

Thomas More test installatie voor ontkoppelen CO₂-dosering en warmtevraag

CO₂-bemesting via rookgassen is al jaren een gangbare praktijk in de glastuinbouw. Het toedienen is vaak niet CO₂- maar energiedreven. Maar dat kan veranderen door CO₂-opzuivering en -opslag. Medio 2023 zal Thomas More over dergelijk systeem beschikken met het oog op implementatie in de glastuinbouw.



CO₂-dosering is momenteel vaak onlosmakelijk verbonden met de energievraag van de serre. CO₂-opslag biedt een oplossing voor dit probleem. Hierdoor kan CO₂ gedoseerd worden wanneer de verwarming niet in werking is. Deze opslag kan gevuld zijn met zuivere, aangekochte CO₂, of met CO₂ uit de rookgassen van het verwarmingssysteem. De CO₂-concentratie in rookgassen is dusdanig laag (6-10%) dat opslag zonder opzuivering niet (kosten)efficiënt is. Zowel de onderzoekswereld als de industrie biedt tal van technieken om CO₂ op te zuiveren.

Zoals eerder aangegeven in het artikel 'Het potentieel van carbon capture in de glastuinbouw' in Proeftuinnieuws nummer 13 van 2021 zal het Expertisecentrum Energie van Thomas More midden 2023 beschikken over een CO₂-opzuiveringsinstallatie aangesloten op het verwarmingssysteem van zijn serre. In dit artikel geven we een overzicht van de verschillende technieken die de revue zijn gepasseerd in onze zoektocht naar een systeem geschikt voor toepassing in de glastuinbouw.

Rookgassen bevatten meer stikstof dan CO₂

Op het merendeel van de tuinbouwbedrijven wordt de serre verwarmd door middel van verbranding van fossiele brandstoffen waarbij energie vrijkomt, onder andere in de vorm van warmte die nuttig wordt gebruikt in de serre. Het bekendste voorbeeld hiervan is methaan, het belangrijkste bestanddeel van aardgas en biogas. Maar ook propaan en butaan (bestanddelen van lpg) en cellulose (waaruit biomassa hoofdzakelijk bestaat) kunnen dienen als brandstof.

Naast brandstof is ook zuurstof nodig voor de verbranding. Hiervoor wordt lucht aangezogen, vaak in overmaat zodat er weinig tot geen koolstofmonoxide-gas wordt gevormd. Doordat lucht wordt aangezogen, bestaan de rookgassen niet alleen uit CO₂ en water, maar hoofdzakelijk uit stikstof (N₂) afkomstig uit de lucht, en daarnaast nog enkele andere stoffen. Als we CO₂ willen opconcentreren, betekent dit dat we vooral de overvloedige N₂ moeten

kwijt geraken en dus moeten trachten CO₂ te scheiden van N₂. Ter voorbeeld: bij een wkk met een elektrisch vermogen van 2,7 MWe, een gasvermogen van 6,28 MW en een aardgasdebit van 628 Nm³/h zal afhankelijk van de luchtvermaat het rookgasdebit variëren tussen 7.200 en 13.600 kg/h, waarvan ongeveer 1.100 kg CO₂ is.

CO₂ opzuiveren uit rookgassen = CO₂ scheiden van N₂

In wetenschappelijke literatuur zijn er tal van technieken te vinden die trachten CO₂ op te zuiveren uit rookgassen of een mengsel met N₂. Het doel is stevast hetzelfde: zoveel mogelijk CO₂ uit de rookgassen afvangen (efficiëntie) en uiteindelijk komen tot een CO₂-stroom die zo zuiver mogelijk is (zuiverheid). En dat met zo weinig mogelijk energie.

We kunnen ons afvragen of dergelijke zuiverheid en efficiëntie per se nodig zijn in een glastuinbouwcontext. Als we kijken naar efficiëntie van opslag, de volgende stap ná afvangst, wel. Hoe meer ongewenste stoffen in het CO₂-product, hoe inefficiënter de opslag zal zijn. Maar wanneer we gaan doseren in de serre, wordt de CO₂ weer verdund tot 0,1% in de kaslucht. Met die insteek kunnen andere technieken die een lagere zuiverheid en efficiëntie behalen, maar wel minder energie-intensief en ook eenvoudiger zijn, wel in aanmerking komen.

Voor de glastuinbouw zijn naast de zuiverheid, de efficiëntie en de energiekost ook de investeringskost en jaarlijkse (onderhouds)kosten belangrijk. Een installatie moet idealiter continu kunnen draaien, liefst 'standalone' met onderdelen die gekend zijn, eenvoudig zijn en gemakkelijk beschikbaar. Moesten tijdens het proces schadelijke stoffen zoals ethyleen, CO ... samen met N₂ kunnen worden afgezonderd dan is dat een win. Tot slot verwachten we ook een minimale milieu-impact en moeten (chemische) stoffen die in het proces worden gebruikt zoveel mogelijk worden geregenereerd.

Scheiding van CO₂ en N₂ op basis van fysische eigenschappen

CO₂ en N₂ kunnen van elkaar worden gescheiden met verschillende scheidingstechnieken die berusten op de fysische eigenschappen van beide moleculen. Voorbeelden van dergelijke eigenschappen zijn condensatiepunt, gewicht en grootte.

Bij cryogene destillatie wordt een scheiding gemaakt op basis van het condensatiepunt van de verschillende gassen. Het gasmengsel wordt afgekoeld en opgedrukt waardoor CO₂ vloeibaar wordt en kan worden afgescheiden van het nog steeds gasvormige N₂. Ondanks de hoge zuiverheid en efficiëntie is deze techniek voor de glastuinbouw te duur en te energievretend.

Ook het scheiden van CO₂ door middel van gascentrifuges wordt in de literatuur beschreven. Hierbij worden CO₂ en N₂ gescheiden op basis van hun molecuulgewicht. Dit is een gekende techniek voor het verrijken van uranium waarvoor het wel kostenefficiënt is, maar als toepassing in de glastuinbouw is het veel te duur en zijn de behaalde zuiverheden te laag.

Een veelbelovende techniek, mede door de eenvoud van de installatie, is gasmembraanscheiding. Zoals bij de vorige twee beschreven technieken gebeurt de scheiding puur op basis van een fysische eigenschap. De rookgassen worden ofwel onder druk ofwel onder een vacuüm over een membraan gebracht. Kleinere deeltjes kunnen dóór het membraan bewegen (permeaat), deeltjes met een grotere diameter geraken er niet door en worden afgevoerd. Dergelijke installaties kunnen volcontinu werken en bestaan naast de drukvaten waarin de membranen zich bevinden uit niets meer dan condensoren, blowers en/of compressoren. Hun energieverbruik is daarom ook aanvaardbaar, maar de zuiverheden en efficiëntie die tot dusver behaald worden liggen maar rond de 50%. Het gasmembraan op zich is ook het meest delicate onderdeel van de installatie. Er gebeurt nog zeer veel onderzoek naar geschikte membraanmaterialen om niet alleen de zuiverheid van het permeaat en de efficiëntie van de scheiding op te krikken, maar ook om de temperatuurgevoeligheid en gevoeligheid voor andere stoffen (bv. water) te verbeteren. Dit maakt dat gasmembranen nog te duur zijn en bovendien CO₂/N₂-membranen weinig beschikbaar zijn op een markt met een beperkt aantal aanbieders.

Scheiding van CO₂ en N₂ op basis van chemische eigenschappen

Er bestaan ook chemische scheidingstechnieken die vaak beter scoren op gebied van zuiverheid en efficiëntie. Maar omdat er moleculaire bindingen worden gebroken en nieuwe worden gevormd zijn deze vaak energie-intensiever. Deze technieken spelen in op het feit dat N₂ quasi niet reactief is in tegenstelling tot het zwak zure CO₂.



Door CO₂ op te zuiveren en op te slaan kan de CO₂-dosering losgekoppeld worden van de energievraag.

Een voorbeeld hiervan is chemische absorptie met alkalische middelen zoals kaliumhydroxide of calciumhydroxide. De rookgasstroom wordt in een absorptietoren (scrubber) in tegenstroom gebracht met deze vloeistoffen waarbij CO₂ wordt omgezet in vloeibaar carbonaat of bicarbonaat. In een tweede desorptietoren wordt CO₂ terug vrijgezet door warmte toe te voegen, of —wat mogelijk voor de glastuinbouw interessant zou kunnen zijn— door bijvoorbeeld salpeterzuur toe te voegen aan de oplossing. Door dit laatste bestaat de finale oplossing uit kalium en nitraat die later als voedingsstoffen kunnen

worden gebruikt binnen de tuinbouw. Helaas wordt op deze manier de initiële hydroxideoplossing niet geregenereerd en moeten zo continu ontzettend grote hoeveelheden absorptievloeistof worden aangekocht. Regenereren door warmte geniet dus zeker de voorkeur bij deze scheidingstechniek.

Chemische absorptie, het chemische neusje van de zalm in de industrie

Voor het scheiden van CO₂ en N₂ bestaat in de industrie een beter alternatief: chemische absorptie (chemisorptie) door middel van

Absorptie versus adsorptie, chemisch versus fysisch

Absorptie en adsorptie zijn beide sorptieprocessen verwijzend naar een fysisch of chemisch proces waarbij één stof zich 'voegt' bij een andere stof.

Bij **absorptie** wordt een stof of molecule geheel opgenomen door het medium waarmee het in contact komt. Het medium kan bijvoorbeeld een vloeistof, een gas of een vast materiaal zijn. In het geval van een vloeistof, dringt het te absorberen materiaal diep door in de vloeistof en mengt het zich met deze vloeistof. Bijvoorbeeld, wanneer suiker in water is opgelost, is het suikermolecule geheel geabsorbeerd door het water en zijn de watermoleculen en het suikerdeeltje één geheel geworden. Er worden hierbij geen nieuwe moleculen gevormd, water blijft water en suiker blijft suiker, ze

worden alleen gemengd. We spreken van **fysische absorptie**. Wanneer de twee stoffen na mengen met elkaar reageren tot nieuwe stoffen, spreken we van **chemische absorptie** zoals bijvoorbeeld scrubben van CO₂ met amines.

Bij **adsorptie** worden de stoffen of moleculen aan de oppervlakte van het medium gehecht. Dit gebeurt door interacties tussen de stof en het oppervlak. Deze interacties kunnen net zoals bij absorptie ook weer chemisch of fysisch zijn. Bij de eerste reageren de twee stoffen en worden nieuwe moleculen gevormd, dit is **chemisorptie**. Bij fysische adsorptie 'plakken' de twee stoffen aan elkaar door intermoleculaire krachten, ze trekken elkaar aan zoals magneten. Dit proces is **fysisorptie**. ■

amines. In een absorptietoren worden amines verneveld over de rookgassen. N₂ reageert niet met de amines maar CO₂ wel en komt zo als tussenproduct in oplossing. In een tweede desorptietoren worden door het toevoegen van warmte CO₂ en de amines weer vrijgezet. Deze techniek produceert 99% zuivere CO₂ en haalt een efficiëntie boven de 95%. Real case installaties kunnen 2 ton CO₂ per uur afvangen. Het gaat hier om een echte chemische installatie —alles is in inox vervaardigd, een procesoperator houdt het proces fulltime in de gaten— waardoor het prijskaartje en de jaarlijkse kosten hoog zijn. Dergelijke installatie bij een glastuinbouwbedrijf zou al snel 2,5 tot 3,5 miljoen euro kosten. Daarnaast is de energiekost ook niet mals en moet de amine-oplossing jaarlijks worden vervangen.

Fysisorptie, het fysische neusje van de zalm in glastuinbouwcontext

Pressure Swing Adsorption (PSA) is een techniek die niet de zuiverheden en efficiënties haalt van afvangst met amines, maar toch ruim voldoende in een glastuinbouwcontext én daarnaast ook eenvoudig is. Ze werkt op

het principe van fysisorptie. Hier wordt de rookgasstroom onder druk over een adsorbent gestuurd. Zo'n adsorbent kan zeolieten of actieve kool zijn. Omwille van zijn polariseerbaarheid heeft CO₂ meer dan N₂ de neiging om te interageren met het adsorbent. Het gaat hier niet om echte chemische bindingen en dus vraagt het minder energie om ze te breken. Wanneer het adsorbent volledig verzadigd is met CO₂ wordt in een volgende stap de CO₂ gedesorbeerd door een licht vacuüm aan te brengen. Dergelijk systeem is technisch eenvoudig en het adsorbent is veel goedkoper dan zijn tegenhanger (gasmembranen), wat de kostprijs drukt. Zuiverheden die hier beloofd worden liggen tussen 70-90%. De techniek wordt al veelvuldig toegepast, maar nog niet als CO₂-afvangsttoepassing.

Het Expertisecentrum Energie van Thomas More heeft een mobiel PSA-systeem aangekocht om de technologie te evalueren in een glastuinbouwcontext. Hiervoor wordt het systeem aangesloten op de bestaande gasketel van 1 MWe on site, waarmee het 300 m³ rookgassen per uur kan opwaarden tot 70-90% zuivere CO₂. Gezien haar mobiliteit kan het

PSA-systeem niet alleen op Thomas More maar ook in de praktijk worden getest.

Open vizier

Dit onderzoek biedt daarnaast ook de mogelijkheid om technieken te bekijken die mogelijk dienst kunnen doen voor het oplossen van andere problemen in de glastuinbouw. Kunnen gasmembranen een rol spelen in het ontvochtigen van serres? Kunnen andere schadelijke stoffen zoals roet, NO_x, SO_x, ethyleen en CH₄ er ook mee worden verwijderd? Kan cryogene opslag van CO₂ ook als energieopslag worden gebruikt? Met dit onderzoek kijkt het Expertisecentrum Energie van Thomas More met een open vizier naar wat de industrie allemaal kan betekenen voor de glastuinbouw.

J. Creylman & F. De Ridder

Thomas More - Expertisecentrum Energie, Geel

De PSA-installatie wordt gesubsidieerd in het kader van 'Steun voor onderzoeksinfrastructuur bij hogescholen' door het Agentschap Innoveren & Ondernemen van de Vlaamse overheid.