

1 Kernvragen Broeikasgassen

Versie: 2024-11-25

1.1 Hoe groot is - naar schatting - de broeikasgasuitstoot van de broeikasgassen kooldioxide, methaan en lachgas, en de opname van kooldioxide door organische bodems in het veenweidegebied?

In Nederland liggen ongeveer 4300 km² organische bodems. Dit zijn bodems met een hoog gehalte aan organische stof in de bovenste 80cm. Het NOBV meet en kwantificeert de broeikasgasuitstoot voor alle organische bodems in de kustvlakte (3214 km²). Dit zijn de organische bodems waarvan het maaiveld lager ligt dan +1m NAP.

CO₂-uitstoot van graslanden

Het NOBV onderzoekt hoe broeikasgasuitstoot samenhangt met de bodem en het grondwatersysteem. Dit is verwerkt in het monitoringssysteem SOMERS waarmee de CO₂-uitstoot van agrarische graslanden op organische gronden in de kustvlakte (2041 km²) beter kan worden geschat. SOMERS schat een uitstoot in van $2,15 \pm 0,5$ miljoen ton CO₂ per jaar (10,5 ton CO₂ per hectare per jaar). Bij deze schatting wordt rekeningen gehouden met verschillen in bodem, deklagen, grondwater en weer. De uitstoot van methaan en lachgas wordt nog niet meegenomen in SOMERS, maar worden hieronder apart beschreven.

CH₄-uitstoot van natuur en graslanden

Op basis van de NOBV-metingen is een schatting gemaakt van methaanuitstoot van organische gronden. Door de kustvlakte op te splitsen in droge graslanden (2041 km²), natte graslanden (400km²) en overige moerassen (235 km²) en de gemeten gemiddelde uitstoot/opname van de afgelopen drie jaar toe te passen, wordt de totale uitstoot geschat op $0,4 \pm 0,3$ miljoen ton CO₂-equivalent uitstoot per jaar. De relatief grote onzekerheid komt door de beperkte bruikbare data en de vele verschillende soorten natte natuur. Toch geeft dit een goede eerste schatting om de bijdrage van methaanuitstoot uit natuur te vergelijken met andere broeikasgasbronnen.

N₂O-uitstoot van graslanden

Binnen NOBV is lachgas (N₂O) vooral gemeten in Zegveld, waar de gemiddelde uitstoot rond de 12 ± 5 kilogram N₂O-N per hectare per jaar is. Dit komt goed overeen met de IPCC-gemiddelden van 13 kilogram N₂O-N per hectare per jaar voor graslanden met diepe drainage.

Als we de Zegveld-waarde toepassen op alle graspercelen in het veenweidegebied (2041 km²) komen we uit op een uitstoot van 1.0 ± 0.3 miljoen ton CO₂-equivalent per jaar. Omdat niet alle percelen in Nederland evenveel bemest zijn als in Zegveld, en de uitstoot daar relatief hoog is, is deze schatting waarschijnlijk nog wat aan de hoge kant.

CO₂ opname van natuur

De netto opname van CO₂ in Nederlandse organische gronden gebeurt alleen op plekken met veenvormende planten, waar het veen niet afbreekt tijdens droogte. Ook in ondiepe veenplassen kan organische materiaal zich ophopen op de bodem. Hoeveel CO₂ op deze manier wordt vastgelegd in Nederland is nog onbekend. Wel is geschat dat in de afgelopen 5000 jaar ongeveer 6.9 miljard ton CO₂ is vastgelegd in de Nederlandse kustvlaktevenen, wat neerkomt op 1,4 miljoen ton per jaar, of ongeveer 1,75 ton CO₂ per hectare per jaar. Deze cijfers zijn echter zeer onzeker en behoren bij historische condities.

In de Weerribben is onderzocht dat uitgegraven petgaten in de afgelopen 110 jaar met gemiddeld 25 ton CO₂ per hectare per jaar zijn dichtgegroeid. Hiervan komt 8 ton CO₂ per hectare per jaar door de drijvende vegetatie- en veenlaag en 17 ton CO₂ per hectare per jaar door slibafzetting. Dit gaat dus sneller dan bij het ontstaan van een veenvlakte die langzaam dikker wordt.

Om deze vraag te beantwoorden hebben we aangenomen dat natte natuurgebieden in Nederland geen CO₂ uitstoten of opnemen, maar dat de uitstoot vooral uit methaan bestaat.

1.2 Hoe groot is - naar beste schatting - de broeikasgasuitstoot en -opname uit oppervlaktewater in het veenweidegebied

Ongeveer 12% van het veenweidegebied in Nederland bestaat uit oppervlaktewater (5% sloten en 7% meren). Op basis van de NOBV metingen hebben meren een geschatte uitstoot van 14.6 ton CO₂ en 6.4 ton methaan per hectare per jaar, terwijl sloten een uitstoot hebben van 26,3 ton CO₂ en 45,2 ton methaan per hectare per jaar (het gemiddelde van Hendriks et al, 2023, gemeten in Friesland en NOBV metingen in Zegveld). Op basis van deze gegevens is de geschatte uitstoot van het oppervlaktewater in het veenweidegebied:

- 0.8 miljoen ton CO₂ per jaar
- 0.9 miljoen ton CO₂-equivalent aan methaan per jaar

Dit geeft een totale uitstoot van 1.6 ± 0.4 miljoen ton CO₂-equivalent per jaar voor het oppervlaktewater. De uitstoot van oppervlaktewater is onzeker, omdat de hoge uitstootcijfers uit slechts een paar Nederlandse studies komen en afwijken van internationale studies.

1.3 Hoe groot is - naar beste schatting - de totale broeikasgasuitstoot van het veenweidegebied

De totale uitstoot van het veenweidegebied (inclusief oppervlaktewater; 3094 km²) wordt geschat op 5.2 ± 1.0 miljoen ton CO₂-equivalent per hectare per jaar. Deze uitstoot bestaat grofweg uit:

- 41% CO₂ en 20% uit N₂O uit agrarische graslandpercelen,
- 8% methaan uit natuurgebieden,
- 14% CO₂ en 17% methaan uit oppervlaktewater.

Hierbij nemen we aan dat er netto geen CO₂ uitstoot/opname is uit natuurgebieden.

De NOBV-schatting (gemiddeld 16.2 ton CO₂-equivalent per hectare per jaar) is iets lager dan de eerdere schatting van de National Inventory report (NIR) die gemiddeld 17.9 ton CO₂-equivalent per hectare per jaar geeft, maar beide schattingen vallen binnen elkaars onzekerheidsmarge. Het NOBV rapporteert een hogere uitstoot uit oppervlaktewater, een vergelijkbare lachgas uitstoot, en een lagere CO₂-uitstoot uit agrarische veenbodems.

1.4 Hoe groot is de seizoensdynamiek in de broeikasgasuitstoot en -opname?

Voor de CO₂-uitstoot tonen de NOBV-metingen dat in het groeiseizoen per dag tussen +350 en -350 (negatief is opname) kilogram per hectare ligt. Natte natuur en natte teelten nemen het hele groeiseizoen CO₂ op, gemiddeld -100 kg per hectare per dag. Bij agrarisch grasland hangt de broeikasgasuitstoot sterk af van het beheer. Als graslanden in het voorjaar gemaaid worden en later in de zomer beweid en bemest worden, verandert de opname van CO₂ in de zomer naar uitstoot (rond 50 kg per hectare per dag). Bij maandelijks maaien en bemesting met kunstmest vindt deze omslag pas in november plaats. Op jaarbasis is de uitstoot bij beide vormen van beheer vergelijkbaar als we aannemen dat al het gemaaide gras binnen 1 jaar als CO₂ in de lucht terecht komt. De uitstoot vanuit de bodem gaat het hele jaar door en is constanter dan de gemeten CO₂-uitwisseling met de lucht en planten. Na maaien neemt de uitstoot kort af. In het najaar en de winter zijn alle gebieden netto-uitstoters, gemiddeld rond 50 kg CO₂ per hectare per dag. Grasopbrengst, begrazing of mestaanvoer zijn niet meegenomen in deze cijfers.

Methaanuitstoot is in de meeste veenweide-graslanden het hele jaar verwaarloosbaar. In sommige natte gebieden met greppelinfiltratie en veel sloten loopt deze emissie in de zomer op naar 0.5 of 1 kg per hectare per dag (19-28 kg CO₂-equivalent). In natte natuur en paludicultuur varieert methaan-emissie van 0.5 kg per hectare per dag in de winter tot meer dan 2.5 kg per hectare per dag in de zomer (tussen 19 en 70 kg CO₂-equivalent), waardoor deze gebieden in de zomer een klein netto opwarmingseffect kunnen hebben.

De lachgasuitstoot variatie binnen een jaar bestaat vooral uit pieken. Deze pieken kunnen het hele jaar voorkomen, ook in de winter en het vroege voorjaar, als het erg nat is.

1.5 Hoeveel verschillen broeikasgasuitstoot en -opname per jaar?

Helaas zijn er nog niet genoeg meetjaren op alle locaties om een betrouwbare inschatting te maken van de jaarlijkse variatie in broeikasgasuitstoot. In natte natuur en paludicultuur varieert de CO₂-opname sterk: van enkele tonnen bij droogte in de zomer tot meer dan 10 ton per jaar bij permanente overstroming.

Op basis van de metingen tussen 2020 en 2023 zien we een variatie in CO₂ uitstoot van ongeveer 28 ton CO₂ per hectare per jaar, met een gemiddelde variatie van ongeveer 15 ton per hectare per jaar. Het natte jaar 2023 had de laagste uitstoot (-6 tot +21 ton CO₂ per hectare per jaar), maar opvallend genoeg is het droge en warme 2022 - met 0 tot +24 ton CO₂ per hectare per jaar- niet het jaar met de hoogste uitstoot. Dat was in 2021, met +4 tot +32 ton CO₂ per hectare per jaar, wat als een nat jaar te boek staat. Het is belangrijk om te beseffen dat de droogte of natte omstandigheden niet overal hetzelfde waren en dat de weersomstandigheden van een vorig jaar invloed kunnen hebben op het jaar erna. Ook is de variatie binnen elk jaar zo groot dat er statistisch gezien geen duidelijk verschil is tussen de jaren.

De methaanemissie tussen natte natuur en paludicultuur locaties verschilt minder tussen de jaren: tot maximaal 50 kg CH₄ per hectare per jaar (0.14 ton CO₂-equivalent). De jaarlijkse uitstoot varieert tussen 200 en 400 kg CH₄ per hectare per jaar (5.6-11.2 ton CO₂-equivalent). Deze variatie lijkt niet te komen door neerslaghoeveelheid in een bepaald jaar, maar door de mate van droogvallen van bepaalde natuurgebieden, vooral in waterbergingsgebieden. Het droogvallen van het gebied tijdens de late zomer verminderde de methaanuitstoot daar met bijna 200 kg CH₄ per hectare per jaar.

Voor lachgas (N₂O-emissies) zijn er nog te weinig metingen beschikbaar om een uitspraak te doen over de jaarlijkse variatie, omdat de uitstoot zeer wisselvallig is.

1.6 Welke factoren bepalen de seizoensgebonden verschillen in broeikasgasuitstoot en -opname tussen Nederlandse organische bodems en water in het veenweidegebied?

De variatie in CO₂-opname en -uitstoot binnen een jaar wordt vooral beïnvloed door graslandbeheer, grondwaterstanden en het weer. Maaien zorgt voor de grootste schommelingen. In het voorjaar neemt de CO₂-opname toe door meer zonlicht en hogere temperaturen, met een piek in het late voorjaar bij sterke gewasgroei. Gedurende de zomer daalt de opname weer, of wordt het zelfs uitstoot, afhankelijk van het beheer. Hogere bodemtemperaturen en lagere grondwaterstanden zorgen voor meer afbraak van organisch materiaal. In de winter is er relatief weinig uitstoot en opname.

Bij methaan (CH₄) spelen bodemtemperatuur, grondwaterstand en vegetatie een grote rol. Bij een hogere bodemtemperatuur vindt er meer afbraak plaats en is er dus meer methaanvorming, maar methaan komt alleen vrij als het grondwater heel dicht bij het maaiveld staat. Bij diepere grondwaterstanden wordt alle methaan omgezet in CO₂ voordat het de atmosfeer bereikt. Planten zoals riet en lisdodde kunnen methaan direct vanuit het grondwater naar het oppervlak transporteren, waardoor methaanuitstoot mogelijk is, zelfs bij lagere grondwaterstanden.

De uitstoot van lachgas (N₂O) wordt vooral beïnvloed door mestgebruik. Meer mest leidt tot een grotere kans op N₂O-pieken. Organische mest lijkt een lagere uitstoot te hebben dan kunstmest. Verder nemen lachgasemissies uit stikstof dat vrijkomt door veenafbraak af bij een verhoging van de grondwaterstand.

1.7 Welk deel van de broeikasgasuitstoot en -opname is tijdelijk en welk deel zorgt voor toename van broeikasgassen op lange termijn?

De koolstof die in veen opgeslagen zit is vastgelegd in de afgelopen paar 10.000 jaar. Bij lagere grondwaterstanden, bijvoorbeeld door drainage, kan deze koolstof worden omgezet in CO₂ en zorgt het voor een extra toename van CO₂ wat al duizenden jaren niet in de atmosfeer zat. Als veen weer wordt vernat en er veenvormende planten zoals riet, zegge, veenmos groeien, wordt er weer koolstof in de vorm van veen opgeslagen. Dit zorgt voor langdurige opslag zolang het gebied nat blijft.

Bij volledige vernatting ontstaan er meestal zuurstofarme omstandigheden waarin methaan (CH₄) wordt gevormd. Methaanvormende micro-organismen gebruiken over het algemeen de gemakkelijk afbreekbare koolstof afkomstig van de levende (of net gestorven) biomassa en niet of nauwelijks van veen. Methaan is een veel sterker broeikasgas dan CO₂, maar heeft (in tegenstelling tot CO₂ en N₂O) een korte verblijftijd in de atmosfeer; gemiddeld 10 jaar. Hierdoor heeft het op korte termijn een sterk (klimaat)opwarmend effect, maar dit vermindert op de lange termijn, als de emissie en afbraak van CH₄ in balans is.

De uitstoot van lachgas (N₂O) is complexer. Dit gas komt vooral vrij bij wisselende natte en droge omstandigheden, vooral in voedselrijkere bodems zoals in de veenweidegebieden of voormalige veenweiden. N₂O heeft een nog sterker opwarmingseffect dan CH₄ en blijft veel langer in de atmosfeer, dus deze emissies

geven een langdurend opwarmingseffect. De hoeveelheden N_2O zijn echter relatief laag.

Het is dus moeilijk om precies aan te geven welk deel van de broeikasgasuitstoot kort- of langdurig is. In de meeste veenweiden is de methaanuitstoot heel laag en komt vooral uit de sloten. Dus heeft vrijwel alle uitstoot uit veenweidegebieden een langdurend opwarmingseffect. Daarentegen wordt in de natte natuur meestal CO_2 opgenomen, wat een lange-termijn bijdrage levert aan langdurige afkoeling, maar dit effect wordt op de korte termijn deels tenietgedaan door meer methaanuitstoot.

1.8 Hoe groot is het aandeel aerobe en anaerobe veenafbraak aan de totale broeikasgasuitstoot?

Uit onderzoek in het lab blijkt dat veen veel langzamer afbreekt zonder zuurstof (anaeroob), namelijk 85% langzamer (gebaseerd op metingen uit het LOSS-project). In diepe veenbodems bevindt het meeste veen zich in de anaerobe lagen. De afbraak gaat sneller wanneer de bodem kortgeleden nog aeroob was, en vertraagt naarmate de bodem een langere tijd anaeroob is. Men vermoedt dus dat een kortere periode van zuurstofblootstelling invloed blijft hebben op de snelheid van anaerobe afbraak, maar er zijn nog geen betrouwbare schattingen van hoeveel de anaerobe en aerobe afbraak bijdragen aan de totale broeikasgasuitstoot. Om hier inzicht in te krijgen loopt een onderzoeksproject waarin metingen van zuurstofniveaus in de bodem (redoxmetingen) en lab resultaten worden vergeleken met broeikasgasmetingen uit het veld.

1.9 Hoeveel verschillen de broeikasgasmetingen in het veenweidegebied tussen verschillende methoden?

De broeikasgasuitstoot verschilt tussen de meetmethodes, omdat iedere methode een ander oppervlak meet. Bij *kamermetingen* weten we precies welk stukje grond we meten (0.3m²), terwijl *Eddy-Covariantie-metingen* (EC) een groter en variabel gebied bestrijken (enkele honderden m²). *Airborne metingen*, waar met een vliegtuig broeikasgasuitstoot wordt gemeten, bestrijken een nog veel groter gebied van enkele km²s en geven een momentopname.

Het is juist de combinatie van deze metingen die elkaar aanvult, en nuttig is. In Assendelft werd door het NOBV CO₂ vergeleken tussen kamer- en EC-metingen. Na correcties op de EC-metingen voor oogsten, bemesten, begrazen en melken waren er geen significante verschillen tussen de kamermethode en EC. Al deze correcties leiden wel tot een grote onzekerheid in de uitstoot van de veenbodem. We zijn daarom op dit moment nog niet in staat deze correcties voor alle EC-stations uit te voeren, waardoor EC soms een hogere uitstoot lijkt te hebben dan kamermetingen. Dit komt waarschijnlijk vooral doordat de koolstofbalans niet volledig gecorrigeerd is, en we niet precies weten hoe de koolstofwisseling tussen onder andere de sloten, percelen en gewassen exact loopt in het variërende meetoppervlak van de EC. Daarom is het moeilijk om met EC op intensief gebruikte agrarische percelen een precieze koolstofbalans van de bodem te maken, wat zorgt voor een hogere onzekerheid over de veenafbraak.

Voor methaan is een directe vergelijking tussen kamer- en EC-metingen niet goed mogelijk. Kamers meten bijna geen methaan op intensief grasland terwijl de EC-methode wel duidelijk methaan meet, vaak door invloed van koeien, boerderijen of sloten in de buurt. Ook hier zijn de kamer- en EC-methode een mooie aanvulling op elkaar: met kamers kunnen we uitsluiten dat de methaan van grasland komt, terwijl de EC-opstelling het methaan van sloten of koeien detecteert.

Airborne metingen geven een overzicht van de uitstoot over een groot gebied, voor een kort moment. Door dit te combineren met EC-en kamermetingen kunnen we in de toekomst gedetailleerde, vlakdekkende kaarten maken van de uitstoot, als we aannemen dat de relaties tussen Airborne- en EC- en kamer-metingen gelijk blijven.