



1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16

CONCEPTADVIES SDE++ 2022 ZONNE-ENERGIE

Luuk Beurskens (TNO)
Jasper Lemmens (DNV)
Sander Lensink (PBL)

22 april 2021

PBL

17

18 **Colofon**

19 **Conceptadvies SDE++ 2022 Zonne-energie**

20 © PBL Planbureau voor de Leefomgeving

21 Den Haag, 2021

22

23 PBL-publicatienummer: 4381

24

25 **Contact**

26 sde@pbl.nl

27

28 **Auteurs**

29 Luuk Beurskens (TNO), Jasper Lemmens (DNV), Sander Lensink (PBL)

30

31 **Redactie figuren**

32 Beeldredactie PBL

33

34 **Eindredactie en productie**

35 Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding:

36 Luuk Beurskens, Jasper Lemmens en Sander Lensink (2021), Conceptadvies SDE++ 2022

37 Zonne-energie, Den Haag: PBL.

38

39 Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) is het nationale instituut voor strategische be-
40 leidsanalyses op het gebied van milieu, natuur en ruimte. Het PBL draagt bij aan de kwaliteit
41 van de politiek-bestuurlijke afweging door het verrichten van verkenningen, analyses en eva-
42 luaties waarbij een integrale benadering vooropstaat. Het PBL is vóór alles beleidsgericht.

43 Het verricht zijn onderzoek gevraagd en ongevraagd, onafhankelijk en wetenschappelijk ge-
44 fundeerd.

45

Inhoud

47	1	Bevindingen zonne-energie	4
48	2	Fotovoltaïsche zonnepanelen	5
49	2.1	Algemene parameters	5
50	2.2	PV-modules	5
51	2.3	Omvormers	6
52	2.4	Installatiemateriaal en -arbeid	6
53	2.5	Netwerkaansluiting	6
54	2.6	Vollasturen	7
55	2.7	Tweezijdige zonnepanelen	8
56	2.8	Zon-PV drijvend op water	8
57	2.9	Vaste operationele kosten	9
58	2.10	Eenmalige O&M-kosten	9
59	2.11	Elektriciteitsprijzen	10
60	2.12	Eigen verbruik van elektriciteit uit zon-PV	10
61	2.13	Restwaarde	10
62	2.14	Categorie-specifieke beschouwingen zon-PV	11
63	2.14.1	Fotovoltaïsche zonnepanelen, ≥ 15 kWp en < 1 MWp, gebouwgebonden	11
64	2.14.2	Fotovoltaïsche zonnepanelen, ≥ 15 kWp en < 1 MWp, grondgebonden of	
65		drijvend op water	11
66	2.14.3	Fotovoltaïsche zonnepanelen, ≥ 1 MWp, gebouwgebonden	12
67	2.14.4	Fotovoltaïsche zonnepanelen, ≥ 1 MWp, grondgebonden	12
68	2.14.5	Fotovoltaïsche zonnepanelen, ≥ 1 MWp, drijvend op water	13
69	2.14.6	Fotovoltaïsche zonnepanelen, ≥ 1 MWp, zonvolgend op land	13
70	2.14.7	Fotovoltaïsche zonnepanelen, ≥ 1 MWp, zonvolgend op water	13
71	3	Zonthermie	15
72	3.1	Zonthermie, 140 kWth tot 1 MWth	15
73	3.2	Zonthermie, ≥ 1 MWth	16
74	3.3	PVT met warmtepomp	16
75	3.4	Concentrerende collectoren	18
76	4	Daglichtkas	21
77	5	Uitgestelde levering van elektriciteit uit zon-PV en windenergie	22
78	6	Uitvraag aan marktpartijen	23
79	6.1	Zonthermie	23
80	6.2	PVT	23
81	6.3	Uitgestelde levering	23
82			
83			
84			

1 Bevindingen

zonne-energie

85

86

87 Het ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK) heeft PBL gevraagd advies uit bren-
88 gen over de openstelling van de SDE++ in 2022. Daartoe brengt PBL advies uit over basis-
89 bedragen, correctiebedragen, basisenergieprijzen en financieel-economische parameters die
90 hiermee samenhangen. PBL heeft hiervoor ondersteuning gevraagd van TNO en DNV.

91

92 Deze notitie beschrijft de adviezen voor zonne-energie, te weten elektriciteit uit fotovoltaï-
93 sche panelen (zon-PV), warmte uit zonnecollectoren (zonthermie en daglichtkas) en PVT met
94 warmtepomp. PVT is de gecombineerde opwekking van elektriciteit (PV) en warmte (ther-
95 misch) uit zonne-energie.

96

97 Voor zon-PV hebben de categorieën betrekking op een installatie voor de productie van her-
98 nieuwbare elektriciteit uit zonlicht – uitsluitend door middel van fotovoltaïsche zonnepanelen
99 – die is aangesloten op een elektriciteitsnet via een aansluiting met een totale maximale
100 doorlaatwaarde van meer dan 3x80 A. De in dit advies onderzochte categorieën voor zon-PV
101 zijn:

102

- 103 • Fotovoltaïsche zonnepanelen, ≥ 15 kWp en < 1 MWp, gebouwgebonden
- 104 • Fotovoltaïsche zonnepanelen, ≥ 15 kWp en < 1 MWp, grondgebonden of drijvend op water
- 105 • Fotovoltaïsche zonnepanelen, ≥ 1 MWp, gebouwgebonden
- 106 • Fotovoltaïsche zonnepanelen, ≥ 1 MWp, grondgebonden
- 107 • Fotovoltaïsche zonnepanelen, ≥ 1 MWp, drijvend op water
- 108 • Fotovoltaïsche zonnepanelen, ≥ 1 MWp, zonvolgend op land
- 109 • Fotovoltaïsche zonnepanelen, ≥ 1 MWp, zonvolgend op water

110

111 De onderzochte categorieën voor zonthermie zijn:

112

- 113 • Zonthermie, ≥ 140 kWth en < 1 MWth
- 114 • Zonthermie, ≥ 1 MWth
- 115 • Daglichtkas

115

116 Voor zonnearmte wordt in dit advies speciaal gekeken naar concentrerende collectoren.

117

118 De onderzochte categorieën voor PVT zijn:

119

- 120 • PVT met warmtepomp

120

121

Marktconsultatie

122

123 Belanghebbenden kunnen schriftelijk een reactie geven op dit conceptadvies en de onderlig-
124 gende kostenbevindingen. Deze schriftelijke reactie dient uiterlijk 21 mei bij het PBL binnen
125 te zijn. Mocht een aanvullend gesprek door het PBL gewenst worden, dan zal dit tussen 7
126 juni en 2 juli worden gehouden.

126

127 Op basis van schriftelijke reacties uit de markt en marktconsultatiegesprekken stelt het PBL
128 vervolgens het uiteindelijke eindadvies op voor EZK. De minister van EZK besluit uiteindelijk
129 aan het eind van het jaar over de openstelling van de nieuwe SDE++-regeling, de open te
130 stellen categorieën en de bijbehorende basisbedragen. Nadere informatie is te vinden via de
131 website: www.pbl.nl/sde.

2 Fotovoltaïsche zonnepanelen

2.1 Algemene parameters

De kosten voor PV-projecten worden bepaald in een peiljaar dat in de toekomst ligt. Hierdoor komen de aangenomen kosten overeen met de kosten ten tijde van het tekenen van het contract met de installateur. Het peiljaar wordt per categorie gedefinieerd als het jaar voorafgaand aan het verstrijken van de realisatietermijn van de investering. Dit wordt verduidelijkt in onderstaand overzicht. Voor de extrapolatie van huidige kosten naar het peiljaar is naast de modellering van de kostendaling een inflatiefactor van 1,5%/jaar gebruikt.

Tabel 2-1. Peil- en realisatiejaren

Vermogen	Specificatie	Uiterlijke jaar van realisatie	Peiljaar voor investeringskosten
PV < 1 MWp	Gebouwgebonden Grondgebonden Drijvend op water	2024	2023
PV > 1 MWp	Gebouwgebonden	2025	2024
PV > 1 MWp	Grondgebonden Drijvend op water Zonvolgend op land of op water	2026	2025

2.2 PV-modules

De prijs van PV-modules fluctueerde in 2020.¹ In het eerste kwartaal van 2020 stegen de moduleprijzen om vervolgens in het tweede en derde kwartaal te dalen. In het vierde kwartaal van 2020 stegen de moduleprijzen weer. Per saldo is er een kleine prijsdaling van enkele procenten waar te nemen. Vanwege de schommelingen in 2020 en de onzekerheid over de prijzen in 2021 ligt het niet voor de hand om één ijkpunt te nemen voor de prijs van PV-modules. Het is daarom noodzakelijk om de prijzen van PV-modules ten tijde van het opstellen van het eindadvies SDE++ 2022 opnieuw te beoordelen. Met dat in ogenschouw is de moduleprijs voor 2021 voorlopig gekozen op 220 euro/kWp. Dit is gelijk aan het eindadvies SDE++ 2021.

In het algemeen blijft de aanname staan dat de langjarige trend van kostendaling voor PV door zal gaan. Om de toekomstige kosten te ramen, is de moduleprijs gereduceerd met behulp van een ervaringscurve met een leerratio van 25%² en marktvoorspellingen over het (mondiaal) opgestelde vermogen van IHS Markit (december 2020). De kosten voor PV-modules (exclusief inflatiecorrectie) worden voor medio 2023 geschat op 190 euro/kWp, voor medio 2024 op 180 euro/kWp en voor medio 2025 op 170 euro/kWp.

¹ Zie: <https://www.pvxchange.com> 2021. Voor SDE++ wordt de prijs van 'mainstream' PV-modules gekozen.
² Fraunhofer ISE (2020) Photovoltaics Report. Deze leerratio houdt in dat de kosten met 25% afnemen bij een verdubbeling van het mondiaal geïnstalleerde vermogen zon-PV.

160

2.3 Omvormers

161 Op basis van gegevens en verwachtingen van Wood Mackenzie³ liggen de kosten van omvor-
162 mers in 2021 in Nederland rond 50 USD/kW. Dit komt overeen met 30 euro/kWp, rekening
163 houdend met een omvormercapaciteit van 70% van het piekvermogen⁴. Gebruikmakend van
164 de prognoses van Wood Mackenzie en een prijsreductie van 5% per jaar zijn de kosten vanaf
165 2023, exclusief inflatiecorrectie, vastgesteld op: 27 euro/kWp in 2023, 25,5 euro/kWp in
166 2024 en 24 euro/kWp in 2025. Daarnaast is uit de data van Wood Mackenzie ook een schaal-
167 voordeel te zien voor grootschalige systemen. De eenmalige omvormervervangingskosten
168 tijdens de levensduur zijn beschreven in paragraaf 'Eenmalige O&M-kosten'.

169

2.4 Installatiemateriaal en -arbeid

170 De prijzen van componenten als montagemateriaal en bekabeling worden verondersteld circa
171 2% per jaar per kilowattpiek te dalen door toename van de efficiëntie van zonnepanelen.
172 Door toenemende efficiëntie is er per kilowattpiek ook minder installatie-arbeid nodig. Een
173 geobserveerde tendens in de markt richting een voorkeur voor monokristallijnen PV-modules
174 versterkt dit effect omdat deze modules een hogere efficiëntie hebben en er dus minder mo-
175 dules nodig zijn per kilowattpiek.

176

177 Vanwege krapte op de installatie-arbeidsmarkt dalen de loonkosten voor arbeid echter niet,
178 waarmee per saldo de kosten voor installatiemateriaal en -arbeid ongewijzigd zijn ten op-
179 zichte van het vorige advies.

180

2.5 Netwerkaansluiting

181 In de investeringskosten is een deel voorzien voor aanpassingen aan de elektriciteitsinfra-
182 structuur in het gebouw of voor het aanleggen van een speciale netwerkaansluiting voor
183 grote systemen. De kosten zijn onder andere afhankelijk van het al dan niet aanwezig zijn
184 van een geschikte netwerkaansluiting ter plaatse, van het aansluitvermogen, de eventueel te
185 overbruggen afstand tot het aansluitpunt en het moeten kruisen van barrières zoals water-
186 wegen. Deze kosten zijn om die reden altijd project-specifiek en ze kunnen flink verschillen.
187

188 Bij dakgebonden systemen wordt uitgegaan van het gebruik van een bestaande netwerkaan-
189 sluiting. Kosten voor het eventueel verzwaren van een bestaande aansluiting of het realise-
190 ren van een nieuwe aansluiting liggen voor daksystemen rond 50 EUR/kWp. Deze kosten
191 worden niet meegenomen omdat er niet gedifferentieerd wordt tussen systemen waarbij de
192 bestaande netwerkaansluiting gebruikt wordt en systemen waarvoor een nieuwe of een uit-
193 breiding van een aansluiting gerealiseerd wordt. Ook kosten voor transformatoren worden
194 niet meegenomen.
195

196 Bij grootschalige grondgebonden en drijvende systemen vallen de kosten van een nieuwe
197 netwerkaansluiting tot 10 MVA in het gereguleerde domein waardoor de prijzen vast staan.
198 Tussen netbeheerders bestaan er echter wel verschillen. Ook worden nieuwe aansluitingen
199 vaak niet redundant aangelegd. Bij dit N-0-principe wordt er slechts met één kabel aangeslo-
200 ten in plaats van met twee kabels of in een ringsysteem. De kosten worden dan per project
201 vastgesteld en vallen lager uit dan te verwachten valt op basis van de gereguleerde tarieven.

³ Wood Mackenzie (2020) Global solar PV inverter and MLPE landscape 2020

⁴ Holland Solar en Netbeheer Nederland, Convenant 'Zon Betaalbaar op het Net' (19 november 2020),
https://www.netbeheernederland.nl/upload/Files/Convenant_Zon_Betaalbaar_op_het_Net_186.pdf

202 Voor grootschalige grondgebonden en drijvende systemen worden kosten voor een nieuwe
 203 netwerkaansluiting wel meegenomen.
 204
 205 Voor dit advies is gebruikgemaakt van een analyse van de aansluitkosten van het referentie-
 206 systeem per categorie op basis van zowel gereguleerde tarieven als observaties van aansluit-
 207 kosten in gerealiseerde projecten op basis van het N-0-principe. Voor de categorieën met
 208 een referentiesysteem van 10 MWp (te weten grondgebonden, drijvend op water of zonvol-
 209 gend >1 MWp) is het aannemelijk dat een transportkabel nodig is. Hiervoor is een post op-
 210 genomen in het kostenoverzicht. Tabel 2-2 geeft per categorie de kosten weer die gebruikt
 211 zijn bij het bepalen van de basisbedragen. Hoewel de energie-investeringsaftrekregeling
 212 (EIA) mogelijk wel toegepast kan worden, is er niet gerekend met een reductie van de kos-
 213 ten vanwege het toepassen van de EIA-regeling.
 214

215 **Tabel 2-2. In de berekening meegenomen kosten voor de netwerkaansluiting**

Systeemgrootte	Kosten netwerkaansluiting (+transportkabel) [€/kWp]
≥15 kWp en <1 MWp, gebouwgebonden, grondgebonden of drijvend op water	20
≥1 MWp, gebouwgebonden	20
≥1 MWp grondgebonden, drijvend op water of zonvolgend	30 (+30 voor transportkabel)

216 2.6 Vollasturen

217 In dit advies wordt conform de uitgangspunten voor alle systemen groter dan 1 MWp veron-
 218 dersteld dat een locatie wordt gekozen waarop panelen in optimale stand kunnen worden op-
 219 gesteld, zonder significante negatieve productie-effecten van bijvoorbeeld schaduwwerking.
 220 Er wordt uitgegaan van een systeem met een jaarlijkse productie van 990 kWh/kWp bij start
 221 van het project. Tevens wordt gerekend met een gemiddelde jaarlijkse vermogens- en pro-
 222 ductieafname van 0,64%. Deze vermogensafname is verwerkt in het aantal vollasturen per
 223 jaar dat voor jaar 1 tot en met jaar 15 wordt gesteld op 950 kWh/kWp. Voor jaar 16 tot en
 224 met jaar 20 worden 890 vollasturen per jaar aangehouden.
 225

226 Naast optimaal georiënteerde systemen richting het zuiden, komen er ook steeds meer oost-
 227 west georiënteerde systemen voor. Deze hebben gedurende de dag een vlakker productie-
 228 profiel, een lagere piekproductie en hogere vermogensdichtheid per oppervlak van de onder-
 229 grond. Daartegenover staat dat dergelijke systemen minder vollasturen hebben. Vanwege de
 230 uitgangspunten in de onderzoekopdracht en de grotere vrijheid van ontwerpkeuze bij grond-
 231 gebonden systemen, wordt er in dit advies niet gedifferentieerd tussen vollasturen bij ver-
 232 schillende systeemoriëntaties voor grondgebonden systemen.
 233

234 Ook dakgebonden systemen blijken vaak niet in de optimale stand geplaatst te worden. Dit
 235 heeft te maken met windbelasting, waarbij een kleinere hoek minder windbelasting geeft, en
 236 met de oriëntatie van platte en schuine daken. We zien in deze twee aspecten voldoende on-
 237 derbouwing om in dit advies voor te stellen om voor dakgebonden systemen het aantal vol-
 238 lasturen per jaar voor jaar 1 tot en met jaar 15 te verlagen van 950 naar 900 kWh/kWp.
 239 Voor jaar 16 tot en met jaar 20 worden 845 vollasturen per jaar aangehouden.
 240

241 Er worden in Nederland PV-projecten ontwikkeld die gebruikmaken van een zonvolgsysteem.
 242 De PV-modules draaien dan met de zon mee: om een horizontale as, om een verticale as of
 243 om beide assen. Door het gebruik van een zonvolgsysteem kan de opbrengst tot 25% hoger

244 zijn dan die van standaardssystemen met een vaste oriëntatie. Dit resulteert in een hoger
 245 aantal vollasturen. De kosten per kWh van een project met een zonvolgsysteem liggen nabij
 246 de kosten per kWh van een project zonder volgsysteem, mits alle uren subsidiabel zijn. Voor
 247 grondgebonden systemen draaiend om een horizontale as wordt een referentiewaarde van
 248 $950 \times 110\% = 1045$ vollasturen geadviseerd. Voor jaar 16 tot en met jaar 20 worden 975
 249 vollasturen per jaar aangehouden. Voor projecten met een zonvolgsysteem draaiend om een
 250 verticale as wordt een referentiewaarde van $950 \times 125\% = 1190$ vollasturen geadviseerd bij
 251 gelijke basisbedragen. Voor jaar 16 tot en met jaar 20 worden 1110 vollasturen per jaar
 252 aangehouden.

253

254 Een overzicht van de vollasturen wordt in Tabel 2-3 weergegeven.

255

256

Tabel 2-3. Vollasturen voor de categorieën voor zon-PV¹

Categorie	Jaren 1 t/m 15	Jaren 16 t/m 20
Fotovoltaïsche zonnepanelen, ≥ 15 kWp en < 1 MWp, gebouwgebonden	900	845
Fotovoltaïsche zonnepanelen, ≥ 15 kWp en < 1 MWp, grondgebonden of op water	950	890
Fotovoltaïsche zonnepanelen, ≥ 1 MWp, gebouwgebonden	900	845
Fotovoltaïsche zonnepanelen, ≥ 1 MWp, grondgebonden	950	890
Fotovoltaïsche zonnepanelen, ≥ 1 MWp, drijvend op water	950	890
Fotovoltaïsche zonnepanelen, ≥ 1 MWp, zonvolgend op land	1045	975
Fotovoltaïsche zonnepanelen, ≥ 1 MWp, zonvolgend op water	1190	1110

257

¹ Wegens de verwachte systeemdegradatie is het aantal vollasturen vanaf jaar 16 lager.

258

2.7 Tweezijdige zonnepanelen

259

In de afgelopen jaren zijn tweezijdige zonnepanelen commercieel beschikbaar geworden en
 260 deze worden steeds meer toegepast. De opbrengst van dergelijke panelen ligt op jaarbasis in
 261 Nederland tot zo'n 15% hoger ten opzichte van systemen met enkelzijdige PV-modules. De
 262 kosten van tweezijdige panelen zijn echter ook hoger. De kosten per kWh (basisbedrag) van
 263 een project met tweezijdige zonnepanelen liggen daarom nabij de kosten per kWh van een
 264 project met enkelzijdige zonnepanelen, mits alle geproduceerde elektriciteit subsidiabel is.
 265 Om dit mogelijk te maken, adviseren we om bij een SDE++-aanvraag met tweezijdige zon-
 266 nepanelen toe te staan om naar rato van de hogere verwachte elektriciteitsproductie een ho-
 267 ger vermogen (in kWp) aan te vragen dan het standaardpiekvermogen van de voorkant van
 268 de panelen.

269

2.8 Zon-PV drijvend op water

270

Het algemene beeld qua kosten is dat voor drijvende PV-systemen zowel de investeringskos-
 271 ten als operationele kosten hoger zijn dan bij zon-PV op daken of op land. De extra investe-
 272 ringskosten kennen een sterk dalende trend en de meerkosten worden op dit moment
 273 verondersteld 15% te bedragen ten opzichte van grondgebonden systemen ≥ 1 MWp. Ook de
 274 operationele kosten kunnen hoger uitvallen dan bij conventionele dak- en grondgebonden
 275 systemen. Het advies is om 50% extra vaste O&M-kosten te rekenen ten opzichte van
 276 grondgebondensystemen ≥ 1 MWp.

2.9 Vaste operationele kosten

Het is belangrijk te onderkennen dat O&M-kosten voor onderhoud en bedrijfsvoering slechts een gedeelte zijn van alle vaste operationele kosten van een PV-systeem. O&M-kosten kennen de afgelopen jaren een dalende trend. Dit komt in Nederland onder andere door efficiëntie, schaalvoordeel, concurrentie en beperkingen in de omvang van het werk. Het peiljaar waarin de O&M-contracten afgesloten gaan worden rechtvaardigt daarom lagere O&M-kosten dan huidige marktwaardes. Op basis van observaties in de Nederlandse markt is er gekozen om de vaste O&M-kosten te verlagen ten opzichte van het advies voor de SDE++-regeling van 2021.

286

Daarnaast komen er nog overige vaste kosten in beeld bij een PV-installatie, namelijk de kosten voor een brutoproduktiemeter, verzekering, beveiliging, jaarlijkse netwerkaansluitingskosten, assetmanagement en OZB.

290

De kosten voor een brutoproduktiemeter zijn aangepast ten opzichte van het advies van vorig jaar. In plaats van een huurconstructie wordt er uitgegaan van een eenmalige aanschaf welke verwerkt is in de investeringskosten en jaarlijkse exploitatiekosten. Dit is een goedkopere optie dan het huren van een brutoproduktiemeter.

295

Het criterium bij assetmanagement is dat de kosten die gemaakt worden aan het project ten goede moeten komen. De waarde in het overzicht van Tabel 2-4 representeert de kosten ten behoeve van het project en bedraagt de helft van de typische kosten voor assetmanagement. De overige vaste operationele kosten voor systemen drijvend op water zijn per vermogenscategorie identiek gekozen aan de kosten voor grondgebonden systemen.

De operationele kosten tezamen worden geschat zoals weergegeven in de volgende tabel.

302

Kosten voor het huren van daken, grond of wateroppervlak, de kosten voor sociaal draagvlak en duurzaamheidsfondsen zijn hierbij niet meegenomen, zoals gesteld in de uitgangspunten.

305

306

Tabel 2-4. Overzicht van vaste operationele kosten (€/kWp per jaar)¹

Kostenpost	≥15 kWp en <1 MWp	≥1 MWp, gebouwbonden	≥1 MWp, grondgebonden	≥1 MWp, drijvend op water	≥1 MWp, zonvolgend op land	≥1 MWp, zonvolgend op water
O&M	5	4,5	4	6	5	6,5
Brutoproduktiemeter	1,1	0,1	0,03	0,03	0,03	0,03
Verzekering	2	2	1,5	1,5	1,5	1,5
Beveiligingsdiensten	0	0	0,5	0,5	0,5	0,5
Netwerkaansluiting	2	2	2	2	2	2
Assetmanagement	1	1	1	1	1	1
OZB	1,8	1,7	1,6	1,8	1,7	2,3
Totaal SDE++ 2022	12,8	11,3	10,6	12,8	11,7	13,8

307

¹ De kostenposten zijn afgerond.

308

2.10 Eenmalige O&M-kosten

In het voorliggende advies is de analyseperiode 20 jaar. Bij de huidige stand der techniek is de technische levensduur van de omvormers van PV-systemen korter dan die van de modules en de overige componenten. In de berekening voor het basisbedrag wordt dit meegenomen door in jaar 12 een kostenpost voor de omvormers op te nemen die de kosten voor

312

313 omvormers van jaar 13 tot en met jaar 20 dekt. Voor de prijs van omvormers in jaar 12
314 wordt voor alle categorieën de (ongewijzigde) omvormerprijs voor grondgebonden PV > 1
315 MWp gebruikt: 20 €/kWp (geldt voor omvormerkosten in 2025 inclusief schaaffect). Na
316 2025 wordt vanwege gebrek aan data geen prijsdaling aangenomen voor omvormers die
317 voorzien worden in SDE++-projecten. Dit is een conservatieve aanname: wellicht dat er
318 vanaf dat jaar toch een verdere prijsdaling zal optreden. Het daadwerkelijke percentage
319 hangt af van toekomstige wereldwijde marktontwikkelingen. De kostenpost voor omvormers
320 in jaar 12 zijn vastgesteld op 13 €/kWp, waarbij alleen de lasten in het 13^e tot en met het
321 20^e bedrijfsjaar van het PV-systeem zijn meegewogen (dus 8/12^e van de kosten, uitgelegd
322 op 70% van het piekvermogen).

323 2.11 Elektricitetsprijzen

324 In de subsidieperiode (de eerste 15 jaar van de economische levensduur) van een PV-
325 installatie hebben elektricitetsprijzen geen invloed op de hoogte van de basisbedragen. De
326 analyseperiode voor de berekening van de onrendabele top is (conform de SDE++-
327 uitgangspunten) 20 jaar, waardoor de elektricitetsprijzen vanaf jaar 16 wel invloed hebben
328 op de cashflow. Hierbij wordt aangenomen dat de geproduceerde elektriciteit wordt verkocht
329 tegen groothandelsprijzen van elektriciteit op basis van het voorgenomen-beleidsscenario uit
330 de Klimaat- en Energieverkenning 2020 (PBL 2020), inclusief kosten voor profieffect en on-
331 balans van zonne-energie.

332 2.12 Eigen verbruik van elektriciteit uit zon-PV

333 Zon-PV kent twee correctiebedragen: voor levering aan het net en voor zelfconsumptie ('ei-
334 gen verbruik' of niet-netlevering). Voor de rangschikking van de technieken binnen SDE++-
335 openstellingsfases wordt gekeken naar het basisbedrag minus de langetermijnprijs. Vanwege
336 het gebruik van twee correctiebedragen moet bij zon-PV een gemiddelde langetermijnprijs
337 tussen netlevering en niet-netlevering als referentie genomen worden. Tabel 2-5 geeft het
338 gemiddelde aandeel eigen verbruik zoals weergegeven in het Eindadvies SDE++ 2021. Voor
339 het Eindadvies SDE++ 2022 worden deze gemiddelden opnieuw bepaald op basis van waar-
340 genomen realisaties.

341

342 **Tabel 2-5. Waarde van het gemiddelde eigen verbruik van elektriciteit van PV-
343 systemen zoals gerapporteerd in het Eindadvies SDE++ 2021**

Categoriegroep	Gebouwgebonden	Grondgebonden systemen of systemen drijvend op water
Zon-PV 15 kWp – 1 MWp	50%	40%
Zon-PV ≥ 1 MWp	30%	5%

344

345 2.13 Restwaarde

346 Voor de restwaarde is gekeken naar de waarde na 20 jaar. Kostenaspecten die meespelen
347 zijn elektriciteitsopbrengsten en -prijzen, schrootwaarde en recyclingkosten. Daarnaast zal er
348 rekening gehouden moeten worden met de verminderde capaciteit van de modules. Vanwege
349 de onzekerheden van deze parameters wordt er geen (netto) restwaarde toegekend aan het
350 einde van de levensduur.

2.14 Categorie-specifieke beschouwingen zon-PV

2.14.1 Fotovoltaïsche zonnepanelen, ≥ 15 kWp en < 1 MWp, gebouwgebonden

De technisch-economische parameters voor deze categorie zijn samengevat in Tabel 2-6. Tabel 2-7 toont de basisbedragen bij deze categorie. Het referentiesysteem is een gebouwgebonden systeem met een vermogen van 250 kWp.

Tabel 2-6. Technisch-economische parameters zon-PV ≥ 15 kWp en < 1 MWp, gebouwgebonden

Parameter	Eenheid	Advies SDE++ 2021	Conceptadvies SDE++ 2022
Installatiegrootte	[MWp output]	0,25	0,25
Vollasturen jaar 1-15 (jaar 16-20)	[MWh/MWp/jaar]	900 (845)	900 (845)
Investeringskosten	[€/kWp output]	590	575
Vaste O&M-kosten	[€/kWp output/jaar]	15,8	12,8
Variabele O&M-kosten	[€/kWh]	0,0019	0,0019
Enmalige onderhoudskosten in jaar 12	[€]	4250	3250

Tabel 2-7. Basisbedrag zon-PV ≥ 15 kWp en < 1 MWp, gebouwgebonden

Parameter	Eenheid	Advies SDE++ 2021	Conceptadvies SDE++ 2022
Basisbedrag	[€/kWh]	0,0724	0,0667
Economische levensduur	[jaar]	20	20
Looptijd subsidie	[jaar]	15	15

2.14.2 Fotovoltaïsche zonnepanelen, ≥ 15 kWp en < 1 MWp, grondgebonden of drijvend op water

De technisch-economische parameters zijn samengevat in Tabel 2-8. Tabel 2-9 toont de basisbedragen bij deze categorie. Het referentiesysteem voor deze categorie is een systeem met een vermogen van 250 kWp.

Tabel 2-8. Technisch-economische parameters zon-PV ≥ 15 kWp en < 1 MWp, grondgebonden of drijvend op water

Parameter	Eenheid	Advies SDE++ 2021	Conceptadvies SDE++ 2022
Installatiegrootte	[MWp output]	0,25	0,25
Vollasturen jaar 1-15 (jaar 16-20)	[MWh/MWp/jaar]	950 (890)	950 (890)
Investeringskosten	[€/kWp output]	590	575
Vaste O&M-kosten	[€/kWp output/jaar]	15,8	12,8
Variabele O&M-kosten	[€/kWh]	0,0019	0,0019
Enmalige onderhoudskosten in jaar 12	[€]	4250	3250

Tabel 2-9. Basisbedrag zon-PV ≥ 15 kWp en < 1 MWp, grondgebonden of drijvend op water

Parameter	Eenheid	Advies SDE++ 2021	Conceptadvies SDE++ 2022
Basisbedrag	[€/kWh]	0,0685	0,0631
Economische levensduur	[jaar]	20	20
Looptijd subsidie	[jaar]	15	15

373 **2.14.3 Fotovoltaïsche zonnepanelen, ≥ 1 MWp, gebouwgebonden**

374 De technisch-economische parameters zijn samengevat in Tabel 2-10. Tabel 2-11 toont de
 375 basisbedragen bij deze categorie. Het referentiesysteem voor deze categorie is een gebouw-
 376 gebonden systeem met een vermogen van 2,5 MWp.

377

378 **Tabel 2-10. Technisch-economische parameters zon-PV ≥ 1 MWp, gebouwgebonden**
 379

Parameter	Eenheid	Advies SDE++ 2021	Conceptadvies SDE++ 2022
Installatiegrootte	[MWp output]	2,5	2,5
Vollasturen jaar 1-15 (jaar 16-20)	[MWh/MWp/jaar]	950 (890)	900 (845)
Investeringskosten	[€/kWp output]	570	545
Vaste O&M-kosten	[€/kWp output/jaar]	12,1	11,3
Variabele O&M-kosten	[€/kWh]	0,0019	0,0019
Enmalige onderhoudskosten in jaar 12	[€]	42.500	32.500

380

381 **Tabel 2-11. Basisbedrag zon-PV ≥ 1 MWp, gebouwgebonden**

Parameter	Eenheid	Advies SDE++ 2021	Conceptadvies SDE++ 2022
Basisbedrag	[€/kWh]	0,0655	0,0620
Economische levensduur	[jaar]	20	20
Looptijd subsidie	[jaar]	15	15

382 **2.14.4 Fotovoltaïsche zonnepanelen, ≥ 1 MWp, grondgebonden**

383 De technisch-economische parameters voor deze categorie zijn samengevat in Tabel 2-12.
 384 Tabel 2-13 toont de basisbedragen bij deze categorie. Het referentiesysteem is een grondge-
 385 bonden systeem met een vermogen van 10 MWp.

386

387 **Tabel 2-12. Technisch-economische parameters zon-PV ≥ 1 MWp, grondgebonden**

Parameter	Eenheid	Advies SDE++ 2021	Conceptadvies SDE++ 2022
Installatiegrootte	[MWp output]	10	10
Vollasturen jaar 1-15 (jaar 16-20)	[MWh/MWp/jaar]	950 (890)	950 (890)
Investeringskosten	[€/kWp output]	540	510
Vaste O&M-kosten	[€/kWp output/jaar]	11,8	10,6
Variabele O&M-kosten	[€/kWh]	0,0019	0,0019
Enmalige onderhoudskosten in jaar 12	[€]	170.000	130.000

388

389 **Tabel 2-13. Basisbedrag zon-PV ≥ 1 MWp, grondgebonden**

Parameter	Eenheid	Advies SDE++ 2021	Conceptadvies SDE++ 2022
Basisbedrag	[€/kWh]	0,0590	0,0548
Economische levensduur	[jaar]	20	20
Looptijd subsidie	[jaar]	15	15

390 **2.14.5 Fotovoltaïsche zonnepanelen, ≥1 MWp, drijvend op water**

391 De technisch-economische parameters zijn samengevat in Tabel 2-14. Tabel 2-15 toont de
 392 basisbedragen bij deze categorie. Het referentiesysteem voor deze categorie is een systeem
 393 drijvend op water met een vermogen van 10 MWp.

394

395 **Tabel 2-14. Technisch-economische parameters zon-PV ≥ 1 MWp, drijvend op wa-**
 396 **ter**

Parameter	Eenheid	Advies SDE++ 2021	Conceptadvies SDE++ 2021
Installatiegrootte	[MWp output]	10	10
Vollasturen jaar 1-15 (jaar 16-20)	[MWh/MWp/jaar]	950 (890)	950 (890)
Investeringskosten	[€/kWp output]	620	585
Vaste O&M-kosten	[€/kWp output/jaar]	14,5	12,8
Variabele O&M-kosten	[€/kWh]	0,0019	0,0019
Enmalige onderhoudskosten in jaar 12	[€]	170.000	130.000

397

398 **Tabel 2-15. Basisbedrag zon-PV ≥ 1 MWp, drijvend op water**

Parameter	Eenheid	Advies SDE++ 2021	Conceptadvies SDE++ 2022
Basisbedrag	[€/kWh]	0,0693	0,0639
Economische levensduur	[jaar]	20	20
Looptijd subsidie	[jaar]	15	15

399 **2.14.6 Fotovoltaïsche zonnepanelen, ≥1 MWp, zonvolgend op land**

400 De technisch-economische parameters zijn samengevat in Tabel 2-16. Tabel 2-17 toont de
 401 basisbedragen bij deze categorie. Het referentiesysteem voor deze categorie is een éénassig
 402 zonvolgend systeem op land (horizontale as) met een vermogen van 10 MWp. Dit was 2
 403 MWp in het advies SDE++ 2021.

404

405 **Tabel 2-16. Technisch-economische parameters zon-PV ≥ 1 MWp, zonvolgend op**
 406 **land**

Parameter	Eenheid	Advies SDE++ 2021	Conceptadvies SDE++ 2022
Installatiegrootte	[MWp output]	2	10
Vollasturen jaar 1-15 (jaar 16-20)	[MWh/MWp/jaar]	1045 (975)	1045 (975)
Investeringskosten	[€/kWp output]	591	561
Vaste O&M-kosten	[€/kWp output/jaar]	13,2	11,7
Variabele O&M-kosten	[€/kWh]	0,0019	0,0019
Enmalige onderhoudskosten in jaar 12	[€]	34.000	130.000

407

408 **Tabel 2-17. Basisbedrag zon-PV ≥ 1 MWp, zonvolgend op land**

Parameter	Eenheid	Advies SDE++ 2021	Conceptadvies SDE++ 2022
Basisbedrag	[€/kWh]	0,0590	0,0548
Economische levensduur	[jaar]	20	20
Looptijd subsidie	[jaar]	15	15

409 **2.14.7 Fotovoltaïsche zonnepanelen, ≥1 MWp, zonvolgend op water**

410 De technisch-economische parameters zijn samengevat in Tabel 2-18. Tabel 2-19 toont de
 411 basisbedragen bij deze categorie. Het referentiesysteem voor deze categorie is een éénassig

412 zonvolgend systeem (verticale as), drijvend op water, met een vermogen van 10 MWp. Dit
 413 was 2 MWp in het advies SDE++ 2021.

414

415 **Tabel 2-18. Technisch-economische parameters zon-PV \geq 1 MWp, zonvolgend op**
 416 **water**

Parameter	Eenheid	Advies SDE++ 2021	Conceptadvies SDE++ 2022
Installatiegrootte	[MWp output]	2	10
Vollasturen jaar 1-15 (jaar 16-20)	[MWh/MWp/jaar]	1190 (1110)	1190 (1110)
Investeringskosten	[€/kWp output]	824	770
Vaste O&M-kosten	[€/kWp output/jaar]	15,4	13,8
Variabele O&M-kosten	[€/kWh]	0,0019	0,0019
Eenmalige onderhoudskosten in jaar 12	[€]	34.000	130.000

417

418 **Tabel 2-19. Basisbedrag zon-PV \geq 1 MWp, zonvolgend op water**

Parameter	Eenheid	Advies SDE++ 2021	Conceptadvies SDE++ 2022
Basisbedrag	[€/kWh]	0,0693	0,0639
Economische levensduur	[jaar]	20	20
Looptijd subsidie	[jaar]	15	15

3 Zonthermie

419

420 In dit Conceptadvies SDE++ 2022 wordt aangesloten bij het Eindadvies SDE++ 2021. De ca-
421 tegorie-indeling is ongewijzigd. Voor PVT met warmtepomp zijn de parameters aangepast om
422 aan te sluiten bij de prijsdaling zoals deze waargenomen is voor zon-PV < 1 MWp, waardoor
423 (alleen) voor deze categorie het basisbedrag wijzigt. Verder is er in dit conceptadvies speci-
424 ale aandacht voor concentrerende collectoren.

425 3.1 Zonthermie, 140 kW_{th} tot 1 MW_{th}

426 De ondergrens van zonthermische systemen voor SDE++ ligt bij een apertuuroppervlakte
427 van 200 m² (140 kW_{th}). De apertuuroppervlakte van een zonthermisch systeem is de opper-
428 vlakte waarop het zonlicht wordt opvangen teneinde omgezet te worden naar warmte. De
429 aanduiding in m² is hierbij het resultaat van een berekening op basis van de gehanteerde re-
430 latie tussen collectoroppervlak en thermisch vermogen. Onder deze grens kunnen systemen
431 in aanmerking komen voor een investeringssubsidie via de investeringssubsidie duurzame
432 energie (ISDE).
433

434 Het SDE++-referentiesysteem voor de categorie zonthermie vanaf 140 kW_{th} tot 1 MW_{th} be-
435 treft tapwaterverwarming met een vermogen van 140 kW_{th} voor grote verbruikers, uitgerust
436 met (door een lichtdoorlatende laag) afgedekte zonnecollectoren en een warmteopslagvat.
437 Wat de eisen zijn aan zonthermische systemen wordt door het ministerie van EZK gedefini-
438 eerd in de aanwijzingsregeling categorieën SDE++, die gepubliceerd wordt in de Staatscou-
439 rant.⁵ Hieruit blijkt bijvoorbeeld voor SDE++ 2020 dat een opslagvat niet verplicht is en dat
440 concentrerende collectoren (mits afgedekt) in deze categorie toegestaan zijn. De technisch-
441 economische parameters voor deze categorie van zonthermie zijn ongewijzigd ten opzichte
442 van SDE++ 2021.
443

444 Tabel 3-1 geeft de technisch-economische parameters voor een systeem van 200 m² collec-
445 toppervlak of 140 kW_{th}. Tabel 3-2 toont de basisbedragen bij deze categorie.
446

447 **Tabel 3-1. Technisch-economische parameters zonthermie, ≥140 kW_{th} tot 1 MW_{th}**

Parameter	Eenheid	Advies SDE++ 2021	Conceptadvies SDE++ 2022
Installatiegrootte	[MW]	0,14	0,14
Vollasturen	[uur/jaar]	600	600
Investeringskosten	[€/kW _{th}]	525	525
Vaste O&M-kosten	[€/kW _{th} /jaar]	1,9	1,9
Variabele O&M-kosten	[€/kWh]	0,0019	0,0019

448

⁵ Zie voor SDE++ 2020 bijvoorbeeld de 'Regeling van de Minister van Economische Zaken en Klimaat van 17 september 2020, nr. WJZ/ 20210006, houdende aanwijzing van categorieën van productie-installaties voor de productie van duurzame energie en klimaattransitie in 2020' (zie: <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stcrt-2020-48292.html>).

449 **Tabel 3-2. Basisbedragen zonthermie, $\geq 140 \text{ kW}_{\text{th}}$ tot 1 MW_{th}**

Parameter	Eenheid	Advies SDE++ 2021	Conceptadvies SDE++ 2022
Basisbedrag	[€/kWh]	0,0938	0,0938
Looptijd subsidie	[jaar]	15	15

450 3.2 Zonthermie, $\geq 1 \text{ MW}_{\text{th}}$

451 Het SDE++-referentiesysteem voor de categorie zonthermie $\geq 1 \text{ MW}_{\text{th}}$ heeft een thermisch
 452 vermogen van 5 MW_{th} . Wat de eisen zijn aan zonthermische systemen wordt door het minis-
 453 terie van EZK gedefinieerd in de aanwijzingsregeling categorieën SDE++, die gepubliceerd
 454 wordt in de Staatscourant.⁶ Hieruit blijkt bijvoorbeeld voor SDE++ 2020 dat een opslagvat
 455 niet verplicht is en dat concentrerende collectoren (mits afgedekt) toegestaan zijn in deze
 456 categorie.

457
 458 De technisch-economische parameters voor deze categorie van zonthermie zijn ongewijzigd
 459 ten opzichte van SDE++ 2021 en weergegeven in Tabel 3-3. Tabel 3-4 toont de basisbedra-
 460 gen bij deze categorie.

461 **Tabel 3-3. Technisch-economische parameters energie uit zonthermie, $\geq 1 \text{ MW}_{\text{th}}$**

Parameter	Eenheid	Advies SDE+ 2021	Conceptadvies SDE++ 2022
Installatiegrootte	[MW]	5,0	5,0
Vollasturen	[uur/jaar]	600	600
Investeringskosten	[€/kW _{th}]	420	420
Vaste O&M-kosten	[€/kW _{th} /jaar]	4,0	4,0
Variabele O&M-kosten	[€/kWh]	0,0019	0,0019

463

464 **Tabel 3-4. Basisbedrag energie uit zonthermie, $\geq 1 \text{ MW}_{\text{th}}$**

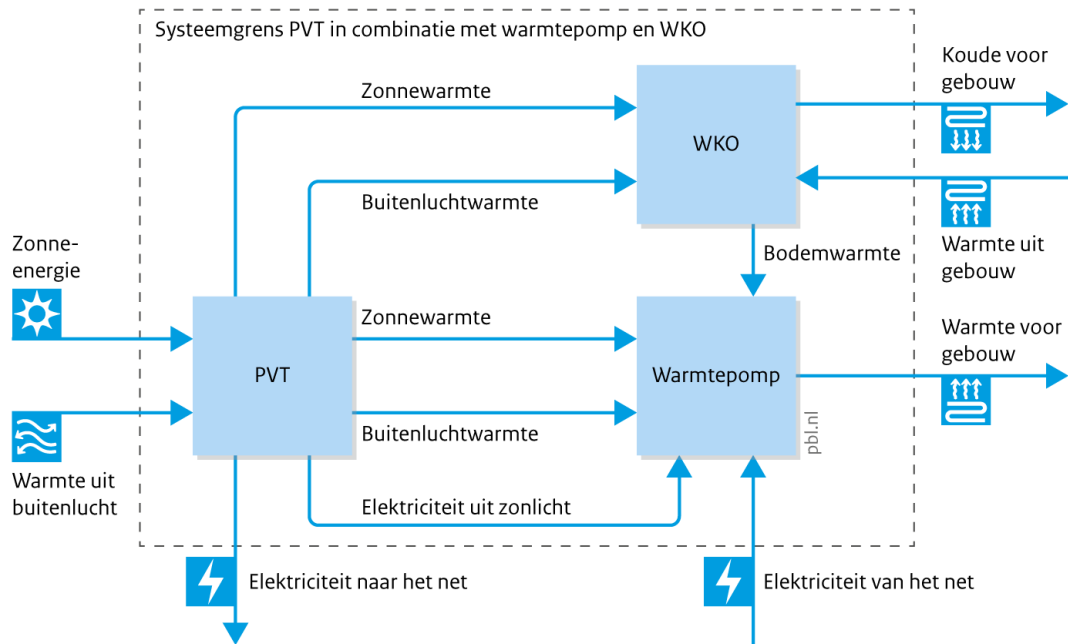
Parameter	Eenheid	Advies SDE+ 2021	Conceptadvies SDE++ 2022
Basisbedrag	[€/kWh]	0,0800	0,0800
Looptijd subsidie	[jaar]	15	15

465 3.3 PVT met warmtepomp

466 In het Eindadvies SDE++ 2021 is de categorie *PVT met warmtepomp* nieuw voorgesteld.
 467 Hierin staat PVT voor 'photovoltaic-thermal' of PV-thermisch. Een uitgebreide beschrijving
 468 van deze categorie is te vinden in het genoemde Eindadvies, paragraaf 5.3.4. Figuur 3-1
 469 geeft het werkingsprincipe van de categorie aan.

⁶ Zie voetnoot 5.

PVT-installatie met warmtepomp en warmte-koudeopslag (WKO)



PVT: Gecombineerde elektriciteit- en warmteopwekking met zonnepanelen

Bron: PBL

470

471

Figuur 3-1. Werkingsprincipe van de categorie PVT met warmtepomp

472

473

474

475

476

477

478

479

480

481

482

483

484

485

Tabel 3-5. Technisch-economische parameters PVT met warmtepomp

Parameter	Eenheid	Eindadvies SDE++ 2021	Conceptadvies SDE++ 2022
Thermisch outputvermogen	[kW _{th}]	600	600
Vollasturen warmteafzet	[uur/jaar]	3500	3500
Elektriciteitsverbruik	[MWh/jaar]	310	310
Investeringskosten	[€/kW _{th}]	830	830
Vaste O&M-kosten	[€/kW _{th} /jaar]	21	21
Variabele O&M-kosten	[€/kWh]	0,0123	0,0123
Enmalige onderhoudskosten in jaar 12	[€]	2500	2500

486

487 **Tabel 3-6. Overzicht subsidieparameters PVT met warmtepomp**

Parameter	Eenheid	Eindadvies SDE++ 2021	Conceptadvies SDE++ 2022
Basisbedrag	[€/kWh]	0,0442	0,0442
Looptijd subsidie	[jaar]	15	15

488

489 3.4 Concentrerende collectoren

490 In beide categorieën zonnewarmte worden afgedekte vlakkeplaatcollectoren verondersteld,
 491 de meest gangbare techniekvariant. In de marktconsultatie van 2020 is aangegeven dat con-
 492 centrerende collectoren, die een doorgaans een hoger temperatuurbereik hebben dan vlak-
 493 keplaatcollectoren, ook een mogelijkheid zijn⁷. Op voorwaarde dat aan de eisen voor het
 494 minimale (apertuur)oppervlakte voldaan is kunnen concentrerende collectoren voor SDE++
 495 in aanmerking komen in de categorie zonnewarmte. Er bestaan diverse uitvoeringsvormen
 496 van concentrerende collectoren: er zijn zonvolgende systemen (parabolische trog, lineaire
 497 Fresnel collectoren, zonnetorens en concentrerende schotels) en vast opgestelde systemen
 498 (vacuümbuiscollector met concentrerende reflectoren). Voor grootschalige systemen in Ne-
 499 derland liggen systemen met parabolische trog qua prijs/opbrengstverhouding wellicht het
 500 meest voor de hand. Overigens zijn er ook vlakkeplaatcollectoren op de markt die speciaal
 501 bedoeld zijn voor hogere temperaturen.

502

503 De voorlopige conclusie uit het Eindadvies Basisbedragen SDE++ 2021 (februari 2021) is dat
 504 het basisbedrag voor de reguliere categorieën zonnewarmte toereikend zou kunnen zijn voor
 505 concentrerende collectoren. In deze paragraaf geven we daar een toelichting bij, met tevens
 506 een marktuitvraag om de redeneerlijn te toetsen. Naar hogetemperatuurvlakkeplaatcollecto-
 507 ren wordt hier niet gekeken.

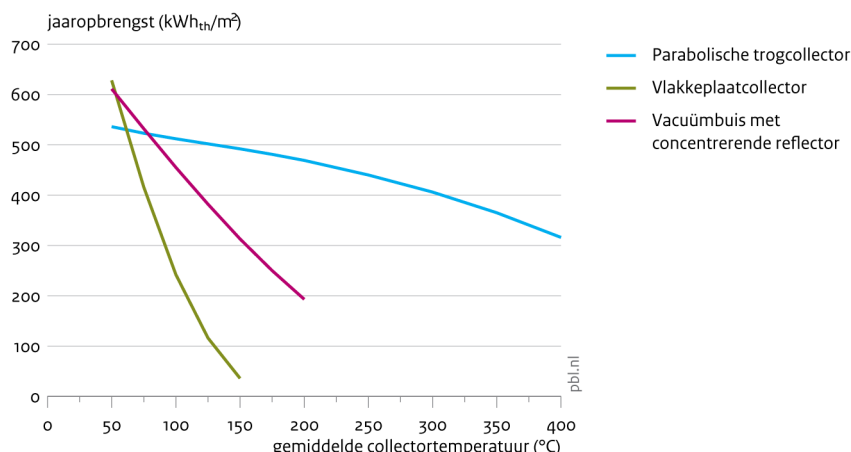
508

509 Een belangrijk kenmerk van concentrerende collectoren is dat alleen direct zonlicht omgezet
 510 kan worden in warmte. Indirect (diffuus) zonlicht wordt in dit type collector, in tegenstelling
 511 tot vlakkeplaatcollectoren (voor warmte) en PV (voor elektriciteit), niet benut. Of concen-
 512 rende collectoren zinvol toegepast kunnen worden in een regio is dus afhankelijk van de
 513 jaargemiddelde zoninstraling. Een ander belangrijk kenmerk is dat het temperatuurniveau
 514 van concentrerende collectoren, met name in zonnige perioden, hoger is dan bij vlakkeplaat-
 515 collectoren. Ze lenen zich dus goed voor hogetemperatuurtoepassingen zoals industrie en
 516 warmtenetten. Dit wordt geïllustreerd in Figuur 3-2.

517

⁷ Zie Bijlage B.3 in het *Eindadvies Basisbedragen SDE++ 2021* (februari 2021) voor de marktinzicht en de reactie van PBL.

Zonnewarmte, jaargebngst naar collectortemperatuur in Potsdam (Duitsland)



518
519
520
521

Figuur 3-2. Modelresultaat van jaargemiddelde warmteopbrengst uit drie typen zonnecollectoren in het klimaat van Potsdam (Duitsland): parabolische trog, vlakkeplaatcollector en vacuümbuis met concentrerende reflectoren⁸.

522 **Opbrengst**

523 De hogere jaargemiddelde opbrengst per m² uit concentrerende collectoren maakt dat voor
524 eenzelfde warmteopbrengst een kleinere installatie voldoende kan zijn, in vergelijking met
525 een installatie met vlakkeplaatcollectoren. In Antwerpen en Oostende staan twee installaties
526 (allebei met een apertuuroppervlak 1100 m² en vermogen van 500 kWth, de daaruit resulterende
527 opbrengstfactor bedraagt 0,45 kWh/m²)⁹. In internationaal verband wordt een opbrengstfactor
528 gebruikt die kan variëren tussen 0,5 en 0,7 kWh/m².

529

530 **Kosten**

531 De investeringskosten van een concentrerend zonnearmtesysteem zijn, in combinatie met
532 de opbrengst, bepalend voor het basisbedrag. In een webinar¹⁰ gaf IRENA¹¹ op basis van een
533 voorlopige versie van een projectendatabase met concentrerende collectoren wereldwijd een
534 schatting van de investeringskosten. Gemiddeld lag het vermogen van de projecten rond 250
535 kWth en varieerde het investeringsbedrag (inclusief installatie) tussen 600 en 2000
536 USD₂₀₂₀/kWth, met een gemiddelde waarde van ongeveer 950 USD₂₀₂₀/kWth. Omgerekend
537 naar euro is dat 526 tot 1754 €₂₀₂₀/kWth met een gemiddelde waarde van 833 €₂₀₂₀/kWth.
538 IRENA voorziet schaalvoordelen bij projecten van MW-grootte, maar heeft onvoldoende ge-
539 gegevens om dit kwantitatief te maken.

540

541 De kosten van een systeem met concentrerende collectoren lijkt zeer afhankelijk van de
542 grootte, de uitvoeringsvorm, het ontwerp en natuurlijk de regio. In een ander document
543 wordt voor systemen vanaf 10.000 m² (vanaf ongeveer 5 MWth) een indicatie van een inves-
544 teringsbedrag genoemd van 230 tot 300 €/m² (omgerekend ongeveer 460 tot 600

⁸ Hoe hoger de gemiddelde collectortemperatuur gekozen wordt, hoe groter de thermische verliezen naar de omgeving en hoe lager de jaargemiddelde opbrengst. De parabolische trog presteert het beste bij een gewenste mediumtemperatuur vanaf 80°C. Bij een gewenste mediumtemperatuur die lager dan 60°C ligt heeft de vlakkeplaatcollector de hoogste opbrengst. Bron: 'Concentrating Solar Systems in moderate climates', D. Krüger, S. Fischer, T. Hirsch, J. Iñigo Labairu, Proceedings of SolarPACES 2020 (ingediend bij AiP Proceedings 2021). De verwachte jaargebngst aan zonnearmte in Potsdam is vanwege het andere klimaat licht hoger dan in Nederland.

⁹ Webinar 'Solar process heat for industries and utilities', Yuvaraj Pandian, Solarlite, 18 maart 2021

¹⁰ Webinar 'Twenty-four/seven Heat & Electricity Powered by the Sun - The Combined Forces of CSP, Solar Energy and Thermal Energy Storage'. BSW, DCSP, BVES, 18 maart 2021

¹¹ Webinar 'CSP and solar thermal heat for industry: current costs and drivers and outlook for CSP to 2030', Michael Taylor, IRENA, 18 maart 2021

545 €/kWth)¹². Het artikel besluit dat de kosten van warmte voor grootschalige zonnearmtesys-
546 temen met concentrerende spiegels in dezelfde orde grootte ligt als die van vlakkeplaatcollec-
547 toren.
548
549 De Nederlandse Vereniging voor Zonnekrachtcentrales betoogt in haar rapport 'Focusdocu-
550 ment Warmtetransitie' (2021)¹³ dat de warmteopbrengst uit concentrerende collectorsys-
551 temen in landen aan de Noordzee en Oostzee voldoende is om er rendabele projecten mee te
552 realiseren.
553
554 Eén van de vragen voor de marktconsultatie betreft de toepassing en rentabiliteit van con-
555 centrerende collectoren voor warmteproductie.
556

¹² Bron: 'Concentrating Solar Systems in moderate climates', D. Krüger, S. Fischer, T. Hirsch, J. Iñigo Labairu, Proceedings of SolarPACES 2020 (ingediend bij AiP Proceedings 2021)

¹³ Bron: 'Focusdocument Warmtetransitie met geconcentreerde zonthermie' Vereniging voor Zonnekrachtcentrales, maart 2021. <https://www.zonnekrachtcentrales.nl/2021/03/11/een-aanvullende-focus-op-warmtetransitie>

4 Daglichtkas

557

558 De daglichtkas voor de glastuinbouw is een zonzvolgend thermisch systeem voor het oogsten
559 van warmte uit zonlicht. Er wordt gebruikgemaakt van (bijna) het gehele kasdek voor het in-
560 vangen van de warmte, waarin lenzen (geplaatst in dubbelglas) zorgen voor het focussen
561 van de zonlichtbundel op een vrijhangende zonzvolgende warmtecollector. De daglichtkas is
562 gunstig voor gebruik in de sierteelt, waar direct zonlicht vermeden dient te worden. Tabel
563 4-1 geeft de aannames voor de technisch-economische parameters, die ongewijzigd zijn ten
564 opzichte van SDE++ 2021.

565

566

Tabel 4-1. Technisch-economische parameters daglichtkas¹⁴ bij 40% meerkosten

Parameter	Eenheid	Conceptadvies SDE++ 2022
Vermogen van de warmtepomp	[kW _{th} /ha]	500
Vollasturen warmtepomp	[uur/jaar]	3850
Elektriciteitsverbruik	[MWh/ha/jaar]	423,5
Totale meerinvesteringen uitgedrukt per outputvermogen van de warmtepomp	[€/kW _{th}]	1880
Vaste kosten voor onderhoud en beheer	[€/kW _{th} /jaar]	89,2
Variabele kosten onderhoud en beheer	[€/kWh _{th}]	0,0019

567

568

569

570

571

572

573

574

575

576

577

Bij de bepaling van het basisbedrag (Tabel 4-2) worden de kosten beschouwd van het energiegerelateerde deel van de daglichtkas: de zonnecollector met aansturing, warmtepomp, warmte-koudeopslag en de installatie ervan. Voor het bepalen van het basisbedrag wordt om deze reden enkel 40% van de meerkosten beschouwd, de rest valt niet onder de energiegerelateerde kosten. Het basisbedrag geldt voor de warmte geleverd aan de condensorzijde van de warmtepomp. Baten die moeilijk te kwantificeren zijn worden niet meegenomen. Een uitgebreidere toelichting is te vinden in het rapport¹⁵ Eindadvies basisbedragen SDE++ 2020.

Tabel 4-2. Basisbedrag daglichtkas

Parameter	Eenheid	Advies SDE+ 2021	Conceptadvies SDE++ 2022
Basisbedrag	[€/kWh]	0,0773	0,0773
Looptijd subsidie	[jaar]	15	15

578

579

¹⁴ Daglichtkas van 10.000 m², dit betreft meerkosten ten opzichte van een standaardkas.

¹⁵ Eindadvies basisbedragen SDE++ 2020, 27 februari 2020,

<https://www.pbl.nl/publicaties/eindadvies-basisbedragen-sde-2020>

5 Uitgestelde levering van elektriciteit uit zon-PV en windenergie

580

581

582

583

584 In het Eindadvies Basisbedragen SDE++ 2021 (februari 2021) is in bijlage F omschreven wat
585 de bevindingen zijn voor uitgestelde levering van hernieuwbare elektriciteit uit zon-PV en
586 windenergie. Hierin worden technische oplossingen besproken, ontvangen kosteninformatie
587 gerapporteerd en markttoepassingen en implicaties voor SDE++ beschreven. Op basis van
588 de bevindingen zagen wij de SDE++ niet als een goede optie om uitgestelde levering voor
589 zon en wind te faciliteren.

590

591 Het ministerie van EZK vraagt PBL dit jaar opnieuw naar uitgestelde levering te kijken. De
592 twee deelvragen uit de uitgangspunten daarvoor zijn deze:

593

- 594 1. Onderzoek naar de kosten en implicaties van stimulering van een batterij in combi-
595 natie met de productie van hernieuwbare elektriciteit uit zon-PV (en windenergie).
596 Daarbij wordt inzicht gevraagd naar de additionele hernieuwbare energieproductie
597 ten opzichte van een situatie zonder batterij en gegeven een bepaalde netcapaciteit.
598 Onderzoek naar de bijbehorende CO₂-reductie bij verschillende combinaties van opge-
599 steld vermogen van hernieuwbare elektriciteit, vermogen van de batterij en de
600 grootte van de aansluiting op het elektriciteitsnet.
- 601 2. Onderzoek naar de kosten en mogelijkheden om zon-pv (en wind) systemen aan te
602 sluiten op een lager piekvermogen dan gebruikelijk (bijvoorbeeld 50%), met als doel
603 dat deze systemen beter aansluiten op de van toepassing zijnde netcapaciteit.

603

604 Bij het beantwoorden van deze vragen is het noodzakelijk om de interactie met het elektrici-
605 teitssysteem mee te nemen in de analyse en daarbij de juiste referentie te kiezen. Zo kan
606 bijvoorbeeld ook alleen al het afschakelen van zon-PV of windenergie leiden tot een reductie
607 van de parkgemiddelde CO₂-emissiefactor. In de marktconsultatie kunnen inzichten over de
608 te verwachten effecten met het PBL gedeeld worden.

6 Uitvraag aan marktpartijen

609

610

6.1 Zonthermie

611

612 De referentiesystemen voor zonnewarmte gaan uit van toepassing van vlakkeplaatcollecto-
613 ren voor warmtapwaterbereiding in de gebouwde omgeving. Voor toepassing in de industrie
614 ligt het gevraagde temperatuurniveau echter vaak hoger dan wat dit type collector levert, en
615 zo ook bij warmtenetten. Hiervoor zouden dan bijvoorbeeld concentrerende collectoren inge-
616 zet kunnen worden. We zouden graag vernemen welke kosten- en prestatiekentallen van
617 toepassing zouden zijn op systemen met concentrerende collectoren, evenals het potentieel
618 voor kostendaling ervan.

6.2 PVT

619

620 In het Eindadvies Basisbedragen SDE++ 2021 is de categorie 'PVT met warmtepomp' geïn-
621 troduceerd. Is dit type installatie op deze manier op een werkbare manier gedefinieerd? Zie
622 ook de paragraaf 'PVT met warmtepomp' in dit conceptadvies.

6.3 Uitgestelde levering

623

624 Voor uitgestelde levering van hernieuwbare elektriciteit uit zon-PV en windenergie is net als
625 in 2020 informatie over de mogelijke bedrijfsmodi, kostenkentallen en marktinzichten wel-
626 kom.