Duurzame CO_2-levering aan de glastuinbouw

Kansen en bedreigingen

CE Delft

Intern gebruik

Duurzame CO_2-levering aan de glastuinbouw

Kansen en bedreigingen

Dit rapport is geschreven door:
Bettina Kampman, Florian Hesselink, Isabel Nieuwenhuijse, Reinier van der Veen en Kris Manna

Delft, CE Delft, mei 2025

Publicatienummer: 25.240545.113

Opdrachtgever: Ministerie van van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur

Alle openbare publicaties van CE Delft zijn verkrijgbaar via www.ce.nl

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Bettina Kampman (CE Delft)

© copyright, CE Delft, Delft

CE Delft – Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al sinds 1978 werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.

Intern gebruik

Inhoud

Samenvatting 5

Afkortingen 10

1 Inleiding 11
1.1 Aanleiding 11
1.2 Doel van dit onderzoek 11
1.3 Afbakening 12
1.4 Leeswijzer 13

2 Duurzame CO_2 in de glastuinbouw 14
2.1 De rol van CO_2 in de glastuinbouw: huidige situatie 14
2.2 Transitie van de sector naar duurzame CO_2 21
2.3 Conclusies vraag CO_2 glastuinbouw 28

3 Overige vraag naar duurzame CO_2 30
3.1 CO_2 voor voedingsmiddelen 30
3.2 CO_2 als grondstof voor chemie 31
3.3 CO_2 voor synthetische brandstoffen 31
3.4 Koolstofverwijdering 33
3.5 Conclusies vraagontwikkeling duurzame CO_2 35

4 Aanbod van duurzame CO_2 37
4.1 Inleiding 37
4.2 Biogene CO_2 uit verbranding 38
4.3 Biogene CO_2 uit biochemische processen 43
4.4 Direct air capture (DAC) 49
4.5 Transport van CO_2 50
4.6 Kostenvergelijking CO_2 52
4.7 Conclusie aanbod duurzame CO_2 54

5 Synthese: Kansen en bedreigingen voor duurzame CO_2 in de glastuinbouw 57
5.1 Bedreigingen op korte termijn 58
5.2 Kansen op korte termijn 59
5.3 Relevante ontwikkelingen voor de langere termijn 61
5.4 Scenario's ontwikkeling vraag en aanbod 63

Intern gebruik

6	Conclusies en aanbevelingen over mogelijke oplossingen	66
	Literatuurlijst	70
A	Interviews	73
B	Bioswap	74
C	Kwantificering vraag en aanbod duurzame CO_2	76
D	AVI-locaties	82
E	Kosten CCU in SDE++	83

Intern gebruik

Samenvatting

Inleiding

De glastuinbouwsector heeft emissiereductiedoelstellingen voor 2030 en de ambitie om in 2040 klimaatneutraal te zijn. CO_2 is een grondstof voor de glastuinbouw, die nu voor driekwart afkomstig is van fossiele aardgas-wkk's[1] en ketels bij de tuinders zelf. In dit onderzoek inventariseren we voor het ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur (LVVN) de kansen en bedreigingen voor toepassing van duurzame CO_2 in de glastuinbouw. Hiervoor kijken we naar het potentiële aanbod van duurzame CO_2 in Nederland, ontwikkelingen in de vraag vanuit verschillende toepassingen in Nederland, transport van CO_2 en de ontwikkelingen van een marktmechanisme voor duurzame CO_2. De zichtjaren van deze studie zijn 2030 en 2040.

De glastuinbouw heeft steeds meer extern geleverde CO_2 nodig om te voldoen aan de groeiende CO_2-behoefte en de CO_2-emissiereductiedoelstellingen. Na 2030 zal de vraag naar extern geleverde CO_2 waarschijnlijk toenemen tot het punt dat het merendeel van de volledige CO_2-behoefte hiermee wordt voorzien. Hoewel dit de kostprijs voor de glastuinbouw verhoogt, ligt een grotere bedreiging in de beperkte beschikbaarheid van CO_2. Bestaande fossiele bronnen van externe CO_2 (zoals Shell) zullen de komende jaren wegvallen, en investeringsbeslissingen voor CO_2-afvang bij nieuwe duurzame bronnen, zoals bij afvalverbrandingsinstallaties (AVI's), worden uitgesteld. Reden voor dit uitstel is voornamelijk onzekerheid over het beleid, en onvoldoende rendabiliteit van de benodigde investeringen voor CO_2-afvang en -transport naar de glastuinbouw.

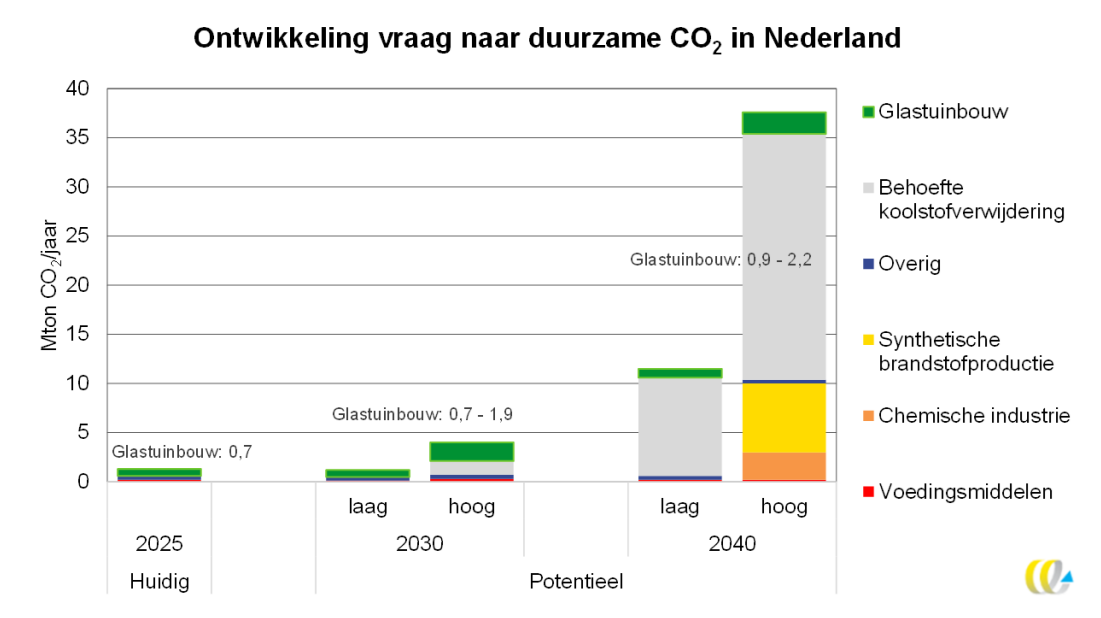
Duurzame CO_2: toekomstige ontwikkelingen en vraag en aanbod

Naast de glastuinbouw verwachten we in de toekomst ook aanzienlijke vraag naar duurzame CO_2 voor met name koolstofverwijdering, de productie van synthetische brandstoffen en in mindere mate als grondstof voor de chemie. De exacte hoogte van de vraag is erg onzeker. Daarom geven we zowel een 'laag' als een 'hoog' scenario, zie Figuur 1.

[1] Wkk = Warmte-krachtkoppeling, een gasgestookte motor die zowel warmte als elektriciteit opwekt

Intern gebruik

Figuur 1 – Ontwikkeling vraag naar duurzame CO_2



Tot 2030 voorzien we een maximale CO_2-behoefte van 4 Mton, waarvan de glastuinbouw 0,7 tot 1,9 Mton nodig heeft. Richting 2040 voorzien we een grote toename van de totale vraag, die, afhankelijk van de ontwikkelingen, varieert van 12 Mton duurzame CO_2 in het lage scenario tot 38 Mton in het hoge scenario. Deze vraagtoename is voornamelijk te verwachten voor koolstofverwijdering, en mogelijk ook voor synthetische brandstoffen en chemische industrie.

Het toekomstig aanbod van duurzame CO_2 komt uit biogene verbranding, industriële biochemische processen en directe verwijdering uit de atmosfeer (direct air capture, DAC). Onze inschatting van het aanbod voor 2030 en 2040 is weergegeven in Figuur 2, ook hier gepresenteerd voor een ‘laag’ en een ‘hoog’ scenario.

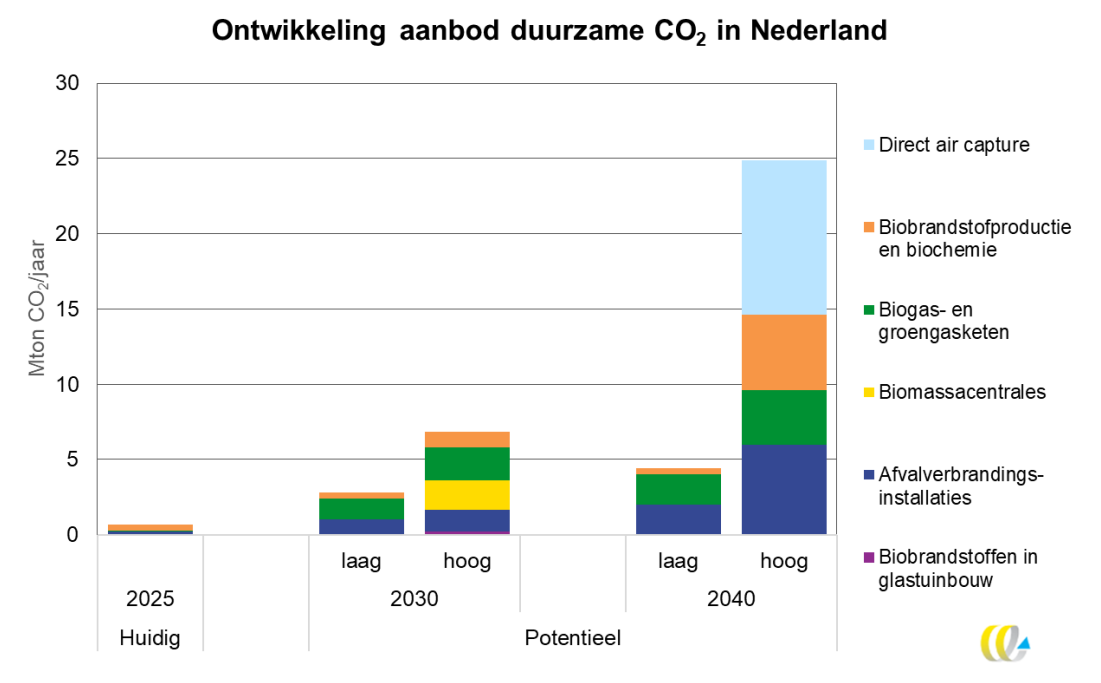
Op dit moment is er naar schatting jaarlijks 0,7 Mton duurzame CO_2 beschikbaar, waarvan het grootste deel afkomstig is van een bioethanolfabriek in Rotterdam (Alco), een derde van AVI’s en een klein deel uit de biogas- en groengasketen. Dit aanbod is echter niet volledig te benutten voor de glastuinbouw, onder andere omdat de meeste bronnen gedurende het jaar redelijk constant CO_2 produceren, terwijl de vraag vanuit de glastuinbouw vooral in de zomer ligt.

Als we vraag en aanbod met elkaar vergelijken, zien we zowel op korte als lange termijn schaarste aan CO_2 ontstaan. Hoe groot deze schaarste daadwerkelijk wordt, hangt voor een groot deel af van de inzet van Nederland op koolstofverwijdering, de eventuele vestiging van fabrieken voor synfuels in Nederland en de productie van bio-energie en bioethanol. De eerste twee ontwikkelingen zijn drivers voor de vraag naar CO_2, terwijl de laatste vooral gevolgen heeft op het aanbod van CO_2.

Intern gebruik

Hoewel de vraag vanuit de glastuinbouw toeneemt, zijn de benodigde hoeveelheden in de andere sectoren veel groter.

Figuur 2 - Bandbreedte van ontwikkeling aanbod van duurzame CO_2



Opties om aan de behoefte voor duurzame CO_2 in de glastuinbouw te voldoen

Het rapport bevat een brede inventarisatie van maatregelen die het aanbod van duurzame CO_2 kunnen vergroten en ook in de behoefte van de glastuinbouwsector kunnen voorzien, ondanks de groeiende vraag voor andere toepassingen. Hierbij hebben we zowel naar potentiële beleidsmaatregelen vanuit de overheid gekeken, als naar mogelijke acties vanuit de sector zelf. De maatregelen waarvan we de grootste effecten verwachten, zijn de volgende:

1. **Zorg voor uitbreiding van CO_2-afvang op AVI's en in de groengasketen**, en toepassing daarvan in de glastuinbouw. De SDE++-regeling kan deze investeringen ondersteunen. We geven (in hoofdstuk 6) suggesties voor aanpassingen aan deze regeling om de ontwikkelingen te versnellen. Daarnaast is ook stabiel overheids-beleid van groot belang om de risico's van investeringen te verkleinen. Omdat investeringen vaak over 10 tot 15 jaar worden terugverdiend, worden ze pas gerealiseerd als financiers en andere partijen voldoende vertrouwen hebben in de marktvooruitzichten.

Intern gebruik

2. **Houd bij de ontwikkeling van beleid voor koolstofverwijdering rekening met de CO_2-behoefte in de glastuinbouw.** De komende jaren wordt het beleid voor koolstofverwijdering verder uitgewerkt. In het Klimaatplan 2025-2035 is aangekondigd dat hierbij gezocht wordt naar een balans met de duurzame koolstofbehoefte voor andere toepassingen, zoals de glastuinbouw. Ook op de korte termijn speelt dit al. Zo heeft het Kabinet aangekondigd dat de SDE++-regeling in 2026 wordt opengesteld voor biogene CCS bij elektriciteitsproductie (BECCS).
   Dit subsidieprogramma kan ervoor zorgen dat een deel van de beschikbare duurzame CO_2 wordt opgeslagen, en niet meer beschikbaar is voor telers die hiermee hun CO_2-uitstoot zouden kunnen reduceren. We raden aan om de invulling van de balans tussen de verschillende toepassingen al op korte termijn concreet te maken, zodat er meer duidelijkheid komt over deze plannen.
3. **Ontwikkel een systeem van duurzame CO_2-certificaten**, zodat een markt kan ontstaan met garanties over de duurzame herkomst van de CO_2, vergelijkbaar met bijvoorbeeld groene stroom of hernieuwbare brandstoffen. Op de korte termijn zou dit via administratieve verrekening op nationale schaal kunnen worden georganiseerd, bijvoorbeeld met het 'bioswap'-mechanisme. Voor de langere termijn raden we aan om hiervoor aan te sluiten bij de Europese ontwikkelingen rondom koolstofverwijdering. Hierdoor zal een prijs ontstaan voor levering van duurzame CO_2, wat kan bijdragen aan de ontsluiting van potentiële bronnen. Bovendien biedt het de glastuinbouw kansen om op een concrete manier bij te dragen aan deze ontwikkelingen, door aankoop van deze certificaten. Een dergelijk systeem kan zekerheid bieden dat de CO_2 daadwerkelijk duurzaam is, en dubbeltelling voorkomen (bijvoorbeeld doordat dezelfde duurzame CO_2 door meerdere partijen wordt 'geclaimd').
4. **Verken gerichte ondersteuning via maatwerkafspraken.** Via diverse routes, zoals de Nederlandse maatwerkafspraken en de Europese Clean Industrial Deal, de komende jaren gericht industriebeleid worden gevoerd om de industrie te helpen te verduurzamen bij behoud van hun concurrentiepositie. Voor de glastuinbouw kan daarbij ook worden gedacht aan gericht beleid om duurzame CO_2-levering aan deze sector te faciliteren.
5. **De sector kan inzetten op de ontwikkeling van partnerschappen in de CO_2-keten** (van CO_2-bron via CO_2-leverancier tot tuinder), met als doel contracten te sluiten die partijen langjarige zekerheid kunnen bieden over aanbod, vraag en prijs. Ook dit kan bijdragen aan het vergroten van investeringszekerheid. Dergelijke partnerschappen zouden zich bijvoorbeeld kunnen richten op kansen voor lokaal of regionaal gebruik van de bio-CO_2 die vrijkomt in de groengasketen.
6. **Zorg voor fysieke 'aftappunten' in de CO_2-pijpleidingen** die de komende jaren worden ontwikkeld, waaruit de glastuinbouw CO_2 kan afnemen op momenten dat daar vraag naar is. Dit kan ofwel door de marktpartijen zelf worden georganiseerd, ofwel door de overheid. We bevelen aan om dit verder te onderzoeken.

Intern gebruik

Om het mogelijke tekort van duurzame CO_2 voor de glastuinbouw op de lange termijn op te lossen, raden we daarnaast aan om verder onderzoek te doen naar:

- innovaties binnen de sector zelf, zodat de behoefte aan CO_2 afneemt;
- mogelijkheden voor grootschalige seizoensopslag van CO_2, zodat gebruik kan worden gemaakt van een groter deel van de jaarlijkse productie van duurzame CO_2;
- verdere innovatie van CO_2-afvangtechnieken, zoals DAC, om de kosten te verlagen en de (energie)efficiëntie te verhogen.

Afhankelijk van de status van de specifieke techniek kan dit via innovatiesubsidies of de SDE++-regeling worden gestimuleerd.

Deze mogelijke oplossingen voor de glastuinbouw zijn vooral verkennend van aard en vereisen verdere uitwerking en analyse. De beleidsopties vragen daarnaast ook om politieke keuzes en afwegingen.

Intern gebruik

Afkortingen

Afkorting	Betekenis
AVI	Afvalverbrandingsinstallatie
CCS	Koolstofafvang en -opslag (carbon capture and storage)
CCU	Koolstofafvang en -benutting (carbon capture and utilisation)
CDR	Duurzame koolstofafvang en -opslag (carbon dioxide removal)
CO_2	Koolstofdioxide
DAC	Directe afvang uit de lucht (direct air capture)
DEI+	Demonstratie Energie- en Klimaatinnovatie
KWIN2023	Kwantitatieve Informatie Glastuinbouw 2023
Wkk	Warmte-krachtkoppeling
MEI	Marktintroductie energie-innovaties glastuinbouw
MSK	Het Europese milieu- en energiesteunkader
RFNBO	Renewable fuel of non-biological origin
SDE++	Stimuleringsregeling Duurzame Energieproductie en Klimaattransitie
WSER	Wageningen Social & Economic Research (voormalig Wagening Economic Research, WECR)

Intern gebruik

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Om aan het Klimaatakkoord van Parijs te voldoen en de nationale en Europese klimaatdoelen te halen, een uitstootreductie van 55% in 2030 ten opzichte van 1990, en klimaatneutraal in 2050, is de komende decennia een forse verduurzamingsslag nodig, van alle sectoren. Dit geldt ook voor de glastuinbouw, die de ambitie heeft om in 2040 klimaatneutraal en economische rendabel zijn. Dit kan onder andere worden bereikt door groeiende inzet van duurzame energie, energiebesparing en het vervangen van CO_2 uit fossiele bronnen door duurzame CO_2.

In 2022 is tussen de glastuinbouwsector, greenports en de Rijksoverheid het Convenant Energietransitie Glastuinbouw 2022-2030 getekend. Een onderdeel van het convenant is het afvangen en leveren van CO_2 aan de glastuinbouw. Tot op heden wordt vooral gebruik gemaakt van fossiel gegeneerde CO_2, afkomstig van bijvoorbeeld warmte-krachtkoppeling (wkk) en gasketels. Een geleidelijke vervanging van de fossiele CO_2 door duurzame CO_2 zou een effectieve klimaatmaatregel kunnen zijn in de sector. Het gebruik van biogene CO_2 in de glastuinbouw levert CO_2-emissiereductie op in de sector en draagt bij aan nationale doelstellingen voor CO_2-reductie.

Dit rapport heeft als voornaamste doel om de kennis bij het ministerie te vergroten over de kansen en bedreigingen rondom het toepassen van duurzame CO_2 in de glastuinbouw, en de mogelijkheden om de belemmeringen weg te nemen.

1.2 Doel van dit onderzoek

Deze opdracht heeft als doel de kennis bij de opdrachtgever te vergroten over de kansen en bedreigingen rondom het toepassen van biogene CO_2 in de glastuinbouw.
Daarbij worden twee ijkpunten gehanteerd:

1. 2030: Het jaar van het convenantsdoel.
2. 2040: De situatie van klimaatneutraliteit.

Daarnaast wil de opdrachtgever inzicht krijgen in mogelijke belemmeringen of hiaten in het huidige instrumentarium (zowel technisch als beleidsmatig) en hoe deze kunnen worden weggenomen.

Intern gebruik

De meer gedetailleerde onderzoekvragen die in deze studie worden beantwoord zijn de volgende:

- Welke biogene CO_2-bronnen (inclusief DAC) kunnen potentieel beschikbaar gemaakt worden voor:
  - de glastuinbouw t/m 2030 (jaar van het convenantdoel);
  - de glastuinbouw t/m 2040 (jaar van ambitie klimaatneutraliteit).
- Welke andere toepassingen/bestemmingen concurreren met biogene CO_2?
- Welke omgevingsfactoren spelen een rol bij de toepassing van duurzame CO_2 voor de glastuinbouw? Identificeer de factoren die levering aan de glastuinbouw interessant of mogelijk maken. Hierbij wenst de opdrachtgever dat ook kleinschalige en specifieke toepassingen worden geadresseerd. Beschrijf het uniquevraagpunt hiervoor.
- Onder welke randvoorwaarden is dit biogene CO_2 betaalbaar en beschikbaar te maken en te houden voor de glastuinbouw in 2030 en 2040?
- Wat zijn de bedreigingen voor de toepassing van biogene CO_2 en hoe kunnen deze bedreigingen worden gemitigeerd?
- Welk Europees en nationaal beleid, wet- en regelgeving (inclusief instrumentarium) zijn van invloed op (alle) bovengenoemde onderwerpen, wat zijn de voorziene ontwikkelingen op dat vlak en welke mogelijkheden zijn er om die ontwikkelingen te beïnvloeden?
- Welke omvang van beschikbaarheid aan biogene/duurzame CO_2 kan worden verwacht richting 2030 en 2040? Beschrijf de bronnen die hieraan bijdragen, wat de zekerheid is over de (continuering van de) beschikbaarheid en welke condities en (financiële) voorwaarden hiervoor nodig zijn.

1.3 Afbakening

De studie richt zich op toepassing van duurzame CO_2 van niet-fossiele oorsprong. In de praktijk betekent dit biogene CO_2 en uit de atmosfeer onttrokken CO_2. De opdracht richt zich primair op Nederland. [2]

De zichtperiode van de studie is tussen nu en 2040. De focus ligt op de ijkpunten 2030 (het jaar van het convenantdoel) en 2040 (ambitie is om dan klimaatneutraal te zijn). Waar een doorkijk naar 2050 relevant is zullen we die ook geven.

[2] Import van duurzame CO_2 is niet meegenomen. Als biogene CO_2 buiten Nederland goedkoper kan worden dan in Nederland, rekening houden met transportkosten, is het potentiële aanbod buiten Nederland ook relevant. Als dit het geval is, zou daar een gemotiveerde aanbeveling voor vervolgonderzoek op gericht kunnen zijn.

Intern gebruik

1.4 Leeswijzer

In Hoofdstuk 2 beschrijven we het belang van CO_2 voor de glastuinbouw, en de verwachte ontwikkelingen in de sector tot 2030 en 2040.

In Hoofdstuk 3 brengen we de verwachte ontwikkelingen in de vraag voor andere potentiële toepassingen van duurzame CO_2 in kaart: voor voedingsmiddelen, voor de chemie, voor synthetische brandstoffen en voor koolstofverwijdering.

In Hoofdstuk 4 inventariseren we hoe het aanbod van duurzame CO_2 zich zou kunnen ontwikkelen in Nederland.

Hoofdstuk 5 bevat de synthese van de resultaten uit de eerdere hoofdstukken: dit alles overziend, wat zijn dan de kansen en bedreigingen voor duurzame CO_2 aan de glastuinbouw, in 2030 en 2040?

In het afsluitende Hoofdstuk 6 verkennen we de mogelijke maatregelen waarmee de beschikbaarheid van duurzame CO_2 voor de glastuinbouw kan worden gewaarborgd.

Intern gebruik

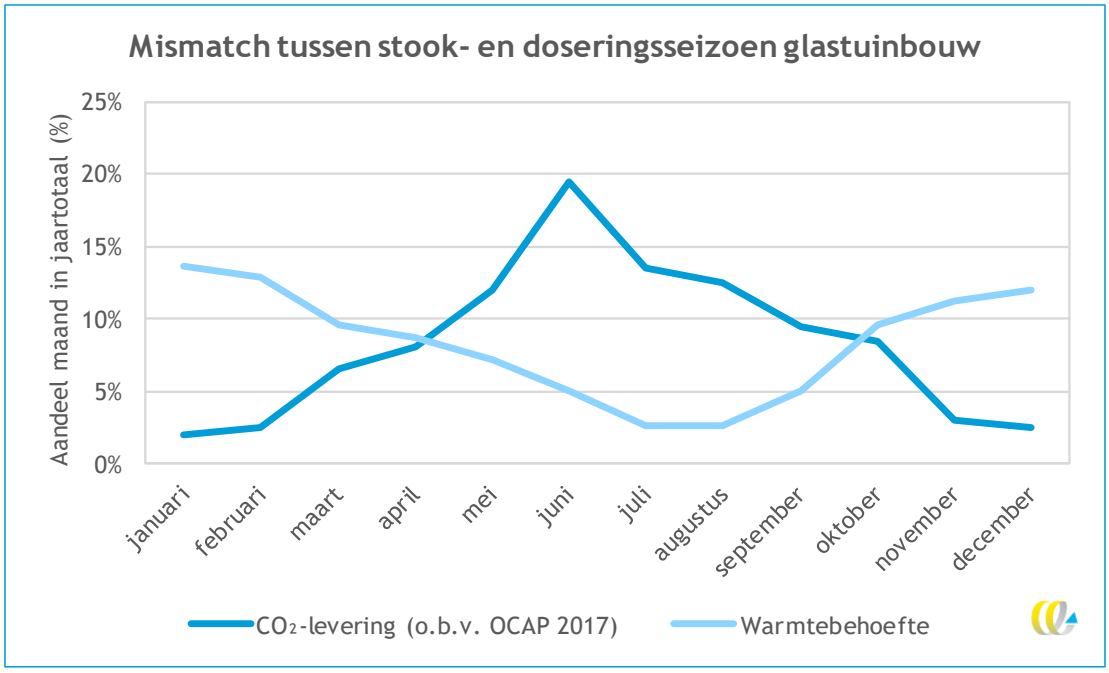
2 Duurzame CO_2 in de glastuinbouw

In dit hoofdstuk beschrijven we het huidige CO_2-gebruik en levering aan de glastuinbouw en schetsen we de trends in vraag en aanbod in de transitie naar gebruik van duurzame CO_2.

2.1 De rol van CO_2 in de glastuinbouw: huidige situatie

CO_2-dosering wordt gebruikt om de gewasproductie in een kas op peil te houden (Smit & Grootscholten, 2024; Van der Velden & Smit, 2019). Met name in de zomerperiode, met veel lichtinval waardoor gewassen sneller groeien, is de aanvoer van CO_2 uit de buitenlucht onvoldoende en wordt additionele CO_2 gedoseerd. Deze seizoensgebonden vraag is precies tegenovergesteld aan het stookseizoen, zoals de mismatch tussen warmtebehoefte en CO_2-levering in Figuur 3 illustreert.

Figuur 3 – Mismatch tussen stook- en doseringsseizoen glastuinbouw



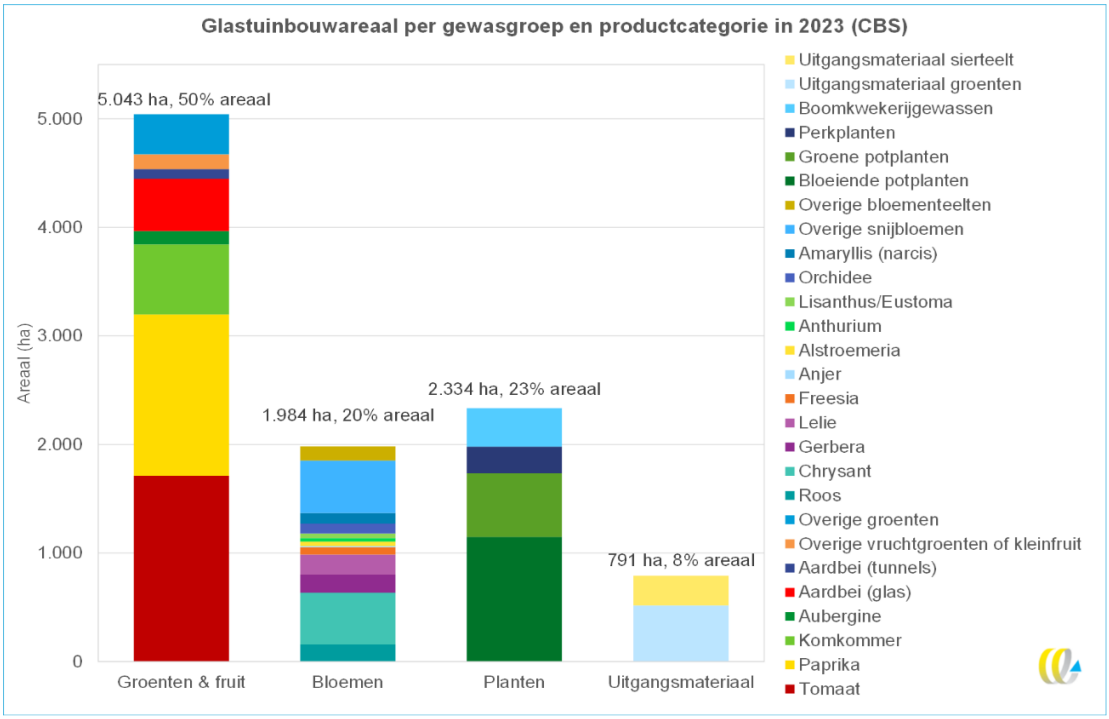
Intern gebruik

Atmosferische CO_2-concentraties liggen rond de 400-425 ppm, afhankelijk van het gewas en seizoen is een concentratie tussen 500 en 1.000 ppm gangbaar. Volgens PBL wordt 800 ppm nu gemiddeld gebruikt (PBL, 2025). De meeropbrengst (additionele productie door dosering) verschilt sterk per gewas, seizoen en CO_2-concentratie, maar heeft een ordegrootte van 10 tot 40% (Van Oostrom & Trouwborst, 2024). Bij hogere concentraties zijn afnemende meeropbrengsten, onder andere doordat er bij hogere concentraties meer CO_2 verloren gaat aan de omgeving.

Huidig gebruik van CO_2 in het areaal

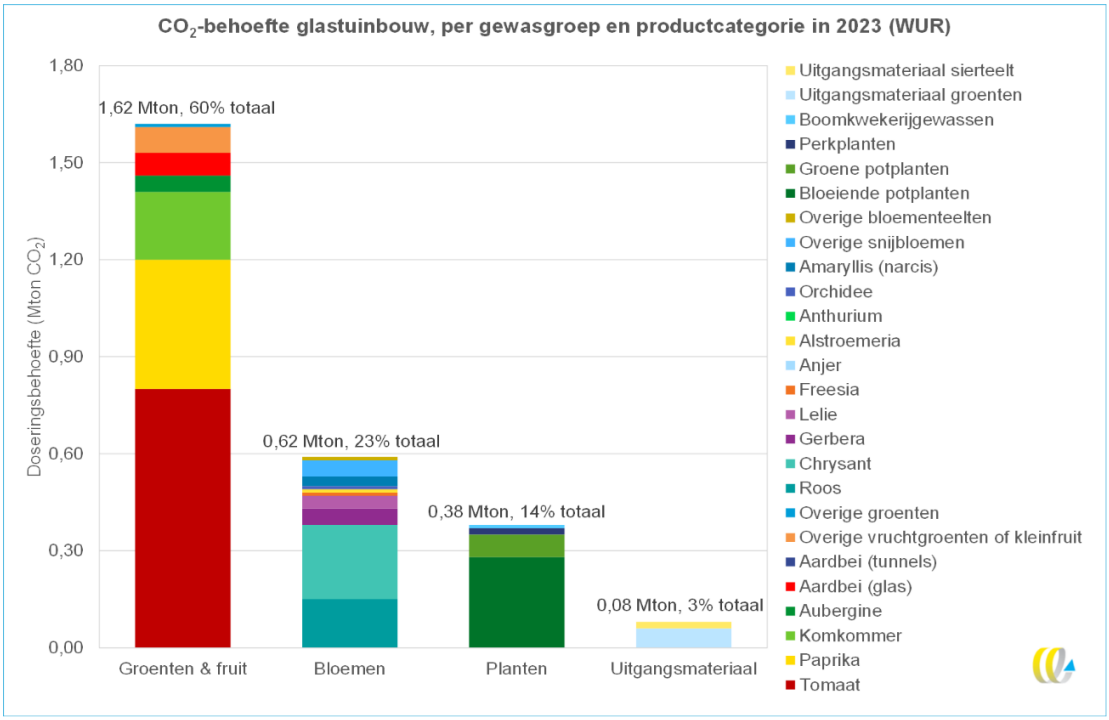
Op dit moment wordt het totale CO_2-gebruik in de glastuinbouw door WEcR geschat op ca. 2,7-2,8 Mton CO_2/jaar (2023) (Smit & Grootscholten, 2024) (Smit & Beekman, 2025). De exacte dosering is onbekend, omdat niet bijgehouden wordt hoeveel van de CO_2 uit rookgassen voor dosering benut wordt. De mate van dosering verschilt sterk per gewas. Zo worden rozen vaak zeer hoog gedoseerd, tomaten middelhoog gedoseerd, de meeste potplanten vaak laag of niet gedoseerd. In Figuur 4 zetten we het gewasareaal af tegen de CO_2-behoefte in 2023. Groenten & fruit zijn de grootste categorie en beslaan 50% van het areaal. 60% van het totale CO_2-gebruik vindt plaats in deze categorie.

Figuur 4 – Overzicht van het glastuinbouwareaal (deze pagina) en de CO_2-behoefte (volgende pagina) per gewasgroep in 2023



Bron: Op basis van (CBS, lopend; Smit & Grootscholten, 2024)

Intern gebruik



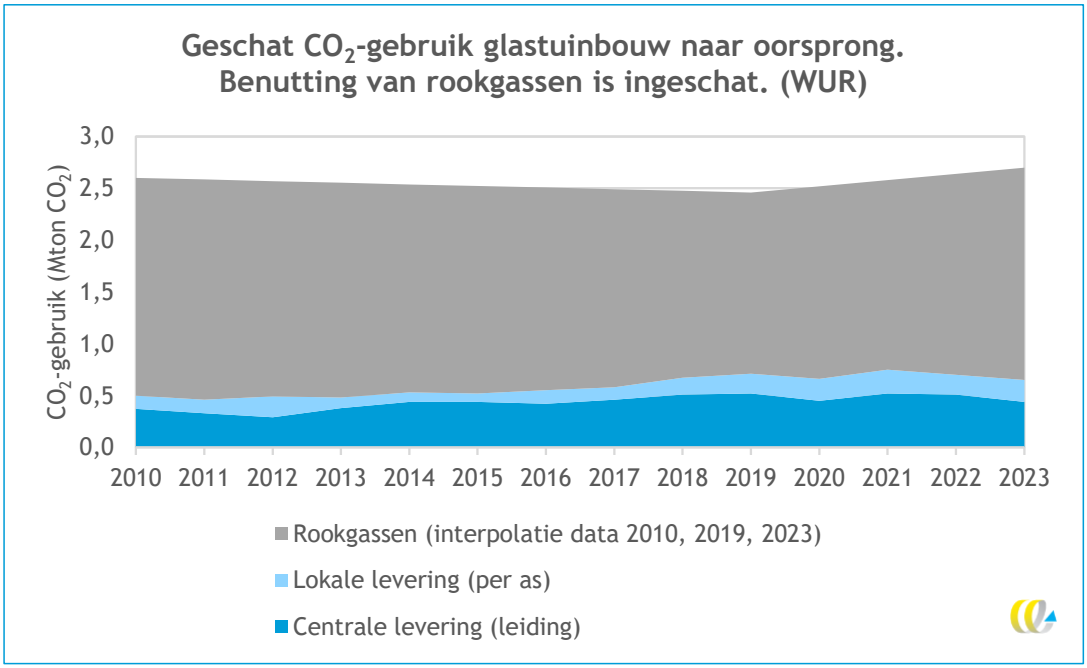
Herkomst van CO_2 voor dosering in kassen

Zo'n 75% van de gedoseerde CO_2[3] is afkomstig uit rookgassen uit eigen installaties, de rest wordt extern geleverd (Figuur 5). De mate van dosering en de verhouding tussen gebruik uit rookgassen en levering is sinds 2010 grotendeels gelijk gebleven. Van de geleverde CO_2 wordt twee-derde centraal geleverd per pijpleiding, voornamelijk via de OCAP-pijplijn en het netwerk van ECW, en een-derde geleverd per as (vrachtwagen-transport).

[3] Gedoseerd, dus exclusief CO_2 direct opgenomen uit de atmosfeer.

Intern gebruik

Figuur 5 – Overzicht van oorsprong CO_2-gebruik in glastuinbouw 2010-2023



Het merendeel van de rookgassen is afkomstig uit wkk's. Wkk's draaien zo veel mogelijk op momenten met hoge warmtevraag en hoge elektriciteitsprijzen. In de zomer zijn beide vaak laag terwijl de vraag naar CO_2 op het hoogst is. Op deze momenten komt het voor dat CO_2 uit de rookgassen van een gasketel goedkoper is (Raaphorst & Kempkes, 2019). Ook in de zomer is er vaak sprake van een warmtevraag, waardoor het niet vaak voorkomt dat een wkk of ketel enkel voor CO_2-productie wordt ingezet. Anderzijds is de warmteproductie en daarmee CO_2-productie begrenst: te hoge kastemperaturen beïnvloeden de productie negatief. Onder aan de streep zijn de marginale kosten van CO_2-productie uit rookgassen in de zomer fors hoger dan in de winter. De kosten van gasgebruik voor tuinders zullen komende jaren verder stijgen door beprijzingsmaatregelen zoals aanpassing van het belastingtarief en beperking van de wkk-inputvrijstelling.

Geleverde CO_2 is afkomstig uit verschillende bronnen en wordt door een handvol partijen geleverd aan tuinders. OCAP (dochter van Linde Gas, leverancier en exploitant van omgebouwde oliepijplijn in Holland die nu wordt gebruikt voor CO_2-transport) is verreweg de grootste leverancier en gebruikt momenteel twee hoofdbronnen. Deze bronnen zijn de Shell raffinaderij in Pernis en een bioraffinaderij van Alco, beide gelegen in het Rotterdams havengebied. Vanaf 2026 zal Shell haar CO_2 echter niet langer leveren aan OCAP, in plaats daarvan wordt het opgeslagen onder de Noordzee binnen het Porthos-project. OCAP is bezig met ontwikkelen van nieuwe bronnen zoals biovergisters en afvalverbranders om het gat in de CO_2-aanvoer op te vangen. Andere grote CO_2-leveranciers zijn met name Nippon Gases Air Products en Air Liquide. Ook Yara Sluiskil, nu CO_2-leverancier voor tuinders, heeft plannen vanaf 2026 CO_2 per schip richting Noorwegen te transporteren voor afvang.

Intern gebruik

Technische aspecten CO_2-levering en winning uit rookgassen

Er zijn drie gangbare methodes voor levering van CO_2 aan een kas, elk met specifieke technische aspecten (Huibers et al., 2009):

1. **Gasvormige levering via pijplijn en afleverset**. Zuivere CO_2 wordt op andere plekken in het netwerk ingevoed in een compressorstation. Dat kan in een transportleiding gebeuren (OCAP-hoofdnet), of in een lokaal distributienetwerk met compressorstation dat niet fysiek gekoppeld is aan een hoofdtransportnet.
   De tuinder kan 'de kraan' openzetten om CO_2 geleverd te krijgen.
2. **Vloeibare levering via tankwagen met opslag**. Zuivere CO_2 wordt geleverd en onder druk opgeslagen in CO_2-tanks op terrein van de tuinder. Opslag gebeurt bij -20 tot -35 °C en 10 tot 20 bar, dus is compressie nodig. Tanks worden typisch wekelijks tot maandelijks bijgevuld, afhankelijk van behoefte van de tuinder en dimensionering van de tanks. Een verdamper is nodig om de opgeslagen CO_2 gereed te maken voor afgifte in de kas.
3. **Afvangst van rookgassen**. Rookgassen worden eerst gereinigd voor distributie in de kas. Er zit verschil tussen rookgasgebruik van wkk's en gasketels:
   - **Wkk-rookgassen**. Wkk's kennen hogere verbrandingstemperaturen dan gasketels waardoor bij de wkk de NO_x-concentratie hoger is. Vaak wordt ureum geïnjecteerd om deze NO_x om te zetten in N_2 en H_2O. Een rookgasreiniger verwijdert vervolgens schadelijke stoffen. De CO_2 wordt vaak gedroogd om condensvorming tegen te gaan en afgekoeld of verwarmd verdund afgegeven in de kas.
   - **Gasketelrookgassen**. Deze rookgassen zijn vaak zuiverder dan uit een wkk. Hierdoor is geen ureumbehandeling nodig.

Afgifte van CO_2 in de kas gebeurt met een leidingsysteem of luchtcirculatiesysteem. De temperatuur en het vochtgehalte van de CO_2 zijn hierbij relevant. CO_2 uit een buffertank is te koud om direct in te brengen en moet worden opgewarmd voor gebruik.
De zuiverheid van CO_2 uit rookgassen is in de meeste gevallen lager dan extern geleverde CO_2. Tuinders hebben uiteenlopende kwaliteitseisen voor de zuiverheid van CO_2, afhankelijk van het gewas en de te leveren productkwaliteit. In geleverde CO_2 worden verschillende kwaliteitsniveaus gehanteerd, zoals 'technical-grade' en 'food-grade' kwaliteit. Hogere niveaus vereisen extra zuiveringsstappen, kwaliteitsmetingen en verificatie.

Kosten van CO_2

Voor tuinders bestaat de prijs van CO_2 vaak uit een vast bedrag en een bedrag per geleverde kilogram (kg), de leverprijs. OCAP's leverprijs ligt rond de 7 tot 8 eurocent per kg (Van der Velden & Smit, 2019). Dit is in principe de laagste marktprijs voor CO_2-levering.

Intern gebruik

Inkoopkosten per tankwagen inclusief verdampingskosten variëren volgens Kwantitatieve Informatie Glastuinbouw 2023 (KWIN2023) meer en liggen hoger, tot wel 20 eurocent per kg (Raaphorst & Van Tuyll van Serooskerken, 2023). KWIN2023 rekent met 12 eurocent per kg als gemiddelde inkoopprijs voor de sector.

Voor CO_2 uit rookgassen zijn onder andere een rookgasreiniger en analyseapparatuur nodig. Deze investering kost afhankelijk van het vermogen tussen de € 100.000 en € 400.000 en heeft een levensduur van tien jaar. Vergeleken met externe levering liggen de kosten per kg in de regel een stuk lager, ordegrote 1 eurocent per kg gekeken naar enkel reinigingskosten. In Paragraaf 4.6 schetsen we in meer detail de bandbreedte van (deze en andere) kosten wanneer warmte en elektriciteit niet nuttig ingezet kunnen worden en onderdeel van de kostprijs zijn. Kosten voor rookgas-CO_2 uit een gasketel, zeker in geval van zomerstook, liggen gemiddeld iets hoger dan rookgas-CO_2 uit een wkk. In een later hoofdstuk vergelijken we de genoemde kosten met alternatieven.

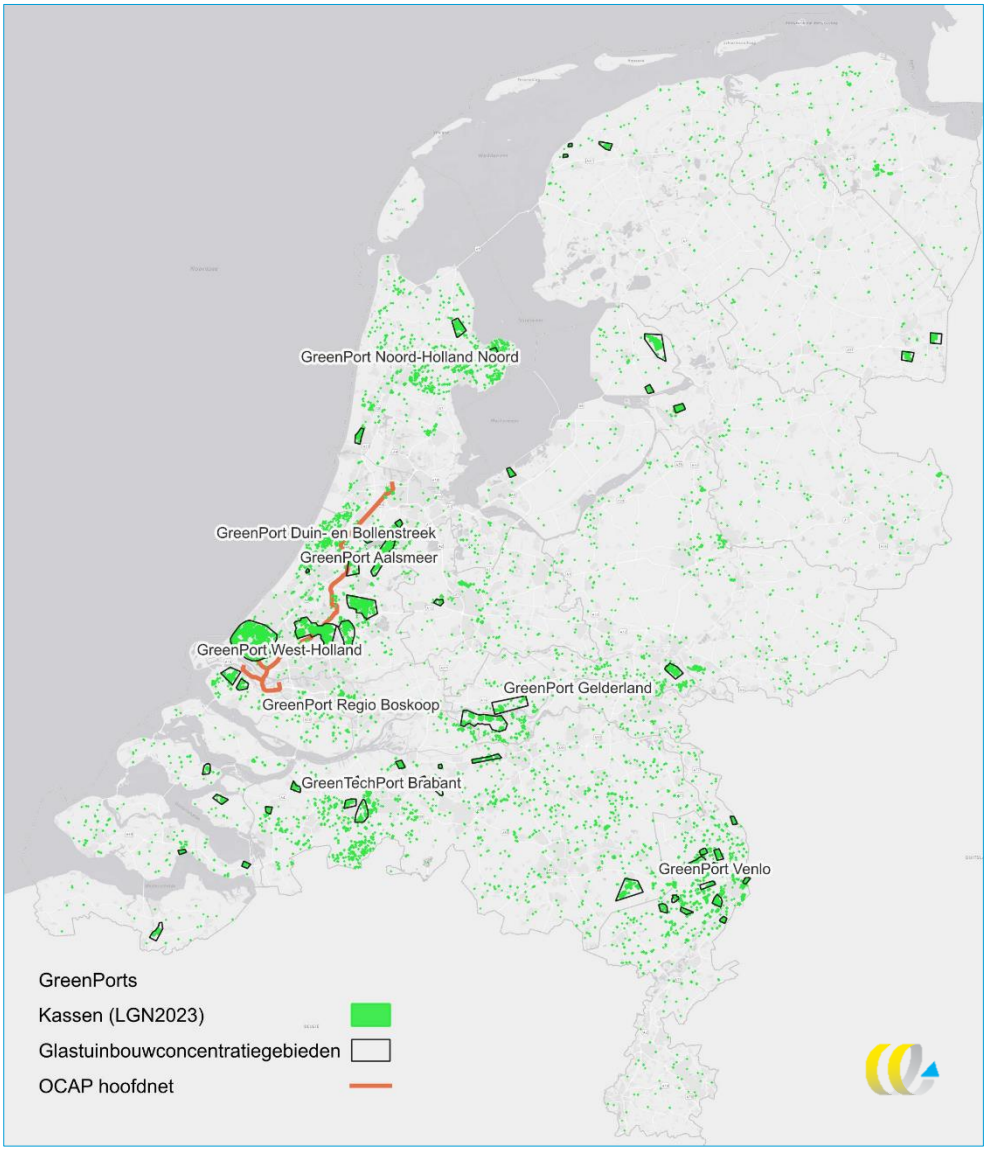
Geografische structuur CO_2 voor de glastuinbouw

Kassen en glastuinbouwconcentratiegebieden staan weergegeven in Figuur 6. Hierin staat ook de bestaande OCAP CO_2-leiding. OCAP bedient circa 600 bedrijven (van de 3.330 glastuinbouwbedrijven in Nederland in 2023) in traditioneel grote clusters in Greenport West-Holland (Westland, B-Driehoek en Zuidplaspolder) en recenter in Greenport Aalsmeer (Raaphorst & Van Tuyll van Serooskerken, 2023). Daarnaast bedient OCAP ook gebieden met enkel distributienetwerken, onder meer in Greenport Noord-Holland Noord. Hoewel veel van de bestaande glastuinbouwbedrijfslocaties in nabijheid zijn van het OCAP-hoofdnet, is levering per nieuwe[4] transportleiding voor een aanzienlijk deel van (kleinere) clusters en solitaire bedrijven mogelijk te kostbaar. Voor kosteneffectieve leidinginfrastructuur zijn typisch grootschalige bronnen en hoge, stabiele afnamevolumes vereist. Alternatieven voor kleinere clusters en solitaire tuinders zijn levering per as (tankwagen) of boot, distributienetwerken zonder transportleiding en afvang op/rond het eigen bedrijfsterrein.

[4] Indien aangelegd enkel voor glastuinbouw. In latere hoofdstukken komen we terug op geplande CO_2-transportinfrastructuur.

Intern gebruik

Figuur 6 – Glastuinbouw in Nederland (kaslocaties, concentratiegebieden, GreenPorts en OCAP)



Aanbod van (duurzame) CO_2 uit rookgassen

Rookgassen zijn momenteel de belangrijkste bron van CO_2 voor tuinders. De verduurzaming van het verwarmingssysteem hangt daarmee direct samen met de verduurzaming van de CO_2-voorziening. Er zijn een aantal routes om de warmtevoorziening te verduurzamen, waaronder gebruik van biobrandstoffen, warmtebronnen en elektrificatie.

We behandelen eerst de te verwachte ontwikkeling van het gebruik van warmtebronnen en elektrificatie. Tuinders die investeren in duurzame basis- en middenlastbronnen zoals geothermie of warmtepompen zullen de wkk en/of ketel behouden voor pieklastvoorziening en CO_2-voorziening.

Intern gebruik

Tussen het vraagprofiel van warmte en die van CO_2 is echter een aanzienlijke mismatch aanwezig[5], met warmtebehoefte in de winter en CO_2-behoefte in de zomer. Bovendien is de verwachting op basis van de wkk-barometer van BlueTerra dat het aantal rendabele draaiuren van wkk's over de middellange termijn fors gaat dalen (BlueTerra, 2024).
Om dezelfde hoeveelheid CO_2 uit rookgassen te behalen zal de wkk (of indien goedkoper: de ketel) op momenten aan moeten staan waarop geproduceerde warmte en elektriciteit minder toegevoegde economische waarde hebben. Hierdoor wordt ook de CO_2 duurder.
Door toepassing van biobrandstoffen (groengas, biogas of vaste biomassa) als feedstock voor de wkk of ketel komt biogene CO_2 beschikbaar voor dosering (BlueTerra, 2025).
Biobrandstoffen zullen naar verwachting beperkt beschikbaar zijn en slechts een beperkt deel van de totale toekomstige vraag in de sector kunnen vervullen, ook omdat andere sectoren, zoals de gebouwde omgeving, aanspraak maken op beschikbare duurzame biomassastromen (CE Delft, 2020; PBL, 2024a). Het huidige verbruik is circa 8% van de warmtevoorziening, veelal bestaande uit biomassaketels. Ramingen voor toekomstig verbruik zijn meestal gebaseerd op het invullen van de 'restvraag', veelal pieklast, na verduurzaming met bronnen als geothermie of warmtepompen. De sector voorspelde zelf dat in 2040 ~6,6% van de (piek)warmtevraag kan worden ingevuld met biobrandstoffen (Glastuinbouw Nederland, 2023), WSER schat dit aandeel hoger in (12-19%) (Smit & Beekman, 2025). Ondanks deze significante bijdragen in de warmtevraag, zien wij een beperkte lange termijn potentie van biobrandstofverbranding als bron van biogene CO_2 bij tuinders.
Dat komt voornamelijk doordat biobrandstoffen die uitsluitend voor de piekwarmtevraag worden gebruikt maar zeer beperkt een rol spelen in de CO_2-voorziening in de zomer.

De in de vorige paragraaf beschreven terugloop in het aanbod van fossiele CO_2 uit rookgassen is direct te relateren aan de snelheid van verduurzaming van de warmtevraag in de sector. Bedrijven beginnen typisch met het duurzaam invullen van basis- en middenlast met bronnen zoals geothermie of een warmtepomp. Naarmate meer bedrijven hierin investeren zal behoefte aan vervangend geleverde CO_2 stijgen.

2.2 Transitie van de sector naar duurzame CO_2

Circa driekwart van de CO_2 voor dosering in de glastuinbouw is momenteel van fossiele oorsprong. In het Convenant Energietransitie Glastuinbouw 2022-2030 is een doel vastgelegd om minimaal 2 Mton alternatieve, bij voorkeur biogene CO_2 te voorzien in 2030 (Ministerie van LNV, 2022). We beschrijven de relevante ontwikkelingen op het gebied van aanbod en vraag van duurzame CO_2 die richting 2030 en tot 2040 te verwachten zijn.
In Hoofdstuk 3 en 4 gaan we dieper in op deze onderwerpen.

[5] De mismatchfactor kan door middel van opvang en opslag van rookgassen uit wkk's worden verlaagd. Dit is echter geen *common practice*, de techniek hiervoor wordt momenteel nog ontwikkeld en getest.

Intern gebruik

Aanbod van geleverde (duurzame) CO_2

Externe levering van CO_2 is volgens huidig inzicht het belangrijkste[6] alternatief voor het bijna geheel wegvallen van rookgassen. We beschrijven in deze paragraaf relevante ontwikkelingen op en rond bestaande en nieuwe leveringsmethodes en bronnen. Hoofdstuk 4 gaat in meer detail in op eigenschappen en vooruitzichten van specifieke bronnen.

OCAP is hofleverancier van geleverde CO_2. Shell en Alco zijn de voornaamste CO_2-bronnen van de OCAP-hoofdleiding. Hierin levert Shell fossiele CO_2 en Alco biogene CO_2. Deze gemengde CO_2 zou wellicht via het bioswap-principe kunnen worden verrekend (zie Bijlage B voor uitleg van bioswap) waardoor de ETS-kosten van de fossiele fractie CO_2 niet doorberekend hoeven te worden naar tuinders. Echter valt Shell naar verwachting vanaf 2026 weg als bron voor OCAP; in plaats van (gedeeltelijke) levering aan de glastuinbouw wordt de CO_2 dan opgeslagen in het Porthos CCS-project onder de Noordzee. Voor deze beslissing van Shell zijn diverse strategische, operationele en financiële redenen.

Ook enkele AVI's leveren al per tankwagen aan de glastuinbouw. De komende jaren zullen AVI's hun afvangcapaciteit uitbouwen, en het is de verwachting dat een deel hiervan gebruikt kan worden in de glastuinbouw. Verder is er interesse bij vergisters om CO_2 aan de tuinbouw te leveren (Kalsbeek & Paap, 2025). Mits CO_2 uit biogasopwaardering fossiele CO_2 vervangt, verbetert levering aan glastuinbouw de duurzaamheidswaardering[7] en daarmee financiële waarde van het groengas volgens de methodiek uit het Renewable Energy Directive. We gaan in Hoofdstuk 4 verder in op de kansen en bedreigingen rond AVI's en vergisters.

De glastuinbouwsector ziet uitbreiding van CO_2-infrastructuur als randvoorwaarde voor het realiseren van een klimaatneutrale sector in 2040 (Glastuinbouw Nederland, 2023). We schatten op basis van recent eigen onderzoek voor LVVN met geografische inventarisatie van de Nederlandse glastuinbouw (CE Delft, 2024a) dat het leveringsgebied van het OCAP-hoofdnet (Westland, Oostland en Aalsmeer) tot circa 40% van de Nederlandse tuinders met CO_2-behoefte dekt.[8] Nog eens 45% van de vraag zien we in clusters elders in het land, en de laatste 15% van de vraag bij solitaire tuinders. Voor robuuste levering van externe CO_2 verwachten we in de toekomst ontwikkeling van nieuwe CO_2-infrastructuur in met name deze overige clusters en mogelijk ook bij de solidaire tuinders.

---

6 Alternatieve methodes om CO_2 op of rond de bedrijfslocaties te produceren bespreken we in verdere hoofdstukken.
7 Dit leidt tot een lagere 'Carbon Intensity score' (CI-score).
8 Dat betekent niet dat OCAP op dit moment in 40% van de CO_2-behoefte voorziet: niet alle tuinders in het leveringsgebied zijn per definitie aangesloten op het hoofdnet, en een groot deel van deze tuinders haalt nog altijd een deel van hun CO_2-behoefte uit rookgassen.

Intern gebruik

Voor niet-OCAP clusters met genoeg CO_2-behoefte is een lokaal distributienetwerk met een centraal invoedingspunt een mogelijke oplossingsroute. Het ontwikkelen van een distributienetwerk duurt circa drie jaar, het ontwikkelen van een grote CO_2-afvanginstallatie zal in vele gevallen langer duren. Die bron kan ook via een transportleiding worden ontsloten. Ontwikkelen van een nieuwe transportleiding duurt vanwege de projectschaal- en complexiteit aanzienlijk langer dan een distributienetwerk. De CO_2-leidingen DRC en DSC zijn waarschijnlijk vanaf 2033 operationeel, dus uitkoppeling van deze CO_2-stromen ervan is pas vanaf dat jaar mogelijk. Voor de solitaire tuinders en kleine clusters zal levering per as waarschijnlijk de belangrijkste aanleverroute blijven.

Ontwikkelingen in de vraag naar (duurzame) CO_2 vanuit de glastuinbouw

We onderscheiden, los van ontwikkelingen aan de aanbodkant, vijf ontwikkelingen die de vraag naar (duurzame) CO_2 in de sector beïnvloeden. Deze zijn voor een belangrijk deel gebaseerd op studies van Wageningen Social & Economic Research (WSER), '*Actueel inzicht CO_2-behoefte Nederlandse glastuinbouw 2030*' (Smit & Grootscholten, 2024) en '*Scenario's voor het energiegebruik van een klimaatneutrale Nederlandse glastuinbouw*' (Smit & Beekman, 2025):

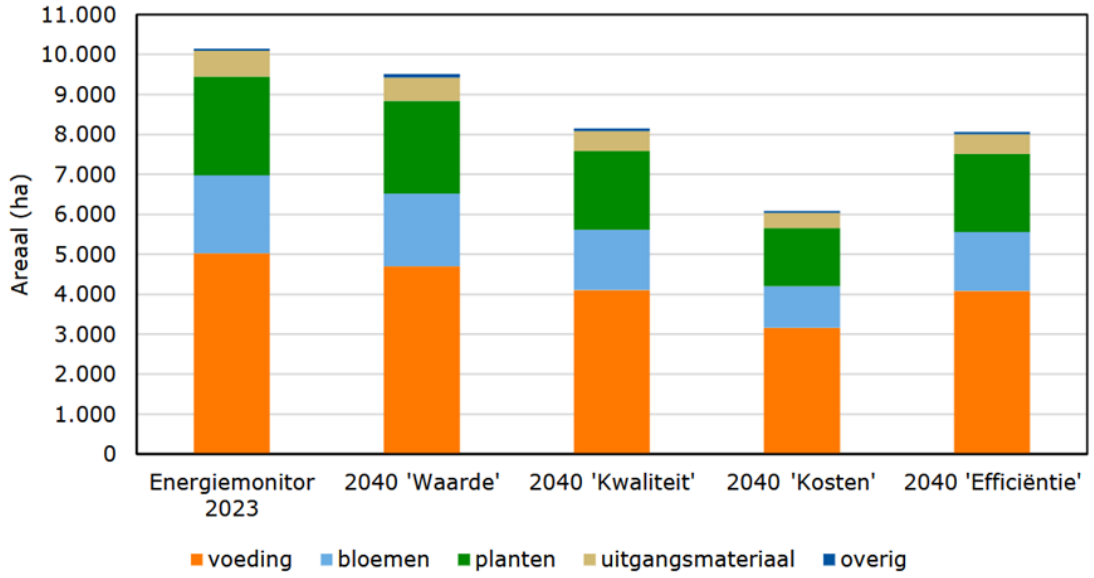
1. Areaalontwikkeling.
2. Klimaatbeleid.
3. Verbeteringen in kennis & techniek.
4. Doseringsoptimalisatie op bedrijfsresultaat.
5. Prijselasticiteit van de vraag naar CO_2.

1. Areaalontwikkeling

De vraag naar CO_2 groeit mee met eventuele groei- of krimp van het areaal wanneer de dosering per ha gelijk blijft. Uit Figuur 3 werd al duidelijk dat de specifieke gewassen die geteeld worden van grote invloed zijn op de CO_2-behoefte. In de scenariostudie van (Smit & Beekman, 2025) wordt voor 2040 in alle scenario's een kleiner areaal dan nu (~10.000 ha) voorzien. In deze studie zijn vier scenario's uitgewerkt waarin de zogenaamde **Perspective to Operate** (maatschappelijk draagvlak glastuinbouw) en het **Perspective to Deliver** (marktwaardering glstuinbouwproducten) verschillen. Figuur 7 laat de areaalontwikkeling zien in deze scenario's. Areaaldaling varieert van minimaal 6%, 20% in twee scenario's en 40% in het meest extreme scenario.

Intern gebruik

Figuur 7 - Areaal Nederlandse glastuinbouw per subsector voor 2023 (Energiemonitor) en vier scenario's voor 2040, in hectare.



Bron: Overgenomen uit (Smit & Beekman, 2025).

Als verdere langetermijntrend zien we onder andere modernisering en clustering van het areaal. Dat betekent onder andere sloop-en-nieuwbouw of renovatie van oude kassen, en ruimtelijke reorganisatie waardoor bedrijfslocaties worden geconcentreerd in specifieke gebieden. Daartegenover staat een trend rond solitaire bedrijven waar vaker energie-extensief geteeld zal worden door gebrek aan opties rond collectieve infrastructuur.
Dit betekent dat de geografische verdeling van vraag naar CO_2 verschuift en toepassing van collectieve CO_2-infrastructuur waarschijnlijk toeneemt.

2. Klimaatbeleid

Rijksbeleid voor de glastuinbouw, zoals beklonken in het sectorconvenant, richt zich hoofdzakelijk op het verduurzamen van de Scope 1-emissies van de energievoorziening in de sector (Ministerie van LNV, 2022). De instrumenten hiervoor zijn enerzijds beprijzing (zoals aanpassingen aan de energiebelasting en het heffingssysteem) en anderzijds ondersteuning (onder andere Kas als Energiebron en SDE++). Daarnaast is er normerend beleid, zoals de energiebesparingsplicht. Vanuit deze afspraken is voor de CO_2-voorziening afgesproken dat afvang en levering aan de glastuinbouw in regelingen zoals de SDE++ expliciet mogelijk wordt gemaakt. Bedrijven zijn zelf verantwoordelijk voor het regelen van hun CO_2-voorziening, Glastuinbouw Nederland voorziet hierbij de inzet/randvoorwaarden zoals weergegeven in het Tekstkader 1.

Intern gebruik

Tekstkader 1 –Inzet/randvoorwaarden CO_2-voorziening

Inzet/randvoorwaarden CO_2-voorziening

- De realisatie van een dekkend systeem van CO_2-voorziening uit biogene bronnen in de concentratiegebieden uiterlijk in 2030. Ondersteuning en realisatie van afvang bij bronnen en doorontwikkeling van CO_2-netwerken in de grote concentratiegebieden.
- Voorkomen dat opslag (CCS) aantrekkelijker is dan levering en circulair hergebruik (CCU) in de glastuinbouw. Dit niet alleen voor de fossiele CO_2, maar in de toekomst ook voor biogene CO_2.
- Om de CO_2-voorziening mogelijk te maken is doorontwikkeling van afvangtechnologie en financiële ondersteuning daarvan vereist.
- Het wegnemen van de juridische en technische barrières voor de administratieve verrekening en zorgen dat dit ook mogelijk is voor vloeibare CO_2 naar gasvorming.
- Onderzoek voortzetten naar het efficiënt doseren van CO_2. Uit eerder onderzoek blijkt dat er potentie is voor een besparing van 50% zonder al te grote gevolgen voor de productie.
- Onderzoek naar CO_2 uit de buitenlucht; realiseren van pilots uiterlijk in 2024.

Bron: Overgenomen uit (Glastuinbouw Nederland, 2023)

Het decarboniseren van de warmtebron (wkk/gasketel) heeft direct effect op de beschikbare rookgas-CO_2 voor dosering, zoals eerder in deze paragraaf beschreven. In de studie '*Ontwikkelingen energie-infrastructuur voor de glastuinbouw*' concluderen we dat er genoeg financiële prikkels en technische mogelijkheden zijn voor de sector om de CO_2-reductiedoelen voor 2030 te halen (CE Delft, 2024a). Het beprijzingsbeleid speelt een grote rol in het rendabel maken van de duurzame warmte-alternatieven. Dit stuwt de vraag naar alternatieve, duurzame bronnen van CO_2 en de ontwikkeling van infrastructuur om deze te leveren.

3. Verbeteringen in kennis & techniek

Onderzoeksprojecten en de hoge gasprijzen van de afgelopen jaren hebben geleerd dat een lagere dosering bij sommige gewassen tot een gelijkblijvende productie kan leiden. (Smit & Grootscholten, 2024). De sectorbrede potentie voor CO_2-besparing[9] door operationele en technische aanpassingen wordt door WSER geraamd tot wel 35%. De potentie verschilt per gewas. Veel van de gedoseerde CO_2 gaat verloren en komt in de atmosfeer.

[9] We definiëren 'besparing' als dat *dezelfde* output wordt behaald met minder input, in dit geval van CO_2. In deze context kan dus met 35% minder CO_2-input nagenoeg dezelfde productie worden gerealiseerd. Besparing staat in contrast met 'extensivering', waarbij *minder* output behaald wordt met minder input. Extensivering resulteert niet per definitie in een slechter economisch resultaat, aangezien de waarde van de output afhankelijk is van meerdere factoren in de bedrijfsvoering en ontwikkelingen in de markt. Extensivering kan er bijvoorbeeld toe leiden dat een bedrijf zich specialiseert in een marktniche.

Intern gebruik

Door operationele veranderingen en/of toepassing van specifieke technieken kan de gedoseerde CO_2 effectiever ingezet worden door de tuinder. Met minder CO_2 kan dus evenveel geproduceerd worden.

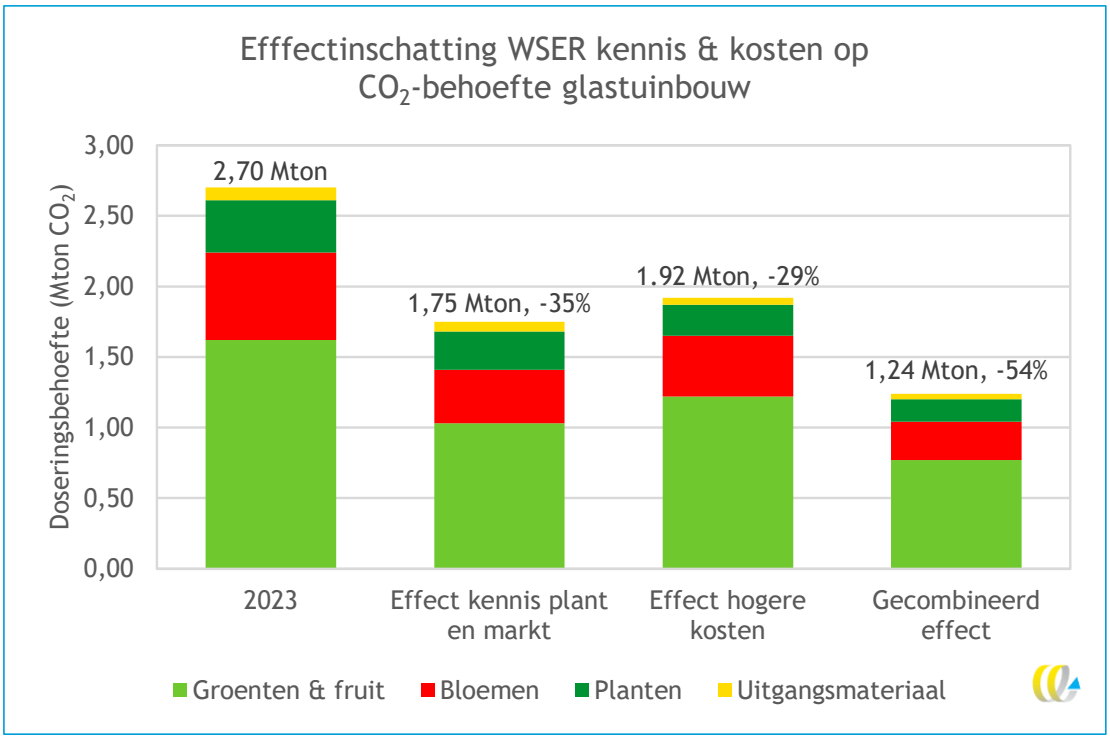
4. Doseringsoptimalisatie op bedrijfsresultaat
De economische waarde van gewassen is seizoensgebonden en fluctueert dus door het jaar heen. Zo is de het aanbod van tomaten in de zomer hoog, waardoor de marktwaarde lager is. Glastuinders worden steeds beter in het optimaliseren van hun bedrijfsproces en doseringsstrategie, waarbij de kosten van de CO_2 worden afgewogen tegen de verwachte opbrengsten (Smit & Grootscholten, 2024). Zij bekijken bijvoorbeeld of de marginale opbrengsten opwegen tegen de marginale doseringskosten en beperken de dosering als dit niet het geval is. Op jaarbasis wordt hierdoor iets minder geproduceerd, maar met minder CO_2 kan zo vrijwel hetzelfde bedrijfsresultaat behaald worden.

5. Prijselasticiteit van de vraag naar CO_2
De hiervoor beschreven doseringsoptimalisatie werkt door in situaties waarin de prijs van CO_2 (en andere productiekosten) dusdanig stijgen dat extra productie voor de tuinder economisch minder interessant wordt. In dit geval daalt de CO_2-behoefte, maar gebeurt dit ten koste van productie en het bedrijfsresultaat. Door verwachte toename van vraag naar extern geleverde CO_2 en schaarste aan aanbod verwacht WSER de CO_2-behoefte zal dalen (Smit & Grootscholten, 2024). WSER heeft een inschatting gedaan van wat de besparings- en extensiveringseffecten[10] kunnen betekenen voor de ontwikkeling van de CO_2-behoefte. Die effecten staan weergegeven in Figuur 8. Bij het gecombineerde effect is een forse reductie van de behoefte voorzien: van 2,7 Mton nu naar 1,24 Mton (-54%).

[10] Zie vorig voetnoot.

Intern gebruik

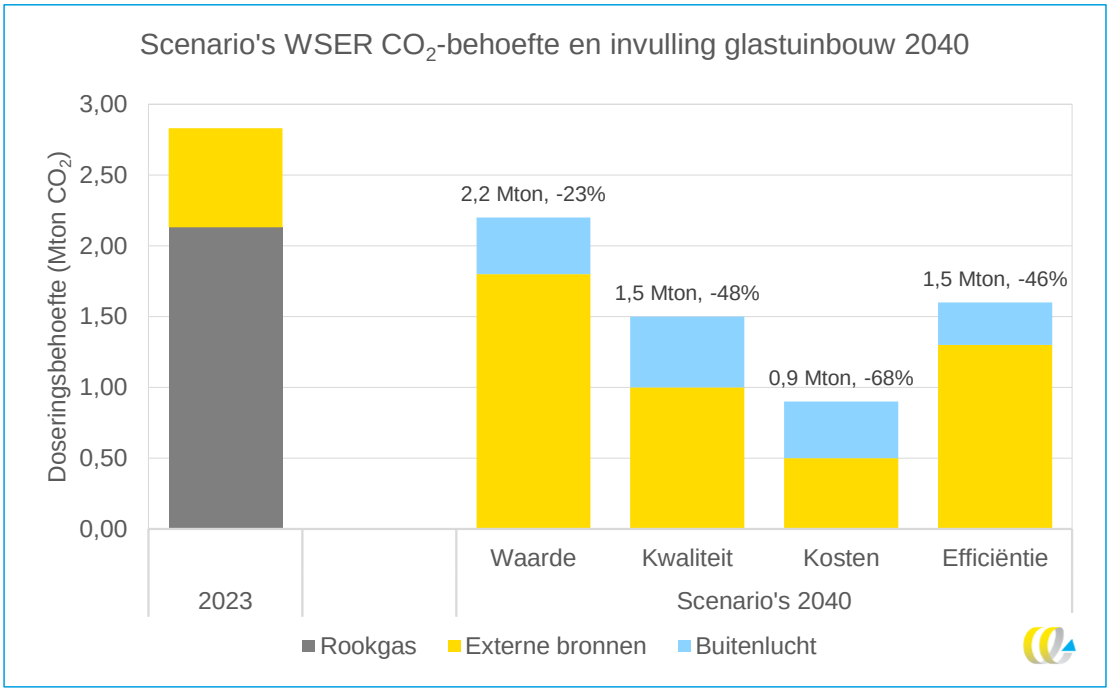
Figuur 8 - Raming van de ontwikkeling van CO_2-behoefte in de glastuinbouw, rekening houdend met 'effecten kennis plant en markt' en 'effect hogere CO_2-kosten' (Smit & Grootscholten, 2024)



In Smit and Beekman (2025) zijn de inzichten uit de effectraming door WSER meegenomen in de sectorscenario's voor 2040. In Figuur 9 staat de ingeschatte ontwikkeling van de CO_2-behoefte. In elk scenario daalt de totale CO_2-behoefte. Echter stijgt in elk scenario de vraag naar CO_2 uit externe bronnen, doordat rookgassen wegvallen. WSER ziet in elk scenario een rol voor CO_2 uit buitenlucht (DAC).

Intern gebruik

Figuur 9 – De CO_2-behoefte en bron ervan voor glastuinbouw in 2040 in scenario's WSER



Bron: (Smit & Beekman, 2025).

2.3 Conclusies vraag CO_2 glastuinbouw

De uitdagingen op het gebied van duurzame CO_2-voorziening in de glastuinbouw bestaan uit een probleem op de korte termijn, en een probleem op de lange termijn. Beide hebben betrekking op zowel de beschikbaarheid als de prijs van de CO_2.

Op de korte termijn, tot 2030, ervaart de glastuinbouwsector een verhoging in productie-kosten door toenemende CO_2-prijzen van zowel CO_2 uit eigen installatie als extern geleverd. De mate waarin dit de bedrijfsvoering raakt verschilt onder andere per gewas-type. Met name bloemen en vruchtgroenten vragen hoge doseringen, waarbij de prijs-elasticiteit van CO_2-vraag bij bloemen hoger is dan bij vruchtgroenten. Tuinders die CO_2 geleverd krijgen van leveranciers waar CO_2-bronnen wegvallen, hebben door krapte aan de aanbodzijde weinig alternatieven. Door verduurzaming van de verwarmingsinstallatie is er echter steeds meer extern geleverde CO_2 nodig, juist bij tuinders die nog geen of weinig CO_2 geleverd kregen. De sector verwacht hierdoor dat tuinders hun doseringsstrategie verder optimaliseren, gasketels en wkk's vaker aanstaan om CO_2 te produceren en dat zomerproductie zal dalen. Geïnterviewde tuinders geven aan dat met structureel hogere CO_2-prijzen dan in het verleden veel businesscases nog wel rond te rekenen zijn, maar geven aan dat de beperkte fysieke beschikbaarheid van CO_2 een grote bedreiging vormt voor bedrijfsvoering.

Intern gebruik

Naast rendabiliteit noemden tuinders als mogelijke gevolgen onder andere hogere productprijzen, overstappen op een minder CO_2-intensief teeltgewas, productieverschuiving naar het buitenland door verhuizing van het eigen bedrijf en in het meest extreme geval bedrijfsbeëindiging.

Intern gebruik

3 Overige vraag naar duurzame CO_2

Duurzame CO_2 kan voor veel verschillende toepassingen worden gebruikt. Niet alleen de glastuinbouw is op zoek naar manieren om de klimaatdoelen te halen, ook andere sectoren zoeken naar manieren om de fossiele CO_2-emissies verder af te laten nemen, en uiteindelijk klimaatneutraal te worden. Hierdoor zal ook de vraag naar duurzame CO_2 vanuit een aantal andere sectoren groeien.

In de volgende paragrafen beschrijven we de verschillende andere toepassingen waarvan er in de toekomst wellicht ook vraag naar duurzame CO_2 zal ontstaan. We denken hierbij met name aan de volgende toepassingen:

- **voedingsmiddelen**;
- grondstof voor de **chemie**;
- **synthetische brandstoffen**, bijvoorbeeld voor de luchtvaart en scheepvaart;
- **koolstofverwijdering** (negatieve emissies), waarbij CO_2 uit de atmosfeer wordt verwijderd en langdurig wordt vastgelegd.

Vanuit deze toepassingen kan concurrerende vraag naar duurzame CO_2 ontstaan voor de glastuinbouw. De belangrijkste drijvende kracht achter deze ontwikkelingen zijn de nationale en Europese klimaatdoelen, en het nationale klimaatbeleid dat ervoor moet zorgen dat deze doelen worden gehaald.

3.1 CO_2 voor voedingsmiddelen

De voedingsmiddelenindustrie gebruikt voor enkele productieprocessen CO_2 als grondstof. De zuiverheidseisen aan CO_2 in deze sector zijn zeer hoog. In 2020 werd het huidig verbruik geschat op 0,2 Mton per jaar (Royal Haskoning DHV, 2020). Met uitzondering van carbonisatie voor productie van frisdrank en bruisend water, zijn de volumes voor andere toepassingen (onder andere brouwprocessen, koffieproductie en droogijs voor transport) beperkt. We zien geen structurele aanleidingen om aan te nemen dat de vraag naar CO_2 voor deze toepassingen in de toekomst significant zal toe- of afnemen. Er is geen bekend Europees of nationaal beleid dat deze sector een overstap naar duurzame CO_2 direct oplegt. Indirect beleid, zoals CSRD en B2B-ketenafspraken kunnen wel voor een verschuiving van vraag van fossiele naar duurzame CO_2 zorgen.

Intern gebruik

3.2 CO_2 als grondstof voor chemie

De chemische industrie in Nederland heeft zich als doel gesteld om in 2050 klimaatneutraal te zijn en circulair te werken. Dat betekent zowel het energiegebruik als de gebruikte grondstoffen verwerkt in hun producten moeten worden verduurzaamd. Voor het verduurzamen van de grondstoffen ziet de industrie drie mogelijkheden: recycling, biogrondstoffen en hergebruik van CO_2 (CCU).

De vraag naar duurzame CO_2 als grondstof voor de chemische industrie is nog niet op gang gekomen. Verschillende trajecten naar een klimaatneutrale industrie van PBL laten zien dat synthetische basischemicaliën (op basis van duurzame CO_2) de vraag naar nafta van 0-25% kunnen vervangen in 2050, afhankelijk van de manier waarop klimaatneutraliteit wordt bereikt (PBL, 2024c) en de scenario's ADAPT en TRANSFORM uit (TNO, 2025b) schatten in dat in 2050 0,5-2,5 Mton van de koolstofbehoefte wordt ingevuld met synthetische brandstoffen (op basis van CO_2). De uiteindelijke hoeveelheid productie van chemicaliën op basis van CO_2 in Nederland is afhankelijk van welke keuzes worden gestimuleerd door beleid, en de ontwikkeling van de brandstoffenindustrie. Net als momenteel bij aardolieraffinage het geval is (waarbij nafta als grondstof voor de chemische industrie wordt geproduceerd), kunnen bijproducten uit de duurzame brandstofproductie de worden gebruikt als grondstof voor de chemie, onder andere biogene CO_2. De VNCI verwacht voor 2050 niet dat er veel chemie op basis van duurzame CO_2 gaat worden gerealiseerd in Europa/Nederland. Het kost veel energie om CO_2 om te zetten naar nuttige chemicaliën. Recycling en biobased chemie zijn daarom aantrekkelijker. Normering van recyclaat en biobased koolstof in producten komt net van de grond, voor chemicaliën op basis van duurzame CO_2 is nog geen beleid of doelstelling. Dit zou wel nodig zijn om een prikkel te geven voor de ontwikkeling hiervan.

3.3 CO_2 voor synthetische brandstoffen

Een groot deel van het wegverkeer zal kunnen verduurzamen door elektrificatie, en wellicht kan een deel van het vliegverkeer in de toekomst ook elektrificeren. Maar de verwachting is dat het lastig wordt om een flink deel van mobiliteit en transport, denk aan de (zee)scheepvaart, het langeafstandvliegverkeer en het zware langeafstandvrachtverkeer over de weg, van een volledig elektrische aandrijving te voorzien. Daarvoor is het energiegebruik te hoog en zijn de benodigde batterijen te zwaar en te groot. Deze sectoren hebben dan ook behoefte aan andere duurzame alternatieven voor de huidige fossiele brandstoffen.

Dit kunnen biobrandstoffen zijn die worden geproduceerd uit duurzame biogrondstoffen, maar de beschikbaarheid van duurzame biomassastromen is beperkt (PBL, 2024c). Daarom wordt ook gewerkt aan de ontwikkeling van zogenaamde synfuels, ofwel e-fuels.

Intern gebruik

Dat zijn brandstoffen die worden geproduceerd met elektriciteit en een koolstofbron: met de elektriciteit wordt groene waterstof geproduceerd, die vervolgens wordt gecombineerd met CO_2. [11] Dit kan fossiele CO_2 zijn maar ook in deze toepassing zal de ontwikkeling richting gebruik van duurzame CO_2 gaan. De scenario's in PBL (2024c) schetsen dat deze productieroutes voornamelijk gebruik zullen maken van de relatief zuivere CO_2 die vrijkomt bij biobrandstofproductie. Naast het voordeel van een industriële synergie die hiermee kan worden gecreëerd, zijn de kosten van de afvang van deze biogene CO_2 relatief laag, omdat dit een relatief zuivere CO_2-bron is.

De ontwikkeling van de productie van e-fuels wordt gestimuleerd via gebruiksnormen vanuit verschillend Europees beleid. In de RED III is een doelstelling van een 1% aandeel van renewable fuels of non-biological origin (RFNBO's) in het totale energiegebruik van de vervoerssector in 2030 opgenomen[12] (RED III heeft nog geen doelen voor de jaren daarna). Dit doel kan echter ook worden ingevuld met niet-koolwaterstoffen zoals NH_3 en H_2. In Nederland wordt deze lidstaatdoelstelling doorvertaald naar afzonderlijke CO_2-reductietargets voor land (wegvervoer), zeevaart en binnenvaart richting 2030 die moeten worden behaald met de inzet van RFNBO's (Ministerie van I&W, 2025a). ReFuelEU Aviation heeft voor verschillende jaren tot 2050 doelstellingen van het aandeel 'sustainable aviantion fuel' (SAF) in de totale brandstofmix, met als subdoel dat een deel daarvan uit synthetische brandstof (e-SAF) moet bestaan, zie Tabel 1. Onder FuelEU Maritime is afgesproken dat per 2034 minimaal 2% van de jaarlijkse energiebehoefte van schepen moet worden ingevuld door RFNBO's als het RFNBO-gebruik in 2031 lager is dan 1% van de jaarlijkse energiebehoefte (BetterSea, 2024).

Tabel 1 – Aandeel SAF en e-SAF in brandstofmix luchtvaart uit ReFuelEU Aviation

	2025	2030	2032	2035	2040	2045	2050
Aandeel SAF	2%	6%	6%	20%	34%	42%	70%
Verplicht aandeel e-SAF daarvan	-	0.7%	1.2%	5%	10%	15%	35%

Bron: Op basis van (EASA, 2025).

Momenteel is er nog geen e-fuelproductie in Nederland. Er zijn/waren enkele projecten gepland: een samenwerking tussen SkyNRG, KLM, Haven van Amsterdam, gemeente Amsterdam, en Schiphol Group genaamd Synkero (e-jet) in Amsterdam, HyNetherlands (e-methanol), en een samenwerking tussen SkyNRG en Shell (e-jet) in de Eemsdelta (Platform Hernieuwbare Brandstoffen, 2025). Echter, deze projecten lijken allemaal in de wachtstand te staan. Over Synkero wordt dit expliciet benoemd op de website van SkyNRG.

[11] Er zijn ook e-fuels die geen koolstofbehoefte hebben, zoals ammoniak (NH_3) en waterstof (H_2). Het voordeel van koolstofgebaseerde brandstoffen is echter dat ze 'drop-in' zijn: Ze kunnen vaak in bestaande motoren worden toegepast of bijgemengd en gebruikmaken van dezelfde infrastructuur voor brandstoftransport en -opslag.

[12] Omdat RFNBO's dubbel tellen in het EU-beleid komt dit neer op een fysiek aandeel van 0,5% van het energiegebruik in de vervoerssector in 2030.

Intern gebruik

Als redenen hiervoor worden netcongestie en een lage beschikbaarheid van biogene CO_2 (vanwege CO_2-opslagdoelstellingen) en van betaalbare groene waterstof genoemd (SkyNRG, ongoing). Een project dat recenter is aangekondigd is de ontwikkeling van een grootschalige productie- en opslagfaciliteit voor e-SAF en andere e-fuels in de Haven van Rotterdam door Power2X en Advario. Echter, deze faciliteit zal gebruikmaken van geïmporteerde e-methanol (Port of Rotterdam, 2024), waardoor geen duurzame CO_2 nodig zal zijn voor de productie van e-SAF.

In ons interview met Platform Hernieuwbare Brandstoffen wordt bevestigd dat er momenteel weinig initiatieven voor e-fuelfabrieken lopen in Nederland. De prijs en beschikbaarheid van hernieuwbare elektriciteit zijn bepalend voor de concurrentiekracht, maar in andere landen met gunstige wind- en zoncondities is deze prijs lager. Daarnaast maken de additionaliteitseisen voor groene waterstofproductie in de EU uit de Delegated Act[13] het hier lastiger om hernieuwbare e-fuels te produceren. Het is de vraag of synthetische brandstoffen in Nederland geproduceerd gaan worden. Ook de vestiging van biobrandstoffabrieken in Nederland (die een geschikte CO_2-bron vormen voor de productie van e-fuels) is onzeker; hierover meer in Paragraaf 4.3.2.

3.4 Koolstofverwijdering

De afgelopen jaren is het steeds duidelijker geworden dat het halen van de mondiale, Europese en nationale klimaatdoelen ook vraagt om negatieve emissies, oftewel koolstofverwijdering uit de atmosfeer. Een aantal recente rapport hebben in kaart gebracht wat dit kan betekenen voor Nederland (CE Delft, 2023; WKR, 2024).

Er zijn twee redenen voor de ontwikkeling van koolstofverwijdering, die beiden hun oorsprong vinden in de afspraken die zijn gemaakt in het Klimaatakkoord van Parijs:

- **Compensatie van restemissies.** Zowel Nederland, als ook de EU, hebben in de Klimaatwetten het doel gesteld om in 2050 klimaatneutraal te zijn. De verwachting is dat niet alle sectoren dan emissieloos zullen zijn, sommigen hebben te maken met restemissies die niet of erg moeilijk te voorkomen zijn. Daarbij kan bijvoorbeeld worden gedacht aan broeikasemissies van de landbouw en landgebruik.
  Deze restemissies zullen moeten worden gecompenseerd om op een klimaatneutrale samenleving uit te komen.

[13] De Europese ‘Delegated Act on a methodology for RFNBOs’ definieert onder welke voorwaarden waterstof(dragers) ‘hernieuwbaar’ mogen worden genoemd. De eis van additionaliteit houdt in dat groene waterstof moet worden geproduceerd met nieuwe productiecapaciteit van hernieuwbare elektriciteit.

Intern gebruik

- **Terugdringen van de mondiale overschoot van emissies**. In het Klimaatakkoord van Parijs en ook in de EU Klimaatwet is afgesproken dat er vanaf 2050 netto koolstofverwijdering uit de atmosfeer moet worden gerealiseerd, om de effecten het verwachtte overschrijden van 1,5 °C opwarming van de aarde te beperken of tegen te gaan.

Er is op dit moment nog geen concreet beleid voor koolstofverwijdering, maar de EU is bezig met de ontwikkeling daarvan, en ook in het Klimaatplan is koolstofverwijdering opgenomen als een belangrijke pijler van het toekomstig Nederlandse klimaatbeleid. De Rijksoverheid ontwikkelde in dat kader een Routekaart Koolstofverwijdering (Ministerie van KGG, 2025b).

In het Klimaatplan 2025-2035, de Routekaart Koolstofverwijdering en het Pakket voor Groene Groei zijn dan ook concrete ambities en doelen gesteld voor koolstofverwijdering in Nederland:

- Voor 2030 is het doelbereik van negatieve emissies via BECCS en andere technieken middels de SDE++ vastgesteld op een bandbreedte van 0 tot 3,5 Mton, ingeboekt voor 1,5 Mton in 2030 (Ministerie van KGG, 2025a).
- Voor 2040 houdt het kabinet rekening met jaarlijks 20-25 megaton koolstofverwijdering

Koolstofverwijdering kan op verschillende manieren worden gerealiseerd, al zijn niet alle opties even kansrijk om binnen enkele decennia op grote schaal CO_2 te verwijderen uit de atmosfeer (CE Delft, 2023; WKR, 2024).

Een deel van deze technieken maakt gebruik van ondergrondse geologische opslag van CO_2 van biogene oorsprong of van DAC. Deze routes worden vaak afgekort tot BECCS (bio-energy with carbon capture and storage), bioCCS (bio-carbon capture and storage) en DACCS (direct air carbon capture and storage). De term BECCS wordt in de Routekaart Koolstofverwijdering specifiek gebruikt voor bio-energie met CCS, en bioCCS voor afvang en opslag van biogene CO_2 die vrijkomt bij bio-chemische processe zoals biobrandstofproductie. Met name BECCS en bioCCS worden gezien als kansrijke technologieën om significante hoeveelheden CO_2 uit de atmosfeer te verwijderen. Zoals we in Paragraaf 4.4 beschrijven zijn de verwachtingen rondom grootschalige toepassing van DAC op dit moment nog erg onzeker, datzelfde geldt dan ook voor DACCS.

BECCS, bioCCS en DACCS kunnen worden gezien als een variant op de CCS-projecten die op dit moment worden ontwikkeld in Nederland (Porthos en Aramis), die zijn gericht op de opslag van fossiele CO_2. Dit leidt tot vermindering van de CO_2-uitstoot, maar nog niet tot koolstofverwijdering, die CO_2 is immers niet uit de atmosfeer verwijderd, maar komt vrij bij verbranding of verwerking van (fossiele) aardolie, aardgas of kolen. BECCS, bioCCS en DACCS kunnen van dezelfde CO_2-infrastructuur gebruik maken als fossiel CCS, wat een geleidelijke groei van koolstofverwijdering via deze route mogelijk maakt.

Intern gebruik

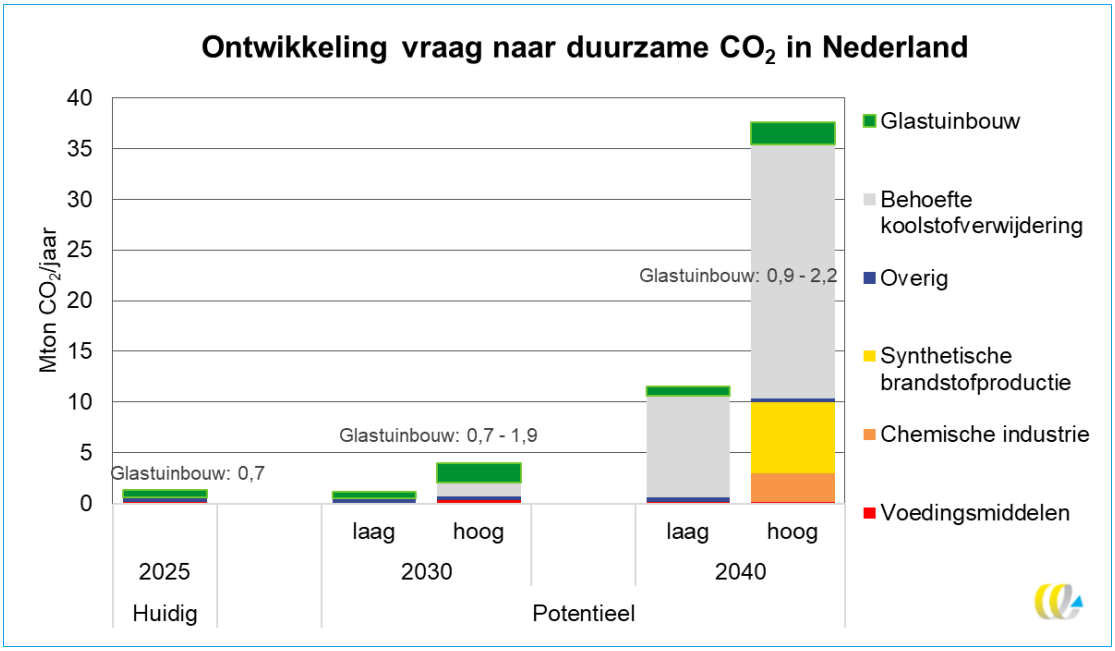
Het is te verwachten dat BECCS, bioCCS en DACCS gebruik kunnen (en willen) maken van dezelfde duurzame CO_2 die ook voor gebruik in de glastuinbouw in aanmerking komt. De toekomstige ontwikkeling van de vraag naar duurzame CO_2 voor koolstofverwijdering kan dan ook mede bepalend zijn voor de beschikbaarheid van deze CO_2 voor de sector.

In de Trajectverkenning Klimaatneutraal komt PBL uit op een behoefte aan koolstofverwijdering voor compensatie van restemissies van tussen 12 en 17 Mton CO_2 in 2050 (PBL, 2024c). Dit ligt ook binnen de bandbreedte van de toekomstscenario's voor koolstofverwijdering die zijn ontwikkeld in (CE Delft, 2023). Beide studies concluderen dat het overgrote deel van deze koolstofverwijdering waarschijnlijk wordt gerealiseerd door middel van BECCS en bioCCS, met gebruik van biogene CO_2 die wordt afgevangen uit de (biobased) industrie, biomassavergassing en AVI's.

3.5 Conclusies vraagontwikkeling duurzame CO_2

Naast de glastuinbouw verwachten we in de toekomst ook aanzienlijke vraag naar duurzame CO_2 voor met name koolstofverwijdering, de productie van synthetische brandstoffen en in mindere mate als grondstof voor chemie. De hoogte van de vraag is erg onzeker. In Bijlage C werken we kwantitatief de bandbreedtes voor elke vraagsector uit. Het resultaat staat in Figuur 10.

Figuur 10 – Ontwikkeling vraag naar duurzame CO_2



Tot 2030 voorzien we een maximale CO_2-behoefte van 4 Mton, in het lage scenario blijft de vraag grofweg gelijk aan de huidige vraag (die nu deels fossiel wordt ingevuld).
De glastuinbouwvraag is 0,7 tot 1,9 Mton.

Intern gebruik

Na 2030, richting 2040 en later voorzien we wel een grote toename van de vraag naar duurzame CO_2, voornamelijk voor koolstofverwijdering, maar potentieel ook voor synthetische brandstoffen en chemische industrie. De bandbreedte van onzekerheid is groot: 12 tot 38 Mton. Twee onderliggende factoren die hierin bepalend zijn, zijn de Nederlandse ambitie voor koolstofverwijdering en de vestiging van duurzame brandstoffabrieken in Nederland. De eerste is voornamelijk politiek van aard, de tweede heeft in sterke mate te maken met beleid en hoe competitief de brandstof hier gemaakt kan worden. Van koolstofverwijdering verwachten we op termijn met meer zekerheid significante vraagstromen dan van synthetische brandstofproductie. Voor duurzame brandstoffen geldt dat er meerdere alternatieven in ontwikkeling zijn en dat import vaak ook een optie is.

Intern gebruik

4 Aanbod van duurzame CO_2

4.1 Inleiding

De duurzame CO_2 voor de glastuinbouw kan uit verschillende bronnen of productieroutes voortkomen. Daarbij onderscheiden we twee overkoepelende categorieën:

1. **Biogene CO_2**: Deze CO_2 komt uit biogene bronnen, en komt bijvoorbeeld vrij bij *verbranding* van biobrandstoffen zoals biogas, groengas en vaste biomassa (bijvoorbeeld houtpellets). Verder komt biogene CO_2 vrij bij industriële *bio-chemische processen* zoals vergisting van biomassa. Bij de 'opwaardering' van biogas tot groengas wordt ook biogene CO_2 afgescheiden. Als de CO_2-concentratie hoog genoeg is in de rookgassen of procesemissies kan deze worden afgevangen. Biogene CO_2 is duurzaam omdat de CO_2 uit de atmosfeer is gehaald tijdens de groei van de planten/bomen/gewassen; het is kortcyclische CO_2.
2. **Direct air capture (DAC)**: Deze CO_2 wordt direct uit de atmosfeer gehaald. De technieken hiervoor zijn nog in ontwikkeling, er is een aantal bedrijven dat hier-aan werkt. Deze CO_2 is ook kortcyclisch, maar de CO_2-verwijdering uit de atmosfeer gebruikt veel energie. De duurzaamheid van deze CO_2 hangt daarom af van het aandeel duurzame energie dat hiervoor wordt gebruikt.

In dit hoofdstuk beschrijven we de verschillende routes waarbij duurzame CO_2 vrijkomt die in de glastuinbouw gebruikt zou kunnen worden. We gaan daarbij in op toekomstprognose van het aanbod en kosten in 2030 en 2040. De volgende routes komen aan bod:

- Biogene CO_2 uit verbranding (Paragraaf 4.2):
  - gebruik van biogas of groengas in wkk's in de glastuinbouw (Paragraaf 4.2.1);
  - CO_2-afvang bij afvalverbrandingscentrales (waarbij alleen de CO_2 van biogeen afval biogene CO_2 is (Paragraaf 4.2.2);
  - CO_2-afvang bij in bio-energiecentrales voor de productie van hogetemperatuur-warmte in de industrie of elektriciteit (Paragraaf 4.2.3).
- Biogene CO_2 uit biochemische processen (Paragraaf 4.3):
  - CO_2-afvang in de biogas- en groengasketen (Paragraaf 4.3.1;
  - CO_2-afvang bij productie van biobrandstoffen en biochemicaliën (Paragraaf 4.3.2).
- Direct air capture (DAC) (Paragraaf 4.4).

Intern gebruik

4.2 Biogene CO_2 uit verbranding

4.2.1 Biobrandstoffen in de glastuinbouw

In de route van benutting van biogene CO_2 uit wkk's en ketels bij glastuinbouwbedrijven wordt biogene CO_2 uit de rookgassen afgevangen, eventueel gereinigd en direct benut. In een wkk of ketel kunnen biogas, groengas en vaste biomassa worden verbrand voor de productie van warmte, CO_2 en in het geval van wkk, elektriciteit. *Biogas* is het directe product van vergisting van biomassa (vaak natte biomassareststromen) en bestaat voor 50 tot 65% uit methaan (CH_4) en voor de rest vooral uit koolstofdioxide (CO_2). Het biogas ontstaat doordat micro-organismen de organische stof in biomassa afbreken onder anaërobe omstandigheden. *Groengas* is de biogene equivalent van aardgas en wordt verkregen door het 'opwerken' van biogas, waarbij de CO_2 uit het biogas wordt verwijderd.

Er zijn een aantal opties met betrekking tot de biogene input van de wkk en de levering hiervan, met wisselende potentie:

a. Verbranding van biogas dat afkomstig is van een eigen vergister.
b. Verbranding van biogas dat wordt aangeleverd vanaf een nabijgelegen vergistings-installatie (per pijplijn of via de weg).
c. Verbranding van (fysiek of administratief) geleverd groengas.
d. Fysiek geleverde vaste biomassa.

Deze opties zijn niet allemaal even aantrekkelijk voor glastuinbouwbedrijven.

Optie *a* vereist de ontwikkeling van een eigen vergister. Dit vergt een grote investering, ruimte op het grondoppervlak van het bedrijf en een lang vergunningstraject. Daarnaast is het beheer van een vergister niet eenvoudig. De biomassareststromen die vrijkomen bij de glastuinders zelf zijn vaak onvoldoende (qua volume en qua samenstelling) om een vergister van feedstock te voorzien. Om dit aan te vullen kunnen biogrondstoffen worden aangevoerd, bijvoorbeeld mest van veehouderijen in de buurt. Naast de biogene CO_2 zou dan ook de warmte vrijkomend bij het vergistingsproces kunnen worden benut in de kassen. Voor Optie b moet een naburige vergister aanwezig zijn en een pijplijn worden aangelegd, en moeten de tuinder en de eigenaar van de vergister bereid zijn een lange-termijncontract af te sluiten voor levering van de biogas. De verbranding van fysieke biomassa (Optie d) levert rookgassen met meer verontreinigingen op. Ook wordt het gebruik van vaste biomassa als brandstof als een laagwaardige toepassing gezien in het duurzaamheidskader biogrondstoffen van het Rijk (zie Paragraaf 4.2.3). Optie c kan worden toegepast met minimale inspanning, omdat groengas ook kan worden geleverd door middel van de aanschaf van groengascertificaten, waarmee aardgasgebruik administratief wordt vergroend. De CO_2 die wordt afgevangen uit de rookgassen kan dan ook als biogeen worden beschouwd.

Intern gebruik

Biobrandstoffen (en waterstof) worden in diverse toekomstbeelden in de glastuinbouw-sector gezien als piekvoorziening voor resterende warmtevraag in 2040. In de recente studie van WSER wordt uitgegaan van een aandeelbandbreedte van 12 tot 19% (Smit & Beekman, 2025). Door WSER wordt echter in alle scenario's van uitgegaan van de rookgassen geen rol meer spelen in de CO_2-voorziening van de tuinders. De studie geeft hiervoor geen verklaring, maar aannemelijk is dat onder andere de mismatch in piekvoorziening van warmte (in de winter) en de behoefte aan CO_2 (in de zomer) dusdanig groot is dat hier geen significante rol van kan worden verwacht richting 2040. Een andere verklaring kan zitten in het type brandstof dat wordt toegepast. In de rookgassen van vaste biomassa zitten meer verontreinigingen dan in die van gasketels of gasgestookte wkk's en deze worden daarom momenteel minder vaak gebruikt in kassen.

4.2.2 Afvalverbrandingsinstallaties

Afvalverbrandingsinstallaties (AVI's) verwerken afval van deels fossiele en deels biogene oorsprong. In 2022 stootte ze gezamenlijk ca. 7,2 Mton CO_2 uit, waarvan 2,7 Mton fossiel.[14] Het Nederlandse klimaatbeleid is er op gericht om deze uitstoot de komende jaren fors te verminderen, het doel voor 2030 is om de fossiele emissies tot ca. 0,6 Mton CO_2 terug te brengen. In de recent gepubliceerde 'Beleidsvisie afvalverbranding in 2030 en richting 2050' van het ministerie van I&W (Ministerie van I&W, 2025b) wordt dit verder uitgewerkt. Omdat afvalverwerkers op korte termijn gezien worden als belangrijke bron van biogene CO_2[15], en AVI-beleid gedurende het onderzoek wijzigde, zijn we tweemaal in gesprek gegaan met de Vereniging Afvalverwerkers (VA) en individuele afvalverwerkers AVR, PreZero en Twence.

Ontwikkeling afvalstroom en beschikbare biogene CO_2

Hoe groter het aandeel biogeen afval, hoe 'duurzamer' het bij AVI's afgevangen CO_2. Het is te verwachten dat het nu al hoge aandeel biogeen afval nog kan toenemen, naarmate het aandeel biobased plastics zal toenemen. Het beleid zet echter ook in op ontwikkeling van de circulaire economie, waardoor steeds meer gerecycled wordt en er minder reststromen in een AVI zullen terechtkomen. Het is nog onzeker hoe de verbrandingscapaciteit in Nederland zich gaat ontwikkelen. In een verkenning van TNO wordt op langere termijn een reductie van de verbrandingscapaciteit voorzien (TNO, 2024). Afhankelijk van de ontwikkeling van AVI's en de samenstelling van afval in Nederland, schatte CE Delft eerder de hoeveelheid biogene CO_2 in 2050 op 2 tot 6 Mton (CE Delft, 2023). Vanuit de afvalladder (Ladder van Lansink) geredeneerd geven gesproken afvalverwerkers aan een voorkeur te hebben voor hergebruik van CO_2 (CCU) boven het opslaan ('storten') van CO_2 (CCS).

[14] Industriële emissies per installatie 2021-2022, Nederlandse emissieautoriteit.
[15] Industriële emissies per installatie 2021-2022, Nederlandse emissieautoriteit.

Intern gebruik

Beleid op afvang bij AVI's

De fossiele emissies van AVI's vallen onder de nationale CO_2-heffing voor de industrie (Ministerie van Financiën, 2025). De AVI-reductiefactor voor deze heffing voor 2030 is in de loop van 2024 en 2025 verhoogd van 35, naar 80%, en nu in het klimaatpakket bij de Voorjaarsnota 2025 naar 100% (Ministerie van KGG, 2025b). De Nederlandse CO_2-heffing volgt in haar uitgangspunten die van het EU ETS. Een heffing op de fossiele CO_2-uitstoot van AVI's vormt een prikkel voor emissiereductie middels CCS, maar niet voor CCU. Wanneer AVI's CCU zouden toepassen – bijvoorbeeld door afgevangen fossiele CO_2 te leveren aan de glastuinbouw – worden bij het glastuinbouwbedrijf emissies gereduceerd doordat de wkk of ketel niet aan hoeft. Deze reductie wordt in het huidige beleid echter niet toegekend aan de AVI's, waardoor de CO_2-heffing bij CCU wel betaalt moet worden. Bij CCS hoeft de heffing niet betaalt te worden. Dit beleidskader zorgt ervoor dat het voor de AVI's CCS financieel aantrekkelijker wordt dan CCU, en door de recente beleids-wijziging is dat effect nog verder versterkt. Bij een gecombineerde CCUS toepassing zou bioswap-verrekening (Bijlage B) wellicht gebruikt kunnen worden om heffingskosten op het fossiele deel te vermijden, maar hierover heerst nog onduidelijkheid.

AVI's vallen nu niet onder het EU ETS1, maar de Europese Commissie onderzoekt mogelijkheden om ze vanaf 2028 of 2030 onder het systeem te laten vallen. Omdat de nationale heffing gekoppeld is aan het ETS-systeem, zou deze wijziging vooralsnog weinig effect hebben op de keuze voor CCU boven CCS. Wel volgt de nationale heffing de uitgangspunten van EU ETS1. In de herziening wordt ook aandacht besteed aan de even-tuele waardering van negatieve emissies. Deze wijziging kan, ongeacht eventuele opname van AVI's in EU ETS1, wel een effect hebben op de investeringskeuzes van de afvalver-werkers. Daarnaast is in het Wetgevingsprogramma klimaatwet- en regelgeving bij de Voorjaarsnota 2025 (Rijksoverheid, 2025) voor 2030 1,5 Mton negatieve emissies ingeboekt. Op basis van onze inventarisatie van mogelijke bronnen van duurzame CO_2 is het te verwachten dat deze CO_2 voor een deel afkomstig zal moeten zijn uit AVI's. Vanuit zowel deze Nederlandse doelstelling als Europees ETS-beleid verwachten de afvalverwerkers daarom dat CCS met biogene CO_2 op termijn een waarde krijgt.

Ontwikkeling CO_2-afvangcapaciteit

AVI's zijn al jaren bezig met ontwikkelen van afvangprojecten. Begin 2025 is de CO_2-afvangcapaciteit bij afvalverbrandingsinstallaties 208 kton, verspreid over meerdere installaties. Het merendeel hiervan wordt geleverd aan de glastuinbouw.

Elke afvalverwerker heeft afvangprojecten in ontwikkeling. De VA voorziet momenteel projecten met in totaal 2,4 Mton afvangcapaciteit. De afvangcapaciteit wordt door bijna door elke afvalverwerker ontwikkeld met de 4.000/4.000 CCU/CCS combinatie (CCUS) die mogelijk is binnen de SDE++-regeling. Enige uitzondering hierop is de AEB Amsterdam, die voornemens is 100% van de afgevangen CO_2 te bestemmen voor CCS. Na de aangekondigde maatregelen in het klimaatpakket bij de Voorjaarsnota 2025 geven gesproken afvalverwerkers wel aan dat CCU-toepassing financieel steeds lastiger te

Intern gebruik

verantwoorden is. Tussen de publicatie van het klimaatpakket en afronding van deze studie zaten slechts enkele weken, waardoor we nog geen uitgekristalliseerd beeld konden schetsen van de gevolgen van het pakket op de investeringsbeslissingen van de bedrijven. Vooralsnog gaven gesproken afvalverwerkers aan door te werken aan de investeringsplannen die er al liggen.

Voor de verduurzamingsplannen van het AEB en AVR, die beschikken over de grootste AVI's van Nederland, lopen vanuit het Rijk maatwerktrajecten. De AVR hoopt dat in het maatwerktraject een CCU-only businesscase mogelijk te maken, waardoor in 2026 een investeringsbeslissing gemaakt kan worden voor Rozenburg en men in 2028 kan beginnen met levering aan OCAP (220 kton/jaar). Gebeurt dit niet, dan zal levering pas kunnen starten wanneer Aramis gereed is.

Belemmeringen ontwikkelen nieuwe CO_2-afvangcapaciteit

Investeringsonzekerheid. Hoewel de maatschappelijke waarde van CO_2-opvang voor de afvalverwerkers duidelijk is, is de voor de bedrijfsvoering relevante verdeling van kosten, baten en bestemmingen dat niet. Afvalverwerkers geven aan dat het nemen van investeringsbeslissingen op afvanginstallaties momenteel erg onzeker is doordat zowel het korte- en langetermijnbeleid op waardering van CCS en CCU nog onzeker en veranderlijk is. Als voorbeelden noemde gesproken afvalverwerkers onder andere: de eerder geschetste aanpassingen die in korte tijd zijn gedaan op de nationale CO_2-heffing, de recent aangekondigde korte- en langetermijnambities en beleidsmaatregelen voor negatieve emissies en onduidelijkheid rond bioswap. Door dergelijke veranderingen en onzekerheden zijn (eventueel buitenlandse) moederbedrijven, aandeelhouders en geldschieters op dit moment terughoudend om geld in de projecten te investeren.

SDE++-regeling. De SDE++-regeling trekt de beschreven prijsverschillen tussen CCU en CCS in principe gelijk. Toch zien afvalverwerkers door de in vorige paragraaf opgesomde complexiteit en onzekerheid in steeds mindere mate dat de regeling toereikend is om CCU-projecten op gelijke voet met CCS-projecten te realiseren. Enerzijds zijn SDE++-beschikkingen voor afvangstprojecten die in het verleden zijn afgegeven vaak niet meer toereikend door de relatief hoge inflatie van de afgelopen jaren. Dit probleem speelt bij meer SDE-projecten die in de periode 2021-2022 zijn beschikt. Het is daardoor onzeker of de beschikte projecten allemaal gerealiseerd gaan worden. Anderzijds neigt de afweging bij nieuwe aanvragen meer richting CCS dan CCU. Afvalverwerkers kunnen bestaande beschikkingen met verlies van bankgarantie laten terugtrekken en een nieuwe aanvraag doen. Partijen geven aan dat er vanwege de huidige richting van beleid bij het doen van nieuwe aanvragen mogelijk niet meer CCU wordt aangevraagd. Ook zien gesproken partijen in deze route verdere projectvertraging en het risico dat de nieuwe aanvraag geen beschikking krijgt.

Intern gebruik

SDE++ in combinatie met investeringssubsidie. Afvalverwerkers zelf zien kansen om SDE-tekorten op korte termijn op te lossen door de beschikking te combineren met een aparte investeringssubsidie, waarbij oversubsidiëring via een toets aan het Europese milieu- en energiesteunkader (MSK-toets[16]) wordt voorkomen. Voor deze route is in de volgorde *eerst* de investeringssubsidie en daarna de SDE-beschikking precedent bij Twence. Andersom is deze er niet. In 2024 zijn over deze maatregel gesprekken geweest tussen de afvalverwerkers, Glastuinbouw Nederland en ministerie KGG en LVVN. Vanuit de uitgangspunten van de SDE-regeling en het tegengaan van precedentwerking is het door de Rijksoverheid onwenselijk bevonden om aanvullende investeringssubsidies toe te staan.

Overige vertragende factoren tot 2030. Naast belemmeringen die de investeringsbeslissing beïnvloeden, wordt gebrek aan capaciteit voor milieuvergunningsverlening bij bevoegd gezag genoemd. Daarnaast zorgt uitstel in de tijdlijn van het Aramis-project voor vertragingen, omdat de gecombineerde CCUS businesscase waarvan de meeste AVI's gebruik maken afhankelijk is van de beschikbaarheid van CCS.

4.2.3 Bio-energiecentrales

Een andere variant op de hierboven beschreven routes om biogene CO_2 af te vangen is de afvang van biogene CO_2 uit biomassacentrales (anders dan AVI's) die vaste biomassa (met name houtpellets) of groengas verbranden voor elektriciteits- en/of warmteproductie. Verbranding van biomassa wordt gezien als een laagwaardige toepassing van biomassa. Er wordt daarom geen subsidie meer verleend aan nieuwe biomassacentrales die vaste biomassa verbranden.

Tegelijkertijd wordt de inzet van houtige biogrondstoffen voor laagwaardige energietoepassingen (zoals elektriciteitsproductie en lagetemperatuurwarmte) afgebouwd.

De reden voor deze beleidskeuze is de beperkte beschikbaarheid van duurzame biogrondstoffen. Om deze zo effectief mogelijk te gebruiken heeft het kabinet in 2020 een Duurzaamheidskader biogrondstoffen opgesteld (Ministerie van I&W, 2020), dat in 2022 verder is uitgewerkt in een Kamerbrief over de beleidsinzet voor biogrondstoffen (Ministerie van EZK & Ministerie van I&W, 2022). De beleidsinzet in Nederland is daarbij gericht op vergroting van de inzet voor hoogwaardige toepassingen zoals de bouw, chemie en grond-, weg- en waterbouw, en als biobrandstof in sectoren met weinig alternatieven, zoals zwaar wegtransport, luchtvaart en zeevaart. In lijn hiermee stelt het recentere Nationaal Plan Energiesysteem (NPE) dat energetische inzetting van duurzame koolstofdragers enkel als sluitstuk mag fungeren bij glastuinbouw, binnenlandse mobiliteit en gebouwde omgeving (Rijksoverheid, 2023).

[16] Zie SDE(+)(+): MSK-toets | RVO.nl

Intern gebruik

Als gevolg van bovengenoemde beleidsinzet zal de rol van bio-energiecentralies zich naar verwachting beperken tot pieklastcentrales met weinig vollasturen, zoals flexibele groengascentrales (alhoewel zulke centrales naar verwachting op groene waterstof zullen draaien zodra deze beschikbaar en betaalbaar is). De CO_2-concentratie in de verbrandingsgassen van zulke centrales is relatief laag en bovendien is het aantal vollasturen klein. Dit maakt CO_2-afvang bij deze centrales relatief duur. PBL voorziet daarom geen rol voor CO_2-afvang bij bio-energiecentralies (PBL, 2024c).

Kleinschalige opwekking van elektriciteit en/of warmte met biomassa wordt nog wel gestimuleerd in de SDE++, maar kosten van CO_2-afvang op kleinschalige installaties zijn relatief hoog vanwege de lage CO_2-concentratie in de rookgassen. CO_2-afvang bij groengasgestookte piekinstallaties in warmtenetten brengt ook relatief hoge kosten met zich mee vanwege het zeer beperkte aantal draaiuren, waardoor de CO_2-volumes klein zijn.

Samenvattend kan worden verwacht dat in Nederland weinig biogene CO_2 beschikbaar zal komen uit bio-energiecentrales richting 2040 en 2050.

4.3 Biogene CO_2 uit biochemische processen

4.3.1 Biogas- en groengasketen

De glastuinbouw kan ook biogene CO_2 geleverd krijgen dat afkomstig is uit de biogas- en groengasketen. Dit kan gaan om afgevangen CO_2 afkomstig van de rookgassen van biogas-wkk's bij bijvoorbeeld de voedings- en genotmiddelenindustrie of rioolwaterzuiveringsinstallaties, maar ook om CO_2 die wordt afgescheiden van biogas in een installatie voor opwaardering van biogas naar groengas. In het laatste geval wordt de CO_2 dus al afgevangen als onderdeel van het groengasproductieproces.

Omdat het ministerie van KGG met de bijmengverplichting groengas, die naar verwachting op vanaf 2027 wordt ingevoerd[17], inzet op groei van de groengasproductie in Nederland richting 2030 is de afvang van CO_2 bij opwaardering van biogas tot groengas een omvangrijke potentiële bron van biogene CO_2.

In een installatie voor de opwaardering van biogas tot groengas (opwaarderingsinstallatie) wordt het biogas eerst ontvochtigd, dan worden schadelijke gassen eruit gehaald en tot slot wordt het op aardgaskwaliteit gebracht door koolstofdioxide te verwijderen. Er zijn vier fundamenteel verschillende processen die worden gebruikt in technieken voor het scheiden van CO_2 uit biogas (CE Delft, 2018):

- membraanscheiding;
- adsorptie (actieve koolstof, zeolietien, moleculaire zeven, chemisch);

[17] Op 25 april 2025 heeft het kabinet als onderdeel van een pakket voor het energiesysteem en de industrie aangegeven dat de bijmengverplichting groengas vanaf 2027 wordt ingevoerd, in plaats vanaf 2026.

Intern gebruik

- absorptie (drukwassing met water, polyethyleenglycol);
- cryogene distillatie.

Om de uit het biogas afgescheiden CO_2 te kunnen benutten voor de groei van gewassen in de glastuinbouw is CO_2 van een bepaalde kwaliteit (zuiverheid) nodig. Verschillende gewassen hebben verschillende kwaliteitseisen voor de zuiverheid van CO_2. De kwaliteit van de van biogas afgescheiden CO_2 verschilt per verwijderingstechniek. Een overzicht van technieken staat in Tabel 2. Bestaande opwaarderingsinstallaties maken vooral gebruik van membraanscheiding, waarmee een zeer zuivere CO_2-stroom wordt verkregen.

Tabel 2 - Overzicht technieken voor scheiding van CO_2 uit biogas

Techniek	Voordelen	Nadelen
Membraanscheiding	• Hoge zuiverheid CO_2 (98-99%; voedselkwaliteit). • Lage investeringskosten.	• Verwijdering van H_2S en NH_3 is erg belangrijk, want kan de membranen beschadigen. • Na enige tijd moeten de membranen vervangen worden. • Methaanslip (<0,5-15 vol.-%).
Adsorptie – actieve koolstof, zeolieten of moleculaire zeven	• Kan hogere concentraties van H_2S en NH_3 aan.	• Methaanslip (<1,5 vol.-%). • Relatief hoge investeringskosten. • Het is moeilijker om CO_2 van voedselkwaliteit te produceren.
Adsorptie – chemisch (alkanolamine)	• Hoge zuiverheid CO_2 (99,5%; voedselkwaliteit). • Kleine hoeveelheden methaanslip (0,1 vol.-%). • Geschikt voor grotere volumes biogas (50-6.000 Nm^3/uur).	• Vervanging van de amine is duur. • Productie van afval. • Hoog warmtegebruik. • Gebruik van chemicaliën.
Cryogene distillatie	• Hoge zuiverheid CO_2 (>99%; voedselkwaliteit). • Hoge zuiverheid groengas (>98 vol.-%). • Geschikt voor grotere volumes biogas (120-2.500 Nm^3/uur). • Kan hogere concentraties H_2S aan.	• Hoog elektriciteitsgebruik.
Absorptie	• Geschikt voor grotere volumes biogas (80-2.500 Nm^3/uur). • Kan hogere concentraties H_2S aan.	• CO_2 kan niet worden afgevangen. Hiermee is het een ongeschikte techniek vanuit het perspectief van CO_2-benutting.

Bron: (CE Delft, 2018).

Intern gebruik

Om de biogene CO_2 geleverd te krijgen is ofwel een pijpleiding nodig of CO_2-transport per tankwagen met opslag. Het transport van CO_2 van een groengasproductie-installatie naar een tuinder per tankwagen is sneller realiseerbaar dan een pijpleiding en zal in veel gevallen goedkoper zijn, maar vergt wel een CO_2-opslagtank en een verdamper op het terrein van de tuinder.

In de SDE++-regeling is de mogelijkheid opgenomen om subsidie aan te vragen voor een vervloeiingsinstallatie en de transport van vloeibare CO_2 voor inzet in de glastuinbouw. Hieraan zijn enkele eisen verbonden: Het CO_2-transport moet worden gemonitord en er moet een jaarlijkse verificatie plaatsvinden. Bij een productie van 20 kton CO_2/jaar kan een groengasproducent de CO_2 vervloeien en opslaan voor ongeveer 50 €/ton (Kalsbeek & Paap, 2025). Om deze investering rendabel te maken zijn volgens Kalsbeek & Paap (2025) SDE++-subsidie, een verbeterde CO_2-voetafdruk en/of hogere CO_2-prijzen nodig. Hiernaast moet de tuinder zelf nog investeren in een CO_2-opslagtank en een verdamper. De huur van een CO_2-tank (inclusief verdamper, regelpaneel en leidingen tot de kas) van 3.000 liter kost € 250 tot € 310 per maand; een tank van 16.000 liter kost € 540 tot € 660 per maand (Raaphorst & Van Tuyll van Serooskerken, 2023). Een vergistingsinstallatie die 20 kton CO_2/jaar produceert kan grofweg 35 ha[18] kas voorzien.

Benutting van biogene CO_2 uit biogasopwaardering wordt momenteel nog beperkt toegepast. Er zijn initiatieven voor benutting van biogene CO_2 uit biogasopwaardering met een SDE++-beschikking, waarvan naar schatting circa tien kleine installaties momenteel operationeel zijn, maar voor de overige beschikte projecten onduidelijk is welk deel gerealiseerd gaat worden.[19] Als gevolg van de RED III-implementatie voor vervoer en de bijmengverplichting groengas zal deze vorm van benutting verwaard kunnen worden en de businesscase worden verbeterd. De bijmengverplichting groengas zal, evenals de RED III-implementatie voor vervoer, sturen op CO_2-reductie. Benutting van afgescheiden biogene CO_2 zal naar verwachting tot een hogere CO_2-reductie per m^3 groengas leiden, als de CO_2-rekenregels uit de RED III worden gevolgd.[20] Dat betekent dat gasleveranciers minder groengas hoeven in te zetten om aan hun verplichting te voldoen, wat leidt tot lagere meerkosten voor de gasafnemers.

De RED III-implementatie voor vervoer en de bijmengverplichting groengas kunnen dus leiden tot een groter aanbod van CO_2 voor de glastuinbouw. Echter, uit het interview met New Energy Coalition en navraag bij RVO komt naar voren dat inzet van biogene CO_2 uit biogasopwaardering in de glastuinbouw een risico op dubbeltelling van de vermeden uitstoot zou kunnen opleveren.

---

[18] Uitgaande van continue productie uit vergisting, 50%/10 kton benutting voor glastuinbouw, bij gemiddeld 28 kg/m^2/jaar.

[19] Interview met New Energy Coalition, maart 2025.

[20] Het is nog niet duidelijk welke CO_2-rekenregels exact zullen worden toegepast onder de bijmengverplichting groengas, maar waarschijnlijk is dat dit aansluit bij de RED III-rekenmethodiek (persoonlijke communicatie met ministerie KGG).

Intern gebruik

Namelijk als de situatie kan ontstaan dat de CO_2-reductie ten gevolge van vermeden aardgasverbruik in een wkk in de glastuinbouw zowel wordt geclaimd door de groengas-producent als door de tuinder. Het is nog niet duidelijk in hoeverre de relevante beleids-kaders (de RED III-implementatie voor vervoer, de bijmengverplichting groengas, ETS2 en de CO_2-regeling voor de glastuinbouw) dit risico zullen uitsluiten.

Het aanbodpotentieel van biogene CO_2 uit groengasproductie in Nederland kan worden ingeschat door gebruik te maken van een projectie van de ontwikkeling van deze groen-gasproductie. De Nederlandse overheid zet in op een sterke groei van de groengas-productie als onderdeel van de energietransitie. In het Klimaatakkoord is een ambitie van 2 miljard kubieke meter (2 bcm) groengasproductie in 2030 opgenomen. Om deze groei te stimuleren wordt in Nederland de bijmengverplichting groengas geïntroduceerd vanaf 2027. Deze verplichting is gericht op het behalen van ongeveer 2,9 megaton (Mton) CO_2-ketenemissiereductie, ofwel circa 0,8 bcm groengasproductie in 2030.[21] CE Delft heeft in 2024 een verkenning uitgevoerd van de mogelijke ontwikkeling van groengas-productie in Nederland, rekeninghoudend met deze verplichting (CE Delft, 2024b). Hierin is ingeschat dat in 2030 1,3 tot 1,8 bcm groengas zou kunnen worden geproduceerd, waarvan 1,0 tot 1,5 bcm op basis van vergisting. Uitgaande van volledige afvang van de CO_2 uit biogas kan het aanbodpotentieel van biogene CO_2 uit groengasproductie in Nederland in 2030 worden ingeschat op 1,4 tot 2,2 Mton. Voor 2040 gaan we voor de onderwaarde van onze schatting van het potentieel uit van de ondergrens van het methaanaanbod in Nederland uit de II3050-scenario's voor 2050 van 1,4 bcm groengas (Netbeheer Nederland, 2023).

Voor de bovengrens schatten we het groengasaanbod in op 2,5 bcm.[22] Dit komt neer op een aanbodpotentieel van biogene CO_2 in 2040 van 2,0 tot 3,6 Mton. Dit is uiteengezet in Tabel 3.

[21] De oorspronkelijke doelstelling van 3,8 Mton CO_2-reductie zal met 25% worden verlaagd volgens het kabinetsplan voor het energiesysteem van 25 april 2025. De genoemde 2,9 Mton CO_2-reductie en 0,8 bcm groengasproductie zijn een eigen berekening; het kabinet heeft nog geen nadere informatie publiek gemaakt hierover.

[22] Hier wegen we mee dat het technisch groengaspotentieel op basis van vergisting van biomassareststromen uit Nederland ongeveer 5 bcm is (CE Delft, 2020), maar dat een derde hiervan bestaat uit landbouwgras, dat hoog-waardigere toepassingen kent en lastig te vergisten is. Verder zullen een afnemende veestapel en de transitie naar een circulaire economie tot een lagere beschikbaarheid van biogrondstoffen voor vergisting leiden. Het maximum groengaspotentieel in 2050 schatten we hiermee op 3 bcm, en die voor 2040 op 2,5 bcm.

Intern gebruik

Tabel 3 - Inschatting van aanbodpotentieel biogene CO_2 uit groengasproductie in Nederland in 2030

Grootheid	Waarde (min)	Waarde (max)	Eenheid	Bronnen en opmerkingen
Kengetallen voor berekening				
Energie-inhoud groengas	31,65		MJ/m^3	
Methaangehalte biogas	55%		vol.-%	Gemiddelde waarde.
Energie-inhoud biogas	17,41		MJ/m^3	
Verhouding biogas:groengas	1,82		$m^3:m^3$	
CO_2-gehalte biogas	40%		vol.-%	Gemiddelde waarde.
Dichtheid CO_2	1,98		kg/m^3	
Aanbodpotentieel biogene CO_2 in 2030				
Potentiële groengasproductie op basis van vergisting in 2030	1,0	1,5	bcm	(CE Delft, 2024b)
Corresponderende hoeveelheid biogas	1,8	2,7	bcm	
Potentie CO_2-afvang bij opwaardering biogas	**1,4**	**2,2**	**Mton CO_2**	
Aanbodpotentieel biogene CO_2 in 2040				
Potentiële groengasproductie op basis van vergisting in 2030	1,4	2,5	bcm	Eigen schatting o.b.v. (Netbeheer Nederland, 2023)
Corresponderende hoeveelheid biogas	2,5	4,5	bcm	
Potentie CO_2-afvang bij opwaardering biogas	**2,0**	**3,6**	**Mton CO_2**	

In de toelichting op het ‘Pakket voor Groene Groei voor een weerbaar energiesysteem en een toekomstbestendige industrie’ van 25 april 2025 kondigt minister Hermans (KGG) aan dat de bijmengverplichting groengas pas vanaf 2027 zal worden ingevoerd in plaats van vanaf 1 januari 2026, en dat de verplichting met 25% wordt verlaagd (Ministerie van KGG, 2025a). Als gevolg hiervan zullen de ETS2-sectoren minder groengas nodig hebben om aan de bijmengverplichting te voldoen. Als voorgenoemde berekening wordt aangepast, rekeninghoudend met een 25% lagere doelstelling van de bijmengverplichting groengas, dan wordt de te verwachten groengasproductie op basis van vergisting 0,8 tot 1,2 bcm groengas in 2030 en 1,1 tot 2,0 bcm in 2040. Het potentiële CO_2-afvangvolume bedraagt dan 1,1 tot 1,7 Mton CO_2 in 2030 en 1,6 tot 2,8 Mton CO_2 in 2040.[23]

[23] De schatting voor 2040 is voor deze schatting geschaald aan de hand van de verhouding tussen de nieuwe en oude schatting voor 2030. Dit is een conservatieve schatting die uitgaat van een beperkte opschaalsnelheid tussen 2030 en 2040.

Intern gebruik

4.3.2 Biobrandstofproductie en biochemie

Een van de mogelijkheden om de mobiliteitssector te verduurzamen is door (geavanceerde) biobrandstoffen toe te passen, ter vervanging van fossiele brandstoffen. Op de langere termijn is dit zeker voor de luchtvaart en scheepvaart een onderdeel van verduurzaming, omdat elektrificeren daar in veel gevallen (nog) technisch onhaalbaar of te duur is. Bij de productie van biobrandstoffen kan CO_2 vrijkomen, met name bij de productie van bioethanol en bij biomassavergassing. Deze biogene CO_2 kan worden afgevangen en nuttig worden toegepast. De potentiële hoeveelheid biogene CO_2 van deze bron tussen 2030 en 2050 is onzeker, maar kan heel groot zijn (afhankelijk van op welke schaal er biobrandstof geproduceerd gaat worden in Nederland, en met welke processen).
De hoeveelheid in 2050 wordt ingeschat tussen de ~6 Mton (realistisch potentieel) en ~35-55 Mton (technisch potentieel) (CE Delft, 2023), (PBL, 2024b). Momenteel wordt bij Alco, waar bioethanol voor bijmenging bij benzine wordt geproduceerd, al CO_2 afgevangen en in de OCAP-leiding gevoed. Hoe groot de productie van (geavanceerde) biobrandstoffen in Nederland uiteindelijk wordt is sterk afhankelijk van de beschikbaarheid van duurzame biomassa, de ontwikkeling van technologieën, beleid en economische omstandigheden. De scenario's uit PBL (2024c) met meer dan 20 Mton biogene CO_2 uit biobrandstofproductie in 2040 lijken een onwaarschijnlijke ontwikkeling gegeven het huidige en geplande overheidsbeleid. De RED verplicht de brandstofleveranciers om duurzame brandstoffen aan te bieden, niet producenten. Producenten in de EU worden dus vanuit de RED niet direct gestimuleerd om hernieuwbare brandstoffen te gaan produceren.

De chemische industrie in Nederland heeft zich als doel gesteld om in 2050 klimaatneutraal te zijn en circulair te werken. Dat betekent dat zowel het energiegebruik als de gebruikte grondstoffen in hun producten moeten worden verduurzaamd. Voor het verduurzamen van de grondstoffen ziet de industrie drie mogelijkheden: recycling, biogrondstoffen en hergebruik van CO_2 (CCU). Voor de verduurzaming van de energievoorziening is biogas een mogelijkheid (VNCI, 2021). Een verduurzaamde chemische industrie kan op twee manieren een bron van biogene CO_2 worden. Bij sommige chemische processen waarin biogrondstoffen worden gebruikt, komt biogene CO_2 als procesemissie vrij, bijvoorbeeld bij fermentatieprocessen. Wanneer biogas als energiebron wordt gebruikt, komt ook biogene CO_2 vrij. Daarnaast kan ook de staalindustrie een bron van biogene CO_2 worden wanneer wordt overgestapt op een proces met biomassa in plaats van kolen. Het is onzeker of deze technologie in Nederland gaat worden toegepast, enerzijds vanwege de onzekerheid van de toekomst van de staalindustrie in Nederland en anderzijds omdat er ook andere verduurzamingsroutes zijn, zonder biomassa.
Het technisch potentieel van biogene CO_2 uit de chemische- en staalindustrie ligt een stuk lager dan die bij biobrandstof: op maximaal ongeveer 5 Mton in 2050, waarbij de grootste potentie bij de staalindustrie zit (CE Delft, 2023). Momenteel wordt voor zover bekend nog geen biogene CO_2 afgevangen bij de chemische industrie in Nederland (behalve bij de productie van biobrandstoffen, zoals bioethanol bij Alco).

Intern gebruik

De procesgerelateerde[24] CO_2-emissies die vrijkomen bij biobrandstofproductie en biochemische processen zijn relatief zuiver. Dat maakt ze zeer geschikt voor afvang; de kosten hiervan zijn relatief laag (PBL, 2024b). Volgens CE Delft (2023) liggen de kosten tussen de 40 en 110 €/tCO_2, afhankelijk van de specifieke processen, schaalgrootte en locatie.

4.4 Direct air capture (DAC)

Direct air capture (DAC) staat voor de directe afvang van CO_2 uit de atmosfeer. Ook deze CO_2 kan vervolgens nuttig worden toegepast (DACCU) of ondergronds worden opgeslagen (DACCS). CO_2 wordt daarbij rechtstreeks uit de atmosfeer gehaald. Dat gebeurt door met grote ventilatoren lucht langs een chemische stof te blazen die CO_2 aan zich bindt; de chemische stof kan daarna worden behandeld (bijvoorbeeld verhit) zodat de CO_2 loslaat (WKR, 2024). Dit proces levert zuivere CO_2.

DAC is een techniek in ontwikkeling, en gaat (nog) gepaard met hoge kosten en hoog energiegebruik. Op dit moment wordt het slechts op zeer kleine schaal toegepast, onder meer in pilots bij glastuinders. Het toekomstpotentieel is dan ook nog lastig te bepalen (CE Delft, 2023) (Change, 2025). (CE Delft, 2023) geeft een aantal schattingen van het potentieel voor Nederland uit de literatuur, die variëren van nihil tot 18 Mton/jaar, in 2050. Ook de recent geactualiseerde TRANSFORM- en ADAPT-scenario's van TNO rekenen pas op de inzet van DAC vanaf 2050. TNO raamt het potentieel op 7,5-10,3 Mton/jaar vanaf 2050 (TNO, 2025a). Gezien de nog lage Technology Readiness Level (TRL) van DAC en de relatief hoge kosten ten opzichte van afvang van biogene CO_2 wordt geconcludeerd dat DAC in Nederland waarschijnlijk maar in beperkte mate zal worden toegepast, in elk geval tot 2050. Ook PBL gaat uit van een beperkte toepassing van DAC in 2050. In de recente Trajectverkenning Klimaatneutraal 2050 (PBL, 2024c) wordt nog niet gerekend op een grootschalige doorbraak van deze technologie.

Kostentechnisch raamt het WKR-rapport '*De lucht klaren* de kosten' van DACCS op maximaal 540 €/ton vermeden CO_2 in 2050 (WKR, 2024). TNO hanteert voor DAC-technologie voor de ADAPT- en TRANSFORM-scenario's techno-economische data die de investeringskosten ramen op 600 €/ton CO_2 in 2030 en 450 €/ton CO_2 in 2040. De vaste en variabele kosten worden geschat op 38 €/ton CO_2 in 2030 en 22 €/ton CO_2 in 2040 (TNO, 2025a).

DAC-projecten komen in aanmerking voor de meer innovatie-gerichte subsidies, zoals DEI+[25] en MEI, vanaf 2025 kan er ook SDE++-subsidie voor worden aangevraagd. [26]

[24] Dit gaat dus niet over de CO_2 die vrijkomt bij de verbranding van biogas.
[25] Demonstratie Energie- en Klimaatinnovatie (DEI+) | RVO.nl
[26] Alleen voor DAC op locatie bij een glastuinder, Tweede Kamer, vergaderjaar 2024–2025, 31 239, nr. 418

Intern gebruik

4.5 Transport van CO_2

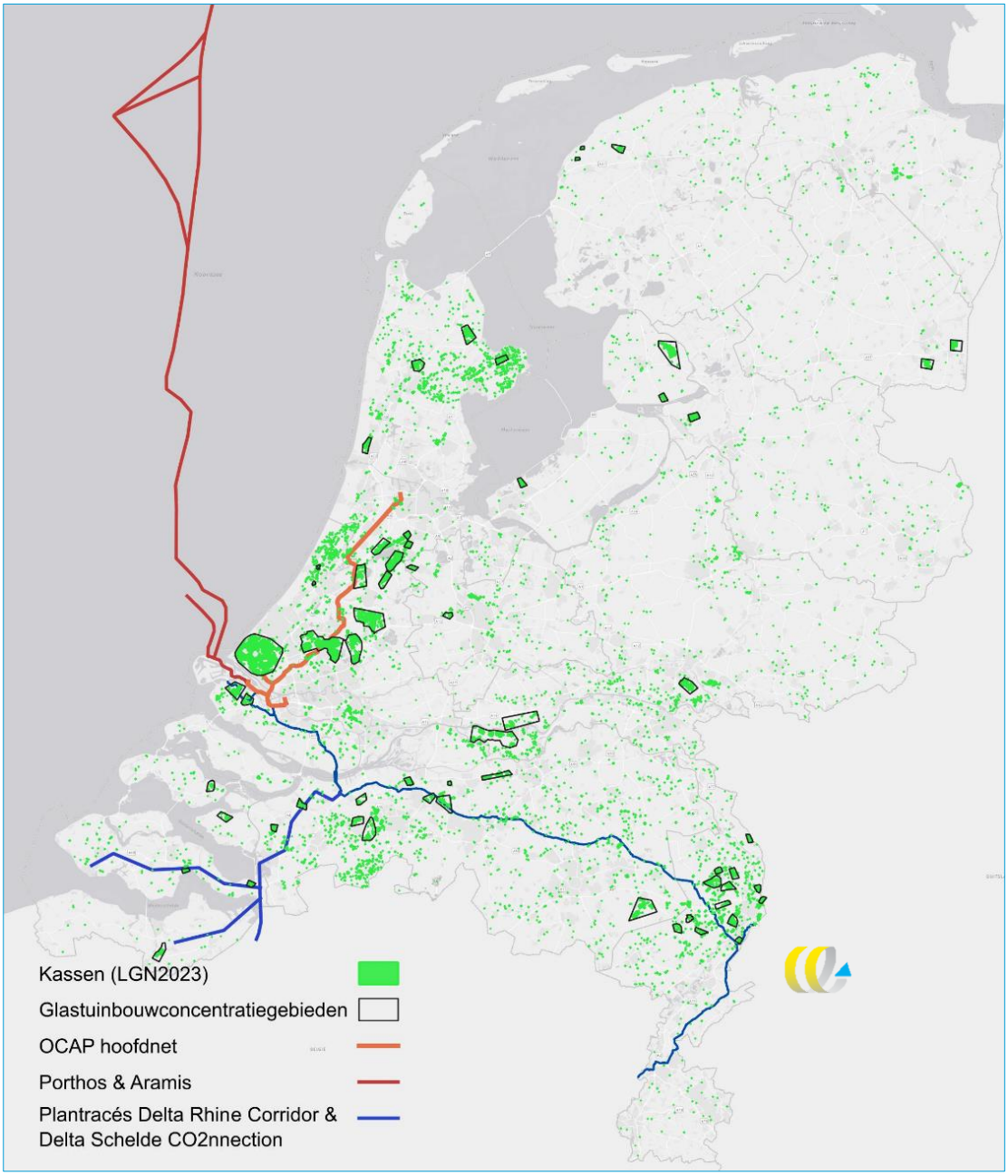
Voor het transporten van CO_2 zijn diverse opties. Dit kan gasvormig (typisch) per pijplijn, of vloeibaar (typisch) via tankwagen of schip. In de huidige marktstructuur wordt met name per pijplijn en tankwagen CO_2 van bron naar glastuinder gebracht. Met de ontwikkeling van nieuwe vraag- en aanbodsectoren voorzien we uitbreiding van alle transportmodaliteiten.

Voor transportleidingen zijn naast het bestaande OCAP-net, diverse projecten gepland. Onshore zijn dit de Delta Rhine Corridor (DRC) en Delta Schelde CO_2nnection (DSC), offshore zijn dit Porthos en Aramis (zie Figuur 11). Het OCAP-net zal naast levering aan glastuinders ook gebruikt kunnen gaan worden voor CO_2-transport vanuit Amsterdam naar velden in de Noordzee. De DRC en DSC vormen een koppeling met Duitsland en België, waar vanuit tevens CO_2 naar de Noordzee zal worden getransporteerd. De leidingen zullen van meerdere bronnen fossiele en biogene CO_2 transporteren, waardoor een geïntegreerde CO_2-infrastructuur ontstaat. De herkomst en bestemming van de CO_2 zullen bij gebruik van één infrastructuur administratief verrekend moeten worden.

De Delta Rhine Corridor (DRC) (realisatie: 2031-2033) zal CO_2 uit onder andere het Ruhrgebied en Chemelot richting de Noordzee transporteren en doorkruist Greenport Venlo en enkele verspreide gebieden in GreenTechPort Brabant. De Delta Scheldt CO_2nnection (DSC) heeft een vergelijkbare realisatieplanning. De DRC en DSC bieden kansen van voor glastuinders in nabijgelegen regio's indien een aftappunt gerealiseerd kan worden.

Intern gebruik

Figuur 11 – Glastuinbouw en voorziene CO_2-pijpleidingen in Nederland (OCAP-hoofdnet, Porthos & Aramis, en plantracés Delta Rhine Corridor & Delta Schelde CO_2nnection)



Veel glastuinders en potentiële CO_2-bronnen liggen niet direct aan een transportleiding-tracé en zullen deels afhankelijk zijn van tankwagens. CO_2-leveranciers geven aan een grote toename te verwachten in het aantal transportbewegingen, bijvoorbeeld als het gaat om het uitkoppelen van CO_2 afgevangen van AVI's. De vier CO_2-leveranciers die nu de markt voorzien (Air Liquide, Air Products, Nippon Gases & Linde (OCAP)) zijn vaak eigenaar van de CO_2-opslagtanks op het terrein van tuinders.

Intern gebruik

Huidige contracten staan het vaak niet toe om CO_2 van derden in de opslagtank in te voeden, waardoor aparte netwerken ontstaan en nieuwe decentrale bronnen zoals vergisters moeite hebben met leveranciers. Verdere ontwikkeling van een geïntegreerde, gestandaardiseerde CO_2-markt zou de status quo kunnen doen veranderen waardoor meer transportinfrastructuur beschikbaar komt.

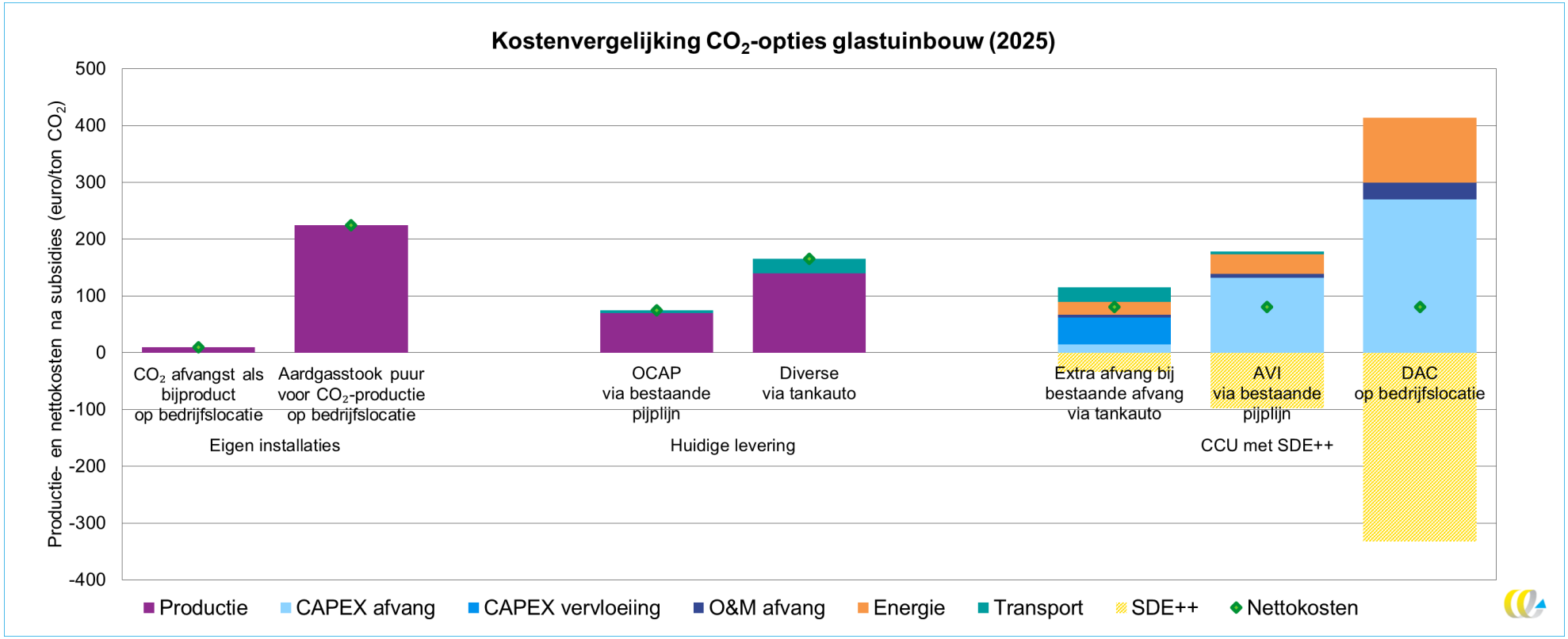
Ten slotte kan CO_2 over water worden vervoerd. De optie van binnenvaartschepen is onderzocht door enkele geïnterviewde partijen maar wordt voorlopig voor de meeste bronnen niet als heel kansrijk bevonden. Wel wordt CO_2 al vervoerd via zeeschepen. RWE doet dit vanuit Delfzijl, Yara vanuit Sluiskil in Zeeland. Hoewel niet direct toepasbaar voor glastuinbouw kan het ontwikkelen van enkele 'CO_2-hubs' in Nederlandse zeehavens op termijn wel helpen om de beschikbaarheid van CO_2 in algemene zin te vergroten.

4.6 Kostenvergelijking CO_2

In Figuur 12 staat een indicatieve kostenvergelijking van CO_2-opties voor de glastuinbouw. De kostensituatie is voor 2025. Niet alle opties betreffen biogene CO_2. In het figuur vergelijken we drie routes voor CO_2-levering: eigen installaties (eigen berekening op basis van modellering in (CE Delft, 2024a), huidige levering (op basis van interviews) en CCU met SDE++ (op basis van PBL (2025)).

Intern gebruik

Figuur 12 - – Kostenvergelijking van diverse CO_2-opties voor glastuinbouw in 2025



Rookgassen eigen installaties

CO_2 uit rookgassen van *eigen installaties* zijn afgebeeld voor wkk's. Omdat de CO_2 meestal, maar niet altijd, een bijproduct is van warmte en/of elektriciteitsproductie, is het niet eenduidig mogelijk één indicatieve prijs vast te stellen. We schetsen daarom de bandbreedte. Wanneer de CO_2 bijvangst is van een wkk die nuttig in te zetten warmte en elektriciteit levert, zijn de CO_2-gerelateerde kosten alleen de reinigingskosten. De kostprijs voor de tuinder ligt dan rond een eurocent per kg. In het theoretische, extreme geval dat de warmte en elektriciteit volledig vernietigd worden en alle inputkosten aan de CO_2 toegerekend worden, liggen de CO_2-kosten momenteel boven de twintig eurocent per kg. Deze bovengrens zal na 2025 stijgen doordat aardgas voor tuinders duurder wordt (onder andere door: afschaffen inputvrijstelling wkk's, afbouwen gereduceerd glastuinbouwtarief energiebelasting aardgas, CO_2-heffing individueel sectorsysteem). Op jaarbasis produceert een tuinder het merendeel van de CO_2 op momenten dat warmte en elektriciteit volledig of deels nuttig gebruikt kunnen worden, waardoor de CO_2-kostprijs beperkt is. Ook na 2025 ligt de gemiddelde kostprijs van de meeste tuinbouwbedrijven voor fossiele CO_2 uit rookgassen op enkele eurocenten per kg. De beschikbaarheid ervan neemt bij minder wkk-draaiuren wel af.

Huidige levering

Kosten voor *huidige levering* zijn weergegeven met een tarief van 7 eurocent per kg voor gasvormige levering via OCAP, en 14 eurocent voor vloeibare levering via tankauto.
In praktijk zit er een bandbreedte op beide leveringsvormen, afhankelijk van specifieke bronkosten en het afgesloten contract. De kosten voor vloeibare levering bevatten naast vervloeiing/verdampingsenergie ook de kosten voor opslag. Naarmate in de toekomst meer CO_2-bronnen middels SDE++-beschikkingen gesubsidieerd worden is onze verwachting dat de leverkosten geijkt worden op de correctieformule in de regeling (deze beschrijven we in de volgende paragraaf).

CCU in de SDE++

De SDE++-regeling subsidieert een bedrag per vermeden ton CO_2-uitstoot. CCU voor inzet in de glastuinbouw is sinds 2021 subsidiabel in de SDE (PBL, 2025).
CO_2 afgevangen en gebruikt in glastuinbouw is een vorm van kortcyclische CO_2-opname. Dit telt, conform internationale UNFCCC-IPCC-afspraken, *niet* mee als langdurige vastlegging van koolstof. Waar de emissiereductie *wel* plaatsvindt, is bij het vervangen van fossiele CO_2 uit rookgassen door de afgevangen biogene CO_2.

SDE++-referentieprojectkosten bieden een inkijk in de opbouw van CO_2-kosten per duurzaam alternatief. De drie weergegeven casussen betreffen extra afvang bij bestaande afvang per vrachtwagen (Variant 2C), AVI's op bestaande pijplijn (Variant 6A) en DAC bij tuinder (Variant 8A). De volledige lijst met basisbedragen staat in Bijlage B. Met uitzondering van DAC liggen de meeste basisbedragen tussen de 10 en 18 eurocent per kg, wat in lijn is met, maar vaak iets duurder is dan de huidige leveringskosten.

Intern gebruik

In vrijwel alle gevallen zijn investeringskosten de grootste kostenpost. Het correctiebedrag wordt berekend met de formule 'CO_2-gebruik inclusief vermeden O&M', die uitgaat van een referentie CO_2-productie voor 10% met ketel en 90% met wkk. De formule beweegt mee met de prijs van aardgas (TTF) en elektriciteit (EPEX). Het bedrag voor 2025 is 8 eurocent per kg. Projecten met SDE-beschikkingen krijgen hun kosten dus tot dit bedrag gesubsidieerd.

We merken op dat SDE-referentieprojecten in specifieke gevallen lagere kosten kunnen hebben dan in de meest voorkomende praktijk. Met name bij DAC, wat in 2025 voor het eerst in de regeling is opgenomen, is het waarschijnlijk dat de praktijkkosten nog (fors) hoger liggen dan hier voorgespiegeld. Voor tuinders die nu CCU-beschikkingen op DAC-projecten krijgen betekent dit dus waarschijnlijk dat er een deel eigen geld wordt bijgelegd. PBL geeft aan dat marktpartijen voor innovatieve technologieën vaker bereid zijn om deze 'leerkosten' te betalen, ook om te garanderen dat de categorie voor toekomstige projecten beschikbaar is. In eerder beschreven schattingen (Paragraaf 4.4) werden voor DAC bedragen van 450 tot 600 €/ton genoemd, vergeleken met de 300 tot 400 €/ton in de SDE. De subsidie-intensiteit van DAC is voorlopig veel hoger dan alternatieven, in welke mate de kosten naar de toekomst dalen is zeer onzeker.

Toekomst CCU in SDE++

De categorie CCU in de SDE++ is specifiek alleen geldig voor glastuinbouw.
Het ministerie van Klimaat en Groene Groei bepaalt de kaders voor de SDE-regeling, een waarvan is dat categorieën niet sectorspecifiek zijn. Het PBL onderzoekt daarom mogelijkheden om de CCU-categorie generiek te maken, zodat bijvoorbeeld ook CCU in materialen subsidiabel wordt. Dit zou invloed kunnen hebben op de correctieformule, CO_2-correctiefactor van vervanging CO_2, omdat gasgebruik in een ketel en wkk in andere gevallen niet referent zijn. PBL geeft aan vooralsnog geen grote veranderingen in de huidige methodiek te verwachten. Wel zouden meer projectrandvoorwaarden kunnen worden opgenomen. Anderzijds is er meer mogelijk op gebied van flexibiliteit. De regeling maakt het al mogelijk om voor dezelfde installatie een CCU en een CCS beschikking te combineren (beide 4.000 vollasturen). Marktpartijen hebben kenbaar gemaakt meer flexibiliteit te wensen in toepassing van CCU dan wel CCS over de tijd. Bijvoorbeeld het switchen van 50/50 naar volledig CCS. Momenteel is er in de diverse Nederlandse en Europese regelingen (waaronder SDE) geen financiële waarde voor koolstofverwijdering. Partijen geven wel aan deze ontwikkeling op termijn te verwachten.

Intern gebruik

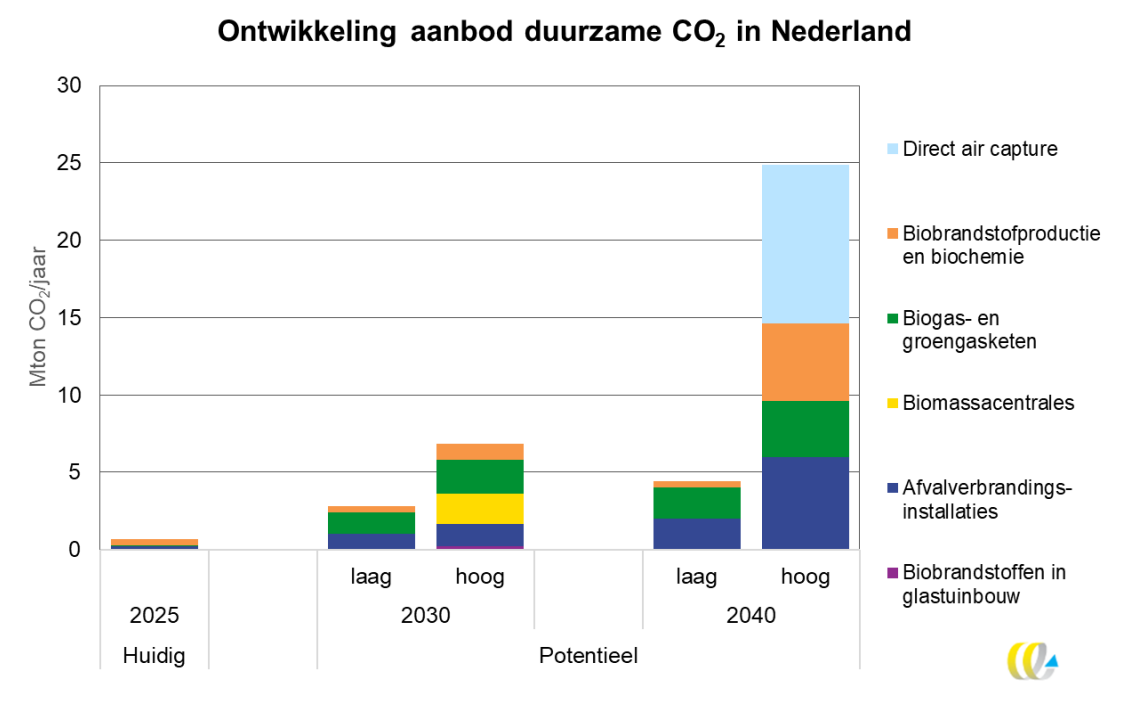
4.7 Conclusie aanbod duurzame CO_2

Raming aanbodontwikkeling

Het toekomstig aanbod van duurzame CO_2 komt uit biogene verbranding, industriële biochemische processen en DAC. In Bijlage C hebben we, net als voor de vraagsectoren, kwantitatief bandbreedtes voor alle potentiële aanbodsectoren uitgewerkt. Het resultaat staat in Figuur 13.

Merk op dat de meeste bronnen vrij constant door het jaar CO_2 produceren. Door de seizoensmismatch kan, zonder administratieve verrekening, deze potentiële CO_2 niet geheel ingezet worden voor de glastuinbouw.

Figuur 13 - Bandbreedte van ontwikkeling aanbod naar duurzame CO_2



Op dit moment is er naar schatting 0,7 Mton duurzame CO_2 beschikbaar, waarvan het grootste deel van Alco, een derde van AVI's en een klein deel uit de biogas- en groen-gasketen.

Richting 2030 zou er potentieel fors meer duurzame CO_2 beschikbaar kunnen zijn.
De grootste potenties liggen bij AVI's (+0,8 tot +1,2 Mton), de biogasopwaardering (+1,3 Mton tot +2,1 Mton) en eventueel biomassacentrales (tot +2 Mton). Dit betreft realistische totale potentie, waarvoor ondersteunend beleid randvoorwaardelijk is. In Hoofdstuk 6 gaan we hier nader op in.

Intern gebruik

Richting 2040 is het nog erg onzeker of er veel extra duurzaam CO_2-aanbod gerealiseerd wordt. In het laagscenario blijft het aanbod beperkt tot minimale beschikbaarheid van AVI's en de biogasketen. In het maximale scenario komen er vanuit biobrandstofproductie en DAC aanzienlijke stromen beschikbaar. De 2040 aanbodbandbreedte 4 tot 25 Mton ligt lager dan de eerder geraamde vraagbandbreedte van 12 tot 38 Mton.

We zien daarmee op de lange termijn schaarste en krapte ontstaan in de markt voor duurzame CO_2, waarin de behoefte voor koolstofverwijdering bepalend is.

Conclusies CO_2-bronnen, transport en kosten voor de glastuinbouw

Tot 2030 zijn de meest kansrijke bronnen voor CO_2 in de glastuinbouw AVI's en vergistingsinstallaties. Van de twee grote AVI's nabij OCAP zal naar verwachting alleen de AVR via OCAP CO_2 gaan leveren. Vrijwel alle andere bronnen zullen waarschijnlijk per as worden ontsloten. Tuinders betalen hiervoor een op de SDE++ gebaseerde prijs, de ongesubsidieerde kostprijs van de CO_2 zal in veel gevallen tussen de 120 en 200 euro per ton liggen. Kleine bronnen die relatief hoge subsidie-intensiteiten kennen lopen wel het risico dat ze daardoor geen beschikking krijgen, afhankelijk van het beschikbare budget en de inschrijvingen in de SDE-ronde.

Na 2030, richting 2040, voorzien we dat een geïntegreerde Nederlandse CO_2-markt ontstaat. De glastuinbouw is hierin één van de deelnemende vraagsectoren, en waarschijnlijk niet meer de grootste. Door met name ontwikkelingen voor CO_2-opslag zal er nieuwe infrastructuur (pijpleidingen, opslag en tankauto's) beschikbaar komen, waar de glastuinbouw ook gebruik van kan maken. Op basis van verwachte schaarste en betaalbereidheid van partijen is het voorstelbaar dat een deel van de glastuinbouwbedrijven DAC gebruikt om aan CO_2 te komen.

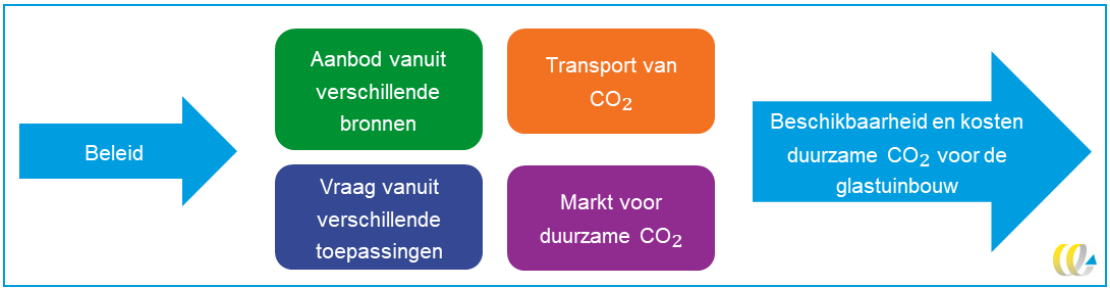
Intern gebruik

5 Synthese: Kansen en bedreigingen voor duurzame CO_2 in de glastuinbouw

In dit hoofdstuk bouwen we verder op de informatie uit de vorige hoofdstukken, om een integraal beeld te schetsen van de toekomstige markt voor duurzame CO_2 in Nederland, en de kansen en belemmeringen voor de glastuinbouw om in de behoefte aan duurzame CO_2 voor deze sector te voorzien. Hierin komt alles samen: de toekomstige beschikbaarheid en kosten voor duurzame CO_2 voor de glastuinbouw hangt van veel verschillende ontwikkelingen af, zie ook Figuur 14.

Waar de vorige hoofdstukken inzoomden op de individuele bouwstenen die samen bepalend zijn voor de beschikbaarheid van duurzame CO_2 voor de glastuinbouw, benaderen we het vraagstuk hier vanuit het perspectief van de sector. Hierbij beginnen we met een overzicht van de bedreigingen voor de beschikbaarheid op de korte termijn, gevolgd door de kansen voor de korte termijn, gericht op de periode tot 2030.
Daarna beschrijven we de belangrijkste ontwikkelingen die relevant zijn voor de langere termijn, tot 2040. In Paragraaf 5.4 geven we vervolgens de resultaten van de scenario-analyse, die voortbouwt op de kwantificering uit de vorige hoofdstukken.

Figuur 14 – De beschikbaarheid van duurzame CO_2 voor de glastuinbouw hangt af van veel verschillende factoren



Intern gebruik

5.1 Bedreigingen op korte termijn

De huidige markt- en beleidsontwikkelingen zorgen voor hogere CO_2-kosten voor de tuinders en tegelijkertijd neemt de beschikbaarheid van CO_2 af. In combinatie met onzekerheden over toekomstig beleid zorgen deze ontwikkelingen voor onzekerheid in de glastuinbouw. Dit speelt uiteraard met name bij de teelt van gewassen die relatief veel CO_2 gebruiken, waar zowel een beperkte beschikbaarheid als ook hogere kosten gevolgen kunnen hebben voor de concurrentiepositie ten opzichte van andere landen.

Kosten voor tuinders nemen toe door:

- Verduurzaming van de warmtevoorziening van de sector en daling van de opbrengst van elektriciteitsproductie van wkk's. Beide ontwikkelingen zorgen voor hogere kosten van eigen CO_2-productie uit rookgassen;
- De overstap van eigen productie naar externe levering van CO_2 leidt ook tot hogere kosten. Externe levering vergt extra transport (via pijpleidingen of over de weg), opslag, etc.

Beschikbaarheid externe CO_2 neemt af door:

- CCS ontwikkelingen. Shell en Alco zijn de voornaamste CO_2-bronnen van de OCAP-leiding. Als Porthos operationeel wordt gaat Shell zijn CO_2 echter opslaan via CCS, en neemt het CO_2-aanbod van OCAP sterk af (naar verwachting met 50 tot 60%). Yara Sluiskil is op dit moment een van de bronnen voor CO_2-leveranties over de weg, maar is van plan om zijn CO_2 naar Noorwegen te verschepen voor CCS[27].

NB. De CO_2 van Shell en van Yara is fossiel, niet duurzaam. Vanwege de relevantie voor de glastuinbouw op de korte termijn hebben we deze ontwikkelingen hier ook in opgenomen.

Er wordt dan ook gewerkt aan de ontwikkeling van nieuwe bronnen en aanvoerroutes voor externe CO_2 voor de sector. Die lopen op dit moment echter tegen een aantal belemmeringen op, die deels te maken hebben met onzekerheden over de toekomstige ontwikkelingen:

- OCAP zoekt naar alternatieve bronnen van CO_2, maar daar is nog geen vervanging voor Shell gevonden. Voor de korte termijn wordt bijvoorbeeld gekeken naar CO_2-afvang bij vergistingsinstallaties en biomassa-energiecentrales. Hiervoor zijn echter investeringen nodig in CO_2-afvanginstallaties, en, afhankelijk van het project, ook in CO_2-zuivering, -compressie en -transport. Deze investeringsbeslissingen zijn op dit moment nog niet genomen.

[27] CCS project | Yara Nederland

Intern gebruik

- De rol van bio-energiecentrales in Nederland zal naar verwachting beperkt zijn in een klimaatneutraal energiesysteem, evenals het aantal draaiuren van deze centrales. De CO_2-afvangkosten zullen daarom hoog zijn en de aanbodvolumes klein.
- Projecten voor CO_2-afvang bij AVI's lopen vertraging op, zoals eerder toegelicht in Paragraaf 4.2.2. Bovendien geven de betrokkenen aan dat de recent aangekondigde beleidswijzigingen eerder sturen op CCS dan op CCU.
- Het voorstel van de sector voor een administratieve verrekening via de 'bioswap' regeling (waarbij biogene CO_2 van Alco wordt vervloeid) is op moment van schrijven (mei 2025) niet toegestaan, de betrokken wachten op een besluit hierover van de NEa. Bioswap zou een tijdelijke oplossing kunnen zijn om toepassing van gecombineerd fossiele en duurzame CO_2 een financiële prikkel te geven. Het is te verwachten dat dit systeem zijn effect verliest als koolstofverwijdering in de toekomst wordt beloond (dan wordt CCS aantrekkelijk), en als er een systeem voor een Europese markt voor duurzame CO_2 gaat ontstaan.
- Daarnaast is in het Pakket voor Groene Groei aangekondigd dat het kabinet de SDE++ voor BECCS en andere technieken verder uitwerkt en onderzoekt hoe het volledige doelbereik van koolstofverwijdering verder ingevuld kan worden, voor de SDE++ 2026. Voor 2030 is een bandbreedte van 0-3,5 Mton, ingeboekt, met als indicatief doel 1,5 Mton. Hierbij wordt rekening gehouden met andere CO_2-toepassingen zoals die in de glastuinbouw. Hoe dit laatste precies wordt vormgegeven is nog onbekend, het is daarom nog onduidelijk of deze aanpassingen gevolgen zullen hebben voor de beschikbaarheid van duurzame CO_2 voor de glastuinbouw.

5.2 Kansen op korte termijn

We hebben de volgende concrete kansen voor de glastuinbouw kunnen identificeren:

- De bijmengverplichting groengas zal, in combinatie met de RED III-implementatie voor vervoer, naar verwachting zorgen voor een flinke groei van de groengasproductie. Dit biedt kansen voor afvang van duurzame CO_2 bij de opwaardering van biogas naar groengas. Nieuwe groengasinstallaties zouden nabij glastuinbouwgebieden kunnen worden ontwikkeld, waarbij levering van biogene CO_2 aan de glastuinbouw onderdeel kan uitmaken van het businessplan van het groengasproject.
- De sector kan proberen om de ontwikkelingen van CO_2-afvangprojecten te bespoedigen door partnerships aan te gaan met potentiële (duurzame) CO_2-bronnen zoals met AVI's, vergisters en biobrandstofproducenten zoals Alco. OCAP is hier ook mee bezig, maar het is onzeker of dat lukt. Door contractueel zekerheid te geven over afnamevolume en prijs van (een deel van) de afgevangen CO_2, kan wellicht voortgang worden geboekt om CO_2 beschikbaar te stellen ondanks de huidige belemmeringen en onzekerheid in beleid (zie de analyse in Paragraaf 4.2.2). Dit kan zowel op sectoraal als ook op kleinschaliger niveau.

Intern gebruik

Dit laatste kan bijvoorbeeld interessant zijn voor glastuinbouwclusters of zelfs individuele tuinders in de buurt van potentiële CO_2-bronnen.

Voor beide opties kan gebruik worden gemaakt van het voordeel dat CCU kan opleveren voor leveranciers van biobrandstoffen en groengas. De CO_2-reductie die wordt bereikt door toepassing van de CO_2 die vrijkomt bij biobrandstof- en groengasproductie kan worden meegeteld bij de CO_2-reductiefactor van de energiedrager. De RED III-implementatie voor vervoer en de bijmengverplichting groengas kunnen als gevolg hiervan leiden tot een groter aanbod van CO_2 voor de glastuinbouw. Echter, de inzet van biogene CO_2 uit biogasopwaardering in de glastuinbouw kan een risico op dubbeltelling van de vermeden uitstoot opleveren, namelijk als de situatie kan ontstaan dat de CO_2-reductie ten gevolge van vermeden aardgasverbruik in een wkk in de glastuinbouw zowel wordt geclaimd door de groengasproducent als door de tuinder. Het is nog niet duidelijk in hoeverre de relevante beleidskaders (de RED III-implementatie voor vervoer, de bijmengverplichting groengas, ETS2 en de CO_2-regeling voor de glastuinbouw) dit risico zullen uitsluiten.

Daarnaast zien we een aantal kansrijke beleidsopties om de beschikbaarheidsproblematiek voor de glastuinbouwsector de komende jaren te verzachten:

- Innovaties die de CO_2-behoefte van de sector verminderen. Deze kunnen zorgen voor behoud van de concurrentiepositie bij minder CO_2-gebruik.
- Zorg voor beleid dat zich specifiek richt op toepassing van duurzame CO_2 in de glastuinbouw. Dit kan bijvoorbeeld via maatwerk voor AVI's of andere duurzame CO_2-bronnen, gericht op versnelling van projecten voor CO_2-afvang en -gebruik in de glastuinbouw.
- Een positieve beleidswijziging over de mogelijkheid om 'bioswap' voor vervloeiing bij Alco toe te staan. Dat zou de businesscase voor de vervloeiing en transport van duurzame CO_2 vanuit Alco naar de glastuinbouw verbeteren. Bij een negatief besluit zou Nederland in de Europese herziening van het ETS-1 dit punt kunnen agenderen om ervoor te zorgen dat het wel mogelijk wordt.
- In het Klimaatplan 2025 is aangekondigd dat de RED III-implementatie voor vervoer (Jaarverplichting Energie Vervoer) vanaf 2028 wordt verhoogd. De verwachting is dat dit vooral leidt tot extra gebruik van biobrandstoffen in zwaarder vervoer.
  Het is op dit moment nog wel onzeker in hoeverre dit zal leiden tot extra biobrandstofproductie in Nederland, en of daar CO_2 bij vrijkomt die kan worden afgevangen[28].

[28] Bij productie van biobrandstoffen voor zwaar transport (HVO, biodiesel) komt geen bio-CO_2 vrij en is afvang dus niet aan de orde, bij productie van bioethanol, een biobrandstof die kan worden bijgemengd bij benzine, kan dat wel.

Intern gebruik

5.3 Relevante ontwikkelingen voor de langere termijn

Voor de beschikbaarheid van duurzame CO_2 voor de glastuinbouw op de langere termijn, tussen 2030 en 2040, spelen nog een aantal andere ontwikkelingen een rol, naast de kansen en belemmeringen op de korte termijn.

Allereerst de te verwachten ontwikkelingen rondom het aanbod van duurzame CO_2:

- Het is te verwachten dat het aangekondigde beleid voor koolstofverwijdering gaat zorgen voor de ontwikkeling van BECCS en bioCCS, waarbij biogene CO_2 op grote schaal (> 1 Mton CO_2) wordt afgevangen en getransporteerd naar ondergrondse offshore opslaglocaties voor CCS. Enerzijds zou de glastuinbouw hier op aan kunnen haken, door deze CO_2 op een geschikt punt in het systeem 'af te tappen' wanneer dat nodig is. Transport naar de telers kan dan via een pijpleiding of de weg plaatsvinden. De CO_2 die niet door de sector wordt gebruikt gaan dan naar CCS. Anderzijds zijn BECCS en bioCCS ook concurrerende toepassingen van biogene CO_2. Hierna gaan we daar verder op in.
- Door de toenemende vraag naar biobrandstoffen voor mobiliteit zal ook de productie daarvan toenemen. Als hierdoor in Nederland de productie van biobrandstof waar CO_2 bij vrij komt toeneemt (bijvoorbeeld uitbreiding van de bioethanolfabriek van Alco, een nieuwe bioethanolfabriek elders of een installatie voor grootschalige biomassavergassing) kan dat al snel zorgen voor een aantal Mton duurzame CO_2 extra, waar de verschillende toepassingen van deze CO_2, inclusief de glastuinbouw, van kunnen profiteren.
- De inzet van bio-energiecentrales neemt naar verwachting af, omdat duurzame biogrondstoffen hoogwaardiger gaan worden ingezet en flexibele elektriciteitscentrales naar verwachting op groene waterstof zullen overschakelen.
- De groengasproductie zal na 2030 waarschijnlijk verder groeien (in combinatie met een verdere toename van de doelstelling van de bijmengverplichting groengas), omdat nog niet alle voor vergisting geschikte biomassareststromen in Nederland zullen zijn benut in 2030. Dit kan zorgen voor een toename van de beschikbaarheid van duurzame CO_2.

De noodzaak tot verdere ontwikkeling en realisatie van koolstofverwijdering kan zowel een kans als een bedreiging zijn, afhankelijk van de precieze uitwerking van het beleid en de ontwikkelingen in de markt.

- Het kan zorgen voor de versnelling van de ontwikkeling van een markt voor duurzame CO_2, inclusief certificering, monitoring en verificatie. Dit zal de komende jaren met name op EU-niveau verder worden uitgewerkt.
- Op deze manier kan er een duurzaam CO_2-systeem en -markt ontstaan waarbij aanbieders van de CO_2 kunnen profiteren van vraag vanuit verschillende toepassingen.

Intern gebruik

- Dit kan de businesscase voor de verschillende partijen verbeteren en bijdragen aan een versnelling van de ontwikkelingen.
- De daadwerkelijke beschikbaarheid van de duurzame CO_2 voor de glastuinbouw is vervolgens wel afhankelijk van de precieze invulling van het beleid voor koolstofverwijdering in combinatie met het overige klimaatbeleid. Door de potentieel sterke groei van de vraag naar duurzame CO_2 voor koolstofverwijdering kan een risico ontstaan dat de andere toepassingen te maken krijgen met afname van de beschikbaarheid, hogere kosten en/of onzekerheid over de marktontwikkelingen die investeringen belemmeren. In het Klimaatplan is aangekondigd dat de overheid dit risico beleidsmatig wil ondervangen, maar dit moet nog verder worden uitgewerkt.

Daarnaast zien we kansen in verdere regionale clustering van de glastuinbouw, zoals ook wordt verwacht in de toekomstprognose voor de sector van WSER.

- Doordat de sector na 2030 waarschijnlijk grotendeel afhankelijk is van externe CO_2-levering, kan clustering tot kostenvoordelen leiden door schaalvoordelen.
- Clustering bij locaties waar duurzame CO_2 of CO_2-infrastructuur beschikbaar is kan de transportkosten verlagen.
- Wellicht dat dit ook kansen biedt voor meer directe koppeling tussen biogasvergisters en groengas opwaardering en de glastuinbouw. Dergelijke CO_2-bronnen liggen vaak niet in de buurt van de (geplande) CCS-infrastructuur, waardoor BECCS en bioCCS relatief dure maatregelen worden. Lokale inzet voor CCU kan dan een aantrekkelijkere optie zijn. Eventueel in combinatie met nog te ontwikkelen vormen van seizoensopslag voor CO_2, De vergisters werken ten slotte het hele jaar door, terwijl vraag vanuit de glastuinbouw sterk varieert met de seizoenen. Maar omdat er geen CO_2-heffing of uitstootrechten moeten worden betaald voor de uitstoot van biogene CO_2 is levering in de zomer en uitstoten in de winter wellicht een aantrekkelijker alternatief.

De kansrijkheid en haalbaarheid van dergelijke opties zouden verder moeten worden onderzocht.

Technische innovaties kunnen ook effect hebben op de CO_2-beschikbaarheid én behoefte van de sector.

- Innovaties die de CO_2-behoefte van de sector verminderen kunnen de afhankelijkheid van de sector van extern beschikbare CO_2 verkleinen. Deze innovaties zullen zich met name moeten richten op behoud van de concurrentiepositie bij minder CO_2-gebruik, door efficiëntere teeltprocessen en/of keuze voor andere gewassen.
- Zoals beschreven in Paragraaf 4.4 is de technologie voor DAC op dit moment nog niet zover dat grootschalige uitrol mogelijk is en grote volumes kunnen worden afgevangen, en wordt er ook nog geen doorbraak voor 2040 verwacht. Het is echter wel in ontwikkeling, en bij succesvolle verdere innovatie biedt deze technologie wellicht kansen voor de sector.

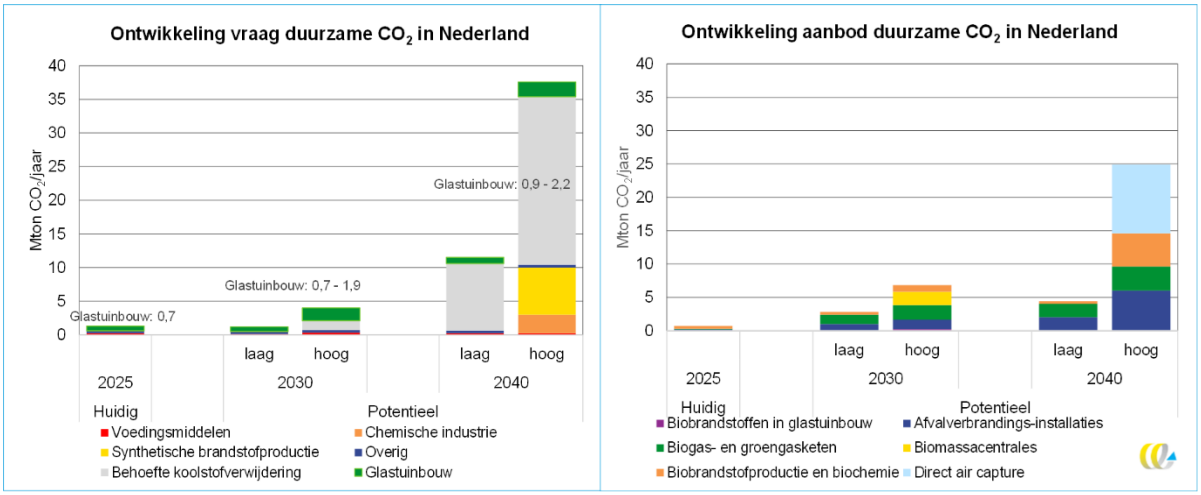
Intern gebruik

5.4 Scenario's ontwikkeling vraag en aanbod

In eerdere hoofdstukken zijn de potentiële vraag- en aanbodstromen van duurzame CO_2 in kaart gebracht, resulterend in de inschattingen in Figuur 15. In de figuur onderscheiden we twee scenario's, 'laag' en 'hoog', elk met hun eigen aannames over de verwachtte ontwikkelingen (zie de analyse in Hoofdstukken 3 en 4 en de toelichting in Bijlage C).

Op basis hiervan kunnen we nu identificeren en bespreken welke onderliggende ontwikkelingen dominant zullen zijn in de ontwikkeling van volumes, en wat die scenario's betekenen voor de glastuinbouw.

Figuur 15 – Gecombineerde inschattingen ontwikkeling vraag en aanbod duurzame CO_2 in Nederland



De twee belangrijkste onderliggende, onzekere trends die we zien zijn:

1. De Nederlandse inzet op koolstofverwijdering; en
2. De vestiging van fabrieken voor hernieuwbare transportbrandstoffen in Nederland.

De eerste kan tot een aanzienlijke vraag naar duurzame CO_2 leiden, de tweede kan zowel impact hebben op de ontwikkeling van de vraag en het aanbod van CO_2, afhankelijk van het soort brandstof dat wordt geproduceerd.

Inzet op koolstofverwijdering

Zoals beschreven in Paragraaf 5.3 bieden de ontwikkelingen rondom koolstofverwijdering voor de glastuinbouw kansen voor synergie maar ook een risico voor concurrentie om de duurzame CO_2.

De Nederlandse inzet op koolstofverwijdering volgt uit doelstellingen die vastgesteld worden door de politiek. Behalen van emissiereductiedoelstellingen, klimaatneutraliteit of netto negatieve emissies resulteren in uiteenlopende aantallen megatonnen beschikbare duurzame CO_2 voor de verschillende toepassingen. Koolstofverwijdering op de korte termijn is vooral logisch door biogene-emissies van verbrandingsinstallaties af te vangen.

Intern gebruik

Bio-energiecentrales en AVI's zijn hiervoor kansrijke kandidaten. De CO_2-stromen uit AVI's zijn een belangrijke potentiële bron voor de glastuinbouw, en dus is koolstofverwijdering voor hen een belangrijke concurrent.

Op de lange termijn zijn de ambities voor koolstofverwijderingsvolumes fors en zijn additionele bronnen nodig om aan doelstellingen te voldoen. Dat kan via import van biogrondstoffen, maar het is ook voorstelbaar dat DACCS hierin een stelpost wordt. Daarvoor zijn eerst nog wel kostendalingen, mogelijk ook efficiencyverbeteringen en voldoende duurzame en betaalbare elektriciteit nodig. Nederlandse inzet op DAC-technologie biedt ook kansen voor beschikbaarheid in de glastuinbouw, omdat tuinders hun eigen installaties zouden kunnen realiseren.

Vestiging van fabrieken voor hernieuwbare transportbrand-stoffen

De vraag naar hernieuwbare transportbrandstoffen zal in de toekomst stijgen, maar het is nog onzeker in welke mate de productie hiervan in Nederland zal plaatsvinden. Afhankelijk van het soort brandstof dat wordt geproduceerd kunnen deze fabrieken ofwel een potentiële bron zijn voor duurzame CO_2, ofwel een potentiële afnemer.

Bij het produceren van bioethanol (een biobrandstof die wordt bijgemengd bij benzine) komt CO_2 vrij tijdens het productieproces die goed kan worden afgevangen. Vooralsnog zien we met uitzondering van Alco in Nederland slechts enkele relatief kleinschalige projecten.

Daarnaast kan de productie van synthetische brandstoffen (e-fuels/synfuels) uit CO_2 en groene waterstof de komende 10-15 jaar toenemen, wat potentieel tot een forse vraag naar duurzame CO_2 kan leiden. Maar ook hier is er nog grote onzekerheid over hoe snel deze ontwikkeling gaat en waar deze fabrieken zich zullen vestigen. Op de lange termijn zijn prijs en beschikbaarheid van hernieuwbare stroom sterk bepalend voor vestiging van deze nieuwe fabrieken, maar de beschikbaarheid van CO_2 kan ook een overweging zijn.

Toekomstige fabrieken voor duurzame transportbrandstoffen kunnen daarom zowel vragers als aanbieders van duurzame CO_2 zijn, en daarmee ook effect hebben op andere industriële toepassingen van duurzame CO_2. Voor glastuinbouw kan vooral de groei van bioethanolproductie in Nederland een kans zijn. Afhankelijk van de betaalbereidheid van tuinders kunnen deze gebruik maken van de additionele CO_2-stromen die hierdoor in het systeem worden gebracht.

Overkoepelende ontwikkeling op lange termijn

In beide scenario's is ook op de lange termijn (2040) de potentiële vraag hoger dan het aanbod.

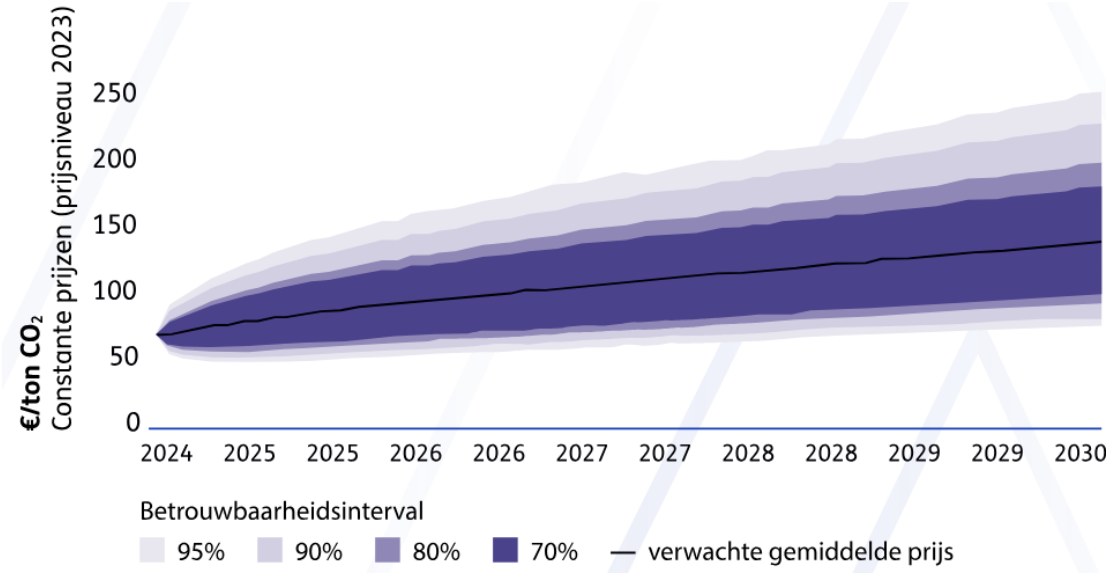
Intern gebruik

Ook bij een relatief lage inzet op koolstofverwijdering en weinig synfuels productie in Nederland de beschikbare CO_2-stromen vanuit de AVI's en vergistingsinstallaties waarschijnlijk niet genoeg zijn om te voldoen aan alle vraag vanuit de glastuinbouw. Ook in scenario 'laag' is er dus schaarste.

In elk scenario zal de glastuinbouw moeten concurreren met andere vraagsectoren. Huidig beleid en beleidsprikkels geven momenteel impliciet de voorkeur aan CCS boven CCU (zie de analyse in Paragraaf 4.2.2). In een scenario waarbij de vraag- en aanbodstromen fors toenemen kan de dan relatief kleine vraag van de glastuinbouw technische waarschijnlijk wel voldaan worden. De vraag is tegen welke prijs dat gebeurt, en in welke mate de glastuinbouwsector bij die prijzen nog competitief is. Op de korte termijn zorgt de SDE++ dat een referentieprijs op basis van de wkk-formule betaalt zal worden. Glastuinders geven aan dat veel bedrijven bij deze prijzen concurrerend kunnen zijn.

Als de glastuinbouw gaat concurreren met andere vraagsectoren dan zal de referentiekostprijs van een ton CO_2 richting de prijs van bijvoorbeeld het EU ETS of de waarde van koolstofverwijdering gaan. Deze prijzen liggen in de toekomst waarschijnlijk een stuk hoger dan de huidige SDE-referentie van 81 euro per ton. Glastuinders geven in interviews aan dat sommige[29] segmenten bij CO_2-kostprijzen richting en boven de 150 euro per ton niet meer rendabel kunnen produceren. TNO verwacht dat dit prijspunt in 2030 al bereikt wordt, zie Figuur 16.

Figuur 16 – CO_2-prijs EU-ETS1 ontwikkeling tot 2030, raming TNO



Bron: TNO

[29] Specifiek tuinders met gewassen met een hoge CO_2-behoefte die kostprijsstijgingen niet of beperkt kunnen doorbelasten.

Intern gebruik

6 Conclusies en aanbevelingen over mogelijke oplossingen

In dit laatste hoofdstuk brengen we de potentiële maatregelen om de beschikbaarheid van duurzame CO_2 voor de glastuinbouwsector te vergroten in kaart, op basis van de analyse in deze studie. We onderscheiden daarbij technische maatregelen, waar zowel de sector zelf als ook de overheid mee aan de slag kan, en potentiële beleidsmaatregelen, waar de (Rijks)overheid toe kan besluiten. Uiteraard is er wel wisselwerking tussen deze twee categorieën: de beleidsmaatregelen kunnen de technische oplossingen faciliteren, en technische maatregelen kunnen de effectiviteit van beleid vergroten.

Uitgangspunt bij dit overzicht is het halen van de doelen voor alternatieve en duurzame CO_2 voor de glastuinbouw in 2030 en 2040. Daarvoor kijken we naar opties om het aanbod aan duurzame CO_2 te vergroten, naar maatregelen die ervoor kunnen zorgen dat het deel van dit aanbod dat de glastuinbouw nodig heeft ook daadwerkelijk aan deze sector kan worden geleverd, en naar overig beleid dat nodig is om deze ontwikkelingen te faciliteren en in goede banen te leiden.

Deze lijst met opties is vooral verkennend van aard, iedere optie vergt verdere uitwerking, concretisering en analyse van haalbaarheid, kosten, etc. Met name de beleidsopties vragen daarnaast ook om politieke keuzes en afwegingen.

6.1.1 Technische oplossingen

Opties om het aanbod van duurzame CO_2 te vergroten:

- CO_2-afvang op AVI's uitbreiden, en zorgen voor transport naar de glastuinbouw via bestaande pijpleidingen (zoals OCAP) of de weg. Met name de CO_2-afvang vergt de nodige investeringen.
- CO_2-afvang in de biogas-/groengasketen opzetten, en zorgen voor transport naar de glastuinbouw via bestaande pijpleidingen (zoals OCAP) of de weg. Met name de CO_2-afvang vergt de nodige investeringen.
- Verder onderzoek naar technische innovaties zoals direct air capture (DAC), zodat de kosten van nieuwe technologieën dalen en de energie-efficiëntie toeneemt.

Intern gebruik

Opties om het gebruik van de beschikbare duurzame CO_2 in de glastuinbouw te faciliteren:

- Ervoor zorgen dat er een fysiek ‘aftappunt’ in de CCS-pijpleidingen komt, waaruit de glastuinbouw CO_2 kan aftappen op momenten dat daar vraag naar is.
- Verder onderzoek doen naar grootschalige (seizoens)opslag van CO_2 in bijvoorbeeld tanks of de ondergrond, om de mismatch tussen vraag en aanbod te verhelpen;
- Zorgen dat grote vergisters, in combinatie met opwaardering van biogas naar groengas, zich in de buurt van glastuinbouw vestigen. Dit biedt kansen voor lokaal of regionaal gebruik van de vrijkomende bio-CO_2 in de glastuinbouw.

Een meer overkoepelende maatregel met een breder potentieel effect is het opzetten van partnerships tussen de glastuinbouw en partijen die duurzame CO_2 kunnen leveren. Door langjarige contracten aan te gaan voor levering en afname van de CO_2 kan de nodige investeringszekerheid worden gecreëerd voor alle betrokken partijen.

6.1.2 Potentiële beleidsmaatregelen

De potentiële beleidsmaatregelen kunnen worden onderverdeeld in verschillende categorieën:

SDE++-subsidieregeling

- De huidige SDE++-regelingsmethodiek heeft als doel om te waarborgen dat CCU in de glastuinbouw gerealiseerd kan worden. Wel concurreert CCU met CCS. Afhankelijk van de CO_2-bron kan het aantrekkelijker zijn om voor CCS boven CCU te kiezen, zoals door beleidswijzigingen in toenemende mate voor AVI’s het geval is. Strategische subsidies vanuit de Rijksoverheid, bijvoorbeeld via maatwerk-afspraken, zouden dit prijsverschil weg kunnen nemen. Daarnaast zien we een aantal potentiële aanpassingen aan de SDE++ waarmee de ontwikkelingen zouden kunnen worden versneld.
  - Het flexibeler omgaan met de CO_2-toepassing van een SDE++-beschikking bevordert het doen van investeringsbeslissingen en toekomstige marktwerking. In het huidige regime zitten CO_2-afvanginstallaties met hun SDE++-aanvraag voor vijftien jaar vast aan de toepassing van de afgevangen CO_2.
    Het klimaatbeleid rond waardering en beprijzing van fossiele, biogene en DAC-CO_2 in CCU en CCS is nu vol in ontwikkeling. Onze verwachting is dat de CO_2-markt in de toekomst veel meer geïntegreerd is dan dat deze vandaag is. De huidige SDE++-koppeling (15 jaar 100% of 50:50% CCU/CCS) tussen aanbod en toepassing werkt beperkend voor partijen die nieuwe afvanginstallaties willen ontwikkelen, waardoor investeringsbeslissingen uitblijven. Een beschikking waarin de subsidiebehoefte wordt vastgesteld op basis van narekeningen van de werkelijke verhouding CCU/CCS zou hiervoor een uitkomst kunnen bieden.

Intern gebruik

  - Inzet op combinatie SDE (een kostprijssubsidie) en investeringssubsidies voor bestaande beschikkingen. Deze maatregel, vrijwel alleen van toepassing op AVI's, dient om op korte termijn sneller meer duurzame CO_2 beschikbaar te krijgen. Voor veel beschikte projecten geldt dat deze uit SDE-rondes 2021 en 2022 komen. Door inflatie zijn de beschikkingen niet meer dekkend. Partijen kunnen een nieuwe SDE-aanvraag doen, maar dit levert aanzienlijke project-vertraging en -onzekerheid op. Combinatie van de huidige beschikking met een investeringssubsidie zou de investeringsbereidheid van partijen vergroten. Met een MSK-toets wordt oversubsidiëring vervolgens voorkomen.
- Continuering openstelling SDE++ voor DAC in de glastuinbouw. Dit is pas recent gestart, het is aan te raden om de effecten te monitoren en regelmatig te evalueren.

Innovatie

- Voortzetting van innovatiesubsidies voor de verdere ontwikkeling van DAC, via de DEI+- en MEI-innovatiesubsidies. We merken op dat DEI+-subsidie niet beschik-baar is voor de glastuinbouw, maar dat de sector op termijn ook kan profiteren van innovaties van DAC die worden bereikt in andere toepassingen.

Ontwikkeling duurzame CO_2-certificaten en -markt

- Om een markt voor duurzame CO_2 te ontwikkelen moet allereerst een eenduidig certificatensysteem voor duurzame CO_2 worden opgezet, analoog aan bijvoorbeeld groene stroom, of hernieuwbare transportbrandstoffen. Deze certificaten moeten gebaseerd zijn op een duidelijke methodiek, bijvoorbeeld op basis van massa-balans, met onafhankelijke monitoring en verificatie, etc. Zo kan dubbeltelling worden voorkomen, en kan de daadwerkelijke duurzaamheid van de CO_2 worden gewaarborgd.
- We raden aan om aan te haken bij de Europese ontwikkelingen rondom koolstof-verwijdering, waarbij in 2024 de eerste stap is gezet met Verordening 2024/3012 (de CRCF Directive, ofwel de verordening tot vaststelling van een certificerings-kader van de Unie voor permanente koolstofverwijderingen, koolstoflandbeheer en koolstofopslag in producten).
  - Het mogelijk maken van administratieve verrekening op nationale schaal via het 'bioswap'-mechanisme kan ook nuttig zijn voor de sector. Afhankelijk van het toekomstig beleid voor koolstofverwijdering kan voor Alco in de toekomst echter bioCCS aantrekkelijker worden dan toepassing in de glastuinbouw via admini-stratieve verrekening.

Intern gebruik

Rekening houden met de glastuinbouw bij de ontwikkeling van het beleid voor koolstofverwijdering

- De keuze naar welke toepassing de beschikbare duurzame CO_2 gaat is sterk beleidsmatig bepaald. Dat zien we ook in de huidige situatie met fossiele CO_2: Door het systeem van heffingen en het ETS1 wordt CCS aantrekkelijker dan CCU voor de raffinaderij van Shell in Rotterdam, zodra Porthos operationeel wordt. Zoals in het vorige punt (over Alco) is beschreven zou iets vergelijkbaars kunnen gebeuren voor duurzame CO_2, als er beleid voor koolstofverwijdering wordt ontwikkeld. De Rijksoverheid heeft wel een aantal duidelijke principes vastgelegd die dit tegen moeten gaan:
  - In de Routekaart Koolstofverwijdering en in het Klimaatplan 2035-2035 zijn vijf uitgangspunten vastgelegd, waaronder ‘Het reduceren van emissies blijft prioriteit om de afhankelijkheid van koolstofverwijdering zoveel mogelijk te minimaliseren’. Op het moment dat CCU in de glastuinbouw de inzet van aardgas voor CO_2-productie vervangt en daarmee tot CO_2-reductie lijdt, kan worden geconcludeerd dat toepassing in de glastuinbouw een hogere prioriteit heeft dan koolstofverwijdering.
  - In het Pakket voor Groene Groei staat dat bij de uitwerking van het beleid voor koolstofverwijdering rekening moet worden gehouden met beschikbaarheid voor (biogene) CO_2 voor verduurzaming van de glastuinbouw.
- We raden aan om deze principes, inclusief de verdere invulling van de balans tussen de verschillende toepassingen, al op korte termijn concreet te maken, zodat er meer duidelijkheid komt over deze plannen.

Industriebeleid

- Via diverse routes zoals de Nederlandse maatwerkafspraken en de Europese Clean Industrial Deal zal ook de komende jaren gericht industriebeleid worden gevoerd om de industrie te helpen te verduurzamen bij behoud van hun concurrentiepositie. Voor de glastuinbouw kan daarbij ook worden gedacht aan gericht beleid om duurzame CO_2-levering aan de glastuinbouw te faciliteren en te prioriteren ten opzichte van koolstofverwijdering. Hierbij kan bijvoorbeeld worden gedacht aan extra subsidies (bijvoorbeeld via maatwerkafspraken met AVI’s, biobrandstofproducenten of andere CO_2-bronnen), versnelde uitrol van CO_2-infrastructuur tussen duurzame CO_2-bronnen en glastuinbouwclusters en de ontwikkeling van CO_2-opslag voor CCU in de glastuinbouw.

Intern gebruik

Literatuurlijst

Alco Energy Rotterdam. (2025). *Broeikasgasbesparing*. https://www.alcoenergy.com/broeikasgasbesparing/

BetterSea. (2024, 8 Juli 2024). *RFNBOs under FuelEU Maritime*. https://www.bettersea.tech/post/rfnbos-under-fueleu-maritime

BlueTerra. (2024). *Marktpositie WKK voorjaar 2024, WKK barometer*.

BlueTerra. (2025). *Onderzoek naar techno-economische kansen fossielvrije WKK*.

CBS. (2025, januari 2025). *Vermeden verbruik fossiele energie en emissie CO2*. Centraal Bureau voor de Statistiek. https://www.cbs.nl/nl-nl/cijfers/detail/84918NED

CBS. (lopend, 30 november 2022). *Statline: Landbouw; gewassen, dieren en grondgebruik en arbeid op nationaal niveau*. CBS. https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/81302ned/table?fromstatweb

CE Delft. (2018). *Verkenning BioLNG voor transport : Fact finding, marktverkenning, businesscases*.

CE Delft. (2020). *Potentieel van lokale biomassa en invoedlocaties van groengas : Een verkenning voor 2030*.

CE Delft. (2023). *Koolstofverwijdering voor klimaatbeleid: Analyse van behoefte, aanbod en beleid voor negatieve emissies in Nederland*.

CE Delft. (2024a). *Ontwikkelingen energie-infrastructuur voor de glastuinbouw*.

CE Delft. (2024b). *Scenariostudie groengasproductie rond 2030*.

Change, E.S.A.B.o.C. (2025). *Scaling up carbon dioxide removals; Recommendations for navigating opportunities and risks in the EU*.

DECHEMA. (2017). *Low carbon energy and feedstock for the European chemical industry*.

EASA. (2025). *Fit for 55 and ReFuelEU Aviation*. https://www.easa.europa.eu/en/light/topics/fit-55-and-refueleu-aviation

Glastuinbouw Nederland. (2023). *Verantwoorde glastuinbouw is klimaatneutraal in 2040. Update 2023*.

Huibers, M., in 't Groen, B.A.F., Geerdink, P., & Linders, M. (2009). *Eindrapport Winning en opslag van CO_2 uit WKK rookgassen*.

Kalsbeek, S., & Paap, R. (2025). *Marktstudie Toepassing Biogene CO2*.

Ministerie van EZK, & Ministerie van I&W. (2022). *Kamerbrief d.d. 22 april 2022: Beleidsinzet biogrondstoffen*. Tweede Kamer der Staten-Generaal. https://open.overheid.nl/repository/ronl-7fbf02296b8e93cf235319dcc4331c2ea6153566/1/pdf/beleidsinzet-biogrondstoffen.pdf

Intern gebruik

Ministerie van Financiën. (2025). *Belastingsplan. 5.27 Introductie AVI-correctiefactor*. Ministerie van Financiën. https://www.rijksfinancien.nl/belastingplan-memorie-van-toelichting/2025/d17e3908

Ministerie van I&W. (2020, Oktober 16). *Kamerbrief d.d. 16 oktober 2020 : Duurzaamheidskader biogrondstoffen*. Tweede Kamer der Staten-Generaal. https://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/moties/detail?id=2020Z19173&did=2020D41361

Ministerie van I&W. (2025a). *4e voortgangsbrief implementatie RED-III vervoer april 2025*. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2025/04/25/vierde-voortgangsbrief-implementatie-red-iii-vervoer

Ministerie van I&W. (2025b). *Beleidsvisie afvalverbranding in 2030 en richting 2050*.

Ministerie van KGG. (2025a). *Kamerbrief Pakket voor Groene Groei voor een weerbaar energiesysteem en een toekomstbestendige industrie*.

Ministerie van KGG. (2025b). *Routekaart Koolstofverwijdering*.

Ministerie van LNV. (2022). *Convenant energietransitie glastuinbouw 2022-2030*.

Netbeheer Nederland. (2023). *Het energiesysteem van de toekomst: de II3050-scenario's*.

PBL. (2024a). *Klimaat- en Energieverkenning 2024*.

PBL. (2024b). *Trajectverkenning klimaatneutraal 2050*. Planbureau voor de Leefomgeving. https://www.pbl.nl/publicaties/trajectverkenning-klimaatneutraal-2050

PBL. (2024c). *Trajectverkenning klimaatneutraal 2050 - Trajecten naar een klimaatneutrale samenleving voor Nederland in 2050*.

PBL. (2025). *Eindadvies basisbedragen SDE++ 2025*.

Platform Hernieuwbare Brandstoffen. (2025). *Productiefaciliteiten hernieuwbare brandstoffen in Nederland*. Platform Hernieuwbare Brandstoffen. https://www.hernieuwbarebrandstoffen.nl/factsheets/kaart-productie-hernieuwbare-brandstoffen-in-nl

Port of Rotterdam. (2024). *Power2X en Advario ontwikkelen e-SAF-hub van wereldformaat in haven Rotterdam*. https://www.portofrotterdam.com/nl/nieuws-en-persberichten/power2x-en-advario-ontwikkelen-e-saf-hub-van-wereldformaat-haven-rotterdam

Raaphorst, M., & Kempkes, F. (2019). *Zomerstook voor CO_2-dosering: Simulaties voor 6 gewassen*.

Raaphorst, M.G.M., & Van Tuyll van Serooskerken, A.R. (2023). *Kwantitatieve Informatie voor de Glastuinbouw 2023* (27 ed.). Wageningen University & Research. https://shop.wur.nl/kwin/kwin-glastuinbouw-2023-pdf.html

Rijksoverheid. (2023). *Nationaal Plan Energiesysteem (NPE)*.

Rijksoverheid. (2025). *Wetgevingsprogramma klimaatwet- en regelgeving voorjaar 2025*.

Royal Haskoning DHV. (2020). *Samenvatting rapport CO2-markt Nederland*.

SkyNRG. (ongoing). SkyNRG Future Friendly Flying. In.

Smit, P., & Beekman, V. (2025). *Scenario's voor het energiegebruik van een klimaatneutrale Nederlandse glastuinbouw*.

Intern gebruik

Smit, P.X., & Grootscholten, R. (2024). *Actueel inzicht CO2-behoefte Nederlandse glastuinbouw 2030*.

Tiersma, T. (2021). Seizoensopslag CO2 in CCS nodig voor groei OCAP. *GroentenNieuws.nl*. https://www.groentennieuws.nl/article/9382172/seizoensopslag-co2-in-ccs-nodig-voor-groei-ocap/

TNO. (2024). *Een verkenning naar de verbranding van Nederlands afval en de milieuprestatie in 2030 en 2050*.

TNO. (2025a). *Koolstofverwijdering in een duurzaam Nederlands energiesysteem*.

TNO. (2025b). *SmartPort Circulaire koolstof voor de Nederlandse chemie- en brandstoffensector - Samenvattende rapportage*.

Van der Velden, N.J.A., & Smit, P.X. (2019). *CO2-behoefte glastuinbouw 2030*.

Van Oostrom, L., & Trouwborst, G. (2024). *Besparen op CO2 door kunstmatige verhoging van de ventilatievoud in de kas? Een modelstudie*.

VNCI. (2021). *Verhitten zonder zuurstof : de opmars van pyrolyse*. VNCI. Retrieved 7 mei from https://www.vnci.nl/chemie-magazine/actueel/artikel?newsitemid=5619384321&title=verhitten-zonder-zuurstof-de-opmars-van-pyrolyse

WKR. (2024). *De lucht klaren? Advies over uitgangspunten en beleid voor sturing op CO2-verwijdering uit de atmosfeer*.

Intern gebruik

A Interviews

Voor dit onderzoek hebben de volgende personen en organisaties input geleverd en meegedacht, waarvoor wij hen dank zijn verschuldigd:

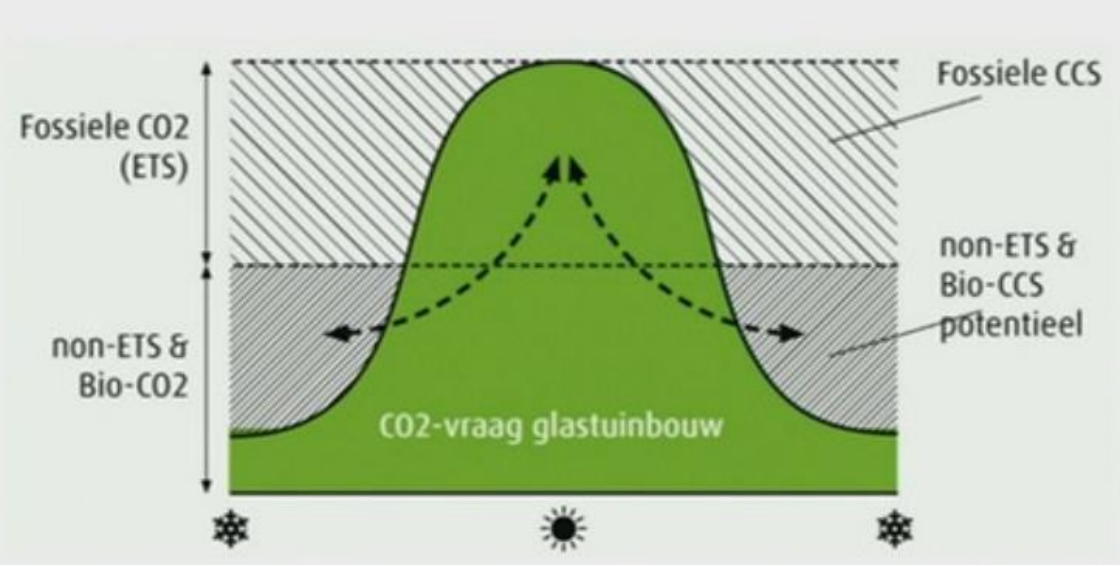
- *Beleidsmakers*
  - Karel van Hussen, *Ministerie van Financiën*
  - Sandra van Winden & Bob Vermeent, *Ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur*
  - Lieke van Essen, Vincent Gerez & Anne-Meike Overduijn, Paul van Baal, *Ministerie van Klimaat en Groene Groei*
  - Yvette van Beek, *Rijksdienst voor Ondernemend Nederland*
- Sander Lensink, Janneke Blok & Emma Eggink, *Planbureau voor de Leefomgeving*
- Alexander Formsma & Dennis Medema, *Glastuinbouw Nederland*
- *Glastuinders*
  - Hans Koolhoos, LKP Plants
  - Patrick Dekker, Lans
  - Rochus van Tuijl, LinFlowers
- Jacob Limbeek, *OCAP*
- *Afvalverwerkers*
  - Liane Schoonus, *Vereniging Afvalbedrijven*
  - Wim de Jong, Twence
  - Hans Wassenaar, AVR
  - Ruben Pattiasina, PreZero
- Pepijn Smit, *Wageningen Social & Economic Research*
- Steef Kalsbeek, *New Energy Coalition*
- Yannic Wevers, *VNCI*
- Loes Knotters & Eric van den Heuvel, *Platform Hernieuwbare Brandstoffen*

Intern gebruik

B Bioswap

In de aanbodcombinatie van biogene en fossiele CO_2 wordt door CO_2-leveranciers gekeken naar een administratieve verrekening, 'bioswap' genaamd (Glastuinbouw Nederland, 2023). Figuur 17 illustreert het verrekeningsprincipe voor de glastuinbouw. In het zomerseizoen gaat dan de CO_2 voornamelijk naar de glastuinbouw, in het winterseizoen wordt deze opgeslagen. De CO_2-oorsprong is gedurende het hele jaar gemengd, maar op jaarbasis bekeken kan gesteld worden de biogene CO_2 alleen aan glastuinbouw, en de fossiele CO_2 alleen voor CCS gebruikt wordt.

Figuur 17 - Illustratie 'bioswap'-principe, verrekening fysieke fossiele CO_2-stromen in zomer met extra biogene stromen in de winter



Bron: (Tiersma, 2021)

De reden voor de bioswapverrekening is financieel. Over het fossiele gedeelte moeten bij levering aan glastuinbouw emissierechten (EU ETS en/of de nationale CO_2-heffing) worden betaalt. Bij CCS is dit niet het geval. Als op jaarbasis kan worden vastgesteld dat 100% van de fossiele CO_2 wordt opgeslagen, en alleen de biogene CO_2 wordt geleverd aan glastuinbouw, dan hoeven er geen emissieheffingen betaalt te worden door de fossiele uitstoter. Deze 'baten' kunnen neerslaan bij de eigenaar van de fossiele bron, de CO_2-leverancier en/of de CO_2-afnemers (de tuinders).

Intern gebruik

Bioswap van Shell en Alco in de OCAP-casus wordt voor zover bekend toegestaan door de NEa, maar het is niet duidelijk of dat betekent dat bioswap in elk geval mogelijk is. In het geval van OCAP zijn de bronnen en afnemers onderdeel van een transport- en distributienetwerk. Wanneer gebruikt gemaakt wordt van vervloeiing en transport per as is die verbinding er niet in dezelfde mate. De NEa zal naar verwachting in Q2 2025 goedkeuring of afwijzing geven op een casus waarbij duidelijker zal worden waar de systeemgrens voor verrekening ligt.

Indien CCU (van biogene CO_2) en CCS (van fossiele CO_2) via bioswap van bronnen jaarrond verrekend worden, geeft dit leveranciers binnen hun bronportfolio als geheel flexibiliteit rond CO_2-heffingen en subsidieregelingen. Dit zou het aanbod van CO_2 voor CCU in de glastuinbouw kunnen vergroten. De bioswaproute wordt door ketenpartijen met name verder onderzocht bij afvalenergiebedrijven, die in de sector en door OCAP worden gezien als kansrijke aanvullende bronnen.

Intern gebruik

C Kwantificering vraag en aanbod duurzame CO_2

C.1 Ontwikkeling vraag naar duurzame CO_2

De vraag naar duurzame CO_2 ontwikkelt zich voor elke sector anders, en voor sommige sectoren zijn de onzekerheden groter dan anderen. De ontwikkeling van de vraag is weergegeven in Tabel 3. De getoonde bandbreedtes zijn afgebeeld in Figuur 18 en worden hierna toegelicht.

Glastuinbouw

De glastuinbouw gebruikt nu circa 2,7 Mton CO_2, waarvan 0,7 Mton CO_2 extern geleverd. Door eerder omschreven ontwikkelingen verwachten we dat er in 2030 minder totale CO_2 gebruikt gaat worden, maar dat er meer extern geleverd wordt. Richting 2040 voorzien we dat er vrijwel geen CO_2 meer uit rookgassen wordt gehaald. Op basis van reductiemogelijkheden beschreven in (Smit & Grootscholten, 2024) gaan we uit van een vraag naar extern geleverde CO_2 van 0,7-1,9 Mton in 2030. Voor de 2040 raming sluiten we aan bij (Smit & Beekman, 2025) en gaan we uit van 0,9-2,2 Mton. De werkelijke afname, zeker in 2030, zal voor een groot deel afhangen van de fysieke beschikbaarheid van extern geleverde CO_2.

Voedingsmiddelen

De voedingsmiddelenindustrie gebruikte in 2020 0,2 Mton CO_2 per jaar (Royal Haskoning DHV, 2020). We gaan ervan uit dat deze vraag constant blijft richting de toekomst.

Grondstof voor chemie

De chemische industrie is een potentieel afnemer van CO_2. In 2030 is de verwachting dat de productie van synthetische chemicaliën op basis van CO_2 nog niet van de grond komt. Het omzetten van CO_2 in grondstoffen voor de chemie is technisch mogelijk, maar kost veel energie en is nog relatief duur. In ons onderzoek is gebleken dat de VNCI ook voor 2050 geen significante productie van chemicaliën op basis van CO_2 verwacht.

Intern gebruik

Om die reden nemen we voor 2040 in het laag scenario nog steeds een vraag van 0 aan, terwijl we voor het hoog scenario uitgaan van de TVKN waar 40 PJ wordt aangegeven, omgerekend[30] circa 2,8 Mton CO_2 (PBL, 2024c).

Synthetische brandstoffen

Voor de vraag naar biogene CO_2 voor de productie van synthetische brandstoffen gaan we uit van de bandbreedtes die worden beschreven in de recente Trajectverkenning Klimaatneutraal 2050 (PBL, 2024b). In de trajecten worden de meeste fossiele grondstoffen vervangen door biogene of synthetische grondstoffen. Dit komt doordat de productie van biogene en synthetische brandstoffen voor bijvoorbeeld schepen en vliegtuigen ook nafta oplevert, die dan als grondstof voor de chemie kan worden gebruikt.

Figuur B.10 in de TVKN illustreert in 2030 nog geen significante vraag naar synfuels. De bestemming van koolstofstromen richting 2030 wordt daarmee nog grotendeels geallo-ceerd aan directe emissies en opslag van CO_2. We dat bedrijven zoals Power2X en Advario samen plannen hebben om een grootschalige fabriek voor duurzame vliegtuig-brandstof te realiseren in de Haven van Rotterdam. De faciliteit zal vanaf 2030 jaarlijks meer dan 250.000 ton e-SAF produceren uit groene waterstof en geïmporteerde groene methanol (Port of Rotterdam, 2024). De vraag naar biogene CO_2 zal daarmee niet toenemen doordat de koolstofbron wordt geïmporteerd. We hanteren daarom ook een vraag van 0 Mton CO_2 in het hoog scenario.

Richting 2040 komt de ontwikkeling van synfuels van de grond ter grootte van 2,0-7,0 Mton. Echter zien we momenteel nog geen beleid dat is ingericht op de ontwikkeling van synfuels in Nederland. We hanteren daarom een vraagontwikkeling aan van 0,0-7,0 Mton in 2040.

Koolstofverwijdering

In de recent gepubliceerde Routekaart Koolstofverwijdering verwacht het kabinet 20-25 Mton koolstof te verwijderen (Ministerie van KGG, 2025b). Deze bandbreedte geldt voor zowel 2040 als 2050. De exacte omvang is nog onzeker en is afhankelijk van ontwikke-lingen op het gebied van techniek, economie en beleid. We bevinden ons momenteel in de opstartfase voor koolstofverwijdering, en het is nog onzeker of er in 2030 al significante hoeveelheden worden verwijdert. Desalniettemin zet minister Hermans in op 1,5 Mton BECCS in 2030 (Ministerie van KGG, 2025b), voor een belangrijk deel afkomstig uit de AEB en AVR. In aanloop naar 2040 worden ‘tientallen megatonnen’ aan koolstofver-wijdering per jaar genoemd. We houden daarom voor 2040 een breder interval aan van 10-25 Mton CO_2.

[30] Berekend met een conversiefactor van methanol: 1,373 ton CO_2/ton methanol en een energiedichtheid van 1 9,7 GJ/ton methanol uitgaande van de Lower Heating Value (LHV) (DECHEMA, 2017).

Intern gebruik

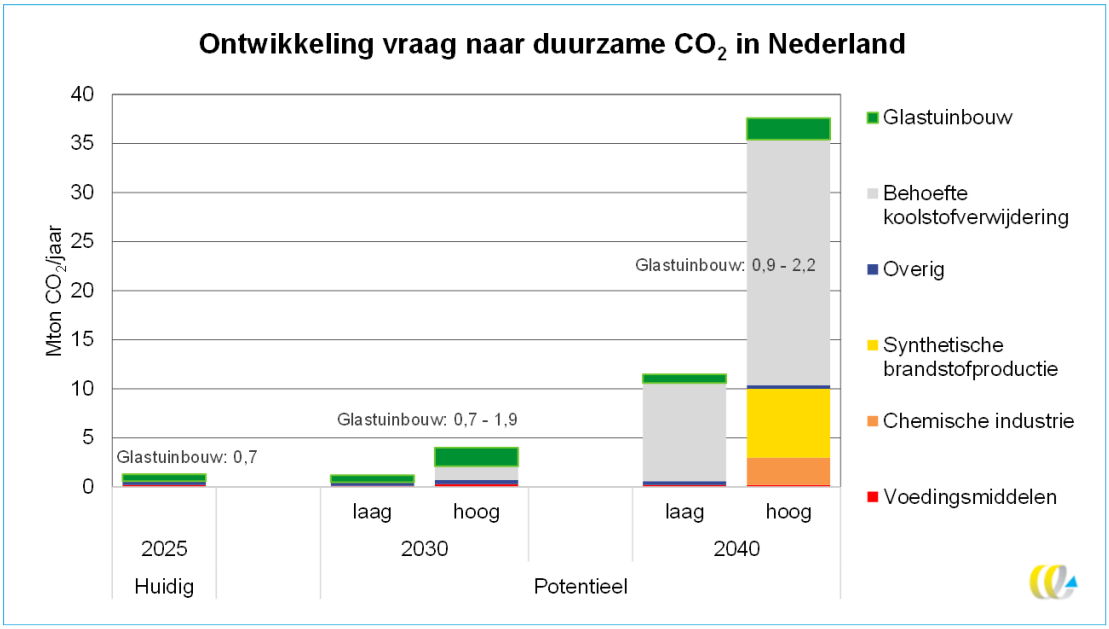
Overig

Onder ‘overig’ valt volume die in de huidige situatie wordt verhandeld. Ook export van biogene CO_2 (0,4 Mton CO_2 in 2020) valt hieronder. We houden deze stroom gelijk in de ramingen.

Tabel 4 – Raming ontwikkeling marktvraag duurzame CO_2 in megatonnen

Vraagsector	2025 Huidig, incl. fossiel	2030 Laag - Hoog	2040 Laag - Hoog
Glastuinbouw	0,7	0,7 – 1,9	0,9 – 2,2
Voedingsmiddelen	0,2	0,1 – 0,3	0,2
Grondstof voor chemie	0,0[31]	0,0	0,0 – 2,8
Synthetische brandstoffen	0,0	0,0	0,0 – 7,0
Koolstofverwijdering	0,0	0,0 – 1,5	10 – 25
Overig	0,4	0,4	0,4
Totaal	**1,3**	**1,2 – 4,0**	**11,5 – 37,6**

Figuur 18 –Ontwikkeling vraag naar duurzame CO_2



[31] CO_2 wordt momenteel wel in de chemie gebruikt als grondstof maar deze stromen worden niet via een CO_2-marktleverancier gefaciliteerd.

Intern gebruik

Tot 2030 voorzien we een maximale CO_2-behoefte van 4 Mton, in het minimale scenario blijft de vraag grofweg gelijk aan de huidige vraag (die deels fossiel wordt ingevuld). Na 2030, richting 2040 en later voorzien we wel een grote toename van de vraag naar duurzame CO_2, voornamelijk voor koolstofverwijdering, maar potentieel ook voor synthetische brandstoffen en chemische industrie. De bandbreedte is groot: 12 tot 38 Mton.

C.2 Ontwikkeling aanbod duurzame CO_2

Het aanbod naar duurzame CO_2 ontwikkelt zich voor elke sector anders, en voor sommige sectoren zijn de onzekerheden groter dan anderen. De ontwikkeling van het aanbod is weergegeven in Tabel 4. De getoonde bandbreedtes zijn afgebeeld in Figuur 19 en worden hierna toegelicht.

Biobrandstoffen in de glastuinbouw

Op de termijn tot 2030 gaan we ervan uit dat het aandeel biobrandstoffen in de sector gelijk blijft. Volgens Smit and Beekman (2025) werd in 2023 46,4 PJ aardgas gebruikt, tegenover 2,3 PJ uit eigen productie van warmte uit biobrandstof. Het merendeel hiervan betreft biomassaketels, waarvan rookgassen door verontreinigingen meestal (nog) niet toegepast worden in kassen. Mocht dat in de toekomst wel gebeuren, dan is tot 0,2 Mton biogene CO_2 in theorie beschikbaar, hoewel er wel een grote seizoensmismatch zit tussen vraag en aanbod. Mogelijk wordt een onbekend deel van dit potentieel al benut.

Richting 2040 gaan we er conform de scenariostudie van WSER (Smit & Beekman, 2025) niet meer van uit dat er CO_2 uit biobrandstofverbranding nuttig beschikbaar is bij glastuinders.

Afvalverbrandingsinstallaties

Momenteel is het aanbod van biogene CO_2 vanuit afvalverbrandingsinstallaties rond de 0,20 Mton CO_2. Het merendeel hiervan is bestemd voor glastuinbouw. Het toekomstig aanbod van biogene CO_2 uit deze sector is mede afhankelijk van de samenstelling van het afval en de ontwikkeling van het verbrandingscapaciteit. De sector werkt momenteel met een planning van 2,4 Mton afvangcapaciteit, waarvan een deel fossiel. Voor 2030 houden we onze raming aan uit CE Delft (2023) ter grootte van 1,0-1,4 Mton. In dezelfde studie schatten we voor 2050 dat het aanbod toeneemt naar 2,0 tot 6,0 Mton. Voor 2040 nemen we deze aanbodraming over.

Bio-energiecentrales

Het aanbod van biogene CO_2 uit bio-energiecentrales is afkomstig van de verbanding van vaste biomassa (e.g. houtpellets) of groengas. Huidig beleid richt zich voornamelijk op het bevorderen van zoveel mogelijk hoogwaardige inzet van biomassa. Momenteel schatten we het aanbod van biogene CO_2 uit bio-energiecentrales op circa 3,0 Mton.

Intern gebruik

De maatstaf daarbij is de hoeveelheid meestook in biomassacentrales zoals gerapporteerd door het CBS (CBS, 2025).

Voor 2030 gaan we conform de raming[32] uit de TVKN uit van circa 2,0 Mton. Richting 2040 verwachten we dat de laagwaardige inzet van biomassa steeds verder afneemt. Voor de raming is voor 2040 daarom geen aanbod vanuit bio-energiecentrales verwacht.

Biogas- en groengasketen

Het aanbod van biogene CO_2 uit de biogas- en groengasketen hangt onder andere af van de verwachte groei van de biogas- en groengasproductie in Nederland. Momenteel ligt het aanbod van biogene CO_2 uit deze keten op circa 0,10 Mton CO_2 (Royal Haskoning DHV, 2020). Volgens onze eigen scenariostudie naar de groengasproductie rond 2030 zou het aanbodpotentieel van biogene CO_2 in Nederland tussen 1,4 en 2,2 Mton kunnen liggen (CE Delft, 2024b). Voor 2040 schatten we het aanbodpotentieel op 2,0-3,6 Mton.

Biobrandstofproductie en biochemie

De hoeveelheid biogene CO_2 die tussen 2030-2050 vrijkomt is nog onzeker en hangt onder andere af van de omvang van de biobrandstofproductie in Nederland. De TVKN geeft voor 2030 een schatting van 10-15 Mton CO_2 uit biobrandstofproductie in 2030 en verwacht dat deze toeneemt naar 20-30 Mton CO_2 in 2040 (PBL, 2024c).
We nemen deze over in onze raming. Uit eigen onderzoek, aangevuld met inzichten vanuit het Platform Hernieuwbare Brandstoffen, concluderen we dat het aanbod van biogene CO_2 uit biobrandstofproductie in Nederland waarschijnlijk lager ligt dan de ramingen uit de TVKN die eerder zijn beschreven. Met name de vestiging van brandstoffenfabrieken in Nederland is nog onzeker. Daarom hanteren we voor 2030 een bandbreedte van 0,4-1,0 Mton biogene CO_2 op basis van het aanbod van Alco Energy Rotterdam dat met installaties van OCAP en Linde aan de glastuinbouw wordt geleverd (Alco Energy Rotterdam, 2025). Richting 2040 verwachten dat dit oploopt tot 0,4-5,0 Mton.

Direct air capture

Het direct afvangen van CO_2 uit de atmosfeer komt richting 2050 nog maar beperkt van de grond in Nederland. Gezien de hoge kosten en het hoge energieverbruik is de verwachting dat richting 2040 er, los van enkele innovatieprojecten, nog geen significant aanbod zal zijn vanuit DAC. Recente ramingen uit onder andere de geactualiseerde TRANSFORM- en ADAPT-scenario's van TNO schatten het DAC-potentieel vanaf 2040 op een bandbreedte van 7,5-10,3 Mton CO_2 (TNO, 2025a). Gezien de vroege ontwikkelingsfase en onzekerheden rondom DAC gaan wij uit van een bandbreedte van 0-10 Mton CO_2 in 2040.

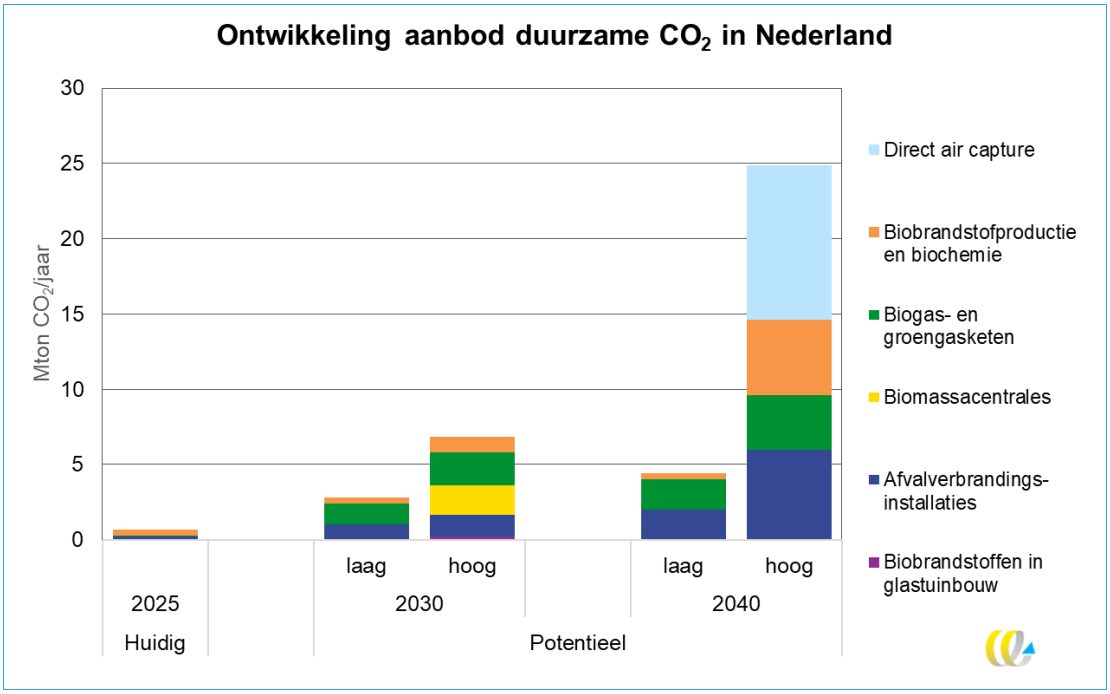
[32] Op basis van gemiddelden van doorberekende industrietrajecten, Figuur 3.3 uit TVKN (PBL, 2024c). Aangenomen dat data voor 2035 ook representatief zijn voor 2030.

Intern gebruik

Tabel 5 – Raming ontwikkeling aanbod duurzame CO_2 in megatonnen

Aanbod	2025 Huidig	2030	2040
		Laag - Hoog	Laag - Hoog
Biobrandstoffen in de glastuinbouw	0[33]	0 – 0,2	0
Afvalverbrandingsinstallaties	0,2	1,0 – 1,4	2 – 6
Bio-energiecentrales	0[34]	2	0
Biogas- en groengasketen	0,1	1,4 – 2,2	2,0 – 3,6
Biobrandstofproductie en biochemie	0,4	0,4 – 1,0	0,4 – 5,0
Direct air capture	0	0	0 – 10
Totaal	**0,7**	**2,8 – 6,8**	**4,4 – 24,9**

Figuur 19 - Bandbreedte van ontwikkeling aanbod naar duurzame CO_2



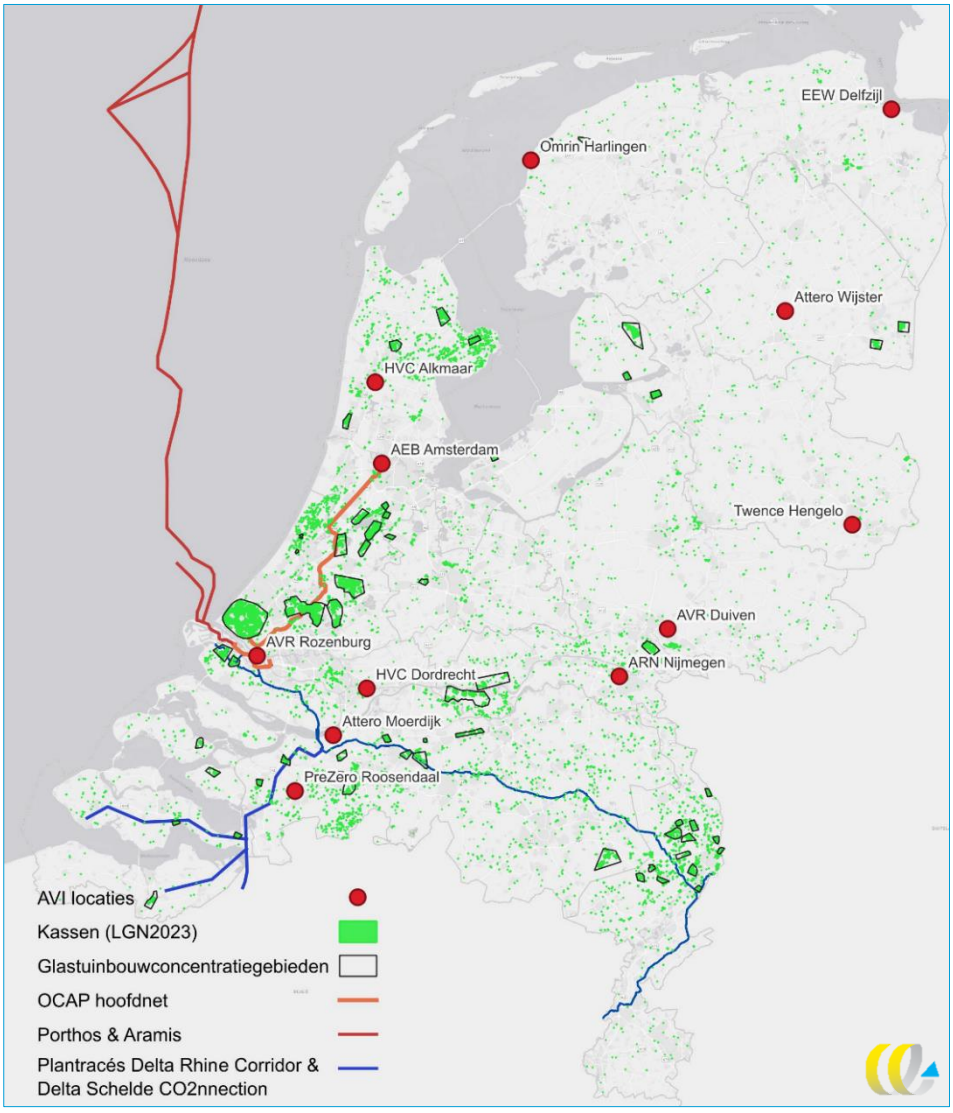
[33] 0,2 Mton is in theorie beschikbaar, maar onbekend of hiervan een deel wordt afgevangen.
[34] 3 Mton is in theorie beschikbaar, maar wordt niet afgevangen.

Intern gebruik

D AVI-locaties

AVR Rozenburg en AEB Amsterdam liggen nabij het OCAP-hoofdnet, maar zijn niet fysiek verbonden. Bij de AVR wordt wel naar een fysieke koppeling toegewerkt.

Figuur 20 - Glastuinbouw, CO_2-infrastructuur en AVI's in Nederland



Intern gebruik

E Kosten CCU in SDE++

De kostencomponenten zijn door CE Delft herleid aan de hand van de uitgangspunten in de het eindadvies en het OT-model 2025 van het PBL.

Tabel 6 – Opbouw basisbedragen CCU-categorieën in SDE++ 2025 (PBL, 2025)

SDE++-categorie	Basisbedrag	Aandeel CAPEX	Aandeel elektriciteit	Aandeel warmte	Aandeel transport	Aandeel overig variabel
CCU bestaande installatie, precombustion, bestaande pijpleiding (Variant 1A)	**80,9**	67%	11%	10%	6%	6%
CCU bestaande installatie, precombustion, nieuwe pijpleiding (Variant 1B)	**95,3**	58%	10%	8%	19%	5%
CCU bestaande installatie, precombustion, vloeibaar (Variant 1C)	**121,1**	55%	14%	6%	21%	4%
Extra CCU bestaande installatie, bestaande pijpleiding (Variant 2A)	**39,8**	32%	23%	19%	13%	12%
Extra CCU bestaande installatie, nieuwe pijpleiding (Variant 2B)	**54,2**	26%	17%	14%	33%	9%
Extra CCU bestaande installatie, vloeibaar (Variant 2C)	**114,7**	54%	13%	7%	22%	4%
CCU nieuwe installatie, precombustion, bestaande pijpleiding (Variant 3A)	**80,2**	67%	12%	9%	6%	6%
CCU nieuwe installatie, precombustion, nieuwe pijpleiding (Variant 3B)	**94,6**	59%	10%	7%	19%	5%

Intern gebruik

SDE++-categorie	Basisbedrag	Aandeel CAPEX	Aandeel elektriciteit	Aandeel warmte	Aandeel transport	Aandeel overig variabel
CCU nieuwe installatie, precombustion, vloeibaar (Variant 3C)	**120,4**	55%	14%	6%	21%	4%
CCU bestaande installatie, postcombustion, bestaande pijpleiding (Variant 4A)	**155,2**	77%	6%	11%	3%	3%
CCU bestaande installatie, postcombustion, nieuwe pijpleiding (Variant 4B)	**169,6**	71%	5%	10%	11%	3%
CCU bestaande installatie, postcombustion, vloeibaar (Variant 4C)	**215,4**	72%	7%	8%	12%	2%
CCU nieuwe installatie, postcombustion, bestaande pijpleiding (Variant 5A)	**130,6**	74%	7%	11%	4%	4%
CCU nieuwe installatie, postcombustion, nieuwe pijpleiding (Variant 5B)	**145,0**	68%	6%	10%	12%	3%
CCU nieuwe installatie, postcombustion, vloeibaar (Variant 5C)	**186,3**	68%	8%	8%	13%	3%
CCU afvalverbrandingsinstallatie, bestaande pijpleiding (Variant 6A)	**178,5**	74%	5%	14%	3%	4%
CCU afvalverbrandingsinstallatie, nieuwe pijpleiding (Variant 6B)	**193,0**	69%	5%	13%	9%	4%
CCU afvalverbrandingsinstallatie, vloeibaar (Variant 6C)	**244,9**	70%	6%	10%	10%	3%
CCU kleinschalige biomassa, gasvormig (Variant 7A)	**120,7**	80%	2%	14%	0%	4%
CCU kleinschalige biomassa, vloeibaar (variant 7B)	**161,4**	78%	8%	10%	0%	3%

Intern gebruik

SDE++-categorie	Basisbedrag	Aandeel CAPEX	Aandeel elektriciteit	Aandeel warmte	Aandeel transport	Aandeel overig variabel
Direct Air Capture - bij tuinder, gasvormig (Variant 8A)	**318,6**	61%	30%	0%	0%	9%
Direct Air Capture - Restwarmte (Variant 8B)	**413,4**	65%	22%	6%	0%	7%

Intern gebruik