



1

2

3

4

5

6

# CONCEPTADVIES SDE++ CO<sub>2</sub>- REDUCERENDE OPTIES

7

Industriële restwarmte

8

9

**Notitie**

10

**Mike Muller**

11

**Sander Lensink**

12

**26 juli 2019**

13 **Colofon**

14 **Conceptadvies SDE++ CO<sub>2</sub>-reducerende opties: Industriële restwarmte**

15 © PBL Planbureau voor de Leefomgeving

16 Den Haag, 2019

17 PBL-publicatienummer: 3745

18 **Contact**

19 sde@pbl.nl

20 **Auteurs**

21 Mike Muller en Sander Lensink

22 **Eindredactie en productie**

23 Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding:  
24 Mike Muller en Sander Lensink (2019), Conceptadvies SDE++ CO<sub>2</sub>-reducerende opties: Indu-  
25 striële restwarmte, Den Haag: PBL.

26 Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) is het nationale instituut voor strategische be-  
27 leidsanalyses op het gebied van milieu, natuur en ruimte. Het PBL draagt bij aan de kwaliteit  
28 van de politiek-bestuurlijke afweging door het verrichten van verkenningen, analyses en eva-  
29 luaties waarbij een integrale benadering vooropstaat. Het PBL is voor alles beleidsgericht.  
30 Het verricht zijn onderzoek gevraagd en ongevraagd, onafhankelijk en wetenschappelijk ge-  
31 fundeerd.

# Inhoud

33	<b>1</b>	<b>Introductie</b>	<b>4</b>
34	<b>2</b>	<b>Beschrijving technologie</b>	<b>5</b>
35	<b>3</b>	<b>Beschrijving referentie-installaties</b>	<b>7</b>
36	3.1	Restwarmte lage temperatuur (<35 °C)	7
37	3.2	Restwarmte midden temperatuur (75 °C – 100 °C, warm water)	9
38	3.3	Restwarmte hoge temperatuur (> 100 °C, stoom)	10
39	<b>4</b>	<b>Algemene parameters</b>	<b>12</b>
40	4.1	Investeringskosten	12
41	4.2	O&M-kosten	12
42	4.3	Energiekosten (variabele O&M-kosten)	12
43	4.4	Restwaarde	13
44	4.5	Correctiebedrag	14
45		4.5.1 Warmteprijs	14
46		4.5.2 CO <sub>2</sub> -prijs	14
47	4.6	Vermeden CO <sub>2</sub>	14
48	<b>5</b>	<b>Resultaten</b>	<b>15</b>
49	<b>6</b>	<b>Uitvraag</b>	<b>17</b>
50		Literatuur	19

# 1 Introductie

52 Het ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK) heeft PBL gevraagd advies uit te  
53 brengen over de openstelling van de SDE++ (Subsidieregeling voor Duurzame Energie) in  
54 2020. Het PBL heeft voor de zogenoemde verbredingsopties ondersteuning gevraagd van  
55 ECN-part-of-TNO en Navigant.

56

57 De SDE+ is sinds 2011 het belangrijkste instrument voor de stimulering van de opwekking  
58 van hernieuwbare energie in Nederland. Binnen deze regeling wordt jaarlijks de kostprijs van  
59 hernieuwbare energie van diverse technologieën bepaald, binnen de SDE+-regeling aange-  
60 duid als het basisbedrag. Daarnaast zijn ook het correctiebedrag en de basisprijs belangrijke  
61 componenten van de SDE+-regeling.

62

63 In 2020 wordt de bestaande SDE+-regeling verbreed naar de SDE++. Nieuw hierbij is dat  
64 naast categorieën voor de productie van hernieuwbare energie ook CO<sub>2</sub>-emissiereducerende  
65 opties anders dan hernieuwbare energie in aanmerking komen voor subsidie. Dit zorgt er-  
66 voor dat de regelgeving en de methodiek en dus ook de uitgangspunten voor de SDE+ zoda-  
67 nig worden uitgebreid dat deze ook toepasbaar zijn voor een breder palet aan CO<sub>2</sub>-  
68 emissiereducerende categorieën.

69

70 Deze notitie bevat het conceptadvies met betrekking tot industriële restwarmte.

71

## 72 **Marktconsultatie**

73 Belanghebbenden kunnen schriftelijk een reactie geven op dit conceptadvies en de onderlig-  
74 gende kostenbevindingen. Deze schriftelijke reactie dient uiterlijk 27 augustus bij het PBL  
75 binnen te zijn. Mocht een aanvullend gesprek door het PBL gewenst worden, dan zal dit tus-  
76 sen 2 en 13 september worden gehouden.

77

78 Op basis van schriftelijke reacties uit de markt en marktconsultatiegesprekken stelt het PBL  
79 vervolgens het uiteindelijke eindadvies op voor EZK. De minister van EZK besluit uiteindelijk  
80 aan het eind van het jaar over de openstelling van de nieuwe SDE++-regeling, de open te  
81 stellen categorieën en de bijbehorende basisbedragen.

82

83 Nadere informatie is te vinden via de website: [www.pbl.nl/sde](http://www.pbl.nl/sde).

# 2 Beschrijving technologie

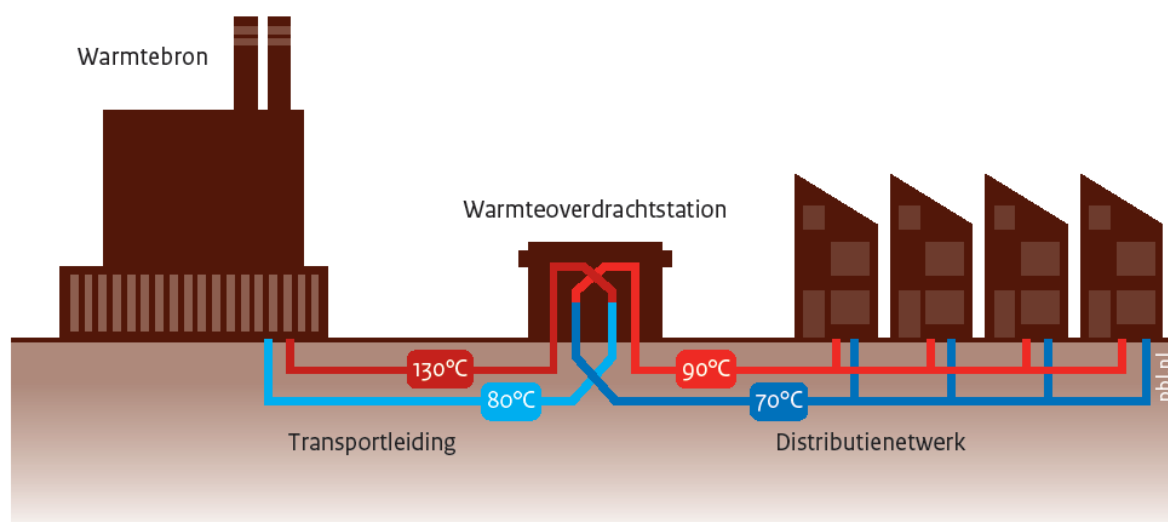
84

85

86 Industrieën, energiebedrijven, afvalverwerkingsbedrijven en datacenters kunnen een over-  
87 schot aan warmte hebben. Deze restwarmte kan nuttig worden gebruikt voor de verwarming  
88 van woningen, de glastuinbouw of andere bedrijfsmatige processen met een warmtevraag.  
89 De levering van warmte naar deze eindgebruikers gebeurt ofwel via een directe levering van  
90 leverancier naar eindgebruiker ofwel via een distributienetwerk of warmtenet (zie Figuur 2-1  
91 ter illustratie van een conventioneel warmtenet).

92

93 **Figuur 2-1 Conventioneel warmtenet**



94

95 *Bron: (Hoogervorst, 2017)*

96 Er kunnen verschillende actoren betrokken zijn bij de levering van restwarmte. Zo kan er on-  
97 derscheid gemaakt worden tussen een partij die de warmtebron beheert, een partij die de  
98 restwarmte transporteert en een partij die de warmte levert aan diverse afnemers. Dit advies  
99 is gericht op mogelijke subsidie voor de uitkoppeling van restwarmte bij een warmtebron tot  
100 aan een warmteoverdrachtstation bij een distributienet, of rechtstreeks naar de glastuin-  
101 bouw, de utiliteitsbouw of andere bedrijfsmatige processen. De kosten die worden gemaakt  
102 voor de exploitatie van warmte vanaf een warmteoverdrachtstation naar een kleinverbruiker  
103 en het eventueel daarbij horende distributienet vallen buiten de scope van dit advies. Het  
104 advies kan betrekking hebben op zowel nieuwe als bestaande activiteiten aan de bronzijde  
105 en de ontvangende zijde.

106

107 Voor de bepaling van de onrendabele top bij restwarmteprojecten wordt onderscheid ge-  
108 maakt tussen verschillende categorieën omdat er meerdere manieren zijn om restwarmte uit  
109 te koppelen. De manier van uitkoppelen bepaalt namelijk mede de hoogte van de benodigde  
110 investeringen. Dit hangt voornamelijk af van het temperatuurniveau van de warmte die  
111 wordt uitgekoppeld en het gevraagde temperatuurniveau aan de ontvangende zijde. Zo is bij  
112 de uitkoppeling van warmte op lage temperatuur van circa 20 tot 30 °C een warmtepomp-  
113 systeem benodigd om uiteindelijk warmte van 75 °C te kunnen leveren aan de bestaande  
114 bouw. Bij de uitkoppeling van bijvoorbeeld stoom (> 100 °C), is een warmtepomp hiervoor

- 115 niet nodig. Daarom is er voor gekozen om onderscheid te maken tussen verschillende cate-  
116 gorieën:  
117
- 118 1. Restwarmte lage temperatuur (<35 °C);  
119 uitkoppeling naar warmteoverdrachtstation;  
120 4000 vollasturen
  - 121 2. Restwarmte lage temperatuur (<35 °C);  
122 uitkoppeling direct naar glastuinbouw of utiliteitsbouw;  
123 6000 vollasturen
  - 124 3. Restwarmte middentemperatuur (75 °C tot 100 °C, warm water);  
125 uitkoppeling naar warmteoverdrachtstation;  
126 4000 vollasturen
  - 127 4. Restwarmte middentemperatuur (75 °C tot 100 °C, warm water);  
128 uitkoppeling direct naar glastuinbouw of utiliteitsbouw;  
129 6000 vollasturen
  - 130 5. Restwarmte hoge temperatuur (> 100 °C, stoom);  
131 uitkoppeling naar warmteoverdrachtstation;  
132 4000 vollasturen
  - 133 6. Restwarmte hoge temperatuur (> 100 °C, stoom);  
134 uitkoppeling direct naar glastuinbouw of utiliteitsbouw;  
135 6000 vollasturen
  - 136 7. Restwarmte hoge temperatuur (> 100 °C, stoom);  
137 uitkoppeling direct naar bedrijfsprocessen;  
138 8000 vollasturen
- 139 Deze categorieën worden verder toegelicht in opvolgende paragrafen.

# 3 Beschrijving referentie-installaties

140

141

142 De volgende paragrafen beschrijven de categorieën die vallen onder de drie temperatuurregimes van warmte-uitkoppeling: restwarmte uit lage temperatuur, middentemperatuur en  
143 hoge temperatuur.  
144

## 3.1 Restwarmte lage temperatuur (<35 °C)

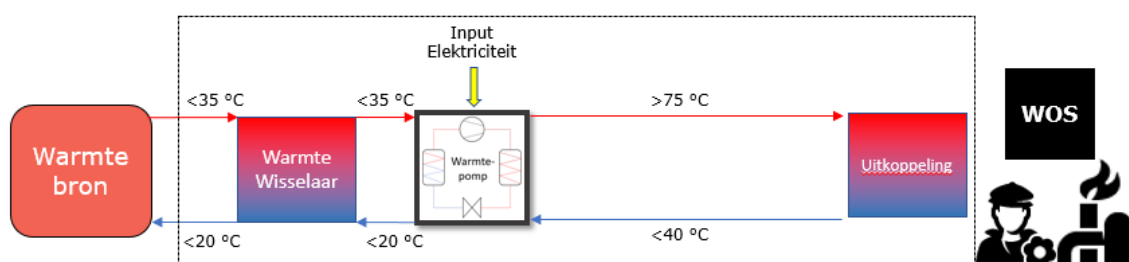
146 In deze categorie wordt er uitgegaan van projecten waarbij laagwaardige restwarmte (<35  
147 °C) wordt uitgekoppeld, wordt opgewaardeerd middels een warmtepomp en wordt geleverd  
148 aan een afnamepunt. In deze paragraaf worden twee categorieën beschreven:

- 149 • Restwarmte lage temperatuur (<35 °C); uitkoppeling naar warmteoverdrachtsta-  
150 tion; 4000 vollasturen
- 151 • Restwarmte lage temperatuur (<35 °C); uitkoppeling direct naar glastuinbouw of  
152 utiliteitsbouw; 6000 vollasturen

153 De beschrijving van het referentieproject heeft betrekking op beide categorieën tenzij anders  
154 aangegeven.  
155

156 In Figuur 3-1 hieronder is een illustratie van het referentieproject horend bij lagetempera-  
157 tuuruitkoppeling weergegeven. In deze figuur is te zien welke onderdelen binnen het referen-  
158 tieproject vallen. Voor de berekeningen wordt uitgegaan van een datacenter als warmtebron  
159 maar in de praktijk kan dit ook een ander bedrijfsproces zijn dat lagetemperatuurwarmte kan  
160 uitkoppelen.  
161

162 **Figuur 3-1 Illustratie referentieproject. De systeemgrenzen zijn aangegeven met**  
163 **een gestippelde lijn. (WOS = warmteoverdrachtstation)**



164

165

166 Het datacenter koppelt lagetemperatuurwarmte van minder dan 35 °C uit middels een  
167 warmtewisselaar. De uitgekoppelde warme lucht of waterstroom wordt hierbij afgekoeld naar  
168 20 °C en gaat vervolgens terug naar het bedrijfsproces. Het warme water wordt door een  
169 warmtepompsysteem gebruikt om retourwater van circa 40 °C of minder uit een tweede cir-  
170 cuit op te waarden naar minimaal 75 °C. In Figuur 3-1 zijn de warmtewisselaar en warm-  
171 tepomp weergegeven als twee verschillende componenten, maar ze kunnen ook samen in  
172 één geïntegreerd systeem zitten. De warmte van het nu verwarmde retourwater van 75 °C  
173 wordt vervolgens getransporteerd en aangekoppeld op een warmteoverdrachtstation, de  
174 tuinbouw of de utiliteitsbouw. 75 °C is gekozen als minimumtemperatuur aangezien wonin-  
175 gen met label C en D (circa de helft van de Nederlandse huishoudens (CBS, PBL, RIVM, WUR,

176 2017)) minimaal 70 °C nodig hebben voor gebouwverwarming en tapwater. In verband met  
177 transportverliezen is daarom een aanlevertemperatuur van minimaal 75 °C nodig.

178

179 In het referentieproject wordt uitgegaan van een centrale warmtepomp nabij of eventueel op  
180 het terrein van een datacenter, voordat de warmte over een langere afstand wordt getrans-  
181 porteerd. Een centrale industriële warmtepomp is gekozen in plaats van warmtepompen bij  
182 iedere individuele afnemer. De markt geeft namelijk aan dat het goedkoper is vanwege  
183 schaalvoordelen om warmte op een temperatuurniveau (circa 70 °C) te leveren, hetgeen vol-  
184 doende is voor ruimte- én tapwaterverwarming. Een bijkomend voordeel zijn de vermeden  
185 hogere kosten van een grotere pijpdiameter als warm water op lage temperatuur getrans-  
186 porteerd moet worden.

187

188 De kosten van transport worden in belangrijke mate bepaald door de afstand en mogelijk ob-  
189 stakels zoals bestaande, te kruisen infrastructuur. Er wordt bij het referentieproject uitge-  
190 gaan van een transportafstand van 5 kilometer en verder geen uitzonderlijke obstakels  
191 tussen de warmtepomp en de afnemer.

192

193 Verder wordt er uitgegaan van een temperatuurlift (de zogenoemde *delta T*) van 40 °C voor  
194 de warmtepomp. Met deze temperatuurlift kan doorgaans een thermisch rendement, de *co-*  
195 *efficiënt of performance (COP)*, van 3,5 worden behaald. Deze COP wordt daarom aangenomen  
196 als rendement van het warmtepompsysteem.

197

198 Aangenomen wordt dat er bij het datacenter het hele jaar door een continue stroom van  
199 lage-temperatuur-restwarmte beschikbaar is, gezien de continue warmteafgifte van de ser-  
200 vers. Gezien het vraagpatroon van de gebouwde omgeving (hoge warmtevraag in de winter-  
201 maanden en een beduidend lagere vraag tijdens de zomermaanden), betekent dit dat de  
202 koelinstallatie van het datacenter vooral in de zomer op volle capaciteit blijft draaien. Mede  
203 vanwege de noodzaak van back-upcapaciteit is er kostenvoordeel bij de installatie. De  
204 warmte-aftap en warmtepomp draaien vooral buiten de zomerperiode. Zodra de aftap draait  
205 kan het datacenter besparen op elektriciteit voor koeling die het krijgt van de warmtepomp.  
206 Het voordeel is echter beperkt omdat de warmtepomp in de zomer nauwelijks hoeft te  
207 draaien vanwege de beperkte vraag en er in de winter is er minder koelbehoefte is bij het  
208 datacenter. Het eventuele voordeel voor datacenters wordt buiten beschouwing gelaten in de  
209 berekeningen van de basisbedragen. Daartegenover wordt ook niet gerekend met vergoe-  
210 ding voor geleverde warmte.

211

212 Aangenomen wordt dat de levering van warmte voorziet in de basislast. Hierbij gelden per  
213 categorie de volgende vollasturen:

- 214 • 4000 vollasturen per jaar bij levering aan een warmteoverdrachtstation<sup>1</sup>;
- 215 • 6000 vollasturen per jaar bij levering aan de tuinbouw of utiliteitsbouw.

216

217 Hierbij is de aanname gemaakt dat de winterpiek en een eventuele downtime van de rest-  
218 warmteleverancier of centrale warmtepomp wordt opgevangen met een piek- of hulpketel  
219 van de afnemende partij. Deze voorziening maakt geen onderdeel uit van het referentiepro-  
220 ject.

221

222 Voor het referentieproject wordt uitgegaan van een warmteleveringscapaciteit van 25 MW  
223 thermisch (MW<sub>th</sub>). Het vermogen van 25 MW<sub>th</sub> is gekozen op basis van projecten die in de li-  
224 teratuur zijn benoemd en op basis van de respons van bedrijven op de enquête van Navi-  
225 gant. De projecten komen gemiddeld uit op een vermogen in deze orde van grootte. Ter  
226 indicatie: met deze capaciteit kan er warmte geleverd worden aan circa 5.500 woningen (be-  
227 staande bouw), 250 kantoren of ruim 5 glastuinbouwbedrijven van 10 ha (ECN, 2011).

228

---

<sup>1</sup> Zie tevens (ECN, 2011), waarbij uit wordt gegaan van een maximum van 45% van beschikbare restwarmte die benut kan worden.



229 Aangezien de restwarmte wordt getransporteerd over een grote afstand moet er ook reke-  
230 ning worden gehouden met leidingverliezen. De aanname is dat er over een afstand van 5  
231 kilometer 3% leidingverlies is<sup>2</sup>.

232

233 Voor de pompenergie wordt uitgegaan van gegevens uit het VESTA-MAIS model voor een  
234 primair net (tevens conform de NEN7125) namelijk (afgerond): 0,005 MJ<sub>e</sub>/ MJ<sub>th</sub> (geleverde  
235 warmte).

## 236 3.2 Restwarmte midden temperatuur (75 °C – 100 °C, 237 warm water)

238 In deze categorie wordt er uitgegaan van projecten waarbij restwarmte op een temperatuur  
239 van tussen de 75 °C – 100 °C wordt uitgekoppeld en geleverd aan een afnamepunt. In deze  
240 paragraaf worden twee categorieën beschreven:

- 241 • Restwarmte midden temperatuur (75 °C tot 100 °C, warm water); uitkoppeling  
242 naar warmteoverdrachtstation; 4000 vollasturen
- 243 • Restwarmte midden temperatuur (75 °C tot 100 °C, warm water); uitkoppeling di-  
244 rect naar glastuinbouw of utiliteitsbouw; 6000 vollasturen

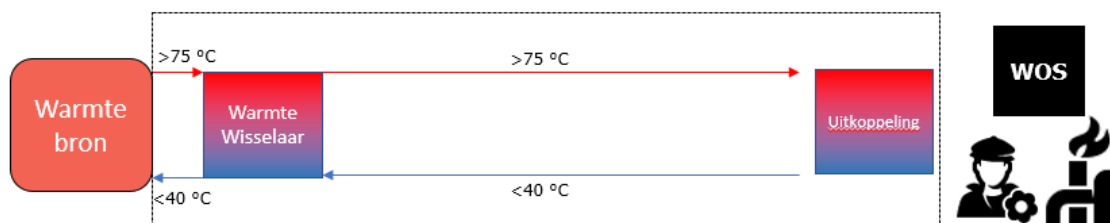
245 De beschrijving van het referentieproject heeft betrekking op beide categorieën tenzij anders  
246 aangegeven.

247

248 In Figuur 3-2 hieronder is een illustratie van het referentieproject horend bij midden-tem-  
249 peratuur-uitkoppeling weergegeven. In deze figuur is te zien welke onderdelen binnen het  
250 referentieproject vallen.

251

252 **Figuur 3-2 Illustratie referentieproject. De systeemgrenzen zijn aangegeven met  
253 een gestippelde lijn. (WOS = warmteoverdrachtstation)**



254

255

256 Het referentieproject betreft een bestaand industrieproces waar warm water van tussen de  
257 70 en 100 °C via warmtewisselaars wordt overgedragen aan een warmteoverdrachtstation,  
258 de tuinbouw of de utiliteitsbouw. Via een retourleiding komt water van circa 40 °C of minder  
259 terug wat vervolgens terug wordt geleverd aan het originele bedrijfsproces.

260

261 De kosten van transport worden in belangrijke mate bepaald door de afstand en mogelijk ob-  
262 stakels zoals bestaande, te kruisen infrastructuur. Er wordt vervolgens bij het referentiepro-  
263 ject uitgegaan van een transportafstand van 5 kilometer en verder geen uitzonderlijke  
264 obstakels tussen de warmtepomp en de afnemer.

265

266 Aangenomen wordt dat de warmtebron kan voorzien in de levering van warmte voor basis-  
267 last. Hierbij gelden per categorie de volgende vollasturen:

- 268 • 4000 vollasturen per jaar bij levering aan een warmteoverdrachtstation;
- 269 • 6000 vollasturen per jaar bij levering aan de tuinbouw of utiliteitsbouw.

270

<sup>2</sup> Op basis van de nieuwste aanpassingen aan het Vesta-Mais model per juni 2019.

271 Hierbij is de aanname gemaakt dat de winterpiek en een eventuele downtime van de rest-  
272 warmteleverancier wordt opgevangen met een piek- of hulpketel van de afnemende partij.  
273 Deze voorziening maakt geen onderdeel uit van het referentieproject.

274

275 Voor het referentieproject wordt uitgegaan van een warmteleveringscapaciteit van 25 MW  
276 thermisch. Het vermogen van 25 MW<sub>th</sub> is gekozen op basis van projecten die in de literatuur  
277 zijn benoemd en op basis van de respons van bedrijven op de enquête van Navigant. De pro-  
278 jecten komen gemiddeld uit op een vermogen in deze orde van grootte. Ter indicatie: met  
279 deze capaciteit kan er warmte geleverd worden aan circa 5.500 woningen (bestaande bouw),  
280 250 kantoren of ruim 5 glastuinbouwbedrijven van 10 ha (ECN, 2011).

281

282 Aangezien de restwarmte wordt getransporteerd over een grote afstand moet er ook reke-  
283 ning worden gehouden met leidingverliezen. De aanname is dat er over een afstand van 5  
284 kilometer 3% leidingverlies is.

285

286 Voor de pompenergie wordt uitgegaan van gegevens uit het VESTA-MAIS model voor een  
287 primair net (tevens conform de NEN7125) namelijk (afgerond): 0,005 MJ<sub>e</sub>/ MJ<sub>th</sub> (geleverde  
288 warmte).

### 289 3.3 Restwarmte hoge temperatuur (> 100 °C, stoom)

290 In deze categorie betreft het projecten met uitkoppeling van niet nuttig toegepaste stoom (T  
291 > 100 °C), met transport en koppeling aan een warmteoverdrachtstation, tuinbouw, utili-  
292 teitsbouw of een ander bedrijfsmatig proces. In deze paragraaf worden drie categorieën be-  
293 schreven:

294

- 295 • Restwarmte hoge temperatuur (> 100 °C, stoom); uitkoppeling naar warmteover-  
296 drachtstation; 4000 vollasturen
- 297 • Restwarmte hoge temperatuur (> 100 °C, stoom); uitkoppeling direct naar glas-  
298 tuinbouw of utiliteitsbouw; 6000 vollasturen
- 299 • Restwarmte hoge temperatuur (> 100 °C, stoom); uitkoppeling direct naar be-  
300 drijfsprocessen; 8000 vollasturen

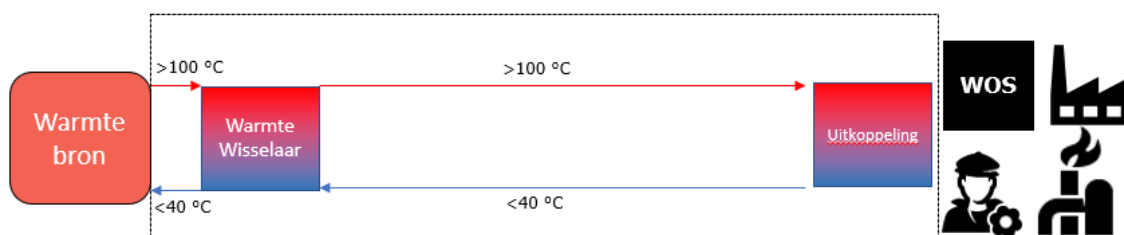
301 De beschrijving van het referentieproject heeft betrekking op alle drie de categorieën tenzij  
302 anders aangegeven.

303

304 In Figuur 3-3 hieronder is een illustratie van het referentieproject horend bij hoge-tempera-  
305 tuur-uitkoppeling weergegeven. In deze figuur is te zien welke onderdelen binnen het refe-  
306 rentieproject vallen.

307

308 **Figuur 3-3 Illustratie referentieproject. De systeemgrenzen zijn aangegeven met**  
309 **een gestippelde lijn. (WOS = warmteoverdrachtstation)**



310

311

312 Het referentieproject betreft een bestaand industrieproces waar stoom van meer dan 100 °C  
313 via warmtewisselaars wordt overgedragen aan een warmteoverdrachtstation, de tuinbouw,

314 de utiliteitsbouw of een ander bedrijfsmatig proces. Via een retourleiding komt circa 40 °C of  
315 minder terug wat vervolgens terug wordt geleverd aan het originele bedrijfsproces.

316

317 De kosten van transport worden in belangrijke mate bepaald door de afstand en mogelijk ob-  
318 stakels zoals bestaande, te kruisen infrastructuur. Er wordt vervolgens bij het referentiepro-  
319 ject uitgegaan van een transportafstand van 5 kilometer en verder geen uitzonderlijke  
320 obstakels tussen de warmtepomp en de afnemer.

321

322 Aangenomen wordt dat de warmtebron kan voorzien in de levering van warmte voor basis-  
323 last. Hierbij gelden per categorie de volgende vollasturen:

- 324 • 4000 vollasturen per jaar bij levering aan een warmteoverdrachtstation;
- 325 • 6000 vollasturen per jaar bij levering aan de tuinbouw of utiliteitsbouw;
- 326 • 8000 vollasturen per jaar bij levering aan andere bedrijfsmatige processen.

327

328 Hierbij is de aanname gemaakt dat de winterpiek en een eventuele downtime van de rest-  
329 warmteleverancier wordt opgevangen met een piek- of hulpketel van de afnemende partij.  
330 Deze voorziening maakt geen onderdeel uit van het referentieproject.

331

332 Voor het referentieproject wordt uitgegaan van een warmteleveringscapaciteit van 25 MW  
333 thermisch. Het vermogen van 25 MW<sub>th</sub> is gekozen op basis van projecten die in de literatuur  
334 zijn benoemd en op basis van de respons van bedrijven op de enquête van Navigant. De pro-  
335 jecten komen gemiddeld uit op een vermogen in deze orde van grootte. Ter indicatie: met  
336 deze capaciteit kan er warmte geleverd worden aan circa 5.500 woningen (bestaande bouw),  
337 250 kantoren of ruim 5 glastuinbouwbedrijven van 10 ha (ECN, 2011).

338

339 Aangezien de restwarmte wordt getransporteerd over een grote afstand moet er ook reke-  
340 ning worden gehouden met leidingverliezen. De aanname is dat er over een afstand van 5  
341 kilometer 3% leidingverlies is<sup>3</sup>.

342

343 Voor de pompenergie wordt uitgegaan van gegevens uit het VESTA-MAIS model voor een  
344 primair net (tevens conform de NEN7125) namelijk (afgerond): 0,005 MJ<sub>e</sub> / MJ<sub>th</sub> (geleverde  
345 warmte).

---

<sup>3</sup> In vergelijking met de lagere-temperatuur-categorieën wordt er nu stoom vervoerd over een lange afstand. Dit zou van invloed kunnen zijn op de verliezen bij transport. De aanname wordt gemaakt dat de leidingen in deze categorie zo kunnen worden geïsoleerd dat ze evenveel verlies hebben als de transportleidingen bij lagere temperatuur. Dit betekent wel dat er hogere investeringskosten zullen zijn voor de pijpleidingen. Dit wordt nader toegelicht in hoofdstuk 4.

# 346 4 Algemene 347 parameters

## 348 4.1 Investeringskosten

349 De investeringskosten zijn gebaseerd op verschillende bronnen uit de literatuur ( (DACE Cost  
350 and Value, 2015), (Pärssinen, Wahlroos, Manner, & Syrib, 2019), (BLOC, 2016) & (IF  
351 Technology, 2018)), het VESTA/MAIS 3.0 model, reacties op een enquête opgesteld door Na-  
352avigant, bestaande of in ontwikkeling zijnde projecten en op gesprekken met experts van het  
353 Planbureau voor de Leefomgeving, van ECN part of TNO en uit het bedrijfsleven.

354  
355 In verband met de hogere isolatiekosten voor het vervoeren van stoom ten opzichte van  
356 warm water wordt aangenomen dat de investeringskosten van de transportleidingen, uitkop-  
357peling en afnamepunt hoger uitvallen bij de categorieën die vallen onder de hoge-tempera-  
358tuur-uitkoppeling ten opzichte van lage- en midden-temperatuur-uitkoppeling.

359  
360 De inpassingskosten zijn site-specifiek en kunnen variëren. Voor de inpassingskosten van de  
361 warmtepomp is aangenomen dat deze even groot zijn als de aanschafprijs van de warmte-  
362pomp. Dit is gebaseerd op literatuur ( (Blue Terra, 2018); (ECN, 2017)) en experts.

363  
364 De kosten voor een nieuwe netaansluiting zijn gebaseerd op de tarieven van Stedin (Stedin,  
365 2019) en Tennet (Tennet, 2019), met 2500 meter als aangenomen afstand tot het aansluit-  
366punt. Aangenomen is dat er in alle referentieprojecten sprake is van een nieuwe netaanslui-  
367ting. In het geval van lage-temperatuur-restwarmte van datacenterdatacenters kan er  
368mogelijk een kostenvoordeel voor de aansluiting van de warmtepomp worden gehaald als  
369deze onderdeel zou kunnen uitmaken van de elektrische installatie van het datacenter. Met  
370dit eventuele voordeel is geen rekening gehouden in het referentieproject.

## 371 4.2 O&M-kosten

372 Uit de verschillende bronnen blijkt dat de O&M-kosten tussen de 1 en 3% van de investe-  
373ringskosten uitvallen. Daarom is voor de referentieprojecten gekozen voor jaarlijkse O&M-  
374kosten van 2% van de investeringskosten.

## 375 4.3 Energiekosten (variabele O&M-kosten)

376 In de referentieprojecten worden kosten gemaakt voor het gebruik van elektriciteit die nodig  
377is voor de transportpompen en eventueel het warmtepompsysteem. Op de variabele kosten  
378wordt geen aftrek toegepast voor bespaarde elektriciteitskosten voor koeling. Tevens wordt  
379er bij de lage-temperatuur-categorieën van uitgegaan dat er aan het datacenter geen ver-  
380goeding gegeven wordt voor uitkoppeling van de restwarmte. De integrale elektriciteitskos-  
381ten bestaan uit de groothandelsprijs, de netwerkkosten, belastingen en de vaste kosten.  
382

383 De netwerkkosten en belastingen zijn afhankelijk van:  
384 • Vermogen en bedrijfstijd van transportpompen en eventueel de warmtepomp;  
385 • Het site-specifieke elektriciteitsverbruiksprofiel (referentie basislast profiel) van het  
386 bedrijf (piekvermogen en bedrijfstijd).

387

### 388 **Referentie-basislastprofiel**

389 Het referentie-basislastprofiel is van belang vanwege de transport- en belastingtarieven en  
390 vanwege volumecorrecties (tot 90% verlaging van transporttarieven) (Staatsblad, 2013) en  
391 belastingvoordelen (Belastingdienst, 2018). Aangenomen wordt dat in het referentieproject  
392 het een bedrijf betreft met een grote afname van elektriciteit (bijvoorbeeld een warmtebe-  
393 drijf of een energiebedrijf) die daarom vallen in de aansluitcategorie hoogspanning (HS).

394

### 395 **Groothandelsprijs**

396 De gebruikte groothandelsprijs voor basislast is 0,046 per €<sub>2020</sub>/kWh. De groothandelsprijs  
397 voor elektriciteit is berekend op basis van de ongewogen gemiddelde elektriciteitsprijzen van  
398 2020 tot en met 2034 zoals volgens de NEV2017 (Schoots, Hekkenberg, & Hammingh,  
399 2017). De uiteindelijke groothandelsprijs voor elektriciteit zal in het eindadvies bepaald wor-  
400 den op basis van de getallen die worden gepubliceerd in de Klimaat en Energieverkenning  
401 2019 (KEV 2019), die later dit jaar uitkomt.

402

### 403 **Netwerkkosten**

404 De netwerkkosten (kW-gecontracteerd en kW-max, inclusief volumecorrectie) voor de refe-  
405 rentieprojecten zijn gebaseerd op de tarieven van Stedin (Stedin, 2019) en Tennet (Tennet,  
406 2019) van 2019, die horen bij de aansluiting van het referentie-basislastprofiel. Deze tarie-  
407 ven zijn vermenigvuldigd met het piekvermogen van de transportpompen en, wanneer van  
408 toepassing, de warmtepomp om de netwerkkosten te bepalen.

409

### 410 **Belastingen**

411 De kosten voor de belasting van de referentieprojecten zijn gebaseerd op de tarieven van  
412 2019 die horen bij het referentie-basislastprofiel (marginale kosten).

413

### 414 **Vaste kosten**

415 De periodieke aansluitingsvergoedingskosten worden aangenomen relatief klein te zijn en  
416 worden hier niet meegenomen. Het vaste deel van de transporttarieven voor de referentie-  
417 projecten, het vastrechttarief, is gebaseerd op de kosten van Stedin (Stedin, 2019) voor de  
418 aansluiting van het referentie-basislastprofiel.

## 419 **4.4 Restwaarde**

420 Er wordt aangenomen dat er geen restwaarde is na een subsidieperiode van 15 jaar. Dit  
421 hangt niet zo zeer samen met de technische levensduur maar met de onzekerheden over le-  
422 vering en afname op langere termijn. Weliswaar is de technische levensduur van het project  
423 naar verwachting langer, maar de economische waarde is op termijn onzeker. Deze is name-  
424 lijk sterk afhankelijk van het committeren van leverantie en afname over een lange periode.  
425 Meestal blijft dit in contracten beperkt tot 10 jaar en zijn er weinig alternatieven. Mogelijk  
426 zijn er zelfs extra verwijderingskosten als een net niet meer gebruikt wordt.

## 427 4.5 Correctiebedrag

### 428 4.5.1 Warmteprijs

429 De conceptuele benadering is dat gecorrigeerd wordt met de kosten van gasgestookte  
430 warmte (via een WKK) bij het afnamepunt (in het geval van een warmteoverdrachtstation) of  
431 direct bij een afnemer (in het geval van levering aan tuinbouw utiliteitsbouw of een bedrijfs-  
432 matig proces). Dat wil zeggen: hoeveel er voor dezelfde hoeveelheid warmte betaald wordt  
433 als er géén restwarmtelevering plaatsvindt.

434

435 De vermeden aardgaskosten worden gebaseerd op de groothandelsprijs van gas (TTF  
436 [LHV])<sup>4</sup>. Op deze kosten wordt een afslag van 30% toegepast, in lijn met (Lensink & Pișcă,  
437 2019).

438

439 De formule luidt: 
$$\text{Correctiebedrag} = 70\% \times \text{TTF[LHV]}$$

### 440 4.5.2 CO<sub>2</sub>-prijs

441 Aangezien het gaat om een groot vermogen van warmte-uitkoppeling (25 MW<sub>th</sub>) kan de te  
442 vervangen warmtevoorziening vallen onder het EU ETS. Bedrijven binnen het EU ETS zijn  
443 verplicht jaarlijks voldoende emissierechten af te dragen om hun CO<sub>2</sub>-uitstoot te vereffenen  
444 (Nederlandse Emissieautoriteit, 2019). Wanneer een ETS-bedrijf minder gas gebruikt voor de  
445 levering van warmte doordat het gebruik kan maken van restwarmte, wordt er minder CO<sub>2</sub>  
446 door dat bedrijf uitgestoten. Hierdoor zijn er minder emissierechten benodigd en wordt de  
447 waarde van de overtollige emissierechten gezien als inkomsten.

448

- 449 • Aangenomen wordt dat er in de categorieën waarbij restwarmte wordt uitgekoppeld  
450 aan een warmteoverdrachtstation of een industrie met een bedrijfsmatig proces, er  
451 sprake is van een ETS-bedrijf.
- 452 • Aangenomen wordt dat er in de categorieën waarbij restwarmte wordt uitgekoppeld  
453 aan de tuinbouw of utiliteitsbouw, *geen* sprake is van een ETS-bedrijf.

## 454 4.6 Vermeden CO<sub>2</sub>

455 De te vervangen installatie bij alle categorieën is een aardgas gestookte WKK. Verbranding  
456 van aardgas heeft een emissiefactor van 56,6 kgCO<sub>2</sub>/GJ aardgas (LHV) (RVO, 2018). Bij een  
457 conversie-efficiëntie van 100% (bij warm water levering) en 90% (bij stoomlevering) van  
458 een gasgestookte WKK is de CO<sub>2</sub>-besparing 0,204 respectievelijk 0,226 kg CO<sub>2</sub>/kWh<sub>th</sub>.

459

460 De CO<sub>2</sub>-uitstoot gerelateerd aan het elektriciteitsverbruik wordt verrekend op basis van een  
461 emissiefactor voor elektriciteit van 0,183 kg CO<sub>2</sub>/kWh als de gemiddelde uitstoot van de  
462 elektriciteitsproductie in 2030.

---

<sup>4</sup> TTF = *Title Transfer Facility* = de groothandelsprijs van gas

# 5 Resultaten

463

464 Een overzicht van de technisch-economische parameters staat in Tabel 5-1. De subsidieparameters staat in Tabel 5-2. Voor die categorieën waar het  
465 correctiebedrag hoger is dan het basisbedrag, zal het PBL adviseren deze categorieën niet open te stellen in de SDE++.

466

467

**Tabel 5-1: Technisch-economische parameters**

Parameter	Eenheid	Restwarmte lage temperatuur (<35 °C)		Restwarmte midden temperatuur (75 °C – 100 °C, warm water)		Restwarmte hoge temperatuur (> 100 °C, stoom)		
		1. Uitkoppeling naar Warmteoverdrachtstation	2. Uitkoppeling direct naar glastuinbouw of utiliteitsbouw	3. Uitkoppeling naar Warmteoverdrachtstation	4. Uitkoppeling direct naar glastuinbouw of utiliteitsbouw	5. Uitkoppeling naar Warmteoverdrachtstation	6. Uitkoppeling direct naar glastuinbouw of utiliteitsbouw	7. Uitkoppeling direct naar bedrijfsprocessen
Outputvermogen bij afnamepunt/afnemer	$MW_{th}$	25	25	25	25	25	25	25
Vollasturen warmteafzet	$Uren/jaar$	4000	6000	4000	6000	4000	6000	8000
Inputvermogen warmtepomp	$MW_e$	7,36	7,36	-	-	-	-	-
Inputvermogen transport	$MW_e$	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
Investeringskosten	$€/kW_{th}$	884	884	265	265	725	725	725
Vaste O&M-kosten	$€/kW_{th}/jaar$	17,68	17,68	5,30	5,30	14,50	14,50	14,50
Elektriciteitskosten <sup>5</sup>	$€/kWh_{th}$	0,0141	0,0140	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002

468

<sup>5</sup> Inclusief groothandelsprijs, netwerkkosten, belastingen en vaste kosten.

**Tabel 5-2: Overzicht subsidieparameters**

		Restwarmte lage temperatuur (<35 °C)		Restwarmte midden temperatuur (75 °C – 100 °C, warm water)		Restwarmte hoge temperatuur (> 100 °C, stoom)		
Parameter	Eenheid	1. Uitkoppeling naar Warmteoverdrachtstation	2. Uitkoppeling direct naar glastuinbouw of utiliteitsbouw	3. Uitkoppeling naar Warmteoverdrachtstation	4. Uitkoppeling direct naar glastuinbouw of utiliteitsbouw	5. Uitkoppeling naar Warmteoverdrachtstation	6. Uitkoppeling direct naar glastuinbouw of utiliteitsbouw	7. Uitkoppeling direct naar bedrijfsprocessen
Basisbedrag SDE++	€/kWh <sub>th</sub>	0,046	0,036	0,010	0,006	0,026	0,017	0,013
Looptijd subsidie	Jaar	15	15	15	15	15	15	15
Voorlopig correctiebedrag gasverbruik	€/kWh <sub>th</sub>	70% x TTF[LHV]	70% x TTF[LHV]	70% x TTF[LHV]	70% x TTF[LHV]	70% x TTF[LHV]	70% x TTF[LHV]	70% x TTF[LHV]
Voorlopige CO <sub>2</sub> -prijs	€/tCO <sub>2</sub>	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6



## 6 Uitvraag

471

472 Tijdens het opstellen van dit conceptadvies zijn een aantal zaken overwogen. Deze worden  
473 hieronder toegelicht. Gevraagd wordt of marktpartijen enkele van deze overwegingen kun-  
474 nen reflecteren.

- 475 • Het grootste discussiepunt bij uitbreiding van het gebruik van industriële rest-  
476 warmte is dat een belangrijk deel van de kosten zitten in de aanleg van distributie-  
477 warmtenetten naar de eindgebruikers (zoals bij woonwijken). Dit heeft te maken  
478 met de vele meters pijpleidingen die moeten worden gelegd in een distributienet en  
479 de onzekerheid in de hoogte van de opbrengsten voor de investeerders (in verband  
480 met het Niet-meer-dan-anders (NMDA)-principe). Deze kosten vallen buiten het be-  
481 reik van deze categorie aangezien er wordt uitgegaan van levering tot aan een  
482 warmteoverdrachtstation. Het is daarom onwaarschijnlijk dat stimulering van rest-  
483 warmteprojecten middels de SDE++-toekenning aan de uitkoppeling van rest-  
484 warmte alleen, ervoor zorgt dat restwarmteprojecten in Nederland, met name in  
485 woonwijken, van de grond komen.
- 486 • Er kan een grote variatie aan kosten optreden bij verschillende restwarmtepro-  
487 jecten. Dit is vooral afhankelijk van de afstand en technische complicaties van de  
488 verbinding. Met het uitgangspunt van een relatief onbelemmerde verbinding over 5  
489 kilometer als referentie wordt mogelijk een deel van het potentieel uitgesloten. Om-  
490 gekeerd is voor een relatief gunstige situatie oversubsidiëring te verwachten.
- 491 • Uitkoppeling naar wel of niet ETS-bedrijven maakt een verschil in de onrendabele  
492 top. In dit advies is de benadering dat de levering van restwarmte wordt vergele-  
493 ken met de levering van warmte uit een gasgestookte WKK. Aangezien er bij een  
494 WKK naast warmte ook elektriciteit wordt geproduceerd en de CO<sub>2</sub>-kosten door  
495 energiebedrijven kan worden doorberekend aan de eindafnemers van elektriciteit,  
496 is het nog onduidelijk hoe de CO<sub>2</sub>-prijs kan worden meegenomen in het correctiebe-  
497 drag. Graag vernemen we in de marktconsultatie welke initiatieven er spelen, om te  
498 kunnen beoordelen of en hoe er voor ETS gecorrigeerd zou moeten worden.
- 499 • Bij datacenters doet zich de mogelijkheid voor dat het datacenter zelf de warmte-  
500 pomp opneemt in de eigen installatie. Dit spaart aansluittarieven en kosten uit en  
501 kan knelpunten in het netbeheer opheffen als er onvoldoende capaciteit is. Graag  
502 vernemen we waar de markt de warmtepomp bij datacenters geplaatst ziet worden.
- 503 • Bij levering en afname van restwarmte is er sprake van veel onzekerheid, aange-  
504 zien verschillende partijen afhankelijk worden van elkaars bestaan en er vooraf  
505 geen garanties kunnen worden gegeven over de duur van de levering of afname.  
506 Bedrijven moeten hier onderling duidelijke afspraken over maken, wil een rest-  
507 warmteproject van de grond komen. Ook hierom is het onzeker of stimulering van  
508 restwarmteprojecten middels de SDE++-toekenning aan de uitkoppeling van rest-  
509 warmte alleen, ervoor zorgt dat restwarmteprojecten in Nederland van de grond  
510 komen.
- 511 • In de referentieprojecten zijn bepaalde aannames gedaan over de temperatuurlift  
512 en de COP. Deze aannames zijn gedaan om de berekeningen voor de basisbedra-  
513 gen te kunnen doen. Wij geven EZK ter overweging om voorwaarden te stellen aan  
514 de hoogte van deze parameters, met betrekking tot de subsidieaanvraag. Bijvoor-  
515 beeld kan verlangd worden een minimale temperatuurlift van 30 graden te realise-  
516 ren, aangezien inkoopkosten van elektriciteit bij een kleinere lift dermate laag  
517 worden, dat er kans is op oversubsidiëring.

# Literatuur

- 519 Belastingdienst. (2018). *Handboek milieubelastingen 2018*.
- 520 BLOC. (2016). *Businesscase PrimA4a en Green Datacenter Campus (concept)*. Rotterdam: BLOC.
- 521 Blue Terra. (2018). *Hoogtemperatuurwarmtepompen rentabiliteit warmtepompen*.
- 522 CBS. (2019, maart). *Aardgas en elektriciteit, gemiddelde prijzen van eindverbruikers*. Opgehaald  
523 van  
524 [https://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?VW=T&DM=SLNL&PA=81309NED&D1=a&D2=a&D3=a&D4=4,9,14,19,24,29,34,39,44,49,54&HD=181121-](https://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?VW=T&DM=SLNL&PA=81309NED&D1=a&D2=a&D3=a&D4=4,9,14,19,24,29,34,39,44,49,54&HD=181121-0842&HDR=T&STB=G2,G3,G1)  
525 [0842&HDR=T&STB=G2,G3,G1](https://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?VW=T&DM=SLNL&PA=81309NED&D1=a&D2=a&D3=a&D4=4,9,14,19,24,29,34,39,44,49,54&HD=181121-0842&HDR=T&STB=G2,G3,G1)
- 527 CBS, PBL, RIVM, WUR. (2017, april 25). *Energielabels van woningen, 2007 - 2016 (indicator*  
528 *0556, versie 06 , 25 april 2017)*. Den Haag, Bilthoven & Wageningen.
- 529 CE Delft. (2017). *Functioneel ontwerp Vesta 3.0*. Delft: CE Delft.
- 530 CE Delft. (2018). *Aansluiten op warmtenetten - Handreiking*. Delft: CE Delft.
- 531 DACE Cost and Value. (2015). *DACE Price Booklet Edition 31*. The Dutch Network and  
532 Knowledge Center for Cost Engineering and Value Management.
- 533 ECN. (2011). *Restwarmtebenutting: Potentiëlen, besparing, alternatieven*. ECN. ECN.
- 534 ECN. (2017). *Dutch program for the acceleration of sustainable heat management in industry*.
- 535 ECN part of TNO. (2019). *Persoonlijke communicatie*.
- 536 Ecofys & Greenvis. (2016). *Collectieve warmte naar lage temperatuur - Een verkenning van*  
537 *mogelijkheden en routes*. Utrecht: Ecofys & Greenvis.
- 538 EEX. (2019). *Emission Spot Primary Market Auction Report 2018*.
- 539 Hoogervorst, N. (2017). *Toekomstbeeld klimaatneutrale warmtenetten in Nederland*. Den  
540 Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- 541 IF Technology. (2018). *Rapportage kansenkaart Warmte uit Datacenters*. Utrecht: Rijksdienst  
542 voor Ondernemend Nederland.
- 543 Lensink, S., & Pişcă, I. (2019). *Conceptadvies SDE++ 2020 Warmte*. Den Haag: PBL.
- 544 Nederlandse Emissieautoriteit. (2019). *Verplichtingen ETS*. Retrieved from nea Nederlandse  
545 Emissieautoriteit: <https://www.emissieautoriteit.nl/onderwerpen/verplichtingen-ets>
- 546 Pärssinen, M., Wahlroos, M., Manner, J., & Syrib, S. (2019). *Waste heat from data centers: An*  
547 *investment analysis*. *Sustainable Cities and Society*, 428-444.
- 548 PBL. (2018). *Definitieve correctiebedragen 2018 voor de SDE+*.
- 549 RVO. (2018). *Nederlandse lijst van energiedragers en standaard CO2 emissiefactoren*.

- 550 Schoots, K., Hekkenberg, M., & Hammingh, e. P. (2017). *Nationale Energieverkenning 2017*.  
551 ECN-O--17-018. Petten: Energieonderzoek Centrum Nederland.
- 552 Staatsblad. (2013). *Wet van 18 december 2013 tot wijziging van de Elektriciteitswet 1998*  
553 *(volumecorrectie nettarieven voor de energie-intensieve industrie)*.
- 554 Stedin. (2019). *Elektriciteit tarieven 2019*.
- 555 Tennet. (2019, april 29). *Kosten van een netaansluiting*. Retrieved from Tennet:  
556 [https://www.tennet.eu/nl/elektriciteitsmarkt/aansluiten-op-het-nederlandse-](https://www.tennet.eu/nl/elektriciteitsmarkt/aansluiten-op-het-nederlandse-hoogspanningsnet/kosten-van-een-netaansluiting/)  
557 [hoogspanningsnet/kosten-van-een-netaansluiting/](https://www.tennet.eu/nl/elektriciteitsmarkt/aansluiten-op-het-nederlandse-hoogspanningsnet/kosten-van-een-netaansluiting/)
- 558 Tennet. (2019). *Tarievenbesluit TenneT 2019*.
- 559