



COLUMN
PETER KUIPERS MUNNEKE

Donkere holtes vol warmte en zout

Ik schrijf deze column op een plek waar ik liever niet kom, en waar ik vandaag ook helemaal niet had moeten zijn. Het is bijna 21.00 en ik zit op de luchthaven van Kopenhagen bij de gate voor mijn vlucht naar Amsterdam.

Vanochtend vertrok ik met de trein van Kopenhagen via Hamburg naar Nederland, maar Hamburg, daar ben ik nooit aangekomen. Na 150 kilometer reizen had ik al bijna 3 uur vertraging en wist ik dat ik vandaag niet meer met de trein in Nederland zou komen. Iets met ontbrekende treinstellen, te volle trein, veiligheidsprotocol. Toen ben ik dus maar weer teruggereken naar Kopenhagen en heb daar een vliegticket gekocht. Ik zit bijna nooit meer in een vliegtuig en ben verliefd op de trein, maar vandaag is het me helaas niet gegund. Dat lijkt wel eens de bedoeling van de politiek: het de treinreiziger onmogelijk maken.

Enfin, ik was in Kopenhagen voor een ontzettend leuke workshop over Antarctische ijsplaten. In die drijvende verlengstukken van de Antarctische ijskap ligt, met enig gevoel voor drama, het lot van ons land besloten. Als de ijsplaten het beven of wegsmelten, dan wordt de rem van het achterliggende ijs gehaald en zal de zeespiegel met enkele meters stijgen. Je zou denken dat we over zo'n existentiële bedreiging inmiddels alles begrijpen, maar dat is bepaald niet zo, en zelfs dat is een understatement. Tijdens de workshop werd nog eens benadrukt dat we de ijsplaten maar nauwelijks begrijpen.

Iedere Antarctische ijsplaat - samen zo groot als ruim 37 keer Nederland - is in feite een heel groot plafond boven een duistere holte vol oceaanwater. Er stroomt warm water de holte in, en er komt zoet water weer uit. Die conversie van warmte naar smeltwater vindt plaats precies op dat plafond, een onregelmatig gevormd grensvlak tussen oceaan en ijskap. De laatste jaren hebben onbemande onderzeeërs kleine stukjes van dat grensvlak in kaart gebracht, en die laten zien dat het er veel grilliger uitziet dan gedacht. Diepe kloven, grote bobbels en enorme structuren die wel wat weghebben van omgekeerde verwaarde duinen. Langs die sculpturen van ijs stroomt het warme oceaanwater en neemt het zoete smeltwater mee de holte weer uit, de open oceaan in. Een handvol losse metingen roept nu de vraag op hoe de uitwisseling van warmte en smeltwater gebeurt op de meest essentiële plekken diep in de holtes,

waar we simpelweg niet kunnen komen.

De tweede vraag is hoe we de beschikbare metingen kunnen opschalen naar de hele ijsplaat, en hoe we de ijsplaten succesvol kunnen koppelen aan de mondiale oceanocirculatie. Want dat is een belangrijk doel: ijsplaten in klimaatmodellen stoppen, zodat we beter kunnen begrijpen wat de opwarming van de aarde in de toekomst precies gaat doen met de Antarctische ijskap en de zeespiegel. Dat is een verdomd lastige vraag. Voor klimaatmodellen zou het heel handig zijn als de holtes onder de ijsplaten beschreven kunnen worden als een eenvoudige zwarte doos zonder al te veel detail. Anders groeit de complexiteit van alle berekeningen ons al gauw boven het hoofd. Je stopt er warm oceaanwater in en er komt koud en zoet smeltwater weer uit. Maar met zo'n benadering ligt simplificatie op de loer en weten we niet of we het toekomstige gedrag van de ijsplaten wel goed modelleren.

Dat smelt onder ijsplaten niet alleen maar een academisch vraagstuk is, maakt het ingewikkeld. Op klimaatonderzoek ligt van beleidswege altijd de druk om nieuwe bevindingen meteen te koppelen aan ramingen van toekomstig klimaat en zeespiegel. Dat is een dans tussen wetenschapper en beleidsmaker die meestal voor geen van beiden bevredigend is. Het betekent dat er beleid moet worden gemaakt op incomplete kennis, en dat de klimaatwetenschap continu de afweging moet maken of nieuwe kennis al rijp is voor computermodellen waarop beleid wordt gebaseerd. Een dans waarbij de ene danser al bij het derde nummer is terwijl haar partner z'n veters nog probeert te strikken. Niet zelden maakt dat het beleid en de communicatie over zeespiegelstijging complex. Schattingen van de zeespiegelstijging voor de Nederlandse kust lopen tientallen centimeters uiteen, zelfs binnen hetzelfde klimaat scenario. Bijna al die onzekerheid komt door ons gebrekkige begrip van de Antarctische ijskap.

De uitkomst van de workshop in Kopenhagen is in elk geval dat we een overzichtsartikel gaan schrijven waarin we in kaart brengen aan welke kennis het ons op dit moment het meest ontbreekt. Dat is het langzame tempo van wetenschappelijke vooruitgang. Zo dansen we met beleidsmakers mee, ook al zitten onze veters nog los. Totdat we Antarctica beter begrijpen, kunnen we ons het beste vasthouden aan resultaten uit het verleden: het valt in de klimaatwetenschap bijna nooit mee.

Peter Kuipers Munneke is glacioloog bij de Universiteit Utrecht en weerman bij de NOS



EMISSIE

Snuffelen in de stal

Direct bij de boerderij de uitstoot van de veehouderij meten is veel nauwkeuriger dan die uitstoot modelmatig berekenen.

Door Marcel aan de Brugh Foto's Eric Brinkhorst

Een rijtje koeien eet doodgedoedeerd van bergjes heldergroen gras. Ze staan op stal, bij melkveehouderij en agro-innovatiecentrum De Marke in het Gelderse Hengelo. Zouden de dieren weten dat zich boven hun hoofden een mogelijke uitweg uit de stikstofcrisis bevindt? Want daar, net onder de nok van de stal, meten verschillende sensortechnieken de concentratie van een aantal gassen in de stal: ammoniak, methaan en koolstofdioxide.

Zulke metingen moeten een centraal onderdeel gaan vormen van de nieuwe aanpak die minister Wiersma (BBB, Landbouw) vorige maand aankondigde: van depositie- naar emissiebeleid. Nu wordt de uitstoot door boerenbedrijven van met name ammoniak, en de neerslag (depositie) ervan in de omgeving, modelmatig afgeleid. Maar daar zitten de nodige onzekerheden in. Het is de bedoeling om die uitstoot (emissie) rechtstreeks te gaan meten, op de bedrijven zelf.

Niet alleen van ammoniak trouwens, maar ook van methaan, lachgas, fijnstof, geurstoffen. „Die methode is vele malen nauwkeuriger”, zegt Albert Winkel, senior onderzoeker bij Wageningen University & Research, en landelijk coördinator emissie monitoring voor het ministerie van Landbouw. Hij leidt een project waarbij sensoren in stallen van koeien, varkens en kippen worden getest. Ook worden er richtlijnen opgesteld voor het meten met sensoren in de veehouderij. Daarbij zijn behalve de WUR ook TNO en twee Vlaamse instituten (ILVO en VITO) betrokken.

Vastgelopen vergunningaanvragen
De allereerste hoop is dat sensormetingen de vastgelopen toekenning van vergunningen aan boeren weer op gang helpt. Misschien is het al bijna zover. Want zover Winkel weet, zit er „een tiental vergunningaanvragen in de pijplijn” die zich op de nieuwe meetmethode baseren. De eerste ligt sinds vorige week ter inzage. Het gaat om de vervanging van een varkensstal.

Dat de vergunningverlening is gestokt, heeft te maken met de uitspraak van de Raad van State op 29 mei 2019. Ze bepaalden toen dat het geldende beleid (de pro-

grammatische aanpak stikstof, PAS) ongeschikt was om vergunningen af te geven voor activiteiten waarbij extra stikstof vrijkomt. Boerenbedrijven moesten in een aanvraag hun verwachte uitstoot aangeven, en in die berekening speelden de zogeheten emissiefactoren een centrale rol. Van elke diersoort, van elk type stal, van elke nieuwe techniek, wordt bepaald hoeveel uitstoot ermee gemoeid is. Dat wordt uitgedrukt in een getal, de emissiefactor. Het computermodel AERIUS van het RIVM berekent vervolgens op basis van die emissiefactoren, en het aantal dieren, hoeveel ammoniak vanuit een bedrijf in de omgeving neerslaat.

„Maar er is veel kritiek op het gebruik van emissiefactoren”, zegt jurist Harm Borgers van adviesbureau KokkDeVoogd, die met Winkel samenwerkt. Het zijn gemiddelden, ze houden ze geen rekening met variatie tussen bedrijven. Al hebben twee boeren dezelfde soort stal, en hetzelfde aantal dieren, dan kan er toch een groot verschil in uitstoot zijn. Door verschillen in bijvoorbeeld voeding, ventilatie en hygiëne.

Onder ideale omstandigheden

Ook geven emissiefactoren de uitstoot vaak te gunstig weer. Dat is de afgelopen jaren onder meer gebleken met emissiearme vloeren en een bepaalde type luchtwassers. In de praktijk blijkt de uitstoot flink hoger te liggen dan de emissiefactor, die is gebaseerd op een beperkt aantal tests, vaak onder ideale omstandigheden uitgevoerd. „De technieken zijn erg afhankelijk van goed onderhoud en management. Juist daar gaat het in de praktijk mis”, zegt Winkel.

Bij het nieuwe type vergunningaanvraag werkt het anders, legt Borgers uit. Ook nu moet een boer de verwachte uitstoot van een nieuwe activiteit aangegeven. Maar een onafhankelijke instantie moet hebben vastgesteld dat die uitstoot op een betrouwbare manier is bepaald. „En de boer zelf moet in de praktijk bewijzen dat hij niet boven die uitstoot uitkomt”, zegt Borgers. Daarvoor moet hij dus meten - daar komen de sensoren in beeld. En blijkt zijn uitstoot hoger, dan moet hij verplicht maatregelen nemen. „Bijvoorbeeld door het voer of de ventilatie aan te passen. Of dieren eerder naar de



Boven: In de nok van de koeienstal, bij melkveehouderij De Marke in het Gelderse Hengelo, hangen drie sensorsystemen die de uitstoot van onder meer ammoniak meten. **Onder:** Melkveehouder Gerjan Hilhorst bespreekt metingen van de sensoren, met de Wageningse onderzoekers Albert Winkel (midden) en Jan Vonk (rechts).

slacht te brengen. In het uiterste geval moet hij in zijn veestapel snijden.”

In de stal wijst Jan Vonk, collega van Winkel, naar de wit-groene bolletjes die aan leidingen in de nok van het dak hangen. „Elke tien meter zie je er drie”, zegt Vonk. In de bolletjes heerst een onderdruk, zodat ze lucht uit de stal aanzuigen. De lucht gaat via drie leidingen naar een kamer aan het eind van de stal, bovenaan een trap. Daar wordt, in drievoud, de concentratie van een aantal stoffen bepaald. Zo'n bepaling gebeurt in deze stal op nog twee andere manieren, legt Vonk uit. Met

een laser, die licht met verschillende golflengtes door de stal straalt. En via een beweegbaar kastje met sensoren, dat over een rail loopt. „Dat meet meer lokaal.” Sinds december is De Marke een van de officiële locaties waar sensoren allerlei stamessies meten.

Volgens Winkel zijn sensoren de laatste vijf tot tien jaar, „zo goed en betaalbaar geworden, dat ze in stallen werken”. Twee jaar geleden schreef hij met een collega een quick scan over de stand van zaken. Voor het meten van concentraties ammoniak, methaan en CO₂ in de stal-

lucht zijn de beschikbare sensoren nauwkeurig en betrouwbaar genoeg. Voor lachgas, geurstoffen en fijnstof is dat nog niet het geval. „Voor fijnstof bestaan wel sensoren, maar dat is voor lagere concentraties”, zegt Winkel. „In stallen is de concentratie tot driehonderd maal hoger dan in de buitenlucht.”

De eerste richtlijnen voor sensormetingen in stallen zijn begin dit jaar gepubliceerd, voor de dichte stallen waarin kippen, varkens en vleeskalveren worden gehouden. „Meten in stallen voor melkkoeien en melkgeiten is lastiger”, zegt Vonk. Want die zijn meestal open. Daardoor is het luchtdebiet lastiger te bepalen. Dat geeft het volume lucht aan dat per tijdseenheid in en uit de stal stroomt. Die waarde is nodig om de uitstoot te berekenen. Daarvoor wordt het luchtdebiet vermenigvuldigd met het verschil tussen de gemeten concentratie van de stof in de lucht die de stal verlaat en de lucht die de stal binnenstroomt.

Zelfs in een dichte stal varieert het luchtdebiet veel, zegt Vonk. Bij oudere dieren laat je meer verse lucht door een stal stromen. En bij warmer weer bijvoorbeeld ook.

Het luchtdebiet bepalen wordt al lastiger bij stallen met een uitloop. Want hoe meet je de luchtstroom, en de uitstoot, als dieren ook af en toe buiten lopen? Daarvoor worden nu richtlijnen ontwikkeld, zegt Winkel. Dat geldt ook voor stallen waarbij koeien een aanzienlijk deel van het jaar buiten in de wei lopen.

Het voordeel van sensormetingen voor boeren is dat ze heel direct inzicht krijgt in hun uitstoot, zegt Winkel. Zeggen dat ze minder ammoniak moeten uitstoten om de neerslag van stikstof op natuur te verminderen, klinkt erg abstract. „Hoe weet een individuele boer wat hij op zijn bedrijf het beste kan doen?” Met sensormetingen controleert een boer of maatregelen, zoals aanpassing van het voer of de ventilatie, effect hebben. Zo kan hij beter sturen. Dat is ook een term die nu rondzingt: doelsturing. In het regeerakkoord van vorige maand schrijft het kabinet „toe te werken naar doelstelling (...) voor klimaat- en stikstofemissie”.

Van depositie- naar emissiebeleid

Jan Willem Erisman, hoogleraar milieu en duurzaamheid aan de Universiteit Leiden, juicht de ontwikkeling van sensormetingen toe. Vorig jaar pleitte hij met twee collega's in een essay voor een verandering van depositie- naar emissiebeleid. Met per bedrijf vastgestelde doelen, precies zoals het kabinet wil.

Maar dat gaat verder dan alleen stikstof, schrijven ze. Stel ook doelen voor broeikasgassen als methaan en lachgas. En voor fosfaat, stikstof en bestrijdingsmiddelen die vanuit de akkers in het oppervlaktewater terecht komen. Dat vraagt meer dan alleen sensormetingen.

In hun essay pleiten de drie hoogleraren daarom ook voor een soort boekhoudsysteem, zoals het Mineralen Aangiftesysteem (MINAS) dat er tussen 1996 en 2006 was, en waarin boeren heel precies bijhielden hoeveel mineralen het bedrijf inkwamen en weer uitgingen. Het merendeel van de melkveehouders werkt sinds 2013 weer met een soortgelijk rekeningsysteem, de Kringloopwijzer.

Ook Winkel en Vonk verwachten in de toekomst een systeem waarbij elk boerenbedrijf sensormetingen combineert met gegevens uit een rekeningsysteem, zoals de Kringloopwijzer. Voor houderijen van kippen, varkens, vleeskalveren, geiten moet zo'n rekeningsysteem nog wel ontwikkeld worden, zegt Winkel, terwijl vijf meter verderop een koe haar staart optilt en poept op de roostervloer kleddert.

„En de tijd dringt.” Wettelijk is vastgelegd dat de uitstoot van ammoniak door de landbouw binnen tien jaar min of meer gehalveerd moet zijn. De slechte waterkwaliteit moet zelfs binnen drie jaar op orde zijn. Winkel: „Als de politiek dat wil halen, moet er nogal wat gebeuren.”