

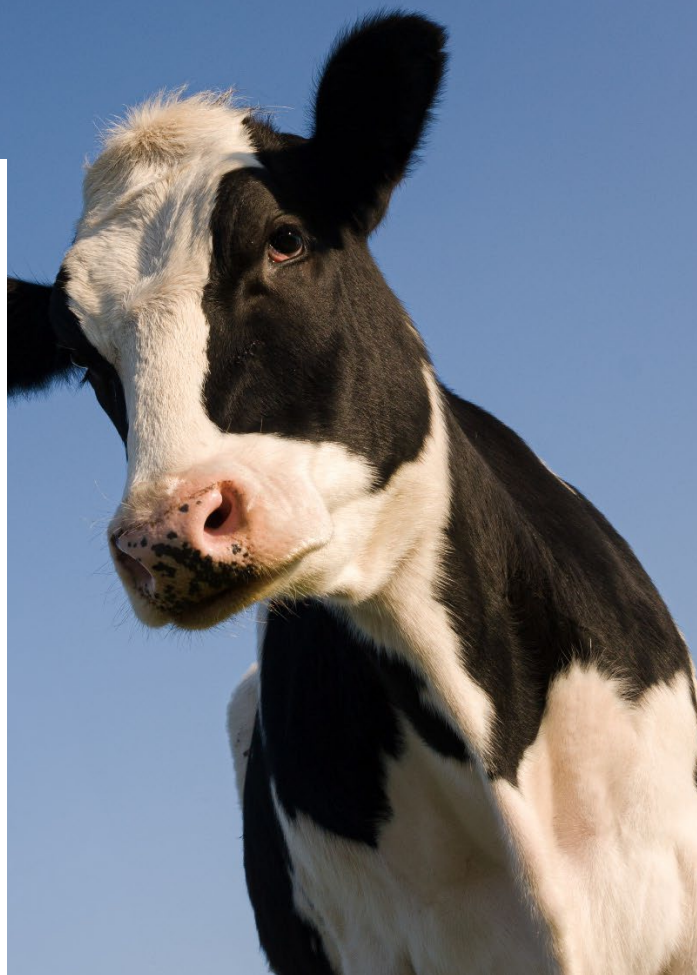
Pilotproject Meetnetwerken Fryslân 2023



SYNERGY DATA SOLUTIONS
REAL TIME DATA ANALYTICS

7 NOVEMBER

Gemaakt door: Synergy Data Solutions



Inhoud

	1
Inleiding	3
Opdracht	3
Uitdaging	3
Gerapporteerde waarden	5
Meetlocaties	5
Projectie en Plaatsing	6
Wind en neerslag	6
Meetperiode	6
Referentie metingen	6
Aanbevelingen toekomstige metingen	7
Resultaten	8
Meetresultaten	8
Significante verschillen	10
Invloed weer, wind, bedrijfsactiviteiten	11
Invloed Wind	11
Invloed Neerslag	11
Invloed mestverwerking en weidegang	12
Conclusie	13
Dispersie	13
Uitrol grootschaligere monitoring	13
Bronnen en referenties	14

Inleiding

Opdracht

De provincie Fryslân heeft Synergy Data Solutions de opdracht gegeven om een pilotonderzoek te doen naar een *meetnetwerk ammoniak*. Het doel van deze pilot is uitspraak doen over:

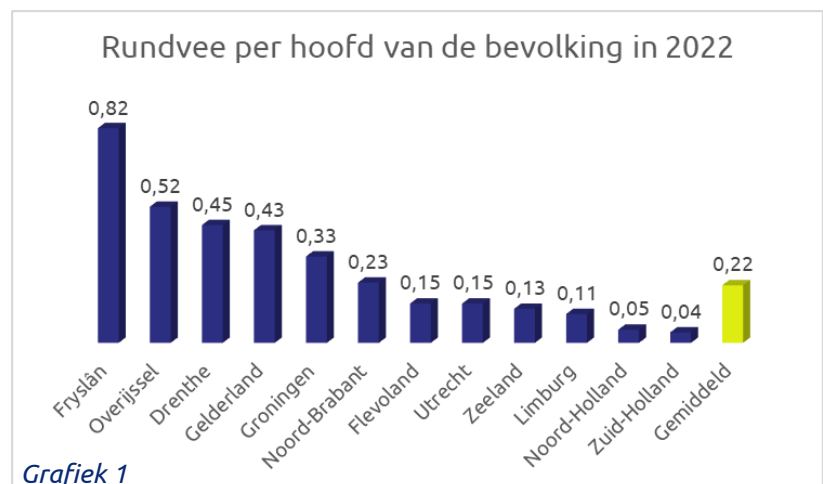
1. of het meetnetwerk de ammoniakdepositie adequaat kan monitoren;
2. of de informatie uit het meetnetwerk geschikt is om de effectiviteit van maatregelen ter verlaging van de ammoniakdepositie te beoordelen;
3. wat nodig is om zo'n meetnetwerk op grotere schaal uit te rollen.

Uitdaging

Situatie

Met meer rundvee per hoofd van de bevolking dan welke andere provincie (zie *grafiek 1*), en 21 Natura 2000 gebieden op het grondgebied, is de regelgeving rond stikstofuitstoot een grote uitdaging voor zowel de veehouderijen als het bestuur van de provincie Fryslân.

Landelijk gezien maakt de emissie van ammoniak, afkomstig van veehouderijen, ongeveer de helft uit van de totale stikstofemissie.



Emissie is echter geen depositie en ondanks dat er in natuurgebieden wordt gemeten, is er weinig bekend over de verspreiding (als droge depositie) van ammoniak. Synergy Data Solutions gaat in een pilotproject de uitdaging aan om een *meetnetwerk ammoniak* zo in te richten dat er meer inzicht komt in de agrarische praktijk.

Inrichten meetnetwerk

Voor het inrichten van een meetnetwerk om adequaat de ammoniakdepositie te monitoren, heeft Synergy Data Solutions met een aantal zaken rekening gehouden:

1. Lage concentratie

De gemiddelde concentratie ammoniak in de omgevingslucht op grondhoogte (ca. 1,5 meter) bedraagt ca 5 µg/m³. Het real time meten van een dergelijke lage concentratie vereist complexe en kostbare meetapparatuur.

Om een idee te geven:

Zou dit om water gaan, komt deze concentratie overeen met een waterdruppel van minder dan één mm diameter in een kubieke meter lucht.

2. Lokale en regionale verschillen

Deze complexe en kostbare meetapparatuur meet slechts de concentratie op de locatie van het apparaat zelf. Voor het meten van lokale en regionale verschillen zouden vele tientallen van dergelijke apparaten nodig zijn en dat is te kostbaar¹.

3. Inzet diffusiebuisjes



Om tegen redelijke kosten inzicht te krijgen in de ammoniakverspreiding rond veehouderijen is gebruik gemaakt van zogenaamde "passive samplers" of diffusiebuisjes. Deze methode wordt wereldwijd toegepast als kosteneffectieve methode voor het monitoren van luchtkwaliteit². In Nederland maakt bijvoorbeeld het

RIVM hier gebruik van in het Meetnet Ammoniak in Natuurgebieden^{3,4} (MAN). De diffusiebuisjes worden gedurende enkele weken blootgesteld aan de omgevingslucht en verzamelen 24 uur per dag de hoeveelheid ammoniak waaraan zij worden blootgesteld. Na de meetperiode worden ze in een gespecialiseerd en geaccrediteerd chemisch laboratorium geanalyseerd. De meetwaarde is niet real-time, maar geeft een periodegemiddelde weer.

Meetonzekerheid en herleidbaarheid



Diffusiebuisjes hebben een acceptabele meetonzekerheid en worden wereldwijd gebruikt in toepassingen waar geen zeer nauwkeurige metingen vereist zijn, of wanneer analysetechnieken met een kleinere meetonzekerheid niet beschikbaar zijn.

De chemische analyse van de meetbuisjes is uitgevoerd in een ISO-17025 geaccrediteerd laboratorium. Dit waarborgt de herleidbaarheid van de meetwaarden. Om onverwachte externe invloeden, die het functioneren van de meetbuisjes zouden kunnen beïnvloeden, gedurende de pilot zo veel mogelijk uit te sluiten zijn de meetopstellingen door Synergy Data Solutions periodiek gecontroleerd. Deze controles zijn gedocumenteerd met behulp van foto's van de meetopstelling ter plekke.

¹ <https://airquality.gov.wales/about-air-quality/monitoring/monitoring-methodologies>

² https://en.wikipedia.org/wiki/Diffusion_tube

³ man.rivm.nl

⁴ <https://laqm.defra.gov.uk/air-quality/air-quality-assessment/local-bias/>

Om de meetbuisjes tegen externe invloeden te beschermen tegen nieuwsgierigheid van eventuele bezoekers van menselijke of dierlijke aard zijn de meetbuisjes in een door de leverancier vervaardigde en aanbevolen behuizing geplaatst. Hoewel de behuizing aan de onderzijde open is vanwege toegankelijkheid voor doellucht, beperkt deze behuizing de mechanische toegang tot de buisjes.

Om de meetonzekerheid te beperken en de kwaliteit van de data te waarborgen zijn drie meetbuisjes per behuizing c.q. meetpunt geplaatst. Waar in deze rapportage gesproken wordt over meetwaarden per locatie is dit altijd een gemiddelde meetwaarde van de drie meetbuisjes per meetpunt.

De gerapporteerde meetonzekerheid van het laboratorium is 9,8%.



Gerapporteerde waarden

De gerapporteerde meetwaarden zijn de waarden die door het analytisch lab als periodegemiddelde zijn opgegeven. Er zijn door Synergy Data Solutions geen correctiefactoren op toegepast.

Meetlocaties

De locaties waar is gemeten zijn geselecteerd op de volgende criteria:

- ✓ Melkveebedrijven met ongeveer 100 stuks vee elk;
- ✓ In elkaars nabijheid gelegen zodat niet alleen waarden per bedrijf kunnen worden bepaald maar ook voor een kleine regio;
- ✓ Nabij het Drents-Friese Wold zodat meetwaarden kunnen worden vergeleken met bestaande meetgegevens uit het Drents-Friese Wold.

De 3 deelnemende bedrijven die aan de criteria voldoen om deze pilot uit te voeren bevinden zich in de regio

Vledder

Projectie en Plaatsing

- ✓ Op elk bedrijf zijn 8 meetpunten geplaatst in 2 lijnen in V-vorm met een onderlinge afstand tussen de meetpunten van ongeveer 150 meter. Zo is gemeten direct nabij de stal, en vervolgens op ca 150, 300 en 450 meter. Het dichtstbijzijnde meetpunt in het Drents-Friese Wold is gelegen op ongeveer 5 kilometer afstand van de meetlocaties.
- ✓ Meetpunten zijn zoveel mogelijk gemonteerd op bestaande constructies. Waar die niet voorhanden waren zijn door de locatiehouders paaltjes geplaatst. De meetbuisjes zijn gemonteerd op een hoogte van ca. 1,50 - 1,80 meter.
- ✓ Er is binnen de kaders van de locaties en erfgrenzen zoveel mogelijk variatie in de locaties aangebracht om te kijken of en in hoeverre de meetlocatie invloed heeft op de meetwaarde. Meetpunten zijn genummerd in oplopende volgorde met een ID per bedrijf. Op elk bedrijf is meetpunt 1 de locatie direct nabij de stal.
- ✓ Locatie FR 1002 en FR 1003 zijn naaste burens. Locatie FR 1001 ligt daar ongeveer 2,5 KM vanaf. Alle drie bedrijven zijn omgeven door verschillende andere agrarische bedrijven alsmede enkele particulieren.

Wind en neerslag

Wind en Neerslaggegevens in deze rapportage zijn afkomstig van weerstation "AWS Hoogeveen" te Hoogeveen, ca. 30 KM ten zuidoosten van de meetlocatie. Dit is het dichtstbijzijnde officiële KNMI weerstation. Gegevens zijn gedownload van de website van het KNMI WOW project.⁵

Meetperiode

Er is gemeten in de periode van 22 maart 2023 tot en met 12 juli 2023, vanwege de beperkte levensduur van de diffusiebuisjes opgedeeld in drie meetperioden:

- ✓ Meetperiode 1: 22 maart tot en met 28 april.
- ✓ Meetperiode 2: 29 april tot en met 8 juni.
- ✓ Meetperiode 3: 9 juni tot en met 12 juli.

Referentie metingen

Om context aan de meetwaarden te geven wordt gebruik gemaakt van twee referentie metingen:

1. Een extra meetpunt is geplaatst in Bourtange, op ca. 65 KM afstand van de pilotlocatie in een regio met veel akkerbouw maar zonder significante rundveehouderij in de directe omgeving.
2. MAN metingen in het Drents-Friese Wold.

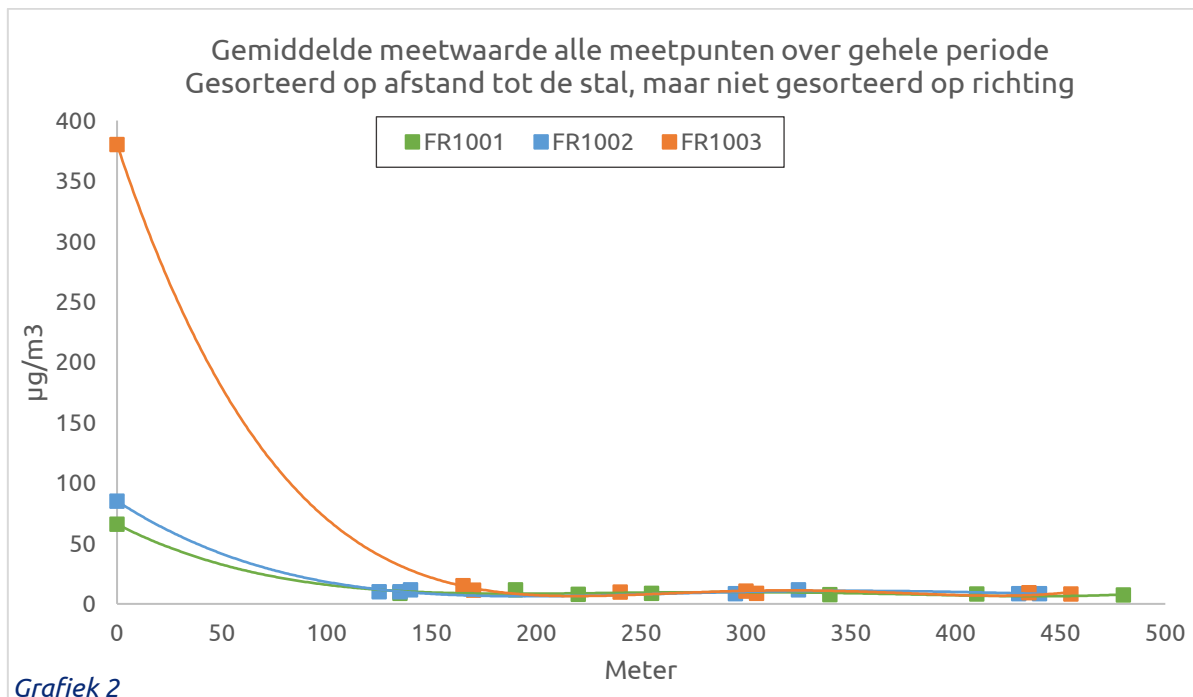
⁵ wow.knmi.nl

Aanbevelingen toekomstige metingen

- ✓ Wind en neerslag meten op de locaties;
- ✓ Frequente controle meetpunten in verband met potentiële vervuiling, plantgroei, mogelijk vandalisme;
- ✓ Eén buisje per meetpunt volstaat;
- ✓ Meetbuisjes plaatsen tussen veehouderij en Natura2000 gebied zodat een volledig profiel kan worden gemaakt;
- ✓ 150 meter tussenafstand geeft voldoende informatie. Dit kan, zeker in het open veld, wel wat groter;
- ✓ Meten in de winter als al het vee op stal staat en er geen mest wordt uitgereden.

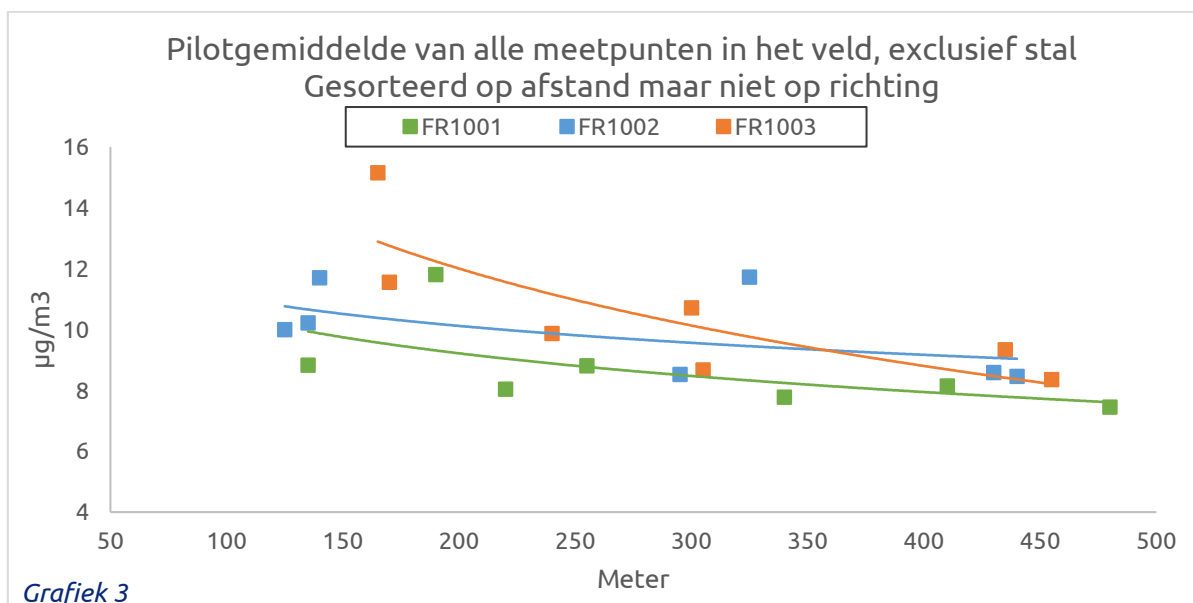
Resultaten

Meetresultaten



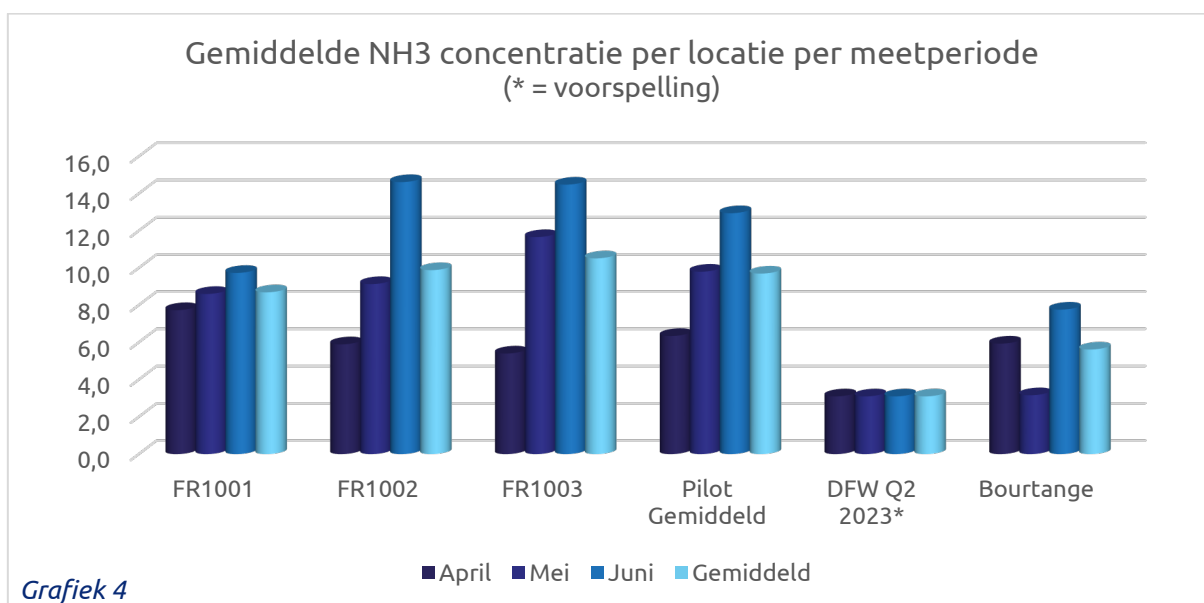
Het meest opvallende resultaat van de pilot is dat na 200 meter de invloed van de stal nauwelijks nog zichtbaar is. Bovendien is dit onafhankelijk van de hoogte van de meetwaarde nabij de stal. Dit patroon was in elke meetperiode identiek.

In de grafiek zijn de kleine verschillen tussen de meetpunten in het veld niet meer zichtbaar door het grote verschil met de waarde bij de stal. Als we inzoomen op de metingen in het veld worden de verschillen beter zichtbaar.



Opvallend in deze grafiek is dat ondanks de grote verschillen nabij de stallen de spreiding, dus de onderlinge verschillen tussen de meetpunten, zeer klein is. Bedraagt deze op 150 meter nog ca 7 µg/m³, is deze op 450 meter gereduceerd tot ca 2 µg/m³. Er blijkt zeer snel een behoorlijk homogene concentratie te ontstaan. Ondanks de geringe hoeveelheid data is dit patroon dermate significant en herhaalbaar dat de conclusie gerechtvaardigd is dat de verdunning van ammoniak na emissie veel sneller plaatsvindt dan voorheen werd verondersteld. Dit bevestigt de door het RIVM in begin 2023 gepubliceerde cijfers dat ammoniak slechts binnen 500 meter aan de bron kan worden toegekend⁶⁷. Vanwege de beperkte hoeveelheid data in ruimte en tijd is het niet mogelijk om een generiek toepasbare verdunningsfactor te berekenen. Met behulp van aanvullend onderzoek zou dit evenwel mogelijk zijn.

Onderstaande grafiek vergelijkt de gemiddelden van de locaties in relatie tot de beide referentiepunten. Dit geeft context aan de meetwaarden:



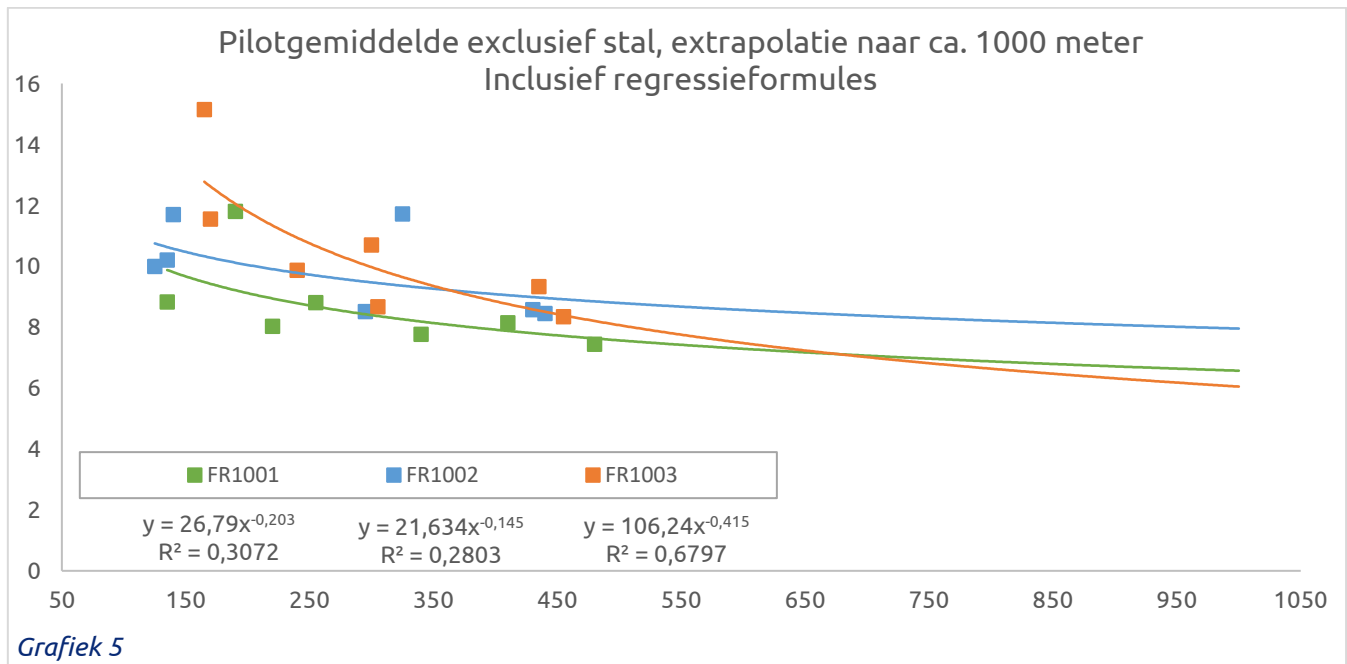
- ✓ Voor het Drents-Friese Wold (DFW) zijn nog geen gegevens over 2023 beschikbaar. De weergegeven waarden zijn een voorspelling voor het gemiddelde van kwartaal 2, 2023 op basis van het tijdreeksgemiddelde 2011-2022.
- ✓ De weergegeven gemiddelden zijn exclusief de waarden nabij de stal, omdat deze logischerwijs zo veel hoger zijn dan die in het land (*zie grafiek 2*) dat ze de gemiddelden zo ver beïnvloeden dat deze niet meer relevant zijn voor de vergelijking met referentiepunten.
- ✓ Evenals bij grafiek 2 kunnen we hier ook opmerken dat de gemiddelde concentratie NH₃ in het veld ondanks de hoge waarden bij de stallen aanzienlijk lager is dan voordien werd verondersteld. Het verschil met een akkerbouwgebied is in deze context ca 4 µg/m³ en ook dat met het Drents-Friese Wold is niet groter dan ca 6,5 µg/m³.

Om ook die cijfers in context te plaatsen is in onderstaande grafiek 5 de gemiddelde concentratie per locatie geëxtrapoleerd naar ongeveer 1000 meter vanaf de stal. De R₂ waarde geeft aan dat (vanwege de spreiding)

⁶ <https://www.rivm.nl/stikstof/vragen-en-antwoorden-over-stikstof-en-ammoniak>

⁷ <https://www.boerenbusiness.nl/artikel/10902803/stikstof-alleen-tot-500-meter-toe-te-rekenen-aan-bron>

de correlatie tussen afstand en concentratie beperkt is (hoewel die bij FR1003 met 0,68 behoorlijk goed is) en dat de extrapolatie dus omgeven is door een hoge mate van onzekerheid. Desalniettemin is hier een redelijk consistent patroon aanwezig dat een duidelijke trend aangeeft richting de gemiddelde waarden in het Drents-Friese Wold.



Significante verschillen

Om te bepalen of er statistisch belangrijke verschillen zijn tussen de veldmetingen buiten de stal op de drie locaties is een variantieanalyse of nulhypothese test uitgevoerd op de meetwaarden van de gehele pilotperiode van alle sensoren in het veld, exclusief die nabij de stal, met een α -waarde van 0,05.

Uit deze variantieanalyse blijkt dat er geen significante verschillen zijn tussen de drie locaties. Hiermee is aangetoond dat, in ieder geval gedurende de pilot periode, de grote verschillen in meetwaarde nabij de stal geen invloed van betekenis hebben op de meetwaarden in het veld. Dit geldt ook voor verschillen tussen de locaties op het gebied van bemesting en weidegang en dergelijke.

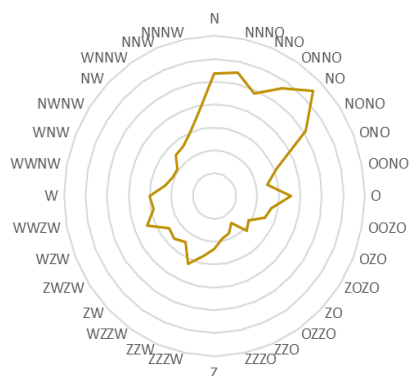
Tabel 1: Variantieanalyse

Bron van variatie	Kwadraten-som	Vrijheids-graden	Gemiddelde kwadraten	F	P-waarde	Kritische gebied van F-toets
Tussen groepen	12,05	2,00	6,02	1,88	0,18	3,55
Binnen groepen	57,67	18,00	3,20			
Totaal	69,71	20,00				

Invloed weer, wind, bedrijfsactiviteiten

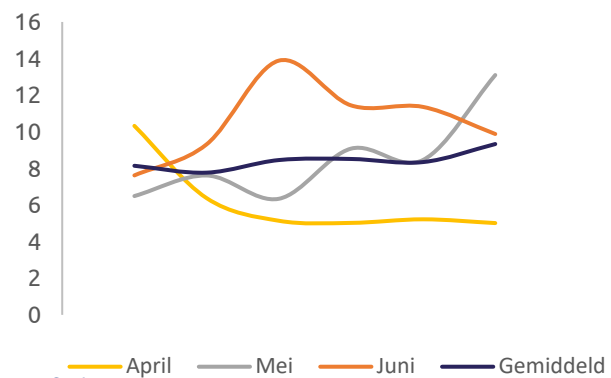
Invloed Wind

Windrichting Pilotperiode, tijdsduur



Grafiek 6

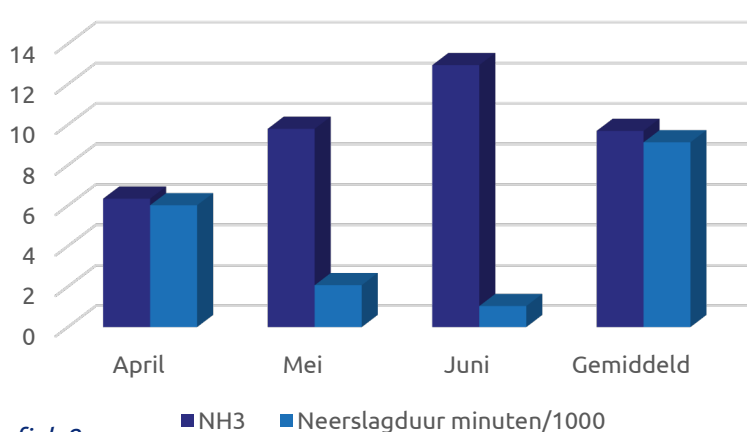
NH3 concentratie profiel in Noordoost -> Zuidwest richting



Gedurende de pilotperiode kwam de wind overwegend uit noordoostelijke richtingen. Dit gold voor elke meetperiode (maand). De heersende wind stond ongeveer parallel aan de grens van het Drents-Friese Wold en daarmee haaks op de projectielijnen. Dat impliceert dat, als de wind een grote invloed zou hebben op de ammoniak concentratie, de projectielijnen verder naar het zuiden een hogere waarde zouden moeten meten. In grafiek 6 is voor elke individuele maand een concentratieprofiel weergegeven in een noordoost naar zuidwest lijn, haaks op de projectielijnen. Hieruit blijkt geen duidelijke correlatie tussen windrichting en concentratie.

Invloed Neerslag

Neerslagduur en NH3 concentratie



Grafiek 8

Zoals bekend is ammoniak goed oplosbaar in water. Het is niet verwonderlijk dat er een negatieve correlatie is tussen de tijd dat het heeft geregend en de gemiddeld gemeten Ammoniakconcentratie.

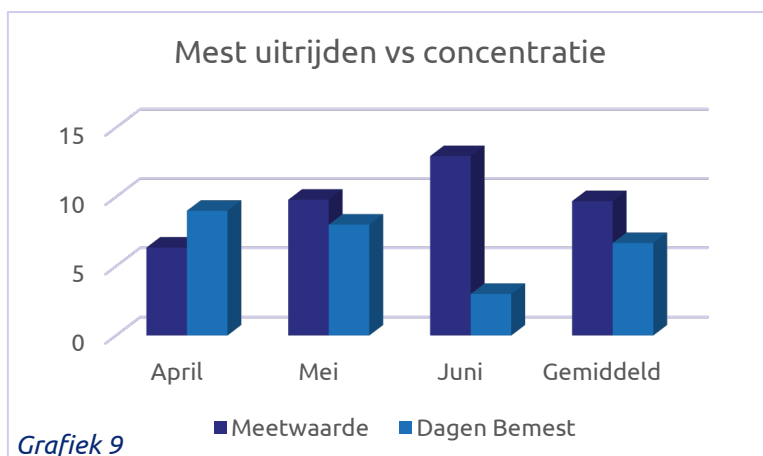
De correlatiecoëfficiënt tussen de gemeten concentratie NH₃ en het aantal minuten dat het heeft geregend is -0,96. Dat wil zeggen dat er een bijna volledige correlatie bestaat tussen die twee grootheden. De meetbuisjes absorberen gas, en als dat is opgelost in regenwater bereikt die het meetbuisje niet. De gemeten waarde is dus lager dan de werkelijke hoeveelheid ammoniak.

De stikstofcomponent in het ammoniak verdwijnt echter niet; deze slaat met de regen direct neer in de bodem en het oppervlaktewater. Omdat dit in even grote mate geldt voor alle meetpunten in de (kleine) pilotregio, zijn de meetwaarden per periode onderling wel goed met elkaar te vergelijken. De absolute meetwaarde is echter afhankelijk van de tijd dat het heeft geregend. Bij het interpreteren van meetwaardes of van grote gebieden, bijvoorbeeld op provincieniveau of landelijk moet hier terdege rekening mee worden gehouden omdat lokale regenbuien meetverschillen kunnen veroorzaken tussen regio's. Uiteraard geldt dit voor alle metingen die uitgevoerd worden in de open lucht; niet alleen diffusiebuisjes maar ook real-time analyzers zijn afhankelijk van contact met het doelgas, ook metingen van het RIVM en andere partijen. Voor een volledig beeld is het van belang dat ook de "natte depositie" meegenomen wordt in de beoordeling.

Het is wellicht mogelijk om op basis van meer metingen een correctiefactor voor regen te bepalen. Hiervoor is echter uitgebreider onderzoek nodig, de beperkte hoeveelheid data uit deze pilot is daarvoor niet toereikend.

Invloed mestverwerking en weidegang

Tijdens de meetperiodes is enkele keren mest uitgereden. Door één van de deelnemers is bijgehouden op welke dagen mest is uitgereden op de deelnemende- en / of aanpalende landen. Uit de pilot is geen duidelijke correlatie waarneembaar tussen het aantal dagen dat mest is uitgereden en de gemiddelde concentratie.



Het is zeer waarschijnlijk dat er gedurende het uitrijden van mest en een korte periode daarna een verhoogde concentratie ammoniak in de omgeving aanwezig was. Doordat het meetprincipe met diffusie buisjes echter een maandgemiddelde als resultaat heeft is dit onderscheid niet duidelijk zichtbaar; bovendien heeft ook de neerslagduur een sterke invloed op het periodegemiddelde waardoor een eventuele verhoogde concentratie NH₃ ten gevolge van bemestingshandelingen niet goed waarneembaar is. Dit kan worden ondervangen door tijdens bemestingsdagen spotmetingen uit te voeren, of door tijdens de meetperiode een real-time meting uit te voeren.

Conclusie

Gedurende drie maanden is op drie melkveehouderijen de zo genoemde droge depositie en verspreiding van Ammoniak in het veld en nabij stallen gemeten. Het kleinschalige monitoringproject is bedoeld als pilot om inzicht te verschaffen in de verspreiding van ammoniak in het veld en de mogelijke uitrol naar een groter monitoringnetwerk.

Dispersie

Uit de metingen blijkt dat ammoniak zeer snel in de omgevingslucht verdunt en vervolgens een behoorlijk homogene concentratie vormt in een relatief groot gebied. Deze resultaten stroken met bevindingen gedaan door anderen, en impliceren dat voor een significante reductie van de droge depositie, de reductie van ammoniak emissie evenredig over een groot gebied plaats zou moeten vinden.

Door de pilot in de winter te herhalen, wanneer er geen mest wordt uitgereden en al het vee op stal staat, zou een beter inzicht bereikt kunnen worden voor wat betreft de invloed van weidegang en mestverwerking. De snelle verdunning van ammoniak in lucht en de geringe tijd dat mest wordt uitgereden ten opzichte van de meetperioden beperken de mogelijkheid van een effectieve analyse van deze factoren tijdens de pilot.

Uitrol grootschaligere monitoring

Ondanks de kleinschalige opzet van de pilot zijn significante meetresultaten gevonden. Dit betekent dat de meetmethode toepasbaar is om grotere gebieden te monitoren. De methodiek met behulp van *passive samplers* is echter wel onderhevig aan enkele beperkingen, waarvan de meest nadrukkelijke het meetinterval van ongeveer 1 maand is. Informatie is dus niet real-time en de invloed van pieken op de totale meetwaarde kan niet goed worden bepaald. Dit zou echter ondervangen kunnen worden door op strategische locaties enkele real-time monitors in het netwerk op te nemen.

Bovendien is droge depositie afhankelijk van droog weer; regenval verlaagt de concentratie ammoniak in lucht en vertroebelt daarmee de meting. Dit is echter niet uniek voor *passive samplers* en zou gemitigeerd kunnen worden door ook natte depositie te meten (analyse van NH_4^+ in opgevangen regenwater). Wellicht is het mogelijk om met behulp van lokale regenintensiteit sensoren en een grotere geospatiale spreiding van de *passive samplers* te komen tot een correctiefactor. Hiervoor is echter nader onderzoek nodig.

Desalniettemin zijn metingen die in het zelfde tijdruim plaatsvinden ook zonder neerslagcorrectie goed met elkaar te vergelijken, waardoor een grootschaliger monitoringnetwerk nuttige informatie zou kunnen opleveren over zaken als de effectiviteit van genomen maatregelen, adsorptie van droge depositie door organische of anorganische objecten en de kruisrelatie tussen droge en natte depositie.

Bronnen en referenties

1. <https://airquality.gov.wales/about-air-quality/monitoring/monitoring-methodologies>
2. https://en.wikipedia.org/wiki/Diffusion_tube
3. man.rivm.nl
4. <https://laqm.defra.gov.uk/air-quality/air-quality-assessment/local-bias/> , zie ook man.rivm.nl
5. wow.knmi.nl
6. <https://www.rivm.nl/stikstof/vragen-en-antwoorden-over-stikstof-en-ammoniak>
7. <https://www.boerenbusiness.nl/artikel/10902803/stikstof-alleen-tot-500-meter-toe-te-rekenen-aan-bron>

Synergy Data Solutions

Unit 2 | De Dieze 30-B | 5684 PT | Best

+31 (0) 88 855 0100

www.synergydata.nl

info@synergydata.nl



SYNERGY DATA SOLUTIONS
REAL TIME DATA ANALYTICS