



1 **CONCEPTADVIES SDE++ 2021**
2 **ETHEENPRODUCTIE UIT BIOGENE**
3 **GRONDSTOFFEN**

4
5
6

7 **Hans Elzenga, Sander Lensink**

8

9 **5 mei 2020**

PBL

10 **Colofon**

11 **Conceptadvies SDE++ 2021 Etheenproductie uit biogene grondstoffen**

12

13 © PBL Planbureau voor de Leefomgeving

14 Den Haag, 2020

15 PBL-publicatienummer: 4122

16 **Contact**

17 sde@pbl.nl

18 **Auteurs**

19 Hans Elzenga en Sander Lensink

20 **Eindredactie en productie**

21 Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding:
22 Elzenga, H., en Lensink, S. (2020), Conceptadvies SDE++ 2021 Etheenproductie uit biogene
23 grondstoffen, Den Haag: PBL.

24

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

Inhoud

32	1	Introductie	4
33	2	Beschrijving etheenproductie uit bio-ethanol	6
34	2.1	Algemeen	6
35	2.2	Technisch-economische parameters	6
36	2.2.1	Referentie-installatie	6
37	2.2.2	Investeringskosten	6
38	2.2.3	Operationele kosten	7
39	2.2.4	Restwaarde	7
40	2.3	CO ₂ -emissie	7
41	3	Beschrijving etheenproductie uit bionafta	8
42	3.1	Algemeen	8
43	3.2	Technische-economische parameters	8
44	3.2.1	Referentie-installatie	8
45	3.2.2	Investeringskosten	9
46	3.2.3	Operationele kosten	9
47	3.2.4	Restwaarde	9
48	3.3	CO ₂ -emissie	9
49	4	Correctiebedrag	10
50	4.1.1	Marktprijs etheen	10
51	4.1.2	CO ₂ -prijs	10
52	4.1.3	Vermeden CO ₂ -emissie	10
53	5	Resultaten	11
54	5.1	Bio-ethanolroute	11
55	5.2	Bionaftaroute	11
56	6	Uitvraag	13
57		Literatuur	14
58			

1 Introductie

60 **Algemeen**

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

64

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

70

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

76

77 **Etheen uit biogene grondstoffen**

78 Deze notitie bevat het conceptadvies voor de productie van etheen uit biogene grondstoffen.
79 In dit advies worden twee routes beschreven:

- 80 • Etheen uit bio-ethanol
- 81 • Etheen uit bionafta

82

83 De eerste route op basis van ethanol wordt al in Brazilië, Taiwan, China en India op commer-
84 ciële schaal – 10 tot 200 kiloton per jaar - toegepast (IEA 2013), maar nog niet in Neder-
85 land. Voor deze route is de bouw van een nieuwe fabriek nodig. De tweede route op basis
86 van bionafta wordt al wel op bescheiden schaal in Nederland toegepast. Bij deze route kan
87 bionafta simpelweg worden bijgemengd bij nafta uit aardolie, en in bestaande stoomkrakers
88 worden omgezet tot etheen en andere producten. Technisch gezien kunnen tientallen pro-
89 centen bionafta worden bijgemengd.

90

91 Vanwege de grote verschillen tussen beide routes worden ze in dit conceptadvies apart be-
92 handeld.

93

94 **Referentietechnologie**

95 Etheen is een gas dat vooral wordt ingezet als grondstof voor de productie van plastics zoals
96 PE en PVC. De referentietechnologie is etheenproductie uit fossiele nafta dat bij aardolieraffi-
97 nage wordt geproduceerd. Deze grondstof wordt in stoomkrakers bij hoge temperatuur om-
98 gezet in etheen en een aantal andere zogenoemde High Value Chemicals (HVC): waterstof,
99 propeen, acetyleen, benzeen en butadieen. In Nederland staan in totaal zes stoomkrakers
100 die nafta als voeding gebruiken. Uit 1 ton nafta wordt gemiddeld circa 275 kilo etheen en
101 550 kilo HVC (inclusief etheen) geproduceerd (Oliveira en Van Dril 2020; Wong en Van Dril
102 2020). Het niet-HVC deel bestaat onder andere uit methaanrijk restgas (dat gebruikt wordt
103 voor de ondervuring van de krakers) en alkanen met langere ketens (die gebruikt worden als
104 grondstof voor pyrolysebenzine).

105

106 De zes Nederlandse krakers hebben een totale productiecapaciteit van 4 miljoen ton etheen
107 per jaar (Oliveira en Van Dril 2020). Wereldwijd is de productiecapaciteit van etheen 150
108 miljoen ton (Crnomarković et al. 2018).

109 **Marktconsultatie**

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

114

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

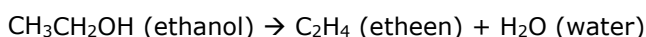
119

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

2 Beschrijving etheen- productie uit bio- ethanol

2.1 Algemeen

Bio-ethanol (verder aangeduid als ethanol) wordt vooral geproduceerd uit suiker- of zetmeelhoudende gewassen, zoals suikerriet, suikerbieten, maïs en aardappelen. In het etheenproductieproces wordt ethanol verdampt en met stoom of in een oven verwarmd tot een temperatuur van 300 - 500 °C (Mohsenzadeh et al. 2017). De damp wordt door verschillende reactoren geleid, waar het ethanol wordt omgezet in etheen. De chemische reactie is:



Het vrijkomende water wordt na de reactie door condensatie afgescheiden. De volgende stappen in het proces zijn compressie, wassen en purificatie. (Intratec, 2013)

Theoretisch (bij 100% omzetting) is 1,64 ton ethanol nodig voor de productie van 1 ton etheen (en 0,64 ton water). Volgens recente marktinformatie wordt in de praktijk een omzettingsfactor van 1,7 ton ethanol per ton etheen bereikt. Die waarde is lager – dus beter – dan gerapporteerd in (CE Delft 2019): daarin worden twee bronnen aangehaald die respectievelijk waarden van 1,7 tot 1,9 en 2,2 tot 2,3 ton ethanol/ ton etheen rapporteren.

2.2 Technisch-economische parameters

2.2.1 Referentie-installatie

De referentie-installatie heeft een capaciteit van 150.000 ton etheen per jaar bij 8.000 vol-lasturen. Er is een Nederlands marktinitiatief om een fabriek van deze omvang in Noordwest-Europa te bouwen.

2.2.2 Investeringskosten

Investeringskosten etheenfabriek

De investeringskosten voor een fabriek met een capaciteit van 150.000 ton per jaar bedragen naar schatting 65 miljoen euro, oftewel 433 euro/ton/jaar (3.467 euro/kg/uur bij 8.000 uur/jaar).

Regeling Milieu-investeringsaftrek (MIA)

Volgens RVO (2019) komt apparatuur voor etheenproductie uit bio-ethanol niet in aanmerking voor Milieu-Investeringsaftrek.

155 2.2.3 Operationele kosten

156 **Vaste O&M-kosten**

157 Deze bedragen 400 euro/kg/uur.

158

159 **Variabele kosten**

160 De totale variabele kosten bedragen 0,964 euro/kg etheen, waarvan 0,894 euro/kg etheen
161 (93%) voor rekening komt van bio-ethanol, en de overige 0,070 euro/kg etheen kosten zijn
162 voor de katalysator (0,011), stoom (0,053), elektriciteit (0,005), koelwater (0,0002), zwa-
163 velverwijdering (0,0012) en brandstof (0,0003).

164

165 Er is gerekend met een prijs van geïmporteerde ethanol van 0,526 euro/kg (inclusief import-
166 heffing en transport). Ethanol uit suikerbieten zou voor afnemers van bio-etheen de voorkeur
167 kunnen hebben omdat suikerbieten op een aantal milieu-indicatoren (CO₂-opname, waterge-
168 bruik, transport) gunstiger scores dan ethanol uit suikerriet of maïs. Ethanol uit suikerbieten
169 is echter op dit moment duurder dan ethanol uit suikerriet of maïs (0,700 euro/kg versus
170 0,526 euro/kg).

171 2.2.4 Restwaarde

172 De productie van etheen uit ethanol is momenteel niet rendabel, aangezien de productiekos-
173 ten hoger zijn dan de marktprijs van etheen. Dat betekent dat de productie van etheen na
174 afloop van de subsidieperiode hoogstwaarschijnlijk zal stoppen¹. Een fabriek die alleen
175 etheen produceert heeft dan geen restwaarde.

176

177 Door integratie van de etheenproductie met productie van vervolproducten kan mogelijk
178 wel een haalbare business case worden gerealiseerd. Dat zou kunnen betekenen dat een fa-
179 briek in dat geval na afloop van de subsidieperiode kan door produceren en dus wel rest-
180 waarde heeft. De technische levensduur van een etheenfabriek is ongeveer 30 jaar. Bij
181 lineaire afschrijving zou de fabriek dan nog de helft van de oorspronkelijke waarde hebben.

182

183 Omdat de beschouwde casus op verzoek van EZK een *stand alone* etheenfabriek is, is bij de
184 berekening van het basisbedrag geen rekening gehouden met eventuele restwaarde.

185 2.3 CO₂-emissie

186 De CO₂-emissie van etheenproductie uit ethanol bedraagt 0,73 kg CO₂/kg etheen. Daarvan
187 komt 0,2 kg CO₂/kg etheen uit een oven die stoom maakt waarmee de reactor wordt ver-
188 warmd tot bijna 500 °C. Daarnaast is er een indirecte emissie van 0,53 kg CO₂/kg etheen als
189 gevolg van inkoop van elektriciteit en MP-stoom² (respectievelijk 0,09 en 0,44 kg CO₂/kg
190 etheen).

191

¹ Er is in dit advies geen rekening gehouden met de mogelijkheid dat de productiekosten van fossiele etheen op dat moment hoger zijn geworden dan die van bio-etheen (bijvoorbeeld door een gestegen prijs van CO₂-emissierechten) of dat de marktprijs van bio-etheen sterker is gestegen dan die van fossiele etheen.

² Medium pressure.

3 Beschrijving etheenproductie uit bionafta

3.1 Algemeen

Bij deze route wordt bionafta bijgemengd bij nafta uit aardolie en in stoomkrakers omgezet in etheen en een reeks andere producten, zoals waterstof, acetyleen, propeen, butadieen, benzeen, methaan, ethaan propaan en hogere koolwaterstoffen. Zoals gezegd (hoofdstuk 1) wordt uit 1.000 kg nafta gemiddeld 275 kg etheen en 550 kg HVC³ geproduceerd. in Nederland wordt sinds enkele jaren op bescheiden schaal bionafta batchgewijs bijgemengd. Daarvoor wordt Hydrotreated Vegetable Oil (HVO) gebruikt dat geproduceerd is uit gehydrogeneerde⁴ tallolie. Tallolie is een afvalproduct van de papierindustrie en wordt ook als grondstof voor biodiesel gebruikt⁵. De goedkopere biodiesels van de FAME-categorie (*fatty acid methyl ester*) hebben een te hoog zuurstofgehalte en kunnen niet zonder voorbewerking in het kraakproces worden toegepast.

In dit advies is ervoor gekozen de kosten en CO₂-emissies toe te rekenen aan het totale pakket HVC's en niet alleen aan etheen⁶. Daarbij is verondersteld dat de specifieke kosten en emissies⁷ van elk van de HVC's (etheen, propeen, acetyleen, waterstof, benzeen en butadieen) gelijk zijn aan die van het totale pakket HVC's. Deze veronderstelling is nodig om de specifieke kosten en emissies van etheen van respectievelijk de fossiele naftaroute, de bionaftaroute en de bio-etheenroute met elkaar te kunnen vergelijken.

3.2 Technische-economische parameters

3.2.1 Referentie-installatie

Omdat bionafta zonder voorbewerking kan worden bijgemengd in de voeding (fossiele nafta) van bestaande stoomkrakers hoeven er geen nieuwe installaties te worden gebouwd. Er is gerekend met een stoomkraker met 8.000 vollasturen en een inputcapaciteit van 4.000 kt nafta per jaar, waaraan op jaarbasis 2,4 kt bionafta (0,06%) wordt bijgemengd. Daaruit wordt per jaar 2.200 kt High Value Chemicals (HVC) geproduceerd, waarvan 1.100 kt uit etheen bestaat. Het percentage bio-HVC en bio-etheen ten opzichte van hun fossiele

³ Etheen, waterstof, propeen, acetyleen, benzeen en butadieen.

⁴ Dat betekent dat het met waterstof is bewerkt.

⁵ Doordat tallolie een afvalproduct is telt de HVO die ervan gemaakt is volgens de Renewable Energy Directive II (RED II) dubbel bij de bepaling van het aandeel biobrandstoffen in motorbrandstoffen. Daardoor heeft het een hogere prijs dan biobrandstoffen die gemaakt zijn uit oliehoudende zaden.

⁶ Daarmee wordt aangesloten bij de manier waarop de CO₂-benchmark in het Europese emissiehandelssysteem (ETS) voor stoomkraken wordt gedefinieerd, namelijk ton CO₂/ton HVC. Er zou ook voor gekozen kunnen worden om de grondstofkosten alleen aan etheen toe te rekenen, maar dat zou betekenen dat alle andere HVC's gratis worden geproduceerd en geen CO₂-emissie veroorzaken. Dat lijkt niet redelijk.

⁷ Dat zijn kosten en emissies per ton product.

221 evenknieën is eveneens 0,06% (Hoogma 2016). Het betreft hier afgeronde getallen op basis
222 van (Oliveira en Van Dril 2020; Wong en Van Dril 2020) en marktinformatie.

223 3.2.2 Investeringskosten

224 Aangezien gebruik wordt gemaakt van bestaande installaties zijn er geen investeringskosten.

225 3.2.3 Operationele kosten

226 **Vaste O&M-kosten**

227 De vaste O&M-kosten per ton HVC zullen voor bio-HVC gelijk zijn aan die van fossiel HVC.
228 Volgens (Spallina et al. 2017) bedroegen de O&M-kosten in 2016 78 euro per ton etheen, of-
229 tewel 39 €/t HVC. Gecorrigeerd voor inflatie (volgens CBS 6% tussen 2016 en 2020) is dat
230 41,25 €/t HVC. Bij een jaarlijkse HVC-productie van 2.200 kt zijn de totale jaarlijkse O&M-
231 kosten 90,75 miljoen euro, waarvan 0,06% oftewel € 54.450 kan worden toegerekend aan
232 bio-HVC. Als de bijmenging continu gedurende 8.000 vollasturen zou plaatsvinden⁸ komt dat
233 overeen met 330 €/kg/uur.

234

235 **Variabele kosten**

236 In dit conceptadvies worden de variabele kosten volledig bepaald door de prijs van bionafta.
237 De bionafta die gebruikt wordt is HVO (*Hydrotreated Vegetable Oil*) dat gemaakt is van *tall*
238 *oil* uit de papierindustrie, met een prijs van 1.400 euro per ton. Aangezien uit 1 ton nafta
239 550 kilo HVC wordt gevormd bedragen de grondstofkosten 2.545 euro per ton HVC. Er is
240 verondersteld dat de specifieke kosten gelijk zijn voor elk van de HVC's (etheen, propeen,
241 acetyleen, waterstof, benzeen en butadieen).

242 3.2.4 Restwaarde

243 Niet van toepassing. Aangezien de productie plaatsvindt in bestaande installaties zijn er bij
244 de berekening van het basisbedrag geen investeringskosten gerekend.

245 3.3 CO₂-emissie

246 De productie van HVC's gebeurt in een aantal stappen. De eerste stap is het kraken van de
247 nafta in een stoomkraker; in de vervolgstappen worden de verschillende producten door
248 middel van destillatie van elkaar gescheiden. Daarvoor wordt stoom en elektriciteit gebruikt.
249 De stoomkrakers worden verhit met restgas dat tijdens het kraakproces wordt gevormd. Ge-
250 redeneerd is dat het restgas dat uit bionafta wordt gevormd een op een mag worden toege-
251 rekend aan het kraakproces van de bionafta. Aangezien dat restgas een biogene oorsprong
252 heeft is die emissie 0. De emissies die vrijkomen bij de productie van stoom en elektriciteit
253 voor de opwerking van de verschillende producten – in totaal 0,08 kg CO₂/kg HVC (Oliveira
254 en Van Dril 2020) - zijn echter niet van biogene oorsprong. Zoals gezegd is verondersteld
255 dat etheen eveneens een emissiefactor van 0,08 kg CO₂/kg heeft.

⁸ In werkelijkheid vindt de bijmenging batchgewijs plaats; voor de uiteindelijke hoogte van het basisbedrag maakt dat echter geen verschil.

4 Correctiebedrag

256

4.1.1 Marktprijs etheen

257 Er is gerekend met een marktprijs van 1.004 €/t etheen (waarde 2019)⁹.
258

4.1.2 CO₂-prijs

259 Het correctiebedrag voor inkomsten gerelateerd aan emissierechten wordt berekend met:
260

261 CO₂-prijs * (Δ CO₂ – Δ allocatie EUA), waarbij:
262

263

263 • CO₂-prijs = Ongewogen gemiddelde van de dagprijzen van EUA's (European Emission Al-
264 lowances onder het EU Emission Trading System);

265 • Δ CO₂ = De afname van de directe CO₂-emissie als gevolg van de toepassing van bio-
266 gene etheenproductie;

267 • Δ allocatie EUA = De (eventuele) afname van de hoeveelheid gratis gealloceerde rechten
268 als gevolg van biogene etheenproductie.
269

4.1.3 Vermeden CO₂-emissie

270

271 Bij de berekening van de vermeden emissies gaat het in dit conceptadvies alleen om de
272 emissies die tijdens de productieprocessen vrijkomen. CO₂ die is opgeslagen in de gewassen
273 waaruit de biogene grondstoffen zijn geproduceerd, of die vrijkomt tijdens de teelt, transport
274 en productie van de biogene grondstoffen is buiten beschouwing gelaten. Het is wel de be-
275 doeling dat in het eindadvies ook de in Nederland vermeden emissies bij de verbranding in
276 een afvalverbrandingsinstallatie van de uit Nederlandse etheen geproduceerde producten in
277 beschouwing worden genomen. De CO₂-emissie van producten uit bio-etheen is daarbij per
278 definitie 0.
279

280

281 De CO₂-emissie van de HVC-productie uit fossiele nafta bedraagt 1,05 ton per ton HVC. Er is
282 verondersteld dat de specifieke CO₂-emissiefactoren gelijk zijn voor elk van de HVC's. De
283 emissies van de bio-ethanol- en de bionaftaroute zijn respectievelijk 0,73 en 0,08 ton CO₂
284 per ton etheen.
285

286

Vermeden emissie bio-ethanolroute

287 De vermeden emissie bedraagt 0,32 ton CO₂/ton etheen.
288

289

Vermeden emissie bionaftaroute

290 De vermeden emissie bedraagt 0,97 ton CO₂/ton etheen.

⁹ <https://www.icis.com/explore/resources/news/2019/11/22/10447338/firmer-naphtha-could-stall-falling-european-ethylene-propylene-spot-prices>. De prijs van 1.004 is gerekend als gemiddelde van de maandelijkse waarden voor 'Ethylene FD NWE Contract Reference Price Contract Reference Month Announced Prive Monthly (Miod) (EUR/tonne)' (de gele lijn).

5 Resultaten

291

5.1 Bio-ethanolroute

292

293 Tabel 5-1 geeft een overzicht van de aannames die gebruikt zijn bij de berekening van het
294 basisbedrag en de subsidie-intensiteit voor etheenproductie via de bio-ethanolroute. Tabel
295 5-2 geeft een overzicht van de berekende resultaten, waaronder de basisbedragen.

296

297

Tabel 5-1 Technisch-economische parameters etheenproductie via bio-ethanolroute

Parameter	Eenheid	Advies SDE++ 2021
Inputvermogen	kg ethanol/uur	31.875
Ethanolgebruik per ton etheen	kg ethanol/kg etheen	1,7
Outputvermogen	kg etheen/uur	18.750
Vollasturen	Uren/jaar	8.000
Investeringskosten	€/kg etheen/uur	3.467
Vaste O&M-kosten	€/kg/uur	400
Variabele O&M-kosten	€/kg etheen	0,964

298

299

Tabel 5-2 Overzicht subsidieparameters etheenproductie via bio-ethanolroute

Parameter	Eenheid	Advies SDE++ 2021
Basisbedrag SDE++	€/kg etheen	1,137
Looptijd subsidie	Jaar	15
Basisprijs SDE++ etheen	€/kg etheen	2/3 * 1,004
Correctiebedrag (marktprijs etheen)	€/kg etheen	1,004

5.2 Bionaftaroute

300

301 Tabel 6-1 geeft een overzicht van de aannames die gebruikt zijn bij de berekening van het
302 basisbedrag en de subsidie-intensiteit voor etheenproductie via de bionaftaroute. Tabel 6-2
303 geeft een overzicht van de berekende resultaten, waaronder de basisbedragen.

304

305 **Tabel 6-3 Technisch-economische parameters etheenproductie via bionaftaroute**

Parameter	Eenheid	Advies SDE++ 2021
Inputvermogen	kg bionafta/uur	300
Bionaftagebruik per ton HVC (waaronder etheen)	kg bionafta/kg bio-HVC	1,82
Outputvermogen	kg bio-HVC/uur	165
Vollasturen	Uren/jaar	8.000
Investeringskosten	€/kg HVC/uur	Niet van toepassing
Vaste O&M-kosten	€/kg HVC/uur	330
Variabele O&M-kosten	€/kg HVC	2,545

306

307

308 **Tabel 6-4 Overzicht subsidieparameters etheenproductie via bionaftaroute**

Parameter	Eenheid	Advies SDE++ 2021
Basisbedrag SDE++	€/kg HVC (idem voor etheen)	2,773
Looptijd subsidie	Jaar	15
Basisprijs SDE++ etheen	€/kg etheen	2/3 * 1,004
Correctiebedrag (marktprijs etheen)	€/kg etheen	1,004

309

310

311

6 Uitvraag

312

313

314

315

316

317

- In het huidige conceptadvies is het correctiebedrag (in dit geval de marktprijs van etheen) vastgesteld als gemiddelde van de maandelijkse termijnprijzen in Noord-west-Europa in 2019. Geven spotprijzen een betere afspiegeling van de werkelijke grondstofkosten en is het voor de jaarlijkse vaststelling van het werkelijke correctiebedrag gedurende de subsidieperiode dus beter om spotprijzen in plaats van termijnprijzen te gebruiken?

Literatuur

318

- 319 CE Delft (2019) Circulaire en biobased opties in de SDE++; Bepaling onrendabele top en CO2-
320 reductie, Delft.
321
- 322 Crnomarković et al., (2018) Case studies on potentially attractive opportunities for bio-based
323 chemicals in Europe, RoadtoBio, Crnomar-ković, M.,Y.Panchaksharam, J. Spekreijse, C.
324 vom Berg, Á. Puente, R. Chinthapalli, 2018.
325
- 326 Hoogma (2016) Haalbaarheid van deoxygenatie van oliën/vetten tot bionafta in stilstaande bi-
327 odieselfabrieken, Remco Hoogma (Dwarsverband).
328
- 329 IEA (2013) Production of Bio-ethylene, IEA-ETSAP and IRENA © Technology-Policy Brief I13 –
330 January 2013.
331
- 332 Intratec (2013) Technology Economics: Ethylene Production Via Ethanol Dehydration. San An-
333 tonio (TX): Intratec Solutions.
334
- 335 Mohsenzadeh et al. (2017) Bioethylene Production from Ethanol: A Review and Techno-eco-
336 nomical Evaluation, ChemBioEng Rev 2017, 4, No. 2, 75–91.
337
- 338 Oliveira en Van Dril (2020) Decarbonisation options for large volume organic chemical produc-
339 tion Sabic, Geleen. PBL en ECN part of TNO (nog te publiceren).
340
- 341 RVO (2019) MIA \ Vamil Brochure en Milieulijst 2020, Rijksdienst voor Ondernemend Spallina
342 et al. (2017) Techno-economic assessment of different routes for olefins production
343 through the oxidative coupling of me-thane (OCM): Advances in benchmark technolo-
344 gies. In: Energy Conversion and Management, pp 244-261.
345
- 346 Wong en Van Dril (2020) Decarbonization options for large volume organic chemicals produc-
347 tion Shell Moerdijk, PBL en ECN part of TNO (nog te publiceren).
348
349