



1 **CONCEPTADVIES SDE++ 2021**
2 **CO₂-AFVANG EN -GEBRUIK IN DE**
3 **GLASTUINBOUW**

4
5
6
7
8 **Beleidsstudie**

9 **Koen Smekens (TNO EnergieTransitie), Sander Lensink (PBL)**

10

11 **6 mei 2020**

12

13

14
15 **TNO**

16

17

PBL

18 **Colofon**

19 **Conceptadvies SDE++ 2021 CO₂-afvang gebruik in de glastuinbouw**

20

21 © PBL Planbureau voor de Leefomgeving

22 Den Haag, 2020

23 PBL-publicatienummer: 4119

24 **Contact**

25 sde@pbl.nl

26 **Auteurs**

27 Koen Smekens (TNO EnergieTransitie), Sander Lensink (PBL)

28 **Eindredactie en productie**

29 Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding:
30 Smekens K., Lensink S. (2020), Conceptadvies SDE++ 2021 CO₂-afvang en gebruik in de
31 glastuinbouw, Den Haag: PBL.

32

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

Inhoud

40	1	Introductie	4
41	2	Beschrijving technologie	5
42	2.1	Inleiding	5
43	2.2	Beschrijving technologie en systeemgrenzen	5
44	2.3	Afvang	8
45	2.4	Transport	8
46	2.5	Gebruik	9
47	3	Aannames kosten	10
48	3.1	Investeringskosten	10
49	3.2	Regeling Milieu-investeringsaftrek (MIA)	11
50	3.3	Regeling Energiebesparing in de Glastuinbouw (E(B)G)	11
51	3.4	Operationele kosten	11
52	3.5	Aanname restwaarde	12
53	3.6	Aangeboden en vermeden CO ₂	12
54	3.7	Correctiebedrag	13
55	4	Basisbedragen	14
56	4.1	CO ₂ -afvang bij industriële installaties	14
57	4.2	CO ₂ -afvang bij AVI's	14
58	5	Overzicht basisbedragen	17
59	6	Uitvraag	18
60			

1 Introductie

62 Het ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK) heeft PBL gevraagd advies uit te
63 brengen over de openstelling van de SDE++ (Subsidieregeling voor Duurzame Energie) in
64 2021. Het PBL heeft ondersteuning gevraagd van TNO EnergieTransitie en DNV GL.

65

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

71

72 In 2020 is de bestaande SDE+-regeling verbreed naar de SDE++. Nieuw hierbij is dat naast
73 categorieën voor de productie van hernieuwbare energie ook CO₂-reducerende opties anders
74 dan hernieuwbare energie in aanmerking komen voor subsidie. Dit zorgt ervoor dat de regel-
75 geving en de methodiek en dus ook de uitgangspunten voor de SDE+ zodanig worden uitge-
76 breid dat deze ook toepasbaar zijn voor een breder palet aan CO₂-reducerende categorieën.

77

78 Deze notitie bevat het conceptadvies met betrekking tot CO₂-afvang en gebruik in de glas-
79 tuinbouw.

80

81 **Marktconsultatie**

82 Belanghebbenden kunnen schriftelijk een reactie geven op dit conceptadvies en de onderlig-
83 gende kostenbevindingen. Deze schriftelijke reactie dient uiterlijk 22 mei bij het PBL binnen
84 te zijn. Mocht een aanvullend gesprek door het PBL gewenst worden, dan zal dit tussen 8
85 juni en 3 juli worden gehouden.

86

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

91

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

93

2 Beschrijving

94

technologie

95

2.1 Inleiding

96

Voor het SDE++-advies voor 2021 heeft het Ministerie van EZK gevraagd om de categorie

97

CO₂-afvang ten behoeve van gebruik in de glastuinbouw te onderzoeken en daarvoor een

98

conceptadvies te schrijven. Hiervoor zijn volgende uitgangspunten meegegeven:

99

- *Onderzoek een goede referentietechniek in de glastuinbouw die wordt vervangen (uitgezet wordt) door de CO₂-levering. Houd hierbij rekening met scope 2-emissies conform algemene uitgangspunten.*

100

101

102

- *Sluit aan bij de uitgangspunten voor CCS voor het berekenen van de kosten voor CO₂-*

103

afvang. Kijk binnen deze techniek ook naar CO₂-afvang bij AVI's. Net als bij CCS wordt in het basisbedrag de aanleg van de hoofdinfrastructuur niet meegenomen. De kosten voor de aansluiting van een project op de hoofdinfrastructuur (inclusief de aanleg van de leiding ernaar toe) kunnen wel meegenomen worden.

104

105

106

107

- *Daarnaast kunnen de kosten voor transport in het basisbedrag opgenomen worden.*

108

109

110

Daarbij dient rekening gehouden te worden met het feit dat de afgevangen CO₂ per pijplijn of auto en/of schip getransporteerd kan worden. Indien de CO₂ per auto of schip getransporteerd wordt dienen de kosten voor vloeibaar maken van CO₂ ook in het basisbedrag meegenomen te worden. Door het verschil in kosten kan de techniek twee categorieën krijgen: een voor transport per pijplijn en een voor transport per weg/water.

111

112

113

- *In het correctiebedrag worden door de afvanger ontvangen inkomsten voor de geleverde CO₂ meegenomen.*

114

115

Het onderstaand advies neemt deze punten mee. Het laatste uitgangspunt over het correctiebedrag wordt later in een apart advies over de correctiebedragen behandeld.

116

117

118

Verder gelden voor CCS algemeen de volgende bijkomende uitgangspunten:

119

- *In het basisbedrag is de aanleg van de hoofdinfrastructuur niet meegenomen. De kosten voor de aansluiting van een project op de hoofdinfrastructuur (inclusief de aanleg van de leiding ernaar toe) worden wel meegenomen.*

120

121

122

- *Daarnaast kunnen de kosten voor transport en opslag van CO₂ in het basisbedrag worden opgenomen.*

123

124

125

Voor de afvang van CO₂ met het oog om die (permanent) op te slaan in een ondergrondse berging (CCS : CO₂ Capture and Storage) bestaat er een afzonderlijk advies. Dit voorliggende advies behandelt enkel de afvang van CO₂ voor gebruik in de glastuinbouw, dus zonder langdurige opslag.

126

127

128

129

2.2 Beschrijving technologie en systeemgrenzen

130

Het gebruik van CO₂ (in relatie hiertoe wordt ook wel de term CCU gebruikt: CO₂ Capture

131

and Utilisation) in de glastuinbouw voor extra plantbemesting is reeds een toegepaste tech-

132

niek. Die CO₂ kan zelf geproduceerd worden met (gas)gestookte installaties (ketel of WKK),

133

of ingekocht worden bij derden. De ingekochte CO₂ is dan afkomstig van een industriële

134 installatie waar CO₂-afvang plaatsvindt. In dit laatste geval is er sprake van CCU (CCU: CO₂
135 *Capture and Utilisation*). Jaarlijks wordt er ongeveer 500 tot 600 kton CO₂ geleverd aan de
136 glastuinbouw.

137

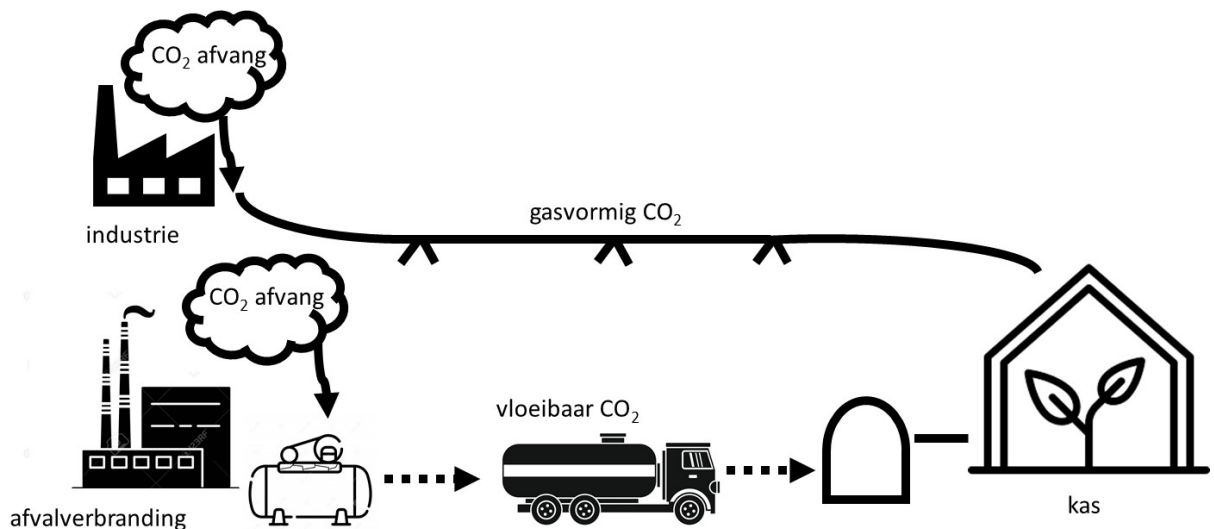
138 CO₂ wordt in de glastuinbouw toegepast om de CO₂-concentratie in de kas te verhogen en zo
139 de groeisnelheid en opbrengst van planten, groenten en vruchten te stimuleren. Afhankelijk
140 van de teelt bedraagt de gewenste CO₂-concentratie 500 tot meer dan 1000 ppm in de kas,
141 gemiddeld zo'n 800 ppm (ter vergelijking, in de atmosfeer bedraagt de CO₂-concentratie on-
142 geveer 400 ppm). De CO₂ wordt het meest opgenomen bij veel licht, dus overdag. Sinds
143 "Het nieuwe telen", een nieuw teeltregime dat de afgelopen jaren is geïmplementeerd in de
144 glastuinbouw, wordt met behulp van slimmer gebruik van schermen en kasluchtbevochtiging
145 zowel het kasklimaat als de CO₂-concentratie optimaal benut. Doordat daarbij heel beperkt
146 gelucht wordt (ook in de zomer), gaat er weinig CO₂ verloren. Op die momenten dat er wel
147 veel gelucht moet worden (. In de zomer was het gebruik om de ramen open) wordt de CO₂-
148 dosering teruggeschakeld. Bovendien heeft de tuinder door de prijs van externe CO₂ een in-
149 centive om daar zo zuinig mogelijk mee te laten staan om te gaan.

150

151 OCAP levert gasvormige CO₂ via een omgebouwde oliepijpleiding naar tuinders in het West-
152 land en daarrond. De CO₂ is afkomstig van de Shell-raffinaderij in Pernis en van Alco (bio-
153 ethanolfabriek) in Rotterdam. De afnemers (tuinders) zijn rechtstreeks aangesloten op de
154 OCAP-leiding. Bij seizoensgebonden vraag zoals bij levering aan tuinders, wordt een deel van
155 het jaar de afgevangen CO₂ afgeblazen. Deze CO₂ kan ook worden opgeslagen. Gasbedrijven
156 als Linde en Air Liquide leveren dan weer vloeibaar gemaakte CO₂ die lokaal bij tuinders in
157 een tank wordt opgeslagen en via een ontspan- en verdelingsstelsel terug gasvormig in de
158 kas wordt gebracht.

159

160 **Figuur 2-1 Systeemgrenzen en componenten van CO₂-afvang en -gebruik voor de**
161 **glastuinbouw**



162

163

164 Yara in Sluiskil levert niet enkel CO₂ aan het tuingebied Zeeuws-Vlaanderen vlakbij, maar
165 ook restwarmte uit hun productieproces. Dit is een combinatie die in de toekomst zeer ge-
166 wenst is door de glastuinbouwsector, immers, in het Klimaatakkoord heeft de sector zich
167 verbonden aan een verdere verduurzaming van de warmtevraag – de grootste energiepost in
168 de sector. Die verduurzaming wordt nu al gerealiseerd met behulp van geothermie (ca. 4 PJ,
169 CBS 2019) en met de levering van (rest)warmte (ca. 3PJ, CBS 2019). Bij die verduurzaming

170 valt de bron om CO₂ bij te doseren in de kas weg. Het is nu gebruikelijk om voor de beno-
171 digde CO₂ de gasketel of gasmotor-WKK in te zetten, waarbij de CO₂ uit de gereinigde rook-
172 gassen (de-NO_x, methaan- en etheenverwijdering) gebruikt wordt. Dit wordt ook
173 'zomerstook' genoemd omdat er in de zomer een lagere warmtevraag is (voornamelijk voor
174 vochtregulering in de kas) en omdat de CO₂-vraag in de zomer het hoogst is.

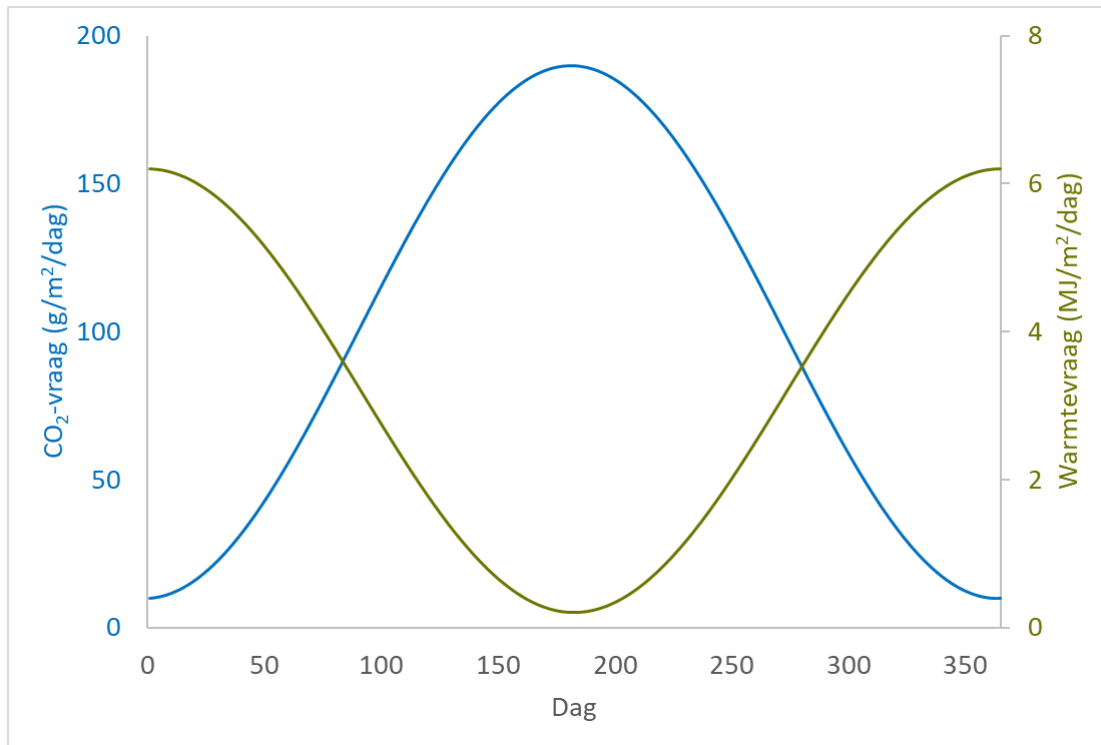
175

176 Schematisch ziet de CO₂- en warmtevraag in een kas er jaarrond als volgt uit (zie figuur
177 2-2).

178

179

Figuur 2-2 Schematische weergave CO₂-vraag en warmtevraag in de glastuinbouw



180

181 Waar de piek van de warmtevraag in de winter valt, valt die voor CO₂ in de zomer. Dit laat-
182 ste kan problemen met levering van CO₂ veroorzaken als de leveranciers van de CO₂ bijvoor-
183 beeld in zomeronderhoud gaan.

184

185 De afgevangen CO₂ telt bij de bron niet als emissiereductie daar. De CO₂ wordt enkel ver-
186 plaatst naar een andere locatie waar het in de kaslucht terecht komt en een deel opgeno-
187 men wordt door planten of vruchten. Die opname telt als kortcyclische CO₂ en wordt
188 internationaal (UNFCCC-IPCC) niet gezien als langdurige vastlegging van koolstof in orga-
189 nisch materiaal. Er treedt wel een emissiereductie-effect op bij de glastuinbouw door het ver-
190 meden gasverbruik voor de zomerstook. Een recente studie van WEcR (2020) geeft aan dat
191 per geleverde ton CO₂ aan de glastuinbouw 0,91 tot 0,95 ton CO₂ uitgespaard wordt op het
192 glastuinbedrijf zelf.

193

194 Voor de berekening van de onrendabele top van levering van CO₂ aan de glastuinbouw is uit-
195 gegaan van het perspectief van de leverancier om CO₂ tot in de kas bij de tuinder te bren-
196 gen, met inbegrip van de kosten die de tuinder zelf moet maken. In die zin, wijken de
197 systeemgrenzen van de CCU referentie-installaties af van andere categorieën en omvatten:
198 de CO₂-afvang, compressie of vervoerbaring, aansluiting op transport en de lokale opslag en
199 verdeelinstallaties bij de tuinders.

200 2.3 Afvang

201 CO₂-afvang kent verschillende mogelijke toepassingen in zowel de industrie als de elektrici-
202 teitsproductie. Op verschillende locaties kan CO₂ worden afgevangen en gecomprimeerd wor-
203 den. Binnen de SDE++ wordt momenteel alleen CO₂-afvang onderzocht bij industriële
204 toepassingen. Kleinschalige CO₂-afvang bij biogasinstallaties wordt niet behandeld in dit ad-
205 vies.

206

207 Bij industriële processen kan CO₂ zowel met pre-combustion- als post-combustion-tech-
208 nieken worden afgevangen.¹ Bij pre-combustion-technieken wordt de CO₂ verwijderd in het
209 productieproces, post-combustion-technieken verwijderen CO₂ uit rook- of restgassen.

210

211 De kosten voor het afvangen van CO₂ worden mede bepaald door puurheid van de bron, de
212 afvangtechnologie² en of de CO₂-afvanginstallatie op een nieuwe of bestaande fabriek wordt
213 geïnstalleerd. De kosten kunnen mede daardoor zeer case-specifiek zijn.

214

215 Voor dit advies wordt specifiek naar twee type bronnen gekeken: CO₂-afvang uit hoge-con-
216 centratiestromen in de industrie (ammoniakproductie, (bio-)ethanolproductie, waterstofpro-
217 ductie in raffinaderijen), vergelijkbaar met pre-combustionafvang, en post-combustion CO₂-
218 afvang uit de rookgassen van afvalverbrandingsinstallaties (AVI). Voor beide betreft het be-
219 staande industriële of AVI-installaties. Verder wordt, naar analogie met het conceptadvies
220 CCS, ook CO₂-afvang bij nieuwe industriële processen opgenomen, met gebruik van de CO₂
221 in de glastuinbouw (CCU). Voor industriële processen is er ook een afzonderlijk SDE++ con-
222 ceptadvies beschikbaar voor CCS, dat wil zeggen met opslag.

223 2.4 Transport

224 De aanwezigheid van een transportnetwerk is een belangrijke voorwaarde voor het gebruik
225 van afgevangen CO₂. OCAP is momenteel de enige bestaande leiding voor gasvormig CO₂,
226 actief in Zuid-Holland (glastuingebied Westland). OCAP heeft uitbreidingsplannen, zowel om
227 bijkomende CO₂-bronnen aan te sluiten als om de afzetmarkt bij tuinders te vergroten. Op
228 langere termijn wil OCAP ook CO₂-opslag aanbieden aan industriële bedrijven. Die opslag zou
229 ook als reservevoorraad kunnen gebruikt worden op momenten dat de reguliere CO₂-levering
230 aan tuinders onderbroken wordt. Via deze reserve kan een verhoogde leveringszekerheid
231 aan de tuinders geboden worden en hoeven deze niet over te schakelen naar eigen (gas)ge-
232 stookte installaties om aan de CO₂-vraag in de kas te voldoen. De tuinders zijn direct aange-
233 sloten op de CO₂-leiding en nemen daarvan naar behoefte af. Lokale CO₂-buffering kan
234 voorkomen, maar wordt niet als onderdeel van de referentie-installatie gezien.

235

¹ Hoewel bij deze processen niet per definitie sprake is van verbranding, worden pre-combustion, post-combus-
tion en oxyfuel-combustion ook in deze context vaak gebruikt. Industriële alternatieven zijn: pre-process re-
moval (pre-combustion), removal from diluted streams (post-combustion) en removal from oxy-fired streams
(oxyfuel-combustion) (IEA & UNIDO, 2011).

² De meest gangbare concepten voor CO₂-afvang zijn bekend als pre-combustion, post-combustion en oxyfuel-
combustion. Echter, in industriële toepassingen is niet altijd sprake van verbranding. Daarom zijn er industriële
alternatieve namen ontwikkeld die qua proces op hetzelfde neerkomen: pre-process removal (pre-combustion),
removal from diluted streams (post-combustion) en removal from oxy-fired streams (oxyfuel-combustion) (IEA
& UNIDO, 2011). Omdat deze terminologie niet door iedereen wordt gebruikt is ervoor gekozen in dit eindad-
vies pre-combustion, post-combustion en oxyfuel-combustion te gebruiken.

236 **Figuur 2-3 OCAP-netwerk: huidige situatie en verwachte uitbreiding**



237
238

239 Een andere toegepaste manier is het transport per truck van vloeibaar gemaakte CO₂ tot bij
240 de afnemer. Dit gebeurt wanneer er in de buurt van de CO₂-leverancier geen CO₂-transport-
241 of distributieleiding aanwezig is of wanneer een glastuinbouwgebied zich niet in de ruime
242 omgeving van de CO₂-afvang bevindt. Bij de afnemers staan lokale opslagtanks en ontspan-
243 installaties om – naar behoefte – de vloeibare CO₂ terug gasvormig te maken en in de kas bij
244 te doseren.

245 2.5 Gebruik

246 In de kas is steeds een verdeel-, meet- en regelsysteem nodig om de juiste concentratie CO₂
247 in de kas te realiseren. In de meeste gevallen zal er steeds een back-upinstallatie aanwezig
248 zijn om bij onderbreking van de CO₂-aanvoer zelf in te kunnen staan voor de CO₂-productie.
249 Dit zal meestal een gasketel of een gasmotor-WKK zijn.

250

251 Voor de berekening van het basisbedrag wordt uitgegaan van een gemiddeld glastuinbouw-
252 bedrijf van 5 ha met een jaarlijkse CO₂-vraag van 1250 ton. Dit stemt overeen met andere
253 schattingen over het totale potentieel aan extern te leveren CO₂ aan de gehele glastuinbouw-
254 sector: 2,0 Mton (LTOGlas Nederland) tot 2,6 Mton (WEcR). De referentiewaarde voor CCU,
255 55 kton per jaar, stemt overeen met levering aan 44 bedrijven.

256

257 In het geval van levering van vloeibaar CO₂ is de huidige praktijk dat de (huur)kosten voor
258 de lokale opslagtank bij de tuinder inbegrepen zitten in de aankoopprijs van de CO₂. De in-
259 stallatie wordt geleverd en onderhouden door de CO₂-leverancier. Dit wordt aangehouden
260 voor de berekening van het basisbedrag.

3 Aannames kosten

261

262 Voor de bovengenoemde toepassing zijn investeringskosten en operationele kosten in kaart
263 gebracht op basis van literatuur, en in minder mate op basis van industriedata en casestu-
264 dies. In deze paragraaf worden de verschillende kostenposten beschreven en eventuele aan-
265 names toegelicht.

266 3.1 Investeringskosten

267 Voor CO₂-afvang zijn investeringen vereist in een afvanginstallatie, compressie en een aan-
268 sluiting op het CO₂-transportnetwerk of liquefactie. De investeringskosten zijn grotendeels
269 afhankelijk van het volume van CO₂-afvang, de concentratie van CO₂, het proces waarvan
270 wordt afgevangen, de gekozen technologie. Deze worden per subcategorie vastgesteld in een
271 referentie-installatie. Voor kostenfactoren die voor alle CCU-cases gelden zijn volgende aan-
272 names gemaakt over meegenomen kostenposten in het bepalen van het basisbedrag:

- 273 • Afvang: dit betreft de kosten voor de CO₂-afvang bij processen, uit geconcentreerde
274 rookgassen na oxyfuel combustion of uit rookgassen van AVI's;
- 275 • Zuivering: er zijn nog geen specificaties afgegeven over de zuiverheid van CO₂ voor
276 gebruik in de glastuinbouw, men spreekt van "OCAP-kwaliteit" voor gasvormige CO₂
277 en pure CO₂ bij levering van vloeibare CO₂. Daarom worden literatuurwaarden ge-
278 bruikt als benadering van de zuiveringskosten;
- 279 • Compressie: in het geval van gasvormige levering moet de CO₂ op druk gebracht
280 worden (22 bar) vooraleer het in de transportleiding terecht komt;
- 281 • Liquefactie: In het geval van levering van vloeibare CO₂ zijn er kosten nodig voor de
282 vervloeibarisinstallatie bij de locatie waar CO₂ afgevangen wordt;
- 283 • Aansluitkosten: dit betreft de kosten voor het aansluiten van de gasvormige CO₂ aan
284 het CO₂-transportnetwerk. Deze investering komt voor rekening van de aanvragende
285 partij. Er is, net als voor het SDE++ 2020 eindadvies CCS, aangenomen dat de aan-
286 vragers zich zullen beperken tot het gebied waar het CO₂-transportnetwerk wordt ge-
287 realiseerd. Hierdoor zal de afstand voor de aansluiting relatief kort zijn: ongeveer 3
288 km. De kosten voor de pijpleiding van de afvanginstallatie naar het CO₂-
289 transportnetwerk wordt geschat op 1,5 €/km/t CO₂ per jaar. De totale aansluitkosten
290 bij de leverancier worden hiermee geschat op 4,5 €/t CO₂ afgevangen per jaar.
- 291 • Transportkosten: in het geval van vloeibare CO₂ zijn er investeringen in CO₂-
292 tankervrachtwagens nodig;
- 293 • Levering: bij de tuinders zelf zijn kosten meegenomen voor de CO₂-verdeel-, regel-
294 en meetsystemen; in het geval van levering van vloeibare CO₂ komen daar kosten
295 voor lokale opslagtanks en hervergassingssystemen bij.

296

297 Niet meegenomen kosten voor de bepaling van de basisbedragen voor CCU zijn :

- 298 - Kosten voor CO₂-afvang met het oog op opslag (CCS);
- 299 - Kosten voor het ombouwen van een installatie naar geschikt voor oxyfuel combustion;
- 300 - Kosten voor een CO₂-transportleiding (vergelijkbaar met OCAP);
- 301 - Kosten voor transport en verwerking van CO₂ met het oog op opslag (verwerkingstoelag
302 bij CCS);
- 303 - Kosten voor CO₂-transport per pijpleiding of per truck (naar analogie met de uitgangs-
304 punten voor warmte waarbij ook geen kosten voor transport- en distributie-infrastruc-
305 tuur meegenomen worden in de berekening van het basisbedrag);

- 306 - Kosten voor (ver)nieuwbouw van kassen geschikt voor dosering van extern geleverde
307 CO₂;
308 - Kosten voor CO₂-productie back-upinstallaties bij de tuinders (ketel of WKK).
309

310 3.2 Regeling Milieu-investeringsaftrek (MIA)

311 Volgens (RVO, 2020) komt apparatuur voor CO₂-afvang in aanmerking voor Milieu-Investe-
312 ringsaftrek, onder code F 1409 (Apparatuur voor de chemische verwerking van afvalstoffen).
313 Deze aftrek geldt daarmee alleen voor de subcategorieën waarbij een investering in CO₂-
314 afvang nodig is.

315 Het maximumbedrag dat per bedrijfsmiddel in aanmerking komt is echter €25 miljoen. Daar-
316 van mag 36%, oftewel €9 miljoen worden afgetrokken van de fiscale winst. De vennoot-
317 schapsbelasting (met een tarief van 21,7%) wordt daardoor maximaal met €1.953.000
318 verlaagd.

319 In formulevorm: maximaal MIA-voordeel = €25.000.000 * 36% * 21,7% = €1.953.000. In
320 de berekening van het basisbedrag wordt dit in mindering gebracht op de investeringskos-
321 ten.

322

323 3.3 Regeling Energiebesparing in de Glastuinbouw (E(B)G)

324 Voor glastuinbouwbedrijven bestaat er een subsidieregeling binnen het programma Kas als
325 Energiebron (KAE) waarbij investeringen in energiebesparende maatregelen, waaronder de
326 aansluiting op een CO₂-netwerk of -cluster³. De regeling, beheerd door RVO, vergoedt 25%
327 van de investeringskosten, exclusief BTW, tot een maximum van 50 000 € per aanvraag. Het
328 is de verwachting dat Min LNV deze regeling gaat voorzetten en blijven financieren omdat
329 deze deel uitmaakt van de afspraken onder Urgenda en onderdeel is van de voorwaarden om
330 de sectorale ambities uit het KlimaatAkkoord te realiseren.

331 Uit aanvraagdata bij RVO blijkt dat de gemiddelde subsidie-aanvraag voor aansluiting op een
332 CO₂-netwerk 20 000 € is, corresponderend met een investering van 80 000 € per bedrijf. In
333 de berekening van het basisbedrag wordt 880 k€ in mindering gebracht op de investerings-
334 kosten.

335

336

337

338 3.4 Operationele kosten

339 Er worden drie typen operationele kosten onderscheiden: vaste O&M-kosten, variabele O&M-
340 kosten en de energiekosten. Ook voor operationele kosten geldt dat deze worden beïnvloed
341 door het proces waarvan CO₂ wordt afgevangen en de gekozen technologie.

342

343 De vaste O&M-kosten bestaan uit salariskosten, administratieve en overheadkosten, jaar-
344 lijkse O&M, verzekeringen en lokale belastingen (IEAGHG, 2017). Op basis van literatuur en
345 industriedata is aangenomen dat deze kosten voor CO₂-afvang, zuivering en compressie 3%
346 van de investeringskosten bedragen voor afvang bij bestaande installaties en 2% van de in-
347 vesteringskosten voor afvang bij nieuwe installaties. Voor de aansluiting zijn de O&M-kosten
348 op 2% van de investeringskosten gesteld. De variabele O&M-kosten worden bepaald door

³ <https://www.rvo.nl/subsidie-en-financieringswijzer/investeringen-energie-glastuinbouw>

349 het gebruik van bijvoorbeeld chemicaliën die nodig zijn bij het afvangen van CO₂. Deze kos-
350 ten kunnen verschillen per toepassing en kunnen ook verwaarloosbaar zijn.

351

352 Energiekosten bestaan uit warmte of stoom voor CO₂-afvang en elektriciteit voor compressie.
353 De benodigde hoeveelheid energie nodig voor CO₂-afvang, compressie en liquefactie worden
354 veelal gegeven in de beschikbare literatuur en rapporten. De volgende schatting op basis van
355 vuistregels uit de literatuur is gemaakt:

- 356 • Warmte bij CO₂-afvang, pre-combustion: 312,5 kWh (th)/t CO₂ afgevangen;
- 357 • Warmte bij CO₂-afvang, post-combustion: 1028 kWh (th)/t CO₂ afgevangen;
- 358 • Elektriciteit bij CO₂-afvang, pre-combustion en post-combustion: 50 kWh (e)/t CO₂
359 afgevangen;
- 360 • Elektriciteit bij compressie: 125 kWh (e)/t CO₂ afgevangen.
- 361 • Elektriciteit bij vervloeibaring : 162 kWh (e)/t CO₂ afgevangen

362

363 De warmtevraag kan dus groter zijn dan de elektriciteitsvraag. Wel is het zo dat een deel
364 van de warmtevraag door onbenutte restwarmte zou kunnen worden ingevuld. Voor de elek-
365 triciteitsprijs wordt de groothandelsprijs gebruikt van 0,053 €/kWh. Deze is berekend op ba-
366 sis van de ongewogen gemiddelde elektriciteitsprijzen van 2020 tot en met 2034 op basis
367 van de KEV (Klimaat en Energieverkenning) 2019 (PBL, 2019)⁴. Voor de kosten van warmte
368 wordt op basis van de KEV een prijs van 0,027 €/kWh (th) aangenomen. Naast energie zijn
369 er beperkte kosten voor het gebruik van chemicaliën en water voor het afvangproces. Deze
370 kosten verschillen per proces en zijn als stelpost meegenomen.

371 3.5 Aannee restwaarde

372 Voor CO₂-afvang en gebruik wordt een subsidietermijn van 15 jaar aangenomen, gelijk aan
373 de meeste andere technologieën binnen de SDE++. Er wordt aangenomen dat er geen rest-
374 waarde over is na de 15 jaar subsidieperiode.

375 3.6 Aangeboden en vermeden CO₂

376 CO₂-afvang en gebruik vraagt energie voor afvangen, zuiveren en op druk brengen van de
377 CO₂. Dit interne energiegebruik (ook wel *energy penalty* genoemd) kan leiden tot additionele
378 CO₂-uitstoot. Voor elektriciteit wordt gerekend met de verwachte CO₂-emissiefactor voor
379 elektriciteit uit het net in 2031 (0,187 kg CO₂/kWh)⁵. Voor warmte wordt uitgegaan van ver-
380 branding van aardgas: 56,4 kg CO₂/GJ aardgas (LHV). Bij een conversie-efficiëntie van 90%
381 (LHV) van een gasgestookte ketel, is de CO₂-emissie 62,9 kg CO₂/GJ_{th} (0,23 kg CO₂/kWh_{th}).

382

383 Verder heeft WEcR berekend dat per geleverde ton CO₂ bij een tuinder, er daar 0,91 tot 0,95
384 ton CO₂ bespaard wordt door vermeden gasstook. Rekening houdend met het interne ener-
385 giegebruik bij afvang en leveringsklaar maken van de CO₂ en de omzetverliezen bij de tuin-
386 der wordt er door CCU aan de glastuinbouw binnen de systeemgrenzen per geleverde ton
387 CO₂ 0,63 tot 0,85 ton CO₂ vermeden.

388

389 De CO₂-emissies als gevolg van het opereren van het CO₂-transportnetwerk of van het ver-
390 voer per truck zijn niet meegenomen in de berekening van het interne energiegebruik.

⁴ De KEV2019-raming loopt van 2020 tot en met 2030. Na 2030 is aangenomen dat de prijzen reëel constant zijn op het niveau van 2030 en nominaal enkel met de inflatie van 1,5%/jaar meestijgen.

⁵ Het betreft de emissiefactor van de gemiddelde marginale optie in 2030. Dat is een andere grootte dan de emissiefactor van de gemiddelde mix in 2030.

391 3.7 Correctiebedrag

392 De onrendabele top wordt bepaald door het basisbedrag te verminderen met de inkomsten
393 die worden gegenereerd door de technologie. CCU betreft een oplossing waarbij een verhan-
394 delbaar product aan de glastuinbouw geleverd wordt. Door die CO₂-levering bespaart de
395 tuinder op eigen gasverbruik (om anders zelf de CO₂ te produceren). Rekening houdend met
396 de gehanteerde parameters, betekent dit dat een tuinder 651.240 m³ gas bespaart; met een
397 gasprijs van 0,19 €/m³ resulteert dit in een vermeden CO₂-prijs van 99 €/tCO₂ (651.240 m³
398 x 0,19 €/m³ / 1250 tCO₂).
399
400

4 Basisbedragen

401

402 Er wordt onderscheid gemaakt tussen:

- 403 • 1 Nieuwe CO₂-afvanginstallaties bij bestaande industriële installaties; gasvormig
- 404 transport
- 405 • 2 Nieuwe CO₂-afvanginstallaties bij bestaande industriële installaties; vloeibaar
- 406 transport
- 407 • 3 Nieuwe CO₂-afvanginstallaties bij bestaande AVI; gasvormig transport
- 408 • 4 Nieuwe CO₂-afvanginstallaties bij bestaande AVI; vloeibaar transport
- 409 • 5 Nieuwe CO₂-afvanginstallaties bij nieuwe industriële installaties; gasvormig
- 410 transport
- 411 • 6 Nieuwe CO₂-afvanginstallaties bij nieuwe industriële installaties; vloeibaar
- 412 transport

413 4.1 CO₂-afvang bij industriële installaties

414 Onder deze subcategorie vallen installaties waar CO₂ wordt afgevangen uit sterk geconcen-
415 treerde tot quasi zuivere CO₂-stromen, in de vorm van pre-combustion capture en oxyfuel
416 combustion capture (zie ook conceptadvies CCS), en getransporteerd voor gebruik bij tuin-
417 ders. Aansluiting op het CO₂-transportnetwerk kan met behulp van een aftakking op de be-
418 staande verbinding tussen afvang/compressie en CCU-netwerk. Voor deze subcategorie zijn
419 investeringen vereist in een CO₂-afvanginstallatie, compressor en de aansluiting op het CO₂-
420 transportnetwerk. In de berekening van het basisbedrag zijn hiervoor zowel investeringskos-
421 ten (inclusief inpassings- en aanpassingskosten) als operationele kosten opgenomen.
422 In het geval van vervloeibaring van de CO₂ vervallen de aansluitkosten op een CO₂-netwerk
423 maar worden er extra kosten voor de vervloeibaring meegenomen.

424 4.2 CO₂-afvang bij AVI's

425 Onder deze subcategorie vallen installaties waar CO₂ wordt afgevangen uit de rookgassen
426 met een lagere concentratie aan CO₂, in de vorm van post-combustion capture (zie ook con-
427 ceptadvies CCS), en getransporteerd voor gebruik bij tuinders. Aansluiting op het CO₂-
428 transportnetwerk kan met behulp van een aftakking op de bestaande verbinding tussen af-
429 vang/compressie en CCU-netwerk. Voor deze subcategorie zijn investeringen vereist in een
430 CO₂-afvanginstallatie, compressor en de aansluiting op het CO₂-transportnetwerk. In de be-
431 rekening van het basisbedrag zijn hiervoor zowel investeringskosten (inclusief inpassings- en
432 aanpassingskosten) als operationele kosten opgenomen. In het geval van vervloeibaring van
433 de CO₂ vervallen de aansluitkosten op een CO₂-netwerk maar worden er extra kosten voor
434 de vervloeibaring meegenomen.

435

436 Voor iedere subcategorie is een referentie-installatie bepaald waarvoor de kosten zijn uitge-
437 rekend. Op basis hiervan wordt het basisbedrag geadviseerd. Als referentie-situatie is geko-
438 zen voor CO₂-afvang met seizoenslevering aan tuinders. Uitgangspunt is dat het huidige
439 leveringspatroon aan tuinders gecontinueerd wordt. Daarom wordt er voor de referentie-in-
440 stallatie aangenomen dat deze halftijds (4000 draaiuren) zal opereren. De capaciteit van de
441 aansluiting is gedimensioneerd op de maximale CO₂-afvangcapaciteit.

442

443 De operationele kosten bestaan in geval van levering van gasvormige CO₂ uit de energiekos-
444 ten voor compressie, en vaste en variabele O&M-kosten voor compressie en de aansluiting
445 naar het CO₂-transportnetwerk. Voor de levering van vloeibare CO₂ bestaan die uit de ener-
446 giekosten, vaste en variabele O&M-kosten voor compressie en vervloeibaring.

447

448 Daarnaast zijn er ook kosten voor de tuinder zelf, met name het verdeel-, meet- en regel-
449 systeem voor de CO₂-dosering in de kassen en in het geval van gasvormige CO₂-levering, de
450 aansluitkosten op het CO₂-distributienetwerk. Ten slotte zijn er ook vermeden kosten bij de
451 tuinder: voor de geleverde CO₂ dient hij niet de eigen installatie (gasketel of gasmotor-WKK)
452 aan te zetten. Bij een jaarlijkse levering van 1250 ton CO₂ wordt zo 0,65 miljoen m³ gas per
453 bedrijf bespaard.

454

Tabel 4-1 Referentie-installaties voor CO₂-afvang voor gebruik in de glastuinbouw*

Parameter	Eenheid	Variant 1	Variant 2	Variant 3	Variant 4	Variant 5	Variant 6
Aantal draaiuren	[uren/jaar]	4000	4000	4000	4000	4000	4000
Piekcapaciteit CO ₂ -afvang	[kt CO ₂ afvang]	100	100	100	100	100	100
Afgevangen CO ₂ voor CCU	[kt CO ₂ afvang/jaar]	55	55	55	55	55	55
	[ton CO ₂ afvang/uur]	13,75	13,75	13,75	13,75	13,75	13,75
Investeringskosten							
CO ₂ -afvang, -zuivering en -compressie	[miljoen €]	38,67	35,77	51,83	48,93	34,78	31,88
Liquefactie	[miljoen €]	-	5,02	-	5,02	-	5,02
Aansluiting transportnetwerk	[miljoen €]	0,45	-	0,45	-	0,45	-
MIA-correctie	[miljoen €]	-1,95	-1,95	-1,95	-1,95	-1,95	-1,95
Kosten installaties bij tuinders							
CO ₂ -leidingwerk en verdeelsysteem in de kassen	[miljoen €]	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
CO ₂ -opslag tanks	[miljoen €]	-	1,58	-	1,58	-	1,58
Aansluitingen CO ₂ -leiding	[miljoen €]	3,52	-	3,52	-	3,52	-
EG-correctie	[miljoen €]	-0,88	-	-0,88	-	-0,88	-
Vaste O&M-kosten afvang, compressie, vervloeiing	[miljoen €/jaar]	1,16	1,22	1,55	1,62	0,70	1,11
Vaste O&M-kosten tuinder	[miljoen €/jaar]	0,33	0,23	0,33	0,23	0,33	0,23
Variabele O&M-kosten en energiekosten	[miljoen €/jaar]	0,97	1,08	2,04	2,14	0,94	1,04
Energieverbruik elektriciteit							
Afvang	[kWh/ton afvang]	50	50	50	50	50	50
Compressie	[kWh/ton afvang]	125	-	125	-	125	-
Liquefactie	[kWh/ton afvang]	-	162	-	162	-	162
Energieverbruik warmte - afvang	[kWh/ton afvang]	312,5	312,5	1028	1028	286,4	286,4
Basisbedrag	[€/t CO₂ afvang]	138,30	140,78	190,92	193,40	120,22	122,37

456
457
458
459
460
461
462

* Gebruikte varianten:

- 1 Nieuwe CO₂-afvanginstallaties bij bestaande industriële installaties; gasvormig transport.
- 2 Nieuwe CO₂-afvanginstallaties bij bestaande industriële installaties; vloeibaar transport.
- 3 Nieuwe CO₂-afvanginstallaties bij bestaande AVI; gasvormig transport.
- 4 Nieuwe CO₂-afvanginstallaties bij bestaande AVI; vloeibaar transport.
- 5 Nieuwe CO₂-afvanginstallaties bij nieuwe industriële installaties; gasvormig transport.
- 6 Nieuwe CO₂-afvanginstallaties bij nieuwe industriële installaties; vloeibaar transport.

5 Overzicht basisbedragen

463

464

465 In tabel 5-1 worden de basisbedragen voor de voorgestelde subcategorieën weergegeven,
466 met daarbij een omrekening naar €/t CO₂ vermeden op basis van de kaders van de rang-
467 schikking (direct energiegebruik bij afvang en conversieverlies bij tuinders meegenomen).

468

469 **Tabel 5-1 Overzicht SDE++-basisbedragen subcategorieën CO₂-afvang voor gebruik**
470 **in de glastuinbouw**

Subcategorie	Uren	Basisbedrag SDE++ 2021 [€/t CO ₂ afgevangen]	Subsidie-intensiteit (€/tCO ₂ afgevan- gen)
1 Nieuwe CO ₂ -afvanginstallaties bij be- staande industriële installaties via gasvor- mig transport voor gebruik in de glastuinbouw	4000	138,30	53
2 Nieuwe CO ₂ -afvanginstallaties bij be- staande industriële installaties; via vloei- baar transport voor gebruik in de glastuinbouw	4000	140,78	56
3 Nieuwe CO ₂ -afvanginstallaties bij be- staande AVI; via gasvormig transport voor gebruik in de glastuinbouw	4000	190,92	124
4 Nieuwe CO ₂ -afvanginstallaties bij be- staande AVI; via vloeibaar transport voor gebruik in de glastuinbouw	4000	193,40	128
5 Nieuwe CO ₂ -afvanginstallaties bij nieuwe industriële installaties; gas- vormig transport	4000	120,22	29
6 Nieuwe CO ₂ -afvanginstallaties bij nieuwe industriële installaties; vloei- baar transport	4000	122,37	32

471

6 Uitvraag

473 Tijdens het opstellen van dit conceptadvies is voornamelijk gebruik gemaakt van literatuur-
474 gegevens,. Gevraagd wordt of marktpartijen hierop kunnen reflecteren en waar nodig bijko-
475 mende informatie aanleveren,.

476

477 - CO₂-afvangcapaciteit: is de 100 kton piekafvangcapaciteit en 55 kton jaarlijkse CO₂-
478 afvang representatief?

479 - Kan de markt reageren op de opgegeven specifieke elektriciteits- en warmteverbrui-
480 ken voor CO₂-afvang?

481 - Kan de markt aangeven of de warmtevraag voor CO₂-afvang uit onbenutte rest-
482 warmtestromen kan afgenomen worden?

483 - Kan de markt reageren op de gehanteerde kostencijfers voor CO₂-afvang en kosten
484 bij tuinders?

485 - Kan de markt informeren of er (kosten)posten in de berekening van het basisbedrag
486 ontbreken?

487 - Is de huidige systeemaafbakening, gezien vanuit het perspectief van de CO₂-
488 leverancier, correct?

Literatuur

- 490 Belastingdienst. (2019, april 29). *Tabellen tarieven milieubelastingen*. Opgehaald van
491 Belastingdienst:
492 [https://www.belastingdienst.nl/wps/wcm/connect/bldcontentnl/belastingdienst/zakel](https://www.belastingdienst.nl/wps/wcm/connect/bldcontentnl/belastingdienst/zakelijk/overige_belastingen/belastingen_op_milieugrondslag/tarieven_milieubelastingen/tabellen_tarieven_milieubelastingen?projectid=6750bae7-383b-4c97-bc7a-802790bd1110)
493 [ijk/overige_belastingen/belastingen_op_milieugrondslag/tarieven_milieubelastingen/t](https://www.belastingdienst.nl/wps/wcm/connect/bldcontentnl/belastingdienst/zakelijk/overige_belastingen/belastingen_op_milieugrondslag/tarieven_milieubelastingen/tabellen_tarieven_milieubelastingen?projectid=6750bae7-383b-4c97-bc7a-802790bd1110)
494 [abellen_tarieven_milieubelastingen?projectid=6750bae7-383b-4c97-bc7a-](https://www.belastingdienst.nl/wps/wcm/connect/bldcontentnl/belastingdienst/zakelijk/overige_belastingen/belastingen_op_milieugrondslag/tarieven_milieubelastingen/tabellen_tarieven_milieubelastingen?projectid=6750bae7-383b-4c97-bc7a-802790bd1110)
495 [802790bd1110](https://www.belastingdienst.nl/wps/wcm/connect/bldcontentnl/belastingdienst/zakelijk/overige_belastingen/belastingen_op_milieugrondslag/tarieven_milieubelastingen/tabellen_tarieven_milieubelastingen?projectid=6750bae7-383b-4c97-bc7a-802790bd1110)
- 496 Blue Terra. (2018). *Hoogtemperatuurwarmtepompen rentabiliteit warmtepompen*.
- 497 Blue Terra. (2019, juni 6). *Communicatie via mail met Jan Grift*.
- 498 ECN. (2019). *Persoonlijk communicatie met Anton Wemmers*.
- 499 EEX. (2019). *Emission Spot Primary Market Auction Report 2018*.
- 500 GeoCapacity. (2010). *EU GeoCapacity*. Opgehaald van Assessing European Capacity for
501 Geological Storage of Carbon Dioxide: <http://www.geology.cz/geocapacity>
- 502 IEA & UNIDO. (2011). *Technology Roadmap: Carbon capture and storage in industrial*
503 *applications*. Parijs: International Energy Agency (IEA).
- 504 IEAGHG. (2017). *Techno-economic evaluation of HYCO Plant Integrated to Ammonia/Urea or*
505 *Methanol production with CCS*. Cheltenham: IEA Greenhouse Gas R&D Programme.
- 506 Klop. (2015). *Steaming ahead with MVR*.
- 507 Navigant. (2019). *Verkenning uitbreiding SDE+ met industriële opties*.
- 508 PBL. (2018a). *Eindadvies basisbedragen SDE+ 2019*.
- 509 PBL. (2019). *Definitieve correctiebedragen 2018 voor de SDE+*.
- 510 PBL. (2019). *Klimaat en Energieverkenning 2019*. Den Haag: PBL.
- 511 Porthos. (2019, June 24). Interview Porthos. (P. Noothout, & S. Lensink, Interviewers)
- 512 RVO. (2016). *Industriële warmtepompen*.
- 513 RVO. (2020). *MIA\VAMIL Borchure en Milieulijst 2020*. Zwolle: Rijksdienst voor Ondernemend
514 Nederland (RVO).
- 515 Star Renewable Energy. (2019). *Personal communication with David Pearson*.
- 516 Stedin. (2019). *Elektriciteit tarieven 2019*.
- 517 Stedin. (2019). *Elektriciteit tarieven 2019*.
- 518 Tennet. (2019, april 29). *Kosten van een netaansluiting*. Opgehaald van Tennet:
519 [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/)
520 [hoogspanningsnet/kosten-van-een-netaansluiting/](https://www.tennet.eu/nl/elektriciteitsmarkt/aansluiten-op-het-nederlandse-hoogspanningsnet/kosten-van-een-netaansluiting/)

- 521 Tennet. (2019). *Tarievenbesluit TenneT 2019*.
- 522 Tennet. (2019). *Tarievenbesluit TenneT 2019*.
- 523 Wageningen: WEcR
- 524 WEcR (2020), *Effect extra CO2 inkoop op emissie van de glastuinbouw in 2030*, Wageningen,
525 WEcR
- 526 PBL (2021), *Conceptadvies SDE++ CO2-reducerende opties: CO2-afvang en -opslag (CCS)*, Den
527 Haag: PBL
- 528 CE Delft (2018), *Screening LCA for CCU routes connected to CO2 Smart Grid*, Delft: CE Delft
- 529 Energy Procedia 86:500-510, *Simulation and Cost Comparison of CO2 Liquefaction*, Elsevier
- 530 TNO (2015), *A secure and affordable CO2 supply for the Dutch greenhouse sector*, Utrecht:
531 TNO
- 532 TNO (2010), *HotCO2 voor ontkoppelde warmte en CO2 in de Glastuinbouw*, Delft: TNO
533
- 534 Navigant (2019), *Technische alternatieven voor CCS in Nederland*, Utrecht: Navigant
535
- 536 WUR (2018), *Kwantitatieve Informatie voor de glastuinbouw (KWIN)*, editie 2018, Wagenin-
537 gen: WUR