

RIJKSINSTITUUT VOOR VOLKSGEZONDHEID EN MILIEUHYGIENE
BILTHOVEN

Rapport nr. 222105001

Meetstrategieontwikkeling voor het
representativiteitsonderzoek als onderdeel
van het additioneel meetprogramma ammoniak;
fenomenologie van NH₃ en meetritsimulaties.

G.M.F. Boermans

September 1990

J.W. Erisman

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van de Directie van het
Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne in het kader van het
additioneel programma ammoniak, projectnummer: 222105.

VERZENDLIJST

- 1 Directie Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne
- 2 Dr. R.M. van Aalst
- 3 Dr. J.M.M. Aben
- 4 Ing. H.C. Boelhouwer
- 5 Drs. E. Buijsman
- 6 Drs. H.C. Eerens
- 7 Ir. G.J. Heij
- 8 Ing. J.A. van Jaarsveld
- 9 Dr. F.A.A.M. de Leeuw
- 10 Dr. M.G. Mennen
- 11 Dr. A. van der Meulen
- 12 F.J. Michel
- 13 Dr. D. Onderdelinden
- 14 J.T. Schippers
- 15 Ing. M.A.A. Schutter
- 16 - 17 Auteurs
- 18 - 19 Bibliotheek RIVM
- 20 Bibliotheek LLO
- 21 Bureau Projecten- en Rapportenregistratie
- 22 - 30 Reserve-exemplaren

Mede ter informatie aan

- 31 Dr. W.A.H. Asman
- 32 Ing. L. van der Beld, KEMA
- 33 Ing. J.H. Duijzer, TNO
- 34 Ing. H. Hannesse, VROM
- 35 Drs. P. Hofschreuder, LUW
- 36 Ir. C.T.H. Jansen, Prov. Z-Holland
- 37 Drs. N. Joanknecht, Prov. N-Brabant
- 38 Drs. H. Marseille, VROM
- 39 Dr. F.G. Römer, KEMA

- 40 R. Roos, VROM
- 41 Dr. J. Slanina, ECN
- 42 Ir. R. Smeenge, Prov. Gelderland
- 43 Drs. A.W.M. Vermetten
- 44 Drs. P. Wijers, ECN
- 45 Depot van Nederlandse publikaties en Nederlandse Bibliografie

<u>INHOUDSOPGAVE</u>	Bladnr.
VERZENDLIJST	ii
INHOUDSOPGAVE	iv
ABSTRACT	vi
SAMENVATTING	vii
1. INLEIDING.	1
2. MATERIAAL EN METHODE.	4
2.1. <u>Materiaal</u>	4
2.2. <u>Methode</u>	5
2.2.1. Fenomenologische studie naar het gedrag van ammoniak in de tijd	5
2.2.2. Meetritsimulaties	7
2.2.3. Ontwikkeling van de meetstrategie	13
3. RESULTATEN.	14
3.1. <u>Resultaten van de fenomenologische studie naar het gedrag van ammoniak</u>	14
3.2. <u>Resultaten van de meetritsimulaties</u>	28
4. CONCLUSIES.	33
5. BESCHRIJVING VAN DE MEETSTRATEGIE.	38
LITERATUUR	41

BIJLAGEN.

Bijlage 1. De meetlokatie Vredepeel.	43
Bijlage 2. De meetlokatie Elspeet.	44
Bijlage 3. De meetlokatie Ede.	45
Bijlage 4. Berekeningen met het transportmodel TREND.	46

ABSTRACT

A programme has been developed for measuring concentrations of ammonia in high emission areas aiming at the validation of the system emission/dispersion/deposition of the transport model TREND (Asman and Van Jaarsveld, 1990). This model overestimates concentration and deposition fluxes in high emission areas up to 30-40 % in comparison to available measurements. Annual deposition fluxes need to be determined within 30 % accuracy. Therefore the annual average $5 \times 5 \text{ km}^2$ grid cell (model spatial resolution) concentration must be determined within 20 % accuracy.

On two locations in the Netherlands (Vredepeel, Ede) the concentration of ammonia will be monitored by an automated thermodenuder system. To analyse the spatial representativeness of the measurements for a $5 \times 5 \text{ km}^2$ grid cell additional measurements will be carried out. A measuring strategy has been developed based upon a phenomenological study of the behaviour of ammonia in ambient air and measurement simulations by using existing data of daily average concentrations (Vredepeel, Erisman et al., 1985) and 15 minute average concentrations (Elspeet, Van den Beld and Römer, 1990).

The main results of the fenomenological study show a positive temperature effect for the Elspeet data (high temperature, high concentrations) and also a distinct diurnal pattern with higher concentrations during the day ($7 \mu\text{g}/\text{m}^3$) and lower concentrations during the night ($3 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Monthly average concentrations show small variations for the Elspeet data and higher concentrations during early spring for the Vredepeel data. Peak concentrations (> 90-percentile value) show no clear correlation with meteorological conditions.

The simulations show a 20 % inaccuracy in determining the annual average concentration for each additional location in the $5 \times 5 \text{ km}^2$ grid cell upon application of the developed measuring strategy. Within the develop strategy measurments will be carried out incidentally at 8 additional measuring points in the $5 \times 5 \text{ km}^2$ grid cell. Extrapolation of the measurement results to determine the annual average grid cell concentration will introduce an unknown additional inaccuracy. The inaccuracy of the measuring method is still uncertain (at least 5-10 %). Taking all these uncertainties into account it seems not realizable to determine the annual average grid cell concentration within 20 % accuracy.

SAMENVATTING

In dit rapport wordt onderzoek beschreven ter onderbouwing van een meetstrategie voor metingen van ammoniak in de buitenlucht in gebieden met hoge ammoniakconcentraties. Het gaat hier om incidentele metingen met een meetwagen rond een vast meetpunt, met als doel de relatie tussen jaargemiddelde concentratie op het meetpunt en die, gemiddeld over een gebied van $5 \times 5 \text{ km}^2$ te bepalen. Deze gebiedsgemiddelde concentratie dient voor validatie van modelberekeningen met het TREND-model, op basis van emissiegegevens. De jaargemiddelde depositiefluxen moeten met het model binnen 30 % nauwkeurig bepaald kunnen worden. Als gevolg hiervan moet de jaargemiddelde $5 \times 5 \text{ km}^2$ roostervlakconcentratie bepaald kunnen worden binnen een nauwkeurigheid van 20 %.

De meetstrategie is ontwikkeld aan de hand van de analyse van twee reeksen meetgegevens, nl. daggemiddelde concentraties gemeten te Vredepeel (Erisman et al., 1985) en kwariergemiddelde concentraties gemeten te Elspeet (Van den Beld en Römer, 1990). De analyse is op twee manieren uitgevoerd. In een fenomenologische studie is het gedrag van ammoniak in de tijd en in relatie tot meteorologische variabelen bestudeerd. In meetritsimulaties door middel van steekproeven is de nauwkeurigheid van de bepaling van jaargemiddelde concentraties bij verschillende "meetstrategieën" (steekproefkeuze) onderzocht.

De belangrijkste resultaten van de fenomenologische studie laten een positief temperatuureffect zien voor de dataset Elspeet (hoge temperatuur, hoge concentraties). Voor dezelfde data is ook een duidelijk dagverloop waarneembaar met hogere concentraties overdag ($7 \text{ } \mu\text{g}/\text{m}^3$) en lagere concentraties tijdens de nacht ($3 \text{ } \mu\text{g}/\text{m}^3$). Maandgemiddelde concentraties laten slechts geringe variaties zien voor de dataset Elspeet en hogere concentraties tijdens het vroege voorjaar voor de dataset Vredepeel. Het optreden van piekconcentraties vertoont geen duidelijke relatie met meteorologische omstandigheden.

De meetritsimulaties laten een onnauwkeurigheid zien van 20 % voor de bepaling van een jaargemiddelde concentratie voor elk apart meetpunt binnen het $5 \times 5 \text{ km}^2$ roostervlak bij een toepassing van de ontwikkelde meetstrategie. Extrapolatie van meetresultaten naar de bepaling van een roostervlaktegemiddelde concentratie zal een extra, onbekende

onnauwkeurigheid introduceren. Ook de meetmethode voor ammoniak kent een nog onzekere onnauwkeurigheid (zeker 5-10 %). Samengevat kan derhalve gesteld worden dat het niet haalbaar lijkt om de jaargemiddelde, gemiddelde roostervolkconcentratie te bepalen binnen een nauwkeurigheid van 20 %.

1. INLEIDING.

In dit rapport zijn de resultaten weergegeven van de meetstrategie-ontwikkeling voor het representativiteitsonderzoek als onderdeel van het additioneel meetprogramma ammoniak (Projectvoorstel, 530/89 Er/Ond/ar). Het additioneel meetprogramma ammoniak heeft als doel om tezamen met nauwkeurige emissie-inventarisaties in gebieden met hoge ammoniakemissies het systeem emissie/verspreiding/depositie zoals beschreven met een model te kunnen valideren aan de hand van metingen van ammoniakconcentraties in die gebieden. Het ontwikkelde transportmodel TREND (Asman en van Jaarsveld, 1990) blijkt met de tot nu toe voorhanden zijnde gegevens voor enkele situaties onvoldoende getoetst te kunnen worden. Met name gebieden met zeer hoge ammoniakemissies geven de berekende concentratie- en depositieniveaus een overschatting van circa 30-40% in vergelijking met metingen zoals uitgevoerd door het IMOU op de lokaties Vredepeel en Eibergen (Schneider en Bresser, 1988). Mede van ang in dit geheel is dat de zwaar belaste gebieden veelal samenvallen met de voor verzuring gevoelige gebieden. De resultaten van het additioneel meetprogramma zullen moeten leiden tot verantwoorde modelmatige uitspraken over de concentratie en depositie van ammoniak in Nederland en met name in natuurgebieden. Het is de nadrukkelijke wens van het Ministerie van VROM om uiteindelijk de jaargemiddelde depositieflux van ammoniak op natuurterreinen in Nederland met een nauwkeurigheid van 30 % te kunnen bepalen. Dit houdt in dat de roostervlaktegemiddelde ammoniakconcentraties, verkregen middels het TREND-model, tenminste binnen de 20 % nauwkeurig bepaald moeten kunnen worden. De modelberekeningen zullen gelden voor een regelmatig rooster over Nederland met een resolutie van $5 \times 5 \text{ km}^2$.

Voor de bepaling van de roostervlaktegemiddelde, jaargemiddelde concentratie in belaste gebieden zullen op twee plaatsen in Nederland (Ede en Vredepeel) gedurende één jaar concentratiemetingen van ammoniak plaatsvinden. De concentratiemetingen zullen geschieden rond het middelpunt van het roostervlak ($5 \times 5 \text{ km}^2$) waarin de desbetreffende meetlokaties zijn gesitueerd. Ter bepaling van de representativiteit van deze twee meetpunten ten opzichte van de roostervlak gemiddelde concentraties, zal naast het meetprogramma voor de twee vaste meetpunten tegelijkertijd een representativiteitsonderzoek plaatsvinden met als doel:

Het bepalen van de representativiteit van de gemeten concentratie op een enkel meetpunt ten opzichte van de roostervlaktegemiddelde concentratie rond dit meetpunt. Dit zal worden bepaald aan de hand van gestratificeerde concentratiemetingen welke representatief moeten zijn voor het gehele roostervlak voor één jaar gemiddeld.

Voor de bepaling van deze relatie zullen gedurende enkele dagen van de meetperiode voor de vaste meetpunten (één jaar), aanvullende metingen plaatsvinden binnen het $5 \times 5 \text{ km}^2$ roostervlak, waarin ook de vaste meetpunten liggen, aan de hand van de in dit rapport gepresenteerde meetstrategie. Alle metingen zullen uitgevoerd worden met een continue meetmethode voor ammoniak in de vorm van een thermodenudersysteem zoals ontwikkeld door het ECN. De detectielemiet van de meetmethode is $0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ verkregen bij een monsternameduur van 10 minuten, de reproduceerbaarheid is 5% in een range van $1-10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Keuken et al., 1989). Door vergroting van het meetbereik zal de onnauwkeurigheid van de meetmethode groter als 5% bedragen.

Bij de aanvullende metingen zal een thermodenudersysteem worden ingebouwd in een meetwagen waarmee gedurende enkele dagen een meetprogramma zal worden afgewerkt in de $5 \times 5 \text{ km}^2$ roostervlakken rond de beide vaste meetpunten. Het aantal meetpunten dat per meetdag met de meetwagen maximaal kan worden bemeten en de frequentie waarmee dit kan gebeuren gedurende het jaar (beschikbaarheid meetwagen en manuren), begrenzen de praktische haalbaarheid van de te ontwikkelen meetstrategie. Hierbij wordt uitgegaan van circa 8 meetpunten gelegen in het roostervlak rond het vaste meetpunt. Het maximale aantal meetdagen zal totaal ongeveer 30-40 kunnen bedragen voor beide lokaties.

De variabelen die van belang zijn voor de ruimtelijke representativiteit van een enkel meetpunt en derhalve van belang voor de ontwikkeling van de meetstrategie zijn:

- de afstand van het meetpunt tot bronnen;
- de emissiesterkte van de bronnen;
- de activiteiten van de boeren;
- de windrichting;
- de temperatuur;
- de windsnelheid.

De afstand van het meetpunt tot de bron speelt een rol bij de uiteindelijke

plaatsbepaling van de verschillende meetpunten. Het criterium bij de lokatiekeuze van de meetpunten is dat een zo gering mogelijke directe beïnvloeding door lokale bronnen mag plaatsvinden. Het uitgangspunt hierbij is dat de invloed van een ammoniak-emissiebron op de concentratie in een achtergrondgebied na 300-500 m verwaarloosbaar is (hoofdzakelijk door verdunning). In de situatie met diverse bronnen op korte afstand van elkaar wordt het echter moeilijker dit uitgangspunt te hanteren en zijn de diverse bronnen in totaal als oppervlaktebron te interpreteren.

De emissiesterkte van de bronnen zal voor het gebied rond het meetpunt Vredepeel geïnventariseerd worden door het ingenieursbureau DHV. Voor het gebied rond Ede zal met eigen middelen een emissie-inventarisatie gemaakt worden.

De activiteiten van de boeren is een punt dat zeer moeilijk in kaart gebracht kan worden. Het uitrijgedrag van de boeren is onder meer afhankelijk van regulering, de tijd van het jaar en de meteorologische omstandigheden. Bij de metingen zelf zal door middel van waarnemingen (visueel en reuk) de activiteiten zo goed als mogelijk worden bepaald.

Voor het gebied in de directe omgeving van het meetpunt Vredepeel zal door het ingenieursbureau DHV een inventarisatie gemaakt worden van het uitrijgedrag van de boeren aan de hand van een enquetesysteem. Het slagen hiervan hangt voor een groot deel af van de medewerking van de boeren.

De verwerking en interpretatie van deze gegevens zal door LLO geschieden.

De variabelen windrichting, windsnelheid en temperatuur bepalen in belangrijke mate de verspreiding van ammoniak. Deze zullen in dit onderzoek nader worden bekeken.

Voor de ontwikkeling van de meetstrategie van het representativiteitsonderzoek, zijn aan de volgende punten aandacht besteed:

- een fenomenologische studie naar het gedrag van ammoniakconcentraties in de tijd;
- simulatie van mobiele metingen; aan de hand van steekproef-experimenten zijn enkele simulaties uitgevoerd die model staan voor verschillende aspecten van de meetritten welke zullen worden afgewerkt met de meetwagen binnen het representativiteitsonderzoek. Een meetrit houdt in dat met de meetwagen op een beperkt aantal (maximaal 8) lokaties binnen het 5 x 5 km² roostervlak metingen zullen worden uitgevoerd gedurende een korte (<1 uur) periode.

2. MATERIAAL EN METHODE.

Voor de meetstrategieontwikkeling van het representativiteitsonderzoek zijn resultaten van reeds uitgevoerde concentratiemetingen van ammoniak geanalyseerd. Deze analyse bestaat uit een fenomenologische studie naar het gedrag van ammoniak in de tijd. Het doel van deze studie is het selecteren van factoren die van invloed zijn op de concentratieniveaus van ammoniak. Hierbij zijn onder andere onderzocht de invloed van meteorologische omstandigheden, het optreden van piekconcentraties in de tijd, mede in relatie tot de meteo-omstandigheden, trends in het optreden van concentratieniveaus en de ruimtelijke ligging van bronnen ten opzichte van de meetpunten.

De belangrijkste resultaten van deze studie hebben vervolgens geleid tot het opstellen van een aantal meetstrategiën. De strategiën zijn getoetst op nauwkeurigheid aan de hand van meetritsimulaties met als doel te komen tot een optimale meetstrategie voor het representativiteitsonderzoek.

2.1. Materiaal.

Voor de meetstrategieontwikkeling zijn twee sets van data bewerkt welke in het verdere verloop van dit rapport aangeduid zullen worden als dataset Vredepeel en dataset Elspeet.

Dataset Vredepeel bestaat uit metingen van daggemiddelde ammoniakconcentraties gemeten op 2 m hoogte op het macrostation Vredepeel over de periode 1-9-1984 tot en met 1-9-1985 (Erisman et al., 1986). De dataset heeft over de gehele periode geen uitval. Het meetpunt ligt in een met zéér hoge ammoniakemissies belast gebied.

Dataset Elspeet bestaat uit kwartiergemiddelde ammoniakconcentraties gemeten in Elspeet over de periode 28-4-1989 tot en met 3-4-1990 (Van den Beld en Römer, 1990). Binnen elk uur zijn twee kwartiergemiddelden gemeten op zowel de hoogten 1 als 4 m. Na validatie vertoont de dataset circa 20% reductie. Het meetpunt Elspeet ligt in een met minder ammoniakemissies belast gebied en geeft derhalve minder hoge concentraties van ammoniak te zien.

In bijlagen 1 en 2 zijn kaartjes opgenomen van de gebieden rond de meetlokaties in Vredepeel en Elspeet. Op de kaartjes is een schematisch overzicht gegeven van het landgebruik en de bronlokaties rond de meetpunten. Meteorologische gegevens voor de twee periodes zijn geselecteerd uit de databestanden verkregen middels metingen in het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (Elskamp, 1990).

2.2. Methode.

2.2.1. Fenomenologische studie naar het gedrag van ammoniak in de tijd.

In deze studie is aandacht besteed aan twee verschillende meteo- klassenindelingen, verloop van ammoniakconcentraties in de tijd (maand en dagverloop) en overschrijdingen van de 90, 95 en 98 percentielwaarden (piekconcentraties) gerelateerd aan meteorologische omstandigheden, zoals die tijdens de metingen zijn opgetreden. Bij daggemiddelde concentraties zijn de bijbehorende meteorologische omstandigheden bepaald uit de uurgemiddelde gegevens van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit.

Het aantal meteo-klassen waarbinnen het representativiteitsonderzoek kan worden uitgevoerd, wordt sterk bepaald door de capaciteit die beschikbaar is voor de metingen. Het is op basis hiervan niet haalbaar om meer dan 16 klassen te selecteren, zodat per meetlokatie dan nog altijd 16 succesvolle meetdagen nodig zullen zijn.

Er zijn twee meteo-klassenindelingen gemaakt welke beide zijn toegepast op de beschikbare data. De twee klassenindelingen zullen in het verdere verloop van dit rapport aangeduid worden met meteo-klassenindeling A en meteo-klassenindeling B.

Meteo-klassenindeling A is gebaseerd op de volgende indeling:

4 windrichtingsklassen, met combinaties van hoge en lage windsnelheid en temperatuur over het jaar 1989.

De gemiddelde waarden voor de windsnelheid (U, m/s) en Temperatuur (T, °C) zoals bepaald over het jaar 1989, zijn respectievelijk 3 m/s ($\sigma=2.0$) en 10.7 °C ($\sigma=6.3$).

Meteo-klassenindeling A:

- Windrichtingen Noord, Oost, Zuid en West elk onderverdeeld in vier klassen:

1. $U \geq 3$ en $T > 11$
2. $U \geq 3$ en $T \leq 11$
3. $U < 3$ en $T > 11$
4. $U < 3$ en $T \leq 11$

In totaal geeft deze indeling 16 meteo-klassen. De indeling is geheel dekkend voor alle meteorologische omstandigheden.

Meteo-klassenindeling B bestaat uit een selectie van de 16 meest frequent voorkomende klassen bij een totale indeling in 36 klassen:

4 windrichtingsklassen, alle onderverdeeld in 9 klassen afgeleid van een voor het jaar 1989 gemiddelde windsnelheid, temperatuur en berekende spreiding van deze twee gemiddelden.

Meteo-klassenindeling B:

- Windrichtingen Noord, Oost, Zuid en West elk onderverdeeld in negen klassen:

- | | | |
|--------------------------|--------------------------|----------------------------|
| 1. $U > 5$ en $T > 17$ | 4. $U < 1$ en $T > 17$ | 7. $U [1;5]$ en $T > 17$ |
| 2. $U > 5$ en $T < 4$ | 5. $U < 1$ en $T < 4$ | 8. $U [1;5]$ en $T < 4$ |
| 3. $U > 5$ en $T [4;17]$ | 6. $U < 1$ en $T [4;17]$ | 9. $U [1;5]$ en $T [4;17]$ |

Zowel voor dataset Vredepeel als ook voor dataset Elspeet is een maandgemiddeld verloop van ammoniakconcentraties bepaald.

Voor dataset Elspeet zijn uurgemiddelde concentraties berekend en is een gemiddeld dagverloop bepaald voor zowel de hoogten 1 als 4 m. Het dagverloop is vergeleken met het berekeningen van het model TREND (Asman en van Jaarsveld, 1990).

Vervolgens zijn van dataset Elspeet uurgemiddelde concentraties gegroepeerd voor 2 windsnelheid- en 2 temperatuurklassen voor elke windrichting van meteo-klassenindeling A en is voor al deze situaties het gemiddelde dagverloop bepaald. Er is gekozen voor deze methode, boven de keuze van de

16 klassen van meteo-klassenindeling A, gezien het feit dat hiermee de afzonderlijke dagverlopen op meer data zijn gebaseerd.

Voor dataset Vredepeel en voor dataset Elspeet zijn piekconcentraties geselecteerd. Een piekwaarde in deze is gedefinieerd als een concentratie groter of gelijk aan de 90 percentielwaarde.

De 90, 95 en 98 percentielwaarden zijn berekend en de frequentieverdeling is bepaald voor het optreden van overschrijdingen van deze percentielwaarden binnen de meteo-klassenindelingen A en B. De differentiatie in een 90, 95 en 98 percentielwaarde geeft een gedetailleerder beeld van de concentratieverschillen tussen de piekwaarden onderling. Vervolgens is gezocht naar een trend in het optreden van piekwaarden in de meteo-klassenindelingen A en B.

2.2.2. Meetritsimulaties.

Het doel van de meetritsimulaties is een theoretisch opgestelde methode voor het bepalen van een representatieve jaargemiddelde concentratie op één van de 8 extra meetpunten, te toetsen op systematische afwijkingen en precisie. Voor de simulaties zijn eveneens de datasets Vredepeel en Elspeet gebruikt. Het toetsingscriterium bij de simulaties is het vergelijken van de simulatie-uitkomsten met de berekende gemiddelde gemeten concentratie van dataset Vredepeel of Elspeet, afhankelijk van de gebruikte dataset.

Elke simulatie staat model voor een deelaspect van de meetstrategie van het representativiteitsonderzoek. Bij de opzet van de meetstrategie wordt uitgegaan van 8 meetpunten in het roostervlak rond het vaste meetpunt welke op elk van de in totaal 16 meetdagen met de meetwagen bemeten zullen worden met een monsternameduur van 10 minuten. De 16 meetdagen zullen ingedeeld worden in de 16 klassen van meteo-klassenindeling A (dit naar aanleiding van de resultaten van 2.2.1.). De resultaten van de simulaties gelden voor de bepaling van een jaargemiddelde concentratie op één van de 8 extra meetpunten. Hierbij wordt de aanname gemaakt dat op iedere geselecteerde lokatie het gedrag van ammoniak hetzelfde zal zijn. In hoeverre de concentratiemetingen op de 8 meetpunten in ruimtelijk opzicht representatief zijn voor het gehele roostervlak, is bij gebrek aan

bestaande metingen waarop een dergelijk onderzoek kan worden gebaseerd, niet onderzocht in de simulaties.

De simulaties zijn uitgevoerd door middel van steekproefexperimenten. Hiertoe zijn uit een van de twee datasets aselecte trekkingen verricht zonder teruglegging. De trekkingen zijn vervolgens al dan niet gewogen gemiddeld voor de bepaling van een jaargemiddelde concentratie. Voor een toetsing van de precisie en van het optreden van een eventuele systematische afwijking in de jaargemiddelde concentratie van de verschillende steekproeven, is elke steekproef 10 maal herhaald. De term precisie staat in dit onderzoek voor de spreiding van het berekende gemiddelde van deze 10 herhalingen. De ligging van dit berekende spreidingsinterval ten opzichte van het gemiddelde van de gehele dataset (Vredepeel of Elspeet) geeft de systematische afwijking weer in de methode voor de bepaling van een jaargemiddelde concentratie.

In totaal zijn 12 steekproefexperimenten uitgevoerd. Zes steekproeven voor dataset Vredepeel en eveneens zes voor dataset Elspeet. De verschillende steekproeven zijn per dataset genummerd.

Steekproeven Vredepeel 1 en 2.

Het doel van deze twee steekproeven is het vergelijken van de invloed van het al dan niet gestratificeerd meten op de bepaling van een jaargemiddelde concentratie. Gezien het feit dat dataset Vredepeel bestaat uit daggemiddelden, simuleert elke trekking één meetdag. De trekkingen zijn in 16-voud uitgevoerd vanwege het feit dat de meteo-klassenindeling A uit 16 klassen bestaat. De trekkingen zijn voor n oplopend van 1 tot en met 10, n maal 16 keer herhaald en per 16-voud gemiddeld. De trekkingen voor $n > 1$ geven een beeld in hoeverre de precisie van de experimenten wordt vergroot bij de selectie van een veel groter aantal meetdagen als in de praktijk haalbaar. Het totaal van de experimenten is vervolgens 10 maal herhaald voor de bepaling van het spreidingsinterval.

Steekproef Vredepeel 1:

Bij deze steekproef is de gehele dataset Vredepeel gebruikt, zonder meteo-klassenindeling en dient als referentie voor Steekproef Vredepeel 2.

Steekproef Vredepeel 2:

Bij deze tweede steekproef is de dataset ingedeeld in de 16 klassen van meteo-klassenindeling A. Bij elk 16-voud van trekkingen is één trekking verricht uit elke klasse en is vervolgens een gewogen gemiddelde bepaald.

Steekproeven Vredepeel 3 tot en met 6.

Het doel van deze reeks van 4 steekproeven is te onderzoeken in hoeverre een verhoogde precisie zal optreden indien bij de trekkingen opzettelijk en in de juiste verhouding, voor een deel hoge concentratieniveaus worden geselecteerd bij de bepaling van een jaargemiddelde concentratie. Bij deze steekproeven is geen indeling in de verschillende meteo-klassen toegepast. De relevantie van deze onderzoeksvraag is dat het wel of niet selecteren van een piekconcentratie van grote invloed is op de bepaling van een gemiddelde concentratie en dat het optreden van een piekconcentratie nu juist moeilijk is te voorspellen. In de uiteindelijke meetstrategie kan afhankelijk van de resultaten van deze 4 steekproeven overwogen worden om op een aantal van de 16 meetdagen te gaan meten op dagen met op voorhand te verwachte hoge concentraties (uitrij-periodes van mest). Aan de hand van de metingen van het vaste meetpunt kan vervolgens achteraf een schatting gemaakt worden van het voorkomen van dergelijke hoge concentraties in het desbetreffende roostervlak en kan middeling in een juiste verhouding plaatsvinden.

De structuur van de 4 steekproeven is dat dataset Vredepeel is opgesplitst in twee klassen: een hoge percentielverdelingsklasse, met hierin uitsluitend piekconcentraties en het complement van deze klasse. Vervolgens zijn in een juiste verhouding trekkingen verricht uit de beide klassen en is een gemiddelde bepaald. Ook hier zijn alle experimenten 10 maal herhaald voor de bepaling van het spreidingsinterval.

Steekproef Vredepeel 3:

Dit experiment is uitgevoerd met trekkingen zonder onderscheid in percentielverdelingsklassen en dient als referentie (blanco) voor de overige drie experimenten. Elke trekking simuleert één meetdag. De trekkingen zijn uitgevoerd voor het aantal van 10, 20, 30, 40 en 50 meetdagen. De steekproef is in opzet gelijk aan steekproef Vredepeel 1, alleen verschilt het aantal trekkingen.

Steekproef Vredepeel 4:

Dit experiment is uitgevoerd met trekkingen in de verhouding 1:4 uit respectievelijk de 80 percentielverdelingsklasse en het complement hiervan. Elke trekking simuleert één meetdag. De trekkingen zijn uitgevoerd voor het aantal van 10, 20, 30, 40 en 50 meetdagen. Bij het aantal van 10 trekkingen vinden aldus 2 trekkingen plaats uit de 80 percentielverdelingsklasse en 8 trekkingen uit het complement van deze klasse. Deze 10 trekkingen zijn vervolgens gemiddeld. Dit geheel is weer 10 maal herhaald voor de bepaling van het spreidingsinterval.

Steekproef Vredepeel 5:

Dit experiment is uitgevoerd met trekkingen in de verhouding 1:9 uit respectievelijk de 90 percentielverdelingsklasse en het complement hiervan. Elke trekking simuleert één meetdag. De trekkingen zijn uitgevoerd voor het aantal van 10, 20, 30, 40 en 50 meetdagen. Bij het aantal van 10 trekkingen vindt aldus 1 trekking plaats uit de 90 percentielverdelingsklasse en 9 trekkingen uit het complement van deze klasse. Deze 10 trekkingen zijn vervolgens gemiddeld. Dit geheel is weer 10 maal herhaald voor de bepaling van het spreidingsinterval.

Steekproef Vredepeel 6:

Dit experiment is uitgevoerd met trekkingen in de verhouding 1:19 uit respectievelijk de 95 percentielverdelingsklasse en het complement hiervan. Elke trekking simuleert één meetdag. De trekkingen zijn uitgevoerd voor het aantal van 20, 40 en 60 meetdagen. Bij het aantal van 20 trekkingen vindt aldus 1 trekking plaats uit de 95 percentielverdelingsklasse en 19 trekkingen uit het complement van deze klasse. Deze 20 trekkingen zijn vervolgens gemiddeld. Dit geheel is weer 10 maal herhaald voor de bepaling van het spreidingsinterval.

Steekproeven Elspeet 1 tot en met 6.

Het doel van de 6 steekproeven is na te gaan hoe nauwkeurig de jaargemiddelde concentratie wordt benaderd. De randvoorwaarden voor de trekkingen en de selectie van uurgemiddelde concentraties zijn voor elke steekproef verschillend.

Voor alle 6 de steekproeven is de situatie gesimuleerd dat op 16 dagen wordt gemeten. De 16 dagen zijn ingedeeld in de 16 klassen van meteo-klassenindeling A. Voor een juiste simulatie zijn eerst daggemiddelde concentraties berekend voor dataset Elspeet. De daggemiddelden zijn vervolgens (met de eveneens daggemiddelde meteorologische omstandigheden) ingedeeld in de 16 klassen van meteo-klassenindeling A. Vervolgens is van elke klasse één waarde getrokken. Deze 16 waarden simuleren de data van de 16 meetdagen. De selectie (geen aselechte trekking) van uurgemiddelde concentraties (aantal en tijdstippen gedurende een etmaal) uit deze 16 data (meetdagen) is vervolgens verschillend voor de 6 steekproeven. Elke steekproef is uitgevoerd voor de situatie op zowel 1 als 4 m hoogte.

Steekproef Elspeet 1:

De steekproef is uitgevoerd onder de randvoorwaarde van de selectie van 16 meetdagen en slechts één meting per dag op elk van de 8 extra meetpunten. Gezien de situatie voor slechts één van de 8 meetpunten wordt gesimuleerd betekend dit dat in totaal slechts 16 uurgemiddelde waarden zijn geselecteerd. Gezien het dagverloop van de concentraties in Elspeet zijn hiertoe 16 uurgemiddelden geselecteerd in een verhouding 1:3 's nachts (22.00-6.00 uur) en overdag (10.00-18.00 uur). De keuzes van de intervallen hangen samen met het dagverloop. Middeling van data van deze twee geselecteerde dagdelen vertoont een verwaarloosbare afwijking ten opzichte van het gemiddelde van de totale dataset. De verhouding 1:3 's nachts en overdag hangt samen met het praktische gegeven dat 's nachts meten met de meetwagen minder wenselijk is. Om deze reden is ook het aantal perioden gedurende een etmaal voor de metingen beperkt tot twee. De 16 uurgemiddelde waarden zijn maximaal verspreid geselecteerd binnen de twee tijdsintervallen. Deze spreiding geldt niet alleen in de tijd maar ook voor de verschillende meteorologische omstandigheden zoals omschreven in meteo-klassenindeling A. De 16 geselecteerde waarden zijn vervolgens gewogen gemiddeld. Het geheel is weer 10 maal herhaald voor de bepaling van het spreidingsinterval.

Steekproef Elspeet 2:

De randvoorwaarde voor de selectie van uurwaarden voor deze steekproef is gelijk aan steekproef Elspeet 1 met dit verschil dat nu twee metingen per dag op elk van de 8 extra meetpunten plaatsvinden. Er zijn derhalve twee maal zoveel uurgemiddelden geselecteerd uit de 16 aselechte getrokken

meetdagen. Bij de selectie is rekening gehouden met het vaste tijdsverschil tussen de metingen onderling zoals in de praktijk zal optreden.

Steekproef Elspeet 3:

Ook voor deze steekproef zijn de randvoorwaarden voor de selectie van uurwaarden gelijk aan de randvoorwaarden zoals gesteld voor steekproef Elspeet 1. Het enige verschil is dat alleen in het tijdsinterval 10.00-18.00 uur wordt gemeten. Met deze steekproef wordt onderzocht in hoeverre ook metingen 's nachts noodzakelijk zijn voor de nauwkeurige en precisie bepaling van een representatief jaargemiddelde concentratie. De 16 uurgemiddelde waarden zijn aldus geselecteerd binnen het hier gestelde tijdsinterval en vervolgens gemiddeld.

Steekproef Elspeet 4:

Deze steekproef is gelijk aan Elspeet 3 met dit verschil dat weer twee maal zoveel uurwaarden zijn geselecteerd uit de 16 aselekt getrokken meetdagen. Hier ligt dezelfde randvoorwaarde aan ten grondslag zoals gesteld in steekproef Elspeet 2.

Steekproef Elspeet 5:

Voor een optimale benadering van het doel zoals gesteld voor de verschillende steekproeven, is bij deze steekproef tevens het aspect van trekkingen uit een hoge percentielverdelingsklasse en het complement hiervan, opgenomen in de trekking van de 16 meetdagen (zie voor dit aspect ook de steekproeven Vredepeel 3 tot en met 6). Hiertoe zijn de berekende daggemiddelde concentraties van dataset Elspeet ingedeeld in een hoge percentielverdelingsklasse en het complement hiervan. De percentielwaarde welke als grenswaarde geldt voor de beide klassen is dusdanig gekozen dat trekking in een verhouding 1:15 uit beide klassen kan plaatsvinden (dit is de $100 - 100/16 = 93.75$ percentielwaarde). Na de trekking van een piekwaarde is bepaald tot welke meteo-klasse de waarde behoort. De overige 15 meetdagen zijn getrokken uit de complementaire percentielverdelingsklasse met uit elke resterende 15 meteo-klassen één waarde. De selectie van de 16 uurwaarden is vervolgens op een zelfde wijze gebeurd als bij steekproef Elspeet 1.

Steekproef Elspeet 6:

Deze laatste steekproef is gelijk aan steekproef Elspeet 5 maar weer met het verschil dat twee maal zoveel uurwaarden zijn geselecteerd uit de 16 aselekt getrokken meetdagen (gelijk de steekproeven Elspeet 2 en 4).

2.2.3. Ontwikkeling van de meetstrategie.

Aan de hand van de resultaten van de diverse onderzochte aspecten is vervolgens een meetstrategie ontwikkeld. Hierbij is getracht een zo goed mogelijke afweging te maken tussen de resultaten vanuit de theorie en enkele praktische aspecten zoals de hoeveelheid beschikbare tijd voor het aantal meetdagen en de meetmogelijkheden binnen één meetdag. Bij de ontwikkeling van de meetstrategie is ook rekening gehouden met de ruimtelijke spreiding van het nader te bepalen aantal meetpunten binnen het roostervlak. Bij de plaatsbepaling van de meetpunten zijn hiervoor de volgende criteria gehanteerd:

- De mogelijke direkte beïnvloeding door lokale bronnen bij de concentratiemetingen moet zo gering mogelijk zijn. Het uitgangspunt hierbij is een afstand van 300-500 m tussen meetpunt en puntbron of oppervlaktebron afhankelijk van de grootte van de bron.
- De meetpunten zijn homogeen verspreid over het roostervlak.
- De lokatie van elk meetpunt is representatief gekozen voor de ruwheidskenmerken van het omliggende gebied (straal 300-500 m).

Een belangrijk aspect voor de opgestelde meetstrategie is terugkoppeling aan de gestelde nauwkeurigheid van 20 %, waarmee de jaargemiddelde roostervlakconcentratie uiteindelijk bepaald moet kunnen worden.

3. RESULTATEN.

3.1 Resultaten van de fenomenologische studie naar het gedrag van ammoniak.

Jaargemiddelde concentraties

De berekende gemiddelde concentraties van dataset Vredepeel en Elspeet zijn gepresenteerd in tabel 1.

Tabel 1. Gemiddelde concentraties van ammoniak ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en de standaardafwijking σ hierin voor de gehele meetperiode.

<u>lokatie</u>	<u>[NH₃]</u>	<u>σ</u>	
Vredepeel	12.4	13.6	(24 uurgemiddelde metingen)
Elspeet 1 m	4.6	3.6	(15 minuutgemiddelde metingen)
Elspeet 4 m	5.2	4.6	(15 minuutgemiddelde metingen)

De metingen zoals uitgevoerd op de lokatie Vredepeel zijn zonder meer te kwalificeren als zijnde representatief voor het gebruik ter ontwikkeling van een meetstrategie voor het representativiteitsonderzoek (hoge emissies en een hoge jaargemiddelde concentratie). Een van de twee vaste meetpunten voor het additioneel meetprogramma ammoniak is ook gelegen op dezelfde lokatie. De metingen zoals uitgevoerd op de lokatie Elspeet zijn minder representatief. Het gebied is minder zwaar belast met ammoniakemissies. Dit komt ook tot uiting in een lagere jaargemiddelde concentratie (tabel 1). Een voordeel van de meetreeks is dat 15 minuutgemiddelde concentraties zijn gemeten en derhalve een dagverloop kan worden bepaald. Dit geldt niet voor dataset Vredepeel.

Meteo-klassenindelingen A en B

De figuren 1 tot en met 4 geven in elke figuur respectievelijk de concentratieverdeling, het percentage van voorkomen en de piekfrequentieverdeling weer, voor de datasets Vredepeel en Elspeet. De piekfrequentieverdeling voor dataset Elspeet is alleen gebaseerd op de metingen van 1 m

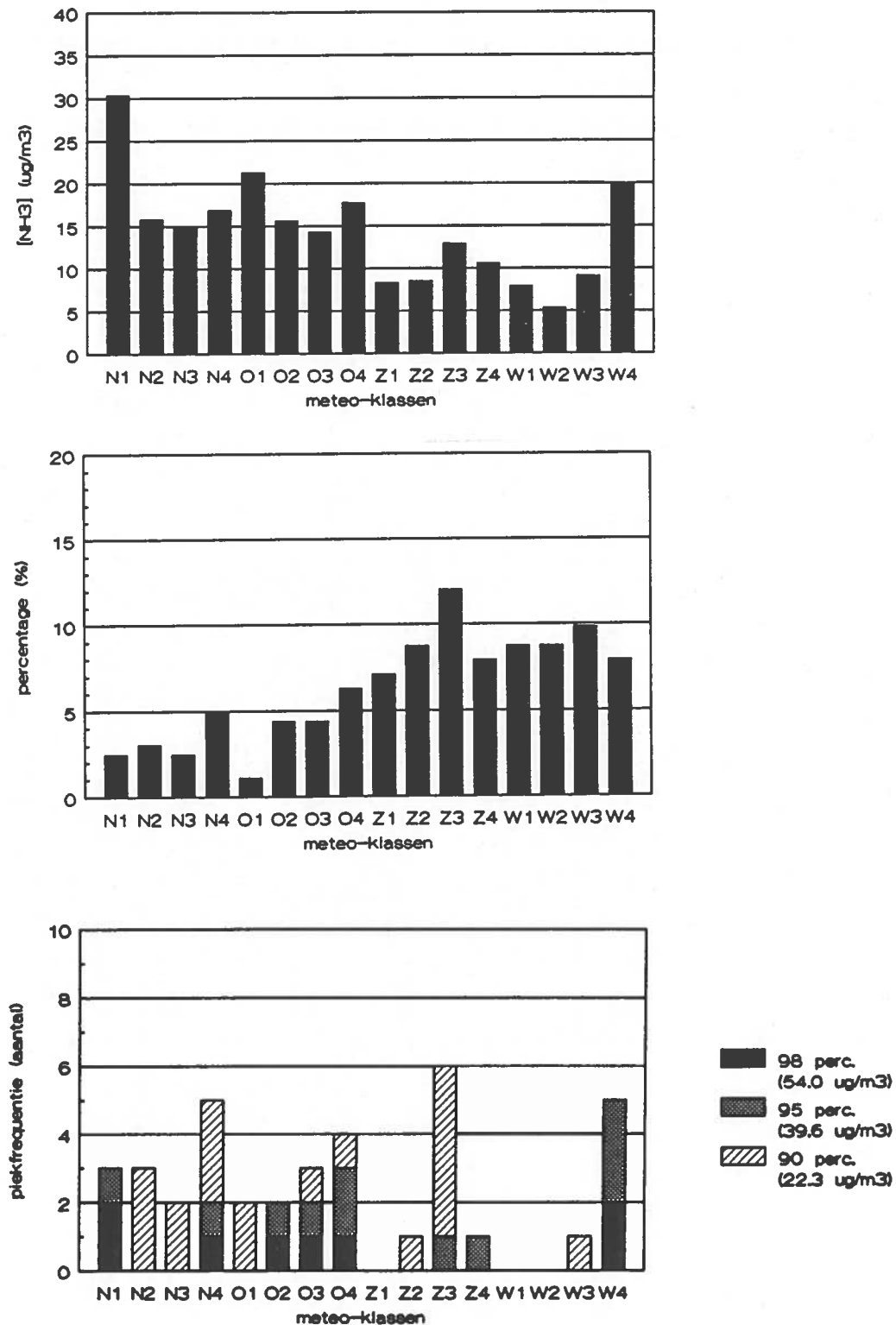
hoogte. In figuur 1 valt op te merken dat de klassen binnen de windrichtingen Noord en Oost minder in frequentie voorkomen, maar dat binnen deze klassen absoluut en relatief de meeste piekconcentraties voorkomen en mede hierdoor bepaald, gemiddeld een hoger concentratieniveau optreedt. Uit figuur 3 valt af te leiden dat de data van Elspeek veel geringere concentratieverschillen laat zien tussen de diverse klassen. Ook wijken de 90, 95 en 98 percentielwaarden veel minder af van het gemiddelde van de gehele dataset dan voor de data van Vredepeel. Dit valt voor een groot deel te verklaren uit het feit dat de meetlokatie Elspeek is gelegen in een gebied dat minder zwaar is belast met ammoniakemissies.

De figuren 2 en 4 laten zien dat de selectie van de 16 meest frequent voorkomende klassen uit meteo-klassenindeling B voor de datasets Elspeek en Vredepeel verschillend is. Het toegevoegde inlegvel geeft een schematische weergave van de meteo-klassenindelingen A en B. De 16 meest frequent voorkomende klassen zijn in de figuren 2 en 4 met een pijltje aangeduid. Het verschil tussen de datasets Vredepeel en Elspeek wordt geheel veroorzaakt door de spreiding in het optreden van verschillende weertypen gedurende de afzonderlijke meetperioden. De klassen die voor beide selecties niet overlappen zijn: N3, N6, N7, N8, O6, W5, W6 en W8. Deze spreiding maakt een selectie van 16 meteo-klassen uit een totaal van 36 op voorhand erg onbetrouwbaar. Een dergelijke selectie zou voor de metingen wel noodzakelijk zijn.

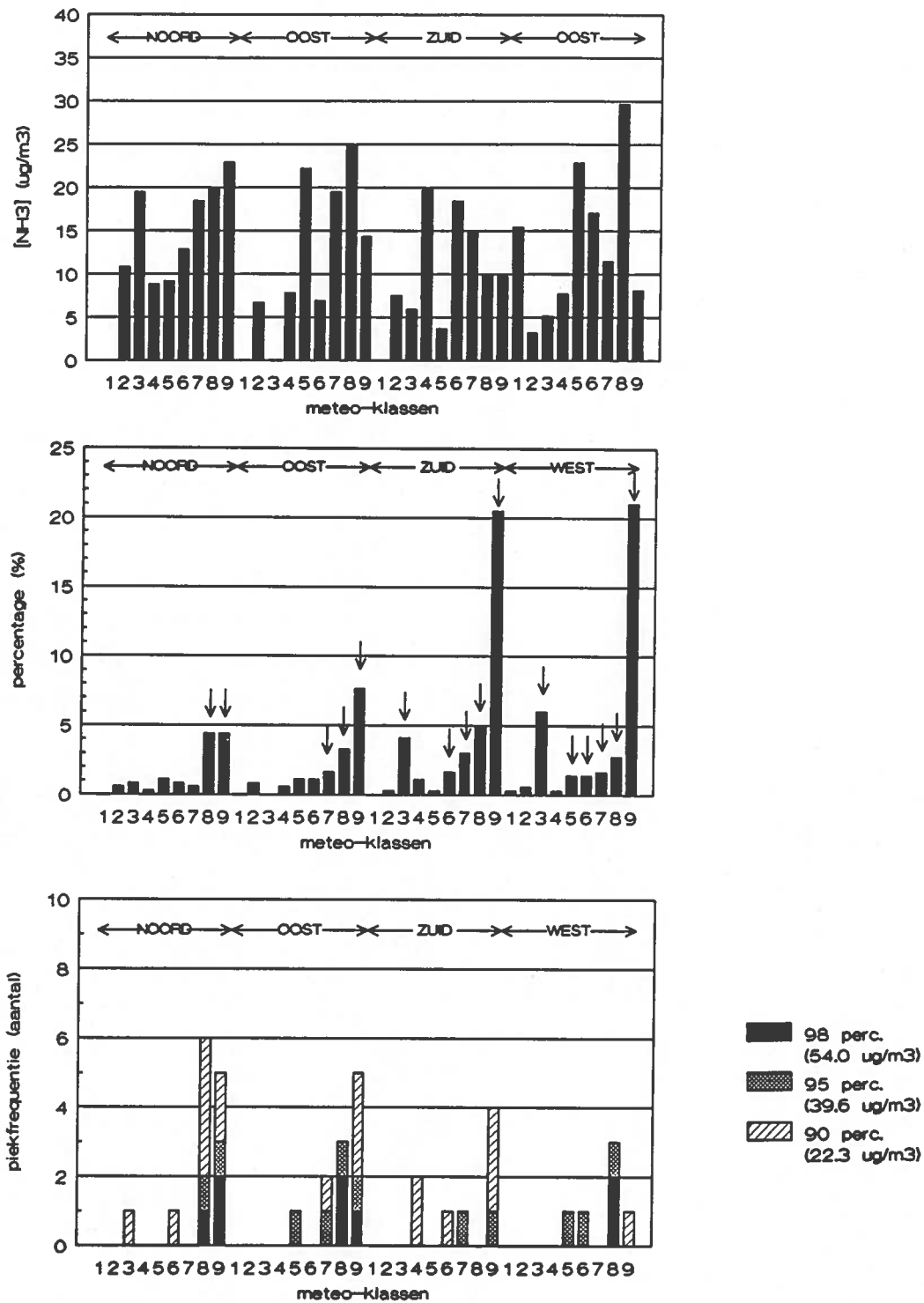
Bij een selectie van 16 klassen wordt ook een systematische fout geïntroduceerd binnen de bepaling van een jaargemiddelde concentratie. Deze fout zal groter worden naarmate de niet geselecteerde klassen grotere concentratieniveauverschillen laten zien ten opzichte van het gemiddelde van de gehele dataset. In figuur 2 zijn de klassen N3, N7, Z5 en O2 hiervan goede voorbeelden, in figuur 4 de klassen O1, O2, O3 en O5.

Voor de data van Elspeek (figuren 3 en 4) is een positief temperatuurs-effect waar te nemen op de hoogte van de concentratieniveaus. Bij meteo-klassenindeling A treedt bij alle vier de windrichtingen voor de klassen 1 en 3 ($T > 11^{\circ}\text{C}$) een hoger concentratieniveau op. Bij meteo-klassenindeling B zijn dit voor alle windrichtingen de klassen 1, 3 en 7. Dit effect is niet waar te nemen bij de data van Vredepeel. Om na te gaan in hoeverre dit temperatuurseffect valt te verklaren uit het feit dat dataset Elspeek bestaat uit uurgemiddelde concentraties ten opzichte van daggemiddelde

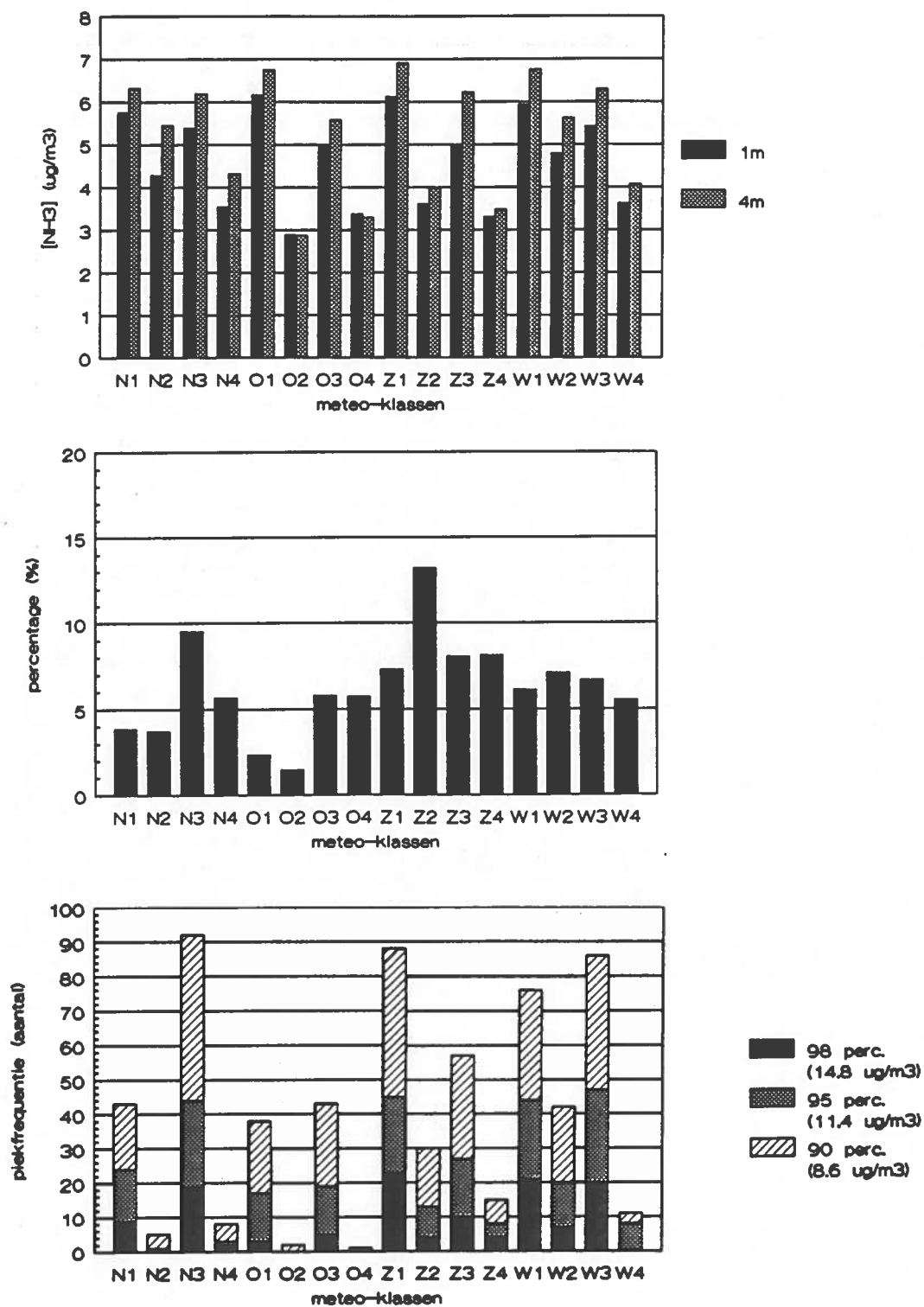
concentraties voor dataset Vredepeel zijn in figuur 5 de concentratieverdeling, het percentage van voorkomen en de piekfrequentieverdeling weergegeven voor de daggemiddelde concentraties van dataset Elspeet. Uit de figuur valt af te leiden dat voor de daggemiddelde concentraties bij een toepassing van meteo-klassenindeling A, hetzelfde temperatuurseffect is te zien. De klassen W1 en W2 zijn hierop een uitzondering. Ook is het temperatuurseffect zoals te zien in figuur 5 minder duidelijk (ten opzichte van figuur 3) als gevolg van de langere middelingstijd. Het percentage van voorkomen en de piekfrequentieverdeling geven over het algemeen eenzelfde beeld in vergelijking met figuur 3. Bij de piekfrequentieverdeling is klasse W1 weer een uitzondering met een duidelijk kleiner aantal hoge concentraties ten opzichte van figuur 3.



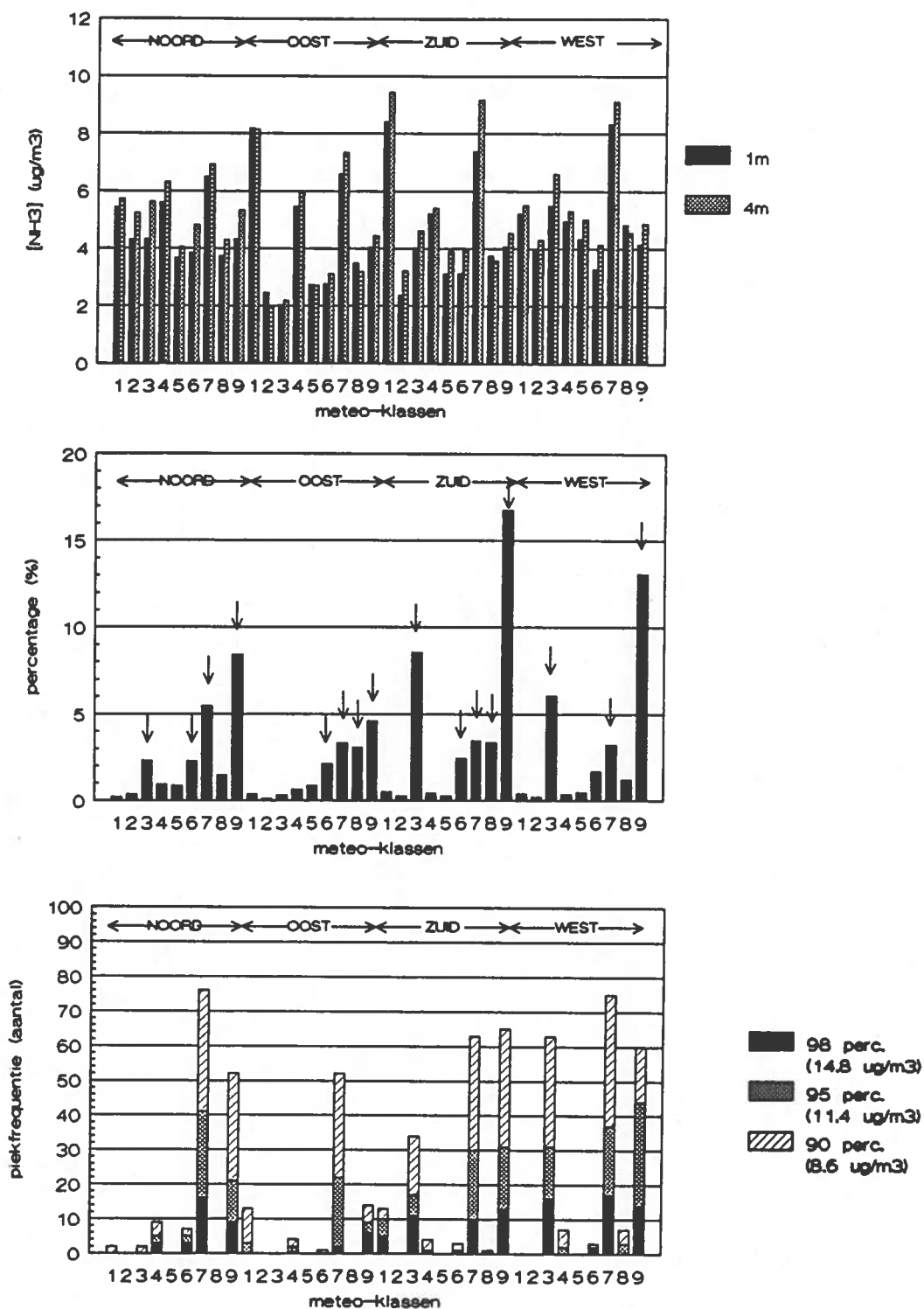
Figuur 1. Concentratieniveaus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), het percentage van voorkomen en de piekfrequentieverdeling (90, 95 en 98%) van de 16 klassen van meteo-klassenindeling A zoals toegepast op dataset Vredepeel.



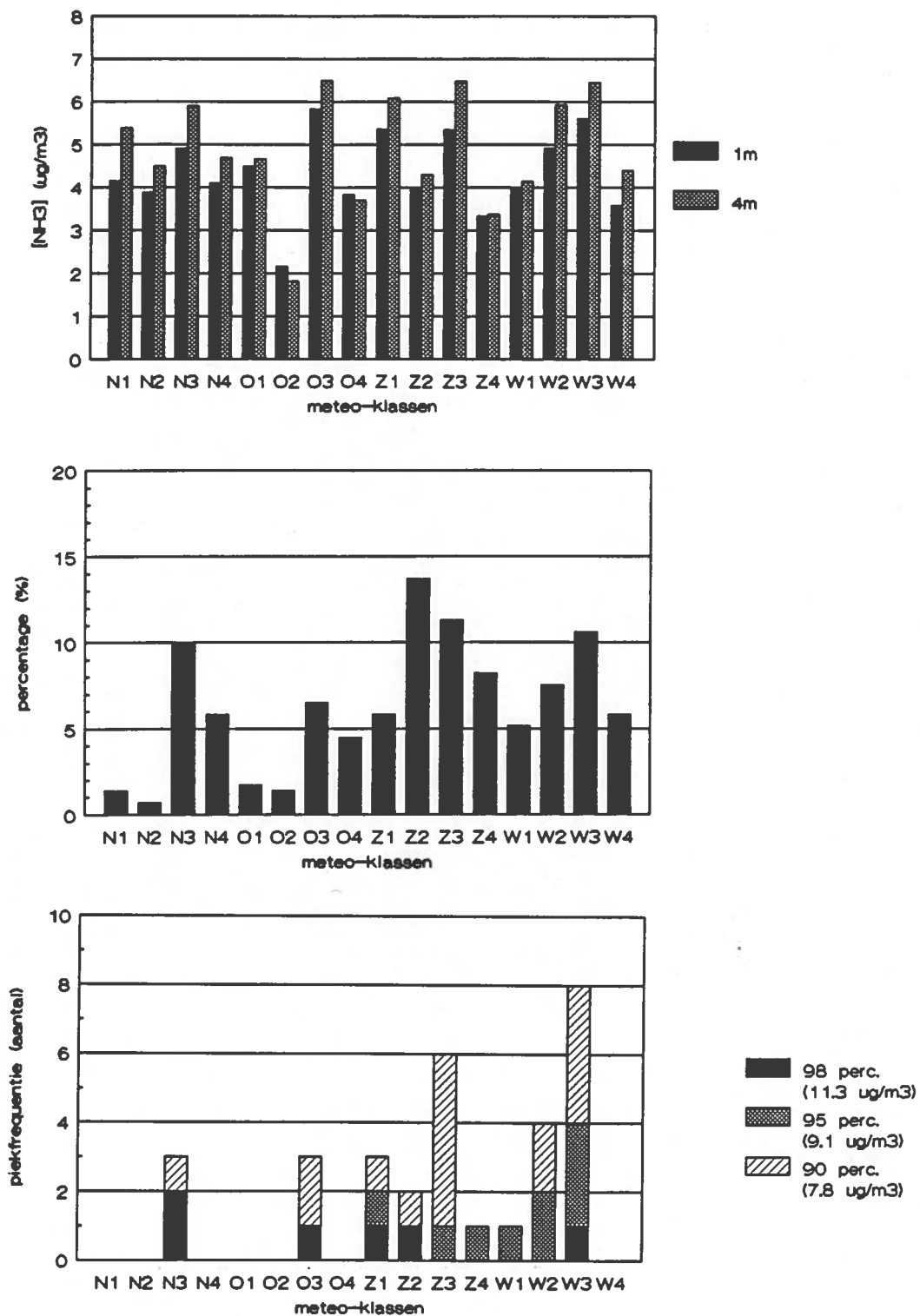
Figuur 2. Concentratieniveaus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), het percentage van voorkomen en de piekfrequentieverdeling (90, 95 en 98%) van de 36 klassen van meteo-klassenindeling B zoals toegepast op dataset Vredepeel. De klassen die zijn aangegeven met een pijl in de tweede figuur zijn de 16 meest voorkomende klassen.



Figuur 3. Concentratieniveaus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), het percentage van voorkomen en de piekfrequentieverdeling (90, 95 en 98% op 1 m hoogte) van de 16 klassen van meteo-klasseindeling A zoals toegepast op dataset Elspeet.

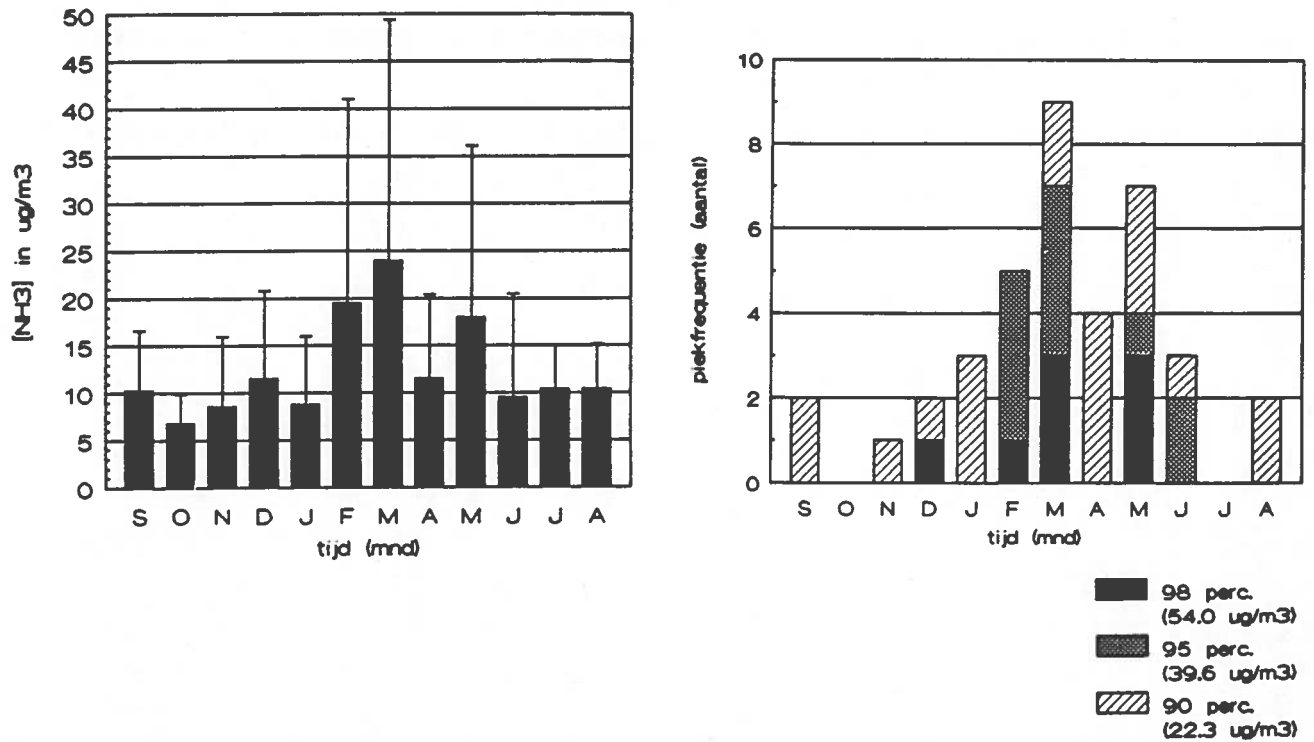


Figuur 4. Concentratieniveaus ($\mu g/m^3$), het percentage van voorkomen en de piekfrequentieverdeling (90, 95 en 98% op 1 m hoogte) van de 36 klassen van meteo-klassenindeling B zoals toegepast op dataset Elspeet. De klassen die zijn aangegeven met een pijl in de tweede figuur zijn de 16 meest voorkomende klassen.

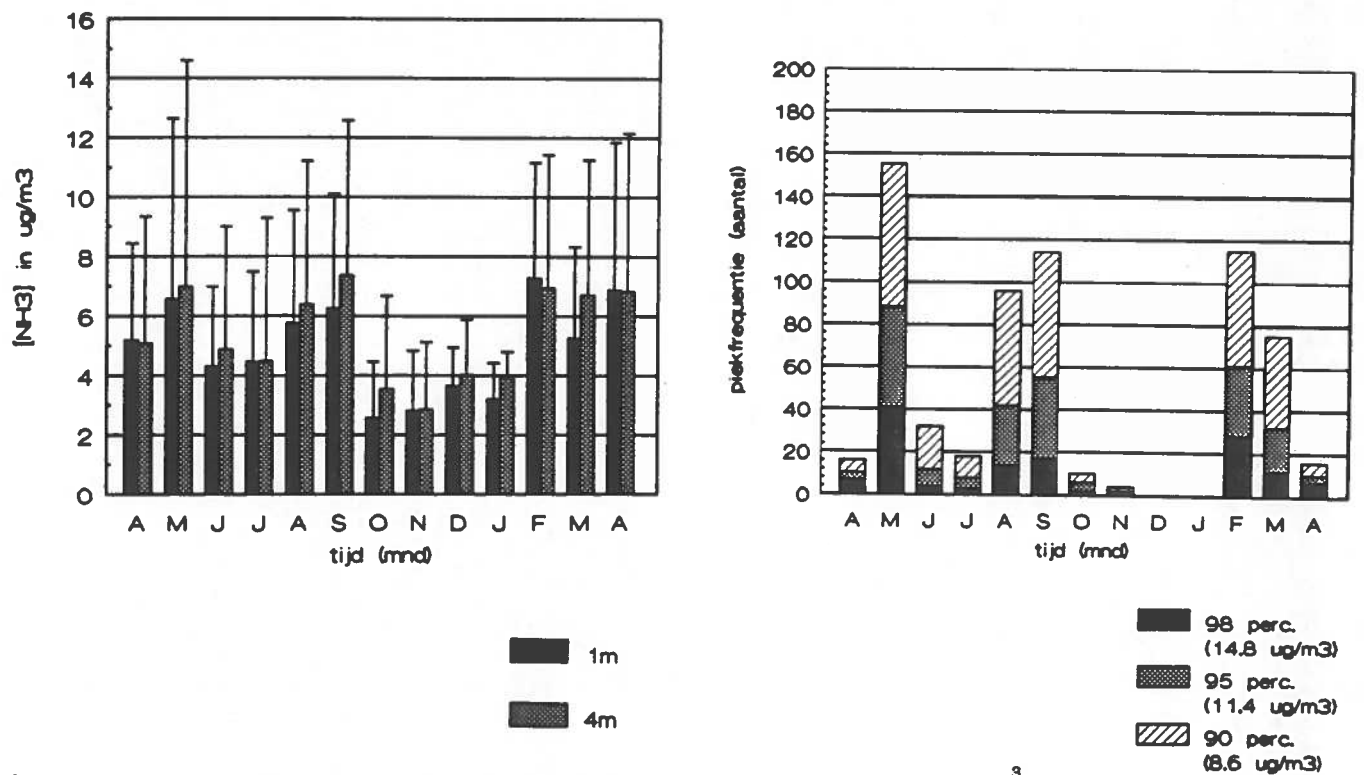


Figuur 5. Concentratieniveaus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), het percentage van voorkomen en de piekfrequentieverdeling (90, 95 en 98% op 1m hoogte) van de 16 klassen van meteo-klassenindeling A zoals toegepast op de daggemiddelde concentraties van dataset Elspeet.

De figuren 6 en 7 laten een gemiddeld maandverloop zien voor respectievelijk dataset Vredepeel en Elspeet. Voor dataset Vredepeel zijn de hoogste concentratieniveaus waar te nemen voor de maanden februari, maart en mei met gemiddelde concentraties rond de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De overige maanden vertonen gemiddelde concentraties rond de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De piekfrequentieverdeling geeft eenzelfde beeld met het hoogste aantal pieken in de maanden februari, maart en mei. Voor dataset Elspeet zijn geen specifieke maanden aan te duiden met hogere concentraties. Wel vertonen de maanden oktober tot en met januari lagere concentraties ten opzichte van de overige maanden. De maandgemiddelde concentraties liggen tussen de 3 en $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De piekfrequentieverdeling geeft het hoogste aantal pieken weer in de maanden februari, maart, mei, augustus en september. Bij de aanname dat het grootste aantal pieken wordt veroorzaakt door het uitrijden van mest, laat dataset Vredepeel alleen een duidelijke uitrijpiek in het voorjaar zien. Dataset Elspeet geeft zowel een uitrijpiek in het voorjaar als ook in het najaar te zien. De aangescherpte reguleringsmaatregelen zoals gesteld in de Wet bodembescherming van 1987 voor het uitrijden van mest, kan niet eenduidig verklaren dat juist géén specifiek verhoogde uitrijperiode in het najaar is waar te nemen voor dataset Vredepeel, zoals juist wel het geval is bij dataset Elspeet. Dit gezien het feit dat de concentratiemetingen van dataset Vredepeel in '84-'85 zijn verricht ten opzichte van '89-'90 voor dataset Elspeet. In hoeverre het verschil in belasting van de twee gebieden op dit punt een rol speelt is moeilijk aan te geven.



Figuur 6. Maandgemiddelde concentraties van ammoniak ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en de spreiding hierin voor dataset Vredepeel (periode sept. 1984 t/m aug. 1985) en de piekfrequentieverdeling (90, 95 en 98%) in de tijd (maand).

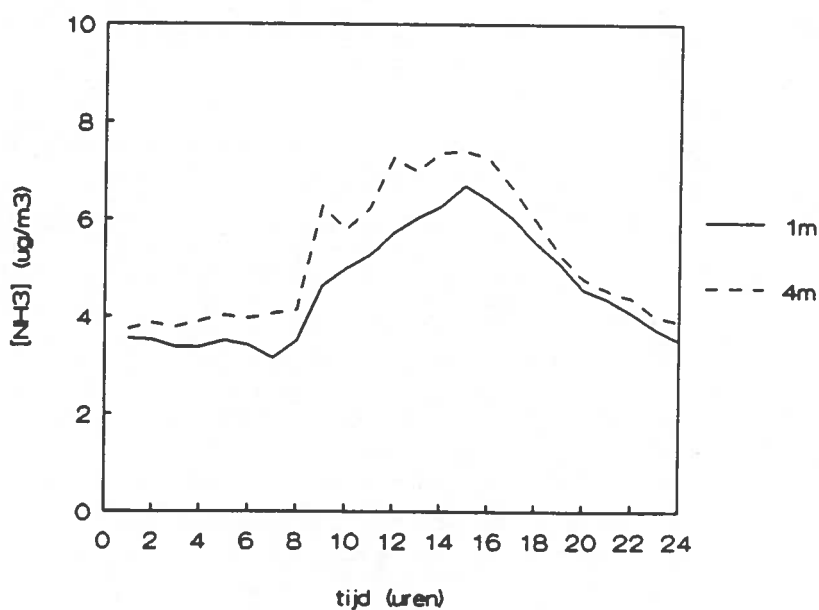


Figuur 7. Maandgemiddelde concentraties van ammoniak ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en de spreiding hierin voor dataset Elspeet (periode april 1989 t/m april 1990) en de piekfrequentie-verdeling (90, 95 en 98% op 1 m hoogte) in de tijd (maand).

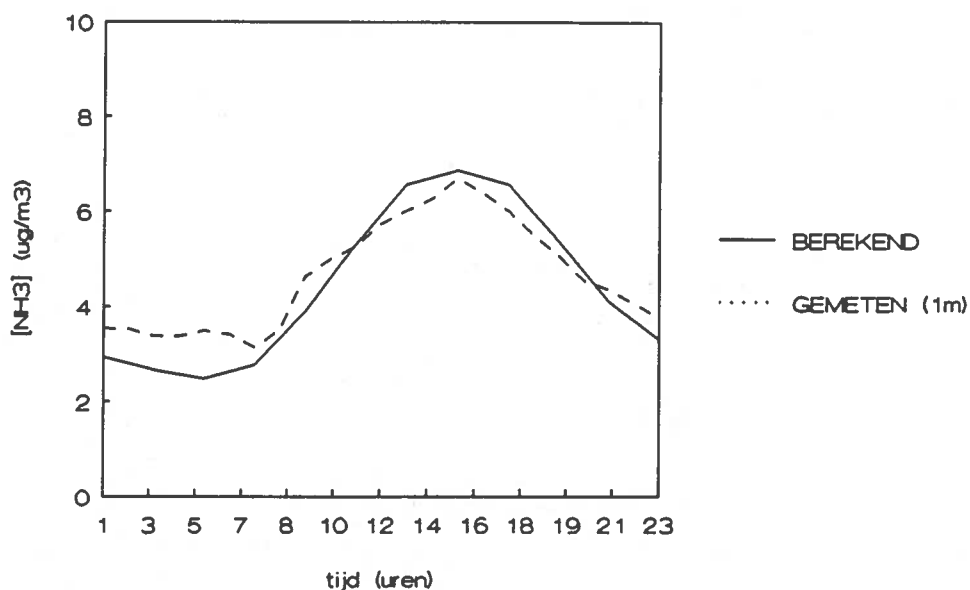
Dagverloop van dataset Elspeet

Figuur 8. geeft het gemiddeld dagverloop weer van de ammoniakconcentraties voor de data van Elspeet. De figuur laat duidelijk een stijging zien van de concentraties in de ochtenduren tot een maximum rond 14.00 uur van circa $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, waarna weer een daling optreedt tot een minimum van rond de $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De metingen vertonen een duidelijke gradiënt met laagste concentraties op het laagste meetniveau. Deze gradiënt is met name van belang voor het schatten van een depositiesnelheid van ammoniak.

Figuur 9. laat het dagverloop zien zoals berekend door het transportmodel TREND voor het receptorpunt Elspeet (Asman en van Jaarsveld, 1990). Het berekende en gemeten dagverloop komen zeer duidelijk overeen. Wel dient nogmaals vermeld te worden dat het receptorpunt Elspeet niet is gelegen in een zwaar belast gebied.

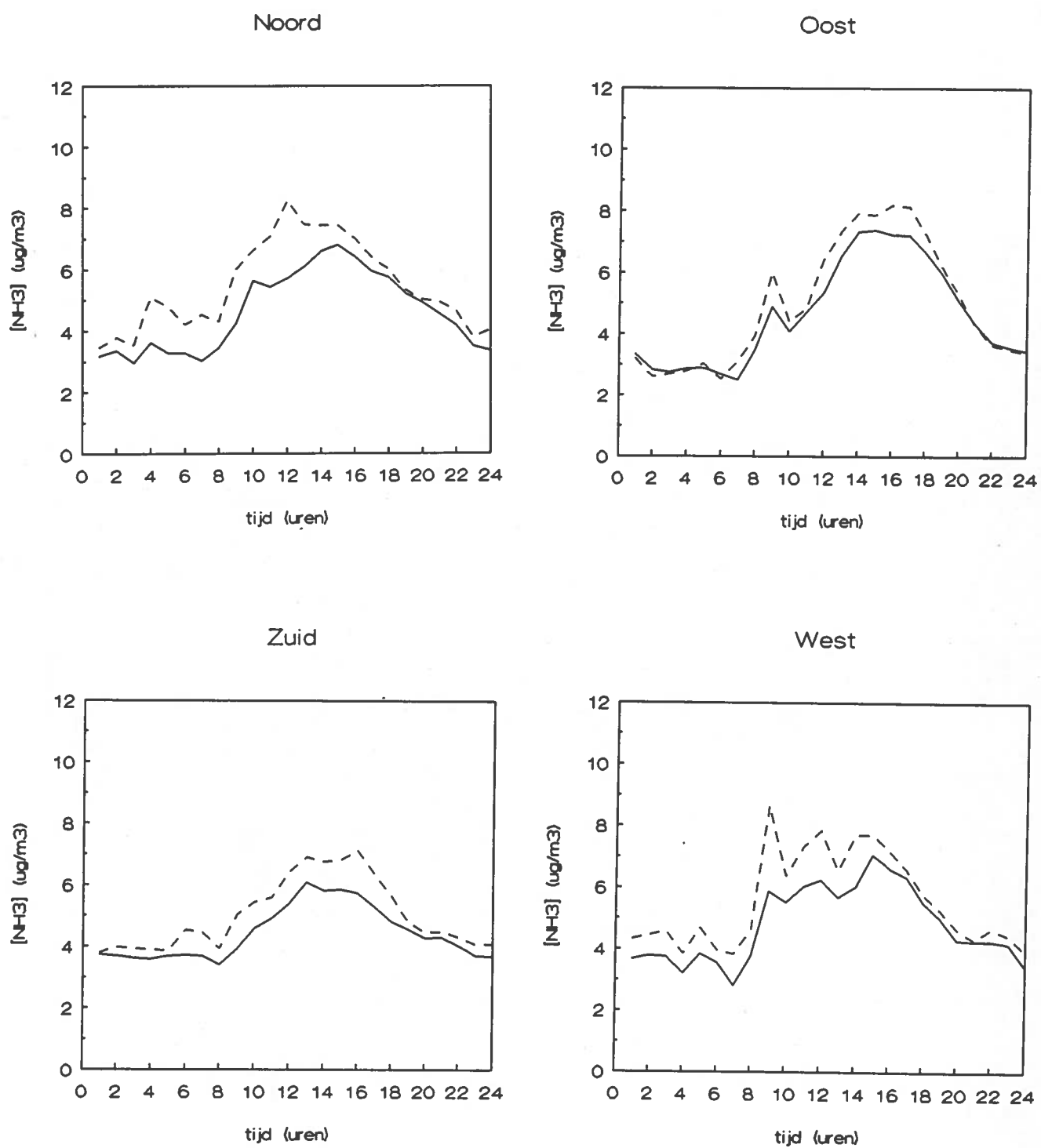


Figuur 8. Gemiddeld dagverloop van de concentraties ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) van ammoniak van dataset Elspeet.



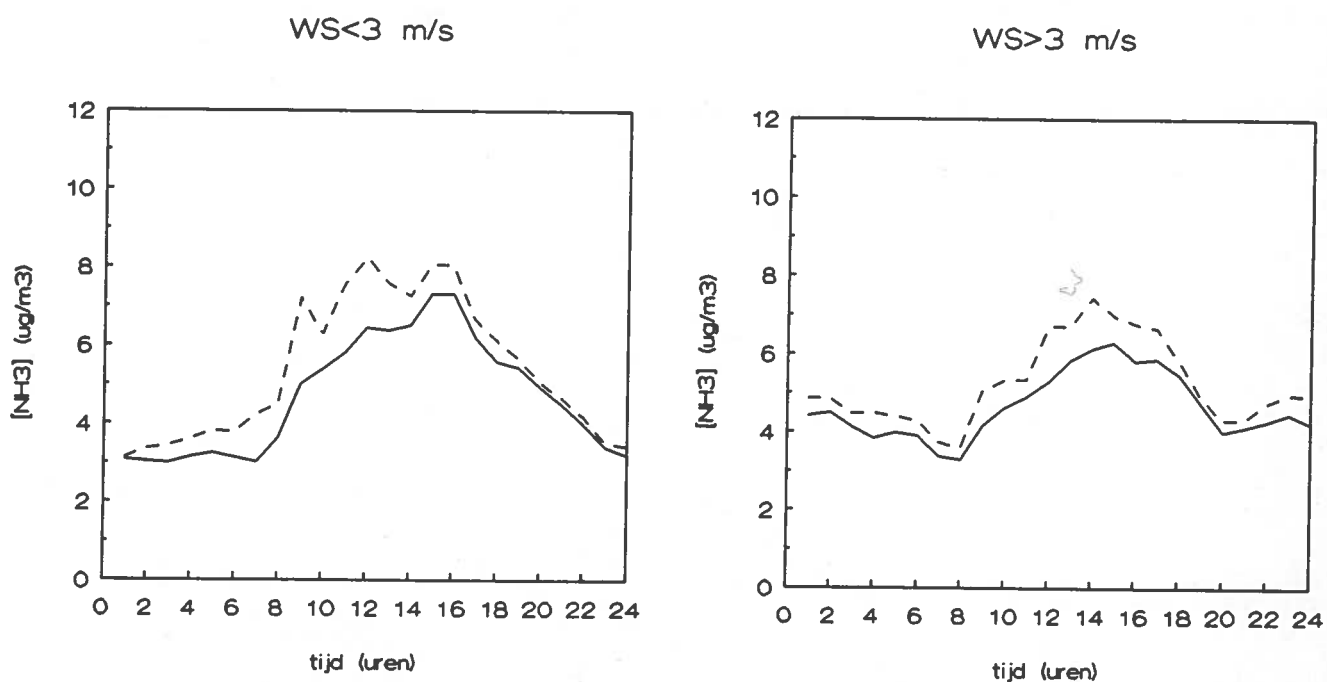
Figuur 9. Het berekende dagverloop met het transportmodel TREND (Asman en van Jaarsveld, 1990) voor het receptorpunt Elspeet en het gemeten dagverloop van dataset Elspeet.

De figuren 10, 11 en 12 geven de dagverlopen weer bij een toepassing van de verschillende selectiecriteria van meteo-klassenindeling A voor de grootheden windrichting, windsnelheid en temperatuur. Alleen voor temperatuur (figuur 12) is een duidelijk effect waar te nemen op het dagverloop. Bij lage temperaturen ($T \leq 11$) is het dagverloop nagenoeg geheel afgevlakt.

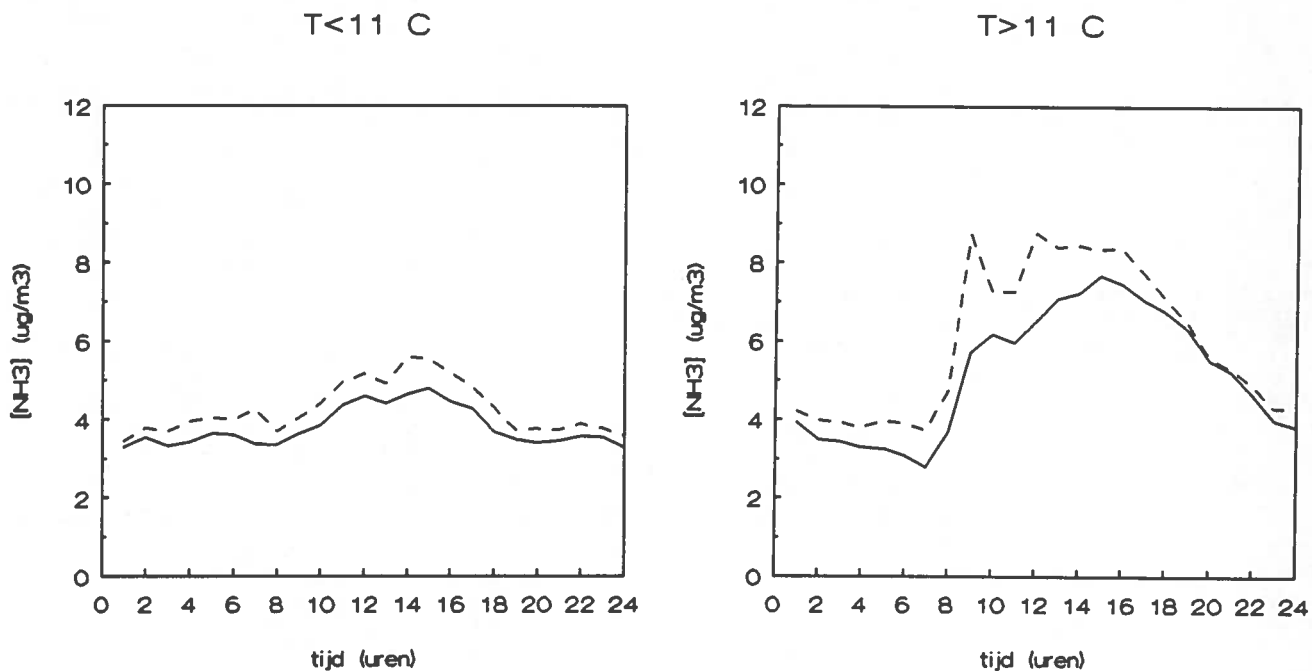


Figuur 10. Gemiddelde dagverlopen van de concentraties van ammoniak ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) voor de vier windrichtingen Noord, Oost, Zuid en West van dataset Elspeet.

— 1m
- - - 4m



Figuur 11. Gemiddelde dagverlopen van de concentraties van ammoniak ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) bij verschillende windsnelheidsklassen voor dataset Elspeet.

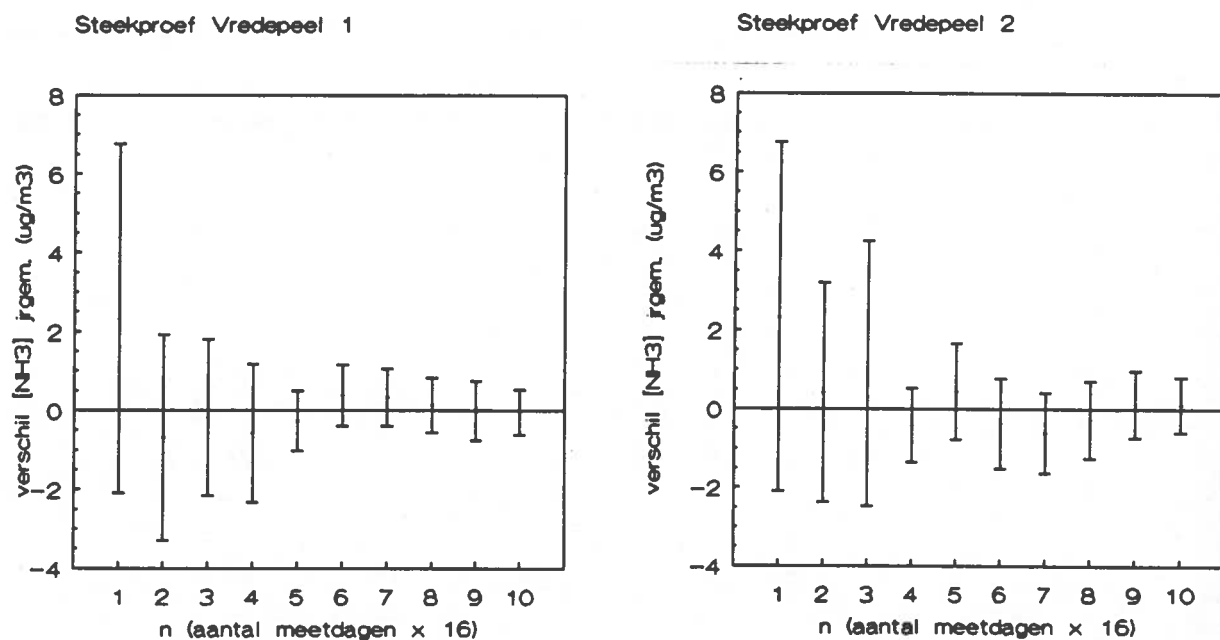


Figuur 12. Gemiddelde dagverlopen van de concentraties van ammoniak ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) bij verschillende temperatuurklassen voor dataset Elspeet.

3.2. Resultaten van de meetritsimulaties.

Steekproeven Vredepeel 1 en 2

In figuur 13 zijn de resultaten weergegeven van trekkingen uit dataset Vredepeel voor wel of niet gestratificeerd meten (trekken). De waarde $n=1$ geeft de situatie weer voor de trekking van 16 daggemiddelde concentraties. In de figuur is duidelijk te zien dat de resultaten van beide steekproeven voor n oplopend van 1 tot en met 10 in dezelfde orde van grootte liggen. De kansverdeling voor het selecteren van één enkele waarde uit dataset Vredepeel is voor beide steekproeven gelijk gezien het feit dat de getrokken waarde uit één van de 16 klassen bij steekproef Vredepeel 2 weer gewogen wordt gemiddeld. De kansverdeling voor het trekken van een combinatie van waarden (bij de twee steekproeven 16 in aantal) is echter verschillend voor beide steekproeven. Bij steekproef Vredepeel 2 worden door de indeling in klassen van dataset Vredepeel het aantal mogelijke combinaties voor de trekking van 16 waarden sterk verminderd (factor 10^7). Voor de grootte van het spreidingsinterval is vooral het wel of niet selecteren van het aantal piekconcentraties in de 10 afzonderlijke experimenten, zoals uitgevoerd voor beide steekproeven, van belang. Gezien het feit dat de piekconcentraties van dataset Vredepeel redelijk gelijk verdeeld zijn over de diverse klassen van meteo-klassenindeling A (zie figuur 1) treden géén grote verschillen op tussen beide steekproeven. De kansverdeling voor het selecteren van een piekconcentratie bij het gestratificeerd meten zal slechts dan wezelijk gaan afwijken van de situatie zonder indeling in klassen, als de piekconcentraties geconcentreerd zijn in een klein aantal van het totale aantal onderscheiden klassen (zie voor dit aspect de steekproeven Vredepeel 3 tot en met 6). Vervolgens is uit de figuur af te leiden dat de ligging van de spreidingsintervallen van de beide steekproeven niet op een systematische afwijking duiden voor de bepaling van een jaargemiddelde concentratie. Verder zijn de trekkingen voor $n=1$ niet erg precies met een spreidingsinterval van $[-2; 7 \mu\text{g}/\text{m}^3]$. Voor $n>1$ neemt de precisie van de experimenten duidelijk toe. Voor $n\geq 5$ treedt geen duidelijke verbetering meer op in de precisie van de experimenten. Het gebied vanaf $n>1$ valt echter buiten het beschikbaar aantal meetdagen.

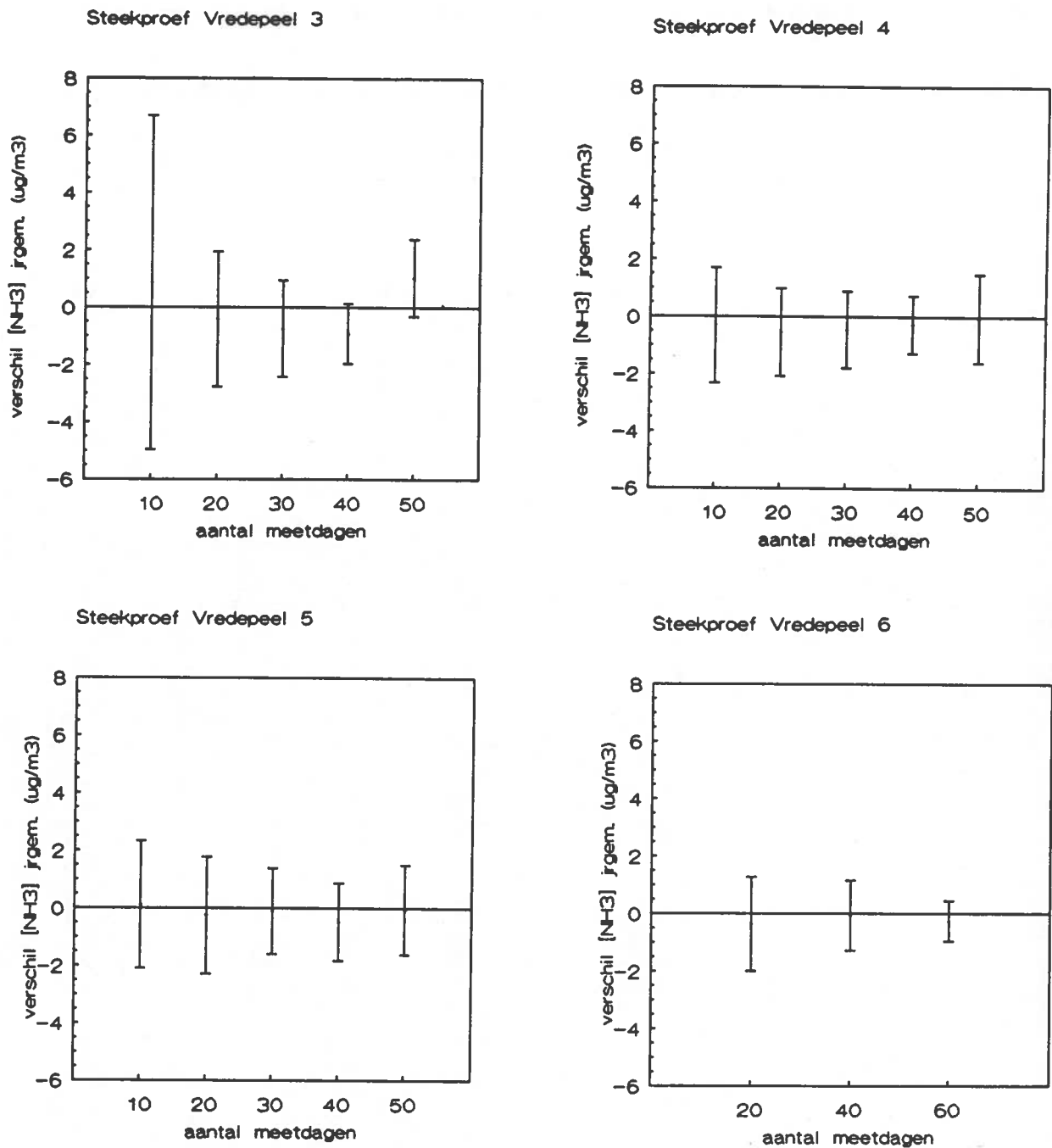


Figuur 13. Afwijking tussen uit steekproef bepaald jaargemiddelde en werkelijk jaargemiddelde van de steekproeven Vredepeel 1 en 2 met respectievelijk trekkingen zonder onderscheid in klassen en met onderscheid in de 16 klassen van meteo-klassenindeling A. De jaargemiddelde concentratie van dataset Vredepeel is $12.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (nul-lijn in de figuur).

Steekproeven Vredepeel 3 tot en met 6

Figuur 14 geeft de resultaten van de steekproeven Vredepeel 3 tot en met 6 met trekkingen zonder onderscheid in klassen (steekproef Vredepeel 3) en vervolgens trekkingen met onderscheid in respectievelijk de 80, 90 en 95 percentielverdelingsklassen en de bijbehorende complementaire klassen (steekproeven Vredepeel 4, 5 en 6). De resultaten van de steekproeven 4, 5 en 6 laten zien dat reeds voor de waarde $n=10$ een veel grotere precisie wordt bereikt met waarden binnen het interval $[-2; 2 \mu\text{g}/\text{m}^3]$ ten opzichte van $[-5; 7 \mu\text{g}/\text{m}^3]$ voor steekproef Vredepeel 3. Het op voorhand selecteren van piekconcentraties is dus van positieve invloed (zoals ook mag worden verwacht) op de precisie van de experimenten.

Tussen de steekproeven Vredepeel 4, 5 en 6 onderling zijn slechts geringe verschillen waar te nemen.



Figuur 14. Afwijking tussen uit steekproef bepaald jaargemiddelde en werkelijk jaargemiddelde van de steekproeven Vredepeel 3 tot en met 6 met trekkingen zonder onderscheid in verschillende percentiel-verdelingsklassen en trekkingen met onderscheid in respectievelijk de 80, 90 en 95 percentielverdelingsklassen en het complement van deze klassen. De jaargemiddelde concentratie van dataset Vredepeel bedraagt $12.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (nul-lijn in de figuur).

Steekproeven Elspeet 1 tot en met 6

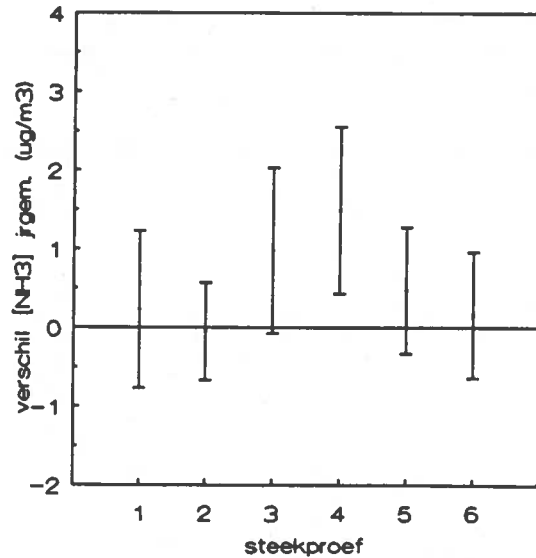
In de figuren 15 en 16 zijn de resultaten gepresenteerd van de steekproeven Elspeet 1 tot en met 6. Figuur 15 geeft de resultaten weer voor de steekproeven uit de data bestaande uit de concentratiemetingen zoals uitgevoerd op 1 m hoogte en figuur 16 voor 4 m hoogte.

Beide figuren geven eenzelfde beeld voor de verschillende steekproeven. Alleen de concentratieniveaus van dataset Elspeet liggen op de hoogte 4 m iets hoger, met als gevolg dat de absolute verschillen ten opzichte van de jaargemiddelde concentratie in figuur 16 ook iets hoger zijn. De zes verschillende steekproeven zijn uitgevoerd zoals in paragraaf 2.2.2. omschreven.

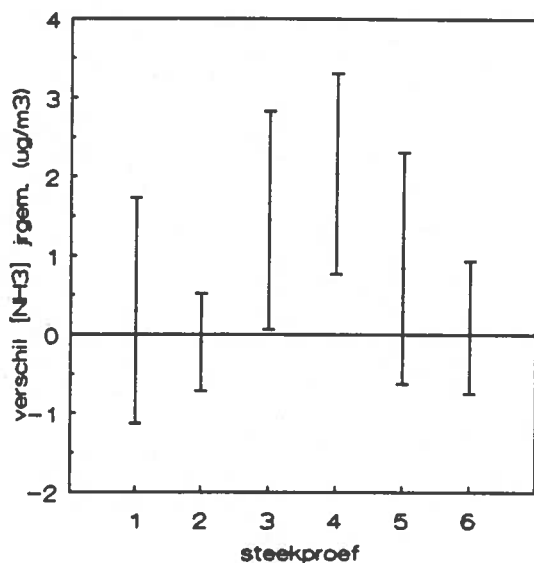
In de figuren is duidelijk te zien dat de steekproeven Elspeet 3 en 4 een significant te hoge concentratie bepalen ten opzichte van de jaargemiddelde concentratie. Dit mag gezien de opzet van de experimenten (alleen trekkingen binnen het tijdsinterval [10.00;18.00 uur]) en het dagverloop van dataset Elspeet (figuur 7) ook verwacht worden.

De verschillen tussen de steekproeven zonder indeling in de 93.75 percentielverdelingsklasse en het complement van deze klasse (steekproeven Elspeet 1 en 2) en met indeling in deze twee klassen (Steekproeven Elspeet 5 en 6) zijn erg gering. Deze geringe verschillen kunnen verklaard worden uit het feit dat de concentratieniveaus van dataset Elspeet een veel kleinere spreiding vertonen in vergelijking met de concentratieniveaus van dataset Vredepeel, waarbij het verschil in trekkingen uit een hoge percentielverdelingsklasse en het complement van deze klasse wel duidelijk waarneembaar is (figuur 14). Er is wel een duidelijk verschil waarneembaar, met name in figuur 16, tussen de steekproeven 1-5 en 2-6. Het selecteren van twee keer zoveel uurgemiddelde concentraties binnen de 16 geselecteerde meetdagen, geeft een grotere precisie bij de bepaling van een jaargemiddelde concentratie voor een meetpunt.

Bij de steekproeven 2 en 6 wordt de jaargemiddelde concentratie benaderd binnen een nauwkeurigheid van 20 %.



Figuur 15. Afwijking tussen de uit de steekproeven Elspeet 1 tot en met 6 bepaalde jaargemiddelden en de werkelijke jaargemiddelde concentratie met trekkingen uit de concentraties zoals gemeten op 1 m hoogte. De jaargemiddelde concentratie van dataset Elspeet is op 1 m hoogte $4.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (nul-lijn in de figuur).



Figuur 16. Afwijking tussen de uit de steekproeven Elspeet 1 tot en met 6 bepaalde jaargemiddelden en de werkelijke jaargemiddelde concentratie met trekkingen uit de concentraties zoals gemeten op 4 m hoogte. De jaargemiddelde concentratie van dataset Elspeet is op 4 m hoogte $5.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (nul-lijn in de figuur).

4. CONCLUSIES.

De conclusies van dit onderzoek zijn onder te verdelen in de conclusies ten aanzien van de fenomenologische studie naar het gedrag van ammoniak in de tijd en de conclusies ten aanzien van de meetritsimulaties. Voor een beschrijving van de in de tekst aangeduide datasets Elspeet en Vredepeel als ook voor de indelingen van de de meteo-klassenindelingen A en B, wordt verwezen naar respectievelijk paragraaf 2.1 en 2.2.1. Na beschrijving van de conclusies zal aangegeven worden welke gevolgen enkele van deze conclusies hebben voor de opstelling van de meetstrategie. Een belangrijk aspect hierbij is of de gestelde nauwkeurigheid van 20 % voor de bepaling van een representatief jaargemiddelde roostervlakconcentratie gerealiseerd kan worden.

De conclusies ten aanzien van de fenomenologische studie.

Bij een evaluatie van de twee verschillende meteo-klassenindelingen A en B kan geconcludeerd worden dat bij een selectie van de 16 meest frequent voorkomende klassen van meteo-klassenindeling B (totaal 36 klassen), een systematische fout wordt geïntroduceerd bij de bepaling van een jaargemiddelde concentratie.

Het optreden van piekconcentraties (hier gedefiniëerd als concentraties hoger dan of gelijk aan de 90 percentielwaarde) voor dataset Vredepeel (24 uurgemiddelde concentraties en zwaar belast gebied) is niet duidelijk gerelateerd aan de verschillende meteorologische omstandigheden zoals omschreven binnen meteo-klassenindeling A.

Voor de uurgemiddelde alsook voor de daggemiddelde concentraties van dataset Elspeet is duidelijk het effect waar te nemen dat bij de klassen van meteo-klassenindeling A met een temperatuur hoger dan of gelijk aan de gemiddelde temperatuur ook hogere concentraties optreden. Dit effect is ook waar te nemen bij het optreden van piekconcentraties. Voor dataset Vredepeel is dit effect niet waar te nemen.

In het jaarverloop voor de concentraties van ammoniak, gebaseerd op maandgemiddelden, zijn voor dataset Elspeet geringe verschillen te zien. Alleen de maanden oktober tot en met januari laten een iets lagere

concentratie zien. Wel is er een duidelijk verhoogd aantal pieken te zien binnen de maanden februari, maart, mei, augustus en september. Dit effect kan duiden op een uitrijperiode van mest zowel in het voorjaar als ook in het najaar.

Voor dataset Vredepeel zijn de maandgemiddelde concentraties in februari, maart en mei duidelijk hoger. Deze maanden laten ook een verhoogd aantal pieken zien. Binnen de maanden augustus/september is geen verhoogd aantal pieken te zien zoals wel het geval bij dataset Elspeet. Dit laatste kan duiden op alleen een specifieke (verhoogde) uitrijperiode van mest in het voorjaar in het gebied rond de meetlokatie in Vredepeel. Van belang hierbij is het verschil in belasting met ammoniakemissies in de gebieden en het verschil in meetperioden van de twee gebieden te onderscheiden.

De uurgemiddelde concentraties van dataset Elspeet vertonen een duidelijk gemiddeld dagverloop met de hoogste concentraties rond 14.00-15.00 uur (circa $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en de laagste concentraties 's nachts met een minimum rond 6.00-7.00 uur (circa $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Het dagverloop van de uurgemiddelde concentraties komt overeen met het temperatuurverloop. Bij temperaturen lager dan gemiddeld is het dagverloop nagenoeg geheel afgevlakt.

Conclusies ten aanzien van de meetritsimulaties.

Steekproeven Vredepeel 1 en 2.

Het gestratificeerd meten van 24 uurgemiddelde ammoniakconcentraties (selecteren) binnen de klassen van meteo-klassenindeling A, is van géén invloed op het bepalen van een jaargemiddelde concentratie. Hoewel het aantal combinaties voor het selecteren van waarden uit dataset Vredepeel door de indeling van de data in verschillende klassen sterk vermindert, is de kansverdeling voor met name het trekken van specifiek hoge concentraties (pieken) niet wezenlijk veranderd ten opzichte van de situatie zonder indeling in klassen.

Steekproeven Vredepeel 3 tot en met 6.

Het in de juiste verhouding selecteren (meten) van piekconcentraties en vervolgens gewogen middelen, is van positieve invloed op de precisie voor

het bepalen van een jaargemiddelde concentratie. De term precisie staat in dit onderzoek voor de spreiding in het 10 maal herhalen van de steekproef. Dit effect is reeds duidelijk waarneembaar vanaf een selectie van 10 daggemiddelde concentraties op een totaal van een jaar. Dit laatste is met name van belang voor de meetstrategie van het representativiteitsonderzoek.

Steekproeven Elspeet 4 en 5.

Gezien het dagverloop van het optreden van ammoniakconcentraties in Elspeet geeft het selecteren (meten) van concentraties in alleen de periode overdag, een overschatting voor de bepaling van een jaargemiddelde concentratie.

Steekproeven Elspeet 1,2,5 en 6

Het selecteren van een twee maal zo groot aantal uurgemiddelde concentraties in een juiste verhouding verspreid over een etmaal, binnen een aantal op voorhand geselecteerde dagen, is van positieve invloed op de bepaling van een jaargemiddelde concentratie. De precisie neemt hierdoor globaal met een factor twee toe binnen de experimenten zoals uitgevoerd voor dataset Elspeet.

Voor dataset Elspeet wordt bij een aselechte trekking van één berekende daggemiddelde concentratie uit alle 16 klassen van meteo-klassenindeling A en vervolgens een selectie van twee uurgemiddelde concentraties uit elk van deze gesimuleerde meetdagen, op één punt een jaargemiddelde concentratie benaderd (na gewogen middeling) binnen een nauwkeurigheid van 20 %. Bij de selectie van uurgemiddelde concentraties is een optimale spreiding in de tijd en naar de verschillende meteorologische omstandigheden toegepast.

De conclusies ten aanzien van de meetstrategie.

Binnen de meetstrategie zal gestratificeerd worden gemeten volgens de verschillende klassen van meteo-klassenindeling A. Door een volledige dekking in klassen van alle meteorologische omstandigheden van de grootheden windrichting, windsnelheid en temperatuur kan het verspreidingspatroon van de emissies van de diverse bronnen voldoende

getraceerd worden en is volledigheid van informatie over de concentratieniveaus onder de verschillende meteorologische omstandigheden gewaarborgd.

Gezien het temperatuurseffect en het dagverloop van dataset Elspeet zullen zowel metingen overdag als ook 's nachts plaatsvinden. Dit ook naar aanleiding van het optreden van de systematische fout in de steekproeven Elspeet 3 en 4 met selectie van alleen data binnen het interval [10.00-18.00 uur]. In hoeverre het dagverloop te Elspeet representatief is voor de situatie voor een zwaar belast gebied, is moeilijk na te gaan. Berekeningen met het transportmodel TREND (Asman en van Jaarsveld, 1990) tonen een dagverloop voor zowel het receptorpunt Elspeet (figuur 9) als ook voor de receptorpunten Vredepeel en Ede (bijlage 4). De berekeningen voor de lokaties Vredepeel en Ede (beide zwaar belast gebied) vertonen een overschatting van circa 30-40% in vergelijking met metingen zoals uitgevoerd door het IMOU op de lokatie Vredepeel (Schneider en Bresser, 1988).

Om het optreden van piekconcentraties in een juiste verhouding te kunnen bepalen zal op een aantal dagen met op voorhand te verwachten hoge concentraties (uitrij-periodes) gemeten worden. Aan de hand van de frequentie van het optreden van hoge concentraties (piekconcentraties) op het vaste meetpunt zal vervolgens een schatting gemaakt worden in welke mate de pieken zoals gemeten op de extra meetpunten, meegewogen moeten worden ter bepaling van een jaargemiddelde concentratie op elk van deze extra meetpunten. Dit naar aanleiding van de resultaten van de steekproeven Vredepeel 3 tot en met 6 en Elspeet 1,2,5 en 6.

De resultaten van deze steekproeven laten tevens zien dat de jaargemiddelde concentratie op elk van de extra meetpunten binnen een nauwkeurigheid van 20 % bepaald kan worden. Hierbij moet wel rekening gehouden worden met het feit dat extrapolatie van deze resultaten naar andere lokaties een extra onnauwkeurigheid kan introduceren. Het feit dat Elspeet niet in een zwaar belast gebied ligt en dat binnen dataset Vredepeel alleen daggemiddelde concentraties zijn bepaald, is hierbij van belang.

Wat het optimale aantal meetpunten is binnen de twee roostervlakken dat nodig is voor de bepaling van een representatieve jaargemiddelde roostervlakconcentratie is door een gebrek aan informatie (metingen) niet onderzocht. In de meetstrategie is uitgegaan van 8 extra meetpunten binnen

het $5 \times 5 \text{ km}^2$ roostervlak. Deze keuze is gebaseerd op een evenwicht tussen de praktische uitvoerbaarheid en maximale ruimtelijke dekking. Het is niet goed mogelijk een juiste schatting te maken van de extra onnauwkeurigheid die door dit aspect geïntroduceerd wordt. De onnauwkeurigheid in de jaargemiddelde roostervlakconcentratie wordt enerzijds bepaald door de fout in de metingen op het vaste meetpunt, veroorzaakt door de meetmethode, uitval, contaminatie, etc. Anderzijds wordt deze onnauwkeurigheid bepaald door de fout geïntroduceerd door correcties op de jaargemiddelde concentratie op het vaste meetpunt, afgeleid uit het representativiteitsonderzoek. Als gevolg hiervan moet geconcludeerd worden dat mede gezien het hierboven besproken ruimtelijke aspect en de nog onzekere onnauwkeurigheid in de meetmethode, uitspraken over de onnauwkeurigheid in de jaargemiddelde roostervlakconcentratie nog niet gedaan kunnen worden. Gezien de onnauwkeurigheid van 20 % geïntroduceerd door het representativiteitsonderzoek lijkt de gestelde nauwkeurigheid van 20 % voor de jaargemiddelde roostervlakconcentratie niet haalbaar.

5 BESCHRIJVING VAN DE MEETSTRATEGIE.

Aan de hand van de resultaten van en de fenomenologische studie naar het gedrag van ammoniak in de tijd en de meetritsimulaties zijn kort samengevat de volgende punten opgenomen als elementen van de meetstrategie:

- gestratificeerde metingen volgens de klassen van meteo-klassenindeling A;
- metingen van ammoniak zowel overdag als ook 's nachts;
- meten op een aantal meetdagen met op voorhand te verwachten hoge concentraties (uitrij-periodes).

De volgende praktische punten begrenzen de mogelijkheden van de verdere invulling van de meetstrategie:

- er is één extra thermodenuder en één meetauto beschikbaar voor de metingen;
- de beschikbare hoeveelheid tijd voor de metingen bedraagt in totaal 30-40 meetdagen voor beide lokaties;
- er kan per meetdag op slechts een beperkt aantal meetpunten worden gemeten;
- er kan per meetdag niet over het gehele etmaal verspreid worden gemeten;
- de meteo-condities voor de verschillende meetdagen moeten redelijk goed voorspelbaar zijn.

Uitgaande van de beschreven theoretische en praktische punten is gekomen tot de volgende meetstrategie.

Voor de metingen binnen het representativiteitsonderzoek zal een thermodenudersysteem ingebouwd worden in de meetwagen. De meetwagen zal per meetdag een meetprogramma afwerken rond een van de twee vaste meetlokaties Vredepeel of Ede. Gezien de beperking in tijd is gekozen voor een opzet met 16 meetdagen voor elke lokatie. Met deze opzet kan binnen elke klasse van meteo-klassenindeling A één maal gemeten worden.

Rondom de twee meetlokaties Vredepeel en Ede zullen op acht extra meetpunten verspreid binnen het 5 x 5 km² roostervlak aanvullende metingen plaatsvinden. Voor de plaatsbepaling van de 8 meetpunten zijn de criteria gehanteerd zoals omschreven in 2.2.3. (géén direkte beïnvloeding door lokale bronnen, homogene spreiding en representativiteit voor de ruwheidskenmerken van het direkt omliggende gebied). Aan de hand van topografische kaarten en verkenning van de twee meetgebieden met de

meetwagen zijn de lokaties van de meetpunten vastgesteld. In bijlagen 1 en 3 zijn de ligging van deze meetpunten binnen het roostervlak van respectievelijk de lokaties Vredepeel en Ede opgenomen (De lokatie Vredepeel uit hoofdstuk 3 is gelijk aan de lokatie van het meetpunt binnen het nog uit te voeren meetprogramma).

Op elke meetdag zal op elk van de 8 punten één of twee maal gemeten worden. Dit laatste zal geheel afhangen van de praktische haalbaarheid. Er bestaat een voorkeur voor twee metingen per meetpunt per meetdag gezien het feit dat hiermee een hogere precisie gerealiseerd kan worden bij de bepaling van een jaargemiddelde concentratie vanwege het dagverloop. Elke meting zal overeenkomstig de metingen op het vaste meetpunt in een cyclus van 45 minuten plaatsvinden met binnen elke cyclus een monsternameduur van 10 minuten.

Van de 16 meetdagen zullen gezien het dagverloop van ammoniak, 4 maal 's nachts en 12 maal overdag metingen plaatsvinden. De metingen 's nachts zullen binnen de periode 22.00-6.00 uur worden uitgevoerd. De metingen overdag binnen de periode 10.00-18.00 uur. Voor de 4 meetdagen 's nachts zal binnen elke windrichting één meting plaatsvinden. De 12 meetdagen overdag zullen plaatvinden binnen de overige meteo-klassen van meteo-klassenindeling A. Op elke meetdag zal een ander meetpunt als start van de metingen worden gekozen zodat per meetpunt een zo optimaal mogelijke spreiding van de metingen in de tijd zal plaatsvinden.

Op een aantal dagen (1-4) van de in totaal 16 meetdagen zal worden gemeten op dagen met op voorhand te verwachte hoge concentraties (uitrij-periodes). Uitrij-periodes zullen meer in frequentie voorkomen tijdens het voorjaar en eventueel het najaar (figuren 6 en 7). Tevens zijn hogere concentraties te verwachten met droog weer en het optreden van hogere temperaturen dan gemiddeld. Aan de hand van de frequentie van het optreden van hoge concentraties (piekconcentraties) op het vaste meetpunt zal vervolgens een schatting gemaakt worden in welke mate de pieken zoals gemeten op de extra meetpunten, meegewogen moeten worden ter bepaling van een jaargemiddelde concentratie op elk van deze extra meetpunten.

Elke meetdag zal beginnen met een referentiemeting naast het vaste meetpunt ter verificatie van een eventuele systematische afwijking tussen de meetapparatuur in de meetwagen en die op het vaste meetpunt. Vervolgens zal de meetrit van start gaan op steeds een andere lokatie.

Naast de metingen van ammoniak zullen tevens een aantal meteorologische grootheden worden gemeten zoals, windsnelheid, windrichting, temperatuur en straling. Deze metingen dienen ter verificatie van de meteorologische omstandigheden zoals gedefiniëerd in de klasse van meteo-klassenindeling A waarbinnen op de betreffende meetdag wordt gemeten.

LITERATUUR

Asman, W.A.H. and J.A. van Jaarsveld (1990), A variable-resolution statistical transport model applied for ammonia and ammonium, report: 228471007, National Institute of Public Health and Environment Protection (RIVM), Bilthoven, The Netherlands.

Beld van den L., F.G. Römer(1990), Ammoniakmetingen op het Elspeetse Veld in de periode van mei 1989 tot april 1990, rapport nr. 90389-MOC 90-3415, KEMA, Arnhem.

Buijsman, E.(1989), Meetactiviteiten in 1989 in het kader van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit, rapport nr. 228702016, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne, Bilthoven.

Erisman, J.W.(1988), Ammonia emissions in the Netherlands in 1987 and 1988, rapport nr. 228471006, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne, Bilthoven.

Erisman, J.W., A.W.M. Vermetten, W.A.H. Asman, W. Mulder, J. Slanina, A. Waijers-IJpelaan(1986), Ammoniak en ammoniumconcentraties in de Nederlandse buitenlucht, Instituut voor Meteorologie en Oceanografie, Rijksuniversiteit Utrecht, rapport nr. R-86-3, Utrecht.

Elskamp, H.J.(1989), National Air Quality Monitoring Network; technical description, Rapport nr. 22870217, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne, Bilthoven.

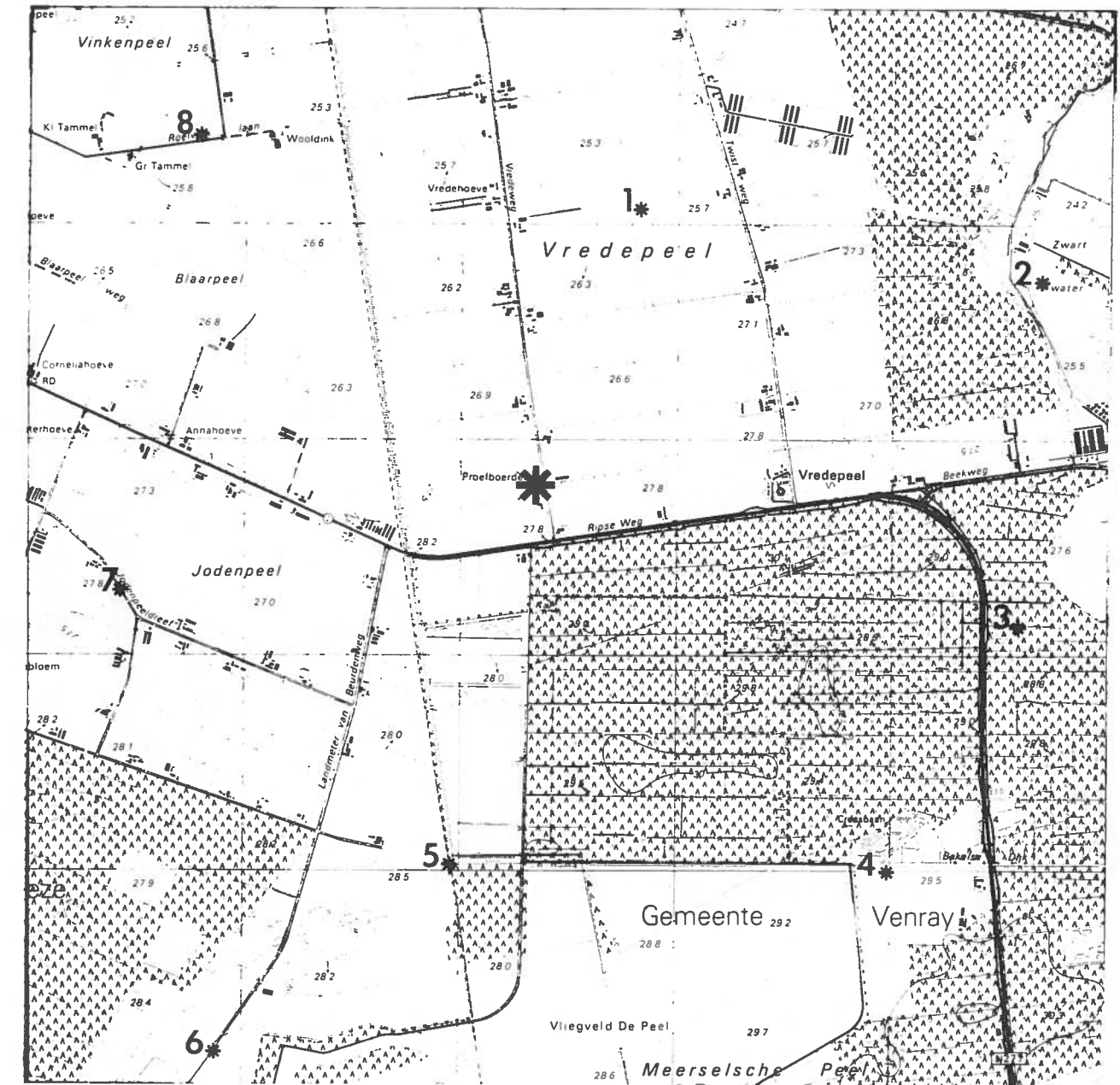
Jaarsveld, van J.A.(1989), Een Operationeel Atmosferisch transportmodel voor prioritaire stoffen: specificatie en aanwijzingen voor gebruik, nr. 228603008, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne, Bilthoven.

Keuken, M.P. et al.(1989), The determination of ammonia in ambient air by an automated thermodenuder system, Atmospheric Environment, Vol 23, no. 10 pp. 2177-2185

RIVM Luchtkwaliteit (1989), Jaarverslag 1988, nr. 2287702015, Laboratorium voor Luchtonderzoek, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne, Bilthoven.

Schneider, T. en A.H.M. Bresser (1988), Dutch priority programme on acidification (additioneel programma verzuringsonderzoek), Evaluatierapport Verzuring, nr. 00-06, RIVM, Bilthoven

Bijlage 1. De meetlokatie Vredepeel.



185 186 187 188 189 190

schaal : 1 x 1 km² hokken



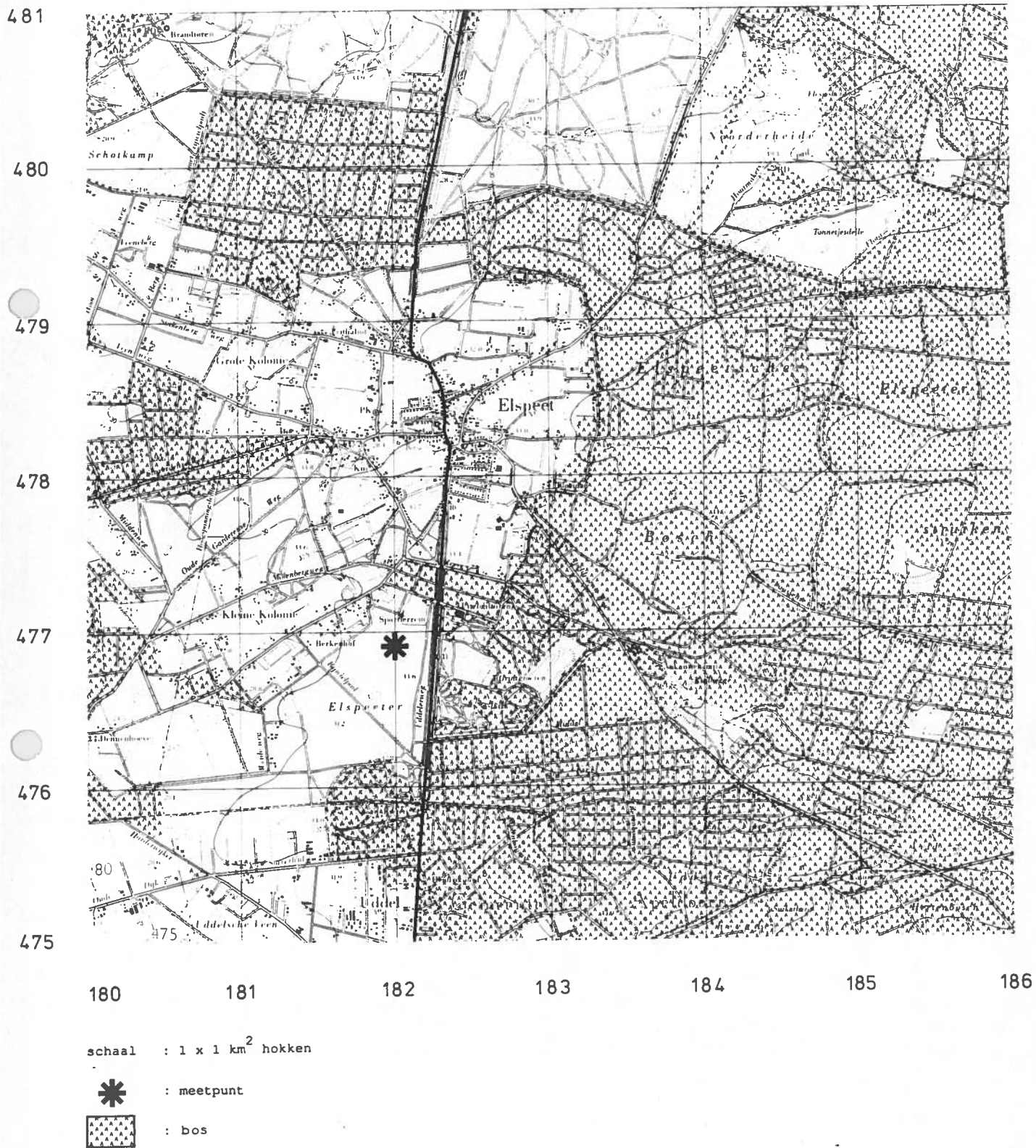
: vaste meetpunt voor beide situaties (macro station Vredepeel)



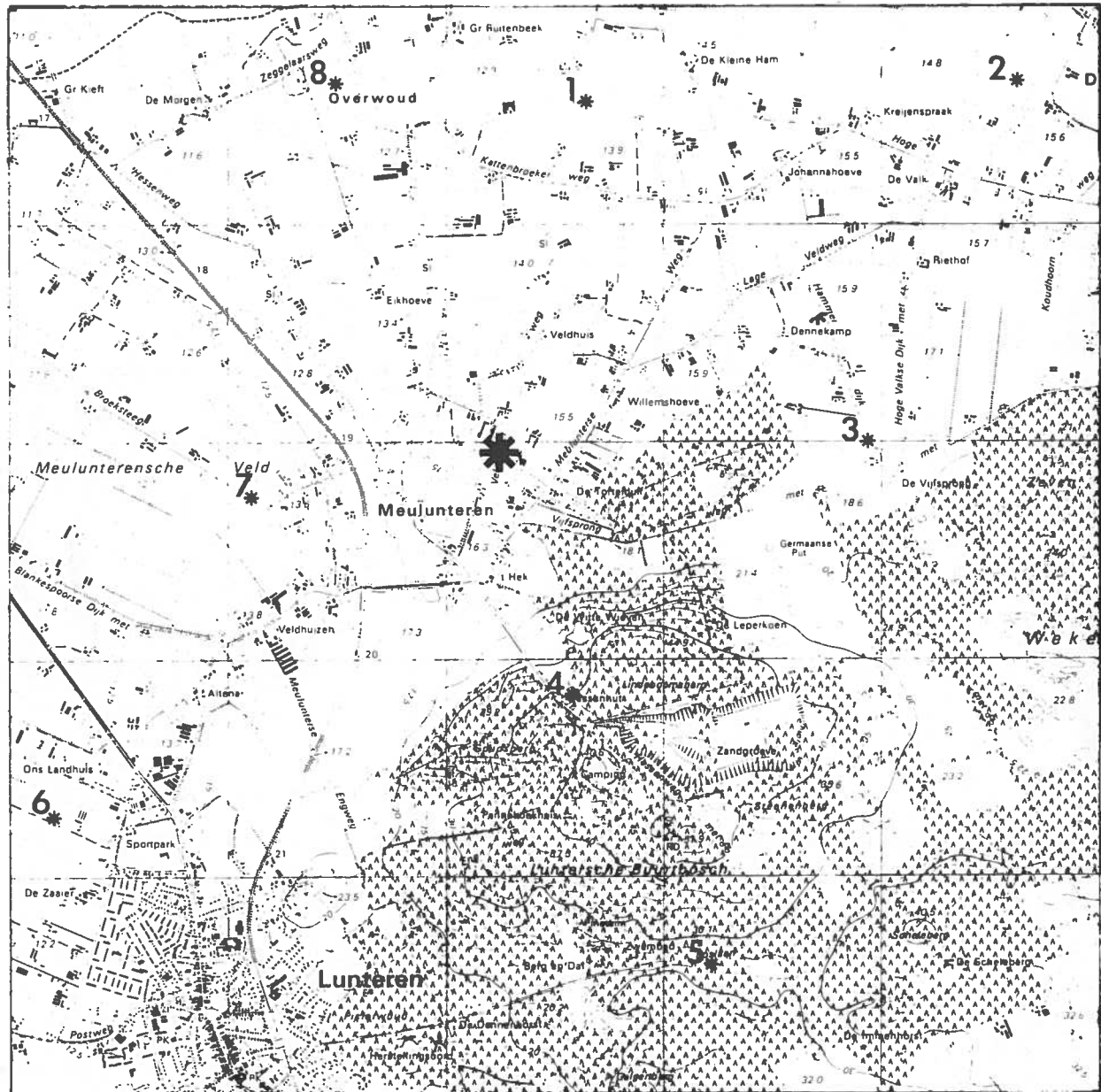
: bos

*1 t/m 8: extra meetpunten voor het representativiteitsonderzoek.

Bijlage 2. De meetlokatie Elspeet.



Bijlage 3. De meetlokatie Ede.



170 171 172 173 174 175

schaal : 1 x 1 km² hokken



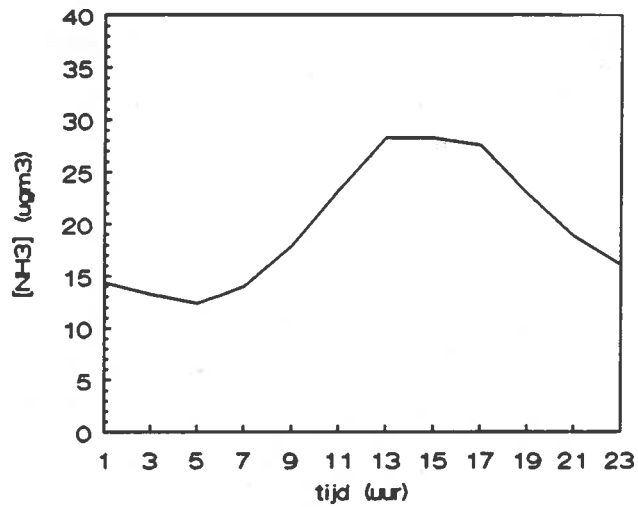
: vaste meetpunt



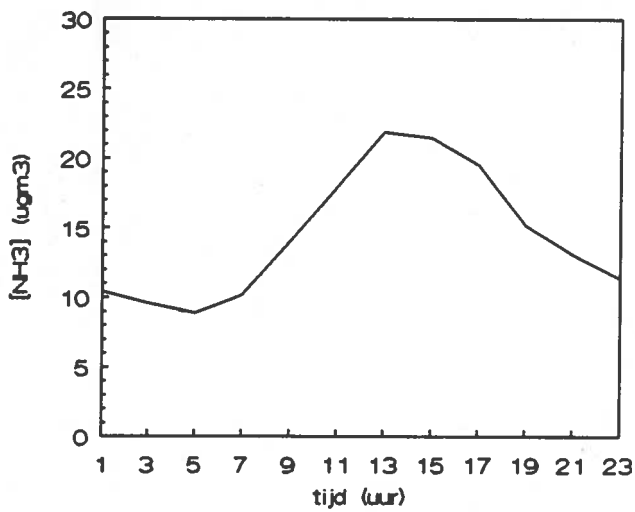
: bos

*1 t/m 8: extra meetpunten voor het representativiteitsonderzoek.

Bijlage 4. Berekeningen met het transportmodel TREND.



A. Berekend dagverloop voor het receptorpunt Vredepeel met lange termijn gemiddelde meteorologie.



B. Berekend dagverloop voor het receptorpunt Ede met lange termijn gemiddelde meteorologie.