

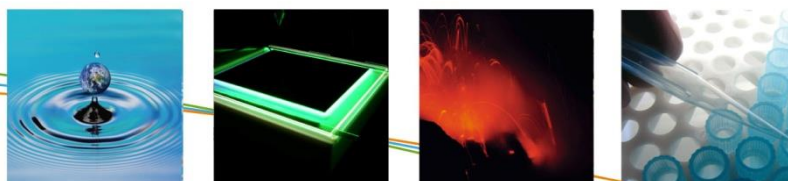
Final report

Statistische evaluatie van de audit analyses uitgevoerd tijdens de nitraatresiducampagne 2011

Siegfried Hofman, Hilde Van den Broeck

Studie uitgevoerd in opdracht van: VLM
2012/REE/R/5

Maart2013



Alle rechten, waaronder het auteursrecht, op de informatie vermeld in dit document berusten bij de Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek NV ("VITO"), Boeretang 200, BE-2400 Mol, RPR Turnhout BTW BE 0244.195.916. De informatie zoals verstrekt in dit document is vertrouwelijke informatie van VITO. Zonder de voorafgaande schriftelijke toestemming van VITO mag dit document niet worden gereproduceerd of verspreid worden noch geheel of gedeeltelijk gebruikt worden voor het instellen van claims, voor het voeren van gerechtelijke procedures, voor reclame of antireclame en ten behoeve van werving in meer algemene zin aangewend worden

VERSPREIDINGSLIJST

SAMENVATTING

Tijdens de nitraatresiducampagne 2011 werden in opdracht van de Vlaamse Landmaatschappij i) een vierhondertal landbouwpercelen herbemonsterd en geanalyseerd (audit analyses) en ii) een vijftigtal percelen zes maal bemonsterd in de periode tussen 1 oktober en 15 november. In dit rapport worden de gegevens van de audit analyses vergeleken met deze bekomen uit de reguliere campagne en wordt de tijdsafhankelijkheid van het gemeten nitraatresidu besproken. Verder worden de resultaten vergeleken met de doelstellingen voor een representatieve bepaling van het nitraatresidu die vooropgesteld werden in de N-(eco)² studie.

INHOUD

Verspreidingslijst	I
Samenvatting	II
Inhoud	III
Lijst van tabellen	IV
Lijst van figuren	V
HOOFDSTUK 1. Inleiding	1
HOOFDSTUK 2. Resultaten	3
2.1. <i>Audit analyses</i>	3
2.1.1. Proefopzet – samenstelling van de dataset	4
2.1.2. Vergelijking met de vooropstellingen uit N-(eco) ²	9
2.1.3. Statistisch model en bespreking resultaten	11
2.1.4. Precisie	20
2.2. <i>Variatie van het nitraatresidu in functie van de tijd</i>	21
2.2.1. Proefopzet – samenstelling van de dataset	21
2.2.2. Bespreking van de temporele variatie	28
35	
HOOFDSTUK 3. Besluit	44
Literatuurlijst	45
Begrippenlijst	46

LIJST VAN TABELLEN

Tabel 1 : resultaten Kruskal-Wallis test	14
Tabel 2 : duur tussen bemonsteringen	15
Tabel 3 : indeling in gewasgroepen	18
Tabel 4: precisie per gewasgroep voor de volledige (P_1, n_1) en de gefilterde dataset (P_2, n_2)	20
Tabel 5 : geselecteerde percelen	21
Tabel 6 : randinfo aardappelen	22
Tabel 7 : randinfo blijvend grasland	22
Tabel 8 : randinfo tijdelijk	22
Tabel 9 : randinfo korrelmaïs	23
Tabel 10 : randinfo silomaïs	23
Tabel 11 : randinfo granen	24
Tabel 12 : randinfo groenten	25
Tabel 13 : randinfo suikerbieten	26
Tabel 14 : randinfo wintertarwe	27
Tabel 15 : randinfo triticale	27
Tabel 6 : correlatie tijd vs N-residu aardappelen	28
Tabel 7 : correlatie tijd vs N-residu blijvend grasland	29
Tabel 8 : correlatie tijd vs N-residu tijdelijk grasland	29
Tabel 9 : correlatie tijd vs N-residu korrelmaïs	29
Tabel 10 : correlatie tijd vs N-residu silomaïs	29
Tabel 11 : correlatie tijd vs N-residu granen	30
Tabel 12 : correlatie tijd vs N-residu groenten	30
Tabel 13 : correlatie tijd vs N-residu suikerbieten	30
Tabel 14 : correlatie tijd vs N-residu suikerbieten	31
Tabel 15 : correlatie tijd vs N-residu suikerbieten	31

LIJST VAN FIGUREN

Figuur 1: Verdeling van de percelen over verschillende nitraatresiduklassen	4
Figuur 2: Verdeling van de percelen over verschillende nitraatresiduklassen (kg NO ₃ -N/ha)	4
Figuur 3: deelnemers nitraatresiducampagne	5
Figuur 4: verdeling over de bodemtexturen	5
Figuur 5: indeling van de hoofdteelt per gewasgroep	6
Figuur 6: aanwezigheid en type nateelt	7
Figuur 7: tijdsverloop tussen de twee bemonsteringen	8
Figuur 8: histogram van de relatieve verschillen	10
Figuur 9: verdeling van de resultaten tijdens de ringtest	11
Figuur 10: verdeling van de absolute verschillen	12
Figuur 11: scattergram van alle metingen	13
Figuur 12: absoluut verschil tussen de metingen ifv het gemiddelde nitraat-N gehalte	13
Figuur 13: verdeling van de relatieve verschillen	14
Figuur 14: invloed tijdsverloop tussen bemonsteringen	16
Figuur 15: invloed staalnemers ordinaat duidelijker	17
Figuur 16: gewastype per staalnemer	18
Figuur 17: invloed gewasgroep	19
Figuur 18: invloed aanwezigheid nateelt (J:aanwezig, N:niet aanwezig)	19
Figuur 19: percelen 1 t/m 5	32
Figuur 20: percelen 6 t/m 10	33
Figuur 21: data percelen 11 t/m 15	34
Figuur 22: data percelen 16 t/m 20	35
Figuur 23: data percelen 21 t/m 24	36
Figuur 24: data percelen 25 tot 30	37
Figuur 25: data percelen 31 tot 32	38
Figuur 26: data percelen 33 t/m 38	39
Figuur 27: data perceel 39	40
Figuur 28: data percelen 40 t/m 43	41
Figuur 29: data percelen 44 tot 49	42
Figuur 30 : data perceel 50	43
Figuur 29: box-and-whisker plot	46

HOOFDSTUK 1. INLEIDING

Jaarlijks wordt van meer dan tienduizend landbouwpercelen het nitraatstikstofresidu bepaald met als doelstelling het beheren van de EG-norm betreffende de maximaal toegelaten concentratie aan nitraatstikstof in het grond- en oppervlakte water via beperken van het uitspoelen van nitraatstikstof uit cultuurgronden. De basis voor het kader waarbinnen deze bepalingen worden uitgevoerd werd in 2000 vastgelegd in de N-(eco)² studie, zowel voor wat betreft het toenmalig normenkader als voor wat betreft de gebruikte bemonsterings- en analysetechnieken. In 2010 werd, na vermelding van soms grote meetonzekerheden, een vernauwing van de gebruikte technieken doorgevoerd door in de opgelegde bemonsterings- en analysemethoden het aantal keuzemogelijkheden te beperken. Vanaf dan kon enkel nog bemonsterd worden met een 20 mm guts voor de bovenste laag, waar vroeger ook 13 mm boordiameter werd toegelaten en moeten de analyses uitgevoerd worden op de veldvochtige stalen. Verder werden een aantal regels opgenomen die gevolgd moeten worden bij bemonsteren van groentenpercelen waarop band- en rijbemesting werd toegepast.

In N-(eco)² werd een bemonsteringsprotocol voor de bepaling van het nitraatresidu opgesteld, vertrekkende van een vooropgestelde aanvaardbare meetonzekerheid van de nitraatresidubepaling. De opzet van dit onderzoek was om na te gaan in hoeverre het bestaande bemonsteringsprotocol aan de in N-(eco)² vooropgestelde doelstellingen beantwoordt en onder welke omstandigheden hieraan eventueel niet voldaan kan worden.

Verder diende te worden nagegaan hoe sterk het nitraatresidu onderhevig is aan veranderingen tijdens de bemonsteringsperiode. Hiervoor werd de variatie van het aanwezige nitraatstikstofresidu onderzocht tijdens de periode van de nitraatresiducampagne. Een aantal geselecteerde percelen werden zes maal bemonsterd in de periode tussen 1 oktober en 15 november. Uit analyse van deze gegevens kan blijken in hoeverre het opportuun is om rekening te houden met de bemonsteringsdatum bij interpretatie van de resultaten van een enkelvoudige meting.

HOOFDSTUK 2. RESULTATEN

2.1. AUDIT ANALYSEN

Door VLM werden 439 percelen uitgekozen voor herbemonstering en analyse. De bemonsteringen en analyses werden, via een aparte aanbesteding, toegewezen aan INAGRO. Bij de keuze van de percelen werd getracht om binnen de gekozen percelen een zo goed als mogelijke voorstelling te geven van de landbouwactiviteit in Vlaanderen voor wat betreft de gekozen teelten, landbouwstreken en bodemtypes. Een meer gedetailleerde beschrijving van de dataset wordt gegeven in onderstaande paragraaf. Voor de uiteindelijke studie werden 426 percelen weerhouden, 13 percelen werden verworpen als gevolg van onvolledige informatie of problemen bij één van de bemonsteringen.

De bemonsteringen en analyses werden uitgevoerd in de periode tussen 1 oktober en 15 november 2011 en dit volledig onafhankelijk van de reguliere analyses, tzt deze uitgevoerd in het kader van de nitraatresiducampagne. De randvoorwaarden tijdens beide bemonsteringen (aanwezigheid van gewas, datum van staalname, ...) waren dan ook verschillend voor ieder perceel. Hierbij dient nog opgemerkt te worden dat noch INAGRO noch de staalnemers die betrokken waren bij de audit-analyses hebben deelgenomen aan de reguliere campagne 2011, dit om de onafhankelijkheid van de audit-analyses zoveel als mogelijk te garanderen.

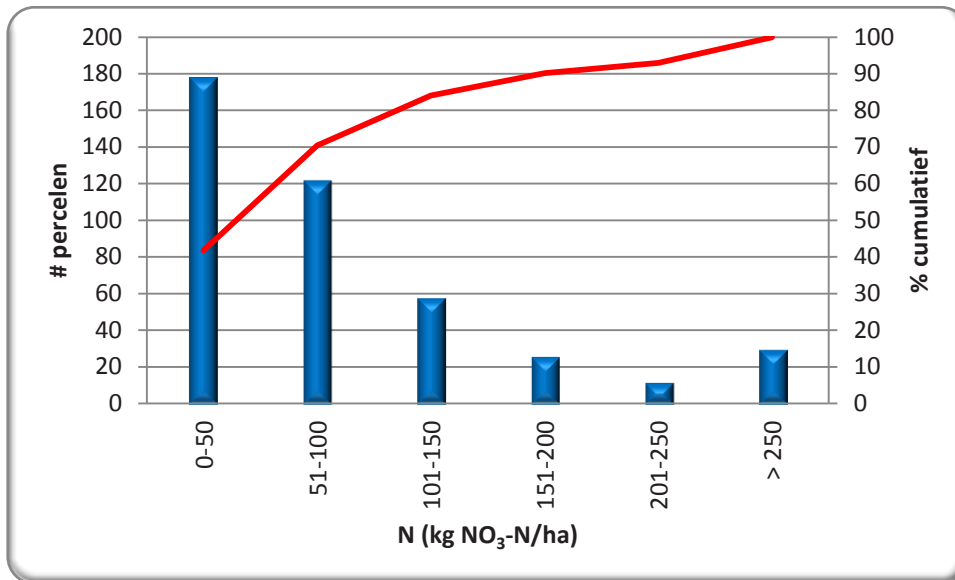
Naast het nitraatresidugehalte over de drie lagen (0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm) en over het volledige profiel werden voor ieder perceel volgende gegevens gecollecteerd:

- Labo en staalnemer van de campagne-analyse
- Labo en staalnemer van de audit-analyse (steeds INAGRO)
- Datum van beide bemonsteringen
- Bodemsoort
- Gewasgroep van de hoofdteelt volgens de verzamelaanvraag
- Aanwezigheid van een nateelt volgens de verzamelaanvraag
- Gewasgroep van de nateelt volgens de verzamelaanvraag, indien aanwezig
- Aanwezigheid van een gewas tijdens één van de bemonsteringen (genoteerd door de monsternemer, indicatief zonder verdere specificatie naar hoofd- of nateelt)

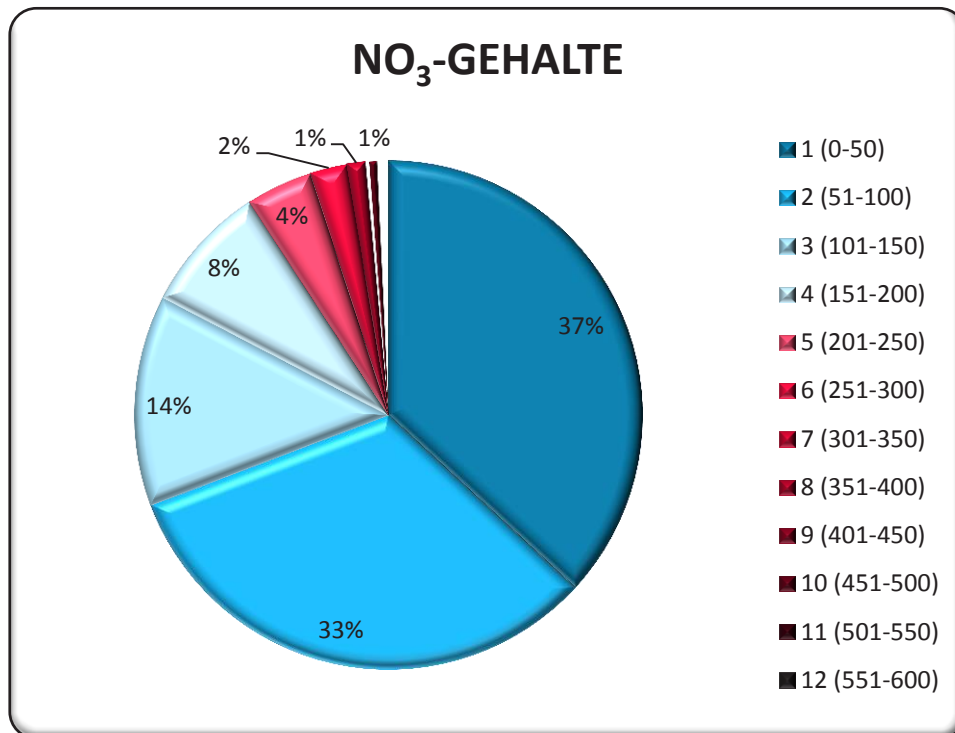
Verder dient opgemerkt te worden dat de klimatologische omstandigheden in 2011 uitzonderlijk waren (hoge temperaturen in de herfst na een relatief slecht voorjaar). Dit heeft mogelijk invloed gehad op variaties in het nitraatresidu tijdens de monsternamperiodes en op het aantal percelen waarop nog een teelt aanwezig was tijdens één van de monsternames. De helft van de bemonsterde percelen (uitgezonderd grasland) was nog beteeld tijdens een van de bemonsteringen. Bij sommige teelten (bvb maïs) wordt de bemonstering sterk bemoeilijkt door de aanwezigheid van de teelt en kunnen we dan ook een invloed op de reproduceerbaarheid van de meting verwachten.

2.1.1. PROEFOPZET – SAMENSTELLING VAN DE DATASET

De verdeling van de nitraatresidu's over de bemonsterde percelen wordt gegeven in Figuur 1 en Figuur 2, dit op basis van de audit-analysen. De gehalten over de volledige dataset zijn lognormaal verdeel tussen 6 en 725 kg NO₃-N/ha. Vierenvijftig percent van de percelen had een nitraatresidu lager dan de momenteel laagste geldende nitraatresidudrempelwaarde van 70 kg NO₃-N/ha.



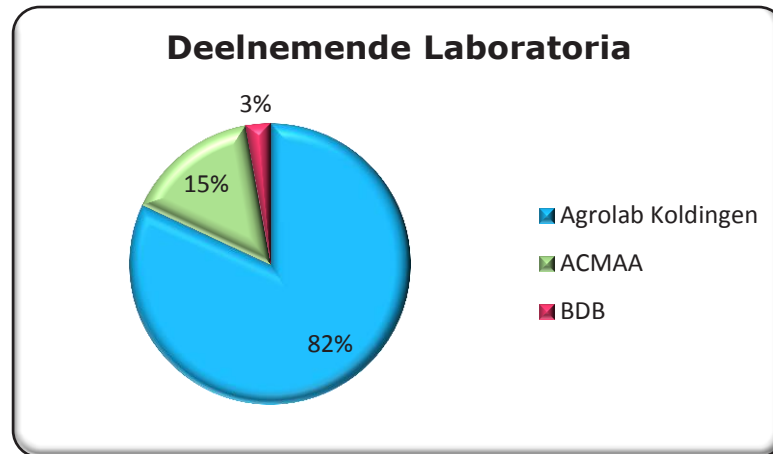
Figuur 1: Verdeling van de percelen over verschillende nitraatresiduklassen



Figuur 2: Verdeling van de percelen over verschillende nitraatresiduklassen (kg NO₃-N/ha)

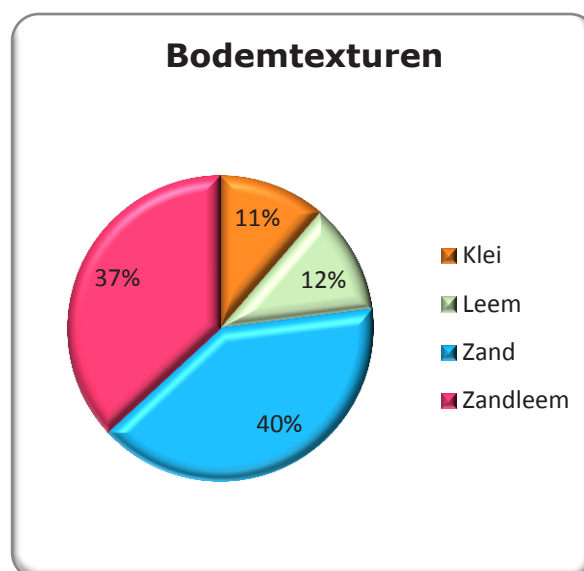
Er waren drie laboratoria betrokken bij de uitvoering van de bemonsteringen en analyses in het kader van de reguliere nitraatresiducampagne: ACMAA bv (Nederland), Agrolab Institut Koldingen (Duitsland) en de Bodemkundige Dienst van België. Het leeuwenaandeel van de bepalingen werd echter uitgevoerd door Agrolab Institut Koldingen (82%). Een grafische voorstelling wordt gegeven in Figuur 3.

In totaal waren er 46 staalnemers betrokken bij de bemonsteringen: 4 bij INAGRO voor het uitvoeren van de audit bemonsteringen en respectievelijk 31, 7 en 4 bij Agrolab Institut Koldingen, ACMAA en Bodemkundige Dienst van België voor wat betreft de campagne-bemonsteringen.



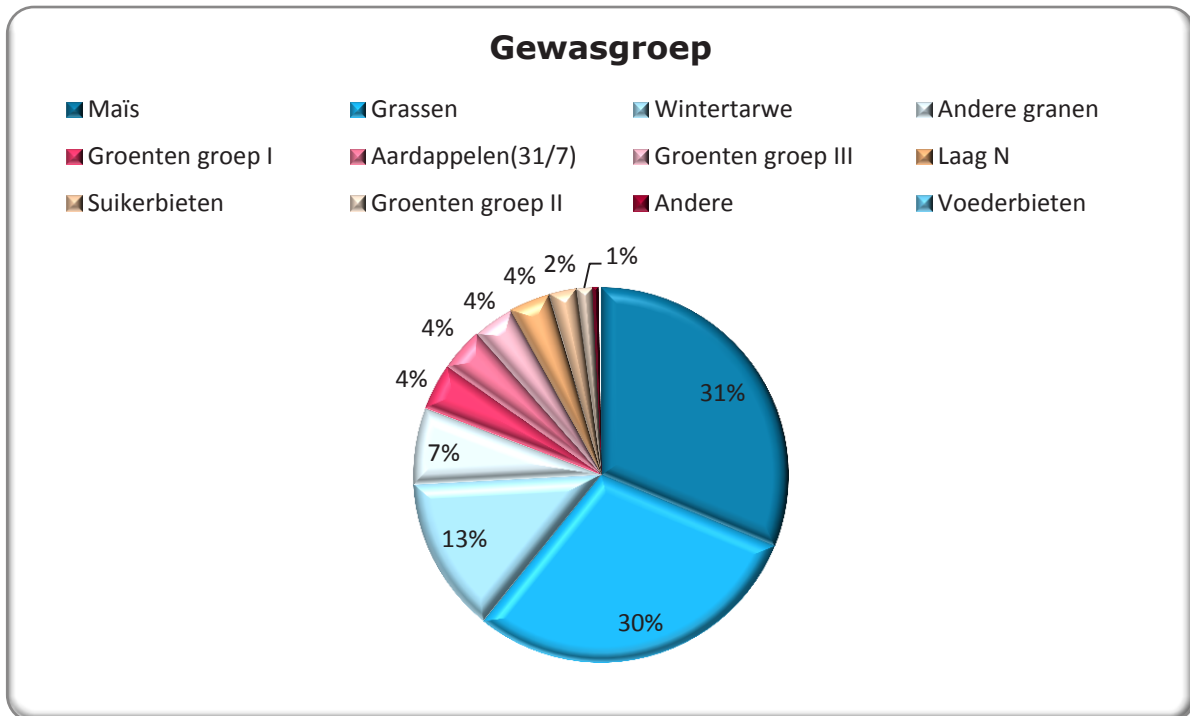
Figuur 3: deelnemers nitraatresiducampagne

De verdeling over de verschillende bodemtexturen was vrij typisch voor het Vlaams areaal en wordt weergegeven in Figuur 4.

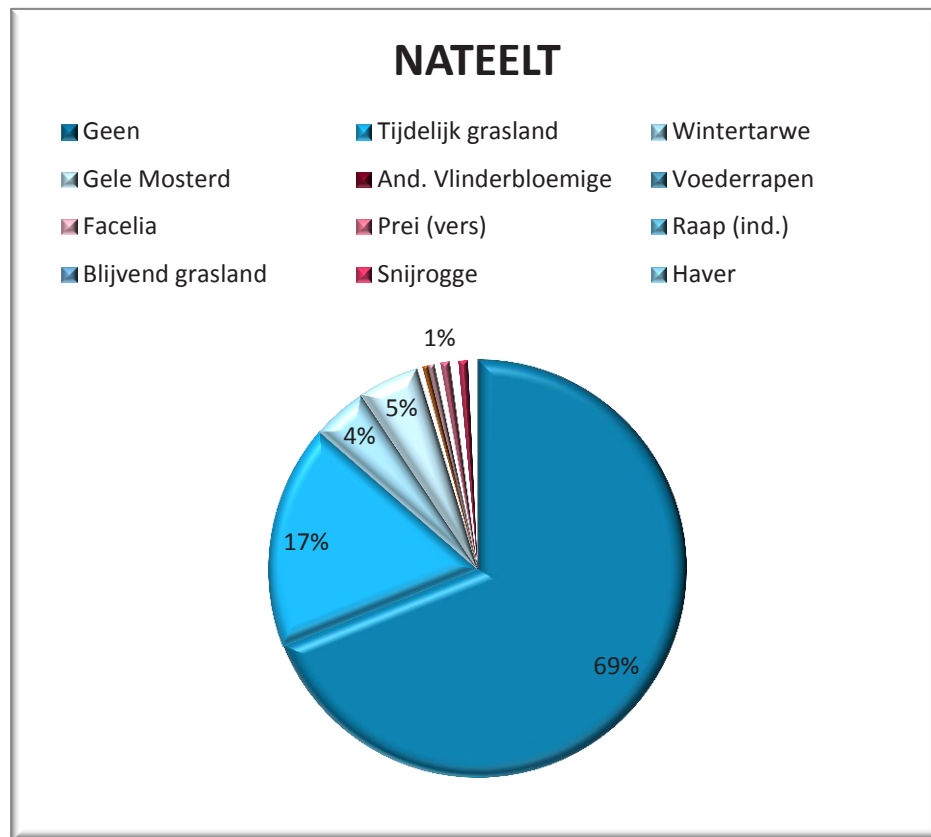


Figuur 4: verdeling over de bodemtexturen

In Figuur 5 wordt de aanwezigheid van de verschillende gewasgroepen op basis van de hoofdteelt in de dataset voorgesteld. Figuur 6 toont de door de landbouwer opgegeven nateelt. Voor ongeveer een derde van de percelen werd een nateelt aangegeven, het betrof hier hoofdzakelijk een tijdelijk grasland, wintertarwe of gele mosterd, andere nateelten waren in veel mindere mate aanwezig. Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat de percelen met blijvend grasland zijn opgenomen in deze zonder nateelt.



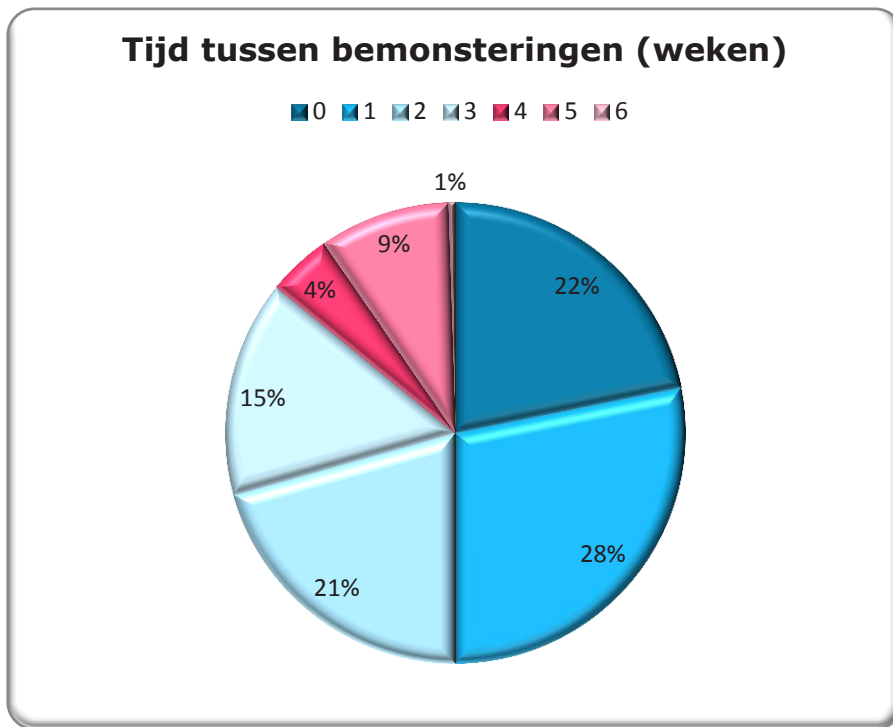
Figuur 5: indeling van de hoofdteelt per gewasgroep



Figuur 6: aanwezigheid en type nateelt

Voor de meeste teelten konden de deelnemende laboratoria vrij de bemonstering in plannen, zowel voor de audit-analysen als voor de reguliere staalnames, zolang deze werd uitgevoerd in de periode tussen 1 oktober en 15 november. Enkel de bemonstering van graan- en groentepercelen wordt voor de reguliere staalnames beperkt en moest uitgevoerd worden na 1 november¹. In Figuur 7 wordt de verdeling gegeven van het absolute tijdsverloop tussen de twee bepalingen uitgedrukt in weken van 7 dagen. Deze verschillen zijn vrij gelijkmatig verdeeld over de volledige periode.

¹ deze restrictie is sinds 2012 niet meer van toepassing



Figuur 7: tijdsverloop tussen de twee bemonsteringen

2.1.2. VERGELIJKING MET DE VOOROPSTELLINGEN UIT N-(ECO)²

De bedoeling van deze bemonsteringscampagne was om i) een idee te krijgen van de meetonzekerheid gekoppeld aan de bemonstering en ii) na te gaan in hoeverre het kader van bemonsterings- en analysetechnieken zoals nu vooropgesteld in het compendium voldoet aan de precisie² die werd vooropgesteld in de N-(eco)² studie.

In deel 3 van eindrapport van de N-(eco)² studie wordt vooropgesteld dat, bij analyse van een mengstaal bekomen uit 15 boorsteken een precisie van 20% bekomen kan worden. Hierbij worden evenwel de opmerkingen gemaakt dat:

- i) het benodigd aantal boorsteken om deze precisie te bekomen in geval van hoge veldvariabiliteiten sterk kan oplopen en
- ii) de voorspelde precisie van 20% als indicatief moet worden behandeld.

Deze vooropgestelde indicatieve precisie is echter enkel geldig wanneer wordt voldaan aan de randvoorwaarden die vervuld waren bij de uitgevoerde experimenten. Zo werden de metingen uitgevoerd op percelen met een oppervlak van 1 ha, terwijl de huidige BAM methodiek 15 boorsteken toelaat tot een perceelsoppervlak van 2 ha. Deze relatieve halvering van de bemonsteringsdichtheid zal ongetwijfeld bijdragen tot een daling van de precisie. Verder werd aangetoond dat de beschreven bemonstering in staat is om veldvariabiliteiten tot ongeveer 40% te ondervangen en dat op percelen met een hogere variabiliteit dan ook een lagere precisie verwacht wordt. Dit werd aangetoond bij metingen uitgevoerd op een graasweide. Er worden geen veronderstellingen gemaakt voor wat betreft de onderlinge beïnvloeding van beide factoren.

Hierbij moet verder ook nog opgemerkt worden dat in de N-(eco)² studie alle analyses door eenzelfde labo werden uitgevoerd. De voorspelde variabiliteit van de resultaten wordt daar dan ook enkel veroorzaakt door de bemonstering. Wanneer dus analyseresultaten van verschillende laboratoria worden vergeleken zal ook rekening gehouden moeten worden met de variabiliteit die hierdoor veroorzaakt wordt. De bijdrage van de variabiliteit veroorzaakt door de analyse kan geschat worden uit het langdurig gemiddelde van de spreidingen die vastgesteld worden in de jaarlijkse COALLA ringtest waar een homogeen staal wordt aangeboden aan de laboratoria. Deze interlaboratoriumspreiding bedraagt ongeveer 10%. Wanneer we aannemen dat 2/3 van deze spreiding wordt veroorzaakt door de verschillen tussen de laboratoria kan de te verwachten precisie bij monsternamen en analyse door verschillende labo's bijgesteld worden als volgt:

- De standaardafwijking tgv de bemonstering zoals opgenomen in N-(eco)² = 20 / 1,96 = 10,2 (met 1,96 de dekkingsfactor voor het 95% betrouwbaarheidsinterval)
- De extra standaardafwijking tgv het interlabo effect wordt geschat op 2/3 van deze waargenomen in ringtesten = 10 * 2/3 = 6,67

$$s_{\text{totaal}} = \sqrt{s_{\text{bemonstering}}^2 + s_{\text{analyse}}^2}$$

Aldus berekend zou de precisie (1,96*s_{tot}) bekomen uit een mengstaal van 15 boorsteken en na bemonstering en analyse door twee verschillende laboratoria ongeveer 24% bedragen.

² de invulling van het begrip "precisie" wordt gegeven in de begrippenlijst achteraan dit document

Dit komt er met andere woorden op neer dat, rekenig houdend met de de vooropstellingen uit N-(eco)² en het feit dat de analyses door verschillende laboratoria uitgevoerd worden:

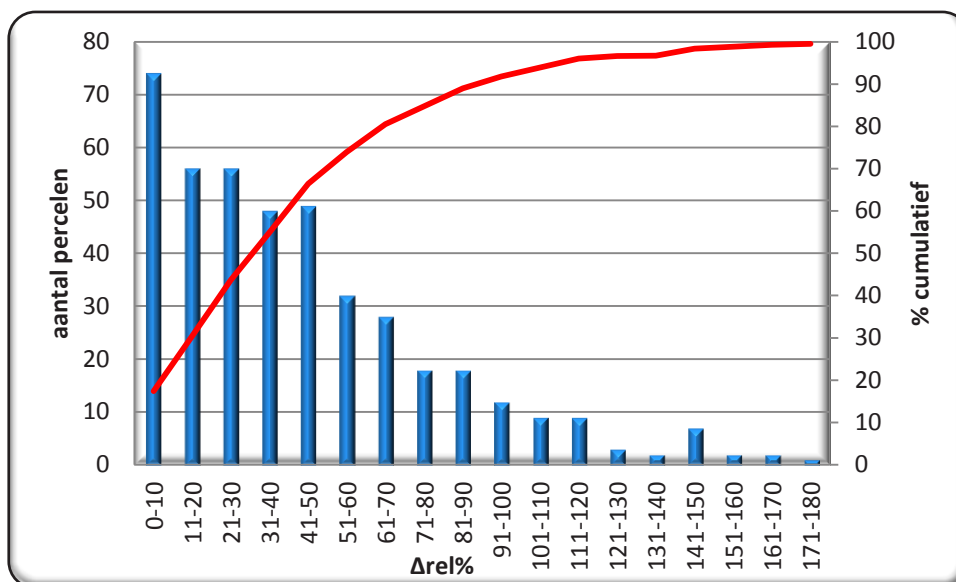
- Van een enkele meetwaarde kan verwacht worden dat ze tot 24% zal afwijken van de gemiddelde waarde wanneer meerdere metingen worden uitgevoerd.
- Van twee meetwaarden kan verwacht worden dat ze tot 48% van elkaar kunnen verschillen aangezien de precisie opgaat voor zowel positieve als negatieve afwijkingen tov het gemiddelde.
- Eén op twintig van de waarnemingen een groter verschil kan vertonen aangezien de berekeningen werden uitgevoerd voor een betrouwbaarheidsinterval van 95%.

In onderstaand histogram (Figuur 8) worden de relatieve procentuele verschillen voor de volledige dataset voorgesteld, waarbij deze berekend werden als:

$$\Delta_{rel\%} = 100 \text{ abs} \left(\frac{\text{meting}_1 - \text{meting}_2}{\frac{\text{meting}_1 + \text{meting}_2}{2}} \right)$$

Zoals hier gedefinieerd komen de relatieve procentuele verschillen dus overeen met de afwijking van twee meetwaarden tov elkaar. Vanuit N-(eco)² zou dus verwacht worden dat slecht 5% van de metingen een relatief procentueel verschil groter dan 48% zou vertonen.

Uit de resultaten blijkt, dat bij een betrouwbaarheidsinterval van 95%, in ongeveer 60% van de metingen de precisie zoals vooropgesteld in de N-(eco)² studie behaald werd, in de resterende gevallen was het verschil tussen de twee metingen hoger.

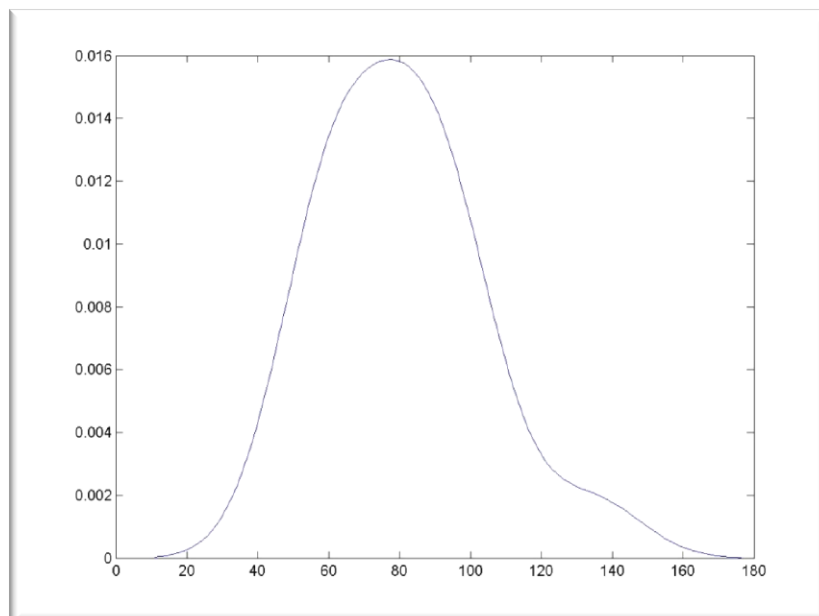


Figuur 8: histogram van de relatieve verschillen

Naast besluiten op basis van de resultaten uit deze studie kan de precisie die momenteel behaald wordt ook ingeschat worden uit gegevens bekomen uit ringtesten. Gezien het belang van de staalname voor deze bepaling werd deze vanaf 2011 opgenomen in de ringtesten die jaarlijks door

VITO worden georganiseerd in het kader van de kwaliteitscontroles voor de erkende laboratoria. In september 2011 werd voor een eerste maal aan alle erkende laboratoria gevraagd om een maaibeide met een oppervlak van 2,1 ha te bemonsteren en het nitraatresidu te bepalen op het genomen staal. De bemonsteringen werden verspreid over een termijn van twee dagen uitgevoerd. Een gehomogeniseerd staal, afkomstig van hetzelfde perceel, werd aangeboden als referentie, zodat een inschatting gemaakt kon worden van de deelbijdragen aan de totale variabiliteit van de analyse enerzijds en staalname/staalvoorbehandeling anderzijds. In Figuur 9 wordt de berekende kernel distributie voor de resultaten bekomen uit de bemonstering voorgesteld.

Voor het staal genomen door de laboratoria werd, bij een gemiddeld nitraatresidu van 79 kg NO₃-N/ha, een standaardafwijking van 21,4 kg NO₃-N/ha vastgesteld. De standaardafwijking bij de bepaling van een referentiestaal afkomstig van hetzelfde perceel bedroeg 7,66 kg NO₃-N/ha. Hieruit kan worden berekend dat de precisie voor dit perceel 53% bedroeg (dekkingsfactor 1,96*s), verschillen tussen de resultaten van twee metingen kunnen dan ook oplopen tot 106% van de gemiddelde waarde. Uit vergelijking met de resultaten bekomen voor het referentie staal kan berekend worden dat de bijdrage van de bemonstering aan de variabiliteit 20 kg NO₃-N/ha bedraagt en dus bijna een factor drie groter is dan deze veroorzaakt door de analyse. Deze resultaten werden bevestigd tijdens een ringtest uitgevoerd in 2012, waar bij bemonsteren van twee graanpercelen precisies van respectievelijk 47 en 52% bekomen werden.



Figuur 9: verdeling van de resultaten tijdens de ringtest

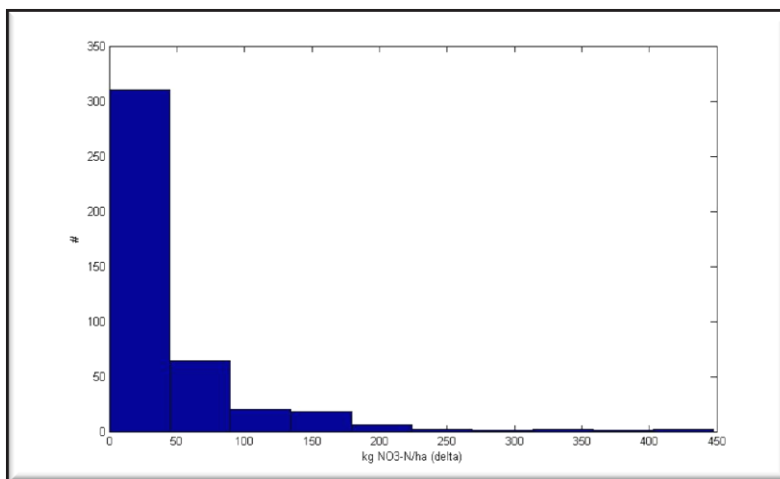
2.1.3. STATISTISCH MODEL EN BESPREKING RESULTATEN

Zoals blijkt uit vorige paragraaf wordt het doel opgenomen in N-(eco)²: niet meer dan een verschil van 48% waarnemen tussen twee onafhankelijke metingen slechts in ongeveer 60% van de

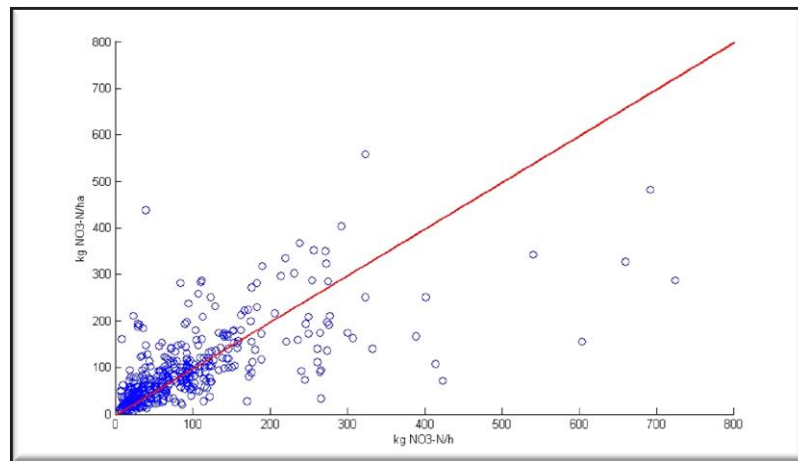
gevallen gehaald in plaats van de gewenste 95%. Bij ringtesten worden precisions van ongeveer 50% bereikt in plaats van de 24% die vooropgesteld werd in de N-(eco)² studie. De reden hiervoor is waarschijnlijk dat de veldvariabiliteit in meer gevallen dan initieel aangenomen werd groter is dan deze die kan opgevangen worden door de huidige bemonsteringstechniek. In onderstaande paragrafen wordt nagegaan of uit de hier gecollecteerde gegevens merkers kunnen worden geïsoleerd die duiden op een grotere te verwachten veldvariabiliteit. Hierdoor zou in bepaalde situaties de bemonsteringsstrategie dan kunnen worden bijgesteld.

De absolute verschillen tussen de metingen variëren tussen 0 en 448 kg NO₃-N/ha, bij meer dan 300 van de 426 percelen was het verschil lager of gelijk aan 50 kg NO₃-N/ha.

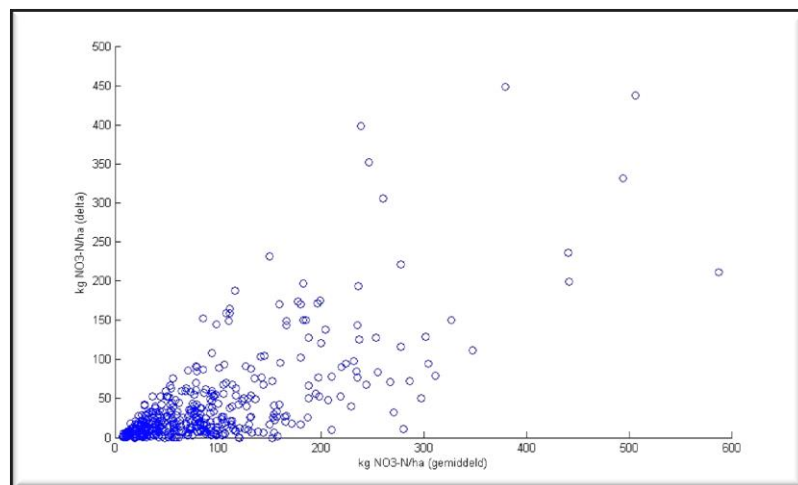
De verschillen zijn niet normaal noch log normaal verdeeld (Lilliefors test op 95%). De absolute verschillen tussen de beide metingen worden grafisch weergegeven in Figuur 10, de metingen zelf werden voorgesteld op het scattergram in Figuur 11. Wanneer de absolute verschillen worden uitgezet in functie van het gemiddelde nitraatgehalte (Figuur 12) blijkt een zekere concentratie-afhankelijkheid: uit berekening van de correlatiecoëfficiënt volgt dat ongeveer 70% van de variatie binnen de dataset kan verklaard worden met een concentratie gerelateerde component. Deze vaststelling is op zijn minst merkwaardig. Het gedeelte van de variatie veroorzaakt door de analyse kan verondersteld worden afhankelijk te zijn van het gemeten gehalte maar de sterke correlatie die hier wordt vastgesteld zou er op kunnen wijzen dat minstens in een deel van de gevallen de veldvariabiliteit stijgt met een stijgend nitraatresidu en dat dus grotere verschillen kunnen worden verwacht bij hogere nitraatresiduwwaarden. Een verklaring hiervoor vanuit landbouwkundig perspectief valt echter buiten de scope van dit onderzoek.



Figuur 10: verdeling van de absolute verschillen



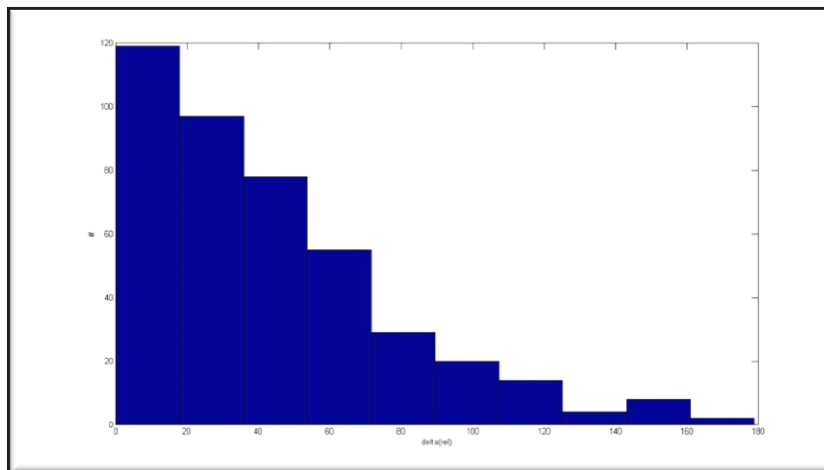
Figuur 11: scattergram van alle metingen



Figuur 12: absoluut verschil tussen de metingen ifv het gemiddelde nitraat-N gehalte

Gezien deze concentratieafhankelijkheid werd de data-analyse uitgevoerd op de relatieve verschillen berekend met onderstaande formule. De verdeling van deze verschillen wordt grafisch voorgesteld in Figuur 13. De relatieve verschillen blijken lognormaal verdeeld (Lilliefors test op 95% na logarithmeren).

$$\Delta_{rel\%} = 100 \operatorname{abs} \left(\frac{\mathit{meting}_1 - \mathit{meting}_2}{\frac{\mathit{meting}_1 + \mathit{meting}_2}{2}} \right)$$



Figuur 13: verdeling van de relatieve verschillen

Als gevolg van het gebrek aan normaliteit in de dataset werd geopteerd om de analyse uit te voeren gebruik makend van niet parametrische technieken, m.a.w zonder aanname van een vaste verdeling in de data. De mogelijke invloed van alle gekende randfactoren werd onderzocht m.b.v. een Kruskal-Wallis test. De respectievelijke significanties voor alle gekende factoren worden gegeven in Tabel 1. Een factor werd slechts weerhouden als significant vanaf het niveau van 95%. Met deze test wordt onderzocht of minstens een van de niveaus van ieder van de factoren aanleiding geeft tot een significant verschil in de precisie van de meting.

Factor	Significantie (%)
Aanwezigheid van teelt bij bemonstering	ns (77%)
Uitvoerend laboratorium	ns (39%)
Bodemtextuur	ns (37%)
Gewasgroep van de hoofdteelt	> 99
uitvoering bemonsteringsprotocol	97
Tijdsverloop tussen bemonsteringen	ns (69%)
Grootte van het perceel	ns (74%)
Aanwezigheid van een nateelt	97

Tabel 1 : resultaten Kruskal-Wallis test

Aanwezigheid van een teelt bij de bemonstering

Het al dan niet aanwezig zijn van een gewas tijdens de bemonstering blijkt weinig invloed te hebben op de resultaten. Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat hier de invloed over alle gewastypes heen bepaald werd en de aanwezigheid van een teelt niet in alle gevallen belemmerend kan verondersteld worden voor de bemonstering. Mogelijk draagt de aanwezigheid van een teelt bij aan de verschillen die geconstateerd worden tussen de gewasgroepen. De aanwezigheid van een teelt zoals bijvoorbeeld maïs is in ieder geval hinderend bij de bemonstering en dus mogelijk een bron van variatie.

Uitvoerend laboratorium

Er worden geen verschillen geconstateerd in functie van het uitvoerende laboratorium, hierbij dient wel opgemerkt te worden dat 82% van de bemonsteringen en analyses door hetzelfde labo werden uitgevoerd, het aantal datapunten voor de andere labo's is dan ook vrij beperkt.

Bodemtextuur

De bodemtextuur (klei, leem, zandleem of zand) blijkt geen invloed te hebben in die zin dat de verschillen niet beïnvloed worden door de textuur. De grootste invloed hier zou mogen verwacht worden als gevolg van het moeilijker homogeniseren van de staalportie voorafgaand aan analyse bij bijvoorbeeld kleiige bodems eerder dan als gevolg van de bemonstering. De homogenisatiestap blijkt bij de deelnemende laboratoria voldoende onder controle te zijn.

Perceelsgrootte

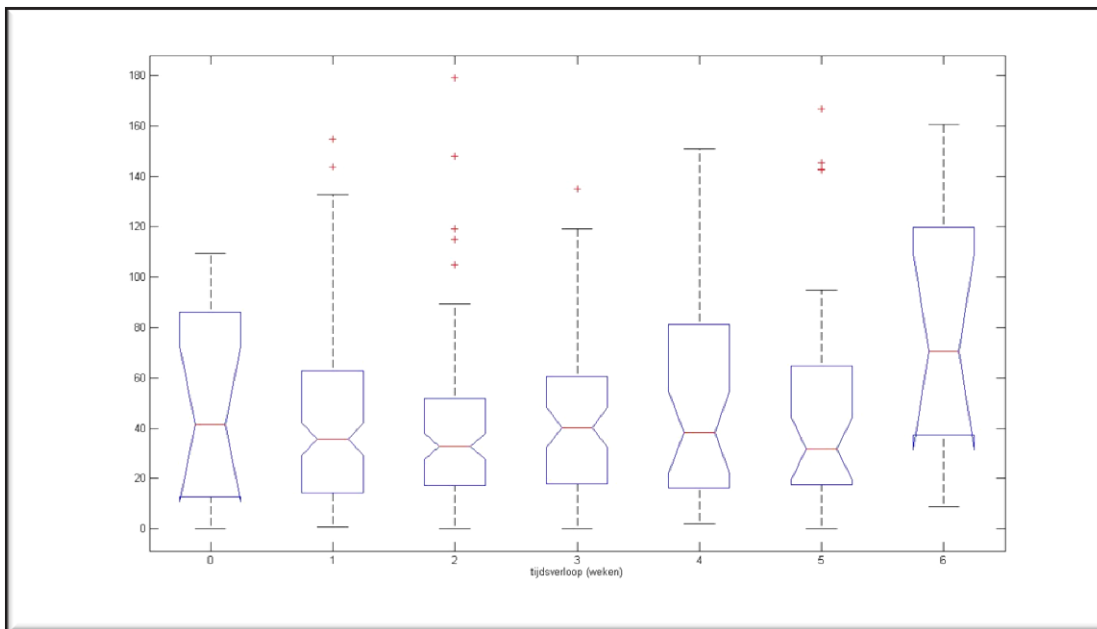
Er worden geen kleinere verschillen vastgesteld bij kleinere percelen, hierbij dient wel opgemerkt te worden dat, conform BAM, percelen groter dan 2 ha steeds opgedeeld werden in deelpercelen tot maximum 2 ha en de variabiliteit voor wat betreft het perceelsoppervlak binnen de dataset dus eerder beperkt is.

Tijdsverloop tussen bemonsteringen

Opvallend is dat hier geen significante invloed wordt opgemerkt voor wat betreft het tijdsverloop tussen de twee metingen. De tijdsverschillen, uitgedrukt in weken, tussen beide bemonsteringen waren vrij gelijkmatig verdeeld tot een verschil van 3 weken (Tabel 2). Een Box-and-Whisker plot van de relatieve verschillen wordt voorgesteld in Figuur 14. Hieruit mag echter niet zondermeer besloten worden dat er geen verloop van de nitraatresiduconcentratie zou zijn over de bemonsteringsperiode, eerder dat deze niet van die aard is dat ze een significante invloed heeft op de set van alle bemonsterde percelen. Invloeden in functie van het type teelt bijvoorbeeld zijn op basis van deze gegevens niet uit te sluiten. Een meer gedetailleerd beeld van de tijds-invloed wordt gegeven in par 2.2.

Tijdsverloop (weken)	# percelen	%
0	93	21,8
1	120	28,2
2	88	20,7
3	65	15,3
4	19	4,5
5	39	9,2
6	2	0,5

Tabel 2 : duur tussen bemonsteringen



Figuur 14: invloed tijdsverloop tussen bemonsteringen

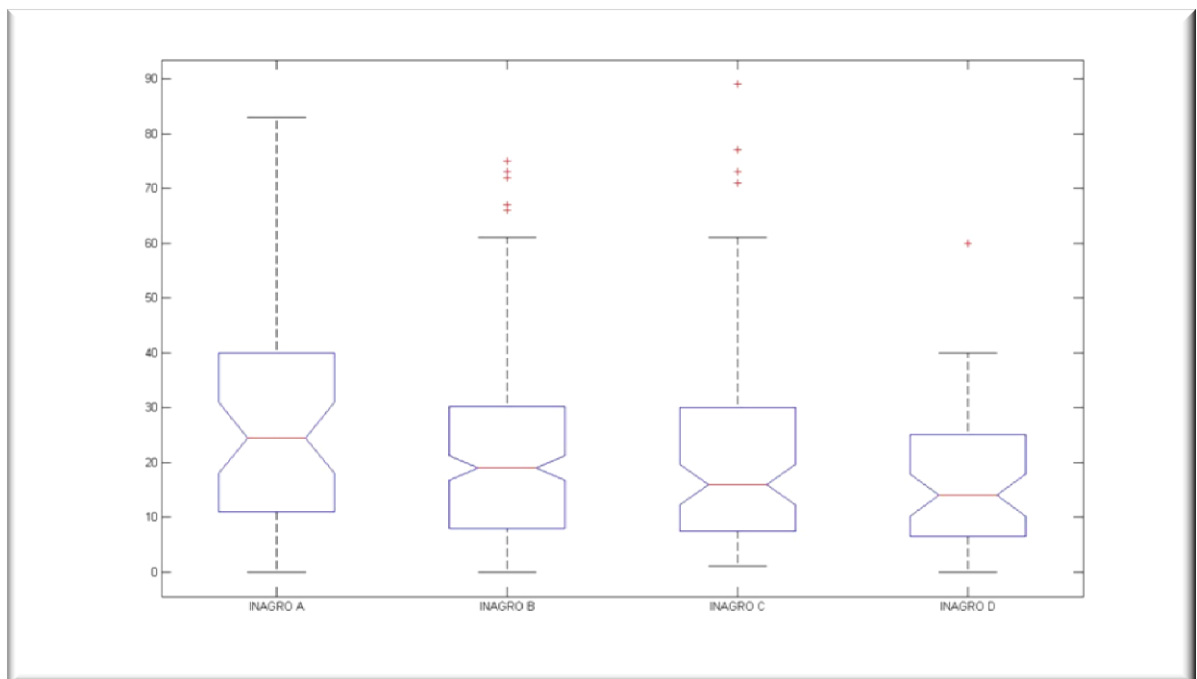
De belangrijkste, of eerder de enige drie factoren die met een hoge significantie rol schijnen te spelen in de precisie zijn enerzijds de uitvoering van het bemonsteringsprotocol en anderzijds het gewas, al dan niet aanwezig bij de bemonstering, en de aanwezigheid van een nateelt.

Involed van het bemonsteringsprotocol

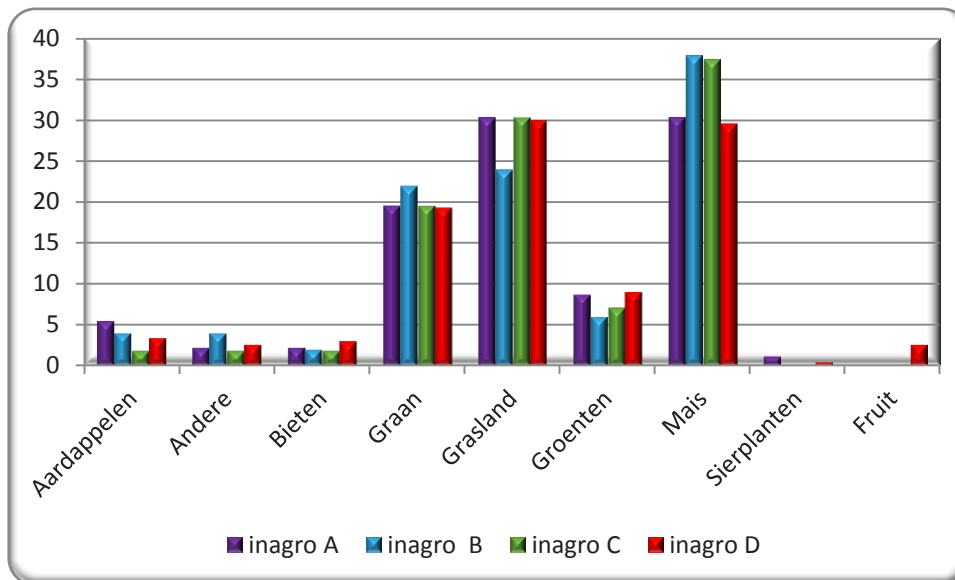
Het bemonsteringsprotocol schrijft voor dat er per 2 ha 15 boorsteken moeten genomen worden langs de armen van een kruis. Elke staalnemer ontwikkelt een bepaalde systematiek voor het verdelen van deze bemonsteringspunten. Wanneer het aantal boorsteken voldoende is om de veldvariabiliteit te dekken dan zou het resultaat van elke bemonstering onafhankelijk moeten zijn van de keuze van de bemonsteringspunten. Met andere woorden herhaalde toepassing van het bemonsteringsprotocol zou, binnen de aanvaarde precisie, tot hetzelfde resultaat moeten leiden. Door de unieke opzet van dit onderzoek zijn er een aantal percelen door hetzelfde koppel monsternemers bemonsterd wat toelaat om het effect van het bemonsteringsprotocol op de waargenomen verschillen te beoordelen, los van individuele prestaties.

In totaal waren 34 monsternemers rechtstreeks betrokken bij de bemonsteringen: 4 verbonden aan Inagro, 31 verbonden aan Agrolab Instituut Koldingen, 7 verbonden aan ACMAA en 4 verbonden aan de Bodemkundige Dienst van België. Aangezien hier de verschillen tussen twee bemonsteringen worden onderzocht dan wel de gemeten concentratie bij een bemonstering kan enkel een uitspraak gedaan worden over koppels-monsternemers en niet over de individuele prestaties. Als gevolg daarvan en door het groot aantal staalnemers dat actief betrokken was zijn de data te gefragmenteerd om een volledige en statistisch verantwoorde analyse te kunnen uitvoeren. In een geval echter was dit wel mogelijk: staalnemer KOLDI-Z voerde 121 bemonsteringen uit en van deze 121 werden tussen 31 en 47 tegenbemonsteringen uitgevoerd door iedere monsternemer van INAGRO. Op basis van deze 121 verschilmetingen kon dan ook nagegaan worden in hoever de "menselijke-factor", en dus eigenlijk de robuustheid van het bemonsteringsprotocol, een rol speelt bij de vastgestelde variabiliteit.

De resultaten worden grafisch voorgesteld in Figuur 15 waaruit minstens een duidelijk verschil blijkt tussen respectievelijk INAGRO-A & KOLDI Z en INAGRO-D & KOLDI-Z (op de figuur aangegeven als "INAGRO-A" en "INAGRO-D"). Dit wijst er op dat het bemonsteringsprotocol onvoldoende robuust is om in alle gevallen de veldvariabiliteit te ondervangen. Gezien ook een invloed werd vastgesteld in functie van het gewastype werd nagegaan of de verdeling van de bemonsterde gewastypes vergelijkbaar was voor ieder staalnemerskoppel. Uit deze verdeling, zoals voorgesteld in Figuur 16, blijkt echter geen significant verschil: alle gewastypes werden door de verschillende koppels met vergelijkbare frequentie bemonsterd. Op andere invloeden die mogelijk invloed hadden op de verschillen tussen de populaties kon niet getest worden.



Figuur 15: invloed staalnemers



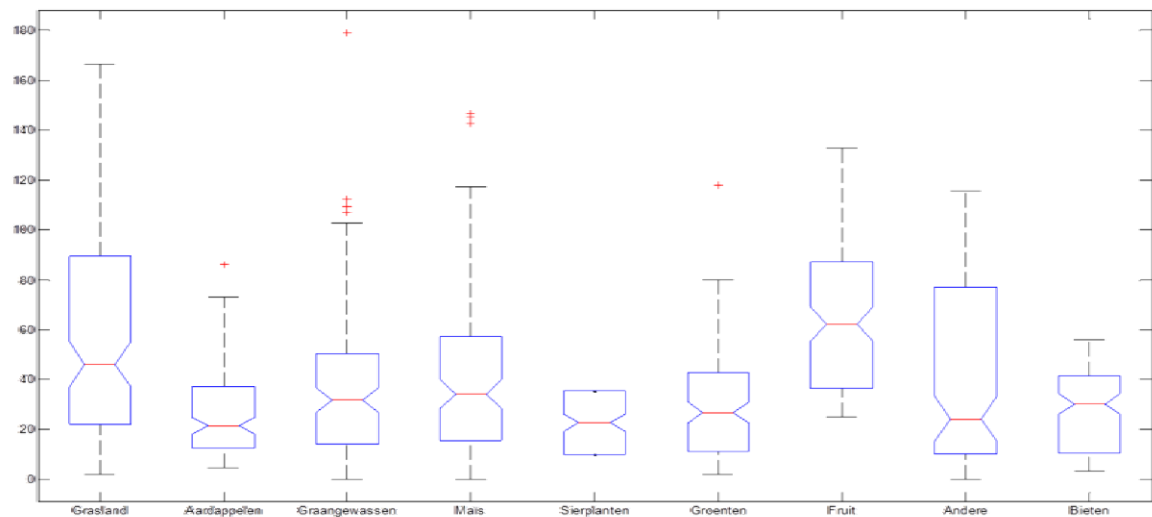
Figuur 16: gewastype per staalnemer

Involed van het gewastype van de hoofdteelt

Hiervoor werd een onderverdeling gemaakt in de gewastypes van de hoofdteelt zoals opgenomen in Tabel 3. Fruit en sierplantpercelen waren te weinig vertegenwoordigd om relevante data te produceren, van alle andere teelten waren minstens elf percelen aanwezig. De resultaten worden voorgesteld in Figuur 17. Hieruit blijkt een duidelijke invloed van het gewastype op de precisie van de meting: de grootste variabiliteit wordt vastgesteld bij maïs, grasland en graangewassen. De variabiliteit is blijkbaar een stuk lager bij bijvoorbeeld aardappelen en bieten.

Gewas	# percelen	%
Aardappelen	16	4
Andere	11	3
Bieten	11	3
Fruit	6	1
Graangewassen	85	2
Grasland	126	30
Groenten	36	8
Maïs	133	31
Sierplanten	2	< 1

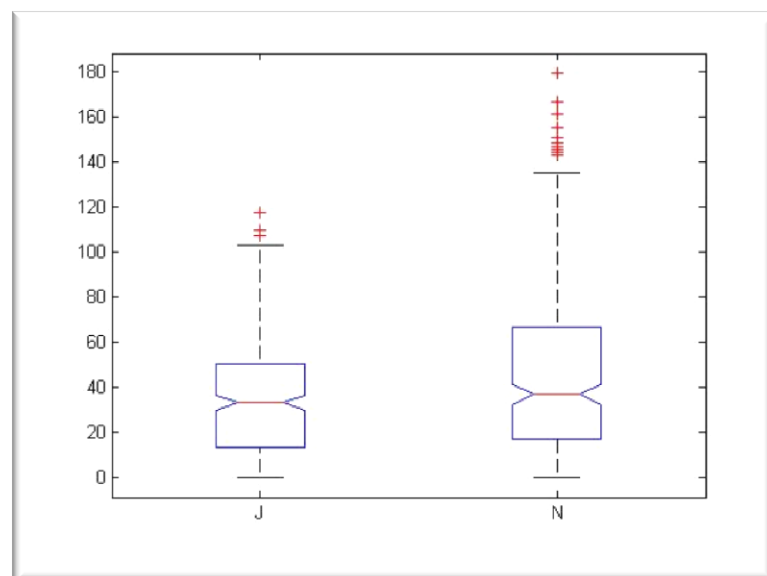
Tabel 3 : indeling in gewasgroepen



Figuur 17: invloed gewasgroep

Aanwezigheid van een nateelt

Gezien het relatief klein aantal percelen waarop een nateelt aanwezig was en de grote variatie aan verschillende nateelten kon geen onderscheid gemaakt worden per teelt. Wel kan worden aangetoond dat de aanwezigheid van een nateelt een significante invloed heeft op de verschillen die geregistreerd worden bij de bemonsteringen. Er is geen duidelijk verschil tussen de medianen van beide datasets maar bij afwezigheid van een nateelt zijn meer grotere verschillen aanwezig dan bij de aanwezigheid van een nateelt. Deze invloed kan mogelijk teruggebracht worden naar het feit dat de aanwezigheid van een nateelt de veldvariabiliteit mogelijks verlaagt. De resultaten worden weergegeven in Figuur 18.



Figuur 18: invloed aanwezigheid nateelt (J:aanwezig, N:niet aanwezig)

2.1.4. PRECISIE³

Aangezien uit voorgaande blijkt dat de gewasgroep een van de belangrijkste factoren is die invloed heeft op de te verwachten verschillen in nitraatresiduconcentratie tussen twee metingen en hierover de meeste gegevens beschikbaar waren, werd een inschatting van de precisie uitgevoerd per gewasgroep. De berekening werd voor iedere gewasgroep uitgevoerd op twee verschillende datasets: één met alle resultaten (resultaat P1 in tabel 4) en een op één gefilterde set (resultaat P2 in tabel 4) waaruit alle resultaten kleiner dan 40 kg NO₃-N/ha en groter dan 200 kg NO₃-N/ha verwijderd werden. De reden hiervoor is dat, gezien de sterke concentratieafhankelijkheid van de verschillen, mogelijk een ander resultaat kan worden bekomen in functie van de concentratie en het belang van zeer lage of zeer hoge concentraties voor het beleid minder relevant zijn. Alhoewel in sommige gevallen hierdoor een aanzienlijk aandeel van de datapunten verworpen werden is de invloed hiervan op de berekende precisies eerder beperkt.

De precisie (P%) werd op het 95% betrouwbaarheidsinterval berekend als 1.96 maal de standaardafwijking van de relatieve procentuele verschillen tussen een meting en het gemiddelde van de twee metingen tov dit gemiddelde en dit voor alle punten in iedere dataset. De resultaten worden voorgesteld in onderstaande tabel. Het maximaal te verwachten verschil tussen twee metingen kan dan berekend worden als het dubbel van deze precisie. Voorafgaand aan de berekening werd de normaliteit van de dataset getoetst (Lilliefors 95%) om na te gaan of de standaardafwijking gebruikt mocht worden als maat voor de spreiding. Alle datasets waren normaal verdeeld op het geteste niveau. Opvallend is dat voor granen een bijna identieke precisie wordt berekend als deze die betrokken werd uit de ringtesten uitgevoerd in 2012 (zie § 2.1.2). Dat de precisie die hier berekend wordt voor grasland een stuk lager ligt dan deze berekend uit de ringtest van 2011 kan verklaard worden doordat in de ringtest een gemaaid grasland werd bemonsterd terwijl in deze dataset hoofdzakelijk graasweiden voorkwamen waarvoor een hogere veldvariabiliteit mag verondersteld worden.

Naast de precisies wordt ook het aantal datapunten in de set (n), de mediaan (MED) en de interkwartielafstand (IQR) van de verschillende datasets gegeven om toe te laten een inschatting te maken van het belang van de precisie tov de normwaarden. De gewasgroep Fruit was te weinig vertegenwoordigd (6 percelen) om relevante data te produceren en betrouwbare conclusies te kunnen trekken en wordt dan ook enkel indicatief vermeld.

Gewas	MED	IQR	n_1	P% ₁	n_2	P% ₂
Aardappelen	128	83-172	16	36	14	30
Bieten	30	25-48	11	32	4	-
<i>Fruit</i>	<i>19</i>	<i>16-25</i>	<i>6</i>	<i>77</i>	<i>1</i>	-
Granen	60	27-95	85	48	59	51
Gras	43	23-75	129	67	81	76
Groenten	122	65-193	36	38	25	42
Maïs	94	66-156	133	50	115	52

Tabel 4: precisie per gewasgroep voor de volledige (P_1 , n_1) en de gefilterde dataset (P_2 , n_2)

³ het begrip precisie en de gebruikte confidentie intervallen worden verduidelijkt in de begrippenlijst achteraan dit document.

2.2. VARIATIE VAN HET NITRAATRESIDU IN FUNCTIE VAN DE TIJD

2.2.1. PROEFOPZET – SAMENSTELLING VAN DE DATASET

Jaarlijks loopt de nitraatresiducampagne tussen 1 oktober en 15 november, deze periode werd zo gekozen om een zo goed mogelijk idee te krijgen over het residu aanwezig in de bodem dat mogelijk tijdens de winter kan uitspoelen naar het oppervlakte- of grondwater. Immers, na 1 oktober mag verondersteld worden dat i) de opname van nitraat-N door eventueel nog aanwezige gewassen in de meeste gevallen minimaal zal zijn en ii) als gevolg van de lagere omgevingstemperatuur de mineralisatie van nog eventueel aanwezige organische stikstof verwaarloosd kan worden. Beide factoren zijn echter sterk klimatologisch bepaald en de vraag moet dan ook gesteld worden of mogelijke variaties in het aanwezige nitraatresidu als gevolg van het moment van bemonsteren groot genoeg zijn om bijvoorbeeld een tijdsafhankelijke normwaarde te verantwoorden.

Hiervoor werden op 50 percelen wekelijks bemonsteringen en analyses uitgevoerd, verspreid over de volledige duur van de campagne. Details m.b.t. de aanwezige teelten zijn opgenomen in Tabel 5. Alle percelen werden op 6 verschillende tijdstippen bemonsterd en geanalyseerd conform de geldende BAM-procedures. Belangrijk hierbij is dat zowel de analyses als de bemonsteringen werden uitgevoerd door hetzelfde labo en dezelfde staalnemer, dit om de variabiliteit die hierdoor veroorzaakt wordt zo minimaal mogelijk te houden.

Gewasgroep	# percelen
Aardappelen	5
Blijvend grasland	5
Tijdelijk grasland	5
Korrelmaïs	5
Silomaïs	5
Granen (met vanggewas)	7
Groenten	7
Suikerbieten	4
Wintertarwe	6
Triticale	1

Tabel 5 : geselecteerde percelen

De analyseresultaten worden voor ieder perceel gegeven in tabellen 6 t/m 15 en grafisch voorgesteld in figuren 19 t/m 30. Specifieke randinformatie voor ieder perceel worden gegeven in tabel 6 t/m tabel 15.

AARDAPPELEN								
Nr perceel	Landbouwstreek	Bodemsoort	Voorteelt	Hoofdeelt	Nateelt	Rooi	Bewerking	Nateelt (effectief)
1	leemstreek	LEEM		Aardappelen geroid na 31 juli		kort voor eerste staalname	kort na rooi, na eerste staalname, perceel bewerkt voor inzaai nateelt	wintertarwe, ingezaaid voor derde staalname
2	polders	KLEI		Aardappelen geroid na 31 juli		gespreide rooi rond vierde staalname	loof doodgespoten half september	vermoedelijk wintertarwe (seizoenspacht)
3	kempen	ZAND		Aardappelen geroid na 31 juli		na vijfde staalname	bewerkt voor inzaai nateelt na laatste staalname	gras
4	vlaamse-zandstreek	ZAND		Aardappelen geroid na 31 juli	Tijdelijk grasland	na eerste staalname	kort na rooi, na tweede staalname, perceel bewerkt voor inzaai nateelt	gras (goed opkomst, dichte grasmat vanaf derde staalname)
5	zandleemstreek	ZANDLEEM		Aardappelen geroid na 31 juli		vlak voor eerste staalname	perceel bewerkt voor inzaai nateelt, voor tweede staalname	wintertarwe (ingezaaid voor derde staalname)

Tabel 6 : randinfo aardappelen

BLIJVEND GRASLAND					
Nr perceel	Landbouwstreek	Bodemsoort	Hoofdeelt	Begraasd	Bijkomende info
6	polders	KLEI	Blijvend grasland	JA	begraasd gedurende staalnameperiode
7	zandleemstreek	ZANDLEEM	Blijvend grasland	JA	-
8	kempen	ZAND	Blijvend grasland	JA	gemaaid eind september
9	vlaamse-zandstreek	ZAND	Blijvend grasland	JA	beweiding gans het jaar
10	leemstreek	LEEM	Blijvend grasland	JA	begraasd door enkele dieren in okt, meerdere in nov

Tabel 7 : randinfo blijvend grasland

TIJDELIJK GRASLAND					
Nr perceel	Landbouwstreek	Bodemsoort	Hoofdeelt (VA)	Begraasd	Bijkomende info
11	polders	KLEI	Tijdelijk grasland	JA	snede gemaaid voor vierde staalname
12	zandleemstreek	ZANDLEEM	Tijdelijk grasland	JA	
13	vlaamse-zandstreek	ZAND	Tijdelijk grasland	JA	-geen info-
14	leemstreek	LEEM	Tijdelijk grasland	JA	-geen info-
15	kempen	ZAND	Tijdelijk grasland	JA	-geen info-

Tabel 8 : randinfo tijdelijk

KORRELMAÏS						
Nr perceel	Landbouwstreek	Bodemsoort	Hoofddeelt	Nateelt	Oogst	Bewerking
16	vlaamse-zandstreek	ZAND	Korrelmais	tijdelijk grasland	mais geoogst voor vijfde staalname	geen bodembewerking tijdens campagne
17	kempen	ZAND	Korrelmais	-	-geen info-	-geen info-
18	polders	KLEI	Korrelmais	-	mais geoogst voor vierde staalname	geploegd en wintertarwe ingezaaid voor vijfde staalname
19	zandleemstreek	ZANDLEEM	Korrelmais	-	mais geoogst voor derde staalname	geen bodembewerking tijdens campagne
20	leemstreek	LEEM	Korrelmais	-	-geen info-	-geen info-

Tabel 9 : randinfo korrelmais

SILOMAÏS								
Nr perceel	Landbouwstreek	Bodemsoort	Voortelt (VA)	Hoofddeelt (VA)	Nateelt (VA)	Oogst	Bewerking	Bijkomende info
21	vlaamse-zandstreek	ZAND	tijdelijk grasland	silomais	tijdelijk grasland	mais geoogst voor derde staalname	geen bodembewerking tijdens campagne	geen nateelt ingezaaid tijdens campagne
22	zandleemstreek	ZANDLEEM	-	silomais	tijdelijk grasland	mais geoogst voor tweede staalname	inzaai gras derde staalname	goede opkomst gras
23	leemstreek	LEEM	-	silomais	-	na staalnamperiode		voorheen gescheurde weide
24	polders	KLEI	-	silomais	-	mais geoogst voor eerste staalname	perceel geploegd voor tweede staalname, wintertarwe ingezaaid voor derde staalname	
25	kempen	ZAND	tijdelijk grasland	silomais	tijdelijk grasland	mais geoogst voor derde staalname	geëgd en gras ingezaaid voor vierde staalname, goede opkomst gras tegen laatste staalname	eerste staalname staalnemer niet op de hoogte van ligging kopakker

Tabel 10 : randinfo silomais

GRANEN								
Nr perceel	Landbouwstreek	Bodemsoort	Voortelt (VA)	Hoofdtelt (VA)	Nateelt (VA)	Nateelt effectief	Bewerking	Bijkomende info
26	zandleemstreek	ZANDLEEM	-	wintergerst	ander niet-vlinderbloemige groenbedekker	italiaans raaigras	gras gemaaid voor derde stalname	vanggewas ingezaaid na gerst
27	kempen	ZAND	-	zomertarwe	gele mosterd	gele mosterd + wintertarwe	gele mosterd ondergeploegd en wintertarwe ingezaaid voor vierde stalname	
28	leemstreek	LEEM	-	wintergerst	gele mosterd	-		geen vanggewas ingezaaid
29	vlaamse-zandstreek	ZAND	-	wintertarwe	gele mosterd	facelia	facelia ingezaaid kort voor eerste stalname	facelia aanwezig gedurende ganse periode
30	polders	KLEI	-	wintertarwe	tijdelijk grasland	gras		gras na oogst ingezaaid, snede gemaaid en afgevoerd voor derde stalname
31	polders	KLEI	-	wintertarwe	gele mosterd	gele mosterd	mengmest op stoppel en gele mosterd ingezaaid	slechte opkomst gele monsterd, niet goed ontwikkeld
32	zandleemstreek	ZANDLEEM	-	wintertarwe	gele mosterd	gele mosterd + wintertarwe	vanggewas geklepeld voor tweede stalname, geploegd en wintergraan ingezaaid voor vijfde stalname	

Tabel 11 : randinfo granen

GROENTEN								
Nr perceel	Landbouwstreek	Bodemsoort	Voorteelt (VA)	Hoofdtelt (VA)	Nateelt (VA)	Nateelt effectief	Bewerking	Bijkomende info
33	zandleemstreek	ZANDLEEM	-	Tuin- en veldbonen (andere dan droog geoogst) industriële verwerking	Facelia	facelia	facelia gezaaid eind augustus	
34	vlaamse-zandstreek	ZAND	-	Bloemkool vers gebruik	-		alle bloemkolen geoogst voor voor derde staalname, geploegd voor vierde staalname	gefractioneerde oogst
35	kempen	ZAND	-	Prei vers gebruik	-		oogst gestart voor derde staalname	gefractioneerde oogst
36	vlaamse-zandstreek	ZAND	-	Spinazie industriële verwerking	Stamslabonen industriële verwerking			spinazie mislukt en ondergeploegd, oogstresten bonen op het veld tijdens ganse staalnameperiode
37	zandleemstreek	ZANDLEEM	Spinazie vers gebruik	Spruitkool vers gebruik	-			spruiten geoogst na staalnameperiode
38	polders	KLEI	Andere alternatieve slasoorten industriële verwer	Radijs industriële verwerking	Veldsla industriële verwerking			radijzen in serres (?)
39	Geen gegevens	Geen gegevens	Geen gegevens	Geen gegevens	Geen gegevens	Geen gegevens	Geen gegevens	Geen gegevens

Tabel 12 : randinfo groenten

SUIKERBIETEN							
Nr perceel	Landbouwstreek	Bodemsoort	Voortelt (VA)	Nateel (VA)	Nateelt effctief	Bewerking	Bijkomende info
40	zandleemstreek	ZANDLEEM	suikerbieten	-	wintertarwe	geploegd en wintertarwe ingezaaid vlak voor derde staalname	bieten gerooid vlak voor eerste staalname, oogstresten niet ondergewerkt
41	zandleemstreek	ZANDLEEM	suikerbieten	-	wintergraan	voor zesde staalname bodem bewerkt en wintergraan ingezaaid	oogstresten bieten op het veld na rooi, niet ondergewerkt tot zaai wintergraan
42	leemstreek	LEEM	suikerbieten	-	wintertarwe	bietenbladeren ingewerkt voor tweede staalname, wintertarwe ingezaaid voor vierde staalname	bieten begin september gerooid, oogstresten op het veld tot onderwerken
43	leemstreek	LEEM	suikerbieten	-	wintertarwe	bieten geogst vlak voor eerste staalname, akker 'opgetrokken', akker bewerkt en wintertarwe ingezaaid voor derde staalname	opkomst wintertarwe voor zesde staalname

Tabel 13 : randinfo suikerbieten

WINTERTARWE								
Nr perceel	Landbouwstreek	Bodemsoort	Voortelt (VA)	Hoofdtelt (VA)	Nateelt (VA)	Nateelt effectief	Bewerking	Bijkomende info
44	leemstreek	LEEM	-	wintertarwe	andere vlinderbloemige groenbedekker	bladrammenas	geklepeld voor tweede staalname (bloei)	bladrammenas terug opgeschoten na klepelen en goed ontwikkeld
45	vlaamse-zandstreek	ZAND	-	wintertarwe	-	bladrammenas + wintertarwe	bladrammenas geklepeld en akker geploegd voor tweede staalname	wintertarwe ingezaaid voor derde staalname
46	polders	KLEI	-	wintertarwe	-	wintertarwe	perceel geploegd voor tweede staalname	wintertarwe ingezaaid voor derde staalname
47	zandleemstreek	ZANDLEEM	-	wintertarwe	-	gele mosterd		vanggewas aanwezig gedurende ganse staalnameperiode
48	vlaamse-zandstreek	ZAND	-	wintertarwe	tijdelijk grasland	gras	mengmest op stoppel en gras ingezaaid	gras gemaaid voor derde staalname
49	leemstreek	LEEM	-	wintertarwe	-	gele mosterd		goede ontwikkeling van het vanggewas vanaf vierde staalname door regen

Tabel 14 : randinfo wintertarwe

TRITICALE								
Nr perceel	Landbouwstreek	Bodemsoort	Voortelt (VA)	Hoofdtelt (VA)	Nateelt (VA)	Nateelt effectief	Bewerking	Bijkomende info
50	kempen	ZAND	-	triticale	-	italiaans raaigras	gras gemaaid en afgevoerd voor derde staalname	mengmest op stoppel en raaigras ingezaaid (ondiepe bodembewerking)

Tabel 15 : randinfo triticale

2.2.2. BESPREKING VAN DE TEMPORELE VARIATIE

Bij de interpretatie van de resultaten van dit onderzoek moet evenwel rekening gehouden worden met deze uit de vorige studie. Immers uit dubbel bemonsteren van een groot aantal percelen is gebleken dat het uitvoeren van twee bemonsteringen aanleiding kan geven tot relatieve verschillen die in het slechtste geval kunnen oplopen tot meer dan 100% in de gemeten nitraatconcentratie. Onder deze omstandigheden kan het detecteren van relatief kleinere variaties in de tijd sterk gecompromitteerd worden.

In eerste instantie werd de correlatie tussen de nitraatconcentratie en het aantal dagen verlopen na 1 oktober getest op statistische significantie, enkel die correlaties met een significantie groter dan 80% werden weerhouden voor verdere verwerking. Bij deze interpretatie werd maximaal één meetpunt weggelaten wanneer dit duidelijk een uitbijter was. Er werd enkel getest op aanwezigheid van een lineair verband. De percelen met een significante correlatie worden steeds weergegeven op groene achtergrond.

De resultaten van deze analyse staan, voor de verschillende teelten, samengevat in Tabel 166 t/m Tabel 235.

Bij percelen met een significantieniveau lager dan 80% wordt de relatieve standaardafwijking tussen de metingen gegeven. Voor percelen met een significante correlatie wordt de rest-rsd gegeven na verrekenen van het tijdsverband. Deze rest-rsd geeft een (voorzichtige) schatting van de spreiding die door de monsternamen veroorzaakt wordt wanneer ze steeds wordt uitgevoerd door eenzelfde staalnemer. Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat bij de verrekening van het tijdsverband enkel een lineaire functie gebruikt werd waardoor de resterende variatie op percelen met bvb een exponentieel verband wordt overschat.

AARDAPPELEN				
Nr perceel	Gemiddeld N-residu (kg NO ₃ -N/ha)	Significantie niveau (%)	RSD (%)	Opmerkingen - trend
1	86	> 99	9	Stijgend
2	77	< 80	24	
3	79	90	5	Stijgend
4	219	<80	16	
5	218	< 80	16	

Tabel 16 : correlatie tijd vs N-residu aardappelen

BLIJVEND GRASLAND				
Nr perceel	Gemiddeld N-residu (kg NO ₃ -N/ha)	Significantie niveau (%)	RSD (%)	Opmerkingen - trend
6	25	-	45	
7	22	85	11	Dalend
8	27	95	14	Stijgend
9	28	96	18	Stijgend
10	35	94	23	1 uitbijter - Stijgend

Tabel 17 : correlatie tijd vs N-residu blijvend grasland

TIJDELIJK GRASLAND				
Nr perceel	Gemiddeld N-residu (kg NO ₃ -N/ha)	Significantie niveau (%)	RSD (%)	Opmerkingen - trend
11	46	-	53	
12	12	98	11	Dalend
13	11	-	21	
14	16	-	25	1 uitbijter
15	77	88	18	Stijgend

Tabel 18 : correlatie tijd vs N-residu tijdelijk grasland

KORRELMAÏS				
Nr perceel	Gemiddeld N-residu (kg NO ₃ -N/ha)	Significantie niveau (%)	RSD (%)	Opmerkingen - trend
16	118	-	58	
17	37	-	29	
18	142	-	49	
19	128	-	43	
20	43	97	13	1 uitbijter - stijgend

Tabel 19 : correlatie tijd vs N-residu korrelmaïs

SILOMAÏS				
Nr perceel	Gemiddeld N-residu (kg NO ₃ -N/ha)	Significantie niveau (%)	RSD (%)	Opmerkingen - trend
21	100	-	21	
22	166	-	8	1 uitbijter
23	128	97	16	Stijgend
24	107	94	19	1 uitbijter - dalend
25	123	-	47	

Tabel 20 : correlatie tijd vs N-residu silomaïs

GRANEN				
Nr perceel	Gemiddeld N-residu (kg NO ₃ -N/ha)	Significantie niveau (%)	RSD (%)	Opmerkingen - trend
26	42	-	58	
27	18	-	23	
28	55	-	10	
29	46	-	17	
30	59	-	14	
31	217	-	13	
32	193	-	22	

Tabel 21 : correlatie tijd vs N-residu granen

GROENTEN				
Nr perceel	Gemiddeld N-residu (kg NO ₃ -N/ha)	Significantie niveau (%)	RSD (%)	Opmerkingen - trend
33	106	96	42	Tuin- en veldbonen - dalend
34	277	-	11	Bloemkool
35	143	-	24	Prei
36	239	> 99	8	Spruitkool - stijgend
37	79	> 99	29	Spinazie - dalend
38	838	-	14	Radijs
39	36	-	40	Erwten

Tabel 22 : correlatie tijd vs N-residu groenten

SUIKERBIETEN				
Nr perceel	Gemiddeld N-residu (kg NO ₃ -N/ha)	Significantie niveau (%)	RSD (%)	Opmerkingen - trend
40	58	>99	16	Stijgend
41	12	-	12	1 uitbijter
42	101	97	19	Stijgend
43	88	90	15	Stijgend

Tabel 23 : correlatie tijd vs N-residu suikerbieten

WINTERTARWE				
Nr perceel	Gemiddeld N-residu (kg NO3-N/ha)	Significantie niveau (%)	RSD (%)	Opmerkingen - trend
44	30	>99	17	Dalend
45	138	97	7	Stijgend
46	75	98	12	Stijgend
47	55	99	10	Dalend
48	44	-	9	
49	102	98	30	Dalend

Tabel 24 : correlatie tijd vs N-residu suikerbieten

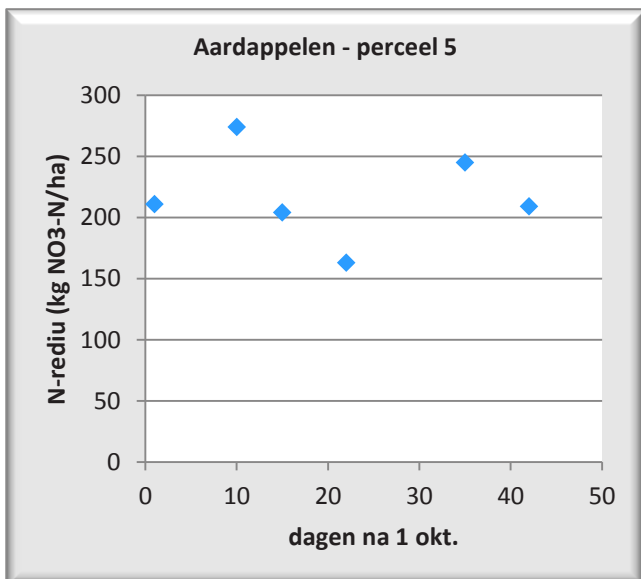
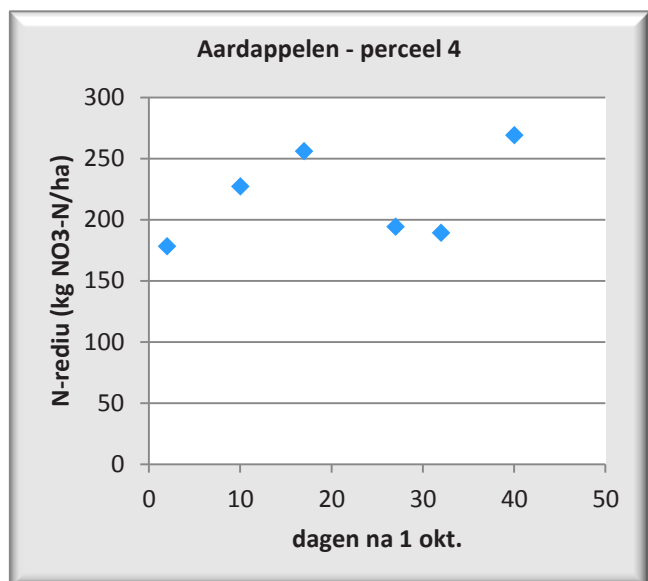
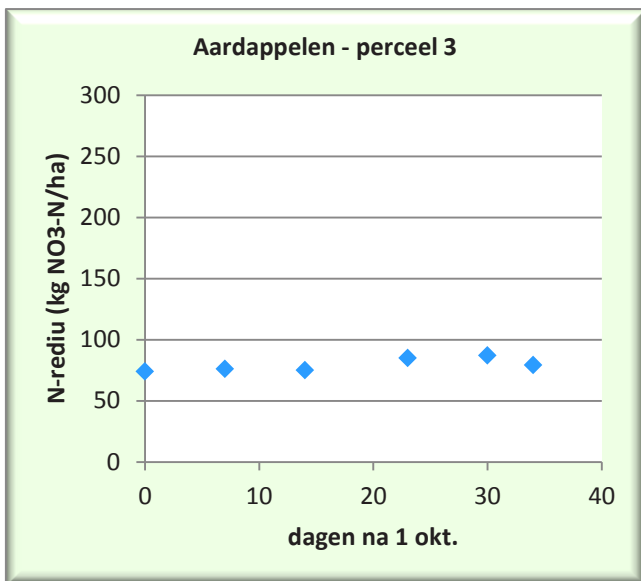
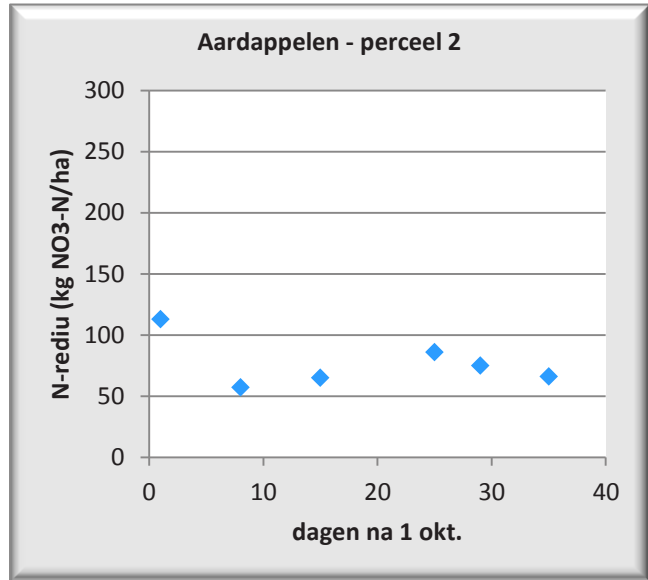
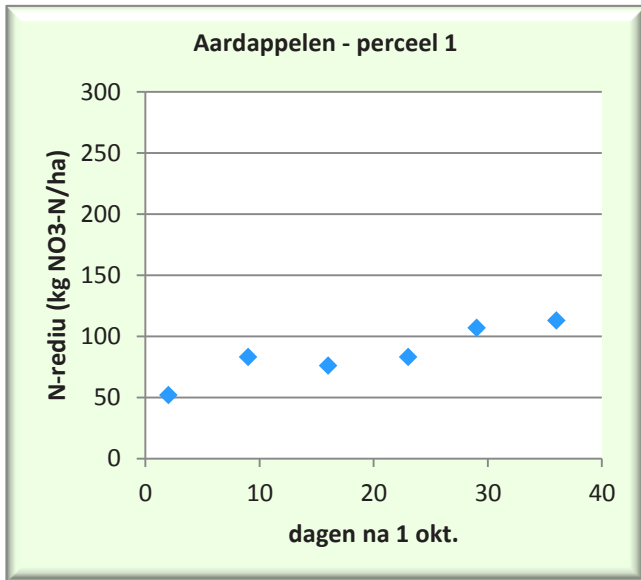
TRITICALE				
Nr perceel	Gemiddeld N-residu (kg NO3-N/ha)	Significantie niveau (%)	RSD (%)	Opmerkingen - trend
50	40	96	23	Dalend

Tabel 25 : correlatie tijd vs N-residu suikerbieten

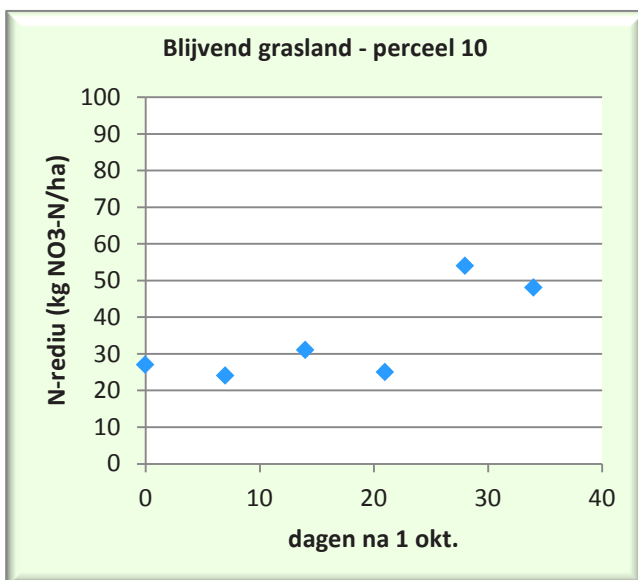
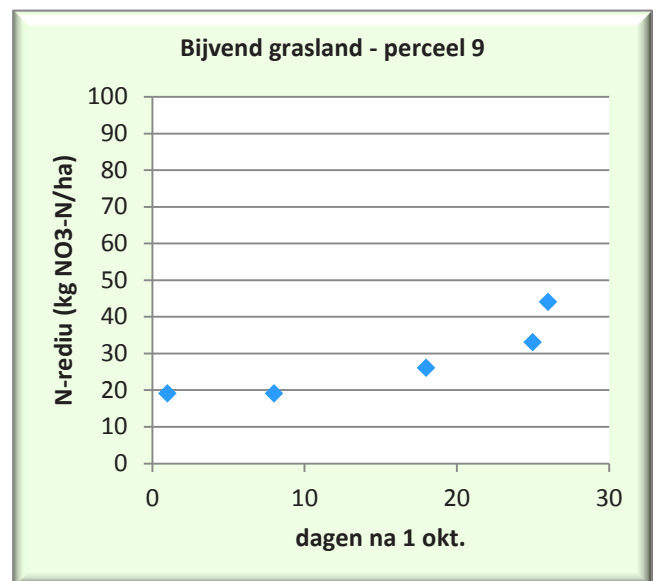
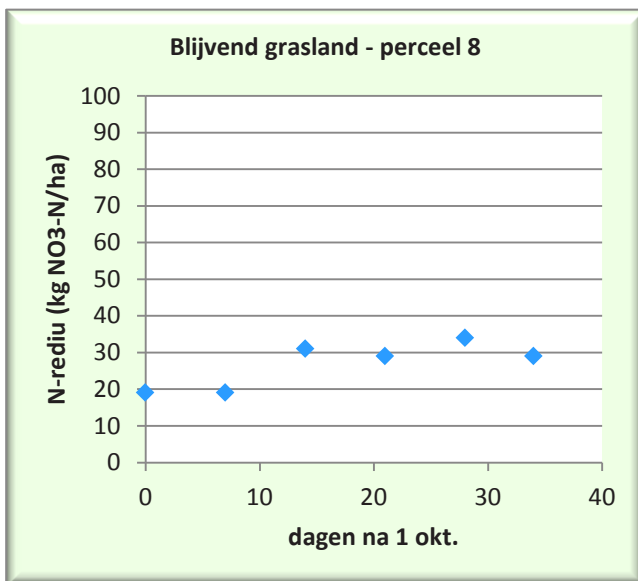
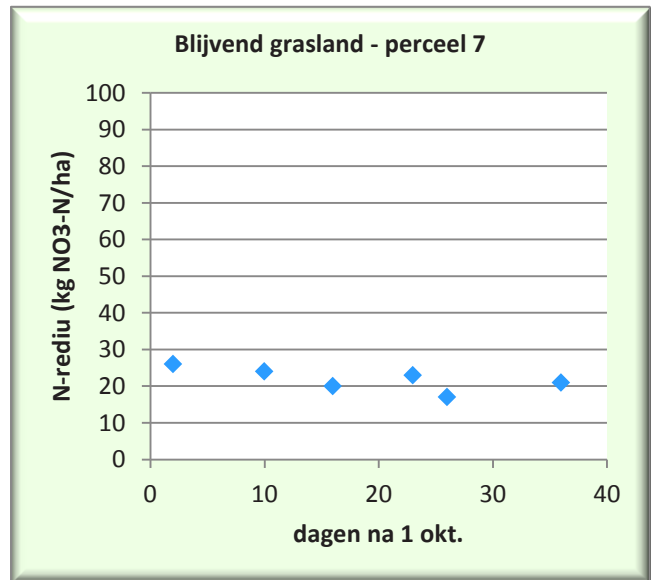
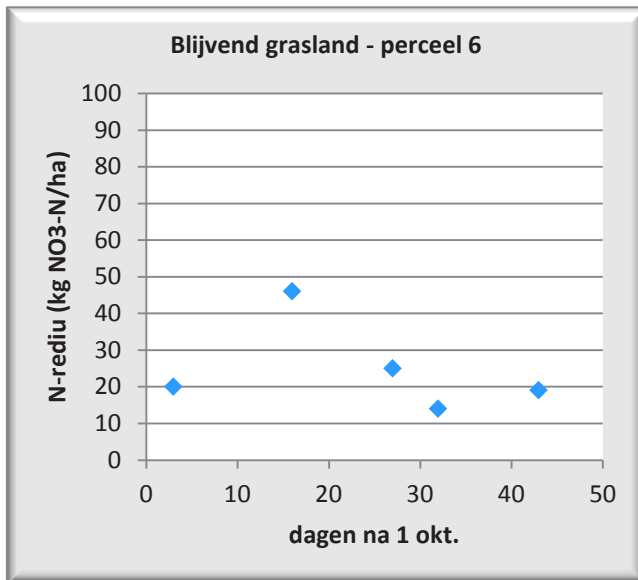
Op 23 van de 50 percelen kon een verloop van het nitraatresidu in functie van de tijd worden aangetoond. Het ontbreken van een significant verband op de resterende percelen kan twee oorzaken hebben: wanneer de RSD over alle bepalingen laag is, kan hieruit besloten worden dat er geen tijdsafhankelijkheid bestaat; bij hoge RSD-waarden echter is het nog steeds mogelijk dat de nitraatconcentratie wijzigt in functie van de tijd maar dat de grootte van deze veranderingen te klein zijn in vergelijking met de spreiding veroorzaakt door de bepaling (bemonstering). Wanneer we een grenswaarde voor “aanvaardbare” spreiding vastleggen op 20% RSD, de mediaan van alle verschillmetingen uit het eerste deel van deze studie, volgt hier uit dat van de 50 onderzochte percelen er 23 een duidelijk tijdsverband vertonen, er op 11 percelen geen invloed van de tijdsfactor kan worden verondersteld en dat op de resterende 16 percelen de variatie veroorzaakt door de bemonstering en analyse te groot is om een uitspraak te kunnen doen over een eventuele temporele afhankelijkheid van het stikstofresidu.

In Figuur 20 tot 30 worden de meetwaarden grafisch voorgesteld, datasets waarbij een significant tijdsverband werd vastgesteld, worden weergegeven op groene achtergrond.

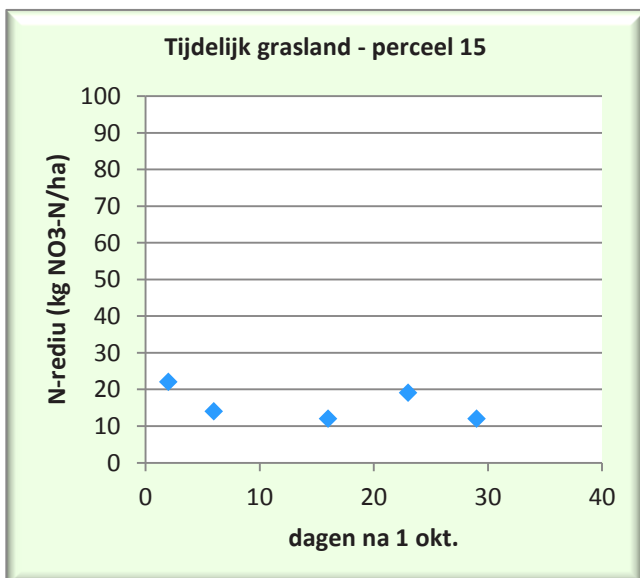
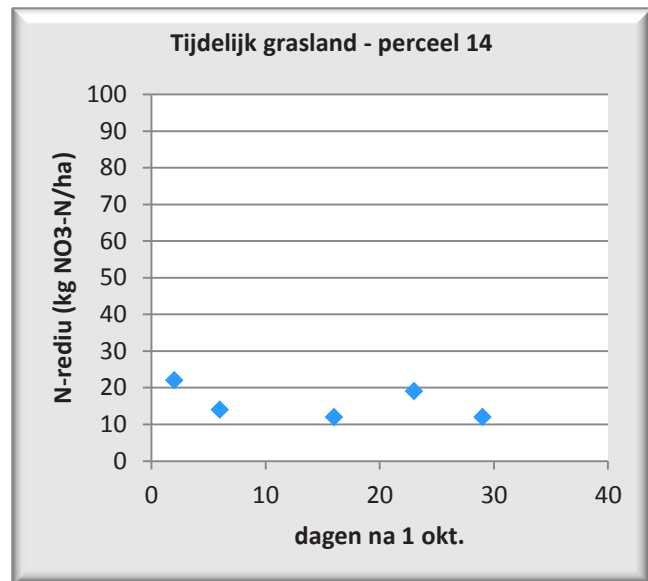
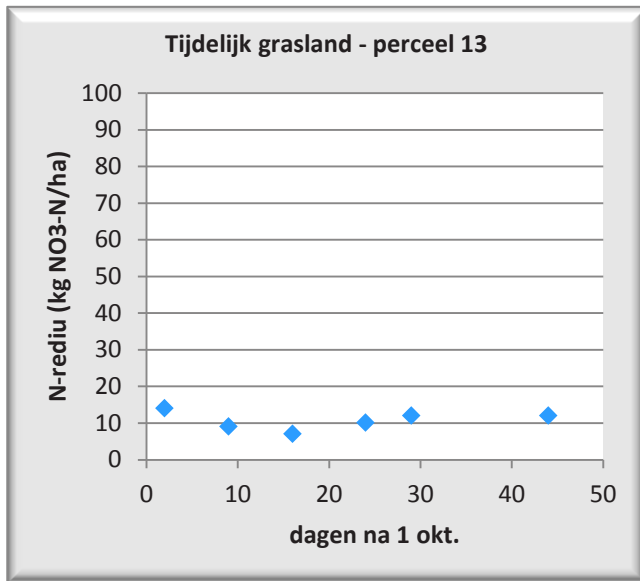
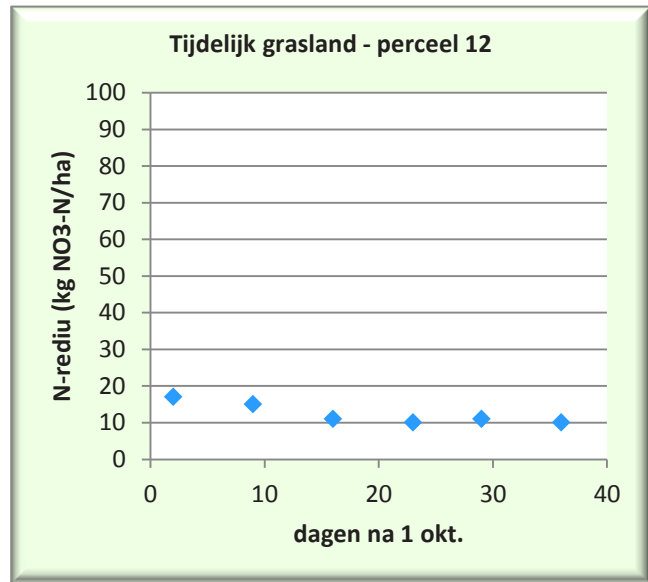
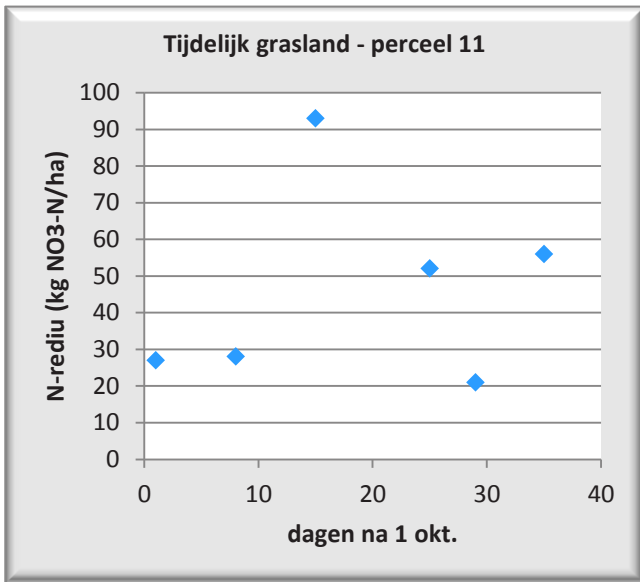
Het kan dan ook opmerkelijk lijken dat in het eerste deel van dit onderzoek een bijdrage van de temporele invloed niet kon weerhouden worden als een significante factor in de verschillen tussen twee bemonsteringen. De reden hiervoor ligt voor een deel in de grote variatie van de temporele invloed op het nitraatresidu, zowel voor wat betreft de aanwezigheid als de richting ervan. Verder was de kennis van de randvoorwaarden te beperkt om dit voldoende te kunnen inschatten, zo was de aanwezigheid van oogstresten op de percelen niet a priori gekend en was het niet duidelijk of de vermelding van een aanwezige teelt de originele dan wel een nateelt of vanggewas betrof.



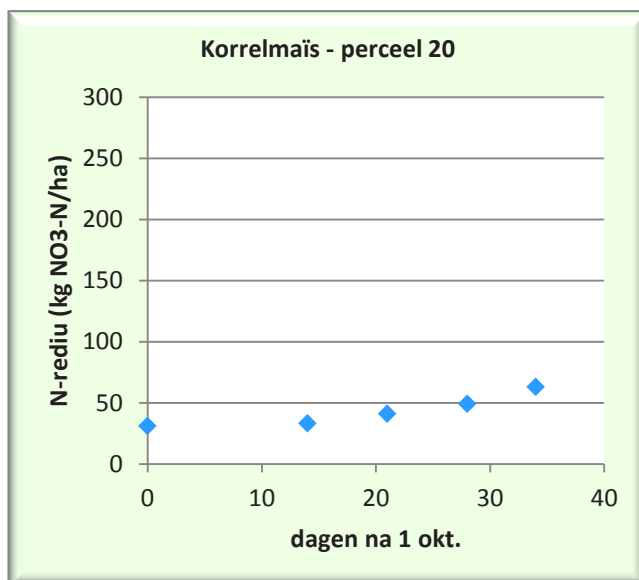
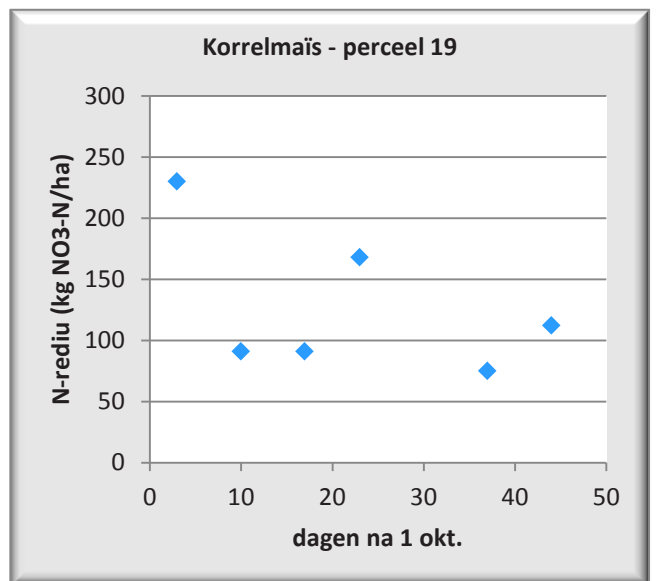
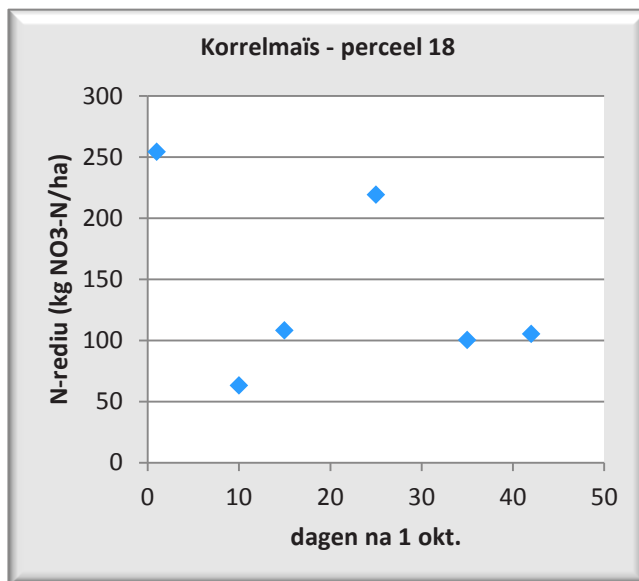
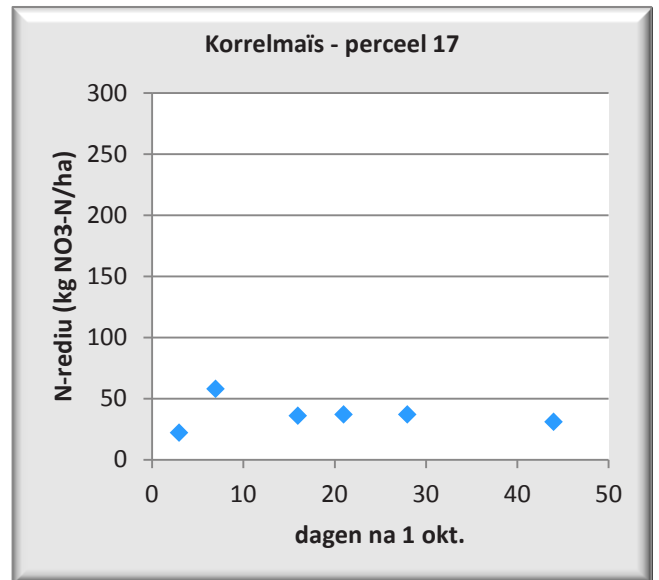
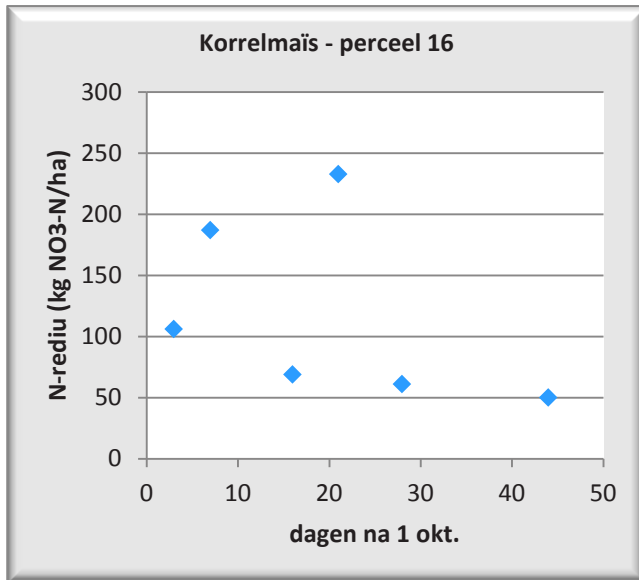
Figuur 19: percelen 1 t/m 5



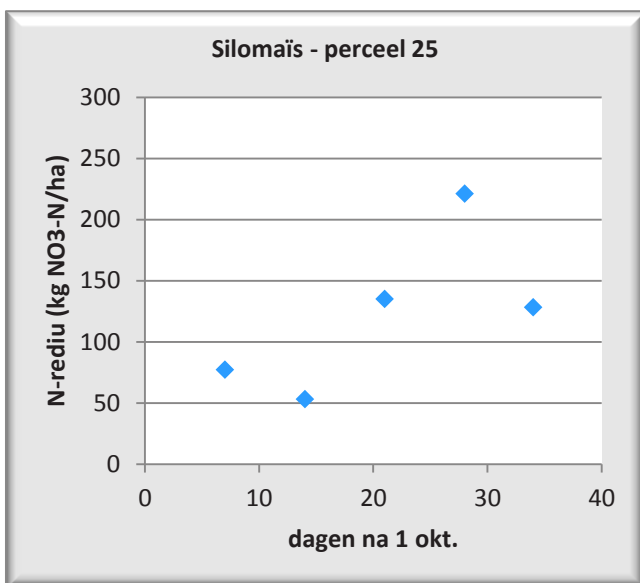
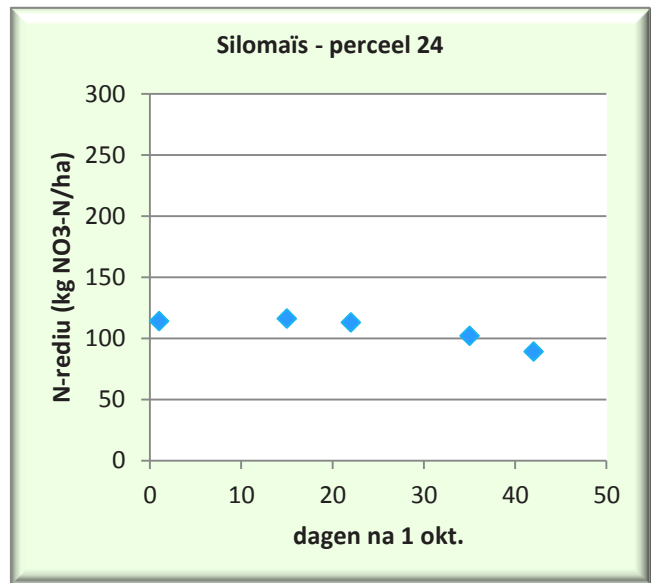
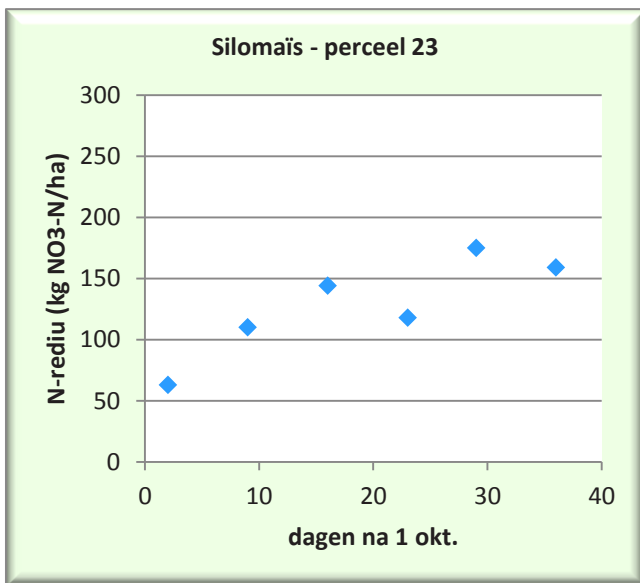
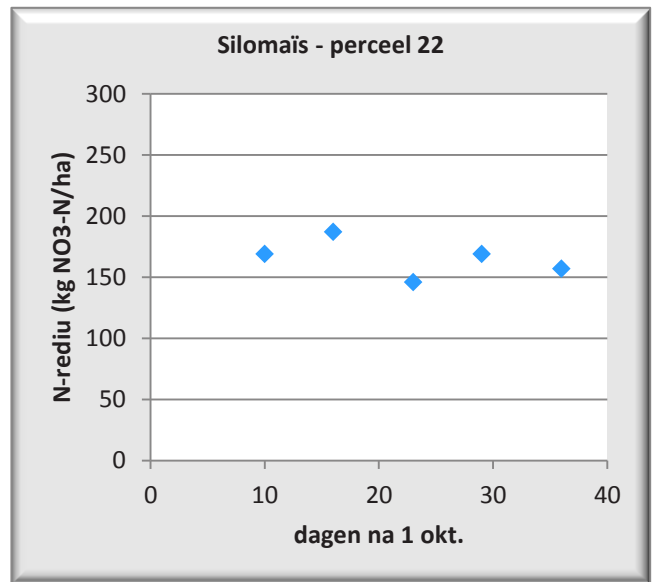
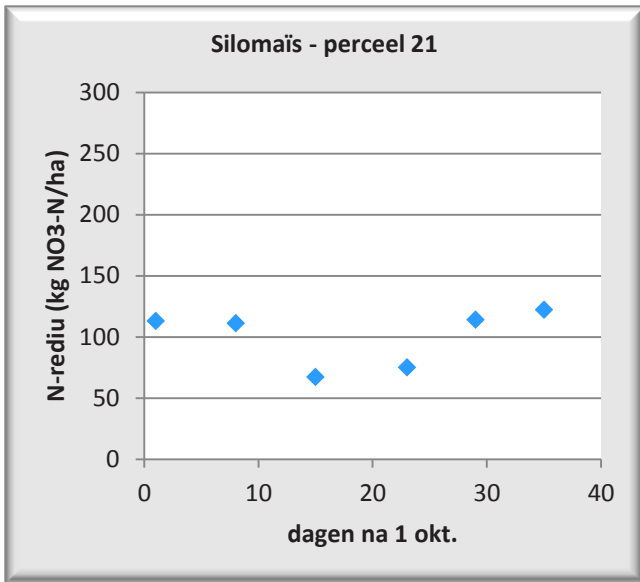
Figuur 20: percelen 6 t/m 10



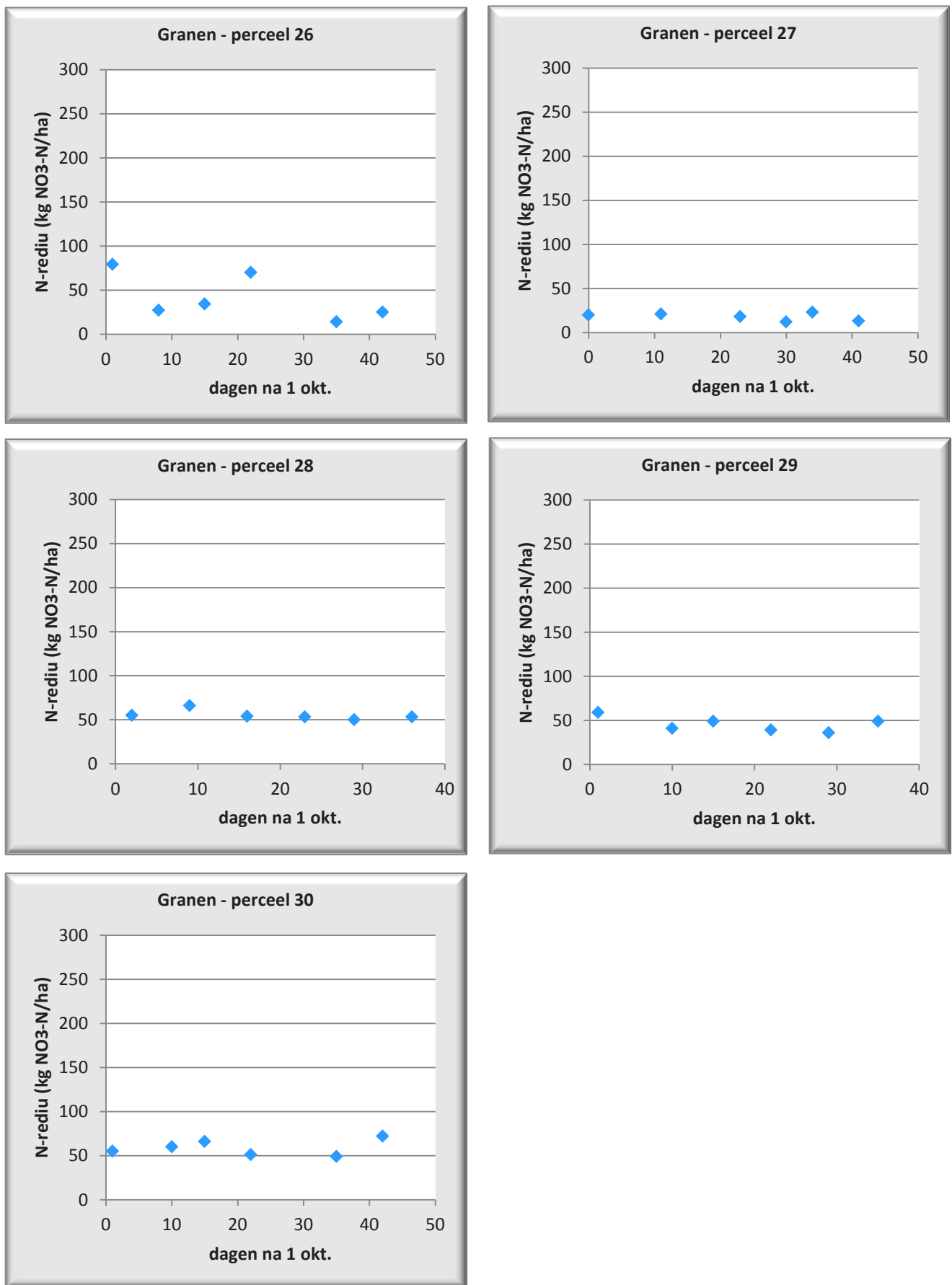
Figuur 21: data percelen 11 t/m 15



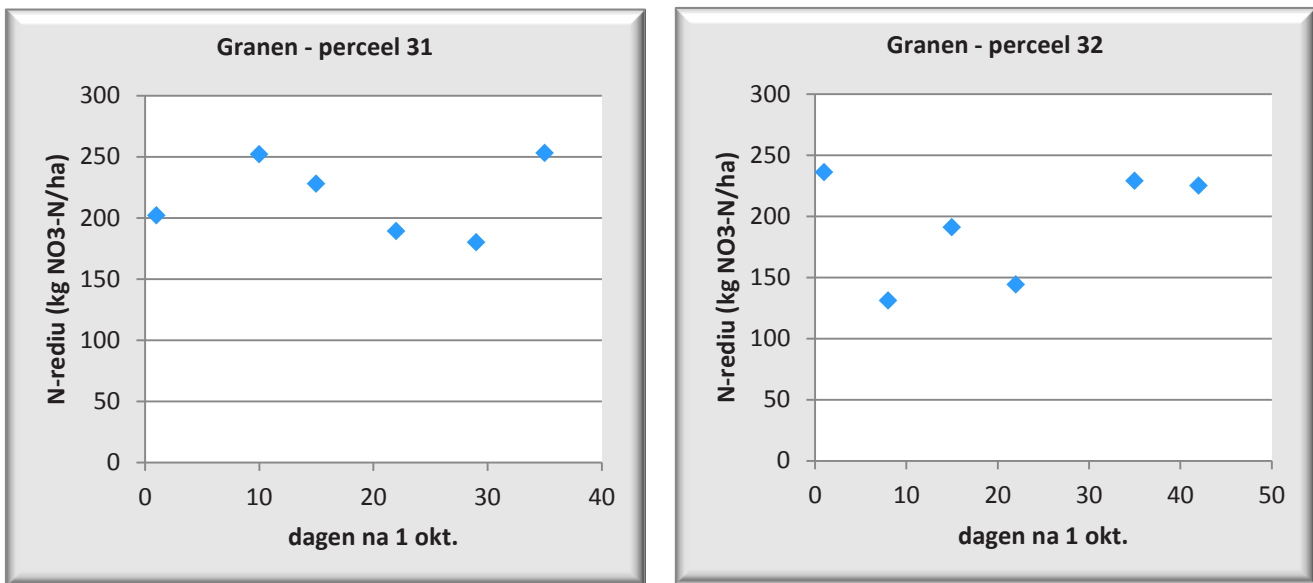
Figuur 22: data percelen 16 t/m 20



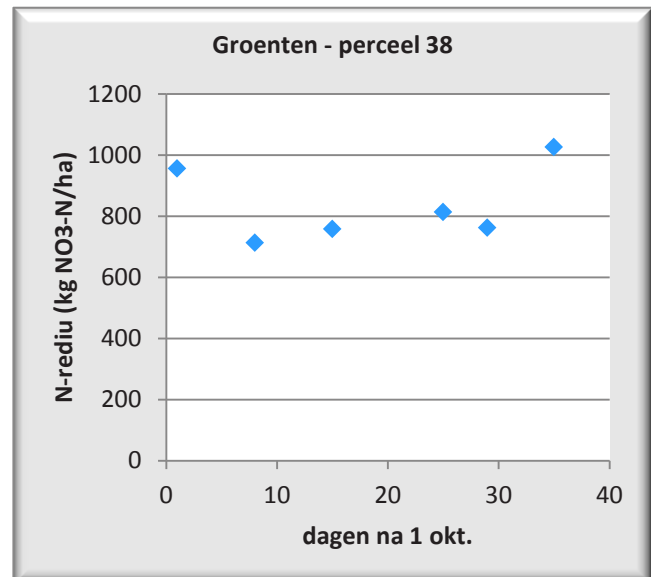
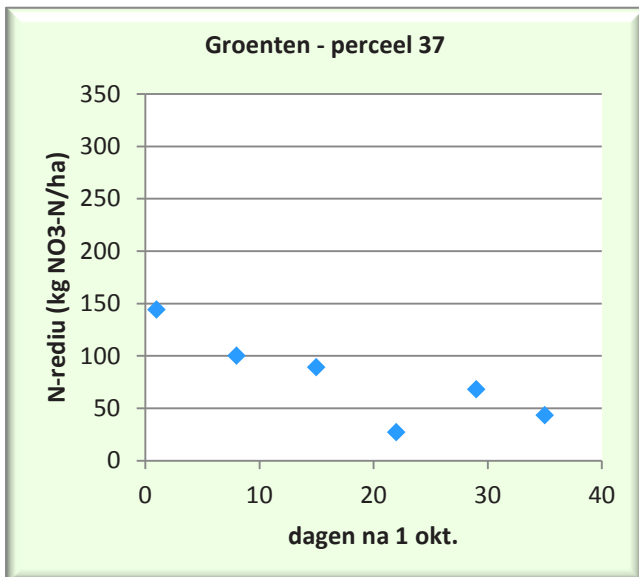
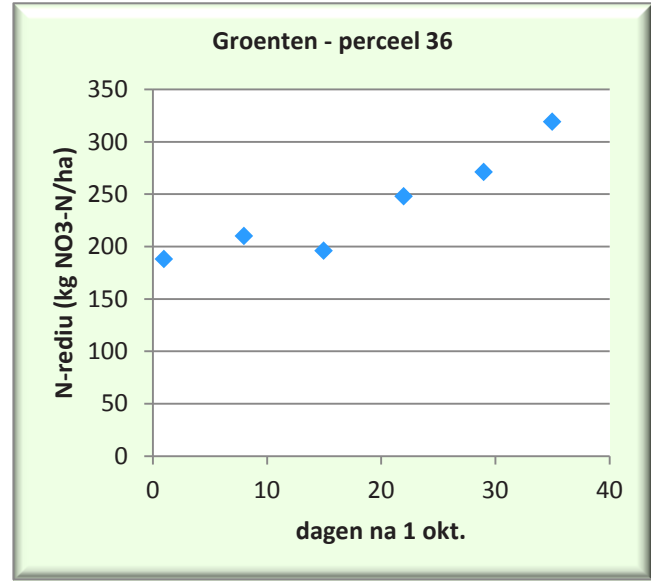
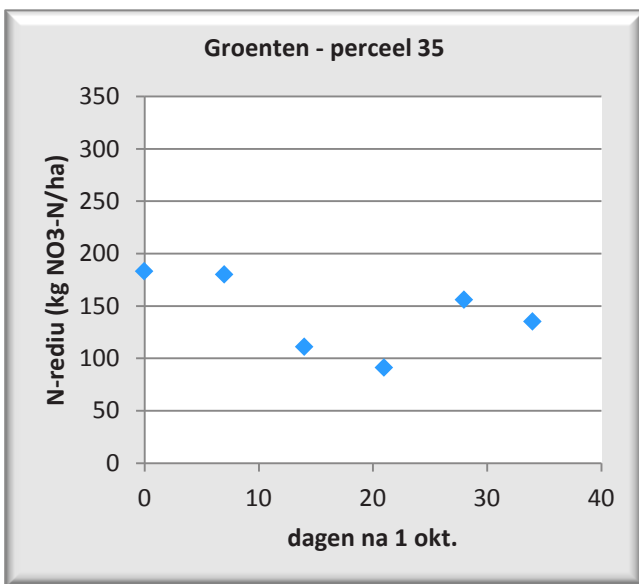
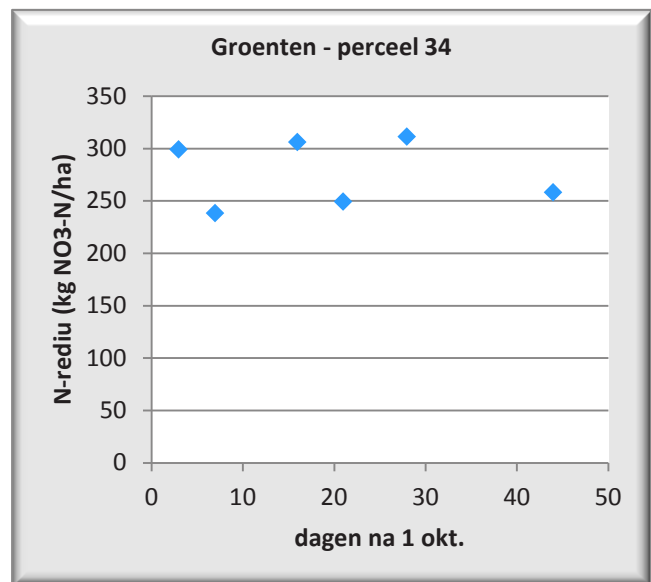
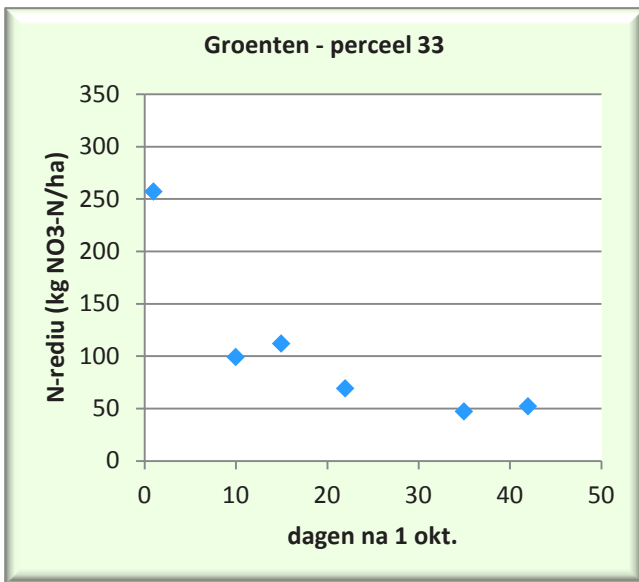
Figuur 23: data percelen 21 t/m 24



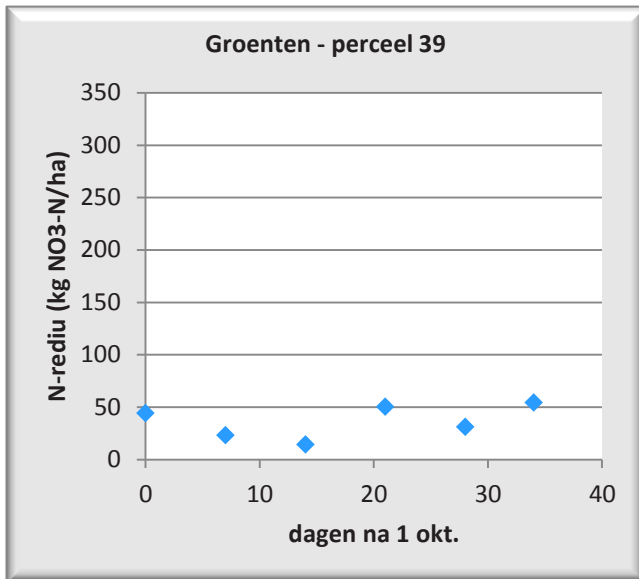
Figuur 24: data percelen 25 tot 30



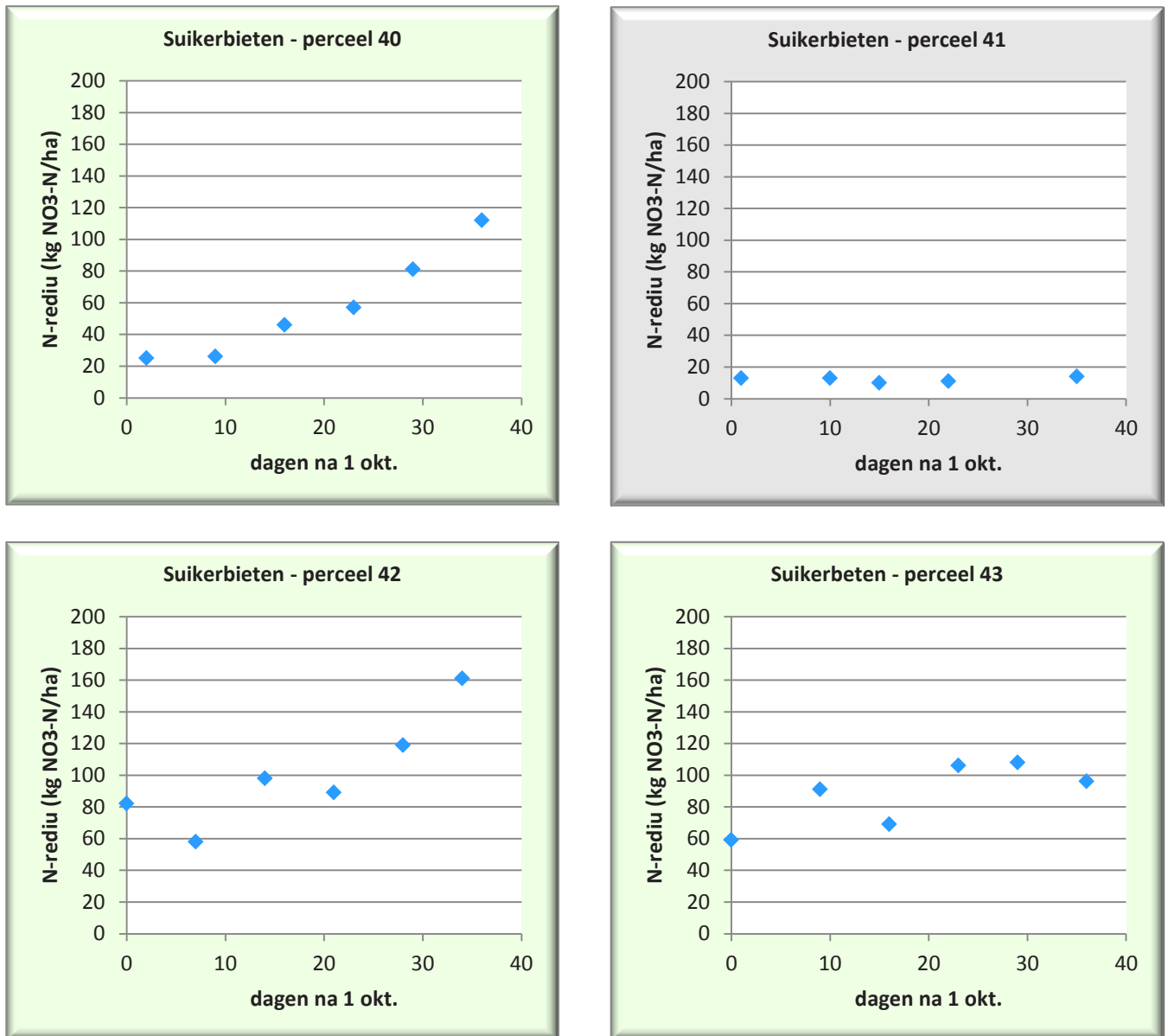
Figuur 25: data percelen 31 tot 32



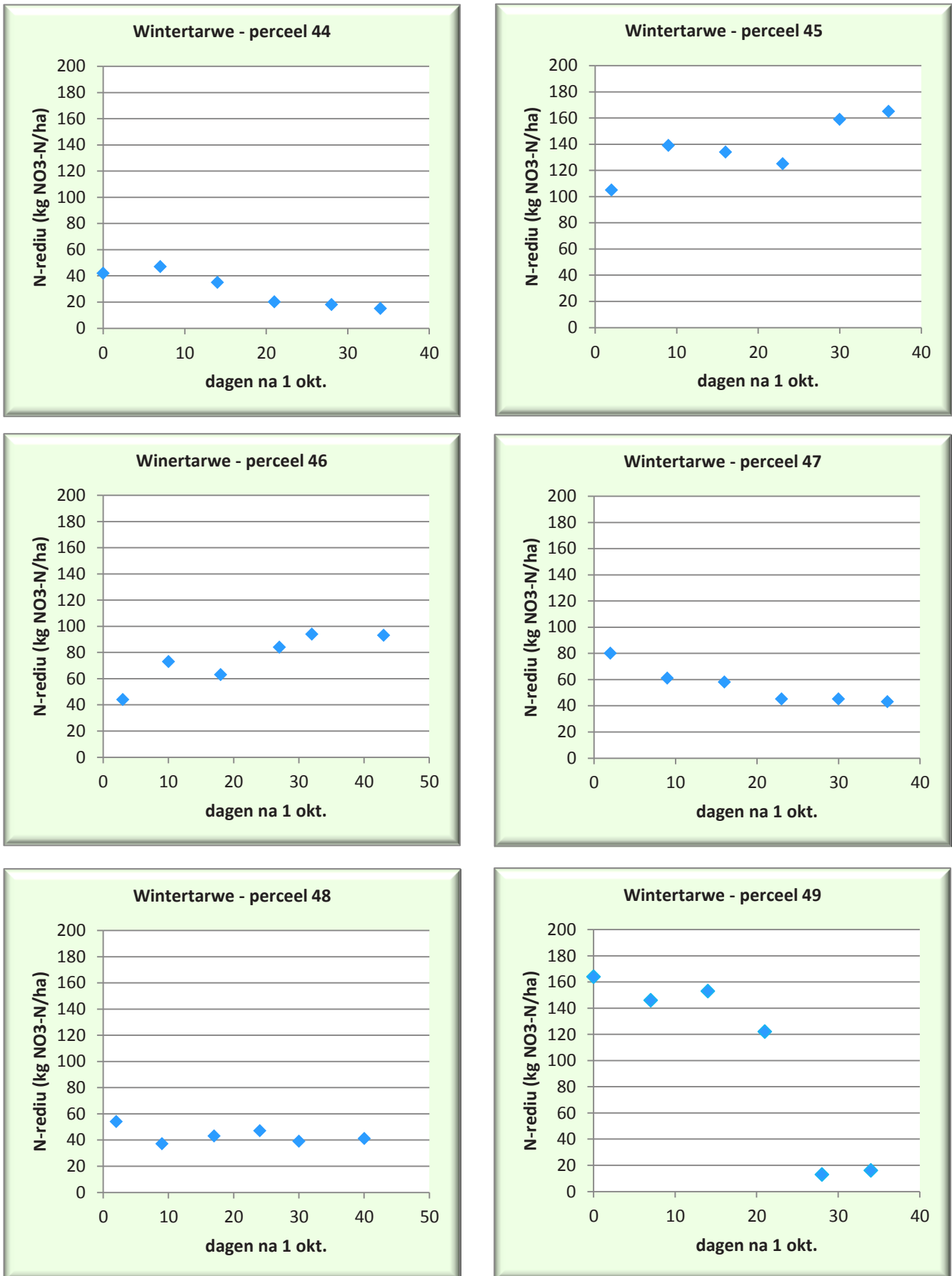
Figuur 26: data percelen 33 t/m 38

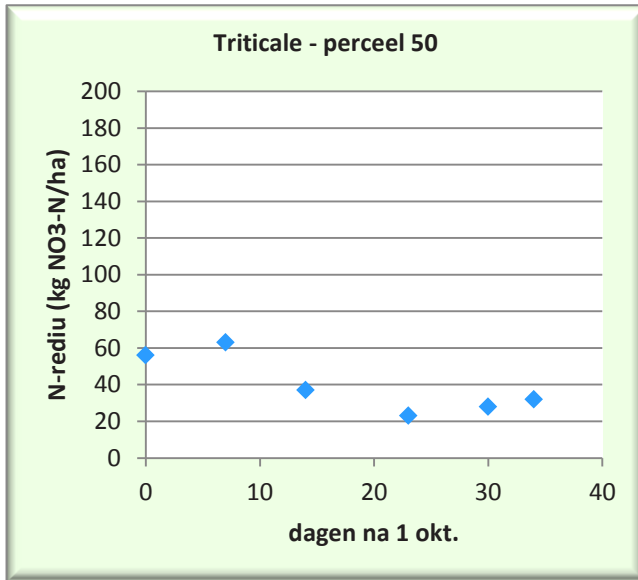


Figuur 27: data perceel 39



Figuur 28: data percelen 40 t/m 43





Figuur 30 : data perceel 50

HOOFDSTUK 3. BESLUIT

De precisie van de nitraatresidu metingen werd onderzocht door, binnen de vooropgestelde periode tussen 1 oktober en 15 november, 426 percelen te laten herbemonsteren en analyseren door een ander laboratorium dan dit verantwoordelijk voor de bemonstering en analyse in het kader van de Nitraatresiducampagne. Uit de resultaten blijkt dat in 60% van de gevallen de precisie van maximaal 40% verschil bereikt wordt zoals werd vooropgesteld in de N-(eco)² studie. In 40% van de gevallen is het verschil tussen beide metingen groter en kan oplopen tot meer dan 100% in nog 8% van de metingen.

Uit analyse van de volledige dataset kan besloten worden dat volgende factoren een belangrijke invloed hebben op de precisie van de meting:

- de grootte van het aanwezige nitraatresidu: hogere concentraties geven aanleiding tot grotere verschillen.
- het bemonsteringsprotocol
- de gewasgroep en aanwezigheid van een nateelt.

Al deze factoren zijn rechtstreeks verbonden met de veldvariabiliteit waaruit dan ook kan besloten worden dat het bemonsteringsprotocol in minstens vier op tien gevallen niet voldoende in staat is om de aanwezige variabiliteit te ondervangen. Dit is volledig in lijn met de bevindingen opgenomen in de N-eco² studie, waarin echter geen schatting kon worden gemaakt van het aandeel van dit type percelen, tzt percelen met een veldvariabiliteit groter dan 40%, in het areaal.

De mogelijke variatie van het aanwezige nitraatstikstofresidu in de loop van de bemonsteringsperiode, tussen 1 oktober en 15 november, werd nagegaan door 50 percelen zes maal te bemonsteren, verspreid over de volledige periode. Bij ongeveer vier op tien van de percelen kon een significante tijdscomponent weerhouden worden, bij een vijfde van de percelen was deze niet aanwezig. Voor de overige percelen kon geen uitspraak gedaan worden als gevolg van de grote variatie in de resultaten. Wanneer een tijdscomponent wordt waargenomen kan deze een grote invloed hebben op het nitraatgehalte en dit zowel in positieve als negatieve zin. De variatie binnen de vastgestelde tijdscomponenten was echter van die aard dat er geen conclusies kunnen worden getrokken voor wat betreft de verschillende gewasgroepen.

LITERATUURLIJST

- N-(eco)2 – Bepaling van de hoeveelheid minerale stikstof in de bodem als beleidsinstrument - Eindrapport deel 3: Bemonstering en controle.

BEGRIPPENLIJST

Boxplot (box-and-whisker plot)

Een boxplot is een grafische voorstelling van een verdeling van datapunten op basis van volgende getallen:

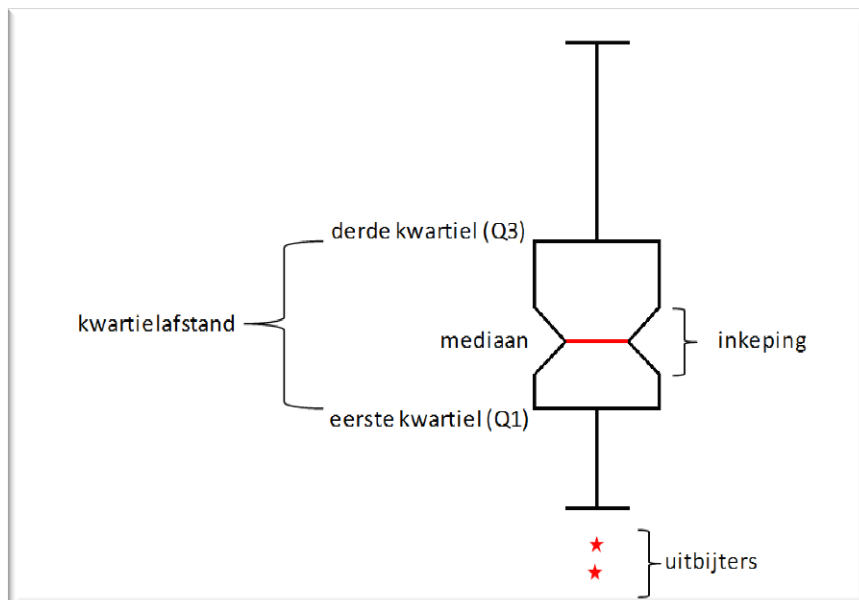
- de mediaan
- het eerste kwartiel (Q1): dit is de of de grenswaarde waarbinnen zich vanaf de mediaan naar onder toe 25% van de datapunten bevinden
- het derde kwartiel (Q3) of de grenswaarde waarbinnen zich vanaf de mediaan naar boven toe 25% van de datapunten bevinden
- de kwartielf afstand: de afstand tussen het eerste kwartiel en het derde kwartiel

De box wordt gevormd rond de mediaan tussen het eerste en het derde kwartiel. De helft van de datapunten bevinden zich binnen deze box.

De inkeping in de box is een maat om twee populaties te vergelijken, indien een de mediaan van een tweede set van resultaten binnen de inkepingen van de eerste valt kan met 95% zekerheid gezegd worden dat beide medianen identiek zijn.

Op de box worden antennes (whiskers) gezet die zich uitstrekken tot het datapunt het verst verwijderd van de mediaan dat zich nog op een afstand van minder 1,5 maal kwartielf afstand van de mediaan bevindt.

Punten die zich buiten de antennes bevinden worden beschouwd als uitbijters.



Figuur 31: box-and-whisker plot

precisie en confidentie interval

De precisie is de mate waarin herhaalde metingen eenzelfde resultaat zullen vertonen. Hoe groter de precisie hoe kleiner de toevallige fouten die optreden bij de meting en dus hoe dichter herhaalde metingen bij elkaar zullen liggen. Een precisie van 20% wil met andere woorden zeggen dat een enkele meting maximaal 20% zal afwijken van het gemiddelde van alle metingen. Aangezien de te verwachten afwijkingen zich aan beide zijden van het gemiddelde kunnen bevinden wil dit dan ook zeggen dat, bij een precisie van 20%, twee metingen tot 40% van elkaar kunnen verschillen.

De term “precisie” zoals gebruikt in dit rapport is niet gelijk aan de term “meetonzekerheid”. De meetonzekerheid is een maat voor de maximaal te verwachten afwijking van een enkele meting tov de werkelijke waarde. Ze omvat, naast de variabiliteit veroorzaakt door toevallige fouten, ook een maat voor de bias, een vaste afwijking veroorzaakt door de meetmethodiek. Aangezien bij de bepaling van het nitraatresidu de werkelijke waarde niet eenduidig gekend is kan de meetonzekerheid dan ook niet berekend worden.

Bij het berekenen van de precisie van de metingen uit de statistische gegevens van de dataset moet een betrouwbaarheidsinterval gekozen worden. Het betrouwbaarheidsinterval is een maat voor de betrouwbaarheid van de berekende parameter of, anders, een maat voor de fractie van de metingen waarvoor we mogen verwachten dat ze niet zullen voldoen aan de vooropgestelde precisie. Wanneer een precisie van 20% berekend wordt bij een betrouwbaarheidsinterval van 95% wil dit dus zeggen dat 5% van de metingen niet zal voldoen aan de berekende precisie. Eén op 20 meting zal met andere woorden een afwijking vertonen die groter is dan vooropgestelde precisie.

De keuze van het betrouwbaarheidsinterval heeft een grote invloed op het resultaat van de statistische verwerking. Immers, hoe strengere eisen er gesteld worden aan de betrouwbaarheid van de resultaten, hoe groter het interval zal zijn waarbinnen een geschatte parameter zal liggen. In § 2.4.1 bijvoorbeeld wordt voor Maïs een precisie van 50% vermeld bij een betrouwbaarheid van 95%. Wanneer we genoeg zouden nemen met een betrouwbaarheid van 90% wordt de precisie 42%, bij een betrouwbaarheid van 99% wordt ze 66%. Hierbij moet dan wel rekening gehouden worden met het feit dat in het eerste geval 1/10 metingen kan verwacht worden een grotere afwijking te vertonen terwijl dat dit in het tweede geval slechts 1/100 metingen zal zijn.

In dit rapport werd standaard gerekend met een confidentie interval van 95% omdat dit interval i) gebruikt werd in de N-(eco)2 studie en de resultaten dan rechtstreeks vergeleken kunnen worden en ii) ook gebruikt wordt bij de ringtesten die georganiseerd worden in het kader van de kwaliteitscontrole die door VITO wordt uitgevoerd op de erkende laboratoria.