

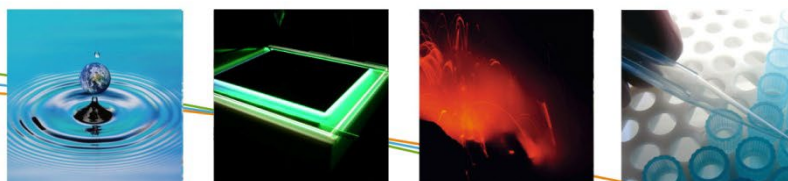
Eindrapport

# Bemonstering van beteelde maïsercelen voor de bepaling van nitraatresidu

C. Vanhoof, A. Cluyts, J. De Wit, E. Poelmans, W. Wouters en K. Tirez

Studie uitgevoerd in opdracht van VLM:  
2013/SCT/R/39

Februari 2013



**VITO NV**

Boeretang 200 - 2400 MOL - BELGIE  
Tel. + 32 14 33 55 11 - Fax + 32 14 33 55 99  
vito@vito.be - www.vito.be

BTW BE-0244.195.916 RPR (Turnhout)  
Bank 375-1117354-90 ING  
BE34 3751 1173 5490 - BBRUBEBB

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

## SAMENVATTING

Voor de bemonstering van percelen voor de bepaling van het nitraatresidugehalte in het kader van het Mestdecreet zijn de methoden beschreven in het BAM compendium (Bemonsterings- en analysemethodes voor mest, bodem en veevoeder in het kader van het Mestdecreet<sup>1</sup>). In de compendiummethode BAM/deel/01 *Bemonstering* wordt voorgeschreven om per perceel (< 2 ha) en per bodemlaag een mengmonster aan te maken van 15 boorsteken genomen in kruisverband. De bemonsteringstrategie (kruisverband) is in praktijk moeilijk uitvoerbaar op percelen waarop nog specifieke teelten aanwezig zijn (bv. maïs, fruit).

In deze studie werd geëvalueerd hoe maïspercelen op een meer praktische wijze kunnen worden bemonsterd met behoud van het nemen van 15 boorsteken. Hiervoor werden 5 maïsvelden bemonsterd volgens verschillende methodieken:

1. Bemonstering in kruisverband (15 steken) – duplo bemonstering
2. Bemonstering in lusvorm (5 steken in 3 rijen, totaal 15 steken) – duplo bemonstering.

Het gehalte aan nitraat kan verschillend zijn tussen de plantenrijen en in de plantenrijen. Om deze invloed van het nitraatgehalte op de bemonsteringswijze tot een minimum te beperken, werden voor deze studie bij zowel de kruis- als de rijbemonstering de boorsteken steeds tussen de plantrijen genomen.

Om een beeld te krijgen van de korte afstandsvariabiliteit van de bemonsterde velden, werden aanvullend per veld op 2 willekeurige posities bemonsteringen uitgevoerd dwars op de plantrichting over een afstand van 1 meter (omvat de afstand tussen 2 plantenrijen), waarbij om de 10 cm een monster werd gecollecteerd en afzonderlijk bewaard en geanalyseerd.

Gezien de grootste variabiliteit in nitraat gehalte wordt vastgesteld in bodemlaag 0-30 cm, werd geopteerd om de bemonsteringsstrategie enkel te evalueren op bodemlaag 0-30 cm.

Uit de resultaten van deze studie kunnen volgende bevindingen geformuleerd worden:

- Uit de data van de dwarsbemonsteringen komt naar voren dat de korte afstandsvariabiliteit voor alle velden hoog is en varieert tussen  $\pm 30\%$  en  $50\%$  (1 sigma). Het nitraatgehalte heeft meestal de hoogste waarde in het midden tussen 2 plantenrijen en daalt naar de maïsplant toe. Bij de bemonstering is het noodzakelijk om rekening te houden met deze korte afstandsvariabiliteit, ongeacht of kruis- of rijbemonstering wordt toegepast.
- Bij vergelijking van het nitraat gehalte bekomen met de kruisbemonsteringswijze en met de rijbemonsteringswijze wordt op basis van de bekomen (beperkte) dataset geen significant verschil bekomen tussen beide methoden. Echter de bekomen resultaten zijn veld afhankelijk en de evaluatie wordt beïnvloed door de heterogeniteit van het veld.
- Uit deze resultaten kan afgeleid worden dat de uitgebreide meetonzekerheid op de totale meting vergelijkbaar is bij toepassing van de kruisbemonstering en de rijbemonstering ( $U_{\text{Totale meting}} = 30 \text{ à } 40\%$ , 95% betrouwbaarheidsinterval).

Hierbij dient opgemerkt te worden dat de bijdrage van de korte afstandsvariabiliteit (bewust) werd geminimaliseerd door enkel monsters te nemen tussen de plantenrijen (geen combinatie van tussen en in de plantenrijen). In praktijk wordt de totale meetonzekerheid beïnvloed door een combinatie van de korte afstands- (< 1 m) en de lange afstandsvariabiliteit (veld).

## INHOUD

<b>Samenvatting</b>	<b>I</b>
<b>Inhoud</b>	<b>II</b>
<b>Lijst van tabellen</b>	<b>III</b>
<b>Lijst van figuren</b>	<b>IV</b>
<b>HOOFDSTUK 1. Inleiding</b>	<b>1</b>
<b>HOOFDSTUK 2. Bemonstering van maïspcelen</b>	<b>3</b>
2.1. <i>Bemonsteringslokaties en –methodieken van de maïspcelen</i>	3
2.2. <i>Analysemethode</i>	5
2.3. <i>Resultaten</i>	5
2.3.1. Resultaten van de dwarsbemonstering	5
2.3.2. Vergelijking kruis- en rijbemonstering	8
2.3.3. Evaluatie kruis- en rijbemonstering volgens replicate design met double split	9
<b>HOOFDSTUK 3. Besluit</b>	<b>12</b>
<b>Literatuurlijst</b>	<b>15</b>

---

**LIJST VAN TABELLEN**

Tabel 1 Korte afstandsvariabiliteit (% $CV_R$ ) per bemonsteringsprofiel en per veld	7
Tabel 2 Analyseresultaten en ANOVA berekening bekomen bij kruisbemonstering	10
Tabel 3 Analyseresultaten en ANOVA berekening bekomen bij rijbemonstering	10
Tabel 4 Ruwe data van de diverse bemonsteringen	13

## LIJST VAN FIGUREN

Figuur 1 Weergave van dwarsbemonstering op punt 4 (links) en punt 8 (rechts) in Wolvertem	4
Figuur 2 Dwarsbemonsteringen van zandleem veld in Wolvertem	6
Figuur 3 Dwarsbemonsteringen van zandleem veld in Wemmel	6
Figuur 4 Dwarsbemonsteringen van zand veld in Herenthout	6
Figuur 5 Dwarsbemonsteringen van klei veld in Koksijde	7
Figuur 6 Dwarsbemonsteringen van zandleem veld in Herent	7
Figuur 7 Bland Altman plot van het absoluut verschil t.o.v. het gemiddelde voor de bepaling van $\text{NO}_3\text{-N}$ na kruis- en rijbemonstering	8
Figuur 8 Schematische weergave 'double split design'	9
Figuur 9 Duplo analyseresultaten van de kruis- en rijbemonstering	11

## HOOFDSTUK 1. INLEIDING

---

Voor de bemonstering van percelen voor de bepaling van het nitraatresidugehalte in het kader van het Mestdecreet zijn de methoden beschreven in het BAM compendium (Bemonsterings- en analysemethoden voor mest, bodem en veevoeder in het kader van het Mestdecreet<sup>2</sup>). In de compendiummethode BAM/deel/01 *Bemonstering* wordt voorgeschreven om per perceel (< 2 ha) en per bodemlaag een mengmonster aan te maken van 15 boorsteken genomen in kruisverband. Deze methodiek is gebaseerd op onderzoek uitgevoerd op akkerland (breedwerpige bemesting) en weiland (studie N-(eco)<sup>2</sup>)<sup>3</sup>. Voor de bodemlaag 0-30 cm wordt gebruik gemaakt van een boor met binnendiameter 20 mm en voor de bodemlagen 30-60 cm en 60-90 cm wordt gebruik gemaakt van een boor met binnendiameter 13 mm.<sup>4</sup>

De bemonsteringstrategie (kruisverband) is in praktijk moeilijk uitvoerbaar op percelen waarop nog specifieke teelten aanwezig zijn (bv. maïs, fruit). Er moet hier bijzondere aandacht gaan naar de representatieve boring. Momenteel is in het BAM opgenomen dat voor beteelde percelen een evenredig aantal boringen uitgevoerd moet worden zowel tussen de plantrijen als in de plantrijen. Er moet op toegezien worden dat alleen bodem meegenomen wordt en geen gewas. Bij fruitplantages moet de helft van de deelmonsters worden genomen in de groene strook en de andere helft in de zwarte strook.

In deze studie werd geëvalueerd hoe maïspancelen op een meer praktische wijze kunnen worden bemonsterd met behoud van het nemen van 15 boorsteken. Hiervoor werden 5 maïsvelden bemonsterd volgens verschillende methodieken:

1. Bemonstering in kruisverband (15 steken) – duplo bemonstering
2. Bemonstering in lusvorm (5 steken in 3 rijen, totaal 15 steken) – duplo bemonstering.

Het gehalte aan nitraat kan verschillend zijn tussen de plantenrijen en in de plantenrijen. Om deze invloed van het nitraatgehalte op de bemonsteringswijze tot een minimum te beperken, werden voor deze studie bij zowel de kruis- als de rijbemonstering de boorsteken steeds tussen de plantrijen genomen.

Om een beeld te krijgen van de korte afstandsvariabiliteit van de bemonsterde velden werden aanvullend per veld op 2 willekeurige posities bemonsteringen uitgevoerd dwars op de plantrichting over een afstand van 1 meter (omvat de afstand tussen 2 plantenrijen), waarbij om de 10 cm een monster werd geïncolteerd en afzonderlijk bewaard en geanalyseerd.

Gezien de grootste variabiliteit in nitraat gehalte wordt vastgesteld in bodemlaag 0-30 cm, werd geopteerd om de bemonsteringsstrategie enkel te evalueren op bodemlaag 0-30 cm.





## HOOFDSTUK 2. BEMONSTERING VAN MAÏSPCELEN

### 2.1. BEMONSTERINGSLOKATIES EN –METHODIEKEN VAN DE MAÏSPCELEN

Op 5 verschillende maïspcelen werden bemonsteringen uitgevoerd op de bodemlaag 0-30 cm. Voor de selectie van de lokaties werden verschillende bodemtexturen weerhouden. De bemonstering van de bodemlaag 0-30 cm werd uitgevoerd met een boor met binnendiameter van 20 mm. De bemonstering werd door een VITO monsternemer uitgevoerd.

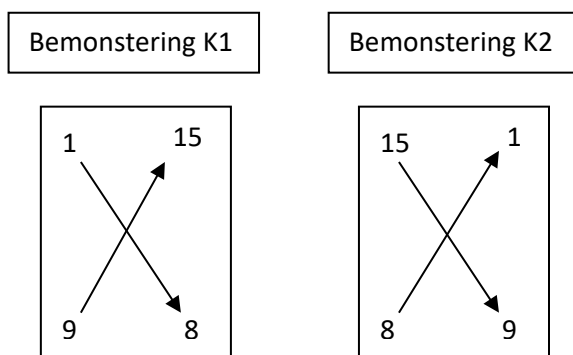
Op volgende lokaties werden bodemmonsters gecollecteerd:

- Wolvertem: zandleem
- Wemmel: zandleem
- Koksijde: polders (klei)
- Herent: zandleem
- Herenthout: Kempen (zand)

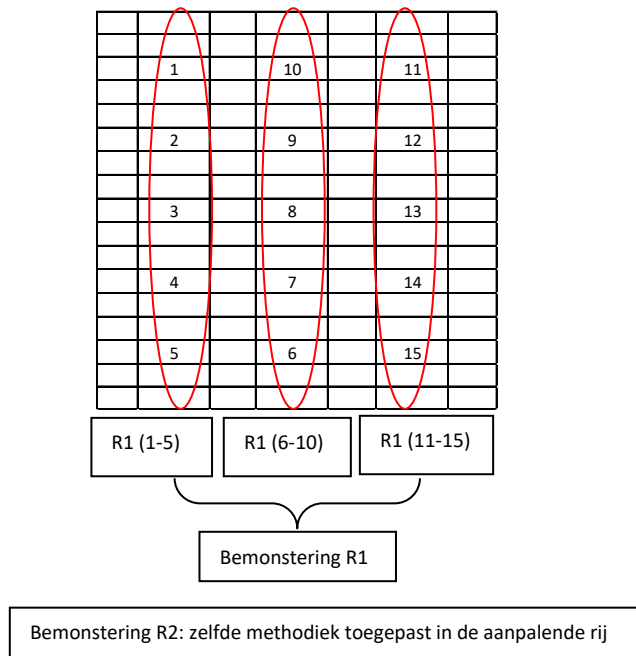
Het gehalte aan nitraat kan verschillend zijn tussen de plantenrijen en in de plantenrijen. Om deze invloed van het nitraatgehalte op de bemonsteringswijze tot een minimum te beperken, werden voor deze studie bij zowel de kruis- als de rijbemonstering de boorsteken steeds tussen de plantrijen genomen. Om een beeld te krijgen van de variatie van het nitraatgehalte tussen de plantenrijen en in de plantenrijen, werd een dwarsbemonstering uitgevoerd op 2 posities per veld. Deze dwarsbemonstering werd over een afstand van 1 m uitgevoerd (boorpunt om de 10 cm). De onderlinge afstand tussen 2 plantenrijen maïs is steeds kleiner dan 1 m, bijgevolg geeft een dwarsbemonstering over een afstand van 1 m een representatief beeld van het nitraat profiel.

Volgende bemonsteringswijzen werden op 5 velden uitgevoerd:

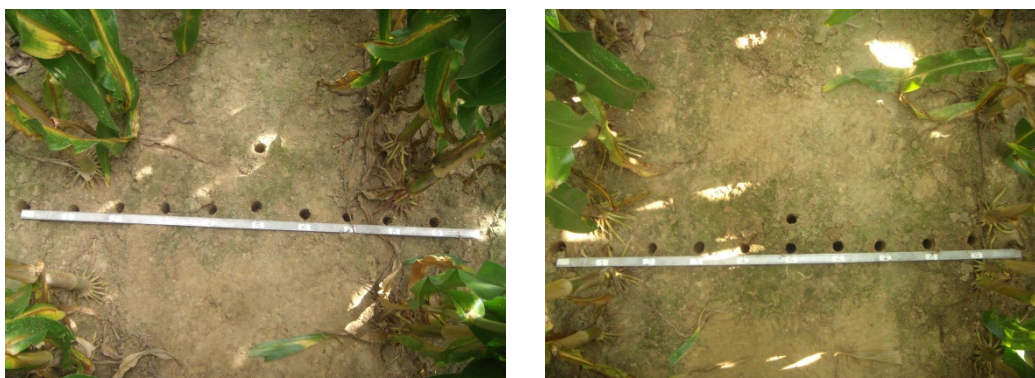
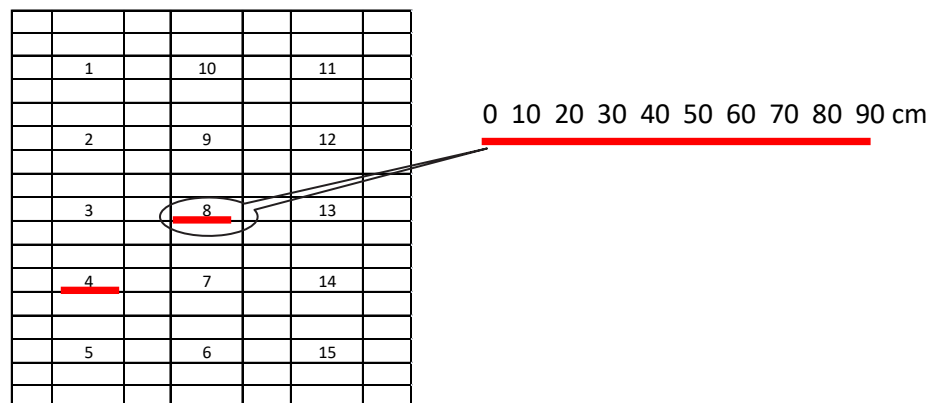
1. Kruisbemonstering (15 steken) volgens BAM methode – in duplo  
Een mengmonster van deze 15 steken werd aangemaakt.



2. Rijbemonstering (3 rijen van telkens 5 steken, totaal: 15 steken) – in duplo  
Van de 5 steken per rij werd een mengmonster aangemaakt, dus per veld werden er 3 mengmonsters aangemaakt.



3. Dwarsbemonstering: op 2 plaatsen in het veld (punt D4 en D8) werd dwars op de rij bemonsterd over een afstand van 1 m, waarbij om de 10 cm een boorsteek werd genomen. Het middelste punt is gesitueerd in het midden tussen 2 plantenrijen. Deze boorsteeken werden afzonderlijk geïncolligeerd en geanalyseerd.



Figuur 1 Weergave van dwarsbemonstering op punt 4 (links) en punt 8 (rechts) in Wolvertem

## 2.2. ANALYSEMETHODE

De bepaling van nitraat in bodem werd uitgevoerd zoals beschreven in het compendium 'Bemonsterings- en analysemethodes voor mest, bodem en veevoeder in het kader van het mestdecreet'.<sup>5</sup>

Een korte beschrijving van de toegepaste procedure is hieronder weergegeven.

Voorafgaandelijk aan de analyse werden de bodemmonsters manueel gehomogeniseerd en geëxtraheerd met 1M KCl. Aan 40 g veldvochtig monster werd 200 ml 1M KCl toegevoegd. Gedurende 1 uur werd de oplossing geschud op een schudtafel, gecentrifugeerd en vervolgens gefiltreerd over een zwartbandfilter die vooraf werd gespoeld met 10 ml 1M KCl. De eerste 10 ml van het extract werd verwijderd. Het extract werd gemeten t.o.v. een ijking uitgevoerd met 1M KCl. Verdunningen werden steeds aangemaakt in 1M KCl.

Het nitraatgehalte werd spectrofotometrisch bepaald met een doorstroom-analysesysteem zoals beschreven in het Compendium. De bepaling is gebaseerd op de Griess-Ilosvay kleurreactie. Stikstof in de vorm van nitriet geeft aanleiding tot een roze kleur waarvan de intensiteit evenredig is met de concentratie. Om het gehalte aan nitraat en nitriet (TON, totaal geoxideerde stikstof) te bepalen moet nitraat omgezet worden in nitriet door een reductie.

Om het gehalte aan nitraat te kwantificeren, dienen 2 analyses uitgevoerd te worden: een analyse van de som van nitraat en nitriet en een tweede analyse waarbij de reductie van nitraat wordt overgeslagen en dus enkel nitriet wordt bepaald. Nitraat wordt vervolgens berekend uit het verschil van beide analysesresultaten. Vermits het gehalte aan nitriet verwaarloosbaar is t.o.v. het nitraat gehalte, wordt nitriet in deze studie niet afzonderlijk bepaald. Het TON gehalte wordt bijgevolg beschouwd als het nitraat gehalte.

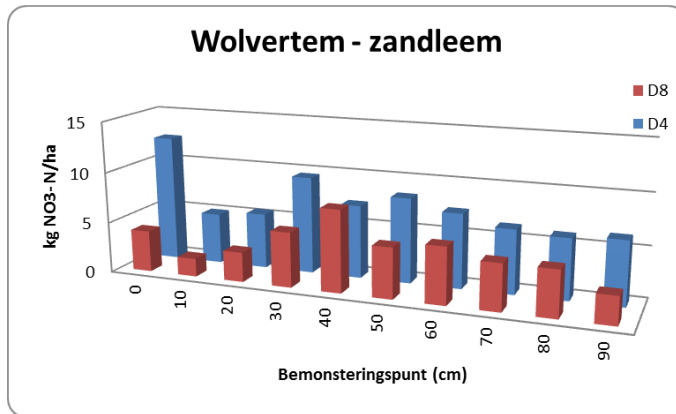
## 2.3. RESULTATEN

### 2.3.1. RESULTATEN VAN DE DWARSBEMONSTERING

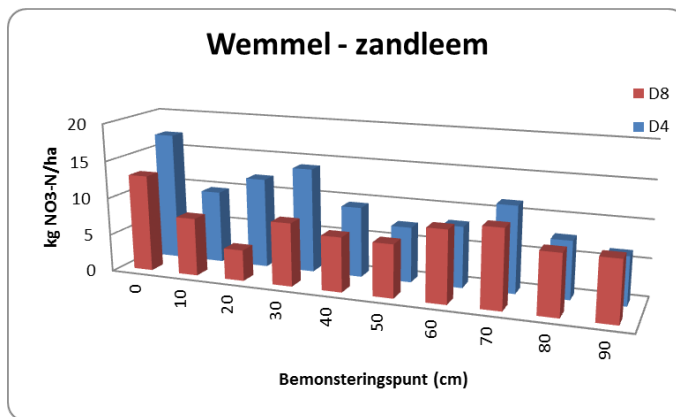
Bij elk veld werden er op 2 verschillende plaatsen (zie Figuur 1, punt D4 en D8) bemonsteringen, uitgevoerd dwars op de plantrichting. Op 2 posities binnen een veld werd in dwarsrichting om de 10 cm een boorpunt genomen en geanalyseerd. In totaal werden 10 monsters gecollecteerd over een afstand van 1 m. Het middelste boorpunt is ongeveer gelegen in het midden van de plantenrij (zie Figuur 1). In Figuur 2 t.e.m. Figuur 6 zijn voor de verschillende velden de profielen weergegeven. Deze profielen geven een beeld van de korte afstandsvariabiliteit van het bemonsterde veld. Voor de verschillende velden wordt vastgesteld dat de gehalten over een afstand van 1 meter sterk kunnen variëren gaande van:

- 2 tot 12 kg NO<sub>3</sub>-N/ha voor zandleem veld Wolvertem
- 4 tot 17 kg NO<sub>3</sub>-N/ha voor zandleem veld Wemmel
- 10 tot 68 kg NO<sub>3</sub>-N/ha voor zand veld Herenthout
- 4 tot 23 kg NO<sub>3</sub>-N/ha voor klei veld Koksijde
- 10 tot 44 kg NO<sub>3</sub>-N/ha voor zandleem veld Herent

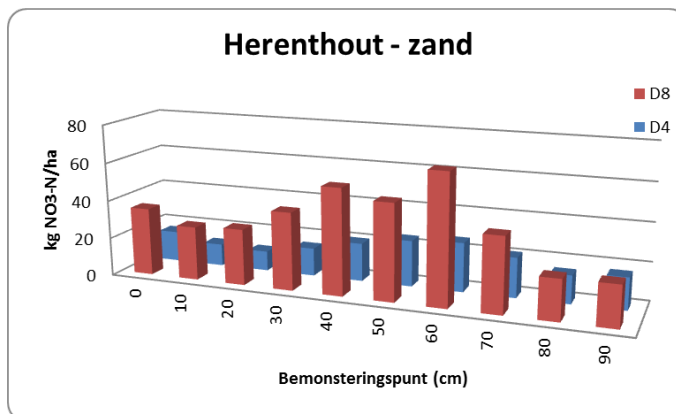
Bovendien kan het profiel binnen 1 veld op de 2 verschillende posities ook sterk variëren. In Tabel 1 is het gemiddelde en de korte afstandsvariabiliteit (% CV<sub>R</sub>) berekend per bemonsteringsprofiel. De gemiddelde waarde bekomen op positie D4 is voor 4 van de 5 velden overeenkomstig met deze op positie D8. Voor het zand veld (Herenthout) is de gemiddelde waarde tussen D4 (17 kg NO<sub>3</sub>-N/ha) en D8 (39 kg NO<sub>3</sub>-N/ha) sterk uiteenlopend. De korte afstandsvariabiliteit is het hoogst op het klei veld in Koksijde (± 50%, 1 sigma).



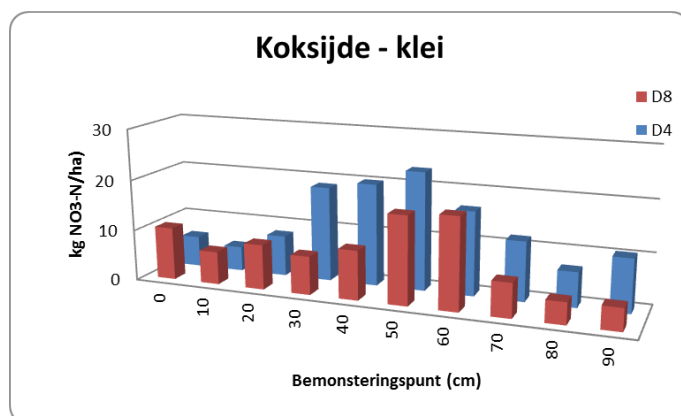
*Figuur 2 Dwarsbemonsteringen van zandleem veld in Wolvertem*



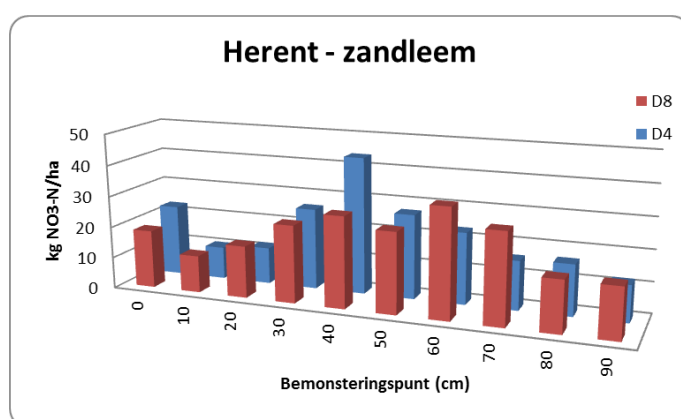
*Figuur 3 Dwarsbemonsteringen van zandleem veld in Wemmel*



*Figuur 4 Dwarsbemonsteringen van zand veld in Herenthout*



Figuur 5 Dwarsbemonsteringen van klei veld in Koksijde



Figuur 6 Dwarsbemonsteringen van zandleem veld in Herent

Tabel 1 Korte afstandsvariabiliteit (% CV<sub>R</sub>) per bemonsteringsprofiel en per veld

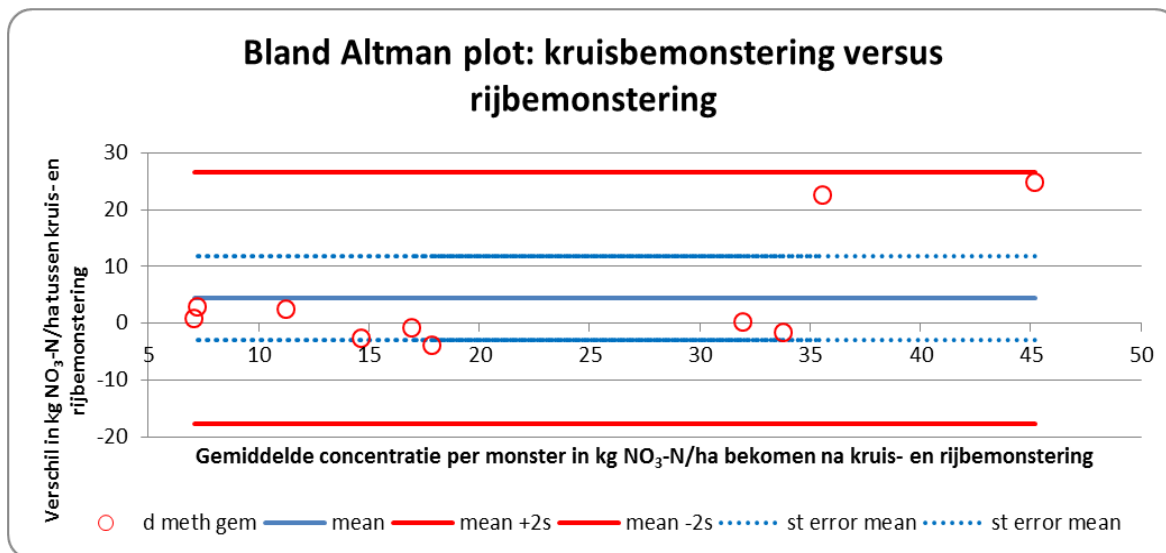
Lokatie	Positie	# ptn	gemidd.	stdev	% CV <sub>R</sub>
Wolvertem ZL	D4	10 ptn	7,4	2,2	30%
Wolvertem ZL	D8	10 ptn	4,5	1,8	39%
Wemmel ZL	D4	10 ptn	10	3,4	33%
Wemmel ZL	D8	10 ptn	8,4	2,3	28%
Herenthout Z	D4	10 ptn	17	5,1	29%
Herenthout Z	D8	10 ptn	39	15	39%
Koksijde - Klei	D4	10 ptn	13	6,5	52%
Koksijde - Klei	D8	10 ptn	9,3	4,8	51%
Herent ZL	D4	10 ptn	21	10	48%
Herent ZL	D8	10 ptn	22	7,4	33%

Uit deze resultaten kan afgeleid worden dat de korte afstandsvariabiliteit voor alle velden hoog is en varieert tussen  $\pm 30\%$  en  $50\%$  (1 sigma). Het nitraatgehalte heeft meestal de hoogste waarde in het midden tussen 2 plantenrijen en daalt naar de maïsplant toe. Bij de bemonstering is het noodzakelijk om rekening te houden met deze korte afstandsvariabiliteit, ongeacht of kruis- of rijbemonstering wordt toegepast. In BAM wordt met de korte afstandvariabiliteit rekening gehouden door een evenredig aantal boringen uit te voeren zowel tussen als in de plantrijen.

2.3.2. VERGELIJKING KRUIS- EN RIJBEMONSTERING

Teneinde een uitspraak te doen over de overeenstemming van de 2 verschillende bemonsteringsmethoden werd gebruik gemaakt van Bland-Altman techniek<sup>6</sup>. Binnen deze techniek worden de verschillen die met twee methoden bekomen worden, geëvalueerd. Hiervoor worden in de eerste plaats het gemiddeld verschil ( $\bar{d}$ ) en de standaard afwijking ( $S_d$ ) op het verschil tussen de meetresultaten van beide methoden A en B op verschillende monsters berekend. Wanneer verondersteld wordt dat deze verschillen normaal verdeeld zijn, kunnen 95% betrouwbaarheidslimieten van overeenkomst tussen beide methodes worden berekend als  $\bar{d} - 1.96 S_d$  en  $\bar{d} + 1.96 S_d$ . Met behulp van de standaardfout van  $\bar{d}$ ,  $\sqrt{s_d/n}$ , waarbij n de steekproefgrootte, kunnen de 95% betrouwbaarheidsintervallen worden gebruikt om te beoordelen of het gemiddelde verschil ( $\bar{d}$ ) significant verschillend is van nul. In de figuren geeft de x-as het gemiddelde van de resultaten van de twee methoden, terwijl de Y-as het absolute verschil tussen beide methoden geeft.

In Figuur 7 is de Bland Altman plot weergegeven voor de bepaling van het NO<sub>3</sub>-N gehalte na kruis- en rijbemonstering. De individuele verschillen tussen de datakoppels – in voorliggend geval afkomstig van kruisbemonstering en rijbemonstering - worden gesymboliseerd door de rode bolletjes. De volle blauwe lijn op + 4.5 kg NO<sub>3</sub>-N/ha geeft het gemiddelde verschil tussen de resultaten van de beide bemonsteringsmethoden weer. De standaarddeviatie op het gemiddelde bedraagt 7.4 kg NO<sub>3</sub>-N/ha en wordt geïllustreerd door de twee blauwe stippellijnen (= 1.96 x S<sub>d</sub>). Tot slot geven de volle rode lijnen het 95% betrouwbaarheidsinterval van overeenkomst tussen beide methoden weer. Dit betekent dat 95% van de afwijkingen tussen deze beide rode lijnen gelegen zijn.



Figuur 7 Bland Altman plot van het absoluut verschil t.o.v. het gemiddelde voor de bepaling van NO<sub>3</sub>-N na kruis- en rijbemonstering

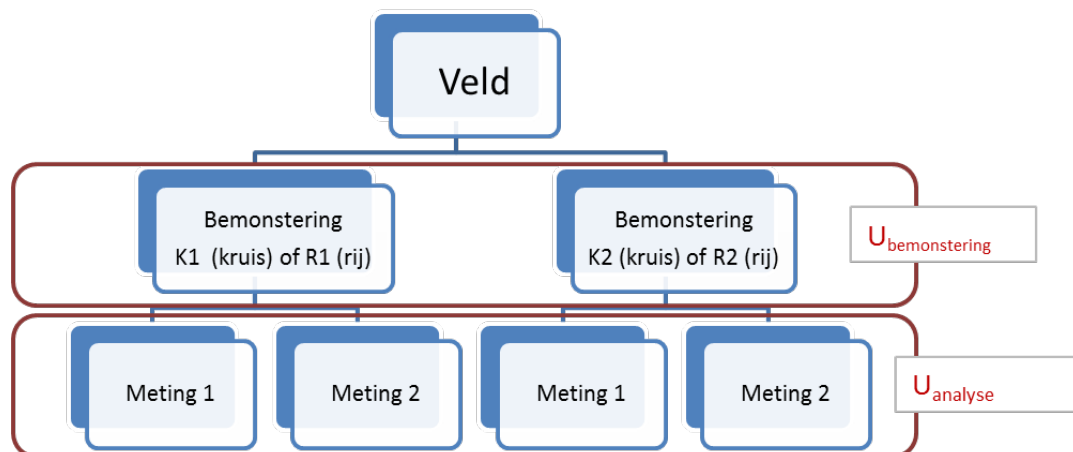
De gemiddelde NO<sub>3</sub>-N concentraties zijn gesitueerd tussen 7 en 45 kg NO<sub>3</sub>-N/ha. Bij vergelijking van de resultaten bekomen met kruis- en rijbemonstering is het gemiddeld verschil  $\bar{d} = + 4.5 \pm 7.4$  kg NO<sub>3</sub>-N/ha (95% betrouwbaarheidsinterval op de bias), wat duidt op een niet significant verschil tussen beide bemonsteringsmethoden. Bij 4 van de 5 velden (concentratierange van 7 tot 34 kg NO<sub>3</sub>-N/ha) fluctueren de verschillen zelfs rond de nulwaarde. Bij 1 veld (Herent, zandleem) met gemiddelde concentraties van 36 en 45 kg NO<sub>3</sub>-N/ha, wordt een groter verschil waargenomen

tussen de kruis- en rijbemonstering. Refererend naar de resultaten van de dwarsbemonstering valt niet uit te sluiten dat dit grotere verschil toe te schrijven is aan de heterogeniteit van het veld.

Op basis van de bekomen (beperkte) dataset wordt een niet significant verschil bekomen op het nitraatgehalte tussen kruisbemonstering en rijbemonstering. Echter de bekomen verschillen zijn veld afhankelijk en worden beïnvloed door de heterogeniteit van het veld.

### 2.3.3. EVALUATIE KRUIS- EN RIJBEMONSTERING VOLGENS REPLICATE DESIGN MET DOUBLE SPLIT

Om een inschatting te kunnen maken van de meetonzekerheid toe te schrijven aan enerzijds de bemonstering (kruis- of rijbemonstering) en anderzijds de analyse, werden meervoudige bemonsteringen op verschillende velden ('replicate design') uitgevoerd<sup>7</sup>. Uit de 'replicate design' met twee deelniveaus (Figuur 8), kunnen de standaarddeviaties worden geschat door toepassing van eenwegvariantie analyse (ANOVA).



Figuur 8 Schematische weergave 'double split design'

De waarden voor de standaard meetonzekerheid van de bemonstering,  $u_{\text{bemonstering}}$  (%), en deze van de meting,  $u_{\text{analyse}}$  (%), kunnen afgeleid worden uit de ANOVA berekeningen van de duplobepalingen. De standaard meetonzekerheid van de totale meting,  $u_{\text{totale meting}}$ , kan hieruit berekend worden. Deze berekeningen kunnen zowel voor de kruisbemonstering als voor de rijbemonstering uitgevoerd worden.

$$u_{\text{totale meting}} = \sqrt{u_{\text{bemonstering}}^2 + u_{\text{analyse}}^2}$$

De uitgebreide meetonzekerheid,  $U$ , kan berekend worden uit de standaard meetonzekerheid,  $u$ , bekomen uit herhalingsmetingen, en vermenigvuldigd met een factor 2, overeenkomstig met een 95% betrouwbaarheidsinterval.

De bekomen analyseresultaten en de ANOVA berekening voor de kruisbemonstering zijn weergegeven in Tabel 2, voor de rijbemonstering in Tabel 3.

Tabel 2 Analyseresultaten en ANOVA berekening bekomen bij kruisbemonstering

	Kruisbemonstering 1		Kruisbemonstering 2	
	Meting 1 (kg NO <sub>3</sub> -N/ha)	Meting 2 (kg NO <sub>3</sub> -N/ha)	Meting 1 (kg NO <sub>3</sub> -N/ha)	Meting 2 (kg NO <sub>3</sub> -N/ha)
<b>Wolvertem</b>	10	7	8	7
<b>Wemmel</b>	13	12	14	12
<b>Herenthout</b>	32	32	34	32
<b>Koksijde</b>	19	13	16	18
<b>Herent</b>	52	42	55	60

	Uitgebreide meetonzekerheid			Bijdrage	
	U <sub>Bemonstering</sub>	U <sub>Analyse</sub>	U <sub>Totale meting</sub>	U <sub>Bemonstering</sub>	U <sub>Analyse</sub>
<b>ANOVA</b>					
<b>relatief</b>	21%	26%	33%	41%	59%
<b>absoluut</b>	5,2	6,3	8,2		

Tabel 3 Analyseresultaten en ANOVA berekening bekomen bij rijbemonstering

	Rijbemonstering 1		Rijbemonstering 2	
	Meting 1 (kg NO <sub>3</sub> -N/ha)	Meting 2 (kg NO <sub>3</sub> -N/ha)	Meting 1 (kg NO <sub>3</sub> -N/ha)	Meting 2 (kg NO <sub>3</sub> -N/ha)
<b>Wolvertem</b>	6	6	6	7
<b>Wemmel</b>	10	10	16	16
<b>Herenthout</b>	30	33	36	33
<b>Koksijde</b>	18	21	16	19
<b>Herent</b>	24	25	34	32

	Uitgebreide meetonzekerheid			Bijdrage	
	U <sub>Bemonstering</sub>	U <sub>Analyse</sub>	U <sub>Totale meting</sub>	U <sub>Bemonstering</sub>	U <sub>Analyse</sub>
<b>ANOVA</b>					
<b>relatief</b>	34%	14%	37%	85%	15%
<b>absoluut</b>	6,7	2,8	7,3		

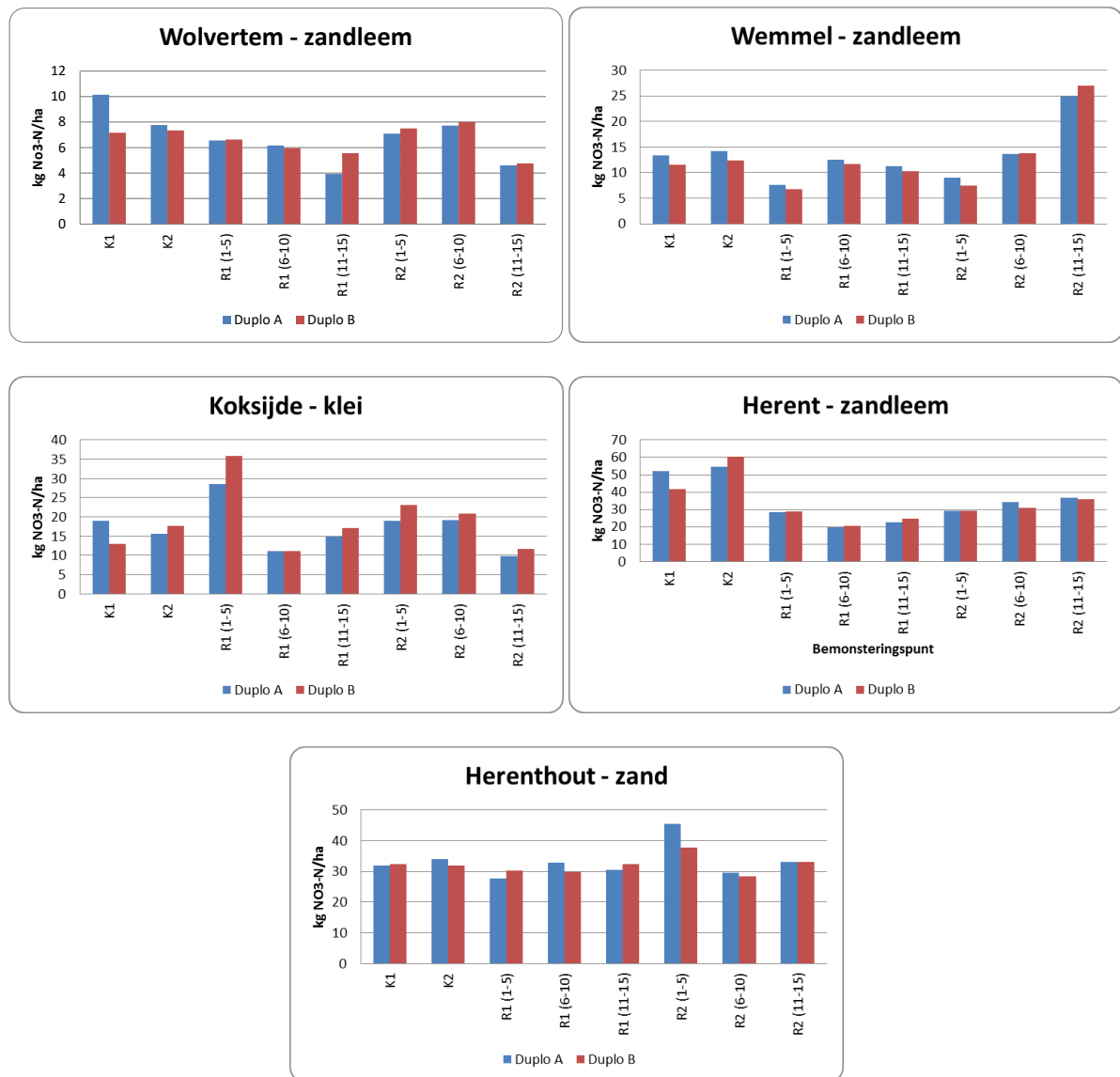
Opmerking: de gerapporteerde meetwaarde is steeds het gemiddelde van de 3 mengmonsters [rij 1(1-5), rij 2(6-10) en rij 3(11-15)].

De uitgebreide meetonzekerheid van de totale meting, **U<sub>totale meting</sub> in %**, is vergelijkbaar voor de kruisbemonstering (33%) en de rijbemonstering (37%).

De uitgebreide meetonzekerheid van de analyse, **U<sub>analyse</sub> in %**, is bij de kruisbemonstering (26%) beduidend hoger dan bij de rijbemonstering (14%). Hierbij dient genuanceerd te worden dat bij de rijbemonstering de gerapporteerde meetwaarden steeds gemiddelde waarden zijn van de 3 mengmonsters per veld [rij 1(1-5), rij 2(6-10) en rij 3(11-15)]. In Figuur 9 zijn alle individuele duplo metingen weergegeven van de kruisbemonstering en de afzonderlijke monsters van de rijbemonstering. Deze data bevestigen dat bij de kruisbemonstering de verschillen bij de duplo metingen groter zijn dan bij de rijbemonstering. De heterogeniteit van het monster speelt hierbij een belangrijke rol. Bij de kruisbemonstering is de hoeveelheid gecollecteerd monster (15 boorsteken, ± 1.4L) groter dan bij de rijbemonstering (5 boorsteken, ± 0.5L). Op basis van deze



gegevens kan aangenomen worden dat het manueel homogeniseren van een kleinere hoeveelheid efficiënter verloopt dan van een grotere hoeveelheid.



Figuur 9 Duplo analysesresultaten van de kruis- en rijbemonstering

Uit deze resultaten kan afgeleid worden dat de uitgebreide meetonzekerheid op de totale meting vergelijkbaar is bij toepassing van de kruisbemonstering en de rijbemonstering ( $U_{\text{Totale meting}} = 30$  à  $40\%$ ).

Hierbij dient opgemerkt te worden dat de bijdrage van de korte afstandsvariabiliteit (bewust) werd geminimaliseerd door enkel monsters te nemen tussen de plantenrijen (geen combinatie van tussen en in de plantenrijen). In praktijk wordt de totale meetonzekerheid beïnvloed door een combinatie van de korte afstands- en de lange afstandsvariabiliteit.

## HOOFDSTUK 3. BESLUIT

---

In deze studie werd geëvalueerd hoe maïspcelen op een meer praktische wijze kunnen worden bemonsterd met behoud van het nemen van 15 boorsteken. Hiervoor werden 5 maïsvelden bemonsterd volgens verschillende methodieken:

1. Bemonstering in kruisverband (15 steken) – duplo bemonstering
2. Bemonstering in lusvorm (5 steken in 3 rijen, totaal 15 steken) – duplo bemonstering.

Het gehalte aan nitraat kan verschillend zijn tussen de plantenrijen en in de plantenrijen. Om deze invloed van het nitraatgehalte op de bemonsteringswijze tot een minimum te beperken, werden voor deze studie bij zowel de kruis- als de rijbemonstering de boorsteken steeds tussen de plantrijen genomen.

Om een beeld te krijgen van de korte afstandsvariabiliteit van de bemonsterde velden, werden aanvullend per veld op 2 willekeurige posities bemonsteringen uitgevoerd dwars op de plantrichting over een afstand van 1 meter (omvat de afstand tussen 2 plantenrijen), waarbij om de 10 cm een monster werd geïncolteerd en afzonderlijk bewaard en geanalyseerd.

Uit de resultaten van deze studie kunnen volgende bevindingen geformuleerd worden:

- Uit de data van de dwarsbemonsteringen komt naar voren dat de korte afstandsvariabiliteit voor alle velden hoog is en varieert tussen  $\pm 30\%$  en  $50\%$  (1 sigma). Het nitraatgehalte heeft meestal de hoogste waarde in het midden tussen 2 plantenrijen en daalt naar de maïspplant toe. Bij de bemonstering is het noodzakelijk om rekening te houden met deze korte afstandsvariabiliteit, ongeacht of kruis- of rijbemonstering wordt toegepast.
- Bij vergelijking van het nitraat gehalte bekomen met de kruisbemonsteringswijze en met de rijbemonsteringswijze wordt op basis van de bekomen (beperkte) dataset geen significant verschil bekomen tussen beide methoden. Echter de bekomen resultaten zijn veld afhankelijk en de evaluatie wordt beïnvloed door de heterogeniteit van het veld.
- Uit deze resultaten kan afgeleid worden dat de uitgebreide meetonzekerheid op de totale meting vergelijkbaar is bij toepassing van de kruisbemonstering en de rijbemonstering ( $U_{\text{Totale meting}} = 30 \text{ à } 40\%$ , 95% betrouwbaarheidsinterval).

Hierbij dient opgemerkt te worden dat de bijdrage van de korte afstandsvariabiliteit (bewust) werd geminimaliseerd door enkel monsters te nemen tussen de plantenrijen (geen combinatie van tussen en in de plantenrijen). In praktijk wordt de totale meetonzekerheid beïnvloed door een combinatie van de korte afstands- ( $< 1 \text{ m}$ ) en de lange afstandsvariabiliteit (veld).

Tabel 4 Ruwe data van de diverse bemonsteringen

Monster	NO3 kg NO3- N/ha	Monster	NO3 kg NO3- N/ha	Monster	NO3 kg NO3- N/ha	Monster	NO3 kg NO3- N/ha	Monster	NO3 kg NO3- N/ha
WOL/K1/A	10	WEM/K1/A	13	HER/K1/A	32	KOK/K1/A	19	HERENT/K1/A	52
WOL/K1/B	7,2	WEM/K1/B	12	HER/K1/B	32	KOK/K1/B	13	HERENT/K1/B	42
WOL/K2/A	7,8	WEM/K2/A	14	HER/K2/A	34	KOK/K2/A	16	HERENT/K2/A	55
WOL/K2/B	7,3	WEM/K2/B	12	HER/K2/B	32	KOK/K2/B	18	HERENT/K2/B	60
WOL/R1(1-5)/A	6,6	WEM/R1(1-5)/A	7,5	HER/R1(1-5)/A	28	KOK/R1(1-5)/A	29	HERENT/R1(1-5)/A	28
WOL/R1(1-5)/B	6,6	WEM/R1(1-5)/B	6,8	HER/R1(1-5)/B	30	KOK/R1(1-5)/B	36	HERENT/R1(1-5)/B	29
WOL/R1(6-10)/A	6,2	WEM/R1(6-10)/A	13	HER/R1(6-10)/A	33	KOK/R1(6-10)/A	11	HERENT/R1(6-10)/A	20
WOL/R1(6-10)/B	6,0	WEM/R1(6-10)/B	12	HER/R1(6-10)/B	30	KOK/R1(6-10)/B	11	HERENT/R1(6-10)/B	21
WOL/R1(11-15)/A	3,9	WEM/R1(11-15)/A	11	HER/R1(11-15)/A	30	KOK/R1(11-15)/A	15	HERENT/R1(11-15)/A	23
WOL/R1(11-15)/B	5,6	WEM/R1(11-15)/B	10	HER/R1(11-15)/B	32	KOK/R1(11-15)/B	17	HERENT/R1(11-15)/B	25
WOL/R2(1-5)/A	7,1	WEM/R2(1-5)/A	9,1	HER/R2(1-5)/A	46	KOK/R2(1-5)/A	19	HERENT/R2(1-5)/A	29
WOL/R2(1-5)/B	7,5	WEM/R2(1-5)/B	7,5	HER/R2(1-5)/B	38	KOK/R2(1-5)/B	23	HERENT/R2(1-5)/B	29
WOL/R2(6-10)/A	7,7	WEM/R2(6-10)/A	14	HER/R2(6-10)/A	30	KOK/R2(6-10)/A	19	HERENT/R2(6-10)/A	34
WOL/R2(6-10)/B	8,0	WEM/R2(6-10)/B	14	HER/R2(6-10)/B	28	KOK/R2(6-10)/B	21	HERENT/R2(6-10)/B	31
WOL/R2(11-15)/A	4,6	WEM/R2(11-15)/A	25	HER/R2(11-15)/A	33	KOK/R2(11-15)/A	10	HERENT/R2(11-15)/A	37
WOL/R2(11-15)/B	4,8	WEM/R2(11-15)/B	27	HER/R2(11-15)/B	33	KOK/R2(11-15)/B	12	HERENT/R2(11-15)/B	36
WOL/D4(0)	12	WEM/D4(0)	17	HER/D4(0)	16	KOK/D4(0)	6,1	HERENT/D4(0)	23
WOL/D4(10)	5,0	WEM/D4(10)	10	HER/D4(10)	12	KOK/D4(10)	4,8	HERENT/D4(10)	10
WOL/D4(20)	5,4	WEM/D4(20)	12	HER/D4(20)	10	KOK/D4(20)	8,0	HERENT/D4(20)	12
WOL/D4(30)	9,5	WEM/D4(30)	14	HER/D4(30)	15	KOK/D4(30)	19	HERENT/D4(30)	26
WOL/D4(40)	7,2	WEM/D4(40)	9,4	HER/D4(40)	20	KOK/D4(40)	20	HERENT/D4(40)	44
WOL/D4(50)	8,4	WEM/D4(50)	7,4	HER/D4(50)	24	KOK/D4(50)	23	HERENT/D4(50)	27
WOL/D4(60)	7,3	WEM/D4(60)	8,1	HER/D4(60)	26	KOK/D4(60)	16	HERENT/D4(60)	23
WOL/D4(70)	6,3	WEM/D4(70)	11	HER/D4(70)	21	KOK/D4(70)	12	HERENT/D4(70)	16

Monster	NO3 kg NO3- N/ha	Monster	NO3 kg NO3- N/ha	Monster	NO3 kg NO3- N/ha	Monster	NO3 kg NO3- N/ha	Monster	NO3 kg NO3- N/ha
WOL/D4(80)	6,0	WEM/D4(80)	7,7	HER/D4(80)	15	KOK/D4(80)	6,8	HERENT/D4(80)	16
WOL/D4(90)	6,3	WEM/D4(90)	6,4	HER/D4(90)	17	KOK/D4(90)	10	HERENT/D4(90)	12
WOL/D8(0)	4,1	WEM/D8(0)	13	HER/D8(0)	35	KOK/D8(0)	10	HERENT/D8(0)	19
WOL/D8(10)	1,8	WEM/D8(10)	7,7	HER/D8(10)	28	KOK/D8(10)	6,4	HERENT/D8(10)	12
WOL/D8(20)	2,9	WEM/D8(20)	4,1	HER/D8(20)	29	KOK/D8(20)	8,8	HERENT/D8(20)	17
WOL/D8(30)	5,4	WEM/D8(30)	8,4	HER/D8(30)	41	KOK/D8(30)	7,5	HERENT/D8(30)	25
WOL/D8(40)	8,1	WEM/D8(40)	7,2	HER/D8(40)	55	KOK/D8(40)	10	HERENT/D8(40)	29
WOL/D8(50)	5,0	WEM/D8(50)	7,0	HER/D8(50)	50	KOK/D8(50)	17	HERENT/D8(50)	26
WOL/D8(60)	5,6	WEM/D8(60)	10	HER/D8(60)	68	KOK/D8(60)	18	HERENT/D8(60)	35
WOL/D8(70)	4,6	WEM/D8(70)	10	HER/D8(70)	39	KOK/D8(70)	6,7	HERENT/D8(70)	29
WOL/D8(80)	4,5	WEM/D8(80)	8,1	HER/D8(80)	21	KOK/D8(80)	4,3	HERENT/D8(80)	16
WOL/D8(90)	2,8	WEM/D8(90)	8,1	HER/D8(90)	22	KOK/D8(90)	4,4	HERENT/D8(90)	16

Legende:

WOL: Wolvertem - Zandleem

WEM: Wemmelmel – Zandleem

HER: Herenthout – Zand

KOK: Koksijde – Klei

HERENT: Herent – Zandleem

K: kruisbemonstering

R: rijbemonstering bestaande uit 3 deelmonsters van 5 boorpunten [aangeduid met (1-5) (6-10) (11-15)]

D4/D8 (xx): dwarsbemonstering met aanduiding bemonsteringspunt

A/B: meting A en meting B (duplo metingen)

---

**LITERATUURLIJST**

- 
- <sup>1</sup> Bemonsterings- en analysemethodes voor mest, bodem en veevoeder in het kader van het Mestdecreet (BAM), <http://www.emis.vito.be/referentielabo-vlm> .
- <sup>2</sup> Bemonsterings- en analysemethodes voor mest, bodem en veevoeder in het kader van het Mestdecreet (BAM), <http://www.emis.vito.be/referentielabo-vlm> .
- <sup>3</sup> N-(eco)<sup>2</sup> studie: Bepaling van de hoeveelheid minerale stikstof in de bodem als beleidsinstrument (besteknr 2000/1), Eindrapport Deel 3: Bemonstering en controle, aangeboden door het consortium bestaande uit Bodemkundige Dienst van België, Instituut voor Land- en Waterbeheer (K.U. Leuven), Laboratorium voor Bodemvruchtbaarheid en –biologie (K.U. Leuven), Bodemkunde en fertiliteit (R.U. Gent) en SADL (K.U. Leuven), in opdracht van de Vlaamse Landmaatschappij.
- <sup>4</sup> C. Vanhoof, H. Van den Broeck, J. Patyn, Groep AN en K. Tirez , *Invloed van de boordiameter en de monstervoorbehandeling op de analyseresultaten van nitraat in de bodem*, VITO rapport 2009/MANT/R/009, <https://esites.vito.be/sites/reflabos/onderzoeksrapporten/Online%20documenten/2009%20Rapport%20Nitraat%20in%20bodem-finaal.pdf>
- <sup>5</sup> <http://www.emis.vito.be/referentielabo-vlm>
- <sup>6</sup> Bland JM, Altman DG., *Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement*, Lancet, pp. 307-310, 1986  
<http://www-users.york.ac.uk/~mb55/meas/ba.htm>
- <sup>7</sup> EURACHEM/CITAC Guide CG 4, Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement, 2nd edition, 2000, <http://www.eurachem.org/guides/pdf/QUAM2000-1.pdf>