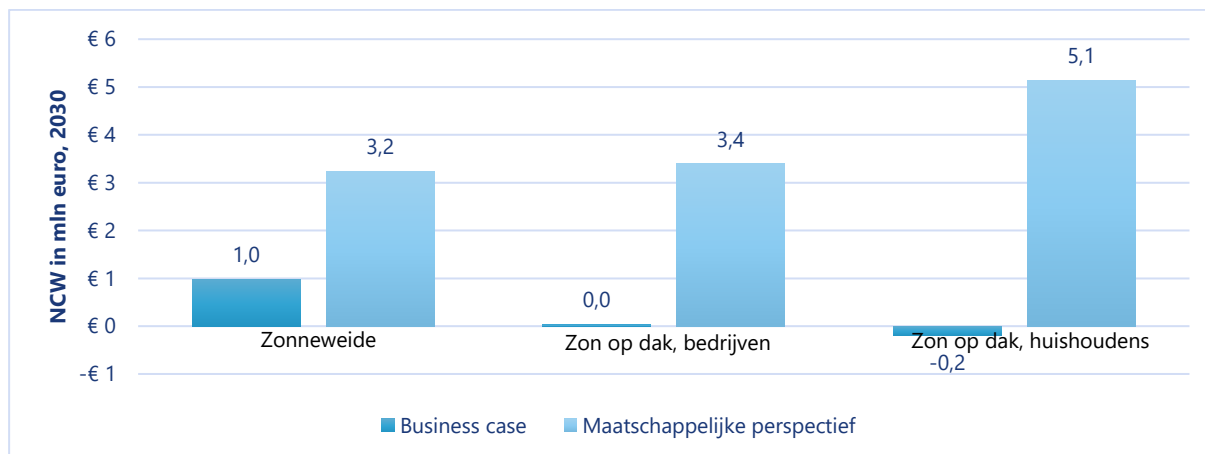
Resultaat MKBA in 2030

Figuur 2 toont de ontwikkeling van de NCW voor zowel de business case als het maatschappelijk perspectief. Deze figuur geeft de NCW weer van een project dat in 2030 wordt gerealiseerd.

In figuur 2 is het business case perspectief positief voor alternatief 1 en alternatief 2. Dit betekent dat – indien onder andere de elektriciteitsprijzen en de kosten van kapitaal gelijk blijven – grootschalige opwek van zonne-energie subsidievrij zou moeten kunnen, voor zonneweides in de periode 2025-2030 en voor zon op bedrijfsdaken richting het einde van dit decennium. In het Klimaatakkoord is afgesproken dat na 2025 de SDE voor beide alternatieven stopt. Op basis van huidige parameters is het dan niet rendabel – zonder verdere kostendaling – om zon op bedrijfsdaken te ontwikkelen. Voor alternatief 3 is nog wel subsidie nodig om tot een positieve business case te komen in 2030⁶³.

Het maatschappelijk perspectief blijft ook in 2030 positief voor alle drie de alternatieven. Het maatschappelijk perspectief van alternatief 1 is lager dan dat van alternatief 2 en 3. Dit komt onder andere door de hogere kosten van netverzwaring van alternatief 1. De gemiddelde maatschappelijke waarde van investeren in zonne-energie is een ruime 500.000 per MW en ten opzichte van 2020 afgenomen.

⁶³ In de studie van TNO is men uitgegaan van een hogere elektriciteitsprijs in 2030, ook zijn subsidies en belastingen meegenomen. Hierdoor zijn resultaten niet 1-op-1 met elkaar te vergelijken.



Figuur 2 – Verwachte NCW per alternatief in 2030

4.3 Gevoeligheidsanalyse

De berekening van de NCW en de LCOE in de referentiesituatie in 2020 is gebaseerd op een flink aantal kengetallen die in enkele gevallen ook invloed hebben op elkaar bij het berekenen van het business case- en maatschappelijke perspectief. Om meer inzicht te krijgen in de invloed van een aantal voorname parameters is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd.

In onderstaand overzicht is weergegeven op welke parameters deze analyse is uitgevoerd en op welke wijze de parameter is aangepast.

- de elektriciteitsprijs (toename van 10% en afname 10%),
- de kosten van kapitaal (WACC) (toename van 0,5% en afname van 0,5% voor alternatief 1, 2 en 3⁶⁴),
- het rendement van de omvormer (toename naar 99% voor alle alternatieven),
- de (economische) levensduur (uitgaan van economische levensduur (-5 jaar) voor alternatief 1 en 2),
- afschrijvingstermijn elektriciteitsnetten (25 jaar in plaats van 40 jaar),
- variatie in kosten van netverzwaring verschillen per RES significant (+50% en -50%),
- profiel en onbalans kosten nemen toe (+50%), en
- vertraging project (5 jaar), waardoor pas later in de tijd CO₂-reductie optreedt (bijv. vanwege onvoldoende draagvlak, vertraging vergunning of niet tijdige verzwaring van het elektriciteitsnet).

Onderstaande tabel toont hoe elk van deze parameters het resultaat (NCW-afgerond) van elk alternatief afzonderlijk beïnvloeden. In de tabel is opgenomen welke parameter is aangepast en welke waarde is gehanteerd.

Tabel 7 – Gevoeligheidsanalyse: invloed parameter op resultaat business case en maatschappelijk perspectief

Effect parameter op NCW in mln euro	Zonneweide	Zon op dak (bedrijven)	Zon op dak (huishoudens)
Referentie, BC / MP	-1,5 / 4,6	-2,4 / 5,0	-5,5 / 4,5
Elektriciteitsprijs +10%	-0,9 / 5,1	-1,8 / 5,5	-5,1 / 5,2
Elektriciteitsprijs -10%	-2,1 / 4,0	-2,9 / 4,4	-6,7 / 3,7
WACC +0,5%	-1,8 / 4,1	-2,7 / 4,4	-6,2 / 3,5
WACC -0,5% (alt 1 en 2)	-1,2 / 5,1	-2,0 / 5,5	-

⁶⁴ Ook voor huishoudens kan gelden dat er een rendementseis op hun spaartegoeden is, bijv. vanwege een toename in rentestanden bij banken. De kans dat de rendementseis van spaartegoeden negatief wordt is zeer klein en daarom is het resultaat hiervoor niet opgenomen in de tabel.

Omvormer 99% (alle alt)	-1,5 / 4,7	-2,3 / 5,0	-5,5 / 5,1
Ec. levensduur (30 jaar)	-1,1 / 5,2	-2,0 / 5,6	-4,5 / 6,0
Afschrijving netverzwaring (20 jaar)	-1,5 / 4,2	-2,4 / 4,7	-
Kosten netverzwaring (+50%)	-1,5 / 4,2	-2,4 / 4,6	-
Kosten netverzwaring (-50%)	-1,5 / 4,9	-2,4 / 5,2	-
Profiel en onbalans (+50%)	-1,5 / 4,3	-2,4 / 4,7	-5,5 / 4,1
Vertraging project (5 jaar)	-1,5 / 0,4	-2,4 / 0,7	-5,5 / -0

Bovenstaande tabel toont dat de parameter vertraging van een project, de elektriciteitsprijs en de WACC van grote invloed zijn op het business case en/of het maatschappelijk perspectief. Eventuele vertraging van een project heeft grote gevolgen op het maatschappelijk perspectief omdat de waarde van een vermeden ton CO2 in de tijd afneemt. In de praktijk lijkt vertraging van een project vooral van toepassing op zonneweides, bijv. vanwege (nog) niet beschikbare netcapaciteit of een conflict met omwonenden. Een toe-/afname van de elektriciteitsprijs over de levensduur van een project is zeer aannemelijk, de gevoeligheidsanalyse geeft aan dat een kleine schommeling in de prijs van grote invloed is op de maatschappelijke waarde. Dit laatste geldt ook voor de WACC, een kleine schommeling in de 'zekerheid dat een investering rendeert' heeft grote invloed op de kosten om een project te realiseren. Een verkorting van de levensduur heeft het meeste impact op alternatief 3.

Let op: de getoonde effecten treden in de werkelijkheid in samenhang op (bijv. vertraging van een project en ontwikkeling kosten van kapitaal), waardoor voor elk alternatief geldt dat uitschieters naar zowel boven als beneden mogelijk zijn. In een monte carlo simulatie⁶⁵ is het wel mogelijk om nadere uitspraken te doen over bijv. kans dat het resultaat van het maatschappelijke perspectief positief is of groter dan een van de andere alternatieven.

4.4 Beschouwing overige effecten

Met betrekking tot de kosten van netverzwaring dient te worden opgemerkt dat het wellicht onterecht is dat we alle kosten van de netverzwaring van een zonneweide of voor zon op bedrijfsdaken hebben toegerekend aan het zonneproject. Je zou kunnen redeneren dat een verzwaring t.b.v. zonneweides in het buitengebied waarin aardgas gestookte CV ketels wellicht vervangen worden door elektrische warmtepompen tussen nu en 2050, ook ten goede komt aan het vermijden van netverzwaring t.b.v. die warmtepompen. En dus zou je wellicht een deel van die netverzwaringskosten niet moeten meetellen als indirecte kosten of moeten verdelen over gebruikers. Idem zou je kunnen redeneren dat de kosten van netverzwaring voor elektrische auto's en (hybride-) warmtepompen in woonwijken ook deels ten goede kan komen aan het vermijden van netverzwaring in die zelfde wijken t.b.v. zonnepanelen. En hier zou je dus juist een deel van die netverzwaringskosten kunnen toerekenen aan het maatschappelijk perspectief. Dit effect – waarvan momenteel niet bekend is hoe groot het is – zou werken in het voordeel van zonneweides en bedrijfsdaken in het maatschappelijk perspectief. Het is natuurlijk ook mogelijk om installaties te creëren die de mogelijkheid geven om de elektriciteit te gebruiken op momenten dat er geen of weinig opwek is. Hiermee kunnen netverzwaringskosten worden vermeden en momenten zonder zon worden ingevuld. Denk hierbij aan batterijopslag en/of de omzetting naar waterstof. Het verdient de aanbeveling om ook deze situaties te beoordelen met name voor 2030 en 2050.

In de komende jaren zal in toenemende mate een situatie kunnen ontstaan waar voor gebouwen waar een nieuw dak wordt neergelegd de zonnepanelen het dak zijn. Hierdoor worden kosten van traditionele dakvernieuwing vermeden. Dit zal zeker werken in het voordeel van de business case en maatschappelijk perspectief voor zon op bedrijfsdaken en woningen. Daarnaast ontstaat in de toekomst in toenemende mate de mogelijkheid om niet alleen

⁶⁵ Dit is een analyse waarin de waarde van alle parameters binnen een vastgestelde bandbreedte 'random' gekozen wordt en de NCW van een groot aantal variaties wordt berekend.

het dak van een gebouw te beleggen met zonnepanelen maar ook andere gebouwdelen. Deze ontwikkeling zou in een volgende versie van deze berekeningen kunnen worden meegenomen.

Met betrekking tot zonneweides dient nog te worden opgemerkt dat zon op water ook in opkomst is. Dit is een variant die wellicht in een volgende versie van deze berekeningen kan worden meegenomen. Waarbij zowel vanuit business case perspectief als maatschappelijk perspectief andere kosten en baten ontstaan. Ook kan meegenomen worden dat zonneweides met een groot vermogen niet uitsluitend op agrarische grond gerealiseerd worden (bijv. op braakliggende gronden), dit zou werken in het voordeel van zonneweides in het maatschappelijk perspectief.

Ook dienen we ons bewust te zijn van het feit dat nieuwe ontwikkelingen zich aandienen die op termijn een aantrekkelijk alternatief kunnen zijn voor zonnepalen op dak of op land. Je kunt hierbij denken aan zonnepanelen die zowel elektriciteit als warmte voor huizen en bedrijven maken. Of zonnepanelen die in plaats van stroom direct “groene moleculen” synthetiseren.

De huidige markt voor elektriciteit is gebaseerd op een prijsbepaling op basis van marginale kosten. Aangezien zon en wind nul marginale kosten heeft, zal de elektriciteitsmarkt in toenemende mate als uitkomst een lage stroomprijs geven (of negatief). Nadenken over de marktordening van de elektriciteitsmarkt is nodig omdat anders een gemiddelde elektriciteitsprijs van 44 euro per MWh zoals PBL hanteert voor de toekomst wellicht te hoog is.

Verder is het waarschijnlijk dat er een ontwikkeling tot stand gaat komen waarin zon-pv omvormers direct gaan communiceren met de “wijkcentrale” waarop ze zijn aangesloten. Dit gaat de directe kosten iets verhogen maar zal de indirecte kosten verlagen en de betrouwbaarheid van de elektriciteitsvoorziening ten goede komen. De social module van E-laad is een goed voorbeeld van hoe wijkcentrales decentraal en draadloos kunnen gaan communiceren, in dit geval met laadpalen voor elektrische voertuigen, om de leveringszekerheid te bevorderen en piekbelastingen te vermijden. Een vergelijkbare ontwikkeling voor zon-pv lijkt onvermijdelijk bij hoge penetratie van zon-pv in een gebied.

Tot slot. De zon schijnt feller en ook vaker indien je dichterbij de evenaar komt. Onderzoek laat zien dat geïmporteerde elektriciteit uit zuidelijkere landen of daarvan afgeleide moleculen (bijv. groene waterstof of groene ammoniak) een aantrekkelijk alternatief kunnen gaan vormen na 2030⁶⁶. In een vervolg studie zou dan ook, naast de drie alternatieven uit deze studie, als alternatief zon uit import kunnen worden meegenomen.

⁶⁶ Hychain 2, Cost implications of importing renewable electricity, hydrogen and hydrogen carriers into the Netherlands from a 2050 perspective, Kalavasta, juni 2019

Bijlagen:

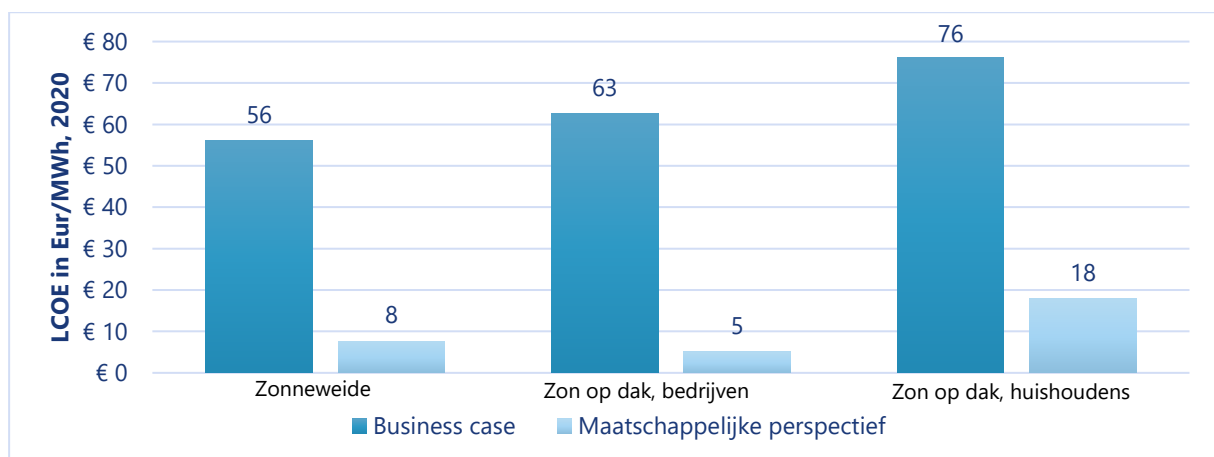
A) Resultaten LCOE

A.1) Levelised Cost of Electricity, 2020

Dit hoofdstuk geeft de LCOE resultaten voor 2020 weer. De LCOE maakt het mogelijk om de break-even elektriciteitsprijs per alternatief te berekenen en het verkregen resultaat is daarmee niet afhankelijk van de verwachte ontwikkeling van de elektriciteitsprijs (welke erg volatiel en lastig te voorspellen is). Indien de LCOE van een business case boven de daadwerkelijk elektriciteitsprijs ligt (wij gaan uit van een elektriciteitsprijs van 4,4 cent per kWh, conform PBL) zal een projectontwikkelaar niet zonder subsidie in een project investeren (aangenomen dat de elektriciteitsprijs gelijk blijft). Net als bij de NCW geldt, dat indien de maatschappelijke LCOE onder de 4,4 cent per kWh ligt het project bijdraagt aan de totale welvaart. Het geven van subsidie aan een project is dan maatschappelijk verantwoord. Wanneer de business case LCOE boven de maatschappelijke LCOE ligt, gaat dezelfde redenatie als hierboven op. Het verschil in LCOE toont de additionele belasting/elektriciteitsprijs die zou moeten gelden om de externe effecten te internaliseren (compensatie van partijen die negatieve effecten van een project ondervinden).

Figuur 3 geeft voor elk alternatief weer wat de hoogte van de elektriciteitsprijs moet zijn om break-even (exl. belastingen en subsidies) duurzame elektriciteit te kunnen produceren. De LCOE figuur geeft een enigszins vergelijkbaar resultaat met de NCW. Vanuit business case perspectief is opwek van zonne-energie op een zonneweide het goedkoopst (56 euro per MWh), gevolgd door zon op dak (bedrijven) en zon op dak (huishoudens). De break-even kostprijs is hiermee meer dan de door PBL aangenomen gemiddelde elektriciteitsprijs van 44 euro per MWh. Vanuit business case perspectief kan daarom het beste ingezet worden op ontwikkeling van zonneweides.

De kostprijs van elektriciteit is in 2020 voor alle drie de alternatieven lager vanuit het maatschappelijk perspectief. Dit betekent dat de inpassing van zonne-energie maatschappelijk meer externe baten dan externe kosten kent. Het verschil in de prijs van elektriciteit tussen de business case en het maatschappelijk perspectief verschilt wel tussen de alternatieven. Het verschil voor zon op dak (huishoudens en bedrijfsdaken) is met 58 euro per MWh het grootst. Het verschil is het kleinst voor zonneweides, namelijk 48 euro. Ondanks dat het verschil in business case en maatschappelijk perspectief voor zon op dak (huishoudens) het grootst is, is de maatschappelijke waarde het grootst indien ingezet wordt op zon op bedrijfsdaken, gevolgd door zonneweides.



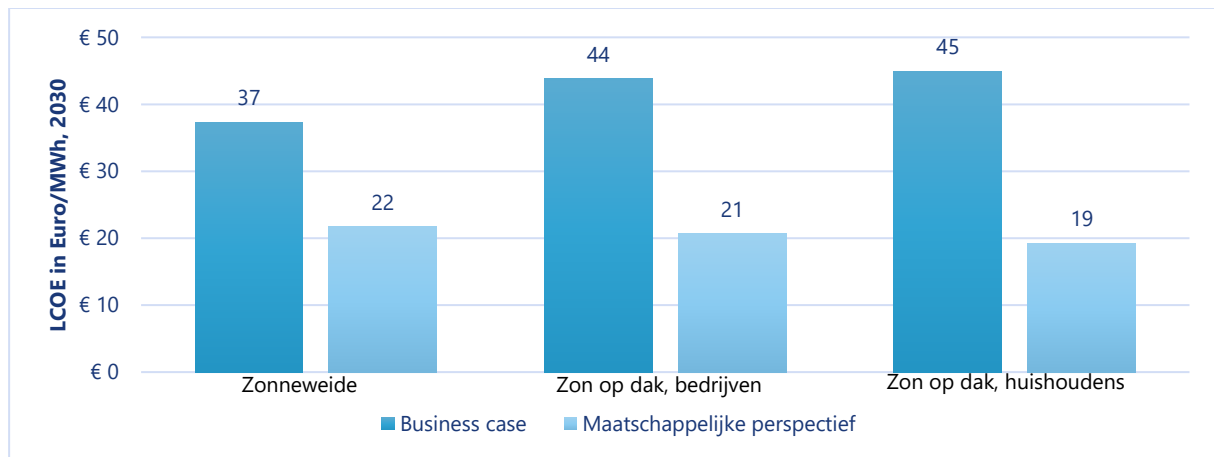
Figuur 3 – Levelised cost of electricity per alternatief voor inpassing van 7.5 MW zonne-energie in 2020

A.2) Levelised Cost of Electricity, doorkijk naar 2030 en 2050

Voor de LCOE is ook een doorkijk voor 2030 en 2050 uitgevoerd. Hierbij zijn de zelfde parameters aangepast zoals opgenomen in sectie 4.2 Ontwikkeling van kengetallen voor 2050 is opgenomen in sectie 5.2.5.

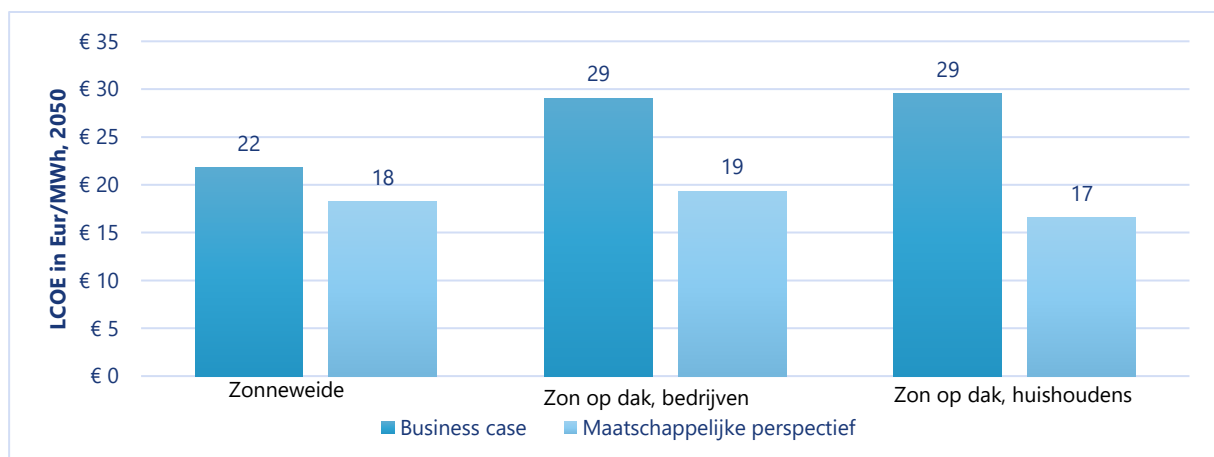
Figuur 4 en figuur 5 tonen de resultaten respectievelijk voor 2030 en 2050. We merken op dat het maatschappelijk perspectief voor 2050 en zeer ruwe inschatting betreft, mede omdat informatie over ontwikkeling van de kosten van netverzwaring niet voorhanden is.

Voor 2030 valt op dat voor zonneweides en zon op dak (bedrijven) de break-even elektriciteitsprijs gelijk of lager is dan de verwachte elektriciteitsprijs van 44 euro per MWh. Beide alternatieven kunnen in 2030 (en zonneweides al eerder) dus zonder subsidie rendabel ontwikkeld worden. Voor particulieren is de business case (m.u.v. belastingen en subsidies) nog niet positief. De break-even prijs is van 76 naar 45 afgenomen (daling van 3,1 euro per jaar), daarmee is het waarschijnlijk dat vanaf 2031 particulieren zonne-energie ook zonder subsidies en belastingen zonne-energie rendabel kunnen opwekken (aangenomen dat de elektriciteitsprijs dan nog steeds 44 euro per MWh bedraagt en gezien excl. belastingen en subsidies).



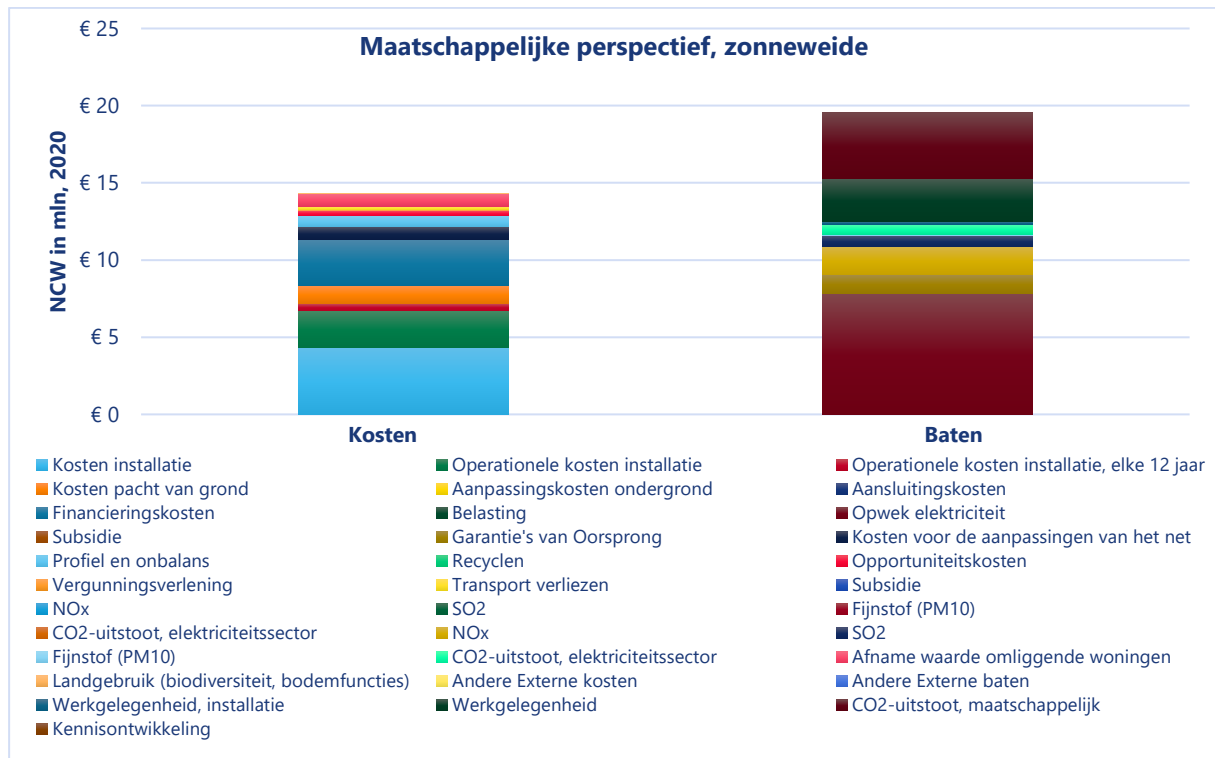
Figuur 4 – Verwachte LCOE per alternatief in 2030

Richting 2050 daalt de break-even prijs voor beide perspectieven en alle drie de alternatieven. In de periode 2030-2050 geldt voor alle drie de alternatieven dat de business case positief wordt. Daarnaast zijn er nog steeds meer positieve indirecte/externe effecten als negatieve. Of deze situatie zich daadwerkelijk zoals onderstaand ontwikkeld hangt van vele factoren af (bijv. ontwikkeling kostprijs zon-pv installaties en daadwerkelijke CO2 uitstoot van de elektriciteitssector), er moeten dan ook op dit moment geen al te zware conclusies aan verbonden worden.

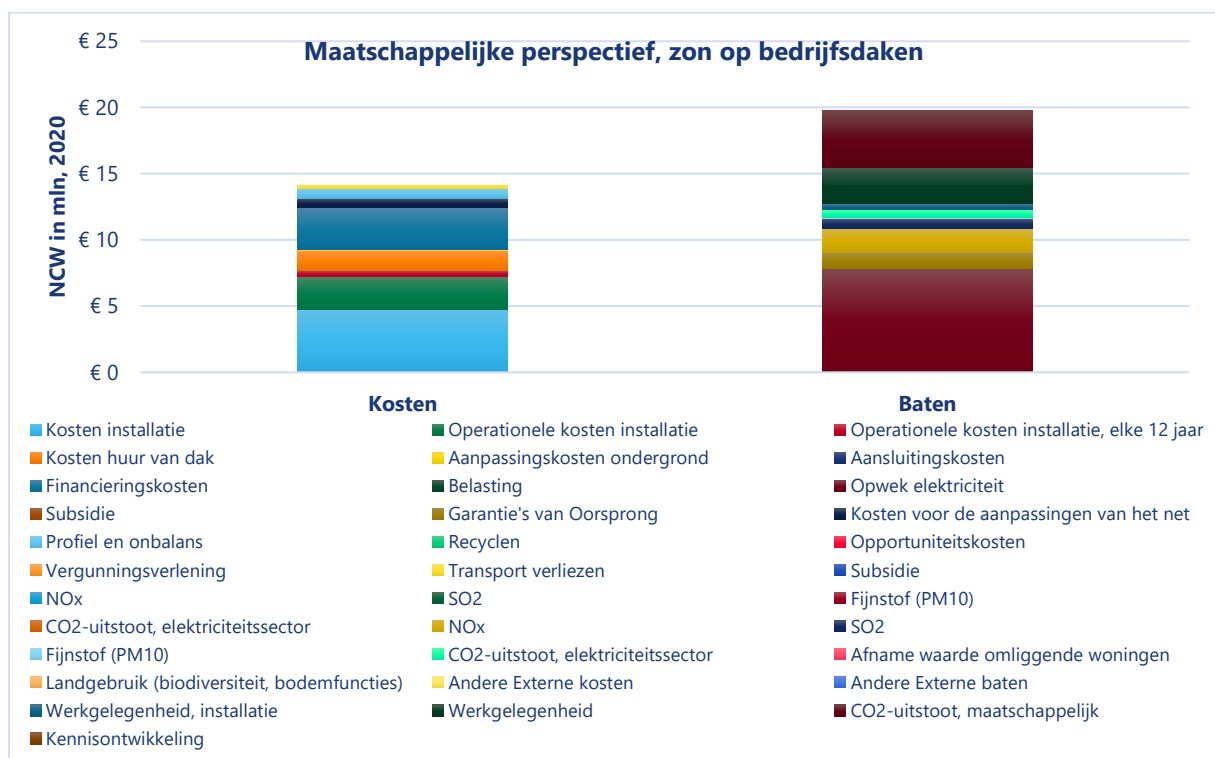


Figuur 5 – Verwachte LCOE per alternatief in 2050

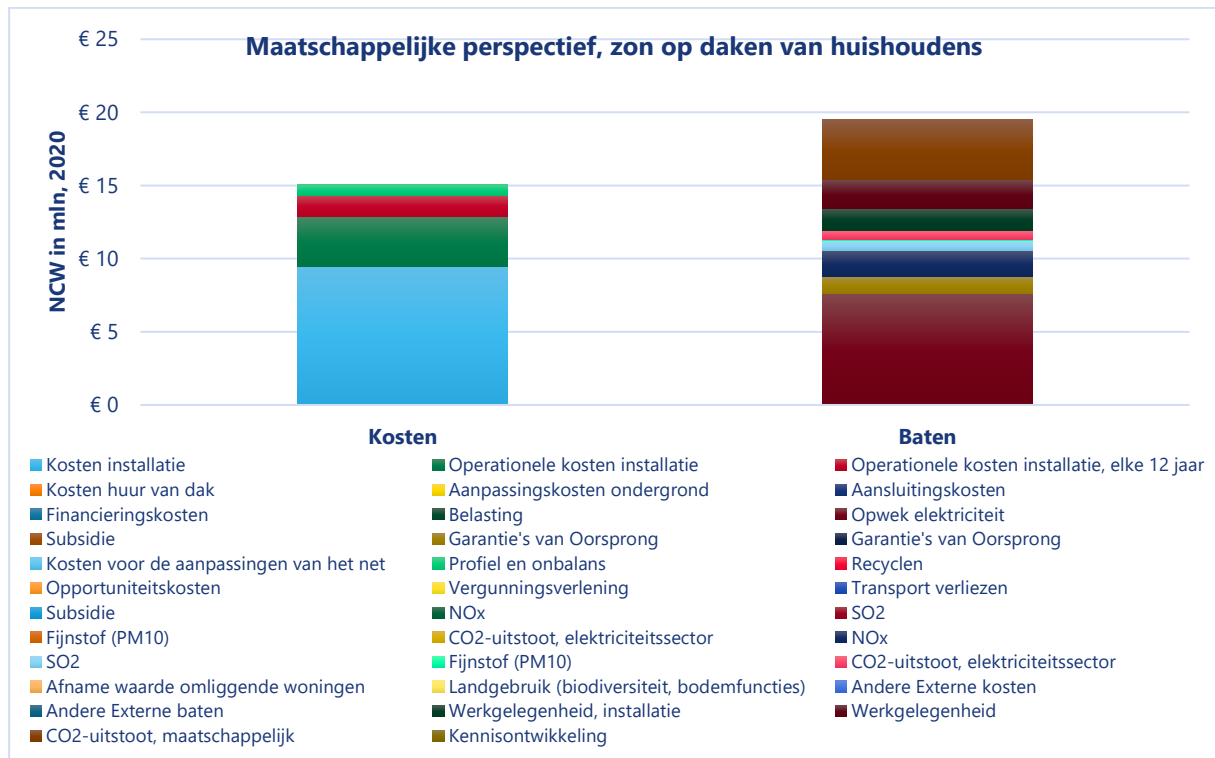
B) Opbouw kosten en baten (NCW, 2020)



Figuur 6 – Uitsplitsing opbouw kosten en baten, NCW zonneweide 2020



Figuur 7 – Uitsplitsing opbouw kosten en baten, NCW zon op bedrijfsdaken 2020



Figuur 8 – Uitsplitsing opbouw kosten en baten, NCW zon daken van huishoudens 2020

C) Kengetallen

C.1) Directe kosten

Kosten	Omschrijving	#	Eenheid	Kengetal	Bron	Aannames
Kosten installatie	Kosten PV-modules incl. omvormer en installatiekosten, netwerkaansluiting	1	€/kWp	580	16	Alternatief 1: DC/AC ratio bedraagt 1.4 Alternatief 2: DC/AC ratio bedraagt 1.4
		2	€/kWp	630	16	
		3	€/kWp	1310	67	
Operationele kosten installatie	Hier onder vallen: O&M, Brutoproductiemeter, verzekering, Beveiligingsdienst, netwerkaansluiting, asset management, OZB	1	€/kWp*jaar	12,6	16	Alternatief 3: Kosten schoonmaak zonnepanelen is €4 per zonnepaneel. Eenmalige prestatiecheck kost €150
		2	€/kWp*jaar	13,4	16	
		3	€/kWp*jaar	19,8	68	
Eenmalige kosten in jaar 12	Kosten omvormer	1	€/kWp (eenmalig)	32	16	Alternatief 3: op basis van marktprijzen voor omvormers van NREL
		2	€/kWp (eenmalig)	32	16	
		3	€/kWp (eenmalig)	121	69	

⁶⁷ Effect afbouw salderingsregeling op de terugverdientijd van investeringen in zonnepanelen

⁶⁸ Onderhoud zonnepanelen <https://www.zonnepanelen.net/onderhoud-zonnepanelen/>

⁶⁹ NREL (2019). Q4 2018/Q1 2019 Solar Industry Update

Kosten grond/dak huur	Kosten voor 'huur' dak / pacht grond	1	€/ha*jaar	6000	70	Alternatief 3: dak is in beheer particulier
		2	€/MWp*jaar	8000	71	
		3	€/m2*jaar	0	-	
Aanpassing skosten ondergrond /dakconstructie	Kosten dakconstructie	1		0	-	Alternatief 1: Meegenomen onder investeringskosten Alternatief 2: Interview met projectontwikkelaar Alternatief 3: Dak is in beheer particulier en behoefte geen aanpassingen
		2	% van kosten installatie	5	-	
		3		0	-	
Financieringskosten	Groenfinancieringsrente over geleend bedrag	1	%/jaar	2,7	16	Variant 1 & 2: Op basis van kengetallen SDE ++ . Alternatief 1 & 2: Op basis van kengetallen SDE ++ . Alternatief 3: particulier financiert met eigen middelen
		2	%/jaar	2,7	16	
		3	%/jaar	0	-	

C.2) Directe baten

Baten	Omschrijving	#	Eenheid	Kengetal	Bron	Aannames
Opwek elektriciteit	Aantal vollasturen	1	Jaar	969	16	Het rendement van de omvormers is gelijk aan 98% voor alternatief 1 en 2. Voor alternatief 3 is het rendement gelijk aan 95%. ⁷²
		2	Jaar	969	16	
		3	Jaar	969	16	
	Vermogen	1	Wp/zonnepaneel	320	-	Vermogen van zonnepanelen ligt boven het gemiddelde, maar in lijn met de verwachte toename van het vermogen van zonnepanelen. Afmetingen van het zonnepaneel zijn 1650x1000mm.
		2	Wp/zonnepaneel	320	-	
		3	Wp/zonnepaneel	320	-	
	Verkoopprijs van elektriciteit	1	€/kWh	0,044	16	
		2	€/kWh	0,044	16	
		3	€/kWh	0,044	16	
Garantie van oorsprong (GVO's)	Certificaat met een garantie van groene oorsprong dat kan worden verkocht	1	€/kWh	0,007	16	
		2	€/kWh	0,007	16	
		3	€/kWh	0,007	16	

⁷⁰ VLB (2018). 'Zonneparken: hoge opbrengsten maar ook hoge kosten'

⁷¹ Interview met projectontwikkelaar

⁷² IRENA (2016). The Power to Change: Solar and Wind Cost Reduction Potential to 2025.

C.3) Kosten indirecte en externe effecten

Kosten	Omschrijving	#	Eenheid	Kengetal	Bron	Aannames	
Netkosten	Aanpassingen aan het net: netverzwaring en vervroegde afschrijving	1	miljoen€/MW	0,12		Op basis van berekeningen van Enexis en analyse Berenschot	
		2	miljoen€/MW	0,1			
		3	miljoen€/MW	-			
	Kosten voor transportverliezen	1	€/MWh	1,32	17		
		2	€/MWh	1,32	17		
		3	€/MWh	1,32	17		
	Profiel- en onbalanskosten	1	€/MWh	4	38		
		2	€/MWh	4	38		
		3	€/MWh	4	38		
Oppertu- teitskosten		1	€/ha*jaar	1800	41,42,43	Alternatief 1: Zie hfst. 3	
		2	€/kWp*jaar	0	-		
		3	€/kWp*jaar	0	-		
Vergunning verlening		1	€/perceel	35000	73	Alternatief 1: schatting op basis van een overzicht van verschillende ontwikkelkosten van zonneweides	
		2	€/perceel	0	-		
		3	€/perceel	0	-		
Landschaps kwaliteit	Afname woningwaarde	1	€/MWp	14540	74, 75	Alternatief 1: Op basis van 3% woningwaarde afname binnen 1 km uit onderzoek van Urban economics. Op basis van gemiddelde huizendichtheid in dunbevolkt gebied. Gedeeld door factor 4 omdat zonneweides niet worden aangelegd nabij dorpskernen.	
		2	€/MWp	0	-		
		3	€/MWp	0	-		
Polarisatie	Toename van tegenstellingen in de bevolking	1	-	Negatief, mits			
		2	-	Positief			
		3	-	Negatief, mits			

C.4) Baten indirecte en externe effecten

Baten	Omschrijving	#	Eenheid	Kengetal	Bron	Aannames
Nox- uitstoot	Vermeden ton NO _x	1	€/ton NO _x	41,2	49, 76	
		2	€/ton NO _x	41,2	49	
		3	€/ton NO _x	41,2	49	
SO₂- uitstoot	Vermeden ton SO ₂	1	€/ton SO ₂	29,6	49	
		2	€/ton SO ₂	29,6	49	
		3	€/ton SO ₂	29,6	49	
	Vermeden ton fijnstof	1	€/ton PM10	53	49	

⁷³ Hierden Bosch gemeentestukken (2016). Haalbaarheidsstudie Zon-PV Gemeente Harderwijk

⁷⁴ Urban economics (2019). Windturbines, zonneparken en woningprijzen

⁷⁵ Statline (2020). Regionale kerncijfers Nederland

⁷⁶ CE (2015). Kengetallen voor grijze en 'niet-geoordeelde stroom' inclusief upstream-emissies

fijnstof (PM10) uitstoot		2	€/ton PM10	53	49	
		3	€/ton PM10	53	49	
CO2-uitstoot Efficiënte prijs		1	€/ton CO2	187,5		
		2	€/ton CO2	187,5		
		3	€/ton CO2	187,5		
Werkgelegenheid	arbeidsbaten per jaar	1	€/MWp*jaar	1953		Op basis van kengetallen en berekeningen CE delft Er wordt uitgegaan van €15.000 aan welvaartseffecten per Fte 50% van de gecreëerde werkgelegenheid is additioneel
		2	€/MWp*jaar	1953		
		3	€/MWp*jaar	1371		
Werkgelegenheid	arbeidsbaten installatie	1	€/MWp	3740		
		2	€/MWp	7479		
		3	€/MWp	27091		
Bodemkwaliteit en biodiversiteit	bodemfuncties, aantal soorten	1	€/MWp*jaar	160	77,78	Alternatief 1: Op basis van een vergelijking tussen kosten van landgebruik (intensieve gewassenteelt) en kosten van extensief vruchtbaar grasland. Deze kosten zijn gebaseerd op kengetallen van CE delft. Daarnaast is een schatting gemaakt van het oppervlakte van de zonneweide op basis van het aantal zonnepanelen per vierkante meter. Deze dichtheid van zonnepanelen is gevonden in een onderzoek van de Universiteit Utrecht.
		2	€/MWp*jaar	0	-	
		3	€/MWp*jaar	0	-	

C.5) Doorkijk naar 2030 en 2050

Alle parameters die uitgedrukt zijn als fractie van 2020 waardes zijn schattingen.

Parameter	Beschrijving	#	Eenheid	Onder 2030	Midden 2030	Hoog 2030	Onder 2050	Midden 2050	Hoog 2050	Bron	Aannames
Kosten installatie	Kosten PV-modules incl. omvormer en installatiekosten, netwerkaansluiting	1	€/kWp	309	390	758	150	246	437	I	Alternatief 2: vaste overhead tov variant 1
		2	€/kWp	359	440	808	200	296	487	I	
		3	€/kWp	784	917	1070	463	773	911	IV	
Levensduur	Technische levensduur installatie	1,2,3	jaar		30		40			II	
Capaciteit zonnepaneel	Capaciteit	1,2,3	Wp/paneel		400		600		16		Schatting op basis van aanname van efficiency verbetering van 16% in 2020 naar 30% in 2050
Emissiefactor CO2	De gemiddelde emissie-intensiteit van Nederlandse stroom	1,2,3	Ton CO2/MWh		0,09		0			III	2050: CO2 neutraal en 2030 op basis van klimaatakkoord scenario https://pro.energytransitiomodel.com/scenarios/483955

⁷⁷ Ce Delft (2017). Handboek Milieuprijzen 2017

⁷⁸ Moon, H., Universiteit Utrecht (2019). Tradeoffs of 1GW solar PV on various landscapes in the Netherlands

Bronnen doorkijk 2030 en 2050:

I: IRENA (2019): Future of solar

II: M. Fasihi & C. Breyer (2020): Baseload electricity and hydrogen supply based on hybrid PV-wind power plants, Journal of Cleaner Production 243

III: Kalavasta (2018): 2030 energiesysteem NL volgens ontwerp KEA v1.1.

<https://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/483955>

IV: TNO, 2020: Effect afbouw sladeringsregeling op de terugverdientijd van zonnepanelen



Kalavasta is een strategie adviesbureau dat zich richt op het bewerkstelligen van evenwichten, die verloren zijn gegaan, in onze samenleving. We werken momenteel zowel aan het beperken van de klimaatverandering via onze bijdragen aan de energietransitie als aan de transitie die aanstaande is in het landbouw-, voedsel- en natuur-'systeem'.

Onze opdrachtgevers waarderen ons om onze scherpe strategische analyses, die altijd onderbouwd worden met transparante kwantitatieve rekenmodellen. Deze rekenmodellen stellen we zo veel mogelijk open source en gratis ter beschikking voor een ieder die interesse heeft. Dit doen we zowel om onze rekensommen te kunnen laten verifiëren als om anderen in de gelegenheid te stellen hun eigen analyses te maken, door zelf de aannames ten behoeve van de rekensommen te kunnen aanpassen.

Berenschot

Berenschot is een onafhankelijk organisatieadviesbureau met 350 medewerkers wereldwijd. Al 80 jaar verrassen wij onze opdrachtgevers in de publieke sector en het bedrijfsleven met slimme en nieuwe inzichten. We verwerven ze en maken ze toepasbaar. Dit door innovatie te koppelen aan creativiteit. Steeds opnieuw. Klanten kiezen voor Berenschot omdat onze adviezen hen op een voorsprong zetten.

Ons bureau zit vol inspirerende en eigenwijze individuen die allen dezelfde passie delen: organiseren. Ingewikkelde vraagstukken omzetten in werkbare constructies. Door ons brede werkterrein en onze brede expertise kunnen opdrachtgevers ons inschakelen voor uiteenlopende opdrachten. En zijn we in staat om met multidisciplinaire teams alle aspecten van een vraagstuk aan te pakken.

Berenschot Groep B.V.

Europalaan 40, 3526 KS Utrecht
Postbus 8039, 3503 RA Utrecht
030 2 916 916
www.berenschot.nl
/berenschot