
CO₂-levering Nieuw Prinsenland vanuit Rilland

11 maart 2013



CO₂-levering Nieuw Prinsenland vanuit Rilland

Datum: 11 maart 2013
Projectnummer: 12463
Status: Definitief

Opdrachtgever: Tuinbouwontwikkelingsmaatschappij (TOM)
T.a.v. de heer P. Janmaat
Postbus 1496
5200 BM 'S-HERTOGENBOSCH

Productschap Tuinbouw
T.a.v. de heer D. Medema
Postbus 280
2700 AG ZOETERMEER

Groene Poort
T.a.v. de heer W. Wisse
Herenwerf 52
3155 DK MAASLAND

Uitgevoerd door: DWA installatie- en energieadvies
Duitslandweg 4
Postbus 274
2410 AG BODEGRAVEN
Telefoon 088 - 163 53 00
E-mailadres dwa@dwa.nl

Auteur: A.H.M. Kosse
Co-lezer: E.C. Klop

Inhoudsopgave

1	Samenvatting	2
2	Conclusies en aanbevelingen	2
2.1	Conclusies.....	2
2.2	Aanbevelingen	2
3	Inleiding.....	2
3.1	Aanleiding	2
3.2	Doelstelling.....	2
3.3	Leeswijzer	2
3.4	Disclaimer	2
4	Uitgangspunten	2
4.1	CO ₂ -vraag	2
4.2	CO ₂ -aanbod Groene Poort.....	2
4.3	Overige uitgangspunten.....	2
5	Opwerkingstechnieken groen gas.....	2
5.1	Inleiding.....	2
5.2	Overzicht technologieën en leveranciers	2
6	Transportmogelijkheden.....	2
6.1	Vloeibaar	2
6.2	Leidingen.....	2
6.2.1	Inleiding	2
6.2.2	Gebruik bestaand leidingwerk	2
6.2.3	Beoordeling leiding	2
7	Omschrijving scenario's	2
7.1	Inleiding.....	2
7.2	Variant 1: gasvormige levering	2
7.3	Variant 2: vloeibare levering	2
8	Resultaat varianten	2
8.1	Leveringshoeveelheden.....	2
8.2	Financieel resultaat.....	2
8.2.1	Investerings.....	2
8.2.2	Exploitatiekosten.....	2
8.2.3	CO ₂ -tarieven	2
8.3	Gevoeligheidsanalyse.....	2

Bijlagen

- I CO₂-levering
- II Onderscheid investeringen en exploitatiekosten

1 Samenvatting

Inleiding

Een mogelijke CO₂-bron voor het glastuinbouwgebied van Nieuw Prinsenland is de nieuw te bouwen vergister in Rilland. Bij deze installatie, de Groene Poort genoemd, wordt biogas geproduceerd, dat vervolgens wordt opgewerkt tot groen gas. Bij het opwerkingsproces komt CO₂ vrij welke kan worden ingezet voor CO₂-bemesting in Nieuw Prinsenland, maar ook in de glastuinbouwbedrijven in Rilland zelf.

In dit onderzoek worden de technische mogelijkheden van het gebruik van deze CO₂ uitgewerkt, zowel voor Rilland als Nieuw Prinsenland. Hierbij wordt tevens de kostprijs bepaald om de CO₂ te zuiveren en transporteren, zodat deze bij beide glastuinbouwgebieden kan worden ingezet.

Technische mogelijkheden

CO₂-reiniging

De techniek waarmee De Groene Poort het biogas opwerkt tot groen gas is nog niet geselecteerd. De techniekselectie heeft invloed op de CO₂-concentratie, vervuilingsgraad en hoeveelheid CO₂ welke uit het proces vrijkomt. De techniekselectie heeft hierdoor invloed op de mogelijkheden voor CO₂-levering. Deze CO₂-stroom dient dan ook in de meeste situaties nog aanvullend gereinigd te worden, om het toe te kunnen passen voor CO₂-bemesting.

Door middel van cryogene scheiding, wordt CO₂ vloeibaar gemaakt. Hierdoor kan CO₂ worden gescheiden van de verontreinigingen, waaronder methaan. Deze techniek heeft voor deze toepassing de meeste potentie, aangezien vloeibare CO₂ relatief eenvoudig gebufferd kan worden. Daarnaast kan met deze techniek een zuivere CO₂-stroom worden geproduceerd.

Transportmogelijkheden

Vloeibare CO₂ kan door middel van vrachtwagens of schepen worden getransporteerd van Rilland naar Nieuw Prinsenland. Voor scheepvaart is de schaalgrootte echter te beperkt, waardoor vrachtransport de gewezen transportwijze is voor vloeibaar CO₂ in deze situatie.

Een andere transportwijze is het transport via leidingen. Hiervoor zal het vloeibare CO₂ weer gasvormig gemaakt moeten worden door middel van verdamper. Vervolgens kan voor het transport gebruikgemaakt worden van de bestaande pijpleiding van de Defensie Pijpleiding Organisatie, welke momenteel buiten gebruik is.

Beide opties, dus zowel het transport van vloeibare CO₂ als het transport van gasvormige CO₂, worden in deze studie uitgewerkt.

Mogelijke CO₂-levering

Om inzicht te krijgen in de mogelijkheden van de inzet van de CO₂ van de Groene Poort, is een berekening gemaakt van het verbruiksprofiel van Rilland en Nieuw Prinsenland. In combinatie met het aanbod is vervolgens berekend hoeveel CO₂ er geleverd kan worden. Het resultaat is in tabel 1.1 weergegeven.

tabel 1.1 Leveringshoeveelheden

Levering	Eenheid	Hoeveelheden
Levering Nieuw Prinsenland	[ton/jaar]	8.800
Levering Rilland	[ton/jaar]	5.800
Totaal	[ton/jaar]	14.600

Uitgangspunt bij de berekeningen is dat bij gasvormige levering aan Nieuw Prinsenland de pijpleiding als buffer kan worden ingezet. Bij vloeibare levering worden buffertanks ingezet voor opslag, zodat er in tijden van overschot de CO₂ tijdelijk kan worden opgeslagen, voor een aantal dagen. Daarnaast geldt het uitgangspunt dat de CO₂ eerst wordt ingezet in Rilland. Het overschot komt beschikbaar voor Nieuw Prinsenland.

Financieel resultaat

De kostprijs voor CO₂-levering is voor Rilland anders dan voor Nieuw Prinsenland, aangezien er voor de laatste situatie meer voorzieningen nodig zijn. Dit is de reden waarom zowel de kostprijs voor Rilland, als de kostprijs voor Nieuw Prinsenland is berekend.

In de volgende tabel worden de benodigde investeringen, exploitatiekosten en de uiteindelijke CO₂-kostprijzen weergegeven. Daarbij wordt onderscheid gemaakt in twee varianten: de levering van gasvormige CO₂ en de levering van vloeibare CO₂. Uitgangspunt bij beide situaties is dat er in beide gevallen cryogene scheiding wordt toegepast. Bij gasvormige levering wordt deze CO₂ weer gasvormig gemaakt, zodat het per leiding naar Nieuw Prinsenland getransporteerd kan worden.

tabel 1.2 *Uitgangspunten berekening CO₂-vraag*

Omschrijving	Eenheid	Gasvormige levering	Vloeibare levering
Investerings			
Rilland	[€]	1.272.000,-	1.132.000,-
Nieuw Prinsenland	[€]	2.041.000,-	1.963.000,-
Exploitatiekosten			
Rilland	[€/Jaar]	164.000,-	157.000,-
Nieuw Prinsenland	[€/Jaar]	280.000,-	288.000,-
CO₂-kostprijs			
Rilland	[€/ton]	52,-	52,-
Nieuw Prinsenland	[€/ton]	64,-	61,-

De kostprijs is het CO₂-tarief welke nodig is om na 15 jaar te kunnen voldoen aan een rendementseis van 10%. In bovenstaande berekeningen zijn geen extra kosten opgenomen voor overname van de genoemde DPO-leiding. In hoeverre dit uitgangspunt reëel is, zal eventueel nader onderzocht moeten worden. De kostprijs van de DPO-leiding heeft een grote invloed op het uiteindelijke CO₂-tarief voor Nieuw Prinsenland.

Bovenstaande berekeningen zijn uitgevoerd met het uitgangspunt dat er na de biogasopwerking een cryogene installatie nodig is voor CO₂-opwerkingen. Indien deze techniek al wordt toegepast voor biogasopwerking, is deze stap overbodig, mits de juiste voorzuivering wordt toegepast. Daardoor kan een CO₂-kostprijs worden gerealiseerd van circa € 40,- per ton.

2 Conclusies en aanbevelingen

2.1 Conclusies

Groen gas installaties en CO₂-recovery

- 1 CO₂-levering, bijvoorbeeld aan glastuinbouwgebieden, kan als overweging worden meegenomen bij de techniekselectie van een groen gas installatie. Indien dit het geval is, is cryogene scheiding de techniek met de meeste potentie.
- 2 Het grote voordeel van cryogene scheiding is de productie van vloeibare CO₂. Hierdoor nemen de buffermogelijkheden toe, waardoor er meer CO₂ van de groen gas installatie nuttig kan worden toegepast.

CO₂-transport

- 1 Bij CO₂-levering aan Nieuw Prinsenland zou voor een groot gedeelte gebruikgemaakt kunnen worden van een bestaande leiding. Deze leiding is een voormalige kerosineleiding van de Defensie Pijpleidingen Organisatie (DPO). Het alternatief is vloeibare CO₂-levering door middel van vrachtwagens.
- 2 Binnen Nederland liggen diverse bestaande leidingtracés, welke op de nominatie staan om afgestoten te worden en welke eventueel gebruikt kunnen worden voor CO₂-transport.
- 3 Bij de overname van bestaande leidingen vormt de technische staat van de leiding een belangrijk aandachtspunt. Daarnaast zijn de beschikbaarheid en overdraagbaarheid van de bijbehorende vergunningen en zakelijke rechten belangrijk. Ook de juridische ruimte om binnen de bestaande vergunningen/rechten CO₂ te transporteren in plaats van het oorspronkelijke medium (vaak kerosine) vormt een aandachtspunt.
- 4 Het gasvormig transport, via de DPO-leiding, kent grotere (technische en juridische) risico's, waardoor de kostprijs voor CO₂ nog aanzienlijk kan stijgen ten opzichte van het vloeibaar transport per as.

De Groene Poort/Nieuw Prinsenland

- 1 Bij de Groene Poort komt in de eerste fase voldoende CO₂ vrij om circa 60% van de CO₂-vraag van de glastuinbouwbedrijven in Rilland te kunnen dekken. Aanvullend hierop kan bij Nieuw Prinsenland nog circa 25% van de CO₂-vraag worden geleverd.
- 2 De kostprijs voor CO₂-levering aan Rilland ligt aanzienlijk lager dan de levering aan Nieuw Prinsenland. Het verschil in kostprijs tussen gasvormige levering en vloeibare levering aan nieuw Prinsenland is beperkt. Bij de gasvormige levering worden in dat geval geen kosten meegenomen voor de overname van de DPO-leiding.
- 3 Door het verschil tussen het aanbod- en het vraagprofiel wordt circa 4.000 ton CO₂ niet benut. Deze mismatch heeft invloed op het uiteindelijke CO₂-tarief. Bij een hogere benutting wordt de kostprijs lager en bij een lagere benutting wordt de kostprijs hoger.
- 4 In dit onderzoek wordt, bij het bepalen van het CO₂-aanbod, uitsluitend uitgegaan van de eerste fase van de Groene Poort. Het financieel resultaat is afhankelijk van de schaalgrootte en zal verbeteren als eventueel ook de tweede fase van de Groene Poort gerealiseerd gaat worden.

2.2 Aanbevelingen

- 1 Alhoewel er nog geen zekerheid is dat de vergistingsinstallatie wordt gerealiseerd, dient gekozen te worden voor cryogene opwerking van het biogas. In dat geval kan, bij de juiste voorzuivering, CO₂ direct worden toegepast voor de glastuinbouw. Er is dan geen meerinvestering nodig om de CO₂ verder te zuiveren.
- 2 Zowel voor Rilland als Nieuw Prinsenland is vloeibare levering in eerste instantie het meest optimale scenario. Voor deze hoeveelheden kent het gebruik van de DPO-leiding te grote risico's. Het betreft hier niet alleen financiële risico's, maar ook risico's op het gebied van wetgeving en vergunningverlening. Er zal daarom in eerste instantie naar vloeibare levering gekeken moeten worden.

3 Inleiding

3.1 Aanleiding

Het glastuinbouwgebied van het Agro en Food cluster Nieuw Prinsenland (hierna: Nieuw Prinsenland) is volop in ontwikkeling. Het gebied wordt voorzien van een collectief distributiesysteem voor CO₂. De doelstelling is om hier met name duurzame (bio)CO₂ toe te passen. Dit is de reden waarom er in 2011 een onderzoek is gedaan naar alternatieve CO₂-levering.

Uit het onderzoek blijkt dat CO₂-levering van Suiker Unie een haalbare optie is. Dit is de reden waarom deze momenteel verder wordt uitgewerkt. Omdat de leveringscapaciteit van Suiker Unie niet voldoende is, om op termijn de volledige vraag te kunnen dekken, wordt gezocht naar andere duurzame bronnen.

Een mogelijke bron is de nieuw te bouwen biomassavergister in Rilland. Bij deze installatie, de Groene Poort genoemd, wordt biogas geproduceerd, dat vervolgens wordt opgewerkt tot groen gas. In het onderzoek naar de CO₂-voorziening van Nieuw Prinsenland is hier reeds op kentabasis aan gerekend. Een verdere uitwerking is nodig om de haalbaarheid van deze optie beter inzichtelijk te krijgen en om de optimale configuratie te bepalen.

3.2 Doelstelling

De doelstelling van het onderzoek is dan ook de rentabiliteit van CO₂-levering vanuit de biomassavergister van Rilland verder uit te werken. Daarbij moeten tevens de optimalisatiemogelijkheden voor CO₂-levering, zoals de techniekkeuze voor de groengasopwerking en de transportmogelijkheden van CO₂ inzichtelijk worden gemaakt.

Naast bovenstaande doelstelling worden in deze rapportage de aandachtspunten weergegeven voor het gebruik van bestaand leidingwerk ten behoeve van CO₂-transport.

3.3 Leeswijzer

Het rapport is op de volgende wijze opgebouwd:

- in hoofdstuk 4 worden de uitgangspunten weergegeven. Met name de uitgangspunten met betrekking tot de CO₂-vraag en het CO₂-aanbod worden hier beschreven;
- hoofdstuk 5 beschrijft de verschillende opwerkingstechnieken voor groen gas. Daarbij wordt vooral aandacht besteed aan de invloed van de techniek op de leveringsmogelijkheden van CO₂;
- vervolgens wordt in hoofdstuk 6 ingegaan op de transportmogelijkheden van CO₂;
- in dit onderzoek worden twee varianten uitgewerkt voor levering van CO₂ aan Nieuw Prinsenland. Deze varianten worden in hoofdstuk 7 beschreven;
- tenslotte wordt in hoofdstuk 8 het resultaat van deze twee varianten uitgewerkt. Daarbij wordt, door middel van een gevoeligheidsanalyse, de invloed van een aantal scenario's weergegeven.

3.4 Disclaimer

De, in deze rapportage, weergegeven tarieven zijn geen afnametarieven, maar kostprijstarieven. Voor andere situaties zal een andere kostprijs gelden, aangezien deze afhankelijk is van de specifieke situatie.

4 Uitgangspunten

4.1 CO₂-vraag

Uitgangspunten berekening CO₂-vraag

Bij de berekening van de CO₂-vraag worden de volgende uitgangspunten gehanteerd.

tabel 4.1 *Uitgangspunten berekening CO₂-vraag*

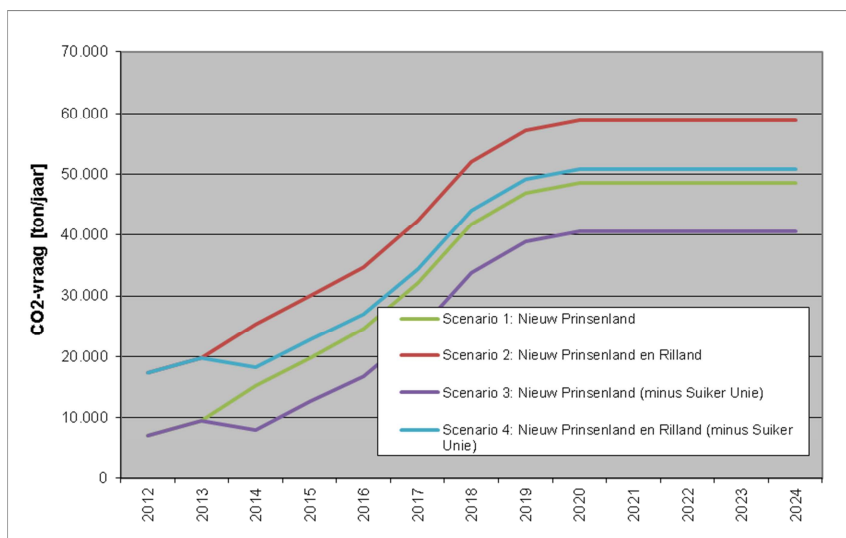
Omschrijving	Eenheid	Rilland	Nieuw Prinsenland
Oppervlak	[ha netto]	85	205
CO ₂ -verbruik (wkk + externe CO ₂)	[ton/ha/jaar]	400	474
CO ₂ -verbruik (piek)	[kg/uur/ha]	228	271
Aandeel wkk in totaal CO ₂ -verbruik	[%]	70%	50%

Het weergegeven CO₂-verbruik is bepaald op basis van de gemiddelde teeltsamenstelling van het glastuinbouwgebied en het CO₂-verbruik per specifieke teelt. Bij Rilland is deze lager, vanwege onder andere de aanwezigheid van 10 hectare veldsja, waarvan wordt aangenomen dat deze geen CO₂ verbruikt. Daarnaast is het aandeel wkk hier hoger, vanwege de bestaande situatie, waarbij het huidige aandeel wkk hoger is dan het verwachte aandeel wkk van Nieuw Prinsenland.

Scenario's CO₂-vraag

Voor wat betreft de CO₂-vraag, welke eventueel ingevuld kan worden door CO₂ vanuit de Groene Poort, zijn er vier scenario's te onderscheiden.

- 1 CO₂-vraag vanuit Nieuw Prinsenland: de CO₂-vraag van Nieuw Prinsenland wordt in dit scenario primair ingevuld door CO₂ vanuit de Groene Poort. Daarnaast wordt aangenomen dat er geen CO₂, welke in Rilland wordt geproduceerd, in Rilland zelf wordt gebruikt. De volledige hoeveelheid staat ter beschikking van Nieuw Prinsenland.
- 2 CO₂-vraag vanuit Rilland en Nieuw Prinsenland: in dit scenario wordt de geproduceerde CO₂ eerst ingezet in Rilland. Het overschot komt beschikbaar voor Nieuw Prinsenland.
- 3 CO₂-vraag vanuit Nieuw Prinsenland minus Suiker Unie: hierbij wordt de CO₂ van de Groene Poort uitsluitend aan Nieuw Prinsenland geleverd. Bij Nieuw Prinsenland vindt echter ook CO₂-levering plaats vanuit de Suiker Unie. De CO₂ van Suiker Unie is de primaire bron. Het tekort wordt aangevuld vanuit Rilland.
- 4 CO₂-vraag vanuit Nieuw Prinsenland en Rilland minus Suiker Unie: hierbij wordt primair de CO₂ van de Groene Poort geleverd aan Rilland. Het overschot wordt geleverd aan Nieuw Prinsenland, waar tevens levering van CO₂ van Suiker Unie plaatsvindt.



figuur 4.1 *Scenario's CO₂-vraag*

In deze studie wordt uitgegaan van scenario 4. De redenen hiervoor zijn als volgt:

- levering van CO₂ van Suiker Unie richting Nieuw Prinsenland is reeds in een vergevorderd stadium. Daarnaast is de levering van de CO₂ van Suiker Unie aan Nieuw Prinsenland één van de doelstellingen van het gebied, met betrekking tot het sluiten van kringlopen;
- CO₂-levering vanuit de Groene Poort aan het glastuinbouwgebied van Rilland is één van de achterliggende doelstellingen van de ontwikkeling van de Groene Poort.

Bij de uitwerking wordt uitgegaan van de situatie rond 2020, vanaf het moment dat de CO₂-vraag zich stabiliseert. Dit is het (verwachte) moment waarop het glastuinbouwgebied van Nieuw Prinsenland is volgebouwd. Het glastuinbouwgebied Rilland is momenteel volgebouwd, waardoor er geen groei aan kasoppervlak te verwachten is.

4.2 CO₂-aanbod Groene Poort

De Groene Poort is een samenwerkingsproject van verschillende ondernemers in de omgeving van Rilland, provincie Zeeland. Het doel is een biomassa installatie te realiseren, ten behoeve van de productie van groene energie.

De kern van de biomassa installatie is de vergister. De realisatie van het gehele project is verdeeld over twee fasen.

- Fase 1: een installatie voor de verwerking van 165.000 ton biomassa. Het betreft industriële vergisting van restproducten, zoals afval uit de frietfabrieken en uienafval. Met de installatie wordt circa 24.500.000 Nm³ biogas geproduceerd. Uit deze hoeveelheid biogas kan 15.000.000 Nm³ groen gas worden gemaakt. Momenteel is het project bezig met het rondkrijgen van de financiering. De doelstelling is om eind 2013 te starten met productie (situatie november 2012).
- Fase 2: de totale verwerkingscapaciteit wordt in de tweede fase verhoogd tot in totaal 330.000 ton per jaar. Daarbij zijn tevens plannen, naast een vergister, een ethanolafabriek op te zetten voor de productie van bio-ethanol. Ook bij de productie van ethanol komt CO₂ vrij.

In dit onderzoek wordt de eerste fase als uitgangspunt voor de beschikbare hoeveelheid CO₂ gehanteerd. Aangezien er nog onzekerheid over de realisatie van deze eerste fase is, is de onzekerheid over een tweede fase nog groter. Het is in dit stadium nog niet reëel om met de opbrengst uit een tweede fase rekening te houden.

De uitgangspunten, voor wat betreft het CO₂-aanbod, wordt in onderstaande tabel weergegeven.

tabel 4.2 *Uitgangspunten*

Omschrijving	Eenheid	Waarde	Opmerkingen
Biogas productie	[Nm ³ /jaar]	24.545.455	55% methaan en 45% CO ₂
Groen gas productie	[Nm ³ /jaar]	15.000.000	Bevat nog 6% CO ₂
Beschikbaar CO ₂	[ton/jaar]	18.954	-

4.3 Overige uitgangspunten

In de volgende tabel worden enkele overige uitgangspunten weergegeven, welke binnen het project worden gehanteerd.

tabel 4.3 *Uitgangspunten*

Omschrijving	Eenheid	Waarde
Elektriciteitsstarief	[€/kWh]	0,08
Gastarief	[€/Nm ³]	0,30
Looptijd	[Jaar]	15
Rendementseis	[%]	10%
Energieprijsstijging	[%]	3%
Inflatie	[%]	3%

5 Opwerkingstechnieken groen gas

5.1 Inleiding

Bij vrijwel alle groen gas projecten spelen de volgende factoren en rol bij de selectie en het ontwerp van de opwerkingstechniek:

- schaalgrootte;
- kwaliteit en samenstelling biogas;
- investering;
- operationele kosten;
- methaanverlies.

De mogelijkheid tot herbenutting van de CO₂, welke aanwezig is in het biogas, blijft daarbij onderbelicht. Doordat de opwerkingstechniek voor groen gas, welke bij de Groene Poort toegepast gaat worden, nog niet geselecteerd is, worden de technieken in dit hoofdstuk beoordeeld op dit aspect. Daarbij wordt per techniek het volgende aangegeven:

- verwachte CO₂-samenstelling;
- geschiktheid voor CO₂-levering in de glastuinbouw;
- noodzakelijke aanvullende voorzieningen.

Samenstelling biogas

De samenstelling van het biogas is sterk afhankelijk van het ingangsmateriaal van de vergister. Ondanks deze afhankelijkheid, zijn de elementen uit de volgende tabel kenmerkend voor biogas afkomstig uit vergistingsinstallaties.

tabel 5.1 Componenten in biogas (FNR, 2006)

Omschrijving	Eenheid	Concentratie range	Gangbaar
Methaan	[%]	45-70%	60%
Koolstofdioxide	[%]	25-55%	35%
Stikstof	[%]	0,01-5%	1%
Zuurstof	[%]	0,01-2%	0,3%
Waterstofsulfide	[mg/m ³]	10-30.000	500
Organische zwavelverbindingen	[mg/m ³]	<0,1-30	<0,1
Ammoniak	[mg/m ³]	0,01-2,5	0,7
BTX (Benzeen, Toluene, Xyleen)	[mg/m ³]	<0,1-5	<0,1
Siloxanen	[mg/m ³]	<0,1-5	<0,1
Halogeenkoolwaterstoffen	[ppm]	0 – 0,15	-
Waterdamp	[%]	3,1%	3,1% (100% relatieve vochtigheid)

De tabel toont aan dat de concentratierange groot is. Per situatie zal op basis van de verwachte biogas componenten de juiste techniek moeten worden gekozen in combinatie met het juiste ontwerp.

Van bovenstaande stoffen is met name van H₂S, SO₂ (behoort bij overige zwavelverbindingen), ammoniak en benzeen bekend dat deze schadelijk zijn voor met name de gewassen in de glastuinbouw. Alhoewel de schadelijkheid van methaan bij lage concentraties niet bekend is, is het gewenst deze voldoende uit de CO₂-stroom te verwijderen. Methaanverlies leidt namelijk tot een lagere groen gas productie. Bovendien is methaan een sterk broeikasgas (25 keer sterker dan CO₂), waardoor het gewenst is deze voldoende te verwijderen.

Het water zal moeten worden verwijderd om problemen bij de compressie, opslag en transport van CO₂ te voorkomen. Indien de CO₂-stroom nog water bevat, kan deze tot schade aan de installaties leiden.

Kwaliteitseis CO₂

In de volgende tabel worden de uiteindelijke kwaliteitseisen van de uiteindelijke CO₂ weergegeven. Van de componenten welke zijn weergegeven is het bekend dat:

- deze schadelijk zijn voor de gewassen;
- de kans bestaat dat deze in het biogas, en dus de CO₂-stroom, aanwezig kunnen zijn.

tabel 5.2 Kwaliteitseisen CO₂

Component	Eenheid	Waarde
CO ₂ (gas)	[vol%]	±99
H ₂ O	[ppm]	<40
NO	[ppm]	<2.5
NO ₂	[ppm]	<2.5
Total koolwaterstoffen (incl. methanol)	[ppm]	<500
Totale aromatische koolwaterstoffen	[ppm]	<0.1
Totale vluchtige organische stoffen (exclusief methanol)	[ppm]	<1.2
H ₂ S	[ppm]	<0.2
Carbonyl sulfide	[ppm]	<0.1
SO ₂	[ppm]	<1
Dimethyl sulfide	[ppm]	<1.1
CO	[ppm]	<50
Etheen	[ppm]	<0,2
HCN	[ppm]	<20

5.2 Overzicht technologieën en leveranciers

In deze paragraaf worden de belangrijkste technologieën weergegeven, welke worden gebruikt voor het opwerken van biogas tot groen gas. Bij de uitleg wordt met name aandacht besteed aan de impact op de hoeveelheid en kwaliteit van CO₂, welke hierbij vrijkomt.

Overzicht technologieën

Waterwassing

Hierbij wordt het gas onder druk onderin een waskolom gebracht. Het gas verloopt de weg van beneden naar boven, terwijl het water van boven naar beneden door de waskolom sijpelt.

De oplosbaarheid van CO₂, H₂S (waterstofsulfide) en NH₃ (ammoniak) is in water aanzienlijk hoger dan die van methaan. Door het intensieve contact tussen het gas en de vloeistof, worden deze stoffen opgenomen in het water.

Het water wordt (onder druk) vervolgens naar één of meerdere flash tanks gebracht. Daar wordt de druk gereduceerd, waarbij de gasvormige bestanddelen weer vrijkomen. Het gas uit het eerste flash vat wordt vanwege de hoge concentratie methaan weer teruggelid naar de biogasstroom. Het gas uit een eventuele tweede flash vat bevat hoofdzakelijk CO₂. Naast CO₂ bevat het nog beperkte hoeveelheden methaan en lage concentraties van de vervuilingen, zoals hierboven genoemd in de tabel. Dit is de CO₂-stroom welke toegepast kan worden voor CO₂-bemesting.

Het waswater uit het laatste flash vat bevat nog CO₂, welke door middel van een desorptiekolom wordt gespoeld door middel van omgevingslucht. In de kolom wordt een grote hoeveelheid lucht in contact gebracht met het waswater. Het resterende deel CO₂ wordt hierdoor uit het waswater gehaald, zodat het water weer gebruikt kan worden in de waskolom.

tabel 5.3 Kenmerken waterwassing met betrekking tot CO₂-levering

Kenmerk	Omschrijving
Benodigde aanvullende voorzieningen	<p>Aanvullende zuiveringsstap nodig voor methaanverwijdering uit de CO₂-rijke stroom.</p> <p>Indien er geen voorzuiveringsstap van het biogas is, dient het CO₂ alsnog te worden ontzwaveld.</p> <p>CO₂ moet worden ontvochtigd.</p>
CO ₂ -kenmerken	<p>Relatief hoge druk.</p> <p>Hoge concentratie.</p> <p>Niet alle CO₂ kan hiermee worden teruggewonnen, aangezien een (groot) gedeelte uit de desorptiekolom wordt afgelaten naar de omgeving.</p>

Gaswassing

Naast het wassen met water, kunnen er ook andere vloeistoffen worden gebruikt om CO₂ uit de biogasstroom te halen, zoals amines.

Er zijn diverse vloeistoffen beschikbaar, met bijbehorende merknamen, welke hiervoor gebruikt kunnen worden. Bij enkele vloeistoffen gaat het niet alleen om absorptie in de vloeistof, maar ook om een chemische reactie tussen CO₂ en de vloeistof.

Het voordeel van deze vloeistoffen is dat deze heel selectief kunnen zijn, waardoor relatief schone CO₂-concentraties kunnen worden verkregen (laag methaanverlies). Voorwaarde hiervoor is dat er wel een voorzuivering plaatsvindt, waarbij stoffen zwavelhoudende elementen worden verwijderd.

Regeneratie gebeurt door middel van het verhitten (uitkoken) van het absorptiemiddel of door het strippen door middel van gas.

In het eerste geval kan nog een hoge CO₂-concentratie worden verkregen. Als de wasvloeistof wordt gestript met buitenlucht, dan wordt de CO₂-concentratie aanzienlijk verlaagd, doordat deze wordt gemengd met buitenlucht.

tabel 5.4 Kenmerken gaswassing met betrekking tot CO₂-levering

Kenmerk	Omschrijving
Benodigde aanvullende voorzieningen	Er is voorzuivering nodig van de biogasstroom.
CO ₂ -kenmerken	<p>Zuivere CO₂.</p> <p>Lage druk CO₂.</p> <p>CO₂ kan nog oplosmiddel (wasvloeistof) bevatten, waardoor er alsnog een zuiveringsstap zal moeten worden toegepast.</p>

Pressure Swing Adsorptie (PSA)

Hierbij wordt, onder verhoogde druk, CO₂ afgescheiden uit het biogas door adsorptie aan een oppervlak. Hiervoor kunnen diverse materialen worden gebruikt, zoals actief kool en zeoliet. Afhankelijk van de gaskwaliteit kunnen ook meerdere materialen worden gebruikt binnen één installatie, zodat alle componenten uit het gas worden verwijderd.

Er wordt gebruikgemaakt van diverse adsorptiekolommen. Als één kolom verzadigd is, wordt het ruwe biogas in een andere kolom geleid. De verzadigde kolom wordt vervolgens in druk gereduceerd, waardoor het CO₂ weer vrijkomt.

De drukreductie kan in verschillende drukstappen plaatsvinden. Doordat het gas bij de eerste reductiestap nog methaan bevat, kan deze stroom worden teruggeleid naar de biogasstroom. De gasstroom uit volgende reductiestappen bevat hierdoor aanzienlijk minder methaan. Deze kan naar een volgende kolom worden geleid voor verdere zuivering, totdat de gewenste CO₂-kwaliteit is bereikt.

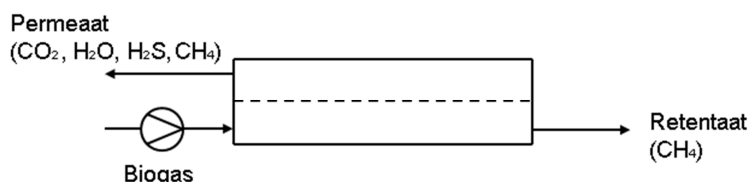
Als voorbehandeling is doorgaans ontzwaveling nodig, om H₂S te verwijderen.

tabel 5.5 Kenmerken PSA met betrekking tot CO₂-levering

Kenmerk	Omschrijving
Benodigde aanvullende voorzieningen	Voor ongewenste stoffen (naast methaan) is aanvullende voorzuivering nodig. Dit betekent bijvoorbeeld ontzwaveling. Eventueel zijn meerdere trappen nodig om de methaanconcentratie in de afgassen te reduceren.
CO ₂ -kenmerken	Hoge concentratie. Lage druk. Aantal stappen bepaald CO ₂ -kwaliteit, maar aanvullende zuiveringsstap lijkt onontkoombaar.

Membraanfiltratie

Door middel van membraanscheiding, wordt gebruikgemaakt van het verschil in permeabiliteit van diverse stoffen, welke in biogas aanwezig zijn. Zo gaat CO₂, H₂O en H₂S aanzienlijk sneller door een membraan dan methaan.



figuur 5.1 Schematische weergave membraanscheiding

De permeaatstroom bevat de vervuilingen, welke in het biogas aanwezig zijn. Dit betekent dat aanvullende reinigungsstappen noodzakelijk zijn om de juiste CO₂-kwaliteit te verkrijgen. Daarnaast bevat het permeaat nog methaan. Het methaanverlies is bij deze techniek over het algemeen het hoogst. De hoeveelheid hiervan wordt beïnvloed door het ontwerp van het systeem. Onder andere het aantal fasen bepaalt de hoeveelheid methaan in het permeaat.

tabel 5.6 Kenmerken membraanfiltratie met betrekking tot CO₂-levering

Kenmerk	Omschrijving
Benodigde aanvullende voorzieningen	Voor ongewenste stoffen (naast methaan) is aanvullende voorzuivering nodig. Dit betekent bijvoorbeeld ontzwaveling. Eventueel zijn meerdere trappen nodig om de methaanconcentratie in de afgassen te reduceren. Daarnaast is de methaanconcentratie hoog, waardoor er aanvullende voorzieningen nodig zijn om het methaan te verwijderen.
CO ₂ -kenmerken	Hoge concentratie, lage druk.

Cryogeen

Bij cryogene gasscheiding wordt gebruikgemaakt van het verschil in kookpunt van methaan en koolstofdioxide. Het biogas wordt daarbij gekoeld tot een temperatuur waarbij het koolstofdioxide in het gas condenseert, waardoor het kan worden afgescheiden als een vloeistof. Het methaan blijft daarbij gasvormig.

Door het biogas in diverse stappen te koelen, kunnen gericht bepaalde verontreinigingen worden verwijderd. Zo kan in een eerste koeltrap H₂S, SO₂ en water worden verwijderd.

tabel 5.7 Kenmerken cryogene gasreiniging met betrekking tot CO₂-levering

Kenmerk	Omschrijving
Benodigde aanvullende voorzieningen	Voorzuivering nodig, afhankelijk van kwaliteit biogas.
CO ₂ -kenmerken	Hoge en zuivere CO ₂ , welke vloeibaar is.

Overzicht leveranciers

In de onderstaande tabel wordt een aantal leveranciers van groen gas installaties weergegeven.

tabel 5.8 Overzicht leveranciers opwerkingstechnieken¹

Leverancier	Waterwassing	Gaswassing	PSA	Membraan	Cryogeen
DMT	X			X	
Cirmac		X	X	X	
Haffmans				X	X
GTS					X
Imtech Green Gas Technology		X			
Greenlane	X				
Dreyer & Bosse		X			
Malmberg	X				

Conclusies

- Het vloeibaar maken van het CO₂ levert de zuiverste CO₂. Voorzuivering van het biogas is hierbij wel nodig.
- Alhoewel gaswassing ook een redelijk zuivere en geconcentreerde CO₂-stroom oplevert, lijkt aanvullende zuiveringstechniek onontkoombaar.

¹ De tabel geeft een aantal leveranciers, maar het overzicht is niet uitputtend.

6 Transportmogelijkheden

6.1 Vloeibaar

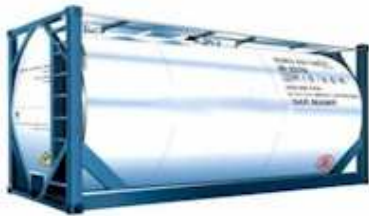
Het voordeel van vloeibaar transport ten opzichte van gasvormig transport, is de aanzienlijk grotere dichtheid van vloeibare CO₂. Het transport van CO₂ via de weg of via water, leent zich dan ook met name voor vloeibare CO₂, doordat het te transporteren volume beperkt blijft. Het nadeel is dat er zowel een lage temperatuur als een hoge druk nodig is om de CO₂ vloeibaar te houden.

Wegtransport

Door middel van tankauto's kan vloeibare CO₂ worden getransporteerd. De opgebouwde tanks zijn geïsoleerd en het CO₂ is in de tanks opgeslagen bij een druk van 10 tot 20 bar en bij een temperatuur van -20 tot -35°C.

De transportcapaciteit van wegtransport wordt begrensd door het wettelijke maximale totaalgewicht van 50 ton. Dit betekent in de praktijk dat er maximaal circa 25 tot 30 ton per wagen getransporteerd kan worden.

Het vrachttransport kan plaatsvinden door middel van een combinatie van trekker met oplegger (uitgevoerd met tank). In dit geval zijn er op de laad- als losplek opslag tanks nodig voor vloeibare CO₂. Een alternatief is om het CO₂ te transporteren in containers. Hiervoor zijn echter hef-/hijsvoorzieningen nodig.



figuur 6.1 Container (links) en oplegger (rechts) ten behoeve van transport vloeistoffen

Transport water

CO₂ kan ook door middel van schepen worden vervoerd. In Nederland is reeds ervaring met het transport van vloeibare CO₂. Deze CO₂ wordt toegepast voor de frisdrankindustrie. Het schip, eigendom van rederij Veder (zie afbeelding), heeft een bruto gewicht van circa 1.800 ton en een capaciteit van 1.250 m³ en was voorheen een LNG-tanker.



figuur 6.2 CO₂-tanker

Om het CO₂ per water te kunnen transporteren zijn uiteraard voorzieningen nodig voor een schip om aan te kunnen meren. Dit kan bijvoorbeeld door middel van een aanlegkade of door middel van een dukdalf.

Ook bij het watertransport zijn diverse opties denkbaar:

- transport met een tanker, waarbij de tanker wordt geleegd door CO₂ over te pompen in opslagtanks op de kade;
- het aanmeren van een duwbak, voorzien van CO₂-opslagtanks. Deze tanks op de duwbak kunnen daarbij tevens dienst doen als buffer. Op het moment dat de tanks leeg zijn, wordt een andere duwbak aangelegd met volle tanks;
- transport met een containerschip, waarbij volle containers worden aangevoerd en de lege containers weer worden afgevoerd.

Voor de schaalgrootte van dit project is het transport van CO₂ per schip niet interessant. Daarom wordt uitsluitend de situatie met de vrachtwagen uitgewerkt.

6.2 Leidingen

6.2.1 Inleiding

In deze paragraaf worden de mogelijkheden en aandachtspunten beschreven bij het gebruik van (bestaand) leidingwerk voor CO₂-transport. Het is geen uitgebreide procedure voor overname van bestaand leidingwerk. Het beschrijft echter de belangrijkste overwegingen en aandachtspunten.

In Nederland ligt een groot aantal buisleidingen ten behoeve van het transport van gassen en vloeistoffen. Het betreft hier bijvoorbeeld het transport van aardgas, aardolie, kerosine en chemische producten.

CO₂ kan door middel van buisleidingen worden getransporteerd. Het voordeel van het transport per leiding is de capaciteit, de betrouwbaarheid, de veiligheid en de ontlasting van het weg- of waternet.

Het nadeel van buisleidingen is de hoge investering welke nodig is, met name bij het gebruik van nieuwe leidingsystemen. Een dergelijke hoge investering kan (gedeeltelijk) worden voorkomen door het gebruik van bestaande leidingsystemen.

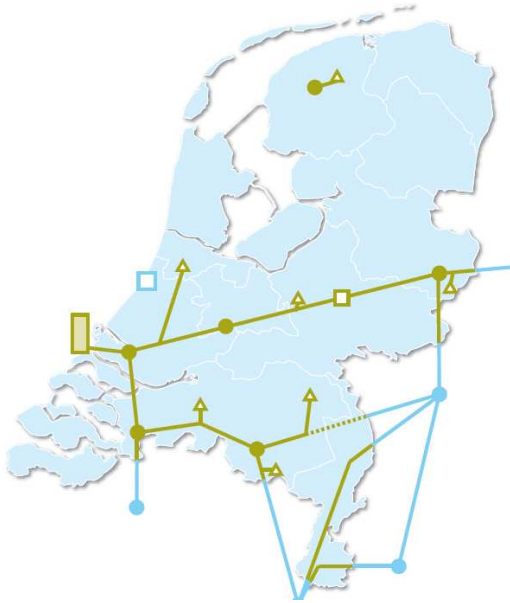
6.2.2 Gebruik bestaand leidingwerk

In Nederland liggen diverse 'loze' leidingen in de grond. Dit betekent dat deze leidingen hun oorspronkelijke functie hebben verloren en buiten gebruik nog in de grond liggen. Doordat het verwijderen van het leidingwerk gepaard gaat met (aanzienlijke) kosten, verdient het aanbeveling om te zoeken naar nieuwe toepassing voor deze leidingsystemen.

DPO-leidingen

De Defensie Pijpleidingen Organisatie (DPO) beheert een groot leidingnetwerk in Nederland. Het leidingnet is bedoeld voor het vervoer van vliegtuig- en voertuigbrandstof. Het netwerk maakt deel uit van het Central European Pipeline, wat eigendom is van de NATO. Het netwerk is in de jaren 50 aangelegd, in de periode van de koude oorlog.

In de volgende figuur is een schematisch overzicht gegeven van de DPO pijpleidingen in Nederland.



figuur 6.3 Overzicht DPO pijpleidingen

Doordat de dreiging van de koude oorlog niet meer aanwezig is, is er voor Defensie geen noodzaak meer tot het gebruik van deze leidingen. Een groot gedeelte van deze DPO-leiding zijn momenteel dan ook buiten gebruik.

Om inzicht te krijgen in de beschikbaarheid van bestaand leidingwerk, zal per situatie geïnventariseerd moeten worden of er leidingen zijn, welke buiten gebruik zijn genomen. Dergelijke informatie kan bijvoorbeeld worden verkregen via het Kadaster. Volgens de Wet Informatie-Uitwisseling Ondergrondse Netten (WION of grondroedersregeling), dient er informatie beschikbaar te zijn over de ligging van deze leidingen en tevens of de leiding buiten gebruik is (loze leiding), tenzij de leiding is verwijderd.

6.2.3 Beoordeling leiding

Bij het beoordelen van de geschiktheid van een leiding voor een specifieke toepassing, spelen diverse aspecten een rol. De belangrijkste aspecten zijn:

- capaciteit;
- technische staat;
- benodigde aanvullende voorzieningen;
- wet- en regelgeving;
- voorwaarden overname leiding.

Capaciteit

De capaciteit van een leiding geeft aan hoeveel CO₂ er door middel van de leiding getransporteerd kan worden. De voornaamste eigenschappen van een leiding, welke de capaciteit bepalen zijn de diameter en de maximaal toelaatbare druk.

Diameter

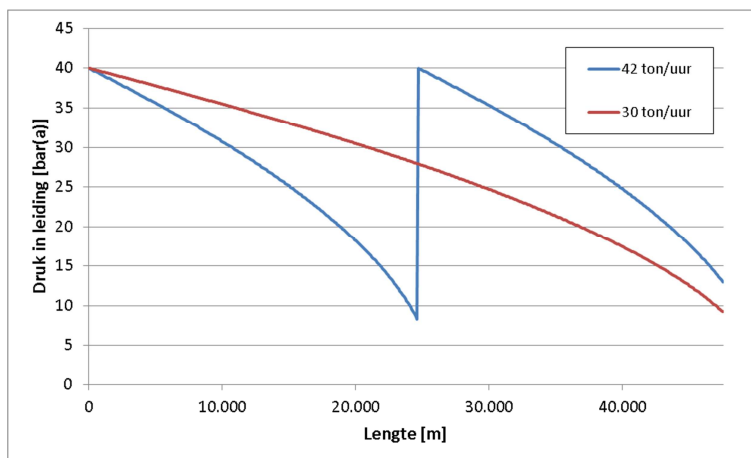
Bij het gebruik van bestaande leidingen staat de diameter vast. Hierdoor is dit geen middel om invloed uit te oefenen op de capaciteit van de leiding.

Druk

Door de druk in een leiding te verhogen, wordt de dichtheid van CO₂ hoger. Hierdoor kan er meer kilogram CO₂ door een leiding worden getransporteerd. Een hogere druk betekent hierdoor een hogere capaciteit.

Bij oude leidingen is de wanddikte een belangrijk aandachtspunt. Door slijtage en corrosie kan deze minder zijn dan het oorspronkelijke ontwerp. Hierdoor kan de maximaal toelaatbare druk afnemen.

Tijdens het transport van een gas in een leiding neemt de druk af, op basis van de afgelegde afstand in de leiding. Om aan het eind van de leiding een minimale gewenste einddruk te verkrijgen, kan er een boostercompressor nodig zijn om de druk in de leiding te verhogen. Dit wordt geïllustreerd aan de hand van de volgende figuur. Om een capaciteit van 30 ton te realiseren volstaat één compressor aan het begin van de leiding. Om een capaciteit van 42 ton per uur te realiseren is er na circa 24 kilometer een boostercompressor nodig om een einddruk van 9 bar te kunnen halen.



figuur 6.4 Druk in leidingen

De maximale druk in de leiding wordt onder meer begrensd door:

- de maximale ontwerpdruk van de leiding;
- aantasting van de leiding en afdichting;
- de druk waarbij CO₂ vloeibaar wordt, geldend bij de bedrijfstemperatuur. Bij een temperatuur van 10°C (grondtemperatuur) wordt CO₂ vloeibaar bij circa 40 bar. Voor CO₂ betekent het dat de druk niet hoger mag zijn dan circa 40 bar.

Buffer

Als het profiel van vraag en aanbod niet overeenkomt, kan een buffer worden ingezet om meer CO₂ te kunnen leveren. Door variatie van de druk kan een leiding worden ingezet als buffervoorziening. In periodes waarbij er een overschot is aan CO₂ kan de druk in de leiding worden verhoogd (tot maximaal 40 bar). In periodes waarbij de vraag groter is dan het aanbod, kan de druk in de leiding vervolgens weer zakken. Deze buffer is met name bedoeld om de mismatch van enkele dagen te kunnen overbruggen.

Technische staat

De huidige technische staat van de leiding is afhankelijk van een aantal zaken:

- oorspronkelijke ontwerp van de leiding met de doorgevoerde corrosiebeschermingsmaatregelen (kathodische bescherming en coating);
- het onderhoud, welke is uitgevoerd tijdens de exploitatietermijn van de eigenaar;
- tevens is de wijze van conservering in de periode waarop de leiding buiten gebruik is geweest, bepalend voor de kwaliteit van de leiding en of het beschermingssysteem intact is gebleven;
- in de periode waarop de leiding buiten gebruik is gesteld, kan er een aantal secties zijn verwijderd. Dit zal in overleg met de eigenaar geïnventariseerd moeten worden, net als de reden waarom deze secties zijn verwijderd.

Diverse bronnen, zoals onderhoudslogboeken van de leidingen, geven veel inzicht in de huidige en historische staat van de leiding. Op basis van deze informatie kan de juiste inspectietechniek worden geselecteerd, om de leiding te inspecteren. Er zijn namelijk diverse technieken waarmee de technische staat van een ondergrondse leiding inzichtelijk kan worden gemaakt. Door middel van inspecties, bijvoorbeeld door middel van pigging, kunnen aspecten als corrosie, leidingdikte, lekkages, scheuren en de aanwezigheid van vervuilingen inzichtelijk worden gemaakt.

Ook de gronddekking is daarbij een belangrijk aandachtspunt. Voorwaarde is echter dat hier wel voorzieningen voor aanwezig zijn, of eventueel in een later stadium worden aangebracht.

Op basis van het resultaat van de inspecties, kan een fit-for-purpose programma worden opgesteld. Daarmee wordt beoordeeld of de leiding voldoet voor de nieuwe functie.

Bij het beoordelen van de leiding dient aansluiting gemaakt te worden met de constructie-eisen volgens NEN 3650 (eisen voor buisleidingsystemen) en NTA 8000 (risicomanagement voor buisleidingsystemen en eisen aanwezigheid veiligheidsbeheersysteem). In de herziening in 2012 van de norm is CO₂ opgenomen, waarin aandachtspunten zijn opgenomen bij het gebruik van CO₂-leidingen. Hierbij is onder andere aangegeven dat bij het materiaalgebruik van afdichtingen rekening gehouden moet worden met het oplossend vermogen van CO₂.

Uit het programma moet blijken welke acties worden uitgevoerd. Deze acties kunnen bijvoorbeeld bestaan uit:

- volledig vervangen van leidingsecties, bij onherstelbare schade;
- reparatie of hercoating van leidingen, bij herstelbare schade;
- het aanpassen van de onderhoudsplanning, om risico's inzichtelijk te houden. Dit indien er wel schade is geconstateerd, maar waar niet directe risico's uit voortkomen.

Benodigde aanvullende voorzieningen

Aangezien de nieuwe functie van de leiding in veel gevallen niet exact overeenkomt met de functie waarvoor het systeem is ontworpen, zijn aanvullende voorzieningen nodig. Aanvullende voorzieningen hebben bijvoorbeeld betrekking op:

- compressiestation en eventuele boostercompressoren;
- regelingen: druk en debietregelingen;
- monitoring van kwaliteit en eventuele mogelijkheden om CO₂ af te blazen;
- meting van hoeveelheden.

Wet- en regelgeving

Vergunningen

Voor de aanleg van buisleidingen zijn vergunningen nodig. Daarnaast dienen deze leidingen te worden opgenomen in het bestemmingsplan. Tevens moet op de leidingstrook de gebruikersbeperkingen, een bouwverbod en een aanlegvergunningstelsel gelden.

Bij wijzigingen in het gebruik van de leiding, zoals hier het geval is, zal dit moeten worden aangegeven. Op basis hiervan zal eventueel het bestemmingsplan en de vergunning gewijzigd moeten worden.

Bij de overname van leidingen is het van belang onder welke voorwaarden de leiding oorspronkelijk is gelegd. Deze voorwaarden kunnen eisen stellen aan bijvoorbeeld:

- de mogelijkheid van overdracht, met of zonder de plicht om de grondeigenaren toestemming te vragen;
- de eventuele termijn waarover de rechten geldig zijn;
- de stoffen welke door de leiding getransporteerd mogen worden;
- de plicht tot het ruimen van de leiding, als deze niet meer in gebruik is genomen. Dit kan voor de kopende partij tot hoge kosten leiden;
- de beschikbaarheid en volledigheid van opstalrechten en vergunningen.

Externe veiligheid

De externe veiligheid van bestaande buisleidingen wordt geregeld in het Besluit Externe Veiligheid Buisleidingen en de Regeling Externe Veiligheid Buisleidingen. Deze wetgeving is met name gericht op het transport van aardgas en aardolieproducten. Het transport van CO₂ valt momenteel nog buiten de regeling. CO₂ zal, alsmede overige gevaarlijke stoffen, in de toekomst wel worden meegenomen.

De externe veiligheid geeft aan wat de risico-afstanden zijn van de buisleidingen en op welke afstand gevoelige objecten (ziekenhuizen, scholen) zich mogen bevinden. Bovendien geeft dit besluit een meldingsplicht voor ongewone voorvallen, waaraan zal moeten worden voldaan.

De veiligheid dient te worden geborgd, aangezien er bij het gebruik van deze leidingen diverse risico's aanwezig zijn. Deze risico's worden veroorzaakt door:

- externe invloeden, zoals schade ontstaan bij graafwerkzaamheden. De kans op beschadigingen is lager bij een grotere wanddikte en als de leiding in een buisleidingenstrook ligt. Bovendien dienen graafwerkzaamheden gemeld te worden, zodat voorkomen wordt dat leidingen geraakt worden (KLIC-melding, WION);
- corrosie, zowel intern als extern. Interne corrosievorming kan worden gereduceerd door voldoende water uit de CO₂ te verwijderen. Externe corrosie is afhankelijk van de pijpconstructie (bijvoorbeeld pijp in pijp), materiaal, kathodische bescherming en eventuele coating.

7 Omschrijving scenario's

7.1 Inleiding

Zoals al is beschreven wordt van het volgende scenario (4) uitgegaan:

- CO₂ wordt in eerste instantie geleverd aan het tuinbouwgebied in Rilland;
- de CO₂-voorziening van Nieuw Prinsenland wordt in eerste instantie ingevuld door Suiker Unie. Indien dit niet voldoende is, wordt er CO₂ uit Rilland aangeleverd.

Binnen dit scenario zijn weer twee varianten mogelijk, waarbij het onderscheid wordt gemaakt op basis van de wijze van CO₂-transport:

- variant 1: CO₂ vanuit de Groene Poort wordt gasvorming geleverd aan Nieuw Prinsenland;
- variant 2: CO₂ vanuit de Groene Poort wordt vloeibaar geleverd aan Nieuw Prinsenland.

In de volgende paragrafen worden deze scenario's nader toegelicht.

7.2 Variant 1: gasvormige levering

Inleiding

In dit scenario wordt CO₂ uit groen gas installatie van de Groene Poort verder gereinigd, zodat er zuivere CO₂ geproduceerd en geleverd kan worden.

Als zuiveringstechniek wordt uitgegaan van het condenseren van de CO₂. Deze techniek is met name nodig om het methaan uit de CO₂-stroom te verwijderen. Alhoewel de exacte methaanconcentratie in de CO₂-rijke stroom afhankelijk is van de groen gas opwerkingstechniek, is deze techniek nodig om de methaanresten te verwijderen. Uitgangspunt daarbij is dat overige verontreinigingen, zoals zwavelverbindingen reeds zijn verwijderd in de groen gas installatie.

Het methaan dat wordt afgescheiden in de CO₂-opwerkingsinstallatie kan worden teruggevoerd naar de gasopwerking. Deze methaanhoeveelheid is wel afhankelijk van de geselecteerde groen gas opwerkingstechniek.

Dit scenario is dus geldig indien wordt gekozen voor alle groen gas technieken, behalve cryogene groengasopwerking. In het laatste geval is de CO₂ reeds vloeibaar en voldoende gezuiverd. Uitgangspunt daarbij is, dat het biogas voldoende is gezuiverd, zodat ook overige vervuilingen (bijvoorbeeld H₂S) reeds voldoende zijn verwijderd.

Benodigde voorzieningen

CO₂-opwerkingsinstallatie

Het opwerken gebeurt door middel van cryogene zuivering. De capaciteit van de installatie bedraagt 1.400 m³ CO₂/uur. Hierdoor wordt alle CO₂ vloeibaar gemaakt.

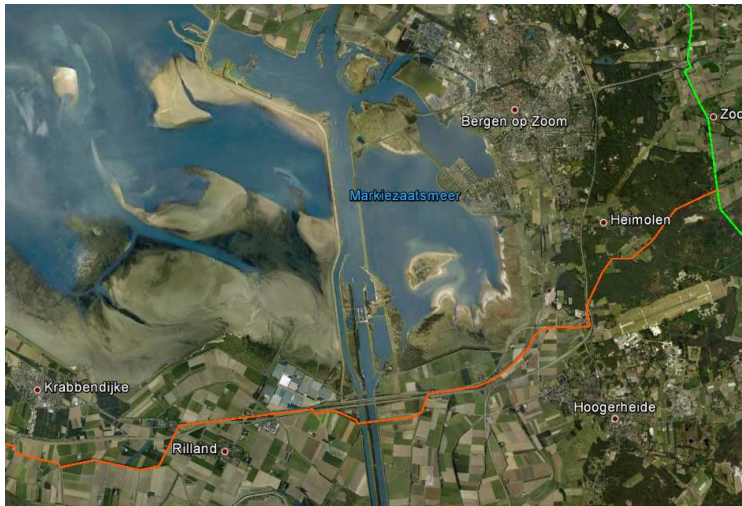
Een deel van deze CO₂ wordt vervolgens direct verdampt en gecompriëerd. Deze CO₂ is ten behoeve van Nieuw Prinsenland. Het andere gedeelte wordt vloeibaar opgeslagen ten behoeve van Rilland.

Leidingwerk

Bij gasvormige CO₂-levering aan Nieuw Prinsenland, kan voor een groot gedeelte gebruik worden gemaakt van bestaand leidingwerk. CO₂ kan door middel van twee bestaande buisleidingen naar Nieuw Prinsenland worden getransporteerd:

- 1 P16 Woensdrecht – Hansweert: deze 8 inch leiding is een DPO-leiding, welke voorheen voor kerosine werd gebruikt. Vanaf Rilland tot aan de kruising met de PW8-leiding bedraagt de afstand circa 13,5 kilometer;
- 2 PW8 Pernis – Woensdrecht: dit is tevens een 8 inch leiding. Vanaf de kruising met de P16-leiding tot aan Nieuw Prinsenland is de afstand circa 34 kilometer. Deze leiding loopt door tot Antwerpen.

Ter hoogte van het glastuinbouwgebied ligt de P16-leiding tussen de spoorlijn en de A58. Dit betekent dat als er een aansluiting gemaakt moet worden, er een doorvoer onder de spoorlijn en de N289 gemaakt moet worden.



figuur 7.1 P16 leiding Woensdrecht - Hansweert

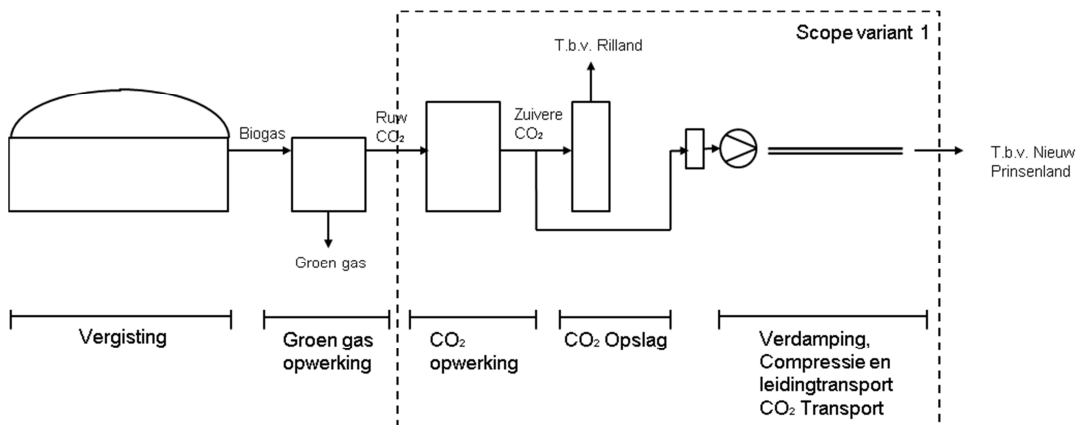
Compressiestation

Er is een compressor nodig om de CO₂ vanuit Rilland naar Nieuw Prinsenland via de leiding te kunnen transporteren. Uitgangspunt is dat de compressor een werkdruk heeft van 41 bar(a). Deze druk is nodig, opdat de leiding gebruikt kan worden als buffer. De minimale einddruk is namelijk 9 bar(a), waardoor de drukverhoging zorgt dat er CO₂ gebufferd kan worden.

Buffervoorzieningen

De leiding van Rilland naar Nieuw Prinsenland kan als buffer dienen ten behoeve van de CO₂-voorziening. De buffercapaciteit bedraagt circa 100 ton CO₂. Uitgangspunt hierbij is dat het tracé van Woensdrecht naar Nieuw Prinsenland volledig benut wordt voor buffering vanuit Rilland. Voor Nieuw Prinsenland worden geen aanvullende (vloeibare) buffervoorzieningen getroffen. Dit betekent dat de CO₂ uit de opwerkingsinstallatie direct verdampt, wordt gecomprimeerd en in de leiding wordt gepompt.

Daarnaast wordt er, ten behoeve van de CO₂-levering aan Rilland een buffer geplaatst met een capaciteit van 50 ton vloeibare CO₂. Aangezien de CO₂ vloeibaar wordt gemaakt, kan de CO₂ op de gangbare wijze worden gedistribueerd bij de glastuinbouwbedrijven. Dit betekent dat er geen distributienet nodig is voor gasvormige CO₂. Hier zijn verder geen aanvullende voorzieningen voor opgenomen.



figuur 7.2 Scope variant 1

7.3 Variant 2: vloeibare levering

Inleiding

In dit scenario wordt, net als in het vorige scenario, CO₂ uit de groen gas installatie van de Groene Poort verder gereinigd, zodat er zuivere CO₂ geproduceerd en geleverd kan worden. Ook in dit geval wordt CO₂ gecondenseerd, waarbij deze ter plekke (vloeibaar) wordt opgeslagen.

Benodigde voorzieningen

CO₂-opwerking

Het opwerken gebeurt door middel van cryogene zuivering. De capaciteit van de installatie bedraagt 1.400 m³/uur.

Buffervoorzieningen

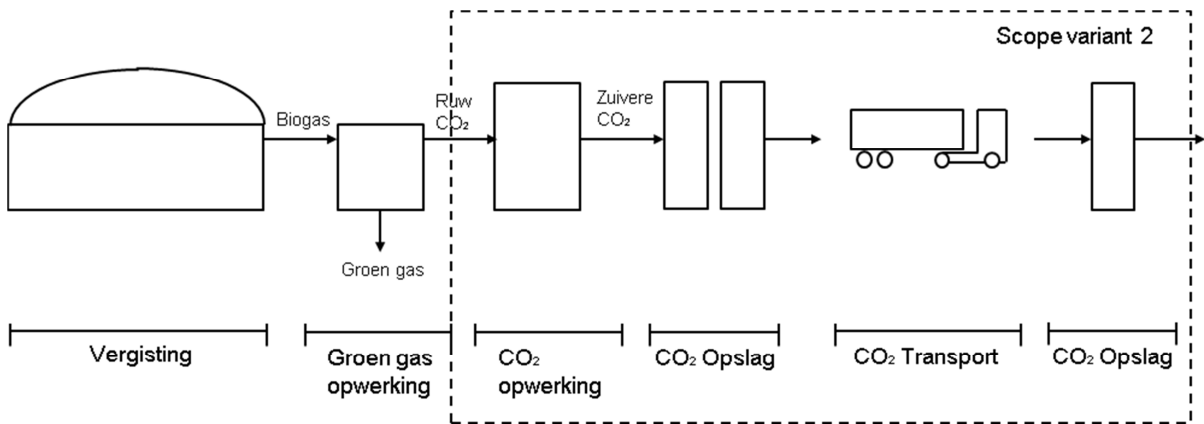
CO₂-buffering vindt in deze variant uitsluitend vloeibaar plaats. Ten behoeve van levering aan Nieuw Prinsenland is er een opslagcapaciteit van 50 ton ter plaatse van de Groene Poort en 50 ton bij Nieuw Prinsenland.

Ten behoeve van de levering aan het glastuinbouwgebied van Rilland, is er een opslagvoorziening van 50 ton bij de Groene Poort. De totale opslagcapaciteit bij de Groene Poort bedraagt hierdoor 100 ton.

Transport

Het transport vindt plaats door middel van transport per as.

In het volgende schema worden de belangrijkste onderdelen weergegeven van deze variant, waarbij tevens de scope wordt aangegeven.



figuur 7.3 Scope variant 2

8 Resultaat varianten

8.1 Leveringshoeveelheden

Op basis van de hierboven beschreven varianten, met bijbehorende capaciteiten en opslagen, is een berekening uitgevoerd, waarin de hoeveelheid CO₂ wordt bepaald, welke aan Rilland en Nieuw Prinsenland kan worden geleverd. Deze berekening is uitgevoerd op uurlijkse basis. De grafieken met deze hoeveelheden (omgerekend van uur naar week, in verband met overzichtelijkheid grafiek) zijn in bijlage I weergegeven. In de onderstaande tabel staat het totaal op jaarbasis weergegeven.

tabel 8.1 Leveringshoeveelheden(geldt voor zowel variant 1 als variant 2)

Levering	Eenheid	Hoeveelheden
Levering Nieuw Prinsenland	[ton/jaar]	8.800
Levering Rilland	[ton/jaar]	5.800
Totaal	[ton/jaar]	14.600

Aangezien de bufferhoeveelheden en capaciteiten in beide situatie gelijk is gehouden, kan er in beide varianten de gelijke hoeveelheid CO₂ worden geleverd. Zie in onderstaande tabel de vergelijking van het buffervolume.

tabel 8.2 Buffervoorzieningen

	Eenheid	Variant 1: Gasvormig	Variant 2: Vloeibaar
Vloeibaar ten behoeve van Nieuw Prinsenland	[ton]	0	2 x 50
Vloeibaar ten behoeve van Rilland	[ton]	50	50
Gasvormig ten behoeve van Nieuw Prinsenland	[ton]	100	0
Totaal	[ton/jaar]	150	150

8.2 Financieel resultaat

8.2.1 Investeringsen

In de volgende tabel staat een overzicht weergegeven van de benodigde investeringen. De uitgangspunten bij de investeringen zijn:

- er wordt van uitgegaan dat voorzieningen als gas en elektriciteit ter plekke aanwezig zijn van de CO₂-opwerkingsinstallatie. Kosten voor een nieuwe netaansluiting en eventuele transformatoren zijn niet meegenomen;
- de terreinvoorzieningen betreffen de benodigde erfverhardingen en aanrijbeveiligingen;
- de genoemde installatiekosten, zijn de kosten voor het installeren van alle benodigde voorzieningen (10%);
- de onvoorziene kosten bedragen 15% van de totale investering;
- er is in variant 1 geen investering meegenomen voor de aankoop van de benodigde DPO-leidingen. Deze prijzen zullen het resultaat zijn van onderhandelingen met DPO. Hiervoor is dan ook een post 'P.M.' meegenomen;
- voor beide gebieden zijn geen kosten meegenomen voor de distributie van CO₂ binnen de gebieden zelf. Nieuw Prinsenland verschilt hiervan met Rilland, aangezien hier reeds een distributienet aanwezig is. Om het resultaat goed te kunnen vergelijken, zijn hier voor Rilland geen aanvullende voorzieningen getroffen. De weergegeven prijs is dus de 'kale' CO₂-prijs.

tabel 8.3 Overzicht investeringen

	Eenheid	Variant 1: Gasvormig	Variant 2: Vloeibaar
CO ₂ -opwerking	[€]	1.742.000,-	1.742.000,-
Compressor	[€]	452.000,-	0,-
Opslag	[€]	134.500,-	403.500,-
Leidingwerk ter plekke	[€]	100.000,-	20.000,-
Leidingwerk Rilland - Nieuw Prinsenland	[€]	P.M.	0,-
Verdampers	[€]	90.000,-	180.000,-
Bouwkundig	[€]	10.000,-	11.000,-
Besturing en instrumentatie	[€]	90.000,-	90.000,-
Installatie	[€]	262.000,-	245.000,-
Onvoorzien	[€]	432.000,-	404.000,-
Totaal	[€]	3.312.500,-	3.095.500,-

8.2.2 Exploitatiekosten

De exploitatiekosten zijn als volgt gespecificeerd:

- de transportkosten zijn de kosten voor het vrachttransport van de CO₂ van Rilland naar Nieuw Prinsenland. Kosten die hierin zijn opgenomen zijn brandstofkosten, rente en afschrijving, belastingen, verzekeringen, reparatie, onderhoud en keuringen. Uitgangspunt hierbij is dat de vrachtwagen continu wordt gebruikt (125.000 kilometer per jaar). Voor dit project behoeven slechts 34.000 kilometers te worden afgelegd. Uitsluitend de kosten voor deze kilometers worden aan dit project toegerekend;
- het warmtegebruik bestaat uit de benodigde warmte voor CO₂-verdamper. Dit is het geval als de vloeibare CO₂ moet worden verdampt, ten behoeve van het leidingtransport naar Nieuw Prinsenland. Uitgangspunt is dat deze warmte beschikbaar is en volgens het Niet-Meer-Dan-Anders-principe kan worden afgenomen. De benodigde warmte voor CO₂-verdamper in de glastuinbouwgebieden zelf, is niet meegenomen (zie scope variant in vorige hoofdstuk);
- het elektriciteitsgebruik bestaat uit het verbruik van de compressoren, de cryogene koeling en enkele overige gebruikers. Bij de cryogene koeling kan slechts een klein deel van de koude worden teruggewonnen ten behoeve van CO₂-condensatie. Dit aandeel bedraagt circa 10% in de eerste variant. Bij de berekening van het elektriciteitsgebruik is hier rekening mee gehouden;
- bij de kosten voor personeel wordt uitgegaan van 0,5 fte (exclusief chauffeur voor transport). Bij de bediening en exploitatie van de installatie kan worden aangesloten bij de overige installaties van De Groene Poort;
- de onderhoudskosten voor de leidingen onderverdeeld in:
 - de onderhoudskosten voor het tracé Rilland – Woensdrecht. Deze kosten worden geraamd op € 1.000,-/km/jaar;
 - de onderhoudskosten voor het tracé Woensdrecht – Nieuw Prinsenland. Voor dit tracé wordt gerekend met 50% van de onderhoudskosten (500 €/km/jaar), aangezien er wellicht meerdere exploitanten van dit tracé komen en de onderhoudskosten dus niet voor volledige rekening van dit project komen.
- De onderhoudskosten van de overige voorzieningen zijn geraamd op 4% van de totale investering.

tabel 8.4 Overzicht exploitatiekosten

Kostenomschrijving	Eenheid	Variant 1: Gasvormig	Variant 2: Vloeibaar
Gaskosten	[€/Jaar]	20.900,-	20.900,-
Elektriciteitskosten	[€/Jaar]	237.500,-	227.300,-
Transportkosten	[€/Jaar]	0,-	50.000,-
Personeel	[€/Jaar]	22.500,-	22.500,-
Onderhoudskosten leiding	[€/Jaar]	31.000,-	0,-
Onderhoudskosten overig	[€/Jaar]	133.000,-	124.000,-
Totaal	[€/Jaar]	444.900,-	444.700,-

8.2.3 CO₂-tarieven

Op basis van de hierboven beschreven varianten, investeringen en exploitatiekosten, kan de kostprijs voor CO₂ worden berekend. Deze kostprijs wordt in onderstaande tabel weergegeven.

De weergegeven prijzen geven het tarief aan, welke moet worden verkregen om aan de gehanteerde rendementseis (10%) te kunnen voldoen over een looptijd van 15 jaar. Bij de CO₂-tarieven wordt onderscheid gemaakt in de kostprijs voor de CO₂ ten behoeve van Rilland en de CO₂ ten behoeve van Nieuw Prinsenland.

tabel 8.5 Overzicht CO₂-tarieven²

CO ₂ -tarief	Eenheid	Variante 1: Gasvormig	Variante 2: Vloeibaar
CO ₂ -tarief Rilland	[€/ton]	52,-	52,-
CO ₂ -tarief Nieuw Prinsenland	[€/ton]	64,-	61,-

Het CO₂-tarief ten behoeve van Rilland is bepaald op basis van de investeringen en exploitatiekosten (uit de vorige twee deelparagrafen), welke aan Rilland kunnen worden toegerekend. Ditzelfde is gedaan om de kostprijs van CO₂ voor Nieuw Prinsenland te bepalen.

Het onderscheid in investeringen en exploitatiekosten is in bijlage II weergegeven.

8.3 Gevoeligheidsanalyse

In deze gevoeligheidsanalyse wordt de invloed van een aantal belangrijke parameters op het CO₂-tarief weergegeven. De volgende situaties worden uitgewerkt:

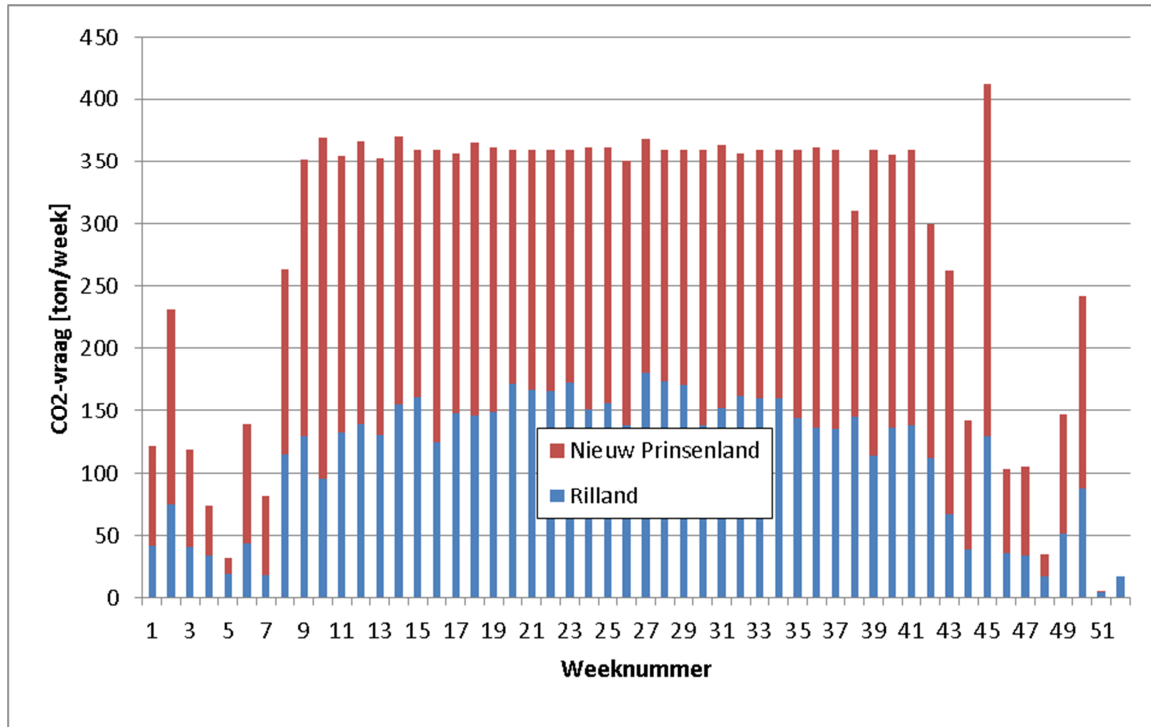
- 1 de huidige situatie, zoals hierboven uitgewerkt (referentie);
- 2 de situatie waarbij de investeringen 25% hoger liggen (investering +25%);
- 3 de situatie waarbij de investeringen 25% lager liggen (investering -25%);
- 4 de situatie waarbij er € 200,- per meter leiding moet worden betaald voor het tracé Rilland – Woensdrecht. Dit bedrag is ongeveer de helft van de kosten van een nieuwe leiding. De totale investering bedraagt hierdoor € 2.700.000,- (investering DPO);
- 5 de situatie waarbij de exploitatiekosten 25% hoger liggen (gerekend over alle exploitatiekosten) (exploitatie +25%);
- 6 de situatie waarbij de exploitatiekosten 25% lager liggen (gerekend over alle exploitatiekosten) (exploitatie -25%);
- 7 de situatie waarbij er geen CO₂-opwerkingsinstallatie nodig is, waardoor deze investering komt te vervallen (exclusief CO₂-opwerking);
- 8 de situatie waarbij de vrachtwagen uitsluitend wordt ingezet voor transport van CO₂ tussen Rilland en Nieuw Prinsenland, waardoor deze slechts beperkt wordt benut (Transport-).

De CO₂-tarieven in de volgende tabel zijn de integrale tarieven. Het betreft hier de gemiddelde kostprijs voor CO₂ van Rilland en Nieuw Prinsenland samen.

tabel 8.6 Overzicht gevoeligheidsanalyse (CO₂-prijzen in €/ton)

		Eenheid	Variante 1: Gasvormig	Variante 2: Vloeibaar
1	Referentie	[€/ton]	59,-	57,-
2	Investering +25%	[€/ton]	68,-	65,-
3	Investering -25%	[€/ton]	51,-	49,-
4	Investering DPO	[€/ton]	94,-	57,-
5	Exploitatie +25%	[€/ton]	68,-	66,-
6	Exploitatie -25%	[€/ton]	51,-	49,-
7	Exclusief CO ₂ -opwerking	[€/ton]	37,-	35,-
8	Transport-	[€/ton]	59,-	59,-

² De weergegeven tarieven zijn geen afnametarieven, maar kostprijstarieven. Voor andere situaties zal een andere kostprijs gelden, aangezien deze afhankelijk is van de specifieke situatie.

Bijlage I CO₂-levering (situatie 2020)figuur I.1 CO₂-levering (situatie 2020)

Bijlage II Onderscheid investeringen en exploitatiekosten

Investerings

tabel II.1 Investering Rilland

Investering Rilland	Eenheid	Variant 1: Gasvormig	Variant 2: Vloeibaar
CO ₂ -opwerking	[€]	692.027,-	692.027,-
Compressor	[€]	0,-	0,-
Opslag	[€]	134.500,-	134.500,-
Leidingwerk ter plekke	[€]	39.726,-	7.945,-
Leidingwerk Rilland - Nieuw Prinsenland	[€]	0,-	0,-
Verdampers	[€]	90.000,-	0,-
Terreinvoorzieningen	[€]	3.973,-	4.370,-
Besturing en instrumentatie	[€]	35.753,-	35.753,-
Installatie	[€]	104.082,-	97.329,-
Onvoorzien	[€]	171.616,-	160.493,-
Totaal	[€]	1.271.678,-	1.132.418,-
Aandeel ten opzichte van totale investering		38%	37%

tabel II.2 Investering Nieuw Prinsenland

Investering Nieuw Prinsenland	Eenheid	Variant 1: Gasvormig	Variant 2: Vloeibaar
CO ₂ -opwerking	[€]	1.049.973,-	1.049.973,-
Compressor	[€]	452.000,-	0,-
Opslag	[€]	0,-	269.000,-
Leidingwerk ter plekke	[€]	60.274,-	12.055,-
Leidingwerk Rilland - Nieuw Prinsenland	[€]	0,-	0,-
Verdampers	[€]	0,-	180.000,-
Terreinvoorzieningen	[€]	6.027,-	6.630,-
Besturing en instrumentatie	[€]	54.247,-	54.247,-
Installatie	[€]	157.918,-	147.671,-
Onvoorzien	[€]	260.384,-	243.507,-
Totaal	[€]	2.040.822,-	1.963.082,-
Aandeel ten opzichte van totale investering		62%	63%

Exploitatiekosten

tabel II.3 Exploitatiekosten Rilland

Exploitatiekosten Rilland	Eenheid	Variant 1: Gasvormig	Variant 2: Vloeibaar
Gaskosten	[€/Jaar]	8.303,-	8.303,-
Elektriciteitskosten	[€/Jaar]	94.349,-	90.297,-
Transportkosten	[€/Jaar]	0,-	0,-
Personeel	[€/Jaar]	8.938,-	8.938,-
Onderhoudskosten leiding	[€/Jaar]	0,-	0,-
Onderhoudskosten overig	[€/Jaar]	52.836,-	49.260,-
Totaal	[€/Jaar]	164.426,-	156.799,-
Aandeel ten opzichte van totale exploitatie		37%	35%

tabel II.4 Exploitatiekosten Nieuw Prinsenland

Exploitatie Nieuw Prinsenland	Eenheid	Variant 1: Gasvormig	Variant 2: Vloeibaar
Gaskosten	[€/Jaar]	12.597,-	12.597,-
Elektriciteitskosten	[€/Jaar]	143.151,-	137.003,-
Transportkosten	[€/Jaar]	0,-	50.000,-
Personeel	[€/Jaar]	13.562,-	13.562,-
Onderhoudskosten leiding	[€/Jaar]	31.000,-	0,-
Onderhoudskosten overig	[€/Jaar]	80.164,-	74.740,-
Totaal	[€/Jaar]	280.474,-	287.901,-
Aandeel ten opzichte van totale exploitatie		63%	65%