

Duurzame CO₂- levering aan de glastuinbouw

Kansen en bedreigingen



Duurzame CO₂-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 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.

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 CO₂ 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 CO₂	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 CO₂	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 CO₂ 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

6	Conclusies en aanbevelingen over mogelijke oplossingen	66
	Literatuurlijst	70
A	Interviews	73
B	Bioswap	74
C	Kwantificering vraag en aanbod duurzame CO₂	76
D	AVI-locaties	82
E	Kosten CCU in SDE++	83

Samenvatting

Inleiding

De glastuinbouwsector heeft emissiereductiedoelstellingen voor 2030 en de ambitie om in 2040 klimaatneutraal te zijn. CO₂ is een grondstof voor de glastuinbouw, die nu voor driekwart afkomstig is van fossiele aardgas-wkk's¹ 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 CO₂ in de glastuinbouw. Hiervoor kijken we naar het potentiële aanbod van duurzame CO₂ in Nederland, ontwikkelingen in de vraag vanuit verschillende toepassingen in Nederland, transport van CO₂ en de ontwikkelingen van een marktmechanisme voor duurzame CO₂. De zichtjaren van deze studie zijn 2030 en 2040.

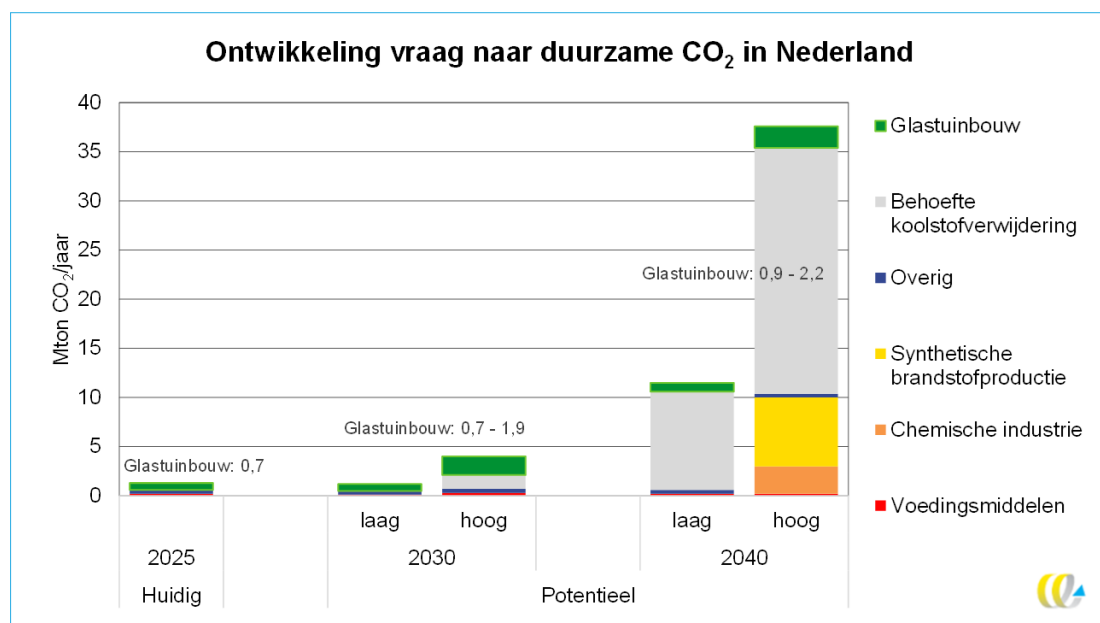
De glastuinbouw heeft steeds meer extern geleverde CO₂ nodig om te voldoen aan de groeiende CO₂-behoefte en de CO₂-emissiereductiedoelstellingen. Na 2030 zal de vraag naar extern geleverde CO₂ waarschijnlijk toenemen tot het punt dat het merendeel van de volledige CO₂-behoefte hiermee wordt voorzien. Hoewel dit de kostprijs voor de glastuinbouw verhoogt, ligt een grotere bedreiging in de beperkte beschikbaarheid van CO₂. Bestaande fossiele bronnen van externe CO₂ (zoals Shell) zullen de komende jaren wegvallen, en investeringsbeslissingen voor CO₂-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 CO₂-afvang en -transport naar de glastuinbouw.

Duurzame CO₂: toekomstige ontwikkelingen en vraag en aanbod

Naast de glastuinbouw verwachten we in de toekomst ook aanzienlijke vraag naar duurzame CO₂ 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

Figuur 1 – Ontwikkeling vraag naar duurzame CO₂



Tot 2030 voorzien we een maximale CO₂-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 CO₂ 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.

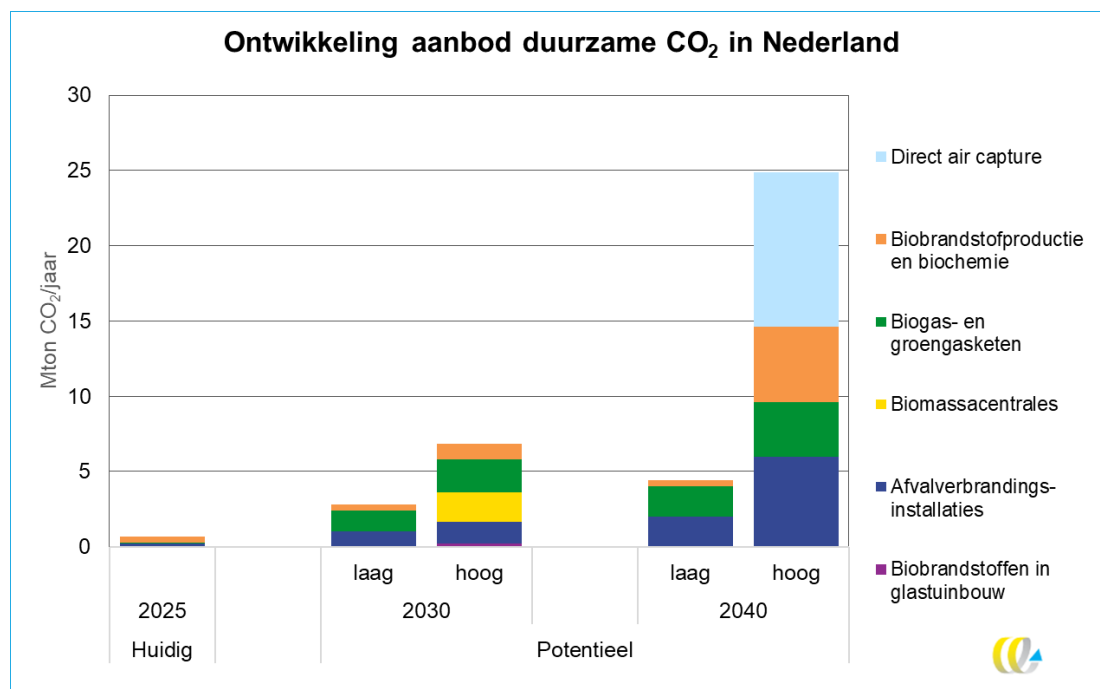
Het toekomstig aanbod van duurzame CO₂ komt uit biogene verbranding, industriële biochemische processen en directe verwijdering uit de atmosfeer (direct air capture, DAC). Onze inschatting van het aanbod voor 2030 en 2040 is weergegeven in Figuur 2, ook hier gepresenteerd voor een 'laag' en een 'hoog' scenario.

Op dit moment is er naar schatting jaarlijks 0,7 Mton duurzame CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂, terwijl de laatste vooral gevolgen heeft op het aanbod van CO₂.

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 CO₂



Opties om aan de behoefte voor duurzame CO₂ in de glastuinbouw te voldoen

Het rapport bevat een brede inventarisatie van maatregelen die het aanbod van duurzame CO₂ 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 CO₂-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 overheidsbeleid 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.

2. **Houd bij de ontwikkeling van beleid voor koolstofverwijdering rekening met de CO₂-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 CO₂ wordt opgeslagen, en niet meer beschikbaar is voor telers die hiermee hun CO₂-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 CO₂-certificaten**, zodat een markt kan ontstaan met garanties over de duurzame herkomst van de CO₂, 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 CO₂, 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 CO₂ daadwerkelijk duurzaam is, en dubbeltelling voorkomen (bijvoorbeeld doordat dezelfde duurzame CO₂ 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 CO₂-levering aan deze sector te faciliteren.
5. **De sector kan inzetten op de ontwikkeling van partnerschappen in de CO₂-keten** (van CO₂-bron via CO₂-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-CO₂ die vrijkomt in de groengasketen.
6. **Zorg voor fysieke 'aftappunten' in de CO₂-pijpleidingen** die de komende jaren worden ontwikkeld, waaruit de glastuinbouw CO₂ 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.

Om het mogelijke tekort van duurzame CO₂ 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 CO₂ afneemt;
- mogelijkheden voor grootschalige seizoensopslag van CO₂, zodat gebruik kan worden gemaakt van een groter deel van de jaarlijkse productie van duurzame CO₂;
- verdere innovatie van CO₂-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.

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)

| 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 verduurzamingslag 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 CO₂ uit fossiele bronnen door duurzame CO₂.

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 CO₂ aan de glastuinbouw. Tot op heden wordt vooral gebruik gemaakt van fossiel gegeneerde CO₂, afkomstig van bijvoorbeeld warmte-krachtkoppeling (wkk) en gasketels. Een geleidelijke vervanging van de fossiele CO₂ door duurzame CO₂ zou een effectieve klimaatmaatregel kunnen zijn in de sector. Het gebruik van biogene CO₂ in de glastuinbouw levert CO₂-emissiereductie op in de sector en draagt bij aan nationale doelstellingen voor CO₂-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 CO₂ 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 CO₂ 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.

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

- Welke biogene CO₂-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 CO₂?
- Welke omgevingsfactoren spelen een rol bij de toepassing van duurzame CO₂ 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 unieke vraagpunt hiervoor.
- Onder welke randvoorwaarden is dit biogene CO₂ betaalbaar en beschikbaar te maken en te houden voor de glastuinbouw in 2030 en 2040?
- Wat zijn de bedreigingen voor de toepassing van biogene CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂ van niet-fossiele oorsprong. In de praktijk betekent dit biogene CO₂ en uit de atmosfeer onttrokken CO₂. 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 CO₂ is niet meegenomen. Als biogene CO₂ 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.

1.4 Leeswijzer

In Hoofdstuk 2 beschrijven we het belang van CO₂ 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 CO₂ in kaart: voor voedingsmiddelen, voor de chemie, voor synthetische brandstoffen en voor koolstofverwijdering.

In Hoofdstuk 4 inventariseren we hoe het aanbod van duurzame CO₂ 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 CO₂ aan de glastuinbouw, in 2030 en 2040?

In het afsluitende Hoofdstuk 6 verkennen we de mogelijke maatregelen waarmee de beschikbaarheid van duurzame CO₂ voor de glastuinbouw kan worden gewaarborgd.

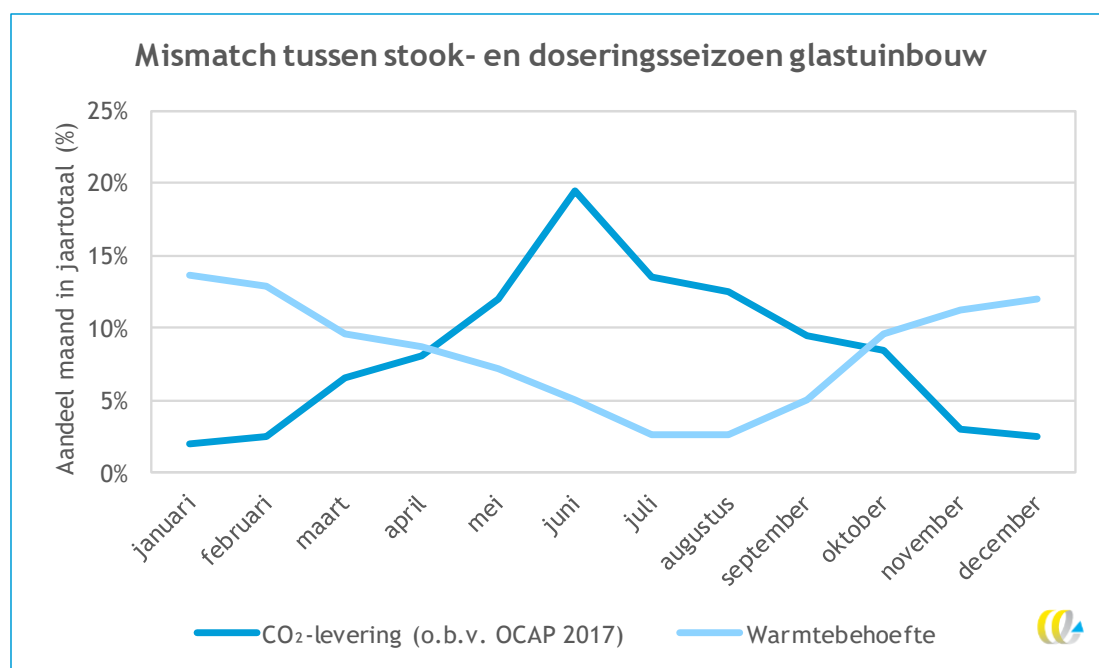
2 Duurzame CO₂ in de glastuinbouw

In dit hoofdstuk beschrijven we het huidige CO₂-gebruik en levering aan de glastuinbouw en schetsen we de trends in vraag en aanbod in de transitie naar gebruik van duurzame CO₂.

2.1 De rol van CO₂ in de glastuinbouw: huidige situatie

CO₂-dosering wordt gebruikt om de gewasproductie in een kas op peil te houden (Smit & Grootcholten, 2024; Van der Velden & Smit, 2019). Met name in de zomerperiode, met veel lichtinval waardoor gewassen sneller groeien, is de aanvoer van CO₂ uit de buitenlucht onvoldoende en wordt additionele CO₂ gedoseerd. Deze seizoensgebonden vraag is precies tegenovergesteld aan het stookseizoen, zoals de mismatch tussen warmtebehoefte en CO₂-levering in Figuur 3 illustreert.

Figuur 3 – Mismatch tussen stook- en doseringsseizoen glastuinbouw

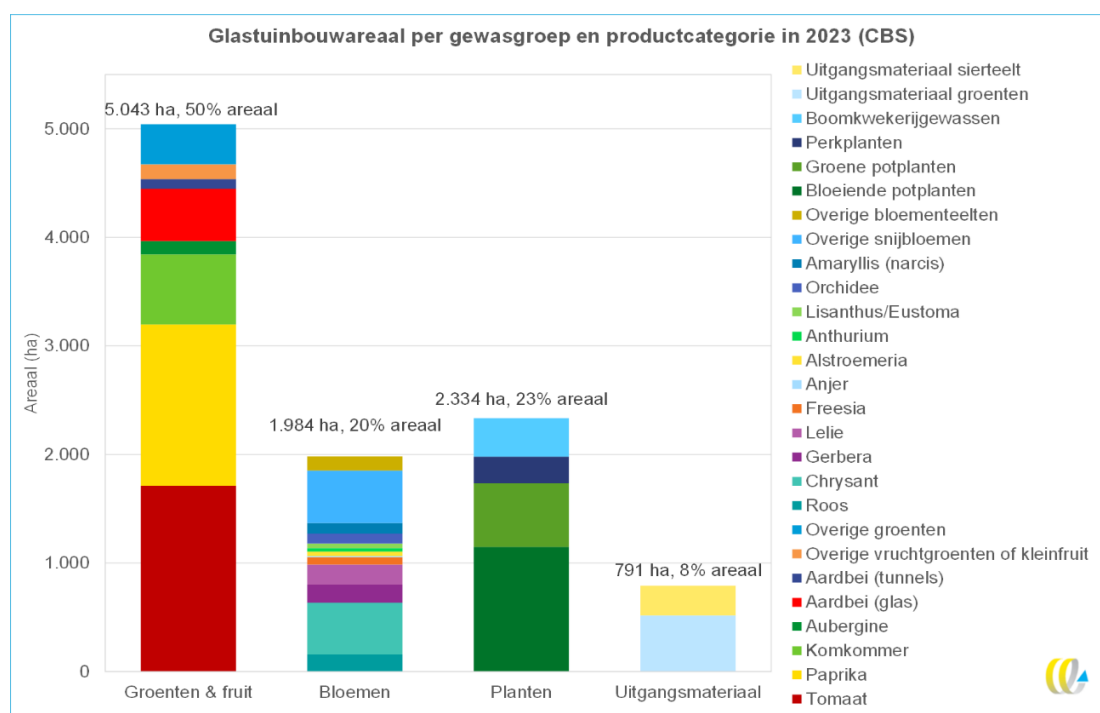


Atmosferische CO₂-concentraties liggen rond de 400-425 ppm, afhankelijk van het gewas en seizoen is een concentratie tussen 500 en 1.000 ppm gangbaar. Volgens PBL wordt 800 ppm nu gemiddeld gebruikt (PBL, 2025). De meeropbrengst (additionele productie door dosering) verschilt sterk per gewas, seizoen en CO₂-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 CO₂ verloren gaat aan de omgeving.

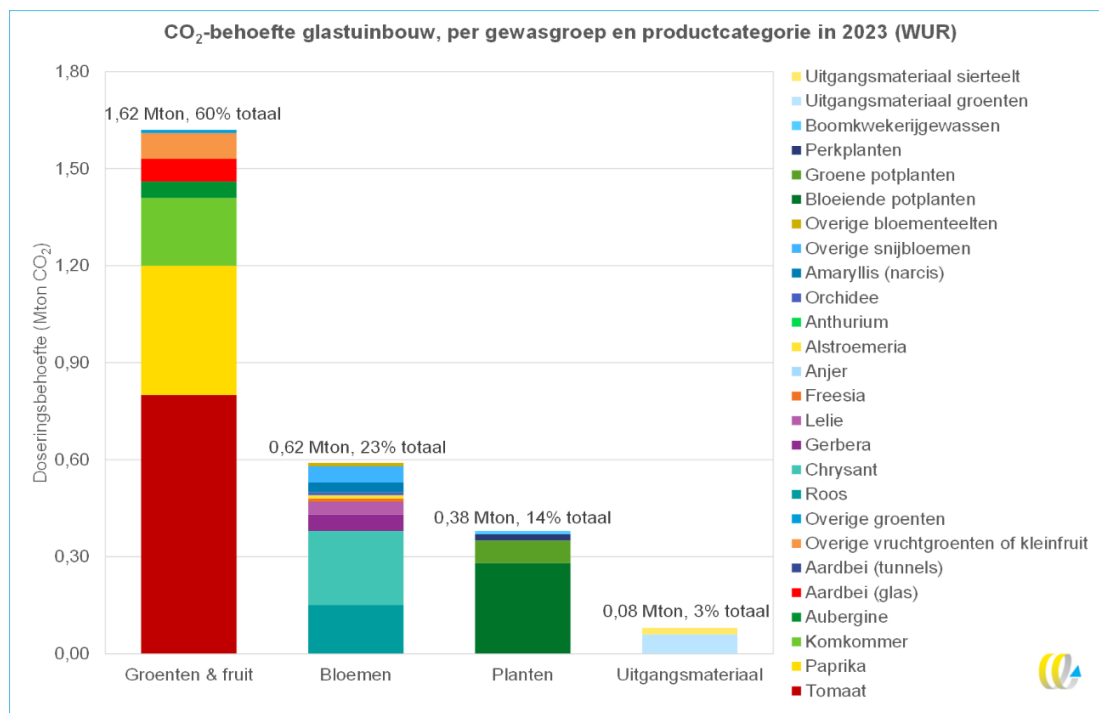
Huidig gebruik van CO₂ in het areaal

Op dit moment wordt het totale CO₂-gebruik in de glastuinbouw door WEcR geschat op ca. 2,7-2,8 Mton CO₂/jaar (2023) (Smit & Grootcholten, 2024) (Smit & Beekman, 2025). De exacte dosering is onbekend, omdat niet bijgehouden wordt hoeveel van de CO₂ 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 CO₂-behoefte in 2023. Groenten & fruit zijn de grootste categorie en beslaan 50% van het areaal. 60% van het totale CO₂-gebruik vindt plaats in deze categorie.

Figuur 4 – Overzicht van het glastuinbouwareaal (deze pagina) en de CO₂-behoefte (volgende pagina) per gewasgroep in 2023



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

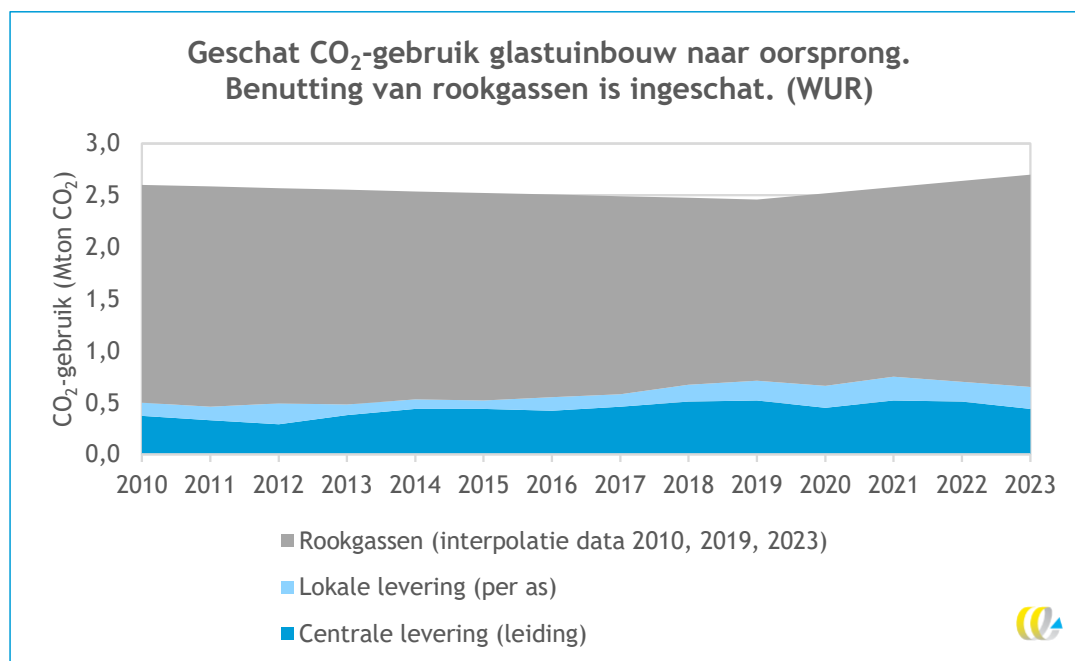


Herkomst van CO₂ voor dosering in kassen

Zo'n 75% van de gedoseerde CO₂³ 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 CO₂ wordt twee-derde centraal geleverd per pijpleiding, voornamelijk via de OCAP-pijpleiding en het netwerk van ECW, en een-derde geleverd per as (vrachtwagen-transport).

³ Gedoseerd, dus exclusief CO₂ direct opgenomen uit de atmosfeer.

Figuur 5 – Overzicht van oorsprong CO₂-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 CO₂ op het hoogst is. Op deze momenten komt het voor dat CO₂ 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 CO₂-productie wordt ingezet. Anderzijds is de warmteproductie en daarmee CO₂-productie begrenst: te hoge kastemperaturen beïnvloeden de productie negatief. Onder aan de streep zijn de marginale kosten van CO₂-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 CO₂ 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 CO₂-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 CO₂ 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 CO₂-aanvoer op te vangen. Andere grote CO₂-leveranciers zijn met name Nippon Gases Air Products en Air Liquide. Ook Yara Sluiskil, nu CO₂-leverancier voor tuinders, heeft plannen vanaf 2026 CO₂ per schip richting Noorwegen te transporteren voor afvang.

Technische aspecten CO₂-levering en winning uit rookgassen

Er zijn drie gangbare methodes voor levering van CO₂ aan een kas, elk met specifieke technische aspecten (Huibers et al., 2009):

1. **Gasvormige levering via pijplijn en afleverset.** Zuivere CO₂ 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 CO₂ geleverd te krijgen.
2. **Vloeibare levering via tankwagens met opslag.** Zuivere CO₂ wordt geleverd en onder druk opgeslagen in CO₂-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 verdampers is nodig om de opgeslagen CO₂ 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 N₂ en H₂O. Een rookgasreiniger verwijdert vervolgens schadelijke stoffen. De CO₂ 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 CO₂ in de kas gebeurt met een leidingsysteem of luchtcirculatiesysteem. De temperatuur en het vochtgehalte van de CO₂ zijn hierbij relevant. CO₂ uit een buffertank is te koud om direct in te brengen en moet worden opgewarmd voor gebruik. De zuiverheid van CO₂ uit rookgassen is in de meeste gevallen lager dan extern geleverde CO₂. Tuinders hebben uiteenlopende kwaliteitseisen voor de zuiverheid van CO₂, afhankelijk van het gewas en de te leveren productkwaliteit. In geleverde CO₂ worden verschillende kwaliteitsniveaus gehanteerd, zoals 'technical-grade' en 'food-grade' kwaliteit. Hogere niveaus vereisen extra zuiveringsstappen, kwaliteitsmetingen en verificatie.

Kosten van CO₂

Voor tuinders bestaat de prijs van CO₂ 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 CO₂-levering.

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

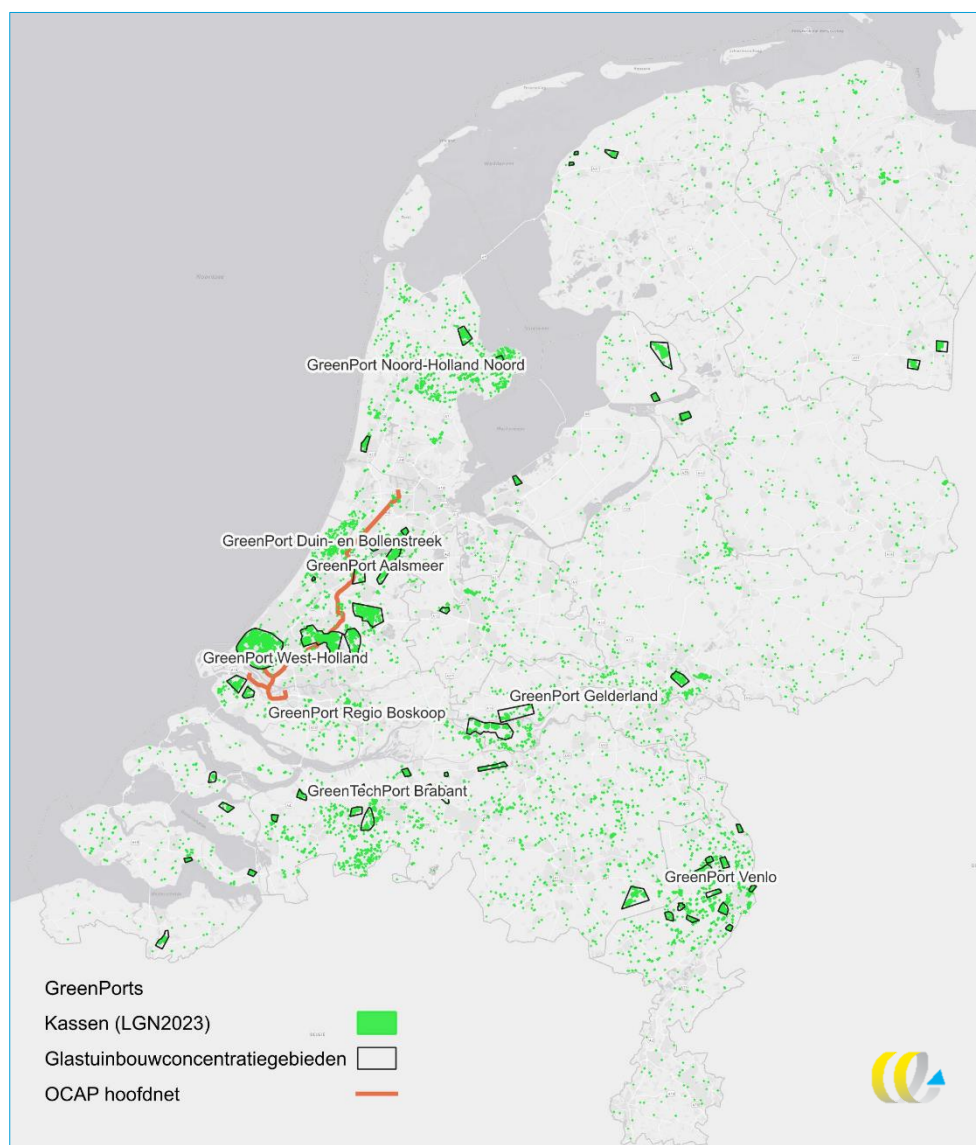
Voor CO₂ uit rookgassen zijn onder andere een rookgasreiniger en analyseapparatuur nodig. Deze investering kost afhankelijk van het vermogen tussen de € 100.000 en € 400.000 en heeft een levensduur van tien jaar. Vergeleken met externe levering liggen de kosten per kg in de regel een stuk lager, orde grote 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-CO₂ uit een gasketel, zeker in geval van zomerstook, liggen gemiddeld iets hoger dan rookgas-CO₂ uit een wkk. In een later hoofdstuk vergelijken we de genoemde kosten met alternatieven.

Geografische structuur CO₂ voor de glastuinbouw

Kassen en glastuinbouwconcentratiegebieden staan weergegeven in Figuur 6. Hierin staat ook de bestaande OCAP CO₂-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 Tuyl 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 nieuwe⁴ 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 CO₂-transportinfrastructuur.

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



Aanbod van (duurzame) CO₂ uit rookgassen

Rookgassen zijn momenteel de belangrijkste bron van CO₂ voor tuinders. De verduurzaming van het verwarmingssysteem hangt daarmee direct samen met de verduurzaming van de CO₂-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 CO₂-voorziening.

Tussen het vraagprofiel van warmte en die van CO₂ is echter een aanzienlijke mismatch aanwezig⁵, met warmtebehoefte in de winter en CO₂-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 CO₂ 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 CO₂ duurder. Door toepassing van biobrandstoffen (groengas, biogas of vaste biomassa) als feedstock voor de wkk of ketel komt biogene CO₂ 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 CO₂ bij tuinders.

Dat komt voornamelijk doordat biobrandstoffen die uitsluitend voor de piekwarmtevraag worden gebruikt maar zeer beperkt een rol spelen in de CO₂-voorziening in de zomer.

De in de vorige paragraaf beschreven terugloop in het aanbod van fossiele CO₂ 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 CO₂ stijgen.

2.2 Transitie van de sector naar duurzame CO₂

Circa driekwart van de CO₂ 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 CO₂ te voorzien in 2030 (Ministerie van LNV, 2022). We beschrijven de relevante ontwikkelingen op het gebied van aanbod en vraag van duurzame CO₂ 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](#).

Aanbod van geleverde (duurzame) CO₂

Externe levering van CO₂ is volgens huidig inzicht het belangrijkste⁶ 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 CO₂. Shell en Alco zijn de voornaamste CO₂-bronnen van de OCAP-hoofdleiding. Hierin levert Shell fossiele CO₂ en Alco biogene CO₂. Deze gemengde CO₂ zou wellicht via het bioswap-principe kunnen worden verrekend (zie Bijlage B voor uitleg van bioswap) waardoor de ETS-kosten van de fossiele fractie CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂ aan de tuinbouw te leveren (Kalsbeek & Paap, 2025). Mits CO₂ uit biogasopwaardering fossiele CO₂ vervangt, verbetert levering aan glastuinbouw de duurzaamheidswaardering⁷ 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 CO₂-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 CO₂-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 CO₂ verwachten we in de toekomst ontwikkeling van nieuwe CO₂-infrastructuur in met name deze overige clusters en mogelijk ook bij de solitaire tuinders.

⁶ Alternatieve methodes om CO₂ 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 CO₂-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 CO₂-behoefte uit rookgassen.

Voor niet-OCAP clusters met genoeg CO₂-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 CO₂-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 CO₂-leidingen DRC en DSC zijn waarschijnlijk vanaf 2033 operationeel, dus uitkoppeling van deze CO₂-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) CO₂ vanuit de glastuinbouw

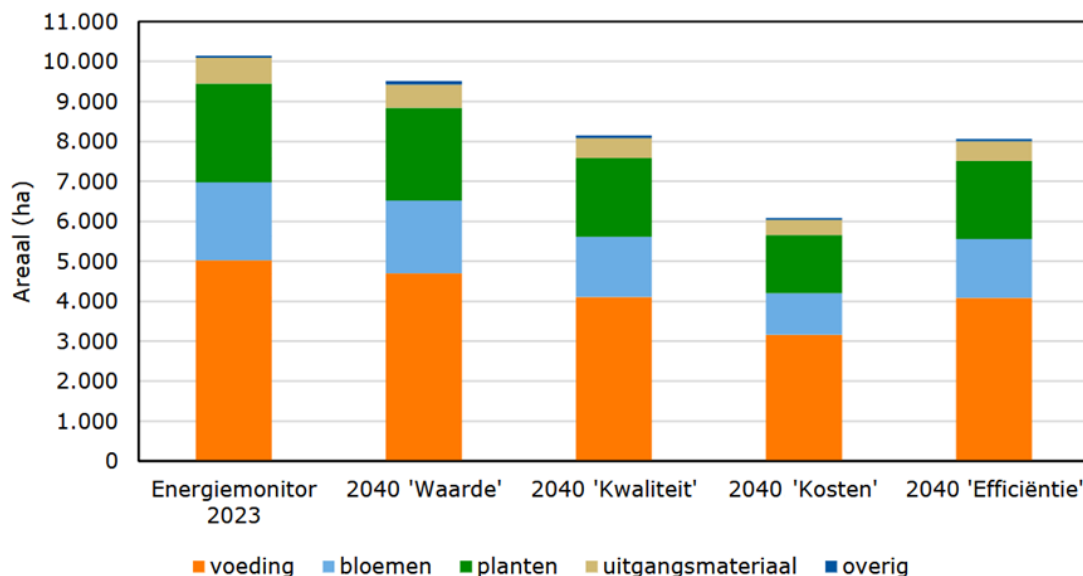
We onderscheiden, los van ontwikkelingen aan de aanbodkant, vijf ontwikkelingen die de vraag naar (duurzame) CO₂ in de sector beïnvloeden. Deze zijn voor een belangrijk deel gebaseerd op studies van Wageningen Social & Economic Research (WSER), '*Actueel inzicht CO₂-behoefte Nederlandse glastuinbouw 2030*' (Smit & Grootsholten, 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 CO₂.

1. Areaalontwikkeling

De vraag naar CO₂ 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 CO₂-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 glastuinbouwproducten) 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.

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 CO₂ verschuift en toepassing van collectieve CO₂-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 CO₂-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 CO₂-voorziening, Glastuinbouw Nederland voorziet hierbij de inzet/randvoorwaarden zoals weergegeven in het Tekstkader 1.

Tekstkader 1 –Inzet/randvoorwaarden CO₂-voorziening

Inzet/randvoorwaarden CO₂-voorziening

- De realisatie van een dekkend systeem van CO₂-voorziening uit biogene bronnen in de concentratiegebieden uiterlijk in 2030. Ondersteuning en realisatie van afvang bij bronnen en doorontwikkeling van CO₂-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 CO₂, maar in de toekomst ook voor biogene CO₂.
- Om de CO₂-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 CO₂ naar gasvorming.
- Onderzoek voortzetten naar het efficiënt doseren van CO₂. Uit eerder onderzoek blijkt dat er potentie is voor een besparing van 50% zonder al te grote gevolgen voor de productie.
- Onderzoek naar CO₂ 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-CO₂ 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 CO₂-reductiedoelen voor 2030 te halen (CE Delft, 2024a). Het prijsbeleid speelt een grote rol in het rendabel maken van de duurzame warmte-alternatieven. Dit stuwt de vraag naar alternatieve, duurzame bronnen van CO₂ 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 & Grootsholten, 2024). De sectorbrede potentie voor CO₂-besparing⁹ door operationele en technische aanpassingen wordt door WSER geraamd tot wel 35%. De potentie verschilt per gewas. Veel van de gedoseerde CO₂ gaat verloren en komt in de atmosfeer.

⁹ We definiëren 'besparing' als dat *dezelfde* output wordt behaald met minder input, in dit geval van CO₂. In deze context kan dus met 35% minder CO₂-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.

Door operationele veranderingen en/of toepassing van specifieke technieken kan de gedoseerde CO₂ effectiever ingezet worden door de tuinder. Met minder CO₂ kan dus evenveel geproduceerd worden.

4. Doseringsoptimalisatie op bedrijfsresultaat

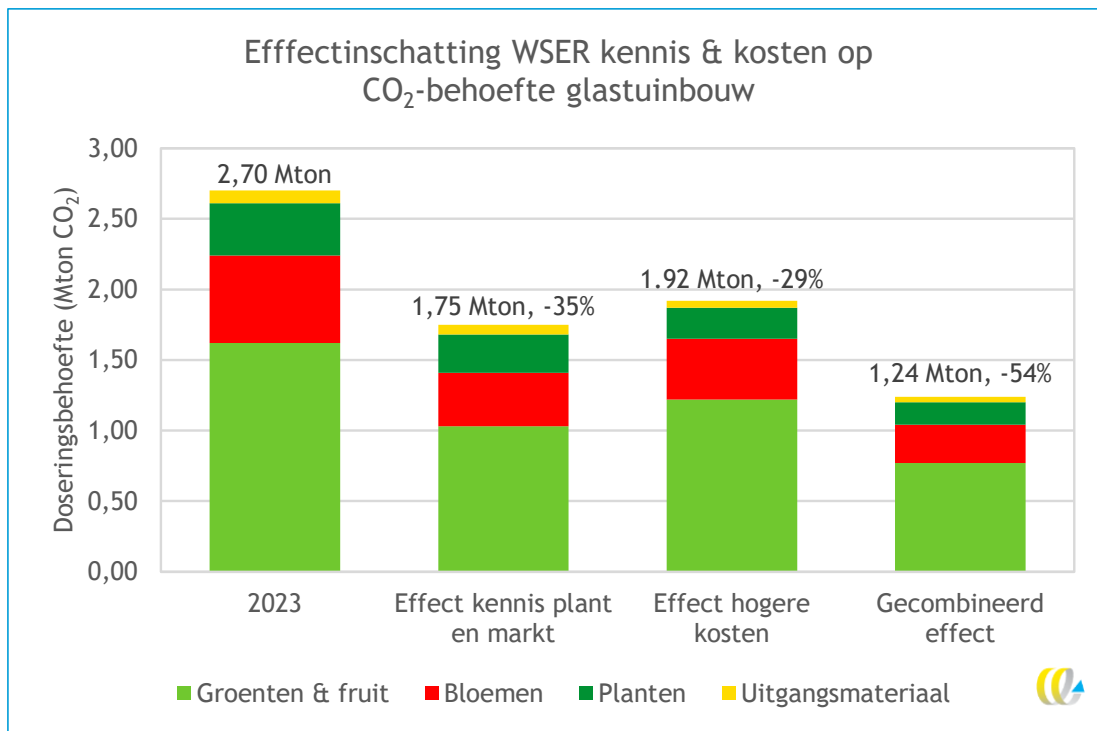
De economische waarde van gewassen is seizoensgebonden en fluctueert dus door het jaar heen. Zo is de het aanbod van tomaten in de zomer hoog, waardoor de marktwaarde lager is. Glastuinders worden steeds beter in het optimaliseren van hun bedrijfsproces en doseringsstrategie, waarbij de kosten van de CO₂ worden afgewogen tegen de verwachte opbrengsten (Smit & Grootsholten, 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 CO₂ kan zo vrijwel hetzelfde bedrijfsresultaat behaald worden.

5. Prijselasticiteit van de vraag naar CO₂

De hiervoor beschreven doseringsoptimalisatie werkt door in situaties waarin de prijs van CO₂ (en andere productiekosten) dusdanig stijgen dat extra productie voor de tuinder economisch minder interessant wordt. In dit geval daalt de CO₂-behoefte, maar gebeurt dit ten koste van productie en het bedrijfsresultaat. Door verwachte toename van vraag naar extern geleverde CO₂ en schaarste aan aanbod verwacht WSER de CO₂-behoefte zal dalen (Smit & Grootsholten, 2024). WSER heeft een inschatting gedaan van wat de besparings- en extensiveringseffecten¹⁰ kunnen betekenen voor de ontwikkeling van de CO₂-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%).

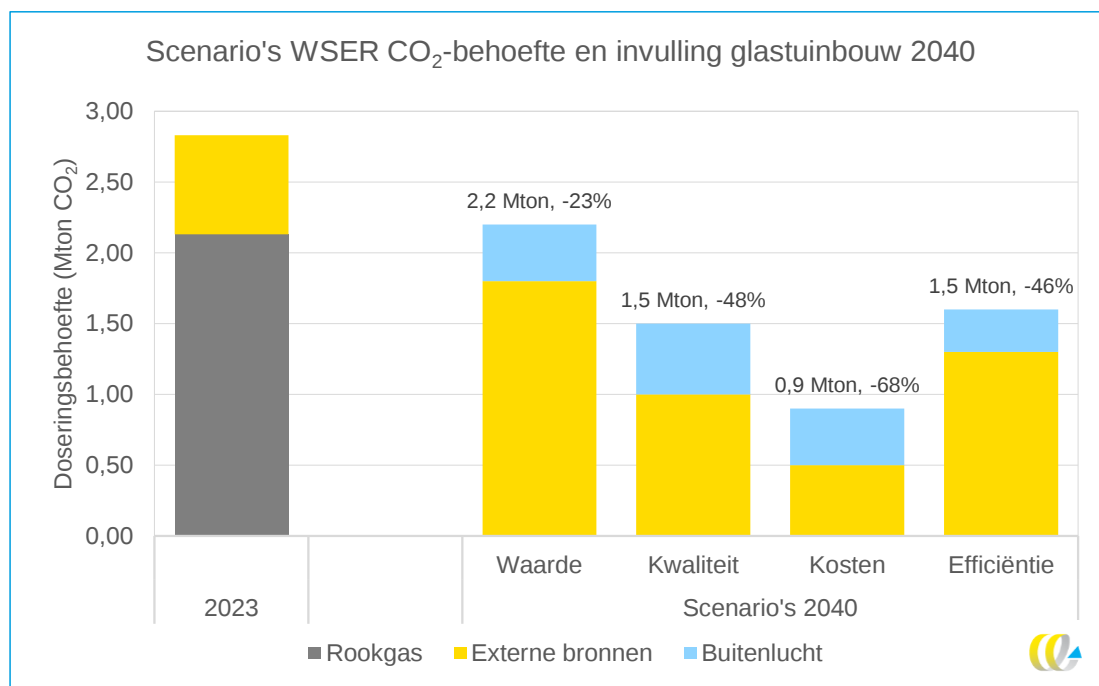
¹⁰ Zie vorig voetnoot.

Figuur 8 - Raming van de ontwikkeling van CO₂-behoefte in de glastuinbouw, rekening houdend met 'effecten kennis plant en markt' en 'effect hogere CO₂-kosten' (Smit & Grootcholten, 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 CO₂-behoefte. In elk scenario daalt de totale CO₂-behoefte. Echter stijgt in elk scenario de vraag naar CO₂ uit externe bronnen, doordat rookgassen wegvallen. WSER ziet in elk scenario een rol voor CO₂ uit buitenlucht (DAC).

Figuur 9 – De CO₂-behoefte en bron ervan voor glastuinbouw in 2040 in scenario's WSER



Bron: (Smit & Beekman, 2025).

2.3 Conclusies vraag CO₂ glastuinbouw

De uitdagingen op het gebied van duurzame CO₂-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 CO₂.

Op de korte termijn, tot 2030, ervaart de glastuinbouwsector een verhoging in productie-kosten door toenemende CO₂-prijzen van zowel CO₂ 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 CO₂-vraag bij bloemen hoger is dan bij vruchtgroenten. Tuinders die CO₂ geleverd krijgen van leveranciers waar CO₂-bronnen wegvallen, hebben door krapte aan de aanbodzijde weinig alternatieven. Door verduurzaming van de verwarmingsinstallatie is er echter steeds meer extern geleverde CO₂ nodig, juist bij tuinders die nog geen of weinig CO₂ geleverd kregen. De sector verwacht hierdoor dat tuinders hun doseringsstrategie verder optimaliseren, gasketels en wkk's vaker aanstaan om CO₂ te produceren en dat zomerproductie zal dalen. Geïnterviewde tuinders geven aan dat met structureel hogere CO₂-prijzen dan in het verleden veel businesscases nog wel rond te rekenen zijn, maar geven aan dat de beperkte fysieke beschikbaarheid van CO₂ een grote bedreiging vormt voor bedrijfsvoering.

Naast rendabiliteit noemden tuinders als mogelijke gevolgen onder andere hogere productprijzen, overstappen op een minder CO₂-intensief teeltgewas, productieverhuiving naar het buitenland door verhuizing van het eigen bedrijf en in het meest extreme geval bedrijfsbeëindiging.

3 Overige vraag naar duurzame CO₂

Duurzame CO₂ 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 CO₂-emissies verder af te laten nemen, en uiteindelijk klimaatneutraal te worden. Hierdoor zal ook de vraag naar duurzame CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂ uit de atmosfeer wordt verwijderd en langdurig wordt vastgelegd.

Vanuit deze toepassingen kan concurrerende vraag naar duurzame CO₂ 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 CO₂ voor voedingsmiddelen

De voedingsmiddelenindustrie gebruikt voor enkele productieprocessen CO₂ als grondstof. De zuiverheidseisen aan CO₂ in deze sector zijn zeer hoog. In 2020 werd het huidige 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 CO₂ 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 CO₂ direct oplegt. Indirect beleid, zoals CSRD en B2B-ketenafspraken kunnen wel voor een verschuiving van vraag van fossiele naar duurzame CO₂ zorgen.

3.2 CO₂ als grondstof voor chemie

De chemische industrie in Nederland heeft zich als doel gesteld om in 2050 klimaat-neutraal 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, biograndstoffen en hergebruik van CO₂ (CCU).

De vraag naar duurzame CO₂ 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 CO₂) de vraag naar nafta van 0-25% kunnen vervangen in 2050, afhankelijk van de manier waarop klimaat-neutraliteit 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 CO₂). De uiteindelijke hoeveelheid productie van chemicaliën op basis van CO₂ 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 worden gebruikt als grondstof voor de chemie, onder andere biogene CO₂. De VNCI verwacht voor 2050 niet dat er veel chemie op basis van duurzame CO₂ gaat worden gerealiseerd in Europa/Nederland. Het kost veel energie om CO₂ 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 CO₂ is nog geen beleid of doelstelling. Dit zou wel nodig zijn om een prikkel te geven voor de ontwikkeling hiervan.

3.3 CO₂ 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 biograndstoffen, maar de beschikbaarheid van duurzame biomassastromen is beperkt (PBL, 2024c). Daarom wordt ook gewerkt aan de ontwikkeling van zogenaamde synfuels, ofwel e-fuels.

Dat zijn brandstoffen die worden geproduceerd met elektriciteit en een koolstofbron: met de elektriciteit wordt groene waterstof geproduceerd, die vervolgens wordt gecombineerd met CO₂.¹¹ Dit kan fossiele CO₂ zijn maar ook in deze toepassing zal de ontwikkeling richting gebruik van duurzame CO₂ gaan. De scenario's in PBL (2024c) schetsen dat deze productieroutes voornamelijk gebruik zullen maken van de relatief zuivere CO₂ 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 CO₂ relatief laag, omdat dit een relatief zuivere CO₂-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 opgenomen¹² (RED III heeft nog geen doelen voor de jaren daarna). Dit doel kan echter ook worden ingevuld met niet-koolwaterstoffen zoals NH₃ en H₂. In Nederland wordt deze lidstaatdoelstelling doorvertaald naar afzonderlijke CO₂-reductie-targets 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 aviation 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 (NH₃) en waterstof (H₂). 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.

Als redenen hiervoor worden netcongestie en een lage beschikbaarheid van biogene CO₂ (vanwege CO₂-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 Advorio. Echter, deze faciliteit zal gebruikmaken van geïmporteerde e-methanol (Port of Rotterdam, 2024), waardoor geen duurzame CO₂ 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 Act¹³ 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 CO₂-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.

- **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 verwachte 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 CO₂ te verwijderen uit de atmosfeer (CE Delft, 2023; WKR, 2024).

Een deel van deze technieken maakt gebruik van ondergrondse geologische opslag van CO₂ 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 CO₂ die vrijkomt bij bio-chemische processen zoals biobrandstofproductie. Met name BECCS en bioCCS worden gezien als kansrijke technologieën om significante hoeveelheden CO₂ 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 CO₂. Dit leidt tot vermindering van de CO₂-uitstoot, maar nog niet tot koolstofverwijdering, die CO₂ 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 CO₂-infrastructuur gebruik maken als fossiel CCS, wat een geleidelijke groei van koolstofverwijdering via deze route mogelijk maakt.

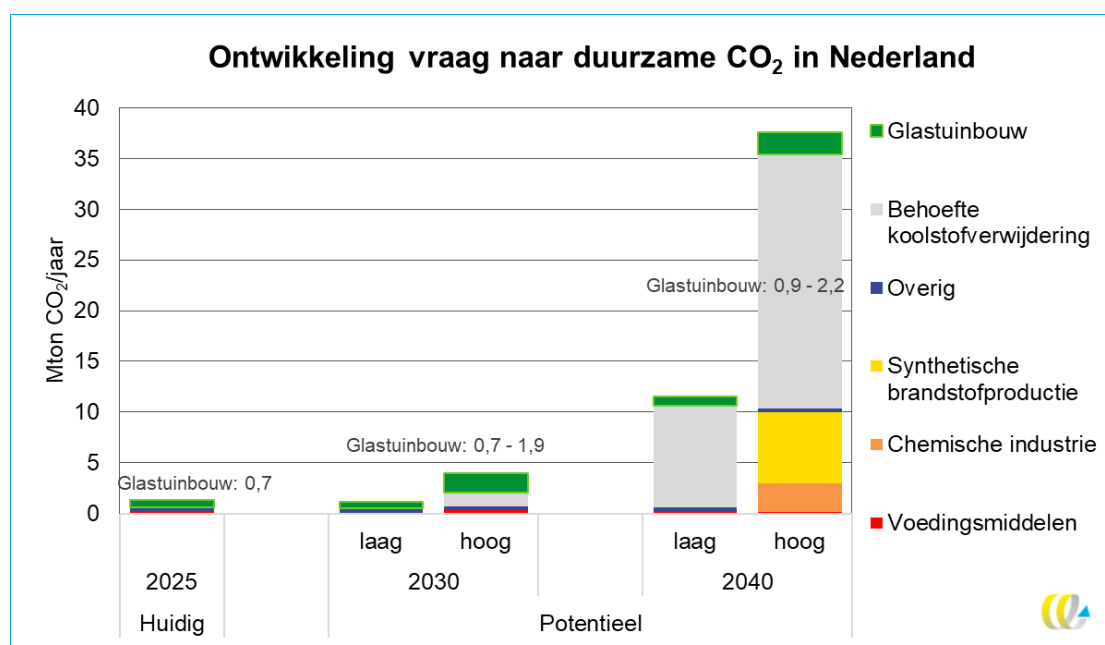
Het is te verwachten dat BECCS, bioCCS en DACCS gebruik kunnen (en willen) maken van dezelfde duurzame CO₂ die ook voor gebruik in de glastuinbouw in aanmerking komt. De toekomstige ontwikkeling van de vraag naar duurzame CO₂ voor koolstofverwijdering kan dan ook mede bepalend zijn voor de beschikbaarheid van deze CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂ die wordt afgevangen uit de (biobased) industrie, biomassavergassing en AVI's.

3.5 Conclusies vraagontwikkeling duurzame CO₂

Naast de glastuinbouw verwachten we in de toekomst ook aanzienlijke vraag naar duurzame CO₂ 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 CO₂



Tot 2030 voorzien we een maximale CO₂-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.

Na 2030, richting 2040 en later voorzien we wel een grote toename van de vraag naar duurzame CO₂, 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.

4 Aanbod van duurzame CO₂

4.1 Inleiding

De duurzame CO₂ voor de glastuinbouw kan uit verschillende bronnen of productieroutes voortkomen. Daarbij onderscheiden we twee overkoepelende categorieën:

1. **Biogene CO₂**: Deze CO₂ komt uit biogene bronnen, en komt bijvoorbeeld vrij bij *verbranding* van biobrandstoffen zoals biogas, groengas en vaste biomassa (bijvoorbeeld houtpellets). Verder komt biogene CO₂ vrij bij industriële *bio-chemische processen* zoals vergisting van biomassa. Bij de 'opwaardering' van biogas tot groengas wordt ook biogene CO₂ afgescheiden. Als de CO₂-concentratie hoog genoeg is in de rookgassen of procesemissies kan deze worden afgevangen. Biogene CO₂ is duurzaam omdat de CO₂ uit de atmosfeer is gehaald tijdens de groei van de planten/bomen/gewassen; het is kortcyclische CO₂.
2. **Direct air capture (DAC)**: Deze CO₂ wordt direct uit de atmosfeer gehaald. De technieken hiervoor zijn nog in ontwikkeling, er is een aantal bedrijven dat hieraan werkt. Deze CO₂ is ook kortcyclisch, maar de CO₂-verwijdering uit de atmosfeer gebruikt veel energie. De duurzaamheid van deze CO₂ hangt daarom af van het aandeel duurzame energie dat hiervoor wordt gebruikt.

In dit hoofdstuk beschrijven we de verschillende routes waarbij duurzame CO₂ 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 CO₂ uit verbranding (Paragraaf 4.2):
 - gebruik van biogas of groengas in wkk's in de glastuinbouw (Paragraaf 4.2.1);
 - CO₂-afvang bij afvalverbrandingscentrales (waarbij alleen de CO₂ van biogeen afval biogene CO₂ is (Paragraaf 4.2.2);
 - CO₂-afvang bij in bio-energiecentrales voor de productie van hogetemperatuur-warmte in de industrie of elektriciteit (Paragraaf 4.2.3).
- Biogene CO₂ uit biochemische processen (Paragraaf 4.3):
 - CO₂-afvang in de biogas- en groengasketen (Paragraaf 4.3.1);
 - CO₂-afvang bij productie van biobrandstoffen en biochemicalïen (Paragraaf 4.3.2).
- Direct air capture (DAC) (Paragraaf 4.4).

4.2 Biogene CO₂ uit verbranding

4.2.1 Biobrandstoffen in de glastuinbouw

In de route van benutting van biogene CO₂ uit wkk's en ketels bij glastuinbouwbedrijven wordt biogene CO₂ 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, CO₂ en in het geval van wkk, elektriciteit. *Biogas* is het directe product van vergisting van biomassa (vaak natte biomassa-reststromen) en bestaat voor 50 tot 65% uit methaan (CH₄) en voor de rest vooral uit koolstofdioxide (CO₂). 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 CO₂ 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 vergistingsinstallatie (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 biomassa-reststromen 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 CO₂ 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 vergoed. De CO₂ die wordt afgevangen uit de rookgassen kan dan ook als biogeen worden beschouwd.

Biobrandstoffen (en waterstof) worden in diverse toekomstbeelden in de glastuinbouwsector 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 CO₂-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 CO₂ (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 CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂¹⁵, 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 CO₂

Hoe groter het aandeel biogeen afval, hoe 'duurzamer' het bij AVI's afgevangen CO₂. 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 CO₂ 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 CO₂ (CCU) boven het opslaan ('storten') van CO₂ (CCS).

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

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

Beleid op afvang bij AVI's

De fossiele emissies van AVI's vallen onder de nationale CO₂-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 CO₂-heffing volgt in haar uitgangspunten die van het EU ETS. Een heffing op de fossiele CO₂-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 CO₂ 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 CO₂-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 beleidswijziging 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 eventuele 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 afvalverwerkers. 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 CO₂ is het te verwachten dat deze CO₂ 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 CO₂ op termijn een waarde krijgt.

Ontwikkeling CO₂-afvangcapaciteit

AVI's zijn al jaren bezig met ontwikkelen van afvangprojecten. Begin 2025 is de CO₂-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 CO₂ 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

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 CO₂-afvangcapaciteit

Investeringsonzekerheid. Hoewel de maatschappelijke waarde van CO₂-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 CO₂-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.

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-toets¹⁶) 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 milieuvergunningverlening 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 CO₂ af te vangen is de afvang van biogene CO₂ 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 biograndstoffen voor laagwaardige energie-toepassingen (zoals elektriciteitsproductie en lagetemperatuurwarmte) afgebouwd.

De reden voor deze beleidskeuze is de beperkte beschikbaarheid van duurzame biograndstoffen. Om deze zo effectief mogelijk te gebruiken heeft het kabinet in 2020 een Duurzaamheidskader biograndstoffen opgesteld (Ministerie van I&W, 2020), dat in 2022 verder is uitgewerkt in een Kamerbrief over de beleidsinzet voor biograndstoffen (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 inzet van duurzame koolstofdragers enkel als sluitstuk mag fungeren bij glastuinbouw, binnenlandse mobiliteit en gebouwde omgeving (Rijksoverheid, 2023).

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

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 CO₂-concentratie in de verbrandingsgassen van zulke centrales is relatief laag en bovendien is het aantal vollasturen klein. Dit maakt CO₂-afvang bij deze centrales relatief duur. PBL voorziet daarom geen rol voor CO₂-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 CO₂-afvang op kleinschalige installaties zijn relatief hoog vanwege de lage CO₂-concentratie in de rookgassen. CO₂-afvang bij groengasgestookte piekinstallaties in warmtenetten brengt ook relatief hoge kosten met zich mee vanwege het zeer beperkte aantal draaiuren, waardoor de CO₂-volumes klein zijn.

Samenvattend kan worden verwacht dat in Nederland weinig biogene CO₂ beschikbaar zal komen uit bio-energiecentralies richting 2040 en 2050.

4.3 Biogene CO₂ uit biochemische processen

4.3.1 Biogas- en groengasketen

De glastuinbouw kan ook biogene CO₂ geleverd krijgen dat afkomstig is uit de biogas- en groengasketen. Dit kan gaan om afvangen CO₂ afkomstig van de rookgassen van biogas-wkk's bij bijvoorbeeld de voedings- en genotmiddelenindustrie of rioolwaterzuiveringsinstallaties, maar ook om CO₂ die wordt afgescheiden van biogas in een installatie voor opwaardering van biogas naar groengas. In het laatste geval wordt de CO₂ dus al afvangen als onderdeel van het groengasproductieproces.

Omdat het ministerie van KGG met de bijmengverplichting groengas, die naar verwachting op vanaf 2027 wordt ingevoerd¹⁷, inzet op groei van de groengasproductie in Nederland richting 2030 is de afvang van CO₂ bij opwaardering van biogas tot groengas een omvangrijke potentiële bron van biogene CO₂.

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 CO₂ uit biogas (CE Delft, 2018):

- membraanscheiding;
- adsorptie (actieve koolstof, zeolieten, 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.

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

Om de uit het biogas afgescheiden CO₂ te kunnen benutten voor de groei van gewassen in de glastuinbouw is CO₂ van een bepaalde kwaliteit (zuiverheid) nodig. Verschillende gewassen hebben verschillende kwaliteitseisen voor de zuiverheid van CO₂. De kwaliteit van de van biogas afgescheiden CO₂ verschilt per verwijderingstechniek. Een overzicht van technieken staat in Tabel 2. Bestaande opwaarderingsinstallaties maken vooral gebruik van membraanscheiding, waarmee een zeer zuivere CO₂-stroom wordt verkregen.

Tabel 2 - Overzicht technieken voor scheiding van CO₂ uit biogas

Techniek	Voordelen	Nadelen
Membraanscheiding	• Hoge zuiverheid CO₂ (98-99%; voedselkwaliteit). • Lage investeringskosten.	• Verwijdering van H₂S en NH₃ 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 H₂S en NH₃ aan.	• Methaanslip (<1,5 vol.-%). • Relatief hoge investeringskosten. • Het is moeilijker om CO₂ van voedselkwaliteit te produceren.
Adsorptie – chemisch (alkanolamine)	• Hoge zuiverheid CO₂ (99,5%; voedselkwaliteit). • Kleine hoeveelheden methaanslip (0,1 vol.-%). • Geschikt voor grotere volumes biogas (50-6.000 Nm³/uur).	• Vervanging van de amine is duur. • Productie van afval. • Hoog warmtegebruik. • Gebruik van chemicaliën.
Cryogene distillatie	• Hoge zuiverheid CO₂ (>99%; voedselkwaliteit). • Hoge zuiverheid groengas (>98 vol.-%). • Geschikt voor grotere volumes biogas (120-2.500 Nm³/uur). • Kan hogere concentraties H₂S aan.	• Hoog elektriciteitsgebruik.
Absorptie	• Geschikt voor grotere volumes biogas (80-2.500 Nm³/uur). • Kan hogere concentraties H₂S aan.	• CO₂ kan niet worden afgevangen. Hiermee is het een ongeschikte techniek vanuit het perspectief van CO₂-benutting.

Bron: (CE Delft, 2018).

Om de biogene CO₂ geleverd te krijgen is ofwel een pijpleiding nodig of CO₂-transport per tankwagen met opslag. Het transport van CO₂ 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 CO₂-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 vervloeingsinstallatie en de transport van vloeibare CO₂ voor inzet in de glastuinbouw. Hieraan zijn enkele eisen verbonden: Het CO₂-transport moet worden gemonitord en er moet een jaarlijkse verificatie plaatsvinden. Bij een productie van 20 kton CO₂/jaar kan een groengasproducent de CO₂ 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 CO₂-voetafdruk en/of hogere CO₂-prijzen nodig. Hiernaast moet de tuinder zelf nog investeren in een CO₂-opslagtank en een verdamper. De huur van een CO₂-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 CO₂/jaar produceert kan grofweg 35 ha¹⁸ kas voorzien.

Benutting van biogene CO₂ uit biogasopwaardering wordt momenteel nog beperkt toegepast. Er zijn initiatieven voor benutting van biogene CO₂ 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 CO₂-reductie. Benutting van afgescheiden biogene CO₂ zal naar verwachting tot een hogere CO₂-reductie per m³ groengas leiden, als de CO₂-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 CO₂ voor de glastuinbouw. Echter, uit het interview met New Energy Coalition en navraag bij RVO komt naar voren dat inzet van biogene CO₂ 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/m²/jaar.

¹⁹ Interview met New Energy Coalition, maart 2025.

²⁰ Het is nog niet duidelijk welke CO₂-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).

Namelijk als de situatie kan ontstaan dat de CO₂-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 CO₂-regeling voor de glastuinbouw) dit risico zullen uitsluiten.

Het aanbodpotentieel van biogene CO₂ uit groengasproductie in Nederland kan worden ingeschat door gebruik te maken van een projectie van de ontwikkeling van deze groengasproductie. De Nederlandse overheid zet in op een sterke groei van de groengasproductie 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) CO₂-ketenemissiereductie, ofwel circa 0,8 bcm groengasproductie in 2030.²¹ CE Delft heeft in 2024 een verkenning uitgevoerd van de mogelijke ontwikkeling van groengasproductie 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 CO₂ uit biogas kan het aanbodpotentieel van biogene CO₂ 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 CO₂ in 2040 van 2,0 tot 3,6 Mton. Dit is uiteengezet in Tabel 3.

²¹ De oorspronkelijke doelstelling van 3,8 Mton CO₂-reductie zal met 25% worden verlaagd volgens het kabinetsplan voor het energiesysteem van 25 april 2025. De genoemde 2,9 Mton CO₂-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 biomassa-reststromen uit Nederland ongeveer 5 bcm is (CE Delft, 2020), maar dat een derde hiervan bestaat uit landbouwgras, dat hoogwaardigere toepassingen kent en lastig te vergisten is. Verder zullen een afnemende veestapel en de transitie naar een circulaire economie tot een lagere beschikbaarheid van biograndstoffen voor vergisting leiden. Het maximum groengaspotentieel in 2050 schatten we hiermee op 3 bcm, en die voor 2040 op 2,5 bcm.

Tabel 3 - Inschatting van aanbodpotentieel biogene CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂	
Aanbodpotentieel biogene CO₂ 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 CO₂	

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 CO₂-afvangvolume bedraagt dan 1,1 tot 1,7 Mton CO₂ in 2030 en 1,6 tot 2,8 Mton CO₂ 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 opschaa snelheid tussen 2030 en 2040.

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 CO₂ vrijkomen, met name bij de productie van bioethanol en bij biomassavergassing. Deze biogene CO₂ kan worden afgevangen en nuttig worden toegepast. De potentiële hoeveelheid biogene CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂ 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 klimaat-neutraal 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, biograndstoffen en hergebruik van CO₂ (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 CO₂ worden. Bij sommige chemische processen waarin biograndstoffen worden gebruikt, komt biogene CO₂ als procesemissie vrij, bijvoorbeeld bij fermentatieprocessen. Wanneer biogas als energiebron wordt gebruikt, komt ook biogene CO₂ vrij. Daarnaast kan ook de staalindustrie een bron van biogene CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂ afgevangen bij de chemische industrie in Nederland (behalve bij de productie van biobrandstoffen, zoals bioethanol bij Alco).

De procesgerelateerde²⁴ CO₂-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 €/tCO₂, afhankelijk van de specifieke processen, schaalgrootte en locatie.

4.4 Direct air capture (DAC)

Direct air capture (DAC) staat voor de directe afvang van CO₂ uit de atmosfeer. Ook deze CO₂ kan vervolgens nuttig worden toegepast (DACCU) of ondergronds worden opgeslagen (DACCS). CO₂ wordt daarbij rechtstreeks uit de atmosfeer gehaald. Dat gebeurt door met grote ventilatoren lucht langs een chemische stof te blazen die CO₂ aan zich bindt; de chemische stof kan daarna worden behandeld (bijvoorbeeld verhit) zodat de CO₂ loslaat (WKR, 2024). Dit proces levert zuivere CO₂.

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 CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂ in 2030 en 450 €/ton CO₂ in 2040. De vaste en variabele kosten worden geschat op 38 €/ton CO₂ in 2030 en 22 €/ton CO₂ 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 CO₂ 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](#)

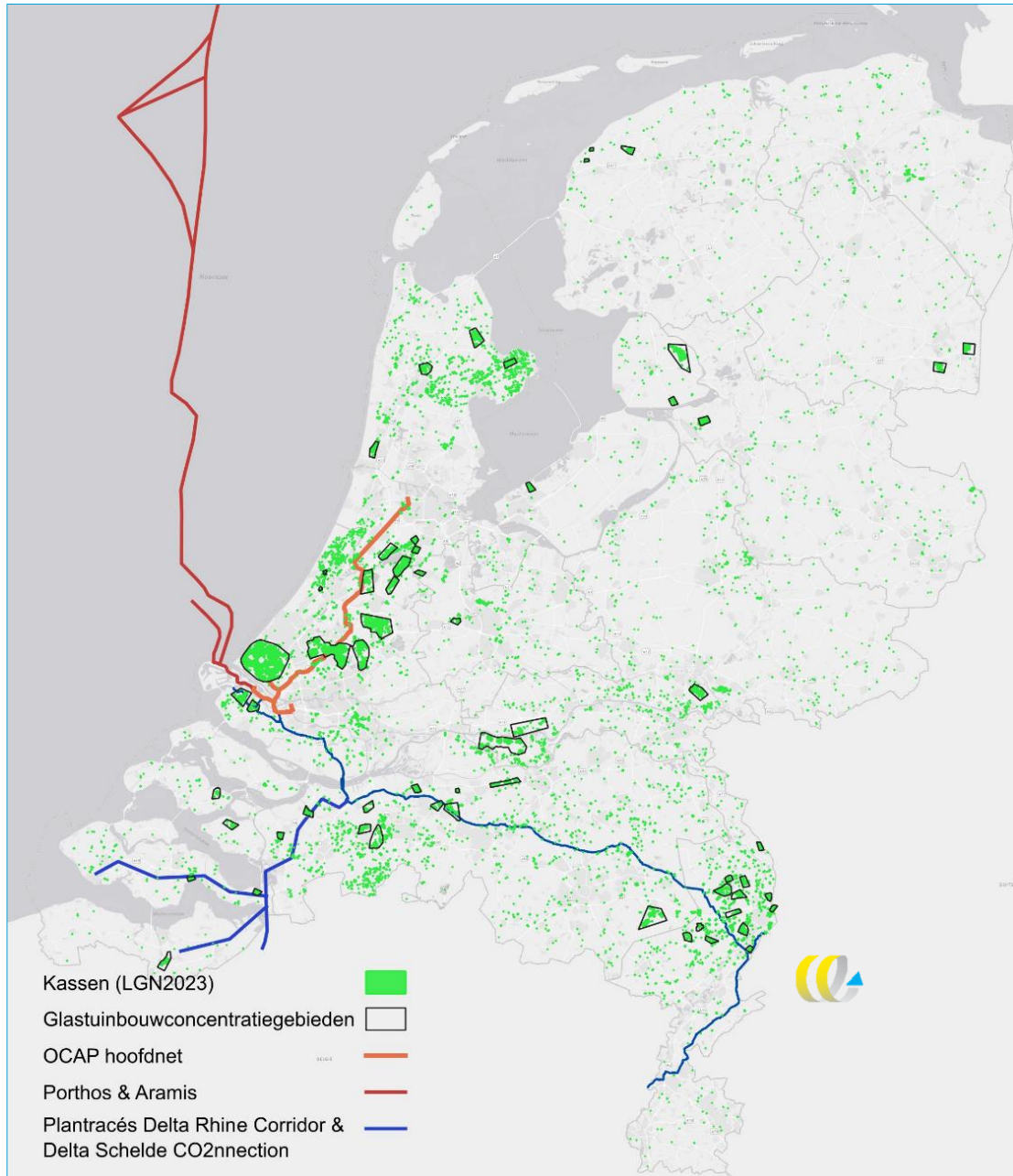
4.5 Transport van CO₂

Voor het transporten van CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂nnection (DSC), offshore zijn dit Porthos en Aramis (zie Figuur 11). Het OCAP-net zal naast levering aan glastuinders ook gebruikt kunnen gaan worden voor CO₂-transport vanuit Amsterdam naar velden in de Noordzee. De DRC en DSC vormen een koppeling met Duitsland en België, waar vanuit tevens CO₂ naar de Noordzee zal worden getransporteerd. De leidingen zullen van meerdere bronnen fossiele en biogene CO₂ transporteren, waardoor een geïntegreerde CO₂-infrastructuur ontstaat. De herkomst en bestemming van de CO₂ zullen bij gebruik van één infrastructuur administratief verrekend moeten worden.

De Delta Rhine Corridor (DRC) (realisatie: 2031-2033) zal CO₂ 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 CO₂nnection (DSC) heeft een vergelijkbare realisatieplanning. De DRC en DSC bieden kansen van voor glastuinders in nabijgelegen regio's indien een aftappunt gerealiseerd kan worden.

Figuur 11 – Glastuinbouw en voorziene CO₂-pijpleidingen in Nederland (OCAP-hoofdnet, Porthos & Aramis, en plantracés Delta Rhine Corridor & Delta Schelde CO₂nnection)



Veel glastuinders en potentiële CO₂-bronnen liggen niet direct aan een transportleiding-tracé en zullen deels afhankelijk zijn van tankwagens. CO₂-leveranciers geven aan een grote toename te verwachten in het aantal transportbewegingen, bijvoorbeeld als het gaat om het uitkoppelen van CO₂ afgevangen van AVI's. De vier CO₂-leveranciers die nu de markt voorzien (Air Liquide, Air Products, Nippon Gases & Linde (OCAP)) zijn vaak eigenaar van de CO₂-opslagtanks op het terrein van tuinders.

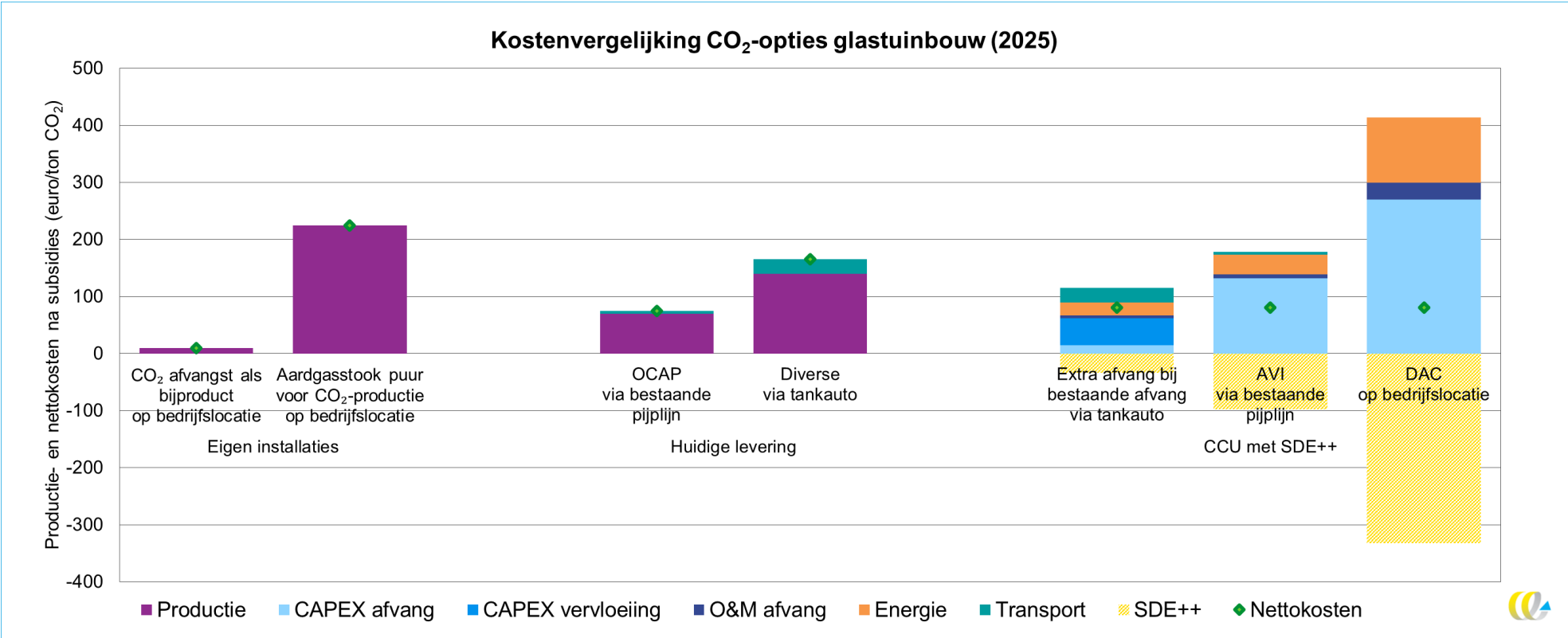
Huidige contracten staan het vaak niet toe om CO₂ van derden in de opslagtank in te voeden, waardoor aparte netwerken ontstaan en nieuwe decentrale bronnen zoals vergisters moeite hebben met leveranciers. Verdere ontwikkeling van een geïntegreerde, gestandaardiseerde CO₂-markt zou de status quo kunnen doen veranderen waardoor meer transportinfrastructuur beschikbaar komt.

Ten slotte kan CO₂ 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 CO₂ 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 'CO₂-hubs' in Nederlandse zeehavens op termijn wel helpen om de beschikbaarheid van CO₂ in algemene zin te vergroten.

4.6 Kostenvergelijking CO₂

In Figuur 12 staat een indicatieve kostenvergelijking van CO₂-opties voor de glastuinbouw. De kostensituatie is voor 2025. Niet alle opties betreffen biogene CO₂. In het figuur vergelijken we drie routes voor CO₂-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)).

Figuur 12 - – Kostenvergelijking van diverse CO₂-opties voor glastuinbouw in 2025



Rookgassen eigen installaties

CO₂ uit rookgassen van *eigen installaties* zijn afgebeeld voor wkk's. Omdat de CO₂ 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 CO₂ bijvangst is van een wkk die nuttig in te zetten warmte en elektriciteit levert, zijn de CO₂-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 CO₂ toegerekend worden, liggen de CO₂-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, CO₂-heffing individueel sectorsysteem). Op jaarbasis produceert een tuinder het merendeel van de CO₂ op momenten dat warmte en elektriciteit volledig of deels nuttig gebruikt kunnen worden, waardoor de CO₂-kostprijs beperkt is. Ook na 2025 ligt de gemiddelde kostprijs van de meeste tuinbouwbedrijven voor fossiele CO₂ 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 CO₂-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 CO₂-uitstoot. CCU voor inzet in de glastuinbouw is sinds 2021 subsidiabel in de SDE (PBL, 2025). CO₂ afgevangen en gebruikt in glastuinbouw is een vorm van kortcyclische CO₂-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 CO₂ uit rookgassen door de afgevangen biogene CO₂.

SDE++-referentieprojectkosten bieden een inzicht in de opbouw van CO₂-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.

In vrijwel alle gevallen zijn investeringskosten de grootste kostenpost. Het correctiebedrag wordt berekend met de formule 'CO₂-gebruik inclusief vermeden O&M', die uitgaat van een referentie CO₂-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, CO₂-correctiefactor van vervanging CO₂, 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.

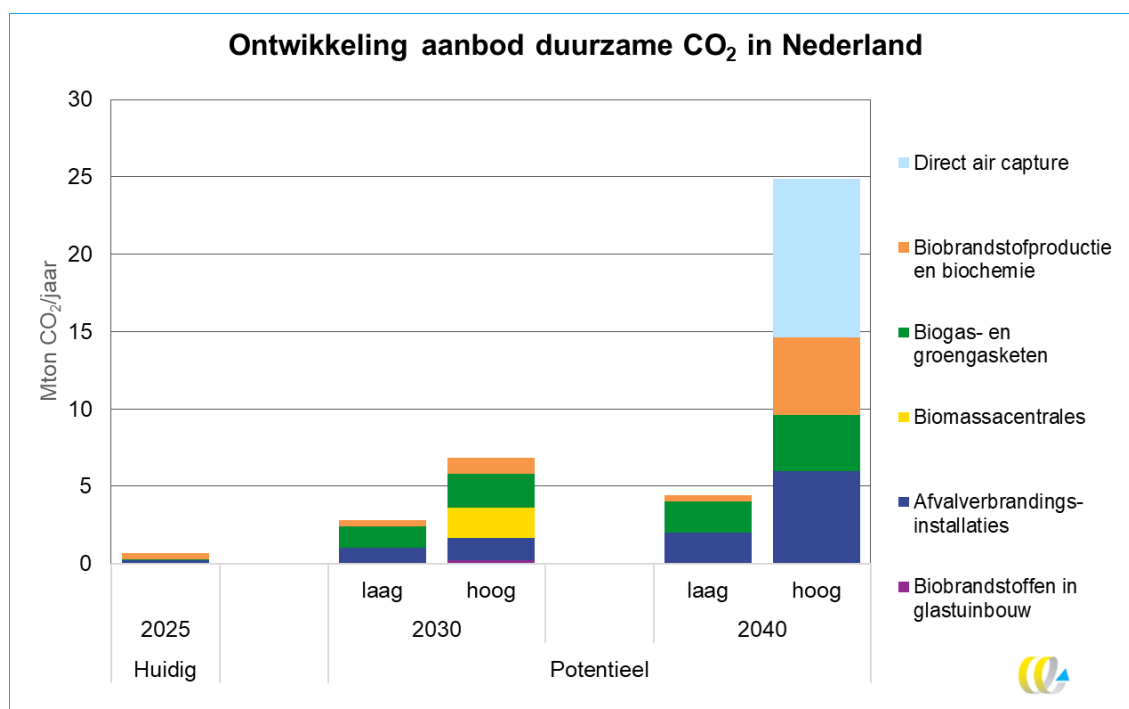
4.7 Conclusie aanbod duurzame CO₂

Raming aanbodontwikkeling

Het toekomstig aanbod van duurzame CO₂ 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 CO₂ produceren. Door de seizoensmismatch kan, zonder administratieve verrekening, deze potentiële CO₂ niet geheel ingezet worden voor de glastuinbouw.

Figuur 13 - Bandbreedte van ontwikkeling aanbod naar duurzame CO₂



Op dit moment is er naar schatting 0,7 Mton duurzame CO₂ beschikbaar, waarvan het grootste deel van Alco, een derde van AVI's en een klein deel uit de biogas- en groengasketen.

Richting 2030 zou er potentieel fors meer duurzame CO₂ 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.

Richting 2040 is het nog erg onzeker of er veel extra duurzaam CO₂-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 CO₂, waarin de behoefte voor koolstofverwijdering bepalend is.

Conclusies CO₂-bronnen, transport en kosten voor de glastuinbouw

Tot 2030 zijn de meest kansrijke bronnen voor CO₂ in de glastuinbouw AVI's en vergistingsinstallaties. Van de twee grote AVI's nabij OCAP zal naar verwachting alleen de AVR via OCAP CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂-markt ontstaat. De glastuinbouw is hierin één van de deelnemende vraagsectoren, en waarschijnlijk niet meer de grootste. Door met name ontwikkelingen voor CO₂-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 betaalbaarheid van partijen is het voorstelbaar dat een deel van de glastuinbouwbedrijven DAC gebruikt om aan CO₂ te komen.

5 Synthese: Kansen en bedreigingen voor duurzame CO₂ 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 CO₂ in Nederland, en de kansen en belemmeringen voor de glastuinbouw om in de behoefte aan duurzame CO₂ voor deze sector te voorzien. Hierin komt alles samen: de toekomstige beschikbaarheid en kosten voor duurzame CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂ voor de glastuinbouw hangt af van veel verschillende factoren



5.1 Bedreigingen op korte termijn

De huidige markt- en beleidsontwikkelingen zorgen voor hogere CO₂-kosten voor de tuinders en tegelijkertijd neemt de beschikbaarheid van CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂-productie uit rookgassen;
- De overstap van eigen productie naar externe levering van CO₂ leidt ook tot hogere kosten. Externe levering vergt extra transport (via pijpleidingen of over de weg), opslag, etc.

Beschikbaarheid externe CO₂ neemt af door:

- CCS ontwikkelingen. Shell en Alco zijn de voornaamste CO₂-bronnen van de OCAP-leiding. Als Porthos operationeel wordt gaat Shell zijn CO₂ echter opslaan via CCS, en neemt het CO₂-aanbod van OCAP sterk af (naar verwachting met 50 tot 60%). Yara Sluiskil is op dit moment een van de bronnen voor CO₂-leveranties over de weg, maar is van plan om zijn CO₂ naar Noorwegen te verschepen voor CCS²⁷.

NB. De CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂, maar daar is nog geen vervanging voor Shell gevonden. Voor de korte termijn wordt bijvoorbeeld gekeken naar CO₂-afvang bij vergistingsinstallaties en biomassa-energiecentrales. Hiervoor zijn echter investeringen nodig in CO₂-afvanginstallaties, en, afhankelijk van het project, ook in CO₂-zuivering, -compressie en -transport. Deze investeringsbeslissingen zijn op dit moment nog niet genomen.

²⁷ [CCS project | Yara Nederland](#)

- De rol van bio-energiecentrales in Nederland zal naar verwachting beperkt zijn in een klimaatneutraal energiesysteem, evenals het aantal draaiuren van deze centrales. De CO₂-afvangkosten zullen daarom hoog zijn en de aanbodvolumes klein.
- Projecten voor CO₂-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 CO₂ van Alco wordt vervloeid) is op moment van schrijven (mei 2025) niet toegestaan, de betrokkenen wachten op een besluit hierover van de NEa. Bioswap zou een tijdelijke oplossing kunnen zijn om toepassing van gecombineerd fossiele en duurzame CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂-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 CO₂ 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 CO₂ bij de opwaardering van biogas naar groengas. Nieuwe groengasinstallaties zouden nabij glastuinbouwgebieden kunnen worden ontwikkeld, waarbij levering van biogene CO₂ aan de glastuinbouw onderdeel kan uitmaken van het businessplan van het groengasproject.
- De sector kan proberen om de ontwikkelingen van CO₂-afvangprojecten te bespoedigen door partnerships aan te gaan met potentiële (duurzame) CO₂-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 CO₂, kan wellicht voortgang worden geboekt om CO₂ 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.

Dit laatste kan bijvoorbeeld interessant zijn voor glastuinbouwclusters of zelfs individuele tuinders in de buurt van potentiële CO₂-bronnen.

Voor beide opties kan gebruik worden gemaakt van het voordeel dat CCU kan opleveren voor leveranciers van biobrandstoffen en groengas. De CO₂-reductie die wordt bereikt door toepassing van de CO₂ die vrijkomt bij biobrandstof- en groengasproductie kan worden meegeteld bij de CO₂-reductiefactor van de energiedrager. De RED III-implementatie voor vervoer en de bijmengverplichting groengas kunnen als gevolg hiervan leiden tot een groter aanbod van CO₂ voor de glastuinbouw. Echter, de inzet van biogene CO₂ uit biogasopwaarding in de glastuinbouw kan een risico op dubbeltelling van de vermeden uitstoot opleveren, namelijk als de situatie kan ontstaan dat de CO₂-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 CO₂-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 CO₂-behoefte van de sector verminderen. Deze kunnen zorgen voor behoud van de concurrentiepositie bij minder CO₂-gebruik.
- Zorg voor beleid dat zich specifiek richt op toepassing van duurzame CO₂ in de glastuinbouw. Dit kan bijvoorbeeld via maatwerk voor AVI's of andere duurzame CO₂-bronnen, gericht op versnelling van projecten voor CO₂-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 CO₂ 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 CO₂ bij vrijkomt die kan worden afgevangen²⁸.

²⁸ Bij productie van biobrandstoffen voor zwaar transport (HVO, biodiesel) komt geen bio-CO₂ vrij en is afvang dus niet aan de orde, bij productie van bioethanol, een biobrandstof die kan worden bijgemengd bij benzine, kan dat wel.

5.3 Relevante ontwikkelingen voor de langere termijn

Voor de beschikbaarheid van duurzame CO₂ 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 CO₂:

- Het is te verwachten dat het aangekondigde beleid voor koolstofverwijdering gaat zorgen voor de ontwikkeling van BECCS en bioCCS, waarbij biogene CO₂ op grote schaal (> 1 Mton CO₂) wordt afgevangen en getransporteerd naar ondergrondse offshore opslaglocaties voor CCS. Enerzijds zou de glastuinbouw hier op aan kunnen haken, door deze CO₂ 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 CO₂ die niet door de sector wordt gebruikt gaan dan naar CCS. Anderzijds zijn BECCS en bioCCS ook concurrerende toepassingen van biogene CO₂. 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 CO₂ 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 CO₂ extra, waar de verschillende toepassingen van deze CO₂, inclusief de glastuinbouw, van kunnen profiteren.
- De inzet van bio-energiecentrales neemt naar verwachting af, omdat duurzame bio-grondstoffen 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 biomassa-reststromen in Nederland zullen zijn benut in 2030. Dit kan zorgen voor een toename van de beschikbaarheid van duurzame CO₂.

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 CO₂, 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 CO₂-systeem en -markt ontstaan waarbij aanbieders van de CO₂ kunnen profiteren van vraag vanuit verschillende toepassingen.

- Dit kan de businesscase voor de verschillende partijen verbeteren en bijdragen aan een versnelling van de ontwikkelingen.
- De daadwerkelijke beschikbaarheid van de duurzame CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂-levering, kan clustering tot kostenvoordelen leiden door schaalvoordelen.
- Clustering bij locaties waar duurzame CO₂ of CO₂-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 CO₂-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 aantrekkelijker optie zijn. Eventueel in combinatie met nog te ontwikkelen vormen van seizoensopslag voor CO₂. De vergisters werken ten slotte het hele jaar door, terwijl vraag vanuit de glastuinbouw sterk varieert met de seizoenen. Maar omdat er geen CO₂-heffing of uitstootrechten moeten worden betaald voor de uitstoot van biogene CO₂ 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 CO₂-beschikbaarheid én behoefte van de sector.

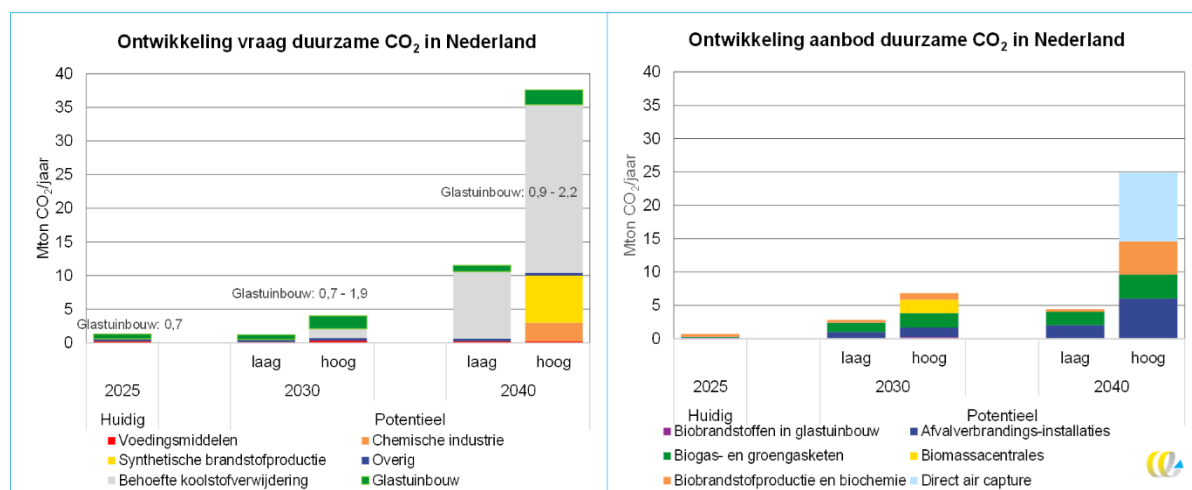
- Innovaties die de CO₂-behoefte van de sector verminderen kunnen de afhankelijkheid van de sector van extern beschikbare CO₂ verkleinen. Deze innovaties zullen zich met name moeten richten op behoud van de concurrentiepositie bij minder CO₂-gebruik, door efficiëntere teeltprocessen en/of keuze voor 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.

5.4 Scenario's ontwikkeling vraag en aanbod

In eerdere hoofdstukken zijn de potentiële vraag- en aanbodstromen van duurzame CO₂ 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 verwachte 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 CO₂ 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 CO₂ leiden, de tweede kan zowel impact hebben op de ontwikkeling van de vraag en het aanbod van CO₂, 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 CO₂.

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 CO₂ voor de verschillende toepassingen. Koolstofverwijdering op de korte termijn is vooral logisch door biogene-emissies van verbrandingsinstallaties af te vangen.

Bio-energiecentrales en AVI's zijn hiervoor kansrijke kandidaten. De CO₂-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 biograndstoffen, 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 transportbrandstoffen

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 CO₂, ofwel een potentiële afnemer.

Bij het produceren van bioethanol (een biobrandstof die wordt bijgemengd bij benzine) komt CO₂ 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 CO₂ en groene waterstof de komende 10-15 jaar toenemen, wat potentieel tot een forse vraag naar duurzame CO₂ 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 CO₂ kan ook een overweging zijn.

Toekomstige fabrieken voor duurzame transportbrandstoffen kunnen daarom zowel vragers als aanbieders van duurzame CO₂ zijn, en daarmee ook effect hebben op andere industriële toepassingen van duurzame CO₂. Voor glastuinbouw kan vooral de groei van bioethanolproductie in Nederland een kans zijn. Afhankelijk van de betaalbaarheid van tuinders kunnen deze gebruik maken van de additionele CO₂-stromen die hierdoor in het systeem worden gebracht.

Overkoepelende ontwikkeling op lange termijn

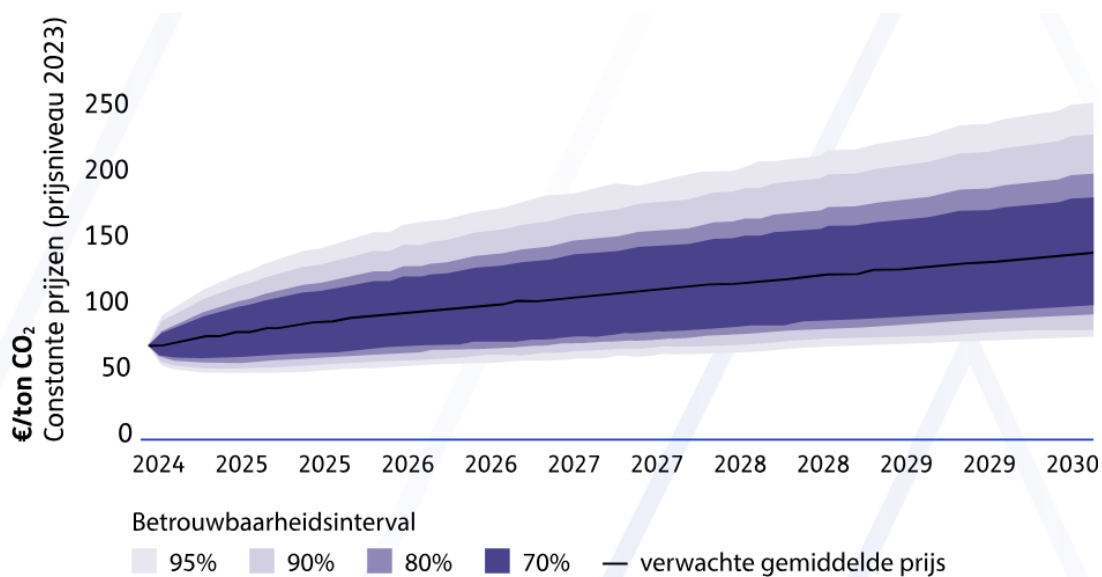
In beide scenario's is ook op de lange termijn (2040) de potentiële vraag hoger dan het aanbod.

Ook bij een relatief lage inzet op koolstofverwijdering en weinig synfuels productie in Nederland de beschikbare CO₂-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 beleidsprirrels 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 referentieprij 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 CO₂ 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 sommige²⁹ segmenten bij CO₂-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 – CO₂-prijs EU-ETS1 ontwikkeling tot 2030, [raming TNO](#)



Bron: TNO

²⁹ Specifiek tuinders met gewassen met een hoge CO₂-behoefte die kostprijsstijgingen niet of beperkt kunnen doorbelasten.

6 Conclusies en aanbevelingen over mogelijke oplossingen

In dit laatste hoofdstuk brengen we de potentiële maatregelen om de beschikbaarheid van duurzame CO₂ 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 CO₂ voor de glastuinbouw in 2030 en 2040. Daarvoor kijken we naar opties om het aanbod aan duurzame CO₂ 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 CO₂ te vergroten:

- CO₂-afvang op AVI's uitbreiden, en zorgen voor transport naar de glastuinbouw via bestaande pijpleidingen (zoals OCAP) of de weg. Met name de CO₂-afvang vergt de nodige investeringen.
- CO₂-afvang in de biogas-/groengasketen opzetten, en zorgen voor transport naar de glastuinbouw via bestaande pijpleidingen (zoals OCAP) of de weg. Met name de CO₂-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.

Opties om het gebruik van de beschikbare duurzame CO₂ in de glastuinbouw te faciliteren:

- Ervoor zorgen dat er een fysiek 'aftappunt' in de CCS-pijpleidingen komt, waaruit de glastuinbouw CO₂ kan aftappen op momenten dat daar vraag naar is.
- Verder onderzoek doen naar grootschalige (seizoens)opslag van CO₂ 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-CO₂ in de glastuinbouw.

Een meer overkoepelende maatregel met een breder potentieel effect is het opzetten van partnerships tussen de glastuinbouw en partijen die duurzame CO₂ kunnen leveren. Door langjarige contracten aan te gaan voor levering en afname van de CO₂ 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 CO₂-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 maatwerkafspraken, 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 CO₂-toepassing van een SDE++-beschikking bevordert het doen van investeringsbeslissingen en toekomstige marktwerking. In het huidige regime zitten CO₂-afvanginstallaties met hun SDE++-aanvraag voor vijftien jaar vast aan de toepassing van de afgevangen CO₂. Het klimaatbeleid rond waardering en beprijzing van fossiele, biogene en DAC-CO₂ in CCU en CCS is nu vol in ontwikkeling. Onze verwachting is dat de CO₂-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.

- 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 CO₂ 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 projectvertraging 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 beschikbaar 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 CO₂-certificaten en -markt

- Om een markt voor duurzame CO₂ te ontwikkelen moet allereerst een eenduidig certificatensysteem voor duurzame CO₂ worden opgezet, analoog aan bijvoorbeeld groene stroom, of hernieuwbare transportbrandstoffen. Deze certificaten moeten gebaseerd zijn op een duidelijke methodiek, bijvoorbeeld op basis van massabalans, met onafhankelijke monitoring en verificatie, etc. Zo kan dubbeltelling worden voorkomen, en kan de daadwerkelijke duurzaamheid van de CO₂ worden gewaarborgd.
- We raden aan om aan te haken bij de Europese ontwikkelingen rondom koolstofverwijdering, waarbij in 2024 de eerste stap is gezet met Verordening 2024/3012 (de CRCF Directive, ofwel de verordening tot vaststelling van een certificeringskader 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 administratieve verrekening.

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

- De keuze naar welke toepassing de beschikbare duurzame CO₂ gaat is sterk beleidsmatig bepaald. Dat zien we ook in de huidige situatie met fossiele CO₂: 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 CO₂, 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 CO₂-productie vervangt en daarmee tot CO₂-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) CO₂ 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 CO₂-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 CO₂-bronnen), versnelde uitrol van CO₂-infrastructuur tussen duurzame CO₂-bronnen en glastuinbouwclusters en de ontwikkeling van CO₂-opslag voor CCU in de glastuinbouw.

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 CO₂ 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 biograndstoffen*. Tweede Kamer der Staten-Generaal.
<https://open.overheid.nl/repository/ronl-7fbf02296b8e93cf235319dcc4331c2ea6153566/1/pdf/beleidsinzet-biograndstoffen.pdf>

- 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 biograndstoffen*. 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 Advorio ontwikkelen e-SAF-hub van wereldformaat in haven Rotterdam*. <https://www.portofrotterdam.com/nl/nieuws-en-persberichten/power2x-en-advorio-ontwikkelen-e-saf-hub-van-wereldformaat-haven-rotterdam>
- Raaphorst, M., & Kempkes, F. (2019). *Zomerstook voor CO₂-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-glasiuinbouw-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*.

- 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*.

A Interviews

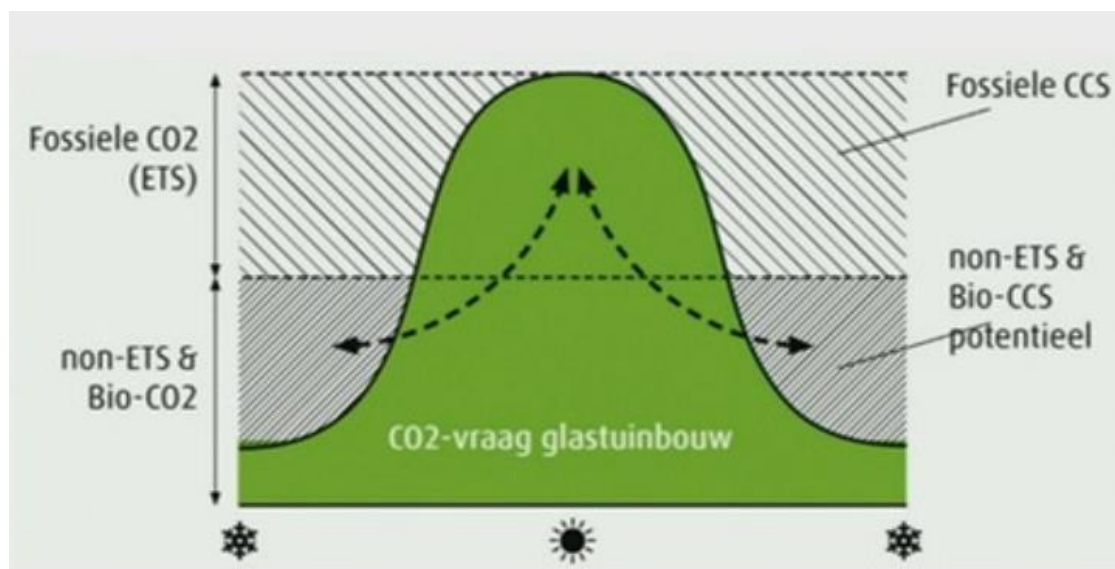
Voor dit onderzoek hebben de volgende personen en organisaties input geleverd en meegedacht, waarvoor wij hen dank zijn verschuldigd:

- *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, *OCAV*
- *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*

B Bioswap

In de aanbodcombinatie van biogene en fossiele CO₂ wordt door CO₂-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 CO₂ voornamelijk naar de glastuinbouw, in het winterseizoen wordt deze opgeslagen. De CO₂-oorsprong is gedurende het hele jaar gemengd, maar op jaarbasis bekeken kan gesteld worden de biogene CO₂ alleen aan glastuinbouw, en de fossiele CO₂ alleen voor CCS gebruikt wordt.

Figuur 17 - Illustratie 'bioswap'-principe, verrekening fysieke fossiele CO₂-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 CO₂-heffing) worden betaald. Bij CCS is dit niet het geval. Als op jaarbasis kan worden vastgesteld dat 100% van de fossiele CO₂ wordt opgeslagen, en alleen de biogene CO₂ wordt geleverd aan glastuinbouw, dan hoeven er geen emissieheffingen betaald te worden door de fossiele uitstoter. Deze 'baten' kunnen neerslaan bij de eigenaar van de fossiele bron, de CO₂-leverancier en/of de CO₂-afnemers (de tuinders).

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 CO₂) en CCS (van fossiele CO₂) via bioswap van bronnen jaarrond verrekend worden, geeft dit leveranciers binnen hun bronportfolio als geheel flexibiliteit rond CO₂-heffingen en subsidieregelingen. Dit zou het aanbod van CO₂ 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.

C Kwantificering vraag en aanbod duurzame CO₂

C.1 Ontwikkeling vraag naar duurzame CO₂

De vraag naar duurzame CO₂ 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 CO₂, waarvan 0,7 Mton CO₂ extern geleverd. Door eerder omschreven ontwikkelingen verwachten we dat er in 2030 minder totale CO₂ gebruikt gaat worden, maar dat er meer extern geleverd wordt. Richting 2040 voorzien we dat er vrijwel geen CO₂ meer uit rookgassen wordt gehaald. Op basis van reductiemogelijkheden beschreven in (Smit & Grootsholten, 2024) gaan we uit van een vraag naar extern geleverde CO₂ 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 CO₂.

Voedingsmiddelen

De voedingsmiddelenindustrie gebruikte in 2020 0,2 Mton CO₂ 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 CO₂. In 2030 is de verwachting dat de productie van synthetische chemicaliën op basis van CO₂ nog niet van de grond komt. Het omzetten van CO₂ 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 CO₂ verwacht.

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, omgerekend³⁰ circa 2,8 Mton CO₂ (PBL, 2024c).

Synthetische brandstoffen

Voor de vraag naar biogene CO₂ 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 gealloceerd aan directe emissies en opslag van CO₂. We dat bedrijven zoals Power2X en Advorio samen plannen hebben om een grootschalige fabriek voor duurzame vliegtuigbrandstof 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 CO₂ zal daarmee niet toenemen doordat de koolstofbron wordt geïmporteerd. We hanteren daarom ook een vraag van 0 Mton CO₂ 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 ontwikkelingen 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 verwijderd. 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 koolstofverwijdering per jaar genoemd. We houden daarom voor 2040 een breder interval aan van 10-25 Mton CO₂.

³⁰ Berekend met een conversiefactor van methanol: 1,373 ton CO₂/ton methanol en een energiedichtheid van 19,7 GJ/ton methanol uitgaande van de Lower Heating Value (LHV) (DECHEMA, 2017).

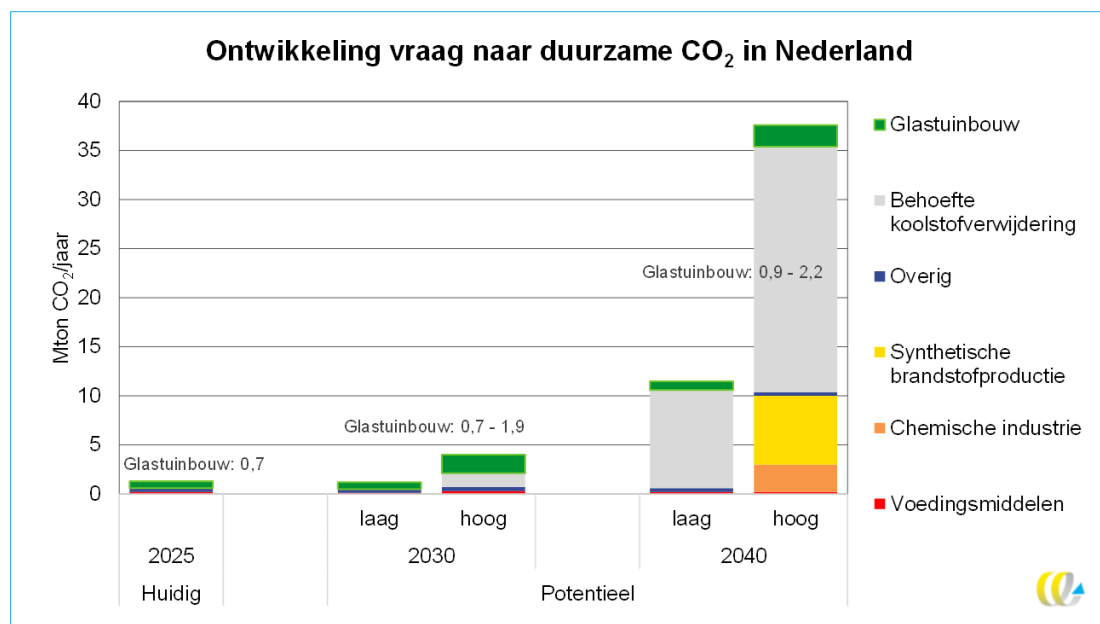
Overig

Onder 'overig' valt volume die in de huidige situatie wordt verhandeld. Ook export van biogene CO₂ (0,4 Mton CO₂ in 2020) valt hieronder. We houden deze stroom gelijk in de ramingen.

Tabel 4 – Raming ontwikkeling marktvraag duurzame CO₂ in megatonnen

Vraagsector	2025	2030	2040
	Huidig, incl. fossiel	Laag - Hoog	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 CO₂



³¹ CO₂ wordt momenteel wel in de chemie gebruikt als grondstof maar deze stromen worden niet via een CO₂-marktleverancier gefaciliteerd.

Tot 2030 voorzien we een maximale CO₂-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 CO₂, 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 CO₂

Het aanbod naar duurzame CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂ uit biobrandstofverbranding nuttig beschikbaar is bij glastuinders.

Afvalverbrandingsinstallaties

Momenteel is het aanbod van biogene CO₂ vanuit afvalverbrandingsinstallaties rond de 0,20 Mton CO₂. Het merendeel hiervan is bestemd voor glastuinbouw. Het toekomstig aanbod van biogene CO₂ 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 CO₂ uit bio-energiecentrales is afkomstig van de verbranding 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 CO₂ uit bio-energiecentrales op circa 3,0 Mton.

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

Voor 2030 gaan we conform de raming³² 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 CO₂ 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 CO₂ uit deze keten op circa 0,10 Mton CO₂ (Royal Haskoning DHV, 2020). Volgens onze eigen scenariostudie naar de groengasproductie rond 2030 zou het aanbodpotentieel van biogene CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂ uit biobrandstofproductie in 2030 en verwacht dat deze toeneemt naar 20-30 Mton CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂ 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

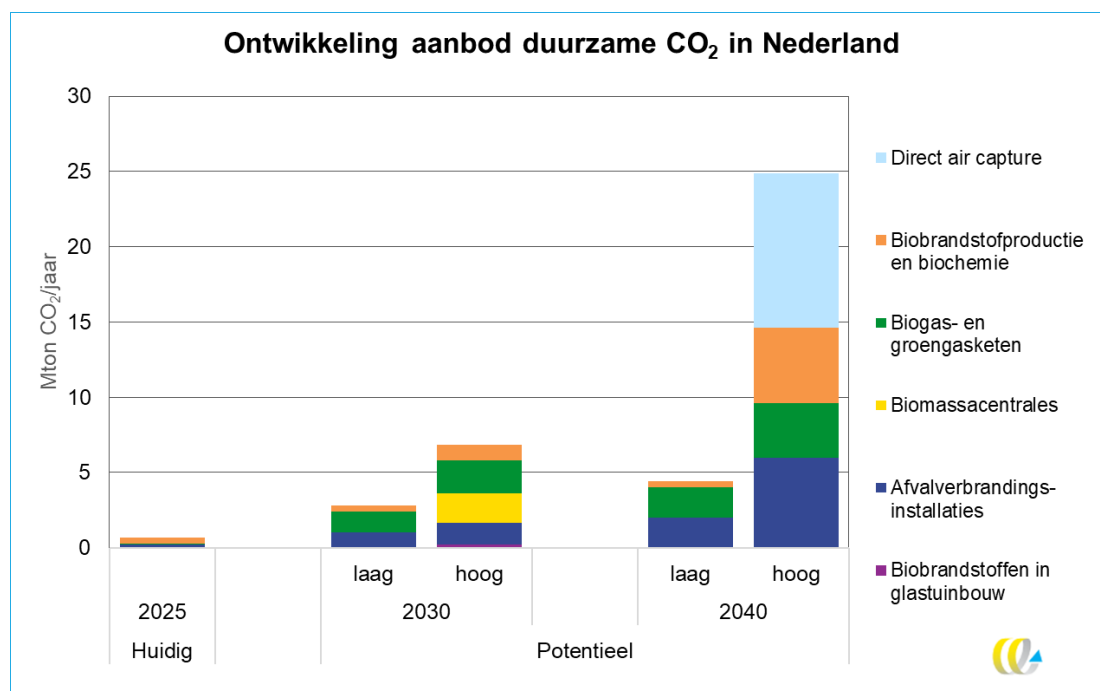
Het direct afvangen van CO₂ uit de atmosfeer komt richting 2050 nog maar beperkt van de grond in Nederland. Gezien de hoge kosten en het hoge energieverbruik is de verwachting dat richting 2040 er, los van enkele innovatieprojecten, nog geen significant aanbod zal zijn vanuit DAC. Recente ramingen uit 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 CO₂ (TNO, 2025a). Gezien de vroege ontwikkelingsfase en onzekerheden rondom DAC gaan wij uit van een bandbreedte van 0-10 Mton CO₂ 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.

Tabel 5 – Raming ontwikkeling aanbod duurzame CO₂ 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 CO₂



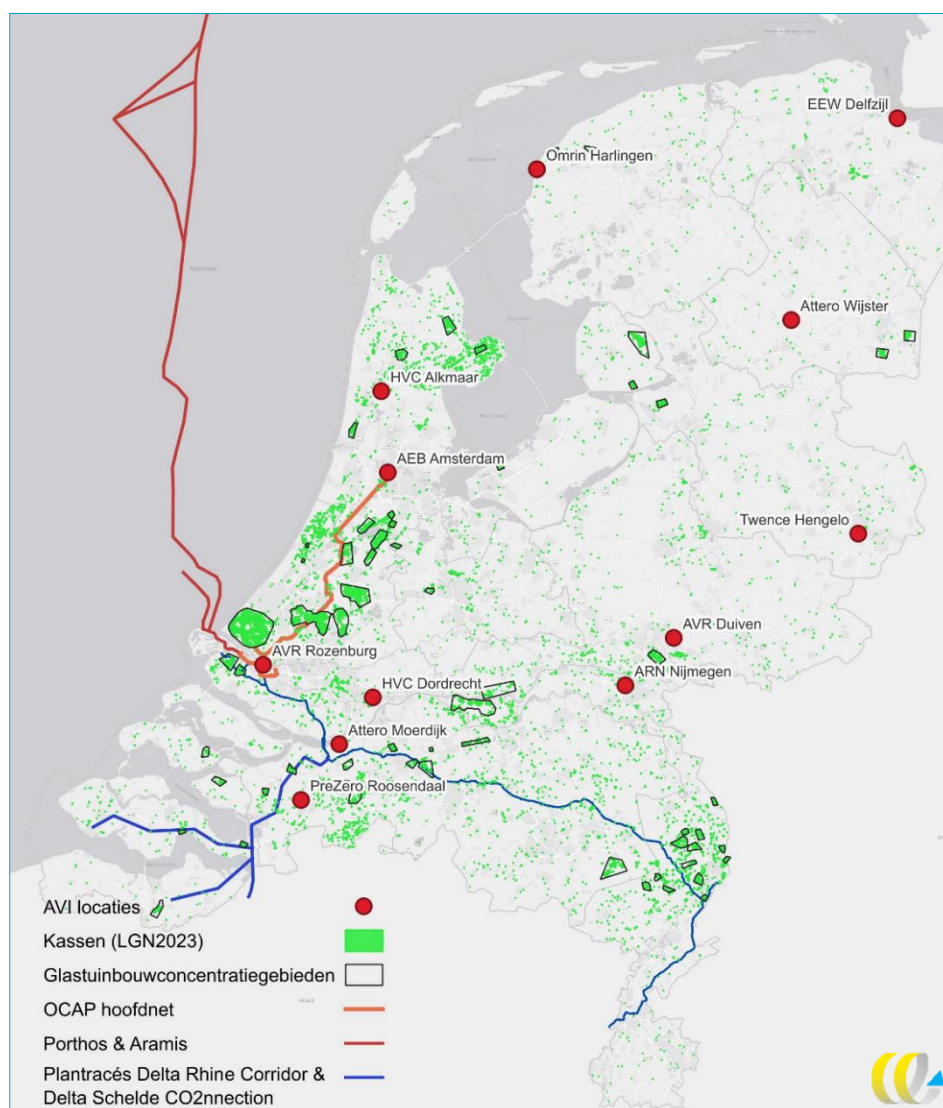
³³ 0,2 Mton is in theorie beschikbaar, maar onbekend of hiervan een deel wordt afgevangen.

³⁴ 3 Mton is in theorie beschikbaar, maar wordt niet afgevangen.

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, CO₂-infrastructuur en AVI's in Nederland



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%

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%

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%