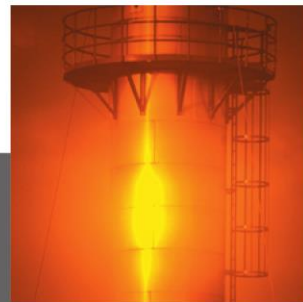
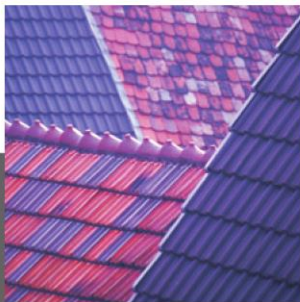


CO2 WINNING UIT BUITENLUCHT

QUICK SCAN HAALBAARHEID

Datum: 7 mei 2015
Opdrachtgever: Programma Kas als Energiebron



ENERGYMATTERS
CONSULTANTS FOR ENERGY SOLUTIONS

Om papier te sparen is de opmaak van dit rapport geoptimaliseerd voor dubbelzijdig afdrukken.

CO2 WINNING UIT BUITENLUCHT

QUICK SCAN HAALBAARHEID



Internet

www.energymatters.nl

Mail

info@energymatters.nl

Tel

+31 30 691 1844

Fax

+31 30 691 1765

Titel

CO2 winning uit buitenlucht

Subtitel

Quick scan haalbaarheid

Projectnummer

14.606

Datum

7 mei 2015

Uitgevoerd door

Sander Peeters en Allan Hart



In opdracht van
Contactpersoon



Programma Kas als Energiebron
Dennis Medema, LTO Glaskracht Nederland



Dit project is gefinancierd vanuit het programma Kas als Energiebron, het innovatie- en actie-programma van Productschap Tuinbouw, LTO Glaskracht Nederland en het Ministerie van Economische Zaken.



SAMENVATTING

Deze Quick scan haalbaarheid is gefinancierd vanuit het programma Kas als Energiebron, het innovatie- en actieprogramma van Productschap Tuinbouw, LTO Glaskracht Nederland en het Ministerie van Economische Zaken.

Op dit moment is CO₂ inkoop of CO₂ uit rookgas van een aardgasgestookte ketel en WKK gangbaar. Daarnaast vindt recent op kleine schaal CO₂-winning uit biomassa voor CO₂-bemesting plaats. Desondanks zal een verwacht tekort aan CO₂ ontstaan, juist ook bij duurzame energie-technieken zoals geothermie, WKO en zonnewarmte.

Het onttrekken van CO₂ uit buitenlucht voor CO₂ bemesting in de kas past dan ook goed bij de duurzame ontwikkelingen in de tuinbouwsector. Daarnaast kan CO₂ uit alternatieve bronnen mogelijk een deel van zomerstook, in perioden van CO₂-behoefte zonder warmtevraag, voorkomen. Deze Quick scan is opgesteld vanuit het perspectief van de CO₂-behoevende glastuinder met geothermiebron.

Wereldwijd heeft Energy Matters 34 organisaties benaderd die zich bezig houden met CO₂-capturing. Hiervan geven slechts 6 organisaties aan zich te richten op CO₂ winning uit buitenlucht voor CO₂ dosering in de kas.

Leveranciers van de techniek waarmee CO₂ uit buitenlucht wordt onttrokken voor dosering in de kas richten zich zowel op decentrale systemen met meerdere kleine units en één groot centraal systeem geschikt voor enkele tot tientallen hectaren kasoppervlak. De gebruikte technieken zijn voornamelijk opname (adsorptie) en afgifte (desorptie) van CO₂ met behulp van zouten en met ion-uitwisselingsmembranen. Vercommercialisering van deze techniek staat nog in de kinderschoenen; enkele leveranciers hebben een pilot-installatie gerealiseerd. Op dit moment zijn de issues:

Het benodigde temperatuurtraject voor CO₂ adsorptie uit buitenlucht en desorptie is voor de meeste leveranciers 80 tot 100°C. Dit is nog te hoog voor een economisch rendabel systeem.

De benodigde hogere temperatuur kan weliswaar worden bereikt door een hoge temperatuur warmtepomp toe te passen. De toename van het elektriciteitsverbruik maakt deze mogelijkheid weliswaar technisch mogelijk echter economisch minder aantrekkelijk.

Slechts een aantal leveranciers hebben een werkende demonstratie- of pilotplant. Voor veel partijen moet het uiteindelijk benodigde optimale temperatuurtraject nog vastgesteld worden. Hetzelfde geldt voor de CO₂ kwaliteit.

De CO₂ kwaliteit van de systemen die in werking zijn is nog niet bekend. De leveranciers verwachten geen problemen, maar dit is nog niet aangetoond.

De huidige prijs van CO₂ uit buitenlucht is op dit moment hoger dan bijvoorbeeld vloeibare CO₂. Binnen ongeveer 3 jaar verwachten verschillende leveranciers een lagere prijs te realiseren variërend van 100 €/ton tot zelfs onder de 50 €/ton CO₂.

Zo is er op dit moment een bedrijf bezig om concepten te ontwikkelen die geen warmte, maar alleen vochtige lucht gebruikt als adsorbent. Naar verwachting van dit bedrijf is het energieverbruik extreem laag waardoor de variabele CO₂-prijs op ongeveer 10 €/ton ofwel 1 €/kg uitkomt. Het nadeel is dat de investeringskosten relatief hoog zijn ten opzichte van de andere CO₂ win-technieken.

Naast het onttrekken van CO₂ aan de buitenlucht is ook gekeken naar het onttrekken van stikstof (N₂) aan de buitenlucht om zodoende de CO₂ concentratie te verhogen. Deze techniek is echter nog niet beschikbaar voor toepassing in de tuinbouw en vanwege de te hoge zuurstofconcentratie waarschijnlijk gevaarlijk en waarschijnlijk minder opbrengst voor het gewas.

Kortom, op dit moment is geen enkel bedrijf in staat een commerciële installatie te leveren die kan concurreren met de inkoop van vloeibare CO₂. Dit vergt zeker nog 3 jaar ontwikkeling.

Energy Matters adviseert dan ook om de CO₂ win-technieken te blijven volgen. Wanneer de prijs van vloeibare CO₂ wordt benadert lijkt het zinvol om in samenwerking met een of twee leveranciers, een pilot bij glastuinders te realiseren. Mogelijk dat de installaties dan nog verder kunnen worden geoptimaliseerd, zodat de exploitatiekosten en uiteindelijk ook de investeringskosten nog verder dalen.



INHOUDSOPGAVE

Samenvatting	5
Inhoudsopgave.....	7
1 Inleiding	9
2 Technologie.....	10
2.1 Werking zoutadsorptie	10
2.2 Historie zoutadsorptie	11
2.3 CO ₂ kwaliteit	11
2.4 Temperatuurtraject warmtelevering.....	11
2.5 Duurzame CO ₂ levering in combinatie met geothermie	12
2.6 Hoge temperatuur warmtepomp.....	12
2.7 Overige technieken.....	13
3 Leveranciers.....	15
3.1 Benaderde leveranciers.....	15
3.2 Potentiele leveranciers.....	15
4 Inpassing	17
4.1 Middelgrote centrale installatie	17
4.2 Grote centrale installatie.....	18
4.3 Decentrale CO ₂ uit buitenlucht.....	19
5 CO ₂ prijs	21
5.1 Kostenverdeling.....	21
5.2 Terugverdientijd	22
6 Conclusie en aanbeveling	24
A Overzicht geothermiebronnen in Nederland	25



1 INLEIDING

Voor de glastuinbouw is CO₂-dosering essentieel. Op dit moment is CO₂ van OCAP per leiding in het Westland, vloeibare CO₂ per vrachtwagen, CO₂ uit rookgassen van een aardgasketel en een WKK gangbaar. Onder andere door inzet van duurzame warmtebronnen zoals geothermie, WKO en zonnewarmte neemt inzet van WKK en ketels af en daarmee de CO₂ vraag toe. Deze toenemende vraag maakt dat men binnen de glastuinbouw op zoek is naar effectieve alternatieven. Een ander voorbeeld daarbij is CO₂ uit biomassa waarbij CO₂ uit biogas of uit rookgas bij houtverbranding wordt afgevangen en benut voor CO₂ bemesting, zie ook het rapport "Quick scan CO₂ uit biomassa".

Het doel van deze studie is om meer inzicht te krijgen in de huidige stand van zaken rondom de praktische toepasbaarheid, de technische en logistieke inpassing en de financiële rentabiliteit van CO₂ winning uit buitenlucht.

In relatie tot het versnelt verduurzamen van de Nederlandse glastuinbouw lijkt geothermie de beste kaarten te hebben. Binnen de glastuinbouw is er veel animo voor geothermie. In Nederland zijn inmiddels 12 geothermieprojecten gerealiseerd, waarvan 11 in de glastuinbouw. Kas als Energiebron streeft er naar het aantal gerealiseerde projecten per jaar minstens te verdubbelen. Vanuit dit perspectief richt deze Quick scan zich op de glastuinder met geothermiebron.

Ondanks de lage CO₂ concentratie van buitenlucht, verwachten een aantal leveranciers effectieve technieken aan te kunnen bieden met een lage desorptietemperatuur. De kosten van warmte met een lage temperatuur zijn over het algemeen laag waardoor deze technologie potentie heeft. Echter, CO₂ winning uit buitenlucht is alleen interessant wanneer de gewonnen CO₂ schoon is en kan concurreren ten opzichte van de alternatieve CO₂ bronnen.

Naast het onttrekken van CO₂ aan de buitenlucht kan ook gedacht worden aan het onttrekken van stikstof (N₂) aan de buitenlucht om zodoende de CO₂ concentratie te verhogen.

Om een compleet beeld te geven van de haalbaarheid, beoordelen we naast de verontreinigingen, ook de investeringskosten, de exploitatiekosten, de technische- en logistieke inpassbaarheid.

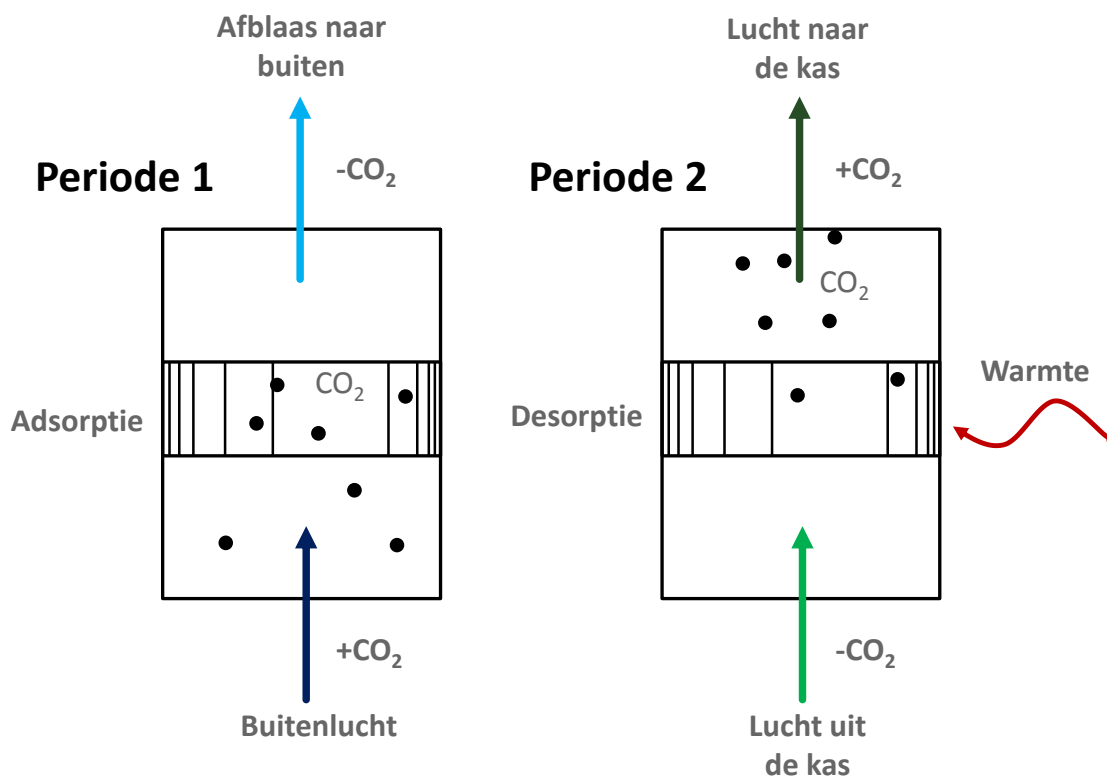
2 TECHNOLOGIE

De conventionele methoden om CO₂ te onttrekken zoals absorptie met amines, calcium looping of klassieke membranen zijn geschikt voor relatief hoge CO₂ concentraties. Zoals bijvoorbeeld voor rookgasen waar de concentratie meestal zo rond de 10% is. De CO₂ concentratie in buitenlucht is slechts rond de 400 ppm, ofwel een meer dan honderd keer lagere concentratie.

Op dit moment bieden een aantal leveranciers technieken aan, waarbij CO₂ uit de buitenlucht wordt afgevangen (adsorptie), opgeslagen en op afroep weer ontsloten (desorptie). Deze technieken maken gebruik van onder meer zouten waarin CO₂ wordt gebonden en membranen die CO₂ filteren.

2.1 Werking zoutadsorptie

Met onder meer zouten wordt CO₂ uit de buitenlucht gewonnen en komt in hogere concentratie vrij voor CO₂-bemesting. Dit is geen keukenzout, maar een specifiek voor dit doel geschikte verbinding tussen een metaal en een niet-metaal. Deze technologie is gebaseerd op chemische binding door adsorptie en desorptie, respectievelijk het opnemen en uitdampen van CO₂, zie Figuur 1.



Figuur 1 – Links: in de eerste periode opname (adsorptie) van CO₂ uit de buitenlucht. Rechts: tweede periode afgifte van CO₂ (desorptie) naar de lucht van de kas door warmte toe te voeren aan het filter.

Het adsorptieproces, waarbij de CO₂ zich bindt aan het zout vindt plaat bij omgevingstemperatuur. Het uitdampen, zogenaamd desorptie, vindt plaats bij een verhoogde temperatuur. De kosten zijn mogelijk beperkt, omdat de techniek gebruik maakt van relatief laagwaardige warmte en een goedkope zoutoplossing. Daarbij is de zoutoplossing volgens de leveranciers niet schadelijk voor het milieu.

2.2 Historie zoutadsorptie

De technologie werd oorspronkelijk gebruikt in de ruimtevaart en is ontwikkeld door NASA voor het filteren van CO₂. Op deze manier werd de leefomgeving van astronauten efficiënt in stand gehouden, zonder dat de CO₂ concentratie te hoog werd.

2.3 CO₂ kwaliteit

De geleverde CO₂ is volgens de leveranciers zeer zuiver. Met een na-geschakelde installatie kan de kwaliteit worden opgewaardeerd, zodat deze geschikt is voor de voedingsmiddelenindustrie. De concentratie van stikstofoxiden (NO_x) wordt naar verwachting door de installatie verlaagt omdat deze permanent door het filter worden opgenomen. Specifieke informatie over de concentratie van bepaalde stoffen zoals NO_x is nog niet bekend. De verwachting van de leveranciers is dat verontreinigingen niet voor problemen zullen zorgen. Meetgegevens zijn van slechts een bedrijf bekend maar niet openbaar. Dit bedrijf tracht nu met een geringe aanpassing aan de gewenste CO₂ kwaliteit te voldoen. Dus de CO₂ kwaliteit blijft een aandachtspunt.

2.4 Temperatuurtraject warmtelevering

De opgegeven uitdamp temperatuur waarbij CO₂ vrijkomt, verschilt per leverancier en ligt tussen de 60 en 95°C. Een uitdamp-temperatuur van 60°C kan prima gecombineerd worden met een geothermiebron, maar 90°C is zeer hoog. Omdat de retourtemperatuur hier nog boven ligt, is een temperatuurtraject van bijvoorbeeld 120/95°C nodig. Een dergelijk hoge temperatuur gaat ten kostte van de flexibiliteit van de warmtebron. Voor bijvoorbeeld een geothermiebron ligt het temperatuurniveau eerder op 90/60°C. Om deze temperatuur te halen met een geothermiebron, is mogelijk een diepere boring nodig met aanzienlijke financiële consequenties tot gevolg. Er zijn meerdere leveranciers die aangeven een relatief hoge temperatuur als drijvende kracht nodig te hebben. Een aantal leveranciers heeft zelfs stoom nodig met een temperatuur van 85-95°C.

2.5 Duurzame CO₂ levering in combinatie met geothermie

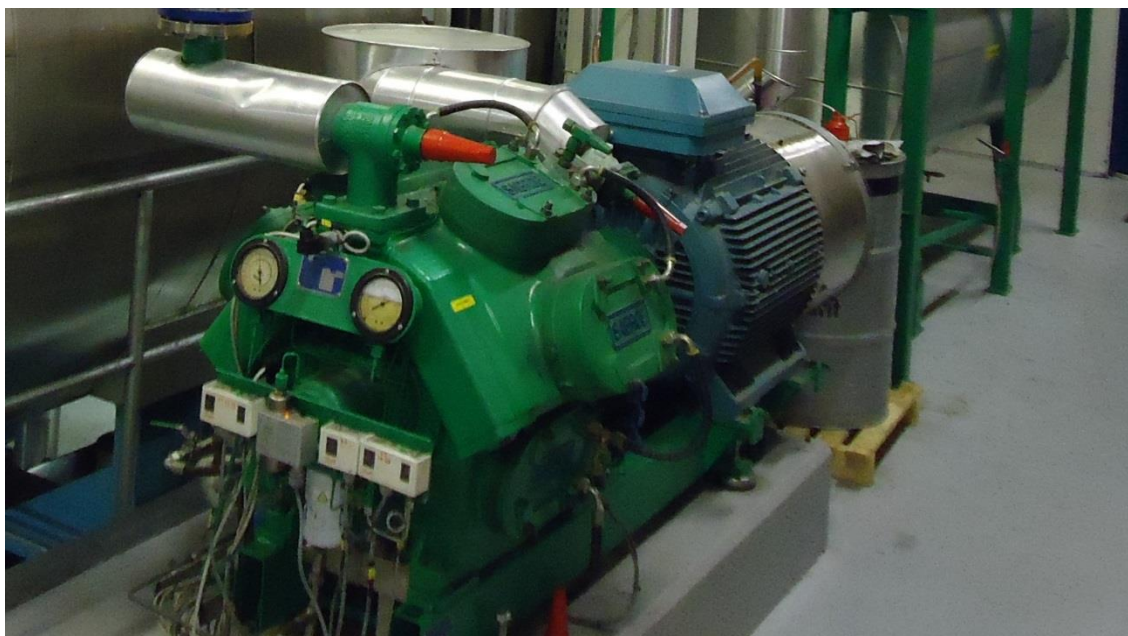
Met de huidige boortechniek voor geothermie boort men tot 2 á 3 km diepte (Figuur 2). Afhankelijk van de plaats in Nederland kan dat een temperatuur van 90°C opleveren, maar ook lager, bijvoorbeeld 60°C. Er zijn inmiddels een aantal geothermiebronnen met 80 á 90°C aanvoertemperatuur en een aantal met 60°C aanvoertemperatuur, zie bijlage A. De retourtemperatuur kan daarbij het beste zo laag mogelijk zijn voor de maximale benutting van de warmtecapaciteit van de geothermiebron (<40 of 50°C). Deze temperaturen worden echter voor CO₂ levering uit buitenlucht voorlopig nog niet gehaald. Een mogelijke oplossing wordt hierna besproken.



Figuur 2 – Boren van een geothermie bron.

2.6 Hoge temperatuur warmtepomp

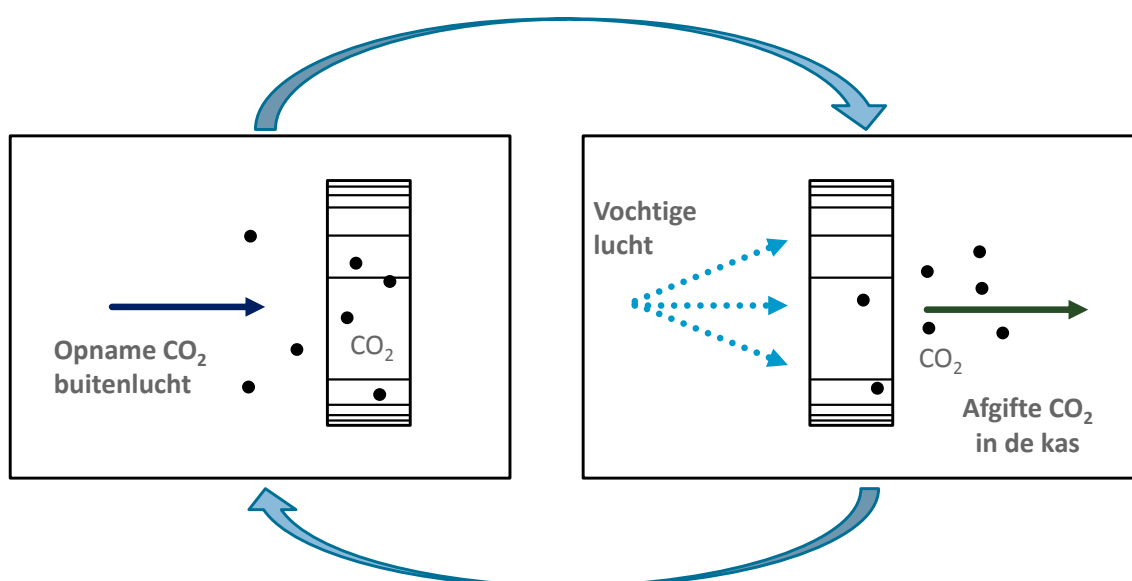
Een mogelijke uitkomst voor het overbruggen van verschillen in temperatuurniveau 's is een warmtepomp. Deze worden, in tegenstelling tot de glastuinbouw, al langere tijd gebruikt in de utiliteit sector voor opwaardering van 15°C naar 55°C. Tegenwoordig zijn er ook toepassingen beschikbaar en in ontwikkelingen voor hogere temperaturen zoals voor stoomproductie, zie Figuur 3. Deze aanvulling is niet meegenomen in de haalbaarheidsberekening. Naast hogere investeringskosten neemt bij gebruik van grijze stroom ook de CO₂ uitstoot toe.



Figuur 3 – Hoge temperatuur warmtepomp

2.7 Overige technieken

Twee van de geïnventariseerde leveranciers maken gebruik van de zogenaamde “ion exchange membrane” technologie, ofwel ion-uitwisselingsmembraan. Dit is een speciaal membraan dat alleen geladen deeltjes doorlaat en hierbij een elektrische stroom benodigd is om de elektrische lading te balanceren. Een bepaald type van dit membraan heeft een specifieke hoeveelheid vocht nodig voor een goede geleiding. De verwijdering van CO₂ uit buitenlucht werkt als volgt. Bij relatief droge lucht wordt de CO₂ opgenomen. Door het materiaal bloot te stellen aan vochtige lucht komt de CO₂ weer vrij, zie Figuur 4.



Figuur 4 – Opname en afgifte van CO₂ door wisselend droge en vochtige lucht toe te voeren.

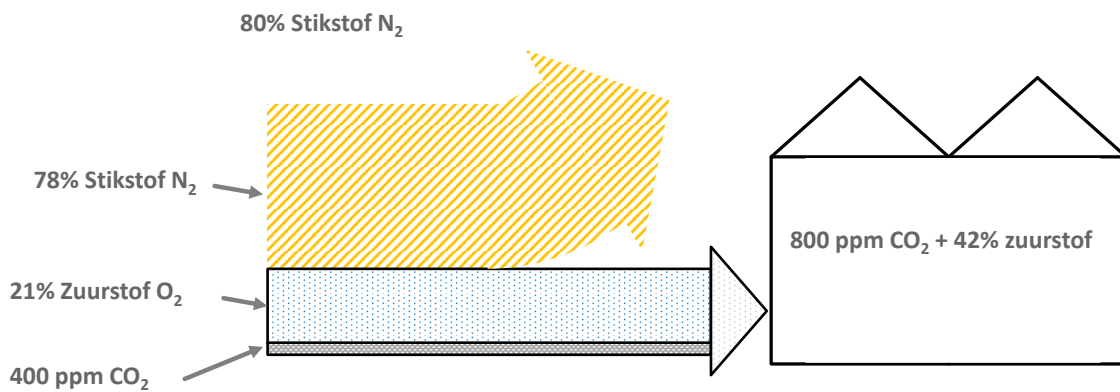
Het contact met vochtige lucht wordt ofwel gerealiseerd middels vochtige lucht uit de kas zelf ofwel door bevochtiging met stoom. Voor het eerste concept is geen extra warmte nodig. Doordat er geen warmte nodig is voor dit proces, kunnen de energiekosten zeer laag blijven. De leverancier verwacht minder dan 100 kWh/ton CO₂ voornamelijk voor ventilatorvermogen nodig te hebben, de energiekosten komen dan op minder dan 10 €/ton CO₂ uit. De verwachte investeringskosten zijn echter nog relatief hoog doordat een groot membraan oppervlak nodig is om de gewenste hoeveelheid CO₂ te verkrijgen. Voor het tweede concept met stoombevochtiging is extra warmtelevering bij meer dan 100°C nodig. Het voordeel is een relatief lage investering, waarschijnlijk door de compactere installatie.

Daarbij is het nadeel dat vochtige lucht wordt toegevoerd aan de kas terwijl in veel gevallen extra vocht juist onwenselijk is. Het voordeel is dat een aanzienlijk lagere investering nodig is.

Helaas hebben de leveranciers geen daadwerkelijk specificaties van een pilot- of demo installatie kunnen aanleveren. De nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van bovenstaande waarden is dus nog niet bewezen maar wel veelbelovend.

Stikstof adsorptie

Geen van de benaderde leveranciers geeft aan iets met stikstof adsorptie te gaan ondernemen. Wanneer stikstof wordt onttrokken uit buitenlucht, dan blijven niet alleen CO₂, maar ook zuurstof en andere producten over. De relatieve concentratie van de resterende stoffen neemt daarmee toe. Dus wanneer voldoende zuurstof en CO₂ wordt toegevoerd aan de kas, zodat de CO₂ concentratie verdubbeld, dan verdubbeld ook de zuurstof concentratie en de concentratie van resterende, mogelijk niet wenselijke stoffen, zie Figuur 5. Hoge concentraties zuurstof leveren (brand)gevaarlijke situaties op en werkt waarschijnlijk remmend op de groei van het gewas.



Figuur 5 – Globaal effect van stikstof onttrekking op zuurstof concentratie in de kas.

3 LEVERANCIERS

Energy Matters heeft een lijst met organisaties samengesteld die zich bezig houden met CO₂ afvang, levering of productie. Deze lijst is gebaseerd op onze eigen zoektocht, contacten, kennis van de markt en is aangevuld met contacten van LTO Glaskracht Nederland. Daarnaast zijn een aantal potentiële leveranciers gevonden op de internetpagina van de Virgin Earth Challenge (www.virginearth.com). Organisator Richard Branson heeft een prijs uitgelooft voor de beste CO₂-capture techniek.

3.1 Benaderde leveranciers

Wereldwijd zijn de volgende leveranciers benaderd met de vraag of zij zich met de ontwikkeling bezig houden van CO₂ adsorptie en desorptie, reeds een pilot of full scale installatie hebben en zich richten op de glastuinbouw.

- | | |
|-------------------------|---|
| 1. Air fuel synthesis | 18. Global Research Technologies, LLC (GRT) |
| 2. Antecy | 19. Global Thermostat |
| 3. ARCH Venture | 20. InfnitreeLLC |
| 4. ARPA E | 21. Inventys |
| 5. Bauhaus Luftfahrt | 22. Kilimanjaro Energy (nu failliet) |
| 6. Bio Recro | 23. Lanzatech |
| 7. Black Carbon | 24. LL chemical |
| 8. Carbon Engineering | 25. Procede |
| 9. Carbon Recycling | 26. Radler Vantagepr |
| 10. Cato Engineering | 27. Sapphire Energy |
| 11. Clime-works | 28. Savory Institute |
| 12. CO Away | 29. Schlumberger Carbon Services |
| 13. CO2 capture | 30. Skyonic |
| 14. Den Bury | 31. Smart Stones |
| 15. Dioxidematerials | 32. Solar Jet Arttic |
| 16. Full Circle Biochar | 33. Sundrop fuels |
| 17. Giaura | 34. Technology Centre Mongstad |

De potentiële leveranciers zijn zeer divers en bestaan uit spin-offs van onderzoeksinstituten, ingenieursbureaus, leveranciers van CCS¹ installaties, etc. Waarbij het hoofddoel van het bedrijf varieert van CO₂ extractie uit rookgassen en buitenlucht tot de productie van niet-fossiele brandstoffen. En organisaties die zich richten op gasstromen met hoge concentraties CO₂, zoals afgassen.

3.2 Potentiële leveranciers

Van de hiervoor genoemde 34 benaderde organisaties heeft de meerderheid gereageerd met de mededeling dat de aanvraag te vroeg is. Dat de financiering van het bedrijf nog georganiseerd moet worden om de CO₂-capturing technologie op papier nog moet worden omgezet

¹ Carbon Capture and Storage (CCS), afvangen en opslaan van CO₂, meestal bedoeld voor elektriciteitscentrales.

naar een lab-scale. Slechts een zeer beperkt aantal potentiële leveranciers heeft aan de hand van een laboratorium opstelling of pilot aangetoond dat CO₂-capturing (en opslag) technisch mogelijk is. En daarvan richt een enkeling zich specifiek op CO₂-capturing en opslag voor CO₂ bemesting in te tuinbouw. Deze leveranciers zijn: Antecy, Giaura, Climeworks, Global Thermostat, Carbon Engineering en Infnitree LLC.

Antecy is een Nederlands bedrijf en heeft een demonstratie model (lab scale). Dus nog geen werkende installatie op grotere schaal. Wel heeft Antecy concrete plannen voor het bouwen van een eerste installatie gericht op CO₂-bemesting, dit in samenwerking met Certhon dat actief is binnen de glastuinbouw. Daarnaast werkt Antecy aan een traject om de afgevangen CO₂ om te zetten in vloeibare brandstof. Voor het afvangen van de CO₂ werkt Antecy met zouten.

Giaura, een spin off van het ruimtevaartbedrijf ESTEC, is een Nederlands bedrijf en heeft een demonstratiemodel. Ook zij hebben nog geen werkende installatie op grotere schaal. Voor het afvangen van de CO₂ werkt Giaura met zouten.

Climeworks is gevestigd in Zwitserland en heeft op kleine schaal een werkende installatie. Daarbij hebben zij concrete plannen voor het opschalen en het bouwen van een pilot installatie voor een tuinbouwkas in 2016. Voor het afvangen van de CO₂ werkt Climeworks met zouten.



Figuur 6 – Pilot-plant CO₂ uit buitenlucht, Direct Air Capture (DAC), bron: Global Thermostat

Global Thermostat levert, op basis van klant specifieke wensen, grote modulaire (container) systemen geschikt voor tientallen hectaren (2500 ton/jaar) op basis van zouten (Figuur 6) tot zeer grote systemen voor elektriciteitscentrales op basis van amines. Zij hebben in de Verenigde Staten (Californië) een pilot-plant in bedrijf bedoeld voor CO₂ onttrekking uit rookgassen op basis van amines. Linde gas is partner in dit onderzoekstraject.

Het concept van Carbon Engineering levert zeer grote hoeveelheden CO₂ en maakt gebruik van amines en aardgas voor warmteproductie, zie Figuur 9 op pagina 18.

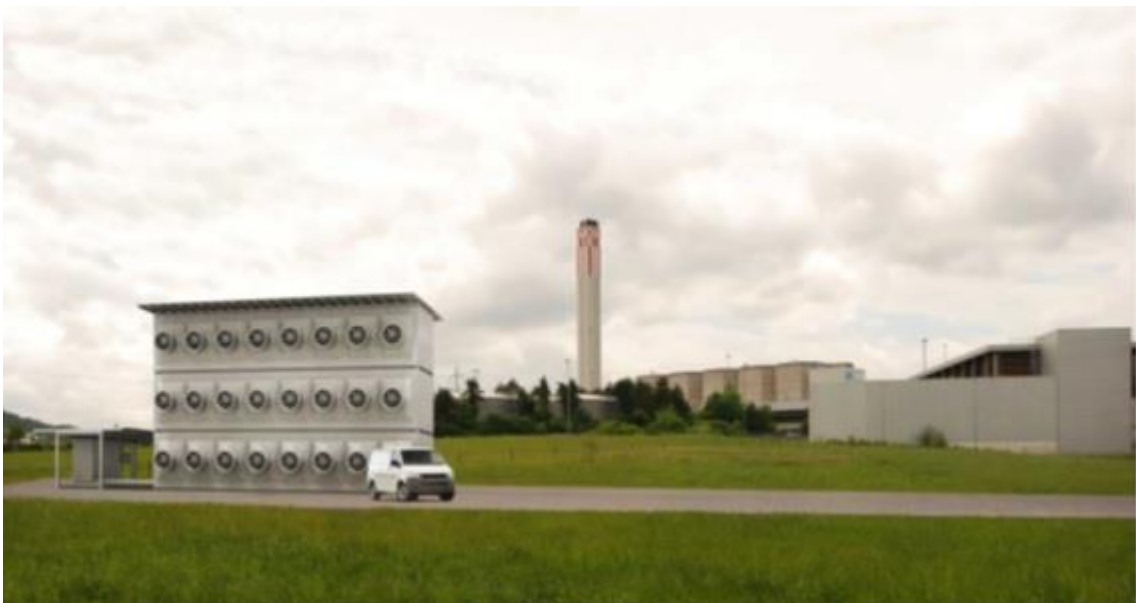
Infnitree LLC maakt als enige gebruik van een ion-uitwisselingsmembraan waarvoor geen warmte, maar waterdamp nodig is voor het onttrekken van CO₂ uit buitenlucht. Zij hebben nog geen pilot of demo installatie gerealiseerd, maar potentieel lijkt de technologie veelbelovend.

4 INPASSING

De leveranciers gaan uit van verschillende configuraties. De ene leverancier beoogt een centrale installatie met transport van bijna pure CO₂ naar de kas. Terwijl de andere leverancier mikt op het plaatsen van verschillende decentrale installaties die per gedeelte van de kas de CO₂ concentratie verhogen. Het plaatsen van verschillende decentrale installaties heeft tot gevolg dat de CO₂ distributie op een andere manier plaatsvindt. Bij levering van pure CO₂ aan de kas kan deze (na verdunning) direct worden ingezet in het bestaande distributiesysteem.

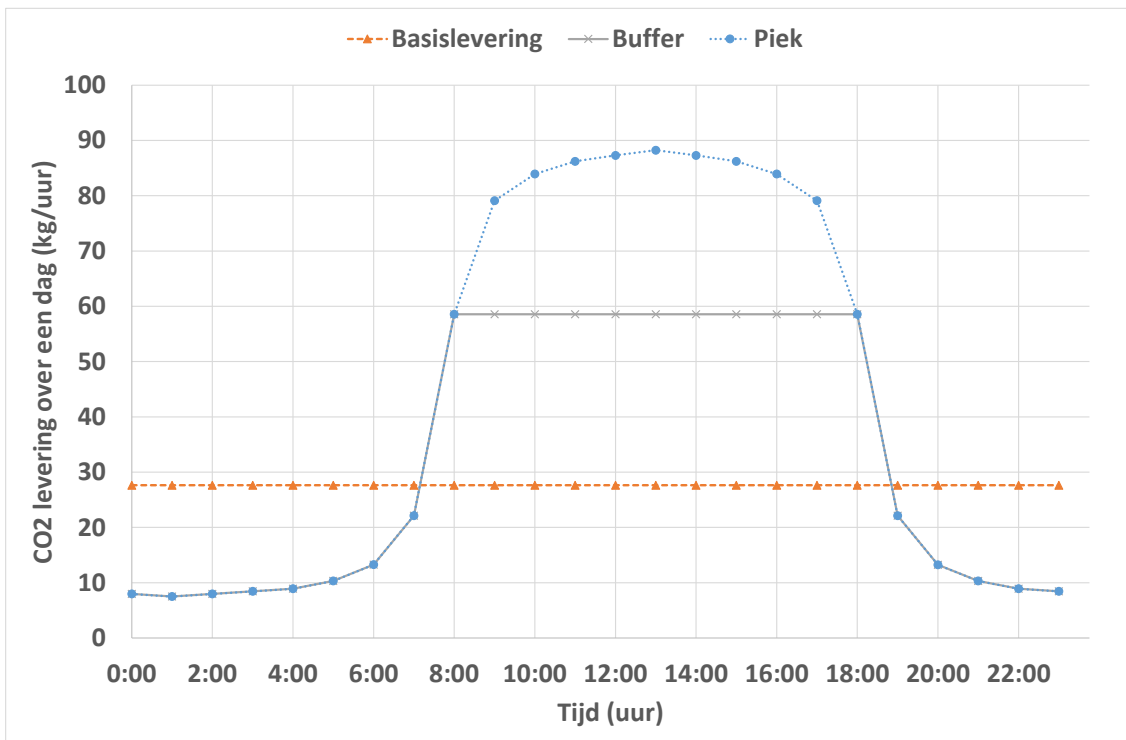
4.1 Middelgrote centrale installatie

De middelgrote centrale installaties leveren ongeveer 500 tot 1000 kg CO₂ per uur, zie Figuur 7. Gemiddeld is per hectare kas in de piek 90 kg CO₂ per uur nodig. Als de installatie vanwege de hoge investering niet voor de pieksituatie wordt uitgelegd, maar in de basis; bijvoorbeeld 70% van de piekcapaciteit, dan is de installatie geschikt voor ongeveer 10 tot 20 hectare kasoppervlak. Deze schaalgrootte is geschikt voor een grote kas of een cluster van verschillende kleinere kassen.



Figuur 7 –CO₂ uit buitenlucht, installatie van Climeworks

Voor de piekdagen in de zomer kan met vloeibare CO₂ aangevuld worden. Ervan uitgaande dat CO₂ uit buitenlucht goedkoper is, is dit lonend vanwege de besparing op de investeringskosten. Door toepassing van een CO₂-dag-buffer kan de installatie verder worden verkleind zonder dat dit ten kosten gaat van de geleverde CO₂, zie Figuur 8.



Figuur 8 - Grafische weergave van het gemiddelde vraagpatroon per hectare op een zomerdag (pieksituatie) met daarin de CO₂-levering middels een CO₂-dag-buffer en aparte pieklevering door bijvoorbeeld vloeibare CO₂.

Voor deze centrale opstelling vergt de distributie en inpassing van de installatie extra aandacht. Dit geldt voor zowel de optimalisatie tussen de piek en basis CO₂ levering, het volume van het CO₂-dag-buffer als het noodzakelijke mengen van de bijna pure, ~97% zuivere CO₂.

4.2 Grote centrale installatie

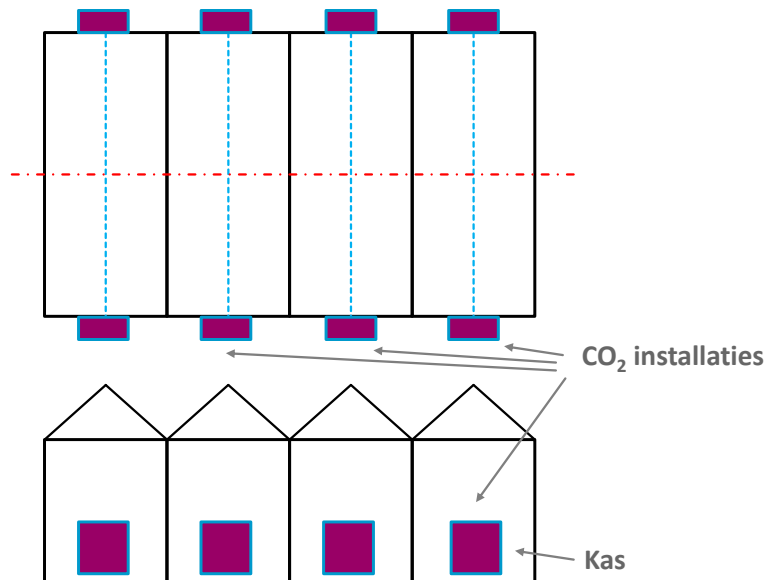
De zeer grote installaties kunnen worden gebruikt in combinatie met een CO₂ net. Een aantal leveranciers beoogt een installatie die oorspronkelijk is bedoeld voor CCS voor energiecentrales. De schaalgrootte van de installatie is dan ook dusdanig, dat de geleverde CO₂ voldoende is voor een heel tuinbouwgebied en minder voor een cluster.



Figuur 9 – Fotorealistische weergave van een CO₂ afvang installatie uit buitenlucht. Bron: Carbon Engineering.

4.3 Decentrale CO₂ uit buitenlucht

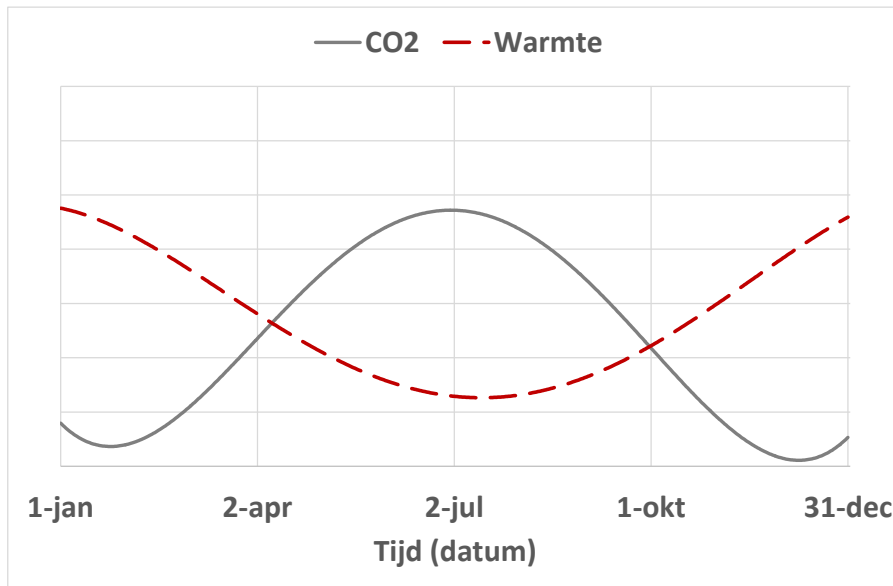
De decentrale installaties zijn flexibel qua opzet. Eén installatie levert 140 kg CO₂ per dag. Gemiddeld is in de piek per hectare kasoppervlak ongeveer 1 ton CO₂ per dag nodig. In totaal zijn dus ongeveer 7 installaties per hectare nodig voor levering van 100% van de piekcapaciteit, zie Figuur 10.



Figuur 10 – Illustratie van de locatie van de CO₂ installaties voor levering van CO₂ uit de buitenlucht aan de kas

Vanwege de relatief lage CO₂ concentraties, vereist de distributie weinig aandacht. Echter, om de terugverdientijd te verbeteren kan ook deze configuratie gecombineerd worden met vloeibare CO₂ levering. Op deze manier voorziet CO₂ uit buitenlucht de basis, en vloeibare CO₂ in de piekvraag. Bufferen van CO₂ met lage concentratie is niet effectief.

Dankzij de opstelling direct bij de kas kan een deel van de warmte die gebruikt wordt voor het uitdampen (desorptie) van CO₂, nuttig worden ingezet. De leverancier geeft aan dat ongeveer 50% van de warmte in de kas terecht komt. Een deel van deze warmte kan op warme dagen in de zomer overdag echter niet nuttig worden ingezet en tijdens de winter is de CO₂ vraag beperkt, zie Figuur 11. Vanwege de decentrale opstelling en laagwaardige warmte is warmtebuffering waarschijnlijk niet aantrekkelijk.



Figuur 11 – Trend van de warmte- en CO₂ vraag voor een kas over een periode van een jaar

Uitgaande van 80% nuttige inzet van CO₂ gedurende het jaar, kan effectief 40% van de warmte worden hergebruikt. Hierbij is het uitgangspunt dat buiten de zomerperiode alle warmte kan worden gebruikt voor verwarming van de kas. En dat tijdens de zomerperiode een groot deel van de tijd de warmte wordt opgeslagen in de warmwaterbuffer. Deze besparing levert dan een vermindering van 10 á 20% op de CO₂ kosten.

5 CO₂ PRIJS

De levering van CO₂ uit buitenlucht lijkt voorlopig veelbelovend, maar er zijn nog een aantal obstakels te nemen, waaronder de rentabiliteit en de CO₂ prijs. De kosten voor CO₂ liggen voor de eerste pilot plants nu nog op meer dan 200 €/ton.

Naar verwachting zal de CO₂ prijs in de volgende twee jaar dalen tot ongeveer 100 €/ton. Een aantal leveranciers verwachten, naar eigen zeggen, op termijn een prijs te kunnen realiseren van minder dan 50 €/ton.

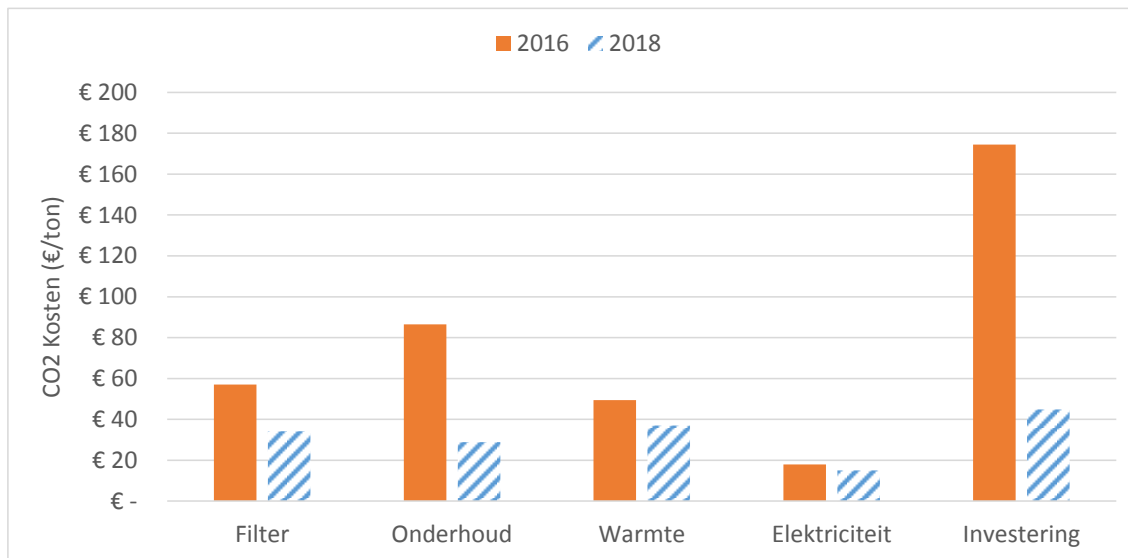
Echter, bij bijvoorbeeld één van deze laatste leveranciers zijn de vervangingskosten voor een filter niet meegenomen. Gezien andere leveranciers deze vervangingskosten wel meenemen, is de prijs mogelijk optimistisch geschat. Een andere leverancier geeft aan geen energie in de vorm van warmte of aardgas nodig te hebben voor het onttrekken van CO₂ uit buitenlucht en dat de onderhoudskosten nihil zijn.

Een deel van de benaderde leveranciers, voornamelijk uit de Verenigde Staten, wilde geen informatie verstrekken zonder geheimhoudingsverklaring. Hierdoor kan niet alle informatie worden verstrekt. Mogelijke reden dat zij voorzichtig zijn met het delen van kennis is dat er grote belangen op het spel staan. Zo richt een aantal organisaties zich op CO₂ afvang en omzetting in (vloeibare) brandstoffen.

5.1 Kostenverdeling

Een aantal leveranciers hebben aangegeven hoeveel warmte en elektriciteit zij nodig hebben of verwachten nodig te hebben om CO₂ uit buitenlucht te absorberen. Een enkele leverancier geeft aan dat het filter (ofwel adsorptiemateriaal) periodiek vervangen moet worden buiten het reguliere onderhoud. De werkelijke levensduur van de filters is echter nog onzeker en zou per leverancier/filter kunnen verschillen. De kosten voor het filter zijn daarom in Figuur 12 expliciet meegenomen.

De kosten voor CO₂ productie uit buitenlucht hebben we verdeeld in een aantal componenten, waaronder kosten voor vervangen van het filter, onderhoud, warmte, elektriciteit en jaarlijkse kosten voor geïnvesteerd kapitaal of lening. De elektriciteit is nodig voor ventilatoren om de lucht buitenlucht te verplaatsen.



Figuur 12 – Vooruitzicht kostenverdeling voor CO₂ dosering in de kas uit buitenlucht van een specifieke leverancier.

De vervangingskosten voor het filter zijn verdeeld naar rato van de geleverde CO₂. De kosten voor de investering zijn de kapitaalslasten verdeeld over 10 jaar² met een rente van 5%. Voor de investeringskosten is de investeringssubsidiereregeling MEI- en fiscale subsidieregeling EIA meegenomen. Voor de warmte gaan we uit van een geothermiebron met een warmteprijs van €7,- per GJ, dit is ongeveer 30% korting op de warmteprijs van een aardgasketel. Voor de elektriciteitsprijs gaan we uit van € 65,- per MWh, ofwel 6,5 eurocent per kWh.

5.2 Terugverdientijd

Voor het bepalen van de terugverdientijd is de investering en jaarlijkse besparing nodig. De jaarlijkse besparing kan worden vastgesteld als de referentiekosten voor de CO₂ bekend zijn.

Investering

De verwachte investeringskosten liggen rond de € 4 000,- tot € 5 000,- per kg CO₂ per uur. Uitgaande van een piekcapaciteit van 90 kg/uur per hectare en een basislevering van 50%, is de investering ongeveer € 200 000,- per hectare. Inclusief MEI (40%) en EIA (11%) subsidies zijn de investeringskosten 51% lager. Vanuit de EU is maximaal 50% subsidie toelaatbaar, dus € 100 000,- per hectare. Dit bedrag is ongeveer het dubbele van de investeringskosten voor de rookgasreinigingsinstallatie van een WKK ten behoeve van CO₂ bemesting.

Referentiekosten

Voor de referentiekosten van CO₂ is uitgegaan van een ongunstige CO₂ prijs van € 150,- per ton, zie "Quickscan CO₂ uit biomassa" op energiek2020.nu. Afhankelijk van de prijs voor CO₂ uit buitenlucht, tussen de 50-100 €/ton, is de besparing 50-100 €/ton.

² de opgegeven verwachte levensduur volgens de leverancier

Vollasturen

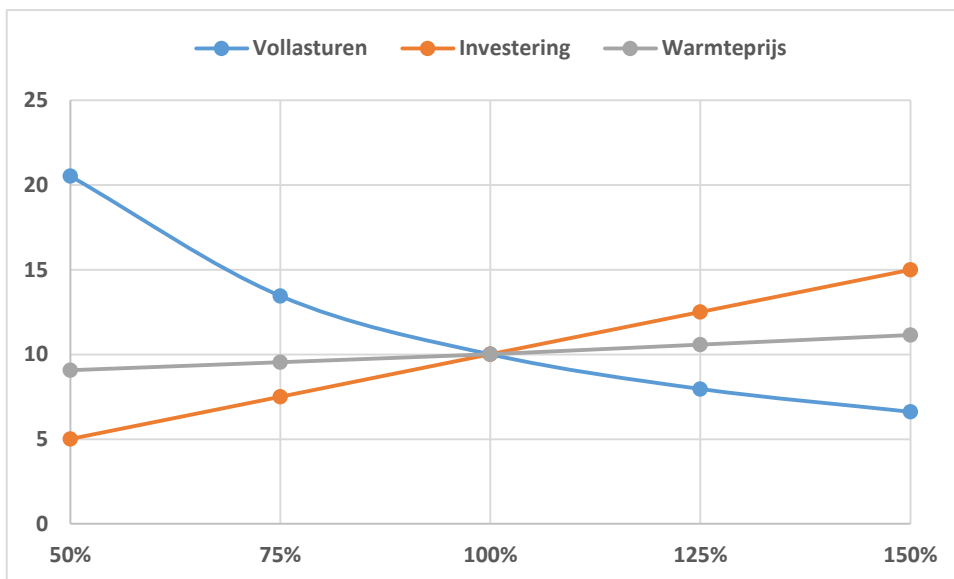
Het aantal vollasturen voor CO₂ levering is gemiddeld ongeveer 2000 uur per jaar. Voor een installatie die in de basislevering voorziet, schatten we het equivalent aantal uren dat het maximaal vermogen wordt geleverd op 3500 tot 4500 uur per jaar. De jaarlijkse CO₂ levering komt daarmee op 150-200 ton/ha.

De terugverdientijd komt zonder subsidie in het meest gunstige geval op 8 tot 19 jaar. Inclusief MEI en EIA subsidies komt de terugverdientijd uit op 5 tot 10 jaar.

Hierbij zijn we wel uitgegaan van een zeer ongunstige CO₂ prijs, deze situatie is niet representatief voor de gehele glastuinbouw sector. Gemiddeld ligt de CO₂ prijs eerder rond de 50 á 80 €/ton, in deze gevallen levert de “CO₂ uit buitenlucht”-installatie nauwelijks financiële meerwaarde op. Anderzijds verwachten de leveranciers dat de CO₂ win techniek in afzien barend tijd goedkoper wordt, waardoor de techniek meer concurrerend is.

Gevoeligheid terugverdientijd

In Figuur 13 is de gevoeligheid van de terugverdientijd bij verschillende variaties weergegeven van één van de installaties.



Figuur 13 – Gevoeligheid van de terugverdientijd voor verandering in aantal draaiuren, investeringskosten en warmteprijs.

De terugverdientijd neemt aanzienlijk af bij minder vollasturen en bij een hogere investering. De invloed van de warmteprijs is minder.

6 CONCLUSIE EN AANBEVELING

De combinatie duurzame warmte en CO₂ uit buitenlucht sluit zeer goed op elkaar aan. Bij bijvoorbeeld geothermieprojecten komt de benodigde warmte en dus de CO₂ niet meer van aardgas ketels of WKK's. De CO₂ bemesting in de kas moet in dat geval op een andere manier plaatsvinden. Door CO₂ uit de buitenlucht te onttrekken heeft men aanzienlijk minder fossiele brandstof nodig voor CO₂ bemesting.

Voor de technieken waar de huidige leveranciers aan werken, bestaat het proces van CO₂ onttrekking van buitenlucht uit het onttrekken (adsorptie) en afgeven van CO₂ (desorptie). Voor de laatste desorptie stap is vaak een drijvende kracht zoals warmte of gas, maar in ieder geval elektriciteit voor ventilatorvermogen nodig. Gezien de meeste CO₂ in de zomer nodig is en de warmte van een geothermie bron praktisch over is, vullen deze technieken elkaar in principe mooi aan. Hetzelfde geldt voor zonnewarmte en zon-PV systemen.

Het benodigde temperatuurniveau is voor de meeste CO₂-win installaties te hoog voor toepassing in combinatie met geothermie; de procestemperaturen zijn 80 tot 100°C. Dit is nog te hoog voor een economisch rendabel systeem.

Een aantal leveranciers verwacht een lagere temperatuur of zelfs helemaal geen warmte nodig te hebben. Deze leveranciers kunnen dat helaas nog niet hard maken met meetgegevens van een pilot of demo installatie.

Energy Matters adviseert om de potentieel rendabele technieken te blijven volgen. Met name met betrekking tot de CO₂ kostprijs en benodigd temperatuurniveau. CO₂ winning uit buitenlucht kan in combinatie met duurzame energiesystemen potentieel uitgroeien tot een concurrerend alternatief.

Wanneer de prijs van vloeibare CO₂ wordt benaderd lijkt het zinvol om in samenwerking met een of twee leveranciers, een pilotinstallatie bij glastuinders te realiseren. Tijdens het ontwerpproces kan de inpassing worden geoptimaliseerd qua temperatuurtraject, CO₂ concentratie, ventilatorvermogen en filteroppervlak. De technologie krijgt zodoende de kans om de exploitatiekosten en op termijn de investeringskosten te verlagen.

A OVERZICHT GEOTHERMIEBRONNEN IN NEDERLAND

Project	Temperatuur	Debiet	Diepte	Vermogen*
	°C	m ³ /h	m	MW
Van den Bosch - 1	60	160	1600	4
Van den Bosch -2	65	130	1800	4
Ammerlaan	65	100	2000	3
Duijvenstijn	70	130	2300	5
Koekoekspolder -1	73	140	1950	5
Koekoekspolder -2	75	n.b.	1924	n.b.
Green Well	85	140	2900	7
Wijnen	80	180	2600	8
Floricultura	94	n.b.	2800	n.b.
Agriport A7	90,5	200	2500	12
De Lier	85	270	2600	14
Vierpolders	83	390	2200	20
Flora Holland	149	214	4000	27
Gietwater Berlikum	100	n.b.	3000	n.b.

* o.b.v. 40°C retour

Bron: *geothermie.nl*

Energy Matters helpt u bij het realiseren van een efficiënte, schone en betrouwbare energievoorziening.



Princenhofpark 10
3972 NG Driebergen
Postbus 197
3970 AD Driebergen
T +31 (0)30 691 1844
F +31 (0)30 691 1765
E info@energymatters.nl
I www.energymatters.nl