



Energy research Centre of the Netherlands

Verbeterde observaties van methaan- en lachgasemissies van ecosystemen op hectareschaal

**P.S. Kroon
A. Hensen
H.J.J. Jonker**

Gepubliceerd in TIJDSCHRIFT LUCHT - NUMMER 5 - oktober 2010 - 26–30

VERBETERDE OBSERVATIES VAN METHAAN- EN LACHGASEMISSIES VAN ECOSYSTEMEN OP HECTARESCHAAL

Tot voor kort was het alleen mogelijk om methaan- en lachgasemissies afkomstig van ecosystemen te bepalen met behulp van metingen op plotschaal (0,5 m²). De jaarschattingen van methaan- en lachgasemissies hebben daarom grote onnauwkeurigheden op hectareschaal en deze kunnen zelfs groter zijn dan 50%. Deze studie laat zien dat de emissies direct op hectareschaal kunnen worden bepaald met behulp van een geavanceerde meettechniek. De onzekerheid kan hierdoor aanzienlijk worden verlaagd.

PETRA KROON, ARJAN HENSEN EN HARM JONKER*

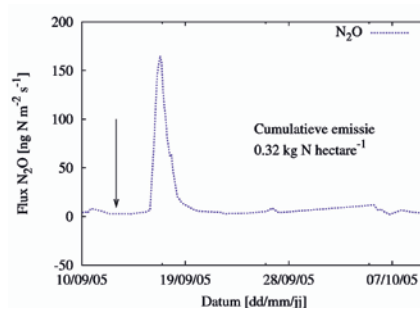
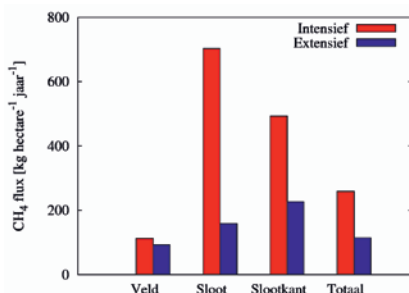
Introductie

De verandering in landgebruik en landbouwactiviteiten is verantwoordelijk voor 30% van de toegenomen broeikasgasemissies van koolstofdioxide (CO₂), methaan (CH₄) en lachgas (N₂O) (Olivier et al., 2005). Om adequaat beleid te kunnen voeren op het terugdringen van deze emissies is kennis vereist over hoe deze emissies worden beïnvloed door het landbouwbeheer en de meteorologische condities. Hiervoor zijn nauwkeurige schattingen nodig voor alle drie de broeikasgassen.

De huidige schattingen van CH₄ en N₂O zijn echter vrij onnauwkeurig. De onzekerheid in emissiegetallen van bijvoorbeeld een grasland of bos op hectareschaal kan zelfs groter zijn dan 50%

(Flechard et al., 2007). Dit is ook te zien in de onzekerheidsanalyse van de nationale emissieschattingen van Maas et al. (2008). Volgens die rapportage dragen de emissies vanuit de landbouw

Figuur 1: a) Voorbeeld van de grote ruimtelijke variatie in CH₄-emissie gemeten op een intensief en extensief beheerd veenweidegebied (gebaseerd op Schrier-Uijl et al., 2008). b) Voorbeeld van de grote temporele variatie in N₂O-emissie gemeten op een bemest grasland waarbij de pijl het moment van bemesting aangeeft (Kroon et al., 2008).



het meeste bij aan de onzekerheid in de schatting van de totale Nederlandse jaarlijkse broeikasgasemissies. Dat die emissies niet eenvoudig in kaart te brengen zijn, komt door de complexiteit van de bronnen en putten. De ruimtelijke en temporele variatie in de CH₄- en N₂O-uitstoot zijn heel groot (figuur 1). Deze variaties zijn afhankelijk van het landbouwmanagement (bijvoorbeeld bemesting en maaien), landschapseigenschappen (bijvoorbeeld type veld en sloot) en meteorologische

DE KAMERMETINGEN ZIJN ARBEIDSINTENSIEF EN HET IS MOEILIK OM DE RUIMTELIJKE EN TEMPORELE VARIATIE VAN EEN LANDSCHAP GOED IN KAART TE BRENGEN

condities (bijvoorbeeld temperatuur en neerslag). De variaties kunnen zelfs al groot zijn binnen enkele vierkante meters en een dag.

In het kader van het Klimaat voor Ruimte (KvR)-programma zijn tussen 2006 en 2009 verschillende onderzoeken uitgevoerd om de onzekerheden in deze emissies te verkleinen. De CH_4 - en N_2O -emissiewaarden zijn voornamelijk in kaart gebracht met behulp van metingen op plotschaal (0,5 m²). Aan het begin van het KvR-programma kwam er apparatuur op de markt waarmee mogelijk deze emissies ook direct op hectareschaal bepaald kunnen worden. Dit kan de onzekerheden in de emissieschattingen sterk beperken. Een van de projecten heeft zich dan ook gericht op de haalbaarheid van metingen op hectareschaal met deze innovatieve instrumenten. Dit artikel presenteert de eerste CH_4 - en N_2O -metingen continu in de tijd die ruimtelijk integreren over enkele hectares. De beide meettechnieken zullen echter eerst verder worden toegelicht.

Meting op plotschaal

De metingen op plotschaal worden uitgevoerd met een zogenaamde kamermeting. Bij deze meting wordt er een kamer op de bodem geplaatst en de broeikasgasconcentraties in de afgesloten ruimte worden gemeten. Uit het concentratieverloop kan de emissie of opname van de gassen worden bepaald per oppervlak van de kamer. Deze metingen worden vaak handmatig uitgevoerd, maar om de variatie in de tijd goed in kaart te brengen worden ook steeds vaker automatische metingen geïnstalleerd.

Bij handmatige kamermetingen wordt de kamer vaak 10 à 30 minuten op de bodem geplaatst. Daarna wordt de kamer verplaatst en dan volgt er weer een meting. Meestal wordt de emissie



Figuur 2: a) Snelle kamermeting uitgevoerd op een intensief beheerd veenweidegebied. b) Automatische kamermeting uitgevoerd te Cabauw.

circa 30 keer gedurende een meetdag bepaald. Met behulp van deze metingen kunnen de processen achter de emissies goed worden bestudeerd. Ook de jaaremissies op hectareschaal worden bepaald met deze plotmetingen, op



basis van circa 25 meetdagen. De kamermetingen zijn arbeidsintensief en het is moeilijk om de ruimtelijke en temporele variatie van een landschap goed in kaart te brengen.

Een deel van de onnauwkeurigheid die gerelateerd is aan de ruimtelijke variatie kan worden ondervangen door het te bemeten gebied te classificeren in verschillende landsvormen. De emissie van het gehele gebied kan dan worden bepaald door de afzonderlijke emissiewaarden gewogen te sommeren. In dit project zijn bijvoorbeeld de emissies separaat bepaald voor de sloten, slootkanten en velden van een intensief beheerd veenweidegebied (Schrier-Uijl et al., 2008, 2010a, b).

Een groter aantal kamermetingen per dag helpt uiteraard ook om een nauwkeurigere emissieschatting te krijgen. De methode waarbij de kamermeting veel sneller kan worden uitgevoerd, kan daarbij helpen. Bij een snelle kamermeting kan de uitstoot van een

enkele plotschaalmeting in circa één minuut worden bepaald in plaats van tien minuten. Voor deze meting is wel apparatuur noodzakelijk waarmee de concentraties van de broeikasgassen met een hoge samplingfrequentie gemeten kunnen worden. Hensen et al. (2006) en Kroon et al. (2008) laten zien dat met behulp van een tunable diode laser en een quantum cascade laser deze snelle kamermetingen goed kunnen worden uitgevoerd (figuur 2a). De onnauwkeurigheid door de temporele variatie kan worden verkleind door het gebruik van automatische kamers. Met behulp van een automatische kamer kunnen er continu emissies worden bepaald. Echter, deze emissies kunnen meestal maar op 1 of 2 plots (0,5 m²) continu worden gemeten (figuur 2b). Er zijn daarom veel automatische kamers nodig of alsnog handmatige kamermetingen om naast de temporele variatie ook de ruimtelijke variatie goed in kaart te brengen.

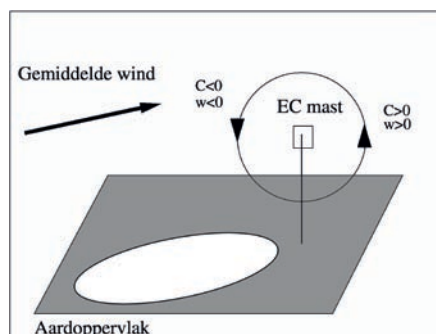
Meting op hectareschaal

Micrometeorologische technieken kunnen worden gebruikt om emissies op hectareschaal te meten. Bij deze technieken wordt er gemeten hoeveel

broeikasgas er wordt getransporteerd van het aardoppervlak naar een bepaald meetpunt. Als er een emissie van broeikasgassen is dan nemen turbulente wervels in de opgaande beweging broeikasgas mee van een gebied met relatief hoge concentraties naar een gebied met relatief lage concentraties en bij de neergaande beweging worden relatief lage concentraties getransporteerd naar gebieden met relatief hoge concentraties (figuur 3a).

De verticale beweging van de wervel (verticale windsnelheid) en de broeikasgasconcentraties worden gemeten en de emissie wordt dan bepaald door de covariantie van beide parameters. De emissiewaarde geeft de uitstoot van een oppervlak bovenwinds van de meetmast (figuur 3a). De grootte van het oppervlak (fetch) is afhankelijk van de stabiliteit van de atmosfeer, de windsnelheid en de hoogte waarop gemeten wordt. Een eerste schatting is

Figuur 3: a) Schematische weergave van het oppervlak (*footprint*) waarvan de emissies worden gemeten met behulp van eddy covariance-flux-metingen. Het symbool w staat voor de verticale windsnelheid en c voor de concentratie. b) Foto van een eddy covariance-mast geïnstalleerd op een intensief beheerd veenweidegebied.



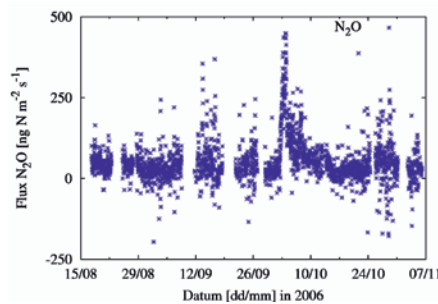
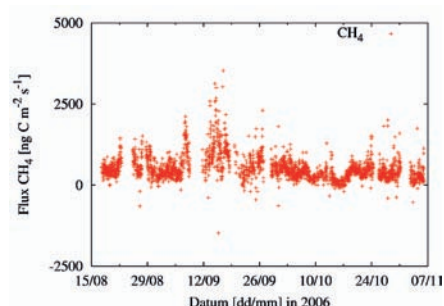
hoonderd keer de meethoogte in meters.

Wereldwijd wordt deze micrometeorologische *eddy covariance* (EC)-fluxtechniek grootschalig ingezet voor de bepaling van CO₂-emissies. Bij EC-fluxmetingen moeten de concentratie en verticale windsnelheid met een hoge samplingfrequentie worden bepaald (10 Hz). Deze metingen moeten met een goede precisie worden uitgevoerd om de bijdrage van alle wervels te detecteren. Aan het begin van het KvR-programma kwamen er mogelijk geschikte apparaten op de markt voor het verrichten van EC-fluxmetingen voor CH₄ en N₂O. Als deze apparaten voldoen aan de gestelde eisen voor deze techniek, dan kunnen er continu emissies van beide gasen worden bepaald op hectareschaal.

Metingen op een intensief beheerd veenweidegebied

Het meetstelsel is getest op een intensief beheerd veenweidegebied in Reeuwijk in de periode augustus 2006 tot november 2008. Er werd ongeveer vier keer gemaaid per jaar en vijf keer bemest (circa 375 kg N hectare⁻¹ jaar⁻¹). De boerderij is gevestigd in een polder waarvan ongeveer 21% bestaat uit open water (Nol et al., 2008). De meetmast was geplaatst in het mid-

Figuur 4: 30 minuten a) CH₄- en b) N₂O-emissies op hectareschaal gemeten met behulp van een eddy covariance-fluxstelsel op een intensief beheerde boerderij in Reeuwijk (Kroon et al., 2007).

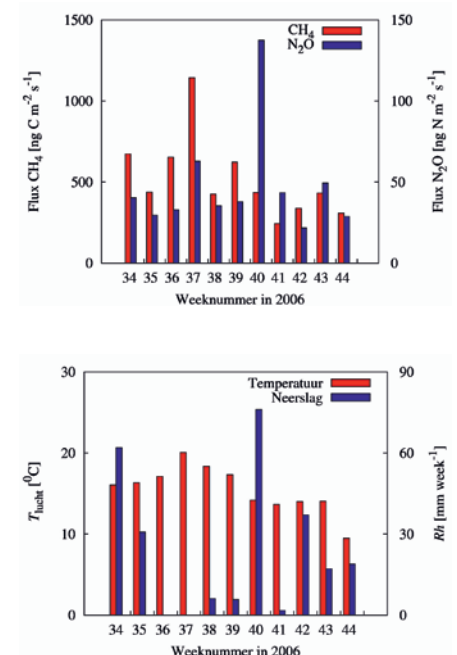


den van het veld en vrij van noemenswaardige obstructie voor circa 600 meter in alle richtingen. De verticale windsnelheid en de concentraties werden op 3 meter hoog bepaald en werden respectievelijk gemeten met een sonische anemometer en een quantum cascade laser. Het stelsel was in staat om continu te meten en de emissies werden bepaald over 30 minuten-intervallen (figuur 4). Lage emissies konden worden waargenomen, namelijk CH₄- en N₂O-emissies vanaf 40 ngC m⁻²s⁻¹ en 10 ngN m⁻²s⁻¹ (Kroon et al., 2007).

Om te zorgen dat de gemeten waarden de werkelijke emissies goed weergeven, moeten er correcties worden uitgevoerd. Bijvoorbeeld voor de bijdragen van de hele grote en kleine wervels die nog niet goed worden waargenomen met dit stelsel. Na het uitvoeren van de correcties kan de onzekerheid in een 30 minuten-waarde nog steeds hoger zijn dan 100%. Deze onzekerheid is random (willekeurig) en komt voornamelijk door het meetprincipe. Het voordeel van een random onzekerheid is dat deze afneemt als er meer metingen zijn. Hieruit volgt dat de emissie van beide gasen gemiddeld over een dag al met een nauwkeurigheid binnen 50%

kan worden bepaald en over een maand binnen 10% (Kroon et al., 2010a). De totale broeikasgasbalans van deze intensief beheerde melkveehouderij werd geschat op 16.10³ kg CO₂-equivalenten hectare⁻¹ jaar⁻¹ waarvan 25% en 45% was veroorzaakt door CH₄ en N₂O (Kroon et al., 2010b). De niet-CO₂ broeikasgassen droegen dus aanzienlijk

Figuur 5: a) Weekemissies van CH₄ en N₂O op hectareschaal gemeten met behulp van een eddy covariance-fluxstelsel op een intensief beheerde boerderij in Reeuwijk. b) Temperatuur en neerslag gedurende dezelfde periode in 2006. Data is afkomstig van KNMI (Kroon et al., 2007).



bij aan de totale emissie. Deze emissies zijn sterk afhankelijk van het management, de meteorologische condities en de bodemeigenschappen. In figuur 5 is bijvoorbeeld te zien dat CH₄-emissies

OM TE ZORGEN DAT DE GEMETEN WAARDEN
DE WERKELIJKE EMISSIES GOED WEERGEVEN,
MOETEN ER CORRECTIES WORDEN UITGEVOERD

direct toenemen na bemesting (week 37) en dat de N₂O-emissies een beetje toenemen na bemesting, maar dat de emissiepiek pas komt nadat er regen is gevallen (week 40).

Conclusies

De nieuwe apparatuur die nu op de markt is, maakt het mogelijk emissieschattingen van CH₄ en N₂O continu in de tijd te bepalen op hectareschaal met behulp van de eddy covariance-flux-techniek. Met deze opzet kunnen er nauwkeurigere schattingen worden verkregen van de broeikasgasuitwisseling op hectareschaal dan met de tot nu toe voornamelijk gebruikte kamermeting.

Het is belangrijk om de CH₄- en N₂O-emissies goed in kaart te brengen. De huidige schatting is dat deze twee gasen voor meer dan tweederde bijdragen aan de totale broeikasgasbalans van intensief beheerde veenweidegebieden. Om adequate maatregelen te kunnen nemen om de emissies te reduceren, moet de oorsprong van deze emissies goed worden onderzocht. De uitwisseling van broeikasgassen is en blijft complex. Het is onmogelijk om overal metingen uit te voeren. Een totaalbeeld op Nederlandse schaal kan daarom ook alleen worden verkregen door een combinatie van metingen op verschillende locaties met modellen. In dit proces zijn beide meetmethoden waardevol. De eddy covariance-fluxmethode geeft een nauwkeuriger beeld van de netto uitwisseling, maar de kamermeting geeft meer inzicht in de processen die aan de emissies ter grondslag liggen.

Referenties

- Flechard, C.R., P. Ambus, U. Skiba, R.M. Rees, A. Hensen, A. van Amstel, A. van den Pol-van Dasselaar, J.F. Soussana et al. (2007). Effects of climate and management intensity on nitrous oxide emissions in grassland systems across Europe. *Agric. Ecosyst. Environ.*, Vol. 121, 135-152.
- Hensen, A., T.T. Groot, W.C.M. van den Bulk, A.T. Vermeulen, J.E. Olesen and K. Schelde (2006). Dairy farm CH₄ and N₂O emissions, from one square metre to the full farm scale, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Vol. 112, 146-152.
- Kroon, P.S., A. Hensen, H.J.J. Jonker, M.S. Zahniser, W.H. van 't Veen and A.T. Vermeulen (2007). Suitability of quantum cascade laser spectroscopy for CH₄ and N₂O eddy covariance flux measurements, *BG*, Vol. 4, 715-728.
- Kroon, P.S., A. Hensen, W.C.M. van den Bulk, P.A.C. Jongejan and A.T. Vermeulen (2008). The importance of reducing the systematic error due to non-linearity in N₂O flux measurements by static chambers, *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, Vol. 82(2), 175-186, doi:10.1007/s10705-008-9169-x.
- Kroon, P.S., A. Hensen, H.J.J. Jonker, H.G. Ouwersloot, A.T. Vermeulen and F.C. Bosveld (2010a). Uncertainties in eddy covariance flux measurements assessed from CH₄ and N₂O observations, *AFM*, Vol. 150(6), 806-816, doi:10.1016/j.agrformet.2009.08.008.
- Kroon, P.S., A.P. Schrier-Uijl, A. Hensen, E.M. Veenendaal and H.J.J. Jonker (in 2010b). Annual balances of CH₄ and N₂O from a managed fen meadow using eddy covariance flux measurements, *European Journal of Soil Science*, Vol. 61, 773-784.
- Maas, C.W.M., P.W.H.G. Coenen, P.G. Ruysenaars, H.H.J. Vreuls, L.J. Brandes, K. Baas, G. van den Berghe, G.J. van den Born et al. (2008). Greenhouse gas emissions in the Netherlands 1990-2006, National inventory report 2008. MNP report 500080009, Netherlands Environmental Assessment Agency (MNP).
- Nol, L., P.H. Verburgh, G.B.M. Heuvelink and K. Molenaar (2008). Effect of land cover data on nitrous oxide inventory in fen meadows, *J. Environ. Qual.*, Vol. 37, 1209-1219.
- Olivier, J.G.J., J.A. van Aardenne, F. Dentener, V. Pagliari, L.N. Ganzeveld and J.A.H.W. Peters (2005). Recent trends in global greenhouse gas emissions: regional trends 1970-2000 and spatial distribution of key sources in 2000. *Env. Sc.*, Vol. 2, 81-99.
- Schrier-Uijl, A.P., E.M. Veenendaal, P.A. Leffelaar, J.C. van Huissteden and F. Berendse (2008). Spatial and temporal variation of methane emissions in drained eutrophic peat agro-ecosystems: drainage ditches as emission hotspots, *BGD*, Vol. 5, 1237-1261.
- Schrier-Uijl, A.P., P.S. Kroon, P.A. Leffelaar, J.C. van Huissteden, F. Berendse and E.M. Veenendaal (2010a). Methane emissions in two drained peat agro-ecosystems with high and low Agricultural intensity, *Plant Soil*, Vol. 329, 509-520, doi:10.1007/s11104-009-0180-1.
- Schrier-Uijl, A.P., P.S. Kroon, A. Hensen, P.A. Leffelaar, F. Berendse and E.M. Veenendaal (2010b). Comparison of chamber and eddy covariance-based CO₂ and CH₄ emission estimates in a heterogeneous grass ecosystem on peat, *AFM*, Vol. 150(6), 825-831, doi:10.1016/j.agrformet.2009.11.007.

* Petra Kroon en Arjan Hensen zijn werkzaam bij ECN, Petten. Harm Jonker is verbonden aan de TU Delft. Petra Kroon is 8 juni 2010 op deze studie gepromoveerd aan de TU Delft. Prof. Harm Jonker was haar promotor. Reacties op dit artikel kunt u sturen aan p.kroon@ecn.nl.

Dankwoord

Dit onderzoek is uitgevoerd in het kader van het Klimaat voor Ruimte-programma dat is gefinancierd door het ministerie van VROM. Wij willen ook Arina Schrier-Uijl en Elmar Veenendaal bedanken voor de goede discussies over de meetdata.