

Samenvatting

Methoden voor waarneming en kwantificering van emissies van sporegassen vanuit diffuse bronnen

Dit proefschrift is synthese op basis van een aantal experimentele studies die wil bijdragen aan de verbetering van schattingen van emissies van sporegassen vanuit diffuse bronnen naar de atmosfeer. De term diffuse bron wordt gebruikt voor bronnen die geen goed gedefinieerde uitlaat hebben zoals schoorstenen of ventilatoren. Diffuse bronnen zijn onder andere:

- bodems, hetzij natuurlijk, agrarisch of industrieel (stortplaatsen);
- groepen van bronnen binnen een beperkt gebied (boerderij met meerdere stallen, mestopslagen of industriële installaties met een groot aantal puntbronnen);
- regio's: een groep bedrijven, boerderijen en industrie, stedelijke gebieden.

Er wordt werk gepresenteerd voor de belangrijkste broeikasgassen kooldioxide (CO_2), methaan (CH_4) en lachgas (N_2O). Daarnaast is Ammoniak (NH_3) onderwerp van onderzoek als een belangrijke component in luchtverontreiniging die voornamelijk wordt uitgestoten door agrarische diffuse bronnen.

Ongeveer 20% van de totale broeikasgasuitstoot naar de atmosfeer komt uit diffuse bronnen die CO_2 , CH_4 en N_2O uitstoten. De onzekerheid in de emissie vanuit deze bronnen is een dominante component in de onzekerheid van het nationale emissieniveau voor Nederland. Voor ammoniak is 88% van de totale uitstoot in Nederland afkomstig van diffuse bronsystemen, voornamelijk in de agrarische sector. In de 27 EU-landen is dit percentage met 93% zelfs hoger. Net als in het geval van de broeikasgassen is ook het NH_3 emissieniveau op nationale en Europese schaal nog steeds verre van zeker.

De belangrijkste reden voor de grote onzekerheden in de emissies vanuit diffuse bronnen is dat het moeilijk is om goede metingen uit te voeren waarmee deze emissies, die zowel in tijd als in ruimte sterk kunnen variëren, kwantitatief bepaald kunnen worden. Afhankelijk van het type sporegas zijn verschillende sensoren en meetmethoden nodig om het emissieniveau te beoordelen. Dit proefschrift bespreekt de bronnen, de emissieniveaus en de bijbehorende onzekerheden. Ook de sensoren en methoden die momenteel beschikbaar zijn worden kort beschreven.

Voorbeelden van studies die gericht zijn op de ontwikkeling van meetstrategieën voor diffuse bronsystemen, worden besproken in de vijf publicaties die deel uitmaken van dit proefschrift. Deze set start met de micrometeorologische techniek die bekend staat als de "relaxed eddy accumulation"(REA) techniek. Deze werd geëvalueerd voor koolstofdioxide (CO_2) en ammoniak (NH_3). De REA techniek meet het netto vertikaal transport van gas in de atmosfeer boven een oppervlak. De emissie vanuit een diffuse bron kan ook op afstand bepaald worden door aan de gaspluim te meten die vanaf de bron met de wind wordt meegevoerd. Twee publicaties beschrijven inzet van dit type metingen voor evaluatie van de methaanemissie van stortplaatsen en voor de bepaling van de NH_3 -emissie van een boerderij in Duitsland.

De laatste publicatie beschrijft hoe de pluimmeettechniek met de mobiele metingen werd toegepast om de uitstoot van methaan uit boerderijen te bepalen. Na deze voorbeelden wordt een synthese gemaakt, zowel vanuit technisch oogpunt als vanuit de het perspectief van verschillende soorten bronnen.

de correcties. Dat zou geen probleem hoeven zijn als het om een toevallige (random) fout ging, maar in beide gevallen leiden de benodigde correcties tot een systematische verschuiving van de resultaten. Nieuwe sensoren kunnen deze fouten laten zien en kwantificeren. Over de boxmetingen wordt inmiddels volop gediscussieerd, voor de massabalansmethode moeten de discussie nog starten.

In dit proefschrift worden drie verbeteringen gedemonstreerd om de uitstoot vanuit diffuse bron-systemen beter te begrijpen:

- De snelle boxmeting, die een combinatie maakt van een eenvoudige box meetmethode met een geavanceerde concentratiesensor (met hoge resolutie in zowel concentratie als in tijd). Deze methode helpt om ruimtelijke variabiliteit van de emissies in beeld te brengen binnen een bepaald brongebied. Het helpt ook de niet lineaire toename van de concentratie bij box metingen te demonstreren.
- De pluimmeting die werd gebruikt voor brongeïntegreerde emissiedata, zowel voor individuele boerderijen als voor stortplaatsen.
- De “relaxed eddy accumulatie” fluxmeting die een tijdelijke oplossing biedt voor die gassen waarvoor de snelle eddy covariantie-metingen nog steeds niet mogelijk zijn.

Conclusies vanuit een bronperspectief

Belangrijke diffuse bronsystemen die een rol spelen in dit proefschrift zijn stortplaatsen, agrarische velden en boerderijen. Voor stortplaatsen zijn de gegevens die werden verkregen met de pluimmetingen internationaal gezien van belang. Tot nu toe zijn emissie berekeningsmethoden voor deze bronnen niet gestandaardiseerd. Binnen het stortplaatsonderzoek is een hypothese dat het gebruik van verschillende methoden leidt tot een factor vier verschil tussen de schatting van de methaanemissie voor een gemiddelde Britse stortplaats in vergelijking tot een soortgelijke Nederlandse stortplaats.

Voor agrarische velden is er nog steeds een grote onzekerheid in zowel de directe en indirecte emissie van N_2O . De snelle boxmeting en de nieuwe eddy covariantie gegevens zullen helpen om tot een betere emissieraming te komen voor deze bronnen. Voor het bepalen van de netto broeikasgasbalans is het noodzakelijk om simultaan op dezelfde plek metingen van zowel CO_2 , CH_4 als N_2O uit te voeren. Dit is nu mogelijk. Het is opmerkelijk dat er in Nederland vrijwel geen datasets zijn met simultane metingen van NH_3 en broeikasgassen. Dit is vreemd omdat ons land voor alle vier de gassen de hoogste emissie dichtheden in Europa laat zien.

Voor wat betreft boerderijen is het gebruik van de boerderijgeïntegreerde emissiemetingen nog steeds niet in zwang. De pluim meetgegevens tot nu hebben wel al een bijdrage kunnen leveren aan het debat over de CH_4 -emissiefactor voor melkkoeien. Het resultaat was een significante verbetering van de emissie berekeningswijze voor deze bron.

Er is niet zoiets als “de beste methode” om de emissie voor elk van deze brontypes te evalueren. Er is zelfs het potentieel gevaar van systematische fouten indien steeds dezelfde methode wordt gebruikt en er vertrouwd wordt op meer en meer metingen van hetzelfde type om onzekerheden te verminderen. Aan de andere kant is de vergelijkbaarheid tussen verschillende experimenten een evident voordeel van het gebruik van “norm” methoden.

De beste optie nu lijkt simultane inzet van meerdere technieken om een betere emissieschatting voor diffuse bronnen te krijgen. De nadruk zou moeten liggen op de verdere ontwikkeling van meer integrerende (micrometeorologische) meettechnieken om een significante vermindering van de onzekerheid naar wat is overeengekomen als een aanvaardbaar niveau mogelijk te maken.

Algemene opmerkingen

Diffuse bronsystemen bieden al meerdere decennia een uitdaging voor wetenschappers. Hoewel onze kennis aanzienlijk is verbeterd, heeft de wetenschap nog lang niet ontrafeld hoe diffuse bronsystemen op procesniveau werken en hoe de netto-uitstoot op jaarbasis kwantitatief gemeten kan worden op een representatieve ruimtelijke schaal (bijvoorbeeld >1 ha ecosysteem, een volledige boerderij of een volledig stortplaats). Dit geldt bijvoorbeeld voor de netto CO₂-equivalent uitwisseling bij veranderingen in landgebruik, voor directe en indirecte N₂O-emissies uit velden en water, voor methaanemissies uit stortplaatsen en voor zowel CH₄ als NH₃ emissies vanuit veeteelt.

De onzekerheid in de netto uitwisseling van gassen tussen diffuse bronnen en de atmosfeer wordt gedeeltelijk verklaard door het grote aantal individuele bronsystemen in combinatie met het feit dat verschillen in geografische ligging, milieu, weercondities en beheer een sterke invloed kunnen hebben op de emissieprocessen. De veelheid van bronlocaties maakt het onvermijdelijk dat emissiemetingen geëxtrapoleerd moeten worden. Metingen uitgevoerd op een beperkte set locaties worden hierbij gebruikt om de emissie uit te rekenen voor de volle omvang van een broncategorie. Dit vereist een combinatie van (meet)gegevens en parameterisaties in computermodellen. Meteorologische gegevens, landgebruik en het managementgegevens maar ook verdeling in ruimte en tijd van parameters die de emissie sturen zijn nodig om deze extrapolatie uit te kunnen voeren.

De parameterisaties gebruikt in de computermodellen moeten worden gegenereerd (of gevalideerd) met experimenteel werk (metingen). Wat betreft de emissiemetingen, zijn er twee onderdelen, het meten van de gasconcentratie zelf en methode om die metingen te vertalen naar een netto uitwisseling. Deze twee onderdelen zijn met elkaar verbonden. Sommige methoden, zoals micrometeorologische technieken kunnen alleen worden uitgevoerd met snelle sensoren die kleine veranderingen kunnen laten zien in concentratieniveaus in de buitenlucht. De langzame maar continue verbetering van sensoren maakt thans beschikbare methoden steeds nauwkeuriger. Daarnaast maakt het ook mogelijk ontwikkeling van innovatieve meetstrategieën mogelijk.

Conclusies vanuit een technisch perspectief

Geconcludeerd kan worden dat met de huidige stand van de sensortechnieken, de fundamentele methodologische problemen voor een aantal gebruikte meetmethoden nog steeds niet zijn opgelost. Twee voorbeelden komen aan bod:

- Massabalansmetingen die ten grondslag liggen aan zowel de nationale emissieschattingen voor CH₄ uit stortplaatsen, als voor NH₃ uit bemeste velden hebben de emissie overschat (waarschijnlijk tussen de 5-15%). De reden hiervoor is dat de beschikbare sensoren die worden gebruikt voor deze methode te traag zijn om de zogenaamde terugwaardse turbulentiecorrectie uit te kunnen voeren die bij deze methode nodig is. Indien deze correctie wordt toegepast zal de uitwisseling altijd kleiner zijn.
- Een soortgelijk verhaal geldt voor de boxmetingen maar in dit geval gaat het om een onderschatting van de feitelijke flux van tussen de 0-30%. De reden hiervoor is, dat de tot nog toe beschikbare sensoren te langzaam en /of te ongevoelig zijn. Experimenten die worden uitgevoerd met een te lage tijdsresolutie of een te klein aantal metingen lijken een lineaire toename van de concentratie in de meetbox aan te tonen terwijl de toename feitelijk steeds verder afgeremd wordt. Voor het overgrote deel van de boxmetingen beschreven in de literatuur is de emissie met lineaire interpolatie van de metingen uitgerekend.

Deze twee "fouten" hebben een zeer vergelijkbare achtergrond. De behoefte aan correctie in beide gevallen is al 20 jaar geleden besproken. Maar met de beschikbare sensoren kan correctie eigenlijk nauwelijks worden uitgevoerd. Dus bijna niemand gebruikt

Tot slot

Dit proefschrift toont de langzame, maar gestage vooruitgang in dit veld van wetenschap gedurende bijna twee decennia. In de komende decennia ligt de sleutel tot verdere verbetering in nieuwe, verbeterde of aanzienlijk goedkopere sensoren die het mogelijk zullen maken beschikbare meetstrategieën te verbeteren of zelfs om nieuwe meetstrategieën te ontwikkelen. Wat betreft de nationale en mondiale schaal zal de combinatie van metingen op het aardoppervlak met satellietmetingen een cruciale stap zijn. Bij de individuele bron is de verdere ontwikkeling van de pluimmethodologie richting “fence-line” monitoring systemen een waarschijnlijke ontwikkeling. Dit betreft bijvoorbeeld de verdere ontwikkeling van goedkope sensoren, lidar (light detection and ranging) systemen of andere technieken op afstand. De fundamentele fouten voor de box- en massabalansmethode moeten natuurlijk zo snel mogelijk worden opgelost en indien mogelijk, moeten correctie algoritmen voor historische gegevens worden ontwikkeld.

Dit proefschrift benadrukt het belang van metingen en het verbeteren van meettechnieken. Metingen alleen geven echter niet alle antwoorden. Metingen, activiteitgegevens en modellen vormen een drieëenheid die nodig is om de emissieniveaus van diffuse bronnen te evalueren. Directe metingen, echter, zijn leidend binnen deze drieëenheid. Verbetering van de sensoren en meettechnieken zijn daarom van belang om de emissies van sporengassen van diffuse bronsystemen beter te kwantificeren.

Arjan Hensen
December 2011