



CONCEPTADVIES SDE++ 2020

Geothermie

Notitie

Bart in 't Groen (DNV GL)

Caja De Vries (TNO AGE)

Harmen Mijnlief (TNO AGE)

Koen Smekens (ECN part of TNO)

6 mei 2019



PBL

Colofon

Conceptadvies SDE++ 2020 Geothermie

© PBL Planbureau voor de Leefomgeving

Den Haag, 2019

PBL-publicatienummer: 3692

Contact

sde@pbl.nl

Auteurs

Bart in't Groen (DNV GL), Caja De Vries (TNO AGE), Harmen Mijnlief (TNO AGE), Koen Smekens (ECN part of TNO)

Redactie figuren

Beeldredactie PBL

Eindredactie en productie

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Bart in't Groen, Caja De Vries, Harmen Mijnlief en Koen Smekens, Conceptadvies SDE++ 2020 Geothermie, Den Haag: PBL.

Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) is het nationale instituut voor strategische beleidsanalyses op het gebied van milieu, natuur en ruimte. Het PBL draagt bij aan de kwaliteit van de politiek-bestuurlijke afweging door het verrichten van verkenningen, analyses en evaluaties waarbij een integrale benadering vooropstaat. Het PBL is voor alles beleidsgericht. Het verricht zijn onderzoek gevraagd en ongevraagd, onafhankelijk en wetenschappelijk gefundeerd.

Inhoud

1			
2	1	Introductie	4
3	2	Kostenbevindingen	5
4	2.1	Inleiding	5
5	2.2	Onderzochte geothermieprojecten	5
6	2.3	Bronvermogen	5
7	2.4	Investeringskosten	8
8	2.5	Operationele kosten	9
9	3	Beschrijving referentie-installaties	12
10	3.1	Inleiding	12
11	3.2	Ondiepe geothermie (geen basislast)	15
12	3.3	Ondiepe geothermie (basislast)	17
13	3.4	Diepe geothermie (basislast)	18
14	3.5	Diepe geothermie warmte (geen basislast)	19
15	3.6	Ultradiepe geothermie	20
16	3.7	Diepe geothermie (uitbreiding)	21
17	3.8	Advies basisbedragen	22
18	4	Vragen en overwegingen	23
19	4.1	Informatieverzoeken en overwegingen	23
20		Bijlage A Geothermie; definities	25
21		Lijst van definities – Geothermie	25
22		Definities - Geothermieproject	25
23		Definities – Vermogen & Energie	27
24		Definities – Energieproductie	29
25		Definities - Economie	30
26		Definities - Diepte en/of stratigrafisch bereik Geothermieprojecten	30
27		Literatuur	32
28			
29			

1 Introductie

30

31 Het ministerie van Economische Zaken en Klimaat heeft aan PBL gevraagd om voor de
32 categorie geothermie samen met DNV GL en ECN part of TNO, en ondersteund door TNO
33 Advisory Group for Economic Affairs (TNO AGE), advies uit te brengen over de
34 subsidiehoogtes voor hernieuwbare energie in 2020.

35

36 Deze notitie bevat het conceptadvies voor geothermie SDE++ 2020 inclusief kosten-
37 bevindingen. Op basis van schriftelijke reacties uit de markt en marktconsultatiegesprekken
38 stelt PBL vervolgens het uiteindelijke eindadvies op voor het ministerie van Economische
39 Zaken en Klimaat (EZK). De minister van EZK besluit uiteindelijk aan het eind van het jaar
40 over de openstelling van de nieuwe SDE++-regeling, de open te stellen categorieën en de
41 bijbehorende basisbedragen. Belanghebbenden worden uitgenodigd om in een open
42 consultatieronde een reactie te geven op het conceptadvies en de onderliggende
43 kostenbevindingen per categorie.

44 Nadere informatie is te vinden via de website: www.pbl.nl/sde

45

46 Het nu voorliggende document geeft naast een conceptadvies over de basisbedragen, ook
47 een actualisatie van het overzicht van de bronvermogens en kosten van geothermie-
48 projecten.

49

50 Op basis van anonieme informatie van SDE+-aanvragen en met geologische en technische
51 gegevens van TNO AGE is opnieuw een kostenonderzoek uitgevoerd en zijn de referentie-
52 installaties en advies basisbedragen bijgewerkt.

53

54 Dit document wordt beschikbaar gesteld aan geïnteresseerde marktpartijen, waarna
55 consultatie reacties ingediend kunnen worden en consultatiegesprekken met PBL, ECN part
56 of TNO en DNV GL gevoerd kunnen worden.

57

58 Uiteindelijk wordt een eindadvies opgesteld waarin de resultaten van de marktconsultatie
59 meegenomen worden. De minister van EZK beslist over welke categorieën opengesteld gaan
60 worden in de SDE++ 2020.

2 Kostenbevindingen

61

2.1 Inleiding

62

63 De kostenbevindingen in dit hoofdstuk zijn een update van de in 2018 gepubliceerde
64 kostenbevindingennotitie (in 't Groen, et al. 2018) en zijn nu uitgebreid met nieuwe
65 productiegetallen en nieuwe SDE+-aanvraaggegevens tot en met de najaarsopenstelling van
66 2018. Voor de kostenbevindingen in deze notitie wordt naar alle kosten gekeken. Dit
67 betekent niet dat ook alle kostenposten opgenomen worden bij de bepaling van de
68 basisbedragen, zie tabel 3-2 voor een overzicht van de wel en niet meegenomen
69 kostenposten voor de basisbedragen.

2.2 Onderzochte geothermieprojecten

70

71 Binnen de SDE+-regeling was het onderscheid tussen de verschillende categorieën
72 gebaseerd op de boordiepte (respectievelijk projecten ≥ 500 meter en projecten ≥ 4000
73 meter). We stellen voor om voor het SDE++ 2020-advies dit onderscheid niet meer aan
74 absolute meters van de boordiepte te koppelen, maar aan de geologische laag waarin het
75 project gerealiseerd wordt. De onderzochte projecten zijn wel alle ingediend op basis van
76 boordiepte in meter. Er is nog geen aanvraag geweest is voor een project ≥ 4000 meter.

77

78 Van in totaal 46 geothermieprojecten is met behulp van RVO.nl een geaggregeerd overzicht
79 gemaakt van de geologische en technisch-economische parameters. In dit kostenonderzoek
80 is van een beperkt aantal projecten de data niet meegenomen, omdat deze om verschillende
81 redenen niet als representatief werd beschouwd.

82

83 In de praktijk zijn er alleen projecten binnen de categorie *Diepe geothermie (basislast)*. De
84 boordiepte van de meeste projecten ligt tussen de 2000 en 3000 meter. De verschillende
85 geothermieprojecten zijn als volgt ingedeeld:

86

- 86 • *in productie*, 15 projecten
- 87 • *nog niet in productie (al wel gerealiseerd)*, 8 projecten
- 88 • *niet in productie (aangevraagd)*, 23 projecten.

89

2.3 Bronvermogen

90

91 Gerealiseerde vermogens wijken in de praktijk af van de vermogens gepresenteerd in de
92 SDE+-aanvraagdocumentatie. Daarom is het gebruikte bronvermogen voor het vaststellen
93 van de investeringskosten voor de referentie-installatie (in €/kWth) gebaseerd op een
94 gecorrigeerd verwacht vermogen. In de praktijk ligt het gerealiseerde bronvermogen vaak
95 onder het beschikte bronvermogen, wat een relatief grote invloed kan hebben op de
96 inschatting van de investering- en operationele kosten in €/kWth.

97

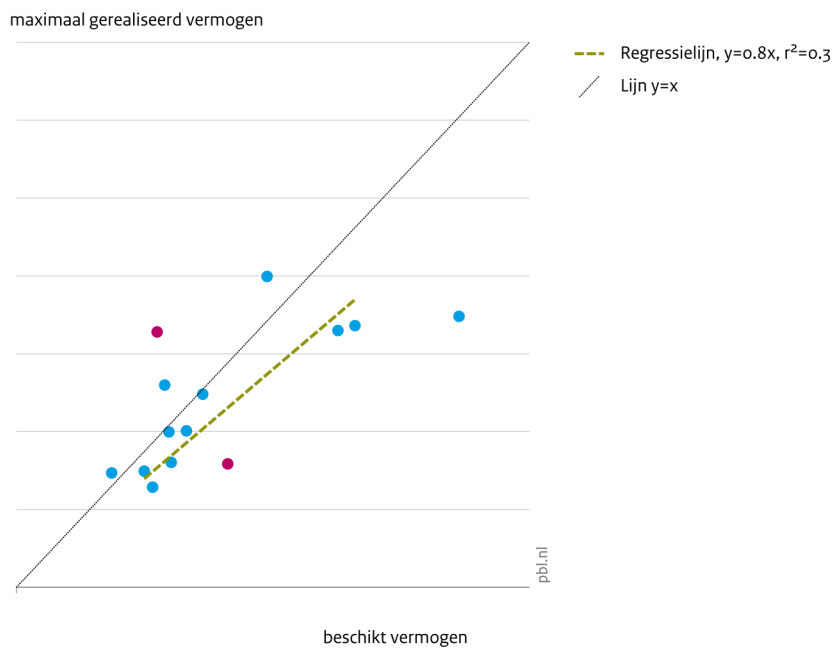
98 Er kunnen verschillende redenen zijn waardoor in de praktijk het bronvermogen lager ligt
99 dan het beschikte vermogen. Zo wordt het beschikte vermogen (P50-waarde van de geo-
100 thermische vermogensdichtheidskansverdeling) begrensd door onder andere een maximaal
101 toelaatbare pompdruk, terwijl in de praktijk mogelijk niet altijd op deze maximale pompdruk

102 wordt geopereerd, en dat een bepaalde COP-waarde leidend is voor de operationele bedrijfs-
103 voering. Daarnaast kennen geothermische projecten mogelijk ook een begrenzing in de afzet
104 van de geproduceerde warmte.

105

106 Het blijkt dat het daadwerkelijke gerealiseerde maximale vermogen gemiddeld op 80% van
107 het aangevraagde bronvermogen ligt; zie de trendlijn in Figuur 2-1, die de verhouding
108 tussen de aangevraagde en gerealiseerde vermogens aangeeft. Bij het vaststellen van deze
109 factor zijn de uiterste onder- en bovenpresterende projecten (gepresenteerd als lege stippen
110 in Figuur 2-1) niet meegenomen omdat, naar ons inzicht, de extreme vermogensverhouding
111 door een andere reden dan projecttechnische veroorzaakt wordt.

Vermogen-realisatiefactor



Bron: PBL/ECN-TNO/DNV GL

112

113

114

115 **Figuur 2-1 Het maximaal gerealiseerde bronvermogen ten opzichte van het**
116 **beschikte bronvermogen. Bron: PBL, TNO AGE.**

117

118 De factor van 80%, ofwel vermogensrealisatiefactor, wordt gebruikt om uit het
119 aangevraagde vermogen, voor nog niet producerende projecten, het gecorrigeerd verwacht
120 vermogen te bepalen (gecorrigeerd verwacht vermogen = beschikbaar vermogen x
121 *vermogensrealisatiefactor*). In de verdere analyse is uitgegaan van het maximaal
122 gerealiseerd vermogen voor producerende projecten en van het gecorrigeerd verwacht
123 vermogen voor nog niet producerende projecten.

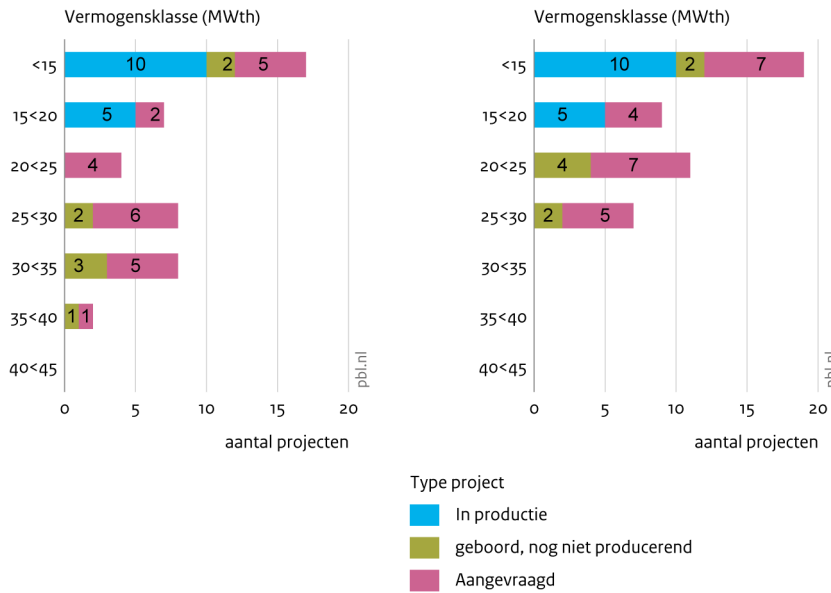
124

125 Figuur 2-2 geeft de verdeling van de onderzochte geothermieprojecten per
126 bronvermogensklasse weer, waarbij een onderscheid wordt gemaakt tussen het
127 beschikbaar en gecorrigeerd verwacht vermogen.

Vermogensdistributie van geothermieprojecten

Maximaal gerealiseerd vermogen en beschikt vermogen

Maximaal gerealiseerd vermogen en gecorrigeerd verwacht vermogen



Bron: PBL/ECN-TNO/DNV GL

130
131 **Figuur 2-2 Het aantal projecten voor geothermische warmte per maximaal gerealiseerd vermogen en het beschikt vermogen (links) en het maximaal gerealiseerd vermogen en het gecorrigeerd verwacht vermogen (rechts). Bron: PBL, TNO AGE.**
132
133
134
135

136 Naarmate projecten beter en stabiel produceren kan het maximaal gerealiseerd vermogen
137 per jaar toenemen. Daarnaast toont Figuur 2-2 aan dat meer recent aangevraagde
138 geothermische projecten, projecten zijn met grotere vermogens in vergelijking tot de
139 gerealiseerde projecten. Hierbij speelt ook dat sommige nieuwe aangevraagde projecten
140 door middel van het plaatsen van een warmtepomp de retourtemperatuur verder uitkoelen
141 en zodoende een hoger bronvermogen kunnen realiseren met gelijke debieten en
142 pompdrukken.

143
144 Met betrekking tot het aantal vollasturen per jaar kan worden gesteld dat dit voor de
145 verschillende projecten in de praktijk varieert tussen de 3800 en 6500 uur. Bij de bepaling
146 van de referentiewaarde van 6000 vollasturen voor de categorie *Diepe geothermie*
147 (*basislast*) in het eindadvies SDE+ 2019 was meegenomen dat er een afzonderlijk advies
148 opgesteld is voor een basisbedrag voor geothermische projecten die zich op
149 stadsverwarmingstoepassingen richten en hierdoor een lager aantal vollasturen kennen. Voor
150 het conceptadvies SDE++ 2020 is de referentiewaarde van 6000 vollasturen voor de
151 categorie basislast aangehouden, opnieuw in combinatie met een afzonderlijke categorie
152 voor stadsverwarming met een lager aantal vollasturen.

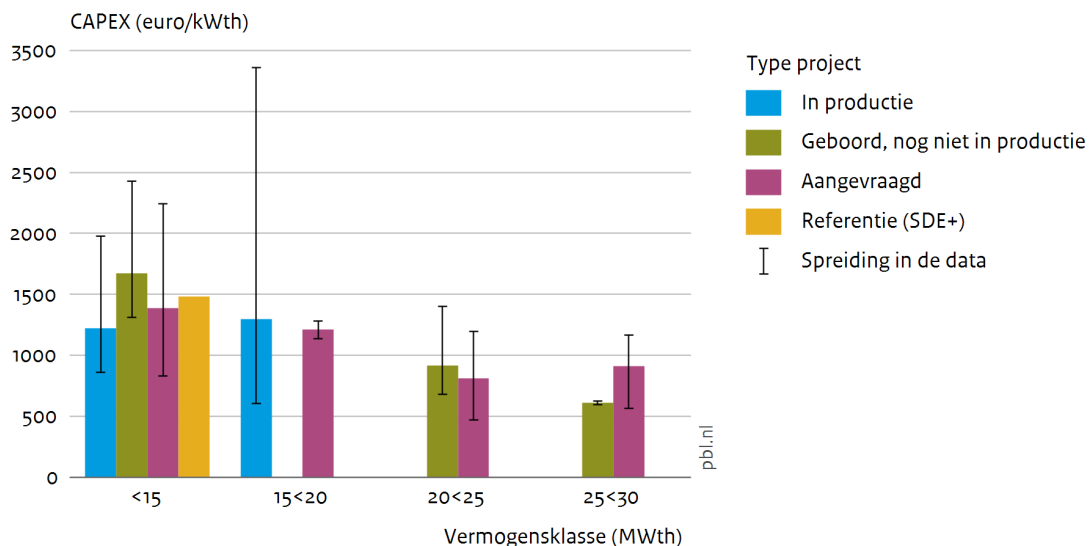
153
154 Tot op heden is geen producerend geothermisch project gerealiseerd dat enkel een
155 stadsverwarmingsnet voedt, wel is er voor een aantal van deze projecten SDE+-subsidie
156 aangevraagd. De producerende projecten zijn momenteel alle te vinden in de glastuinbouw-
157 sector. Aanbevolen wordt om in een later stadium, na realisatie van een groter aantal
158 geothermische projecten, opnieuw een analyse te maken van de prestatie- en economische
159 parameters van de geothermische projecten in verschillende toepassingsgebieden.

160 2.4 Investeringskosten

161 Een aantal geothermieprojecten draait reeds geruime tijd. Dit biedt inzicht in de verhouding
162 tussen de werkelijke investeringskosten van gerealiseerde projecten en de verwachte
163 investeringskosten bij de SDE+-aanvraag. Uit de analyse blijkt dat de gemiddelde
164 investeringskosten 5% hoger liggen dan de verwachte investeringskosten bij de SDE+-
165 aanvraag. Ook de O&M-kosten blijken in de praktijk 5% hoger te liggen dan bij de aanvraag
166 werd verwacht.

167
168 Figuur 2-3 geeft de gecorrigeerde investeringskosten weer per kW en de waargenomen
169 spreiding erop, waarbij de verschillende projecten zijn geordend naar het gecorrigeerd
170 verwacht vermogen. Alle projecten hebben betrekking op diepe geothermie (basislast). Op
171 basis van deze bevindingen stellen we in dit conceptadvies voor een onderverdeling te
172 maken tussen projecten kleiner en groter dan 20 MWth.

Gecorrigeerde CAPEX per gecorrigeerde vermogensklasse doublet glastuinbouw



173 Bron: PBL/ECN-TNO/DNV GL

174
175

176 **Figuur 2-3 De gecorrigeerde investeringskosten tegen het maximaal gerealiseerde**
177 **of gecorrigeerd verwacht vermogen (en maximaal gerealiseerd vermogen voor**
178 **producerende projecten), onderverdeeld naar reeds producerende en nog niet**
179 **producerende projecten. Bron: PBL**

180

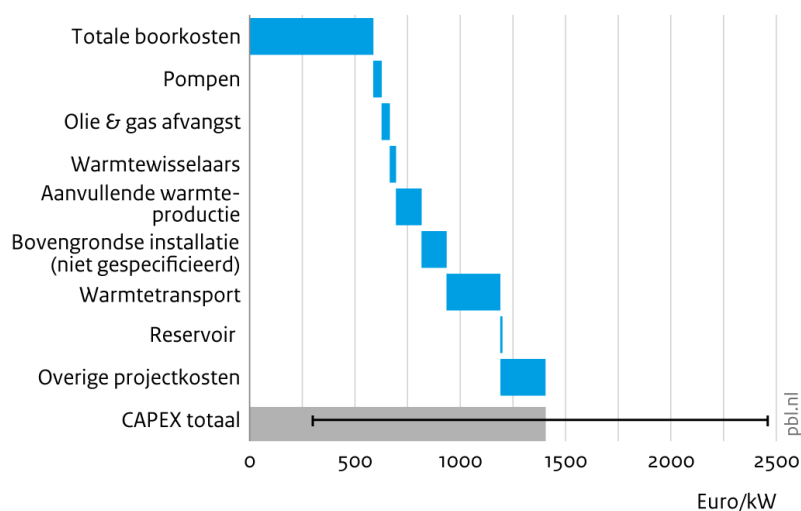
181 De spreidingsbalken geven de variatie in investeringskosten weer van de verschillende
182 projecten binnen de gepresenteerde vermogensklasse. Hiernaast is ook de referentiecasi
183 (zoals opgenomen in het eindadvies voor SDE+ 2019: 16 MW met 1480 €/kW) voor de
184 categorie *Diepe geothermie (basislast)* weergegeven (oranje balk).

185

186 Figuur 2-4 geeft de gemiddelde samenstelling van de investeringskosten weer van de
187 onderzochte projecten onderverdeeld naar verschillende kostenposten, als onderdeel van de
188 totale investeringskosten. Niet alle kostenposten zijn gebruikt voor bij het vaststellen van de
189 basisbedragen (bijvoorbeeld kosten voor aanvullende warmteproductie door een gasketel of
190 -WKK is geen kostenpost die meegenomen wordt in de bepaling van het basisbedrag).
191 Boorkosten maken de grootste individuele kostenpost uit, echter het aandeel in de totale
192 investeringskosten verschilt over de verschillende projecten.

193

Verdeling CAPEX van de geanalyseerde projecten



194

195 **Figuur 2-4 Weergave van de opbouw van de gemiddelde samenstelling van de**
196 **investeringskosten over de verschillende geanalyseerde projecten. De spreiding op**
197 **het totaal geeft inzicht in de totale spreiding over de geanalyseerde projecten.**

198 **Bron: PBL**

199

200 2.5 Operationele kosten

201 De beschouwde projecten in het kostenbevindingsonderzoek maken geen onderscheid tussen
202 vaste en variabele kosten, waardoor de operationele kosten alleen zijn weergegeven als
203 jaarlijkse kosten.

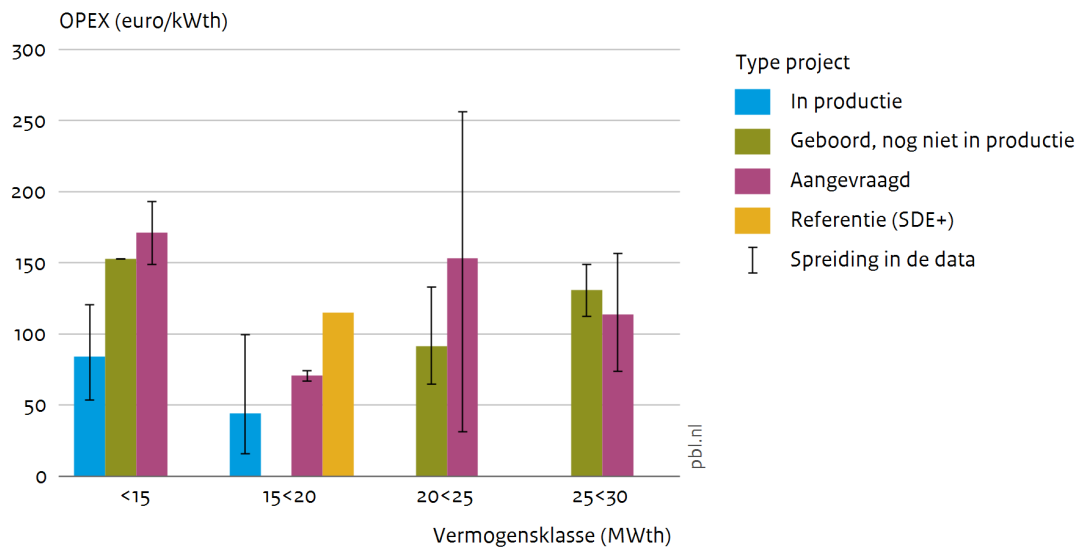
204

205 Figuur 2-5 is op dezelfde manier opgesteld als Figuur 2-3, maar dan voor de O&M-kosten.

206

207 Figuur 2-6 geeft de gemiddelde samenstelling van de O&M-kosten uit het kostenonderzoek,
208 verdeeld over de verschillende projecten. Een eenduidige onderverdeling van totale O&M-
209 kosten over deelcomponenten is niet beschikbaar in de geraadpleegde data. Hierdoor kunnen
210 geen conclusies over de samenstelling van de O&M-kosten getrokken worden. Niet alle
211 kosten posten zijn meegenomen in de basisbedrag-berekening, zo zijn bijvoorbeeld kosten
212 aankoop CO₂ niet meegenomen in de berekening van het basisbedrag.

Gecorrigeerde OPEX per gecorrigeerde vermogensklasse doublet glastuinbouw



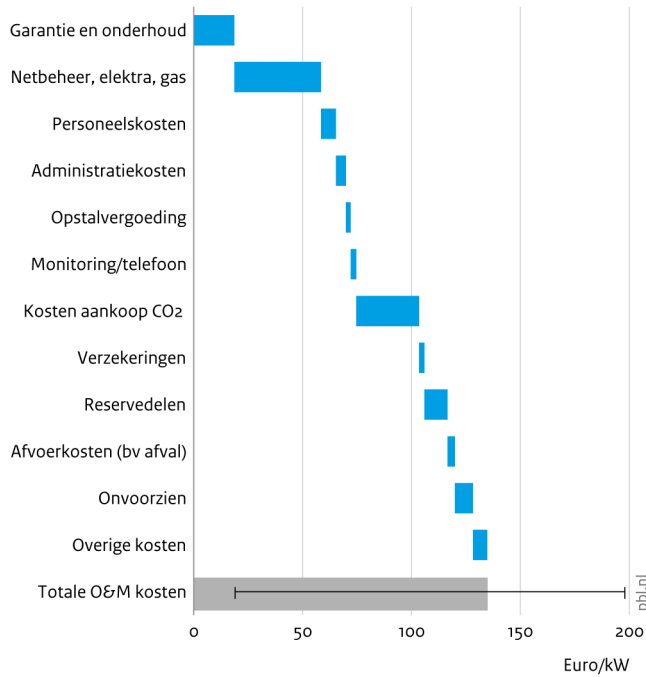
Bron: PBL/ECN-TNO/DNV GL

213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224

Figuur 2-5 De gecorrigeerde O&M-kosten uitgezet tegen het maximaal gerealiseerde of gecorrigeerd verwacht vermogen, onderverdeeld naar reeds producerende en nog niet producerende projecten. Bron: PBL

Figuur 2-6 geeft de opbouw per kostenpost weer van de gemiddelde O&M-kosten in €/kW. Het valt op dat de kosten voor de inkoop van CO₂ bij geothermieprojecten in de glastuinbouw, en de kosten voor elektra en gas de grootste kostenpost uitmaken voor de O&M-kosten; met het voorbehoud dat over de totale samenstelling geen conclusies getrokken kunnen worden.

Verdeling OPEX van de geanalyseerde projecten



225

226 **Figuur 2-6 : Weergave van de opbouw van de gemiddelde samenstelling van de**
227 **O&M-kosten over de verschillende geanalyseerde projecten. De spreiding op het**
228 **totaal geeft inzicht in de totale spreiding over de geanalyseerde projecten. Bron:**
229 **PBL**
230

3 Beschrijving

referentie-installaties

3.1 Inleiding

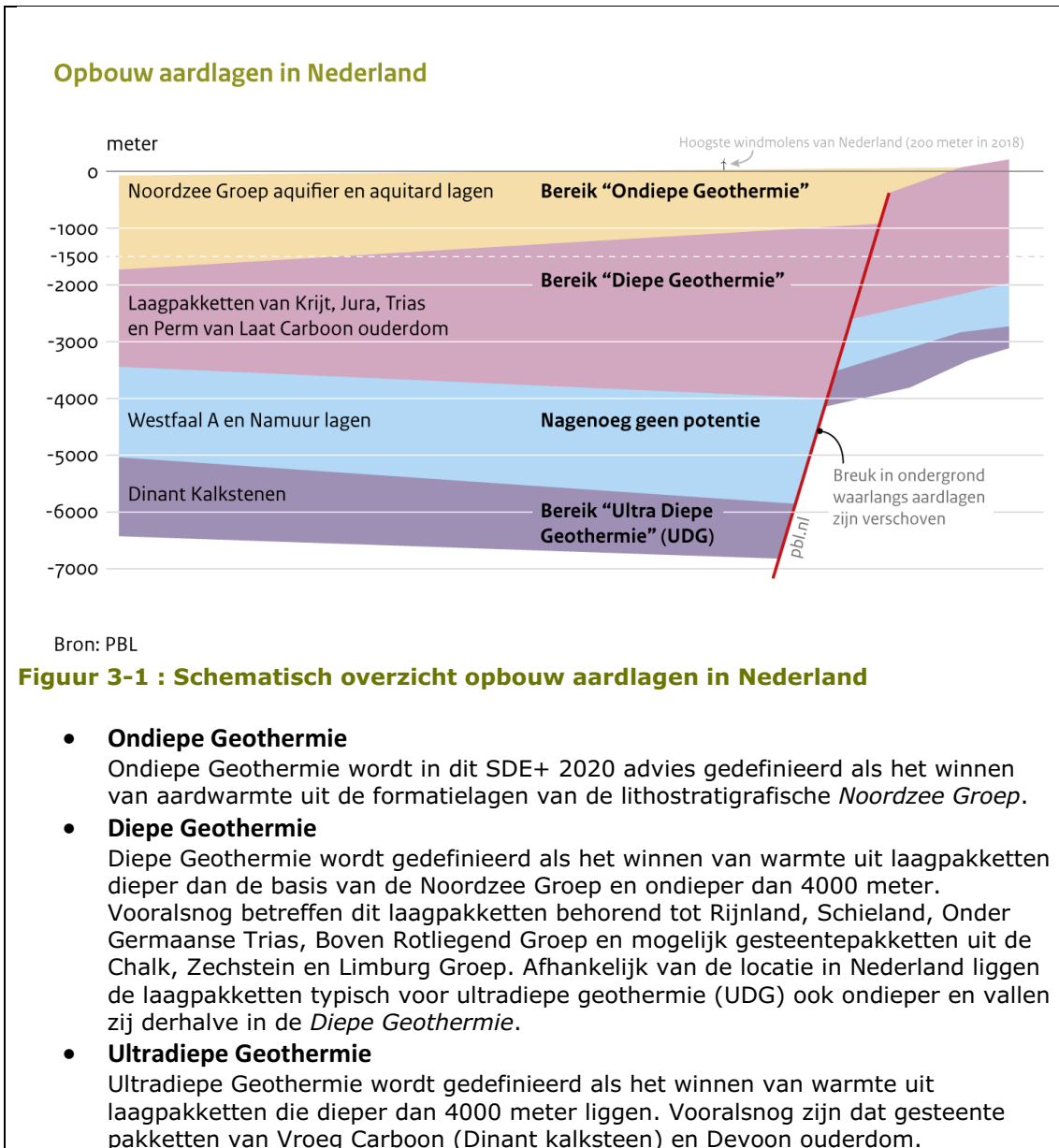
Dit hoofdstuk beschrijft de bevindingen over de categorieën gerelateerd aan geothermie. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen de volgende categorieën:

- Ondiepe geothermie (geen basislast)
- Ondiepe geothermie (basislast)
- Diepe geothermie (basislast)
- Diepe geothermie warmte (geen basislast)
- Ultradiepe geothermie
- Diepe geothermie (uitbreiding)

Voor het winnen van geothermische warmte met ondiepe geothermie uit ongeconsolideerde sedimenten van de Noordzee Groep worden aardlagen vanaf 500 meter aangeboord tot de basis van de Noordzee Groep. Conform de uitgangspunten voor dit SDE++ 2020-advies, volgen wij de wettelijke grens uit de mijnbouwwet van 500 meter. Tevens geven wij ter overweging de dieptegrens voor diepe geothermieprojecten bij te stellen van 500 meter, zoals van toepassing in de SDE+ 2019 naar "vanaf de basis van de Noordzee Groep" voor de SDE++ 2020 (zie ook Tekstblok 1).

Omdat in dit advies een extra categorie voor ondiepe geothermie (met een lagere brontemperatuur) is toegevoegd, waarvoor geldt dat er andere boortechnieken gebruikt worden, waarbij het risico op voorkomen van vrij gas klein is en omdat er gewerkt kan worden met andere materialen, is er gekozen om in dit advies de dieptegrens niet meer in meters uit te drukken, maar in formatielagen. Onderstaand volgt een verdere onderbouwing.

De Nederlandse ondergrond bestaat tot een diepte van 0 tot maximaal circa 1800 meter uit de ongeconsolideerde sedimenten van de Noordzee Groep: zand en klei. Op seismiek en in boringen is dit interval (Noordzee Groep) eenduidig te herkennen en te definiëren op nagenoeg elke locatie in Nederland. Ondiepe geothermie wordt in dit SDE++ 2020-advies gedefinieerd als het winnen van aardwarmte uit de formatielagen van deze lithostratigrafische *Noordzee Groep*. Ook voor diepe en ultradiepe geothermie zijn de definities aangepast naar geologische laagdieptes. Zie ook het onderstaande figuur 3-1, waar een nadere toelichting wordt gegeven over de opbouw van de verschillende aardlagen in Nederland.



270

271

272

273

274

275

In onderstaande tabel wordt indicatief aangegeven welke projectcomponenten ingezet worden in de verschillende categorieën. De huidige SDE+-regeling gaat uit van een bronvermogen gebaseerd op het temperatuurverschil tussen de productie- en de injectieput. Dit verschil wordt mogelijk verkregen door bijvoorbeeld verdere uitkoeling middels een warmtepomp of door cascadering.

276

277

278 **Tabel 3-1 Overzicht categorieën en de bijhorende componenten met hun inzet**

Categorie	Bron	Pomp ¹	Warmtepomp ²
Ondiepe geothermie (geen basislast)	Ondiepe aardwarmte	ESP, IP	Ophogen afgifte-temperatuur
Ondiepe geothermie (basislast)	Ondiepe aardwarmte	ESP, IP	Ophogen afgifte-temperatuur
Diepe geothermie (basislast)	Diepe aardwarmte	ESP, IP	Optioneel: dieper uitkoelen
Diepe geothermie warmte (geen basislast)	Diepe aardwarmte	ESP, IP	Optioneel: dieper uitkoelen
Ultradiepe geothermie	Ultra diepe aardwarmte	ESP, IP	Optioneel: dieper uitkoelen
Diepe geothermie (uitbreiding)	Diepe aardwarmte	ESP, IP	Optioneel: dieper uitkoelen

279

280 **Invloed warmtepomp:**

281 Een warmtepomp kan voor meerdere doeleinden ingezet worden. Aan de ene kant kan de
 282 warmtepomp ingezet worden voor het verhogen van de afgiftetemperatuur (dit is bijvoor-
 283 beeld bij ondiepe geothermie het geval, waar de lagere temperatuur uit de ondiepe geo-
 284 thermiebron een lift krijgt, zodat deze kan worden ingezet voor verwarming van woningen en
 285 gebouwen). Hiernaast kan een warmtepomp worden ingezet voor het uitkoelen van
 286 bijvoorbeeld retourleidingen. Hierbij kan de warmtepomp worden aangesloten op de
 287 retourleiding ten behoeve van verdere uitkoeling van het injectiewater. Hiermee wordt dan
 288 een groter temperatuurverschil tussen de productie- en injectieput van het geothermisch
 289 doublet verkregen, waardoor een groter geothermisch bronvermogen beschikbaar komt.

290 Op basis van beperkte praktijkinformatie lijkt de toename van het bronvermogen door de
 291 inzet van een warmtepomp voor diepere uitkoeling op te wegen tegen de hogere
 292 investerings- en operationele kosten. Hierdoor komen de specifieke kosten per kW ook lager
 293 te liggen, wat tevens leidt tot een iets lagere productiekosten.

294 Onderstaande tabel geeft weer welke kostenposten wel of niet meegenomen zijn bij de
 295 bepaling van de specifieke investerings- en vaste operationele kosten en de basisbedragen.

296

297

298

¹ Pomp:

- ESP: *Electrical Submersible Pump* / opvoerpomp,
- IP: Injectiepomp;

² Warmtepomp:

- Ophogen afgiftetemperatuur: Inzet warmtepomp voor temperatuurlift van de lage temperatuur van de warmtebron tot aan afgiftetemperatuur voor de eindgebruiker;
- Dieper uitkoelen: Warmtepomp kan worden ingezet voor verdere uitkoeling op retour voor injectie

Tabel 3-2: Wel en niet meegenomen kosten voor geothermie

Kostenpost	Groep	Details
Wel meegenomen	Investeringskosten	Boorkosten (incl. materiaal, tests, afvoer afval)
		Kosten voor pompen (ESP)
		Kosten voor gas- of olieafvang
		Kosten voor bovengrondse warmtewisselaars
		Kosten voor een warmtepomp (optioneel)
		Kosten voor bovengrondse installatie
		Kosten voor verzekeringen
		Aansluiting op transportnet warmte
		Restwaarde na einde levensduur project (20% van de voor het basisbedrag in aanmerking komende investeringskosten)
	Operationele kosten	Garantie en onderhoud
		Netbeheer, elektra
		Personeelskosten
		Administratiekosten
		Opstalvergoeding
Monitoringssysteem		
	Verzekeringen	
	Reservedelen	
	Afvoerkosten (voor bijvoorbeeld afval)	
	Onvoorzien	
Niet meegenomen	Investeringskosten	Kosten voor een warmtedistributienet naar de afnemers
		Kosten voor lokale woning- of gebouwaansluitingen
		Kosten voor een vervangende warmtevoorziening (ketel, WKK)(back-up)
		Kosten voorbereidingstraject, inclusief financieringskosten en kosten ten gevolge van juridische procedures
		Kosten voor geologisch vooronderzoek
		Kosten voor vergunningen en contracten
	Operationele kosten	Kosten aankoop CO ₂

300 3.2 Ondiepe geothermie (geen basislast)

301 Om tegemoet te komen aan signalen uit de markt om het geothermische potentieel te
 302 kunnen benutten van de ondiepere aardlagen, wordt voorgesteld deze nieuwe categorie toe
 303 te voegen aan de SDE++-regeling. Bij ondiepe geothermie (OGT) wordt aardwarmte
 304 namelijk onttrokken uit ondiepere formatielagen dan de dieptes die tot nu toe onder de
 305 SDE++-regeling vielen. In lijn met de meegegeven uitgangspunten voor de SDE++-regeling
 306 2020, wordt hier ook een dieptegrens vanaf 500 meter, in lijn met de diepte waarvoor de
 307 Mijnbouwwet geldt, aangehouden. De maximale diepte voor deze categorie is tot de basis
 308 van de Noordzee Groep. In vergelijking met diepe geothermieprojecten ligt de temperatuur
 309 van ondiepe geothermieprojecten dan ook lager.

310
 311 Eén absolute dieptebegrenzing voor OGT ligt in de praktijk niet vast, want die is gedefinieerd
 312 als de basis van de Noordzee Groep en deze diepte varieert hiermee over Nederland. De
 313 diepte van de basis van de Noordzee Groep in Nederland is goed bekend. Gezien de aard van
 314 het sediment, ongeconsolideerd/niet gelithificeerd, is het de verwachting dat het merendeel
 315 van de Noordzee Groep-doelaquifers aan te boren zijn met gebruikelijke grondwaterboor-
 316 technieken of met vereenvoudigde olie- en gasboortechnieken. Dit vertaalt zich in lagere
 317 boorkosten.

318

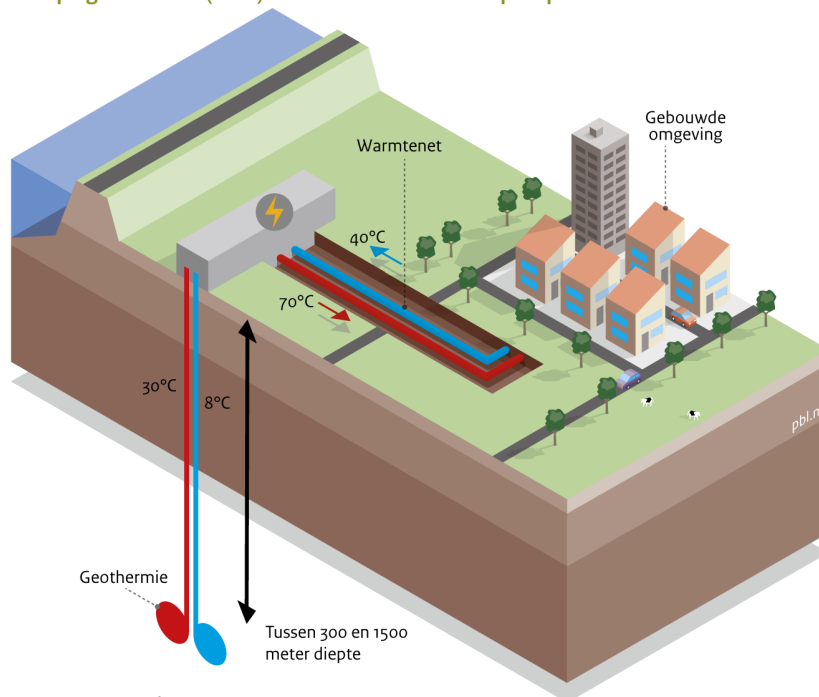
319 De nu voorgestelde grens van 500 meter maakt voldoende onderscheid met het toepassings-
320 gebied van WKO-systemen. Deze WKO-systemen opereren veelal op dieptes tot 200 meter.
321 Opslagsystemen (zoals WKO en andere seizoensopslagsystemen) zijn expliciet uitgesloten
322 onder deze categorie. De productie-temperatuur van ondiepe geothermie ligt tussen de 20
323 en 55 °C. De temperatuur van het productiewater is hierbij afhankelijk van de diepte van de
324 bron, maar dient in bijna alle gevallen nog te worden verhoogd middels een warmtepomp.
325 Dit maakt dat voor deze categorie de warmteafgifte na de warmtepomp leidend is, en niet de
326 warmteonttrekking uit de bodem.

327

328 OGT kan in combinatie met een warmtenet op twee manieren worden toegepast in de
329 gebouwde omgeving waarvoor een beperkt aantal vollasturen geldt (geen basislast): directe
330 warmtelevering en warmtelevering met een collectieve warmtepomp. In het eerste geval
331 wordt de lagetemperatuurwarmte meteen geleverd aan afnemers die elk over een individuele
332 warmtepomp beschikken, waarbij de woningen geschikt dienen te zijn voor
333 lagetemperatuurverwarming. Als de ruimteverwarming een hogere temperatuur vraagt, kan
334 bijvoorbeeld een collectieve warmtepomp worden toegepast. In dat geval wordt de warmte
335 uit de ondergrond eerst opgewaardeerd met een warmtepomp tot circa 50 of 70 °C, waarna
336 deze hogetemperatuurwarmte wordt geleverd aan de afnemers. De geothermische putten
337 van OGT-systemen kunnen geothermische warmte winnen middels verticale, maar ook
338 middels meer horizontaal geboorde putten.

339

Ondiepe geothermie (OGT) met collectieve warmtepomp



340

Bron: PBL, ECN part of TNO, DNV-GL, TNO AGE

341

Figuur 3-2: Schematisch voorstelling OGT met collectieve warmtepomp

342

343 Voor de referentiecasi voor het eindadvies SDE++ 2020 gaan we uit van een doublet met
344 verticale putten en een collectieve warmtepomp die hogetemperatuurwarmte (70 °C) levert.
345 De hier vermelde gegevens zijn gebaseerd op literatuurgegevens omdat er momenteel nog
346 nagenoeg geen dergelijke projecten gerealiseerd zijn. De geologische informatie over de
347 ondiepe ondergrond is minder bekend, echter literatuur duidt op een technisch potentieel
348 van 229 PJ per jaar (Schepers, et al. 2018), waarbij aangegeven wordt dat ondiepe
349 geothermie een belangrijke aanbieder kan zijn van duurzame warmte in stedelijk gebied.

350

351 Als referentieboordiepte wordt 750 meter ondersteld, dit stemt overeen met een
 352 onttrekkingstemperatuur van 30 °C en gaat uit van een retourtemperatuur van 8 °C. Het
 353 onttrekkingsdebiet bedraagt 100 m³/uur. Het thermisch vermogen van de hele installatie
 354 wordt uitgelegd op het thermisch vermogen van de warmtepomp en bedraagt 3,8 MW. We
 355 geven ter overweging om extra eisen voor de werking van de warmtepomp op te nemen,
 356 bijvoorbeeld een minimum COP van 3, overeenstemmend met een temperatuurlift van 50
 357 °C, zoals ook bij de EIA gevraagd wordt. In de tabel hieronder staan de technisch-
 358 economische parameters van de referentie-installatie. Kosten voor de warmtepomp zijn wel
 359 meegenomen, kosten voor het warmtedistributienetwerk en kosten voor lokale aansluitingen
 360 niet. Verder wordt verondersteld dat er geen kosten moeten gemaakt worden voor een *gas*
 361 *blow-out preventor*. Verwacht wordt dat de kosten voor de boorinstallatie en gebruikte
 362 materialen lager zijn dan bij diepe geothermie.

363
 364

Tabel 3-3 Technisch-economische parameters ondiepe geothermie (geen basislast)

Parameter	Eenheid	Eindadvies SDE+ 2019	Conceptadvies SDE++ 2020
Thermisch outputvermogen	[MW]	3,8	3,8
Vollasturen warmteafzet	[uur/jaar]	4000	4000
Elektriciteitsverbruik	[MWh/jaar]	5380	5380
Investeringskosten	[€/kW]	1259	1259
Vaste O&M-kosten	[€/kW/jaar]	138	138
Variabele O&M-kosten	[€/kWh/jaar]	0,0019	0,0019

365
 366
 367
 368
 369
 370
 371
 372
 373
 374
 375

Ook de variant van OGT met horizontaal geboorde leidingen is doorgerekend op basis van literatuurgegevens. Hierbij is elke boorput 1200 meter lang met een filterdeel van 500 meter. Dit type project heeft een hoger haalbaar debiet (300 m³/uur) en dus een hoger vermogen bij eenzelfde temperatuur. Voor een installatie op dezelfde diepte is de investeringskost per kW vergelijkbaar, maar de vaste O&M-kosten per kW liggen iets lager. Deze combinatie resulteert in productiekosten die iets lager liggen dan dat van de referentie-installatie hierboven beschreven, maar binnen de spreiding van de onderzochte projecten. Daarom zien wij onvoldoende basis om voor horizontaal geboorde OGT een aparte categorie open te stellen; horizontaal geboorde OGT-projecten vallen binnen de hier beschreven categorieën voor ondiepe geothermie.

376

3.3 Ondiepe geothermie (basislast)

377
 378
 379
 380
 381
 382
 383
 384
 385
 386
 387
 388
 389
 390
 391
 392

Deze categorie verschilt van de vorige categorie enkel door het aantal vollasturen. In plaats van 4000 uur wordt nu met 6000 uur gerekend, typerend voor een project in de glastuinbouw of een andere afnemer met een meer continu warmtevraagprofiel. Het hogere aantal vollasturen werkt door in de operationele kosten waarin de stroomkosten voor de warmtepomp en ESP van het doublet zijn inbegrepen. De specifieke investeringskosten zijn dezelfde als die van de OGT-installatie, geen basislast. Opslagsystemen (zoals WKO en andere seizoensopslagsystemen) vallen niet onder deze categorie.

393 **Tabel 3-4 Technisch-economische parameters ondiepe geothermie (basislast)**

Parameter	Eenheid	Eindadvies SDE+ 2019	Conceptadvies SDE++ 2020
Thermisch outputvermogen	[MW]	3,8	3,8
Vollasturen warmteafzet	[uur/jaar]	6000	6000
Elektriciteitsverbruik	[MWh/jaar]	8070	8070
Investeringskosten	[€/kW]	1259	1259
Vaste O&M-kosten	[€/kW/jaar]	192	192
Variabele O&M-kosten	[€/kWh/jaar]	0,0019	0,0019

394

395

396 3.4 Diepe geothermie (basislast)

397 Deze categorie is representatief voor het toepassingsgebied van een groot aantal
 398 geothermische projecten, met name in de glastuinbouw, maar ook is deze categorie
 399 representatief voor geothermische projecten die gebruik maken van een doublet bestaande
 400 uit verlaten olie- of gasputten. De dieptegrens voor deze categorie is afgebakend als liggend
 401 tussen de basis van de Noordzee Groep tot een maximale diepte van 4000 meter.

402 Wij verwachten dat in het interval tussen de 3500 en 4000 meter de permeabiliteit dermate
 403 verslechtert dat enkel een laag, doch mogelijk economisch, debiet haalbaar is. Ook wordt de
 404 potentie om enig relevant debiet te verkrijgen beneden de 4000 meter in zandsteen-
 405 reservoirs nihil geacht. Ook blijkt dat de boorkosten per meter, zoals wel in eerdere SDE+-
 406 adviezen werd geschat, niet extreem oplopen voor boordieptes tot 4000 meter en er geen
 407 economische reden is om 3500 meter aan te houden. Het verleggen van de grens van 3500
 408 naar 4000 meter lijkt hiermee dan zowel een gedeeltelijke geologische als ook een
 409 economische rationale te kennen.

410

411 Opslagsystemen (zoals warmte-koude-opslag en andere seizoensopslagsystemen) vallen niet
 412 onder deze categorie. Deze categorie betreft geothermische projecten met een grote en vrij
 413 gelijkmatige jaarlijkse warmtevraag en kent daarmee een relatief hoog aantal vollasturen.
 414 Stadsverwarmingstoepassingen kennen een beperktere warmtevraag gedurende een deel
 415 van het jaar en daarmee een lager aantal vollasturen. Voor deze toepassing is een separate
 416 doorrekening opgenomen, die separaat wordt toegelicht in paragraaf 3.5.

417

418 Parameters met een grote invloed op het bronvermogen voor de geothermieprojecten in
 419 deze categorie zijn onder andere de brontemperatuur (gerelateerd aan onder andere de
 420 boordiepte van het doublet), retourtemperatuur en het debiet van de vloeistofstromen
 421 (gerelateerd aan onder andere de aquifereigenschappen en de diameter van de productie- en
 422 injectieputten). Zowel de boordiepte als de putdiameter hebben een grote invloed op het
 423 investeringsbedrag voor geothermische projecten.

424

425 Voor gerealiseerde projecten wijkt het werkelijke productievermogen vaak af van het
 426 beschikte productievermogen. In deze notitie zijn de gemiddelde werkelijke productie-
 427 vermogens leidend, niet de gemiddelde beschikte vermogens.

428

429 Voor de optie *verlaten olie- of gasputten dienend als geothermisch doublet* geldt dat
 430 projecten die in deze categorieën vallen ook uit kunnen in deze categorie; dit omdat uit het
 431 advies voor de SDE+ 2019 bleek dat de berekende basisbedragen voor de optie verlaten
 432 olie- of gasputten in dezelfde range liggen als de basisbedragen voor de diepe geothermische
 433 doublet projecten.

434

435 Door de toename van grotere vermogens in projecten waarbij de investeringen niet
 436 proportioneel toenemen, wordt een opdeling op basis van projectvermogen in de SDE++
 437 regeling voor 2020 voor de deze categorie geadviseerd. We adviseren een scheiding op basis
 438 van grotere en kleinere projecten dan 20 MW. Het kostenonderzoek (zie ook Figuur 2-3)
 439 illustreert het voorkomen van deze verschillen bij gerealiseerde en aangevraagde projecten.

440 In onderstaande tabel zijn zowel de technisch-economische parameters als de subsidie-
 441 parameters weergegeven.

442

443 Kleinere projecten hebben relatief hoge specifieke investeringskosten, terwijl grotere
 444 projecten, die vaak ook recentere aanvragen betreffen, juist hogere specifieke O&M-kosten
 445 hebben. Een reden voor dit laatste kan zijn dat deze projecten vaak een warmtepomp
 446 bevatten waardoor de stroomkosten toenemen.

447

448 **Tabel 3-5 Technisch-economische parameters voor diepe geothermie (basislast)**

Parameter	Eenheid	Eindadvies SDE+ 2019	< 20 MW, Conceptadvies SDE++ 2020	> 20 MW, Conceptadvies SDE++ 2020
Thermisch outputvermogen	[MW]	16	12	24
Vollasturen warmteafzet	[uur/jaar]	6000	6000	6000
Elektriciteitsverbruik	[MWh/jaar]		3102	8509
Investeringskosten	[€/kW]	1480	1348	865
Vaste O&M-kosten	[€/kW/jaar]	115	94	129
Variabele O&M-kosten	[€/kWh /jaar]	0,0019	0,0019	0,0019

449 3.5 Diepe geothermie warmte (geen basislast)

450 In deze categorie worden geothermiesystemen beschouwd ter verduurzaming van
 451 bijvoorbeeld warmtenetten of ter transitie naar gasloze woonwijken en utiliteitsgebouwen, al
 452 dan niet in combinatie met andere duurzame warmtebronnen. Opslagsystemen (zoals
 453 warmte-koude-opslag en andere seizoensopslagsystemen) vallen niet onder deze categorie.
 454 De dieptegrens afbakening voor deze categorie is gelijk aan de afbakening als vernoemd
 455 onder paragraaf 3.4 *Diepe geothermie (basislast)*. Een geothermieproject dat warmte levert
 456 aan een warmtenet in de gebouwde omgeving kent minder vollasturen per jaar dan een
 457 geothermisch project dat haar warmte levert aan de glastuinbouw sector³. Om hiervoor een
 458 verschil te maken wordt deze categorie *Diepe geothermie warmte (geen basislast)*
 459 geadviseerd. De techno-economische parameters voor de gebruikte referentie binnen deze
 460 categorie zijn weergegeven in onderstaande Tabel 3-6.

461

462 **Tabel 3-6 Technisch-economische parameters voor diepe geothermie (geen**
 463 **basislast)**

Parameter	Eenheid	Eindadvies SDE+ 2019	Conceptadvies SDE+ 2020
Thermisch outputvermogen	[MW]	14	13
Vollasturen warmteafzet	[uur/jaar]	3500	3500
Elektriciteitsverbruik	[MWh/jaar]	3277	3277
Investeringskosten	[€/kW]	1909	1523
Vaste O&M-kosten	[€/kW/jaar]	101	105
Variabele O&M-kosten	[€/kWh /jaar]	0,0019	0,0019

464

³ Er is uitgegaan van een zogenaamd badkuippatroon in het warmtevraagprofiel van de referentiecasi (hoge warmtevraag in de wintermaanden, en een beduidend lagere vraag tijdens de zomermaanden). Dit leidt ertoe dat de referentie geothermische installatie voor 'geen basislastprojecten' 3500 vollasturen maakt. Uit de marktconsultatie kwamen signalen dat in bestaande grote stedelijke warmtenetten geothermie met een hoog aantal vollasturen (6000 à 7000 uur op jaarbasis), dus als basislast, ingezet kan worden. Hiertoe is echter de categorie 'Diepe Geothermie warmte; Basislast' geschikt.

465 Wij geven wel ter overweging om nadere eisen te stellen aan de aard van de warmte-
 466 levering, om voor deze categorie in aanmerking te mogen komen, zoals bijvoorbeeld een
 467 minimumpercentage (bijv. 50%) van de geproduceerde geothermische warmte die direct aan
 468 een gebiedsverwarmingsdistributienetwerk geleverd wordt. Zonder nadere eisen bestaat de
 469 kans op oneigenlijk gebruik van deze categorie; wel moet geborgd worden dat bij een
 470 voldoende hoge retourtemperatuur na de eerste afnemer, nog steeds cascadering kan
 471 worden toegepast; hierbij wordt bij een tweede afnemer de retourtemperatuur verder
 472 uitgeoeld wordt ten behoeve van zijn laagwaardigere warmtevraag.
 473

474 3.6 Ultradiepe geothermie

475 Voor het SDE+-advies voor 2019 is de grenswaarde van deze categorie van ≥ 3500 meter
 476 aangepast tot ≥ 4000 meter. Reden hiervoor is om beter aan te sluiten bij de markt, waarbij
 477 4000 meter als minimale diepte wordt aangenomen voor ultradiepe geothermie (UDG). De
 478 verwachte hogetemperatuurwarmtewinning van $> 120-140$ °C is ook de rationale om voor
 479 deze UDG categorie voor een minimale diepte van 4000 meter te kiezen.
 480

481
 482 Beneden de 4000 meter zien wij de kalksteenlagen uit het Dinantien vooralsnog als het enige
 483 potentieel interessante aquifergesteente. Als zodanig is de 4000 meter ook te zien als een
 484 stratigrafische (gesteentelaag) begrenzing voor het overgrote deel van Nederland.
 485

486 Deze categorie richt zich op hogere-temperatuurtoepassingen voor met name industriële
 487 processen en wordt gekenmerkt door de grotere boordiepte van het geothermisch doublet.
 488 Voor deze categorie zijn meerdere configuraties doorgerekend. Twee theoretische
 489 vergelijkingsprojecten zijn hierbij nader bekeken, waarbij de boordiepte 4000 resp. 6000
 490 meter bedraagt en de diameter van de put van 8½ inch. Het bronvermogen voor de
 491 verschillende cases varieert hierdoor tussen de 17 en 30 MW. Voor deze twee
 492 vergelijkingsprojecten is een warmtetransportleiding meegenomen, waarvan de lengte
 493 varieert van een halve kilometer voor het kleinste project tot vier kilometer voor het project
 494 met het hoogste bronvermogen. Vanwege de grotere boordiepte zijn ook kosten voor
 495 reservoirstimulatie meegenomen ter hoogte van 4 miljoen euro per geothermisch doublet.
 496

497 Tot en met het voorjaar van 2018 zijn er geen projecten aangevraagd die werkelijk onder
 498 deze categorie vallen. Het *UDG Green Deal*-onderzoeksproject als ondersteuning voor
 499 toekomstige exploratie naar de dieper dan 4000 meter gelegen potentiële geothermische
 500 reservoirs zou op termijn meer uitsluitsel kunnen geven over verwachte vermogens en
 501 kosten voor een UDG-project. Ook kunnen er geen gefundeerde herberekeningen voor deze
 502 categorie afgeleid worden uit de recente ervaringen van projecten tot 4000 meter.
 503

504 Tabel 3-7 geeft de technisch-economische parameters weer voor de mogelijke referentiecasi
 505 van deze categorie, met een boordiepte van 4000 meter en een bronvermogen van 17 MW.
 506 Deze parameters zijn niet gewijzigd ten opzicht van het SDE+-eindadvies van 2019.
 507

508 **Tabel 3-7 Technisch-economische parameters ultradiepe geothermie**

Parameter	Eenheid	Eindadvies SDE+ 2019	Conceptadvies SDE++ 2020
Thermisch outputvermogen	[MW]	17	17
Vollasturen warmteafzet	[uur/jaar]	7000	7000
Elektriciteitsverbruik	[MWh/jaar]	6063	6063
Investeringskosten	[€/kW]	2509	2509
Vaste O&M-kosten	[€/kW /jaar]	107	107
Variabele O&M-kosten	[€/kWh output]	0,0076	0,0076

509

3.7 Diepe geothermie (uitbreiding)

Geothermische projecten kunnen hun vermogen en dus duurzame warmteproductie vergroten door het uitbreiden van het bestaande project met een extra put. Als referentie voor deze categorie is er uitgegaan van een uitbreiding van een doublet met een extra, derde put. Door het boren van een extra put zal het geothermisch doublet veranderen in een geothermisch triplet. Uitbreiding van bestaande projecten, niet beperkt tot een doublet, met een extra put kunnen ook onder deze categorie ingediend worden.

De dieptegrens afbakening voor deze categorie is gelijk aan de afbakening als vernoemd onder paragraaf 3.4 'Diepe geothermie (basislast)'.

Qua configuratie is voor de referentie ervan uit gegaan dat de extra put tot een vergelijkbare diepte als het bestaande doublet wordt geboord. Waar een doublet bestaat uit een productie- en injectieput, heeft een triplet twee productieputten en één injectieput, of twee injectieputten en één productieput. Die uitbreiding kan dus zowel een productie- als injectieput zijn. Naast de boorkosten voor het boren van de extra put zijn ook de benodigde bovengrondse aanpassingen meegenomen bij de bepaling van het voorgestelde basisbedrag. Dit zijn bijvoorbeeld kosten voor de pompen, warmtewisselaars, warmtetransportleiding en uitbreiding van de installatie voor olie- en gasafvangst. Ook vereist de uitbreiding vaak aanpassingen – en dus kosten – aan de ondergrondse infrastructuur van de bestaande putten.

Het extra debiet dat wordt gerealiseerd door het boren van een extra put, kent verscheidene onzekerheden die een significant effect kunnen hebben op de kostprijs. Echter, een vergelijkbare onzekerheid in kostprijs bestaat ook voor nieuwe geothermische doubletten. Voor de referentiecasi is het extra vermogen, gerealiseerd door inzet van een derde put, gebaseerd op SDE+-aanvragen en de theoretische rekenmodellen. Op basis van deze gegevens is het mogelijk dat er een verdubbeling van het vermogen gerealiseerd wordt door het in gebruik nemen van een derde put bij een bestaand doublet.

De O&M-kosten voor een dergelijke extra put wijken niet af van die van een doublet. Het boren van een extra put leidt vaak tot een beduidende vermogenstoename. Maar net zoals bij doubletten bestaat de kans dat het producerend vermogen niet het niveau haalt van het aangevraagde vermogen. We nemen aan dat de verhouding tussen het producerend vermogen en het aangevraagd vermogen bij projectuitbreiding gelijk is aan die bij een nieuw doublet.

Tabel 3-8 geeft de technisch-economische parameters weer voor de referentiecasi van deze categorie, met een boordiepte van 2200 meter en met een additioneel bronvermogen van 16 MW. Voor extra-put-projecten zal veelal gelden dat deze alleen worden uitgevoerd, als het debiet gunstig ingeschat kan worden. Hogere debieten in de ondergrond uiten zich ook in een lagere kostprijs. De investeringen en onderhoudskosten zijn afgeleid van SDE+-aanvragen. Het aantal vollasturen voor deze categorie is gelijkgesteld aan het aantal vollasturen bij diepe geothermie (basislast). Deze parameters niet gewijzigd ten opzicht van het SDE+-eindadvies van 2019.

Tabel 3-8 Technisch-economische parameters diepe geothermie (uitbreiding)

Parameter	Eenheid	Eindadvies SDE+ 2019	Concept advies SDE++ 2020
Thermisch outputvermogen	[MW]	16	16
Vollasturen warmteafzet	[uur/jaar]	6000	6000
Elektriciteitsverbruik	[MWh/jaar]	7481	7481
Investeringskosten	[€/kW]	433	433
Vaste O&M-kosten	[€/kW /jaar]	115	115
Variabele O&M-kosten	[€/kWh output]	0,0019	0,0019

557 3.8 Advies basisbedragen

558 In onderstaande tabel zijn het basisbedrag en enkele andere subsidie parameters
559 weergegeven.

560

561 **Tabel 3-9 Overzicht basisbedragen (€/kWh)**

Categorie	Eindadvies SDE+ 2019	Conceptadvies SDE++ 2020
Ondiepe geothermie (geen basislast)	0,077	0,077
Ondiepe geothermie (basislast)	0,062	0,062
Diepe geothermie (basislast) < 20 MWth	0,052	0,045
Diepe geothermie (basislast) > 20 MWth	-	0,042
Diepe geothermie warmte (geen basislast)	0,098	0,085
Ultradiepe geothermie	0,067	0,066
Diepe geothermie (uitbreiding)	0,032	0,031

562

4 Vragen en overwegingen

4.1 Informatieverzoeken en overwegingen

Graag willen we voor de volgende punten uit de markt vernemen hoe zij hier tegenaan kijken en welke suggesties zij willen doen om mee te nemen in de advisering voor SDE++ geothermie 2020.

Projectvermogen gerelateerde overwegingen:

- Zijn er overwegingen bij ons voorstel om de categorie *Diepe geothermie (basislast)* op te splitsen naar een categorie kleiner en een categorie groter dan 20 MW?
- Hoe wordt aangekeken tegen verschillen in verwachtingswaarden voor het bronvermogen, zoals P90 bij financieringen en als verzekeringsvoorwaarde tegenover de P50-waarde voor SDE++-beschikking?
- Warmtepompen worden soms ingezet voor dieper uitkoelen van de retourstroom. Gezien deze inzet van warmtepompen, verdient het ook aandacht nader te kijken naar het elektriciteitsverbruik van dergelijke projecten, in relatie tot hun warmteproductie. In welke mate kan de voorgestelde minimumeis aan de COP van de warmtepomp bijdragen aan verduurzaming van de warmteopwekking uit het geothermisch project en op welke manier kan hierover gerapporteerd worden?
- Projectuitbreiding komt ook voor doordat er meerdere doubletten dicht bij elkaar geboord worden. Onderlinge afstemming levert synergie tussen deze geclusterde doubletten. In de praktijk wordt gezien dat het totaal van het geleverde bronvermogen door het cluster hierdoor soms groter is dan de individuele aangevraagde doubletten. Dit kan veroorzaakt worden door een optimalere schakeling van injectie- en productieputten in het geothermisch veld. Aan de markt willen we graag vragen wat men denkt van een aangepast basisbedrag voor geclusterde doubletten.

SDE++-regeling gerelateerde overwegingen:

- Is een uitbreidingscategorie voor bestaande projecten (van 6000 -> 7500 uur) wenselijk? Waarbij bijvoorbeeld enkel de OPEX voor subsidie in aanmerking zou komen.
- We stellen nu een restwaarde voor van 20%, kan de markt argumenten aanleveren waardoor dit getal zou moeten bijgesteld worden.
- Geothermieprojecten voor stadsverwarmingsdoelen verschillen met projecten voor de glastuinbouw in het aantal vollasturen en retourtemperatuur. Zijn er nog andere belangrijke verschillen tussen deze beide toepassingsgebieden voor geothermische projecten? Deze verschillen leiden tot een hoger basisbedrag. Welke voorstellen kan de markt aandragen voor bijkomende voorwaarden voor de categorie voor stadsverwarmingsprojecten zodat oneigenlijke intekening op basis van het hoger basisbedrag vermeden wordt. Is bijvoorbeeld een eis van minimaal 50% directe minimale warmtelevering aan een warmtedistributienet voldoende als een realiseerbare en meetbare voorwaarde?
- Een uitgangspunt is dat het merendeel (richtgetal is 80%) van projecten moet uitkunnen. Welke projecten komen nu niet tot wasdom en waarom niet?

- 608
- 609
- 610
- 611
- 612
- Recent heeft EZK aan EBN een rol toegekend in de ontwikkeling van geothermieprojecten. Tot 2021 is hun bijdrage in de financiering van projecten nog vrijwillig. Welke gevolgen voorziet de markt voortvloeiend uit de rol van EBN in deze eerste vrijwillige periode en na 2021 wanneer de EBN-inbreng verplicht wordt?

613 **Dieptegrens gerelateerde overwegingen:**

- 614
- 615
- 616
- 617
- Welke types boortechniek brengt het introduceren van de "basis van de Noordzeegroep" als dieptegrens met zich mee, gegeven de ongelijke verdeling van deze laag in de ondergrond? En zijn er nog andere aspecten die uit deze afbakening zouden voortvloeien?

618

619 **SDE+-overwegingen voor 2021 en verder:**

620 Voor deze marktuitvraag willen we graag de markt consulteren over zaken welke op de

621 langere termijn spelen:

- 622
- 623
- 624
- 625
- 626
- 627
- Hoe kan een volloopscenario voor geothermieprojecten opgenomen worden in de regeling?
 - Hoe wordt aangekeken tegen een basisbedrag op basis van geothermische vermogensschijven, waarbij de basisbedragen afhankelijk zijn van verschillende vermogensklassen (0-5 MW, 5-10 MW, 10-15 MW, 15-20 MW, 20+ MW) à 6000 vollasturen?

628

629

630 Bijlage A Geothermie; 631 definities

632 Lijst van definities – Geothermie

- 633 • De definities opgenomen in deze lijst van definities, zijn geordend volgens de
634 volgende onderverdeling: Definities - Geothermieproject
- 635 • Definities – Vermogen & Energie
- 636 • Definities – Energieproductie
- 637 • Definities - Economie
- 638 • Definities - Diepte en/of stratigrafisch bereik Geothermieprojecten

639

640 Definities - Geothermieproject

641 **Afnamepunt van de geothermische warmte / referentiepunt**

642 Het afnamepunt van de geothermische warmte is een gedefinieerde locatie (*reference point*)
643 in de productieketen waar het geothermische energieproduct wordt gemeten of beoordeeld.
644 Het afnamepunt van de geothermische warmte is meestal het verkooppunt aan derden of het
645 punt waar de geothermische warmte wordt ingezet voor verrichting van activiteiten. De
646 verkoop of productie van geothermische energieproducten wordt gemeten en gerapporteerd
647 in termen van schattingen van de resterende hoeveelheden die dit punt oversteken vanaf de
648 ingangsdatum van de evaluatie⁴.

649 **Geothermische bron**

650 In de context van de geothermische energie is de hernieuwbare energiebron de thermische
651 energie die zich bevindt in een hoeveelheid gesteente, sediment en / of grond, inclusief
652 eventuele ingesloten vloeistoffen, die beschikbaar is voor winning en omzetting in energie-
653 producten. Deze bron wordt de geothermische energiebron genoemd en is equivalent aan de
654 termen *deposit* of *accumulation* die wordt gebruikt voor vaste mineralen en fossiele
655 brandstoffen. De geothermische energiebron komt voort uit de productie en injectie bron van
656 het geothermisch systeem, gedurende een gespecificeerde tijdsperiode⁵.

657

⁴ Noot: De definitie voor 'afnemer van de geothermische warmte' is afgeleid van de volgende Engelstalige definitie voor 'reference point', uit "Specifications for the application of the United Nations Framework Classification for Fossil Energy and Mineral Reserves and Resources 2009 (UNFC-2009) to Geothermal Energy Re-sources":

'Reference Point': The Reference Point is a defined location in the production chain where the quantities of Geothermal Energy Product are measured or assessed. The Reference Point is typically the point of sale to third parties or where custody is transferred to the entity's downstream operations. Sales or production of Geothermal Energy Products are normally measured and reported in terms of estimates of remaining quantities crossing this point from the Effective Date of the evaluation (UNECE, 2016)

⁵ Noot: De definitie voor 'geothermische bron' is afgeleid van de volgende Engelstalige definitie voor 'geothermal source', uit "Specifications for the application of the United Nations Framework Classification for Fossil Energy and Mineral Reserves and Resources 2009 (UNFC-2009) to Geothermal Energy Re-sources":

'Geothermal Source': In the geothermal energy context, the Renewable Energy Source is the thermal energy contained in a body of rock, sediment and/or soil, including any contained fluids, which is available for extraction and conversion into energy products. This source is termed the Geothermal Energy Source, and is equivalent to the terms 'deposit' or 'accumulation' used for solid minerals and fossil fuels. The Geothermal Energy Source results from any influx to outflux from or internal generation of energy within the system over a specified period of time (UNECE 2016).

658 **Geothermisch doublet**

659 een geothermisch productiesysteem met één productie- en één injectieput.

660 **Geothermisch energieproduct**

661 Een geothermisch energieproduct is een energieproduct dat te koop is in een markt.
662 Voorbeelden van geothermische energieproducten zijn elektriciteit en warmte. Andere
663 producten, zoals anorganische materialen (bijvoorbeeld siliciumdioxide, lithium, mangaan,
664 zink, zwavel), gassen of water geëxtraheerd uit de geothermische energiebron in hetzelfde
665 extractieproces kwalificeren zich niet als geothermische energieproducten. Wanneer deze
666 andere producten worden verkocht, dienen de inkomstenstromen echter in de economische
667 evaluatie worden opgenomen⁶.

668 **Geothermisch productiesysteem**

669 Een installatie met alle apparatuur benodigd om de geothermische bron (*Geothermal Source*)
670 te verbinden met de plek (*reference point*) waar het Geothermisch Energieproduct
671 (*Geothermal Energy product*) (momenteel alleen warmte) wordt overgedragen aan de
672 afnemer van de geothermische warmte⁷.

673 **Geothermisch project**

674 Het Geothermisch Project is de verbinding tussen de Geothermische Bron (*Geothermal*
675 *Source*) en de hoeveelheid Geothermisch Energieproduct (*Geothermal Energy Product*) en
676 geeft de basis voor economische evaluatie en (investerings-)beslissingen of besluiten. Het
677 geothermisch project omvat alle aanwezige systemen en apparatuur die de verbinding
678 tussen de Geothermische Bron en het Referentiepunt (*Reference Point*) alwaar de
679 Geothermische Energie Producten worden verkocht, gebruikt, overgedragen of afgestaan.
680 Het project omvat alle apparatuur en systemen benodigd voor de extractie en /of conversie
681 van energie waaronder bijvoorbeeld: productie en injectie putten, warmtewisselaars,
682 verbindende verbuizing, energieconversiesystemen en benodigde additionele apparatuur. In
683 het beginstadium van een evaluatie traject is een project mogelijkwijs slechts gedefinieerd
684 op conceptueel niveau. Dit in tegenstelling tot projecten die vergevorderd in het
685 evaluatietraject zijn en een hoge mate van detail in de projectdefinitie hebben. In de praktijk
686 kan een geothermisch project één of meerdere geothermische productiesystemen
687 omvatten.⁸

688

⁶ Noot: De definitie voor 'geothermisch energieproduct' is afgeleid van de volgende Engelstalige definitie voor 'geothermal energy product', uit "Specifications for the application of the United Nations Framework Classification for Fossil Energy and Mineral Reserves and Resources 2009 (UNFC-2009) to Geothermal Energy Re-sources":

'Geothermal Energy Product': A Geothermal Energy Product is an energy commodity that is saleable in an established market. Examples of Geothermal Energy Products are electricity and heat. Other products, such as inorganic materials (e.g. silica, lithium, manganese, zinc, sulphur), gases or water extracted from the Geothermal Energy Source in the same extraction process do not qualify as Geothermal Energy Products. However, where these other products are sold, the revenue streams should be included in any economic evaluation (UNECE 2016).

⁷ Noot: geothermische productiesystemen kunnen gebruik maken van een warmtepomp (ten behoeve van verdere uitkoeling van de retourstroom naar de injectieput) en van bijvoorbeeld een koppeling aan een warmtenet.

⁸ Noot: Voor de Engelstalige definities voor 'geothermal source', 'geothermal energy product', en 'reference point' wordt verwezen naar de noot onder de definitie 'Geothermisch productiesysteem'. De definitie voor 'geothermisch project' is afgeleid van de volgende Engelstalige definitie voor 'geothermal project':

Geothermal Project: The Project is the link between the Geothermal Energy Source and quantities of Geothermal Energy Products and provides the basis for economic evaluation and decision-making. In the context of geothermal energy, the Project includes all the systems and equipment connecting the Geothermal Energy Source to the Reference Point(s) where the final Geothermal Energy Products are sold, used, transferred or disposed of. The Project shall include all equipment and systems required for extraction and/or conversion of energy, including, for example, production and injection wells, ground or surface heat exchangers, connecting pipework, energy conversion systems, and any necessary ancillary equipment. In the early stages of evaluation, a Project might be defined only in conceptual terms, whereas more mature Projects will be defined in significant detail (UNECE 2016).

Noot: geothermische projecten kunnen gebruik maken van een warmtepomp (ten behoeve van verdere uitkoeling van de retourstroom naar de injectieput) en van bijvoorbeeld een koppeling aan een warmtenet.

Noot: een geothermisch project kan bestaan uit een 'geothermisch veld'

- 689 **Geothermie-projecten - in productie**
690 Een verzameling van geothermie projecten die reeds gerealiseerd en in productie zijn.⁹
- 691 **Geothermie-projecten - nog niet in productie (al wel gerealiseerd)**
692 Een verzameling van geothermie projecten die reeds gerealiseerd maar nog niet in productie
693 zijn. Onder gerealiseerd wordt hierbij verstaan, de projecten waarvoor de putten zijn
694 geboord en getest, de installatie gereed is, maar waar nog geen warmte geproduceerd
695 wordt. In de tekst wordt hiervoor ook de term 'geboord maar nog niet producerend'
696 gebruikt.¹⁰
- 697 **Geothermie-projecten - niet in productie (aangevraagd)**
698 Een verzameling van geothermieprojecten welke nog niet gerealiseerd zijn, maar waarvoor
699 wel SDE+-subsidie is aangevraagd. ¹¹
- 700 **Geothermisch veld**
701 In de definitie van een geothermisch veld zit vaak de aanwezigheid van een temperatuur
702 anomalie besloten. Voor de Nederlandse situatie is een dergelijke definitie niet geschikt.¹²
- 703 In Nederland is de temperatuur anomalie er niet of niet goed te bepalen; het gaat in
704 Nederland enkel om de definitie van een voor de winning van warm formatiewater uit een
705 productieve aquifer. Voor deze notitie gebruiken we de volgende conceptdefinitie voor een
706 geothermisch veld: Een geografisch beperkt gebied (bijvoorbeeld voorkomen van een aquifer
707 in een bepaald dieptebereik of door de begrenzing van een vergunning) waarbinnen op
708 efficiënte, duurzame en doelmatige wijze de productie van aardwarmte ter hand genomen is
709 of wordt en waarbij meerdere geothermische productiesystemen dezelfde aquifer of aquifers
710 benutten.
- 711 **Extra put**
712 Een extra put bij een 'geothermisch project'.¹³
- 713
714 **Definities – Vermogen & Energie**
715 **Aangevraagd vermogen**
716 Het vermogen dat de operator aanvraagt bij RVO.nl. Dit is het P50-vermogen van de
717 geothermische vermogen kans-dichtheid-functie opgesteld op basis van de geologische
718 onderbouwing en DoubletCalc-berekening van de aanvrager.

⁹ Noot: Voor geothermische projecten - in productie geldt het volgende:

- Een project in productie is automatisch een gerealiseerd project.
- Productie- en injectiedebiet gegevens beschikbaar via NLOG.
- CAPEX/OPEX-gegevens beschikbaar via SDE+ subsidie aanvragen (via RVO.nl) en in sommige gevallen ook via andere databestanden. De data van gerealiseerde projecten is nauwkeuriger daar deze de werkelijke kosten weergeeft, echter deze data is niet bekend van alle gerealiseerde projecten.

¹⁰ Noot: Voor geothermie projecten - nog niet in productie (al wel gerealiseerd) geldt het volgende:

- Energie-productiegegevens beschikbaar op basis van het product van het 'P50 vermogen uit het DoubletCalc realisatiescenario', en het aantal vollasturen gebaseerd op de referentie case uit de SDE+ categorie waarin wordt aangevraagd.
- Lokale reservoir eigenschappen bekend uit putttest, systeemtest en/of andere meetreeksen
- CAPEX/OPEX-gegevens beschikbaar via SDE+ subsidie aanvragen (via RVO.nl).

¹¹ Noot: Voor geothermie projecten - niet in productie (aangevraagd) geldt het volgende:

- Energie-productiegegevens beschikbaar op basis van het product van het 'beschikt vermogen', en het aantal vollasturen wat is gebaseerd op het aantal vollasturen van de referentie case uit de SDE+ categorie waarin wordt aangevraagd.
- CAPEX/OPEX-gegevens beschikbaar via SDE+ subsidie aanvragen (via RVO.nl).

¹² Noot: "Geothermal field is a geographical definition, usually indicating an area of geothermal activity at the earth's surface. In cases without surface activity this term may be used to indicate the area at the surface corresponding to the geothermal reservoir below" (Gehring en Loksha 2012).

¹³ Noot: een extra put kan een derde put bij een geothermische doublet zijn, maar kan ook een vierde of bijvoorbeeld vijfde put van een bestaand geothermisch project zijn. SDE+ staat aanvragen voor een extra put toe als aparte categorie.

- 719 **Beschikt vermogen**
 720 *Pre-drill* Geothermisch Vermogen van het geothermische project in de SDE+-beschikking,
 721 van RVO.nl.
- 722 **Bronvermogen**
 723 Vermogen van het geothermisch project, waarbij het berekeningsmethode voor het bepalen
 724 van het vermogen afhankelijk is van het type project:
- 725 - Voor 'geothermieprojecten - in productie' wordt verwezen naar het 'maximaal
 726 gerealiseerde vermogen'.
 727 - Voor 'geothermieprojecten - nog niet in productie (al wel gerealiseerd)' wordt
 728 verwezen naar het 'vermogen van het DoubletCalc-realisatiescenario'.
 729 - Voor 'geothermieprojecten - niet in productie (aangevraagd)' wordt verwezen naar
 730 het 'beschikt vermogen'.
 731
- 732 **DoubletCalc-realisatiescenario**
 733 Dit is het vermogen dat berekend met behulp van DoubletCalc wordt op basis van de
 734 geologische parameters voortvloeiend uit de boor- en testgegevens van de putten en de
 735 gerealiseerde put- en installatieconfiguratie.
- 736 **Energie**
 737 Als het vermogen van het geothermisch productiesysteem wordt ingezet door het systeem
 738 draaiuren te laten maken wordt energie geproduceerd. Energie wordt gerapporteerd in J, GJ,
 739 PJ of kWh.
- 740 **Gecorrigeerd verwacht vermogen**
 741 Het product van het bronvermogen van 'geothermieprojecten - nog niet in productie (al wel
 742 gerealiseerd)' en 'geothermieprojecten - niet in productie (aangevraagd)' met de vermogens-
 743 realisatiefactor.
- 744 **Geothermische hulpbron**
 745 Geothermische hulpbron (*geothermal energy resources*) zijn de cumulatieve hoeveelheden
 746 Geothermische Energieproducten die in de toekomst uit de Geothermische Bron zullen
 747 worden geproduceerd vanaf de referentie datum tot een moment in de toekomst (tot het
 748 einde van de Projectlooptijd) gemeten of berekend bij het referentiepunt (*reference point*).
- 749 Dat deel van het geothermisch potentieel van een geothermisch project dat onder de SDE+
 750 valt is: het bronvermogen * aantal SDE+ vollasturen per jaar (??uur) * looptijd (=15 jaar) =
 751 ?? GJ of kWh.¹⁴
- 752 **Het te gebruiken vermogen voor SDE+-basisbedragberekening**
 753 Het door TNO AGE aangegeven bronvermogen dat gebruikt is voor de parameters en figuren
 754 in deze notitie en voor de onderliggende berekeningen voor het SDE+-basisbedrag.
- 755 **Maximaal gerealiseerd vermogen**
 756 - *Post-drill* jaarvermogen van een producerend (of in het verleden producerend)
 757 geothermisch project, waarbij de maand waarin het hoogste vermogen is
 758 gerealiseerd representatief wordt gemaakt voor de gehele levensduur van het

¹⁴ Noot: Definitie voor 'Geothermische hulpbron' is afgeleid van de volgende Engelstalige definitie voor 'Geothermal Energy Resources' uit: 'Specifications for the application of the United Nations Framework Classification for Fossil Energy and Mineral Reserves and Resources 2009 (UNFC-2009) to Geothermal Energy Resources' september 2016':
Geothermal Energy Resources: Geothermal Energy Resources are the cumulative quantities of Geothermal Energy Products that will be extracted from the Geothermal Energy Source, from the Effective Date of the evaluation forward (till the end of the Project Lifetime/Limit), measured or evaluated at the Reference Point

759 project. Dit wordt synoniem geacht aan de in de geothermische wereld gebruikte
760 term *installed power*.¹⁵
761

762 **Output vermogen**

763 In de tabellen van het SDE+-adviestekst gebruikt vermogen, wat gelijk is gesteld aan het bronvermogen.

764 **P50-vermogen SDE+-aanvraag**

765 Zie definitie 'aangevraagd vermogen'

766 **P50-vermogen SDE+-TNO AGE-audit**

767 De P50-waarde van de geothermische vermogen kans-dichtheid-functie opgesteld n.a.v. de
768 TNO-AGE-audit van het "aangevraagde vermogen". Mede op basis van dit vermogen
769 definieert RVO.nl het "beschikte vermogen". RVO.nl kan iets anders beschikken dan de TNO
770 AGE-audit voorstelt.

771 **Vermogen**

772 Vermogen is een natuurkundige grootheid voor de energie (arbeid) per tijdseenheid. De SI-
773 eenheid voor vermogen is de watt (W). Een geothermisch productiesysteem is uitgelegd /
774 gebouwd om een bepaald vermogen te kunnen realiseren. Het vermogen van een
775 geothermisch productiesysteem wordt in het algemeen uitgedrukt in Mega-Watt (MW).

776 **Vermogensrealisatiefactor**

777 Het quotiënt van het 'maximaal gerealiseerde vermogen' en het 'beschikt vermogen'
778 ('Vermogensrealisatiefactor' = 'maximaal gerealiseerd vermogen' / 'beschikt vermogen')

779

780 **Definities – Energieproductie**

781 **Draaiuren per jaar**

782 Het aantal uren per jaar dat in het primaire circuit (zoute kant van de warmtewisselaar)
783 water wordt rondgepompt en waar tijdens die formatiewatercirculatie warmte wordt
784 onttrokken aan deze primaire waterstroom.

785 **Jaarlijkse energieproductie**

786 Dit is de hoeveelheid energie, die ook in het kader van de SDE+ gemeten en gerapporteerd
787 wordt (op maandbasis) aan RVO.nl teneinde de SDE+-uitkering te krijgen. Dit wordt bepaald
788 in een conform de SDE+-verplichting in een door CertiQ gecertificeerde meetinstallatie.¹⁶

789 **Vollasturen per jaar**

790 Het quotiënt van de "totale jaarlijkse energie productie" ten opzichte van het
791 'bronvermogen', uitgedrukt in uren per jaar.

792

793 **Formule 1 Berekening van het aantal vollasturen per jaar.**

$$794 \text{ Vollasturen per jaar (uur)} = \frac{\text{Energieproductie per jaar (Wh)}}{\text{Bronvermogen (W)}}$$

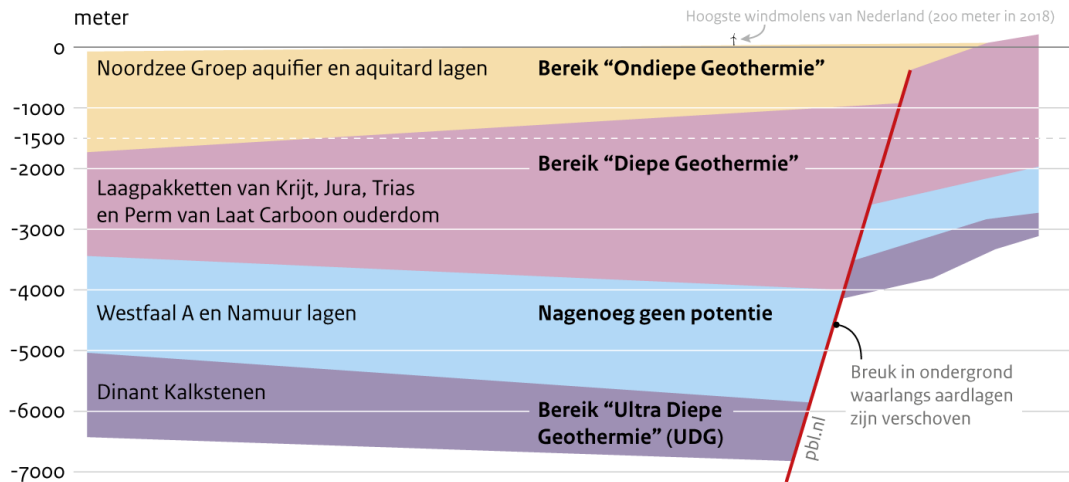
795

¹⁵ Noot: maximaal gerealiseerd vermogen = (energie geproduceerd in de maand waarin het hoogste bron vermogen is behaald / uren per maand)) uitgedrukt in MW per jaar

¹⁶ Noot: Zie ook <http://www.certiq.nl/energiebron/warmte/geothermie/overzicht-rapportage-eisen/> voor meer informatie over de rapportage eisen.

- 796 **Definities - Economie**
797 **Investeringskostenrealisatiefactor**
798 Het gemiddelde van het quotiënt van de werkelijke investeringskosten zoals bekend van
799 gerealiseerde projecten, gedeeld door de verwachte investeringskosten als opgenomen in de
800 SDE+-subsidieaanvraag.
- 801 **O&M-kostenrealisatiefactor**
802 Het gemiddelde van het quotiënt van de werkelijke O&M-kosten zoals bekend van
803 gerealiseerde projecten, gedeeld door de verwachte O&M-kosten als opgenomen in de SDE+-
804 subsidieaanvraag.
- 805 **Gecorrigeerde investeringskosten**
806 Het product van de investeringskosten van 'geothermieprojecten - nog niet in productie (al
807 wel gerealiseerd)' en geothermieprojecten - niet in productie (aangevraagd)' met de
808 investeringskostenrealisatiefactor.
- 809 **Gecorrigeerde O&M-kosten**
810 Het product van de O&M-kosten van 'geothermieprojecten - nog niet in productie (al wel
811 gerealiseerd)' en geothermieprojecten - niet in productie (aangevraagd)' met de O&M-
812 kostenrealisatiefactor.
- 813 **Verwachte kosten**
814 De investeringskosten en O&M-kosten zoals vermeld in documenten horende bij de SDE+-
815 subsidieaanvraag bij RVO.nl.
- 816 **Werkelijke kosten**
817 De investeringskosten en O&M-kosten van gerealiseerde projecten.
818
- 819 **Definities - Diepte en/of stratigrafisch bereik Geothermieprojecten**
820
- 821 Geothermische doelaquifers in een bepaalde laag bevinden zich op verschillende dieptes in
822 de Nederlandse ondergrond. Dit betekent dat één aquiferlaag op verschillende dieptes
823 voorkomt in Nederland.
824

Opbouw aardlagen in Nederland



825 Bron: PBL

826 **Figuur A.1: Schematisch overzicht opbouw aardlagen in Nederland. Toelichting bij**
 827 **het "bereik diepe geothermie": dit betreft voornamelijk laagpakketten van Krijt,**
 828 **Jura, Trias en Perm (Rotliegend) van Laat Carboon ouderdom**

829

830 **Ondiepe Geothermie**

831 Ondiepe Geothermie wordt in dit SDE+ 2020 advies gedefinieerd als het winnen van
 832 aardwarmte uit de formatielagen van de lithostratigrafische "Noordzee Groep".

833 **Diepe Geothermie**

834 Diepe Geothermie wordt gedefinieerd als het winnen van warmte uit laagpakketten dieper
 835 dan 'de basis van de Noordzee Groep' en ondieper dan 4000 meter. Vooralsnog betreffen dit
 836 laagpakketten behorend tot Rijnland, Schieland, Onder Germaanse Trias, Boven Rotliegend
 837 Groep en mogelijk gesteentepakketten uit de Chalk, Zechstein en Limburg Groep. Afhankelijk
 838 van de locatie in Nederland liggen de laagpakketten typisch voor UDG ook ondieper en vallen
 839 zij derhalve in de "Diepe Geothermie".

840 **Ultra Diepe Geothermie**

841 Ultra Diepe Geothermie als het winnen van warmte uit laagpakketten die dieper dan 4000
 842 meter liggen. Vooralsnog zijn dat gesteente pakketten van Vroeg Carboon (Dinantien
 843 kalksteen) en Devoon ouderdom.

844

Literatuur

845

846 Gehringer, Magnus, en Victor Loksha. 2012. *Geothermal Handbook: Planning and financing*
847 *power generation*. Washington, USA: ESMAP-World Bank.

848 in 't Groen, Bart, de Caja Vries, Harmen Mijnlief, en Koen Smekens. 2018. *Conceptadvies*
849 *SDE+ 2019, geothermie*. Den Haag: PBL.

850 Lensink, S. 2018-a. *Eindadvies Basisbedragen SDE+ 2019*. Den Haag: PBL.

851 Lensink, Sander. 2018-b. *Aanvullende berekeningen SDE+ 2019*. Den Haag: PBL.

852 Schepers, B., T. Scholten, G. Willemsen (IF-Technology), M. Koenders (IF-Technology), en B.
853 de Zwart (IF-Technology). 2018. *Weg van Gas*. RVO, TKI Urban Energy, CE.

854 Smekens, K., H. Mijnlief, B. Groen, in 't, en C. Vries, de. 2018. *Conceptadvies SDE+ 2019,*
855 *Notitie Geothermie*. Den Haag: PBL.

856 UNECE. 2016. *Specifications for the application of the United Nations Framework*
857 *Classification for Fossil Energy and Mineral Reserves and Resources 2009 (UNFC-*
858 *2009) to Geothermal Energy Re-sources*. UNECE.
859 [https://www.unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pdfs/UNFC/UNFC_GEOTH/UNFC.Ge](https://www.unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pdfs/UNFC/UNFC_GEOTH/UNFC.Geothermal.Specs.pdf)
860 [othermal.Specs.pdf](https://www.unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pdfs/UNFC/UNFC_GEOTH/UNFC.Geothermal.Specs.pdf).

861