



Innovatieprogramma  
mesttoediening

---

## Emissiereductie bij zodenbemesten van aangezuurde mest

Reductie ammoniakemissie bij het aanzuren van mest bij verschillende  
toedieningsmethoden gemeten met dynamische fluxkamers

---



**WAGENINGEN**  
UNIVERSITY & RESEARCH



---

# Emissiereductie bij zodenbemesten van aangezuurde mest

Reductie ammoniakemissie bij het aanzuren van mest bij verschillende  
toedieningsmethoden gemeten met dynamische fluxkamers

Het onderzoeksprogramma 'Bemest op z'n Best' is in opdracht van LVVN uitgevoerd door een consortium van de Stichting Wageningen Research (WR), Nutriënten Management Instituut (NMI), Stichting Louis Bolk Instituut (LBI), Delphy B.V., TNO, RIVM, EV ILVO in het kader van beleidsondersteunend onderzoeksthema 2D Veerkrachtige dierhouderijsystemen (projectnummer BO-43-209-002).

WR is een onderdeel van Wageningen University & Research, samenwerkingsverband tussen Wageningen University en de Stichting Wageningen Research.

Wageningen, november 2025

© 2025 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Postbus 16, 6700 AA Wageningen; T 0317 48 07 00; [www.wur.nl/plant-research](http://www.wur.nl/plant-research)

KvK: 09098104 te Arnhem  
VAT NL no. 8113.83.696.B07

Stichting Wageningen Research. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Stichting Wageningen Research.

Stichting Wageningen Research is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Rapport Bemest op z'n Best: <https://edepot.wur.nl/703891>

Foto omslag: Niels van der Boom

# Eindrapportage<sup>1</sup>

Toevoegmiddelen aan mest kunnen bijdragen aan reductie van ammoniakemissies doordat ze een chemische of fysische barrière vormen waardoorheen ammoniak moet diffunderen of doordat ze de chemische samenstelling van de mest beïnvloeden waardoor minder ammoniak gevormd wordt.

In 'Bemest op z'n Best' is het effect van verschillende toevoegmiddelen op de ammoniakemissie onderzocht bij verschillende doseringen en toedieningswijzen. Het ging om Zeoliet en Bioliet (Poortershaven), Polyhaliet (ICL), krijt (SilomixBV),  $\text{MgCl}_2/\text{CaCl}_2$  (NedMag) en zwavelzuur. Zwavelzuur is onderzocht als kennisvraag op initiatief van 'Bemest op z'n Best' zelf.

Afhankelijk van het toegepaste middel gaat het bij de chemische barrière om de volgende mechanismen:

- **Adsorptie** van ammonium aan vaste deeltjes.
- **pH-verlaging** waardoor de  $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$  verhouding in de mest laag blijft.
- **Vormen van neerslagen** met ammonium.
- **Verhoging van de ionsterkte** wat leidt tot een verlaging van de dampdruk van  $\text{NH}_3$ .

Bij producten die een fysische barrière vormen, gaat het om de volgende mechanismen:

- **Zeoliet:** Dit kleimineraal adsorbeert ammonium uit de mest aan het negatief geladen oppervlak. Dit verlaagt de concentratie van opgelost ammonium.
- **Bioliet:** Dit mineraal dat fijngemalen is tot deeltjes met een groot specifiek oppervlak kan ammoniak binden door fysisorptie.
- **Polyhaliet (Polysulfaat, PolyS):** Dit is een natuurlijke meststof met kalium, calcium, magnesium en zwavel dat ammoniak bindt/adsorbeert.
- **Krijtsuspensie:** Dit bevat poreuze calciumcarbonaatdeeltjes met een groot specifiek oppervlak. Hieraan kunnen ammoniakmoleculen adsorberen; mogelijk daalt ook de pH iets bij vermenging met mest.
- **Magnesiumchloride ( $\text{MgCl}_2$ ) en calciumchloride ( $\text{CaCl}_2$ ):** Door lokale pH-daling aan het oppervlak blijft de ammoniak/ammonium-verhouding laag. De verhoogde zoutsterkte verlaagt bovendien de ion-activiteit van ammonium. Bij  $\text{MgCl}_2$  kan mogelijk ook enige struvietvorming optreden, waarbij ammonium wordt vastgelegd.

Het onderzoek was gericht op effecten van de middelen bij volledig mengen met mest en/of op de effecten van toepassing als bedekking van de mestsleuf. De producten/middelen zeoliet en bioliet zijn enkel in een labopstelling getoetst als een eerste screening van effecten op ammoniakemissie. De producten/middelen polyhaliet, magnesiumchloride, calciumchloride en zwavelzuur zijn vervolgens ook in veldexperimenten getest. Bij menging met mest zijn de verandering van chemische samenstelling en de ammoniakemissie onderzocht. Bij toepassing als afdekmiddel zijn alleen metingen aan de ammoniakemissie gedaan. Visueel is vastgesteld of de bedekking goed verliep en of er (verstoppings)problemen optraden (zie paragraaf 3.3).

Het onderzoek gaf voor alle middelen onvoldoende uitsluitsel over het effect op de ammoniakemissie.

- **Zeoliet en Bioliet:** Het onderzoek lijkt aan te geven dat het mengen van dunne mest met (klei)mineralen weinig perspectief biedt voor het verminderen van ammoniakemissies. Hoge doseringen resulteren mogelijk in een substantieel effect. Dit zal echter leiden tot een hoge kostprijs en onduidelijk is of de mest dan nog goed mixbaar is.
- **Polyhaliet:** Het afdekken van de meststrook met polyhaliet had in het labonderzoek een significant verlagend effect op de ammoniakemissie waarbij afdekken effectiever leek dan door de mest mengen, maar dit werd niet bevestigd in vervolgonderzoek in het veld.
- **Krijtsuspensie:** Het onderzoek liet geen tot lage emissiereducties zien. Verschillende onderzoeken gaven geen consistent beeld in tegenstelling tot eerder onderzoek met hogere giften.

---

<sup>1</sup> Verloop, Koos, Marieke Rinsema, Jan Huijsmans, Zwier van der Vegte, Roy Wichink Kruit, Wim Bussink, Jeroen Pijlman & Monique Paes (2025). *Bemest op z'n Best* (Ben Verwijs & Jan Huijsmans, eds). Wageningen Research, Rapport WPR-1501, <https://doi.org/10.18174/702950>

- **MgCl<sub>2</sub> en CaCl<sub>2</sub>:** De resultaten gaven een variabel beeld: van emissiereductie tot emissietoename. Het beperkte onderzoek naar besproeien van de mest sleuf met een oplossing van CaCl<sub>2</sub> leek meer potentie voor emissiereductie te hebben dan MgCl<sub>2</sub>.
- **Zwavelzuur:** De effecten van mengen van mest met zwavelzuur en afdekken van mest met aangezuurde mest werd in twee parallelle proeven volgens verschillende meetmethoden onderzocht, te weten: gesloten fluxkamers en dynamische fluxkamers.  
Metingen in de gesloten fluxkamers duiden op emissiereductie door het aanzuren van mest bij zodenbemesting en bij sleepvoetentoepassing, waarbij de reductie groter was bij zodenbemesting ten opzichte van bemesting met de sleepvoet. De emissiereductie nam toe naarmate meer zwavelzuur per m<sup>3</sup> mest werden gebruikt. Verder bleek dat alleen de bovenlaag aanzuren (zuur gemengd door de mest) een effectieve manier was om de hoeveelheid benodigd zuur te beperken. Het sproeien van zwavelzuur over de bemestersleuf gaf alleen na één dag vergelijkbare emissiereducties ten opzichte van door de mest mengen van zuur of toepassen van aangezuurde mest als afdekmiddel bovenop onbewerkte mest die onderin de bemestersleuf is gebracht.  
In het onderzoek met dynamische fluxkamers gaf het aanzuren van rundveedrijfmest met 4 liter zwavelzuur (98%) per m<sup>3</sup> rundveedrijfmest een significant verschil en een lagere emissie dan alle andere objecten. Tussen de verschillende lagere hoeveelheden zwavelzuur, het besproeien met verschillende concentraties zwavelzuur en de wijze van vullen van de sleuf was veelal geen significant verschil. De behandelingen met een lagere hoeveelheid zuur leidden in dit onderzoek tot een emissiereductie ten opzichte van niet-aanzuren, maar de verschillen zijn kleiner dan het aanzuren met 4 liter zwavelzuur 98% per m<sup>3</sup> rundveedrijfmest. De emissies zijn geanalyseerd op de cumulatieve gemeten eindemissies (na 10 dagen). Uit de metingen volgt dat de emissiereductie veelal afneemt na het moment van toedienen en stabiel wordt op 72-144 uur na de mesttoediening.

#### *Nevenaspecten*

Bij analyse van nevenaspecten en evaluatie van praktische uitvoerbaarheid is gekeken naar de varianten waarbij de middelen als afdekmiddel van mest zijn toegepast. Nevenaspecten waarvoor mogelijk aandacht nodig is bij doorontwikkeling zijn de kostprijs van de middelen en het energieverbruik dat nodig is voor het winnen en transporteren van de middelen en mogelijke schade aan de zode als deze besmeurd wordt door het afdekmiddel. Afhankelijk van de hoeveelheid die gebruikt wordt, kunnen ook ophoping van stoffen in de bodem en eventuele indirecte effecten daarvan op het bodemleven aandacht vragen. Bij toepassing van zwavelzuur kan voor grasland een hogere aanvoer van zwavel plaatsvinden dan de gewasbehoefte met mogelijke risico's voor milieu en voerkwaliteit (met name voor jongvee).

#### *Evaluatie en beoordeling*

Het onderzoek geeft voor de middelen onvoldoende uitsluitsel over het effect op de ammoniakemissie. Een belangrijke discussie bij het aanzuren is dat de pH-daling van de mest bepalender is dan de toegediende hoeveelheid zuur, dat de benodigde hoeveelheid zuur voor een bepaalde pH daling sterk afhankelijk kan zijn van de mestsamenstelling en dat de emissiereductie veelal afneemt gedurende de dagen na het moment van bemesting.

---

# Emissiereductie bij zodenbemesten van aangezuurde mest

Reductie ammoniakemissie bij het aanzuren van mest bij verschillende toedieningsmethoden gemeten met dynamische fluxkamers

Jan Huijsmans, Ben Verwijs, Willem de Visser, Frank Hollewand en Julio Mosquera

Februari 2025



Dit onderzoek is uitgevoerd in het kader van het onderzoeksprogramma Bemest op z'n Best. Dit programma wordt uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij. Dit meetverslag bevat voorlopige resultaten en conclusies van lopend onderzoek. Resultaten en conclusies uit dit verslag zijn niet bedoeld voor gebruik buiten de context van Bemest op z'n Best. Op grond van dit verslag kunnen geen definitieve conclusies getrokken worden over het technisch en milieukundig functioneren van de in dit verslag beschreven techniek.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Stichting Wageningen Research.

Stichting Wageningen Research is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave

---

---

# Inhoud

|                                                                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Samenvatting .....                                                                                                                                        | 3  |
| Inleiding .....                                                                                                                                           | 5  |
| Materiaal en methoden.....                                                                                                                                | 7  |
| Resultaten .....                                                                                                                                          | 11 |
| Discussie en conclusies .....                                                                                                                             | 15 |
| Literatuur .....                                                                                                                                          | 17 |
| Bijlage I Huijsmans, J. en Goedhart, P. (2023) .....                                                                                                      | 19 |
| Bijlage II Samenstelling van de gebruikte rundveedrijfmest per experiment en de pH van de aangezuurde mest .....                                          | 20 |
| Bijlage III Mestgift per experiment, per object en herhaling (beoogde gift voor alle objecten 25 t/ha).....                                               | 21 |
| Bijlage IV Overzicht mesttoediening bij aanvang en afsluiten van de metingen .....                                                                        | 22 |
| Bijlage V Gemiddelde cumulatieve NH <sub>3</sub> -emissie (% TAN) en emissiereductie (%) per object voor ieder experiment.....                            | 30 |
| Bijlage VI Resultaat analyse van de cumulatieve emissie (%TAN) per experiment .....                                                                       | 31 |
| Bijlage VII Emissiecurven per experiment, per object en herhaling. Gemiddelde emissiecurven (met spreiding) over de 4 experimenten voor alle objecten. 32 |    |
| Bijlage VIII Verloop van de emissiereductie na het moment van mest toedienen .....                                                                        | 41 |
| Bijlage IX Weersomstandigheden voor de hele meetperiode van een experiment.....                                                                           | 44 |
| Bijlage X Beschrijving en resultaat van de statistische analyse .....                                                                                     | 45 |

---

---

# Samenvatting

Binnen de huidige regelgeving wordt aangegeven hoe mest emissiearm toegediend dient te worden. Het aanzuren van mest kan gezien worden als een van de methoden om de ammoniakemissie te beperken.

Het aanzuren van de mest kan gedaan worden met zwavelzuur. Aanbevolen wordt om overmatige toediening van zwavel aan de bodem te vermijden om te hoge zwavelgehalten in het gewas en eventuele milieuschade in de toekomst te voorkomen. Geen emissieresultaten zijn bekend wanneer met zwavelzuur aangezuurde mest wordt uitgereden met een zodenbemester, waarbij de mest op de machine wordt aangezuurd. Om overmaat van het gebruik van zwavelzuur te voorkomen is het effect onderzocht van een deel van de mest in de bemestersleuf aanzuren of om een verdunde concentratie zuur te sproeien op de met mest gevulde bemestersleuf.

Een onderzoek is uitgevoerd waarbij verschillende hoeveelheden en methoden van zuurtoepassing onderling zijn vergeleken bij zodenbemesting op grasland met een mestgift van 25 m<sup>3</sup> per ha. Hierbij is een vergelijking gemaakt met de emissie bij toepassing van niet aangezuurde mest (toegepast in sleuven; zodenbemesting). Bij de opzet is gebruik gemaakt van dynamische open fluxkamers. De emissies zijn geanalyseerd op de cumulatieve gemeten eindemissies (na 10 dagen). In totaal zijn 4 experimenten in 2024 uitgevoerd waarbij onderling zijn vergeleken:

- rundveedrijfmest
- rundveedrijfmest, aangezuurd met 2 L H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (98%) per ton mest
- rundveedrijfmest, aangezuurd met 4 L H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (98%) per ton mest
- rundveedrijfmest, aangezuurd met 500 L H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0,4M) per ha (zuur verneveld op de mest)
- rundveedrijfmest, aangezuurd met 500 L H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0,8M) per ha (zuur verneveld op de mest)
- rundveedrijfmest, aangezuurd met 500 L H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (1,2M) per ha (zuur verneveld op de mest)
- $\frac{2}{3}$  RDM onder in sleuf +  $\frac{1}{3}$  boven als RDMAanz4L
- $\frac{2}{3}$  RDMAanz4L onder in sleuf +  $\frac{1}{3}$  boven als RDM

Het aanzuren van rundveedrijfmest met 4 liter zwavelzuur 98% per m<sup>3</sup> rundveedrijfmest gaf een significant verschil en een lagere emissie dan alle andere objecten. Tussen de verschillende hoeveelheden zwavelzuur, het besproeien met verschillende concentraties zwavelzuur en de wijze van vullen van de sleuf is veelal geen significant verschil. Deze behandelingen met een lagere hoeveelheid zuur leidden in dit onderzoek tot een emissiereductie ten opzichte van niet-aanzuren, maar de verschillen in emissie zijn relatief kleiner dan het aanzuren met 4 liter zwavelzuur 98% per m<sup>3</sup> rundveedrijfmest.

De emissies zijn geanalyseerd op de cumulatieve gemeten eindemissies (na 10 dagen). Uit de metingen volgt dat de emissiereductie veelal afneemt na het moment van toedienen en stabiel wordt op 72-144 uur na de mesttoediening. De resultaten en conclusies van dit onderzoek komen overeen met hetgeen gevonden is in het veldonderzoek van Huijsmans et al. (2015). Ook binnen dat onderzoek bleek uit het verloop van de emissie dat gedurende het eerste etmaal na uitrijden het aanzuren een duidelijke emissiereductie geeft, maar dat deze reductie daarna afneemt ten gevolge van een alsnog later op gang komende emissie.

Bij aanzuren met 4 liter zwavelzuur werd een gemiddelde pH daling van 1 pH punt gerealiseerd bij de toegepaste mest in de experimenten. Deze toegepaste hoeveelheid zuur kan voor grasland leiden tot een hogere aanvoer van zwavel dan de gewasbehoefte met mogelijke risicoconsequenties voor milieu en voer kwaliteit (met name voor jongvee).

De ammoniakemissie wordt mede bepaald door de pH daling van de mest bij het aanzuren. De benodigde hoeveelheid zuur voor een bepaalde pH daling kan sterk afhankelijk zijn van de mestsamenstelling en is dus niet eenduidig.



---

# Inleiding

Binnen de huidige regelgeving wordt aangegeven hoe mest emissiearm toegediend dient te worden. Het aanzuren van mest kan gezien worden als een van de methoden om de ammoniakemissie te beperken. Door aanzuren wordt het chemisch evenwicht in de mest tussen ammonium en ammoniak verschoven richting ammonium. Door het aanzuren (pH verlaging van de mest) wordt dus minder ammoniak in de mest gevormd.

Het aanzuren van mest met zwavelzuur wordt in sommige landen in Europa toegepast voor emissiebeperking bij mesttoediening. Het is relatief goedkoop en de benodigde hoeveelheid kan beperkt zijn doordat het een sterk zuur is. Zwavel is onderdeel van het bemestingsadvies op grasland. Het advies is afhankelijk van de grondsoort en het zwavel leverend vermogen (SLV) van de grond. Aanbevolen wordt om overmatige toediening van zwavel aan de bodem te vermijden om te hoge zwavelgehalten in het gewas en eventuele milieuschade in de toekomst te voorkomen ([www.bemestingsadvies.nl](http://www.bemestingsadvies.nl)).

Aanzuren van mest tot een willekeurig pH kan plaats vinden tijdens de bewaarperiode in de opslag, vlak voor toediening in een aanzuurinstallatie of op de apparatuur waarmee de mest wordt uitgereden op het land. Door Huijsmans et al. (2015) is, in het kader van de Proeftuin Natura 2000, binnen Nederland onderzoek uitgevoerd naar het effect van het aanzuren van mest tijdens de mesttoediening. Onderzocht is de invloed van de met zwavelzuur aangezuurde mest op de ammoniakemissie en de gewasopbrengst. Bij dit onderzoek is gebruik gemaakt van rundveedrijfmest van een gangbaar melkveehouderijbedrijf. De mest is uitgereden op grasland met een sleepvoetenmachine waarbij de mest op de machine in de leiding naar de mestverdeler tijdens de toediening werd aangezuurd met 2 en 4 liter zwavelzuur (98%) per m<sup>3</sup> rundmest. Uit het onderzoek bleek dat de gemiddelde emissiereductie over alle proeven 7% is bij 2 liter zwavelzuur per m<sup>3</sup> mest en 24% bij 4 liter per m<sup>3</sup> mest ten opzichte van niet aangezuurde mest toegediend met een sleepvoetenmachine. Uit het verloop van de emissie bleek dat gedurende het eerste etmaal na uitrijden het aanzuren een duidelijke emissiereductie geeft, maar dat deze reductie daarna afneemt ten gevolge van een alsnog later op gang komende emissie. De pH-metingen aan de aangezuurde mest op verschillende tijdstippen tijdens en kort na de mesttoediening gaven een grote spreiding te zien. In internationaal onderzoek wordt meestal een emissiereductie gerapporteerd bij aanzuren (pH verlaging van de mest); hierbij is vaak gestuurd op een bepaalde pH daling zonder aandacht voor de hoeveelheid benodigd zuur hiervoor en over het emissieverloop in de tijd na toediening.

In voorgenoemde onderzoek (Huijsmans et al., 2015) is gewerkt met een sleepvoetenmachine. Geen emissieresultaten zijn bekend wanneer met zwavelzuur aangezuurde mest wordt uitgereden met een zodenbemester, waarbij de mest op de machine wordt aangezuurd. Mogelijk dat hierbij minder zuur nodig is om een emissiereductie te bereiken. Om overmaat van het gebruik van zwavelzuur te voorkomen zou ook gewerkt kunnen worden door een deel van de mest in de bemestersleuf aan te zuren of om een verdunde concentratie zuur te sproeien op de met mest gevulde bemestersleuf.

## Doel

Het onderzoek moet leiden tot inzicht in de ammoniakemissie bij het gebruik van verschillende hoeveelheden zwavelzuur (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>):

- gemengd door de rundveedrijfmest ('standaardmethode'),
- (verdunde) concentraties zwavelzuur sproeien over de bemeste zodenbemestersleuf (beperking gebruik van zwavelzuur; bovenlaag besproeid (aangezuurd) die dan mogelijk als buffer tegen ammoniakemissie uit bemeste sleuf kan dienen,
- een deel van de toegediende hoeveelheid in de bemestersleuf aanzuren (1/3 van de hoeveelheid mest boven in de sleuf aanzuren (buffer tegen ammoniakemissie) in vergelijking met 2/3 van de mest onder in de sleuf aanzuren.

---

## **Werkwijze**

Het onderzoek is dusdanig opgezet dat bij de verschillende hoeveelheden en methoden van zuurtoepassing een beeld kan worden verkregen van de emissiereductie ten opzichte van niet aangezuurde mest (toegepast in sleuven; zodenbemesting). Bij de opzet is gebruik gemaakt van dynamische open fluxkamers (zie hoofdstuk Materiaal en methoden).

## **Resultaat**

Uitkomsten van het onderzoek leveren informatie op over het perspectief voor emissiereductie bij verschillende hoeveelheden en methoden van aanzuren van mest bij zodenbemesting.

# Materiaal en methoden

Voor het bepalen van een effect van aangezuurde mest op de  $\text{NH}_3$ -emissie zijn een aantal experimenten uitgevoerd in 2024. Hierbij is gebruik gemaakt van een meetopstelling met dynamische (open) fluxkamers (naar De Ruijter et al., 2010; Huijsmans en Goedhart, 2023; Bijlage I). De ammoniakemissie werd gedurende 10 dagen continu gemeten. De monsternamenintervallen na het moment van mest toedienen waren: 0-4 uur; 4-8 uur; 8-24 uur; 24-48 uur; 48-72 uur; 72-144 uur; 144-192 uur; 192-216 uur; 216-240 uur. De totale ammoniakemissie (over 10 dagen) werd bepaald door sommatie van de gemeten emissie gedurende ieder meet-interval. Tijdens de 10 dagen durende meting werd alle  $\text{NH}_3$  afgevangen bij een luchtverversing van 4 l/min in de flowkamers.

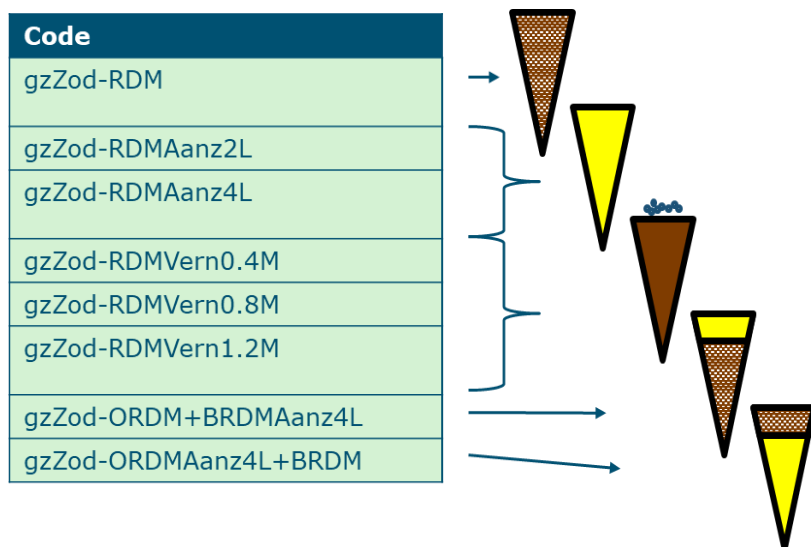
De voor de experimenten gebruikte rundveedrijfmest was afkomstig van een regulier gemengd bedrijf waarbij de koeien overdag weidegang hadden. Voor elk experiment is door de veehouder mest gemixt en vervolgens verzameld uit de mestkelder.

Bij de meetopzet werden fluxkamers (inhoud 10 l) gevuld met een graszode. De voor de vier experimenten benodigde kolommen met graszoden zijn gestoken op een perceel blijvend grasland aan de Dijkgraaf (zandgrond,  $\text{pH } 6,7 \pm 0,1$ , Droge dichtheid  $0,98 \pm 0,02$ , OS 3,5 %) of Bornsesteeg in Wageningen (Figuur 1). Net voor het aanleggen van alle objecten (inclusief herhalingen) is in de graszode met een wig een 'standaard' bemestersleuf gemaakt zoals door een zodenbemester (diepte 5,5 cm, breedte op maaiveldniveau 3,0 cm).



**Figuur 1** Locaties waar de kolommen zandgrond met graszode zijn gestoken.

Elk object is bemest met een totale gift van  $25 \text{ m}^3/\text{ha}$  rundveedrijfmest. De dosering vond handmatig plaats met een schenkbeker, waarbij de werkelijke dosering voor iedere fluxkamer werd bepaald door weging van schenkbeker vóór en na de toediening. Verschil in de objecten is de gebruikte hoeveelheid zwavelzuur, de concentratie van het gebruikte zwavelzuur, het aandeel en de positie van aangezuurde mest in een sleuf, mengen van zwavelzuur door de mest of een verdund zuur sproeien over de bemeste sleuf. Om de combinaties van hoeveelheden, concentratie en methoden van gebruik van zwavelzuur te maken zijn in 2024 de objecten aangelegd zoals in figuur 2 aangegeven. In 2024 zijn met deze combinaties 4 experimenten op verschillende tijdstippen uitgevoerd.



**Figuur 2** De combinaties van hoeveelheden en methoden van gebruik van rundveedrijfmest en zwavelzuur binnen de 4 in 2024 uitgevoerde experimenten.

Betekenis van de in figuur 2 gebruikte afkortingen:

|                 |                                                                                                                 |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| g               | grasland                                                                                                        |
| z               | zand                                                                                                            |
| Zod             | zodenbemesting (een standaard bemestersleuf met diepte van 5,5 cm en breedte van 3,0 cm)                        |
| RDM             | rundveedrijfmest                                                                                                |
| RDMAanz2L       | rundveedrijfmest, aangezuurd met 2 L H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (98%) per ton mest                          |
| RDMAanz4L       | rundveedrijfmest, aangezuurd met 4 L H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (98%) per ton mest                          |
| RDMVern0.4M     | rundveedrijfmest, aangezuurd met 500 L H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (0,4M) per ha (zuur verneveld op de mest) |
| RDMVern0.8M     | rundveedrijfmest, aangezuurd met 500 L H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (0,8M) per ha (zuur verneveld op de mest) |
| RDMVern1.2M     | rundveedrijfmest, aangezuurd met 500 L H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (1,2M) per ha (zuur verneveld op de mest) |
| ORDM+BRDMAanz4L | ⅓ RDM onder in sleuf + ⅔ boven als RDMAanz4L                                                                    |
| ORDMAanz4L+BRDM | ⅓ RDMAanz4L onder in sleuf + ⅔ boven als RDM                                                                    |

Bij ieder experiment werden twee 0-fluxkamers meegenomen. Bij deze fluxkamers werd geen sleuf gemaakt en geen mest of zwavelzuur toegediend; het is dus een meting aan enkel de graszode en wordt gebruikt om achtergrond te bepalen en eventueel toe te passen voor correctie emissie. In ieder experiment werden de metingen aan de objecten (Figuur 2) in viervoud uitgevoerd (gewarde blokkenproef). De data werden geanalyseerd per experiment en als geheel en weergegeven in boxplots. Statistische analyse werd ook per experiment en als geheel uitgevoerd. De toegepaste procedure staat weergegeven in Bijlage X. Significantie werd getoetst bij  $p < 0.01$ . Bij de aanleg en bij het afsluiten van de experimenten in de opstelling met de dynamische (open) fluxkamers zijn foto's van alle objecten (inclusief herhalingen) genomen om de situatie visueel vast te leggen.

Tabel 1 geeft per experiment een overzicht van de start- en einddatum. Door de experimenten over een periode van enkele maanden te herhalen, werden de emissiemetingen onder verschillende weersomstandigheden uitgevoerd. In Bijlage X staan de weersomstandigheden weergegeven voor de hele periode dat een experiment duurde.

**Tabel 1** Experimentnummer, start- en einddatums van de experimenten met verschillende methoden van het gebruik van zwavelzuur ( $H_2SO_4$ ) tijdens het toedienen van rundveedrijfmest op grasland in 2024.

| Experiment | Startdatum | Einddatum  |
|------------|------------|------------|
| 1          | 16-04-2024 | 26-04-2024 |
| 2          | 30-04-2024 | 10-05-2024 |
| 3          | 16-07-2024 | 26-07-2024 |
| 4          | 12-11-2024 | 22-11-2024 |

In Tabel 2 staat de gemiddelde samenstelling en pH van de rundveedrijfmest over de vier experimenten. In Bijlage II staat per experiment de samenstelling van de gebruikte rundveedrijfmest en de pH van de aangezuurde mest. Voor de objecten RDMVern0.4M, RDMVern0.8M, RDMVern1.2M, ORDM+BRDMAanz4L en ORDMAanz4L+BRDM geldt dezelfde samenstelling als de referentie 'Rundveedrijfmest'.

Alle 8 objecten zijn per experiment in 4 herhalingen aangelegd. Per fluxkamer (herhaling) is de benodigde hoeveelheid rundveedrijfmest afzonderlijk gewogen. De benodigde hoeveelheid  $H_2SO_4$  is voor elke herhaling afzonderlijk met een pipet afgemeten. Het besproeien van de bemestersleuf met daarin de rundveedrijfmest werd uitgevoerd met een airbrush.

Voor alle objecten in de vier uitgevoerde experimenten geldt een beoogde dosering van 25 ton per hectare rundveedrijfmest.

**Tabel 2** Gemiddelde samenstelling van de gebruikte rundveedrijfmest voor alle experimenten ( $n=4$ ).

| Totaal N ( $g\ kg^{-1}$ ) | Ammonium-N ( $g\ kg^{-1}$ ) | DS ( $g\ kg^{-1}$ ) | pH  |
|---------------------------|-----------------------------|---------------------|-----|
| 3,9                       | 1,69                        | 81,80               | 7,4 |



# Resultaten

In Tabel 3 staat per object de beoogde gift en de gemiddeld over de vier experimenten gerealiseerde gift in t/ha. In Bijlage III worden de gerealiseerde giften per experiment, per object, per herhaling en het gemiddelde per object weergegeven.

**Tabel 3** Beoogde gift (t/ha) en gemiddeld gerealiseerde gift (t/ha) per object over de vier experimenten.

| Object                | Beoogd gift (t/ha) | Gerealiseerde gift (t/ha) |
|-----------------------|--------------------|---------------------------|
| gzZod-RDM             | 25,0               | 25,3                      |
| gzZod-RDMAanz2L       | 25,0               | 25,6                      |
| gzZod-RDMAanz4L       | 25,0               | 25,4                      |
| gzZod-RDMVern0.4M     | 25,0               | 25,1                      |
| gzZod-RDMVern0.8M     | 25,0               | 25,2                      |
| gzZod-RDMVern1.2M     | 25,0               | 25,4                      |
| gzZod-ORDM+BRDMAanz4L | 25,0               | 25,1                      |
| gzZod-ORDMAanz4L+BRDM | 25,0               | 25,6                      |

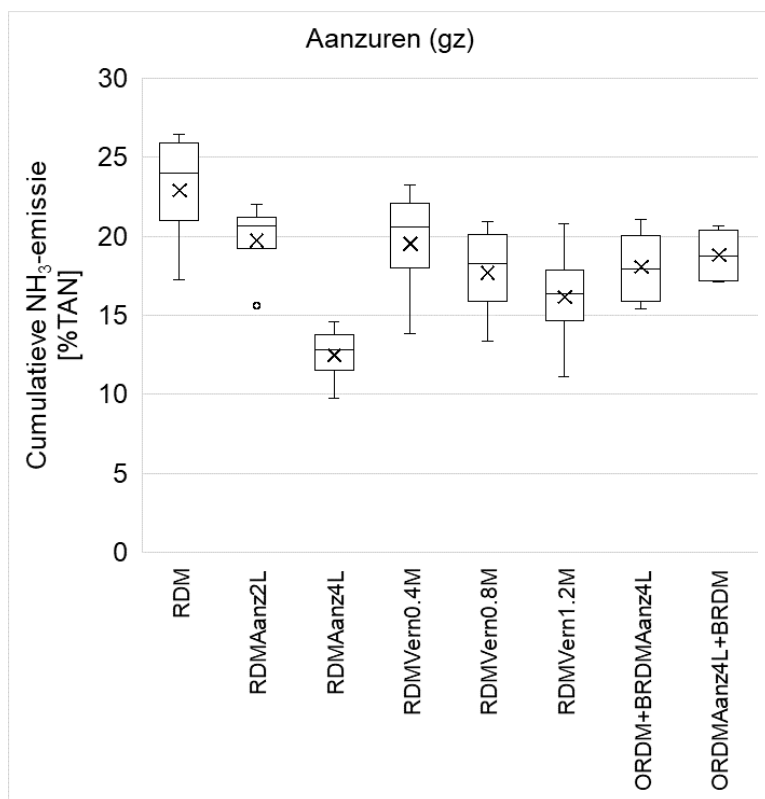
Bijlage IV geeft door middel van foto's een overzicht van de mesttoediening bij aanvang van de metingen en bij het afsluiten van de metingen. In Bijlage VII staat van elk experiment, object en herhaling de emissiecurve voor de totale duur van een experiment (10 dagen) en in één grafiek de gemiddelde en spreiding van de cumulatieve emissiecurven (%TAN) van de verschillende objecten over de vier experimenten.

In Tabel 4 staat per object de gemiddeld gemeten cumulatieve NH<sub>3</sub>-emissies over de vier experimenten voor de totale duur per experiment (10 dagen na toediening van de mest). Eveneens is weergegeven de relatieve NH<sub>3</sub>-emissie ten opzichte van de referentie (gzZod-RDM). In Bijlage V staat de gemiddelde cumulatieve NH<sub>3</sub>-emissie (%) per experiment en object weergegeven en de emissiereductie ten opzichte van het object gzZod-RDM.

Figuur 3 toont per object de gemiddelde cumulatieve emissie (% TAN) en de spreiding over de vier experimenten. Bijlage VI toont de gemiddelde cumulatieve emissie (% TAN) per experiment en de spreiding van de resultaten binnen het experiment.

**Tabel 4** Gemiddelde cumulatieve NH<sub>3</sub>-emissie (%TAN) en relatieve emissie ten opzichte van gzZod-RDM per object over de vier experimenten voor de totale duur van ieder experiment (10 dagen); incl. standaarddeviatie tussen experimenten.

| Object                | NH <sub>3</sub> -emissie (%TAN) | Relatieve NH <sub>3</sub> -emissie t.o.v. gzZod-RDM (%) |
|-----------------------|---------------------------------|---------------------------------------------------------|
| gzZod-RDM             | 22,9 ± 4,2                      | 100                                                     |
| gzZod-RDMAanz2L       | 19,7 ± 2,8                      | 87 ± 5                                                  |
| gzZod-RDMAanz4L       | 12,5 ± 2,1                      | 55 ± 6                                                  |
| gzZod-RDMVern0.4M     | 19,5 ± 4,1                      | 85 ± 10                                                 |
| gzZod-RDMVern0.8M     | 17,7 ± 3,4                      | 78 ± 10                                                 |
| gzZod-RDMVern1.2M     | 16,2 ± 4,0                      | 71 ± 5                                                  |
| gzZod-ORDM+BRDMAanz4L | 18,1 ± 2,8                      | 80 ± 13                                                 |
| gzZod-ORDMAanz4L+BRDM | 18,8 ± 1,9                      | 84 ± 15                                                 |



**Figuur 3** Analyse van de cumulatieve emissie (%TAN) gemiddeld over de vier experimenten.

De boxplots in Figuur 3 en Bijlage VI (afzonderlijke experimenten) laten met name zien dat gzZod-RDMAanz4L een robuuste emissiereductie geeft in alle experimenten. RDM geeft in de totaal analyse over de 4 experimenten een hogere emissie dan alle andere objecten; de verschillen zijn in emissie relatief klein behalve ten opzichte van het object met 4 liter volledig aanzuren. De andere objecten laten geen eenduidige emissiereductie zien en zijn in ammoniakemissie vaak onderling niet onderscheidend van elkaar.

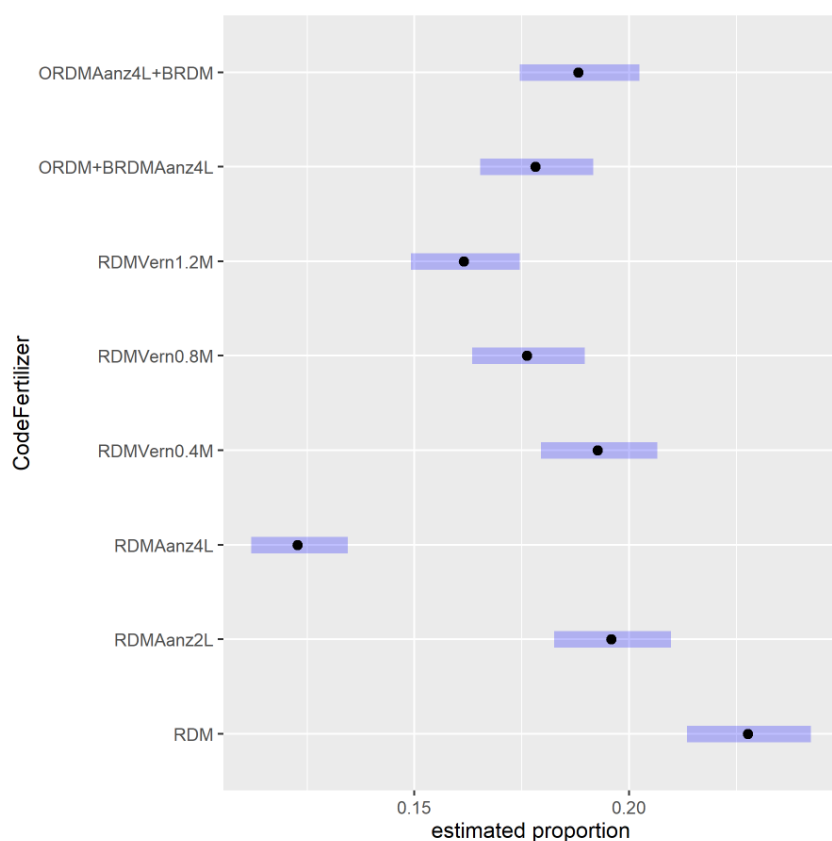
Bijlage VIII laat per experiment (grafisch en in tabelvorm) en gemiddeld over de 4 experimenten (tabel) het verloop van de emissiereductie zien na het moment van mest toedienen. Veelal neemt de emissiereductie af na het moment van toedienen en wordt stabiel op 72-144 uur na de mesttoediening.

Tabel 5 en Figuur 4 geven het resultaat weer van de statistische analyse over alle 4 de experimenten. De bijbehorende beschrijving van de uitvoering van deze analyse wordt weergegeven op de eerste pagina van Bijlage X.

**Tabel 4** Resultaat van de statistische analyse over alle 4 de experimenten in 2024.

Matrix of p-values testing CodeFertilizer/treatment difference across experiments (geel gemarkeerd  $p < 0.01$ ). Diagonal values are the estimated proportions

|                 | RDM   | RDMAanz2L | RDMAanz4L | RDMVern0.4M | RDMVern0.8M | RDMVern1.2M | ORDM+BRDMAanz4L | ORDMAanz4L+BRDM |
|-----------------|-------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|-----------------|-----------------|
| RDM             | 0.228 | 0.0017    | <.0001    | 0.0005      | <.0001      | <.0001      | <.0001          | 0.0001          |
| RDMAanz2L       |       | 0.196     | <.0001    | 0.7473      | 0.0421      | 0.0003      | 0.0673          | 0.4393          |
| RDMAanz4L       |       |           | 0.123     | <.0001      | <.0001      | <.0001      | <.0001          | <.0001          |
| RDMVern0.4M     |       |           |           | 0.193       | 0.0871      | 0.0010      | 0.1309          | 0.6467          |
| RDMVern0.8M     |       |           |           |             | 0.176       | 0.1141      | 0.8366          | 0.2217          |
| RDMVern1.2M     |       |           |           |             |             | 0.161       | 0.0744          | 0.0056          |
| ORDM+BRDMAanz4L |       |           |           |             |             |             | 0.178           | 0.3069          |
| ORDMAanz4L+BRDM |       |           |           |             |             |             |                 | 0.188           |



**Figuur 4** Weergave statistische analyse van de objecten (CodeFertilizer) over alle 4 de experimenten in 2024 en de geschatte emissie (estimated proportion)

In Bijlage X wordt een beschrijving gegeven van de statistische analyse en per experiment het resultaat van deze analyse.



---

## Discussie en conclusies

Uit figuur 3 blijkt dat er een significant verschil is tussen rundveedrijfmest en het aanzuren van rundveedrijfmest met 4 liter zwavelzuur 98% per m<sup>3</sup> rundveedrijfmest. Tussen de verschillende hoeveelheden zwavelzuur, het besproeien met verschillende concentraties zwavelzuur en de wijze van vullen van de sleuf is veelal geen significant verschil. De gemeten emissies zijn weergegeven met boxplots om zo ook een goed beeld te krijgen van de spreiding in gemeten emissies. De emissies zijn geanalyseerd op de cumulatieve gemeten eindemissies (na 10 dagen). Uit de metingen volgt dat de emissiereductie veelal afneemt na het moment van toedienen en stabiel wordt op 72-144 uur na de mesttoediening.

Bij aanzuren met 4 liter zwavelzuur werd een gemiddelde pH daling van 1 pH punt gerealiseerd bij de toegepaste mest in de experimenten. Deze toegepaste hoeveelheid zuur kan voor grasland leiden tot een hogere aanvoer van zwavel dan de gewasbehoefte met mogelijke risicoconsequenties voor milieu en voerkwaliteit (met name voor jongvee). Een lagere hoeveelheid zuur (de andere objecten dan de 4 l gemengd door de mest) leidden in dit onderzoek niet tot een robuuste emissiereductie.

De ammoniakemissie wordt mede bepaald door de pH daling van de mest bij het aanzuren. De benodigde hoeveelheid zuur voor een bepaalde pH daling kan sterk afhankelijk zijn van de mestsamenstelling en is dus niet eenduidig.

De resultaten en conclusies van dit onderzoek komen overeen met hetgeen gevonden is in het onderzoek van Huijsmans et al. (2015). Ook binnen dat onderzoek blijkt uit het verloop van de emissie dat gedurende het eerste etmaal na uitrijden het aanzuren een duidelijke emissiereductie geeft, maar dat deze reductie daarna afneemt ten gevolge van een alsnog later op gang komende emissie.



---

# Literatuur

- De Ruijter, F.J., Huijsmans, J.F.M. & Rutgers, B., 2010. Ammonia volatilization from crop residues and frozen green manure crops. *Atmospheric Environment*. 44, 28, p. 3362-3368. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2010.06.019>
- Huijsmans, J. en Goedhart, P. (2023). Experimental set-up to derive reductions of ammonia losses from field-applied manures and fertilisers. RAMIRAN 2023 – 18th international conference, 12–14 September 2023, Cambridge, UK.
- Huijsmans, J.F.M., J.M.G. Hol & M.M.W.B. Hendriks, 2001. Effect of application technique, manure characteristics, weather and field conditions on ammonia volatilization from manure applied to grassland. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 49, 323-342. [https://doi.org/10.1016/S1573-5214\(01\)80021-X](https://doi.org/10.1016/S1573-5214(01)80021-X)
- Huijsmans, J.F.M., Hol, J.M.G. & Vermeulen, G.D., 2003. Effect of application method, manure characteristics, weather and field conditions on ammonia volatilization from manure applied to arable land. *Atmospheric Environment*. 37, 26, p. 3669-3680 [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(03\)00450-3](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(03)00450-3)
- Huijsmans, J.F.M., J.M.G. Hol & H.A. van Schooten, 2015. Toediening van aangezuurde mest met een sleepvoetenmachine op grasland: Ammoniakemissie en gewasopbrengst. *Plant Research International*, Rapport 629. <https://edepot.wur.nl/357341>
- Huijsmans, J.F.M. & Hol, J.M.G. (2012). Ammoniakemissie bij mesttoediening in wintertarwe op kleibouland, Wageningen: *Plant Research International Rapport* 446, 24 p. <https://edepot.wur.nl/210563>
- Vertregt, N. & B. Rutgers, 1988. Dutch Priority Programme on Acidification. CABO-Report 84, 26 p.



# Bijlage I      Huijsmans, J. en Goedhart, P. (2023)

## Experimental set-up to derive reductions of ammonia losses from field-applied manures and fertilisers

Huijsmans, J.F.M.\* & Goedhart, P.W.

Wageningen University & Research, The Netherlands; \*J. Huijsmans, email: jan.huijsmans@wur.nl

### Introduction

Within the discussions to mitigate ammonia (NH<sub>3</sub>) losses, new application methods, processed manures or fertilisers are introduced from which the NH<sub>3</sub> losses need to be derived. The Integrated Horizontal Flux (IHF) method is commonly used to estimate the NH<sub>3</sub> emission from field-applied manure. Due to the large variation between field experiments, due to weather conditions, manure characteristics, soil type and grass height, a large number of experiments is required to estimate the mean or modelled emission factor (EF) for any particular application technique. This also holds for assessing the effect on the NH<sub>3</sub> emission of for instance diluting or acidifying manure, or when processed manure is directly compared with un-processed manure in pairwise field experiments. Moreover, the IHF method has a large workload with limited possibilities for many replications within a single year, requires large field sizes when comparing different plots and requires that measurements on different plots start at approximately the same time such that weather conditions are comparable. Therefore, a new fast comparative small scale experimental setup was developed to compare the NH<sub>3</sub> emission of alternative application methods and/or processed manure with standard methods for which an EF is available. Such experiments result in an estimated quotient of the NH<sub>3</sub> emission (emission reduction factor) of a new method with respect to the standard method. The EF of a new method can then be estimated by multiplying the EF of the standard method by the quotient. The new measuring technique can also be used to compare the NH<sub>3</sub> emission after manure or fertiliser application for different soil types, different irrigation strategies, different fertilizers and different urine and dung patches.

### Methodology

The base set up is flow chambers as described by Ruijter et al. (2010). Buckets (content circa 10 l, diameter 0.26 m) are filled with a soil or undisturbed grass sod layer of 0.14 m, up to 0.07 m from the top. The bucket is air tight placed within a cylinder which is covered by a perforated lid to let air enter the created headspace. Air is withdrawn from a central hole in the lid by a pump and washed by a NH<sub>3</sub> trap. Air replacement rate of the headspace is once per minute. A measured amount of manure, urine or fertiliser is applied to the soil or grass sod after which the lid is placed on the cylinder and air is passing within the headspace. Measurements continue for 10 days, during which traps are replaced at certain time intervals. Measurements were done for up to eight objects in fourfold at the same time, including two blank measurements (no manure or fertiliser). One of the objects is the reference: in most cases shallow injection with dairy manure. The experimental set up is located outside under a cover to meet local weather conditions (temperature and relative humidity). Experiments are repeated over time to meet different temperature and humidity conditions.

### Results and discussion

When buckets are prepared, the start of an experiment can be conducted quickly (within a half hour) to meet comparable conditions. In the first few trials, air flow rate was adjusted to meet a common emission factor for shallow injection. The experimental set up revealed satisfactory results; repetitions of the measurements within an experiment helped to deal with variations in emissions. The set up was employed to compare artificial fertilisers or urine patches with shallow injection of dairy manure. It was shown that covering the open slot of shallow injection may mitigate emissions. Urea fertiliser had a comparable emission as shallow injection of dairy manure. Different N concentrations within urine were also compared with shallow injection.

### Conclusion

The new comparative experimental setup showed to be a fast method to investigate NH<sub>3</sub> emissions from field applied manure, fertilisers, or urine. The method could be used to compare different effects on the emission like soil type or irrigation management. Results may be used to derive the effects of different emission events by using the reduction potential compared to a given emission factor in inventories.

### References

De Ruijter, F. J., Huijsmans, J. F. M. & Rutgers, B., 2010.. Atmospheric Environment. 44, 28, p. 3362-3368.  
<https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2010.06.019>

## Bijlage II Samenstelling van de gebruikte rundveedrijfmest per experiment en de pH van de aangezuurde mest

| Experiment | Object          | Totaal N<br>(g kg <sup>-1</sup> ) | Ammonium-N<br>(g kg <sup>-1</sup> ) | DS<br>(g kg <sup>-1</sup> ) | pH  |
|------------|-----------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|-----|
| 1          | gzZod-RDM       | 3,91                              | 1,10                                | 92,0                        | 7,3 |
|            | gzZod-RDMAanz2L | *                                 | *                                   | *                           | 6,7 |
|            | gzZod-RDMAanz4L | *                                 | *                                   | *                           | 6,3 |
| 2          | gzZod-RDM       | 3,61                              | 1,59                                | 70,3                        | 7,6 |
|            | gzZod-RDMAanz2L | *                                 | *                                   | *                           | 7,1 |
|            | gzZod-RDMAanz4L | *                                 | *                                   | *                           | 6,6 |
| 3          | gzZod-RDM       | 3,95                              | 2,00                                | 78,8                        | 7,4 |
|            | gzZod-RDMAanz2L | *                                 | *                                   | *                           | 6,9 |
|            | gzZod-RDMAanz4L | *                                 | *                                   | *                           | 6,4 |
| 4          | gzZod-RDM       | 4,23                              | 2,05                                | 86,2                        | 7,4 |
|            | gzZod-RDMAanz2L | *                                 | *                                   | *                           | 6,8 |
|            | gzZod-RDMAanz4L | *                                 | *                                   | *                           | 6,5 |

\* voor deze objecten geldt dezelfde samenstelling als object gzZod-RDM van het betreffende experiment.

# Bijlage III Mestgift per experiment, per object en herhaling (beoogde gift voor alle objecten 25 t/ha)

| Experiment | Object                | Gerealiseerde gift per herhaling (t/ha) |      |      |      |      |
|------------|-----------------------|-----------------------------------------|------|------|------|------|
|            |                       | I                                       | II   | III  | IV   | Gem  |
| 1          | gzZod-RDM             | 22,6                                    | 25,3 | 25,3 | 26,0 | 24,8 |
|            | gzZod-RDMAanz2L       | 27,7                                    | 26,0 | 26,8 | 25,8 | 26,6 |
|            | gzZod-RDMAanz4L       | 25,6                                    | 25,6 | 25,2 | 25,7 | 25,5 |
|            | gzZod-RDMVern0.4M     | 23,8                                    | 24,9 | 25,7 | 25,3 | 24,9 |
|            | gzZod-RDMVern0.8M     | 26,3                                    | 24,1 | 25,2 | 25,1 | 25,2 |
|            | gzZod-RDMVern1.2M     | 25,9                                    | 24,4 | 26,0 | 25,7 | 25,5 |
|            | gzZod-ORDM+BRDMAanz4L | 24,4                                    | 23,4 | 23,5 | 24,5 | 24,0 |
|            | gzZod-ORDMAanz4L+BRDM | 25,8                                    | 25,3 | 26,7 | 24,8 | 25,7 |
| 2          | gzZod-RDM             | 24,7                                    | 25,5 | 25,4 | 25,2 | 25,2 |
|            | gzZod-RDMAanz2L       | 25,4                                    | 24,9 | 25,5 | 25,1 | 25,2 |
|            | gzZod-RDMAanz4L       | 25,4                                    | 25,1 | 25,9 | 24,7 | 25,3 |
|            | gzZod-RDMVern0.4M     | 25,0                                    | 25,3 | 25,4 | 25,2 | 25,2 |
|            | gzZod-RDMVern0.8M     | 25,0                                    | 25,3 | 25,1 | 25,4 | 25,2 |
|            | gzZod-RDMVern1.2M     | 25,1                                    | 24,9 | 25,9 | 25,3 | 25,3 |
|            | gzZod-ORDM+BRDMAanz4L | 26,4                                    | 25,3 | 25,5 | 25,3 | 25,6 |
|            | gzZod-ORDMAanz4L+BRDM | 26,4                                    | 25,1 | 25,8 | 25,3 | 25,6 |
| 3          | gzZod-RDM             | 26,9                                    | 26,9 | 25,4 | 25,3 | 26,1 |
|            | gzZod-RDMAanz2L       | 24,9                                    | 25,3 | 25,6 | 26,3 | 25,5 |
|            | gzZod-RDMAanz4L       | 25,2                                    | 25,6 | 25,1 | 25,1 | 25,3 |
|            | gzZod-RDMVern0.4M     | 25,7                                    | 24,8 | 25,2 | 25,4 | 25,3 |
|            | gzZod-RDMVern0.8M     | 25,1                                    | 25,4 | 25,2 | 25,1 | 25,2 |
|            | gzZod-RDMVern1.2M     | 25,6                                    | 25,3 | 25,4 | 25,5 | 25,5 |
|            | gzZod-ORDM+BRDMAanz4L | 25,3                                    | 25,8 | 25,1 | 25,4 | 25,4 |
|            | gzZod-ORDMAanz4L+BRDM | 25,5                                    | 25,5 | 25,5 | 25,9 | 25,6 |
| 4          | gzZod-RDM             | 24,7                                    | 26,2 | 24,3 | 25,8 | 25,3 |
|            | gzZod-RDMAanz2L       | 24,8                                    | 25,3 | 25,5 | 25,4 | 25,2 |
|            | gzZod-RDMAanz4L       | 25,5                                    | 24,8 | 25,4 | 25,7 | 25,3 |
|            | gzZod-RDMVern0.4M     | 24,7                                    | 25,1 | 25,1 | 25,3 | 25,1 |
|            | gzZod-RDMVern0.8M     | 25,1                                    | 24,9 | 25,3 | 25,1 | 25,1 |
|            | gzZod-RDMVern1.2M     | 24,8                                    | 25,5 | 25,3 | 25,3 | 25,2 |
|            | gzZod-ORDM+BRDMAanz4L | 25,5                                    | 25,6 | 25,3 | 25,7 | 25,5 |
|            | gzZod-ORDMAanz4L+BRDM | 25,1                                    | 25,6 | 25,1 | 25,5 | 25,3 |

# Bijlage IV    Overzicht mesttoediening bij aanvang en afsluiten van de metingen

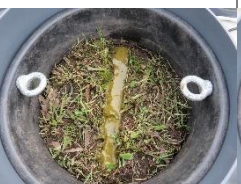
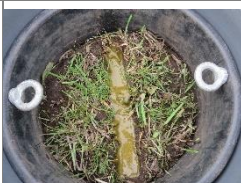
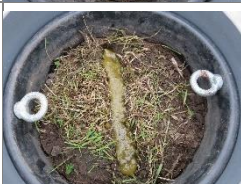
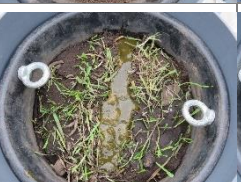
Experiment 1, Aanvang

| Herhaling<br>Object   | I                                                                                   | II                                                                                  | III                                                                                  | IV                                                                                    |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| gzZod-RDM             |    |    |    |    |
| gzZod-RDMAanz2L       |    |    |    |    |
| gzZod-RDMAanz4L       |   |   |   |   |
| gzZod-RDMVern0.4M     |  |  |  |  |
| gzZod-RDMVern0.8M     |  |  |  |  |
| gzZod-RDMVern1.2M     |  |  |  |  |
| gzZod-ORDM+BRDMAanz4L |  |  |  |  |
| gzZod-ORDMAanz4L+BRDM |  |  |  |  |

Experiment 1, Afsluiten

| Herhaling / Object    | I                                                                                   | II                                                                                  | III                                                                                  | IV                                                                                    |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| gzZod-RDM             |    |    |    |    |
| gzZod-RDMAanz2L       |    |    |    |    |
| gzZod-RDMAanz4L       |    |    |    |    |
| gzZod-RDMVern0.4M     |   |   |   |   |
| gzZod-RDMVern0.8M     |  |  |  |  |
| gzZod-RDMVern1.2M     |  |  |  |  |
| gzZod-ORDM+BRDMAanz4L |  |  |  |  |
| gzZod-ORDMAanz4L+BRDM |  |  |  |  |

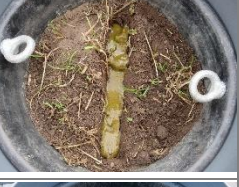
Experiment 2, Aanvang

| Herhaling / Object    | I                                                                                   | II                                                                                  | III                                                                                  | IV                                                                                    |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| gzZod-RDM             |    |    |    |    |
| gzZod-RDMAanz2L       |    |    |    |    |
| gzZod-RDMAanz4L       |    |    |    |    |
| gzZod-RDMVern0.4M     |   |   |   |   |
| gzZod-RDMVern0.8M     |  |  |  |  |
| gzZod-RDMVern1.2M     |  |  |  |  |
| gzZod-ORDM+BRDMAanz4L |  |  |  |  |
| gzZod-ORDMAanz4L+BRDM |  |  |  |  |

## Experiment 2, Afsluiten

| Herhaling<br>Object   | I                                                                                   | II                                                                                  | III                                                                                  | IV                                                                                    |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| gzZod-RDM             |    |    |    |    |
| gzZod-RDMAanz2L       |    |    |    |    |
| gzZod-RDMAanz4L       |    |    |    |    |
| gzZod-RDMVern0.4M     |   |   |   |   |
| gzZod-RDMVern0.8M     |  |  |  |  |
| gzZod-RDMVern1.2M     |  |  |  |  |
| gzZod-ORDM+BRDMAanz4L |  |  |  |  |
| gzZod-ORDMAanz4L+BRDM |  |  |  |  |

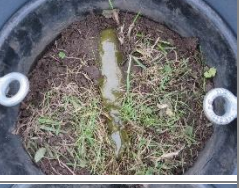
### Experiment 3, Aanvang

| Herhaling<br>Object   | I                                                                                   | II                                                                                  | III                                                                                  | IV                                                                                    |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| gzZod-RDM             |    |    |    |    |
| gzZod-RDMAanz2L       |    |    |    |    |
| gzZod-RDMAanz4L       |    |    |    |    |
| gzZod-RDMVern0.4M     |   |   |   |   |
| gzZod-RDMVern0.8M     |  |  |  |  |
| gzZod-RDMVern1.2M     |  |  |  |  |
| gzZod-ORDM+BRDMAanz4L |  |  |  |  |
| gzZod-ORDMAanz4L+BRDM |  |  |  |  |

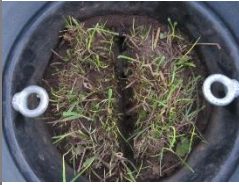
### Experiment 3, Afsluiten

| Herhaling<br>Object       | I                                                                                   | II                                                                                  | III                                                                                  | IV                                                                                    |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| gzZod-RDM                 |    |    |    |    |
| gzZod-RDMAanz2L           |    |    |    |    |
| gzZod-RDMAanz4L           |    |    |    |    |
| gzZod-RDMVern0.4M         |   |   |   |   |
| gzZod-RDMVern0.8M         |  |  |  |  |
| gzZod-RDMVern1.2M         |  |  |  |  |
| gzZod-<br>ORDM+BRDMAanz4L |  |  |  |  |
| gzZod-<br>ORDMAanz4L+BRDM |  |  |  |  |

# Experiment 4, Aanvang

| Herhaling<br>Object   | I                                                                                   | II                                                                                  | III                                                                                  | IV                                                                                    |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| gzZod-RDM             |    |    |    |    |
| gzZod-RDMAanz2L       |    |    |    |    |
| gzZod-RDMAanz4L       |    |    |    |    |
| gzZod-RDMVern0.4M     |   |   |   |   |
| gzZod-RDMVern0.8M     |  |  |  |  |
| gzZod-RDMVern1.2M     |  |  |  |  |
| gzZod-ORDM+BRDMAanz4L |  |  |  |  |
| gzZod-ORDMAanz4L+BRDM |  |  |  |  |

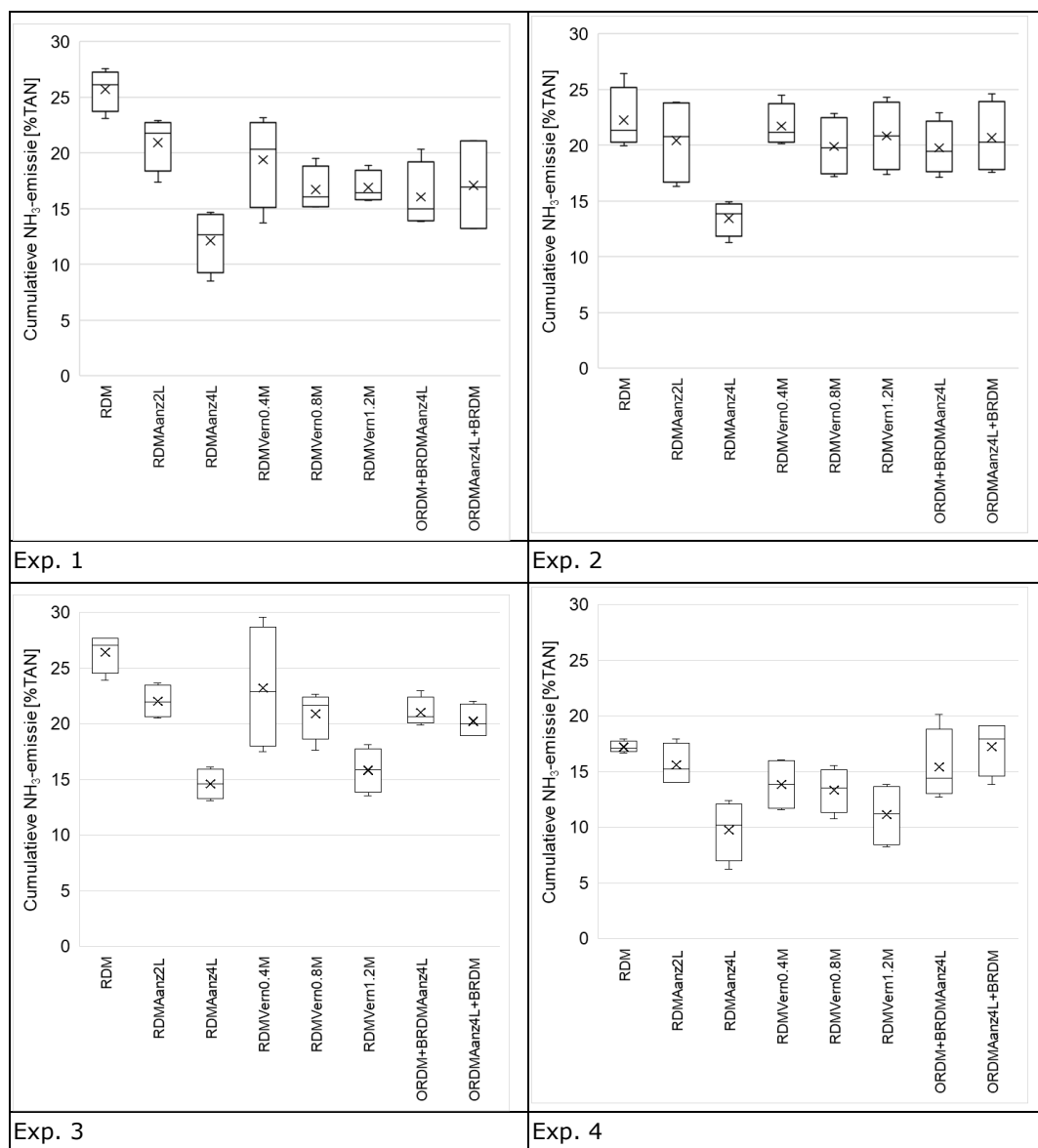
# Experiment 4, Afsluiten

| Herhaling<br>Object   | I                                                                                   | II                                                                                  | III                                                                                  | IV                                                                                    |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| gzZod-RDM             |    |    |    |    |
| gzZod-RDMAanz2L       |    |    |    |    |
| gzZod-RDMAanz4L       |    |    |    |    |
| gzZod-RDMVern0.4M     |   |   |   |   |
| gzZod-RDMVern0.8M     |  |  |  |  |
| gzZod-RDMVern1.2M     |  |  |  |  |
| gzZod-ORDM+BRDMAanz4L |  |  |  |  |
| gzZod-ORDMAanz4L+BRDM |  |  |  |  |

## Bijlage V    Gemiddelde cumulatieve NH<sub>3</sub>-emissie (% TAN) en emissiereductie (%) per object voor ieder experiment

| Experiment | Object                | Gemiddelde cumulatieve emissie<br>(% TAN ) | Gemiddelde emissiereductie (%) |
|------------|-----------------------|--------------------------------------------|--------------------------------|
| 1          | gzZod-RDM             | 25,7                                       | -                              |
|            | gzZod-RDMAanz2L       | 20,9                                       | 18,5                           |
|            | gzZod-RDMAanz4L       | 12,1                                       | 52,8                           |
|            | gzZod-RDMVern0.4M     | 19,4                                       | 24,5                           |
|            | gzZod-RDMVern0.8M     | 16,7                                       | 35,0                           |
|            | gzZod-RDMVern1.2M     | 16,9                                       | 34,3                           |
|            | gzZod-ORDM+BRDMAanz4L | 16,0                                       | 37,6                           |
|            | gzZod-ORDMAanz4L+BRDM | 17,1                                       | 33,5                           |
| 2          | gzZod-RDM             | 22,3                                       | -                              |
|            | gzZod-RDMAanz2L       | 20,4                                       | 8,2                            |
|            | gzZod-RDMAanz4L       | 13,5                                       | 39,5                           |
|            | gzZod-RDMVern0.4M     | 21,7                                       | 2,5                            |
|            | gzZod-RDMVern0.8M     | 19,9                                       | 10,7                           |
|            | gzZod-RDMVern1.2M     | 20,8                                       | 6,5                            |
|            | gzZod-ORDM+BRDMAanz4L | 19,8                                       | 11,3                           |
|            | gzZod-ORDMAanz4L+BRDM | 20,7                                       | 7,2                            |
| 3          | gzZod-RDM             | 26,4                                       | -                              |
|            | gzZod-RDMAanz2L       | 22,0                                       | 16,7                           |
|            | gzZod-RDMAanz4L       | 14,6                                       | 44,7                           |
|            | gzZod-RDMVern0.4M     | 23,2                                       | 12,1                           |
|            | gzZod-RDMVern0.8M     | 20,9                                       | 20,9                           |
|            | gzZod-RDMVern1.2M     | 15,8                                       | 40,0                           |
|            | gzZod-ORDM+BRDMAanz4L | 21,0                                       | 20,4                           |
|            | gzZod-ORDMAanz4L+BRDM | 20,2                                       | 23,4                           |
| 4          | gzZod-RDM             | 17,2                                       | -                              |
|            | gzZod-RDMAanz2L       | 15,6                                       | 9,4                            |
|            | gzZod-RDMAanz4L       | 9,8                                        | 43,3                           |
|            | gzZod-RDMVern0.4M     | 13,9                                       | 19,6                           |
|            | gzZod-RDMVern0.8M     | 13,4                                       | 22,5                           |
|            | gzZod-RDMVern1.2M     | 11,1                                       | 35,3                           |
|            | gzZod-ORDM+BRDMAanz4L | 15,4                                       | 10,5                           |
|            | gzZod-ORDMAanz4L+BRDM | 17,2                                       | + 0,1                          |

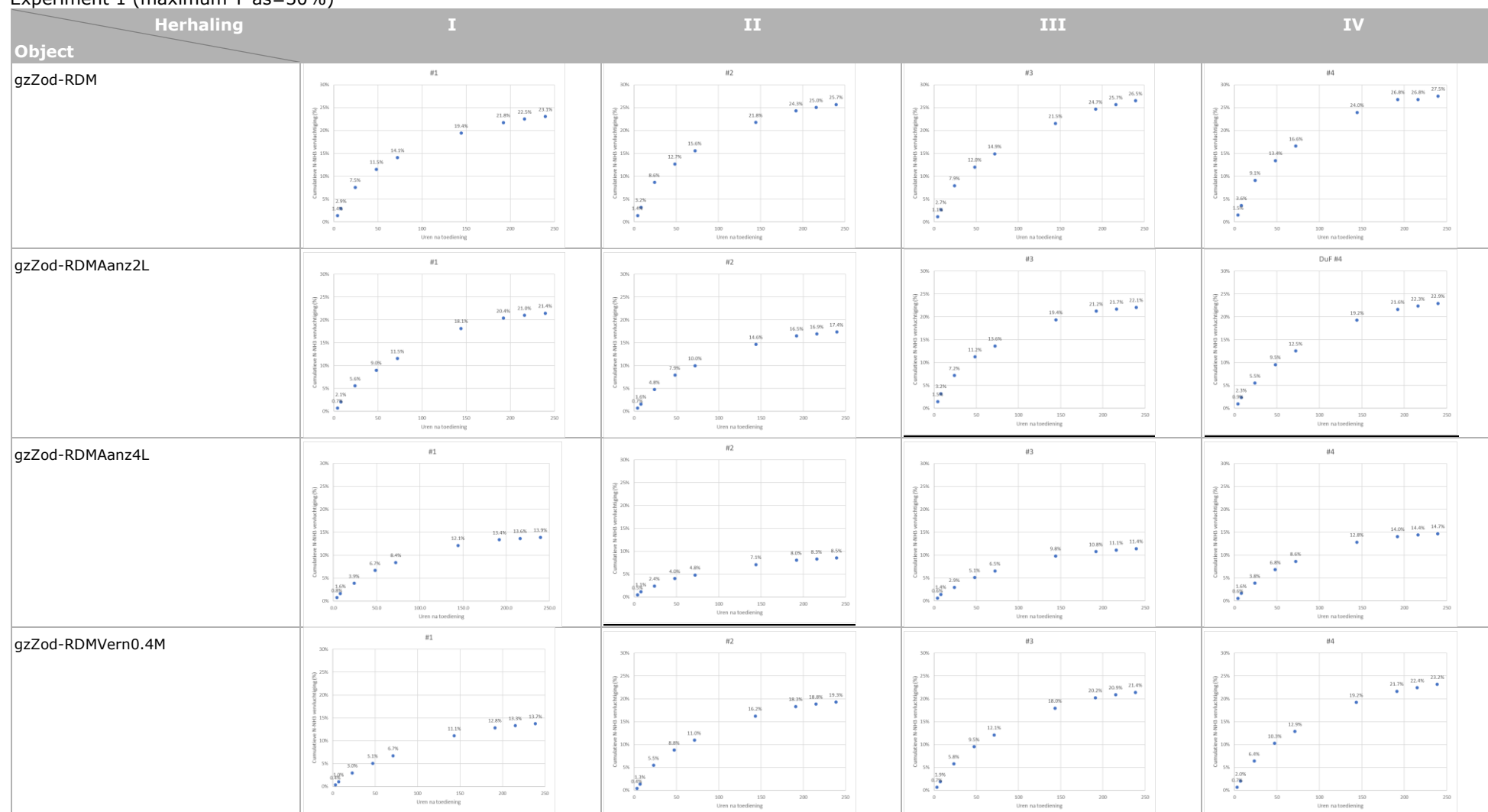
# Bijlage IVI    Resultaat analyse van de cumulatieve emissie (%TAN) per experiment



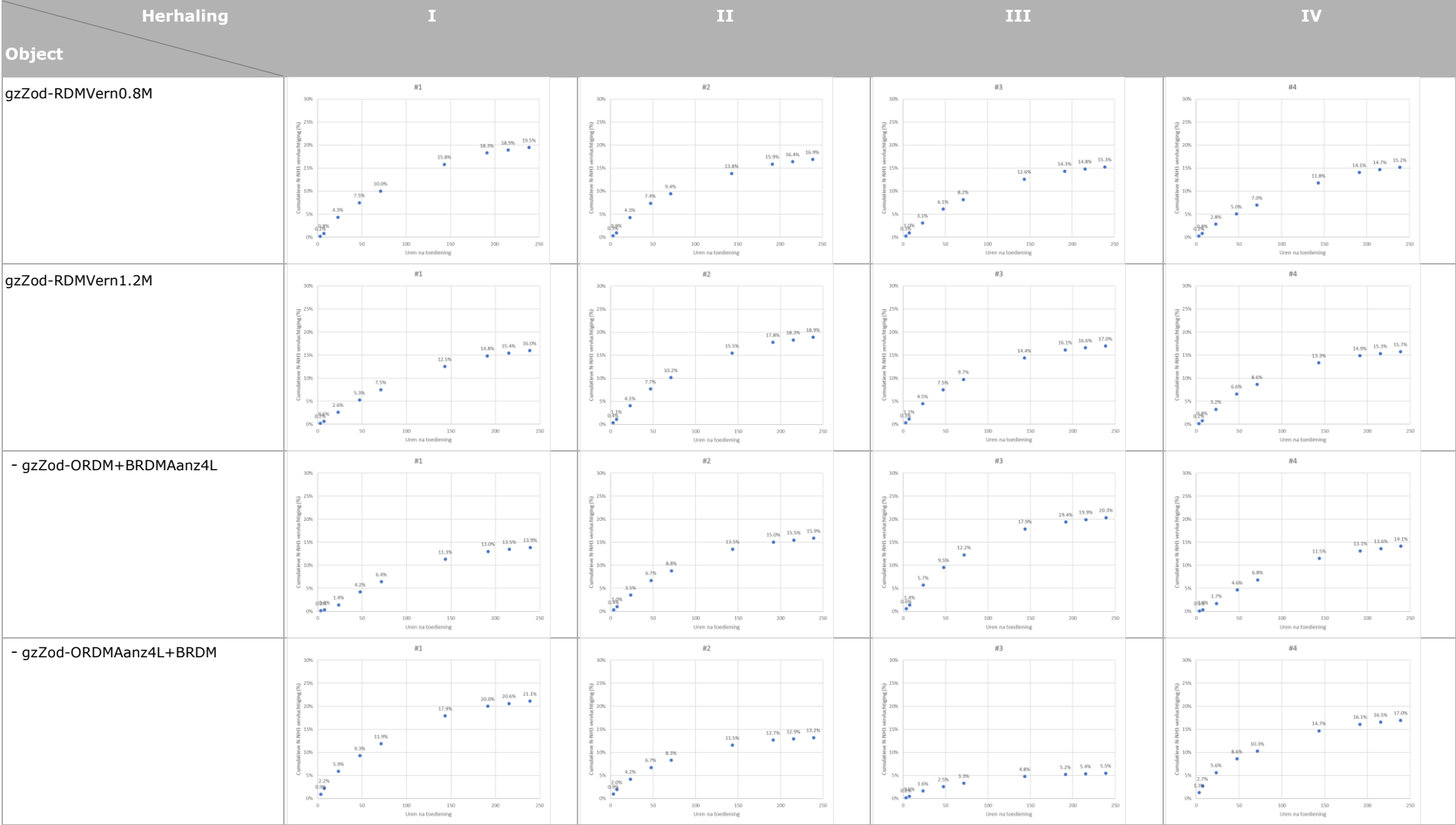
# Bijlage VII Emissiecurven per experiment, per object en herhaling.

## Gemiddelde emissiecurven (met spreiding) over de 4 experimenten voor alle objecten.

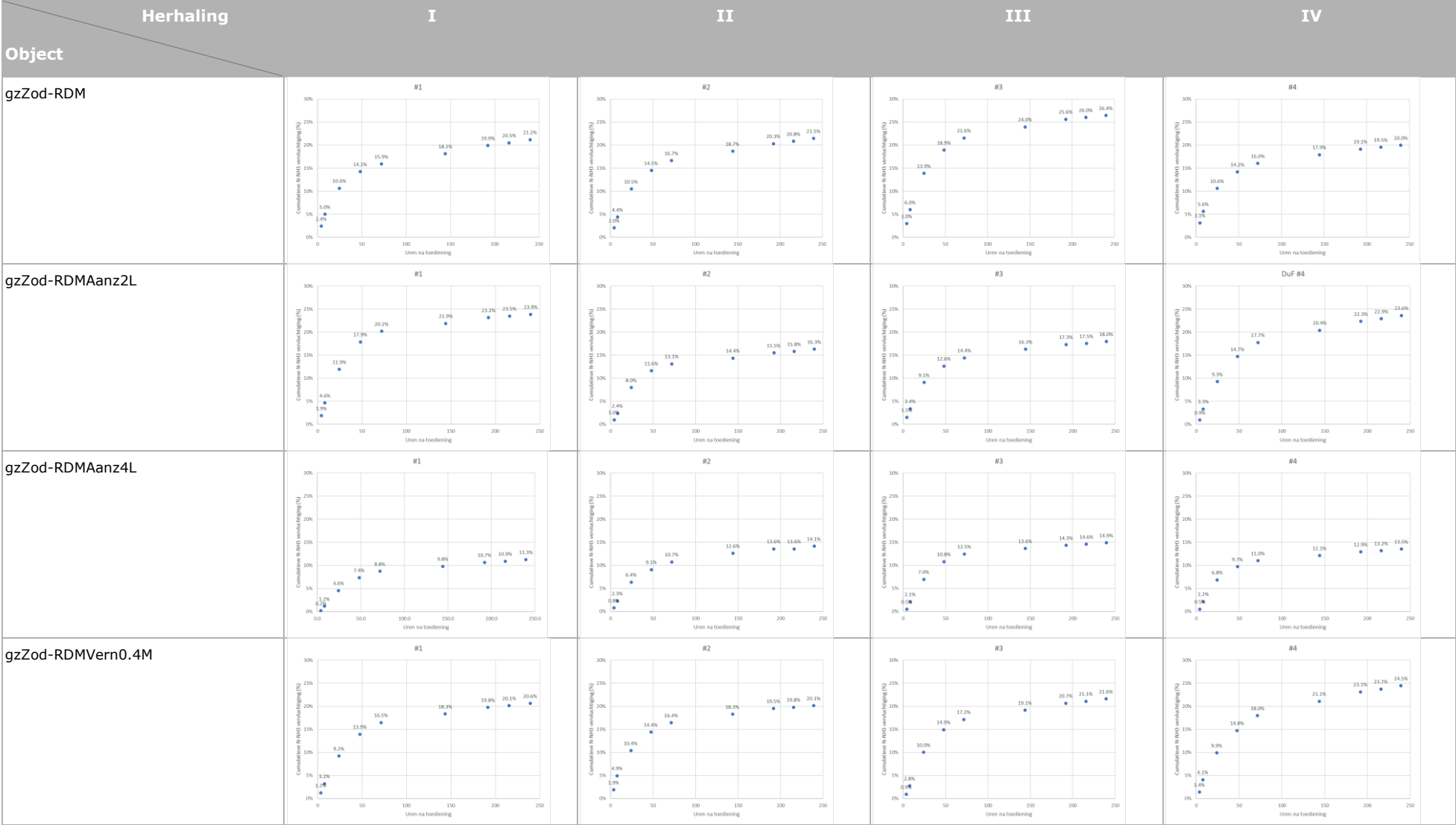
Experiment 1 (maximum Y-as=30%)



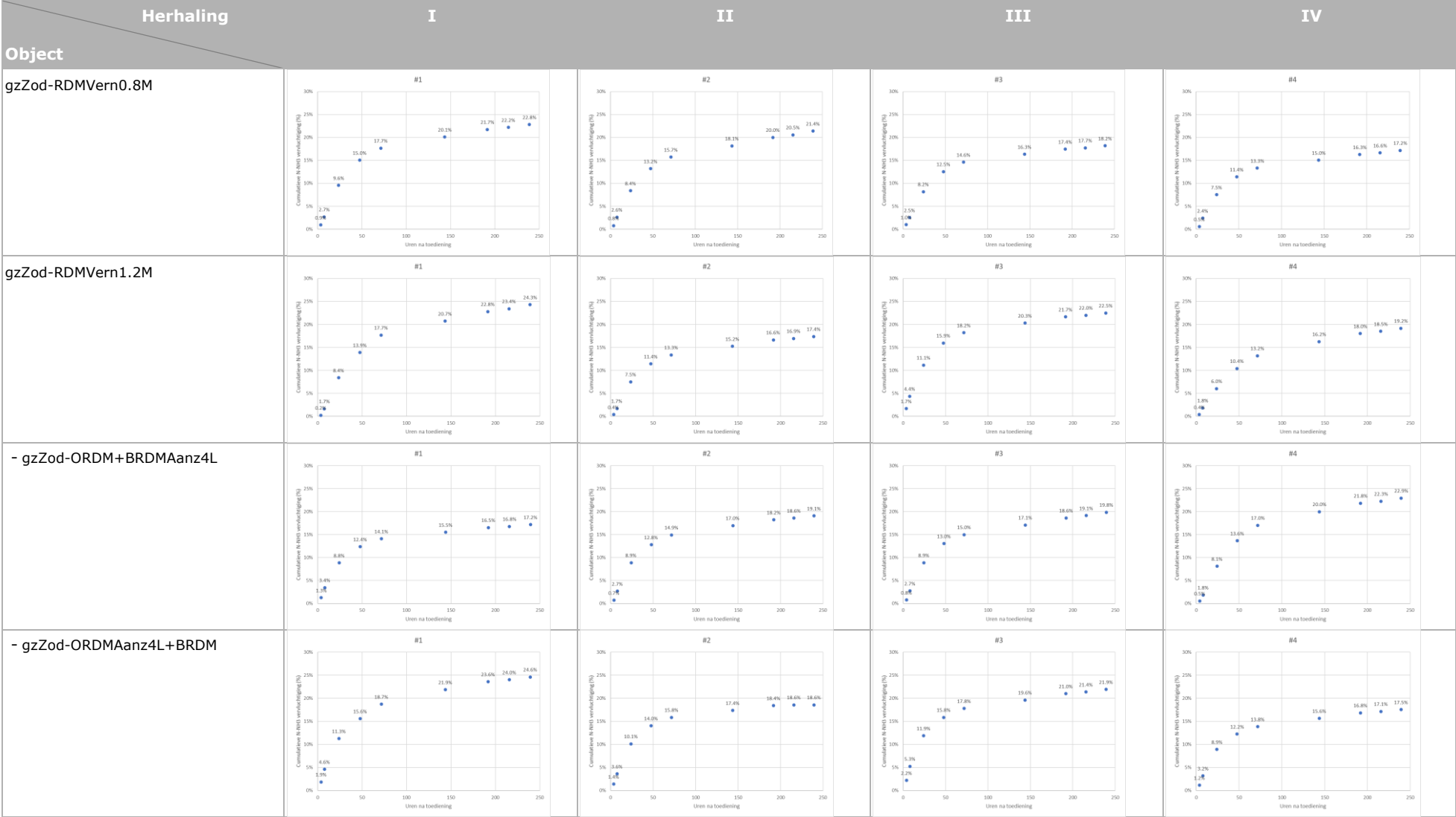
Experiment 1 Vervolg (maximum Y-as=30%)



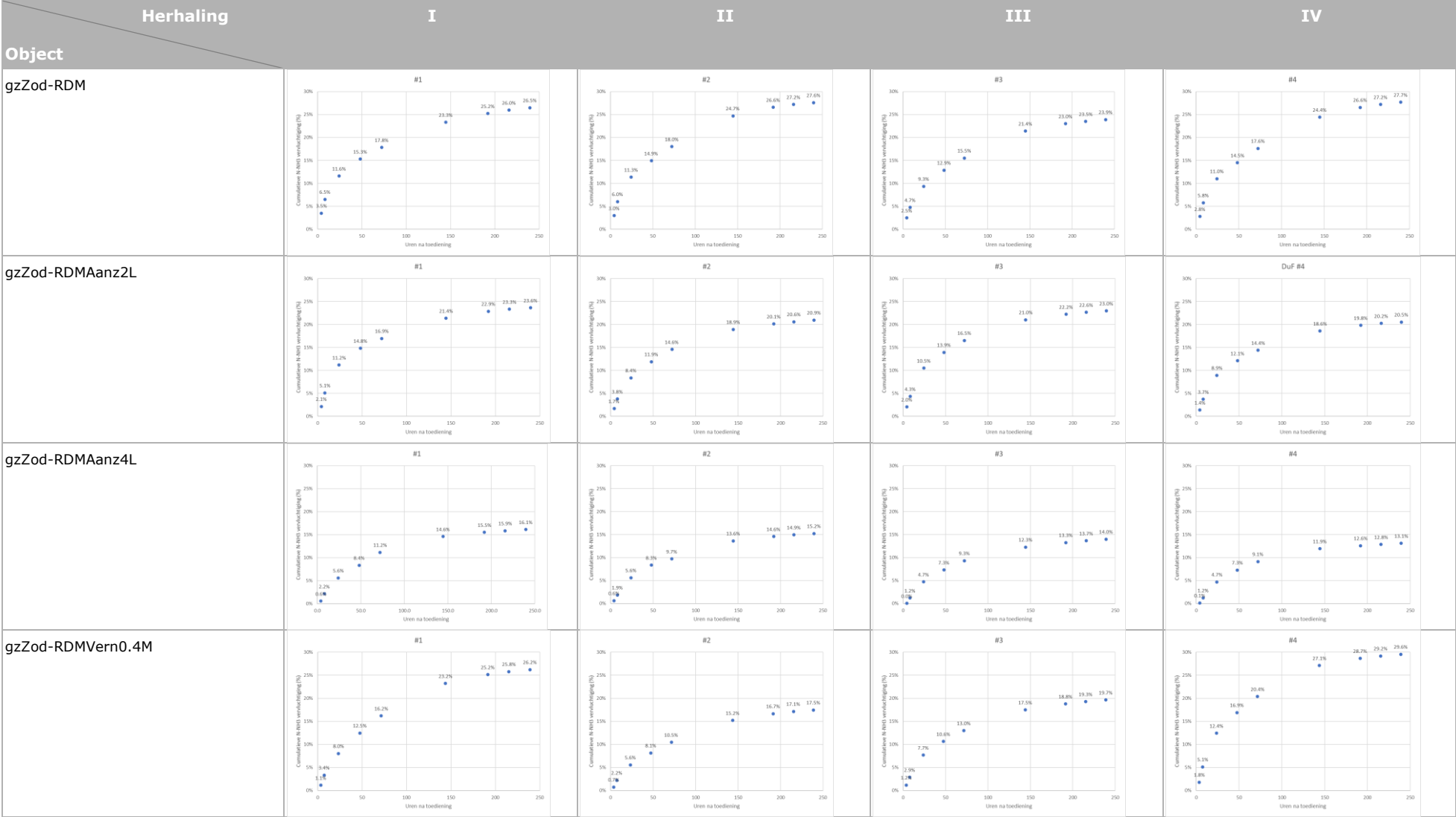
Experiment 2 (maximum Y-as=30%)



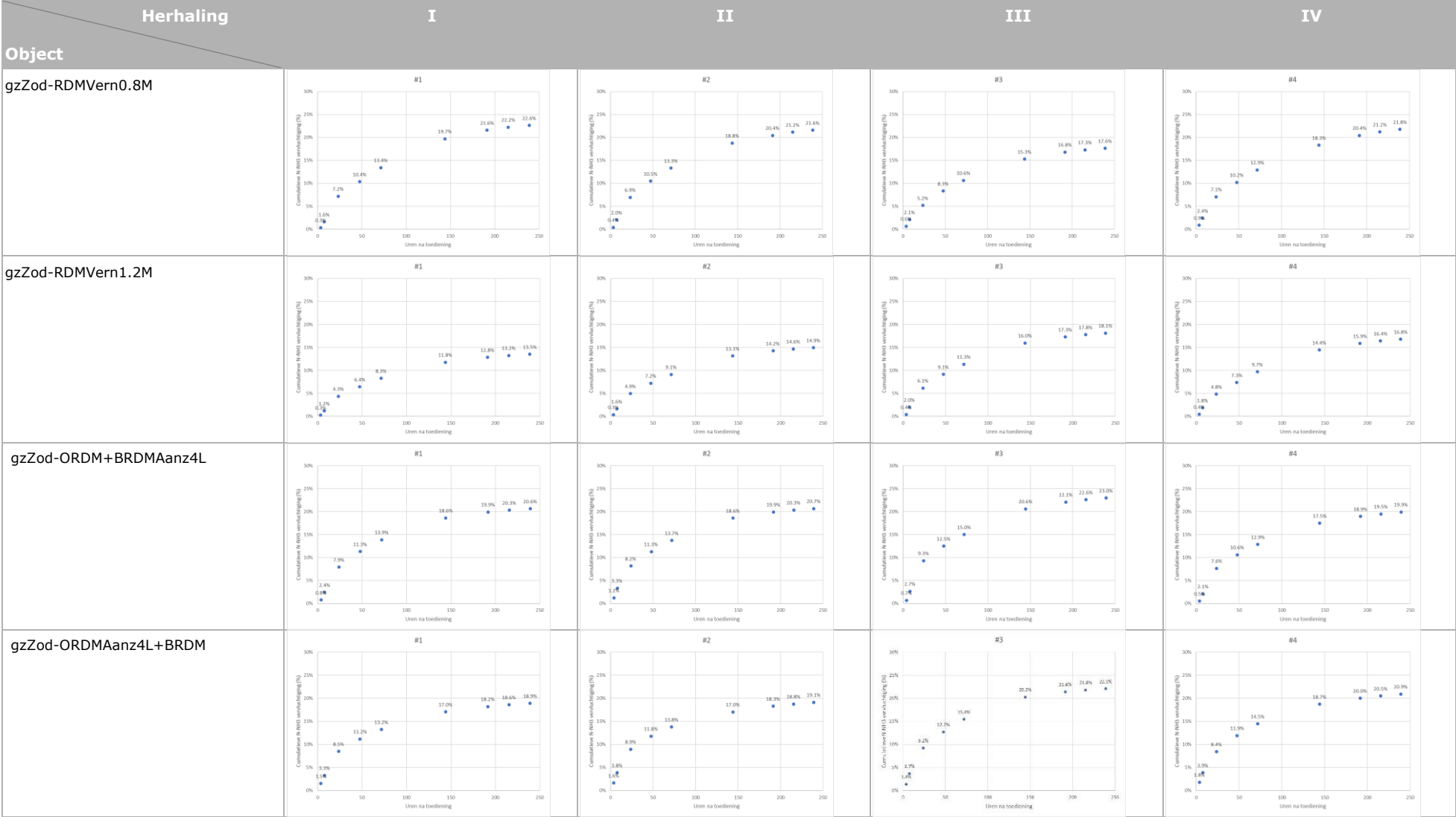
Experiment 2 Vervolg (maximum Y-as=30%)



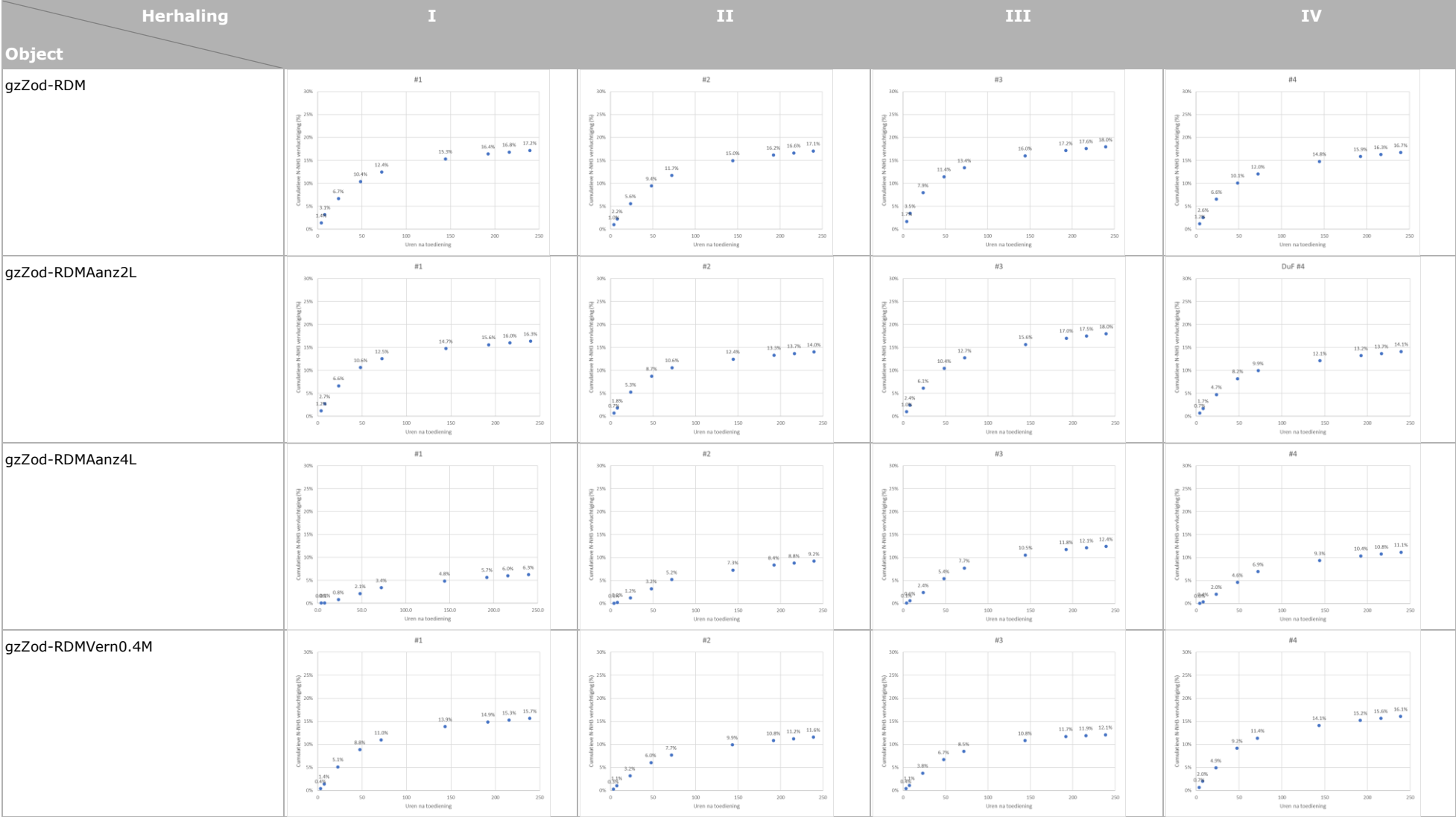
Experiment 3 (maximum Y-as=30%)



Experiment 3 Vervolg (maximum Y-as=30%)

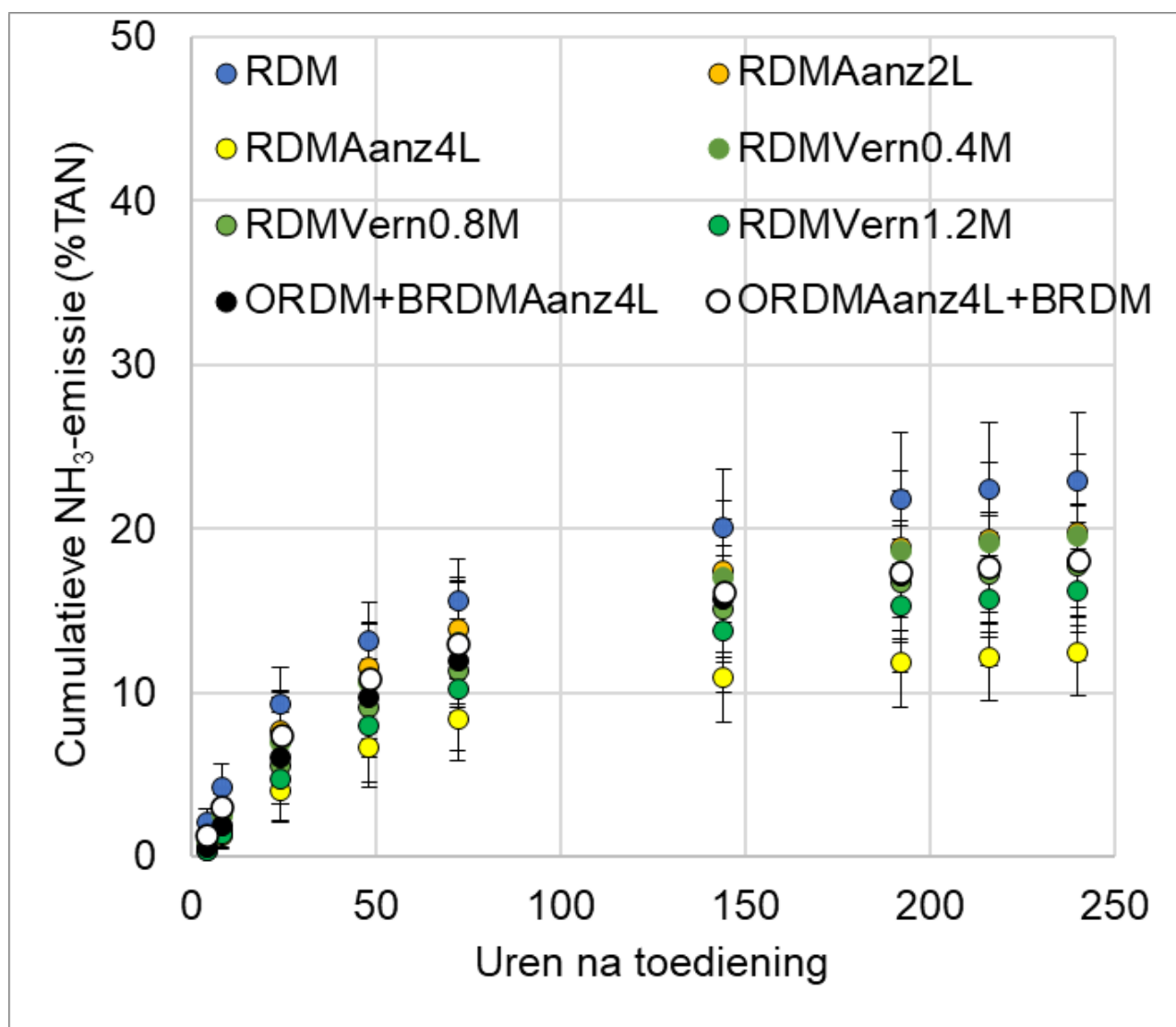


Experiment 4 (maximum Y-as=30%)



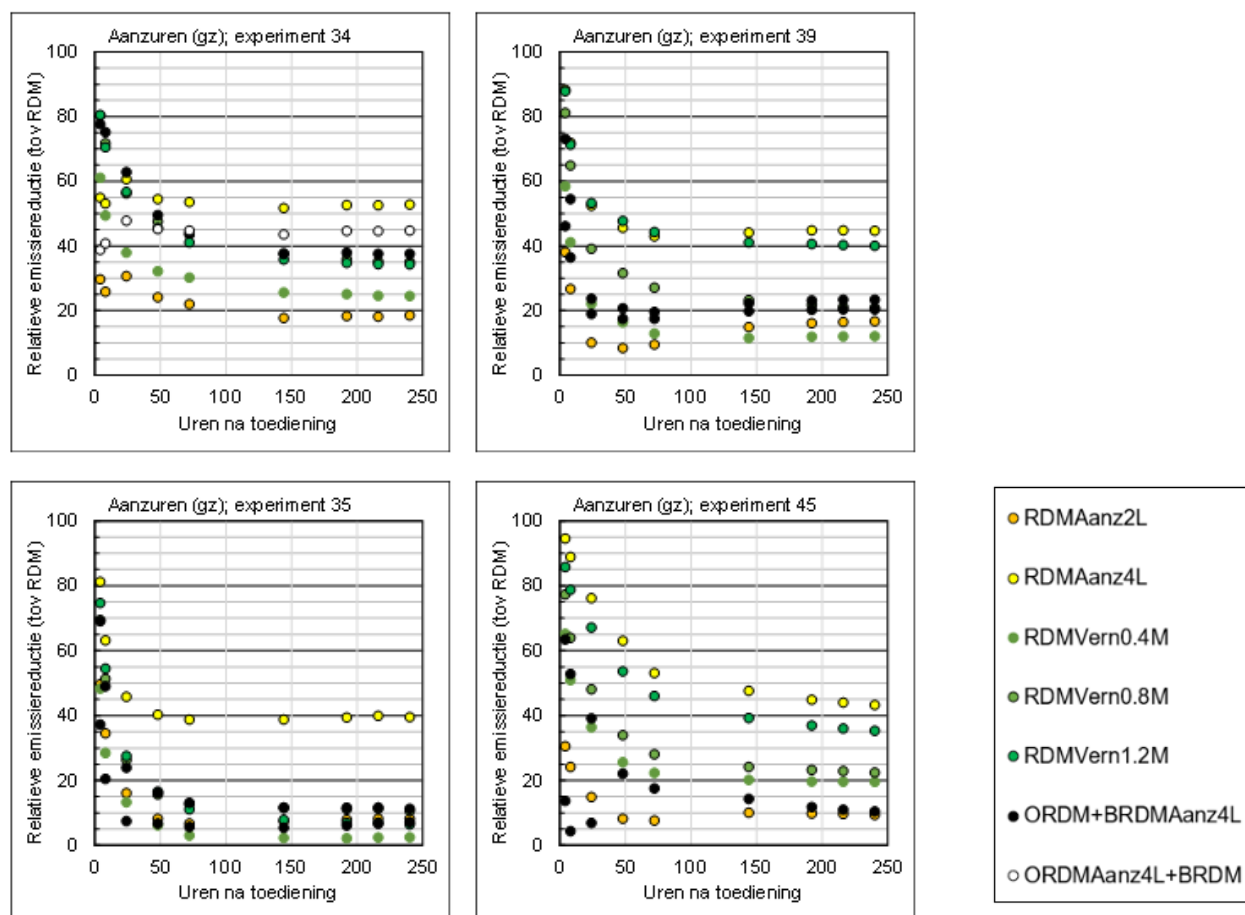
Experiment 4 Vervolg (maximum Y-as=30%)

| Herhaling             | I |  |  |  | II | III | IV |
|-----------------------|---|--|--|--|----|-----|----|
| Object                |   |  |  |  |    |     |    |
| gzZod-RDMVern0.8M     |   |  |  |  |    |     |    |
| gzZod-RDMVern1.2M     |   |  |  |  |    |     |    |
| gzZod-ORDM+BRDMAanz4L |   |  |  |  |    |     |    |
| gzZod-ORDMAanz4L+BRDM |   |  |  |  |    |     |    |



Gemiddelde en spreiding van de cumulatieve emissiecurven (%TAN) van de verschillende objecten over de vier experimenten.

## Bijlage VIII Verloop van de emissiereductie na het moment van mest toedienen



**Figuur:** Relatieve emissiereductie (t.o.v. RDM) per experiment voor alle meetperioden.

**Tabel:** Relatieve emissiereductie (t.o.v. RDM) per experiment voor alle meetperioden.

| Experiment | Uren<br>Product | 4  | 8  | 24 | 48 | 72 | 144 | 192 | 216 | 240 |
|------------|-----------------|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
|            |                 | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6   | 7   | 8   | 9   |
| 1          | RDMAanz2L       | 30 | 26 | 31 | 24 | 22 | 18  | 18  | 18  | 19  |
| 1          | RDMAanz4L       | 55 | 53 | 61 | 55 | 54 | 52  | 53  | 53  | 53  |
| 1          | RDMVern0.4M     | 61 | 49 | 38 | 32 | 30 | 26  | 25  | 25  | 25  |
| 1          | RDMVern0.8M     | 80 | 72 | 56 | 48 | 43 | 38  | 36  | 35  | 35  |
| 1          | RDMVern1.2M     | 81 | 71 | 57 | 46 | 41 | 36  | 35  | 34  | 34  |
| 1          | ORDM+BRDMAanz4L | 78 | 75 | 63 | 50 | 44 | 38  | 38  | 38  | 38  |
| 1          | ORDMAanz4L+BRDM | 39 | 41 | 48 | 45 | 45 | 44  | 45  | 45  | 45  |
| 2          | RDMAanz2L       | 50 | 35 | 16 | 8  | 7  | 7   | 8   | 8   | 8   |
| 2          | RDMAanz4L       | 81 | 63 | 46 | 40 | 39 | 39  | 39  | 40  | 40  |
| 2          | RDMVern0.4M     | 48 | 28 | 13 | 6  | 3  | 2   | 2   | 2   | 2   |
| 2          | RDMVern0.8M     | 69 | 51 | 26 | 16 | 13 | 12  | 11  | 11  | 11  |
| 2          | RDMVern1.2M     | 75 | 54 | 28 | 17 | 11 | 8   | 7   | 7   | 6   |
| 2          | ORDM+BRDMAanz4L | 69 | 49 | 24 | 16 | 13 | 12  | 12  | 12  | 11  |
| 2          | ORDMAanz4L+BRDM | 37 | 20 | 8  | 7  | 6  | 5   | 6   | 7   | 7   |
| 3          | RDMAanz2L       | 38 | 27 | 10 | 8  | 9  | 15  | 16  | 16  | 17  |
| 3          | RDMAanz4L       | 88 | 72 | 52 | 46 | 43 | 44  | 45  | 45  | 45  |
| 3          | RDMVern0.4M     | 58 | 41 | 22 | 16 | 13 | 12  | 12  | 12  | 12  |
| 3          | RDMVern0.8M     | 81 | 65 | 39 | 32 | 27 | 23  | 22  | 21  | 21  |
| 3          | RDMVern1.2M     | 88 | 71 | 53 | 48 | 44 | 41  | 41  | 40  | 40  |
| 3          | ORDM+BRDMAanz4L | 73 | 54 | 24 | 21 | 20 | 20  | 20  | 20  | 20  |
| 3          | ORDMAanz4L+BRDM | 46 | 36 | 19 | 17 | 17 | 22  | 23  | 23  | 23  |
| 4          | RDMAanz2L       | 31 | 24 | 15 | 8  | 8  | 10  | 10  | 10  | 9   |
| 4          | RDMAanz4L       | 95 | 89 | 76 | 63 | 53 | 48  | 45  | 44  | 43  |
| 4          | RDMVern0.4M     | 65 | 51 | 36 | 26 | 22 | 20  | 20  | 20  | 20  |
| 4          | RDMVern0.8M     | 77 | 64 | 48 | 34 | 28 | 24  | 23  | 23  | 22  |
| 4          | RDMVern1.2M     | 86 | 79 | 67 | 54 | 46 | 39  | 37  | 36  | 35  |
| 4          | ORDM+BRDMAanz4L | 63 | 53 | 39 | 22 | 18 | 14  | 12  | 11  | 10  |
| 4          | ORDMAanz4L+BRDM | 14 | 4  | 7  | -2 | -5 | -2  | -1  | 0   | 0   |

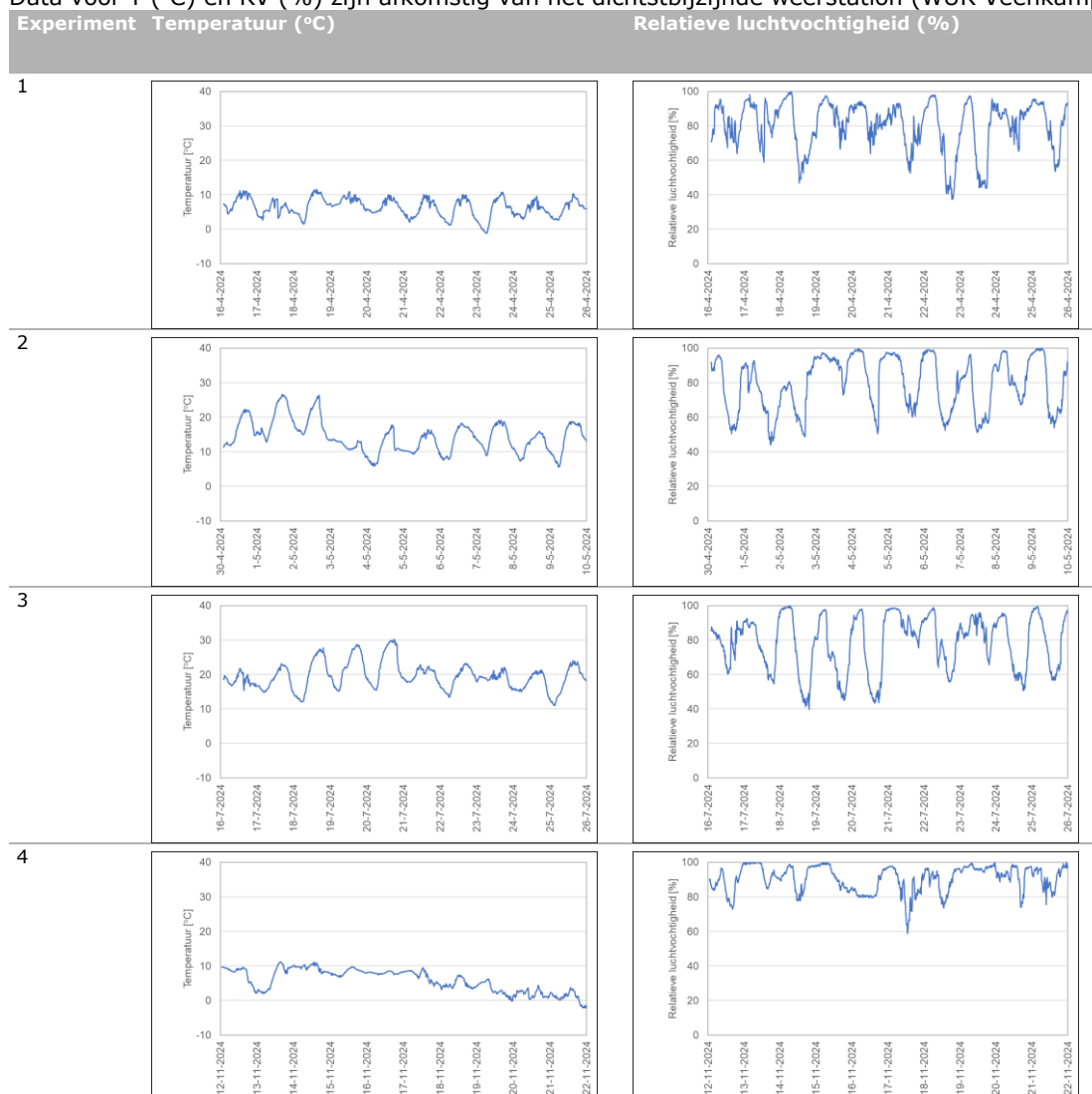
**Tabel:** Relatieve emissiereductie (t.o.v. RDM) gemiddeld over de 4 experimenten voor alle meetperioden.

| Product         | Uren | 4  | 8  | 24 | 48 | 72 | 144 | 192 | 216 | 240 |
|-----------------|------|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
|                 |      | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6   | 7   | 8   | 9   |
| RDMAanz2L       |      | 37 | 28 | 18 | 12 | 11 | 13  | 13  | 13  | 13  |
| RDMAanz4L       |      | 80 | 69 | 59 | 51 | 47 | 46  | 45  | 45  | 45  |
| RDMVern0.4M     |      | 58 | 42 | 27 | 20 | 17 | 15  | 15  | 15  | 15  |
| RDMVern0.8M     |      | 77 | 63 | 42 | 32 | 28 | 24  | 23  | 23  | 22  |
| RDMVern1.2M     |      | 82 | 69 | 51 | 41 | 36 | 31  | 30  | 29  | 29  |
| ORDM+BRDMAanz4L |      | 71 | 58 | 37 | 27 | 24 | 21  | 20  | 20  | 20  |
| ORDMAanz4L+BRDM |      | 34 | 26 | 20 | 17 | 16 | 17  | 18  | 19  | 19  |



# Bijlage IX Weersomstandigheden voor de hele meetperiode van een experiment

Data voor T (°C) en RV (%) zijn afkomstig van het dichtstbijzijnde weerstation (WUR Veenkampen).



---

## Bijlage X      Beschrijving en resultaat van de statistische analyse

In this analysis each experiment is analysed separately. Per experiment a (fixed effect) linear model is fitted. The model includes the factors blok and object, and includes flow as a continuous variable to adjust for the amount airflow. In this model the emission is modelled as proportion using the quasibinomial family. The data are analysed with the software package R using the glm function. Additional calculations, such as calculating the marginal mean per object, and pairwise testing was done with R package emmeans. Per experiment the output consists of sample mean, the marginal mean as calculated by emmeans (which can be different from the sample mean, as it averages on the logit scale), and the 95% confidence interval around the marginal mean. The estimated means with CI are also visualised in a graph.

## Experiment 1

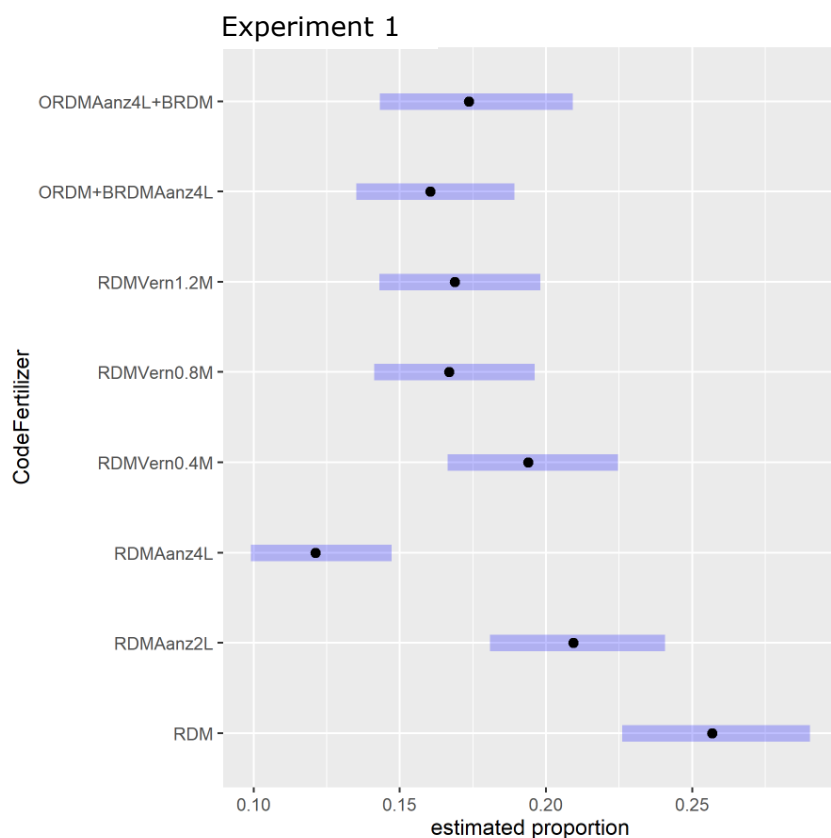
Sample means and proportion model estimate with 95%CI

| Object          | Mean   | prob   | asyp.LCL | asyp.UCL |
|-----------------|--------|--------|----------|----------|
| RDM             | 0.257  | 0.2569 | 0.226    | 0.2904   |
| RDMAanz2L       | 0.2094 | 0.2093 | 0.1809   | 0.2408   |
| RDMAanz4L       | 0.1212 | 0.1211 | 0.09906  | 0.1472   |
| RDMVern0.4M     | 0.194  | 0.1939 | 0.1664   | 0.2246   |
| RDMVern0.8M     | 0.167  | 0.1669 | 0.1412   | 0.1962   |
| RDMVern1.2M     | 0.1689 | 0.1687 | 0.1429   | 0.1981   |
| ORDM+BRDMAanz4L | 0.1605 | 0.1603 | 0.1351   | 0.1892   |
| ORDMAanz4L+BRDM | 0.171  | 0.1737 | 0.1431   | 0.2091   |

matrix of p-values testing treatment difference (geel gemarkeerd  $p < 0.01$ )

diagonal values are the estimated proportions

|                     | RDM   | RDMAanz2L | RDMAanz4L | RDMVern0.4M | RDMVern0.8M | RDMVern1.2M | ORDM+<br>BRDMAanz4L | ORDMAanz4L<br>+BRDM |
|---------------------|-------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|---------------------|---------------------|
| RDM                 | 0.257 | 0.0343    | <.0001    | 0.0046      | <.0001      | <.0001      | <.0001              | 0.0006              |
| RDMAanz2L           |       | 0.209     | <.0001    | 0.4697      | 0.0415      | 0.0517      | 0.0178              | 0.1225              |
| RDMAanz4L           |       |           | 0.121     | 0.0002      | 0.0144      | 0.0112      | 0.0343              | 0.0102              |
| RDMVern0.4M         |       |           |           | 0.194       | 0.1870      | 0.2200      | 0.0985              | 0.3721              |
| RDMVern0.8M         |       |           |           |             | 0.167       | 0.9257      | 0.7379              | 0.7563              |
| RDMVern1.2M         |       |           |           |             |             | 0.169       | 0.6688              | 0.8219              |
| ORDM+<br>BRDMAanz4L |       |           |           |             |             |             | 0.160               | 0.5373              |
| ORDMAanz4L+<br>BRDM |       |           |           |             |             |             |                     | 0.174               |



## Experiment 2

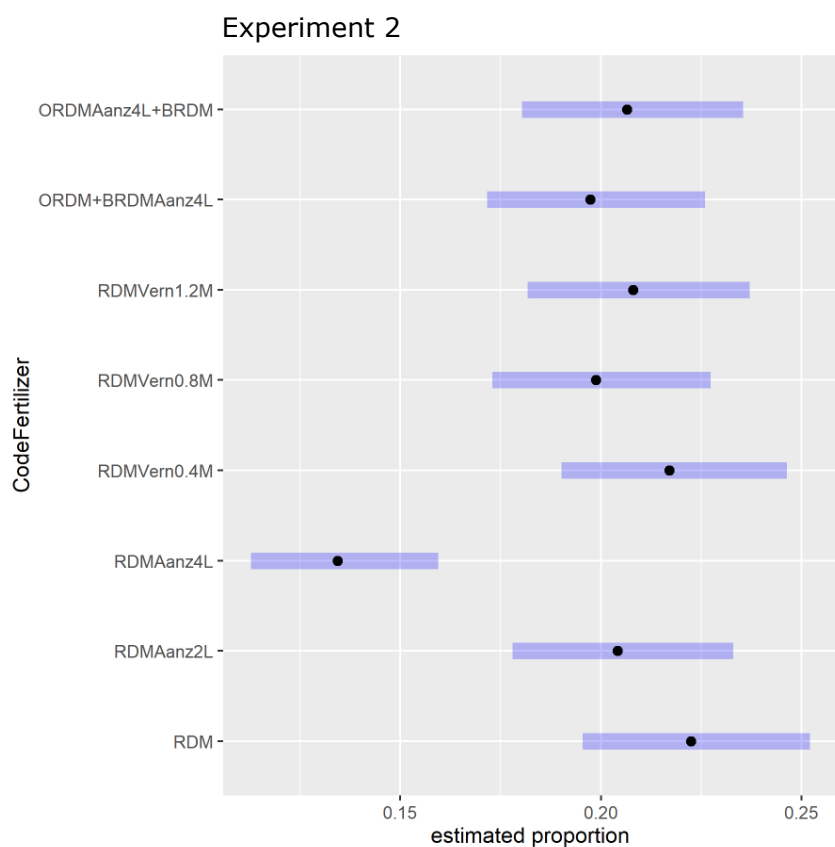
Sample means and proportion model estimate with 95%CI

| Object          | Mean   | prob   | asyp.LCL | asyp.UCL |
|-----------------|--------|--------|----------|----------|
| RDM             | 0.2226 | 0.2225 | 0.1954   | 0.2521   |
| RDMAanz2L       | 0.2043 | 0.2041 | 0.178    | 0.233    |
| RDMAanz4L       | 0.1346 | 0.1345 | 0.1129   | 0.1595   |
| RDMVern0.4M     | 0.2171 | 0.217  | 0.1902   | 0.2464   |
| RDMVern0.8M     | 0.1989 | 0.1987 | 0.1729   | 0.2273   |
| RDMVern1.2M     | 0.2082 | 0.2081 | 0.1817   | 0.2371   |
| ORDM+BRDMAanz4L | 0.1975 | 0.1974 | 0.1717   | 0.2259   |
| ORDMAanz4L+BRDM | 0.2067 | 0.2065 | 0.1803   | 0.2355   |

matrix of p-values testing treatment difference (geel gemarkeerd  $p < 0.01$ )

diagonal values are the estimated proportions

| Object              | RDM   | RDMAanz2L | RDMAanz4L | RDMVern0.4M | RDMVern0.8M | RDMVern1.2M | ORDM+<br>BRDMAanz4L | ORDMAanz4L<br>+BRDM |
|---------------------|-------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|---------------------|---------------------|
| RDM                 | 0.222 | 0.3622    | <.0001    | 0.7873      | 0.2363      | 0.4754      | 0.2108              | 0.4297              |
| RDMAanz2L           |       | 0.204     | 0.0002    | 0.5212      | 0.7843      | 0.8434      | 0.7331              | 0.9033              |
| RDMAanz4L           |       |           | 0.134     | <.0001      | 0.0005      | <.0001      | 0.0006              | 0.0001              |
| RDMVern0.4M         |       |           |           | 0.217       | 0.3602      | 0.6570      | 0.3260              | 0.6030              |
| RDMVern0.8M         |       |           |           |             | 0.199       | 0.6375      | 0.9463              | 0.6927              |
| RDMVern1.2M         |       |           |           |             |             | 0.208       | 0.5902              | 0.9394              |
| ORDM+<br>BRDMAanz4L |       |           |           |             |             |             | 0.197               | 0.6437              |
| ORDMAanz4L+<br>BRDM |       |           |           |             |             |             |                     | 0.207               |



### Experiment 3

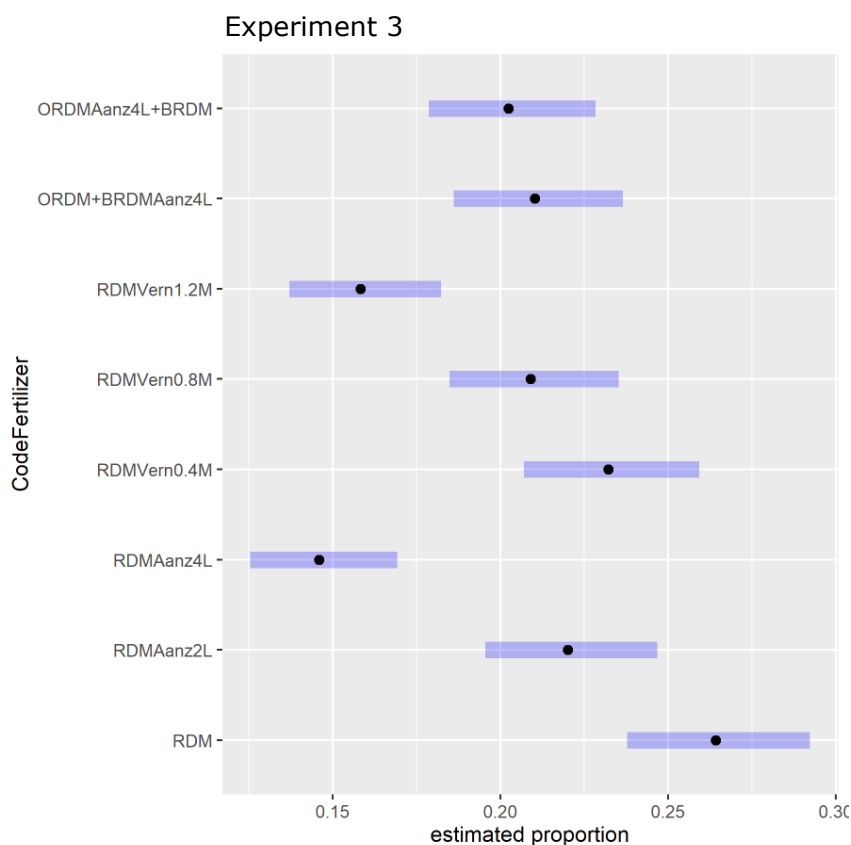
Sample means and proportion model estimate with 95%CI

| Object          | Mean   | prob   | asympt.LCL | asympt.UCL |
|-----------------|--------|--------|------------|------------|
| RDM             | 0.2642 | 0.2641 | 0.2378     | 0.2923     |
| RDMAanz2L       | 0.2202 | 0.2201 | 0.1955     | 0.2468     |
| RDMAanz4L       | 0.146  | 0.146  | 0.1255     | 0.1692     |
| RDMVern0.4M     | 0.2322 | 0.2322 | 0.2071     | 0.2593     |
| RDMVern0.8M     | 0.209  | 0.2089 | 0.1849     | 0.2352     |
| RDMVern1.2M     | 0.1584 | 0.1583 | 0.137      | 0.1823     |
| ORDM+BRDMAanz4L | 0.2103 | 0.2103 | 0.1861     | 0.2366     |
| ORDMAanz4L+BRDM | 0.2025 | 0.2024 | 0.1787     | 0.2284     |

matrix of p-values testing treatment difference (geel gemarkeerd p<0.01)

diagonal values are the estimated proportions

|                     | RDM   | RDMAanz2L | RDMAanz4L | RDMVern0.4M | RDMVern0.8M | RDMVern1.2M | ORDM+<br>BRDMAanz4L | ORDMAanz4L<br>+BRDM |
|---------------------|-------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|---------------------|---------------------|
| RDM                 | 0.264 | 0.0214    | <.0001    | 0.0977      | 0.0037      | <.0001      | 0.0046              | 0.0011              |
| RDMAanz2L           |       | 0.220     | <.0001    | 0.5177      | 0.5431      | 0.0004      | 0.5922              | 0.3323              |
| RDMAanz4L           |       |           | 0.146     | <.0001      | 0.0002      | 0.4411      | 0.0002              | 0.0009              |
| RDMVern0.4M         |       |           |           | 0.232       | 0.2097      | <.0001      | 0.2372              | 0.1063              |
| RDMVern0.8M         |       |           |           |             | 0.209       | 0.0035      | 0.9422              | 0.7176              |
| RDMVern1.2M         |       |           |           |             |             | 0.158       | 0.0028              | 0.0104              |
| ORDM+<br>BRDMAanz4L |       |           |           |             |             |             | 0.210               | 0.6642              |
| ORDMAanz4L+<br>BRDM |       |           |           |             |             |             |                     | 0.202               |



## Experiment 4

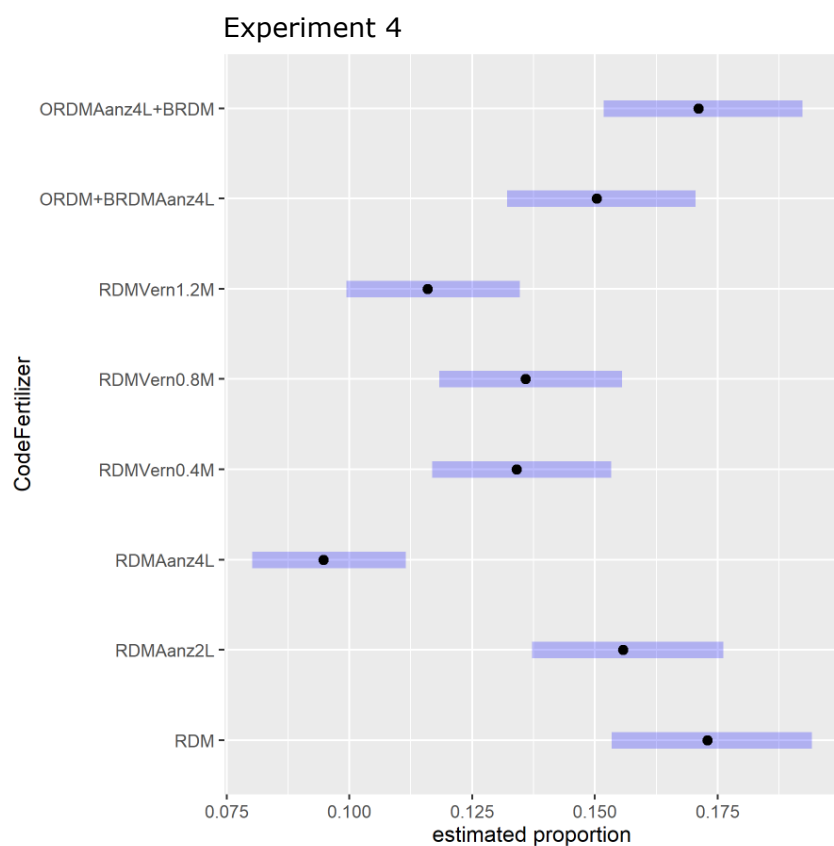
Sample means and proportion model estimate with 95%CI

| Object          | Mean    | prob    | asympt.LCL | asympt.UCL |
|-----------------|---------|---------|------------|------------|
| RDM             | 0.1722  | 0.1729  | 0.1535     | 0.1942     |
| RDMAanz2L       | 0.156   | 0.1557  | 0.1372     | 0.1762     |
| RDMAanz4L       | 0.09766 | 0.09471 | 0.08023    | 0.1115     |
| RDMVern0.4M     | 0.1385  | 0.1341  | 0.1169     | 0.1534     |
| RDMVern0.8M     | 0.1335  | 0.1359  | 0.1184     | 0.1556     |
| RDMVern1.2M     | 0.1114  | 0.1159  | 0.09939    | 0.1348     |
| ORDM+BRDMAanz4L | 0.1541  | 0.1503  | 0.1322     | 0.1705     |
| ORDMAanz4L+BRDM | 0.1724  | 0.1711  | 0.1518     | 0.1923     |

matrix of p-values testing treatment difference (geel gemarkeerd  $p < 0.01$ )

diagonal values are the estimated proportions

|                     | RDM    | RDMAanz2L | RDMAanz4L | RDMVern0.4M | RDMVern0.8M | RDMVern1.2M | ORDM+<br>BRDMAanz4L | ORDMAanz4L<br>+BRDM |
|---------------------|--------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|---------------------|---------------------|
| RDM                 | 0.1729 | 0.2317    | <.0001    | 0.0055      | 0.0088      | <.0001      | 0.1143              | 0.9030              |
| RDMAanz2L           |        | 0.1557    | <.0001    | 0.1122      | 0.1507      | 0.0033      | 0.7009              | 0.2819              |
| RDMAanz4L           |        |           | 0.0947    | 0.0013      | 0.0009      | 0.0789      | <.0001              | <.0001              |
| RDMVern0.4M         |        |           |           | 0.1341      | 0.8916      | 0.1653      | 0.2249              | 0.0077              |
| RDMVern0.8M         |        |           |           |             | 0.1359      | 0.1259      | 0.2905              | 0.0124              |
| RDMVern1.2M         |        |           |           |             |             | 0.1159      | 0.0106              | <.0001              |
| ORDM+BRDMAa<br>nz4L |        |           |           |             |             |             | 0.1503              | 0.1430              |
| ORDMAanz4L+B<br>RDM |        |           |           |             |             |             |                     | 0.1711              |





# Advies over voortzetting 'Emissiereductie bij zodenbemesten van aangezuurde mest'

In deze studie is gebruik gemaakt van dynamische (open) fluxkamers die in het open veld onder een shelter worden geplaatst naar de Ruijter et al. (2010).

Een belangrijke conclusie van dit experiment is dat de benodigde hoeveelheid zuur voor een bepaalde pH daling sterk afhankelijk is van de mestsamenstelling en is dus niet eenduidig vast te leggen. Deze toegepaste hoeveelheid zuur kan voor grasland leiden tot een hogere aanvoer van zwavel dan de gewasbehoefte met mogelijke risico's voor milieu en voerkwaliteit. Een te kleine hoeveelheid toegevoegd zuur leidde in dit onderzoek niet tot een robuuste emissiereductie.

Om die emissiereductie te garanderen moet gewerkt worden aan pH-criteria en controlemetingen (ook in de tijd), hetgeen relevant is voor eventueel vervolgonderzoek.



Het innovatieprogramma 'Bemest op z'n Best' wordt uitgevoerd door een consortium bestaande uit Wageningen Research (WR), Nutriënten Management Instituut (NMI), Stichting Louis Bolk Instituut (LBI), Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek (TNO), Instituut voor Landbouw-, Visserij- en Voedingsonderzoek (ILVO), Delphy B.V. en Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) in samenwerking met PPP Agro Advies en Monique Paes Marketing & Interieur.

---

Correspondentie adres voor dit rapport:

Postbus 16

6700 AA Wageningen

T 0317 48 07 00

[wur.nl/plant-research](http://wur.nl/plant-research)



---

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.700 medewerkers (7.000 fte), 2.500 PhD- en EngD-kandidaten, 13.100 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

---