

OP ZOEK NAAR ONBEKENDE BRONNEN VAN BROEIKASGASSEN

A. Hensen

Revisies		
A		
B		
Opgesteld door: A. Hensen	Goedgekeurd door: J.W.Erisman	ECN-Schoon Fossiel
Geverifieerd door: P.A.J.P.Cnubben	Vrijgegeven door: C.A.M. van der Klein	

Verantwoording

Bij de uitvoering van het project zijn twee stagiaires intensief betrokken geweest. Dorien Lolkema heeft meegewerkt bij het uitvoeren van de TDL metingen, Luis Amor heeft 6 maanden gewerkt aan het ontwikkelen en testen van een sensor voor HFK's en SF₆.

Dit project werd uitgevoerd in het kader van het ROB programma in opdracht van VROM/Novem 2000 onder ECN project nummer 72755.

Leeswijzer

Hoofdstuk 1 geeft een kort overzicht voor wat betreft het hoe en waarom van dit project. In het tweede hoofdstuk worden de doelstellingen en de opzet van het project behandeld. Hoofdstuk 3 behandelt de gebruikte meettechnieken. Tevens wordt een overzicht van de verschillende meetdagen gegeven. In het vierde hoofdstuk worden per meetdag voorbeelden gegeven van karakteristieke metingen. In hoofdstuk 5 worden de resultaten samengevat en vergeleken met reeds beschikbare emissie getallen. In hoofdstuk 6 behandelt de conclusies en bovendien worden aanbevelingen gedaan voor verder onderzoek.

Naast deze rapportage is een brochure gemaakt waarin de gehanteerde aanpak van het uitgevoerde onderzoek in het kader van dit project worden weergegeven. Deze is bijgevoegd in bijlage 1

INHOUD

1.	INLEIDING	5
1.1	Metingen van emissies van broeikasgassen	5
1.2	Methaan en Lachgas	7
1.3	HFK's en PFK's	7
2.	DE OPZET VAN HET PROJECT	9
2.1	Doelstelling	9
2.2	Samenvatting van de project methodiek	9
3.	BESCHIKBARE MEETTECHNIEK	11
3.1	Algemeen	11
3.2	Monsternamen voor de CH ₄ en N ₂ O metingen	13
3.2.1	Concentratie meting: de Tunable Diode Laser (TDL)	13
3.3	SF ₆ en HFK metingen	15
3.4	Meteorologische gegevens	16
3.5	Dataverwerking en modelberekeningen	16
3.6	Metingen in het kader van dit project	18
3.7	De verschillende meetcampagnes	19
4.	RESULTATEN	21
4.1	Meetdag 1: woensdag 26 april 2000	21
4.1.1	Voorbeelden van de metingen	21
4.1.2	N ₂ O emissie meting ten noorden van het Hoogovens terrein.	24
4.1.3	Traject meting op de A9 van Beverwijk tot Alkmaar	25
4.2	Meetdag 2: donderdag 11 mei 2000	26
4.2.1	Een onbekende bron	27
4.3	Meetdag 3: 21 juli 2000	28
4.4	Metingen bij het Medisch centrum in Alkmaar in 1996	30
4.5	Metingen met de HFK sensor	31
4.5.1	Metingen in het veld.	31
4.5.2	Metingen in een koelhuis in Velsen-Noord	31
4.5.3	Conclusie van de HFK metingen	31
5.	DISCUSSIE	33
5.1	De bronnen op een rijtje	33
5.2	Overzicht van alle bronnen	33
5.2.1	Bronnen van Lachgas	34
5.2.2	Bronnen van Methaan	35
6.	CONCLUSIES: HET NUT VAN MOBIELE METINGEN	39
6.1	Aanbevelingen	39
7.	DISSIMINATIE ACTIVITEITEN	41
8.	MET DANK AAN	41
9.	LITERATUUR	42

1. INLEIDING

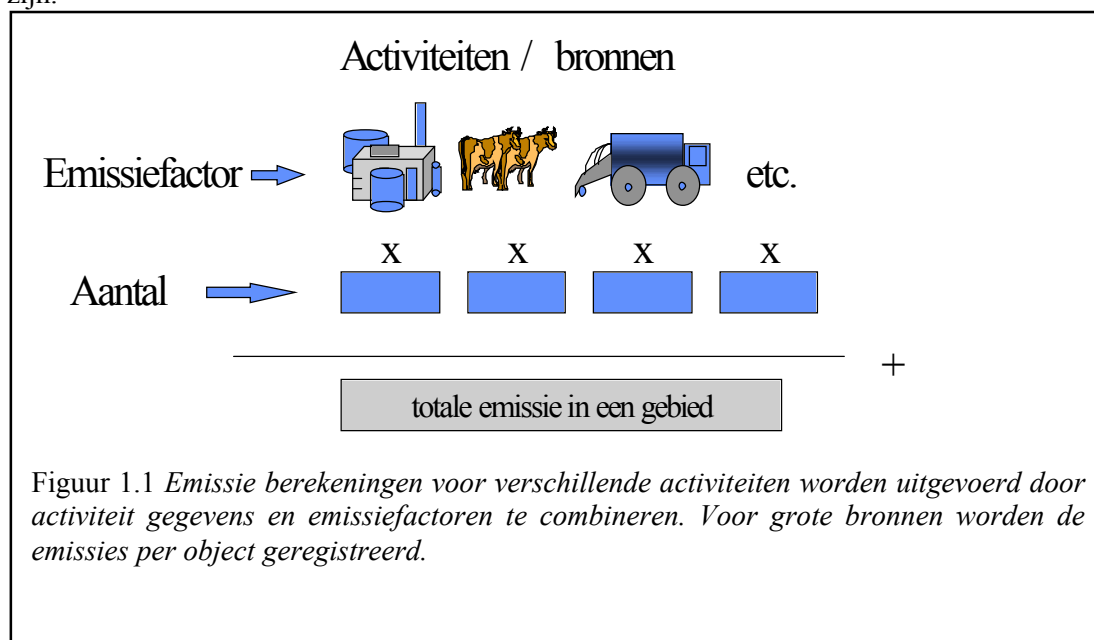
Naar aanleiding van de conferentie in Kyoto zijn in Europa emissie reductie doelstellingen per land geformuleerd. In de Uitvoeringsnota Klimaatbeleid (VROM Juni 1999) is aangegeven welke verschillende maatregelen uitgevoerd worden om de beoogde reductie in 2010 van 6% t.o.v. het referentie niveau in 1990 te realiseren.

Teneinde de effectiviteit van verschillende maatregelen te evalueren wordt gezocht naar methoden, bijvoorbeeld metingen, die de emissiereductie werkelijk zichtbaar maken. Daarnaast is het belangrijk te weten dat er geen bronnen over het hoofd gezien zijn, zodat de rapportage van de nationale emissieniveaus inderdaad accuraat is. In de afgelopen jaren is al een uitgebreid systeem van emissie registratie in Nederland opgezet. In dit systeem worden activiteit-gegevens en emissiefactoren gebruikt om voor verschillende activiteiten de bijdrage aan de nationale emissie te schatten. (Zie figuur 1.1) Voor een aantal bronnen is nog een grote onzekerheid in de activiteit data en/of de gebruikte emissiefactoren. Bovendien kan het zijn dat er in de is het niet zeker dat in de huidige emissieregistratie alle bronnen verdisconteerd zijn.

1.1 Metingen van emissies van broeikasgassen

Inmiddels zijn er voor de meting van N_2O en CH_4 mobiele meettechnieken beschikbaar gekomen die het opsporen van onbekende bronnen, en het relatief snel bepalen van emissiesterkten van deze bronnen mogelijk maken. Een voorbeeld daarvan is de Tunable Diode Laser spectrometer. Met een dergelijk instrument zijn de afgelopen drie jaar verschillende evaluaties van de methaan emissie van vier verschillende stortplaatsen verricht (Hensen & Scharff, 2000). Ook werd aangetoond dat metingen van N_2O pluimen van bijvoorbeeld een ziekenhuis of een waterzuiveringsinstallaties, mogelijk zijn.

In het hier beschreven project dat uitgevoerd is in het kader van het **Reductieplan Overige Broeikasgassen (ROB)** van VROM/Novem, gekeken in hoeverre nieuwe mobiele meettechnieken een optie zijn voor het opsporen van vooralsnog niet bekende bronnen en in hoeverre bronnen waarvan de emissiesterkte onzeker is met metingen beter te karakteriseren zijn.



Figuur 1.1 Emissie berekeningen voor verschillende activiteiten worden uitgevoerd door activiteit gegevens en emissiefactoren te combineren. Voor grote bronnen worden de emissies per object geregistreerd.

De in dit project uitgevoerde metingen leveren een set emissie data op. Deze gemeten emissies kunnen vergeleken worden met de emissieschattingen zoals die te verkrijgen zijn op de manier waarop dat binnen het emissieregistratie systeem wordt gedaan. (zie ook figuur 2.1) Bij het voorbereiden van het project werd een eerste inventarisatie gemaakt van mogelijke bronnen waarbij metingen uitgevoerd zouden kunnen worden. Deze inventarisatie is gebaseerd op de emissie registratie rapporten (Coenen et.al, 2000). Voor wat betreft HFK, PFK en SF₆ emissies, werd een rapport van KPMG gebruikt (KPMG,1999). Het overzicht dat hier gegeven wordt is niet volledig, maar geeft een goede indruk van de te selecteren bronnen die tijdens de meetcampagnes bezocht kunnen worden.

Bekend is niet altijd bepaald.....

De tijdens dit project uitgevoerde metingen hebben tot doel onbekende broeikasgas-bronnen te identificeren. Het heeft echter geen zin om zonder enig plan rond te gaan rijden. Daarom zijn de meettrajecten gekozen langs bekende bronnen met een significante emissie maar waarbij er een hoge mate van onzekerheid bestaat omtrent het emissieniveau. Rijdend over het meettraject kunnen onbekende bronnen worden gesignaleerd en geïdentificeerd, waarbij tevens een bronsterkte kan worden bepaald. Daarnaast moet nadrukkelijk worden opgemerkt dat de, in de emissieregistratie rapporten emissie data de status van “*best beschikbare schattingen* “ hebben. Een groot aantal van deze getallen heeft een grote onzekerheid. In de rapporten van emissie registratie wordt deze onzekerheid ook aangegeven. Bij formulering van beleid rest echter weinig anders dan de verschillende getallen voor waar aan te nemen. In bijlage 1 is een overzicht gegeven van de mate van onzekerheid van de emissiesterkten van een aantal broncategorieën. Zo zijn bijvoorbeeld methaanemissies van stortplaatsen en emissies bij niet industriële verbranding gebaseerd op een beperkt aantal metingen. Datzelfde geldt voor emissies van N₂O als gevolg van kunstmest gebruik en voor emissies afkomstig van bij verschillende vormen van scheepvaart. Een grote onzekerheid wordt eveneens aangegeven voor emissie gerelateerd aan woningverwarming en voor de emissie van CH₄ en N₂O uit voertuigen. Omdat de hier gerapporteerde metingen allen in de lente en zomer plaatsvonden, hebben we voor wat betreft woningverwarming geen nieuwe meetgegevens kunnen verkrijgen.

De officiële emissieniveaus van broeikasgassen voor Nederland zijn weergegeven in tabel 1.1. Deze tabel is ontleend aan de emissie registratie rapportage over 1997. (Coenen et.al, 1999)

Tabel 1.1 *Emissies van broeikasgassen in Nederland. In Mton CO₂ equivalent/jaar (Ceq).*

Groep	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CFC & Halonen	HFC	PFC	SF ₆	Totaal Ceq.	Bijdrage %
Raffinage	11.5	0.012	0.02					11.5	4.6
Energie sector	48	3.2	0.1					51	21
Industrie	44	0.086	10.5	0.18	5.7	2.1	1.5	64.5	26
Afval verwerking	5.9	9.4	0.02	1.6				17	6.8
Landbouw en veeteelt	7.8	9.2	8	0	0.04			25	10
Transport en verkeer	34	0.11	2	0.09	0.12			37	15
Consumenten	20	0.35	0.02	0.17	0.27			21	8.5
Overigen	14	1.24	1.5	0.94	0.51			18	7.3
Totaal antropogeen	186	23.5	22	2.97	6.6	2.1		245	99
Natuurlijk		1.5							2.21
Totaal 1996	189	27.1	22.8	5.4	6.6	2.1	1.5	254	103
Totaal 1997	188	25.8	23.4	4.4	7.7	2.1	1.5	253	102
Totaal 1998	186	25	22.9	3	7.9	2.1	1.5	247	100

1.2 Methaan en Lachgas

Methaan en Lachgas zijn net als kooldioxide broeikasgassen. Doordat ze licht in het infrarode gebied van het spectrum absorberen, houden ze uitgestraalde warmte van het aardoppervlak tegen. Hoewel de concentraties van beide gasen aanzienlijk lager liggen dan die van kooldioxide zijn ze wel degelijk van belang. Dat komt omdat deze gasen, net als de HFK's en PFK's per kilo een veel groter effect op de absorptie hebben dan CO₂. Dit wordt uitgedrukt in het Global Warming Potential (GWP) van de betreffende component. Omdat niet alle gasen na emissie even lang in de atmosfeer doorbrengen, is de GWP waarde afhankelijk van de tijdshorizon die we gebruiken. Momenteel wordt vrijwel altijd de GWP waarde voor een tijdshorizon van 100 jaar gebruikt. Methaan heeft dan een GWP van 21, wat wil zeggen dat 1 kg CH₄ even veel bijdraagt als 21 kg CO₂. Voor N₂O ligt deze waarde op 310 kg CO₂ equivalent. De belangrijkste bronnen voor methaan in Nederland zijn de stortplaatsen en de veeteelt. Bij stortplaatsen komt methaan vrij dat gevormd wordt tijdens afbraakprocessen in het anaëroob stortlichaam. Bij herkauwers (met name de koeien) wordt methaan gevormd in de maag en komt het met name vrij door ademhaling van het dier. Met name koeien vormen een belangrijke bron. Methaan emissies vinden eveneens plaats bij mestopslag en bij het uitrijden van mest. Lachgas komt vrij uit gras en akkerland, waarbij de hoeveelheid stikstof die beschikbaar is de bepalende factor is. Hoe meer bemesting plaats vindt, hoe hoger de N₂O emissie. Deze emissie vindt plaats over grote oppervlakken in ons land. Grote punt-bronnen van lachgas zijn de kunstmestfabrieken (salpeterzuurfabrieken). Katalysatoren in auto's die tot doel hebben NO_x te verwijderen blijken een in omvang toenemende bron van N₂O.

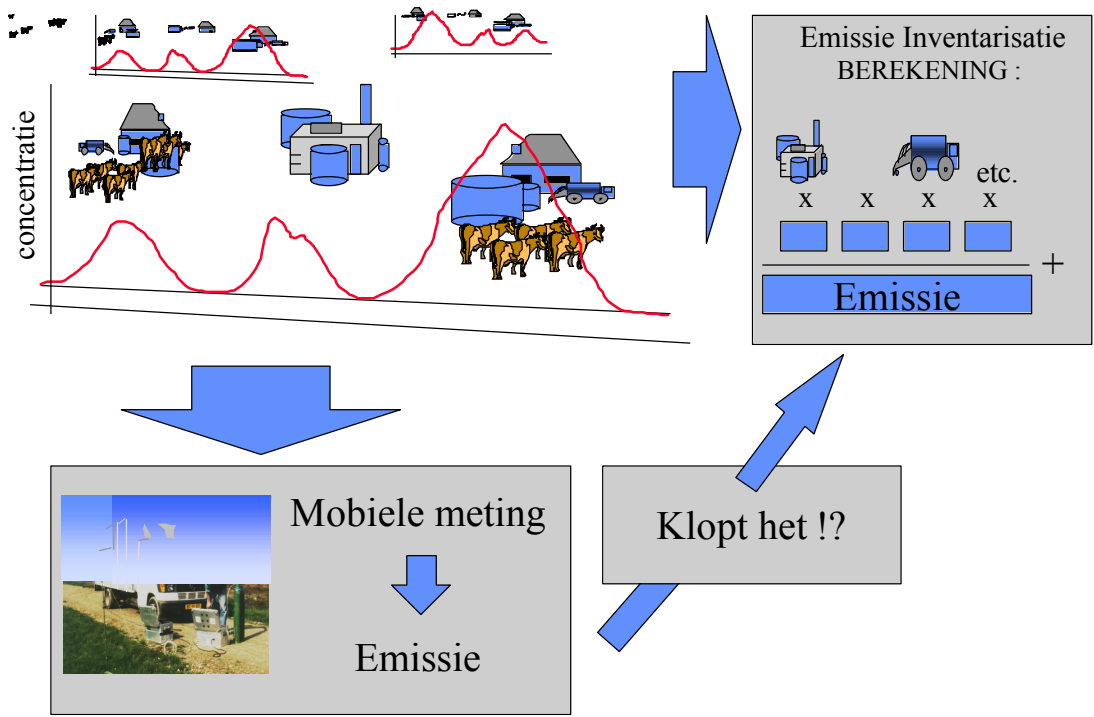
1.3 HFK's en PFK's

De emissies van verschillende HFK's en PFK's zijn vastgesteld op basis van enquêtes die werden uitgevoerd door KPMG. De conclusie van is dat er 7 componenten zijn met emissieniveaus van met meer dan 0.1 Mton CO₂ equivalent per jaar. (zie tabel 1.2) Deze informatie is met name van belang voor de ontwikkeling van een mobiele sensor voor HFK's, PFK's en SF₆. Door vermenigvuldiging van de bronsterkten (KPMG) met de GWP's per component te is te zien welke componenten prioriteit moeten krijgen bij het beter definiëren van het emissieniveau.

Tabel 1.2 HFK en PFK emissies vergeleken

Component	Emissie # (ton)	GWP	LOAD Mton CO ₂ eq.	Gebruikt voor #
HFK 125	119	2800	0.3	koeling
HFK 134A	274	1300	0.4	koeling
	776		1	spritbus & schuim
HFK 143A	120	3800	0.5	koeling
HFK 23	>0.06	11700	0.06	
PFK				
PFK14 (CF ₄)	300	6500	2	Aluminium productie
PFK116 (C ₂ F ₆)	30	9200	0.3	Idem
SF ₆				
SF ₆	11	23900	0.3	geluid, halfgeleiders. gebruik weinig bekend

Bron : KPMG 1999



Figuur 2.1 *Het idee van dit project is het opsporen en proberen te kwantificeren van emissies met mobiele metingen. Zodoende vinden we nieuwe bronnen en kunnen we een onafhankelijke schatting maken van de bronsterkte van reeds bekende bronnen.*

2. DE OPZET VAN HET PROJECT

2.1 Doelstelling

- Het opsporen van tot nu toe niet in de emissie registratie gerapporteerde bronnen van broeikasgassen.
- Het verkrijgen van een set, op metingen gebaseerde, emissiesterkten, voor verschillende bronnen waarvan de emissie nu nog met een grote onzekerheid behept is.

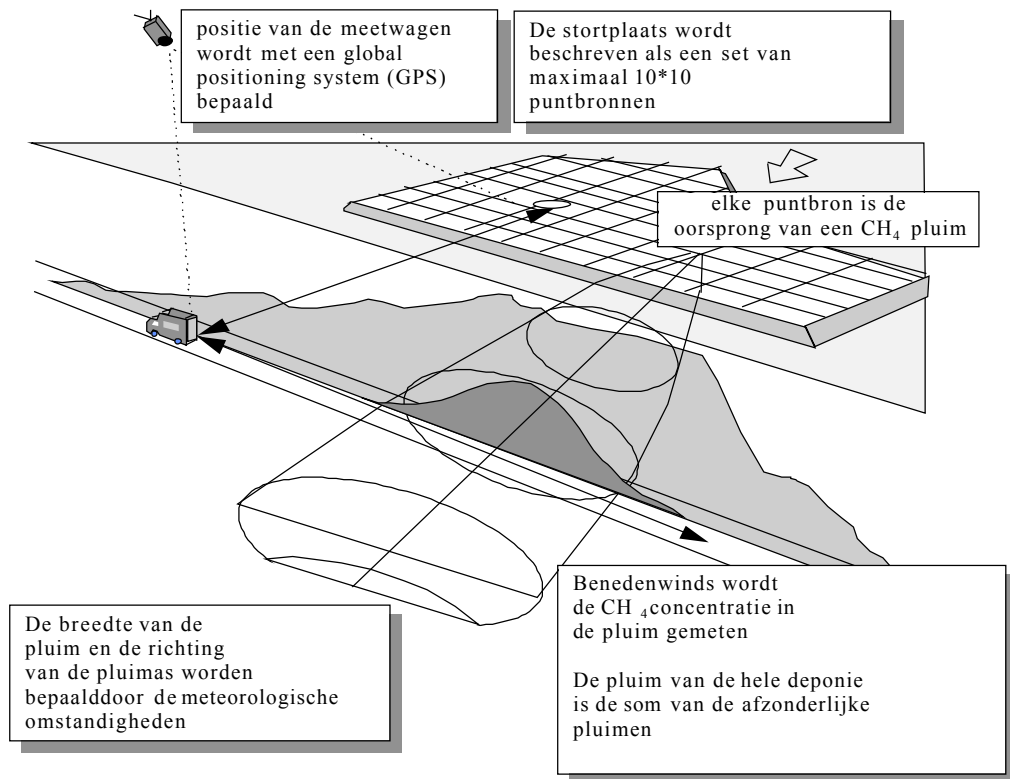
Opmerkingen betreffende het bereiken van de doelstellingen

- Er waren drie meetdagen beschikbaar
- De nadruk lag op het zoeken naar onbekende bronnen
- Het doel van de metingen is gericht op het identificeren van processen waar we met emissies rekeningen moeten houden. Niet om een individuele bron straks “aan te kunnen pakken”.

2.2 Samenvatting van de project methodiek

- I. Op basis van met name de emissie registratie rapportage zijn gebieden gezocht waar mogelijk onbekende bronnen voorkomen. Gezond verstand zegt dat waar veel antropogene activiteiten worden ontplooid, er ook een grote kans is onbekende bronnen te identificeren.
- II. De conclusie van de korte evaluatie is dat industrieterreinen, in allerlei soorten en maten de meest waarschijnlijke gebieden zijn waar emissies kunnen optreden. Maar in het stedelijk gebied en agrarisch gebied zijn eveneens metingen verricht.
- III. In ieder gebied zijn een aantal reeds bekende bronnen aanwezig. Meettrajecten zijn uitgekozen waarbij een aantal bekende bronnen zijn bezocht. In de tussenliggende gebieden is naar onbekende bronnen gespeurd.
- IV. Er zijn drie redenen om reeds bekende bronnen in het meettraject op te nemen.
 - A. De emissie van de zogenaamde bekende bronnen is lang niet altijd kwantitatief goed bekend. De gemeten emissiesterkten bieden dus een onafhankelijke bepaalde meetwaarde ter ondersteuning van het emissie registratie systeem.
 - B. Een aantal bekende bronnen zijn twee of drie keer op de verschillende meetdagen van dit project bezocht. Op deze wijze wordt een indruk verkregen van de onzekerheid in de geschatte emissies, ook voor de andere bronnen die we maar een keer bezoeken. De spreiding in de verschillende emissiebepalingen is de resultante van onzekerheid door de meetmethode en de variatie van de bronsterkte in de tijd.
 - C. Tijdens het uitvoeren van de metingen geeft de registratie van een significante emissie door het meetsysteem voor de operators een indruk in hoeverre alles optimaal functioneert
- V. De metingen zijn uitgevoerd op drie dagen.
- VI. Tussen de meetdagen is tijd besteed aan de optimalisatie van het meetsysteem en de automatisering van de dataverwerking.
- VII. De verkregen resultaten zijn vergeleken met de schattingen op basis van de gebruikelijke emissie registratie methodieken.

Rapportage en terugkoppeling van resultaten naar Novem en VROM heeft plaats gevonden tussen de verschillende meetcampagnes.



Figuur 3.1 *Overzicht van de meetopzet met hier als voorbeeld een stortplaats. Een dergelijk grote bron kan gezien worden als een samenstelling van een groot aantal puntbronnen*

3. BESCHIKBARE MEETTECHNIEK

In dit hoofdstuk wordt de meettechniek beschreven. In het eerste deel wordt met name de methode behandeld met voorbeelden van CH₄ en N₂O metingen. Binnen dit project werd tevens gewerkt aan een prototype HFK en SF₆ sensor. Op deze metingen wordt in paragraaf 3.3 verder in gegaan.

3.1 Algemeen

Gas dat vrij komt uit een bron zal vanaf de locatie van de bron meegevoerd worden met de wind. Turbulentie, wervelingen die aanwezig zijn in het windveld zorgen dat een pluim ontstaat die, naar mate de afstand tot de bron groter wordt, steeds breder en hoger wordt. Op enige afstand van de bron kan met een meetwagen door een dergelijke pluim heen rijden en de concentratie in de verschillende delen van de pluim meten. Voor methaan en lachgas worden deze concentratiemetingen verricht met een tunable diode laser systeem (TDL) dat hieronder verder beschreven wordt. Met een Global Positioning System (GPS, Garmin type survey II) wordt de positie van de meetwagen geregistreerd. Elke seconde wordt de positie van de meetwagen met een resolutie van enkele meters bepaald. De combinatie van concentratie en positie metingen resulteert in een kaart waarin de concentratie als functie van de positie bepaald. Een overzicht van de opzet van de metingen is weergegeven in figuur 3.1.

Om de concentratie in de doorsnede van een pluim goed te kunnen berekenen, moet de afstand van de bron tot het meettraject voldoende groot zijn. Heel dicht bij een bron zal de gemeten concentratie een reeks aan hoge en lage pieken laten zien waaruit onmogelijk een schatting van de bronsterkte te maken is. Afhankelijk van de soort bron, een afval deponie, een ziekenhuis of een boerderij zal op een afstand van 100 tot een paar honderd meter inderdaad een pluim waarneembaar zijn die een min of meer gaussische vorm heeft (zie ook paragraaf 3.5). De pluim is daar ook constanter in tijd meetbaar.

De gemeten pluim is gesuperponeerd op de lokale achtergrond concentratie die in de lucht aanwezig is. Deze lokale achtergrond waarde is opgebouwd uit de achtergrondconcentratie op de breedtegraad plus een hoeveelheid die is toegevoegd door allerlei bronnen die bovenwinds liggen, maar waarvan het geëmitteerde gas goed gemengd is in de atmosfeer. Om deze lokale achtergrond waarde te bepalen is het niet nodig om metingen bovenwinds van de bron uit te voeren. In plaats daarvan gebruiken we de metingen aan beide zijden van de pluim. Voor methaan bedraagt de lokale achtergrond concentratie, afhankelijk van het seizoen en van de weerscondities ergens tussen de 1600 en 3000 ppb CH₄. Een pluim van een individuele bron is te herkennen als een piek op deze 'basislijn'. Voor methaan zijn pieken van ongeveer 50 ppb of meer goed herkenbaar. Een nadere uitleg over wanneer een bron wel en niet opgemerkt zal worden is weergegeven in het tekstkader bij figuur 3.2.

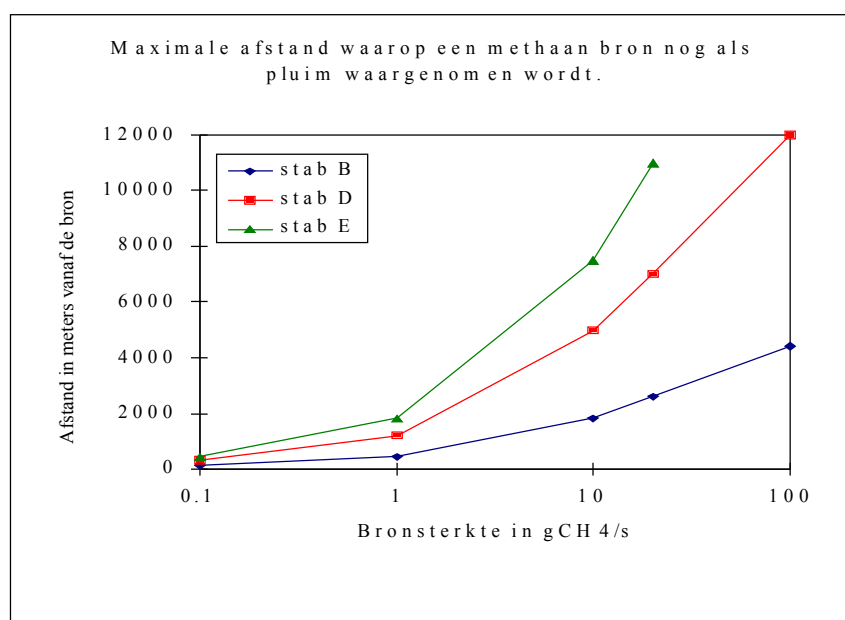
De pluimas verplaatst zich met de gemiddelde windrichting, bij mobiele metingen moet de meting op een meettraject door een pluim heen daarom niet veel langer als enkele minuten duren. Is de meettijd te lang dan kan de pluimas met de rijrichting mee bewegen waardoor een te brede pluim gemeten wordt en een overschatting van de emissie plaats zal vinden. Beweegt de pluimas, tegen de rijrichting dan lijkt de pluim smaller en zal de emissie onderschat worden. De meetmethode moet dus in staat zijn om de relatief lage concentraties die optreden zodra de pluim goed gemengd is, snel te meten. Voor CH₄ en N₂O is de TDL daarom een aangewezen meetapparaat voor het meten van dit soort pluimen. De conventioneel beschikbare meettechnieken voor CH₄ hebben ofwel een te lage resolutie in de concentratie metingen (continue metingen met een Flame Ionisation Detector (FID) of infrarood detectie) of de meettijd is te lang is voor het goed karakteriseren van een pluim (bijvoorbeeld metingen met een Gas Chromatograaf (GC)).

Drempelwaarde voor bronnen: een voorbeeld voor methaan

De kans dat een onbekende bron wordt gevonden is afhankelijk van een aantal parameters. In ieder geval moet wind eerst over de bron en daarna over het meettraject komen, anders zal de pluim niet gemeten kunnen worden. Verder moet de bronsterkte voldoende hoog zijn. De minimale waarde voor dit niveau is afhankelijk van de afstand tussen van de bron tot het meettraject weten. Het is duidelijk dat om gedetecteerd te kunnen worden, een bron op 100 meter van het meettraject veel minder gas hoeft te emitteren dan een bron die op 1000 m afstand ligt.

Voor zowel CH₄ als voor N₂O geldt dat een bron wordt gemeten indien concentratie in de pluim meer dan 20 –30 ppb boven de lokale achtergrond concentratie uit komt. Daarmee kan worden aangegeven hoe sterk een bron moet zijn, als functie van de afstand tot het meettraject, om gedetecteerd te worden. Dit is weergegeven in figuur 3.2. Geplot is de afstand waarbij de concentratie in de pluim tenminste 40 ppb boven de achtergrond uit komt. Een kleine bron, van bijvoorbeeld 0.1 gCH₄/s (dit is equivalent met ongeveer 40 koeien) is alleen waarneembaar binnen een afstand van enkele honderden meters. Een middelgrote bron van 5-10 gCH₄/s, bijvoorbeeld een gasstation is tot een afstand van 3-4 kilometer waarneembaar. Hele grote bronnen zoals bijvoorbeeld stortplaatsen zijn tot een afstand van 8-10 km terug te vinden. In de praktijk is echter de maximale afstand ook voor grote bronnen meestal tot ongeveer 5 kilometer beperkt. Immers, naar mate de afstand tussen bron en receptor toeneemt wordt de kans groter dat er een andere bron in het tussen gelegen gebied.

In figuur 3 weergegeven tot welke afstand een bron met een gegeven bronsterkte zichtbaar zal zijn. Deze afstand hangt mede af van de turbulentiegraad van de atmosfeer. Deze kan worden aangeduid met de Pasquill stabiliteitsklasse. Klasse D (neutraal) wil zeggen dat de turbulentie van de atmosfeer bepaald wordt door de optredende wind. Bij klasse B (onstabil) treedt er extra menging op omdat bijvoorbeeld inkomende zonnestraling warme lucht aan het aardoppervlak genereert. De opstijgende lucht zorgt voor een efficiëntere menging. Bij stabiliteitsklasse E (stabiel) wordt de door de wind aangedreven turbulentie juist onderdrukt doordat koude lucht aan het aardoppervlak moeilijk mengt met warmere luchtlagen daarboven.



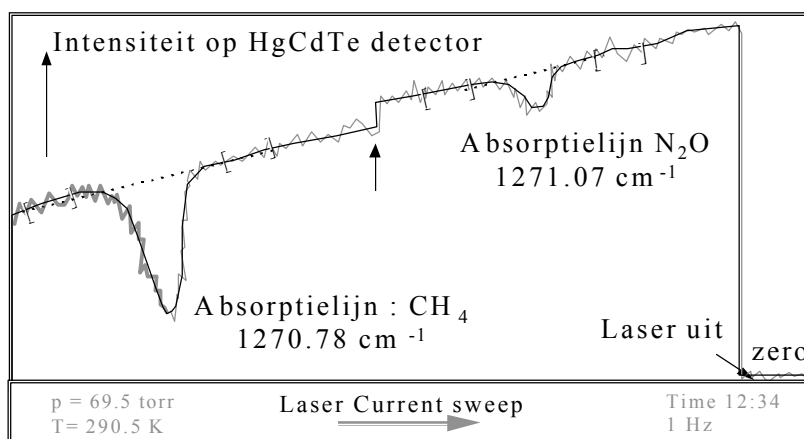
Figuur 3.2 De afstand tot waar een bron van een zekere bronsterkte nog te zien is, geplot voor verschillende atmosferische condities (zie ook de tekstkader hierboven).

3.2 Monsternamen voor de CH₄ en N₂O metingen

Op het dak van de meetwagen wordt buitenlucht aangezogen. Om de vertraging tussen de concentratie metingen en de positie metingen zo gering mogelijk te maken wordt de lucht met een bekende snelheid naar de TDL gezogen. De monster lucht voor de spectroscopie wordt hieruit afgetapt. De pomp die de laser op onderdruk houdt geeft bij de lage druk een relatief klein debiet. Met deze configuratie wordt de vertragingstijd tussen de 5 en 10 seconden. De responstijd (90% voor een staprespons) wordt bepaald door menging in het systeem, deze bedraagt ongeveer 2 seconden.

3.2.1 Concentratie meting: de Tunable Diode Laser (TDL)

De term Tunable Diode Laser verwijst naar de lichtbron die gebruikt wordt bij deze spectroscopische meetmethode. De lichtbron in het systeem is vaste stof laser met een omvang van 0.2*0.2*0.2 mm zoals die ook in CD spelers wordt gebruikt. Deze wordt tot ongeveer -190 °C gekoeld met behulp van vloeibaar stikstof. De temperatuur van en de stroom door de laser bepalen samen de grootte van het kristal en daarmee de golflengte van het uitgaande licht. Deze golflengte is dermate goed gedefinieerd dat de "breedte" ervan, in het spectrum gezien veel kleiner is dan de breedte van een absorptielijn van een gas. CH₄ en N₂O hebben beide een groot aantal absorptielijnen in het infrarood gebied. De laser is in staat in een heel nauw golflengte gebied in het IR licht te produceren. De golflengte van het uitgaande laserlicht wordt gevarieerd door de stroom door de diode met een zaagtand te laten variëren. De intensiteit van het laserlicht wordt gedurende deze verandering continue gemeten. Indien in het gebied tussen de start golflengte en eind golflengte van de zaagtand een absorptielijn van de te bemeten component aanwezig is zal deze zichtbaar worden op de uitgang van de detector. De computer unit die de laser bestuurt en de detectoren uitleest geeft op het scherm de absorptie lijn weer. Dit is weergegeven in figuur 3.3.



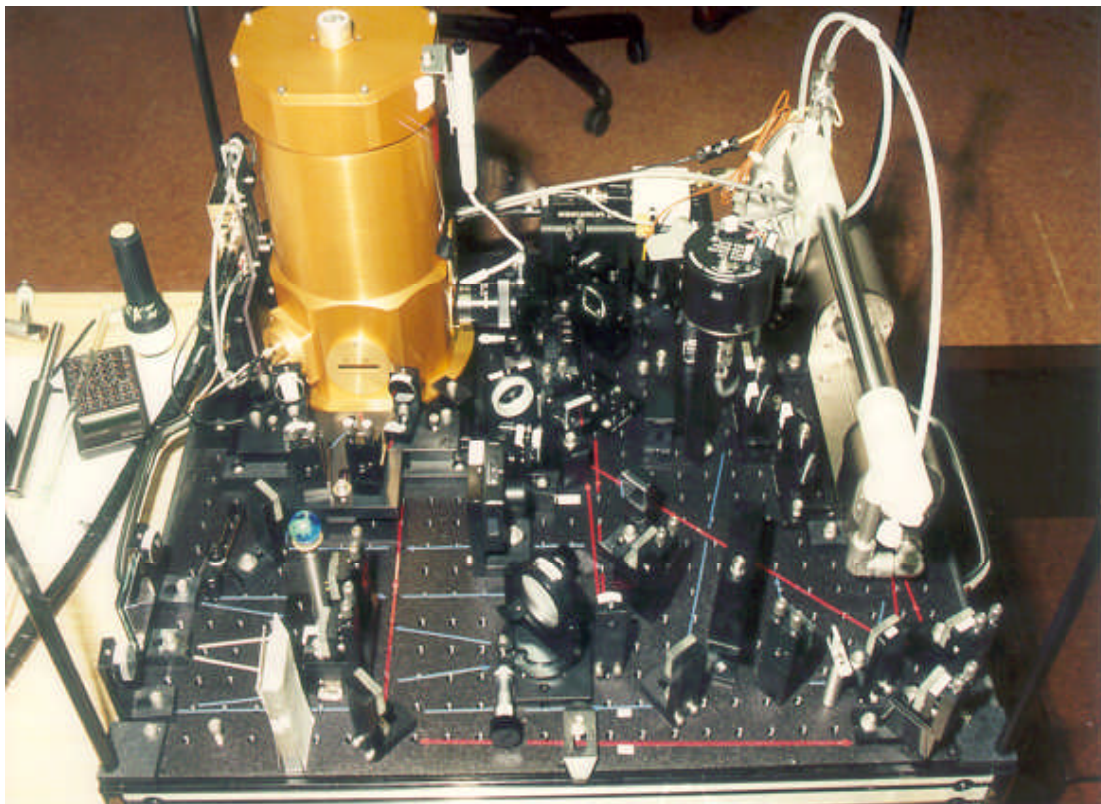
Figuur 3.3 Voorbeeld van een absorptiemeting

Absorptie in de meetcel: onderdruk nodig

De aangezogen lucht wordt in een meetcel gezogen. Aan de uiteinden van deze cel zijn spiegels gemonteerd. In een van de twee spiegels zit in het midden een opening. De lichtbundel komt door de opening tussen de twee spiegels terecht. Na 180 reflecties heeft het licht een weglengte van 36 meter afgelegd. De spiegels zijn zo gevormd dat de bundel weer uitgaat door de opening in de ingangsspiegel. Het te bemeten gas wordt door de cel heen geleid, afhankelijk van de concentratie van de component zal meer of minder absorptie optreden.

De uitgaande lichtbundel wordt naar een detector geleid die de intensiteit van de bundel meet. De druk in de meetcel wordt laag gehouden, ongeveer 100 mbar. Hierdoor treden minder botsingen op tussen verschillende moleculen, dat heeft als gevolg dat de absorptielijn smal blijft en goed te scheiden is van absorptielijnen van andere gassen. Ook worden daardoor invloeden van de concentratie van het te meten gas op en om de optische tafel (dus in de meetauto of het laboratorium zelf) verwaarloosbaar ten opzichte van effecten van concentratie variaties in de monsterlucht.

De meervoudige-reflectie cel, met padlengte van 36 meter is naast de laser het meest belangrijke deel van de spectroscop. Doordat een lange weglengte beschikbaar is, kunnen lage concentraties goed bemeaten worden. Bovendien kan de monsterlucht in de cel, die slechts een inhoud van 300 ml heeft, snel verversed worden. Een schematisch overzicht van de TDL is weergegeven in figuur 3.4. Het TDL systeem is speciaal ontworpen voor veldmetingen en werd geleverd door Aerodyne Research Inc. Billerica, MA, USA.



Figuur 3.4 De optische tafel van de Tunable Diode Laser

Calibratieprocedure en meetnauwkeurigheid

Bij de mobiele metingen kan de respons van het TDL systeem op de aangeboden concentratie door allerlei invloeden veranderen. Hiervoor moet gecorrigeerd worden. Voor en na elke pluimmeting zijn monsters genomen uit een gaszak met een bekende concentratie. De gemeten waarden werden met deze calibratiemetingen gecorrigeerd. Een correctie voor veranderingen in de basislijn is verricht op basis van metingen met een lage standaard.

De gebruikte concentraties voor de standaarden zijn bepaald met een GC t.o.v. de ECN werkstandaarden, die op hun beurt weer gerelateerd zijn aan NOAA station standaarden. Deze standaarden worden internationaal ingezet voor atmosferische CH₄ metingen. De in het veld gebruikte standaarden hadden de volgende concentraties:

De lage standaard = buitenlucht met daarin : CH₄ 1848 ± 20 ppb en N₂O 310 ± 10 ppb.

De hoge standaard = buitenlucht met CH₄ 3610 ± 20 ppb en N₂O 509 ± 10 ppb

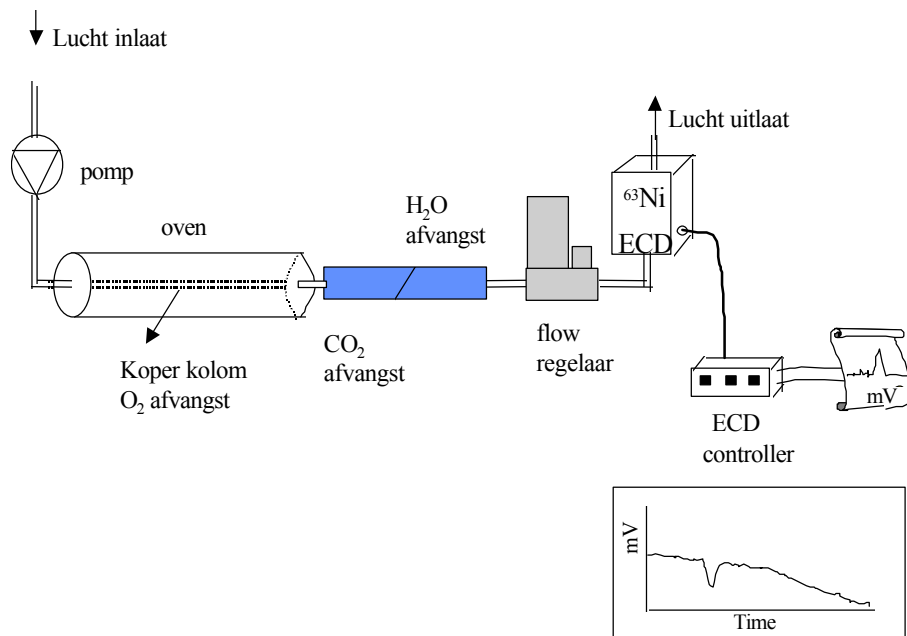
Voor de verschillende meetseries (pluimen) werden individuele correctiefactoren berekend op basis van de calibratiemetingen. De onzekerheid in de hier gerapporteerde concentraties en piekhoogten wordt geschat op 15%.

3.3 SF₆ en HFK metingen

Voor meting van SF₆ is in principe een meetmethode beschikbaar die eveneens in de VS wordt gebruikt. In het kader van dit project is een prototype SF₆ – HFK monitor geconstrueerd en getest. De in de VS gehanteerde meetmethode is niet geschikt voor het meten van de C-F componenten. Er is daarom geprobeerd het meetprincipe voor SF₆ aan te passen en een meetmethode voor SF₆ plus de C-F verbindingen te krijgen. Doel is een sensor die geen onderscheid maakt tussen de diverse componenten. Dit is geen aanpak die gebruikelijk is in gas monitoring, een dergelijk systeem dan ook nog niet commercieel verkrijgbaar..

Een prototype CF & SF₆ monitor is geassembleerd en getest. Tijdens de speurtocht naar onbekende bronnen zijn metingen van deze componenten simultaan uitgevoerd met de metingen van N₂O en/of CH₄. Het prototype maakt gebruik van een Electron Capture Detector (ECD) die zeer gevoelig is voor F, Br en Cl. De lucht in de detector wordt langs een radioactieve Nikkel-63 bron geleid. Deze bron produceert β-straling. De straling zorgt ervoor dat stikstof uit de lucht een electron verliest en zelf positief geladen wordt. Op een condensator, (twee platen waar een spanning over is aanbracht) worden de electronen opgevangen. Hoeveel electronen de plaat bereiken hangt af van de aanwezigheid van componenten die een grote affiniteit hebben voor deze electronen. Zijn die componenten aanwezig dan worden de electronen opgenomen en neemt de stroom die naar de condensator plaat loopt af. Deze stroom wordt dus bepaald door de hoeveelheid van de betreffende component. Allerlei componenten kunnen een signaal veroorzaken, zuurstof, water, kooldioxide, lachgas, HFK's en SF₆. De respons op de laatst genoemde componenten is bijzonder hoog. Indien we de concentraties van de andere componenten zo laag mogelijk kunnen maken en/of constant kunnen houden dan zijn de veranderingen in het signaal van de ECD dus een maat voor de concentratie van deze componenten.

Om zuurstof te verwijderen is een buis, gevuld met koper poeder, gebruikt. Ook werd een unit ingezet voor CO₂ en vocht verwijdering. Schematisch is de sensor weergegeven in figuur 3.5



Figuur 3.5 Prototype HFK sensor gebaseerd op een ECD sensor. De oven met een koper kolom op 300-600 graden dient voor het afvangen van zuurstof. De volgende vangt CO₂ en H₂O weg. De flowregelaar zorgt voor een constante stroming door de ECD detector. De opstelling werd gebruikt met en zonder oven en met en zonder CO₂ H₂O afvangst

3.4 Meteorologische gegevens

De meteorologische gegevens, die nodig zijn voor deze metingen, zijn de windrichting en de windsnelheid. In de hier uitgevoerde experimenten zijn die met verschillende instrumenten bepaald. Op de meetauto is een mastje gemonteerd met een conventionele windvaan en cup-anemometer voor respectievelijk windrichting en windsnelheid. Gedurende de laatste campagne werd een nieuw type windsnelheidsmeter getest waarin een solid state sensor werd gebruikt. Op 11 mei zijn uitgebreidere metingen uitgevoerd van meteorologische parameters met behulp van een ultrasonische windsnelheidsmeter. Deze meter bepaald zowel de horizontale als de verticale component van de windsnelheid. De meetgegevens zijn beschikbaar met een frequentie van 10 Hz, waardoor de turbulentiëgraad van de atmosfeer in beeld gebracht wordt. De mate van turbulentie is van belang, omdat deze bepaald hoe het geëmitteerd gas zich zal verspreiden. Turbulentie neemt toe bij toenemende windsnelheid maar eveneens bij toenemende convectie (verwarmde lucht die opstijgt van het aardoppervlak). Een bron met een constante bronsterkte zal bij een verhoging van de turbulentiëgraad in de atmosfeer een grotere verspreiding laten zien met lagere concentraties. Voor de analyse van de gegevens zijn de meteorologische gegevens met een resolutie van 1 minuut gebruikt.

Omdat de uitgebreidere meteorologische metingen meer tijd in beslag nemen en het project is gericht op het zoeken naar zo veel mogelijk onbekende bronnen is bij alle andere campagnes van hetzij de windvaan hetzij de solid state gegevens gebruik gemaakt.

3.5 Dataverwerking en modelberekeningen

Bij de verwerking van de gegevens worden alle meetwaarden gecombineerd en vindt een selectie plaats van de bruikbare pluimmetingen. De op deze wijze verkregen data worden

gebruikt in een atmosferisch model. Het gebruikte model is gebaseerd op de veel gebruikte veronderstelling dat gas, geëmitteerd uit een puntbron, zich in de vrije atmosfeer volgens een gaussische pluim zal verspreiden. Dat wil zeggen dat op voldoende afstand van de bron de concentratie gemeten in het vlak loodrecht op de pluimas, zowel in de verticaal als in de horizontaal beschreven kan worden met een gauss curve volgens:

$$\text{Concentratie}(x,y,z) = \frac{Q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} e^{-y^2/(2\sigma_y)^2} \cdot (e^{-(z-H)^2/(2\sigma_z)^2} + e^{-(z+H)^2/(2\sigma_z)^2}) \quad (1)$$

Hierin is de x-coördinaat langs de pluimas, de y-as loodrecht daarop en de z-as in de verticaal gekozen. Q is de bronsterkte van de puntbron, u is de windsnelheid, H de hoogte waarop de emissie plaatsvindt. De dispersie parameters σ_y en σ_z bepalen de breedte van de pluim en zijn afhankelijk van x, de afgelegde afstand vanaf de bron volgens :

$$\sigma_y = A \cdot x^B \cdot z_0^{0.2} \cdot T^{0.35} \quad (2)$$

$$\sigma_z = C \cdot x^D \cdot (10 \cdot z_0)^{0.53 \cdot E} \quad (3)$$

Hierin zijn A, B, C en D constanten die afhankelijk zijn van de stabiliteitsklasse waarbij $E = x^{-0.22}$. Z_0 (in m) is een maat voor de ruwheid van het oppervlak. T is de middelingsstijd waarop de pluim wordt bekeken.

Deze dispersie is dus afhankelijk van de meteorologische condities. De horizontale dispersie is met name gekoppeld aan veranderingen in de windrichting en de gemiddelde windsnelheid. De verticale dispersie wordt met name bepaald door de stabiliteit van de atmosfeer, de ruwheid van het oppervlak, die mede bepaald wordt door de aanwezigheid van obstakels. Omdat de pluim die van een puntbron afkomstig is niet in de aarde kan verdwijnen is in het laatste deel van (1) een correctie toegepast. Er treedt als het ware reflectie op, waardoor de concentratie aan het oppervlak hoger wordt (zie figuur 3.1). Een zelfde reflectie kan optreden, indien er in de atmosfeer een inversielaag aanwezig is. Bij de metingen overdag, zoals die hier uitgevoerd werden, op redelijk korte afstand van de bron en met bronnen op grondniveau is alleen de reflectie aan het oppervlak van belang.

Grotere bronnen zoals bijvoorbeeld deponiën kunnen niet beschreven worden als een puntbron, althans niet op een afstand die in dezelfde orde grootte ligt als de afmetingen van het brongebied. In dat geval kan in het model gewerkt met een raster van $10 * 10$ punten. Dit raster wordt zo gedimensioneerd dat het van bovenaf gezien de deponie geheel omvat. Afhankelijk van de opbouw van de deponie kunnen we op voorhand verwachten, dat een stuk van de deponie een hogere emissie zal geven dan een ander stuk. Dit is afhankelijk van de aanwezigheid van een afdeklaag, van gasonttrekkingsputten, en van actieve stort.

Op de plek waar pluimen gemeten zijn, is eveneens met het model een methaanconcentratie berekend. De berekende concentraties en de gemeten concentraties kunnen vervolgens worden vergeleken. De gerapporteerde bronsterkte is die waarde van Q waarbij de berekende en gemeten concentraties optimaal overeen komen.

Invoer parameters voor het model

De gegevens die het model nodig heeft om voor elke pluim de berekeningen uit te voeren zijn in twee groepen te verdelen. Allereerst gaat het om de windsnelheid, windrichting en in mindere mate de stabiliteit. Windsnelheidsmetingen zijn bepalend voor de dispersie, de windrichting bepaald met name hoe de pluimas loopt.

Daarnaast zijn er gegevens in het model nodig die specifiek zijn voor het terrein, het gaat dan om de afmetingen van een bron, en de afstand van de deponie tot het meettraject. Ook de hoogte van de bron ten opzichte van het grondniveau is een parameter in de modelberekeningen. De

ruwheidslengte z_0 is, samen met de integratietijd en de windsnelheid, bepalend voor de mate van dispersie.

3.6 Metingen in het kader van dit project

Binnen het project zijn aanpassingen uitgevoerd aan het reeds beschikbare systeem. Deze waren nodig om met name de survey metingen beter en sneller te kunnen uitvoeren. Er is programmatuur ontwikkeld waarmee de databestanden van de verschillende meetsystemen snel met elkaar gecombineerd kunnen worden. Tevens voorziet de nieuwe software in interpolatie van de positie gegevens van de GPS, deze vallen soms even uit, bijvoorbeeld indien er niet genoeg satellieten zichtbaar zijn. Een ander idee was om on-line, tijdens de metingen data omtrent bronnen in te kunnen voeren. Dit is nog niet gelukt. Dat heeft ook een heel praktische reden. Het blijkt bij het testen van de eerste programma's dat het in de auto moeilijk is om op een LCD scherm alle informatie goed te kunnen zien. Het op een penschrijver noteren van de gegevens, waarbij wel online op de laptop een met tijdlabeel voorziene code aan de data wordt toegevoegd blijkt goed te werken. Voorts is tijd besteed aan het aanpassen van de tot nu toe bestaande interpretatiesoftware. Een nieuwe versie van het gaussische model kan een willekeurige combinatie van emissie en receptorpunten evalueren. Er is dus niet meer perse een recht meettraject door een pluim nodig een bocht of een knik in de weg is geen probleem. Ook zijn enige andere praktische aanpassingen aan het meetsysteem uitgevoerd.

Een meetdag met mobiele metingen zoals hierboven beschreven kan op verschillende manieren worden ingevuld. Hierbij onderscheiden we drie typen van experimenten .

- Survey metingen : Op zoek naar bronnen
- Individuele bronsterkte metingen : De bronsterkte van specifieke bronnen wordt bepaald
- Traject metingen : Gebied-geïntegreerde metingen

Survey metingen

Langs een zo optimaal mogelijk bepaalde route worden verschillende mogelijke bronnen van een component gemeten. Verschillende pluimen worden in kaart gebracht en de vermoedelijke bron wordt aangegeven. Met gemiddelde meteo condities van de KNMI weer-stations kan een eerste orde schatting gemaakt worden van de bronsterkten. Indien werkelijk significante emissies gevonden worden kan besloten worden om direct lokale meteo metingen te verrichten Er wordt dan geprobeerd rond het bronobject te rijden. Indien mogelijk worden twee of drie pluimmetingen verricht. Omdat deze metingen per object enige tijd kosten kan ook besloten worden in latere instantie nogmaals dit object te bezoeken (zie individuele bronsterkte metingen). Op een meetdag voor een survey verwachten we dat een 100 km aan meettraject goed in kaart kan worden gebracht. Daarbij kunnen enkele tientallen individuele bronnen of bronactiviteiten bemeten en geïdentificeerd worden. Bij het verrichten van een survey meting zijn er overigens altijd gedeelten van het traject waar de windrichting in de rijrichting ligt. Dan zijn geen goede metingen te verwachten. Een bruikbare pluimdoorsnede wordt alleen verkregen indien de wind (min of meer) dwars op de rijrichting staat.

Individuele bronsterkte metingen

Voor die bronnen waar een significante emissie blijkt bij een survey meting, of bij bronnen waarvan op voorhand al duidelijk is dat een significante emissie optreedt, kunnen specifieke metingen verricht worden. Hierbij duurt een meetsessie voor een object ongeveer 1.5 tot 4 uur. Langer meten betekent dat de onzekerheid in de emissie bepaling op die betreffende dag kleiner wordt. Deze sessies worden uitgevoerd indien de wind-snelheid en -richting optimaal is voor de betreffende bron. Op een meetdag kunnen dus 2 of maximaal 5 verschillende bronnen gekwantificeerd worden (indien de objecten niet te ver uiteen liggen) Dit soort metingen zijn door ECN reeds bij verschillende stortplaatsen verricht. (Hensen & Scharff,2000)

Traject metingen

Bij dit type metingen gaan we er vanuit dat we niet de emissie van individuele bronnen maar van een brongebied willen bepalen. De metingen duren karakteristiek 1 dag waarbij de beste resultaten in meettechnisch opzicht verwacht worden bij nachtelijke metingen. De stabiliteit van de atmosfeer zorgt dan voor een opeenhoping van de geëmitteerde componenten nabij het aardoppervlak. Metingen worden verricht door om een gebied heen te rijden waarbij een goed gedefinieerde achtergrond concentratie (in Nederland bijvoorbeeld een meting langs de kust) erg nuttig is. Ook moet er informatie over de menglaag-hoogte beschikbaar zijn.

3.7 De verschillende meetcampagnes

In dit project is gekozen om survey metingen uit te voeren. Op 26 april is op weg van Beverwijk naar Alkmaar (30 km) gemeten op de A9. Het bleek dat deze gegevens goed bruikbaar zijn voor interpretatie als traject meting. Om gevoel te krijgen voor de bruikbaarheid van dit type metingen zijn deze gegevens snel geëvalueerd Voor methaan en lachgas zijn op drie dagen mobiele metingen verricht. Ook de HFK sensor is op deze dagen ingezet, maar zonder veel succes. Op een middag zijn daarom additioneel metingen uitgevoerd in Dordrecht en er zijn speciale metingen verricht met de HKF sensor in een koelhuis. Doel van deze metingen is het opsporen van een lek in het airconditioning systeem.

Tabel 3.1: *Meetdagen in het kader van dit project.*

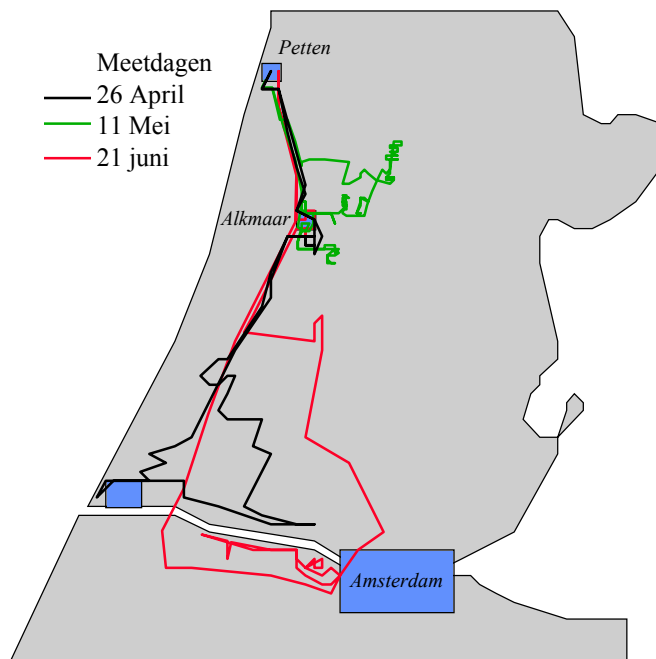
Meetdag	Locaties	CH ₄ / N ₂ O	HFK/ SF ₆
26 April	Alkmaar, Uitgeest, Assendelft, Nauerna, Beverwijk	X	test1
11 mei	Alkmaar, Industrieterreinen, Heerhugowaard	X	test2
23 Juni	Dordrecht, Dupont	--	X
21 Juli	Alkmaar, Krommenie, Zaandam, Amsterdam (Havens)	X	X
31 Augustus	Supermarkt overslag airconditioners, Velsen Noord	--	X

Selectie van de meettrajecten

In de inleiding werd al gewag gemaakt van de wijze waarop we komen tot selectie van de verschillende meettrajecten.

In eerste instantie is in overleg met VROM & Novem uitgegaan van een spreiding van de meettrajecten over Nederland. Meetdagen waren voorzien in het gebied Alkmaar-Amsterdam, in het Rijnmondgebied en nabij Nijmegen. De eerste meetdag vond plaats in het gebied Alkmaar Amsterdam, er zijn een aantal bronnen bezocht waar emissies verwacht zijn en ondertussen is gekeken naar mogelijke onbekende bronnen, er zijn metingen verricht zowel bij Alkmaar, als bij Nauerna, en bij Beverwijk. Op de tweede meetdag is meer nadruk gelegd op het meer in detail

zoeken naar onbekende bronnen door over industrieterreinen zig zag heen en weer te rijden. Daarom is op deze meetdag in een kleiner gebied, rond Alkmaar en Heerhugowaard rond gereden. Daarbij is gebleken dat het werkelijk identificeren van een opeens opdoemende pluim als snel een uur kost. Naar aanleiding van de bevindingen van de eerste twee dagen is in overleg met VROM & Novem besloten voor de volgende meetdag toch niet naar Nijmegen te rijden. Een reden om dat eventueel te doen was de mogelijkheid om de SF₆ emissie van de micro elektronica productie te meten. Maar de route van en naar dat gebied zou relatief veel tijd kosten. Onbekende bronnen kunnen overal in Nederland, dus ook in verschillende gebieden in Noord Holland te vinden zijn. Om echter toch voor met name de HFK sensor een potentieel significante bron aan te doen zijn metingen uitgevoerd op een middag met alleen dit systeem in de buurt van Dordrecht. De derde meetdag met de meetwagen is na aanleiding van het overleg wederom besteed in het gebied Alkmaar-Amsterdam, waarbij echter met name in het Amsterdams Havengebied is gemeten.

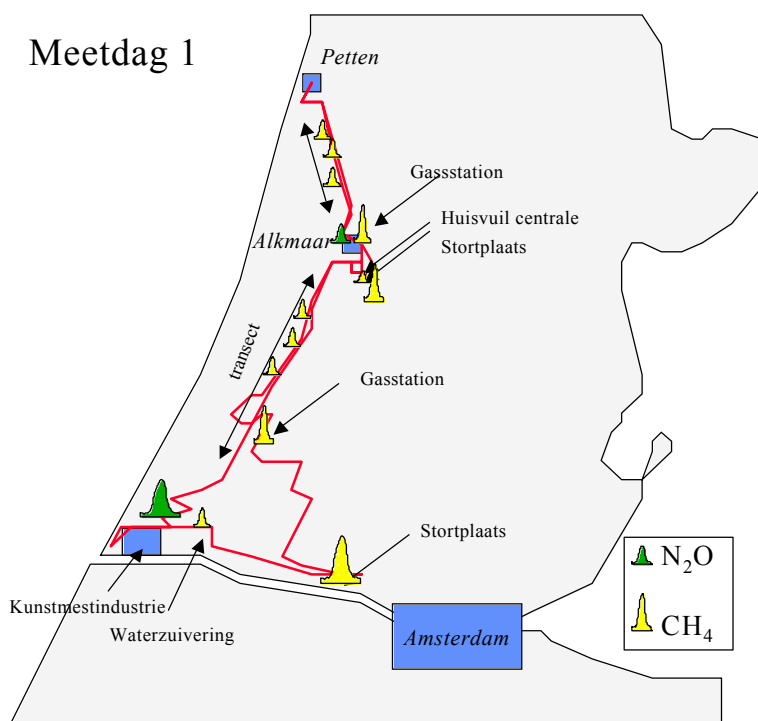


Figuur 3.6 Overzicht van de 3 meettrajecten

4. RESULTATEN

In dit hoofdstuk worden de resultaten op de verschillende meetdagen geëvalueerd. Na een korte beschrijving van verschillende dagen worden de belangrijkste bevindingen gerapporteerd. In de kaartjes die bij de verschillende meetdagen zijn gemaakt zijn de pluimen waaraan vervolgens berekeningen zijn uitgevoerd aangegeven. In feite worden, zeker in het stedelijk gebied nog veel meer kleine pluimen gemeten. Voor veel van deze pluimen is echter de bron niet direct aanwijsbaar. Omdat de gemeten concentraties erg (5-15 ppb boven de achtergrond) laag zijn en dus de bronsterkte nooit groot kan zijn werden deze pluimen bij uitwerking genegeerd. Daarbij komt nog de praktische overweging dat bij plotseling remmen of het rijden in een bocht het meetsysteem soms een storing geeft. Zeker bij de “mini-pluimpjes” is het moeilijk aan te geven of gemeten pluim resultaat van een storing, of een feitelijke emissie is. Opvallend is overigens de grote hoeveelheid “mini-pluimpjes” die we aan het verkeer moeten toewijzen. Het gaat daarbij met name om CH_4 , maar ook worden af en toe N_2O pluimen gesignaleerd die waarschijnlijk van voertuigen afkomstig zijn.

4.1 Meetdag 1: woensdag 26 april 2000

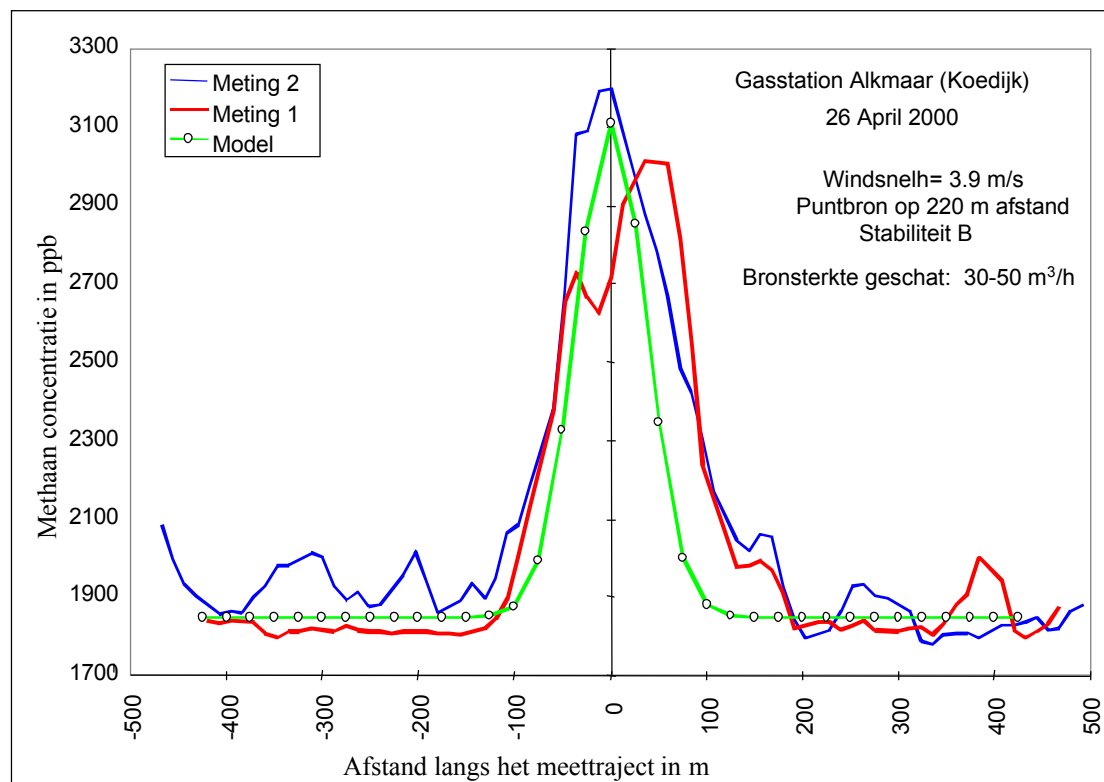


Figuur 4.1 Meettraject op 26 april met de belangrijkste bronnen waar emissies werden bepaald.

4.1.1 Voorbeelden van de metingen

Op de eerste meetdag was de windrichting 's ochtends oost en eigenlijk te zwak, pas in de middag trok de wind aan en waren pluimen goed meetbaar, rond het middaguur werden bij oostelijke windrichting goed meetbare pluimen gevonden bij een aantal boerderijen en bij een gascompressiestation. In de middag draaide de wind naar het zuiden/zuid westen en werd de

pluim van de deponie bij Nauerna gemeten. Op het industrieterrein bij Velsen Noord, en Beverwijk is ondermeer een CH₄ piek uit een waterzuiveringsinstallatie waargenomen. Later in de middag vonden metingen plaats ten noorden van het Hoogoverterrein. Daar was de N₂O pluim van de DSM-AGRI duidelijk meetbaar. Zig-zag rijdend door de straten van Beverwijk werd deze pluim tot op 5 km afstand gevolgd. Aan het eind van de middag was de wind naar west gedraaid. De methaan pluimen van de HVC en van de stortplaats bij Alkmaar werden gemeten. Ook was de wind toen geschikt om de trajecten Heemskerk-Alkmaar-Petten te interpreteren.



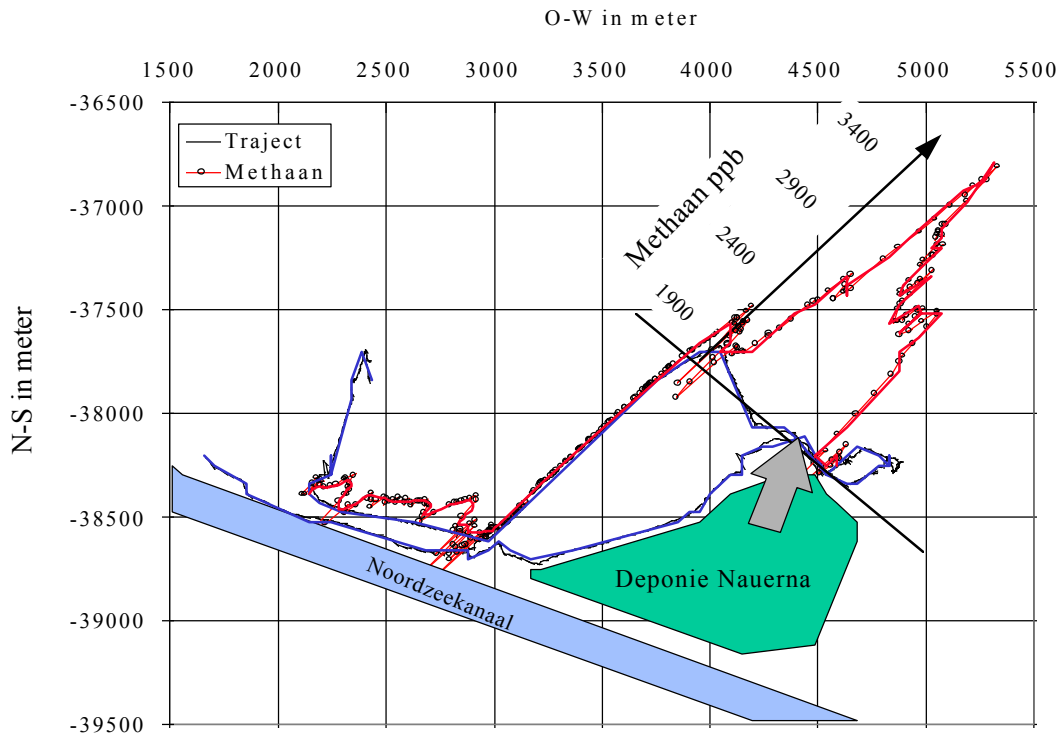
Figuur 4.2 Methaanpluim.

Voorbeeld van een methaanpluim gemeten benedenwinds van een gas station in Alkmaar. Er werd twee keer door de pluim gereden, de resultaten van de verschillende metingen waren nagenoeg identiek. Met de gemeten windsnelheden en de karakteristieke gegevens voor het terrein, bijvoorbeeld de afstand tot de bron en de ruwheid van het terrein werd de emissie met een verspreidings model berekend. De geschatte bronsterkte bedroeg ongeveer 10 g/s. Op basis daarvan schatten we dat de emissie tussen de 30 en 50 m³/uur bedroeg.

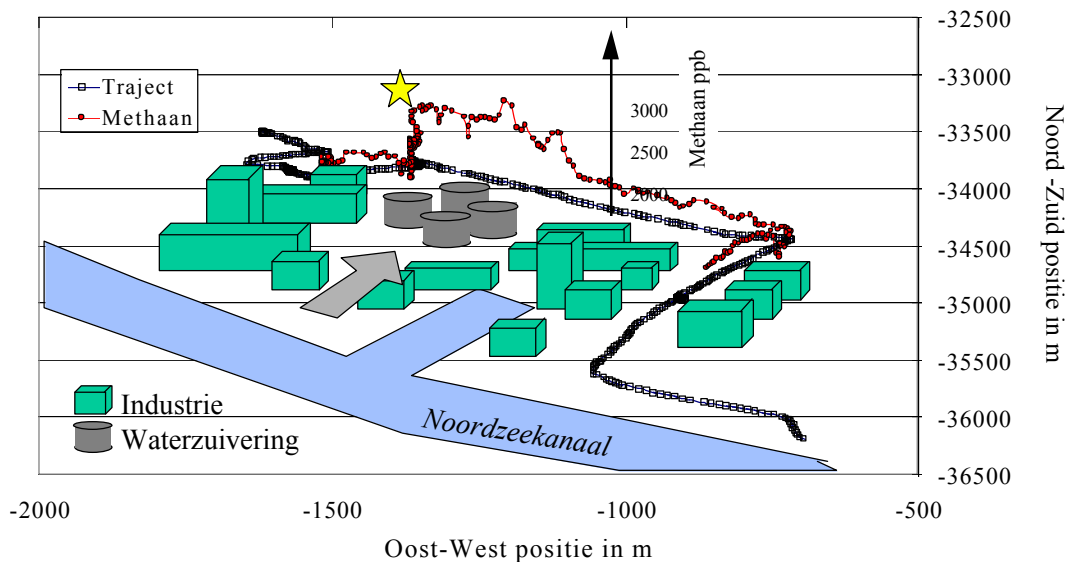
Er zijn in totaal 2 bronnen voor N₂O bemeaten (DSM & waterzuivering) Voor 3 grote bronnen van CH₄ (HVC, Stortplaats, 2 * gasstation) is een emissiesterkte bepaald. Een voorbeeld van een pluim gemeten benedenwinds van een gasstation is te zien in figuur 4.2. De figuren 4.3 en 4.4 tonen nog twee voorbeelden. De methaan pluim van de deponie bij Nauerna en een methaan pluim ten noorden van de waterzuivering in Beverwijk.

Er is een totale afstand afgelegd van ±240 km waarvan op ±140 km de metingen bruikbaar zijn voor interpretatie. Op de overige 40 % van het traject was de windrichting ten opzichte van de meetauto niet gunstig. De trajectmeting op weg van Heemskerk naar Alkmaar en van Alkmaar naar Petten geeft in een tijdbestek van 1.2 uur informatie over emissies uit allerlei puntbronnen in een gebied van naar schatting 40 * 5 km = 200 km². Dit komt overeen met 5 % van de oppervlakte van Noord Holland. Zie ook paragraaf 4.1.3.

De HFK sensor werd voor het eerst getest, echter door een technisch probleem (condens in het systeem) zijn de metingen na 2 uur uitgevallen.



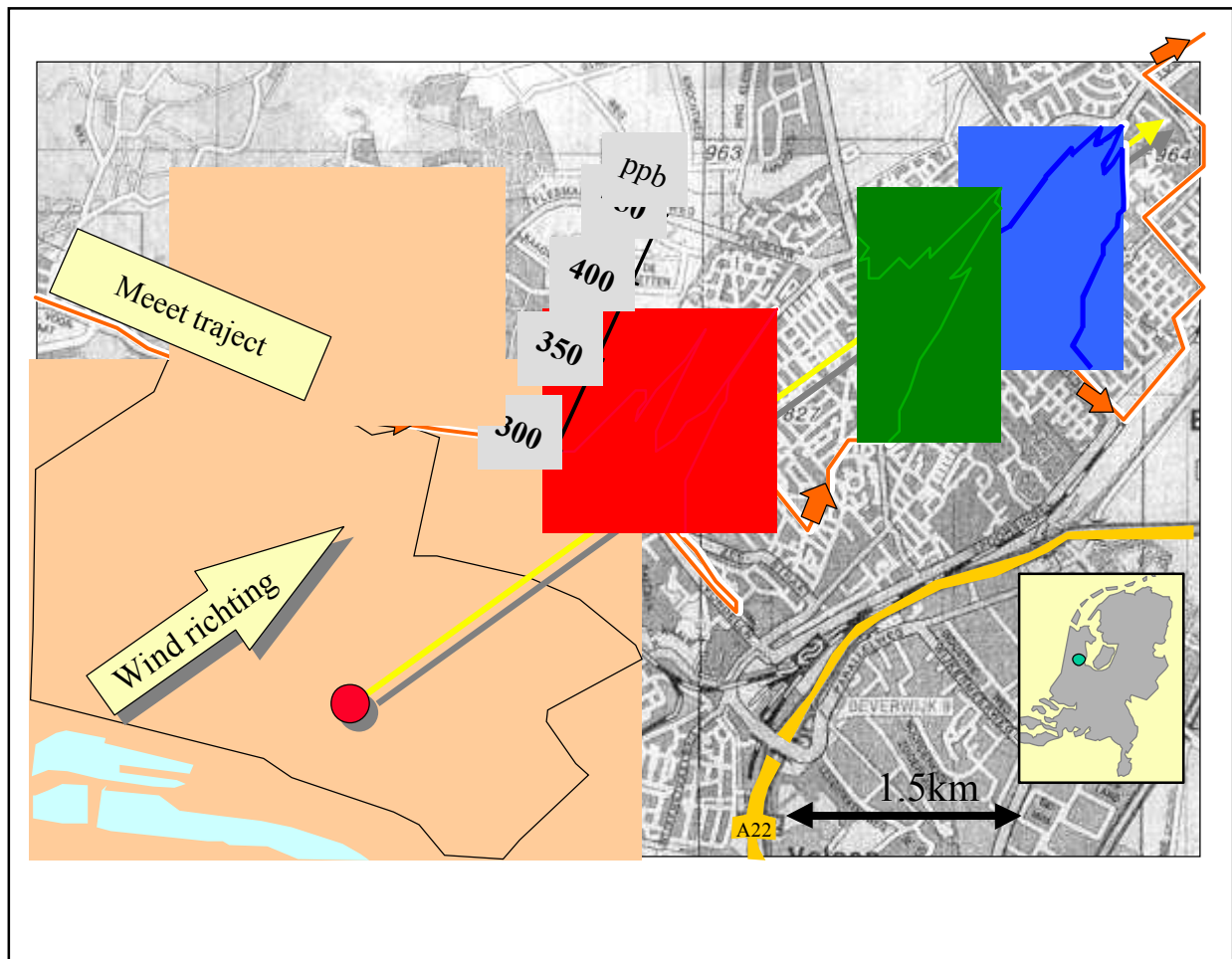
Figuur 4.3 Voorbeeld van een pluim gemeten ten Noord-oosten van de deponie bij Nauerna op 26 April. Het meettraject is in blauw weergegeven. De methaan concentratie is onder een hoek van 45graden op het gereden traject geplot. De pluim is duidelijk herkenbaar. De emissie geschat voor de deponie op basis van deze metingen bedroeg ongeveer 55 g CH₄/s.



Figuur 4.4 Impressie van een methaanpluim in Beverwijk gemeten op de weg direct naast de waterzuivering. Hoewel de concentratie vergelijkbaar is met die in figuur 4.3, is de emissie van de RWZI beduidend lager vergeleken met de deponie bij Nauerna. De afstand tot de bron is immers aanzienlijk kleiner. De meting in bebouwde omgeving leidt in dit geval tot een duidelijke verstoring van de vorm van de pluim. Deze is opeens verdwenen nadat we met de meetwagen de hoek om gaan (sterretje).

4.1.2 N₂O emissie meting ten noorden van het Hoogovens terrein.

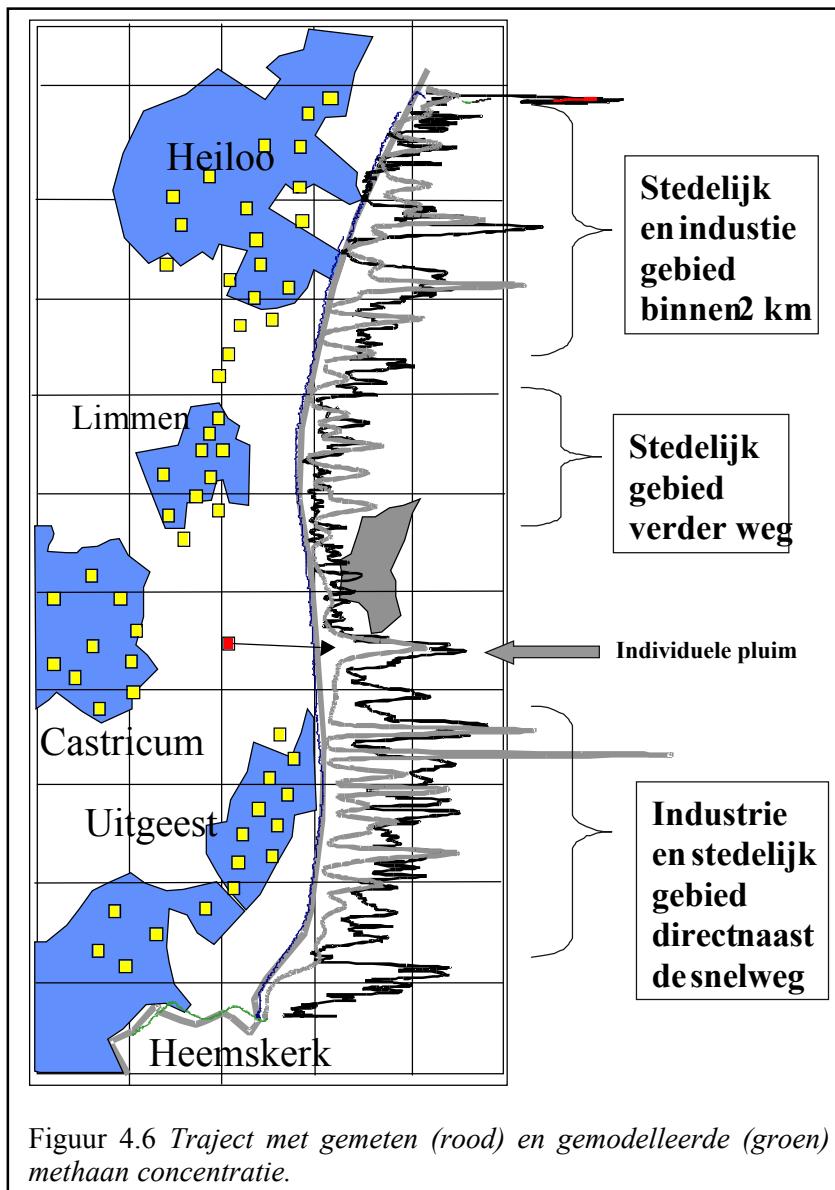
Ten noorden van het terrein van de hoogovens is een duidelijke N₂O pluim gemeten. Deze is afkomstig van de kunstmestfabriek die op het terrein staat. De metingen zijn weergegeven in figuur 4.5. Het meettraject loopt zig-zag door Beverwijk waarbij de lachgas concentratie in noordelijke richting is uitgezet op die stukken van het traject waar dwars op de windrichting is gereden. Tot een afstand van 5 km is de pluim nog heel goed meetbaar. Concentraties in de pluimas lopen op tot 400 ppb. De op basis van deze pluim berekende emissie bedraagt ongeveer 260 gN₂O/s (dit is equivalent met 8 kton N₂O per jaar) .



Figuur 4.5 Gemeten N₂O pluim ten noorden van de kunstmestfabriek in IJmuiden. Op verschillende wegen die de pluim doorsnijden zijn de meetresultaten uitgezet.

4.1.3 Traject meting op de A9 van Beverwijk tot Alkmaar

Op weg naar het ECN, op het traject van Beverwijk-Alkmaar is een grote verscheidenheid aan "pluimpjes" gemeten. Deze pluimen zijn afkomstig van allerlei kleine bronnen, groepen koeien, schapen, boerderijen, kleine industrie, en woningen. Omdat met grote snelheid langs de bronnen gereden is, is individuele uitwerking van deze pluimen niet mogelijk. Wel geven de metingen een beeld van de dichtheid van bronnen bovenwinds voor een deel van het traject. In figuur 4.6 is dit weergegeven. Het traject loopt van zuid naar noord en de wind komt uit het westen. De metingen worden weergegeven met de rode lijn, model berekeningen met de groene lijn.



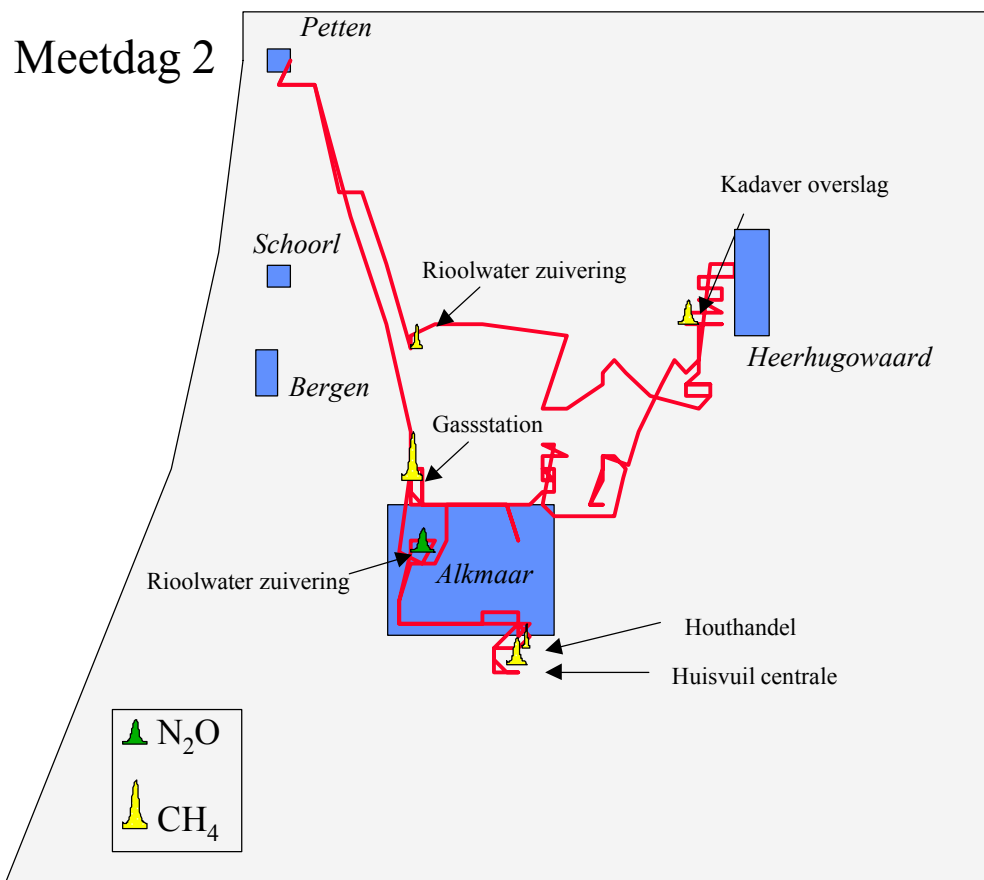
Figuur 4.6 Traject met gemeten (rood) en gemodelleerde (groen) methaan concentratie.

Het model

De gele stippen op de kaart geven bronnen weer die in het stedelijk gebied zijn geplaatst. Met het model is vervolgens de groene lijn uitgerekend. Het generieke patroon van de metingen en het model komt goed overeen. Met aanpassingen in bronsterkte of afstand van het meettraject kunnen we komen tot een exacte overlap. De op deze manier bepaalde bronsterkte per 5*5 km vak kan nu vergeleken kunnen worden met de kaarten op basis van de emissie registratie gegevens.

4.2 Meetdag 2: donderdag 11 mei 2000

Gedurende de ochtend is gemeten in de omgeving van Alkmaar. Bij noordelijke windrichting zijn CH₄ pluimen van de HVC en van het gascompressiestation bij Koedijk gemeten. Op een industrieterrein aan de zuidkant van Alkmaar zijn emissies geregistreerd uit een hout en bouwmaterialen handel. Omdat 's ochtends meer uitgebreide metingen op één plek hebben geleid tot het vinden van de onbekende bron bij de houthandel weren in de middag twee industrieterreinen gedetailleerd in kaart gebracht. Op het industrieterrein ten noorden van Alkmaar zijn echter geen significante emissies gevonden. Op het industrieterrein bij Heerhugowaard is wel een onbekende bron gevonden. Het blijkt daarbij te gaan om CH₄ emissie afkomstig van een kadaver-overslag plaats.

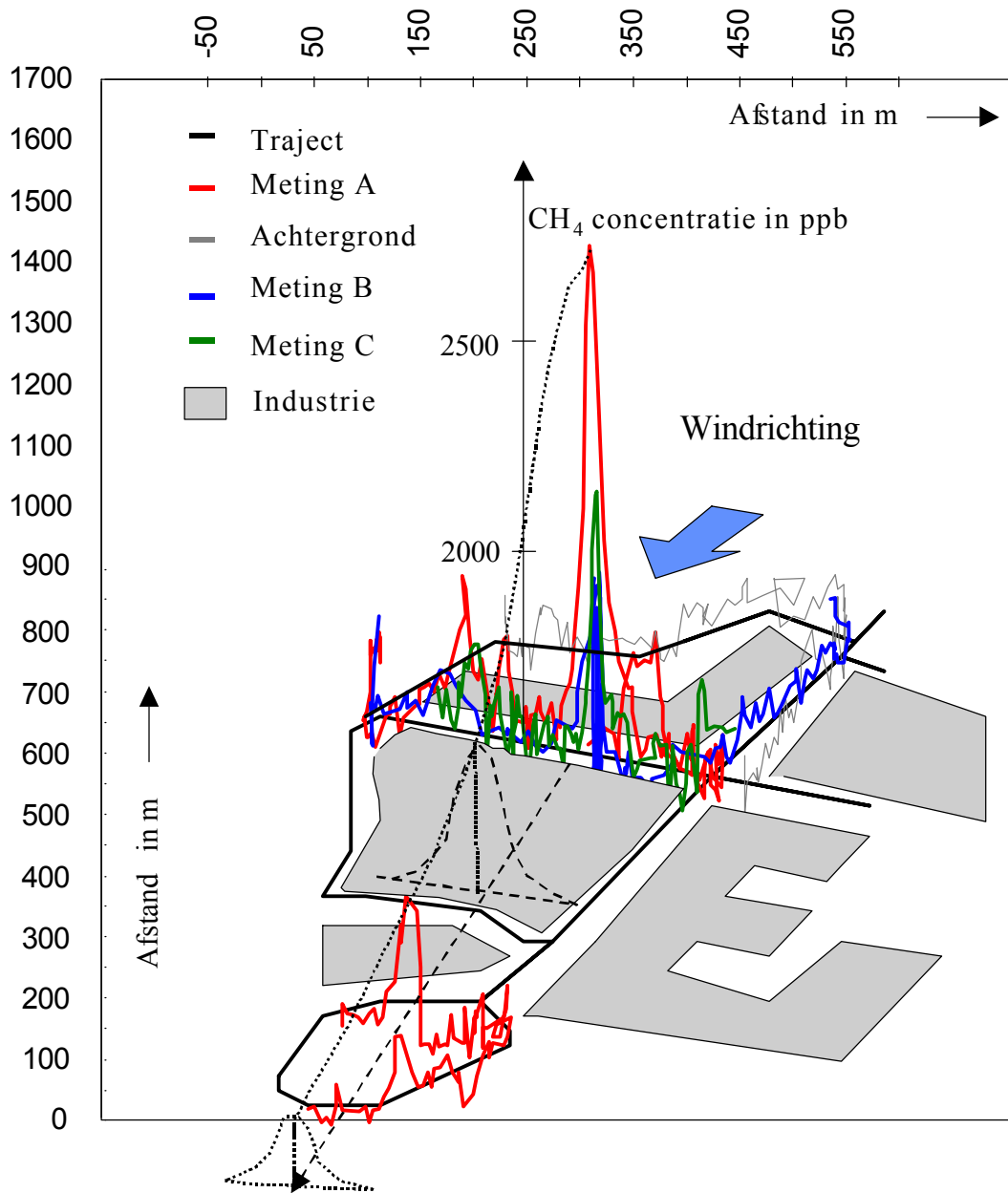


Figuur 4.7 Overzicht van het meettraject op de tweede meetdag.

Er is een totale afstand afgelegd van 140 km waarvan op 80 km de windrichting ten opzichte van de meetauto dusdanig was dat de metingen bruikbaar zijn.

Er zijn 2 onbekende bronnen gevonden voor CH₄ (kadaver-overslag, houthandel) Emissieschattingen zijn uitgevoerd voor de Huisvuilcentrale, HVC, en bij het gasstation bij Alkmaar. Bij de rioolwaterzuivering bij Geestmerambacht is een methaan pluim gemeten, bij de waterzuivering nabij het station een N₂O pluim.

4.2.1 Een onbekende bron

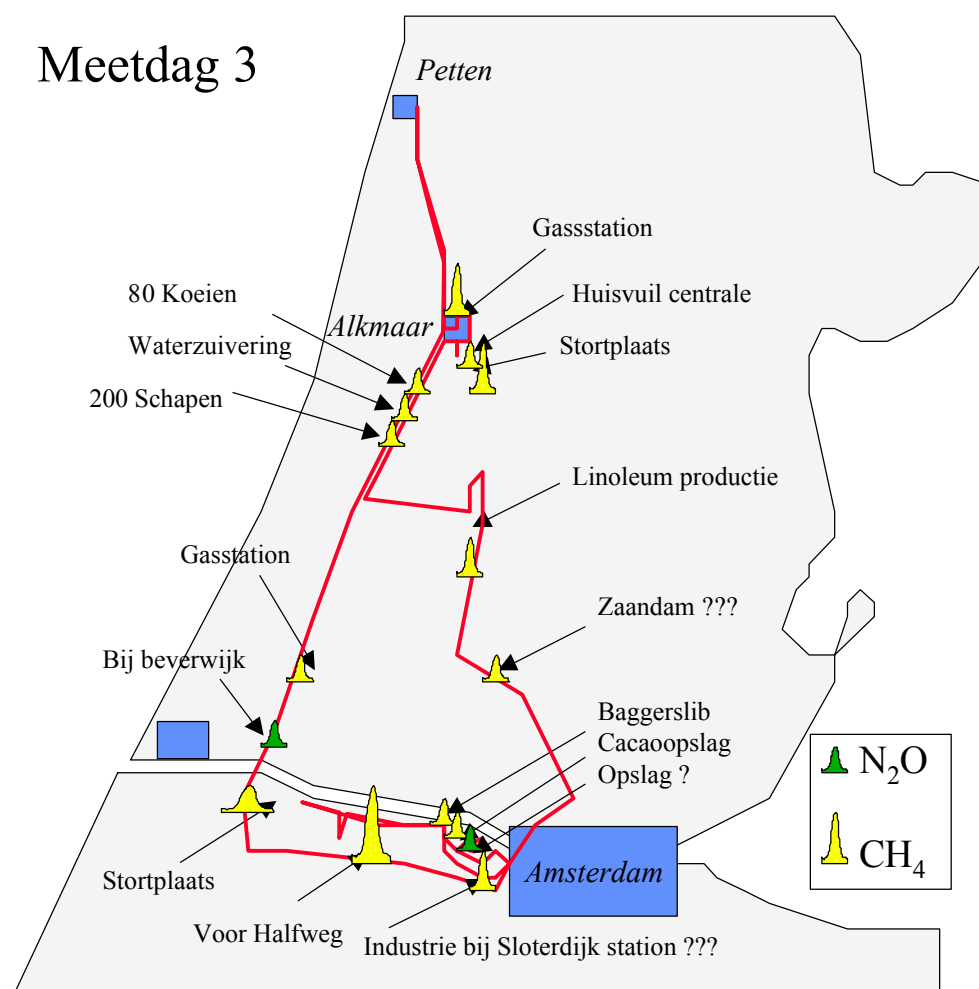


Figuur 4.8 Methaan pluin gemeten benedenwinds van een kadaver-overslag in Heerhugowaard. De grijze lijn laat de achtergrond meting op het traject zien, de rode, groene en blauwe lijnen geven de gemeten pluimen aan. De pluin is ook een paar straten verderop (beneden in de figuur) nog detecteerbaar. Afstanden langs de assen zijn in meters. De concentratie is geplot in noordelijke richting op de route geprojecteerd.

In figuur 4.8 is een gedeelte van de metingen op het industrieterrein bij Heerhugowaard te zien. De concentratie in de pluin op ongeveer 80 meter van de bron liep op tot maximaal 2600 ppb, de achtergrond waarde bedroeg 1800 ppb. Op basis van deze metingen werd een emissiesterkte van tussen de 0.3 en 0.5 gCH₄/seconde berekend. Op dit bedrijventerrein van ongeveer 3 bij 1.5 km werden naast deze bron verder geen significante emissies gevonden.

4.3 Meetdag 3: 21 juli 2000

Gedurende de ochtends vroeg zijn metingen verricht met de HFK sensor in Alkmaar en omgeving. Er werden echter geen significante emissies aangetroffen. Vervolgens zijn metingen verricht in verschillende delen van Alkmaar die tot dan toe nog niet bezocht waren. De middag is besteed aan metingen bij Krommenie waar een methaan pluim is gevonden die afkomstig lijkt te zijn van de linoleum fabriek aldaar. Bij Zaandam is, op de snelweg, eveneens een methaan pluim gemeten maar de oorsprong daarvan kon nog worden achterhaald. De rest van de dag is er rondgereden in het Amsterdams Havengebied. Dit gebied is doorkruist tot aan Nauerna. Vervolgens is terug gereden naar Sloterdijk waarna de meetwagen via Halfweg, Beverwijk en Alkmaar weer naar Petten is gebracht.

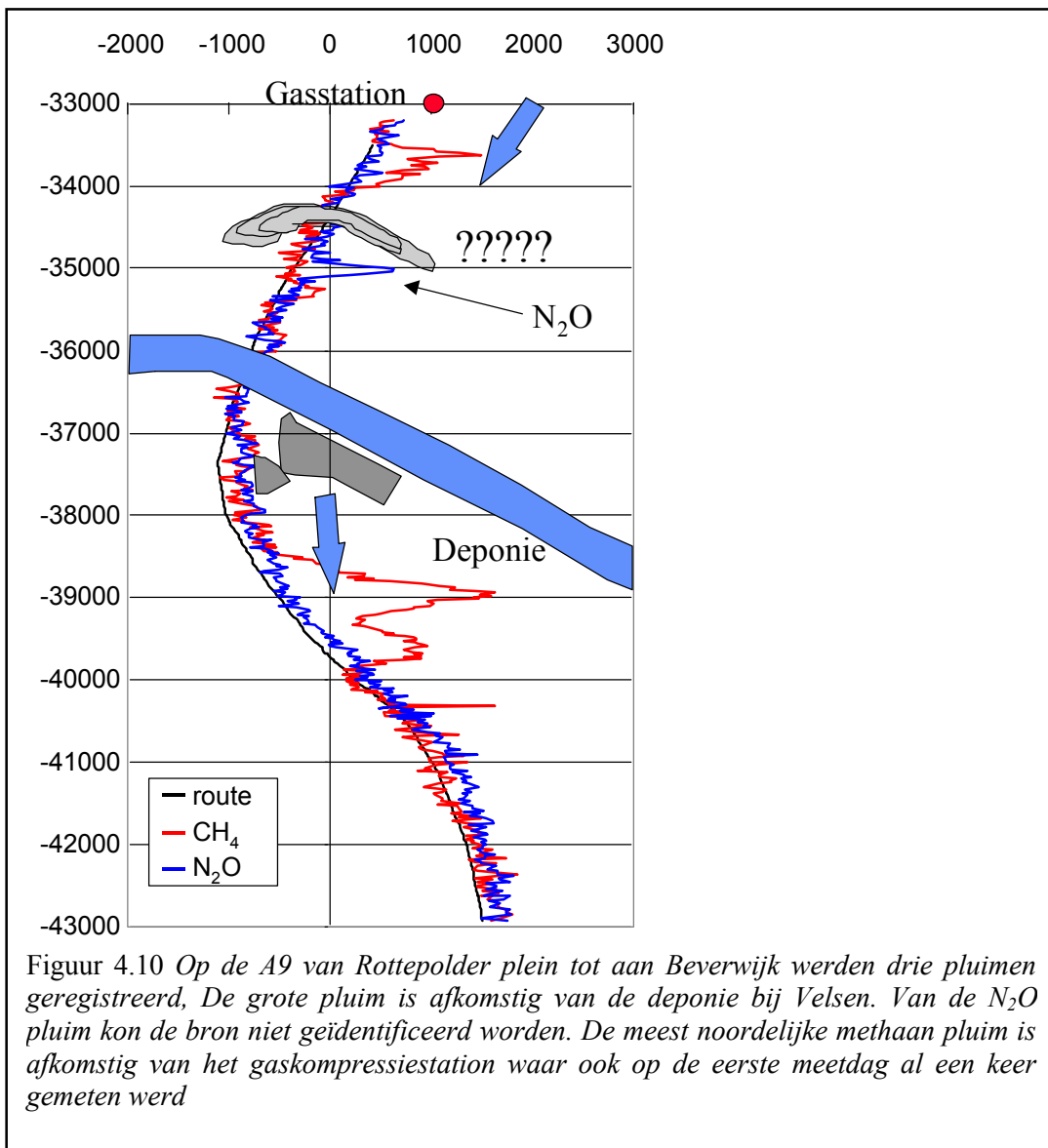


Figuur 4.9 Overzicht van het meettraject op de derde meetdag. De locaties waar relatief grote N_2O of CH_4 pluimen werden gemeten zijn aangegeven met vermelding van de emissiebron. De grootte van de getekende pluimpjes geeft een indicatie voor de emissie sterkte.

Er is een totale afstand afgelegd van ongeveer 280 km waarvan op 180 km de metingen bruikbaar zijn. Op de andere delen van het traject was de windrichting ten opzichte van de meetauto niet gunstig.

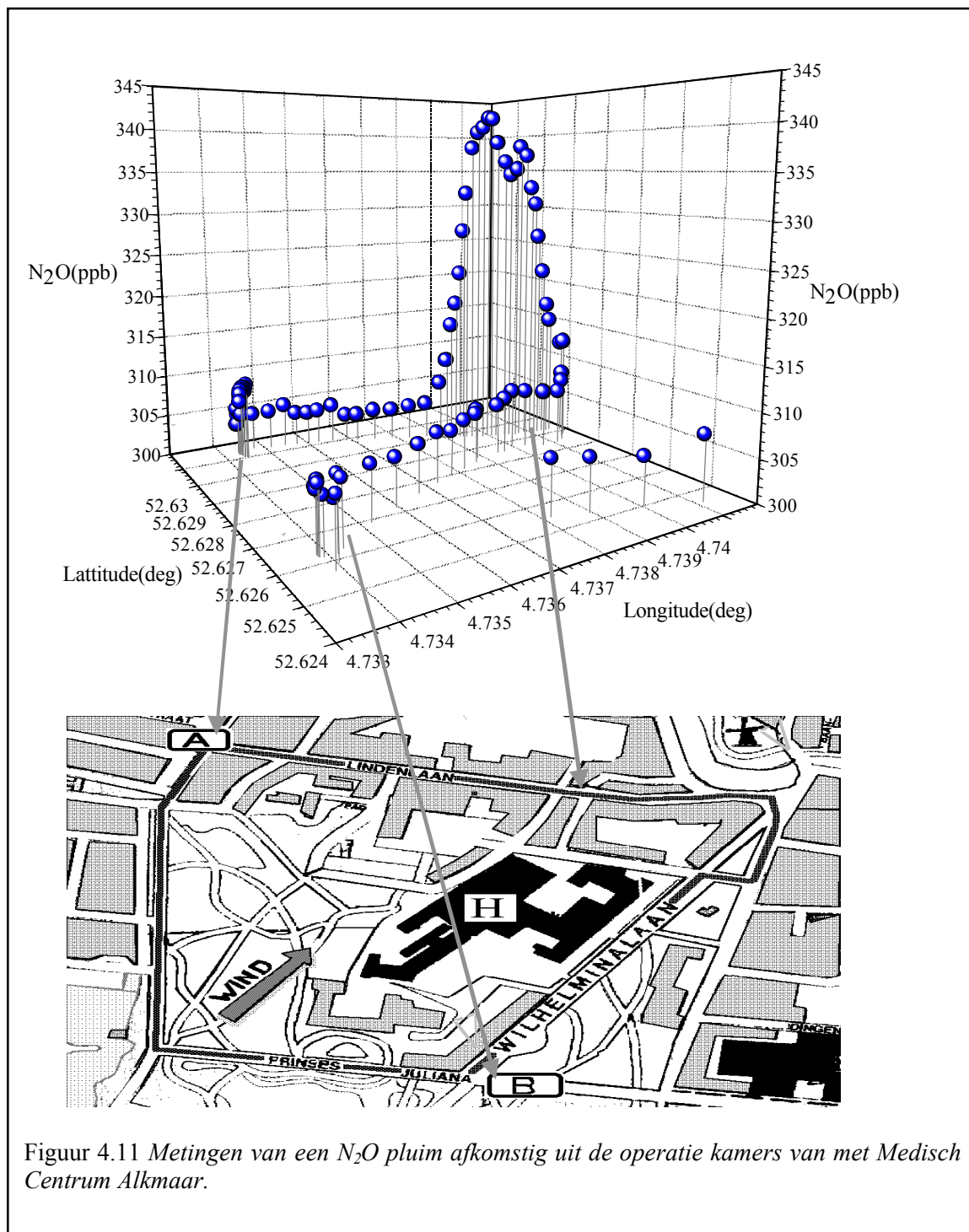
De meetsessie eindigde (eigenlijk) bij Amsterdam, op de weg naar ECN echter is bij Halfweg nog een significante CH_4 pluim gemeten. Bij Beverwijk is een duidelijke N_2O pluim gemeten.

Voor deze twee pluimen kon de bron niet worden geïdentificeerd. Twee andere pluimen, van de deponie bij Velsen en van het gasstation bij Beverwijk zijn wel geïdentificeerd. Voor deze bronnen zijn de emissies berekend. In figuur 4.10 zijn de drie pluimen op de A9 te zien. De deponie is verdeeld in twee delen waarbij het deel dat het dichtst bij de weg ligt de hoge piek in de concentratie veroorzaakt, het meer naar het noorden gelegen gedeelte van de deponie zorgt voor de onderliggende bredere pluim en de wat lagere piek in de concentratie. De methaan pluim bij Velsen is veel breder dan de twee andere pluimen die beide van een veel kleiner object afkomstig moeten zijn. De berekende emissie voor het gasstation komt lager uit in vergelijking met de emissie die op 26 april is gemeten. Bij deze meting rijden we erg schuin door de pluim heen, dat maakt de onzekerheid in de berekening groter. Voor de N₂O pluim is de bron dus niet duidelijk de 'vlek' op het kaartje geeft de vermoedelijke positie van de bron aan.



4.4 Metingen bij het Medisch centrum in Alkmaar in 1996

Op 15 februari 1996 zijn metingen uitgevoerd bij het medisch centrum te Alkmaar. Deze metingen hadden tot doel te zien of mobiele metingen met het TDL systeem mogelijk waren. Tot nu toe zijn deze metingen nog niet officieel gerapporteerd. Omdat het type meting goed past binnen het kader van dit project is besloten de metingen hier te rapporteren. Overigens zijn op 21 Juni ook metingen uitgevoerd bij het MCA. De windrichting en snelheid waren echter niet gunstig en er werd geen pluim waargenomen. Figuur 4.11 laat de pluim ten noorden van het MCA zien. Gebruik makend van het gaussische pluimmodel werd voor deze pluim een emissiesterkte van ongeveer $6 \text{ gN}_2\text{O/s}$ bepaald.



Figuur 4.11 Metingen van een N_2O pluim afkomstig uit de operatie kamers van het Medisch Centrum Alkmaar.

4.5 Metingen met de HFK sensor

Op drie verschillende dagen zijn metingen uitgevoerd met het prototype instrument voor HFK metingen. Verder zijn een aantal testen in het lab uitgevoerd. Twee voorbeelden zijn te zien in op de foto's 4.13 en 4.14.

Mobiele metingen vonden plaats op 21 Juli bij Alkmaar en Amsterdam. Maar er zijn geen bronnen gevonden. Op 23 Juni zijn metingen verricht bij Dupont in Dordrecht. Tenslotte zijn metingen verricht in een koelhuis bij Velzen Noord op 31 Augustus 2000. Het volledige programma van ontwikkeling en testen van de HFK sensor is weergegeven in bijlage 3.

4.5.1 Metingen in het veld.

Op 26 april is de HFK sensor voor het eerst in het veld beproefd. Hoewel het systeem redelijk leek te werken zijn geen pluimen gesignaleerd. Na 2 uur kwam er vocht in de detector terecht en moest de sensor worden uitgeschakeld. Metingen in mei rondom koelhuizen ten zuiden van Schagen lieten een duidelijke gevoeligheid van de sensor voor CO₂ pluimen zien. Daarop is de sensor verder aangepast.

In juni zijn speciaal met de HFK sensor gedurende een halve dag metingen verricht bij Dupont in Dordrecht. Hier is geen pluim gevonden. Groot probleem bij deze metingen was dat de pluim, (indien aanwezig) van het complex direct over de Merwede liep en daar vervolgens boven bleef. Zowel aan noord oever als aan de zuidoever van de Merwede zijn metingen verricht maar daar gaf de sensor geen pluimen te zien.

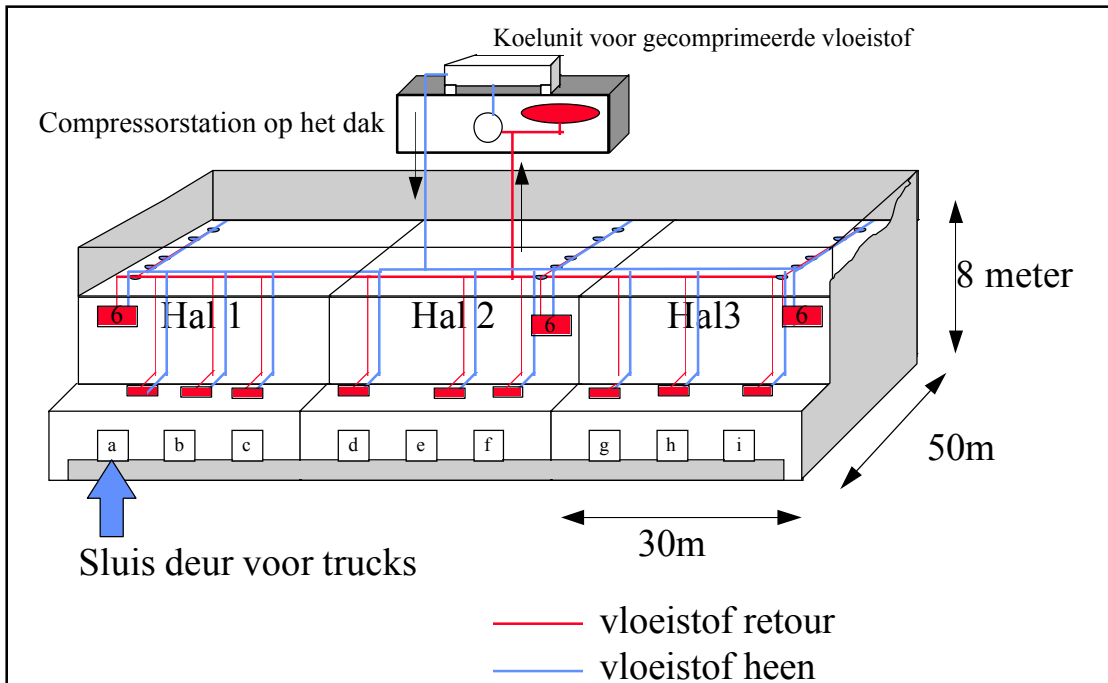
4.5.2 Metingen in een koelhuis in Velsen-Noord

In Velzen Noord bevindt zich een koelhuis waar groent, fruit en vleeswaren worden bewaard. Ergens in het systeem waarin in totaal zo'n 3 ton freon zit, is een lek. In 5 maanden tijd is 500 kg koelvloeistof verdwenen. Dit komt overeen met ongeveer 0.04 g/s. Berekeningen met het pluimmodel laten zien dat op een afstand van enkele 10 tallen meters een dergelijk lek concentraties van ongeveer 1-2 ppb zal opleveren. Aangezien de detector een detectielimiet heeft in de orde van een paar ppb, zal dit niet detecteerbaar zijn. Maar bij het lek in de buurt zou, zeker als het lek binnen is, wel een hogere concentratie meetbaar moeten zijn.

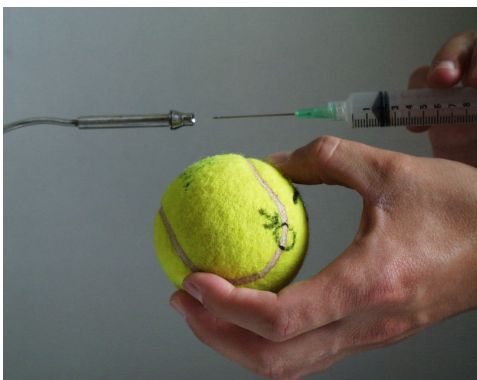
Schematisch ziet het systeem er als volgt uit (zie ook figuur 4.12) Een compressor unit op het dak comprimeert het freon. Op druk gaat dat naar een ventilator op het dak. Daar koelt de warme vloeistof af, deze wordt vervolgens naar de units die binnen hangen gepompt. Daar expandeert het gas in zo'n 15 grote airconditioner units, die op 8 m hoogte aan het dak hangen of in de 12 kleinere units in de ontvangsthallen van de goederen op 3.5 m hoogte. Het 'warme gas' gaat weer retour naar de compressor. Bij alle onderdelen van de installatie werd gemeten maar het lek werd niet gevonden.

4.5.3 Conclusie van de HFK metingen

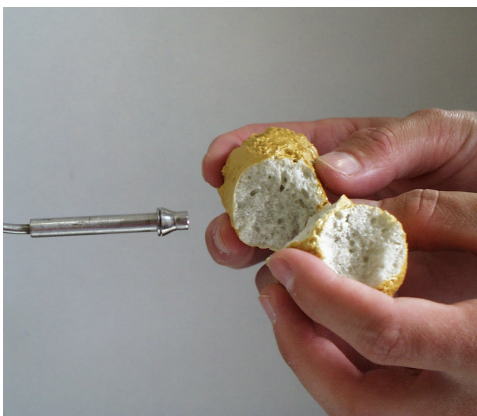
De ontwikkeling van een prototype instrument heeft nog geen inzetbare HFK detector opgeleverd. Het idee werkt wel in het lab maar de gevoeligheid voor veld metingen moet toch nog hoger liggen. Omdat de verdere ontwikkeling tot een aanzienlijke tijdsinspanning zal vergen zijn we binnen dit project gestopt. De opgedane ervaring is zeker zinnig voor verdere ontwikkeling van een dergelijke sensor. Evaluatie van de resultaten en inventarisatie van andere meetmogelijkheden leidt tot de conclusie dat indien deze methode met een ECD niet werkt de inzet van een time of flight massa spectrometer waarschijnlijk de beste weg is om verder te gaan. Bij de start van het project hadden we de hoop dat de hier gebruikte, goedkopere methode al zou voldoen. Dan hadden we 'voor een dubbeltje op de eerste rang' gezeten.



Figuur 4.12 . Schematische weergave van het koelhuis in Velsen Noord.



Figuur 4.13 Sommige tennisballen worden met SF_6 gevuld, om dit te testen zijn 4 verschillende merken tennisballen aan een korte test onderworpen. Met een injectienaald wordt een monster uit de tennis bal genomen. Er werd bij geen van de geteste ballen SF_6 aangetroffen.



Figuur 4.14 In een andere korte lab test is gekeken naar verschillende PUR schuimen. Afhankelijk van het type schuim ziet de sensor een duidelijke piek indien het materiaal gebroken wordt.

5. DISCUSSIE

5.1 De bronnen op een rijtje

In totaal zijn 10 “onbekende bronnen” gevonden op locaties waar we op voorhand niet verwacht hadden emissies te meten, bij acht locaties ging het daarbij om methaan emissies. Op twee locaties zijn N₂O emissies gevonden maar van deze twee bronnen is de herkomst nog steeds niet achterhaald. Hetzelfde geldt voor twee van de acht methaan bronnen.

1. Een kleine methaan emissie is waargenomen bij een houthandel op een industrie terrein in Alkmaar. De exacte herkomst is niet bekend.
2. Een methaan emissie is geconstateerd bij een overslag station van kadavers.
3. Bij de huisvuilcentrale (HVC) in Alkmaar worden geen methaan emissie verwacht. We zijn in overleg met de HVC om te achterhalen waar de geconstateerde emissie vandaan zou kunnen komen.
4. Een nog ongeïdentificeerde CH₄ bron is gevonden bij Zaandam, wellicht zijn dit de cacao branderijen.
5. Een methaan emissie is vastgesteld vanuit een net opgespoten terrein in het Amsterdams Haven gebied.
6. Methaan emissie lijkt op te treden van het terrein van een linoleum en tapijt fabriek (Forbo) bij Krommenie. Ook dit is onverwacht.
7. CH₄ emissies zijn gevonden uit een stel opslagloodsen, eveneens in het Havengebied de meeste van deze loodsen zijn met cacao gevuld. De bron van de emissie is een raadsel.
8. Twee significante pieken zijn gevonden, een in de buurt van station Sloterdijk, een op de weg van Amsterdam langs Halfweg. Bij beide is de bron nog niet geïdentificeerd we kunnen dus zelfs nog niet zeggen of deze onbekend is of niet.
9. Een ongeïdentificeerde N₂O bron is gevonden in het Amsterdams Haven gebied
10. Een ongeïdentificeerde N₂O bron is gevonden in de nabijheid van Beverwijk.

De “ongedefinieerde” onbekende bronnen zijn bronnen die dus wel gemeten zijn maar waarvan we nog steeds niet weten wat de bron is. Het gaat om bronnen waarvan we rijdend op de snelweg opeens een signaal meten. Het is in zo'n geval niet altijd mogelijk om te keren en een dergelijke bron nader op te zoeken. Dit was het geval zowel bij een methaan pluim gemeten op de snelweg bij Zaandam, als bij een pluim die is gemeten op de snelweg bij Beverwijk. Een N₂O pluim in het Amsterdams haven gebied is slechts een keer waargenomen, twee herhalingen van de metingen op hetzelfde traject vertoonden geen N₂O pluim. Daardoor is het niet mogelijk gebleken te achterhalen wat de mogelijke bron is.

5.2 Overzicht van alle bronnen

Een overzicht van de verschillende bronnen waarbij de gemeten pluimen zijn gebruikt om een emissie te berekenen is weergegeven in tabel 5.1., tabel 5.2 en in grafische vorm in de figuren 5.1 t/m 5.3 Bij een aantal bronnen zijn we meerdere keren geweest. Bij deze bronnen staan meerdere data in de tabel en worden ook meerdere emissies gerapporteerd. De emissie wordt bepaald in g/s, een logische maat voor dit type metingen. Teneinde de metingen te kunnen vergelijken met emissie registratie berekeningen of met de emissie zoals die door het betreffende bedrijf wordt gerapporteerd, zijn de metingen lineair geëxtrapoleerd naar ton/jaar. Dat is niet geheel terecht, de emissie zal immers niet constant zijn in de tijd. Toch is de vergelijking zinnig mits we vervolgens slechts kijken of van de orde grootte van deze getallen wel of niet overeen komt.

Na de twee tabellen wordt voor een aantal bronnen de vergelijking tussen gemeten en verwachte emissie gemaakt.

5.2.1 Bronnen van Lachgas

Tabel 5.1 *Overzicht van de N₂O emissieschattingen op basis van de metingen:*

Type	Datum	Afstand	Bronsterkte gN ₂ O/s	tonN ₂ O/j	Geregistreerde Emissie ton N ₂ O/jaar
Waterzuivering Alkmaar	11 mei 21 juni	100 m	0.4	12	3% N verwijdering uit het afvalwater
Ziekenhuis # Alkmaar	1996	500 m	5-7	150–210	Geen gegevens per jaar
Salpeterzuurfabriek Beverwijk	26 april	1.5-5 km	220-300	6900-9000	Niet beschikbaar
Huisvuil Verbranding Alkmaar	11 mei	100 m	0	0	0

Ongeïdentificeerd &

Haven Amsterdam *	2	< 200 m	0.2-0.4	6-12	Geen gegevens
Beverwijk *	1	< 300 m	0.1		Geen gegevens

* Onbekende bron. # Deze meting werd in 1996 verricht

& Ondanks dat we niet weten wat de bron van deze pluimen geweest is kunnen we op basis van de vorm van de pluim wel concluderen hoe ver de bron ongeveer weg moet liggen. De relatief scherpe pluim kan bijvoorbeeld niet het gevolg zijn van een bron op grote afstand.

Bespreking van de verschillende bronnen

Waterzuivering.

Bij de waterzuivering te Alkmaar is op twee verschillende dagen een duidelijke N₂O pluim gemeten. De emissie van lachgas uit waterzuiveringen gebeurt tot nu toe op basis van proceskennis. Metingen zoals we die nu hebben uitgevoerd voor deze bron zijn nieuw. In de emissie registratie rapportage wordt de N₂O emissie geschat op 3.1% van de hoeveelheid verwijderd stikstof (Spakman et al., 1997). Bij het verschijnen van dit rapport zijn er van de beheerder van deze installaties, Uitwaterende Sluizen nog geen gegevens bekend voor wat betreft dit kengetal.

Ziekenhuis Alkmaar

In het Medisch Centrum Alkmaar bevinden zich 12 operatie kamers. Daar wordt N₂O gebruikt bij anesthesie. Per patiënt wordt in de regel ongeveer 1.5-2 liter N₂O/minuut toegediend. De door ons gemeten emissie komt overeen met zo'n 6 liter/minuut. Dat zou betekenen dat er op moment van meting ongeveer 4-5 mensen op de OK's lagen. Het Medisch Centrum zelf is ook geïnteresseerd in de N₂O metingen, met name vanwege ARBO omstandigheden voor het personeel in de OK's.

Salpeterzuur fabriek Beverwijk.

De fabriek van DSM is een reeds bekende bron van N₂O uit gesprekken met experts op het gebied van N₂O verwijdering blijkt dat de emissie waarden die wij hebben bepaald hoger uit komen dan verwacht. De grootte orde is echter hetzelfde. Met DSM is alleen contact geweest met een operator op de locatie na aanleiding van deze resultaten.

Huisvuilcentrale Alkmaar

Officieel worden voor de verbrandingsinstallaties emissies van lachgas verwacht. Deze hebben we niet gemeten, dat is ook een resultaat. Het kan echter zijn dat we de pluim die uit de schoorsteen van de centrale komt hebben gemist (Dat we er onderdoor gereden zijn)

Ongeïdentificeerd

Voor de laatste twee bronnen kunnen we kort zijn. We weten niet waar deze vandaan kwamen.

Conclusie voor lachgas

Voor lachgas werden geen bronnen geïdentificeerd die nog niet bekend waren. Voor zover bekend zijn er voor de drie de hierboven genoemde bronnen nog geen andere op metingen gebaseerde emissiegetallen beschikbaar. Tot nu toe werd voor deze bronnen de emissie geschat op basis van proces kennis.

Bij het uitvoeren van de metingen hebben we gekozen om de TDL te gebruiken met een laser die zowel methaan als lachgas meet. Deze laser is voor N₂O minder gevoelig dan een andere specifieke laser. Tijdens het rijden bleek dat met name het N₂O signaal relatief gevoelig te zijn voor bochten en bobbelen in de weg. Bij gebruik van deze laser zien we bronnen die aanleiding geven tot een piek in de concentratie van 20 ppb of meer, bij gebruik van de andere laser zou dit een factor 3 lager kunnen liggen. Met name in het stedelijk gebied hebben we een aantal pluimen gezien waarvan we vermoeden dat het N₂O emissie uit een auto betreft. In landelijk gebied zijn we boerderijen en mestopslagen gereden ook daar hadden we pluimen kunnen verwachten. Waarschijnlijk was de bonsterkte van de ze bronnen zo gering dat we ze niet hebben kunnen lokaliseren.

5.2.2 Bronnen van Methaan

In tabel 5.2 zijn de bronnen van methaan vermeld. De onbekende bronnen zijn grijs gearceerd

Het Gascompressiestation bij Alkmaar.

Bij deze locatie werden op drie verschillende dagen metingen uitgevoerd. Op alle dagen werd een emissie gemeten en de orde grootte van de emissie was steeds ongeveer hetzelfde. De metingen op 21 juni werden bij lage windsnelheden en op zeer dichte afstand bij de bron bepaald. Deze waarden zijn onzeker. De set van metingen komt overeen met een emissie in de range van 180-340 ton/jaar. Voor dit station zijn nog geen officiële emissie gegevens bekend om mee te vergelijken. We zijn hierover in contact met BP Nederland die het station beheert.

Het Gascompressiestation bij Beverwijk.

Hier werden op twee dagen metingen verricht. De metingen op de tweede dag waren niet ideaal. Op 26 april is vlak naast de installatie gemeten. De emissie was toen equivalent met 180 tot 380 ton/j. Op 21 juni is schuin door de pluim gereden over de A9. De emissie schatting voor deze dag valt een factor 2 tot 3 lager uit, equivalent met 90-120 ton/jaar Het emissie niveau is voorgelegd aan de Gasunie. Zij hanteren voor Beverwijk een emissie van 150 tonCH₄/jaar. Dit ligt dus in de range van de emissie die wij gemeten hebben.

Deponie bij Alkmaar

Er is geen contact geweest met de beheerder van deze deponie. Het is dan ook niet bekend in hoeverre geschatte en gemeten emissie overeen komen. Wel ligt het geschatte emissieniveau van 1100-1700 ton/jaar aan de hoge kant, gezien het oppervlak van de deponie.

Deponie bij Nauerna.

Bij Nauerna hebben we in de afgelopen jaren enkele malen in opdracht van Afvalzorg N.V. metingen uitgevoerd aan de methaanemissie. De hier gerapporteerde emissie van rond de 60 g/s komt overeen met het niveau dat we in 1998 bij deze stortplaats gemeten hebben. Beide metingen vonden plaats in april. In 1999 werden metingen uitgevoerd in november waarbij de emissie aanzienlijk hoger lag. Kanttekening hierbij is dat de nu bepaalde emissie gebaseerd is op een enkele pluimberekening en eenvoudige model invoer waarbij de stortplaats als rechthoekige bron wordt aangenomen.

Deponie bij Velsen

Voor deze bron werd een emissie van 10-20 g/s bepaald de grote marge in dit getal wordt veroorzaakt door het feit dat de pluim erg schuin werd doorsneden. Afvalzorg gaat uit van een lagere emissie van rond de 2 g/s. Dit is gebaseerd op de aanname dat in de toplaag van de deponie 90 % van het methaan wordt afgebroken. Het is zinnig bij deze locatie nog eens te meten bij een andere windrichting zodat een meer betrouwbare waarde wordt verkregen.

Tabel 5.2 Overzicht van de CH₄ emissieschattingen op basis van de metingen:

Type	Datum	Afstand	Bronsterkte gCH ₄ /s	ton CH ₄ /jaar	Geregistreerde Emissie ton CH ₄ /jaar
Gasdistributie					
Gasstation Alkmaar	26 April	220m	8-11	250-340	Nog niet bekend
	11 Mei	150m	7-9	210-270	BP informatie
	21 Juli	100m	3-9	90-270	
Gasstation Beverwijk	26 April	120m	6-12	180-380	150
	& 21 juli		3-4	90-120	(Gasunie)
Afvalverwerking					
Deponie Alkmaar	26 April	300 m	30-55	950-1700	niet bekend (GP Groot) 2800
Deponie Nauerna	26 April	500 m	50-70	1600-2200	(Afvalzorg) 70
Deponie Velsen	21 Juli	600-1500 m	10-20	300-900	(Afvalzorg) 0
HVC Alkmaar *	11 Mei	150 m	3-6	90-180	(HVC) 0
Kadavers *	21 Juli				
11 Mei	11 Mei	80 m	0.3-0.5	9-15	0
Heerhugowaard					(Rendac)
Waterzuivering	11 Mei	100 m	0	0	Nog niet bekend (Uitwaterende skuizen)
Alkmaar					
Waterzuivering	21 Juli	200-300 m	0.4 –0.6	12-18	Nog niet bekend (Uitwaterende skuizen)
Heiloo					
Waterzuivering	26 April	50 m	0.3-1	10-30	Nog niet bekend (Uitwaterende skuizen)
Beverwijk					
Procesindustrie					
Linoleum productie	21 Juli	1km	2.0-3.6	60-113	0
Forbo Krommenie *					(Forbo)
Industrie terrein *	21 Juli	400m	3-4.2	90-130	Niet mogelijk
Landbouw					
Boerderij	26 April	200 m	3.8	0.03	Niet mogelijk
80 melkkoeien	21 Juli	150 m	0.4 -0.6	12-18	8
200 schapen	21 Juli	150 m	0.3 -0.5	9-15	1.6
Overig					
Opslag Amsterdam *	21 Juli	50-150m	0.1- 0.3	3-9	0
Baggerslib *	21 Juli	300-700m	0.7-1.5	21-45	0
Niet geïdentificeerd					
Noord van Halfweg *	21 juli	50-300m	5-14	150-420	Niet mogelijk
Haven terrein bij *	21 juli	50-300m	2-6	60-120	Niet mogelijk
Station Sloterdijk					

* =onbekende bron

Huisvuilcentrale bij Alkmaar

Ook bij deze installatie werd een methaan emissie geconstateerd die equivalent is met 90-180 ton/jaar. Hoewel er uit afval natuurlijk methaan ontsnapt ligt de bronsterkte echter ver boven de verwachte waarde. Het binnen komende afval wordt gestort in bunkers die op onderdruk staan en de methaan emissie daarvandaan zou dus zeer klein moeten zijn. Misschien zijn twee gasturbines die op het terrein staan de bron van deze emissie. Samen met de HVC wordt gekeken in hoeverre we deze **onbekende bron** nog een keer zouden kunnen opsporen.

Kadaververwerking

Voor deze **onbekende bron** zijn geen emissiefactoren beschikbaar en een vergelijking is dus ook niet mogelijk.

Waterzuiveringen

De waterzuiveringen bij Beverwijk en Heiloo lieten een methaan emissie zien, de waterzuivering bij Alkmaar niet. Bij deze laatste installatie is bekend dat het biogas wordt gegenereerd en opgevangen. Blijkbaar wordt dat daarna effectief verbrand. Bij uitwaterende sluisen is gevraagd om informatie omtrent de officieel te verwachten emissie niveaus. Deze zijn echter nog niet beschikbaar. De emissieniveaus per installatie liggen overigens beduidend onder de 100 ton/jaar, dat is de grens waarboven individuele rapportage van de emissies is voorgeschreven.

Linoleum productie.

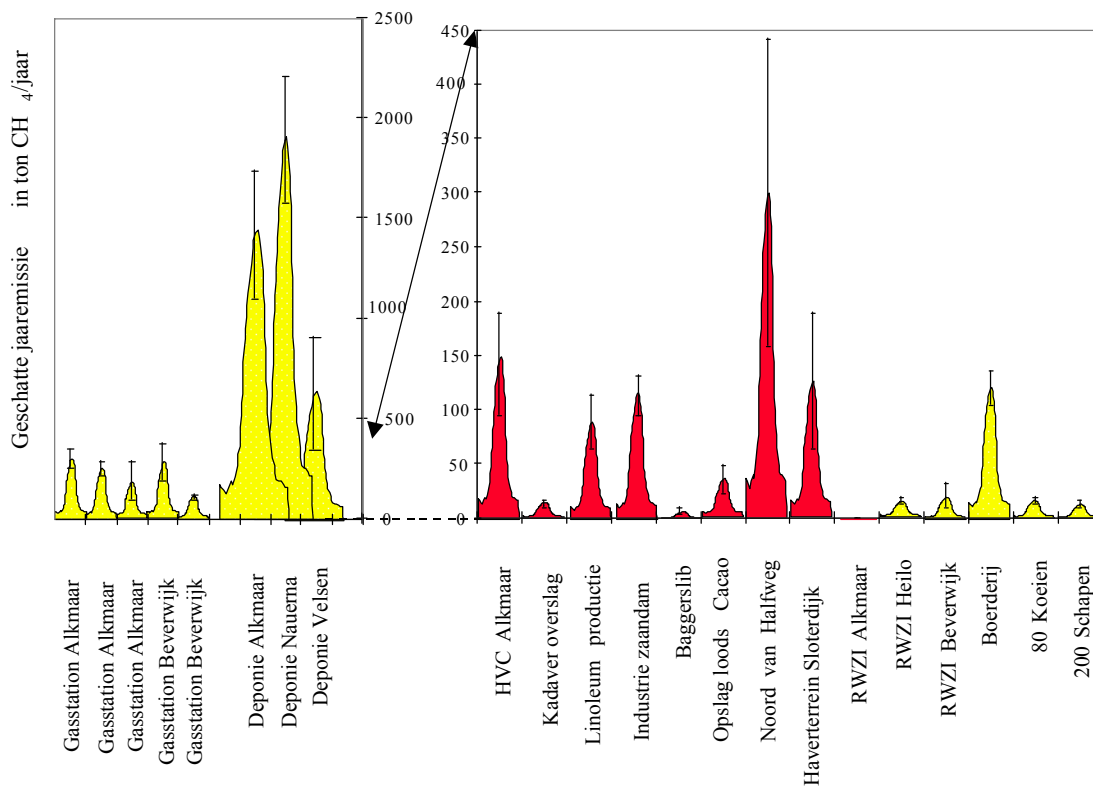
Bij deze bron geldt hetzelfde als bij de HVC in Alkmaar, er werd een emissie gemeten en dat leek geen verrassing te zijn. Een gedeelte van de vluchtige organische verbindingen die vrijkomt uit een dergelijk grote installatie kan immers methaan zijn. Toen we contact hadden gelegd met de Forbo bleek echter dat deze emissie toch niet verwacht werd.

In eerste instantie hadden we de een te hoge schatting van de emissie gemaakt omdat we in de veronderstelling waren dat een gedeelte van de gemeten pluim uit de 60 meter hoge schoorsteen afkomstig zou zijn. Dan moet er in het model gecorrigeerd worden voor het effect dat een groot gedeelte van de pluim over de meetwagen heen gaat. Vanuit de Forbo werden we echter geïnformeerd dat de schoorsteen niet in gebruik is. De hier gerapporteerde schatting heeft dan ook betrekking op bronnen op enkele meters hoogte. Het geschatte emissieniveau ligt ergens tussen de 60 en 113 ton/jaar. Samen met de Forbo wordt gekeken in hoeverre we deze **onbekende bron** verder kunnen opsporen.

Landbouw

Bij deze categorie staan een boerderij, een groep koeien en een groep schapen vermeld. In feite hebben we enkele tientallen boerderijen gemeten. Omdat we in dit project de nadruk leggen op onbekende bronnen en de tijd voor uitwerking daarop is aangepast zijn slechts deze drie pluimen hier gerapporteerd. Van de boerderij (en van al die andere boerderijen) zijn verder geen gegevens beschikbaar om een goede vergelijking met emissie registratie gegevens te kunnen maken. Er zijn op een boerderij immers een aantal verschillende bronnen waarvan de emissies samen de pluim genereren.

Langs de A9 werden vrij snel achter elkaar twee methaanpluimen waargenomen, één van een groep van 80 koeien en één van een groep van ongeveer 200 schapen. De emissie van de koeien komt overeen met 150-230 kilo CH₄ per jaar per koe. Dit lijkt iets hoger te liggen dan de officiële schatting van ongeveer 100 kg per koe per jaar voor koeien zoals we die in Nederland gebruiken. Het verschil is echter niet enorm groot. Voor de groep schapen zien we echter wel een aanzienlijk hogere emissie. In het emissie registratie systeem gebruiken we 8 kg per schaap per jaar, het gemeten niveau lag tussen de 30 en 65 kilo per schaap per jaar. Het lijkt daarom zinnig experimenten bij dit soort groepen dieren te herhalen. Daarbij gaat de voorkeur trouwens uit naar metingen op weg met lagere snelheden, dus niet op de A9.



Figuur 5.1. De gemeten emissies voor de verschillende objecten op een rij gezet. De data is uitgezet als pluimpjes, de hoogte geeft de geschatte bronstekte in tonCH₄/jaar aan. De groep in het linker deel van de figuur heeft een hogere emissie en is derhalve apart gezet. De onbekende bronnen staan in het midden van het figuur.

Overig

Voor de opslag loodsen in Amsterdam en voor het baggerslib bij Ruigoord zijn geen andere emissie getallen beschikbaar dan de gemeten getallen. Met de beheerder van de opslagloodsen waarvandaan de pluim leek te komen is contact opgenomen. In de loodsen ligt cacao maar dat zou alleen methaan produceren als het ligt te rotten. Omdat het materiaal er soms wel 10 jaar kan liggen en dan nog gebruikt kan worden lijkt dit niet waarschijnlijk. Verwarming is niet aanwezig, dus ook dat kan niet de bron zijn van het methaan.

Niet geïdentificeerd

Net als bij de opslagloodsen die hierboven werden genoemd is bij deze pluimen niet bekend wat de bron van het methaan is. Verschil is dat bij deze pluimen nog minder bekend waar de pluim vandaan komt. De emissieniveaus en de mogelijke afstand tussen meetwagen en de bron zijn geschat op basis van de vorm van de pluim. We hebben niet meer de mogelijkheid gehad om bij deze locaties nader te zoeken wat de bron geweest is.

6. CONCLUSIES: HET NUT VAN MOBIELE METINGEN

Het belangrijkste doel van dit project waarin op drie dagen mobiele metingen van CH₄, N₂O en (gedeeltelijk) HFK's werden uitgevoerd was de opsporing van tot nu toe onbekende bronnen. De metingen werden uitgevoerd in Noord Holland met in totaal een meettraject van ±750 km. Op een traject van ongeveer 400 km was de wind gunstig voor metingen.

Er werden 10 bronnen gevonden die we als onbekende bron kunnen kwalificeren. Gemiddeld betekend dat drie bronnen per meetdag. Op het traject van 400 km komt het overeen met één onbekende bron per 40 km. Op de laatste meetdag werden meer onbekende bronnen gevonden dan op de eerste twee dagen. Dat heeft enerzijds te maken met de aard van de bezochte gebieden, in het havengebied zijn zeer veel verschillende bedrijven actief. Anderzijds is ook de ervaring met dit type metingen, opgedaan op de andere dagen een reden dat op de laatste meetdag meer bronnen zijn gevonden.

Er zijn twee methaan bronnen gevonden waarvan in eerste instantie gedacht werd dat een bekende bron werd bemeaten. Zowel bij de Huisvuilverbrandingsinstallatie in Alkmaar als bij de Forbo in Krommenie bleek echter bij navraag dat op basis van proceskennis toch geen methaanemissie verwacht wordt.

Bij vijf van de tien onbekende bronnen hebben we de bron van de gemeten pluim niet kunnen identificeren. Bij drie van deze vijf was dat met meer tijdsinspanning waarschijnlijk wel gelukt. Deze bronnen zijn echter al rijdend op een autoweg of snelweg gedetecteerd. Terugrijden voor nadere inspectie is niet altijd direct mogelijk. Bij de andere twee bronnen hebben we wel gezocht maar geen bron locatie kunnen aanwijzen.

Het leggen van contacten met de verschillende bedrijven waar emissies werden vastgesteld verliep goed, bij nagenoeg alle bedrijven werd positief gereageerd op het onderzoek. Het overleg en het uitwisselen van informatie kost echter meer tijd dan verwacht.

Het is duidelijk dat het uitvoeren van mobiele metingen een elegante methode biedt om onbekende bronnen te identificeren. Het is waarschijnlijk de meest praktische methode om de resterende onbekende bronnen te vinden, onafhankelijk van desk-studies en emissieregistratiewerk waarmee inmiddels vrijwel zeker 90% van alle bronnen zijn geïdentificeerd. Andere meetmethoden, vliegtuigmetingen, of metingen in een netwerk kunnen emissies op deze ruimtelijke schaal niet goed in kaart brengen.

Als het enige doel van de mobiele metingen zou zijn om onbekende bronnen te identificeren, dan is de methode relatief duur. Gelukkig leveren de metingen ook een aanzienlijke hoeveelheid gegevens op over weliswaar bekende maar slecht gedefinieerde bronnen.

6.1 Aanbevelingen en ideeën voor verder onderzoek

- De metingen zijn dit keer uitgevoerd in de lente en zomer. Het is te verwachten dat in de winter een groot aantal andere bronnen actief worden. Het is dan ook zinnig dit type metingen ook in het winterseizoen enige malen uit te voeren.
- De serie metingen hebben op 400 km traject 10 onbekende bronnen opgeleverd. Indien we aannemen dat dit representatief is voor Nederland dan zullen metingen langs het snelwegennet van Nederland, met een totale lengte van 2250 km dus ongeveer 50-60 onbekende bronnen opleveren. Daarnaast zal dan voor ongeveer 150-200 andere locaties met een grote emissie een gemeten bronsterkte beschikbaar zijn. Voor een dergelijke meetserie zijn waarschijnlijk ongeveer 10 meetdagen nodig.

- Bij evaluatie van dit type metingen kan het inzetten van een geografisch informatie systeem de snelheid van verwerking en kwaliteit van de interpretatie verhogen. Bij het verder ontwikkelen van deze meetmethode is gebruik van GIS technieken dus aan te raden. Een inhoudelijke samenwerking met emissie registratie en met rijksoverheid en provinciale overheden is daarbij nodig. De bestaande gegevens van bronlocaties en bronsterkten kan dan in een GIS vergeleken worden met de gemeten concentraties en emissies.
- De trajectmetingen bieden goede mogelijkheden te bieden om op een onafhankelijke wijze de emissies uit een relatief groot gebied in kaart te brengen. Het valideren van de totale emissie in 4 of 5 gebieden van bijvoorbeeld 5x5 km waarin de emissie registratie statistieken duidelijk verschillende emissie niveaus laat zien zou een goede ondersteuning bieden voor de nationale emissie rapportage.
- Voor mobiele metingen van HFK's is het inzetten van een nieuw type mobiele massa spectrometer waarschijnlijk de beste optie. Hoewel er nog geen ervaring met mobiele inzet van deze techniek in Nederland lijkt te zijn is het meetprincipe van nieuwe de time of flight M.S. systemen zeer goed bruikbaar voor detectie van F- componenten. Voordeel is ook dat dit soort systemen in staat is om in de pluim te bepalen welke component geëmitteerd wordt. Inzet van een dergelijk systeem kan waarschijnlijk simultaan met de TDL zodat voor meerdere componenten een evaluatie mogelijk is.
- Een andere optie om C-F emissies te bepalen is inzet van de TDL zelf. Volgens de specificaties zijn met het laser systeem ook metingen van CF₄ mogelijk met de nu reeds beschikbare lasers in het systeem. Dit moet echter nog wel getest worden. Simultane metingen van CF₄, en CH₄ of CF₄ en N₂O zijn wellicht mogelijk.
- Bij het rondrijden in stedelijk gebied zijn we veel "mini-pluimen" tegen gekomen die wellicht van verkeer afkomstig waren. Dat geldt zowel voor lachgas als voor methaan. Omdat deze emissies niet als onbekende bron worden beschouwd is hier niet uitgebreid tijd aan besteed. Het zou een goed idee zijn de meetwagen gedurende enkele uren benedenwinds van verschillende type wegen te plaatsen en te zien wat er voorbij komt rijden.
- Bij bronnen van agrarische aard geldt hetzelfde. We hebben een groot aantal pluimen gezien die afkomstig waren van groepen dieren of van boerderijen. Deze zijn niet nader geëvalueerd. Mede gezien de opmerkelijke resultaten voor een groep van 200 schapen waar wel een vergelijking met officiële emissie niveaus werd gemaakt en een groot verschil werd geconstateerd zouden ook bij deze bronnen vergelijking met de verwachte en gemeten emissies een verbetering van de emissiegetallen kunnen opleveren.

7. DISSIMINATIE ACTIVITEITEN

De meetmethodiek zoals die in dit project is gebruikt is op 7 juli 2000 gepresenteerd op de *Sixth International Conference on Air-Surface Exchange of Gases and Particle. (Edinburgh 3-7 Juli 2000)* Hierbij werden de metingen die in de afgelopen jaren met deze meetmethode werden uitgevoerd gepresenteerd. Een publicatie van deze presentatie is geaccepteerd voor Water Air and Soil Pollution.

Naast deze rapportage is een brochure opgesteld voor informatie van de bedrijven die werden benaderd om te reageren op de uitgevoerde metingen. Deze brochure is in bijlage 2 opgenomen

Op 11 Augustus was in de wetenschapsbijlage van de Volkskrant een artikel te vinden over de metingen die in dit project werden uitgevoerd. Een kopie van de tekst van het artikel is weergegeven in bijlage 4

8. MET DANK AAN

Een groot aantal mensen heeft op verschillende manieren bijgedragen aan dit project. Naast de medewerking van collega's Pim van den Bulk, Han Mols Peter Fonteijn en Alex Vermeulen, werd assistentie bij de metingen verleend door :

D.Lolkema, VU
L.Amor, Universidad La Coruna
E.Schoenmaekers, Novem
J.Kraaij, VROM
Rene Didde, Volkskrant

Uitwisseling van informatie omtrent verschillende bronnen :
V. Verburg & M. de Groot, MI-DHV, Amersfoort

Voor het bieden van de mogelijkheid om met de HFK sensor in een koelhuis te meten :
Diverse medewerkers van Grenco en de medewerkers van de DEKAMARKT in Velsen.

Voor het verstrekken van informatie omtrent emissie niveaus:

T. Veenstra, Gasunie
Dhr. Jobsen, BP Nederland
Mevr. Dijkens, Rendac.
Dhr. Van Wieren, Burg, Heerhugowaard.
H. Scharff, Afvalzorg, Haarlem.
J. Jonker, Uitwaterende sluisen
M. Snijdoordt, HVC Alkmaar
Dhr. Slangen, Forbo Krommenie
J.D. Oostwouder, Medisch Centrum Alkmaar

9. LITERATUUR

Coenen, P. W. H. G., A. K. van Harmelen, G. P. J. Draaijers, G. van Grootveld. *Emission data for the Netherlands, Nr. 2, 2000. 1997 and estimates for 1998*. Coördinatiecommissie Doelgroepmonitoring. 's-Gravenhage, The Netherlands.

IPCC 1996. Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate Change 1995: the Science of Climate Change*. (Eds. J. T. Houghton, L. G. Meira Filho, B. A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg and K. Maskell). 572 pp. (Cambridge University Press, Cambridge, U.K).

KNMI 1974. Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, De Bilt. *Luchtverontreiniging en Weer*. Staatsuitgeverij 's-Gravenhage. ISBN 90 12 00352 0

KPMG, *Rapportage "Gebruik van HCFK's, HFK's Methylbromide en aanverwante stoffen in Nederland in 1998"*, Augustus 1999, ICB/99155778, KPMG Accountants N.V.

Nationaal Klimaatbeleid. www.minvrom.nl/minvrom/pagina/html

Nieuw Nationaal Model (1998). Verslag van het onderzoek van de projectgroep Revisie Nationaal Model. Infomil, Den Haag. ISBN 90-76323-00-3

Hensen, A., Scharff, H., Methane emission estimates from landfills obtained with dynamic plume measurements, geaccepteerd voor Special issue: 6th international Conference on Air-Surface Exchange of Gases and particles, in: *Water, Air & Soil Pollution*,

Spakman, J., M. M. J. van Loon, R. J. K. van der Auweraert, D. J. Gielen, J. G. J. Olivier and E. A. Zonneveld. Methode voor de bepaling van broeikasgasemissies, Nr.37, juli 1997. Publicatierreeks Emissieregistratie.

BIJLAGE 1. De onbekende reeds bekende bronnen...

Emissie Registratie onderscheid in haar rapporten verschillende kwaliteiten voor emissiegetallen. Het is bij de planning van de experimenten uiteraard zinnig te kijken naar bronnen die potentieel een significante grootte hebben en waarvan bovendien wordt aangegeven dat de schattingen met grote onzekerheden zijn behept. De categorieën die onderscheiden worden zijn :

- A: Een getal gebaseerd op een groot aantal metingen aan representatieve installaties
- B: Getal gebaseerd op een aantal metingen aan en deel van de voor de sector representatieve installaties
- C: Een getal gebaseerd op een beperkt aantal metingen aangevuld met schattingen op basis van kennis van het proces
- D: Een getal gebaseerd op een beperkt aantal metingen aangevuld met schattingen op basis van aannames
- E: Een getal gebaseerd op een technische berekening op basis van aannames

Uit de rapportage van emissie registratie is een eerste selectie gemaakt van bronnen die relevant zijn voor broeikasgassen . Het overzicht is weergegeven in tabel B1. Op basis van deze tabel is een aantal bronnen te definiëren die van belang zijn voor de verschillende componenten.

Tabel B1: *Overzicht van bronnen met kwaliteit C,D,E uit emissie registratie, voor zover van belang voor broeikasgasemissies. PFK en HFK emissies worden hierbij niet separaat aangeduid..*

Grote bedrijven		
3.3.4	stortplaatsen	C CH ₄ , NMVOC
Niet industrieel verbranding		
4.1	vuurhaarden	C
4.2	woningverwarming	D
4.3	verbrand uit landbouw	B
5. Landbouw		
5.2.1	Dierlijke mest	D CH ₄ ,N ₂ O
5.2.2.	kustmest gebruik	C NH ₃ N ₂ O
5.2.4	Fermentatie herkauwers	B CH ₄
5.2.5.	Zuiveringslib in landbouw	B
6.1 Verkeer & Vervoer		
6.1.1	Uitlaatgas	D CH ₄ N ₂ O Fijn stof C NO _x ,CO VOS A CO ₂ , SO ₂ Pb
6.2 Scheepvaart		
6.2.1	Uitlaatgassen beroepsvaart	A CO ₂ , SO ₂ ,Pb C NO _x ,CO,VOC D anders
6.2.2	Zeeschepen : stil & manoeuvre	D
6.2.3	Recreatievaart	E verbrandingsgassen
6.4 Spoorwegen		
6.4.1.	Uitlaatgassen Diesel	D
6.5	Mobiele werktuigen	D
7 Consumenten		

7.1	Kleine bedrijven		
7.1.1	Autospuiterijen, verf& lak	C	VOC
7.1.2	Benzinedistributiedepots	B	
7.1.3	Garagebedrijven, reinigen nieuwe auto's	B	VOC
7.1.4	Roestbehandeling	E	C2-C10
7.1.5	Tankstations	B	lekverliezen
7.1.6	Tankauto reinigen	C	
7.1.7	Chemisch kleding reinigen	B	PER, CFK's
7.2	Overige producten		
7.2.1	Brandwering	B	Halonen
7.2.2	Schuimen (bouw)	B	CFK 11 HCFK22 HCFK 141b
7.2.3	Spuitbussen	B	Consumenten & Bouw
7.2.4	Reiniging	D	CFK113
7.2.6	Ontsmetten medische componenten	B	CFK12 & Ethyleenoxide
7.2.7	Koelen & vriezen	D	CKF's
7.2.8.	Oude koelkasten afdanken	D	CFK's CKF 12 & Thrichloorfluormethaan
7.2.10	Autoproducten	D	VOS HFK134a

In de tabel zijn de emissies naar lucht die in de categorie C, D of E vallen grijs gemarkeerd.

BIJLAGE 2. Informatieblad met uitleg van de meetmethode

Zie volgende bladzijden. Deze brochure werd verstuurd naar de verschillende bedrijven en instellingen waar emissie gemeten werden.

”Met mobiele metingen op zoek naar bronnen van broeikasgas”

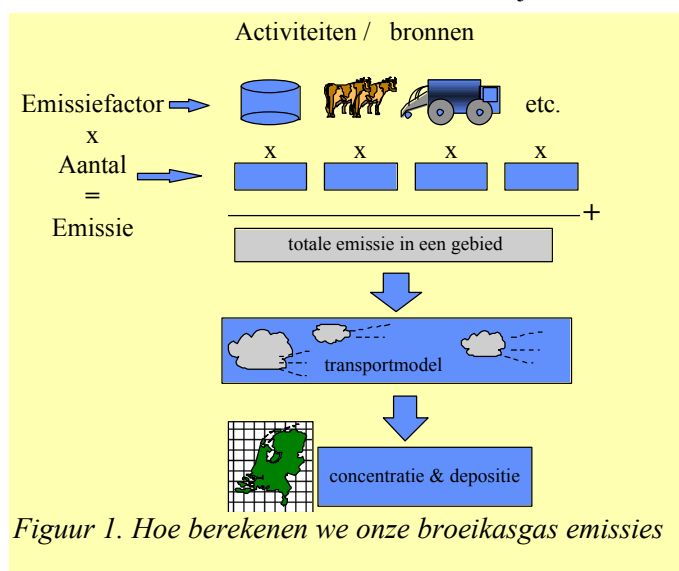


Informatie Sheet
Versie: Oktober 2000

Ons probleem

Nederland is een druk landje met een groot scala aan activiteiten op een klein gebied. Een groot aantal van deze activiteiten gaat gepaard

met emissies van broeikasgassen. CO₂ van industrie, verkeer en huishoudens, CH₄ uit stortplaatsen, onze veestapel en uit het aarsgas netwerk, N₂O bij kunstmestproductie, verkeer, ziekenhuizen en waterzuiveringen. Op het gebied van broeikasgassen lopen we in Nederland in de voorhoede als het gaat om het vaststellen van emissiefactoren en het bijhouden van



activiteit statistieken. Emissiefactoren op basis van metingen of op basis van expert judgements worden gecombineerd met de gegevens van activiteiten (aantal auto's, hoeveelheid mest, etc). (figuur 1) Zo komen we tot emissiekaarten voor Nederland. Dit soort kaarten worden ingevoerd in modellen die vervolgens het transport van de betreffende componenten in de atmosfeer berekenen. Het klinkt allemaal eenvoudig. Maar de veelheid van emissieprocessen, de afhankelijkheid van management en weerscondities maken dat, ondanks alle inspanningen, er toch aanzienlijke onzekerheden in de emissieschattingen blijven.

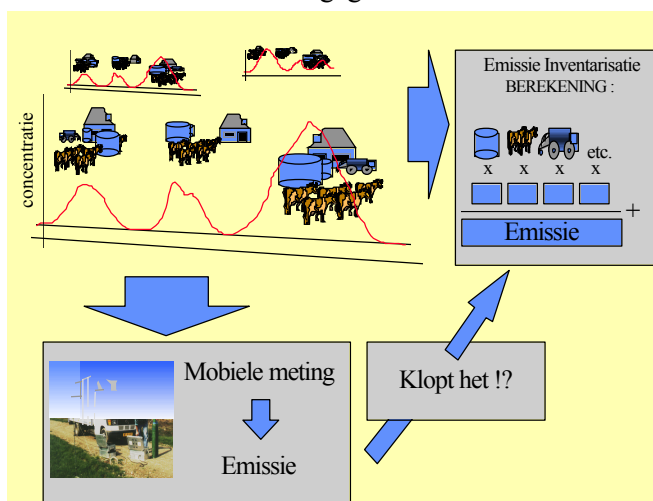
Onzekerheden in de Emissies...

De onzekerheden in de emissie schattingen waar we mee geconfronteerd worden zijn onder meer het gevolg van het feit dat we niet overal kunnen meten. Dus metingen op een paar locaties, worden verricht en vervolgens passen we een slimme extrapolatie van de gevonden resultaten toe om de emissie voor heel Nederland te verkrijgen. Emissies van een stal (of een

paar stallen) moeten we vertalen naar alle stallen, van een mestopslag naar alle mestopslagen, van een weiland naar alle weilanden. Dat in het eindtotaal dus nog aanzienlijke onzekerheden zitten is te verwachten.

Testen van de rekensommen

Emissies kunnen we niet alleen bepalen met emissie factoren en de activiteit gegevens. We kunnen ook

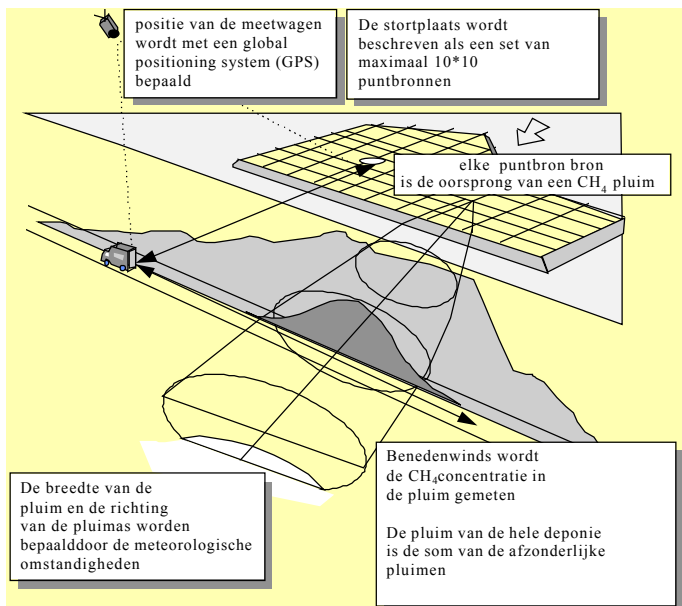


Figuur 2. Mobile metingen kunnen laten zien hoeveel emissie er op een zeker moment uit een brongebied, een stortplaats of een bedrijf plaats vindt. Door dit te vergelijken met emissie registratie schattingen kunnen we zien en laten zien of deze getallen kloppen.

directe metingen uitvoeren. We kiezen daarbij voor een onafhankelijke methode die het emissieproces niet verstoort. We rijden benedenwinds van een bron en meten daar de pluim van het gas dat met de wind wordt meegevoerd. Zo'n meting is in een 4-5 minuten uitgevoerd. De meting met een mobiel meetstelsel geeft zo een direct beeld van de totale emissie van een bedrijf. Daar zitten dan alle verschillende bronnen binnen de locatie, met hun emissiefactoren in verwerkt. Op een meetdag kunnen zo pluimen van 10-20 bedrijven of meer gemeten worden. Daaruit worden de emissies berekend. Die emissieniveaus moeten overeen komen met de optelsom van de emissies zoals we die tot nu toe altijd berekenen.

Hoe werkt het

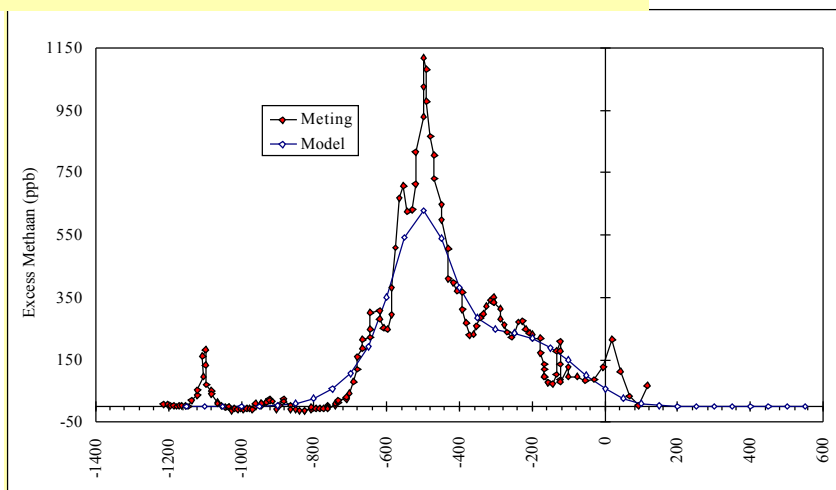
In een meetauto staat een zogenaamde tunable diode laser spectroscopie opgesteld. Het hart van dit apparaat is een kleine laser, zoals die ook in een compact disk speler wordt gebruikt. Vergeleken met de CD laser werkt deze laser echter wel bij andere kleur, ofwel frequentie. Het licht van de tunable diode laser schijnt



Figuur 3:
Het principe van de mobiele meetmethode.
 Een afvaldeponie is een grote, ingewikkelde bron, eigenlijk een berg met daarop allemaal kleine bronnetjes waaruit CH_4 ontsnapt. Benedenwinds van de deponie meten we een pluim. In deze pluim is de methaan concentratie hoger dan in de rest van de omgeving. Door nu deze concentratie en de positie van de meetwagen te registreren kan de hoeveelheid methaan die ontsnapt berekend worden.

door een meetcel waardoorheen buitenlucht wordt geleid. De frequentie van het laser licht is zo gekozen dat bijvoorbeeld CH_4 of N_2O het licht absorbeert. Hoe meer van dit gas er in de meetcel zit, hoe lager de intensiteit van de lichtbundel die door de meetcel heen weet te komen. Omdat het de frequentie van het licht heel specifiek is voor de te bemeten component kan zeer selectief, gevoelig gemeten worden. Bovendien is de meting snel, elke seconde een waarde is geen probleem. Daardoor kan al rijdend gemeten worden waarbij we continu zien hoeveel methaan of lachgas er op dat moment buiten te vinden is.

Voor methaan en lachgas hebben we in verschillende projecten al op de hier voorgestelde wijze emissie metingen verricht. Figuur 3 laat zien hoe dat in z'n werk gaat, benedenwinds van een afval deponie is een duidelijke methaan pluim te meten, vergelijkbaar met een rookpluim uit een schoorsteen. Een voorbeeld van een echte meting is weergegeven in figuur 4: de verhoging van de concentratie benedenwinds van een deponie is duidelijk te zien. De pluim van de deponie is eigenlijk een samenstelling van een groot aantal verschillende kleine pluimen die hun beginpunt hebben in bronnen op de deponie. De meetwagen waarin de concentratie-metingen en satelliet metingen gecombineerd worden, laat de totale pluim van de bron zien.



Met een atmosferisch verspreidingsmodel wordt de concentratie berekend die we verwachten op het meettraject. Indien de bronsterkte in het model met de werkelijke bronsterkte overeen komt zullen ook de concentratie niveaus met elkaar overeen stemmen. Op deze manier zijn metingen verricht van methaan emissies van stortplaatsen, boerderijen, en gasstations. Lachgas emissies komen we bijvoorbeeld tegen bij een ziekenhuis (uit de operatiekamer), bij een waterzuiveringsinstallatie of uit een fabriek voor kustmest productie.

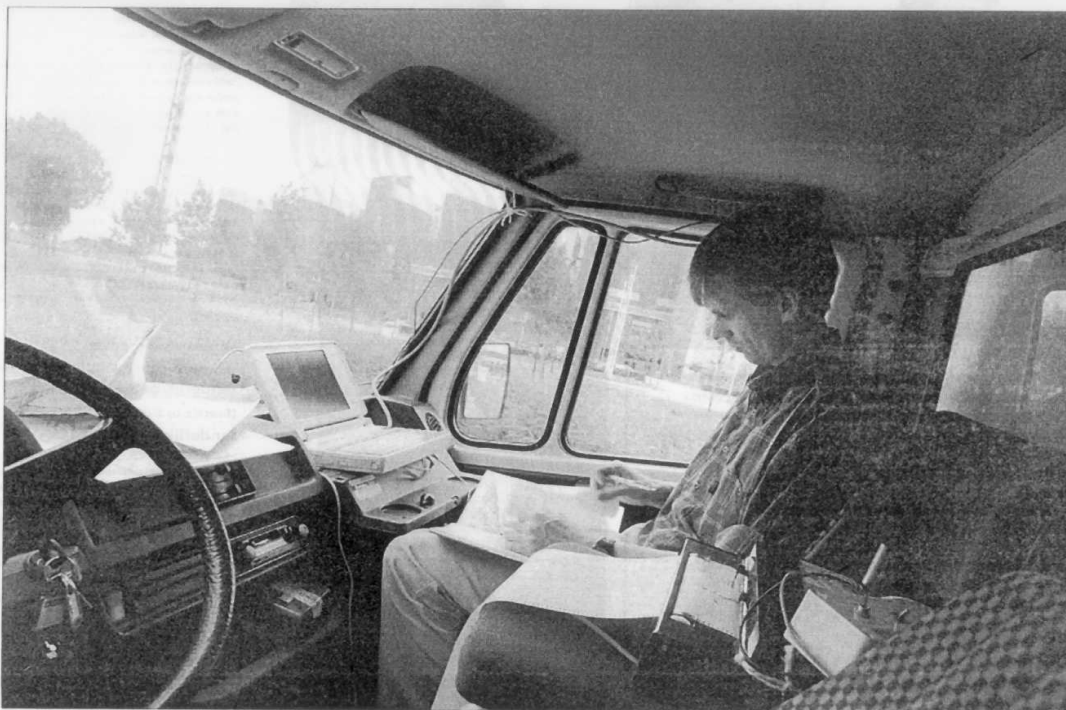
Mocht u naar aanleiding van deze informatie vragen hebben dan kunt u contact opnemen met :
 A.Hensen ECN Petten
 tel: 0224-564203 Email : hensen@ecn.nl

BIJLAGE 3. Chronologisch overzicht van de experimenten met de HFK & SF₆ sensor.

Tabel B1. Programma voor ontwikkeling van een prototype HFK-SF₆ sensor.

HFK sensor programma		
	Labtests	Mobiele tests
Materiaal	Electronica unit in bruikleen.	
Prototype 1 April	Met O ₂ verwijdering. Systeem niet stabiel Veel ruis.	
Prototype 2 (Mei)	Zonder enige filtering	Testrit langs koelhuizen achter petten. Metingen laten grote overspraak zien van CO ₂ en H ₂ O Ook is het systeem in de auto erg gevoelig voor trillingen
	Electronica unit moet voor een paar weken retour.	
Prototype 3 (Juni)	CO ₂ en H ₂ O verwijdering Electronische flowregelaar voor een constante luchtsroom door de detector.	
Gevoeligheids tests.	SF ₆ detectielimiet 30 ppb * respons is mooi lineair HCFC : detectie lim: 10 ppb	
23 juni		Metingen bij Dunpont in Dordrecht + Hoogspannings station. Niets gevonden. Windrichting fout !!! Geeft een goede stabiele lijn. Wel blijven trillingen een probleem.
Begin Juli	ECN airco's Geen lekken gevonden. (Mooi ! : Aldus de TD.)	
Metingen 21 juli		Systeem functioneerd goed (stabiele basislijn) maar we hebben geen pluimen gevonden..... Zijn die er niet of.....??
Brontestjes	Tennisbal test : geen SF ₆ gevonden PUR foam : duidelijk signaal.	
Metingen 10 augustus		In koelhuis Velsen Noord, wel iets gevonden maar veel minder dan verwacht.
18 Augustus	Eigen electronica unit binnen.	

BIJLAGE 4. Volkskrant Artikel van 11 augustus 2000



Onderzoeker drs. Arjan Hensen bij zijn detectieapparatuur voor broeikasgassen.

FOTO ARNO LINGERAK

Met de snuffelbus naar de discotheek

In zijn busje vol apparatuur rijdt de ECN-onderzoeker door Noord-Holland op zoek naar methaan en lachgas. Om te kijken of de rekenmodellen nog kloppen, koerst hij langs ziekenhuizen en vuilnishopen. En hij gaat het uitgaansleven in.

HET IS een onopvallend busje dat dezer dagen Noord-Holland doorkruist. Het sjoel ogende geval heeft wel wat weg van een oud campertje. Er zit echter geen benedenmodale toerist achter het stuur, maar onderzoeker drs. Arjan Hensen van Energieonderzoek Centrum Nederland uit Petten.

Het busje is volgestouwd met apparatuur die ter plekke de lucht analyseert op methaan (aardgas) en lachgas. Hensen is op zoek naar bekende en onbekende bronnen van deze stoffen, die samen met kooldioxide de onbetwiste topdrie van broeikasgassen vormen.

Een kapje dat achtteloos uit een rooster boven de cabine bungelt, zuigt permanent lucht aan. Bovenop de bus staat een antenne die de satellietgegevens van het *global positioning system* (GPS) opvangt en daarmee een exact

kaartje van de afgelegde route levert. Een windmeter verdisconteert windsnelheid en richting. Afhankelijk van de golfengte en de hoeveelheid licht die de moleculen in de lucht absorberen, bepaalt een diode-laser achterin de bus de hoeveelheid methaan of lachgas in de aangezogen lucht.

Het apparaat is akelig nauwkeurig, en zelfs in de hotsende en schuddende bus blijft de laserdetector trouw zijn werk doen. 'Twee deeltjes methaan per miljoen deeltjes lucht weet het apparaat te detecteren', zegt Hensen. 'De nauwkeurigheid daarvan kun je vergelijken met zestien miljoen Nederlanders van wie er 32 de achternaam "Methaan" hebben. De laser weet ze dan in Nederland op te sporen.'

Naast de bestuurdersstoel staat een recorder met grafiekpapier die terstond de concentraties noteert. Een blauw lijntje toont het verloop van het gehalte lachgas, terwijl een rood lijntje de hoeveelheid methaan weergeeft. Een computer levert in één oogopslag windsnelheid en -richting.

Zo rijdt Hensen langs vuilstortplaatsen en gascompressiestations om het methaan dat daar weglekt, in kaart te brengen. 'Om te voldoen aan het Kyoto-protocol willen we nagaan of de schattingen van de broeikasgassen die de modellen aangeven, kloppen met de werkelijkheid. Die bijdrage van vuilstortplaatsen, zoals berekend met modellen, bevat een onzekerheidsmarge van maar liefst 30 procent.'

Het ECN speurt echter vooral naar onbekende broeikasbronnen. Het ministerie van Milieubeheer (VROM) en Novem willen weten of we alle broeikasbronnen wel in de peiling hebben, zegt Hensen. 'Misschien behoeven nu nog onbekende bronnen nieuw beleid.'

Niet onbelangrijk ten slotte, is dat de snuffelbus concreet bewijs levert dat milieumaatregelen werken. 'Bij een meting op een vuilstortplaats bij Amsterdam bleken de methaanemissies na ingebruikname van een stortgas-installatie ongeveer de helft van de hoeveelheid die ik daarvoor mat.' Zo'n installatie onttrekt het energierijke methaan uit de rottende massa in het hart van de afvalhoop. De terugwinning van methaan op vuilstortplaatsen zet op nationale schaal zeker zoden aan de dijk. 'De afvalstortplaatsen nemen gezamenlijk ongeveer 7 procent van de Nederlandse broeikasbijdrage voor hun rekening.'

Alkmaar ontbeert zo'n installatie, en dat is te merken ook. Op een plek benedenwinds van een oude vuilstortplaats begint de pen van de recorder plotseling heftig uit te slaan over het grafiekpapier. 'Kijk', wijst Hensen, 'wij rijden nu dwars door een pluim van methaan.' Na een paar honderd meter houdt de recorder zich weer koest.

Ook in de luwte van de nabijgelegen Huisvuilcentrale van Alkmaar slaat de meter enigszins uit, zij het minder dan bij de vuilstort. 'Dat komt door de huisvuilwagens die daar in file staan te wachten voor de stortbunkers. Uit de organische resten tussen het afval in de vrachtwagens en de bunkers ontwijkt altijd enig methaan, maar gezien de enorme hoeveelheid afval die hier wordt verwerkt, doen ze het niet slecht', vindt Hensen. De afvalverbranding zelf draagt niet bij aan de methaanemissie. En voort snuffelt Hensen. Geen ver-

rassing is de rode piek op het grafiekpapier als we een tussen de bosjes verscholen gascompressiestation passeren en 'ontmaskeren' als methaanbron.

OPMERKELIJK gedrag vertoont de snuffelbus bij het Medisch Centrum Alkmaar. Daar gaat het blauwe lachgaslijntje dat tot nog toe nagevoelbaar recht liep, plotseling pieken vertonen. Bliksems, wat is dat? Hensen keert de bus en rijdt nogmaals langs het ziekenhuis. Opnieuw slaat de meter uit. 'Dat moet de operatiekamer zijn, waar lachgas wordt gebruikt om mensen onder narcose te brengen', concludeert Hensen. Later achterhaalt hij de hoeveelheid die uit het ziekenhuis weglekt. 'Het gaat om een paar liter per minuut, genoeg om vier tot vijf mensen in slaap te houden.'

De onderzoeker stuitte tijdens een eerdere speurtocht op een andere onbekende bron. Zigzaggend over een industrieterrein in Heerhugowaard kwam hij een fikse methaanpiek tegen, die niet direct thuis viel te brengen. 'Na enig puzzelen, bleek dit gas afkomstig te zijn van een overslagplaats voor slachtafval en koeienkadavers', zo ontdekte Hensen.

Bij sommige van deze nieuwe bronnen zal het niet de moeite waard zijn maatregelen te treffen. De hoeveelheden methaan en lachgas die bijvoorbeeld ontwijken uit het slib van baggedepots en waterzuiveringsinstallaties, is vermoedelijk niet relevant, meent ir. Hans van der Steen, die bij Novem een reductieprogramma voor broeikasgassen coördineert. 'Waarschijnlijk is die

bijdrage minder dan 0,1 megaton per jaar', zegt hij.

Als gevolg van de Kyoto-afspraken, die later dit jaar op een conferentie in Den Haag moeten worden gepreciseerd, heeft Nederland zich verplicht om in 2010 vijftig megaton minder broeikasgassen de lucht in te blazen. De helft daarvan moet in Nederland worden gerealiseerd. 'We moeten zeventien megaton minder CO₂ uitstoten en acht megaton minder methaan, lachgas en fluorhoudende stoffen', zegt Van der Steen.

Uit een nog niet afgeronde literatuurstudie van ingenieursbureau DHV blijkt dat ook lachgas ontwijkt uit spuitbus-toeters die tijdens voetbalwedstrijden worden gebruikt. In sommige tennisballen en in Nike-Air-schoenen zit de fluor-zwavelverbinding SF₆, een zeer hardnekkig broeikasgas.

VROM combineert de gegevens van de ECN-snuffelbus uit de praktijk met de DHV-gegevens uit de literatuur. Ondanks de ontdekking van lachgas lekende ziekenhuizen en SF₆-houdende tennisballen en sportschoenen hebben ambtenaren vooralsnog niet de indruk dat zich nieuwe grote bronnen openbaren. Als de uitstoot echter met weinig kosten kan worden vermeden, dan helpen alle kleine beetjes.

Intussen snuffelt Hensen nimmer voort, al zal hij niet bij elke tennisbaan gaan meten. Wel gaat hij nog een keer 's nachts op pad. Zijn bus zal dan verschillende grote discotheeken aandoen. 'Daar schijnen bezoekers veelvuldig ballonnetjes met lachgas te gebruiken als party-drugs.'

René Didde

