



rivm

Rapport 680710001/2009

A.P. Stolk et al.

Meetnet Ammoniak in Natuurgebieden

Meetresultaten 2005-2007



Planbureau voor de Leefomgeving

RIVM-rapport 680710001/2009

Meetnet Ammoniak in Natuurgebieden

Meetresultaten 2005 - 2007

A.P. Stolk
M.C. van Zanten
H. Noordijk, PBL
J.A. van Jaarsveld, PBL
W.A.J. van Pul

Contact:
W.A.J. van Pul
Centrum voor Milieumonitoring
addo.van.pul@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van VROM, in het kader van M/680710/07/DN Deponat en M/500068 National Focal Center van het PBL

© RIVM 2009

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: 'Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave'.

Rapport in het kort

Meetnet Ammoniak in Natuurgebieden

Meetresultaten 2005-2007

De gemiddelde ammoniakconcentratie in natuurgebieden varieert sterk. In grote natuurgebieden zijn de concentraties lager dan in kleine gebiedjes. De concentratie is namelijk afhankelijk van de afstand van (lokale) agrarische activiteiten tot het gebied, aangezien deze de voornaamste ammoniakbron vormen. De invloed van snelwegen op de aangrenzende natuur blijkt beperkt met een verhoging van 1 tot 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Dit blijkt uit de eerste drie jaar aan meetresultaten van het Meetnet Ammoniak in Natuurgebieden, die zijn gecontroleerd en met behulp van referentiemetingen gekalibreerd.

Met het meetnet wordt de invloed van ammoniakbronnen buiten de natuurgebieden in beeld gebracht. Het is in 2005 opgezet om ammoniakconcentraties in de natuur te volgen en de modelberekeningen van de concentratie te toetsen die standaard worden gebruikt. De metingen vinden plaats in Natura 2000-gebieden die door hun ligging op arme zandgronden kwetsbaar zijn voor bemesting door de atmosferische aanvoer van ammoniak.

Met zogeheten passieve samplers (buisjes), een eenvoudige en goedkope methode, worden maandgemiddelde ammoniakconcentraties in de lucht gemeten in 29 natuurgebieden verspreid over heel Nederland. Om inzicht te krijgen hoe de ammoniakconcentratie varieert binnen een natuurgebied wordt op meerdere locaties in een gebied gemeten.

De ammoniakconcentraties zijn ook berekend met een nieuwe, experimentele versie van het model OPS van het RIVM en het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL). De berekeningen komen goed overeen met de metingen. Dit bevestigt dat het voormalige verschil tussen berekende en gemeten ammoniakconcentraties, het zogeheten ammoniakgat, door de gemaakte aanpassingen in het model zo goed als verdwenen is. Alleen de gemeten concentraties in de duingebieden zijn, hoewel heel laag, enkele malen hoger dan de berekeningen.

Trefwoorden:

ammoniak, depositie, natuur, stikstof, passieve sampler, Natura 2000, Vogel- en Habitatgebieden

Abstract

Measurements of Ammonia in Nature areas

Data of 2005-2007

The average ammonia air concentration in nature areas varies strongly. Air concentrations are lower in large nature reserves compared to smaller ones. This is due to the strong dependence of ammonia concentration on the distance from (local) agricultural activities. Agricultural activities are the main sources of ammonia; the effect of highways on adjacent nature areas is limited to an increase in ammonia concentration of 1–2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. These conclusions are based on three years of measurements carried out by the Measuring Ammonia in Nature areas network. The data set has been validated and calibrated using reference measurements.

The measurement network quantifies the influence of ammonia sources outside nature areas. It was established in 2005 to monitor the behaviour of ammonia concentrations in nature areas and to validate the model computations of concentrations that are commonly used. All measurements take place in Natura-2000 reserves situated on poor sandy soils, which are sensitive to eutrophication due to ammonia deposition.

Monthly mean air concentrations are measured with passive samplers, a simple and inexpensive method, in 29 nature areas scattered throughout the Netherlands. The measurements are carried out at several locations in each nature area in order to obtain information on spatial variations in ammonia concentrations.

Ammonia concentrations are also computed with a new, experimental version of the OPS-model of the National Institute for Public Health and the Environment (RIVM) and the National Environmental Assessment Agency (PBL). The computations compare well with the measurements, confirming that applied changes in the model sufficiently mitigate the former difference between computed and measured concentrations. The one exception to the rule is the measured concentrations in dune areas which are, although low, several fold higher than the computed ones.

Key words:

ammonia, deposition, natural environment, nitrogen, passive sampler, Natura 2000

Voorwoord

Dit rapport geeft een verslaglegging over de periode 2005-2007 van het Meetnet Ammoniak in Natuurgebieden. Het meetnet concentreert zich op Natura 2000-gebieden die liggen op voor verzuring en vermessing gevoelige zandgronden. Alle gebieden vallen onder Europese Vogel- en Habitatrichtlijnen.

Het rapport geeft de achtergronden van het meetnet en rapporteert de gemeten ammoniakconcentraties per natuurgebied. De data in dit rapport zijn beschikbaar voor gebruik door derden. Een juist gebruik van de data vereist veel detailkennis van de metingen en de betrokken gebieden. Gaarne zien de auteurs daarom de analyses en interpretaties van derden, voordat zij worden toegepast of gepubliceerd.

Het rapport is een vervolg op (en vormt wat meetwaarden en analyses betreft een vervanging van) rapport 500037012 (Noordijk, 2006) waarin voorlopige resultaten van de eerste zes maanden van het meetnet gepresenteerd zijn. Opdrachtgever van het rapport is het Directoraat Generaal Milieubeheer (DGM) van het ministerie van VROM.

Zonder de medewerking van de betrokken terreinbeherende instanties en vrijwilligers zou het Meetnet Ammoniak in Natuurgebieden niet kunnen bestaan. Namens het PBL en het RIVM willen de auteurs hierbij allen die in het veld hieraan bijdragen heel hartelijk danken voor hun maandelijkse inspanningen in weer en wind.

Inhoud

| | | |
|---------------------|--|-----------|
| Samenvatting | | 11 |
| 1 | Inleiding | 13 |
| 2 | Meetnet Ammoniak in Natuurgebieden | 15 |
| 2.1 | Doel en achtergronden | 15 |
| 2.2 | Locatiekeuze | 16 |
| 2.3 | Overzicht natuurgebieden | 17 |
| 3 | Methodiek | 19 |
| 3.1 | Meetprincipe | 19 |
| 3.2 | Logistieke procedure | 21 |
| 3.3 | Kalibratie van de metingen | 22 |
| 3.4 | Validatie | 24 |
| 3.4.1 | Procedure | 24 |
| 3.4.2 | Resultaten validatie | 26 |
| 3.5 | Samenvatting dataverwerking en validatie | 26 |
| 4 | Meetnauwkeurigheid | 29 |
| 4.1 | Inleiding | 29 |
| 4.2 | Statistische controle op de gegevens | 29 |
| 4.3 | De toevallige fout binnen een natuurgebied | 30 |
| 4.4 | De toevallige fout binnen het hele meetnet | 32 |
| 5 | Metingenoverzicht per natuurgebied | 33 |
| 5.1 | Gepresenteerde informatie per natuurgebied | 33 |
| 5.2 | Bennekomse Meent | 34 |
| 5.3 | Boetelerveld | 36 |
| 5.4 | De Borkeld en Elssenerveld | 38 |
| 5.5 | Boschhuizerbergen | 40 |
| 5.6 | Brunsummerheide | 42 |
| 5.7 | Buurserzand en Haaksbergerveen | 44 |
| 5.8 | Dinkelland | 46 |
| 5.9 | Drentse Aa | 48 |
| 5.10 | Dwingelderveld | 50 |
| 5.11 | Groote Peel | 53 |
| 5.12 | Kampina | 56 |
| 5.13 | Kennemerland | 58 |
| 5.14 | Korenburgerveen | 60 |
| 5.15 | Mariapeel | 62 |
| 5.16 | Meyendel | 64 |
| 5.17 | Needse Achterveld | 66 |
| 5.18 | Ossendrecht | 68 |
| 5.19 | Sallandse Heuvelrug | 70 |
| 5.20 | Sarsven en de Banen | 72 |
| 5.21 | Springendal | 74 |
| 5.22 | Stelkampsveld | 76 |
| 5.23 | Strabrechtse Heide | 79 |
| 5.24 | Terschelling (Boschplaat) | 82 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 5.25 | Veluwe | 85 |
| 5.26 | Vlieland | 88 |
| 5.27 | Voornes Duin | 90 |
| 5.28 | Witte Veen | 92 |
| 5.29 | Wooldse Veen | 94 |
| 5.30 | Zwanewater | 96 |
| 6 | Algemene resultaten van het meetnet | 99 |
| 6.1 | Het seizoensverloop van de ammoniakconcentratie | 99 |
| 6.2 | Ruimtelijke patronen | 101 |
| 6.3 | De omvang van een natuurgebied | 102 |
| 6.4 | De invloed van verkeersemisies van ammoniak | 104 |
| 6.5 | Concentratieberekeningen in de natuur: het OPS-model | 106 |
| 6.5.1 | Inleiding | 106 |
| 6.5.2 | Het ammoniakgat; vernieuwing van het OPS-model | 107 |
| 6.5.3 | Vergelijking OPS-berekeningen met MAN-metingen | 107 |
| 6.5.4 | Specifieke analyse voor de duinen | 110 |
| 7 | Conclusies en aanbevelingen | 113 |
| | Literatuur | 115 |
| | Bijlage 1 Schema van de logistieke procedure | 117 |
| | Bijlage 2 Beschrijving kalibratiemethode | 119 |
| | Bijlage 3 Overzicht manuele afkeuringen | 129 |
| | Bijlage 4 Overzicht goedgekeurde metingen die meer dan 3σ afwijken | 131 |
| | Bijlage 5 Verband tussen meteorologie en afwijking referentiemetingen | 133 |
| | Lijst van afkortingen | 139 |

Samenvatting

Het Meetnet Ammoniak in Natuurgebieden is in 2005 door het RIVM en het PBL opgezet om het gedrag van ammoniak in natuurgebieden te volgen. Het heeft als hoofddoelstellingen om de modelberekeningen van ammoniak te toetsen en om een beter inzicht te verkrijgen in het gedrag van ammoniak in de geselecteerde gebieden.

De metingen vinden plaats in Natura 2000-gebieden omdat de Vogel- en Habitatrichtlijnen een goede staat van instandhouding vereisen voor deze gebieden. De 29 gebieden liggen verspreid over heel Nederland maar zijn vooral gelokaliseerd op de voor vermesting gevoelige zandgronden. Met zogeheten passieve samplers, een eenvoudige en goedkope methode, worden maandgemiddelde ammoniakconcentraties gemeten. Dit gebeurt met hulp van natuurbeheerders en een aantal vrijwilligers die zorg dragen voor de wisseling van de buisjes. Om inzicht te krijgen in het ruimtelijke patroon van ammoniak wordt op meerdere locaties binnen een natuurgebied gemeten.

De meetwaarden zijn op maandelijkse basis gekalibreerd met behulp van referentiemetingen. Op meetstations van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit wordt de ammoniakconcentratie op uurbasis gemeten met behulp van een geavanceerd instrument. Op vijf van deze referentiemeetstations zijn passieve samplers in triplo opgehangen. De combinatie van de referentiemetingen en de triplowaarden geeft de mogelijkheid om de systematische fout in de meetwaarden te minimaliseren en de meetnauwkeurigheid in te schatten

Dit rapport presenteert de gemeten ammoniakconcentraties per gebied door middel van een figuur met toelichting en achtergrondinformatie over het desbetreffende gebied. Verder worden enkele gebiedsoverschrijdende analyses gepresenteerd.

De gemiddelde ammoniakconcentratie in natuurgebieden varieert sterk. In grote natuurgebieden zijn de concentraties lager dan in kleine gebiedjes. De concentratie is namelijk afhankelijk van de afstand van (lokale) agrarische activiteiten tot het gebied, aangezien deze de voornaamste ammoniakbron vormen. De aanwezigheid van lokale agrarische bronnen wordt door het meetnet gesignaleerd, inclusief het verdwijnen ervan. De invloed van snelwegen op de aangrenzende natuur blijkt beperkt met een verhoging van 1 tot 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Berekeningen met een nieuwe, experimentele versie van het Operationeel Prioritaire Stoffen verspreidingsmodel van het PBL/RIVM stemmen goed overeen met de metingen. De toegepaste versie bevat kennis die is opgedaan bij de sluiting van het zogenoemde ammoniakgat. De gevonden overeenstemming vormt een bevestiging dat het ammoniakgat op deugdelijke wijze is gesloten. Alleen in de duingebieden zijn de gemeten concentraties beduidend hoger dan het model aangeeft. In absolute zin geven echter zowel berekeningen als metingen aan, dat de concentraties in de duingebieden laag zijn ten opzichte van de rest van Nederland.

Het Meetnet Ammoniak in Natuurgebieden levert waardevolle informatie op over de belasting van natuurgebieden door ammoniak. Voortzetting van het meetnet zal de nauwkeurigheid van de resultaten verhogen en meer inzicht geven in de seizoenscyclus en eventuele langetermijntrends. Uitbreiding van het meetnet met een alternatieve meetmethode in de duingebieden zou meer licht kunnen werpen op de geconstateerde afwijking tussen metingen en model.

1 Inleiding

Van de drie verzurende en vermestende stofgroepen (zwaveloxiden, stikstofoxiden en ammoniak/ammonium) heeft ammoniak de grootste gevolgen voor de Nederlandse natuur. Het komt in grote hoeveelheden vrij bij agrarische activiteiten, vooral in de buurt van grote stalcomplexen die vaak op voor verzuring en vermesting gevoelige zandgronden liggen. Daarnaast worden de gevolgen sterker geconcentreerd in de lokale omgeving van de emissielocatie omdat ammoniak sneller uit de lucht neerslaat dan zwaveloxiden en stikstofoxiden. Ten slotte leidt de depositie van ammoniak zowel tot verzuring als vermesting van de bodem.

Doordat ammoniak snel deponiert en uit vele bronnen (die vaak regionaal geclusterd zijn) geëmitteerd wordt, zijn de ruimtelijke verschillen in de concentratie en depositie groot. Door de grote, ruimtelijke variatie zijn metingen niet toereikend om ammoniak over heel Nederland in kaart te brengen omdat duizenden meetpunten nodig zouden zijn om dit te bereiken.

De huidige methode voor het inschatten van ammoniakconcentraties in de lucht leunt dan ook sterk op berekeningen van met name het Operationele Prioritaire Stoffen (OPS)-model (Van Jaarsveld, 2004). De berekeningen worden geïkht aan gemeten concentraties op de acht beschikbare Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML)-stations, waar al sinds 1993 continu ammoniak gemeten wordt. De landelijke representativiteit van dit in aantal beperkte meetnet is in 2001 onderzocht met behulp van een landelijk dekkend meetnet van 159 passieve samplers (Van Pul et al., 2004b). Geconcludeerd werd dat de representativiteit acceptabel is en dat de OPS-berekeningen de ruimtelijke variaties goed in beeld brengen. Daarnaast werd al langere tijd geconstateerd dat de OPS-berekeningen een systematische onderschatting van de ammoniakconcentraties lieten zien. Dit zogenoemde ‘ammoniakgat’ is recentelijk grotendeels gesloten door verbeterde depositieberekeningen (Van Pul et al., 2008).

De ammoniakmetingen in het LML zijn niet opgezet met het oogmerk om de belasting van natuur door ammoniak in kaart te brengen. Slechts één van de acht LML-stations bevindt zich in de directe nabijheid van een natuurgebied. Om een beter beeld van de ammoniakbelasting van natuur te verkrijgen en te kunnen valideren in hoeverre het OPS-model ook de concentraties in de natuur goed beschrijft is het idee ontstaan om met behulp van passieve samplers, maandelijks metingen te verrichten in natuurgebieden. De nadruk is gelegd op de gebieden die kwetsbaar voor eutrofiëring zijn en die onder Europese regelgeving vallen. De metingen zijn in 2005 begonnen en worden uitgevoerd met de directe medewerking van terreinbeheerders die de passieve samplers elke maand wisselen. De resultaten van de metingen van 2005 tot en met 2007 vindt u in dit rapport.

Het rapport bevat achtereenvolgens een beschrijving van het Meetnet Ammoniak in Natuurgebieden (MAN) en het meetproces met de passieve samplers (hoofdstuk 2), een uitleg over de gevolgde ijking en validatieprocedure van de ammoniakconcentraties met behulp van referentiemetingen uit het LML (hoofdstuk 3) en een foutenanalyse (hoofdstuk 4). In hoofdstuk 5 wordt van elk natuurgebied een karakterisering gegeven door middel van een foto, een korte beschrijving, een kaartje van het gebied met de locaties van de meetpunten en een figuur met tijdsree van de gemeten ammoniakconcentraties per meetpunt en een gebiedsgemiddelde waarde. Naast deze gebiedsspecifieke overzichten worden in hoofdstuk 6 enkele analyses van het meetnet als geheel weergegeven.

2 Meetnet Ammoniak in Natuurgebieden

2.1 Doel en achtergronden

De biodiversiteit van natuurlijke ecosystemen kan ernstig te leiden hebben van te hoge stikstofdeposities. Vooral voor natuurgebieden op arme zandgronden is de depositie van stikstof een grote bedreiging van de natuurwaarde aangezien stikstofdepositie tot vermessing van de bodem leidt. Het gevolg daarvan is een verarming in de karakteristieke soortenrijkdom omdat enkele algemene soorten, zoals grassen en braamstruiken, de meer zeldzame soorten verdrijven die zich aangepast hebben aan de zeer voedselarme omstandigheden. Om de natuurwaarde ook voor toekomstige generaties te behouden zijn in Europees verband de Vogel- en Habitatrictlijnen (VHR) opgesteld. In het kader van de VHR zijn nationaal en internationaal gebieden aangewezen waar specifieke natuurwaarden voorkomen die duurzaam in stand gehouden dienen te worden. In Europees verband worden deze gebieden Natura 2000-gebieden genoemd; tezamen moeten alle Natura 2000-gebieden een samenhangend natuurnetwerk in Europa gaan vormen.

Het zijn deze gebieden waarbinnen het MAN metingen verricht omdat de EU-regelgeving voorschrijft dat er geen achteruitgang van de ‘staat van instandhouding’ mag optreden. Wanneer de ‘huidige staat van instandhouding’ niet gunstig is geldt een hersteldoelstelling. De doelen brengen restricties met zich mee voor nieuwe activiteiten in en soms rond de gebieden, wanneer deze activiteiten de staat van instandhouding negatief kunnen beïnvloeden. Ook voor bestaande activiteiten kunnen restricties gaan gelden indien deze de staat van instandhouding significant beïnvloeden. In Nederland gaat het dan doorgaans om activiteiten die verdroging, versnippering, verzuring en/of vermessing veroorzaken. Om de nadelige invloed van stikstofdepositie in beeld te brengen, worden de aanwezige niveaus van stikstofdepositie vergeleken met niveaus van zogenoemde kritische depositiewaarden. Bij een depositie groter dan deze waarde is het risico aanwezig dat de stikstofdepositie leidt tot ongewenste veranderingen in de natuur. Hoe groter het verschil tussen depositie en kritische depositie hoe groter het risico. Datzelfde geldt voor de duur waarin de depositie de kritische depositie overschrijdt. Omdat een individueel natuurgebied vrijwel altijd een aantal typen natuur herbergt, speelt in de meeste gebieden een reeks van kritische depositiewaarden een rol.

In een groot areaal van de Nederlandse natuur is de depositie groter dan de kritische depositiewaarde (Natuurbalans 2008). Sinds eind jaren tachtig van de vorige eeuw wordt dan ook actief geprobeerd de concentratie van ammoniak en stikstofoxiden in de lucht te verlagen om op die manier de depositie te verminderen. In Nederland wordt ruwweg 30 % van de stikstofdepositie veroorzaakt door depositie van stikstofoxiden terwijl de overige 70 % komt door het neerslaan van ammoniak. Omdat deze bijdrage van ammoniak op landelijke schaal zo hoog is en lokaal nog veel hoger kan zijn, ligt de nadruk bij het bestrijden van een te hoge stikstofdepositie bij ammoniak. Het gevoerde beleid kent zowel generiek beleid als ook gebiedsgericht beleid. Het ene tracht door middel van landelijke regelgeving de achtergrondconcentratie van ammoniak te verlagen en het andere is bedoeld om de depositie in specifieke kwetsbare gebieden op positieve wijze te beïnvloeden. Ten gevolge van alle genomen maatregelen is de depositie van stikstof met een derde gedaald ten opzichte van de jaren tachtig van de vorige eeuw.

Ammoniak wordt dicht bij het aardoppervlak uitgestoten en deponert relatief snel vergeleken met andere luchtverontreinigende stoffen. Ten gevolge daarvan kent de ammoniakdepositie een aanzienlijke lokale component. Het is echter zeker niet zo dat het een lokaal gegenereerd probleem is, het aandeel

van alle verderaf gelegen bronnen samen is nog altijd dominant. Het beeld in Nederland is er veeleer één van een omvangrijke deken van ammoniak met op vele plaatsen regionale verhogingen (Van Pul et al., 2004a). Vanwege de belangen in de agrarische sector en de verplichte bescherming van kwetsbare natuur wordt steeds meer detail gewenst bij het in beeld brengen van de huidige (en toekomstige) depositie (zie bijvoorbeeld Gies et al., 2007 en Gies en Bleeker, 2007). Betere kennis over de ammoniakconcentraties is hiervoor onontbeerlijk. Ten eerste om het inzicht in het probleem te vergroten maar ook om (lokale) modelberekeningen te kunnen toetsen en om de situatie in een natuurgebied eventueel te kunnen monitoren.

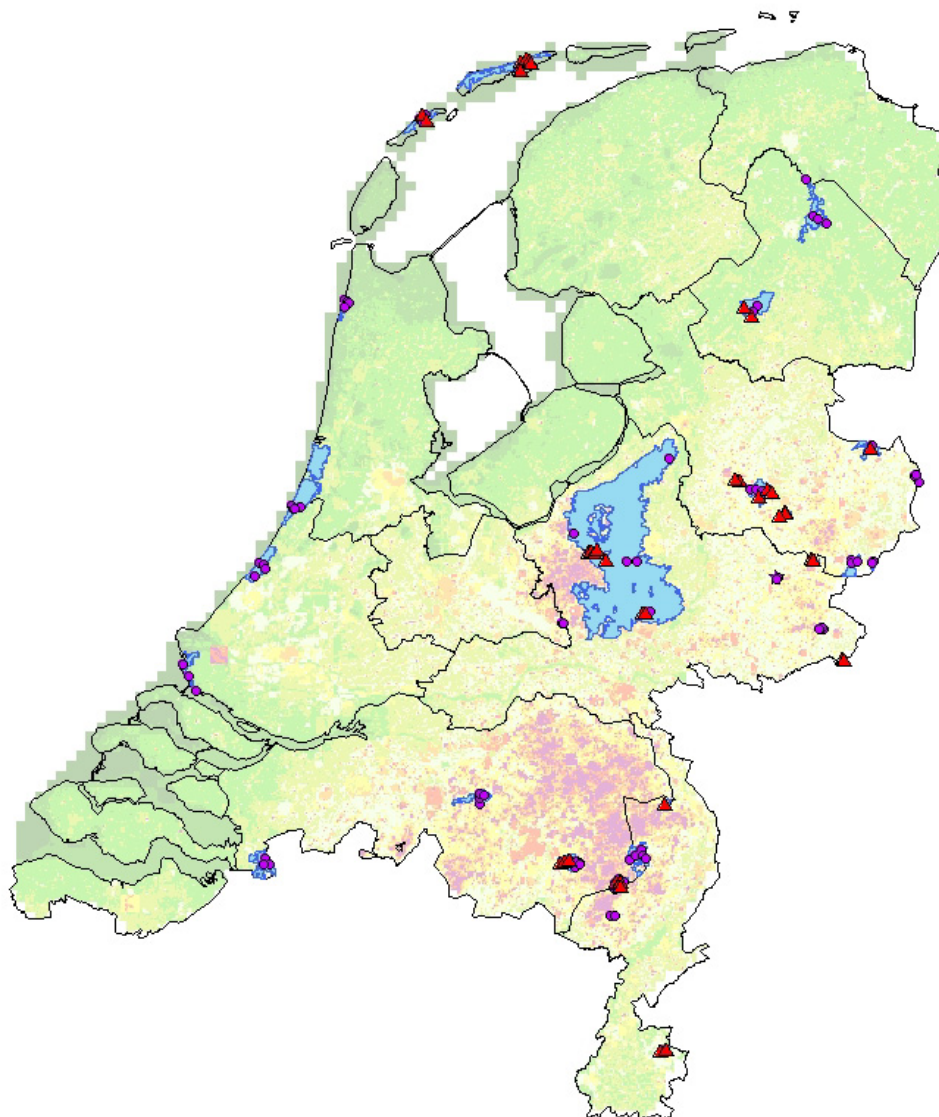
De kennis van ammoniakdepositie in natuurgebieden berust vrijwel volledig op berekeningen met het OPS-model. Tot 2005 zijn er slechts sporadisch metingen in de natuur verricht. Het MAN is dan ook opgezet vanuit de wens om de betrouwbaarheid van het OPS-model te onderzoeken voor ammoniak in de natuur. Daarvoor worden ammoniakconcentraties in kwetsbare natuurgebieden gemeten om op die manier inzicht te verkrijgen in het ruimtelijke patroon en het gedrag van ammoniak door het jaar heen.

2.2 Locatiekeuze

Hoewel veel natuur in Nederland te maken heeft met een te hoge depositie in vergelijking met de kritische depositie, is in het MAN gefocust op Natura 2000-gebieden. In deze Natura 2000-gebieden gelden (inter)nationaal de zwaarste behoudsdoelstellingen (Van Veen en Bouwma, 2007). Aangezien het niet mogelijk is om in alle Natura 2000-gebieden te meten, is er een selectie gemaakt die zo representatief mogelijk is. De twee belangrijkste criteria zijn dat het gebied aangewezen moet zijn binnen de VHR als beschermd Natura 2000-gebied en dat de gebieden qua gevoeligheid vergelijkbaar zijn. Om de laatste reden is gefocust op natuur op arme zandgronden. Andere overwegingen zijn een evenwichtige spreiding van de gebieden over Nederland en over regio's met een lage, gemiddelde en hoge ammoniakbelasting. Om iets te kunnen zeggen over de invloed van terreineigenschappen op de concentratie is ook op terreingrootte en vorm van het gebied geselecteerd.

Ten slotte spelen praktische zaken ook een rol in de selectie. Binnen een natuurgebied moeten er geschikte locaties zijn om de passieve samplers op te hangen, de terreinbeheerder moet bereid zijn om maandelijks de monsternamen te verzorgen en ook moet de kans op vandalisme door bezoekers zo laag mogelijk zijn. Vooral de ophanglocatie is belangrijk omdat deze gelegen moet zijn in open terrein. De aanwezigheid van hogere vegetatie (bomen) beïnvloedt de depositie van ammoniak lokaal sterk en een meting zou op die manier niet representatief zijn voor de nabije omgeving. Om deze reden is dus niet gemeten in bossen maar met name op heide, veen en schrale graslanden. Deze typen nemen binnen Natura 2000-gebieden een zeer aanzienlijk aandeel in. Voor een nadere beschrijving van het selectieproces van de gebieden wordt verwezen naar het rapport over de eerste, voorlopige resultaten van het MAN (Noordijk, 2006).

Naar aanleiding van de voorlopige conclusies uit Noordijk (2006) is besloten het MAN in 2006 op sommige plaatsen uit te breiden. Zo is een vijftal kleine terreinen toegevoegd om de gevoeligheid van kleine gebiedjes beter te kunnen bestuderen. Dwarsdoorsneden zijn gerealiseerd door intensivering op de Veluwe, het Dwingelderveld, de Sallandse Heuvelrug en de Strabrechtse Heide. Om de eventuele invloed van drassigheid nader te bekijken is de Boschplaat op Terschelling opgenomen evenals extra locaties op Vlieland en in de Groote Peel. Begin 2008 zijn ten slotte passieve samplers opgehangen in een drietal hoogveengebieden. Resultaten uit deze laatste gebieden zijn in dit rapport nog niet opgenomen.



Figuur 2.1 Het Meetnet Ammoniak in Natuurgebieden in 2005-2007. De natuurgebieden zijn in blauw aangeven en de locaties van de meetpunten zijn gemarkeerd met paarse stippen (start 2005) en rode driehoeken (uitbreiding meetnet in 2006). De achtergrond geeft de met OPS berekende ammoniakdepositie aan waarbij rood een hoge en groen een lage depositie aangeeft.

2.3 Overzicht natuurgebieden

In Figuur 2.1 is het MAN in kaart gebracht. Duidelijk is in deze figuur te zien dat langs de kust een continue reeks van metingen wordt verricht, van het Voornes Duin in het zuidwesten tot de Boschplaat op Terschelling in het noorden. Het zwaartepunt van de overige metingen ligt in het zuiden en het oosten van het land, met de in 2006 toegevoegde Brunssummerheide als meest zuidelijke meetlocatie. Duidelijk is ook de keuze voor gebieden nabij intensieve veeteelt (Gelderse Vallei, Peelgebied en delen van de Achterhoek), terwijl locaties in bijvoorbeeld Drenthe en westelijk Noord-Brabant, net als de kuststrook, representatief zijn voor een omgeving met een lage ammoniakuitstoot. De kaart illustreert

ook de verschillen in grootte tussen de gebieden, vergelijk bijvoorbeeld de Veluwe met de nabijgelegen Bennekomse Meent op de grens van Utrecht en Gelderland. De twee terreinen in Drenthe illustreren de verschillende vormen die gebieden kunnen hebben. Het Dwingelderveld is een voorbeeld van een compact, aaneengesloten, natuurgebied waarin in het midden de afstand tot ammoniakbronnen relatief groot is terwijl in de Drentse Aa de afstand tot de rand gemiddeld gesproken beduidend kleiner is.

In Tabel 2.1 worden alle natuurgebieden op een rij gezet, samen met een paar relevante getallen; gedetailleerdere informatie per natuurgebied kan gevonden worden in Hoofdstuk 5. Als de gemeten ammoniakconcentraties in de tabel vergeleken worden met het ruimtelijke patroon van de berekende deposities in Figuur 2.1, dan blijkt dat de ruimtelijke patronen globaal goed in overeenstemming zijn. Gebieden met de laagste concentraties bevinden zich aan de kust terwijl natuurterreinen met hoge concentraties inderdaad gevonden worden nabij gebieden met een berekende hoge depositie.

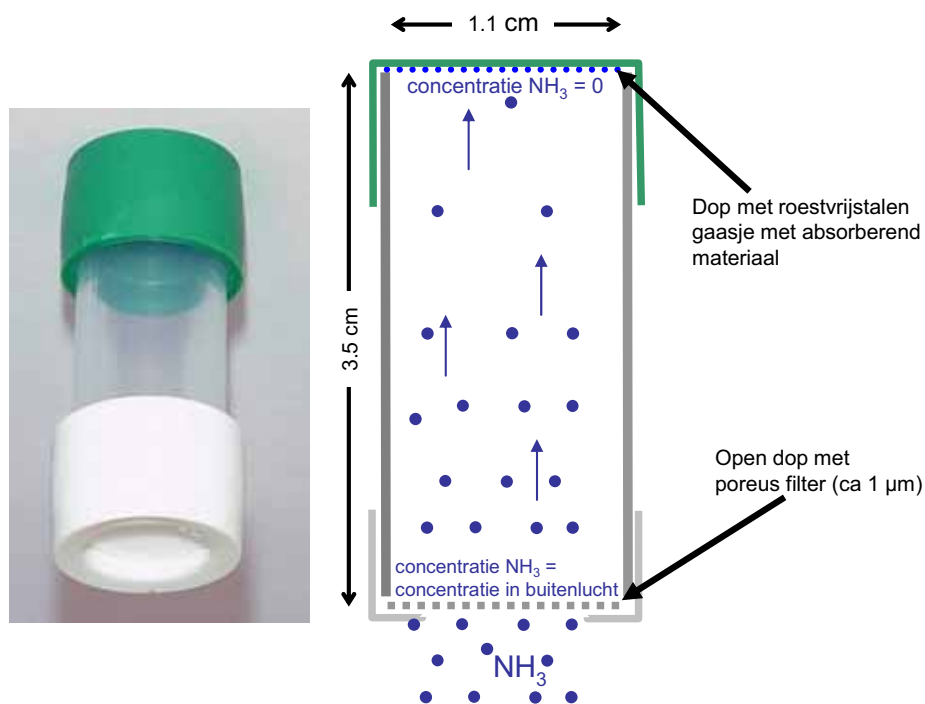
Tabel 2.1 Overzicht van alle natuurmeetterreinen binnen het MAN. De verschillende kolommen geven achtereenvolgens de naam van het gebied, de codering van het MAN in navolging van LNV en de codering volgens Natura 2000, het startjaar van de metingen met een eventueel plaatsgevonden uitbreiding, het aantal meetlocaties per gebied per 31 december 2007 en ten slotte de gebiedsgemiddelde ammoniakconcentratie voor de periode maart 2005 – december 2007 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (zie paragraaf 5.1 voor definitie).

| Naam natuurgebied | gebiedscodes | | startjaar | aantal loc. | NH₃ |
|---------------------------------------|---------------------|-----------|------------------|--------------------|-----------------------|
| Bennekomse Meent | 84 | NL2003006 | 2005 | 3 | 12,3 |
| Boetelerveld | 87 | NL2003009 | 2006 | 2 | 7,2 |
| Borkeld (de) en Elssenerveld | 6 | NL9801016 | 2006 | 4 | 4,5 |
| Boschhuizerbergen | 88 | NL2003010 | 2006 | 2 | 4,2 |
| Brunsummerheide | 8 | NL1000029 | 2006 | 2 | 2,6 |
| Buurserzand en Haaksbergerveen | 9 | NL9801019 | 2005 | 3 | 4,6 |
| Dinkelland | 11 | NL9801021 | 2005 | 3 | 4,3 |
| Drentse Aa | 12 | NL9801009 | 2005 | 4 | 3,0 |
| Dwingelderveld | 23 | NL3000070 | 2005/6 | 4 | 3,2 |
| Groote Peel | 32 | NL1000025 | 2005/6 | 8 | 8,6 |
| Kampina | 35 | NL3000401 | 2005 | 4 | 5,8 |
| Kennemerland | 37 | NL1000012 | 2005 | 3 | 1,6 |
| Korenburgerveen | 39 | NL9801072 | 2005 | 3 | 4,2 |
| Mariapeel | 45 | NL1000027 | 2005 | 5 | 6,9 |
| Meyendel | 46 | NL1000013 | 2005 | 4 | 1,6 |
| Needse Achterveld | 990 | - | 2006 | 2 | 5,6 |
| Ossendrecht | 54 | NL9801055 | 2005 | 3 | 2,7 |
| Sallandse Heuvelrug | 58 | NL9803015 | 2005/6 | 6 | 4,2 |
| Sarsven en De Banen | 121 | NL2003043 | 2005 | 2 | 9,0 |
| Springendal | 61 | NL9801064 | 2005 | 2 | 4,5 |
| Stelkampsveld | 122 | NL2003044 | 2005 | 2 | 5,0 |
| Strabrechtse Heide | 63 | NL1000024 | 2005/6 | 8 | 5,2 |
| Terschelling (Boschplaat) | 18 | NL2003059 | 2006 | 6 | 2,0 |
| Veluwe | 65 | NL9801023 | 2005/6 | 13 | 3,2 |
| Vlieland | 20 | NL2003061 | 2005/6 | 6 | 2,0 |
| Voornes Duin | 68 | NL9803077 | 2005 | 3 | 2,0 |
| Witte Veen | 130 | NL2003052 | 2005 | 2 | 5,6 |
| Wooldse Veen | 131 | NL2003053 | 2006 | 2 | 4,0 |
| Zwanewater | 21 | NL3000016 | 2005 | 4 | 1,9 |

3 Methodiek

3.1 Meetprincipe

In het MAN worden de ammoniakconcentraties gemeten met zogeheten passieve samplers. Het gebruikte type bestaat uit een teflon buisje, welke aan de boven- en onderzijde is voorzien van een dop. In de bovenste dop bevindt zich een roestvrijstalen gaasje waarop zich het absorptiemateriaal bevindt. In de dop aan de onderzijde bevindt zich een poreus filter (zie Figuur 3.1). Dit filter dient de versturende invloed van wind in de sampler zelf tegen gaan en opname van aerosolen voorkomen.



Figuur 3.1 Schematische weergave van een passieve sampler.

In de sampler reageert de ammoniak met het absorptiemateriaal op het roestvrijstalen gaasje. De ammoniak wordt daarbij omgezet in ammonium. Door deze omzetting is de ammoniakconcentratie bij het roestvrijstalen gaasje nul. Aan de andere zijde wordt de sampler blootgesteld aan de heersende concentratie ammoniak in de buitenlucht. Vanwege de concentratiegradiënt in de sampler vindt er via diffusie transport van ammoniak naar het absorptiemateriaal plaats.

De door het diffusietransport verzamelde hoeveelheid ammoniak in de sampler kan worden beschreven door de volgende formule:

$$M_{C_{NH_3}} = \left(M_{S_{NH_4^+}} - \overline{M_{B_{NH_4^+}}} \right) x \frac{m_{NH_3}}{m_{NH_4^+}} = \frac{A x D_{NH_3} x C_{NH_3} x t x E}{L x 10^6} \quad (3.1)$$

met: $M_{C_{NH_3}}$ = voor gemiddelde blanco waarde gecorrigeerde massa ammoniak (μg)

$M_{S_{NH_3}}$ = gemeten massa ammonium in een veldsampler (μg)

$\overline{M_{B_{NH_3}}}$ = gemiddelde massa ammonium in een serie blanco samplers (μg)

$\frac{m_{NH_3}}{m_{NH_4^+}}$ = omrekening van ammonium naar ammoniak, met m_{NH_3} = molecuulmassa ammoniak (=17.03) en $m_{NH_4^+}$ = molecuulmassa ammonium (= 18.04)

A = oppervlakte van de dwarsdoorsnede van de sampler (cm^2)

D_{NH_3} = moleculaire diffusiecoëfficiënt van ammoniak (cm^2/s)

C_{NH_3} = gemiddelde buitenluchtconcentratie ammoniak tijdens blootstelling ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

t = blootstellingsduur van de sampler (s)

E = monstername efficiëncy van de sampler (≈ 0.66)

L = lengte van de sampler (cm)

In formule 3.1 is aangenomen dat de concentratie aan de zijde van het roestvrijstalen gaasje nul is. Uit de gemeten massa ammoniak in het buisje kan dan rechtstreeks de gemiddelde ammoniakconcentratie in de buitenlucht worden berekend. Het gehalte in het buisje wordt wel eerst gecorrigeerd met een gemiddelde blanco meetwaarde van een serie blanco samplers. Hoe hier in het MAN gebruik van is gemaakt staat beschreven in paragraaf 3.2. Voor de diffusiecoëfficiënt D worden in de literatuur verschillende experimenteel bepaalde waarden gegeven welke liggen in de range van 0.227 tot 0.244 (Thöni et al., 2003) bij 293K en 1013 hPa. Deze diffusiecoëfficiënt is afhankelijk van de temperatuur en luchtdruk. In de CEN-norm (CEN 13528, 2003) wordt deze afhankelijkheid voor druk en temperatuur als volgt beschreven:

$$D(T, P) = D(T_0, P_0) x \left(\frac{T}{T_0} \right)^{n+1} x \left(\frac{P}{P_0} \right)^{-1}, \text{ waarbij } n \text{ varieert tussen } 0.5 \text{ en } 1.0 \quad (3.2)$$

met: $D(T, P)$ = diffusiecoëfficiënt bij heersende druk en temperatuur

$D(T_0, P_0)$ = diffusiecoëfficiënt bij 293K en 1013 hPa

T, P = heersende temperatuur (in K) en druk (in hPa)

T_0, P_0 = standaard temperatuur (293K) en druk (1013 hPa).

Ten slotte bevat formule 3.1 nog een variabele E die de monstername efficiëncy beschrijft. De waarde hiervan wordt onder andere bepaald door de geometrie van de sampler, het type gebruikte absorptiemateriaal en of er bijvoorbeeld gebruik wordt gemaakt van een filter bij de opening van de sampler. De waarde van E dient experimenteel bepaald te worden. Voor de in het MAN gebruikte samplers is deze bepaling uitgevoerd door de fabrikant

Door de fabrikant wordt voor de samplers een detectielimiet opgegeven van $0,95 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per tweeweekse meetperiode; voor de in het MAN gebruikte meetperiode van een maand is de detectielimiet de helft lager. Verdere technische details over de passieve samplers zijn te vinden in de technical data sheet van fabrikant Gradko (<http://www.gradko.co.uk>).

Een onderzoek naar de kwaliteit van metingen met passieve samplers is beschreven door Thijsse et al.(1998), Kirchner et al.(1999) en Sutton et al.(2001). Uit deze onderzoeken blijkt de sampler een bruikbare, goedkope en eenvoudige methode te zijn om ammoniak in de buitenlucht te meten. De methode is vooral geschikt voor relatieve metingen. Voor het gebruik als absolute meting kan kalibratie van de meetwaarden aan referentiemetingen nodig zijn.

3.2 Logistieke procedure

In het MAN wordt voor de metingen gebruikgemaakt van passieve samplers van de firma Gradko. Maandelijks stuurt deze firma een set passieve samplers naar het RIVM. Nadat de samplers hier gecontroleerd en geregistreerd zijn, worden deze gedistribueerd naar de diverse meetlocaties. Tijdens opslag en transport is de filterzijde van de sampler voorzien van een rubberen afsluitdop en wordt elke sampler bewaard in een luchtdicht afgesloten verzendcontainer. Pas op de meetlocatie wordt de sampler, met vinyl handschoenen aan, uit de verzendcontainer gehaald en wordt de afsluitdop verwijderd. Op dat moment wordt ook het tijdstip genoteerd. De sampler die de voorgaande maand heeft bemonsterd wordt vervolgens voorzien van de zojuist verwijderde afsluitdop en wordt in de lege verzendcontainer gedaan.

Van iedere maandelijkse set samplers worden vier exemplaren gebruikt als blanco, zodat voor de samplers die in het veld gebruikt worden een blancocorrectie kan worden uitgevoerd; een correctie voor het meetsignaal bij volledige afwezigheid van ammoniak. Twee van deze blanco's worden gedurende de hele meetperiode opgeslagen in een koelkast op het RIVM. De andere twee worden gedurende de meetperiode in de LML-meetstations Vredepeel en Wekerom opgeslagen. De samplers blijven hierbij in hun verzendcontainer zitten.

Wanneer door de fabrikant luchtconcentraties berekend worden op basis van de in de samplers gemeten gehalten worden deze eerst gecorrigeerd met de in de blanco samplers gemeten gehalten. Hiervoor wordt voor elke set samplers het gemiddelde van de vier blanco samplers genomen, waarbij eventuele uitbijters niet worden meegenomen.

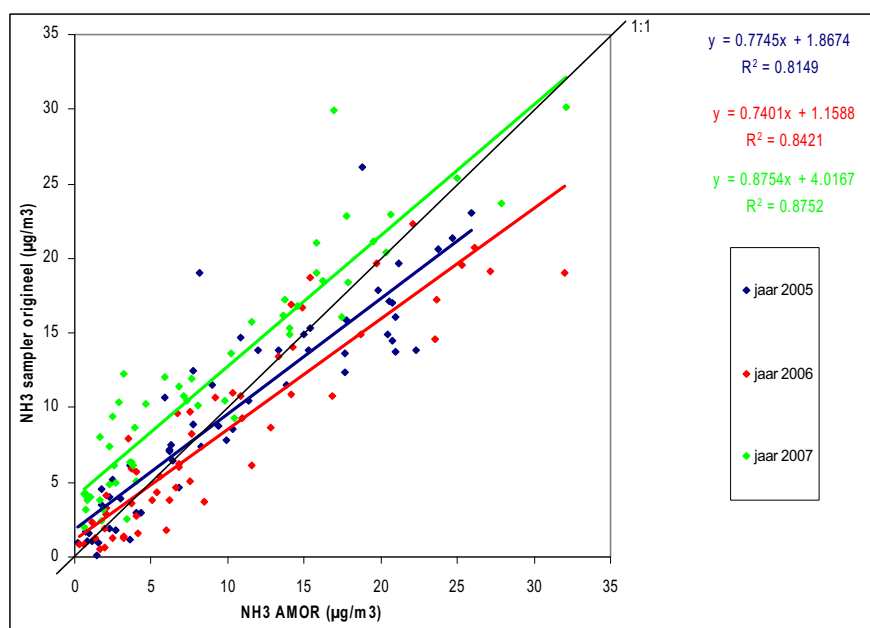
Daarnaast worden van elke set vijftien samplers gebruikt voor referentiemetingen. Tijdens elke meetperiode wordt er een drietal opgehangen op vijf verschillende meetstations van het LML, deze drietallen worden ook wel triplometingen genoemd. Op deze meetstations wordt met een automatische monitor (AMOR) elk uur de gemiddelde ammoniakconcentratie in de buitenlucht gemeten. De AMOR is een meetinstrument dat sinds 1993 in het LML op acht plaatsen in gebruik is (Van Elzakker, 2001). Deze (veel kostbaarder) meetmethode is nauwkeuriger en het instrument wordt met regelmaat geijkt. De AMOR is in internationale vergelijkingsonderzoeken meegenomen, en presteert daarin goed. De meetresultaten van deze AMOR-monitoren zijn gebruikt voor kalibratie van de samplermetingen. In paragraaf 3.3 wordt kort ingegaan op de hierbij gehanteerde methode, in Bijlage 2 is een gedetailleerde uitleg beschikbaar.

In Bijlage 1 is de volledige logistieke procedure schematisch weergegeven.

3.3 Kalibratie van de metingen

Aangezien de in het MAN gebruikte samplers vrij in het veld hangen, kunnen naast temperatuur en druk ook andere blootstellingscondities van invloed zijn op de gevoeligheid van de samplers. Denk hierbij aan regen, vocht en wind (CEN 13528, 2003). Ook bij productie, transport, behandeling en analyse van de samplers kunnen zich omstandigheden voordoen die van invloed zijn op de prestaties van de samplers. Voor een deel kan deze invloed worden ondervangen door gebruik te maken van blanco samplers.

In de rapportage van de meetresultaten door de fabrikant worden echter niet alle bovengenoemde afhankelijkheden meegenomen. Om toch zicht te houden op de invloed hiervan op de prestaties van de samplers, is gebruikgemaakt van de referentiemetingen. Het gemiddelde van de in de vorige paragraaf genoemde triplometingen is vergeleken met de meetresultaten van de op dezelfde locatie aanwezige AMOR-apparatuur. In Figuur 3.2 zijn de resultaten van de referentiemetingen voor de eerste drie meetjaren van het MAN per meetjaar weergegeven. Meer informatie over deze referentiemetingen is te vinden in Bijlage 2. Hier staat ook de vergelijking tussen de resultaten van de passieve samplers en de referentieapparatuur uitgebreid beschreven.



Figuur 3.2 Vergelijking tussen de metingen van de referentieapparatuur en de passieve samplers voor de verschillende meetjaren.

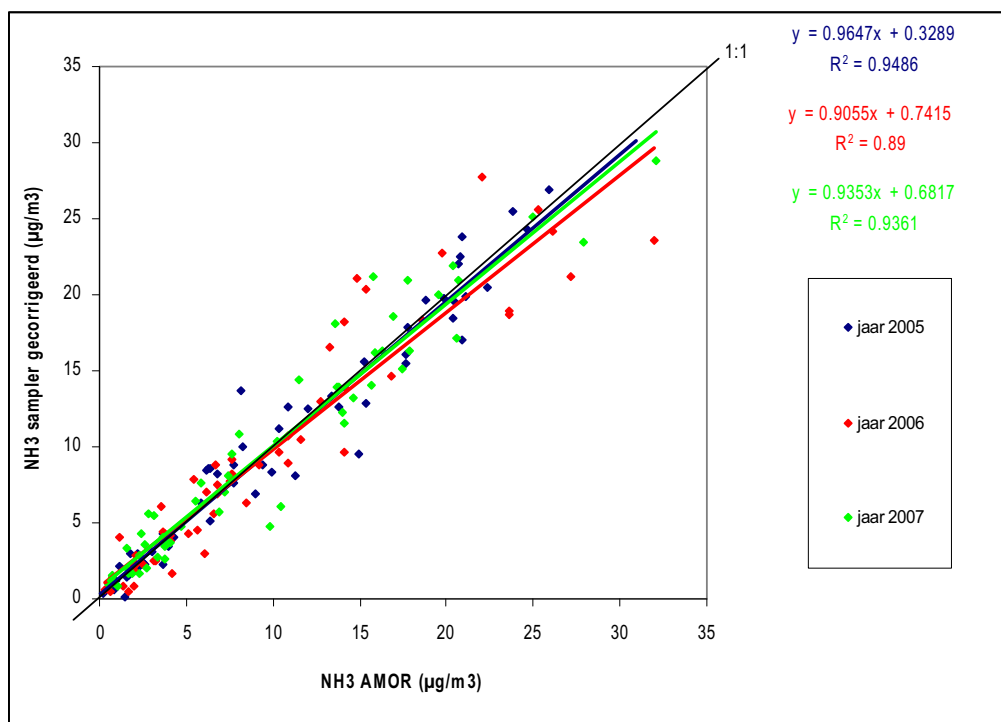
In de eerste twee jaren blijken de metingen van de passieve samplers en de referentieapparatuur redelijk goed met elkaar overeen te komen. In het derde jaar liggen de metingen van de passieve samplers met name in het lagere concentratiebereik boven die van de referentieapparatuur. Een duidelijke oorzaak hiervoor is niet gevonden.

Hierop is besloten om de metingen in het MAN te gaan kalibreren met behulp van de metingen op de referentiestations. Voordeel van het uitvoeren van een kalibratie is dat tevens eventuele effecten van bovengenoemde afhankelijkheden meegenomen worden in de kalibratie. Hierdoor worden de meetwaarden van verschillende maanden in het MAN onderling beter vergelijkbaar. De gekozen

kalibratiemethode staat uitgebreid beschreven in Bijlage 2. In het kort komt de methode op het volgende neer.

Per maand wordt eerst voor elk van de vijf referentiestationen de verhouding bepaald tussen de AMOR-meting en het triplogemiddelde. Vervolgens wordt een lineaire regressie uitgevoerd op de AMOR/samplerverhoudingen van de vijf referentiestationen uitgezet tegen het triplogemiddelde op het desbetreffende referentiestation. Ten slotte worden de concentraties van alle individuele metingen gecorrigeerd op basis van de met de lineaire regressie berekende correctiefactoren. Omdat ook de gebruikte referentieapparatuur concentraties meet onder heersende temperatuur en luchtdruk condities, zijn de meetresultaten van de samplers tevens voor effecten daarvan gecorrigeerd.

Gekozen is voor een correctie op basis van AMOR/samplerverhouding omdat deze methode bij lage concentraties minder gevoelig is voor onnauwkeurigheden in de referentiemetingen. Een methode gebaseerd op een lineaire regressie tussen de AMOR-metingen en het triplogemiddelde is hier wel gevoelig voor. Immers door het beperkte aantal punten van de regressie (maximaal vijf stuks) en de relatief grote onzekerheid in de gebruikte individuele punten, is de onnauwkeurigheid van de berekende asafsnijding relatief groot. Omdat veel meetpunten in het lage concentratiebereik liggen, kan een directe lineaire regressie voor al deze meetpunten gemakkelijk een te grote correctie teweeg brengen. In sommige maanden zou dit gepaard gaan met grote aantallen negatieve concentraties.



Figuur 3.3 Vergelijking tussen de metingen van de referentieapparatuur en de gecorrigeerde waarden van de passieve samplers voor de verschillende meetjaren.

Om het effect van de gekozen kalibratieprocedure te beoordelen, zijn de metingen uit Figuur 3.2 opnieuw uitgezet in Figuur 3.3, echter nu op basis van de gecorrigeerde samplermetingen. Zoals te verwachten liggen de regressielijnen nu veel dichter op de 1:1 lijn. Ook zijn de metingen in het derde jaar nu in lijn met de metingen in de eerste twee jaren en is de correlatiecoëfficiënt van de metingen verbeterd. Wel geven de metingen in alle gevallen nog een kleine offset waarde en is de helling van de

regressielijn iets kleiner dan 1. Dit betekent dat na correctie de metingen op het niveau zoals meestal gemeten wordt in natuurgebieden (kleiner dan circa $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) gemiddeld nog een kleine overschatting te zien geven die oploopt tot maximaal ongeveer $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bij concentraties rond $0 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Metingen in het hoge concentratiebereik geven nog een kleine onderschatting van 3-7 % te zien. Wanneer de regressie zelf beperkt wordt tot de concentraties tot $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan blijft de overschatting van de concentratie beperkt tot ongeveer $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

3.4 Validatie

3.4.1 Procedure

Voordat de meetgegevens voor verder onderzoek worden gebruikt, worden deze eerst onderworpen aan een validatieprocedure. Doel hiervan is om foutieve of verstoorde monsters zoveel mogelijk uit de dataset weg te filteren. De procedure is zodanig opgezet dat aan elke meetwaarde een validatiecode wordt toegekend. Als alles bij een meting correct is, wordt validatiecode 0 toegekend. Bij afkeuring of verdenking van een meetwaarde wordt een negatieve validatiecode toegekend. In Tabel 3.1 staat een overzicht van de toe te kennen validatiecodes. De verschillende validatiecodes worden elders in deze paragraaf nader toegelicht.

Tabel 3.1 Overzicht toekenning validatiecodes.

| validatiecode | stap 1 | | Stap 2 | | stap 3 | | meting OK |
|---------------|---------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|---|-----------|
| | meting afgekeurd op basis opmerkingen | meting afgekeurd op basis 3σ | meting afwijkend en afgekeurd | meting afwijkend maar goedgekeurd | afwijkende monstername periode | | |
| 0 | | | | | | | x |
| -1 | | | | | | x | |
| -2 | | | | x | | | |
| -3 | | | | x | | x | |
| -4 | | | x | | | | |
| -5 | | | x | | | | |
| -6 | | x | | | | x | |
| -7 | | x | | | | | |
| -8 | x | | | | | x | |
| -9 | x | | | | | | |

Het validatieproces kan in een drietal stappen worden opgesplitst:

Stap 1. Beoordeling van opmerkingen

Zowel door de wisselaars in het veld, als door de medewerker op het laboratorium van het RIVM kunnen onregelmatigheden bij de gebruikte samplers worden geconstateerd. Te denken valt aan zaken als beschadiging, uit de houder gevallen, bevuilding door vogelpoep, et cetera. Ook door het analyselaboratorium van de fabrikant kunnen opmerkingen bij de analyses worden gemaakt. Tijdens de validatieprocedure wordt eerst bij elke opmerking aangegeven of deze mogelijk van invloed is op het meetresultaat. In tweede instantie wordt ook het meetresultaat zelf bij de beoordeling betrokken en wordt besloten of de betreffende meetwaarde moet worden afgekeurd. In dit laatste geval wordt aan het meetresultaat validatiecode -8 toegekend.

Stap 2. Beoordeling van uitbijters

Bij de gebruikte meetmethode kunnen met enige regelmaat uitbijters voorkomen, bijvoorbeeld door verontreiniging door vogelpoep. Daarom wordt in stap 2 van de validatie getoetst op eventuele uitbijters. Hierbij worden uitsluitend de bij stap 1 goedgekeurde metingen meegenomen in de toetsing. De toetsing vindt plaats door per meetpunt de standaardafwijking van de volledige tijdreeks 2005-2007 te berekenen. Een meetwaarde wordt afgekeurd indien een individuele meetwaarde in de tijdreeks meer dan driemaal de standaardafwijking afwijkt van het gemiddelde en krijgt dan de validatiecode -6. De metingen worden niet afgekeurd indien bij omliggende meetpunten op dat moment ook een zeer hoge of lage meetwaarde is gemeten. Nadat een uitbijter is afgekeurd, vindt opnieuw toetsing plaats op de resterende metingen. Dit proces herhaalt zich in principe net zolang totdat er geen uitbijters meer worden gesignaleerd. Door de beperkte omvang van elke meetreeks en de toetsing op driemaal de standaardafwijking komt een afkeuring tijdens het herhalen van de procedure slechts sporadisch voor.

Stap 3. Beoordeling op basis van onderlinge vergelijking binnen één of meerdere gebieden

In stap 2 wordt getoetst of een willekeurige meetwaarde past in de reeks van metingen zoals die op het betreffende meetpunt is gemeten. Indien dat het geval is, wil dat echter nog niet zeggen dat een meetwaarde correct is. Daarom wordt bij de laatste stap van het validatieproces elke meting ook nog een keer handmatig beoordeeld. Omdat binnen een gebied altijd meerdere meetpunten aanwezig zijn, kan onderlinge vergelijking van de metingen binnen het gebied extra informatie verschaffen over de aanwezigheid van eventuele afwijkende metingen. Ook kunnen metingen van omliggende gebieden of van gebieden met vergelijkbare kenmerken (denk bijvoorbeeld aan gebieden in de duinen) bij de beoordeling worden betrokken. Bij de beoordeling wordt ook rekening gehouden met externe factoren. Belangrijk hierbij zijn de ligging van het meetpunt ten opzichte van andere meetpunten in het gebied en ten opzichte van eventuele bronnen in de omgeving. Hiervoor is voor elke meetperiode een windroos samengesteld zodat verschillen tussen meetpunten eventueel uit de heersende windrichting en bronnen in de omgeving verklaard kunnen worden.

Als op grond van deze beoordeling een meting op onverklaarbare wijze duidelijk afwijkt, dan wordt de meting alsnog afgekeurd en krijgt deze de validatiecode -4. Indien een meetpunt echter enkele malen een afwijkend gedrag ten opzichte van nabijgelegen meetpunten vertoont, dan worden deze metingen niet afgekeurd, omdat er dan mogelijk toch sprake is van een voor dat meetpunt representatieve situatie.

Metingen waarbij het afwijkende gedrag minder duidelijk is, worden als goedgekeurd beschouwd, maar krijgen wel een validatiecode -2.

Bij de derde validatiestap wordt ten slotte ook gelet op bijzondere resultaten die kunnen ontstaan wanneer de meetwaarde van een meetpunt ruim buiten het gemeten bereik van de referentiemetingen valt. In dergelijke sporadische gevallen kan een meetpunt een zeer afwijkende correctiefactor toebedeeld krijgen. In dergelijke gevallen wordt de meetwaarde dan ook afgekeurd.

Voor een goede vergelijking van metingen binnen een gebied of van gebieden onderling is het noodzakelijk dat de metingen vergelijkbare monsternamperiodes hebben. Bij het samenstellen van een gevalideerde set meetgegevens wordt daartoe aan metingen die meer dan circa 25 % afwijken van de normale bemonsteringsperiode validatiecode -1 toegevoegd. Deze validatiecode kan samenvallen met andere reeds toegekende validatiecodes. Daarom worden in dit geval de beide validatiecodes bij elkaar opgeteld. De reden van een afkeuring blijft hierdoor herleidbaar.

Voor dit rapport zijn slechts die data gebruikt waarvoor geldt dat de validatiecode groter is dan -4.

3.4.2 Resultaten validatie

In Tabel 3.2 staan de resultaten van de validatie vermeld. Indien aan een meetwaarde een gecombineerde validatiecode is toegekend (-3, -5, -7 of -9), dan is de afkeuring hier toegekend aan beide betreffende validatiecodes. De herkomst van gecombineerde validatiecodes staat in de vorige paragraaf beschreven. Bij de in de tabel genoemde getallen zijn de metingen van april 2006 niet meegenomen. Deze serie is door een productiefout onbruikbaar gebleken en is in zijn geheel afgekeurd. De waarden in de tabel hebben dus uitsluitend betrekking op de afkeuringen van alle overige maanden.

Tabel 3.2 Toegekende validatiecodes tijdens validatieprocedure

| validatiecode | aantal toekenningen | percentage toekenningen | | aantal toekenningen | percentage toekenningen |
|---------------|---------------------|-------------------------|-------------|---------------------|-------------------------|
| 0 | 3212 | 85,2 % | | | |
| -1 | 306 | 8,1 % | Goedgekeurd | 3492 | 93,2 % |
| -2 | 51 | 1,4 % | | | |
| -4 | 18 | 0,5 % | Verdacht | 51 | 1,4 % |
| -6 | 47 | 1,2 % | | | |
| -8 | 138 | 3,7 % | Afgekeurd | 203 | 5,4 % |

In het rechterdeel van Tabel 3.2 zijn de verschillende validatiecodes opgesplitst naar de categorieën goedgekeurd – verdacht – afgekeurd. De data welke in dit rapport zijn opgenomen betreffen zowel de goedgekeurde als de verdachte meetwaarden. Het betreft in totaal dus 94.6 % van het totale aantal metingen.

Omdat bij de afkeuringen op basis van de onderlinge vergelijking van metingen (stap 3 van de validatieprocedure) altijd een zekere mate van subjectiviteit een rol speelt, zijn deze metingen in een tabel in Bijlage 3 opgenomen. Bij elke afkeuring staat de reden vermeld waarom de meting is afgekeurd. Evenzo geldt dat in sommige gevallen een *triggering* op basis van het 3σ criterium toch wordt goedgekeurd. In vrijwel alle gevallen is de meting goedgekeurd, omdat in de betreffende periode elders in het gebied ook verhoogde concentraties worden gemeten. De metingen welke dit betreft zijn opgenomen in de tabel in Bijlage 4.

3.5 Samenvatting dataverwerking en validatie

In deze paragraaf wordt een korte samenvatting gegeven hoe de uiteindelijke set van meetgegevens zoals gepresenteerd in hoofdstuk 5 tot stand is gekomen. Nadere uitleg is in de hiervoorgaande paragrafen en in Bijlage 2 te vinden. De beschreven stappen worden, met uitzondering van de berekening van de kwartaalcijfers, voor elke maandelijks set samplers telkens opnieuw doorlopen.

De eerste stap in de verwerking van de meetgegevens bestaat uit het berekenen van de gemiddelde ammoniakconcentratie uit het gemeten gehalte ammonium in de samplers en de bij elke sampler geregistreerde blootstellingsduur. In het gemeten gehalte ammonium wordt eerst het gemeten gehalte van de bijbehorende blanco samplers verdisconteerd.

Vervolgens worden de resultaten van de referentiemetingen beoordeeld op eventuele afwijkingen conform de standaardvalidatieprocedure. Daarna worden deze metingen gebruikt voor het opstellen van een kalibratiefunctie.

In de volgende stap worden de metingen van de individuele samplers in de natuurgebieden gekalibreerd met behulp van de berekende kalibratiefunctie. Metingen die ver buiten het gemeten bereik van de referentiemetingen vallen worden hierbij afgekeurd.

Hierna worden alle metingen onderworpen aan de standaardvalidatieprocedure die bestaat uit de volgende stappen:

- beoordeling opmerkingen uit veld en/of laboratorium
- toetsing op uitbijters
- vergelijking metingen binnen natuurgebied zelf of tussen natuurgebieden onderling

Metingen die niet voldoen aan de kwaliteitscriteria worden hierbij afgekeurd.

Ten slotte wordt uit de gekalibreerde en gevalideerde maandelijkse metingen een kwartaalgemiddelde berekend. Hierbij worden ontbrekende getallen geschat op grond van andere metingen binnen het natuurgebied zelf, dan wel op grond van metingen in nabijgelegen natuurgebieden. Indien in een kwartaal meer dan één meetwaarde ontbreekt wordt geen kwartaalgemiddelde gepresenteerd.

4 Meetnauwkeurigheid

4.1 Inleiding

Er zijn twee verschillende vormen van onnauwkeurigheid waar rekening mee moet worden gehouden. Allereerst is er de *systematische fout*, een afwijking ten opzichte van de werkelijkheid die door alle metingen heen even groot is en die steeds in dezelfde richting wijst, zoals bij een te licht afgestelde weegschaal. Deze afwijking is in principe aan te pakken door ijking. Daarnaast is er de *toevallige fout*, een onnauwkeurigheid die per meting verschilt en die voor een individuele meting onvoorspelbaar is, maar die wel aan bepaalde statistische wetmatigheden voldoet.

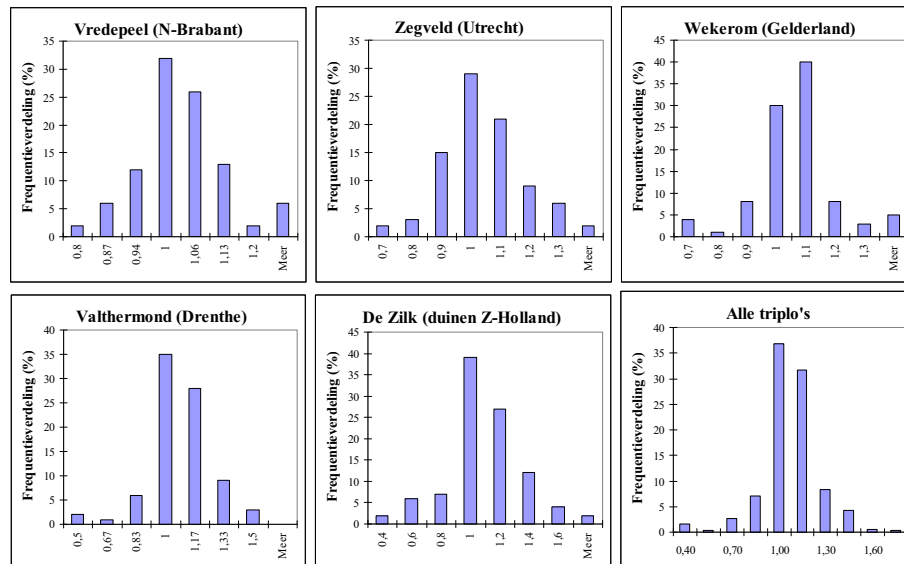
Om de systematische fout in beeld te brengen, vergelijkt men doorgaans de metingen met die van een nauwkeuriger meetmethode. Hier vergelijken we de metingen van de passieve samplers met AMOR-metingen. Op vijf plaatsen van het LML waar een AMOR staat opgesteld, is dicht bij de aanzuigopening van de apparatuur een drietal passieve samplers opgehangen. Door deze triplo's te middelen, verdwijnt een groot deel van de toevallige fout en komt het beeld van de systematische fout scherper naar voren. Dit heeft geleid tot de hiervoor beschreven kalibratieprocedure (zie paragraaf 3.3) die de systematische afwijking effectief heeft gereduceerd.

Daarnaast kan uit de triplometingen na deze kalibratie de toevallige fout worden afgeleid. Deze is veroorzaakt door inherente eigenschappen van de methode en analyse, maar de toevallige fout kan ook beïnvloed worden door de manier waarop de meting in het veld en het transport ervoor en erna is gelopen. Te denken valt bijvoorbeeld aan invloeden van het weer, maar ook aan allerlei andere factoren, zoals de temperatuur tijdens het posttransport. Om hier enige systematiek in te brengen, worden twee situaties onderscheiden. Enerzijds is er een toevallige fout die speelt bij het vergelijken van meetwaarden binnen hetzelfde natuurgebied. Hier zijn de weersomstandigheden en de handelingen tijdens ophanging en transport vrijwel gelijk. Anderzijds is er de vergelijking van meetwaarden van ver uiteenliggende gebieden, waar veel meer verschillen de toevallige fout beïnvloeden. De onzekerheid zal daarom groter zijn in de vergelijking van geografisch ver verwijderde metingen, en ook wanneer men de metingen vergelijkt met waarden uit modelberekeningen. Deze situaties werken we hier verder uit voor de gekalibreerde metingen.

4.2 Statistische controle op de gegevens

De toevallige fout kan alleen op de gangbare wijze als een standaarddeviatie worden afgeleid, als het voldoet aan statistische voorwaarden. De spreiding in de getallen moet dan een bepaalde vorm aannemen, waarbij de klokvormige normale verdeling de meest bekende is. Deze normale verdeling is duidelijk aanwezig in de metingen uit Zegveld en Vredepeel, waar de concentratie respectievelijk normaal tot hoog is (Figuur 4.1). In Wekerom zijn er wat 'uitbijters' ten opzichte van deze 'ideale' normale verdeling (zie paragraaf 3.3). Het is gelegen in de Gelderse Vallei, met relatief veel lokale ammoniakbronnen hetgeen het concentratieverloop in de tijd of per windrichting piekiger maakt, maar tevens voor een groot deel omgeven door uitlopers van de Veluwe. Het verloop in De Zilk (duinen) en Witteveen (Drentse veenkoloniën) is ter linkerzijde van de normaalcurve duidelijk steiler dan ter rechterzijde. Dit zijn de twee stations met de laagste meetwaarden, en mogelijk speelt hier de

detectielimiet een rol. Omdat de afwijkingen van het normale verloop acceptabel zijn, wordt hier verder uitgegaan van de statistische regels die voor een normale verdeling gelden.

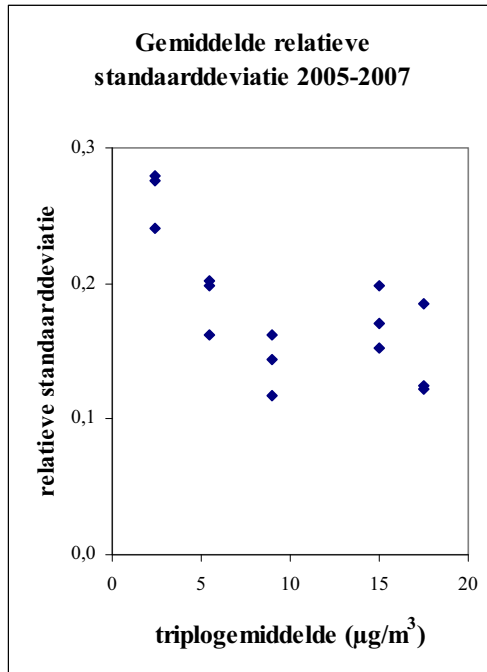


Figuur 4.1 Frequentieverdeling van de individuele metingen van de triplo's, per maand gedeeld door het triplogemiddelde. Horizontaal is deze relatieve concentratiewaarde uitgezet.

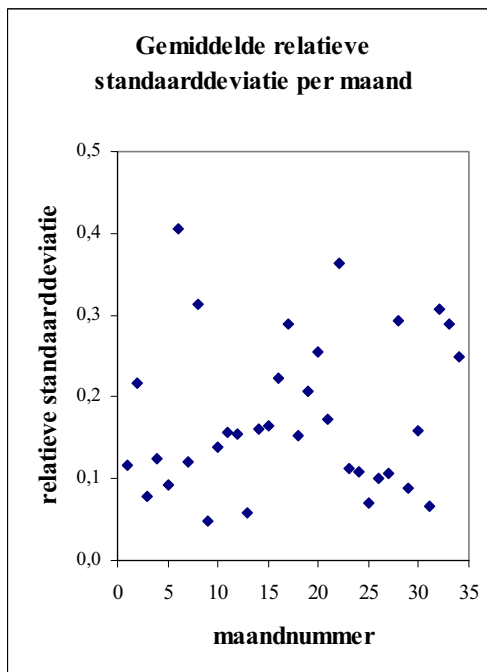
4.3 De toevallige fout binnen een natuurgebied

Bij het onderling vergelijken van metingen uit één gebied wordt de onnauwkeurigheid daarin voornamelijk bepaald door de toevallige fout in de meetmethode en analyse zelf. Deze toevallige fout is in alle situaties aanwezig en kan worden afgeleid uit de triplo's die bij de AMOR hangen. In het ideale geval, als deze toevallige fout nul is, wordt drie keer hetzelfde gemeten. De onderlinge afwijking is uitgedrukt als het maandelijkse verschil tussen iedere individuele sampler en het maandgemiddelde van dat triplo als geheel. Omdat bij hogere meetwaarden de gevonden afwijkingen navenant groter worden, is iedere individuele meting gedeeld door het triplogemiddelde van die maand. Deze relatieve meetwaarden schommelen rond de één: de waarde van het triplogemiddelde. Van deze relatieve waarden is per meetlocatie de relatieve standaarddeviatie bepaald, en deze blijkt van 5 tot 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ vrij constant te zijn: ongeveer 0,16 (Figuur 4.2). Dit betekent dat de standaarddeviatie voor een individuele meetwaarde ongeveer 16 % van de waarde zelf bedraagt, onafhankelijk van de concentratie. Alleen bij werkelijk lage concentraties, zoals in de duinen, is deze relatieve afwijking groter, 25 tot 30 %. Deze toevallige fout vertoont over de hele periode geen duidelijke trend (Figuur 4.3).

De toevallige fout in het gemiddelde van een langere reeks is echter lager dan die van een enkele meting: het bekende gegeven dat hoe langer men meet, hoe nauwkeuriger men de situatie weet. Wanneer de metingen volledig onafhankelijk van elkaar zijn, daalt de fout met de wortel uit het aantal waarnemingen. Doordat er sprake is van enige seizoensvariatie, zijn de metingen van een bepaalde locatie niet geheel onafhankelijk van elkaar. Het effect daarvan is echter dermate gering, dat dit buiten beschouwing kan blijven. Dit betekent dat na één jaar meten de toevallige fout in het gemiddelde van de twaalf maandmonsters circa drie keer kleiner is dan in een enkel maandmonster, bij een kwartaalgemiddelde is de fout al bijna gehalveerd. Na drie jaar meten is de toevallige fout in het gemiddelde van de reeks afgenomen tot ongeveer 3 % van de waarde zelf, en in de duinen tot 5 %.



Figuur 4.2 De over 2005-2007 gemiddelde standaarddeviatie per samplerreeks (drie samplers per meetlocatie), relatief ten opzichte van de gemiddelde waarde van de triplo.



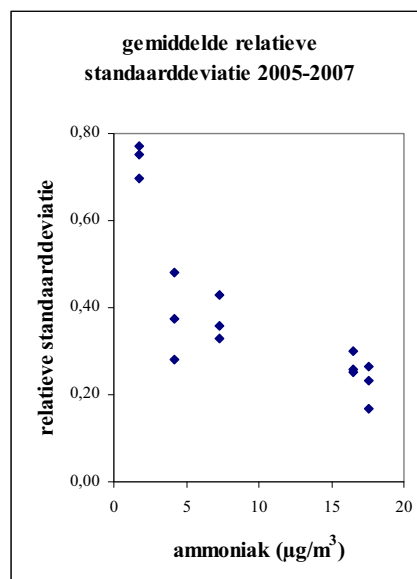
Figuur 4.3 De per maand gemiddelde standaarddeviatie van alle triplometingen tezamen over de 34 maanden van 2005-2007. Hiertoe zijn de meetwaarden relatief gemaakt door per triplo de meting te delen door het triplogemiddelde.

4.4 De toevallige fout binnen het hele meetnet

Bij de vergelijking van metingen uit onderling ver verwijderde locaties zal de toevallige fout groter zijn dan binnen hetzelfde natuurgebied. Er zijn immers verschillen in weersomstandigheden en monsternamen. Een benadering hiervoor is het verschil tussen de triplometingen en de AMOR-metingen op diezelfde locatie. De toevallige fout die op deze wijze wordt berekend, is echter niet helemaal identiek aan de toevallige fout bij vergelijking van onderling ver verwijderde meetlocaties. We vergelijken namelijk hiermee het toevalsverschil tussen twee verschillende meetmethoden, terwijl in het MAN-meetnet meetwaarden van dezelfde meetmethode worden vergeleken.

Om effecten van systematische fouten te beperken, zijn de triplosamplers eerst geijkt aan de AMOR-waarden. De toevallige fout is dan voor individuele maandmonsters ongeveer 20 % bij zeer hoge concentraties (die in de natuur niet voorkomen) en 40 % bij meer normale concentraties (Figuur 4.4). In de duingebieden ligt dit in de buurt van 80 %. De toevallige fout in het gemiddelde over drie jaren, gebaseerd op vergelijking met AMOR-data, varieert in het binnenland van 5 tot 8 % van de meetwaarde en in duingebieden is dit 10 tot 15 %. Dit is ook een benadering van de fout in de absolute concentratie, bijvoorbeeld bij de vergelijking met uitkomsten van het OPS-model.

Samenvattend ligt de toevallige fout bij vergelijkingen binnen een natuurgebied na drie jaar meten op het niveau van 3 % van de gemeten waarde (voor duingebied 5 %). De toevallige fout bij vergelijkingen *tussen* natuurgebieden is groter, 5 tot 8 % van de gemeten waarden in het binnenland, en in de duinen 10 tot 15 %. De onzekerheid rond een meetwaarde wordt gegeven door een onder- en bovengrens die het dubbele is van dit percentage. Daarmee wordt aangegeven dat de meting met een kans van 95 % binnen deze onder- en bovengrens ligt. Dit betekent dat de onzekerheid in het gemiddelde over drie jaar *binnen* een natuurgebied circa 6 % is (voor de duinen ± 10 %). De onzekerheid bij vergelijking van driejaargemiddelden *tussen* natuurgebieden is circa 10-15 % (voor de duinen ± 25 %). Voor de kwartaalgemiddelden die gepresenteerd worden in hoofdstuk 5 betekent dit dat de onzekerheid in hun onderlinge vergelijking circa 10 % bedraagt (voor duingebied ± 15 %).



Figuur 4.4 De over 2005-2007 gemiddelde standaarddeviatie per samplerreeks (drie samplers per meetlocatie), relatief ten opzichte van de gemiddelde waarde van de AMOR op dezelfde locatie.

5 Metingenoverzicht per natuurgebied

5.1 Gepresenteerde informatie per natuurgebied

Dit hoofdstuk geeft per natuurgebied een beknopt overzicht van de meetsituatie en de metingen. Van elk natuurgebied is een karakteristieke foto opgenomen, gevolgd door de belangrijkste gebiedsinformatie zoals grootte, ligging, een karakterisering van het gebied en van de emissiedichtheid in de omgeving. Op de rechterpagina staat onder het gebiedskaartje een tekst met enkele kenmerken van de metingen in het gebied, gevolgd door een figuur met tijdreeksen van de gekalibreerde concentraties per meetpunt. Alle landschapsfoto's in dit hoofdstuk zijn gemaakt door H. Noordijk.

In het gebiedskaartje zijn alle meetpunten genummerd aangegeven. De meetperioden zijn per locatie te onderscheiden; meetpunten opgestart in 2005 zijn herkenbaar als driehoekjes en die van 2006 worden gerepresenteerd door cirkels. Locaties waarvan de metingen tussentijds beëindigd zijn, worden gemarkeerd door een ster. Drie gebieden hebben zoveel meetpunten dat verscheidene grafieken zijn opgenomen: de Veluwe, de Groote Peel en de Strabrechtse Heide.

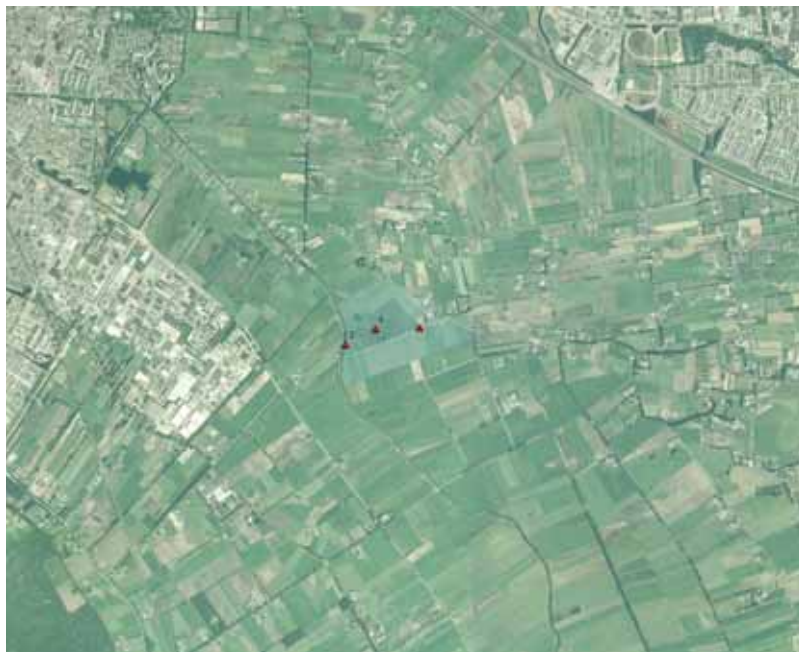
In de tekst geeft 'Gemeten belasting' weer hoe de concentratiemetingen zich verhouden tot elders. 'Ruimtelijk patroon' geeft aan hoe de gemeten concentraties over het gebied verdeeld zijn, en 'Tijdsverloop' hoe de concentraties in de loop van de tijd veranderen. Eerst worden de tijdsfluctuaties in absolute zin gekarakteriseerd en vervolgens relatief ten opzichte van het gebiedsgemiddelde. De fluctuaties in een gebied met lage concentraties kunnen namelijk in absolute zin wel gering zijn, niet veel meer dan bijvoorbeeld $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, maar ten opzichte van het lage gebiedsgemiddelde kunnen zij toch groot zijn. Met 'normaal' wordt dan aangeduid dat het gemeten patroon ongeveer overeenkomt met wat gemiddeld in het MAN-meetnet wordt waargenomen.

De figuur met de tijdreeksen presenteert de meetwaarden als kwartaalgemiddelden, berekend op basis van de maandelijkse metingen. Indien een maandwaarde ontbreekt, wordt deze geschat uit metingen van de omliggende meetpunten binnen hetzelfde gebied (indien beschikbaar) of uit gebieden in de nabije omgeving. Indien in een kwartaal meer dan één meetwaarde ontbreekt wordt geen kwartaalgemiddelde gepresenteerd. Het gebiedsgemiddelde over de gehele periode is echter alleen gebaseerd op de aanwezige meetwaarden van het gebied, ontbrekende metingen zijn hierbij genegeerd.

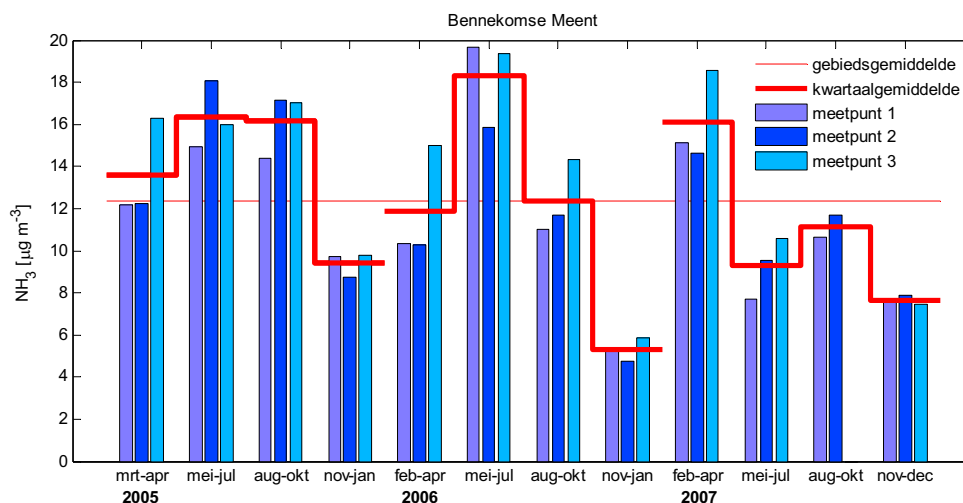
5.2 Bennekomse Meent



| | |
|--------------------------|--|
| Beheerder: | Staatsbosbeheer |
| Omvang: | 15 ha |
| Terreinkenmerken: | Open met verspreide boomgroepen en houtwallen |
| Natuurtypering: | Een klein restant van de ooit uitgestrekte blauwgraslanden in de Gelderse Vallei. Het heeft een venige bodem met een sterke basenrijke kwel, waarbij op plaatselijke zandopduikingen blauwgrasland voorkomt. |
| Ligging gebied: | Zuidelijk deel van de Gelderse Vallei |
| Emissie klasse: | Hoge belasting |
| Meetopzet: | Dwarsdoorsnede door het (kleine) gebied |
| Aantal locaties: | 3 |



- Gemeten belasting:** Het gebiedsgemiddelde is zeer hoog ten opzichte van het landelijk MAN-gemiddelde.
- Ruimtelijk patroon:** Meetpunt 3 (nabij stallen) is verhoogd ten opzichte van de overige twee punten.
- Tijdsverloop:** De concentratie fluctueert sterk in de loop van de tijd, maar ten opzichte van de hoge gemiddelde belasting is de variatie relatief gering.
- Bijzonderheden:** De gemiddelde concentratie is het hoogste van alle MAN-gebieden, het gedrag van de metingen is overeenkomstig de ligging in een gebied met hoge omgevingsbelasting en de geringe omvang van het natuurgebied.



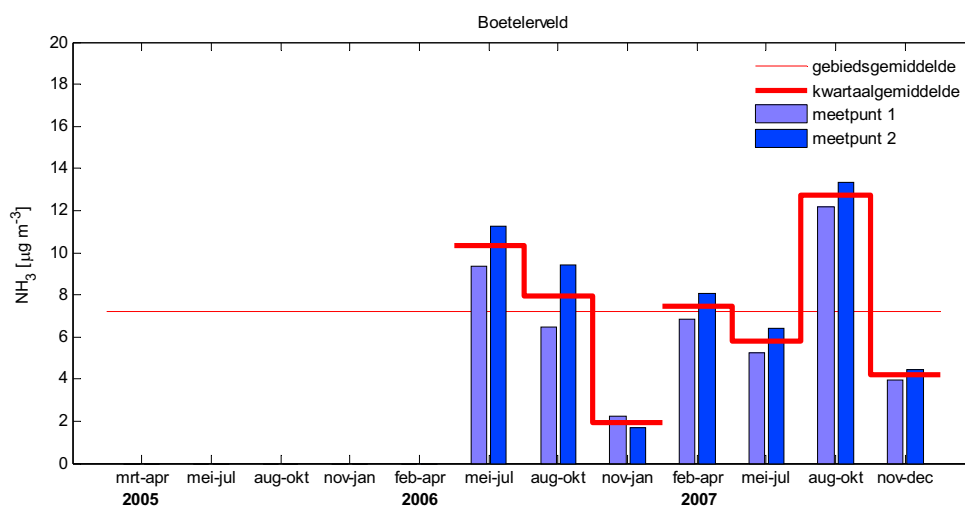
5.3 Boetelerveld



| | |
|--------------------------|---|
| Beheerder: | Landschap Overijssel |
| Omvang: | 170 ha |
| Terreinkenmerken: | Deels open met bosrijker delen |
| Natuurtypering: | Gebied met een groot oppervlak vochtige heide. Daarnaast komen ook droge heide, jeneverbesstruweel en heischraal grasland voor. |
| Ligging gebied: | Midden-Overijssel |
| Emissie klasse: | Gemiddelde belasting |
| Meetopzet: | Dwarsdoorsnede door het (kleine) gebied |
| Aantal locaties: | 2 |



- Gemeten belasting:** Het gebiedsgemiddelde is hoog ten opzichte van het landelijk MAN-gemiddelde.
- Ruimtelijk patroon:** Meetpunt 2 (nabij stallen) is verhoogd ten opzichte van meetpunt 1.
- Tijdsverloop:** De concentratie fluctueert sterk in de loop van de tijd, ook ten opzichte van de hoge gemiddelde belasting is de variatie sterk.
- Bijzonderheden:** Het gebied is waarschijnlijk vrij sterk door lokale bronnen belast, gezien het verschil tussen de op korte afstand gelegen meetpunten en de tijdsfluctuaties.



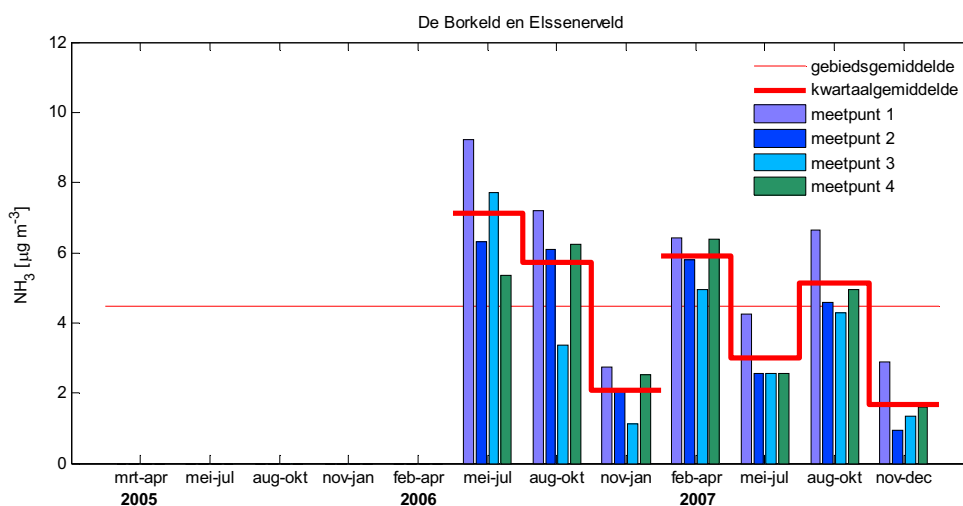
5.4 De Borkeld en Elssenerveld



| | |
|--------------------------|---|
| Beheerder: | Staatsbosbeheer |
| Omvang: | 900 ha |
| Terreinkenmerken: | Afwisselend, vrij open en licht glooiend |
| Natuurtypering: | Heidegebied dat wordt begraasd om vergrassing tegen te gaan. Het natuurgebied heeft een zeer gevarieerde plantengroei en verspreid staan er struwelen (jeneverbes). |
| Ligging gebied: | Agrarisch gebied Midden-Overijssel |
| Emissie klasse: | Gemiddelde belasting, direct ten zuiden van snelweg A1 |
| Meetopzet: | Gradiënt van de A1 uit naar het zuiden toe |
| Aantal locaties: | 4 |



Gemeten belasting: Het gebiedsgemiddelde is gelijk aan het landelijk MAN-gemiddelde.
Ruimtelijk patroon: Het ruimtelijk patroon van de concentraties wordt gedomineerd door de A1.
Tijdsverloop: De concentratie fluctueert normaal in de loop van de tijd.
Bijzonderheden: Het verkeer van de A1 leidt tot verhoogde concentraties. In de berm direct naast de weg is dit $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Waar het natuurgebied begint, is deze verhoging ongeveer $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, maar in het hart van het gebied is dit veel geringer (orde van grootte $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, zie paragraaf 6.4).



5.5 Boschhuizerbergen



| | |
|--------------------------|--|
| Beheerder: | Limburgs Landschap |
| Omvang: | 400 ha |
| Terreinkenmerken: | In het centrum opener en heuvelachtig met wat bossages |
| Natuurtypering: | Droge heide, omzoomd door bos en met verspreid staande bossages en struiken. Hier bevindt zich het enige jeneverbesstruweel in het zuiden van Nederland. |
| Ligging gebied: | Noordelijk grensgebied Noord-Brabant en Limburg |
| Emissie klasse: | Hoge belasting |
| Meetopzet: | Belasting van het opener centrale deel |
| Aantal locaties: | 2 |



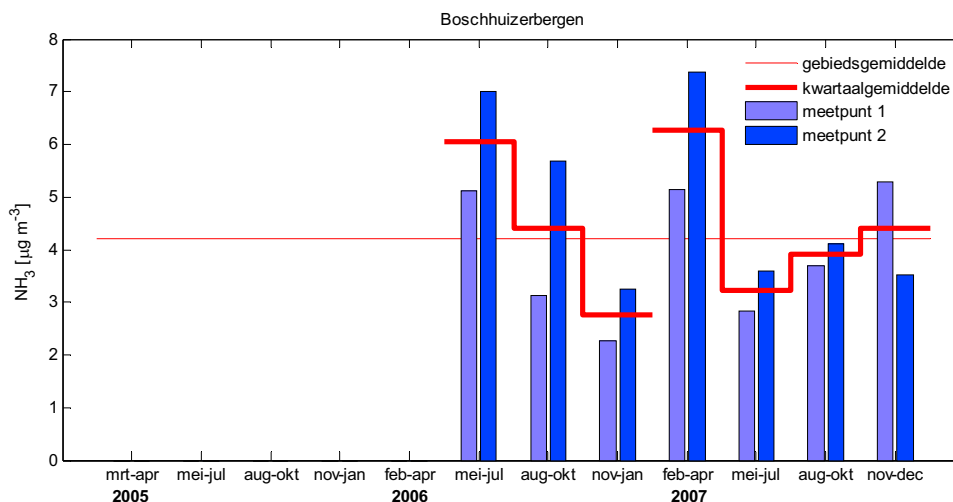
Gemeten belasting:
Ruimtelijk patroon:
Tijdsverloop:

Bijzonderheden:

Het gebiedsgemiddelde is vergelijkbaar met het landelijk MAN-gemiddelde. Meetpunt 2 is verhoogd ten opzichte van meetpunt 1.

De concentratie fluctueert normaal in de loop van de tijd, ten opzichte van de gemiddelde belasting is de variatie relatief gering.

De gemeten ammoniakconcentraties zijn relatief laag, gezien de verwachte hoge achtergrondbelasting door de nabijheid van het Peelgebied. Waarschijnlijk zijn de metingen middenin dit gebied verlaagd door het nabije struweel en het omliggende bosgebied. De lage concentraties op de meetpunten zijn in lijn met de zeer arme bodemvegetatie eromheen, terwijl aan de rand van het natuurgebied de vegetatie wijst op veel stikstof in de bodem. Verschillen in vegetatie kunnen echter ook het gevolg zijn van andere factoren zoals beheer.



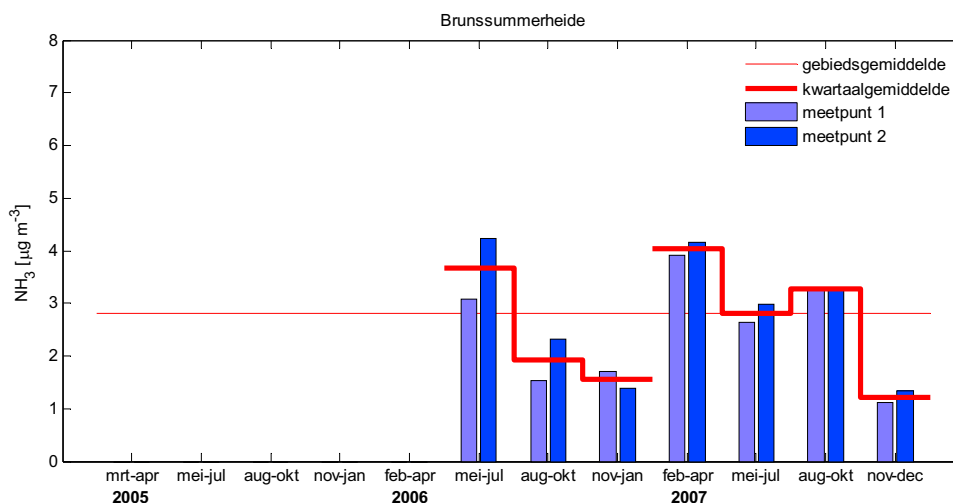
5.6 Brunsummerheide



| | |
|--------------------------|--|
| Beheerder: | Natuurmonumenten |
| Omvang: | 650 ha |
| Terreinkenmerken: | Steile heuvels van tientallen meters hoog |
| Natuurtypering: | Dit heuvelachtige gebied bestaat uit heide, bos, venen, vennen. Op sommige plaatsen is het zeer vochtig; in het brongebied komt zelfs hoogveen voor. |
| Ligging gebied: | Duitse grens Zuid-Limburg, omgeven door stedelijk gebied |
| Emissie klasse: | Lage belasting |
| Meetopzet: | Belasting van het gebied als geheel |
| Aantal locaties: | 2 |



- Gemeten belasting:** Het gebiedsgemiddelde is zeer laag ten opzichte van het landelijk MAN-gemiddelde.
- Ruimtelijk patroon:** Er is geen duidelijk ruimtelijk patroon aanwezig.
- Tijdsverloop:** De concentratie fluctueert weinig in de loop van de tijd, ten opzichte van de gemiddelde belasting is de variatie normaal.
- Bijzonderheden:** Dit is het enige gebied dat in Zuid-Limburg ligt. Het gaat om een zeer laag niveau dat weinig afwijkt van de kustprovincies en het hoge noorden. Ook de geringe variaties in ruimte en tijd bevestigen de afwezigheid van belangrijke bronnen in de omgeving.



5.7 Buurserzand en Haaksbergerveen



| | |
|--------------------------|--|
| Beheerder: | Natuurmonumenten en Staatsbosbeheer |
| Omvang: | 450 ha |
| Terreinkenmerken: | Afwisselend, vrij open met plassen, bossages en struikgewas |
| Natuurtypering: | Dit natte heidegebied is door zijn omvang uniek in West-Europa. De heide wordt afgewisseld door jeneverbesstruweel en enkele percelen oud eiken- en grove-dennenbos. |
| Ligging gebied: | Zuidoost Twente nabij Duitse grens, in landelijk gebied |
| Emissie klasse: | Lage belasting |
| Meetopzet: | Belasting van het gebied als geheel |
| Aantal locaties: | 3 |

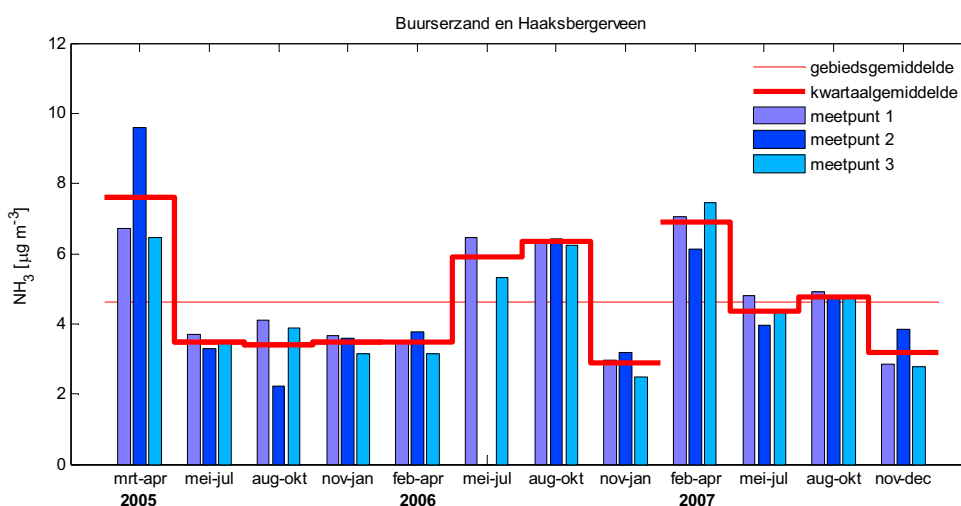


Gemeten belasting:
Ruimtelijk patroon:
Tijdsverloop:

Het gebiedsgemiddelde is vergelijkbaar met het landelijk MAN-gemiddelde. Er is geen in het oog springend ruimtelijk patroon aanwezig. De concentratie fluctueert normaal in de loop van de tijd, ten opzichte van de gemiddelde belasting is de variatie relatief gering.

Bijzonderheden:

De concentratie is wat hoog voor de ligging in een directe omgeving met vrij weinig emissie. De beperkte fluctuaties in ruimte en tijd wijzen erop dat het gebied waarschijnlijk vooral door bronnen op grotere afstand wordt belast. Er zijn geen aanwijzingen dat het veebedrijf nabij meetpunt 2 veel invloed heeft, ook al is die locatie soms een periode verhoogd. Na 2005 lijkt de concentratie iets te zijn toegenomen.



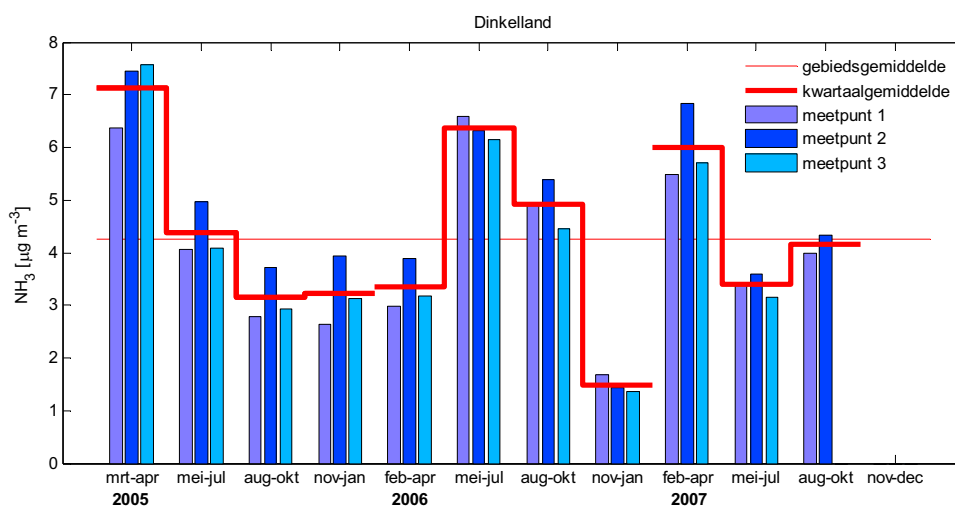
5.8 Dinkelland



| | |
|--------------------------|--|
| Beheerder: | Staatsbosbeheer |
| Omvang: | 25 ha |
| Terreinkenmerken: | Stukjes hei en grasland in klein bebost natuurgebied |
| Natuurtypering: | Dinkelland bestaat uit bossen, heidevelden, stuifzand en beekdalen. Punthuizen en Stroothuizen zijn geïsoleerde stukjes natuur met gemengd bos, heide, ven en blauwgrasland. |
| Ligging gebied: | Noordoost Twente nabij Duitse grens |
| Emissie klasse: | Lage belasting |
| Meetopzet: | Belasting Punthuizen en Stroothuizen en invloed van nabijgelegen boerderijen |
| Aantal locaties: | 3 |



- Gemeten belasting:** Het gebiedsgemiddelde is vergelijkbaar met het landelijk MAN-gemiddelde.
- Ruimtelijk patroon:** Meetpunt 2 is verhoogd ten opzichte van meetpunt 3.
- Tijdsverloop:** De concentratie fluctueert normaal in de loop van de tijd, ten opzichte van de gemiddelde belasting is de variatie gering.
- Bijzonderheden:** Hoewel de natuurgebiedjes heel klein zijn, is de concentratie niet hoog. Mogelijk speelt hierbij het Twentse coulissenlandschap een rol, waarbij ammoniak door bomenrijen en bosjes wordt gefilterd.



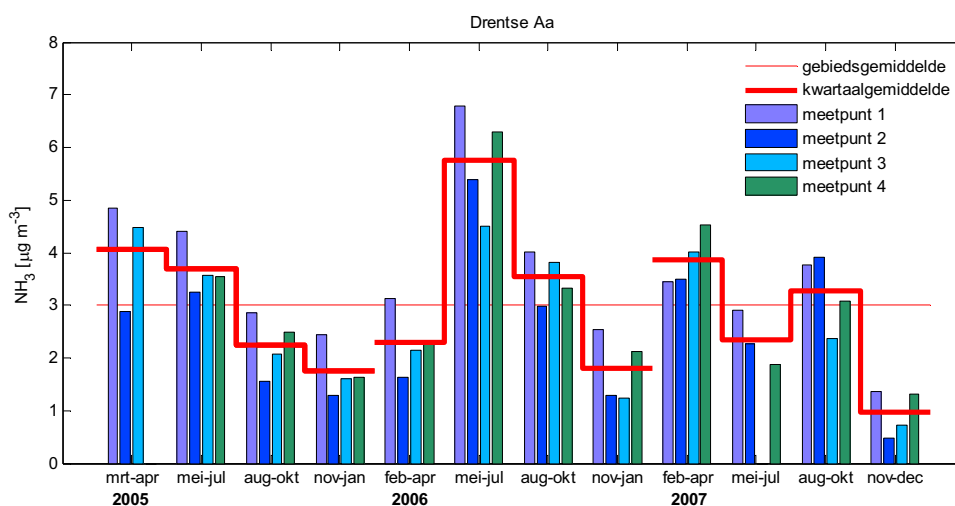
5.9 Drentse Aa



| | |
|--------------------------|--|
| Beheerder: | Staatsbosbeheer |
| Omvang: | 4000 ha |
| Terreinkenmerken: | Vrij open gebied met stukjes bos en bomenrijen |
| Natuurtypering: | Het gebied van de Drentse Aa is een oppervlakte van ruggen en dalen, waar het beekdal wordt omgeven door graslanden. |
| Ligging gebied: | Noord-Drenthe |
| Emissie klasse: | Lage belasting |
| Meetopzet: | Belasting in relatie tot de vaak korte afstand met agrarisch gebied |
| Aantal locaties: | 4 |



- Gemeten belasting:** Het gebiedsgemiddelde is laag ten opzichte van het landelijk MAN-gemiddelde.
- Ruimtelijk patroon:** De meetpunten aan de rand van het gebied zijn verhoogd ten opzichte van meetpunt 2, gelegen in het midden van de Drentse Aa.
- Tijdsverloop:** De concentratie fluctueert normaal in de loop van de tijd.
- Bijzonderheden:** De duidelijk aanwezige variaties in ruimte en tijd wijzen erop dat het gebied door de directe omgeving flink wordt beïnvloed.



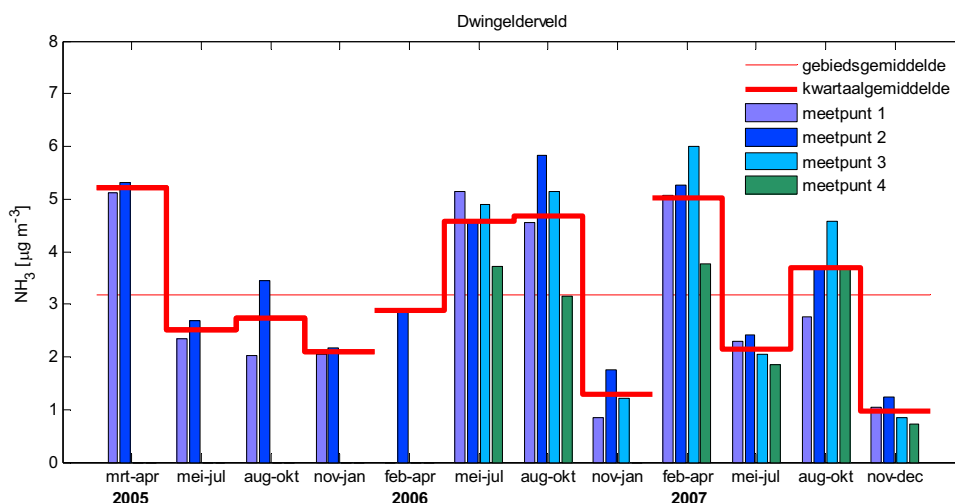
5.10 Dwingelderveld



| | |
|--------------------------|--|
| Beheerder: | Natuurmonumenten |
| Omvang: | 3800 ha |
| Terreinkenmerken: | Grotendeels zeer open en vlak |
| Natuurtypering: | De uitgestrekte vochtige heide van het Dwingelderveld is de grootste van West-Europa. Afwisseling tussen natte slenken en droge zandruggen met struikheide met veel variatie in plantengroei en dierenleven. |
| Ligging gebied: | Zuidwest Drenthe |
| Emissie klasse: | Lage belasting |
| Meetopzet: | Belasting Dwingelderveld en aanvoer ammoniak vanuit zuidwesten |
| Aantal locaties: | 4 |



- Gemeten belasting:** Het gebiedsgemiddelde is laag ten opzichte van het landelijk MAN-gemiddelde.
- Ruimtelijk patroon:** Vrij grillig, meetpunt 3 lijkt lokaal belast te zijn.
- Tijdsverloop:** De concentratie fluctueert normaal in de loop van de tijd.
- Bijzonderheden:** Men zou een overwegende aanvoer van ammoniak vanuit het zuidwesten verwachten, maar het ruimtelijke patroon kan dit niet bevestigen.



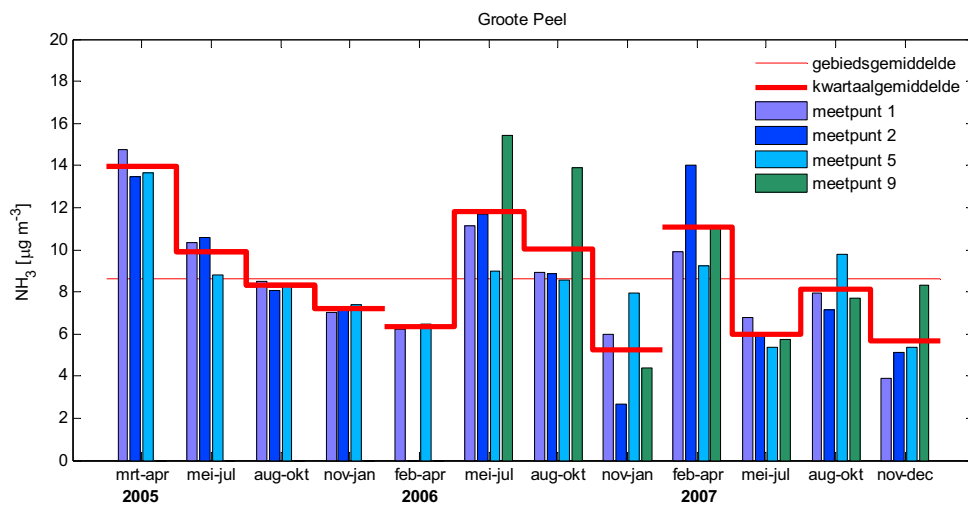
5.11 Groote Peel

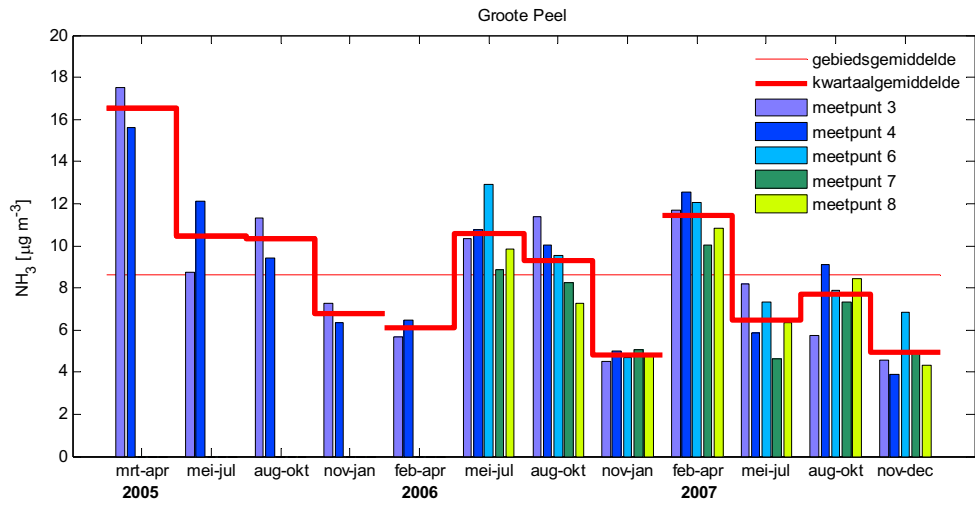


| | |
|--------------------------|---|
| Beheerder: | Staatsbosbeheer |
| Omvang: | 1300 ha |
| Terreinkenmerken: | Grotendeels zeer open en vlak met vennen |
| Natuurtypering: | Eén van de laatste, grotendeels afgegraven, hoogveengebieden die gespaard zijn gebleven voor ontginning. Wijds landschap met moerassen en grote waterplassen. Door het vochtige karakter en de rust is het een van de vogelrijkste gebieden in West-Europa. |
| Ligging gebied: | Zuidoost Noord-Brabant op de grens met Limburg |
| Emissie klasse: | Hoge belasting |
| Meetopzet: | Belasting gebied en aanvoer vanuit zuidwesten en uit lokale stallen, daarnaast mogelijke plaatselijke emissie van ammoniak tijdens het droogvallen van vennen. |
| Aantal locaties: | 9 |



- Gemeten belasting:** Het gebiedsgemiddelde is hoog ten opzichte van het landelijk MAN-gemiddelde.
- Ruimtelijk patroon:** Er is geen duidelijk ruimtelijk patroon aanwezig.
- Tijdsverloop:** De concentratie fluctueert sterk in de loop van de tijd, ten opzichte van de gemiddelde belasting is de variatie echter gering.
- Bijzonderheden:** De concentratie is het hoogst op meetpunt 9 en het laagst bij 7 en 8 (ven-oevers). Verder zijn de onderlinge verschillen klein. In 2005 waren er opvallende pieken in het midden van het gebied. Mogelijk speelt de aanwezigheid van vennen hier een rol, maar de lage waarden aan de oevers (meetpunten 7 en 8) spreken dit tegen. In 2007 zijn de concentraties wat lager dan in 2005-2006.





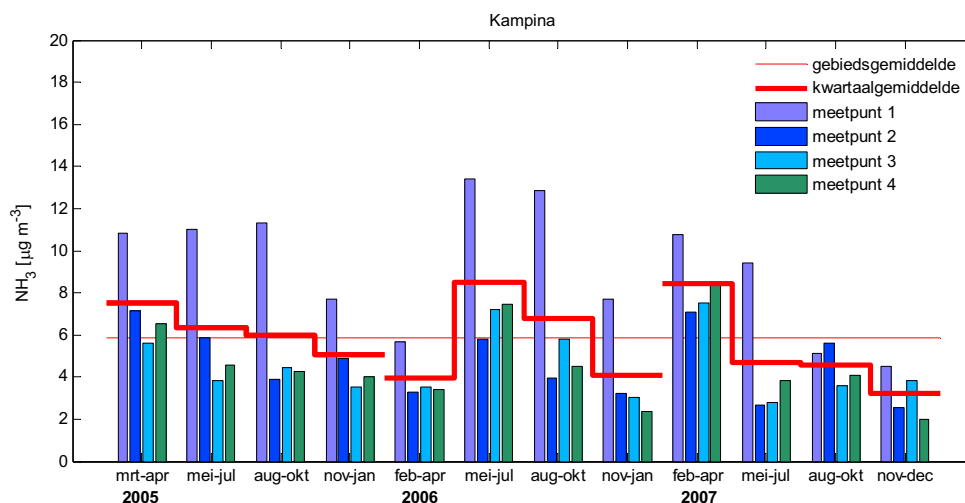
5.12 Kampina



| | |
|--------------------------|---|
| Beheerder: | Natuurmonumenten |
| Omvang: | 2000 ha |
| Terreinkenmerken: | Voornameijk open met wat bossages en vennen |
| Natuurtypering: | Kampina is een fraai heidelandschap dat omringd wordt door bossen en wordt doorsneden door enkele beken. Bij de vennen verblijven 's winters veel soorten eenden. |
| Ligging gebied: | Midden in Noord-Brabant |
| Emissie klasse: | Gemiddelde belasting |
| Meetopzet: | Algemene belasting en lokale emissies in het zuiden |
| Aantal locaties: | 4 |



- Gemeten belasting:** Het gebiedsgemiddelde is verhoogd ten opzichte van het landelijk MAN-gemiddelde.
- Ruimtelijk patroon:** Meetpunt 1 is twee keer zo hoog als de rest, er is weinig verschil tussen meetpunten 2, 3 en 4.
- Tijdsverloop:** De concentratie fluctueert normaal in de loop van de tijd, ten opzichte van de gemiddelde belasting is de variatie gering.
- Bijzonderheden:** Meetpunt 1 ligt nabij boerderij, na sluiting van de stallen in de zomer van 2007 daalt de concentratie naar die van de overige meetpunten. Verder lijkt het gebied niet sterk belast te zijn met bronnen uit de directe omgeving.



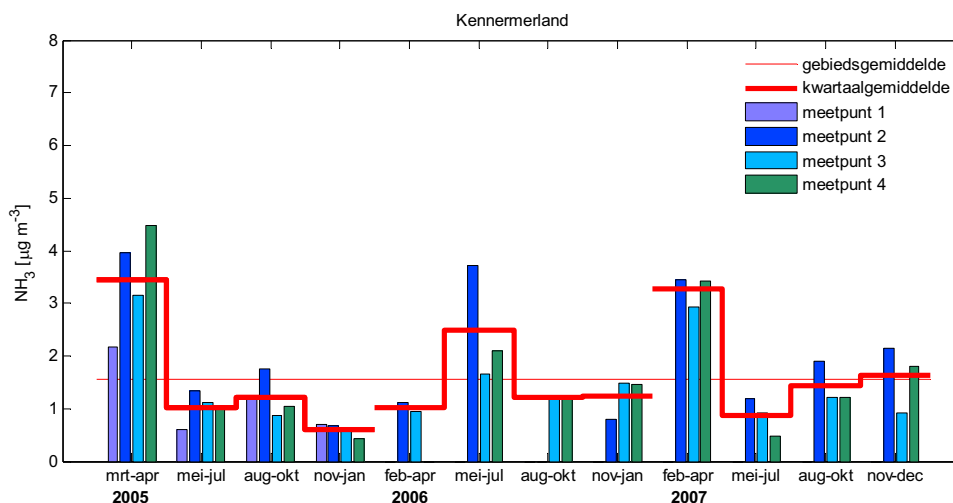
5.13 Kennemerland



| | |
|--------------------------|--|
| Beheerder: | Waterleidingbedrijf gemeente Amsterdam |
| Omvang: | 8200 ha |
| Terreinkenmerken: | Overwegend open glooiend duingebied |
| Natuurtypering: | Het gebied omvat naast kalkrijke duinen en strand, ook fraaie binnenduïnbossen, historische landgoederen en veenpolders. |
| Ligging gebied: | Noordelijk kustgebied Zuid-Holland |
| Emissie klasse: | Duinen, zeer lage belasting |
| Meetopzet: | Dwarsdoorsnede van strand naar achterland |
| Aantal locaties: | 3 (voorheen 4) |



- Gemeten belasting:** Het gebiedsgemiddelde is zeer laag ten opzichte van het landelijk MAN-gemiddelde.
- Ruimtelijk patroon:** Meetpunt 2 aan het strand is vaak verhoogd ten opzichte van overige meetpunten.
- Tijdsverloop:** De concentratie fluctueert weinig in de loop van de tijd, maar ten opzichte van de lage gemiddelde belasting is de variatie sterk.
- Bijzonderheden:** Het ruimtelijke patroon roept de mogelijkheid op dat de zee een bron van ammoniak kan zijn, ook elders wordt aan de zeezijde een verhoogde concentratie waargenomen (zie hoofdstuk 6).



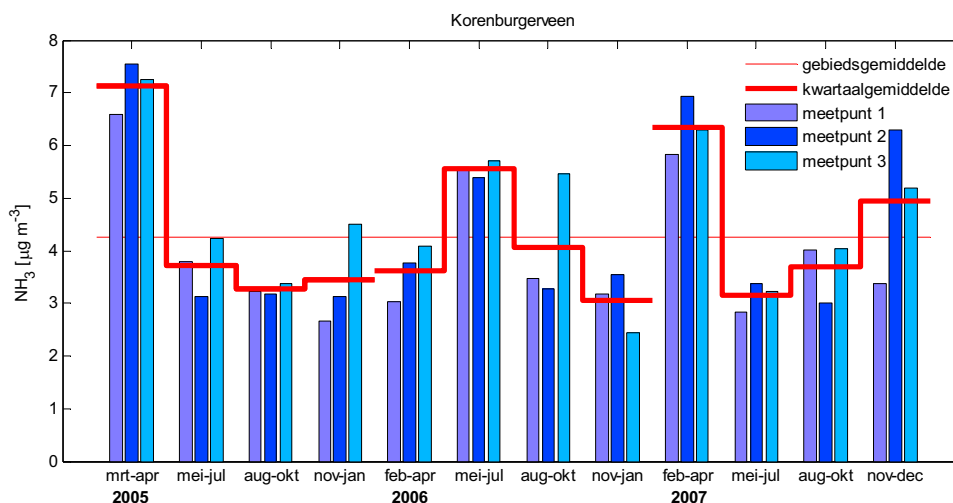
5.14 Korenburgerveen



| | |
|--------------------------|---|
| Beheerder: | Natuurmonumenten |
| Omvang: | 500 ha |
| Terreinkenmerken: | Moerasgebied met kleinschalige open delen met wat opslag |
| Natuurtypering: | Het uitgestrekte gebied van het Korenburgerveen bestaat uit hoogveen, moerasbos, heide en voedselarme graslanden. |
| Ligging gebied: | Zuidoostelijk in de Achterhoek |
| Emissie klasse: | Gemiddelde belasting |
| Meetopzet: | Belasting van het gebied zelf |
| Aantal locaties: | 3 |



- Gemeten belasting:** Het gebiedsgemiddelde is vergelijkbaar met het landelijk MAN-gemiddelde.
- Ruimtelijk patroon:** De meetpunten laten weinig systematische verschillen zien.
- Tijdsverloop:** De concentratie fluctueert normaal in de loop van de tijd, ten opzichte van de gemiddelde belasting is de variatie gering.
- Bijzonderheden:** Meetpunt 3 is gesitueerd in het Vragenderveen en piekt soms ten opzichte van de andere locaties. Mogelijk heeft dit te maken met het droogvallen van het veen, bijvoorbeeld in de zomer van 2006, of met emissies uit de nabijgelegen maïsakkers en veebedrijven. Verder lijkt de belasting van het gebied niet sterk door de directe omgeving te zijn bepaald.



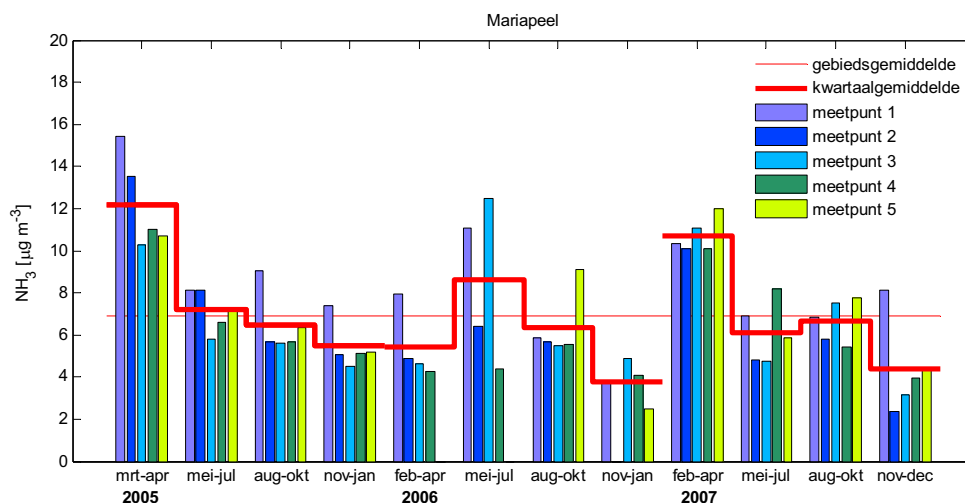
5.15 Mariapeel



| | |
|--------------------------|--|
| Beheerder: | Staatsbosbeheer |
| Omvang: | 2500 ha |
| Terreinkenmerken: | Grotendeels open en vlak met vennen |
| Natuurtypering: | Voormalig hoogveengebied, plaatselijk nog wat hoogveen, verder droge en vochtige heideterreinen, moerasachtige gedeelten, open en gesloten bossen, veenputten, wijken en open water. |
| Ligging gebied: | Zuidoost Noord-Brabant op de grens met Limburg |
| Emissie klasse: | Hoge belasting |
| Meetopzet: | Belasting van het gebied zelf en invloed lokale emissies |
| Aantal locaties: | 5 |



- Gemeten belasting:** Het gebiedsgemiddelde is hoog ten opzichte van het landelijk MAN-gemiddelde.
- Ruimtelijk patroon:** Meetpunten aan de rand (1 en soms 5) zijn verhoogd ten opzichte van het centrum.
- Tijdsverloop:** De concentratie fluctueert sterk in de loop van de tijd, ten opzichte van de hoge gemiddelde belasting is de variatie echter gering.
- Bijzonderheden:** Meetpunt 1 is beïnvloed door stallen op 300 meter ten zuidwesten. De nabijheid van vrij grote wateroppervlakken lijkt geen wezenlijke invloed te hebben.



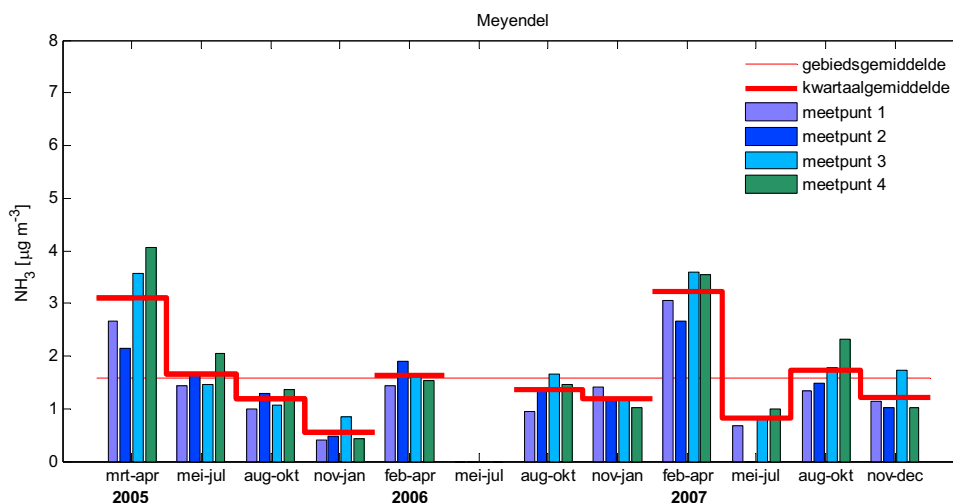
5.16 Meyendel



| | |
|--------------------------|---|
| Beheerder: | Duinwaterbedrijf Zuid-Holland |
| Omvang: | 4000 ha |
| Terreinkenmerken: | Overwegend open glooiend duingebied |
| Natuurtypering: | Voornameijk open duinlandschap met struweel, verspreide stukjes bos en open water. Door het gevarieerde karakter is er een zeer rijke flora en fauna. |
| Ligging gebied: | De kust boven Den Haag |
| Emissie klasse: | Duinen, lage belasting |
| Meetopzet: | Belasting duinen en zee-land gradiënt |
| Aantal locaties: | 4 |



- Gemeten belasting:** Het gebiedsgemiddelde is zeer laag ten opzichte van het landelijk MAN-gemiddelde.
- Ruimtelijk patroon:** Meetpunten 3 (landzijde) en 4 (zie bijz.) zijn wat verhoogd ten opzichte van 1 en 2.
- Tijdsverloop:** De concentratie fluctueert weinig in de loop van de tijd, ten opzichte van de gemiddelde belasting is de variatie normaal.
- Bijzonderheden:** Aan de landzijde is de concentratie bijna de helft hoger ten opzichte van de zeezijde, wat wijst op vrij nabije bronnen landinwaarts. De ter plekke ruikbare aalscholverkolonie lijkt geen wezenlijke invloed te hebben op meetpunt 4. Het baggeren van het bij meetpunt 4 gelegen meer in de winter van 2006/2007 had weinig effect op de metingen. In tegenstelling tot elders wordt aan de zeezijde geen verhoogde concentratie waargenomen (zie hoofdstuk 6).



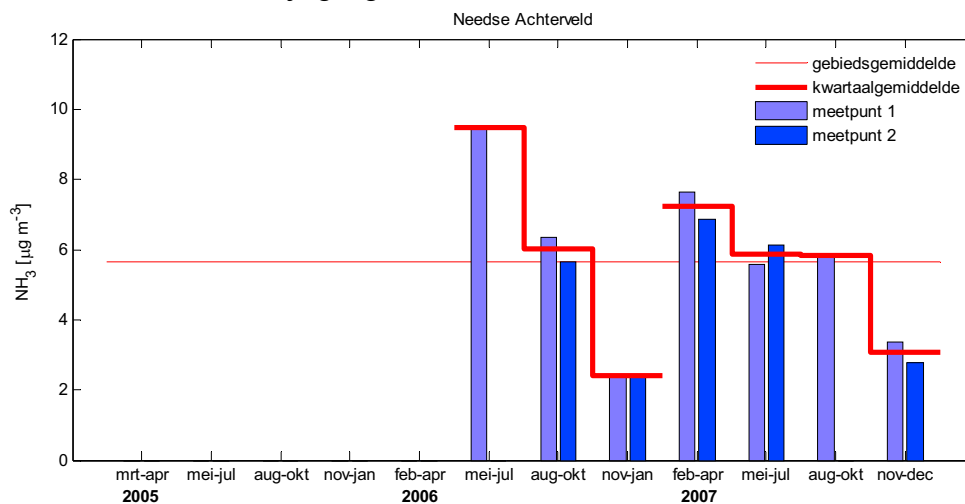
5.17 Needse Achterveld



| | |
|--------------------------|--|
| Beheerder: | Staatsbosbeheer |
| Omvang: | 110 ha |
| Terreinkenmerken: | Open met opslag en bosranden |
| Natuurtypering: | Open natte heide- en pijpestrootjesvelden met verspreid staande berken, vliegdennen, jeneverbes en gagelstruweel, omzoomd door natuurlijke opslag. Er komen veel vogels en andere dieren voor. Het gebied is echter niet aangemeld voor de Habitatrichtlijn. |
| Ligging gebied: | Noorden Achterhoek |
| Emissie klasse: | Gemiddelde belasting |
| Meetopzet: | Belasting van het gebied zelf |
| Aantal locaties: | 2 |



- Gemeten belasting:** Het gebiedsgemiddelde is hoog ten opzichte van het landelijk MAN-gemiddelde.
- Ruimtelijk patroon:** De concentraties bij meetpunt 1 zijn wat hoger dan bij 2.
- Tijdsverloop:** De concentratie fluctueert normaal in de loop van de tijd.
- Bijzonderheden:** Tussen de twee meetpunten bestaat een verschil van bijna $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, wat gezien de onderling korte afstand wijst op een significante invloed van westelijk gelegen bronnen



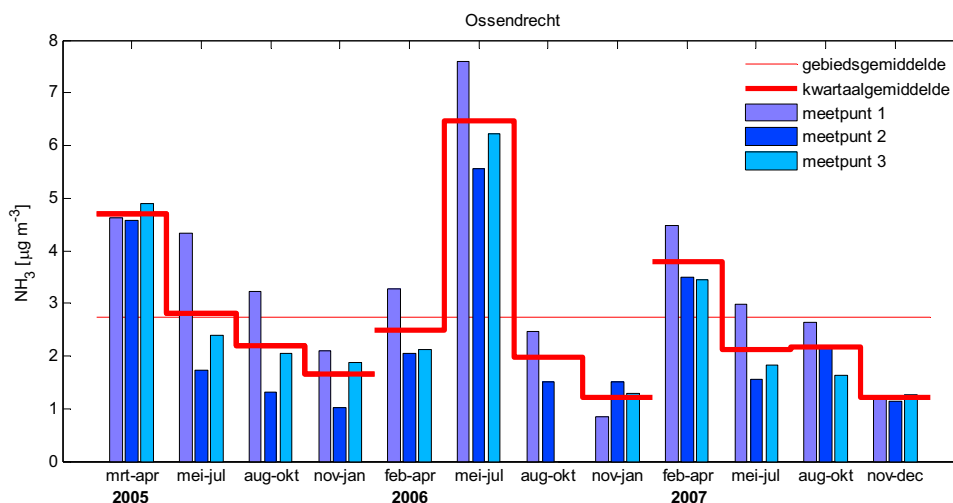
5.18 Ossendrecht



| | |
|--------------------------|---|
| Beheerder: | Natuurmonumenten |
| Omvang: | 3000 ha |
| Terreinkenmerken: | Glooiend bosgebied met open stuifzand, heide en gras |
| Natuurtypering: | Stuifzanden, heideterreinen, loof- en naaldbossen en het drooggevalle Groote Meer met zeer voedselarme begroeiing. |
| Ligging gebied: | Zuidwest Noord-Brabant op de grens met België |
| Emissie klasse: | Lage belasting |
| Meetopzet: | Algemene belasting natuurgebied |
| Aantal locaties: | 3 |



- Gemeten belasting:** Het gebiedsgemiddelde is laag ten opzichte van het landelijk MAN-gemiddelde.
- Ruimtelijk patroon:** Het noordelijker meetpunt 1 is verhoogd ten opzichte van meetpunt 2 en 3.
- Tijdsverloop:** De concentratie fluctueert normaal in de loop van de tijd.
- Bijzonderheden:** Op meetpunt 1, een paal in het drooggevalle Groote Meer, is vaak veel vogelpoep aanwezig, maar de gemeten concentratie is daardoor niet sterk verhoogd, gegeven de wat meer aan externe bronnen blootgestelde ligging van dit meetpunt. Daarmee lijkt zelfs een flinke hoeveelheid vogelpoep op de meetpaal zelf niet echt storend te zijn voor de metingen.



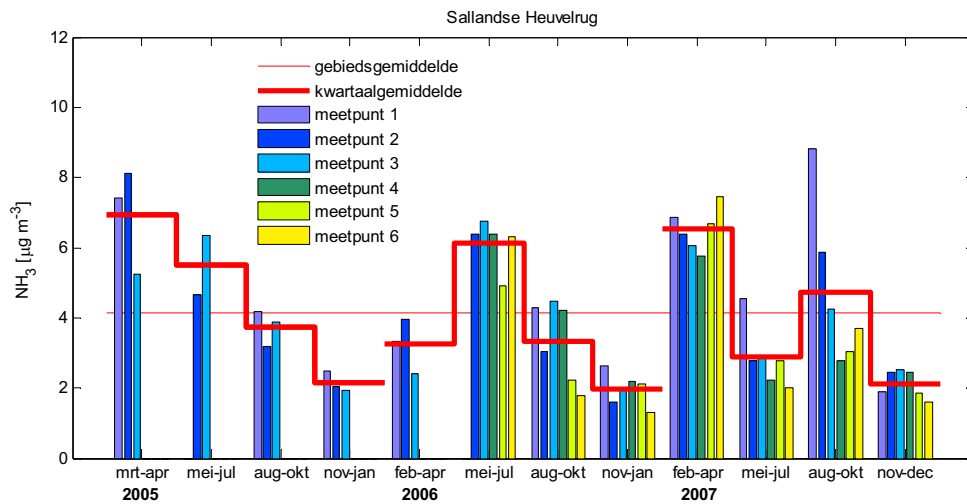
5.19 Sallandse Heuvelrug



| | |
|--------------------------|---|
| Beheerder: | Staatsbosbeheer en Natuurmonumenten |
| Omvang: | 5000 ha |
| Terreinkenmerken: | Stuwwal tot 70 meter hoog, deels zeer open heideterrein |
| Natuurtypering: | Golvende heidevelden en bossen, aanwezig op een stuwwal tot 70 meter hoog met een zeer arme droge bodem. Het herbergt de laatste inheemse korhoenpopulatie. |
| Ligging gebied: | Midden-Overijssel |
| Emissie klasse: | Gemiddelde belasting |
| Meetopzet: | Dwarsdoorsnede door de heuvelrug |
| Aantal locaties: | 6 |



- Gemeten belasting:** Het gebiedsgemiddelde is vergelijkbaar met het landelijk MAN-gemiddelde.
- Ruimtelijk patroon:** Er is een west-oost gradiënt in de meetwaarden aanwezig
- Tijdsverloop:** De concentratie fluctueert normaal in de loop van de tijd.
- Bijzonderheden:** Aan de westzijde (meetpunt 1) is de concentratie 25 % hoger en in het oosten wat lager dan het gemiddelde.



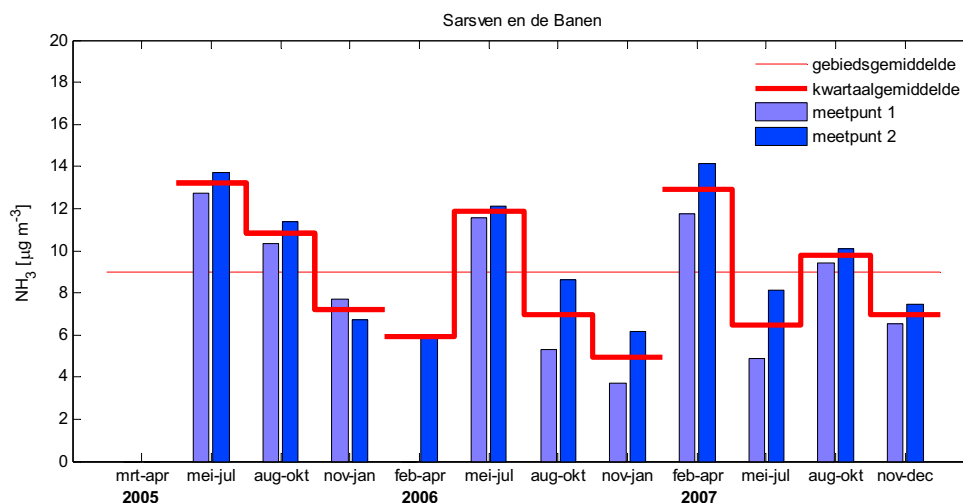
5.20 Sarsven en de Banen



| | |
|--------------------------|--|
| Beheerder: | Limburgs Landschap |
| Omvang: | 140 ha |
| Terreinkenmerken: | Kleinschalig terrein met ven, weide en bomen |
| Natuurtypering: | Een ven met bijzondere watervegetaties, omgeven door een klein natuurgebied met wat bos en grasland. |
| Ligging gebied: | Zuidelijk grensgebied Noord-Brabant en Limburg |
| Emissie klasse: | Hoge belasting |
| Meetopzet: | Plaatselijke belasting |
| Aantal locaties: | 2 |



- Gemeten belasting:** Het gebiedsgemiddelde is zeer hoog ten opzichte van het landelijk MAN-gemiddelde.
- Ruimtelijk patroon:** Meetpunt 2 is verhoogd ten opzichte van meetpunt 1.
- Tijdsverloop:** De concentratie fluctueert sterk in de loop van de tijd, maar ten opzichte van de hoge gemiddelde belasting is de variatie gering.
- Bijzonderheden:** Het kleine gebied wordt nauwelijks door zichzelf gebufferd tegen invloeden uit de omgeving, waardoor de concentraties zeer hoog zijn. Dit is het meest uitgesproken in meetpunt 2. Gezien de meer door natuur omgeven situatie zou de concentratie daar eigenlijk wat lager moeten zijn dan in meetpunt 1.



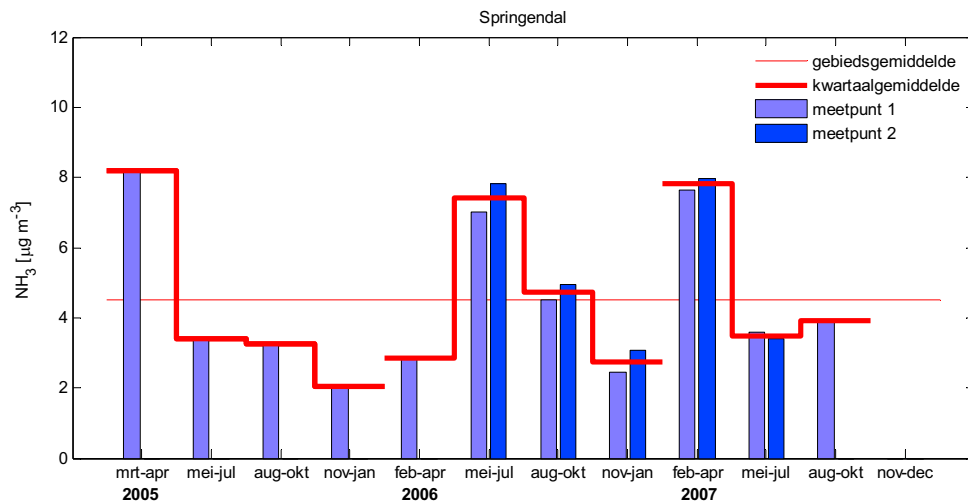
5.21 Springendal



| | |
|--------------------------|---|
| Beheerder: | Staatsbosbeheer |
| Omvang: | 1300 ha |
| Terreinkenmerken: | Open heideveld in bosgebied |
| Natuurtypering: | Uniek beek/ brongebied met rijke fora en fauna. Naast kwelvijvers, beekjes en heidevelden veel bos. |
| Ligging gebied: | Noord-Twente |
| Emissie klasse: | Gemiddelde belasting |
| Meetopzet: | Belasting heideveld en invloed NAM-activiteit |
| Aantal locaties: | 2 |



Gemeten belasting: Het gebiedsgemiddelde is vergelijkbaar met het landelijk MAN-gemiddelde.
Ruimtelijk patroon: Het zuidelijke meetpunt 2 is $0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ hoger dan meetpunt 1.
Tijdsverloop: De concentratie fluctueert normaal in de loop van de tijd.
Bijzonderheden: Het noordelijke meetpunt 1 is gelegen bij een NAM-locatie. De metingen wijzen uit dat er geen merkbare emissie van ammoniak op deze locatie plaatsvindt.



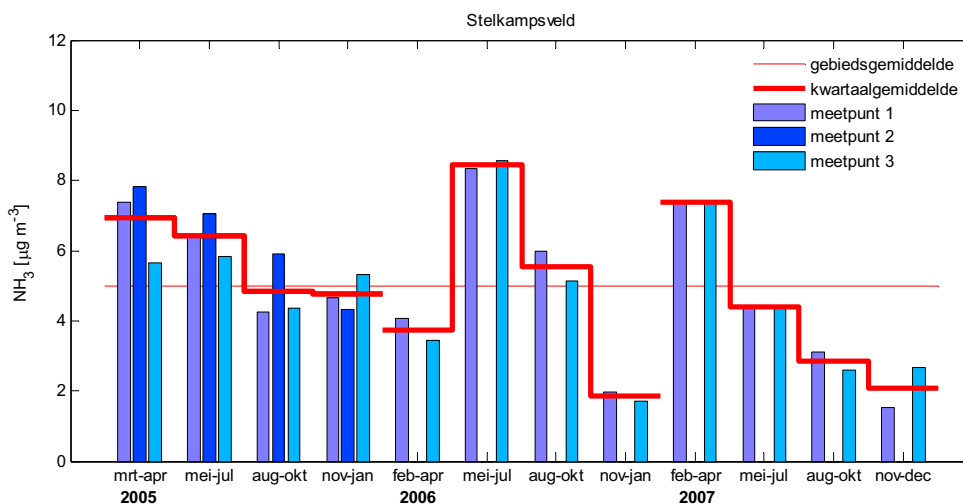
5.22 Stelkampsveld



| | |
|--------------------------|---|
| Beheerder: | Staatsbosbeheer |
| Omvang: | 90 ha |
| Terreinkenmerken: | Kleinschalig terrein met ven, open delen en stukken bos |
| Natuurtypering: | Afwisselend terrein met droge en vochtige heide, kwelafhankelijk blauwgrasland op veen en bijzondere watervegetaties. |
| Ligging gebied: | Centrale deel Achterhoek |
| Emissie klasse: | Hoge belasting |
| Meetopzet: | Gemiddelde belasting en plaatselijke bijdrage |
| Aantal locaties: | 2 (voorheen 3) |



- Gemeten belasting:** Het gebiedsgemiddelde is iets hoger dan het landelijk MAN-gemiddelde.
- Ruimtelijk patroon:** De onderlinge verschillen zijn gering.
- Tijdsverloop:** De concentratie fluctueert normaal in de loop van de tijd, ten opzichte van de gemiddelde belasting is de variatie gering. In 2007 is de concentratie wat lager dan ervoor.
- Bijzonderheden:** De concentratie is verhoudingsgewijs laag, gezien de ligging in gebied met een vrij hoge emissiebelasting. Gezien de beperkte fluctuaties in ruimte en tijd lijkt de invloed van plaatselijke bronnen niet echt groot.



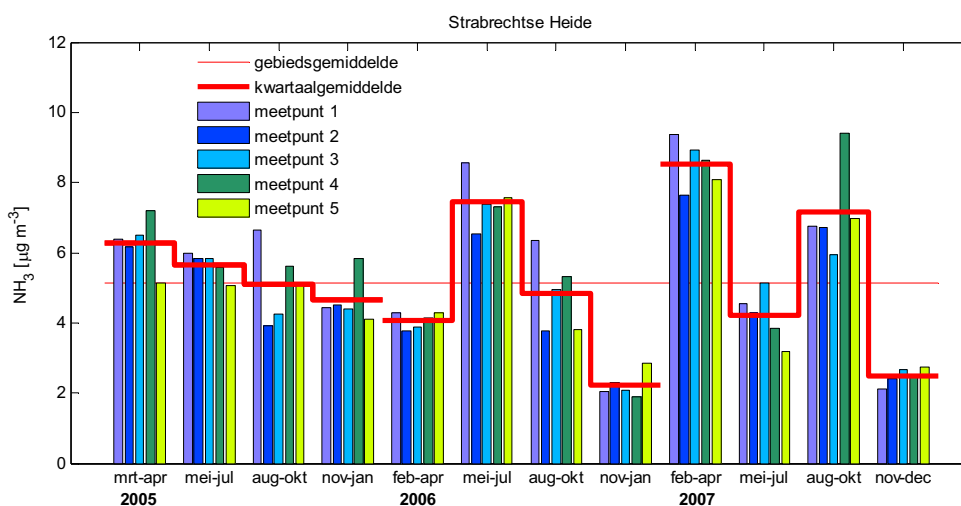
5.23 Strabrechtse Heide

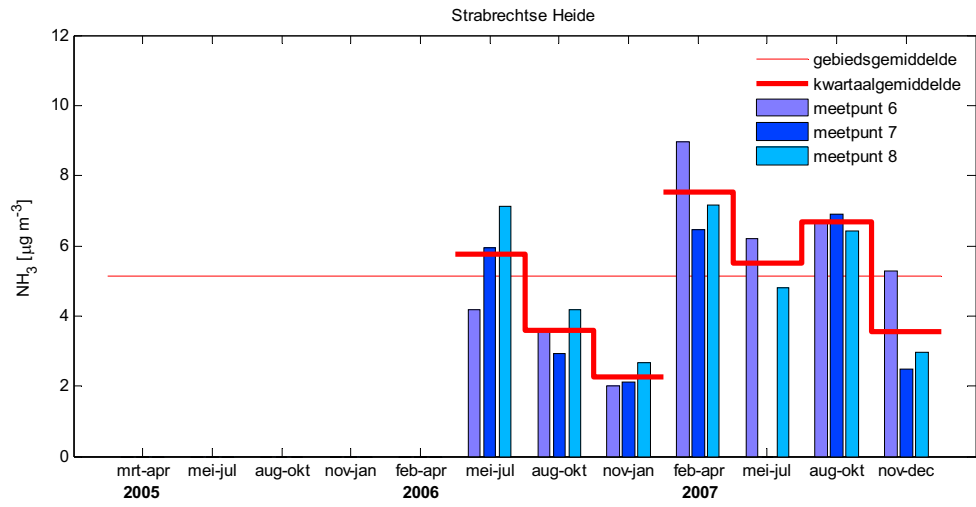


| | |
|--------------------------|---|
| Beheerder: | Staatsbosbeheer en gemeente Someren |
| Omvang: | 1800 ha |
| Terreinkenmerken: | Westelijke helft zeer open, oostelijk meer bos en het Beuven |
| Natuurtypering: | Het grootste aaneengesloten heidegebied van Noord-Brabant, met droge hei, natte hei, stuifzanden en vennen, omringd door bossen met grove den en zeeden. Een belangrijke pleisterplaats voor trekvogels, waaronder de kraanvogel, de zwarte ooievaar en verschillende soorten roofvogels. |
| Ligging gebied: | Zuidoost Noord-Brabant |
| Emissie klasse: | Gemiddelde belasting |
| Meetopzet: | Dwarsdoorsnede door het gebied en belasting rond Beuven |
| Aantal locaties: | 8 |



- Gemeten belasting:** Het gebiedsgemiddelde is iets verhoogd ten opzichte van het landelijk MAN-gemiddelde.
- Ruimtelijk patroon:** Geen duidelijk ruimtelijk patroon aanwezig, het zuidelijke meetpunt 1 is wat verhoogd evenals meetpunt 4 bij het Starven, meetpunt 7 is wat lager.
- Tijdsverloop:** De concentratie fluctueert normaal in de loop van de tijd.
- Bijzonderheden:** De metingen wekken de indruk dat de aanvoer vooral van grotere afstand komt, met name uit het noordoosten (in de richting van het Peelgebied).





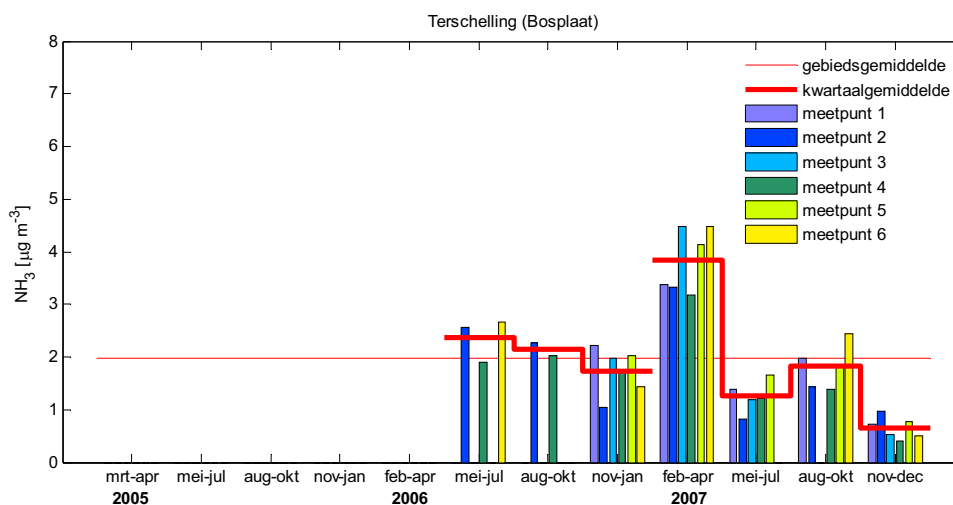
5.24 Terschelling (Boschplaat)



| | |
|--------------------------|--|
| Beheerder: | Staatsbosbeheer |
| Omvang: | 4000 ha |
| Terreinkenmerken: | Zeer open en vlak, met uitzondering van de noordelijke duinenrij |
| Natuurtypering: | Het gebied bestaat uit kustwater, zandstranden en kustduinen. Ook kwelders, slikken en platen maken er deel van uit. |
| Ligging gebied: | Oosthelft van Terschelling |
| Emissie klasse: | Duinen, zeer lage belasting |
| Meetopzet: | Belasting Boschplaat en invloeden van zee en wad |
| Aantal locaties: | 6 |



- Gemeten belasting:** Het gebiedsgemiddelde is zeer laag ten opzichte van het landelijk MAN-gemiddelde.
- Ruimtelijk patroon:** Door veel uitval onduidelijk, gemiddeld aan de wadzijde het hoogst.
- Tijdsverloop:** De concentratie fluctueert weinig in de loop van de tijd, ten opzichte van de lage gemiddelde belasting is de variatie echter sterk.
- Bijzonderheden:** Vooral aan de wadzijde zijn de concentraties regelmatig wat hoger. Mogelijk is de Waddenzee een bron van ammoniak, ook elders wordt bij zee een verhoogde concentratie waargenomen (zie hoofdstuk 6). Tot november 2006 was er veel uitval door vogelpoepvervuiling op meetpunten 1, 3 en 5. De op meetpunt 5 zeer nabije meeuwenkolonie lijkt verder geen grote invloed te hebben.



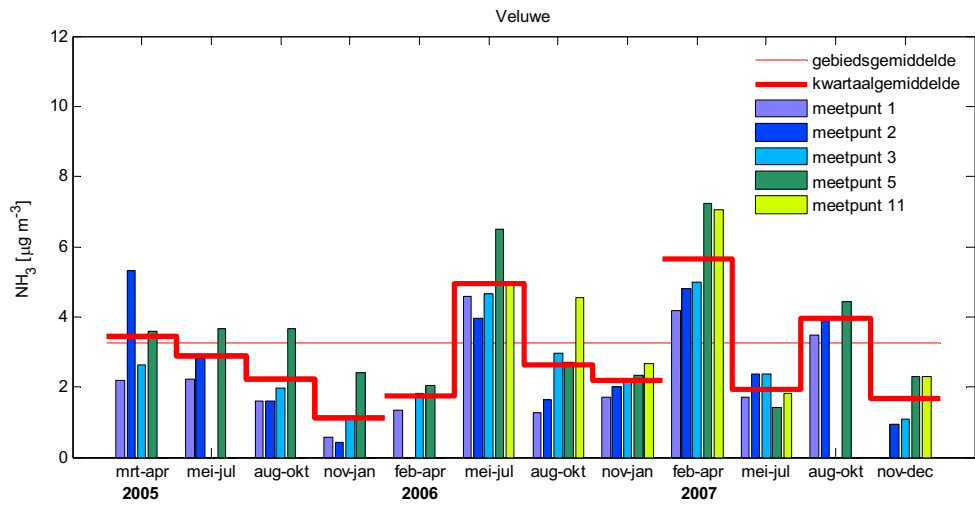
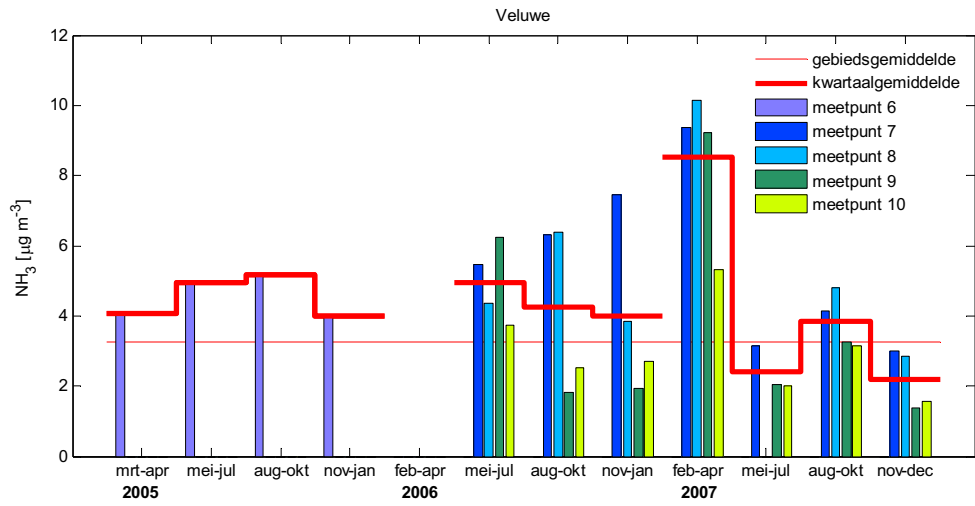
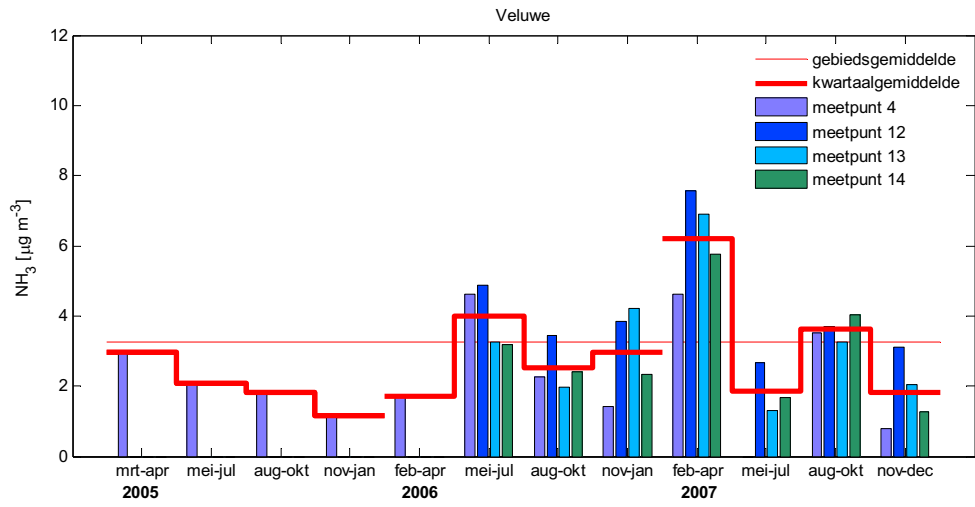
5.25 Veluwe



| | |
|--------------------------|--|
| Beheerder: | Staatsbosbeheer (daarnaast ook vele anderen) |
| Omvang: | 93000 ha |
| Terreinkenmerken: | Glooiend stuwwallandschap, oplopend tot 110 m hoogte, deels (zeer) open, deel bosrijk. |
| Natuurtypering: | Het grootste laaglandnatuurgebied van Noordwest-Europa met vooral bossen, beken, heidevelden en stuifzanden. |
| Ligging gebied: | Midden van Gelderland |
| Emissie klasse: | Lage tot hoge belasting |
| Meetopzet: | Dwarsdoorsnede door het centrale gebied, invloed van de A50 bij de Rozenendaalse Heide, invloeden van de Gelderse Vallei en enkele achtergrondwaarnemingen |
| Aantal locaties: | 13 (tijdens de meetperiode 2005-2007 in totaal 14 verschillende meetlocaties aanwezig geweest) |



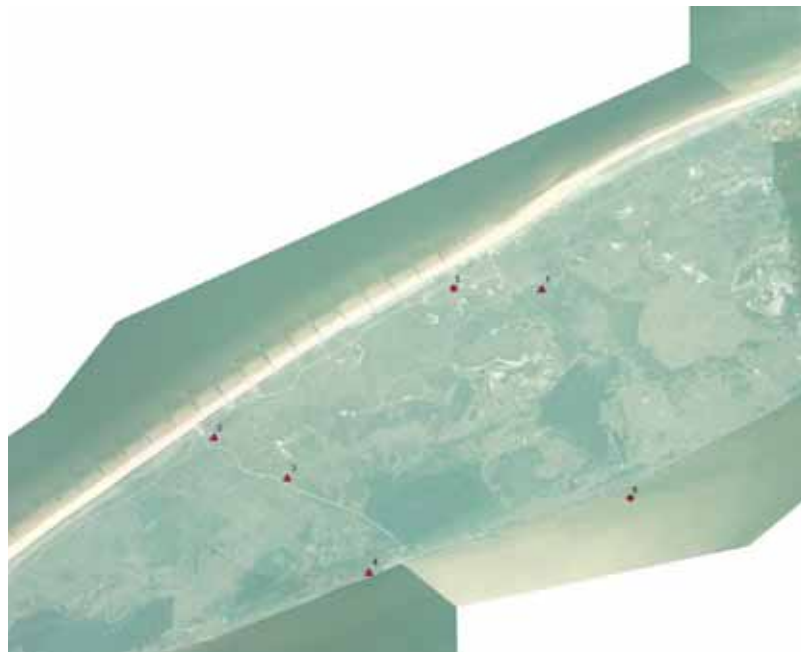
- Gemeten belasting:** Het gebiedsgemiddelde is laag ten opzichte van het landelijk MAN-gemiddelde.
- Ruimtelijk patroon:** Ruimtelijke patronen aanwezig.
- Tijdsverloop:** De concentratie fluctueert normaal in de loop van de tijd. De concentratie neemt op de centraler gelegen meetpunten toe, in 2007 is de concentratie de helft hoger dan in 2005.
- Bijzonderheden:** De gemiddelde concentraties op achtergrondlocaties (1-4, 10 en 14) zijn zoals verwacht laag; 2 tot 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Direct naast de A50 op de Rozendaalse Heide (12 en 13) is de concentratie verhoogd. Bij de Gelderse Vallei is de concentratie het hoogst, 5,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ op meetpunt 7. Van west naar oost neemt de concentratie sterk af tot slechts 2,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ op meetpunt 1. De concentratie in het Kootwijkerzand (meetpunt 11) is ongeveer 25 % verhoogd ten opzichte van de twee nabijgelegen meetpunten. Over 2006 is de concentratie zelfs 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ hoger dan meetpunt 2, mogelijk kwam er ammoniak vrij bij de toenmalige plagwerkzaamheden in het stuifzandgebied.



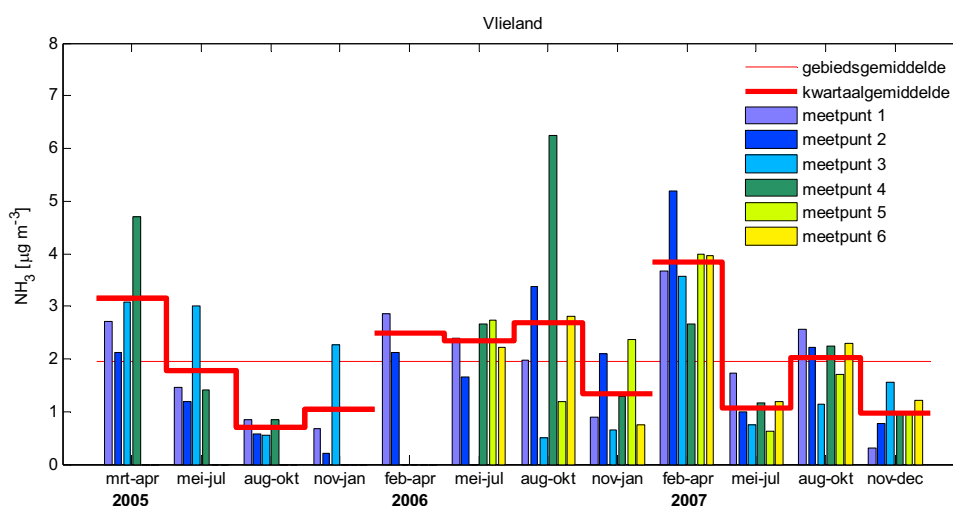
5.26 Vlieland



| | |
|--------------------------|---|
| Beheerder: | Staatsbosbeheer |
| Omvang: | 3300 ha |
| Terreinkenmerken: | Open glooiend duinterrein met wad |
| Natuurtypering: | Het gebied bestaat overwegend uit kustwater, zandstranden, kustduinen, veel duingebied en een enkele kwelder. |
| Ligging gebied: | Oosthelft van Vlieland |
| Emissie klasse: | Duinen, zeer lage belasting |
| Meetopzet: | Belasting Vlieland en invloeden van zee en wad |
| Aantal locaties: | 6 |



- Gemeten belasting:** Het gebiedsgemiddelde is zeer laag ten opzichte van het landelijk MAN-gemiddelde.
- Ruimtelijk patroon:** De metingen aan de wadkant (4 en 6) zijn het hoogst, op enige afstand van zee of wad zijn de concentraties het laagst. De verschillen zijn gemiddeld echter minder dan $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Tijdsverloop:** De concentratie fluctueert weinig in de loop van de tijd, ten opzichte van de lage gemiddelde belasting is de variatie echter sterk.
- Bijzonderheden:** Aan de wadzijde zijn de concentraties regelmatig wat hoger. Mogelijk is de Waddenzee een bron van ammoniak, ook elders wordt bij zee een verhoogde concentratie waargenomen (zie hoofdstuk 6).



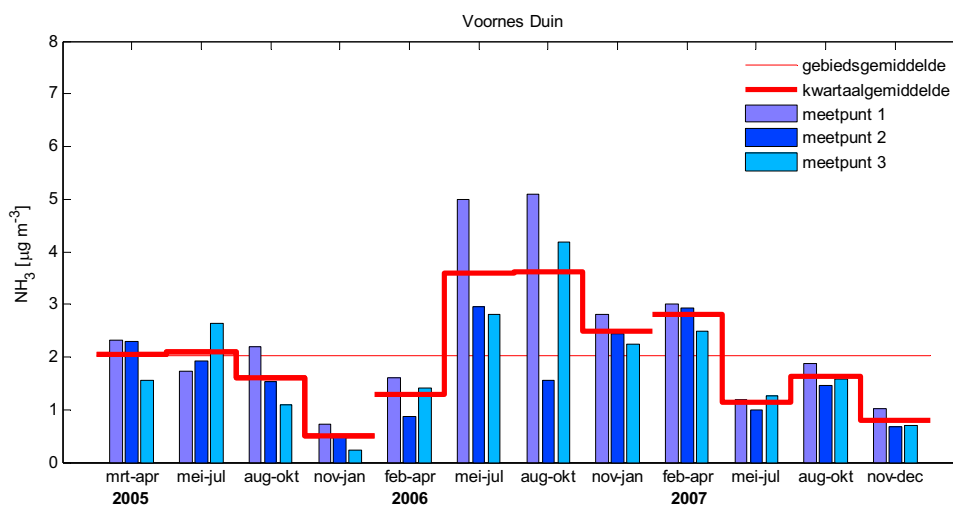
5.27 Voornes Duin



| | |
|--------------------------|--|
| Beheerder: | Natuurmonumenten |
| Omvang: | 800 ha |
| Terreinkenmerken: | Overwegend open glooiend duinlandschap met vennen |
| Natuurtypering: | Een jong, kalkrijk duingebied met duinvalleien, moeras, stuivende duinen en bos. Door de afwezigheid van drinkwaterwinning zijn er nog vochtige en natte duinvalleien met uitzonderlijk veel bijzondere planten en talloze moeras- en watervogels. |
| Ligging gebied: | Zuidwest kust van Zuid-Holland |
| Emissie klasse: | Duinen, lage belasting |
| Meetopzet: | Noord-zuid gradiënt door het duingebied |
| Aantal locaties: | 3 |



- Gemeten belasting:** Het gebiedsgemiddelde is zeer laag ten opzichte van het landelijk MAN-gemiddelde.
- Ruimtelijk patroon:** Meetpunt 1 is gemiddeld ruim een halve $\mu\text{g}/\text{m}^3$ hoger dan de andere meetpunten.
- Tijdsverloop:** De concentratie fluctueert normaal in de loop van de tijd, ten opzichte van de lage gemiddelde belasting is de variatie echter sterk.
- Bijzonderheden:** Een dwarsdoorsnede door het zeer smalle duingebied was hier niet mogelijk. De concentraties zijn hier hoger dan verwacht, en mogelijk is de zee een bron van ammoniak. Ook elders wordt aan de zeezijde een verhoogde concentratie waargenomen (zie hoofdstuk 6). Er liggen voor het duingebied regelmatig droogvallende zandbanken die mogelijk een bron kunnen zijn.



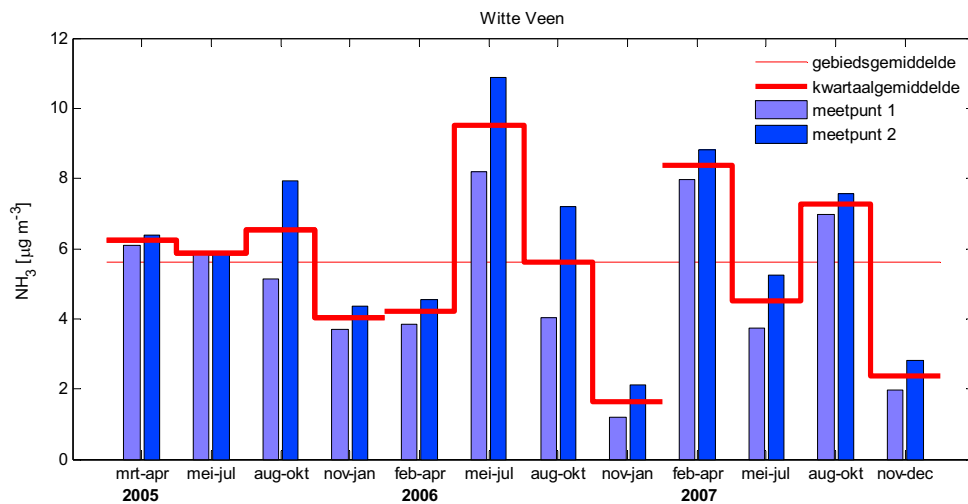
5.28 Witte Veen



| | |
|--------------------------|---|
| Beheerder: | Natuurmonumenten |
| Omvang: | 300 ha |
| Terreinkenmerken: | Afwisselend bebost en deels open terrein |
| Natuurtypering: | Veengebied met vochtige heide, voedselarme wateren en berkenbossen. Het grenst aan het 'Witte Venn, Krosewicker Grenzwald' dat door Noordrijn-Westfalen is aangemeld onder de Habitatrichtlijn. |
| Ligging gebied: | Zuidoost-Twente aan Duitse grens |
| Emissie klasse: | Lage belasting |
| Meetopzet: | Gemiddelde belasting en plaatselijke bijdrage |
| Aantal locaties: | 2 |



- Gemeten belasting:** Het gebiedsgemiddelde is vrij hoog ten opzichte van het landelijk MAN-gemiddelde.
- Ruimtelijk patroon:** Meetpunt 2 is ruim $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ verhoogd ten opzichte van meetpunt 1.
- Tijdsverloop:** De concentratie fluctueert sterk in de loop van de tijd, ten opzichte van de gemiddelde belasting is de variatie echter gering.
- Bijzonderheden:** Het vlakbij meetpunt 1 gelegen veebedrijf lijkt weinig invloed te hebben op het gebied. Gezien het grote verschil tussen de twee nabijgelegen meetpunten, is het waarschijnlijk dat andere lokale bronnen wel een flinke invloed hebben.



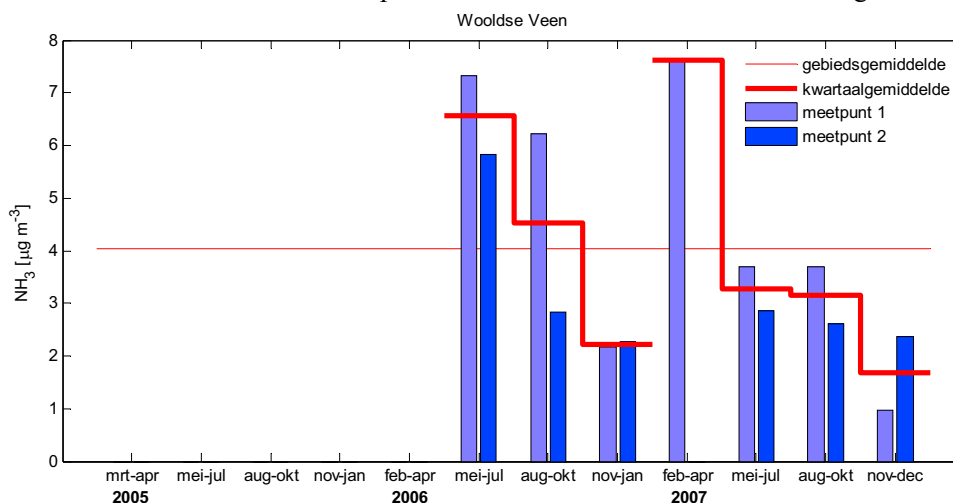
5.29 Wooldse Veen



| | |
|--------------------------|--|
| Beheerder: | Natuurmonumenten |
| Omvang: | 150 ha |
| Terreinkenmerken: | Kleine open strook omgeven door bos |
| Natuurtypering: | Klein hoogveengebied met berkenbossen, wat grenst aan het 'Burlo-Vardingholter Venn' dat door Noordrijn-Westfalen is aangemeld onder de Habitatrictlijn. |
| Ligging gebied: | Zuidoost-Achterhoek aan Duitse grens |
| Emissie klasse: | Lage belasting |
| Meetopzet: | Gemiddelde belasting |
| Aantal locaties: | 2 |



- Gemeten belasting:** Het gebiedsgemiddelde is iets lager dan het landelijk MAN-gemiddelde.
- Ruimtelijk patroon:** Meetpunt 1 is gemiddeld met $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ verhoogd ten opzichte van meetpunt 2.
- Tijdsverloop:** De concentratie fluctueert normaal in de loop van de tijd, ten opzichte van de gemiddelde belasting is de variatie sterk.
- Bijzonderheden:** Gezien het duidelijk aanwezige concentratieverschil over een heel korte afstand, is het waarschijnlijk dat het gebied merkbaar door lokale bronnen wordt beïnvloed, mogelijk de maïsakkers die aan de noordzijde liggen. Het verschil tussen beide meetpunten kan echter ook door de nabije bomen zijn veroorzaakt. Mogelijk heeft het droogvallen van het veen in de zomer van 2006 en maart/april 2007 eveneens de concentratie verhoogd.



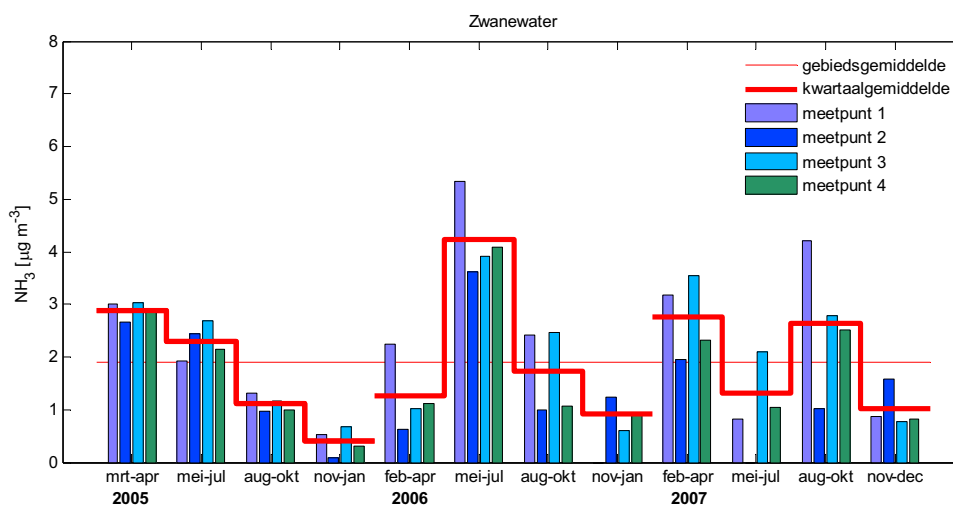
5.30 Zwanewater



| | |
|--------------------------|--|
| Beheerder: | Natuurmonumenten |
| Omvang: | 600 ha |
| Terreinkenmerken: | Overwegend open glooiend duingebied met meer |
| Natuurtypering: | Vrijwel ongeschonden landschap van overwegend kalkarme duinen met vochtige en drassige valleien. In het centrum liggen twee uitgestrekte duinmeren omringd door stroken moerasland, van groot belang voor de vogels. |
| Ligging gebied: | Kust Noord-Holland |
| Emissie klasse: | Duinen, zeer lage belasting |
| Meetopzet: | Belasting duinen en zee-land gradiënt |
| Aantal locaties: | 4 |



- Gemeten belasting:** Het gebiedsgemiddelde is zeer laag ten opzichte van het landelijk MAN-gemiddelde.
- Ruimtelijk patroon:** Geen in het oog springend patroon aanwezig
- Tijdsverloop:** De concentratie fluctueert weinig in de loop van de tijd, ten opzichte van de lage gemiddelde belasting is de variatie echter sterk.
- Bijzonderheden:** De metingen dieper in de duinen (2 en 4) zijn een halve $\mu\text{g}/\text{m}^3$ lager dan aan de rand. Het achterland beïnvloedt het gebied, gezien de verhoogde concentratie op meetpunt 3. De hoogste gemiddelde concentratie, $2,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, is echter nabij de zee. Mogelijk is de zee een bron van ammoniak, ook elders wordt aan de zeezijde een verhoogde concentratie waargenomen (zie hoofdstuk 6).

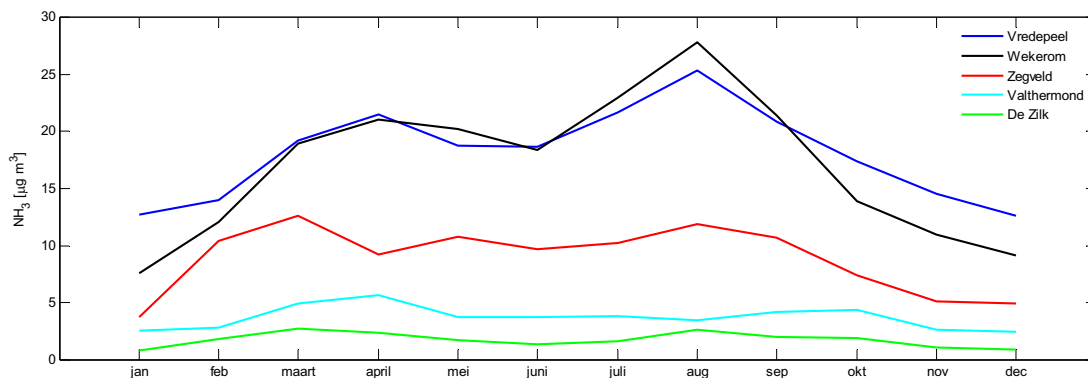


6 Algemene resultaten van het meetnet

Dit hoofdstuk brengt enkele analyses met een algemenere betekenis dan de gebiedsspecifieke overzichten van hoofdstuk 5. Het behandelt enkele algemene ruimtelijke en temporele karakteristieken, de invloed van de omvang van een natuurgebied op de concentraties erbinnen en de invloed van snelwegen langs de natuur. Verder beschrijft het een validatie van berekeningen met het OPS-model, waarbij nader wordt ingegaan op de situatie in de duinen.

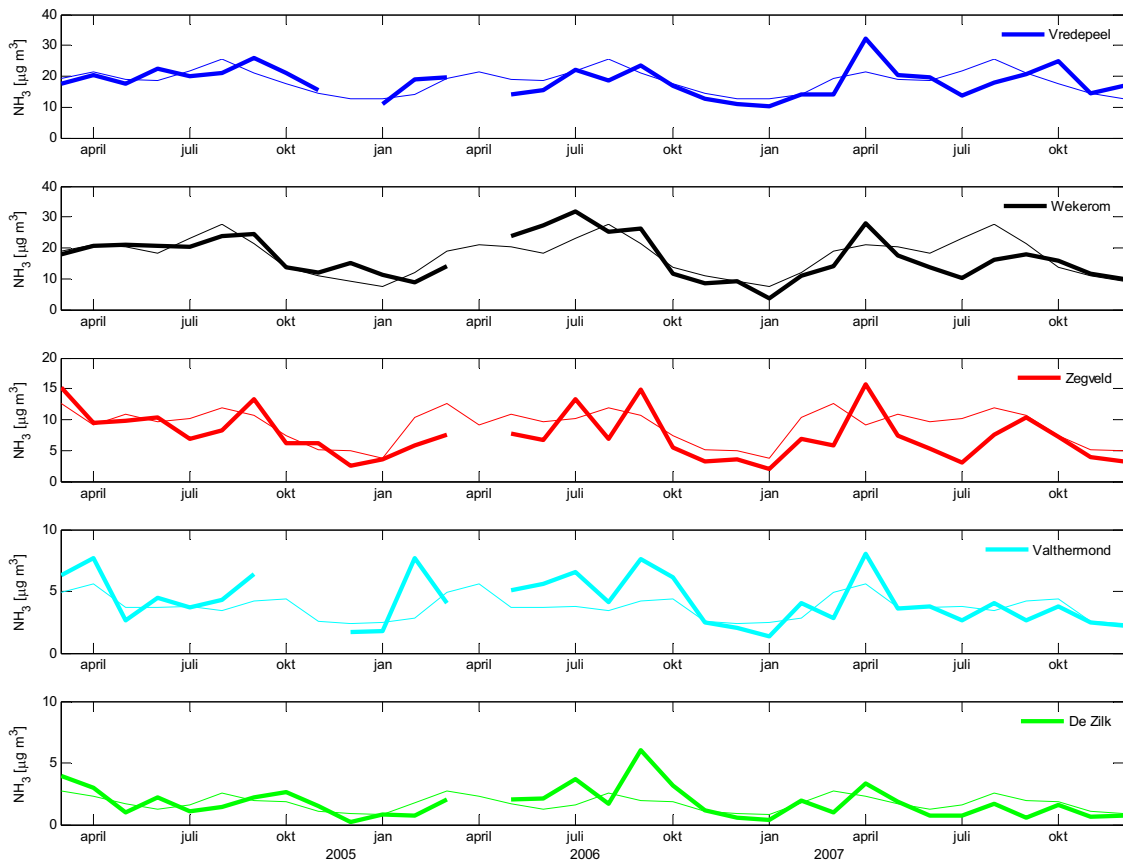
6.1 Het seizoensverloop van de ammoniakconcentratie

Hoe representatief zijn de drie jaren waarover hier wordt gerapporteerd? Om deze vraag te beantwoorden, worden deze jaren vergeleken met vijftien jaar AMOR-metingen uit het LML. Figuur 6.1 geeft het seizoensverloop in de ammoniakconcentratie voor elk LML-station waar triplometingen worden uitgevoerd; per maand is het gemiddelde over vijftien jaar weergegeven. Duidelijk is te zien dat de jaarlijkse gang twee seizoenspieken heeft: in het voorjaar en in de late zomer dan wel vroege herfst. LML-stations in sterk belaste gebieden tonen grotere pieken dan die in achtergrondgebieden met weinig belasting.

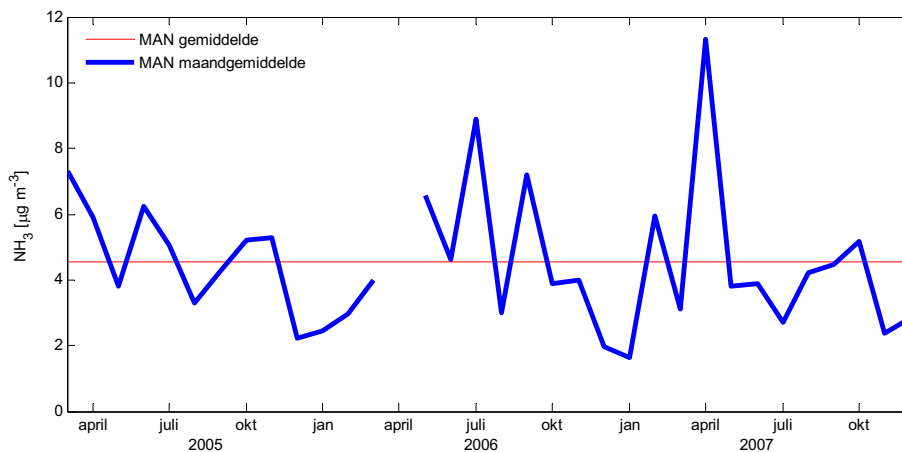


Figuur 6.1 Het seizoensverloop van de ammoniakconcentraties op vijf LML-stations; per maand het gemiddelde van 15 jaar AMOR-metingen.

Figuur 6.2 toont de maandgemiddelde AMOR-concentraties tijdens de meetperiode met op de achtergrond bovenstaande jaarlijkse gang. De overeenkomst tussen de twee is goed te noemen waaruit volgt dat de meetperiode voldoende representatief is. De afwijkingen in de jaren 2005-2007 ten opzichte van het langjarige gemiddelde zijn ook zichtbaar in deze figuur. Er zijn er twee die voor alle vijf stations in meer of mindere mate in het oog springen. Allereerst een opvallende piek in april 2007 die samenhangt met een uitzonderlijk lange droge maar ook warme periode. In het hele land is er in die aprilmaand vrijwel geen neerslag gevallen, waardoor de ammoniakconcentraties hoger uitvallen dan normaal. Verder vallen de metingen in de zomer van 2006 op: twee pieken in juli en september met een dal in augustus. Dit hangt samen met een overmatige hoeveelheid neerslag in augustus terwijl juli en september droger en warmer dan gemiddeld waren. Lokale afwijkingen naar beneden ten opzichte van het langjarig gemiddelde hangen vaak samen met grote hoeveelheden neerslag: bijvoorbeeld in juli 2005 voor locatie Zegveld, juli 2007 voor Vredepeel, Wekerom en Zegveld en september 2007 voor Valthermond en De Zilk.



Figuur 6.2 Maandgemiddelde AMOR-data (dikke lijn) in de periode 2005-2007 op vijf LML-stations gecombineerd met de langjarig gemiddelde jaarlijkse gang (dunne lijn) voor hetzelfde station.



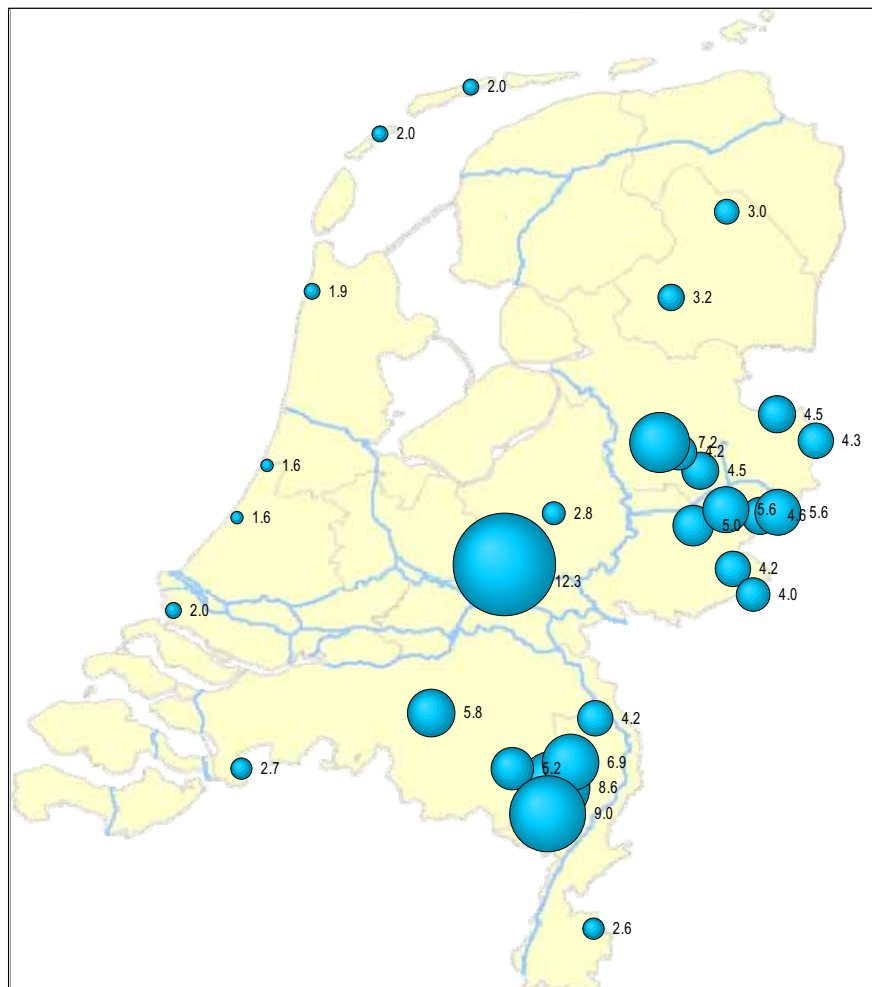
Figuur 6.3 Maandgemiddelde ammoniakconcentratie van het gehele MAN met het MAN-gemiddelde voor de meetperiode 2005-2007.

De maandgemiddelde ammoniakwaarden voor het MAN als geheel zijn te zien in Figuur 6.3. In de winter, wanneer het uitrijden van mest niet is toegestaan, zijn de concentraties het laagst. De rest van het jaar varieert de concentratie rond de 4 tot 6 µg/m³ met uitschieters tot ongeveer 10 µg/m³. Ook in

deze figuur zijn de piek in april 2007, vanwege het uitzonderlijk droge en warme weer, en de uitschieters (zowel naar boven als beneden) in de zomer van 2006 duidelijk zichtbaar. Deze weersgerelateerde pieken zijn terug te vinden in bijna alle individuele meetseries van het MAN.

6.2 Ruimtelijke patronen

Het ruimtelijke patroon over Nederland van de concentratie gemeten in de natuurgebieden en gemiddeld over 2005-2007 is weergegeven in Figuur 6.4. Zoals verwacht zijn de hoogste concentraties te vinden in de gebieden met veel intensieve veehouderij. In het oostelijk deel van Noord-Brabant, de Achterhoek, Twente en de Gelderse Vallei variëren de ammoniakconcentraties van 4,1 tot 12,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. In de Gelderse Vallei wordt de hoogste concentratie gemeten. Het natuurgebied daar, de Bennekomse Meent, is het kleinste gebied van het MAN (15 ha) en de veehouderij is vrijwel direct aan de rand van het gebied prominent aanwezig.



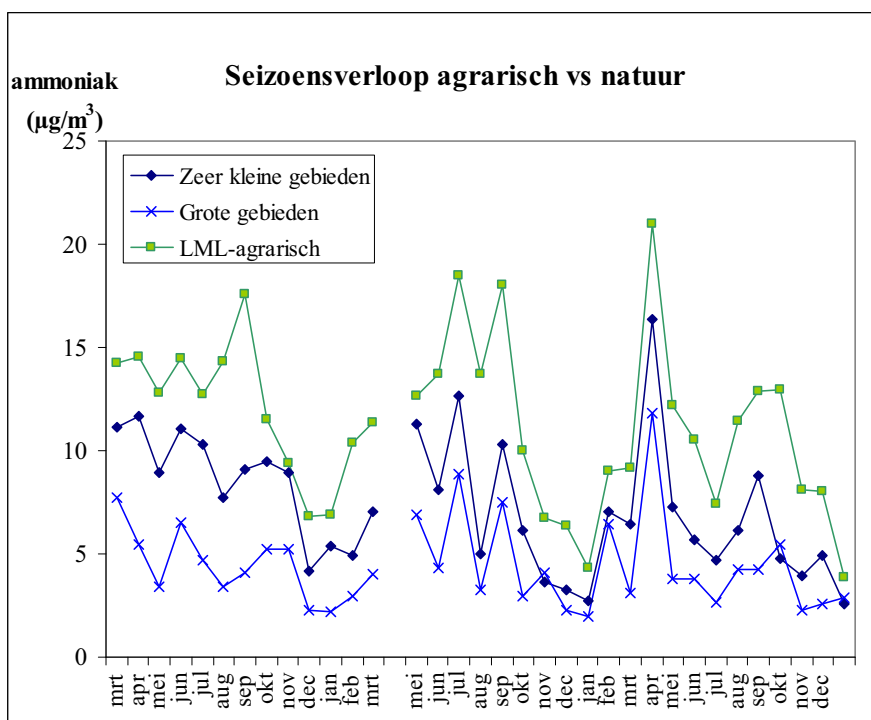
Figuur 6.4 De ammoniakconcentratie in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, gemiddeld per natuurgebied voor de meetperiode 2005-2007 (zie paragraaf 5.1 voor definitie). Hoe groter het weergegeven bolletje, hoe hoger de concentratie. De meetlocaties op de Veluwe zijn bij de middeling gewogen voor hun ruimtelijke representativiteit, in alle andere gebieden is ieder meetpunt even zwaar in het gemiddelde vertegenwoordigd.

Zoals verwacht, zijn de concentraties in het noorden en bij de kust beduidend lager, 1,6-3,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. De concentraties zijn eveneens laag op de Veluwe, dat door de grote omvang beschermd wordt tegen invloeden van buitenaf, en in het verder van intensieve veehouderij verwijderde Zuid-Limburg. De concentraties zijn daar respectievelijk 2,8 en 2,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

De ruimtelijke variatie is goed in overeenstemming met de resultaten van het OPS-model (zie Figuur 2.1). In paragraaf 6.4 zal hier dieper op worden ingegaan.

6.3 De omvang van een natuurgebied

De invloed van ammoniakbronnen op de ammoniakconcentratie in een natuurgebied is kleiner naarmate een natuurgebied groter is. In het meetnet is er dan ook een duidelijk onderscheid zichtbaar in de concentraties die gemeten worden in kleine en grote gebieden. De concentratie in zeer kleine natuurgebieden ligt door alle seizoenen heen ongeveer halverwege tussen die van grote natuurgebieden en de concentraties in het agrarische gebied (Figuur 6.5). Het verloop in de tijd is voor alle gebieden vrijwel hetzelfde.



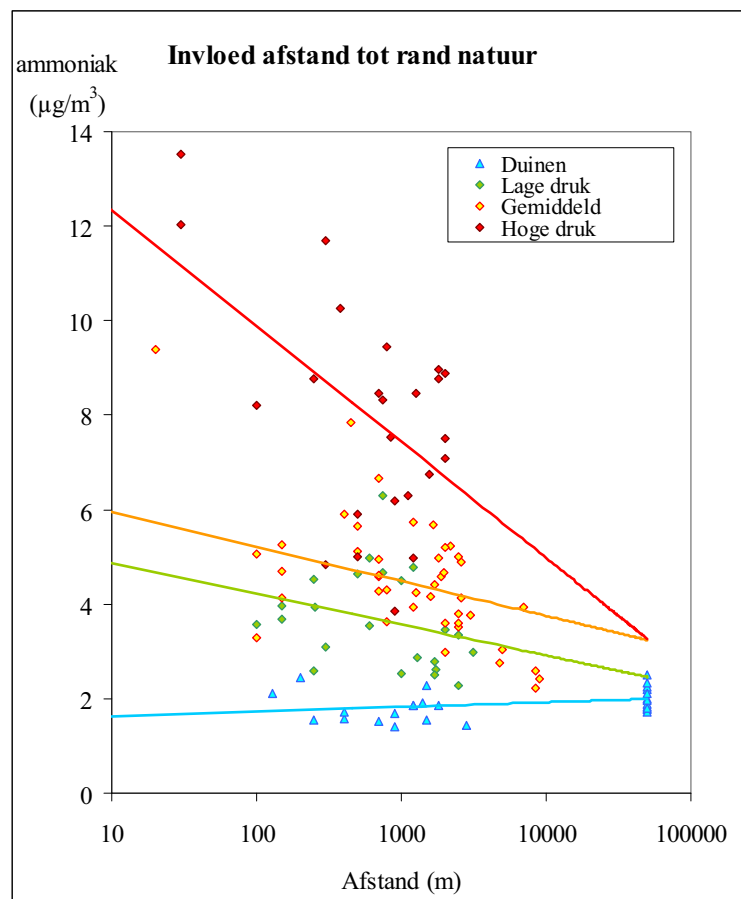
Figuur 6.5 Het seizoensverloop in agrarische meetpunten van het LML, zeer kleine natuurgebieden en grote natuurgebieden over 2005-2007.

Zoals verwacht mag worden, nemen de concentraties duidelijk af naarmate de afstand tot de rand van de natuur toeneemt, en wel sterker als er meer bronnen zijn in de nabije omgeving (Figuur 6.6). Hier wordt onder de nabije omgeving verstaan die bronnen die binnen een afstand van ongeveer 2 tot 10 km van het beschouwde natuurgebied liggen. Welke afstand men hanteert, is enigszins arbitrair. Waar het om gaat, is of die bronnen leiden tot concentratieverschillen binnen het natuurgebied; bronnen op

grotere afstand leiden tot een uniforme deken over het gebied. Voor kleine gebieden zijn het vooral de bronnen op korte afstand, ongeveer tot 2 km, die een lokale invloed geven. Voor een zeer groot natuurgebied als de Veluwe zijn de afstanden binnen het natuurgebied veel groter en telt op die ruimteschaal de nabije omgeving mee tot aan afstanden van circa 10 km vanaf de rand van de natuur.

De gehanteerde afstand van het meetpunt tot de rand van het natuurgebied is per windrichting gemeten. Deze is vervolgens gemiddeld over alle windrichtingen door weging met de frequentie waarmee de wind uit elke richting komt. Het beeld in de duinen is vertekend door specifieke omstandigheden daar, waarover meer in paragraaf 6.5.4.

Figuur 6.6 toont dat de invloed van de omgeving pas verwaarloosbaar wordt in het hart van een natuurgebied met een doorsnede van tientallen kilometers. Alleen in delen van de oostelijke Veluwe is dit enigszins het geval. Dit wordt geïllustreerd door de metingen in de drie oostelijke meetpunten (1, 2 en 4) die vele kilometers uit elkaar liggen, maar waar de concentratie heel laag is en slechts varieert van 2,2 tot 2,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Figuur 6.6 De concentratie per meetpunt, gemiddeld over 2005-2007, uitgezet tegen de afstand tot de rand van de natuur. Ter illustratie zijn de regressielijnen weergegeven die het verband tonen tussen de concentratie en de afstand tot het dichtstbijzijnde landbouwgebied.

Hoewel pas in zeer grote natuurgebieden de invloed van de nabije omgeving verwaarloosbaar wordt, leidt vergroting van natuurgebieden zeker tot lagere concentraties en daarmee lagere deposities in de

natuur. Dit speelt vooral in kleinere gebieden met een flinke belasting vanuit de omgeving. In een sterk belast gebied is de concentratie op 100 meter afstand van de rand van de natuur ongeveer $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ verhoogd ten opzichte van het hart van een zeer groot natuurgebied. Op 1 km afstand van de rand is deze verhoging al bijna gehalveerd, wat in open terrein vele honderden mol/ha per jaar aan depositie zal schelen.

6.4 De invloed van verkeersemissies van ammoniak

Door de invoering van de driewegkatalysator is ook het wegverkeer ammoniak gaan uitstoten. Deze hoeveelheid is beperkt, maar langs drukke snelwegen kan dit toch een factor van betekenis zijn. Om na te gaan hoeveel ammoniak in de natuur afkomstig is van nabijgelegen wegen, zijn er twee dwarsdoorsneden langs rijkswegen aangelegd.

De eerste doorsnede is gelegen ten zuiden van de Sallandse Heuvelrug, waar de A1 langs het natuurgebied De Borkeld en het Elssenveld loopt (Figuur 6.7) De meetopstelling bestaat uit 4 locaties, waarvan een aan de vangrail zelf (Figuur 6.8), een bij het wildraster waar de berm van Rijkswaterstaat overgaat in het natuurgebied zelf, en twee dieper het gebied in (zie paragraaf 5.4).



Figuur 6.7 De A1 bij het natuurgebied De Borkeld.



Figuur 6.8 Het meetpunt in de berm van de A1.

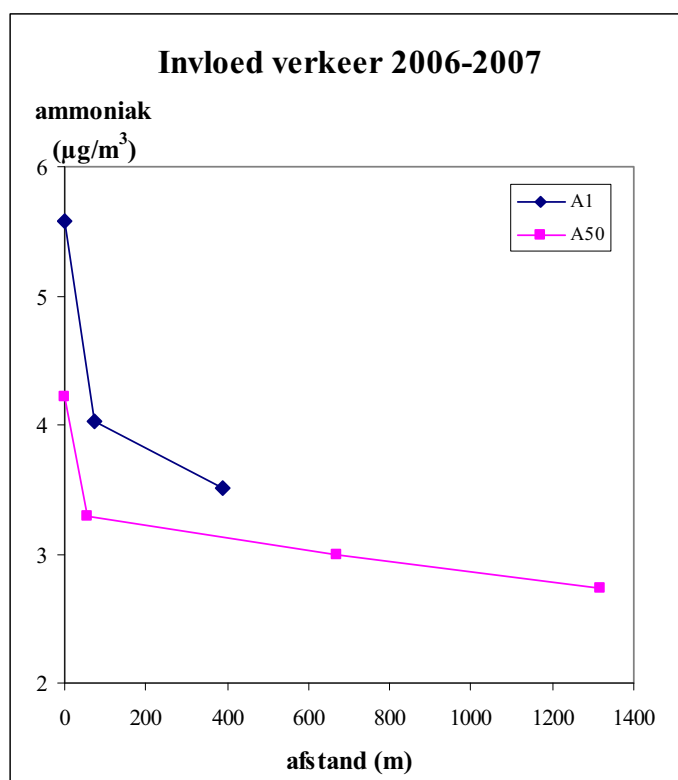
De tweede doorsnede is gelegen in het zuiden van de Veluwe, waar de A50 langs de Rozendaalse Heide voert (Figuur 6.9). De meetopzet is daar hetzelfde, met een meetpunt aan de vangrail, de volgende aan het wildraster waarachter het natuurgebied begint, en twee dieper de natuur in (zie paragraaf 5.25).



Figuur 6.9 De A50 bij de Rozendaalse Heide.

De metingen geven aan dat er een duidelijke invloed van het verkeer is op de concentratie ammoniak rond de snelweg (Figuur 6.10). De concentratie bij de vangrails, op enkele meters afstand van het

verkeer zelf, is met ongeveer $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ verhoogd ten opzichte van de achtergrond. Dit bedraagt enkele tientallen procenten van de ammoniakconcentratie aldaar. Op een meter of 70 van de as van de weg, waar de Rijkswaterstaatberm ophoudt en het natuurgebied zelf begint, is deze verhoging in open terrein nog ongeveer $0,5$ tot $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dit kan voor die gebieden betekenen dat de depositie ongeveer $100 \text{ mol}/\text{ha}$ per jaar hoger is. Tot op een kilometer afstand is er nog enige verhoging van de ammoniakconcentratie. Dit betekent dat in natuurgebieden waar een snelweg langs of doorheen leidt, de bijdrage van het lokale verkeer van dezelfde orde van grootte is als die van lokale agrarische activiteiten. Over het algemeen is de verkeersbijdrage aan de stikstofdepositie op natuurgebieden echter beduidend kleiner dan de agrarische bijdrage.



Figuur 6.10 De concentraties van ammoniak, gemeten nabij de A1 en A50.

6.5 Concentratieberekeningen in de natuur: het OPS-model

6.5.1 Inleiding

De emissies, concentraties en deposities van ammoniak kunnen landelijk gezien niet met een voldoende dekkingsgraad worden gemeten, daarvoor is het ruimtelijke patroon veel te grillig en gedetailleerd. Ook is het uitvoeren van betrouwbare geijkte metingen voor ammoniak van oudsher moeilijker en kostbaarder dan voor bijvoorbeeld stikstofoxiden en zwaveldioxide. Daarom heeft het LML slechts acht meetpunten voor ammoniak en wordt het landelijke beeld afgeleid uit modelberekeningen. Deze worden vervolgens gevalideerd met metingen uit het LML.

Voor de berekening van stikstofdepositie is het OPS-model het meest geëigende instrument (Van Jaarsveld, 2004). Het model is in de jaren tachtig van de vorige eeuw ontwikkeld om specifiek voor Nederlandse omstandigheden een breed scala aan luchtverontreinigende stoffen te beschrijven. Sindsdien is het model verder verfijnd en zijn er voor ammoniak specifieke modules aan toegevoegd. OPS berekent op basis van gedetailleerde meteorologische metingen en statistieken de verspreiding van stoffen door de atmosfeer, uitgaande van de geregistreerde uitstoot van die stoffen door menselijke activiteiten. Daarnaast berekent het de chemische omzettingen en per stof de depositie op het aardoppervlak, rekening houdend met de reactiviteit van het bodemoppervlak en de terreinruwheid.

De LML-metingen zijn vrijwel uitsluitend gelokaliseerd in agrarisch gebied, omdat daar de bronnen van ammoniak aanwezig zijn. In de natuur zijn tot voor kort alleen sporadisch metingen verricht. Er is slechts één LML-meetpunt dat in een groter natuurgebied is gesitueerd; het meetpunt in De Zilk, Kennemerduinen. Uitspraken over concentratie en depositie in natuurgebieden waren tot op heden dan ook vrijwel alleen gebaseerd op extrapolaties door het OPS-model. Met de metingen uit het MAN kan het model nu ook in natuurgebieden gevalideerd worden.

6.5.2 Het ammoniakgat; vernieuwing van het OPS-model

In de afgelopen jaren was er een structureel verschil tussen de gemodelleerde ammoniakconcentraties en de gemeten waarden. De berekende concentraties lagen ongeveer 25 % lager dan gemeten, dit werd het ‘ammoniakgat’ genoemd. In Van Pul et al. (2008) worden de belangrijkste oorzaken benoemd die dit gat verklaren. De belangrijkste post is modelmatig van aard: wijzigingen in de droge depositieberekening boven grasland en het meenemen van de vervluchtiging van ammoniak na depositie. Afwijkend van veel andere stoffen, kan ammoniak namelijk weer verdampen nadat het is neergeslagen op een oppervlak. Verder is het van belang om de uitstoot door gewassen (voornamelijk ten tijde van afrijping) mee te nemen in de totale nationale emissie

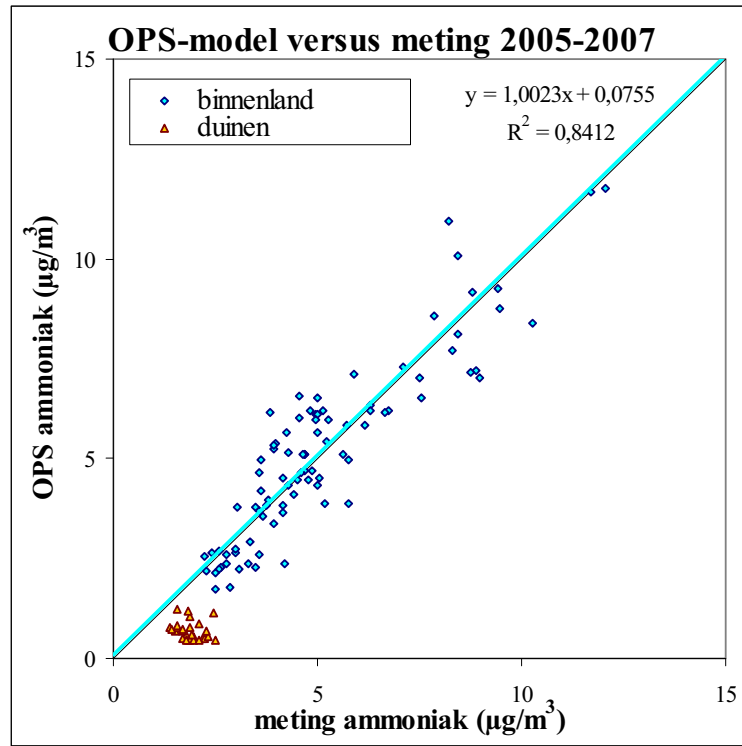
Op dit moment wordt nog gewerkt aan een definitieve update van het OPS-model waarin de uitwisseling van ammoniak met vegetatie, bodem en water beter beschreven wordt. De berekeningen in dit hoofdstuk zijn, tenzij anders vermeld, gebaseerd op een testversie van het OPS-model die voor een groot deel deze aanpassingen reeds meeneemt. Benadrukt moet worden dat dit een voorlopige researchversie van OPS betreft. Ter onderscheid met de gangbare versie van OPS die door diverse instanties wordt gebruikt, *OPS-pro4*, wordt deze researchversie van OPS hier verder aangeduid als *OPS-exp*.

Bij het sluiten van het ammoniakgat zijn de resultaten van het MAN-meetnet niet betrokken. De MAN-metingen kunnen dus worden gebruikt als onafhankelijke informatiebron om na te gaan of OPS-exp werkelijk beter scoort dan OPS-pro4, en wat het verschil betekent voor toekomstige berekeningen van concentraties en deposities in de natuur. Bij alle berekeningen in dit rapport zijn de emissies van 2005 gebruikt en de meteorologische condities van de periode 2005-2007. Verder zijn de berekeningen gecorrigeerd voor het verschil tussen de hoogte waarvoor OPS de concentratie berekent en de lagere, onderling enigszins variërende hoogte waarop de MAN-samplers daadwerkelijk hangen.

6.5.3 Vergelijking OPS-berekeningen met MAN-metingen

Hoe scoort nu de experimentele researchversie van OPS? Eerste berekeningen ermee tonen een zeer goede overeenkomst met de MAN-metingen (Figuur 6.11). Er is geen systematische afwijking meer waarneembaar, met uitzondering van de duinen. Daar is de gemeten concentratie, hoewel laag, flink hoger dan de berekende: twee keer zo hoog aan de Hollandse kust en vier keer zo hoog op de Waddeneilanden. Hoewel het in absolute zin om slechts 1 tot 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ gaat, de concentratie blijft

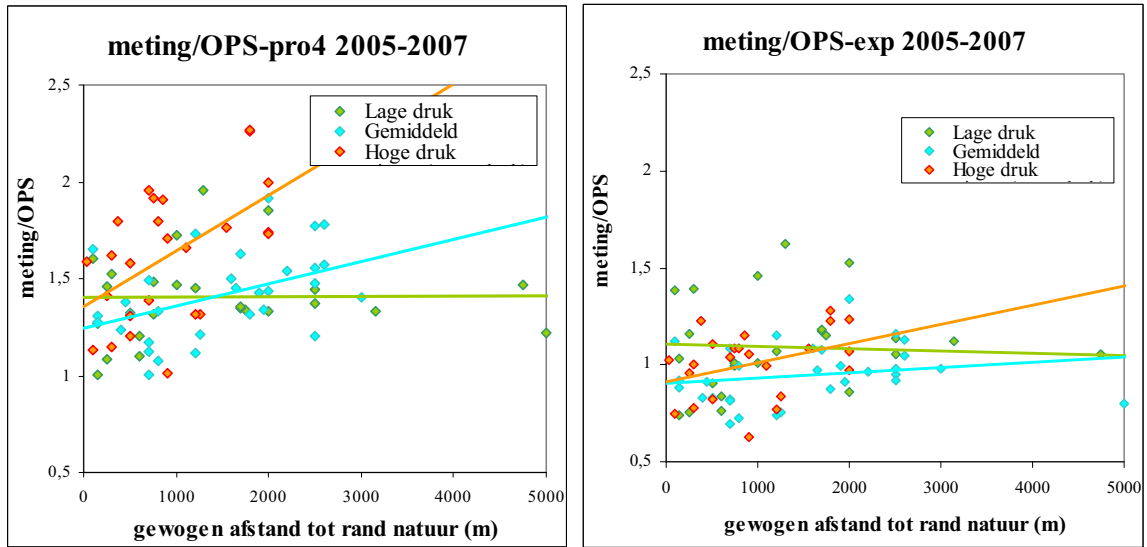
gewoon laag, is dit toch een beduidend verschil in de voor eutrofiëring kwetsbare duingebieden. De volgende paragraaf zal hier nader op ingaan.



Figuur 6.11 Berekeningen van OPS-exp, uitgezet tegen gemeten concentraties uit het MAN.

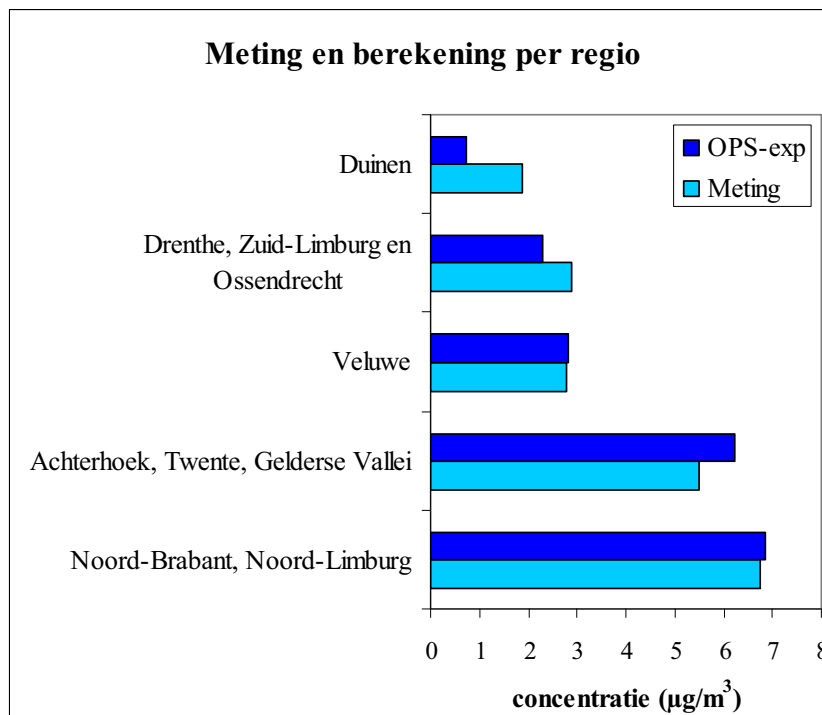
Deze resultaten zijn een duidelijke verbetering ten opzichte van de gangbare OPS-pro4-resultaten. Figuur 6.12 geeft voor beide modelversies de verhouding tussen de gemeten en berekende concentratie, uitgezet tegen de afstand tot de rand van de natuur. OPS-pro4 berekent aan de rand van de natuur concentraties die enkele tientallen procenten lager zijn dan de MAN-metingen; het bekende ammoniakgat van ongeveer 25 %. Opmerkelijk is daarbij dat OPS-pro4 dieper de natuur in nog sterker afwijkt van de metingen. In gebieden met een hoge ammoniakdruk, zoals De Peel, zijn de berekeningen 2 km de natuur in slechts de helft van de daar gemeten waarden.

OPS-exp scoort veel beter, met aan de rand geen systematische afwijking. Alleen dieper de natuur in onderschat het model de concentratie wellicht iets, en dit alleen in een omgeving met veel bronnen. Dit effect is echter zo klein dat het ook door toevallige factoren kan zijn veroorzaakt. Verder valt op dat voor alle gebieden met een relatief geringe ammoniakbelasting het gemeten gebiedsgemiddelde hoger is dan berekend. Het gaat dan om de duinen, Drenthe, Zuid-Limburg en Ossendrecht bij Antwerpen (Figuur 6.13). Van enkele weinig belaste locaties in Drenthe is de meting zelfs de helft hoger dan de berekende waarde en op de Brunsummerheide in Zuid-Limburg is dit 70 % hoger. Het is nog niet duidelijk waardoor dit veroorzaakt wordt



Figuur 6.12 De verhouding van de MAN-metingen met OPS-pro4 en OPS-exp, afhankelijk van de afstand tot de rand van de natuur (zonder de duingebieden).

Nogmaals moet benadrukt worden dat het hier gaat om *voorlopige* berekeningen met een researchversie van het OPS-model. Definitieve berekeningen kunnen hiervan afwijken. De consequenties voor depositieberekeningen zijn nog onderwerp van onderzoek, daar gaat dit rapport niet verder op in. Duidelijk is wel, dat het MAN-meetnet bevestigt dat de vernieuwingen in het OPS-model de overeenkomst tussen ammoniakmetingen en berekeningen verbetert.



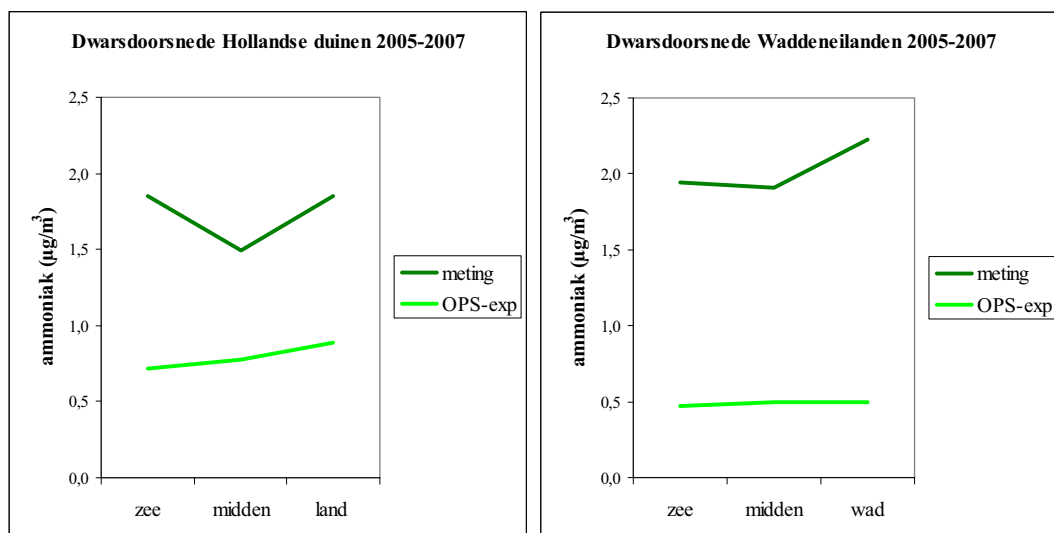
Figuur 6.13 Regionaal gemiddelde MAN-metingen en OPS-exp berekeningen.

6.5.4 Specifieke analyse voor de duinen

OPS-exp geeft geen goede overeenkomst met de MAN-metingen in de duingebieden (Figuur 6.11 en 6.13). De metingen in de duinen zijn twee keer zo hoog aan de Hollandse duinen en vier keer zo hoog op de Waddeneilanden. Benadrukt moet worden dat de gemeten concentraties in de duinen desalniettemin de laagste zijn van heel Nederland. Maar hoewel in absolute zin model en meting slechts 1 tot 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ van elkaar afwijken, is dit toch een beduidend verschil in de voor eutrofiëring kwetsbare duingebieden. De jaarlijkse depositie kan dan een paar honderd mol/ha hoger zijn dan tot dusver berekend, terwijl de kwetsbaarste duin-ecosystemen een kritische depositie van ongeveer 700 mol/ha hebben. De bekende bronnen kunnen deze afwijking in de duinen niet verklaren.

Er zijn specifieke omstandigheden in de duinen die te maken kunnen hebben met de geconstateerde afwijking. De duinen worden gekarakteriseerd door een abrupte overgang van zee naar land en door het duinlandschap met specifieke atmosferische condities zoals een hogere windsnelheid en andere windpatronen. Het OPS-model houdt hier slechts ten dele rekening mee. Het MAN is daarom in de duinen vooral gericht op deze specifieke omstandigheden. Daartoe zijn er drie dwarsdoorsneden van zee naar land opgesteld aan de Hollandse duinen en vier van zee naar wad op Vlieland en Terschelling, met elk drie meetpunten per dwarsdoorsnede.

De metingen laten zien dat het verschil tussen model en meting het meest uitgesproken is aan de zeezijde en in het waddengebied aan de wadzijde (Figuur 6.14), en dat het verschil in het Waddengebied groter is dan in de Hollandse duinen. De meetmethode is bij deze lage concentraties minder betrouwbaar, waardoor onduidelijk is of het absolute verschil tussen model en meting werkelijk van deze omvang is. De geconstateerde verschillen tussen de meetpunten en gebieden zijn echter wel statistisch significant. Daarmee wordt dus een reëel patroon waargenomen dat zeer waarschijnlijk iets te maken zal hebben met de nabijheid van de zee.

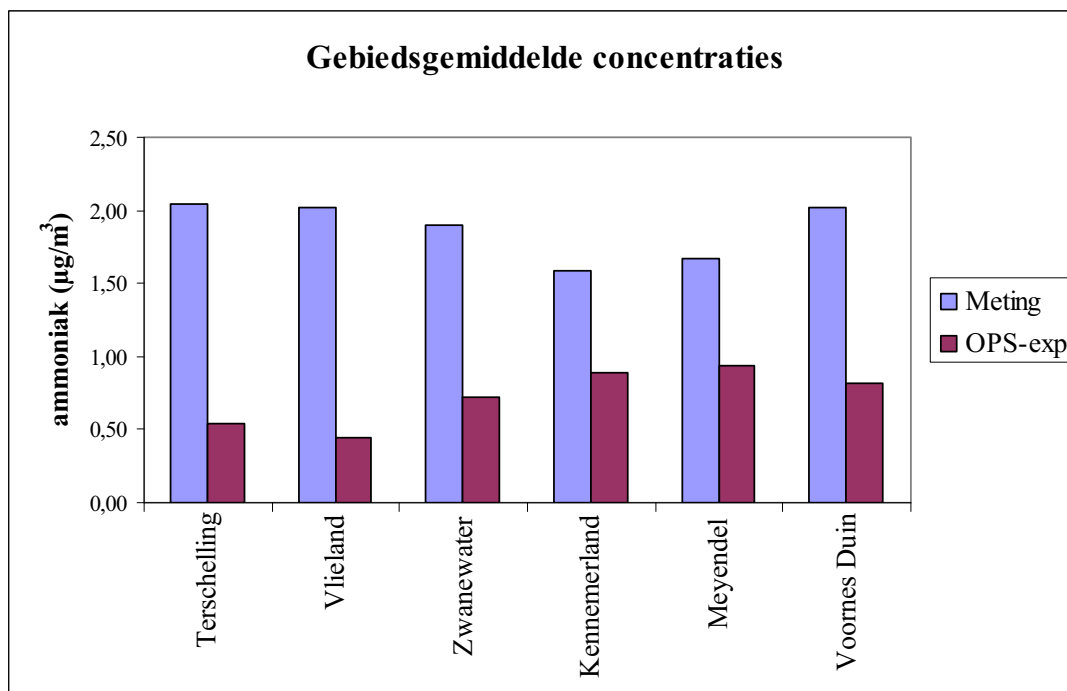


Figuur 6.14 Gemeten en berekende ammoniakconcentraties in de duinen.

Een verklaring kan zijn dat de zee en Waddenzee een bron van ammoniak zijn. Indien de temperatuur hoog genoeg is en de pH van water boven de 8 komt, kan ammoniak naar de lucht ontwijken. Uitgaande van in zeewater gemeten ammoniumconcentraties, pH en temperatuur, zullen volgens

voorlopige berekeningen voor de kust ammoniakconcentraties kunnen voorkomen tot ruwweg $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vlak boven het zeeoppervlak (Van der Hoek en Vonk, 2009).

Het verschil tussen model en meting langs de Hollandse duinen en Waddenzee, weergegeven in Figuur 6.15, correspondeert ook goed met satellietbeelden van algenconcentraties. Voor de kust van Zuid-Holland is de algenconcentratie het laagst en in de Waddenzee het hoogst (Peters et al., 2005). Een verklaring hiervoor is dat algengroei samenhangt met de nutriëntconcentraties in zee, zoals bijvoorbeeld de concentratie van ammoniak.



Figuur 6.15 Gemeten en berekende ammoniakconcentraties, gemiddeld per natuurgebied.

7 Conclusies en aanbevelingen

In dit rapport zijn meetresultaten en analyses gepresenteerd van drie jaar ammoniakconcentratie-metingen met passieve samplers in natuurgebieden. Daarnaast is een gedetailleerd overzicht gegeven van de validatie en kalibratie van de metingen aan de hand van referentiemetingen op vijf locaties in het LML. Deze referentiemetingen zijn ook gebruikt om een schatting te geven voor de meetnauwkeurigheid.

In dit rapport is van alle gebieden een apart overzicht gegeven van de gemeten ammoniakconcentraties door middel van een figuur met toelichting en achtergrondinformatie over het desbetreffende gebied. In grote natuurgebieden blijken de concentraties flink lager te zijn dan in kleine gebieden. Duidelijk waarneembaar is de sterke afname van de concentratie van ammoniak van de rand naar het midden van een natuurgebied. Snelwegen verhogen de ammoniakconcentratie in de direct aangrenzende natuur met 1 tot 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. De invloed van lokale bronnen wordt door het meetnet gesignaleerd, inclusief de invloed van de sanering ervan in een specifiek geval.

Berekeningen met een nieuwe, experimentele versie van het OPS-model van het PBL en RIVM stemmen goed overeen met de metingen. De toegepaste versie bevat kennis die is opgedaan bij de sluiting van het zogenoemde ammoniakgat. De gevonden overeenstemming vormt een bevestiging dat het ammoniakgat op deugdelijke wijze is gesloten. Alleen in de duingebieden zijn de gemeten concentraties beduidend hoger dan het model aangeeft. In absolute zin geven echter zowel berekeningen als metingen aan, dat de concentraties in de duingebieden laag zijn ten opzichte van de rest van Nederland. In 2009 zal een definitieve vernieuwde versie van het OPS-model worden vastgesteld. Hiermee zullen depositieberekeningen voor Natura 2000 gebieden worden uitgevoerd.

Naar aanleiding van de resultaten in dit rapport is besloten om een triplometing toe te voegen aan het referentiemetnet. Door in het lage concentratiebereik over een extra referentiepunt te beschikken wordt de nauwkeurigheid en robuustheid van de maandelijkse correctiefunctie vergroot. Sinds januari 2009 worden daarom triplometingen verricht op LML-station Wieringerwerf.

Aanvullend onderzoek in de kustgebieden kan mogelijk meer licht werpen op de huidige gemeten concentraties. De metingen daar hebben namelijk een lagere meetnauwkeurigheid en alle triplometingen samen geven aan dat een gemiddelde overschatting van enkele tienden microgrammen in het laagste meetbereik aanwezig is. Het is mogelijk dat de detectielimiet van de passieve samplers hierbij een rol speelt. Om deze oorzaak uit te sluiten zijn metingen nodig met een andere meetmethode. Een mogelijkheid is om zogenoemde alpha-samplers op enkele kustlocaties van het MAN te plaatsen. Deze metingen kennen een veel lagere detectielimiet terwijl ook zij nog relatief goedkoop zijn en fysiek weinig ruimte innemen. Ook kan met deze metingen over kortere periodes bemonsterd worden, waardoor de resultaten beter te koppelen zijn aan weersfactoren.

Het Meetnet Ammoniak in Natuurgebieden levert waardevolle informatie op over de concentraties van ammoniak in natuurgebieden. Daarmee is echter nog niet de depositie of belasting met ammoniak vastgesteld. Metingen van de depositie vereisen specifiekere apparatuur en zijn kostbaar. In de loop van 2009 wordt gepland om met relatief goedkope apparatuur depositie te gaan meten in twee natuurgebieden. Op een derde locatie, de Veenkampen in de Gelderse Vallei, het meteorologische waarnemingsveld van de Wageningen Universiteit, zal met zeer geavanceerde apparatuur van het RIVM (een Differentiële Optische Absorptie Spectroscopie (DOAS)-systeem) depositie gemeten gaan

worden. Op deze locatie hangen sinds januari 2009 ook een drietal passieve samplers. De Veenkampen ligt op enkele kilometers van MAN-gebied de Bennekomse Meent.

Voortzetting van het meetnet zal de nauwkeurigheid van de resultaten verhogen en meer inzicht geven in de seizoenscyclus en eventuele langetermijntrends.

Literatuur

CEN 13528-3, 2003, Ambient Air Quality – Diffusive samplers for the determination of concentrations of gases and vapours – Requirements and test methods – Part 3: Guide to selection, use and maintenance

Elzakker, B.G. van, 2001, Monitoring activities in the Dutch National Air Quality Monitoring Network in 2000 and 2001, Rapport 723101055, RIVM Bilthoven.

Gies T.J.A., A. Bleeker en H.F. van Dobben, 2007, Onderbouwing significant effect depositie op natuurgebieden. Een onderzoek naar de wijze waarop in het kader van de Vogel- en Habitatrictlijn getoetst kan worden of vergunningverlening kan leiden tot significante negatieve effecten op de natuur. Rapport 1490, Alterra Wageningen.

Gies T.J.A. en A. Bleeker, 2007, Onderzoek naar de ammoniakdepositie op 5 habitatgebieden ten behoeve van het interim toetsingkader Natura 2000 en Ammoniak. Rapport 1491, Alterra Wageningen.

Hafkenscheid T.L., 2006, Effect of temperature on long-term diffusive sampling – how to properly evaluate effective diffusive uptake rates. The diffusive monitor, Issue 15, blz. 4-5

Hoek, K van der en A. Vonk, 2009, Zijn alle ammoniakbronnen in zicht? Rapport in voorbereiding, RIVM Bilthoven.

Jaarsveld, J.A. van, 2004, The Operational Priority Substances model. Description and validation of OPS-Pro 4.1 . Report 500045001, RIVM Bilthoven.

Kirchner M. S. Braeutigam, M. Ferm, M. Haas, M. Hangartner, P. Hofschreuder, A. Kasper-Giebl, H. Römmelt, J. Striedner, W. Terzer, L. Thöni, H. Werner en R. Zimmerling, 1999, Field intercomparison of diffusive samplers for measuring ammonia. J. Environ. Monit., Vol 1, blz 259-265

Natuurbalans 2008. Publicatie 500402008, Planbureau voor de Leefomgeving Bilthoven, ISBN 978-90-6960-204-2.

Noordijk, H., 2006, Het tijdelijke meetnet ‘Ammoniak in de natuur’. Opzet en voorlopige resultaten van het eerste half jaar. Rapport 500037012, MNP Bilthoven.

Peters, S.W.M. et al., 2005, Atlas of Chlorophyll-a concentration for the North Sea based on MERIS imagery of 2003. Edition 3.0. Vrije Universiteit Amsterdam, ISBN 90-5192-026-1.

Pul, W.A.J. van, B.J. de Haan, J.D. van Dam, M.M. van Eerdt, J.F. de Ruiter en A. van Hinsberg, H.J. Westhoek, 2004a, (Kosten-) Effectiviteit Generiek en Gebiedsgericht Ammoniakbeleid. Rapport 500033001, RIVM Bilthoven.

Pul, W.A.J. van, H. van Jaarsveld, T. van der Meulen en G. Velders, 2004b, Ammonia concentrations in the Netherlands: spatially detailed measurements and model calculations. Atmospheric Environment, Vol 38, blz 4045-4055.

Pul, W.A.J.van, M.M.P. van den Broek, H. Volten, A. van der Meulen, A.J.C. Berkhout, K.W. van der Hoek, R.J. Wichink Kruit, J.F.M. Huijsmans, J.A. van Jaarsveld, B.J. de Haan, R.B.A. Koelemeijer, 2008 Het ammoniakgat: onderzoek en duiding. Rapport 680150002, RIVM Bilthoven.

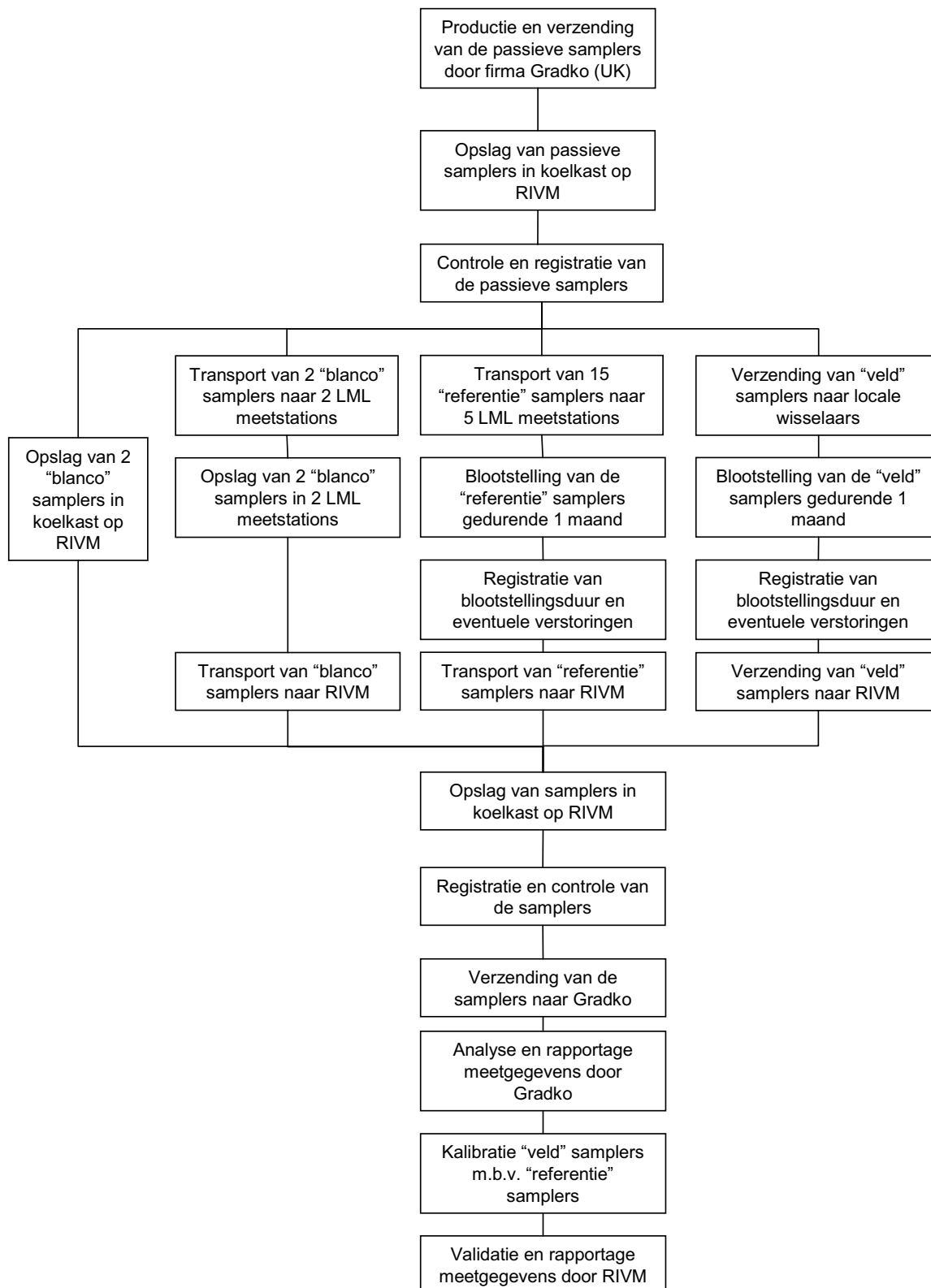
Sutton M.A., B. Miners, Y.S. Tang, C. Milford, G.P. Wyers, J.H. Duyzer en D. Fowler, 2001, Comparison of low cost measurement techniques for long-term monitoring of atmospheric ammonia. J. Environ. Monit., Vol 3, blz 446-453.

Thijsse, Th.R, J.H. Duyzer, H.L.M. Verhagen, G.P. Wyers, A. Wayers en J.J. Möls, 1998, Measurement of ambient ammonia with diffusion tube samplers. Atmospheric Environment, Vol 32, blz 333-337.

Thöni, L., E. Seitler, A. Blatter, A. Nefel, 2003, A passive sampling method to determine ammonia in ambient air, J. Environ. Monit., Vol 5, blz 96-99.

Veen M.P. van, en I.M. Bouwma, 2007, Perspectieven voor de Vogel- en Habitatrichtlijnen in Nederland. MNP publicatie 500409001. Milieu- en Natuurplanbureau, Bilthoven.

Bijlage 1 Schema van de logistieke procedure



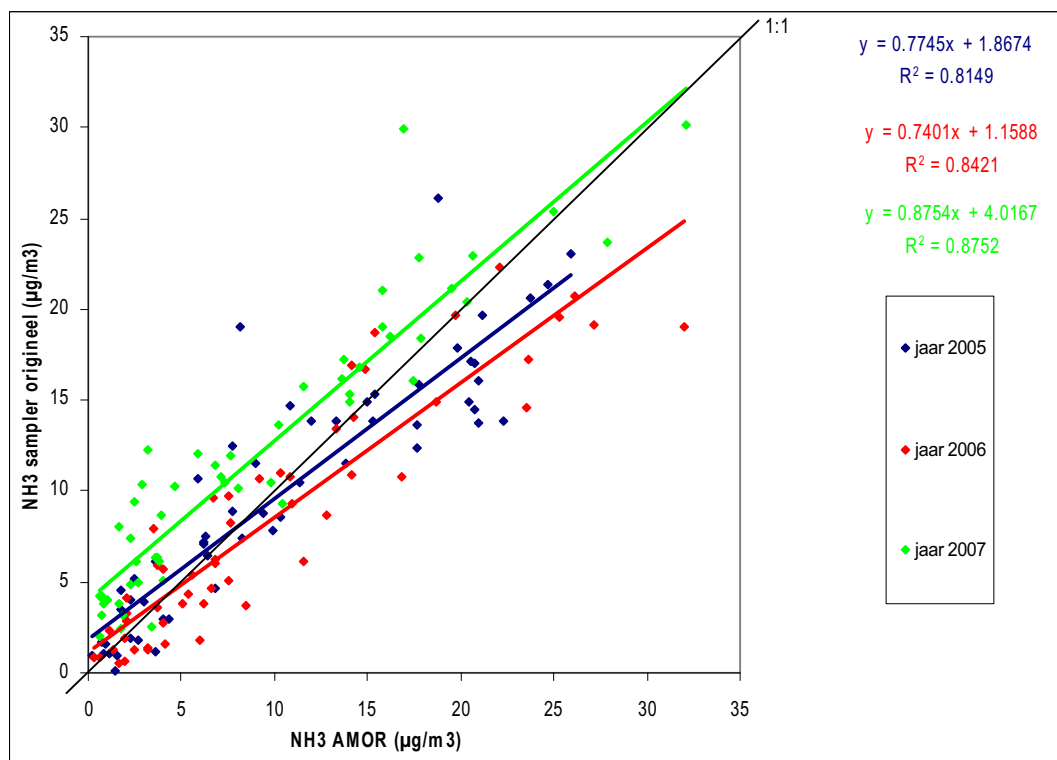
Bijlage 2 Beschrijving kalibratiemethode

Motivatie voor het toepassen van een kalibratieprocedure

Oorspronkelijk was het de bedoeling om de metingen op de referentiestations te gebruiken om de kwaliteit van de metingen te bewaken. De geselecteerde referentiestations zijn daarom zodanig gekozen dat een relatief groot bereik in concentratie gedekt wordt. In Tabel B 1 staat een overzicht van deze geselecteerde meetstations, inclusief het gemiddelde en de 50- en 95-percentielen van de ammoniakconcentratie. De getoonde percentielen zijn de gemiddelde waarden van de jaren 2005 tot en met 2007.

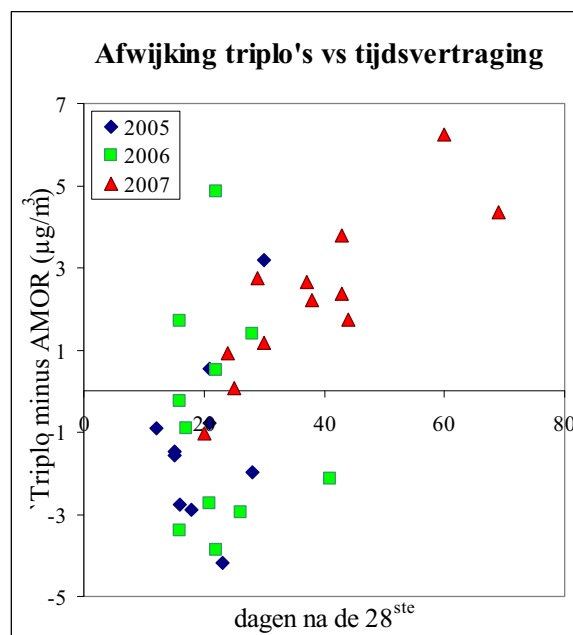
Tabel B 1 Voor referentiemetingen gebruikte meetlocaties van het LML en het concentratieniveau ter plekke

| Stations nummer | Stationsnaam | Gemiddelde concentratie NH ₃ (µg/m ³) | 50-percentiel NH ₃ (µg/m ³) | 95-percentiel NH ₃ (µg/m ³) |
|-----------------|--------------|--|--|--|
| 131 | Vredepeel | 17,6 | 13,6 | 45,6 |
| 444 | De Zilk | 1,7 | 0,8 | 7,2 |
| 633 | Zegveld | 7,2 | 4,8 | 21,0 |
| 738 | Wekerom | 16,8 | 12,1 | 46,8 |
| 929 | Valthermond | 4,2 | 3,0 | 11,2 |



Figuur B 1 Vergelijking tussen de metingen van de referentieapparatuur en de passieve samplers voor de verschillende meetjaren.

Door de metingen van de referentieapparatuur, hierna aangeduid als de AMOR-meting, uit te zetten tegen de meetresultaten van de passieve samplers wordt een beeld gekregen van de prestaties van de samplermetingen. In Figuur B 1 zijn deze resultaten voor de eerste drie meetjaren van het MAN per meetjaar weergegeven. Uit de figuur blijkt dat de samplermetingen over de verschillende jaren altijd een offset hebben ten opzichte van de AMOR-metingen: wanneer de AMOR-waarde $0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ is, geeft het MAN toch nog een bepaalde concentratie aan. In 2005 en 2006 was deze $1\text{-}2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, maar in 2007 bedroeg dit circa $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Verder hebben de samplers in alle jaren een helling kleiner dan 1. Dit betekent dat de samplers een lagere gevoeligheid voor ammoniak hebben dan de referentieapparatuur en dat de meting bij hoge concentraties wordt onderschat.



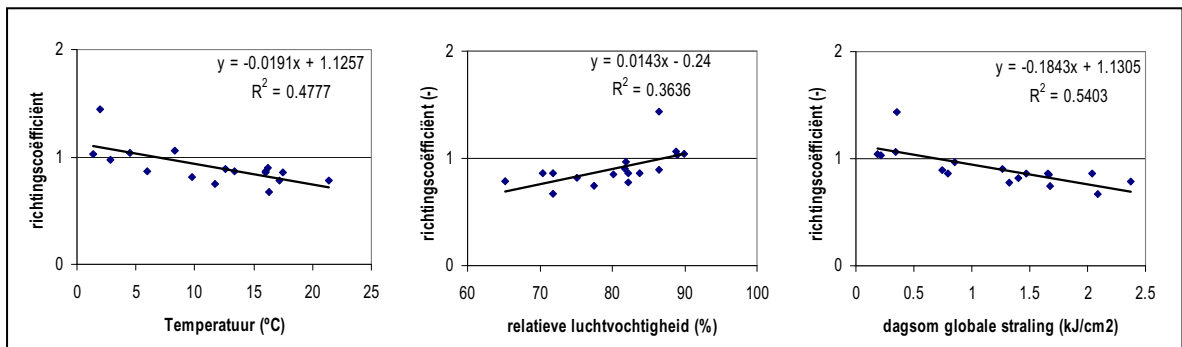
Figuur B 2 Het verschil tussen meetwaarden van de triplo's, gemiddeld per triplo, en die van de AMOR, uitgezet tegen de tijd tussen het eind van de monsternamen (de 28ste van de maand) en de laboratoriumanalyse.

Er is geen afdoende verklaring gevonden voor de systematische afwijking met de AMOR-data. Wel lijkt er een verband te zijn met de tijdsduur tussen de monsternamen in het veld en de analyse erna (zie Figuur B 2). Mogelijk speelt het verstrijken van de houdbaarheid van de samplers een rol; door fabrikant Gradko wordt die opgegeven als zijnde twee maanden. Omdat ze een maand in het veld hangen, kunnen ze alleen bij tijdige verzending nog voor de houdbaarheidsdatum worden geanalyseerd. Deze tijdigheid is in de loop van de tijd verslechterd. Dat heeft voornamelijk te maken met vertragingen in de verzending uit het veld, maar ook met vertragingen bij het RIVM en bij Gradko. Uiteraard wordt de tijdigheid van de hele procedure nu beter bewaakt.

Er is ook onderzocht of er een verband zou kunnen zijn tussen de gevonden afwijkingen en de meteorologische omstandigheden waaraan de samplers tijdens de monsterperiodes zijn blootgesteld geweest. Om dit na te gaan is voor elke maand een lineaire regressie uitgevoerd tussen de samplermetingen en de AMOR-metingen. Hierbij is de regressie geforceerd door nul. Dit om de meetresultaten van de verschillende maanden beter onderling te kunnen vergelijken. Vervolgens is gekeken of er een verband bestaat tussen de aldus verkregen richtingscoëfficiënten en de maandgemiddelde meteorologische omstandigheden tijdens de blootstelling. Hierbij is gekeken naar de volgende meteorologische variabelen: temperatuur, relatieve luchtvochtigheid, globale straling, luchtdruk, neerslagduur, neerslaghoeveelheid, windrichting en windsnelheid. In Bijlage 5 zijn de

grafieken opgenomen waarin het verloop van de richtingscoëfficiënten en de diverse meteorologische variabelen zijn uitgezet. Tevens wordt daar beschreven hoe de gebruikte waarden zijn afgeleid.

Er is geen duidelijk verband tussen de richtingscoëfficiënten en de diverse meteorologische variabelen waarneembaar. In de metingen van de eerste anderhalf jaar is er echter wel een verband zichtbaar tussen de richtingscoëfficiënt en de variabelen temperatuur, relatieve luchtvochtigheid en globale straling. In Figuur B 3 zijn de richtingscoëfficiënten en deze drie meteorologische variabelen tegen elkaar uitgezet.



Figuur B 3 Verband tussen de richtingscoëfficiënten van de referentiesamplers en de meteorologische variabelen temperatuur, relatieve luchtvochtigheid en globale straling, gebaseerd op de metingen in de eerste anderhalf jaar van het MAN

Het feit dat het verband minder duidelijk is wanneer de hele meetset wordt gebruikt heeft waarschijnlijk te maken met het afwijkende karakter van de metingen in het derde jaar, waardoor de afhankelijkheid van de meteorologische variabelen wordt vertroebeld. Dat een afhankelijkheid van zowel temperatuur, relatieve luchtvochtigheid als van de globale straling wordt gevonden, is verklaarbaar uit de onderlinge afhankelijkheid van deze meteorologische variabelen. Een goede correlatie met één van deze variabelen zal dus tevens resulteren in een hoge mate van correlatie met elk van de andere variabelen.

De werking van de passieve samplers is gebaseerd op moleculaire diffusie, waarbij de diffusiesnelheid (mede) bepaald wordt door de moleculaire diffusiecoëfficiënt van NH₃. Omdat deze coëfficiënt temperatuursafhankelijk is, ligt het voor hand dat ook de meetwaarden afhankelijk zijn van de temperatuur. Gebaseerd op het gevonden verband tussen de richtingscoëfficiënt en de temperatuur resulteert dit in een verschil in gevoeligheid tussen zomer- en winterperioden van bijna 30 %, waarbij de gevoeligheid in de zomerperioden lager is dan in de winterperioden. Dit is des te opmerkelijker omdat de temperatuursafhankelijkheid van de diffusieconstante bij hogere temperaturen een hogere opname zou doen verwachten (zie paragraaf 3.1). Blijkbaar spelen hier ook andere effecten dan alleen de temperatuursafhankelijkheid van de diffusieconstante een rol.

Gebaseerd op bovenstaande resultaten waren er de volgende beweegredenen om over te gaan tot kalibratie van alle MAN-metingen:

- De metingen met passieve samplers blijken afhankelijk te zijn van de blootstellingscondities tijdens de meting. Mede hierdoor zijn de metingen vooral relatieve metingen. Om in absolute zin uitspraken te kunnen doen is vergelijking met een referentiewaarde noodzakelijk.
- Tussen de metingen in de verschillende jaren blijken systematische verschillen op te kunnen treden. Om de metingen onderling toch goed te kunnen vergelijken is correctie met behulp van de referentiemetingen nodig.

Op de volgende bladzijden wordt de toegepaste correctiemethode nader toegelicht.

Kalibratiemethode

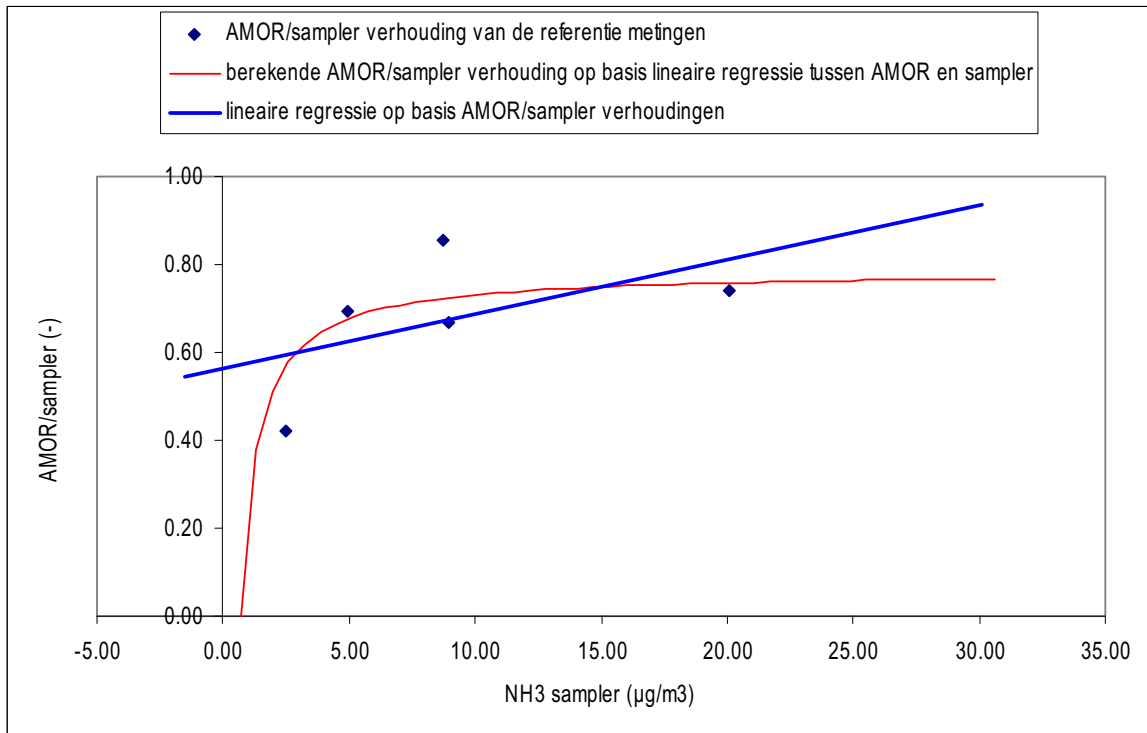
Voor de kalibratie worden de metingen op de vijf referentiestations gebruikt. Omdat de afwijkingen in de passieve samplermetingen van maand tot maand verschillen, is het niet mogelijk om op basis van drie jaar referentiemetingen een generieke correctie toe te passen. De correctiemethode zal dus gebaseerd moeten worden op de individuele maandelijkse referentiemetingen.

Een mogelijke correctiemethode is er een waarbij op basis van de per maand bepaalde lineaire regressie tussen de AMOR-metingen en de metingen met de referentie samplers gecorrigeerd wordt. Deze methode heeft echter als nadeel dat door het beperkte aantal punten van de regressie de berekende offset gevoelig is voor toevallige fouten in de referentiemetingen. Hierdoor kan overcorrectie gemakkelijk voorkomen, met name in het lage concentratiebereik. Omdat in het MAN relatief veel gebieden voorkomen die in het lage concentratiebereik liggen, resulteert deze methode in sommige maanden in het zeer frequent voorkomen van negatieve concentraties.

Daarom is besloten om gebruik te maken van een andere correctiemethode. Hierbij worden per maand de meetresultaten gecorrigeerd met behulp van de in de betreffende maand berekende verhoudingen tussen de AMOR-metingen en de referentiemetingen. Eerst wordt hiervoor bij alle referentiestations de verhouding bepaald tussen de AMOR-meting en het gemiddelde van de triplometingen. Vervolgens wordt een lineaire regressie uitgevoerd waarbij de AMOR/samplerverhoudingen van de vijf referentiestations worden uitgezet tegen de gemiddelde triplometing op het desbetreffende referentiestation. Ten slotte worden de concentraties van alle individuele metingen gecorrigeerd op basis van de met de lineaire regressie berekende correctiefactoren.

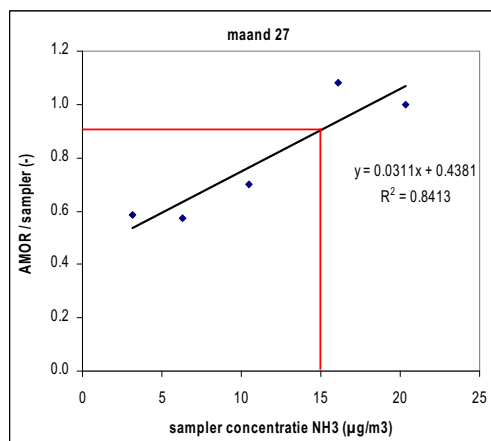
Het toepassen van een lineaire regressie op de AMOR/samplerverhoudingen heeft als gevolg dat de aldus vastgestelde correctieverhoudingen enigszins af kunnen wijken van de theoretische waarde wanneer uitgegaan wordt van een lineaire afwijking tussen de samplermetingen en de AMOR-metingen. Als voorbeeld is dit in Figuur B 4 aan de hand van een willekeurige serie geïllustreerd. In deze figuur geven de blauwe punten de op de referentielocaties vastgestelde AMOR/samplerverhouding weer. De donkerblauwe lijn geeft een lineaire regressie door deze punten weer. De rode lijn in de grafiek geeft de theoretisch bepaalde AMOR/samplerverhouding weer, gebaseerd op een lineaire regressie tussen de AMOR- en de samplermetingen.

De figuur toont weliswaar verschillen tussen de toegepaste correctiemethode (de donkerblauwe lijn) en de theoretische waarden, maar de verschillen blijven over vrijwel het hele concentratiebereik beperkt tot 10 %. Slechts metingen in het heel hoge concentratiegebied en metingen rond $0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ geven grotere afwijkingen zien. Het effect voor de metingen in het MAN blijft echter beperkt. Metingen in de buurt van $0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ komen regelmatig voor in de natuurgebieden, maar omdat de concentraties hier erg laag zijn heeft een wat groter verschil in absolute zin slechts een gering effect. Erg hoge concentraties komen in de natuurgebieden nagenoeg niet voor. Andere maanden geven een vergelijkbaar beeld te zien als het hierboven getoonde voorbeeld. Daarom is besloten de correctiefactor vast te stellen op basis van een eenvoudige lineaire regressie tussen de individuele AMOR/samplerverhoudingen op de vijf referentielocaties.



Figuur B 4 Verschil tussen theoretisch afgeleide AMOR/samplerverhouding en de lineaire regressie gebaseerd op de gemeten AMOR/samplerverhoudingen op de vijf referentielocaties.

In Figuur B 5 wordt de correctiemethode aan de hand van een voorbeeld geïllustreerd. In de figuur zijn van mei 2007 (maand 27) de AMOR/samplerverhoudingen uitgezet tegen de gemiddelde concentraties van de referentiesamplers. De zwarte lijn en de formule geven hier het resultaat van de lineaire regressieberekening weer. De rode lijn geeft de afleiding van de correctiefactor weer voor een meetwaarde van 15 µg/m³. In de figuur is af te lezen dat dit resulteert in een correctiefactor van ongeveer 0,9. De gecorrigeerde waarde voor de samplermeting komt in dit geval uit op 13,5 µg/m³.



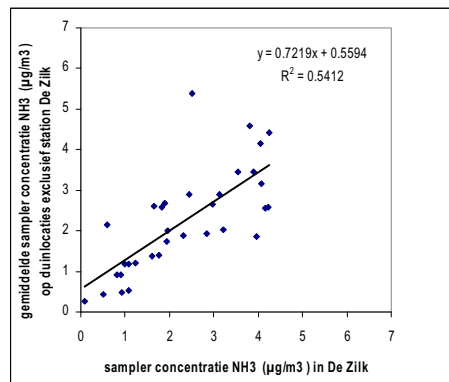
Figuur B 5 Voorbeeld van een correctie van een meetwaarde van 15 µg/m³ in mei 2007

De gebruikte methode heeft een aantal voordelen:

- het ontstaan van grote aantallen negatieve meetresultaten wordt voorkomen;
- de meetresultaten worden vrijwel onafhankelijk van de gebruikte blancocorrectie en is daardoor dus ook minder gevoelig voor eventuele afwijkingen in de blanco's;
- de metingen van de passieve samplers worden veel minder afhankelijk van verschillen in blootstellingscondities zoals temperatuur en vocht;
- er kan goed gecorrigeerd worden voor de verschillen tussen de verschillende maanden.

Nadeel van de methode is dat de AMOR/samplerverhouding bij lage concentraties gevoelig is voor meeton nauwkeurigheden. De invloed hiervan blijft echter in absolute zin beperkt, omdat het lage concentraties betreft. In twee situaties (augustus en september 2006) gaven de metingen bij lage concentratie zeer afwijkende resultaten te zien, met AMOR/samplerverhoudingen tussen 2.5 en 3.5. Van deze twee maanden zijn daarom de referentiesamplers bij de laagste concentraties buiten beschouwing gelaten en is de regressie berekend op basis van de overige referentiemetingen in deze maanden. Bij toepassing van de correctiemethode kan het in een enkel geval voorkomen dat de helling van de correctielijn groot is, waardoor deze bij lage concentraties in een negatieve correctiefactor resulteert. In dit geval wordt de lineaire regressie geforceerd door nul. Dit heeft zich echter slechts voorgedaan bij 2 van de 34 maanden (maart en november 2007). Ook kan de methode overcorrectie tot gevolg hebben wanneer een meetwaarde ver buiten het gemeten bereik van de vijf referentiemetingen ligt. Ook dit komt echter slechts sporadisch voor. Bij de validatie van de metingen wordt een dergelijke meting afgekeurd (zie paragraaf 3.4.1).

Om de berekende correctiefactoren van de referentiestationen op de individuele metingen van een maand toe te mogen passen, moeten de samplers in de natuurgebieden zich wel op gelijke wijze gedragen als de samplers op de referentiestationen. Hiertoe is een vergelijking gemaakt tussen alle ongecorrigeerde referentiemetingen op het LML-station De Zilk, dat dicht bij de duinen ligt, en de metingen op de duinlocaties van het MAN. De resultaten van deze vergelijking zijn te zien in Figuur B 6. Hieruit blijkt dat de passieve samplers in De Zilk een goede overeenkomst vertonen met de passieve samplers op de andere duinlocaties van het MAN.



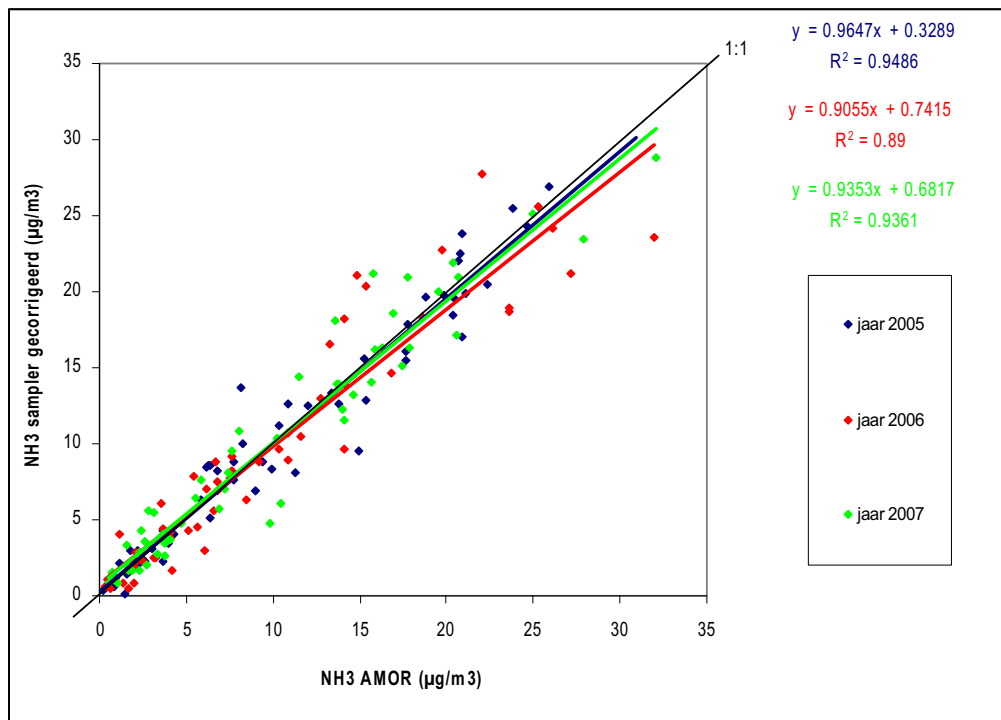
Figuur B 6 Vergelijking op maand basis van referentie samplermetingen op locatie De Zilk met samplermetingen op andere duinlocaties in het MAN.

De duingebieden zijn de enige groep binnen het MAN waarvoor bovenstaande analyse kan worden uitgevoerd. Er is echter geen reden om aan te nemen dat de gevonden overeenstemming in gedrag tussen de passieve samplermetingen op referentiestation De Zilk en de kustgebiedlocaties van het MAN niet op gaat voor de overige natuurgebieden. Correctie van de metingen in het MAN met behulp van de referentiemetingen lijkt hierdoor gerechtvaardigd.

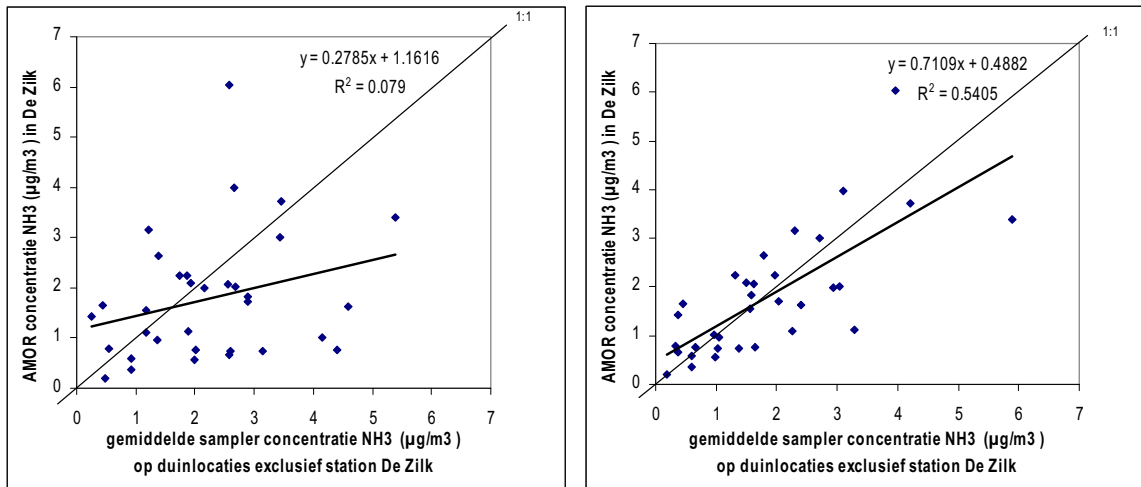
Beoordeling van de kalibratie

Om het effect van de gekozen correctieprocedure te beoordelen, zijn de metingen uit Figuur B 1 opnieuw uitgezet in Figuur B 7, echter nu op basis van de gecorrigeerde samplermetingen. Zoals te verwachten was liggen de regressielijnen nu veel dichter op de 1:1 lijn. Ook zijn de metingen in het derde jaar nu in lijn met de metingen in de eerste twee jaren en is de correlatiecoëfficiënt van de metingen verbeterd. Wel geven de metingen in alle gevallen nog een kleine offset waarde en is de helling van de regressielijn iets kleiner dan 1. Dit betekent dat na correctie de metingen op het niveau zoals meestal gemeten wordt in natuurgebieden (kleiner dan circa $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) gemiddeld nog een kleine overschatting te zien geven die oploopt tot maximaal ongeveer $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bij concentraties rond $0 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Metingen in het hoge concentratiebereik geven nog een kleine onderschatting van 3-7 % te zien. Wanneer de regressie zelf beperkt wordt tot de concentraties tot $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan blijft de overschatting van de concentratie beperkt tot ongeveer $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Om te beoordelen of niet alleen de metingen op de referentiestations zijn verbeterd, zijn ook de metingen uit de duingebieden van het MAN gemiddeld en vergeleken met de metingen van de AMOR op station De Zilk. In Figuur B 8 zijn deze metingen tegen elkaar uitgezet. Bij de ongecorrigeerde metingen is er weinig correlatie tussen de metingen in de duingebieden en de metingen van de AMOR. Na correctie is dit duidelijk verbeterd en liggen de metingen dicht in de buurt van de 1:1 lijn.

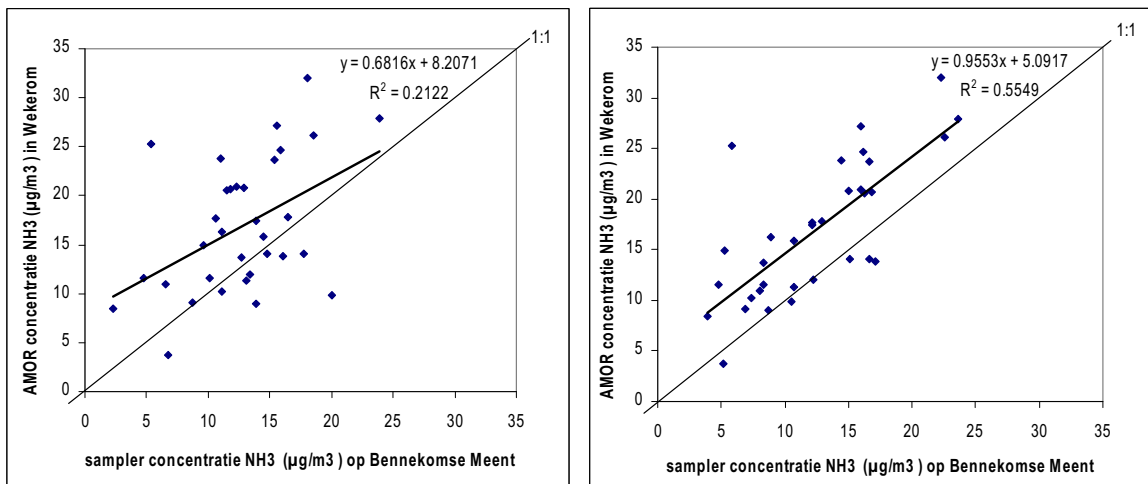


Figuur B 7 Vergelijking tussen de metingen van de referentieapparatuur en de gecorrigeerde waarden van de passieve samplers voor de verschillende meetjaren.



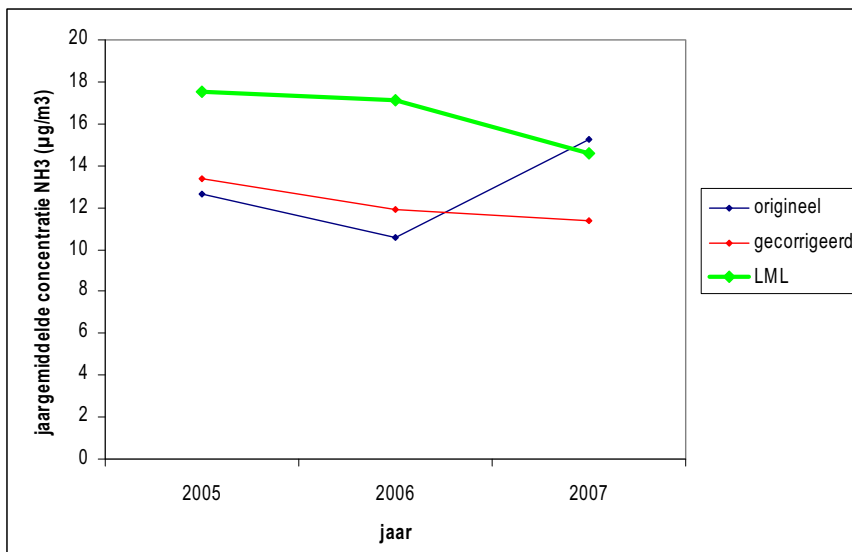
Figuur B 8 Vergelijking tussen de ongecorrigeerde (links) en gecorrigeerde (rechts) metingen in de duingebieden van het MAN en de AMOR-metingen op LML-duinstation De Zilk.

Ook voor gebieden in een belaste omgeving is een dergelijke vergelijking gemaakt. In dit geval zijn de metingen van de Bennekomse Meent en Mariapeel vergeleken met LML-metstations die daar relatief dicht in de buurt liggen. Voor de Bennekomse Meent is dit meetstation Wekerom en voor Mariapeel is dit meetstation Vredepeel. Ook hier levert de correctie in beide gevallen een aanzienlijke verbetering op van de correlatie tussen de sampler en de AMOR-metingen. Als voorbeeld is in Figuur B 9 de vergelijking voor de Bennekomse Meent weergegeven. De figuur toont weliswaar een grote waarde voor de offset maar deze offset wordt voornamelijk veroorzaakt doordat de ammoniakconcentraties in Wekerom gemiddeld genomen hoger zijn door de grotere lokale bronnen van ammoniak aldaar.



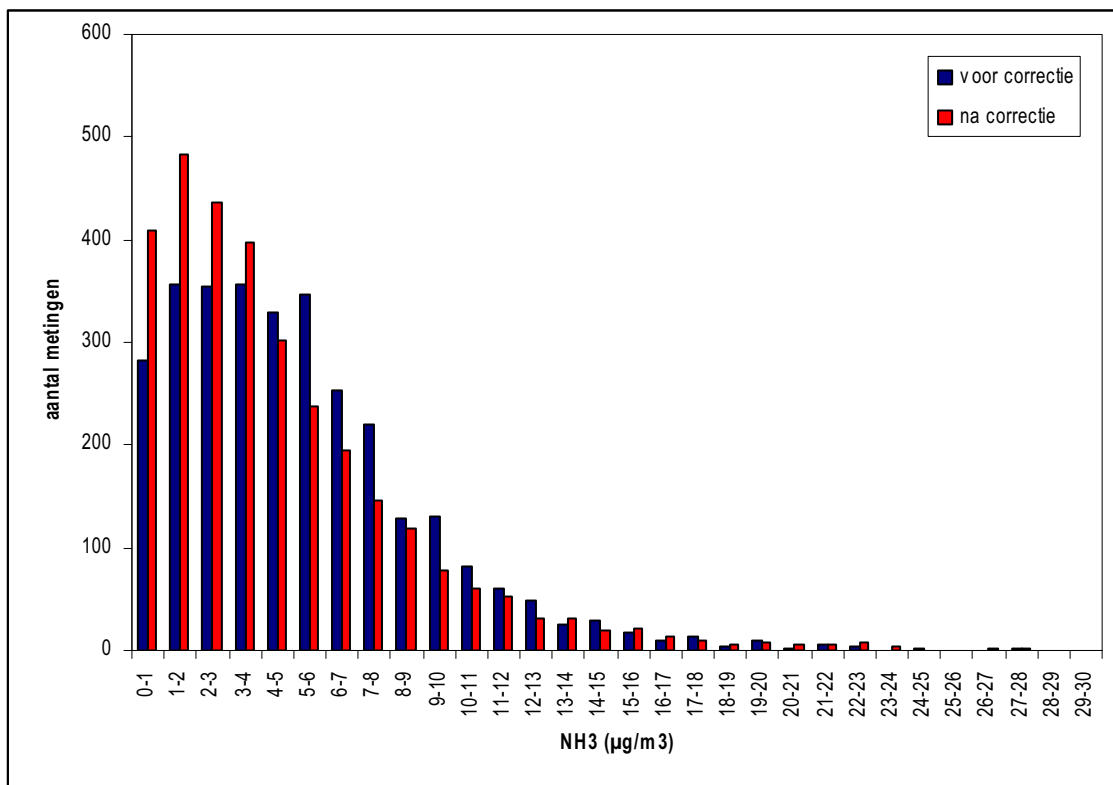
Figuur B 9 Vergelijking op maandbasis tussen de ongecorrigeerde (links) en gecorrigeerde (rechts) metingen in het MAN gebied Bennekomse Meent en de AMOR-metingen op LML-station Wekerom.

Ten slotte is voor de Bennekomse Meent de ammoniakconcentratie over de verschillende jaren vergeleken met zoals deze is gemeten op LML-station Wekerom. Figuur B 10 toont zowel het verloop op basis van de ongecorrigeerde als voor de gecorrigeerde samplermetingen. Duidelijk is dat het verloop op basis van de gecorrigeerde metingen veel beter overeenstemt met die op station Wekerom.



Figuur B 10 Jaargemiddelde ammoniakconcentratie op de Bennekomse Meent en op LML-station Wekerom.

Op basis van al deze vergelijkingen mag geconcludeerd worden dat de toegepaste correctiemethode op de referentiestations, in de duingebieden en in belaste gebieden een aanzienlijke verbetering oplevert van de samplermetingen, waardoor deze onderling veel beter met elkaar vergeleken kunnen worden.



Figuur B 11 Frequentieverdeling van de metingen in de natuurgebieden vóór en na toepassen van de correctiemethode

Om een indruk te krijgen van het effect van de correctie op de metingen in de natuurgebieden is in Figuur B 11 de frequentieverdeling hiervan vóór en na de correctie weergegeven. Uit de figuur blijkt dat vooral het aantal metingen in het concentratiebereik tussen 5 en 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ is afgenomen terwijl het aantal metingen in het gebied tussen 0 en 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ is toegenomen. Op grond van de eerder geconstateerd overschatting van de metingen in het lagere concentratiebereik is een dergelijke verschuiving te verwachten.

Tabel B 2 laat het effect zien van de correctie op het gemiddelde, de mediaan en de standaardafwijking van alle metingen in de natuurgebieden. De afname van de mediaan is sterker dan de afname van het gemiddelde. Ook dit is te verwachten omdat bij de mediaan de lage concentraties zwaarder meewegen. De standaarddeviatie is na correctie vrijwel onveranderd gebleven.

Tabel B 2 Effect van de correctie op gemiddelde, mediaan en standaarddeviatie van de ammoniakconcentratie (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$) in de natuurgebieden.

| | Voor correctie | Na correctie |
|-------------------|----------------|--------------|
| gemiddelde | 5,2 | 4,5 |
| mediaan | 4,6 | 3,5 |
| standaarddeviatie | 3,8 | 3,9 |

Bijlage 3 Overzicht manuele afkeuringen

| Meetpunt | Reden afkeuring | Afgekeurde meetwaarde |
|----------|--|-----------------------|
| 6-2-32 | 6-2 altijd relatief laag en lager dan 6-1; alleen niet bij deze meting (6-1 vlak langs weg; 6-2 boven aan tallud; ligt veelal tussen 6-1 en 6-3 - hier echter veel hoger) | 13,56 |
| 18-1-15 | 18-2 en 18-4 in de buurt en laag; 18-1 ligt aan zee; conc 2,5x hoger (5 ipv 2 ug/m3) | 4,91 |
| 18-4-20 | enige hoge meting; meetpunt ligt pal aan zee; 3 en 6 (aan Waddenzeekant) laag; wind veelal Z-ZW; 20-1 en 20-2 ook wel hoog; 20-5 echter niet -> 20-1 en 20-2 mogelijk ook niet goed? | 6,66 |
| 18-5-24 | enige hoge meting; overige punten factor 2 lager | 5,44 |
| 18-6-27 | alle andere punten factor 2-3 lager | 8,44 |
| 18-6-28 | alle andere punten factor 2-3 lager | 5,64 |
| 20-4-31 | alle andere punten factor 3-4 lager | 10,17 |
| 32-2-9 | alle andere punten factor 2-3 lager; vrijwel uitsluitend ZZW-wind | 21,69 |
| 32-2-13 | alle andere punten factor 2-3 lager | 23,23 |
| 63-2-8 | alle andere punten factor 2-3 lager; punt ligt niet geëxponeerd | 12,69 |
| 63-4-18 | alle andere punten factor 3-4 lager; punt ligt niet geëxponeerd | 14,82 |
| 63-5-10 | alle andere punten factor 3-4 lager; punt ligt niet geëxponeerd | 18,21 |
| 65-3-28 | punt ligt altijd laag; nu hoogst van allemaal; wind overheersend uit onbelast gebied(ZW) | 10,01 |
| 65-9-25 | alle andere punten factor 5 hoger | 0,78 |
| 65-11-23 | alle andere punten factor 2-3 lager; punt ligt niet geëxponeerd | 13,29 |
| 65-12-30 | alle andere punten factor 3-5 hoger | 0,67 |

Bijlage 4 Overzicht goedgekeurde metingen die meer dan 3σ afwijken

| Meetpunt | Reden goedkeuring | Goedgekeurde meetwaarde |
|-----------|--|-------------------------|
| 929-R2-12 | behoorlijke spreiding tussen triplo's; alle waarden hoog -> geen reden voor verdenking | 15,74 |
| 21-1-17 | andere metingen in gebied ook relatief hoog | 7,49 |
| 32-2-26 | in periode 26 op veel plaatsen hoge concentraties | 22,80 |
| 35-4-26 | in periode 26 op veel plaatsen hoge concentraties | 16,17 |
| 45-2-26 | in periode 26 op veel plaatsen hoge concentraties | 22,25 |
| 45-3-26 | in periode 26 op veel plaatsen hoge concentraties | 21,06 |
| 61-1-26 | in periode 26 op veel plaatsen hoge concentraties | 12,56 |
| 68-2-26 | in periode 26 op veel plaatsen hoge concentraties | 6,55 |
| 122-1-26 | in periode 26 op veel plaatsen hoge concentraties | 14,72 |
| 122-3-26 | in periode 26 op veel plaatsen hoge concentraties | 14,75 |
| 131-1-26 | in periode 26 op veel plaatsen hoge concentraties | 15,50 |
| 633-R3-26 | in periode 26 op veel plaatsen hoge concentraties | 22,14 |
| 32-5-31 | op andere punten in gebied ook hoge concentraties | 19,43 |
| 87-1-31 | op andere punt in gebied ook hoge concentratie | 24,21 |
| 87-2-31 | op andere punt in gebied ook hoge concentratie | 24,64 |
| 121-2-31 | op andere punt in gebied ook hoge concentratie | 22,47 |
| 21-4-32 | op andere punten in gebied ook hoge concentraties | 8,33 |
| 63-2-32 | op andere punten in gebied ook hoge concentraties | 17,00 |
| 63-4-32 | op andere punten in gebied ook hoge concentraties | 21,81 |
| 63-5-32 | op andere punten in gebied ook hoge concentraties | 19,62 |
| 130-1-32 | op andere punt in gebied ook hoge concentratie | 17,62 |
| 21-2-34 | andere metingen in gebied ook relatief hoog | 7,39 |
| 37-2-34 | andere metingen in gebied ook relatief hoog | 8,75 |

Bijlage 5 Verband tussen meteorologie en afwijking referentiemetingen

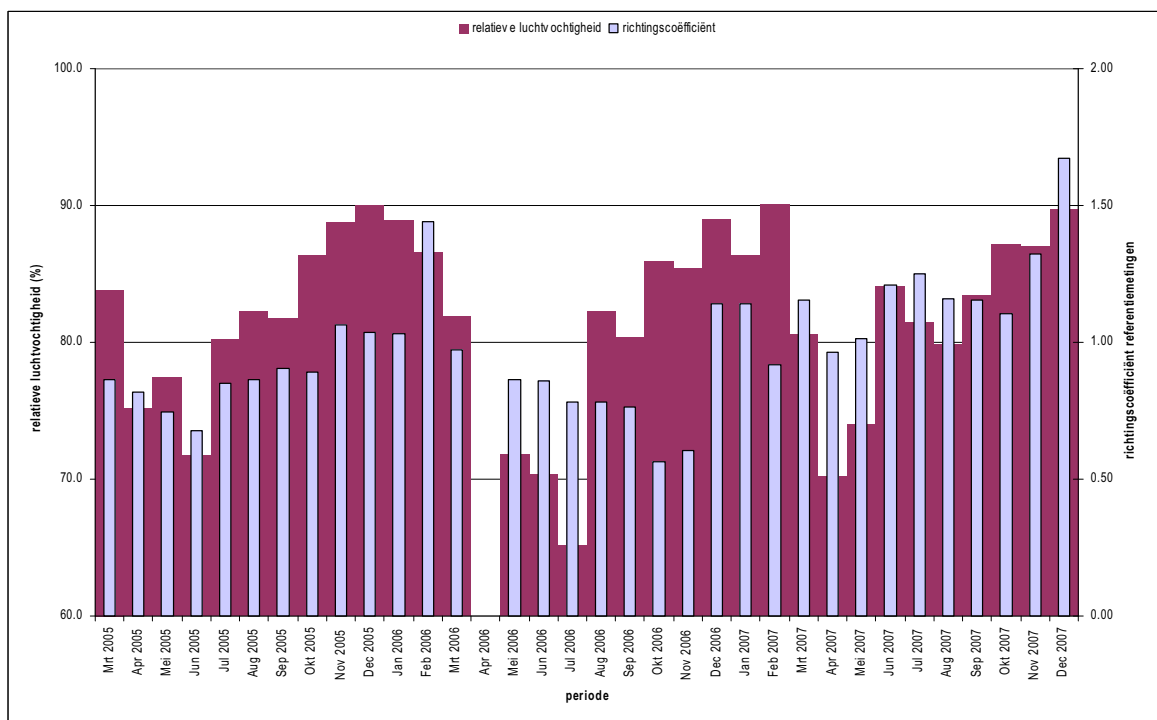
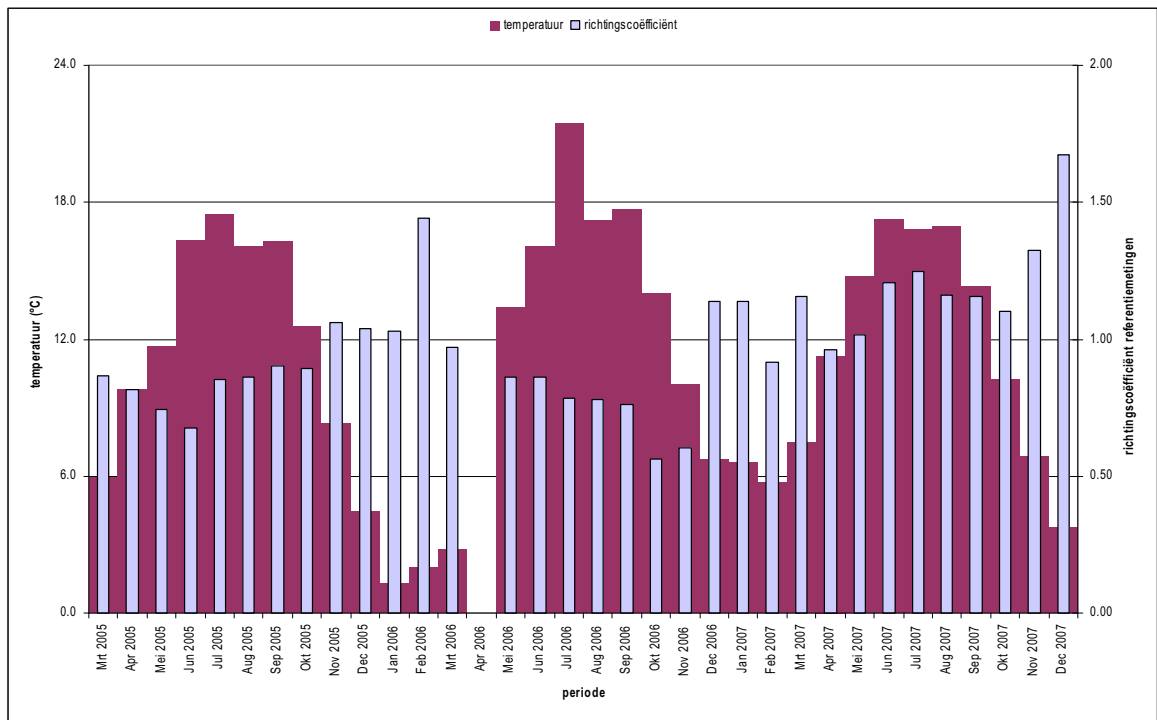
Voor de volledigheid worden in deze bijlage alle grafieken met daarin het verloop van de richtingscoëfficiënt en diverse meteorologische variabelen gegeven. De richtingscoëfficiënt is verkregen door op maandelijkse basis een lineaire regressie (geforceerd door de nul) uit te voeren tussen de gemiddelde triplometingen en de AMOR-waarden. Voor elk referentiestation zijn de uurlijkse meteorologische gegevens van het meest nabijgelegen KNMI-meetstation gebruikt. Het betreft de volgende stations:

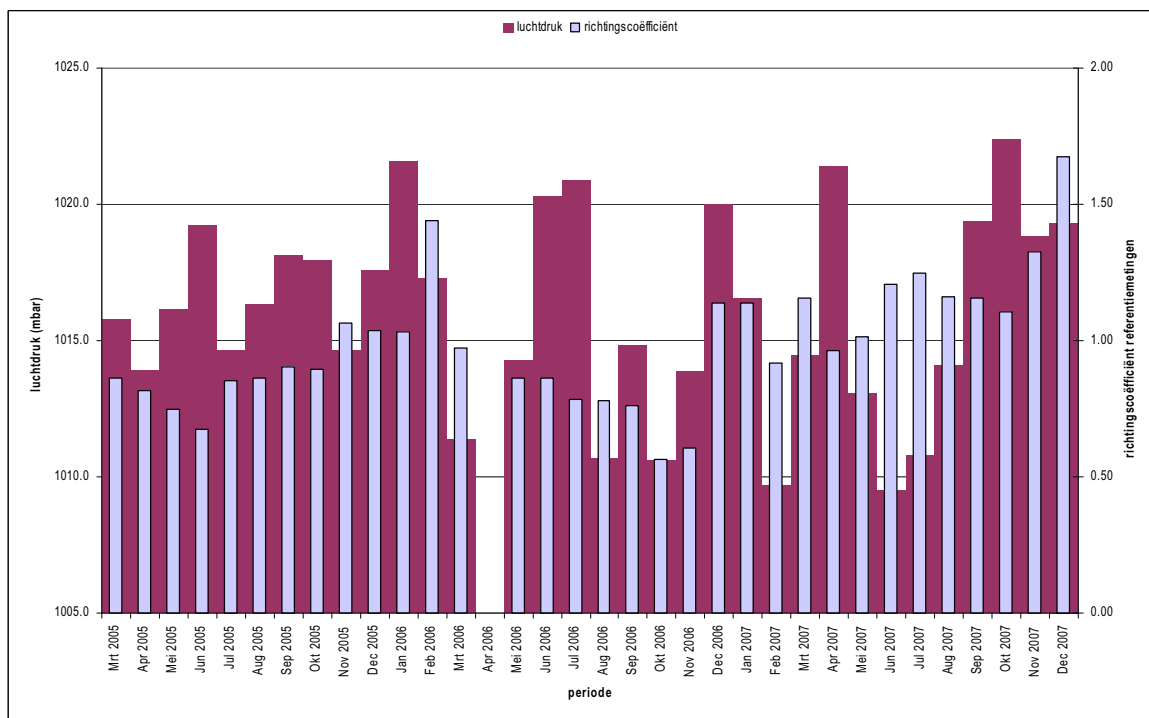
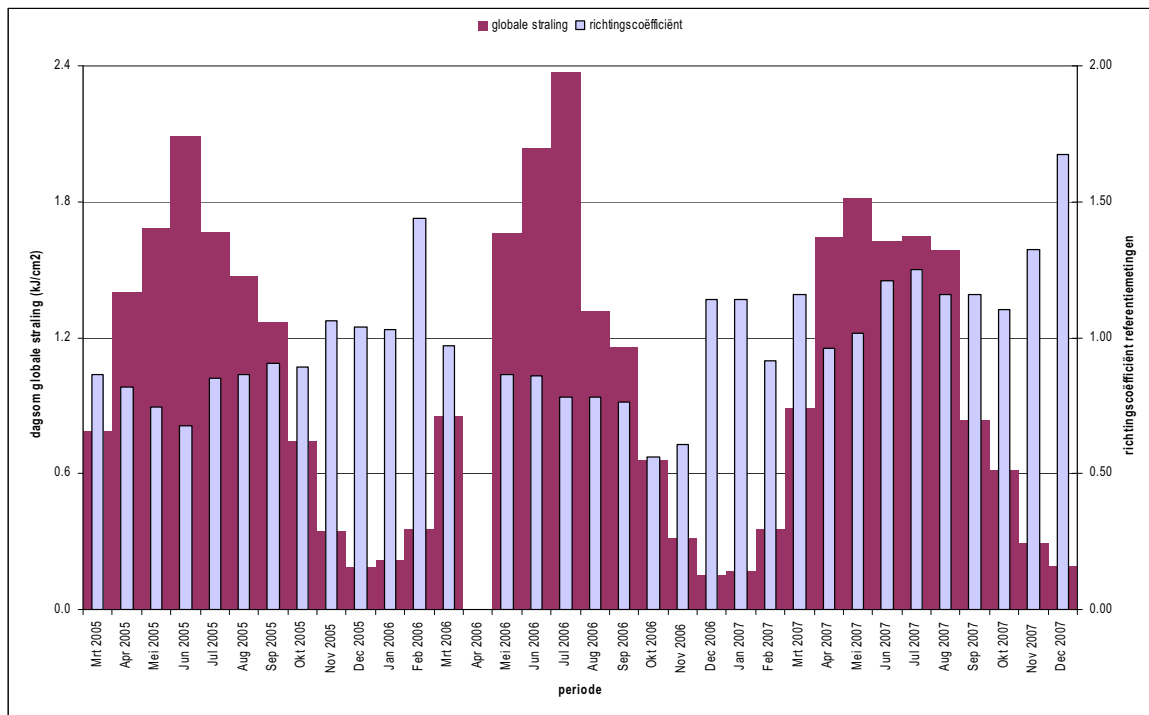
| Referentiestation | KNMI-stationsnummer en naam |
|-------------------|-----------------------------|
| Vredepeel | 375 Volkel |
| De Zilk | 210 Valkenburg |
| Zegveld | 240 Schiphol |
| Wekerom | 275 Deelen |
| Valthermond | 279 Hoogeveen |

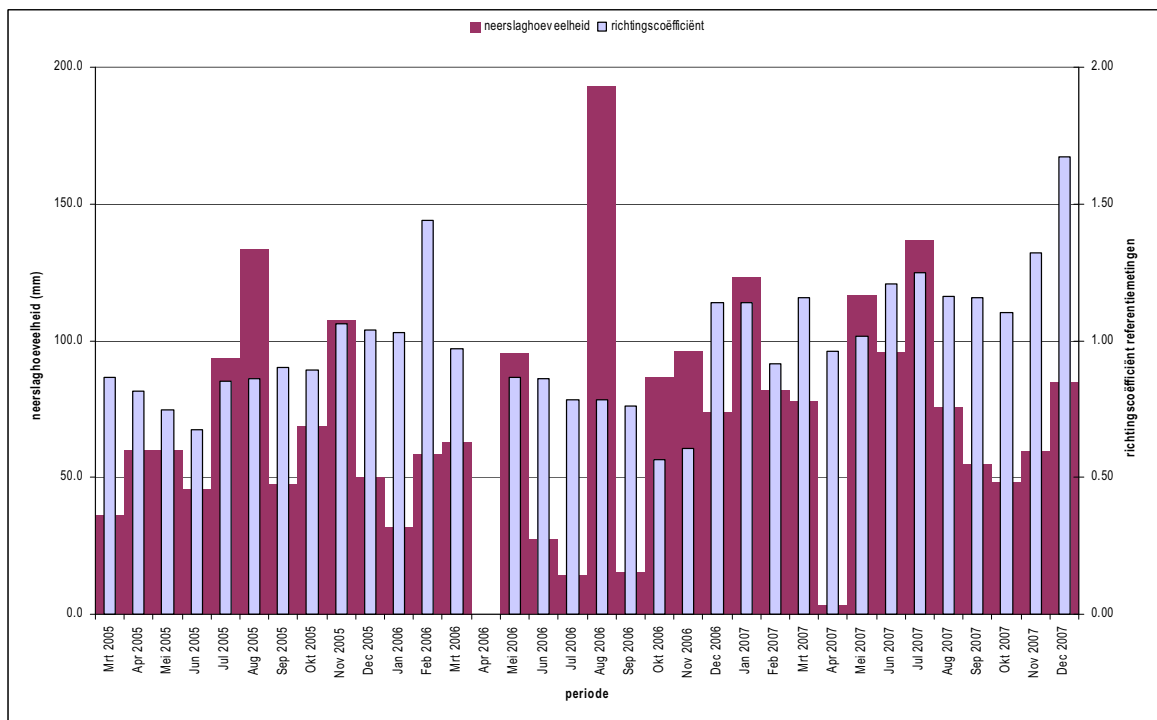
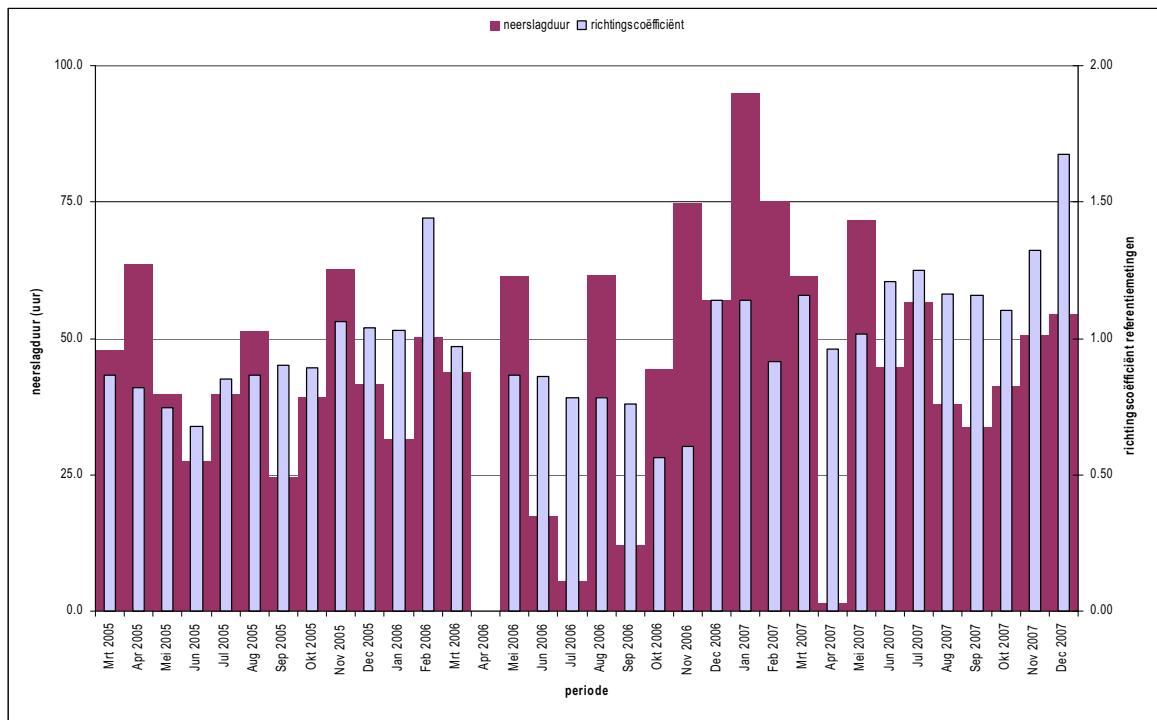
Op basis van de KNMI-gegevens zijn voor elke meetperiode representatieve waarden uitgerekend. Hieronder staat aangegeven hoe voor elke parameter deze representatieve waarde is bepaald.

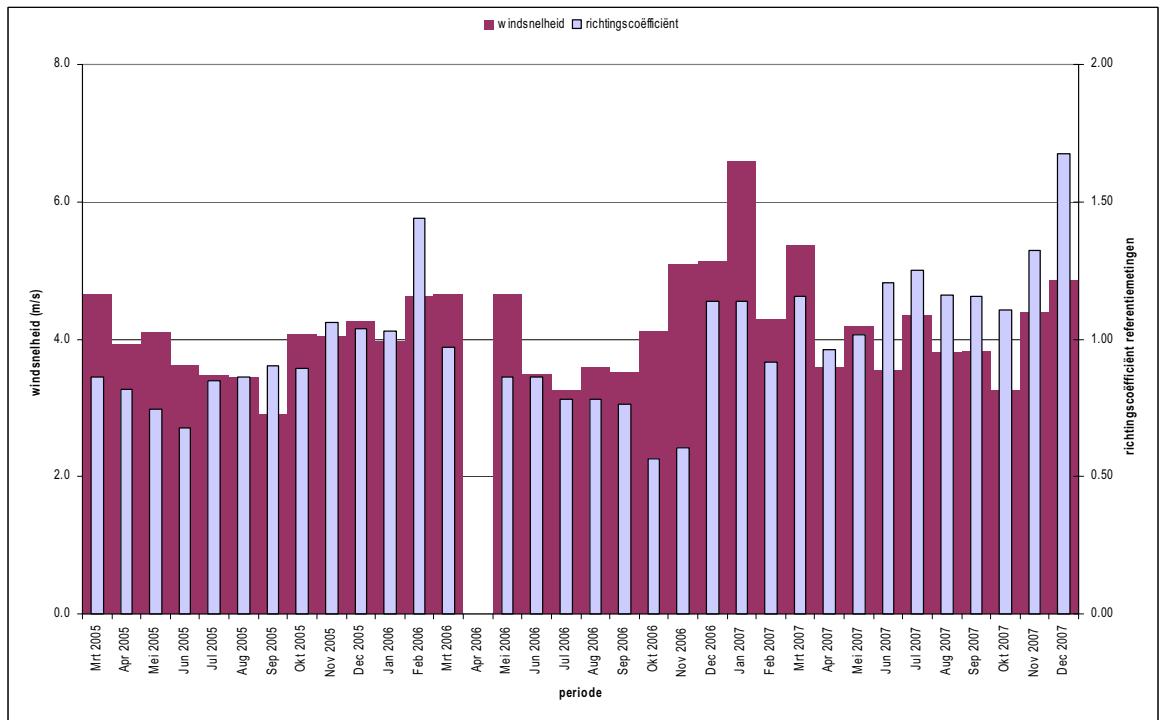
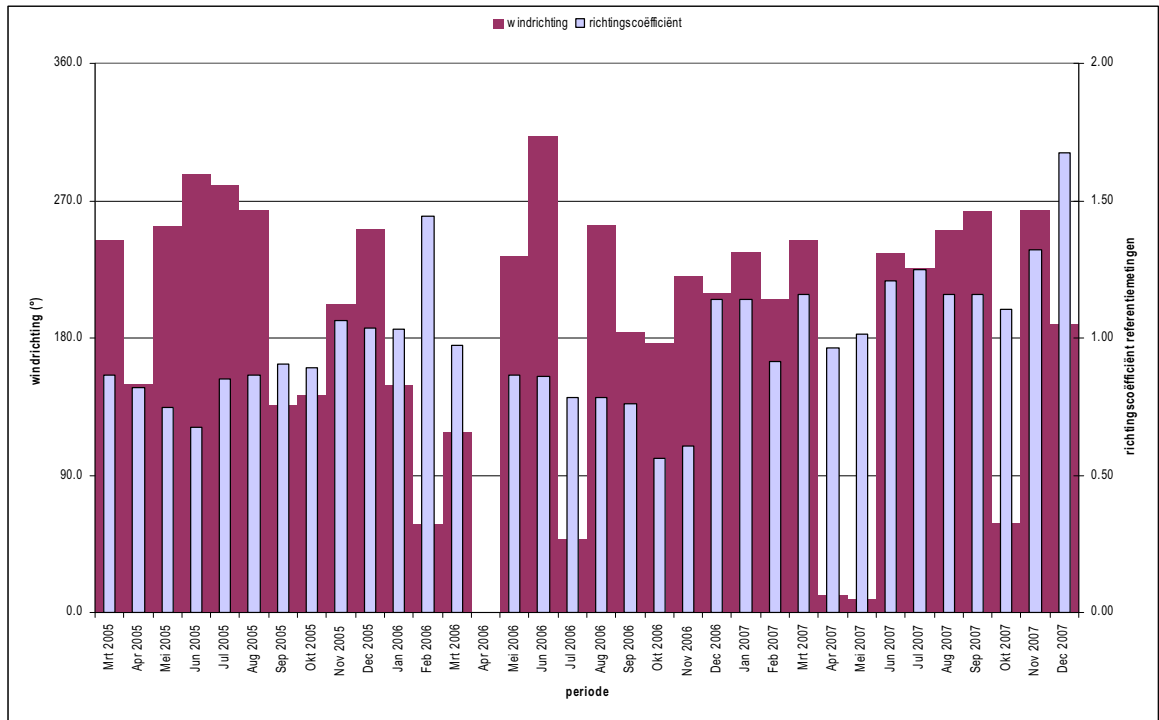
| Meteorologische variabele | Berekeningswijze |
|----------------------------|--|
| Temperatuur | Middeling over monsterperiode |
| Relatieve luchtvochtigheid | Middeling over monsterperiode |
| Globale straling | Sommatie over monsterperiode en omrekening naar daggemiddelde som |
| Luchtdruk | Middeling over monsterperiode |
| Neerslagduur | Sommatie over monsterperiode |
| Neerslaghoeveelheid | Sommatie over monsterperiode |
| Windrichting | Vectoriële sommatie en omrekening naar gemiddelde windrichting over monsterperiode |
| Windsnelheid | Middeling over monsterperiode |

Ten slotte zijn de aldus berekende waarden voor de verschillende referentiestations gemiddeld. Zie voor overige informatie ook Bijlage 2 en dan met name de begeleidende tekst bij Figuur B 3









Lijst van afkortingen

| | |
|-----------------|--|
| AMOR | Ammoniak Monitor RIVM |
| DOAS | Differentiële Optische Absorptie Spectroscopie |
| LML | Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit |
| MAN | Meetnet Ammoniak in Natuurgebieden |
| NH ₃ | Ammoniak |
| OPS | Operationeel Prioritaire Stoffen model |
| VHR | Vogel- en Habitatrichtlijnen |

RIVM

Rijksinstituut
voor Volksgezondheid
en Milieu

Postbus 1
3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl