



Akkerbouw voor Waterkwaliteit

Jaarrapportage 2024

AKKERBOUW
VOOR WATER
KWALITEIT

LEREN
DELEN
DOEN



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH



Ministerie van Landbouw, Visserij,
Voedselzekerheid en Natuur

Delphy

Akkerbouw voor Waterkwaliteit

Jaarrapportage 2024

Marie Wesselink, Janjo de Haan, David de Wit, Marjan Toren, Stefanie de Kool, Harry Verstegen, Brigitte Kroonen

Wageningen University & Research

Dit onderzoek is in opdracht van het Ministerie van LNV uitgevoerd door de Stichting Wageningen Research (WR), business unit Open Teelten, in het kader van beleidsondersteunend onderzoeksthema Land- en tuinbouw binnen de grenzen van de natuurlijke omgeving (projectnummer BO-43-206.01-011).

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

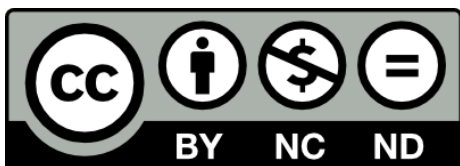
Wageningen, december 2025

Rapport WPR-OT-1183

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/706275>

Dit rapport geeft een overzicht van de resultaten uit het 2^e jaar van het project Akkerbouw voor Waterkwaliteit. In het project worden 14 telers in Noordoost en Zuidoost Nederland begeleid in het halen van de nitraatrichtlijn. Met de deelnemende telers zijn bemestingsplannen gemaakt voor een 10-tal percelen en is de uitvoering begeleid en gemonitord. Daarnaast hebben telers verschillende maatregelen aangelegd met als doel de stikstofverliezen te beperken. Na het seizoen zijn de minerale stikstof in de bodem en de nitraatconcentraties in het grondwater gemeten. De gemiddelde nitraatconcentratie in het grondwater was ruim 70 mg/l. De norm van 50 mg nitraat/l in het grondwater werd op bijna 60% van de percelen overschreden. Ook is in het project gekeken naar hoe werken aan emissiereductie en de realisatie van waterkwaliteitsnormen beïnvloed worden door houding en gedrag van telers en het krachtenveld waarin zij opereren. Het project en haar activiteiten worden in 2025 voortgezet.

Trefwoorden: akkerbouw, waterkwaliteit, stikstofuitspoeling, bemesting, nitraatresidu



Dit werk is gelicentieerd onder de Creative Commons CC BY-NC-ND 4.0 licentie. Deze licentie stelt hergebruikers in staat om het materiaal te verveelvoudigen en te delen in elk medium of bestandsformaat, mits in onangepaste vorm, alleen voor niet-commerciële doeleinden en alleen zolang de maker en de bron worden vermeld.

Verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden of zijn voorbehouden.

©2025 Stichting Wageningen Research (WR), onderzoeksinstituut Wageningen Plant Research, Business Unit Open Teelten, Postbus 430, 8200 AK Lelystad, T +31 320 291 111; <https://www.wur.nl/nl/onderzoek-resultaten/onderzoeksinstituten/plantresearch/open-teelten.htm>; KvK 09098104 te Arnhem; VAT NL no. 8113.83.696.B07.
WR aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Rapport WPR-OT-1183

Inhoud

Samenvatting	5
1 Inleiding	8
1.1 Aanleiding en achtergrond	8
1.2 Algemene projectbeschrijving	8
1.3 Projectdeelnemers	10
1.4 Doel rapportage en leeswijzer	12
2 Materiaal en Methode	13
2.1 Planvorming	13
2.1.1 Teelt en bemestingsplannen	13
2.1.2 Verdergaande maatregelen	13
2.2 Dataverzameling, metingen en protocollen	17
2.2.1 Monitoring percelen	17
2.2.2 Verdergaande maatregelen	19
2.2.3 Overzicht metingen	19
2.3 Analyse	19
2.4 Planning en realisatie	20
3 Resultaten	22
3.1 Resultaten monitoring percelen	22
3.1.1 Resultaten per teler stikstofbodemoverschot, Nmin bodem en nitraatconcentratie grondwater	22
3.1.2 Resultaten per gewas stikstofbodemoverschot, Nmin bodem en nitraatconcentratie grondwater	25
3.1.3 Relaties tussen metingen en management	26
3.2 Resultaten verdergaande maatregelen	33
3.3 Resultaten communicatie	36
4 Discussie	37
4.1 Creëren van een netwerk van “voorbeeldbedrijven”	37
4.2 Inzicht geven hoe de akkerbouw kan voldoen aan de normen	37
4.2.1 Focus op stikstofverliezen naar grondwater	37
4.2.2 Waarde van de meetresultaten	37
4.3 Bewustwording, inspiratie en strategieën bieden aan akkerbouwers	38
4.3.1 Communicatie van resultaten	38
4.3.2 Aanpak verdergaande maatregelen	38
4.4 Overige discussiepunten: stikstofoverschot versus stikstofbodemoverschot	39
5 Samenvatting rapport sociaal-technisch perspectief op emissiereductie	40
5.1 Inleiding	40
5.2 Aanpak	40
5.3 Resultaten	41
5.3.1 Houding en gedrag	41
5.3.2 Het krachtenveld rond keuzes voor emissiereductie	41
5.4 Conclusies en aanbevelingen	42
6 Conclusies en aanbevelingen over 2024	44
6.1 Conclusies	44
Literatuur	46

Bijlage 1	Lijst met mogelijke verdergaande maatregelen	47
Bijlage 2	Verzamelde gegevens uit de teeltregistratie	49

Samenvatting

Aanleiding

De waterkwaliteit van zowel het grond- en oppervlaktewater in Nederland staat al jaren onder druk. De normen uit de Kader Richtlijn Water (KRW) dienen in 2027 gehaald te worden en Nederland heeft net als andere EU-landen de verplichting om te voldoen aan de Nitraatrichtlijn.

Doel

Het ministerie van LNV wil inzicht in de potentie van het beperken van stikstofverliezen in de akkerbouw. De vraag is welke bestaande en nieuwe maatregelen ondernemers goed kunnen inpassen in de bedrijfsvoering. Daarbij wil het ministerie ook akkerbouwers bewustmaken van de noodzaak van het beperken van stikstofverliezen en inspiratie bieden welke maatregelen en strategieën toegepast kunnen worden om stikstofverliezen te beperken.

Om dit te bereiken is in 2023 het pilotproject Akkerbouw voor Waterkwaliteit gestart. Doelen van dit project zijn:

1. Creëren van een netwerk van "voorbeeldbedrijven" rond nutriënten.
2. Op hoofdlijnen inzicht geven hoe de akkerbouw op zandgrond kan voldoen aan de normen van de Nitraatrichtlijn en de Kaderrichtlijn Water en wat de effecten en toepasbaarheid is van nieuw aankomend beleid.
3. Bewustwording, inspiratie en strategieën bieden aan akkerbouwers hoe emissies van nutriënten naar grond- en oppervlaktewater te beperken op bedrijfsniveau via optimalisatie van de teelt en het testen van verdergaande nieuwe maatregelen.

Dit rapport bevat de resultaten van het teeltseizoen 2024, het 2^e jaar in het project.

Materiaal en methode

Er is een netwerk gevormd van 14 telers in het noordoostelijk en zuidoostelijk zandgebied. Bij elk van deze telers worden 10 percelen gevolgd. Voor deze percelen worden teelt- en bemestingsplannen gemaakt, wordt de teeltregistratie opgehaald en worden metingen uitgevoerd van de minerale stikstof in de bodem in het najaar (N_{min} najaar) en de nitraatconcentraties in het grondwater in de winter. Daarnaast zijn er bij de telers verdergaande maatregelen aangelegd; nieuwe maatregelen voor de telers waarvan we in potentie een reductie van nitraat in het grondwater verwachten. In 2024 zijn 15 verschillende maatregelen aangelegd. Naast metingen om dit te onderbouwen zijn ook de praktijkervaringen van de teler over de uitvoerbaarheid van de maatregelen opgevraagd en zijn interviews gehouden met de deelnemers om de wereld om de ondernemer in kaart te brengen die van invloed zijn op het werken aan emissiereductie.

Resultaten

In het jaar 2024 hebben 13 telers actief deelgenomen in het project. Op ongeveer de helft van de bedrijven bleef het stikstofbodemoverschot onder de streefwaarde van 50 kg N/ha en bleef de N_{min} najaar onder de streefwaarde van 45 kg/ha. De N_{min} najaar in de bodem bleek niet goed te correleren met de stikstofbodemoverschotten op bedrijfsniveau. Gewassen met een hoog stikstofbodemoverschot (totaal) zijn granen, suikerbiet en zaaiui. Gewassen met een hoge N_{min} najaar zijn consumptieaardappel, snijmais en vlinderbloemigen.

Op de twee meetmomenten in de winter (half december en eind februari) was de gemiddelde nitraatconcentratie in het grondwater met 71 en 76 mg/l hoger dan norm van 50 mg/l. De concentraties waren hoger in de regio zuid dan noord. Van het totale aantal metingen was 58% van de percelen hoger dan de norm, 48% in regio Noord en 69% in regio Zuid. De gewassen met de hoogste nitraatconcentraties in het grondwater waren zaaiui, consumptieaardappel, peen en snijmais. Er zijn geen duidelijke relaties tussen de verschillende parameters nitraatconcentraties in het grondwater met N_{min} najaar, grondwaterstand, stikstofbodemoverschot en stikstofaanvoer.

De uitgevoerde verdergaande maatregelen laten geen eenduidig effect zien. Eenzelfde maatregel uitgevoerd op verschillende percelen had verschillende effecten en effecten van een maatregel waren voor de ene parameter positief en voor de andere juist negatief of neutraal.

Onderzoek sociaal technische perspectief op emissiereductie

Uit de interviews met de ondernemers blijkt dat het werken aan emissiereductie in de akkerbouw niet alleen wordt begrensd door gebrek aan kennis of technische mogelijkheden, maar door een samenspel van motivatie, strategische afwegingen en externe prikkels binnen de dagelijkse bedrijfspraktijk. Ondernemers handelen grotendeels vanuit extrinsieke motivatie en bedrijfsbelang, waarbij emissiereductie één van meerdere doelen is. Vragen, waarden en afwegingen blijven vaak impliciet, waardoor gezamenlijk leren versnipperd raakt en verschillen tussen intentie en uitvoering onvoldoende worden benut als leerbron. Een louter technische benadering geeft daarmee onvoldoende zicht op de realiteit waarin keuzes worden gemaakt. Voor toekomstig praktijkonderzoek is het van belang om deze realiteit vanaf het begin expliciet mee te nemen. Daarom doen we de volgende aanbevelingen:

- **Breng het krachtenveld expliciet in kaart.** Begin projecten met een overzicht van bedrijfsrealiteit, marktprikkels, regelgeving en praktische beperkingen, zodat alle betrokkenen begrijpen binnen welke context keuzes en acties plaatsvinden.
- **Integreer aandacht voor motivatie en betrokkenheid.** Vorm de projectaanpak zo dat telers gaandeweg ervaren wat emissiereductie betekent voor hun vakmanschap, opbrengst en strategie, en gebruik dit om betrokkenheid te versterken.
- **Structureer leren met een gedeelde praktijkonderzoeksagenda.** Orden vragen en vraagstukken gezamenlijk en koppel deze aan concrete leer- en onderzoeksactiviteiten. Zo neem je ruis weg, krijgt gezamenlijk leren meer focus en kan praktijkkennis systematisch groeien.
- **Richt leren op strategie én techniek.** Bespreek naast metingen en technische kennis ook de haalbaarheid, voorwaarden en consequenties van maatregelen, zodat keuzes realistisch en toepasbaar zijn.
- **Maak houding, gedrag en obstakels bespreekbaar.** Gebruik een sociaal-technisch perspectief om risico's, praktische belemmeringen en gedragsfactoren expliciet te bespreken aan de keukentafel, zodat maatregelen uitvoerbaar, effectief en breed gedragen worden.

Door deze uitgangspunten consequent toe te passen ontstaat een praktische basis voor gezamenlijk en actiegericht leren. Emissiereductie kan daarmee een expliciet en integraal onderdeel worden van het adviesgesprek en van de afwegingen die telers in hun bedrijfsvoering maken. Deze verkenning draagt daarmee bij aan een aanpak die recht doet aan de praktijkrealiteit van telers en die emissiereductie verbindt aan gezamenlijk leren, vakmanschap en duurzame verandering waardoor grotere stappen gezet kunnen worden in emissiereductie dan met een louter technische benadering.

Discussie en conclusies

- *Doelstelling 1: Creëren van een netwerk van "voorbeeldbedrijven" rond nutriënten*
Het vormgeven van een praktijknetwerk kost tijd en veel aandacht. Betrokkenen moeten inzicht krijgen in de doelen van het project en de werkwijze en moeten vertrouwen krijgen in elkaar om hun ervaringen te delen en kritische vragen te kunnen stellen. Het is in de afgelopen periode gelukt om een steeds beter functionerend netwerk te creëren waarin voor telers steeds helderder wordt wat de risico's op nutriëntenverliezen op hun bedrijf zijn en hoe ze daaraan kunnen werken. Er zijn mogelijkheden om het netwerk nog beter te laten functioneren en telers meer stappen te laten zetten in het verlagen van hun nutriëntenverliezen. Het inzicht wat we gekregen hebben in houding en gedrag van de telers helpt hierbij.
- *Doelstelling 2: Op hoofdlijnen inzicht geven hoe de akkerbouw op zandgrond kan voldoen aan de normen van de Nitraatrichtlijn en de Kaderrichtlijn Water en wat de effecten zijn en toepasbaarheid is van mogelijk nieuw aankomend beleid.*
De focus in het project ligt op het beperken van de stikstofverliezen naar het grondwater. Dat is logisch omdat dit het grootste en meest urgente probleem is. Ondanks de grote variatie die we zien in de metingen, geven telers aan meer inzicht te hebben in de problematiek en hebben ze handvatten gekregen om stikstofverliezen te beperken. Hoewel de variatie groot is, zien we gemiddeld genomen dat de metingen volgens verwachting zijn. Twee meetjaren, die beide qua weersomstandigheden vrij

uitzonderlijk waren, zijn niet afdoende om eventuele trends in de meetresultaten in beeld te kunnen brengen. Omdat we nog in de opbouwfase van het netwerk zitten en nieuw beleid nog niet concreet is hebben we nog niet gekeken naar de effecten en toepasbaarheid van mogelijk aankomend beleid.

- *Doelstelling 3: Bewustwording, inspiratie en strategieën bieden aan akkerbouwers hoe emissies van nutriënten naar grond- en oppervlaktewater te beperken op bedrijfsniveau via optimalisatie van de teelt en het testen van verdergaande nieuwe maatregelen en daarmee te voldoen aan de doelen uit de Nitraatrichtlijn en de Kaderrichtlijn Water.*

De meeste telers zijn geïnteresseerd in experimenteren en in de meetresultaten van de metingen op hun bedrijf. Ze experimenteren het liefst met 'makkelijke' en risico-arme maatregelen. De gekozen aanpak om verdergaande maatregelen in het praktijknetwerk te testen en demonsteren op basis van vrije keuze van de deelnemers levert nog niet het beoogde resultaat, omdat de meeste telers niet veel risico willen nemen. De maatregelen die zij uitproberen leveren vaak maar een klein en niet goed meetbaar effect op. Daarnaast hebben de telers vragen rond de werkzaamheid van maatregelen die niet (goed) beantwoord kunnen worden met een demo (strokenvergelijking).

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en achtergrond

De waterkwaliteit van zowel het grond- en oppervlaktewater in Nederland staat al jaren onder druk (RIVM, 2024). De normen uit de Kader Richtlijn Water (KRW) dienen in 2027 gehaald te worden en Nederland heeft net als andere EU-landen de verplichting om te voldoen aan de Nitraatrichtlijn. Hiervoor zijn al verschillende Actieprogramma's Nitraat geïmplementeerd. Doel van het Actieprogramma Nitraat is het realiseren van de normen voor grond- en oppervlaktewater die voortvloeien uit de Nitraatrichtlijn en KRW van de EU. Uit metingen van Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM) blijkt dat de grondwaternorm van maximaal 50 mg nitraat/l nog niet wordt gehaald in regio's met veel droge zandgronden en dat de laatste jaren nauwelijks voortgang in verlaging van de uitspoeling bereikt is (RIVM, 2024). Met name de nitraatconcentratie in grondwater onder bouwland is nog hoger dan de norm. Omdat de doelen momenteel nog niet gehaald worden, zijn in de komende jaren aanvullende maatregelen (boven op 7e Actieprogramma) nodig om de doelen in de toekomst te realiseren.

Het ministerie van LNV wil inzicht in de potentie in de akkerbouw om de stikstofverliezen te beperken. Daarvoor is kennis nodig over de manier waarop ondernemers de huidige maatregelen uit het 7^e en de eerdere actieprogramma's optimaal kunnen inzetten en welke nieuwe maatregelen ondernemers kunnen nemen om stikstofverliezen te beperken. Daarbij wil het ministerie akkerbouwers bewustmaken van de noodzaak van het beperken van stikstofverliezen en inspiratie bieden welke maatregelen en strategieën toegepast kunnen worden om stikstofverliezen te beperken. Maatregelen in het 7^e actieprogramma zijn onder andere (Ministerie van LNV, 2021):

- Gewasrotatie met minimaal eens in de vier jaar een rustgewas.
- Gebruiksnormen voor gebruik organische mest en stikstof- en fosfaatmeststoffen
- Restricties op uitrijperiodes van dierlijke mest
- Vanggewassen op zand en lössgrond, uiterlijk voor 1 oktober gezaaid
- Bufferstroken langs waterlopen en andere kwetsbare plekken

Om dit te bereiken is in 2023 het project 'Akkerbouw voor Waterkwaliteit' gestart. Dit project is opgezet om een vergelijkbaar netwerk in de akkerbouw op te bouwen als in het project 'Koeien en Kansen' in de melkveehouderij (www.koeienenkansen.nl). Tevens bouwt het voort op het gedachtegoed van de eerste fase van het project 'Telen met Toekomst' waarin in de periode 2000-2003 in een netwerk van voorloperbedrijven vier jaar is gewerkt o.a. aan het verlagen van nutriëntenverliezen (o.a. de Ruijter et al., 2006).

1.2 Algemene projectbeschrijving

Projectdoelstelling

Doelen van het project zijn:

1. Creëren van een netwerk van "voorbeeldbedrijven" rond nutriënten
2. Op hoofdlijnen inzicht geven hoe de akkerbouw op zandgrond kan voldoen aan de normen van de Nitraatrichtlijn en de Kaderrichtlijn Water en wat de effecten zijn en toepasbaarheid is van nieuw aankomend beleid.
3. Bewustwording, inspiratie en strategieën bieden aan akkerbouwers hoe emissies van nutriënten naar grond- en oppervlaktewater te beperken op bedrijfsniveau via optimalisatie van de teelt en het testen van verdergaande nieuwe maatregelen en daarmee te voldoen aan de doelen uit *de Nitraatrichtlijn en de Kaderrichtlijn Water*:
 1. Met behoud van opbrengst/financieel resultaat en bodemkwaliteit
 2. Zonder afwentelingen op andere maatschappelijke thema's

3. Zowel direct toepasbare oplossingen als verdergaande strategieën
4. Op basis van Integrated Crop Management

Ervaringen van de telers uit het netwerk gecombineerd met de meetgegevens zorgen daarbij voor goed inzicht in de problematiek en de mogelijke oplossingen.

De looptijd van het project is tot en met eind 2025. De ambitie is om het netwerk van bedrijven in dit project langjarig, ook voor meerdere jaren na 2025, voort te zetten. LVVN heeft echter in 2025 besloten het netwerk vanaf teeltseizoen 2026 niet verder te financieren. De activiteiten gerelateerd aan teeltseizoen 2025 worden wel afgerond.

Doelgroep

Het project richt zich enerzijds op inzicht in toepasbaarheid en effectiviteit van nieuw aankomend beleid in de praktijk inclusief inzicht in wat de ondernemer beweegt tot aanpassing van de bedrijfsvoering ter verbetering van de waterkwaliteit met als doelgroepen:

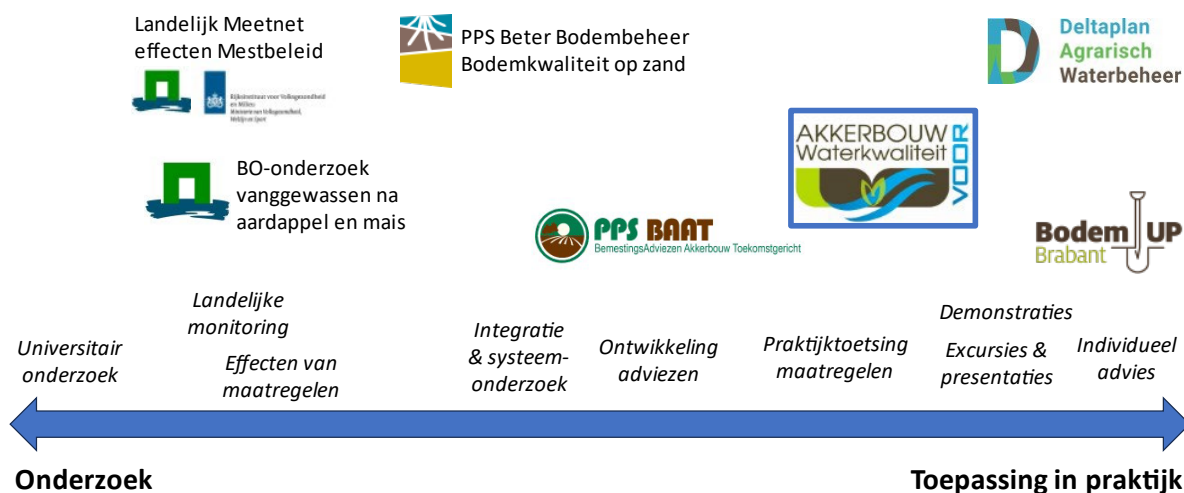
1. Ministerie van LVVN
2. Sectororganisaties zoals LTO, NAJK en NAV
3. Stakeholders uit (semi)publieke domein zoals LVVN, waterschappen, drinkwaterbedrijven, provincies en onderwijs

Daarnaast richt het project zich op bewustwording, kennisoverdracht en gedragsverandering op het gebied van verminderen van emissies van stikstof en fosfaat naar grond- en oppervlaktewater met als doelgroepen

1. Akkerbouwers, in het bijzonder akkerbouwers in de zandgebieden
2. Directe adviseurs van de akkerbouwers
3. Stakeholders uit private domein zoals overige toeleveranciers, loonwerkers en afnemers

Positionering

De pilot bevindt zich qua type werk tussen onderzoek en toepassing in de praktijk (zie figuur hieronder). Met mede-uitvoering door de WUR is de laatste wetenschappelijke kennis op gebied van verminderen van stikstof- en fosfaatverliezen direct beschikbaar in de pilot. Hierdoor wordt gezorgd dat alle kennis rond onderbouwde maatregelen beschikbaar is voor toepassing door de boeren. Met de mede-uitvoering van Delphy zijn we in staat om deze kennis op een goede onafhankelijke wijze bij boeren toe te passen. Met de pilot zijn geen wetenschappelijk onderbouwde uitspraken te doen. Maar met de uitgebreide metingen kunnen we wel de ondernemers ondersteunen in de juiste keuze en toepassing van maatregelen. Ook kunnen we een globaal beeld geven (na enkele jaren) wat potentieel mogelijk is in het verminderen van nutriëntenverliezen en voldoen aan doelen nitraatrichtlijn en KRW op het gebied van stikstof en fosfaat op zandgrond en welke maatregelen en strategieën vooral van belang zijn hierbij.



Figuur 1. Positionering van Akkerbouw voor Waterkwaliteit op de lijn van onderzoek – toepassing in praktijk en ten opzichte van andere projecten rond het onderwerp verminderen van nutriëntenverliezen.

De pilot geeft door het uitgebreide meetprogramma en de spreiding van de telers over het zandgebied meer inzicht in wat mogelijk is voor telers dan andere kennisverspreidingsprojecten waar weinig tot niet gemeten wordt aan de effecten van de bedrijfsvoering of maatregelen. Het is echter op basis van dit project niet mogelijk om daadwerkelijk effecten vast te stellen van maatregelen en daarover uitspraken te doen. Dat kan alleen betrouwbaar op basis van goed opgezette proeven met gestandaardiseerde behandelingen in meerdere herhalingen. Dit project geeft naast inzicht in haalbaarheid van de toepassing van de maatregelen door de telers ook inzicht in de variatie die gemeten wordt in de praktijk en de factoren die daarop van invloed zijn.

Afbakening

Het project:

1. Levert geen wetenschappelijke onderbouwing van de effecten van maatregelen ter beperking van stikstofverliezen. Hiervoor zijn goed opgezette proeven voor nodig. In dit project testen akkerbouwers hoe maatregelen en strategieën op diverse typen bedrijven ingepast kunnen worden in de bedrijfsvoering en geven de meetresultaten een globaal beeld van de effectiviteit onder de verschillende omstandigheden.
2. Levert geen wetenschappelijk onderbouwd beeld op van de nitraatuitspoeling op akkerbouwbedrijven op zandgrond. Het aantal bedrijven is hiervoor te beperkt en ook niet aselekt gekozen. Deelnemers zijn voorlopers die met dit onderwerp aan de slag willen. Het geeft daarmee wel op hoofdlijnen de potentie in de praktijk aan van toepassing van (nieuwe) maatregelen en strategieën om stikstofverliezen te beperken.
3. Draagt beperkt bij aan de bewustwording en kennisverspreiding op dit thema op kleine schaal. Voor een bredere kennisverspreiding wordt samenwerking gezocht met andere initiatieven en programma's zoals DAW.

Projectorganisatie

Akkerbouwers werken samen met adviseurs van Delphy en onderzoekers van WUR in het project om perspectief voor de akkerbouw te creëren en te zoeken binnen en na het 7^e AP. Vanuit verschillende andere projecten kan kennis en ervaring opgehaald worden, zodat we niet het wiel nog een keer uit gaan vinden. Belangrijke partijen in de agroketen (boerenorganisaties, toeleveranciers en afnemers) en waterketen (waterschappen en drinkwaterbedrijven) nemen deel aan de klankbordgroep en denken actief mee.

1.3 Projectdeelnemers

Aan het praktijknetwerk nemen 14 akkerbouwers deel: 6 in noordoost Nederland en 8 in zuidoost Nederland, allen op zandgrond. De deelnemers zijn begin 2023 geworven.

In zuidoost is in 2024 1 teler gestopt met het project, hier zijn geen maatregelen aangelegd en ook geen metingen uitgevoerd. In 2024 zijn er in zuidoost dus 7 telers gevolgd. Ondertussen is er een nieuwe teler gevonden die vanaf 2025 meedoet in het project. Ook in noordoost is in 2024 1 teler gestopt met het project, hier zijn geen maatregelen aangelegd en ook geen metingen uitgevoerd. Gedurende het seizoen zijn in noordoost dus 5 telers gevolgd. Aan het eind van het seizoen is er een nieuwe teler gevonden waar nog geen maatregelen zijn aangelegd, maar die wel is meegenomen in de metingen. Daarnaast zijn aanvullend op het proefbedrijf in Valthermond metingen uitgevoerd.

De groep telers in Zuidoost-Nederland bestaat uit akkerbouwers en één groente/bollenteler. De bedrijven verschillen in omvang van ongeveer 50 hectare tot ruim 350 hectare. Niet alle grond is in eigendom, er wordt veel geruid/gehuurd/gepacht met zowel akkerbouwers als veehouders. De basisbemesting bestond in de meeste gevallen dan ook uit drijfmest van de ruilpartner(s). Vrijwel alle percelen hebben een podzolgrond profiel, waarbij de bewortelbare relatief beperkt is: tussen de 30 en 50 centimeter. De belangrijkste teelten zijn consumptieaardappel, suikerbiet, snijmais en graan. Daarnaast komt er een grote diversiteit aan gewassen voor zoals: erwten, bonen, peen, ui, cichorei, bloemkool en lelie.

De groep telers in Noordoost-Nederland bestaat uit akkerbouwers en akkerbouwers met een eigen veehouderijtak. De bedrijven verschillen in areaal grootte van ongeveer 130 hectare tot 340 hectare. Er wordt veel geruild en samengewerkt met veehouders in de regio. De basisbemesting bestaat veelal uit eigen organische mest, of mest van de ruilpartner(s). De gronden zijn zanderig met in sommige gevallen (kei)leemlagen in de ondergrond. Een aantal van de percelen ligt zeer hoog en droog. De belangrijkste teelten zijn zetmeelaardappel, suikerbiet en graan. Daarnaast komen de volgende teelten voor: snijmais, cichorei, zaaiui en consumptieaardappel.

Fout! Verwijzingsbron niet gevonden. geeft een gecodeerd overzicht van de deelnemende bedrijven met hun belangrijkste teelten, areaal omvang en in welke regio het bedrijf ligt.

Tabel 1. Overzicht van de belangrijkste gewassen en grootte van de deelnemende bedrijven.

Bedrijf	Belangrijkste gewassen	Totaal areaal (ha)	Regio	Opmerkingen
A	Consumptieaardappel en suikerbiet	60	zuid	
B	Consumptieaardappel, suikerbiet, erwten/stamslaboon, wintertarwe en snijmais	230	zuid	
C	Consumptieaardappel, snijmais, zaaiui, suikerbiet, waspeen, wintertarwe en gras	130	zuid	
D	Consumptieaardappel, suikerbiet, zaaiui en snijmais	350	zuid	
E	Consumptieaardappel, suikerbiet, cichorei, snijmais, zomertarwe en graszaad	70	zuid	
F	Bloemkool en lelie	125	zuid	Gestopt in 2024. Geen metingen meer uitgevoerd.
G	Consumptieaardappel, suikerbiet en snijmais	15	zuid	
H	Consumptieaardappel, zoete aardappel, suikerbiet, mais en wortel	200	zuid	
K	Zetmeelaardappel, granen, suikerbieten, chicorei en mais	310	noord	
L	Zetmeelaardappel, zaaiui, graan en suikerbiet	180	noord	
M	Zetmeelaardappel, suikerbiet, consumptieaardappel en graan	130	noord	
N	Consumptieaardappel, zaaiui en suikerbiet	700	noord	Gestopt in 2024. Geen metingen meer uitgevoerd.
O	Consumptie- en zetmeelaardappel, suikerbiet, zaaiui en graan	130	noord	
P	Zetmeelaardappel, snijmais, suikerbiet, zaaiui en graan	320	noord	
R	Zetmeelaardappel, suikerbiet en zomergerst	100	noord	Nieuw in 2024, nog geen maatregelen aangelegd, wel metingen uitgevoerd
V	Zetmeelaardappelen, suikerbieten, graan	105	noord	WUR-proefbedrijf Valthermond. Geen verdergaande maatregelen aangelegd t.b.v. dit project, wel N-min en metingen nitraatconcentratie in grondwater uitgevoerd op verschillende contrasterende percelen.

1.4 Doel rapportage en leeswijzer

Doel van deze rapportage is om de resultaten van het teeltseizoen 2024 van de deelnemende bedrijven te rapporteren. Het rapport bevat de resultaten van de gemeten nitraatconcentraties in het grondwater, Nmin najaar in de bodem en de berekende stikstofoverschotten. Daarnaast bevat het rapport een samenvatting van de resultaten en analyse van het onderzoek naar houding en gedrag van de deelnemende telers. In deze rapportage worden alleen de resultaten van 2024 weergegeven. Er wordt in de resultaten geen vergelijking gemaakt met eerdere jaren. In de discussie zullen we hier wel beperkt op in gaan.

Het verdere rapport is opgedeeld in twee delen. Eerst rapporteren we de technische kant met de metingen en berekeningen van het stikstofoverschot. Hier worden eerst materiaal en methode (H2), de resultaten (**HFout! Verwijzingsbron niet gevonden.**) en een discussie van de resultaten gegeven (**HFout! Verwijzingsbron niet gevonden.**). Daarna rapporteren we een samenvatting van het onderzoek naar houding en gedrag van de telers (H5). Dit onderzoek wordt apart gerapporteerd (Potters, 2025). Het rapport wordt afgesloten met conclusies en aanbevelingen (H6).

Voorzichtigheid is geboden met het trekken van conclusies uit deze rapportage voor een breed beeld van de situatie in de akkerbouw op zandgrond in Nederland: het netwerk is nog in opbouw en discussies met telers over kansen en knelpunten is pas net gestart. Deze rapportage geeft ook alleen de resultaten van 2024 weer wat ook weer een uitzonderlijk jaar was met een zeer nat en laat voorjaar.

2 Materiaal en Methode

2.1 Planvorming

2.1.1 Teelt en bemestingsplannen

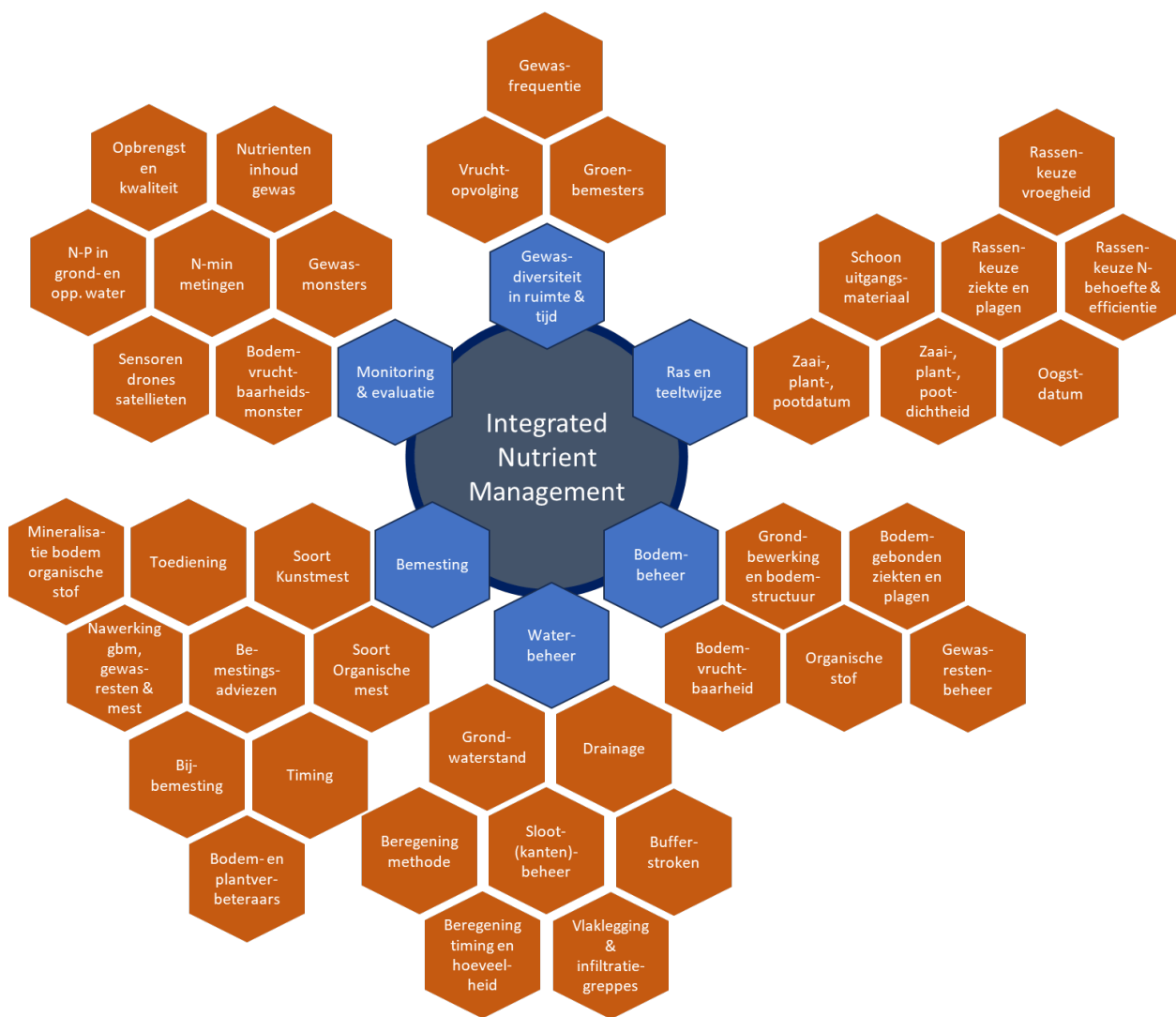
Per bedrijf zijn maximaal 10 percelen geselecteerd die in dit project langjarig gevolgd worden. Voor al deze percelen wordt jaarlijks een teelt- en bemestingsplan gemaakt in samenwerking met de betrokken Delphy adviseur. Dit teelt- en bemestingsplan bevat de volgende componenten:

- Perceelseigenschappen: doordat de boer bodemonsters neemt van zijn/haar perceel is er een goede indicatie van wat er aanwezig is in de bodem, hier wordt het advies op aangepast. Daarnaast wordt rekening gehouden met de voorvrucht en stikstofafrekposten zoals de groenbemester.
- Keuze meststoffen: aan de hand van de mest, die beschikbaar is in de silo of extern wordt aangevoerd wordt een advies opgesteld per perceel. Door mestmonsters te nemen weten de boeren welke gehalten in de mest aanwezig zijn en kunnen de juiste hoeveelheden mest per perceel geadviseerd worden.
- Werkingscoëfficiënt dierlijke meststoffen: op basis van de organische mestsoort, verhouding minerale en organische stikstof en lengte van het groeiseizoen (=gewasafhankelijk) wordt een werkingscoëfficiënt voor de toegediende stikstof uit organische mest uitgerekend volgens de aanpak en met de kengetallen uit het Handboek Bodem en Bemesting.
- Aandacht voor andere maatregelen dan bemesting om stikstofuitspoeling te beperken. Hiervoor hebben we de ICM-strategie ontwikkeld op bemesting in een concept Integrale Nutriënten Management strategie gericht op optimaliseren van opbrengst en het verminderen van inputs en verliezen (Figuur 1). Om stikstofuitspoeling te beperken gaat het ook om maatregelen rond vruchtwisseling en groenbemesters, beheersing ziekten en plagen en bodemstructuur en vochtvoorziening. De lijst met verdergaande maatregelen (zie par 2.1.2 en bijlage 2) wordt ook hier gebruikt om te kijken naar opties voor verminderen van stikstofuitspoeling. Deze is voor het seizoen 2024 nog niet toegepast maar de bedoeling is dat in komende jaren wel te doen.

2.1.2 Verdergaande maatregelen

Op basis van input van experts is een lijst met verdergaande maatregelen opgesteld waarvan in onderzoek is aangetoond, dat deze kunnen bijdragen aan het verminderen van de stikstofemissies naar het grondwater dan wel oppervlaktewater. De lijst met maatregelen is opgenomen in Bijlage 2. In keukentafelgesprekken tussen teler, adviseur en onderzoeker is besloten welke verdergaande maatregel uitgevoerd wordt. Hierbij heeft de opgestelde lijst als inspiratie gediend en zijn soms ook maatregelen die de boer of adviseur hebben voorgesteld meegenomen en die strikt genomen geen verdergaande maatregel zijn maar waarbij wel een stap wordt gezet in het verlagen van de bemesting of verhogen van de nutriëntenefficiëntie.

Het streven was om bij elke teler op 1 of 2 van de percelen die in het project gevolgd worden, een strokenvergelijking met een verdergaande maatregel aan te leggen. Zie Tabel 2 voor de gerealiseerde verdergaande maatregelen per teler. Alle maatregelen zijn individueel aangelegd, dat wil zeggen dat er niet meerdere maatregelen gecombineerd zijn op 1 perceel, om het zuivere effect van 1 maatregel in beeld te brengen. Elke maatregel is in enkelvoud aangelegd. In totaal is er op 13 percelen een verdergaande maatregel aangelegd. Tabel 3 geeft weer welke verdergaande maatregelen waren voorgenomen maar door omstandigheden niet uitgevoerd konden worden.



Figuur 1 Concept Integrated Nutrient Management strategie met focus op optimalisatie opbrengst met minimale inputs en verliezen.

Tabel 2. Aangelegde verdergaande maatregelen bij de verschillende telers.

Verdergaande maatregel	Standaard	Gewas	Teler	Uitleg maatregel/opmerkingen
1. Vroeger scheuren van grasland voorvrucht	Standaard tijdstip scheuren grasland	Consumptieaardappel	A	Door vroeger te scheuren komt de mineralisatie eerder op gang en loopt deze beter in lijn met de opnamecurve van de aardappelen.
2. Aangepaste bemesting na scheuren grasland voorvrucht	Standaard bemesting na scheuren grasland	Consumptieaardappel	B	Omdat uit gescheurd grasland gedurende het groeiseizoen veel stikstof mineraliseert, passen we aan de basis een meststof toe met meer minerale en minder organische stikstof
3. Bemesting volgens gebruiksnorm gewas	Bemesting volgens landbouwkundig advies	Zaaiui	C	De gebruiksruijnte in dit gebied ligt ruim onder de adviesgift, wat mogelijk opbrengst kost. De vraag is of wat het verschil in opbrengst en verliezen is tussen

Verdergaande maatregel	Standaard	Gewas	Teler	Uitleg maatregel/opmerkingen
				bemesten volgens de gebruiksnorm en bemesten volgens landbouwkundig advies.
4. Geen bemesting in de stoppel na vroege oogst	Bemesting in de stoppel met rundveedrijfmest	Consumptieaardappel	C	De vroege aardappelen worden al in juli geoogst, waarna er gras gezaaid wordt welke nog geoogst wordt en ook bemest wordt. De vraag is of wat het effect van deze bemesting op opbrengst en stikstofverliezen is.
5. Slow release meststoffen (twee niveaus)	Bemesting met drijfmest aangevuld met KAS	Consumptieaardappel	D	Na poten duurt het 6 weken voordat aardappels grote hoeveelheden stikstof gaan opnemen. In de tussentijd is er kans op uitspoeling. Door slow release meststoffen te gebruiken blijft de stikstof beter in de bovenste laag.
6. Geen bemesting in stoppel	Bemesting in de stoppel met rundveedrijfmest	Plantui	D	De vraag is wat het effect van het weglaten van de bemesting is op de groei van de groenbemester en de stikstofverliezen. Vanwege miscommunicatie geen Nmin en nitraatmetingen uitgevoerd.
7. Toepassing mineralenconcentraat	Toepassing kunstmest	Consumptieaardappel	E	Mineralenconcentraat is een kunstmestvervanger, maar dan met alle nutriënten in zich. De vraag is wat het effect is van gebruik van mineralenconcentraat i.p.v. kunst op opbrengst en stikstofverliezen.
8. Toepassing stikstofbindende bacteriën	Praktijkbemesting	Consumptieaardappel	G	De vraag is of toepassing van stikstofbindende bacteriën i.c.m. een lagere bemesting tot dezelfde opbrengst maar lagere stikstofverliezen leidt.
9. Eerder beregenen		Consumptieaardappel	H	De vraag is of door eerder beregenen vochttekort voorkomen kan worden waardoor het gewas beter groeit, meer opbrengst is en de stikstofverliezen lager zijn.
10. Bijbemesten op basis van monitoring	Standaard bijbemesting	Consumptieaardappel	H	De vraag is of door de monitoring beter ingespeeld kan worden op de mineralisatie waardoor stikstofverliezen verminderd kunnen worden.

Verdergaande maatregel	Standaard	Gewas	Teler	Uitleg maatregel/opmerkingen
11. Vaste mest aan de basis	Vergiste rundveedrijfmest	Snijmais	K	Langjarige vergelijking tussen effecten vaste geitenmest en vergiste rundveedrijfmest, in dit jaar op 2 percelen mais waarbij effecten op opbrengst en stikstofverliezen worden vastgesteld.
12. Bemesting met alleen drijfmest	Bemesting met drijfmest aangevuld met NTS	Zetmeelaardappel	L	De vraag is wat het effect is van het weglaten van de kunstmest op de opbrengst en stikstofverliezen. De standaard lag tegen een geer aan wat onnauwkeurigheid kan veroorzaken.
13. Lagere bemesting	Gangbare bemesting	Zetmeelaardappel	M	De vraag is wat het effect is van de lagere bemesting op de opbrengst en stikstofverliezen. Wel opbrengstmetingen, geen n-min en nitraat metingen i.v.m. natheid.
14. Vroege oogst suikerbieten	Late oogst suikerbieten	Suikerbieten	O	De vraag is wat het effect is van vroeg oogsten van suikerbieten op de opbrengst en stikstofverliezen. Wel opbrengstmetingen van teler, geen Nmin en nitraat metingen i.v.m. communicatiefout.
15. Stoppelbewerking t.b.v. beter slagen vanggewas	Geen stoppelbewerking voor inzaai vanggewas	Mais (CCM)	P	De vraag is of door de stoppelbewerking het vanggewas beter slaagt met een hogere stikstofopname en lagere stikstofverliezen.

Tabel 3. Geplande verdergaande maatregelen die uiteindelijk niet zijn aangelegd.

Verdergaande maatregel	Standaard	Gewas	Teler	Reden
Berekening met meerdere kleine giften	Berekening op basis van Irriwatch	Zetmeelaardappel	P	Vanwege het zeer natte seizoen was berekening nauwelijks noodzakelijk en was het dus niet mogelijk hier verschillen in aan te brengen.

Elke maatregel zoals benoemd in Tabel 2 is uitgevoerd in enkelvoud op een strook binnen een perceel. De rest van het perceel is de standaard waarmee vergeleken wordt om het effect van de maatregel in kaart te brengen. Breedte van de strook waarop de maatregel is uitgevoerd was 1 werkbreedte (spuit- of strooibreedte, 24-36 meter), voor de lengte is in de meeste gevallen de lengte van het perceel aangehouden. De keuze voor dit oppervlak is een combinatie van praktische overwegingen en de verwachting dat het goed mogelijk is om de nitraatconcentratie in het grondwater te meten, met beperkte (horizontale) invloeden van buiten dit oppervlak.

Het effect van de verdergaande maatregelen wordt gemeten met een opbrengstbepaling, Nmin meting en de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater, metingen zijn uitgevoerd binnen het bovengenoemde oppervlak waarop de verdergaande maatregel is uitgevoerd en op het omliggende oppervlak voor de vergelijking. Zie paragraaf **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** voor de meetprotocollen.

2.2 Dataverzameling, metingen en protocollen

2.2.1 Monitoring percelen

Van alle percelen die worden gevolgd in het project is een teeltregistratie opgevraagd. Deze registratie bevat onder andere gewas- en raskeuze, zaai- en oogstdatum en de precieze bemestingsgegevens. Zie Bijlage 3 voor de exacte gegevens die zijn opgevraagd.

Stikstofbalans

Op basis van de opgegeven registratie kunnen stikstofbalansen uitgerekend worden.

$$\text{Stikstofbodemovershot (kg N/ha)} = \text{Totale stikstofaanvoer met meststoffen} - \text{Stikstofafvoer met geoogst product} + \text{Overige factoren} + \text{Stikstofbinding (1)}$$

De stikstofbinding is in 2024 niet meegenomen in de berekeningen bij gebrek aan kengetallen. Er werd op de 14 bedrijven één keer een vlinderbloemig gewas geteeld (flageolets). De stikstofaanvoer wordt zowel berekend op basis van de totale aangevoerde stikstof als de werkzame stikstof voor de teelt op basis van de werkingscoëfficiënten uit het Handboek Bodem en Bemesting. De stikstofgehalten in de mest worden zoveel mogelijk op gemeten waarden gebaseerd. Wanneer metingen niet beschikbaar zijn, worden kengetallen uit het Handboek Bodem en Bemesting gebruikt. De forfaitaire stikstofinhoud in het gewas is gebaseerd op kengetallen uit het Handboek Bodem en Bemesting. Naast de totale stikstofaanvoer met meststoffen (2) wordt ook de werkzame stikstofaanvoer berekend (3). Hier wordt naast de werkzame stikstof uit meststoffen ook de stikstofnawerking van gewasresten en groenbemesters uit het voorgaande jaar meegenomen.

$$\text{Totale stikstofaanvoer met meststoffen (kg/ha)} = \text{hoeveelheid aangevoerde meststof} * \text{stikstofgehalte meststof (2)}$$

$$\text{Werkzame stikstofaanvoer (kg/ha)} = \text{hoeveelheid aangevoerde meststof} * \text{stikstofgehalte meststof} * \text{werkingscoëfficiënt} + \text{stikstofnawerking uit gewasresten en groenbemesters (3)}$$

$$\text{Stikstofafvoer met geoogst product (kg/ha)} = \text{gewasopbrengst} * \text{forfaitaire stikstofinhoud (4)}$$

Voor de overige factoren is een voor alle percelen en bedrijven gelijk kengetal opgesteld omdat de posten grotendeels klein zijn en we niet verwachten dat deze van invloed zijn op de resultaten. Dit vereenvoudigt de berekeningen. In de overige factoren worden de volgende zaken meegenomen: depositie, stikstof in zaai-, poot- en plantgoed en ammoniak- en lachgasverliezen. De gemiddelde stikstofdepositie in Nederland is 1390 mol N/ha, dit is 20 kg/ha (Compendium voor de leefomgeving). De hoeveelheid stikstof in plant-, zaai- en pootgoed is op bouwplanniveau gemiddeld geschat op ca. 2-4 kg/ha en komt vooral voor rekening van de aardappels. De gemiddelde ammoniakemissie is 3-5 kg/ha en de lachgasemissie (ca. 1,5-2 kg/ha). De netto hoeveelheid overige factoren is dan 17 kg/ha, afgerond op 5-tallen 15 kg/ha.

$$\text{Overige factoren} = \text{Depositie} + \text{Stikstof in zaai-, poot- en plantgoed} - \text{Ammoniakverliezen} - \text{Lachgasverliezen (5)}$$

De stikstofbalansen worden per perceel opgesteld. Voor de verdergaande maatregelen worden de balansen per maatregelstrook opgesteld. Voor de balans op basis van werkzame stikstof wordt ook de eventuele stikstofnawerking uit gewasresten en groenbemesters meegenomen.

De streefwaarde voor het stikstofoverschot is afgeleid van de **nitraatnorm (50 mg/l)** voor het grondwater. Eerder is afgeleid dat bij een neerslagoverschot van 322 mm en een uitspoelfractie van 75% voor droge

zandgronden, er een toelaatbaar stikstofbodemoverschot is van **circa 50 kg/ha** (Schröder et al., 2015; Fraters et al., 2012).

Minerale stikstof in de bodem in het najaar (Nmin)

Op elk perceel (en voor de verdergaande maatregelen in elke strook) wordt een bepaling van de minerale stikstof (Nmin) in de bodem in het najaar (november) uitgevoerd. De Nmin najaar is een indicator voor mogelijke verliezen van stikstof naar het grondwater omdat er mag worden aangenomen dat de opname van stikstof door een groeiend gewas vanaf dat moment minimaal is en er doorgaans een neergaande waterbeweging is waarmee de stikstof naar het grondwater getransporteerd wordt.

Er worden aparte grondmonsters genomen van de lagen 0-30 cm, 30-60cm en 60-90 cm. Per perceel of strook worden ongeveer 30 steken genomen. De monsters worden goed gemengd en een submonster wordt ingestuurd naar Eurofins Agro voor analyse op NO₃- en NH₄+. Nmin bemonsteringen zijn zowel machinaal als met de hand uitgevoerd worden. De voorkeur was voor machinaal, maar het was niet altijd mogelijk om een perceel met een trekker te betreden in het najaar.

Een streefwaarde voor de **Nmin najaar (0-90 cm)** is **45 kg/ha** (Smit et al., 2005; de Buck et al., 2000). Bij deze waarde mag gemiddeld genomen verwacht worden dat voldaan wordt aan de nitraatnorm van 50 mg/l nitraat in het bovenste grondwater.

Op 144 percelen is in 2024 een Nmin najaar meting uitgevoerd. Niet in alle gevallen was het mogelijk om ook de diepste laag (60-90 cm-mv) te bemonsteren vanwege een te natte ondergrond of het risico op gas- of drainagebuizen in de ondergrond. Op 7 van de 144 percelen is deze laag niet bemonsterd. De metingen bij de telers in noord zijn eerste helft december uitgevoerd, in zuid zijn de metingen uitgevoerd tussen eind november en half december.

Nitraatconcentratie in het bovenste grondwater

Op elk perceel wordt de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater bepaald. Bij de verdergaande maatregelen gebeurt dit per strook. Dit gebeurt volgens de LMM-methode MIL-W-4015 (RIVM, 2020): in het najaar worden er per perceel 3 peilbuizen geplaatst met 2,5 m lengte, een diameter van 4 cm en een geperforeerde zone van ca 50 cm. De buizen worden diagonaal over het perceel geplaatst over een oppervlakte van ongeveer 200 * 50m. De locaties van de peilbuizen zijn vastgelegd. Elke buis wordt voor bemonstering eerst geleegd en vervolgens, wanneer de buis weer gevuld is met grondwater, wordt een monster genomen. Monsters worden genomen met een slangenpomp met een snelheid van ongeveer 1 liter per minuut. Bij het nemen van het watermonster wordt ook de grondwaterstand bepaald. Het watermonster wordt gekoeld tot 5°C en geanalyseerd op nitraat in het Chemisch Biologisch Bodem Laboratorium in Wageningen. Monsters worden genomen op twee momenten: aan het begin van het uitspoelingsseizoen (december) en aan het einde van het uitspoelingsseizoen in februari. De monsters uit de drie buizen worden apart bemonsterd en geanalyseerd in het lab, voor de dataverwerking worden de uitslagen van de drie monsters gemiddeld naar een getal per perceel of strook.

Niet op alle percelen was het grondwater op beide momenten binnen bereik van de peilbuizen met een lengte van 3 meter. In dat geval is het bodemvocht bemonsterd, naar protocol MIL-W-4014.

Op 4 percelen van de 144 is de eerste nitraatmeting niet uitgevoerd omdat het perceel niet toegankelijk was. Op 1 perceel is ook de tweede nitraatmeting niet uitgevoerd. Op 11 percelen zat het grondwater te diep en is in plaats daarvan het bodemvocht bemonsterd. De eerste nitraatmeting is uitgevoerd op 8 en 9 januari in noord en op 10-12 december in zuid. De tweede meting in noord is uitgevoerd tussen 13 en 18 februari en in zuid op 18-20 februari. In alle gevallen zat er minimaal een maand tussen de eerste en tweede meting.

Overige metingen

De mogelijkheid bestaat om aanvullende metingen te doen om een perceel en de bijbehorende stikstofsituatie beter te doorgronden als de situatie er aanleiding voor geeft of er specifieke vragen opspelen bij telers. Voorbeelden van dit soort metingen zijn bepaling van de plantparasitaire aaltjestoestand van het perceel of de aanwezige hoeveelheid minerale stikstof (Nmin) in het voorjaar voorafgaand aan bemesting en

teelt of tijdens de teelt. In 2024 zijn vooral Nmin metingen tijdens de teelt of vlak na oogst uitgevoerd om bijmestgiften te bepalen of bemesting van de groenbemester.

2.2.2 Verdergaande maatregelen

Op de percelen waar verdergaande maatregelen worden uitgevoerd wordt naast bovengenoemde nog de volgende data verzameld:

Opbrengst

Er wordt een opbrengstbepaling gedaan van zowel de standaard als de verdergaande maatregel door het proefbedrijf van WUR. Er wordt een handmatig opbrengstbepaling gedaan op vier plekken in het standaardgedeelte van het perceel en vier bepalingen in de verdergaande maatregel. Hiermee wordt de gewasopbrengst in ton/ha bepaald en indien relevant ook de gewaskwaliteit zoals de maatsortering bij aardappelen.

Nmin na oogst

Een Nmin na oogst bepaling geeft aan hoeveel stikstof er na de teelt van het hoofdgewas nog achtergebleven is in de bodem en geeft hiermee inzicht in de stikstofopname van het hoofdgewas en is een eerste reflectie op de uitgevoerde bemesting. Daarnaast geeft het aan hoeveel stikstof er nog beschikbaar is voor het vanggewas om op te nemen.

Wanneer de oogst van het hoofdgewas enkele maanden voor de Nmin najaar meting plaatsvindt, wordt er ook een Nmin na oogst bepaling gedaan, in de lagen 0-30 cm en 30-60 cm, volgens hetzelfde protocol als Nmin najaar. De resultaten van deze metingen zijn gerapporteerd in de individuele bedrijfsrapporten en komen niet terug in deze rapportage.

2.2.3 Overzicht metingen

Tabel 44 geeft een overzicht van de gerealiseerde aantallen metingen per gewasgroep.

Tabel 4. Aantal gerealiseerde percelen, maatregelen en metingen per gewasgroep

Gewas	Percelen	Waarvan verdergaande maatregelen	Nmin najaar	Nitraat grondwater dec/jan	Nitraat grondwater feb
Consumptieaardappel	25	10	25	24	25
Zetmeelaardappel	24	1	24	24	24
Granen	7		7	7	7
Gras	10		10	10	10
Overig	7		7	5	7
Peen	3		3	3	3
Mais	16	3	16	16	16
Suikerbiet	28		28	27	27
Vlinderbloemigen	9		9	9	9
Zaaiui	15	1	15	15	15
Totaal	144		144	144	144

2.3 Analyse

De analyse van de verzamelde data van de verschillende percelen en de verdergaande maatregelen vindt in eerste instantie plaats op bedrijfsniveau. Elke teler krijgt een individueel verslag van de monitoring op zijn percelen en van de verdergaande maatregel(en). Zoals afgesproken in de projectopzet, worden deze gegevens niet openbaar gedeeld. Individuele resultaten kunnen herleidbaar zijn naar de desbetreffende teler. Vanwege de politieke gevoeligheid van het onderwerp en de metingen wordt dit niet gedeeld.

Om een algemeen beeld te schetsen worden er gemiddelden berekend per gewascategorie voor Nmin, nitraatconcentratie en stikstofoverschot. Hiervan wordt ook de standaarddeviatie bepaald. Relaties tussen de verschillende parameters stikstofoverschot, Nmin, nitraatconcentratie en grondwaterstand zijn visueel geanalyseerd op trends wat betreft o.a. gewas. Dataverwerking is uitgevoerd met behulp van Microsoft Excel.

De verzamelde data zijn in alle gevallen enkelvoudige data waardoor verdergaande statistische analyses niet mogelijk zijn. Wanneer alle data als 1 set geanalyseerd zou worden zijn de aantallen weliswaar groot genoeg om statistische analyses toe te passen, echter hebben deze inhoudelijk weinig toegevoegde waarde. Om telers duidelijk inzicht te geven is een zo hoog mogelijk detailniveau noodzakelijk. Wanneer alle data geaggregeerd wordt verdwijnt relevante informatie voor de teler.

Voor de verdergaande maatregelen wordt er gekeken naar het effect van de maatregel op opbrengst, Nmin na oogst en Nmin najaar en nitraatconcentratie in het bovenste grondwater. De opbrengst geeft een indicatie of er effecten zijn op de baten van de boer. De overige parameters geven inzicht in de effecten op de stikstofverliezen. De standaardbehandeling wordt gesteld op 100%. Vervolgens wordt voor opbrengst, Nmin na oogst, Nmin najaar en de gemiddelde nitraatconcentratie van de twee meetmomenten berekend hoeveel procent hoger of lager dan de standaard deze is. Voor opbrengst wordt een minimaal verschil van 10% aangehouden als relevant, voor de overige metingen 20%. Op basis van expertkennis is ingeschat dat een opbrengstverschil van 10% of meer waarschijnlijk gerelateerd is aan de uitgevoerde maatregel en niet wordt veroorzaakt door natuurlijke variatie. Omdat bekend is dat de natuurlijke variatie bij metingen zoals Nmin en de nitraatconcentratie groter is, is hier een verschil van minimaal 20% aangehouden.

2.4 Planning en realisatie

Het aantal uitgevoerde metingen wijkt af van het aantal dat in het originele werkplan was aangegeven. Er zijn 124 percelen gevolgd en 107 percelen bemonsterd (tabel 5 en 6). Er zijn minder metingen uitgevoerd vanwege het stoppen van twee telers, een nieuwe teler die in de loop van het seizoen is aangesloten en de weersomstandigheden. Om de meetreeks aan te vullen zijn een aantal percelen van proefbedrijf Valthermond meegenomen in de bemonstering.

Tabel 5. Aantal gemonitorde en bemonsterde percelen (N-min en nitraatconcentraties in grondwater) per teler.

Deelnemer	# percelen	# percelen bemonsterd	Opmerkingen
A	9	9	
B	10	10	
C	11	11	
D	9	9	
E	13	12	1 perceel te veel mest aangevoerd door ruilpartner
G	7	7	
H	10	10	
K	10	10	
L	9	7	1 perceel gasbuizen in ondergrond, 1 perceel leemlaag in ondergrond
M	11	4	Percelen waren te nat en niet begaanbaar
O	9	7	1 perceel te nat, 1 perceel miscommunicatie
P	10	5	Percelen al ingezaaid met wintergraan en dus slecht begaanbaar, verdergaande maatregel niet uitgevoerd (aangezien er genoeg regen was gevallen voor de beregeningsvergelijking) en dus ook niet bemonsterd
R	6	6	
Totaal	124	107	

Tabel 6. Geplande versus gerealiseerde aantallen deelnemers, gevolgde percelen en metingen. Getallen tussen haakjes zijn inclusief proefbedrijf Valthermond

	Plan	Realisatie
Deelnemers	14	13 ¹
Percelen totaal	14*10=140	124
Percelen verdergaande maatregelen	14-28	14
Nmin metingen totaal	140	144
Nitraatconcentratie metingen dec/jan totaal ²	140	140
Nitraatconcentratie metingen feb totaal ³	140	143

¹ Waarvan 12 actief gedurende het seizoen, 13 bedrijven waar Nmin najaar en nitraatmetingen uitgevoerd zijn.

² Nmin meting bestaat uit een mengmonster van het perceel, of van de strook waarop de verdergaande maatregel is aangelegd.

³ nitraatconcentratie meting bestaat uit 3 puntmetingen op hetzelfde moment uitgevoerd op een perceel, of op de strook waarop de verdergaande maatregel is aangelegd.

3 Resultaten

3.1 Resultaten monitoring percelen

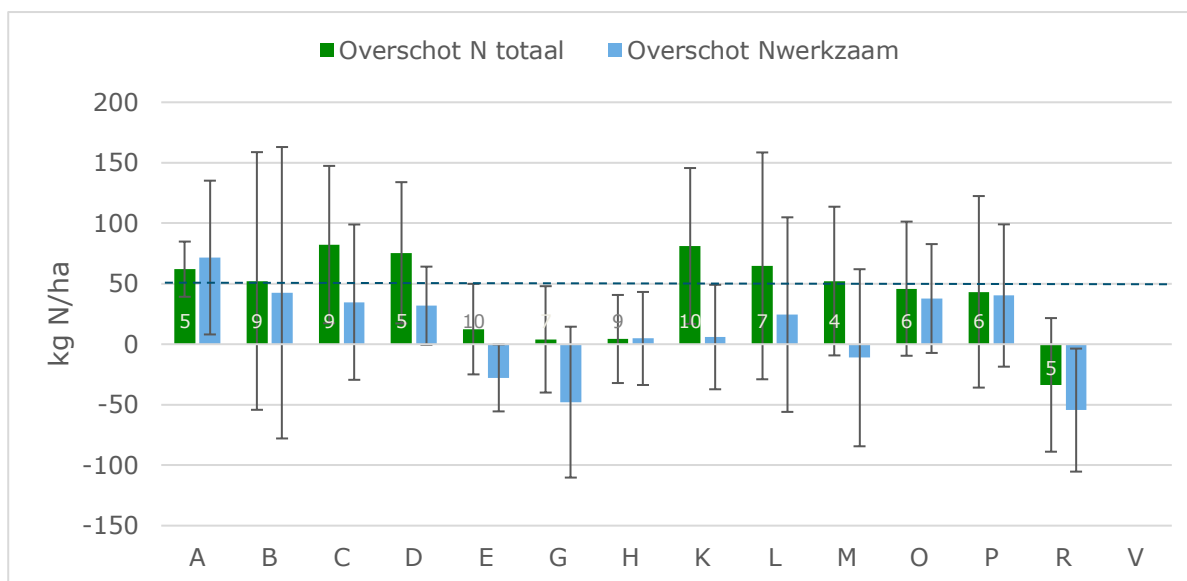
3.1.1 Resultaten per teler stikstofbodemoschot, Nmin bodem en nitraatconcentratie grondwater

Figuur 2, Figuur 3 en Figuur 4 geven de stikstofoverschotten, Nmin najaar en nitraatconcentraties in het grondwater weer per deelnemend bedrijf. In alle gevallen geldt dat deze waarden niet per se een representatief bedrijfs­gemiddelde zijn. Veel telers hebben deelnemende percelen voor dit project specifiek gekozen, omdat ze weten dat daar een bepaalde uitdaging ligt.

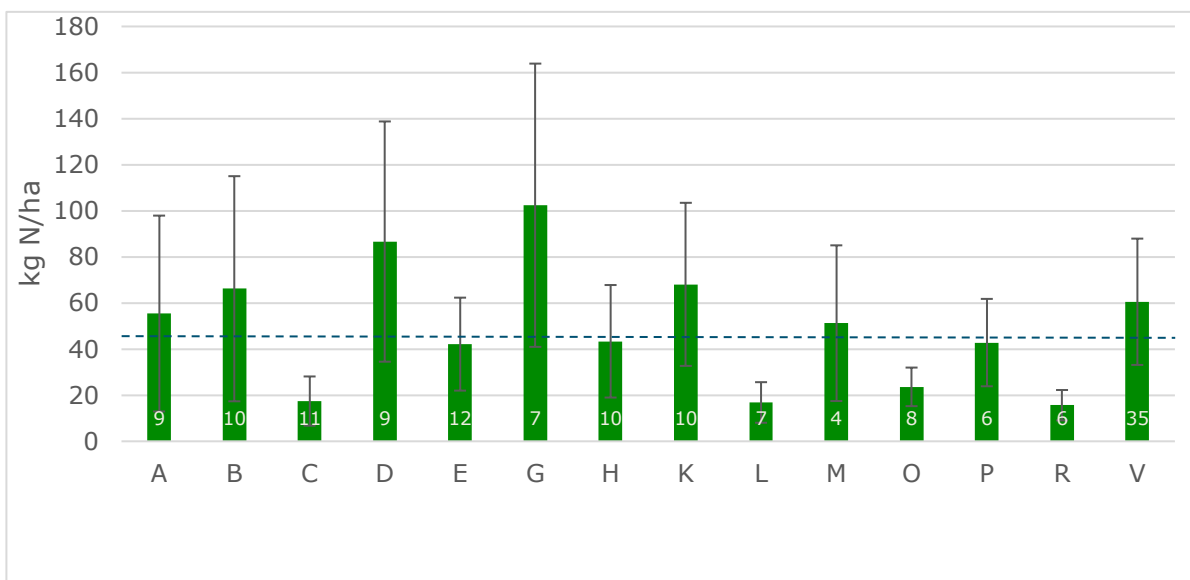
Voor bijna alle bedrijven is de variatie in stikstofoverschot (Figuur 2) groot. In de meeste gevallen ligt het gemiddelde werkzame N-overschot (ruim) onder de streefwaarde.

Bij de Nmin najaar metingen (Figuur 3) zien we vooral een grote spreiding in de data bij de bedrijven met een hogere gemiddelde waarde. Telers met de hoogste waarden teelden op hun percelen in 2024 voornamelijk gewassen waarbij hoge Nmin najaar waarden geen uitzondering zijn, zoals consumptieaardappelen.

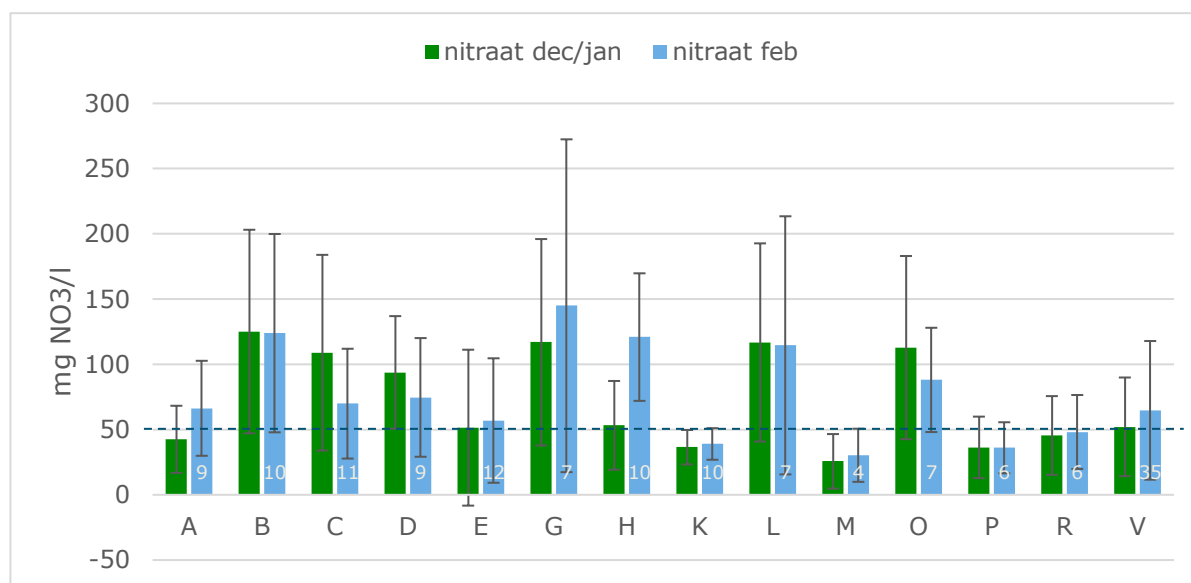
Er zijn maar enkele bedrijven die gemiddeld met hun deelnemende percelen onder de nitraatnorm van 50 mg/l uitkomen (Figuur 4).



Figuur 2. Stikstofoverschot (totaal en werkzaam) per teler weergegeven met de standaarddeviatie. Geplote getallen geven aantal percelen aan waarop gemiddelde en standaarddeviatie gebaseerd zijn. Aantallen zijn gelijk voor totaal en werkzaam stikstofoverschot. Van bedrijf V zijn geen gegevens bekend om overschotten te berekenen. Stippellijn geeft de streefwaarde weer (maximaal 50 kg N/ha).



Figuur 3. Gemiddelde Nmin najaar gemeten in de laag 0-90 cm onder maaiveld per teler weergegeven met de standaarddeviatie. Getallen in de balken geven de hoeveelheid percelen aan die bemeten zijn. Stippellijn geeft de streefwaarde weer (maximaal 45 kg N/ha).



Figuur 4. Gemiddelde nitraatconcentraties per bedrijf voor de twee meetmomenten weergegeven met de standaarddeviatie. Getallen in de balken geven het aantal percelen aan dat bemeten is per bedrijf. Op bedrijf A zijn in de eerste meetronde 8 nitraatmetingen gedaan en 9 in de tweede, bij bedrijf E zijn 10 metingen in de eerste ronde gedaan en 12 in de tweede). Stippellijn geeft de streefwaarde weer (maximaal 50 mg NO₃/l).

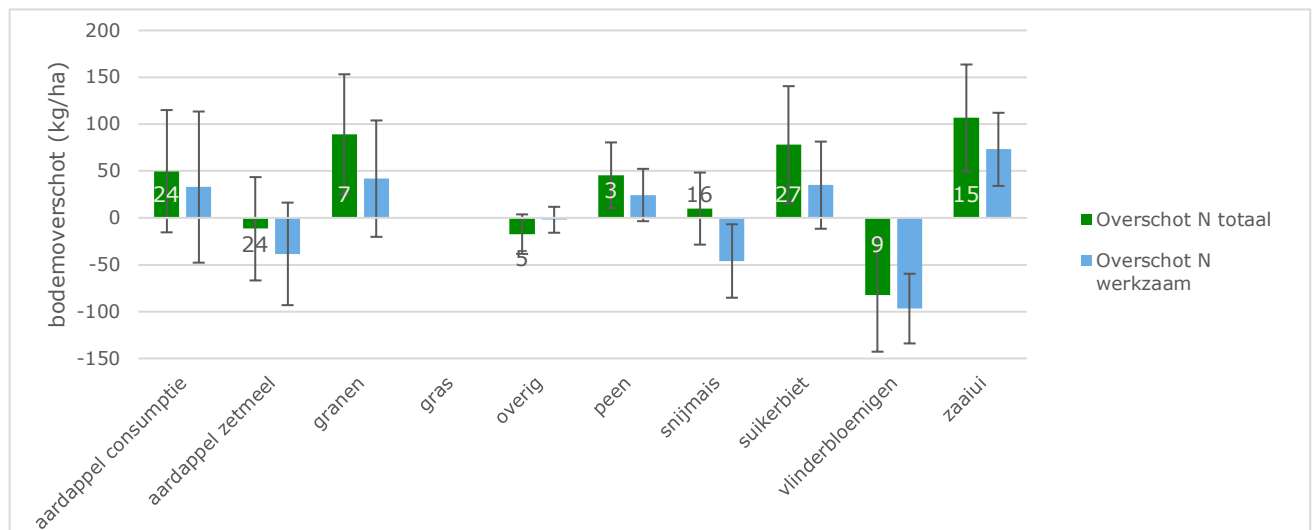
Tabel 5 geeft de gemiddelden van de nitraatmetingen weer. Op de gehele dataset valt iets meer dan de helft van de metingen boven de norm, bij de percelen in noord net iets minder dan de helft, bij de percelen in zuid bijna 70%.

Tabel 5. Overzicht van de gemiddelde nitraatconcentratie resultaten per regio en in totaal.

	gem nitraat dec/jan (mg/l)	gem nitraat feb (mg/l)	% > norm dec/jan	% > norm feb
Totaal	71	76	57%	58%
Noord	59	63	47%	49%
Zuid	85	91	69%	68%

3.1.2 Resultaten per gewas stikstofbodemoverschot, Nmin bodem en nitraatconcentratie grondwater

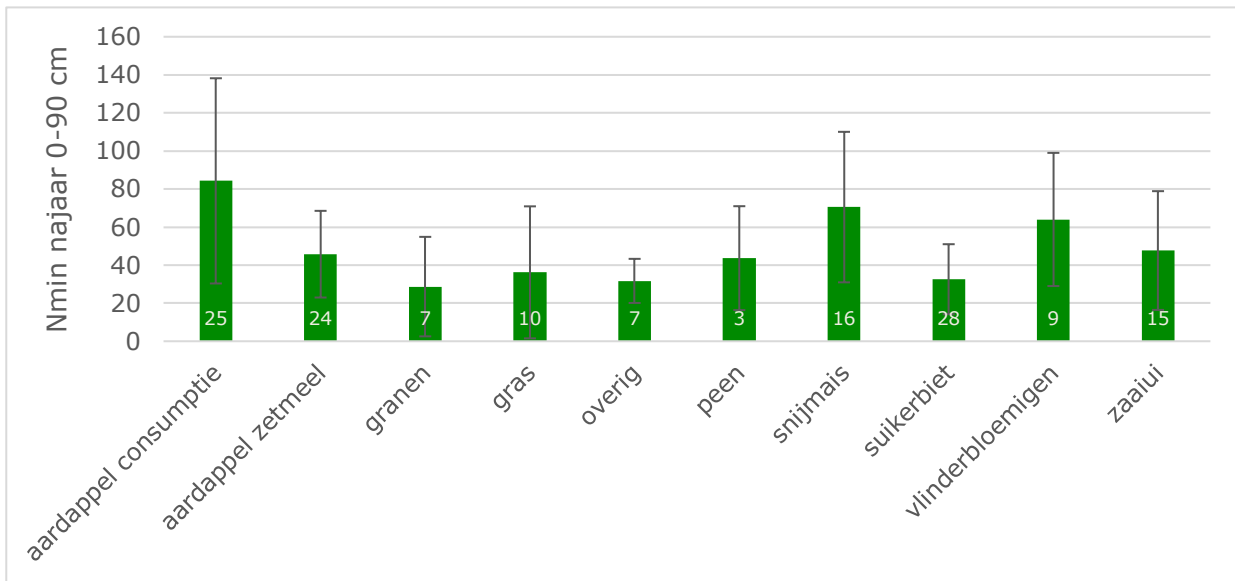
Uitgesplitst per gewas zien we voor het bodemoverschot (Figuur 5) een aantal zaken terug: na consumptieaardappelen blijft er meer stikstof in de bodem achter dan na zetmeelaardappelen. Zetmeelaardappelen zijn minder stikstofbehoefstig en nemen ook langer stikstof op dan consumptieaardappelen. Bij de granen zien we een hoog overschot, terwijl graan een gewas is dat zeer stikstofefficiënt is. Op veel van de deelnemende graanpercelen is na de hoofdteelt nog bemest in de stoppel. Vervolgens is er vaak wel een groenbemester ingezaaid, maar aangezien deze geen stikstof afvoert is het overschot relatief hoog. Voor vlinderbloemigen wordt een negatief overschot verwacht tussen aanvoer en afvoer, omdat deze zelf stikstof uit de lucht binden. Van uien weten we dat ze niet heel stikstofefficiënt zijn en een overmaat aan stikstofaanvoer ten opzichte van hun opname nodig hebben.



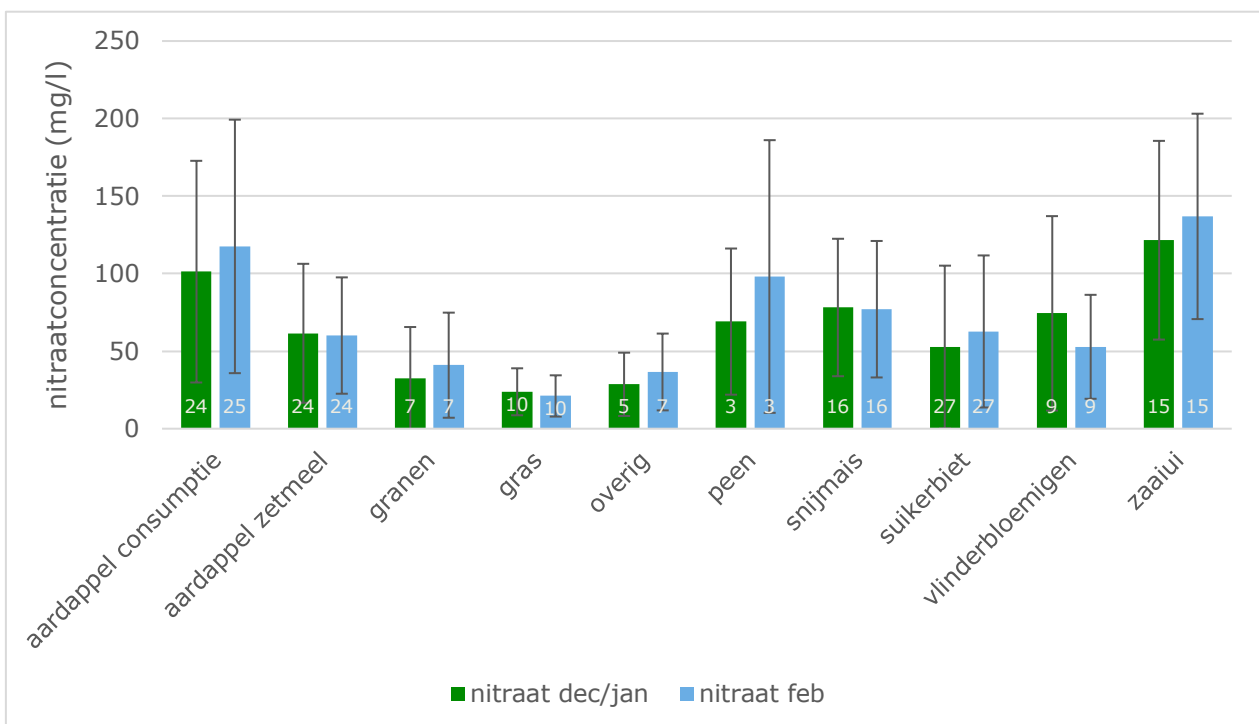
Figuur 5. Stikstofoverschot (totaal en werkzaam) per gewas(groep) weergegeven met de standaarddeviatie. Geplote getallen geven aantal percelen aan waarop gemiddelde en standaarddeviatie gebaseerd zijn. Aantallen zijn gelijk voor totaal en werkzaam stikstof.

De Nmin najaar metingen per gewas (Figuur 6) laten over het algemeen geen heel hoge waardes zien, met uitzondering van de gewassen consumptieaardappelen en snijmais, waarin dit vaker wordt gezien. Opvallend is de grote standaarddeviatie in alle gewassen.

De gemiddelde nitraatconcentratie in het grondwater bleef alleen na granen en gras onder de nitraatnorm van 50 mg/l (Figuur 7). Opvallend is de hoge nitraatconcentratie bij peen, maar hierbij moet worden opgemerkt dat het hier slechts om drie meetpunten met een grote spreiding gaat. Vooral bij de consumptieaardappel en zaaiui is de gemeten nitraatconcentratie hoog. Ook hier geldt dat er in alle percelen sprake is van een grote spreiding tussen de gemeten waarden op beide meetmomenten.



Figuur 6. Gemiddelde Nmin najaar gemeten in de laag 0-90cm onder maaiveld per gewas(groep) weergegeven met de standaarddeviatie. Getallen in de balken geven de hoeveelheid metingen aan.

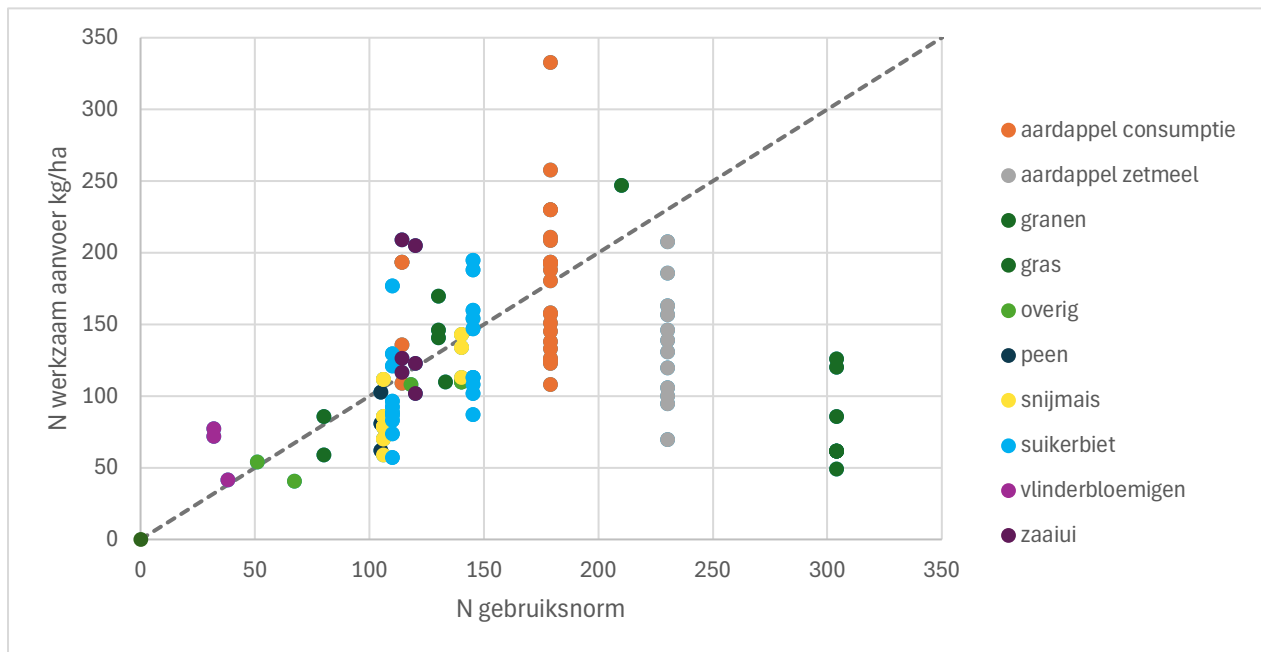


Figuur 7. Gemiddelde nitraatconcentraties per gewasgroep voor de twee meetmomenten weergegeven met de standaarddeviatie. Getallen in de balken geven de hoeveelheid metingen aan.

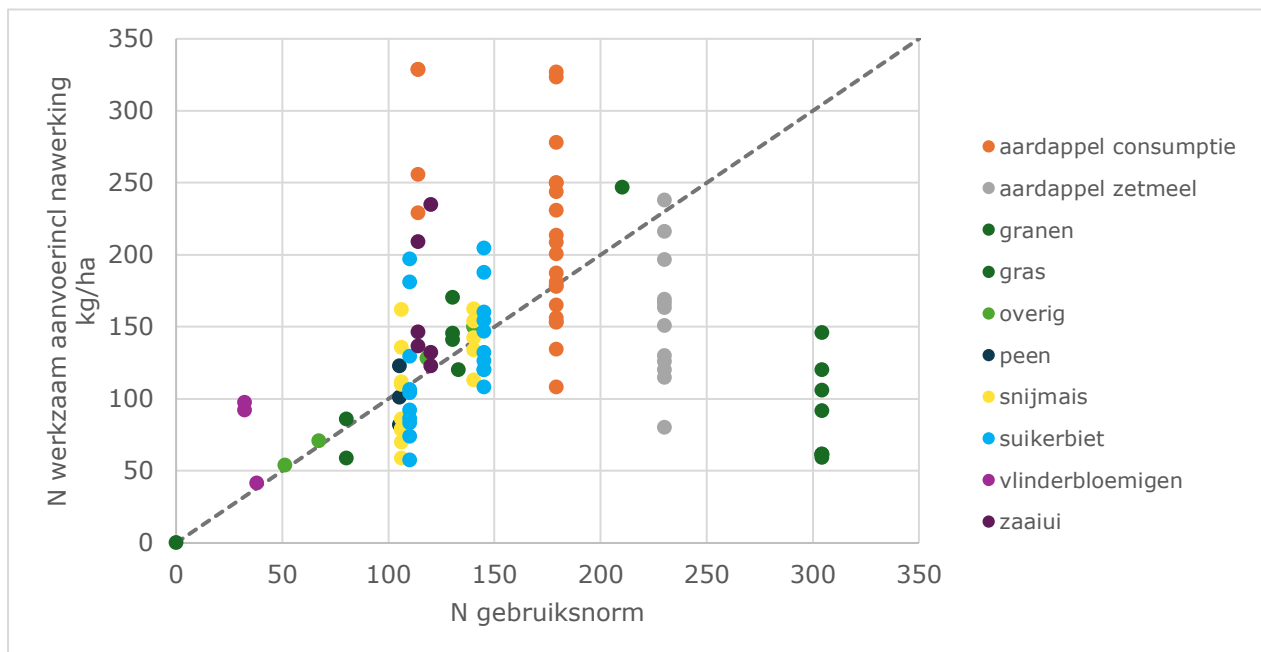
3.1.3 Relaties tussen metingen en management

Figuur 8 en Figuur 9 geven de aangevoerde werkzame stikstof weer ten opzichte van de geldende gebruiksnorm. Alle punten die onder de stippellijn liggen hebben een lagere stikstofaanvoer dan de gebruiksnorm, punten die erboven liggen een hogere. Wat met name opvalt zijn de aardappelen: de zetmeelaardappelen worden in alle gevallen (ruim) onder de gebruiksnorm bemest, bij de consumptieaardappelen zien we een grote spreiding met zowel aanvoer ruim onder als boven de gebruiksnorm. Een gedeelte van de verklaring hiervoor ligt in rasverschillen; in de zetmeelteelt wordt volop

ingezet op rassen met een lagere behoefte, en in de consumptie teelt zien we zeer grote verschillen in stikstofbehoefte tussen de rassen.

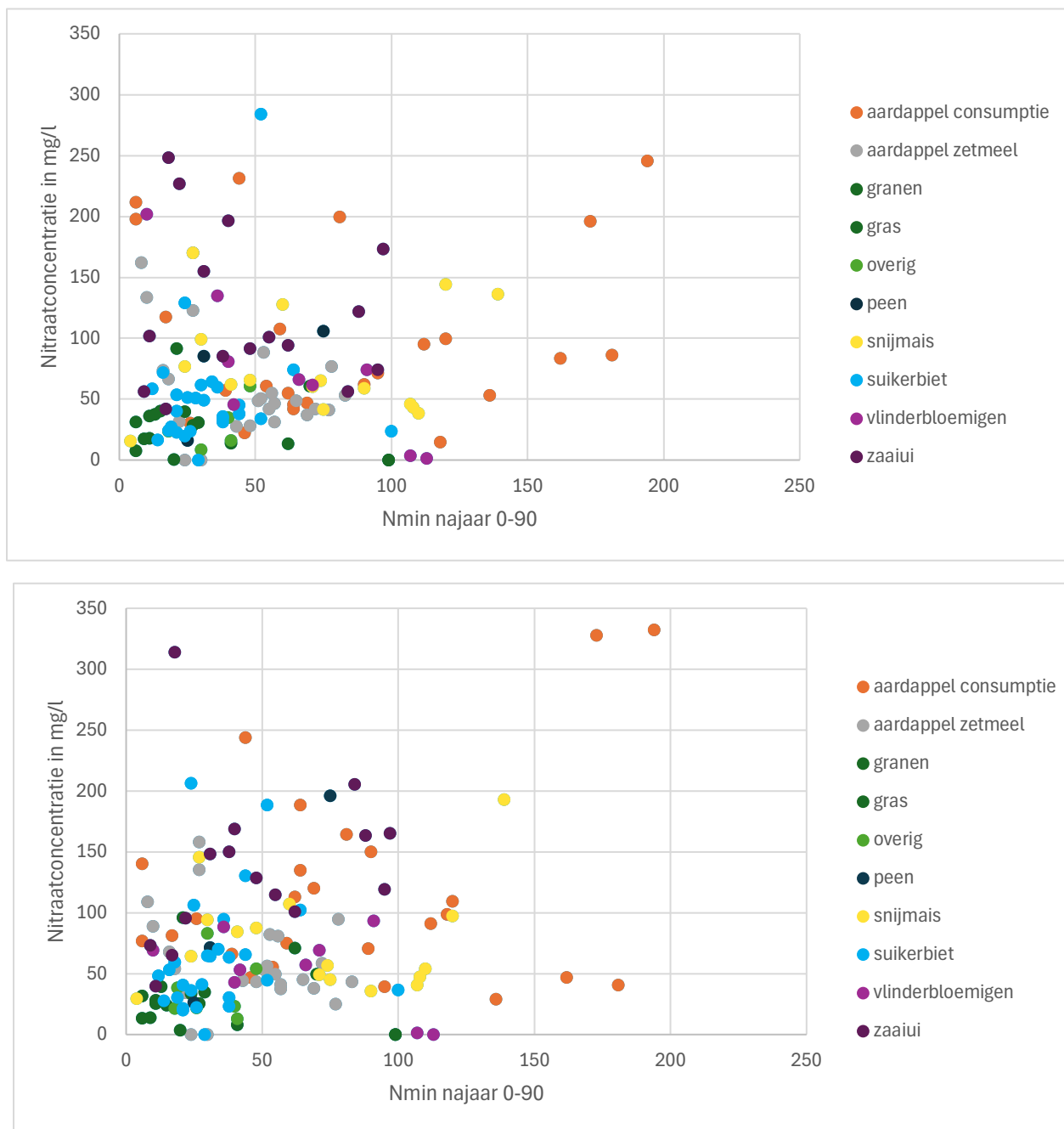


Figuur 8. Wettelijke stikstofgebruiksnorm uitgezet tegen de hoeveelheid aangevoerde werkzame stikstof uit bemesting.



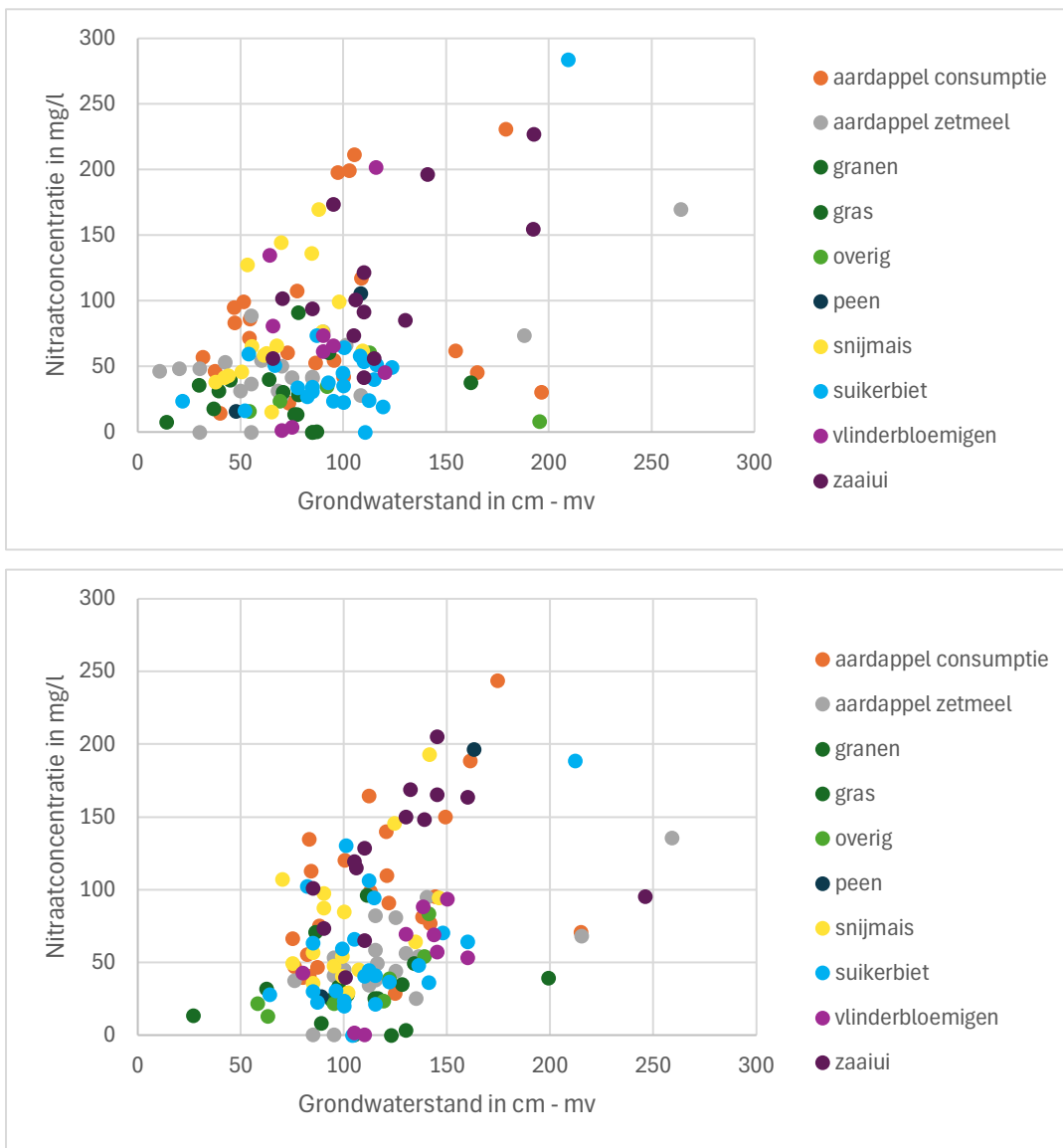
Figuur 9. Wettelijke stikstofgebruiksnorm uitgezet tegen de hoeveelheid werkzame stikstof uit aanvoer met meststoffen en nawerking uit gewasresten en groenbemesters. Hier wordt zichtbaar dat deels meer dan de gebruiksnorm voor dat gewas wordt aangevoerd, maar deels ook minder. Dit is vooral bij gras en zetmeelaardappelen het geval.

Uit de data lijkt geen lineaire relatie tussen de Nmin najaar en nitraatmetingen in het bovenste grondwater (Figuur 10), ook niet voor individuele gewassen.



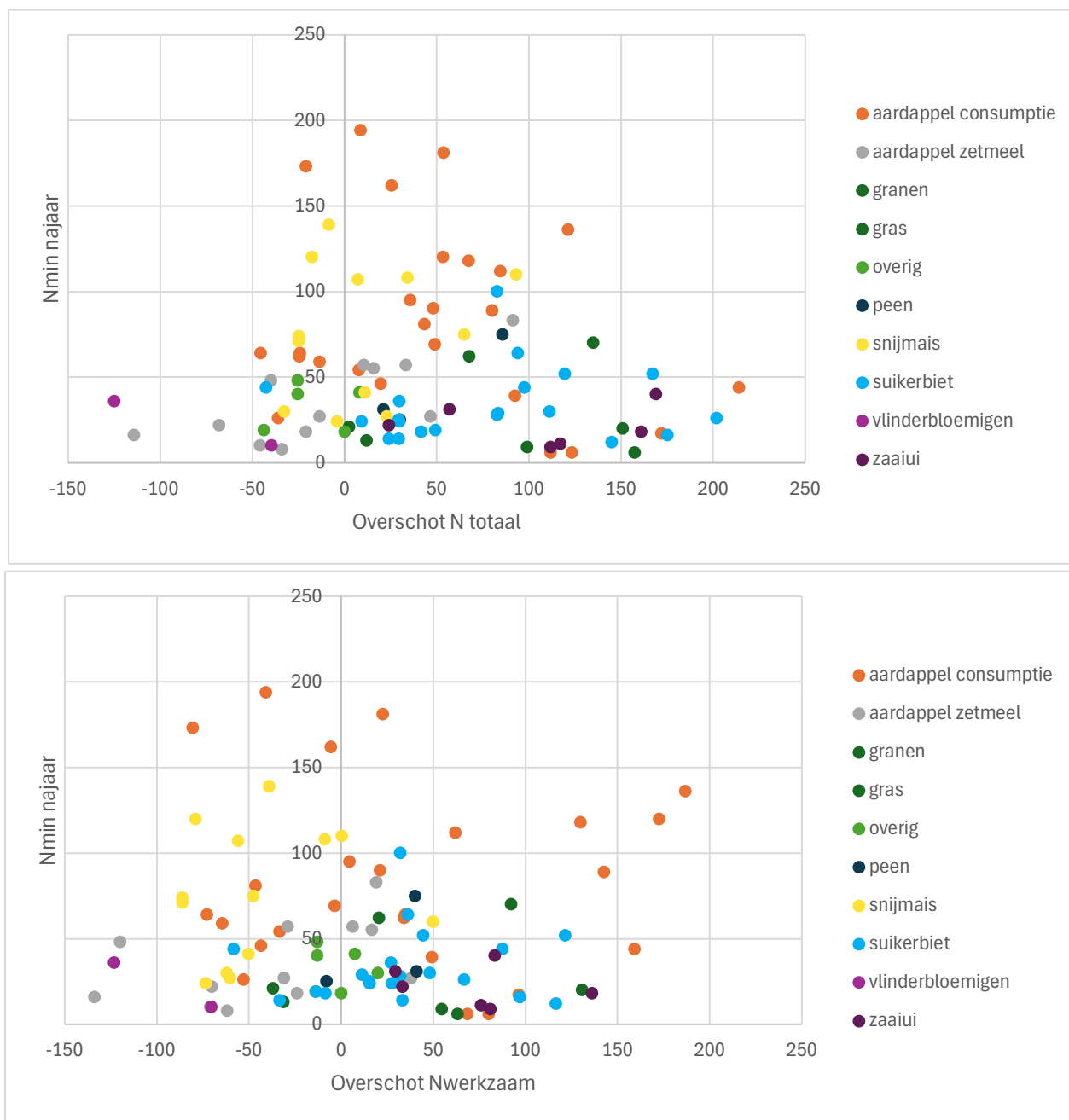
Figuur 10. Nmin metingen uitgezet tegen nitraatconcentraties gemeten in dec/jan (boven) en februari (onder).

Er is een matige relatie tussen de gemeten nitraatconcentratie en de grondwaterstand ten tijde van de meting (Figuur 11). Het valt vooral op dat de grondwaterstanden bij de tweede meting, in februari, over het algemeen een stuk dieper waren dan in januari, doordat de periode tussen de metingen relatief droog was en er dus weinig grondwateraanvulling was.

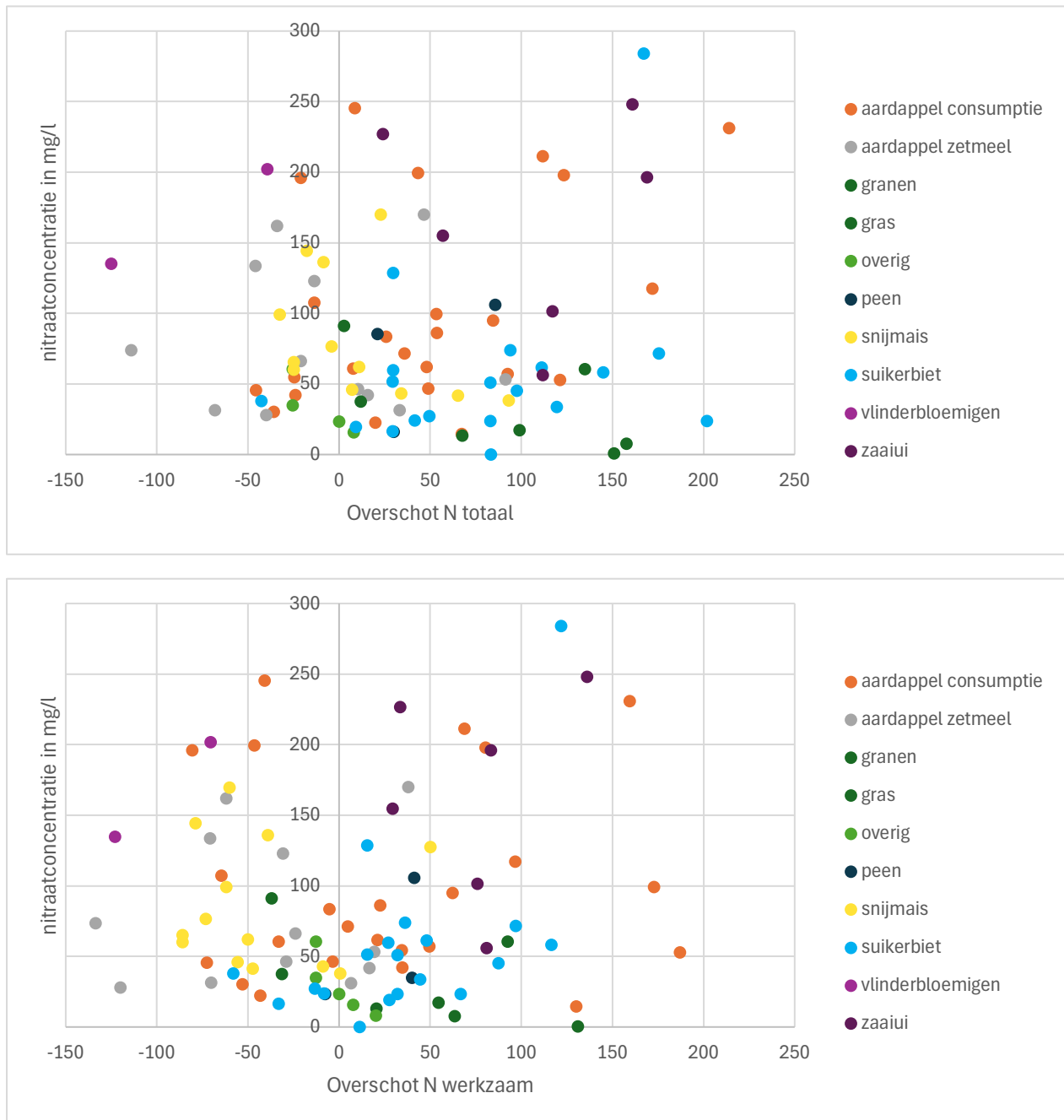


Figuur 11. De grondwaterstand uitgezet tegen de nitraatconcentratie gemeten in dec/jan (boven) en in feb (onder).

Om de relatie tussen effecten van het handelen van de teler en de stikstofuitspoeling in kaart te brengen is het stikstofoverschot uitgezet tegen de Nmin najaar metingen (Figuur 12) en tegen de nitraatconcentraties in het grondwater (Figuur 13). Voor beide zien we geen eenduidige relatie, ook niet voor individuele gewassen.

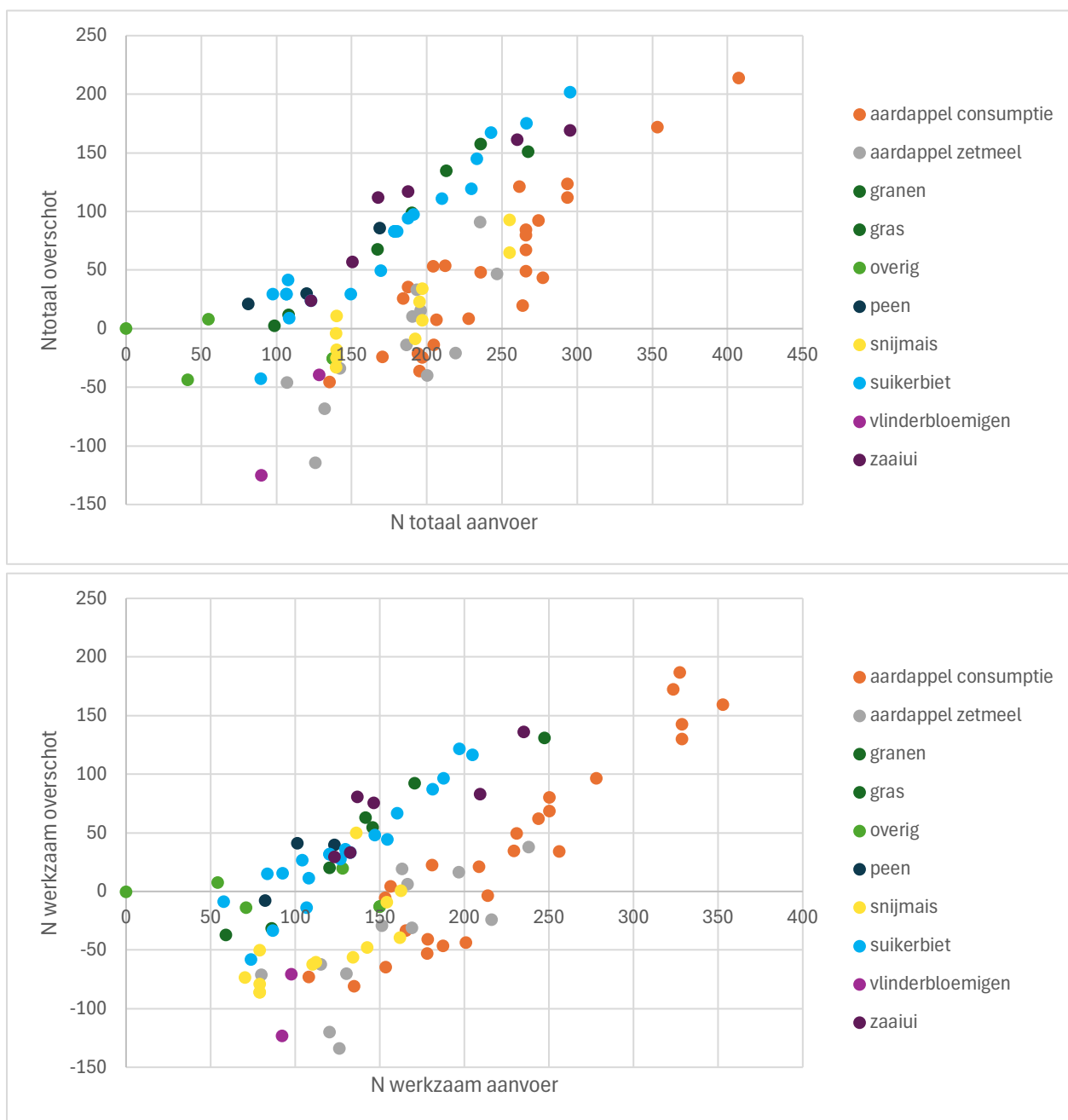


Figuur 12. Het totale (boven) en werkzame (onder) stikstofoverschot uitgezet tegen de Nmin meting gedaan in het najaar.



Figuur 13. Het totale (boven) en werkzame (onder) stikstofoverschot uitgezet tegen de nitraatconcentraties in het grondwater.

Het stikstofoverschot is afhankelijk van de hoeveelheid aangevoerde stikstof, zoals zichtbaar is in Figuur 14. Hoe hoger de aanvoer, hoe hoger het overschot, vooral bij hoge giften waarbij het gewas de hogere gift niet kan benutten voor een hogere opbrengst. Voor werkzame stikstof is dit verband duidelijker dan voor de totale hoeveelheid stikstof. Ook zit er verschil tussen de verschillende gewassen, voor consumptieaardappel en suikerbiet lijkt er een duidelijker verband dan voor zetmeelaardappelen en snijmais bijvoorbeeld.



Figuur 14. Totale (boven) en werkzame (onder) stikstofaanvoer uitgezet tegen het stikstofoverschot.

3.2 Resultaten verdergaande maatregelen

Tabel 6 en beschrijvingen per maatregel hieronder geven de resultaten van het testen van verdergaande maatregelen op de Nmin en nitraatmetingen weer. De percentages in laatste 3 kolommen van tabel 8 geven de gemeten waarde van de verdergaande maatregel weer, relatief ten opzichte van de standaard voor Nmin, nitraatconcentraties gemeten in december of januari en nitraatconcentraties gemeten in februari. We zien overall geen duidelijk positief effect van de uitgevoerde maatregelen.

1. *Vroeger scheuren grasland*

Uit gescheurd grasland mineraliseert veel stikstof, die zo veel mogelijk benut moet worden door het volggewas. Vroeg scheuren kan meer N mineraliseren voorafgaand aan de opnamepiek van aardappelen (juli). In 2024 was het voorjaar nat en kon pas laat gescheurd worden, slechts twee weken vroeger dan normaal scheuren, waardoor geen grote verschillen verwacht worden. Bovendien spoelde veel stikstof al uit vóór opname door het hoofdgewas, mogelijk ook een deel van de al gemineraliseerde graszode. De teler blijft overtuigd dat vroeg scheuren in een droger voorjaar wel effect heeft en herhaalt de demo in 2025.

2. *Aangepaste bemesting na scheuren grasland*

Bij het scheuren van grasland mineraliseert organische stikstof vrij traag. Daarom is gekozen voor een basisbemesting met mineralenconcentraat die meer minerale N bevat, zodat vroeg voldoende nutriënten beschikbaar zijn en later minder N mineraliseert. Dit gebeurde in plaats van rundveedrijfmest, maar door late pootdatum en externe groeibelemmingen is er geen positief effect gevonden. Waarom de nitraatconcentratie zoveel hoger was bij de verdergaande maatregel is onduidelijk en moeilijk te verklaren. Wegens contractuele verplichtingen over afname rundveedrijfmest met verhuurder van de percelen wordt deze maatregel niet herhaald.

3. *Bemesting volgens gebruiksnorm*

De stikstofgebruiksnorm bij zaaiuien in dit gebied is erg laag en het gat naar de adviesgift is erg groot. Daarom wordt er bij andere, minder salderende teelten stikstofruimte gecreëerd om de zaaiuien een hogere gift te kunnen geven. Bij deze maatregel is een strook bemest volgens de gebruiksnorm. Een positief effect hiervan bleef uit, maar het verschil in bemesting was ook niet heel groot. Daarnaast viel de opbrengst en daarmee de afvoer van stikstof bij het gebruiksnorm object wat lager uit. Met de nieuwe stikstofnormen in NV-gebieden gaat deze teler niet door met deze maatregel, omdat het risico dat er veel opbrengst verloren gaat te groot wordt.

4. *Geen bemesting in de stoppel na vroege aardappel*

Na de aardappelteelt blijft er relatief veel stikstof over in het bodemprofiel. Om de aardappels als rustgewas aan te merken moet er voor 1 september een onbemest vanggewas gezaaid worden. Echter vond de oogst al half juli plaats en werd er voor voederdoeleinden Italiaans raaigras geteeld. Normaal gesproken zou teler voorafgaand aan de inzaai een bemesting uitvoeren met rundveedrijfmest, om de grasopbrengst te verhogen. Nu is ervoor gekozen een strook niet te doen met als doel zo laag mogelijk uit te komen op het nitraat in het grondwater. Echter was de nitraatconcentratie hoger bij het onbemeste deel. Een verklaring kan zijn dat het gras waar bemest is toch wat makkelijker weggroeide en dieper is gaan wortelen, en daarmee meer nutriënten opgenomen heeft. Visueel is ook waargenomen dat de onbemeste strook minder goed ontwikkelde en de grasopbrengst lager was. Samen met een hogere nitraatconcentratie in deze strook vraagt teler zich af of deze maatregel in alle gevallen wel zo effectief is.

5. *Slow release meststoffen*

Omdat veel zandpercelen maar een dunne teeltlaag hebben kan uitspoeling al starten na relatief weinig neerslag. Slow release meststoffen houden hun stikstof langer vast in een niet uitspoelingsgevoelige vorm. Deze stikstof komt gecontroleerd vrij tijdens het groeiseizoen, als het gewas stikstof opneemt. Het nadeel is echter dat als de N-opname tegenvalt, deze stikstof alsnog vrij gaat komen. Daarom is er ook een object aangelegd met een lagere N-gift. Uit de metingen kwam juist een negatief effect naar voren, mogelijk is door het korte groeiseizoen de stikstof te laat vrijgekomen. Teler verwacht dat het effect van deze maatregel in uien groter is dan in aardappelen en wilt volgend jaar deze meststof in uien uitproberen.

Tabel 6. Effecten van verdergaande maatregelen op Nmin en nitraatmetingen.

Verdergaande maatregel	Gewas		Nmin najaar	Nitraat dec/jan	Nitraat feb	Nmin najaar % t.o.v. standaard	Nitraat dec/jan % t.o.v. standaard	Nitraat feb % t.o.v. standaard
1. vroeger scheuren van grasland	Consumptie aardappel	standaard	89	NB	71	133%		140%
		maatregel	118	15	99			
2. Aangepaste bemesting na scheuren grasland voorvrucht	Consumptie aardappel	standaard	136	53	29	88%	188%	378%
		maatregel	120	99	110			
3. Bemesting volgens gebruiksnorm gewas	Zaaiui	standaard	11	102	40	82%	55%	185%
		maatregel	9	56	73			
4. Geen bemesting in de stoppel na vroege oogst	Consumptie aardappel	standaard	17	117	81			
		maatregel ras Anosta	6	198	140	35%	169%	172%
		maatregel ras Felsina	6	211	77	35%	180%	95%
5. Slow release meststoffen (twee niveaus)	Consumptie aardappel	standaard	95	72	40			
		maatregel 80%	162	84	47	171%	117%	119%
		maatregel 100%	181	86	40	191%	120%	102%
7. Toepassing mineralenconcentraat	Consumptie aardappel	standaard	54	61	56	109%	177%	135%
		maatregel	59	108	75			
8. Toepassing stikstofbindende bacteriën	Consumptie aardappel	standaard	194	245	332	89%	80%	99%
		maatregel	173	196	328			
9. Eerder beregenen	Consumptie aardappel	standaard	90	62	150	71%	74%	126%
		maatregel	64	46	189			
10. Bijbemesten op basis van monitoring	Consumptie aardappel	standaard	62	55	113	103%	77%	119%
		maatregel	64	42	135			
11. Vaste mest aan de basis perceel 1	Snijmais	standaard	107	46	34	70%	91%	126%
		maatregel	75	42	43			
11. Vaste mest aan de basis perceel 2	Snijmais	standaard	108	43	58	102%	88%	79%
		maatregel	110	38	46			
12. Bemesting met alleen drijfmest	Zetmeel aardappel	standaard	8	162	109	125%	83%	82%
		maatregel	10	134	89			
15. Stoppelbewerking t.b.v. beter slagen vanggewas	Mais (CCM)	standaard	48	61	54	83%	58%	43%
		maatregel	40	35	23			

7. Toepassing mineralenconcentraat

De teler strooit normaal gesproken kunstmest aan de basis bij de aardappelen. Echter is mineralenconcentraat als kunstmestvervanger steeds sterker in beeld. Het voordeel is dat er hier ook andere nutriënten bijzitten en dat de stikstof bijna volledig uit ammonium bestaat (deze zal de eerste weken niet uitspoelen, totdat deze is omgezet naar nitraat). In 2025 wordt deze maatregel herhaald.

8. Toepassen stikstofbindende bacteriën

Bij deze maatregel wordt de bemesting verlaagd en een stikstofbindende bacterie toegevoegd. Deze zou, in geval van stikstoftekort, zelf de plant van extra stikstof kunnen voorzien. Na goede resultaten in 2023 is de maatregel met succes herhaald. Teler is enthousiast over de maatregel en gebruikt deze in 2025 opnieuw. Vraag die wel rest is welk proces er zich afspeelt in het gewas. Uit onderzoek is gebleken dat de gebruikte bacterie niet in staat is om zelf stikstof uit de lucht te binden. Toch komen we hier tot een hogere opbrengst en een lagere nitraatconcentratie bij een lagere bemesting.

9. Eerder beregenen

Uit onderzoek blijkt dat vochttekort een belangrijke oorzaak is van lagere opbrengsten. De hypothese is dat eerder beregenen bij vochttekort de opname van nitraat en water kan verbeteren en zo opbrengstverlies kan beperken. In deze demo is daarom eerder in het seizoen gestart met beregenen. Door het uitzonderlijk natte jaar 2024 was beregenen echter nauwelijks nodig, waardoor het effect van de maatregel verwaarloosbaar was.

10. Bijmesten op basis van monitoring

N-mineralisatie uit organische delen is moeilijk te voorspellen en de hoogte ervan kan van jaar tot jaar erg variëren. Dit zorgt ervoor dat een bijbemesting tijdens het groeiseizoen niet altijd even hoog hoeft te zijn. Door tijdens het seizoen zowel gewas als bodemonsters te nemen, kan nauwkeuriger bepaald worden of en hoe hoog de bijbemesting moet zijn. Teler is enthousiast over deze methode en herhaalt dit graag in 2025.

11. Vaste geitenmest i.p.v. rundveedrijfmest

Op twee percelen is voor het tweede jaar de vergelijking vaste geitenmest versus rundveedrijfmest aangelegd. In 2024 groeide op beide percelen snijmais. De hypothese is dat vaste geitenmest op termijn leidt tot een betere bodemvruchtbaarheid en daarmee de gewassen beter groeien, wat leidt tot een hogere N-afvoer. Echter kan het op kortere termijn wel leiden tot hogere uitspoeling, aangezien de werkingscoëfficiënt van vaste mest lager is dan rundveedrijfmest en er dus meer N aangevoerd wordt. Op beide percelen zagen we hoge N_{min} hoeveelheden in de bodem in het najaar (zowel op het vaste geitenmest als rundveedrijfmest gedeelte), terwijl de nitraatconcentraties acceptabel waren in januari en februari. Het is een langjarige vergelijking dus de betreffende teler herhaalt in 2025 op dezelfde plek deze maatregel (net als in 2023 en 2024).

12. Bemesting met alleen drijfmest

In deze vergelijking is 35 kg/ha N minder gegeven dan de standaard bemesting van 147 kg/N per hectare. De hypothese is dat er minder nitraatuitspoeling zal zijn in het gedeelte waar minder stikstof is gegeven. Na oogst in augustus was zowel op het gedeelte waar minder stikstof was gegeven als de standaard nog 38 kg/ha minerale stikstof aanwezig in de laag 0-60 cm. Later in het najaar was daar 10 kg/ha minerale N van over in de laag 0-90 cm in het gedeelte waar minder stikstof was gegeven, wat erg laag is. In de standaard was 8 kg/ha minerale N gemeten. Qua minerale N was er dus nauwelijks tot geen verschil gemeten in deze vergelijking.

Aangezien het grondwater op dit perceel heel diep zit, zijn er bodem(grond)monsters genomen van de laag 150-300 cm diepte. Uit dit bodem(grond)monster is vervolgens vocht geslingerd waaruit het nitraat is gemeten. Opvallend is dat er in januari en februari gemiddeld 111 mg/L nitraat in het bodemvocht zat in de laag 150-300 cm in het gedeelte waar minder stikstof was toegepast in de teelt. In de standaard was 136 mg/L nitraat in het bodemvocht gemeten in de laag 150-300 cm. Deze hoeveelheden nitraat in het bodemvocht zou je niet verwachten, gezien de minerale stikstof die is gemeten in augustus en later in het najaar. Hierbij moet vermeld worden dat de standaard tegen een geer aan lag in het veld en onnauwkeurigheden kan hebben veroorzaakt. Daarnaast werd er gedurende het seizoen een hogere onkruiddruk waargenomen in het gedeelte waar minder bemest was (door minder loofgroei). Dit heeft negatieve gevolgen tijdens het oogsten van de aardappelen.

15. Stoppelbewerking t.b.v. beter slagen vanggewas

De hypothese van deze maatregel is om de achtergebleven stoppel te bewerken zodat vanggewas beter groeit. Zowel de minerale stikstof als de nitraatconcentraties waren beter in het gedeelte waar de stoppel was bewerkt, echter waren op het veld geen groeiverschillen in het vanggewas waargenomen. Bovendien was de grondwaterstand in het standaard object gemiddeld 20 cm dieper dan de grondwaterstand in het object waar de stoppel was bewerkt.

3.3 Resultaten communicatie

Interne communicatie met telers

In 2024 zijn de telers op 29 januari landelijk bijeengekomen voor een projectbijeenkomst in Bunschoten. Tijdens de bijeenkomst zijn resultaten van het jaar daarvoor gepresenteerd en besproken met elkaar en is ook gediscussieerd over de plannen en verdergaande maatregelen voor het volgende jaar. In de zomer zijn telersbijeenkomsten in de regio georganiseerd. Op 31 juli in regio Noord en op 5 augustus in de regio Zuid. Tijdens deze bijeenkomsten is bij een teler in het veld gekeken en is ook de voortgang van het project besproken. In 2025 zijn in de winterperiode in Noord 2 bijeenkomsten van een halve dag gehouden waarbij de eerste bijeenkomst gericht was op het geven van meer achtergrondkennis rond stikstofverliezen en de tweede op het delen en bediscussiëren van de resultaten. In de regio Zuid is één bijeenkomst georganiseerd waar dit in 1 hele dag is gedaan. Daarnaast zijn regelmatig Whatsappupdates met de telers gedeeld om ze op de hoogte te houden van de ontwikkelingen in het project.

Externe communicatie

Naast de interne telersbijeenkomsten in de zomer zijn ook twee externe bijeenkomsten voor andere telers georganiseerd, op 23 augustus in regio Zuid en op 4 september in regio Noord. Tijdens deze bijeenkomsten is het project gepresenteerd, de resultaten van het eerste jaar en ook waren veldbezoeken aan de verdergaande maatregelen onderdeel van de bijeenkomst. Over de bijeenkomst in regio Zuid is bijgevoegd artikel gepubliceerd op de Topbodem microsite van Agrio: <https://www.akkerwijzer.nl/artikel/1082093-aardappelen-bemesten-in-lastig-seizoen-2024-daar-hebben-we-geen-vergelijkbare-ervaring-mee/> Op 6 november is in samenwerking met het Topbodemconsortium in Marwijksoord een bijeenkomst over Nmin-metingen georganiseerd. In deze bijeenkomst zijn de resultaten van het project gepresenteerd, heeft een van de telers zijn ervaringen gedeeld, is in het veld het meten van nitraatconcentraties in grondwater gedemonstreerd. Over de bijeenkomst zijn de volgende twee artikelen gepubliceerd op de Topbodem microsite van Agrio:

- <https://www.akkerwijzer.nl/artikel/1145319-nmin-meting-leerzaam-zeker-als-je-weet-waar-het-door-komt/>
- <https://www.akkerwijzer.nl/artikel/1154123-stikstofefficiëntie-met-optimale-gewasgroei-en-preventie-van-uitspoeling>

Naast deze bijeenkomsten zijn in 2024 twee bijeenkomsten met de klankbordgroep georganiseerd. De klankbordgroep bestaat uit stakeholders vanuit de watersector (waterschappen, drinkwaterbedrijven, provincies), vanuit de akkerbouwsector (o.a. sectororganisaties, toeleveranciers en afnemers) en aanpalende projecten (o.a. DAW). In de eerste bijeenkomst op 6 februari is het project gepresenteerd. In de tweede bijeenkomst op 22 mei zijn de resultaten van 2023 gepresenteerd. In 2025 is op 1 april een bijeenkomst van de klankbordgroep geweest waar vooral de resultaten uit de interviews rond houding en gedrag zijn gedeeld en besproken. Ook zijn de eerste resultaten van de metingen van teeltseizoen 2024 besproken.

Tot slot is een artikel in vakblad de Boerderij verschenen op 23 oktober: <https://www.boerderij.nl/meer-actie-nodig-voor-schoon-grondwater> en zijn enkele nieuwsberichten op de site van Beter Bodembeheer gepubliceerd rond het project:

- <https://www.beterbodembeheer.nl/nieuws/project-akkerbouw-voor-waterkwaliteit-helpt-telers-met-aanpak-stikstofverlies/>
- <https://www.beterbodembeheer.nl/nieuws/werken-aan-een-betere-waterkwaliteit-in-de-akkerbouw-op-zandgrond/>
- <https://www.beterbodembeheer.nl/nieuws/telers-streven-naar-behalen-waterkwaliteitsdoelen-maar-wisselend-2024-zorgt-ervoor-dat-behalen-van-enigszins-goede-opbrengst-op-een-staat/>

4 Discussie

4.1 Creëren van een netwerk van “voorbeeldbedrijven”

Het eerste doel van het project is het *“Creëren van een netwerk van “voorbeeldbedrijven” rond nutriënten”*. Het telersnetwerk heeft sinds de start in 2023 een goede ontwikkeling doorgemaakt. Telers hebben met de resultaten van 2023 een eerste inzicht gekregen wat de situatie is in hun eigen teelten op hun eigen bedrijf wat betreft stikstofverliezen en nitraatconcentraties in het grondwater. Met dat inzicht zijn in 2024 de eerste stapjes gezet naar vermindering van de nutriëntenverliezen op hun bedrijf. Enkele telers in het zuidoosten hebben bijvoorbeeld de bemesting in de suikerbieten verminderd na discussie tijdens de telersbijeenkomst. Dit is een proces dat meerdere jaren nodig heeft om tot een bestendige verandering te komen. Enerzijds is het van belang om de situatie voor de telers nog scherper te krijgen door meerdere jaren metingen te hebben. Beide jaren waren uitzonderlijk en de variatie in metingen is groot. Daarnaast hebben de telers voldoende tijd nodig om stappen te maken passend bij hun situatie om in te spelen op de situatie op hun bedrijf. We zien helaas ook nog dat telers maatregelen nemen die negatief zijn voor de nutriëntenverliezen zoals grote mestgiftten na de teelt. Deelname aan bijeenkomsten van het project is wisselend. Soms slagen we erin om alle telers om de tafel te krijgen, andere keren is dat lastiger vanwege andere prioriteiten bij de teler. Om beter inzicht in te krijgen in de motieven en achtergronden van de telers hebben we mede het onderzoek naar houding en gedrag ingezet (zie samenvatting van dit onderzoek in hoofdstuk 5). Helaas hebben we in 2024, het tweede projectjaar al afscheid moeten nemen van zowel een teler in Noordoost Nederland als een teler in Zuidoost Nederland. In beide gevallen hadden de telers te weinig ruimte om goed aan het project deel te nemen. Voor beide telers zijn vervangers gevonden waarbij we in het Noordoosten in de winter 2024-2025 al metingen op het bedrijf hebben kunnen uitvoeren.

4.2 Inzicht geven hoe de akkerbouw kan voldoen aan de normen

Het tweede doel van het project is *“Op hoofdlijnen inzicht geven hoe de akkerbouw op zandgrond kan voldoen aan de normen van de Nitraatrichtlijn en de Kaderrichtlijn Water en wat de effecten zijn en toepasbaarheid is van mogelijk nieuw aankomend beleid”*.

4.2.1 Focus op stikstofverliezen naar grondwater

In de uitwerking van het project is de focus gelegd op de stikstofverliezen naar grondwater. Dit is op zandgronden ook het meest grote en urgente vraagstuk in het kader van het 7^e en 8^e Actieprogramma Nitraatrichtlijn. Ook zijn de metingen in het project vooral gericht om de risico's op stikstofverliezen naar grondwater in kaart te brengen. Daarom lijkt het goed om ook in de toekomst deze focus vooralsnog aan te houden. Wel hebben we de oplossingen om te werken aan het verlagen van de stikstofverliezen verbreed. Waar het eerste jaren vooral de focus lag op het bemestingsplan en bemestingsmaatregelen gaan we dit vanaf 2025 verbreden zodat aan alle maatregelen die stikstofverliezen beperken, ook buiten bemesting, aandacht wordt besteed. Hiervoor hebben we de ICM-methodiek als kapstok gebruikt waarbij we een eerste uitwerking van Integrated Nutrient Management hebben gemaakt. In de komende jaren willen we de methode verder uitwerken.

4.2.2 Waarde van de meetresultaten

De waarde van de meetresultaten tot nu toe ligt vooral in het informeren van de deelnemende akkerbouwers over de stikstofverliezen en risico's op stikstofuitspoeling op hun bedrijf. Inzicht in de meetresultaten moet leiden tot acties om de stikstofverliezen verder te gaan beperken. De waarde van de meetresultaten naar

buiten toe is vooral indicatief. Sowieso geven de resultaten geen representatief beeld van de stikstofverliezen in de akkerbouw op zandgrond gezien het beperkte aantal bedrijven. Daarnaast is het na twee jaar nog niet mogelijk om iets aan trend te laten zien, zeker gezien de uitzonderlijke jaren die we hebben gehad met een extreem nat najaar in 2023 en een extreem nat voorjaar in 2024. Wel worden bekende trends zichtbaar qua gewas en grondwaterstand in de metingen van N-min in de bodem en nitraatconcentraties in het grondwater. De gemeten nitraatconcentraties liggen over het algemeen wat hoger dan die van het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM) van het RIVM. Dit kan komen door andere aandelen van gewassen in de metingen en verschillen in grondsoort en grondwaterstanden, maar zegt vooralsnog niets over de prestaties van de deelnemers in relatie tot de bedrijven in het LMM.

Er is momenteel veel ontwikkeling en discussie over de streefwaarden voor stikstofbodemoverschot en Nmin najaar. Eind 2025 start een project gefinancierd door LNVN om deze vast te stellen. We hebben in dit project de streefwaarde van 50 kg/ha voor het stikstofbodemoverschot en 45 kg/ha voor de Nmin najaar gebruikt. In diverse projecten zoals de maatwerkaanpak en het N-min project van COSUN zijn andere streefwaarden afgeleid. We handhaven in dit project onze streefwaarde wetende dat deze mogelijk kunnen veranderen.

4.3 Bewustwording, inspiratie en strategieën bieden aan akkerbouwers

Het derde doel van het project is *“Bewustwording, inspiratie en strategieën bieden aan akkerbouwers hoe emissies van nutriënten naar grond- en oppervlaktewater te beperken op bedrijfsniveau via optimalisatie van de teelt en het testen van verdergaande nieuwe maatregelen en daarmee te voldoen aan de doelen uit de Nitraatrichtlijn en de Kaderrichtlijn Water.”*

4.3.1 Communicatie van resultaten

We hebben in 2024 meer focus gelegd op de communicatie van de resultaten. Waar we in 2023 nog geen externe communicatie-activiteiten hadden hebben we in 2024 drie externe bijeenkomsten voor telers georganiseerd waarvan één met het Topbodemconsortium in Marwijksoord. Daarnaast is een artikel in Boerderij over het project verschenen en zijn drie nieuwsberichten op de website van Beter Bodembeheer over het project gepubliceerd. De ambitie is om de communicatie in 2025 nog verder uit te bouwen om de bewustwording bij en het handelingsperspectief van telers te vergroten. Het blijkt wel lastig te zijn om telers voldoende te interesseren voor de activiteiten. De opkomst bij de bijeenkomsten was op zijn hoogst redelijk.

4.3.2 Aanpak verdergaande maatregelen

Het testen van verdergaande maatregelen door de telers blijkt om verschillende redenen een uitdaging.

- Telers hebben moeite om maatregelen te kiezen en hebben daarbij voorkeur voor ‘makkelijke’ en risico-arme maatregelen die echter vaak maar een klein effect opleveren. Daarnaast zijn er telers die maatregelen hebben gekozen waar pas op langere termijn een effect op Nmin en nitraatconcentraties in het grondwater verwacht mag worden.
- De opgestelde lijst met maatregelen blijkt nog onvoldoende concreet en informatief. Telers en ook adviseurs weten onvoldoende wat de effecten, mogelijkheden en beperkingen van de maatregelen zijn. Hiervoor is in 2025 al een actie ingezet samen met de PPS BAAT en het KOM project Beter Bodembeheer op de agenda om de lijst maatregelen beter te onderbouwen en toe te lichten o.a. op basis van de Best Practices Akkerbouw (Dekker & de Haan, 2005) en de BOOT-lijst van DAW.
- De aandacht van telers voor het goed uitvoeren van de maatregelen is beperkt, vooral tijdens drukke periodes. Telers willen de uitvoering van de maatregel soms beleggen bij WUR of Delphy, terwijl het doel is dat ze er zelf kennis en ervaring mee opdoen.
- De planvorming rond de verdergaande maatregel was regelmatig onvoldoende. Een duidelijke vraagstelling bij de test van de maatregel ontbrak waardoor niet altijd benodigde metingen en waarnemingen gedaan zijn en het onduidelijk was wanneer de test van een maatregel wel of niet goed verlopen was.
- Het gemeten effect van de maatregelen op Nmin en nitraatconcentraties in grondwater is daarom vaak klein of zelfs negatief. Dit geeft de telers niet een zetje om de maatregelen ook op grotere schaal uit te gaan voeren en om verder te werken aan het verbeteren van de waterkwaliteit.

- Niet alle maatregelen en stappen die gezet kunnen worden om de waterkwaliteit te verbeteren lenen zich goed voor een strokenvergelijking op het bedrijf van de teler. Soms is een machinedemonstratie gewenst, soms is een proef met voldoende herhalingen onder gestandaardiseerde omstandigheden nodig om de vragen van telers omtrent een verdergaande maatregel goed te kunnen beantwoorden.

4.4 Overige discussiepunten: stikstofoverschot versus stikstofbodemoverschot

In de rapportage van 2023 werd het berekende stikstofoverschot op basis van aanvoer met meststoffen en afvoer van product, vergeleken met een streefwaarde voor het stikstofbodemoverschot. Dit is onjuist. In het stikstofbodemoverschot zitten ook de posten depositie, stikstof in zaai-, poot- en plantgoed, ammoniakemissie, lachgasemissie en stikstofbinding. We hebben voor de berekeningen van 2024 één landelijk getal vastgesteld dat ook de deze posten meeneemt in de berekening van het stikstofbodemoverschot. Stikstofbinding door vlinderbloemigen hebben we hieruit gelaten omdat dit zeer gewasspecifiek is, goede kengetallen ontbreken en er vrijwel geen vlinderbloemigen geteeld worden door de telers. Eén kengetal gaat wel voorbij aan de regionale en bedrijfsverschillen die er zijn. Zo is de stikstofdepositie in Zuid-Nederland 24,5 kg N/ha en in Noord-Nederland 17,5 kg N/ha en wordt in Noord-Nederland door het grotere aandeel aardappelen in de rotatie meer stikstof met pootgoed aangevoerd dan in Zuid-Nederland (naar schatting 3,5 om 2 kg N/ha). Voor de ammoniak- en lachgasemissie wordt geen verschil tussen de regio's geschat. Netto is er via deze factoren 14,5 kg N/ha aanvoer in Noord-Nederland en 20 kg N/ha in Zuid-Nederland. Toch kiezen we er niet voor dit te verwerken in de berekeningen omdat het verschil nog relatief klein is en de teler geen invloed heeft op deze getallen.

De streefwaarde voor stikstofbodemoverschot is afgeleid van de algemene uitspoelfractie voor droge zandgronden. Ook deze zou perceelsspecifiek gemaakt kunnen worden op basis van uitspoelfracties per grondwatertrap, afgeleid uit de grondwaterstandsmetingen die met de metingen van de nitraatconcentraties wordt vastgelegd. Een andere verfijning is mogelijk met de regionale uitspoelfracties voor zandgronden die onlangs zijn afgeleid (Brussée et al., 2025). Zoals eerder aangegeven handhaven we de eerder gekozen streefwaarden in dit project.

5 Samenvatting rapport sociaal-technisch perspectief op emissiereductie

5.1 Inleiding

Aanleiding

Het project *Akkerbouw voor Waterkwaliteit* richt zich op het behalen van de KRW- en Nitraatrichtlijndoelen door technische maatregelen in de akkerbouw op zandgrond te optimaliseren en te testen op verschillende bedrijven. Er is in het project een aparte verkenning uitgevoerd naar de sociaal-technische context waarin telers opereren: hun motivatie, strategische keuzes en het bredere krachtenveld van beleid, markt en bedrijfspraktijk. Dit omdat we in het project observeerden dat de voortgang in emissiereductie niet altijd in verhouding staat tot de technische kennis en inzet binnen het project. In deze verkenning hebben we geprobeerd te begrijpen waar dat schuurt. Niet door te kijken naar wat telers of projecten 'niet doen', maar door te analyseren vanuit welke motieven, afwegingen en context keuzes worden gemaakt. Daarbij is expliciet gekeken naar de samenhang tussen motivatie, sociale normen, ervaren effectiviteit en het bredere krachtenveld waarin telers opereren. Dit deel is apart gerapporteerd in een intern verslag (Potters et al., 2025). Dit hoofdstuk omvat de samenvatting van dit verslag.

Doel verkenning

Het doel van de verkenning was driedig:

- Projectinterventies en het leren binnen het netwerk versterken
- Een basis creëren om te monitoren hoe projectinterventies bijdragen aan veranderingen in houding en gedrag rond emissiereductie
- Inzicht om emissiereductie effectiever in de praktijk te verankeren

Daarmee levert de verkenning een bijdrage aan een sociaal-technische perspectief op emissiereductie en waterkwaliteitsverbetering. Met deze analyse willen we bijdragen aan:

- meer gedeeld begrip tussen telers, adviseurs, onderzoekers en beleidsmakers
- een bewustere projectaanpak waarin motivatie en context expliciet worden meegenomen
- en praktische aanknopingspunten om emissiereductie steviger te verankeren in de dagelijkse bedrijfspraktijk

De leidende vraag in deze verkenning luidt: *hoe beïnvloeden houding en gedrag van telers, en het krachtenveld waarin zij opereren, het werken aan emissiereductie en de realisatie van waterkwaliteitsnormen?*

5.2 Aanpak

Om de vraag te beantwoorden hebben we met alle deelnemende telers gesprekken gevoerd, voorafgegaan door een korte online vragenlijst. De gesprekken waren semigestructureerd: we wilden zowel hun praktijkervaringen als hun motieven, afwegingen en waarden leren begrijpen. De analyse combineerde uitspraken van telers met observaties en interpretaties. De uitkomsten zijn teruggekoppeld aan de telersgroep, de klankbordgroep en de projectorganisatie, zodat we inzichten en interpretaties konden toetsen en aanscherpen.

Bij de analyse hebben we de theorie van gepland gedrag (Ajzen, 1991) gebruikt. Die helpt begrijpen hoe persoonlijke houding, sociale normen en het gevoel van eigen effectiviteit samen beïnvloeden of een teler in actie komt. Daarbij is ook gekeken naar het bredere sociaal-technische krachtenveld: welke externe factoren beïnvloeden het handelen en waar stukt het in de praktijk. Deze inzichten vormen de basis voor aanbevelingen om het werken aan emissiereductie en het leren binnen het netwerk te versterken.

5.3 Resultaten

Hieronder eerst de belangrijkste observaties over houding en gedrag, hoe staat het met de drie voorwaarden en de bereidheid te werken aan emissiereductie? Vervolgens benoemen we een viertal spanningspunten uit het krachtenveld waarin emissiereductie vorm krijgt.

5.3.1 Houding en gedrag

Strategische motivatie en maatregelkeuze

Uit de gesprekken met de deelnemende telers komt het beeld naar voren dat zij het belang van waterkwaliteit en duurzaamheid zeker onderschrijven. Tegelijkertijd is hun persoonlijke motivatie om te werken aan emissiereductie vooral strategisch en extrinsiek. Voldoen aan waterkwaliteitsnormen wordt gezien als voorwaarden voor maatschappelijke acceptatie en het waarborgen van de toekomst van het bedrijf en de sector. Naast extrinsiek, is de motivatie niet zozeer gericht op het realiseren van emissiereductie, maar op het voorkomen van verdergaande regeldruk. Deze houding versterkt de neiging om maatregelen te kiezen met een duidelijke productiemeerwaarde. Minder aandacht is er voor het testen van verdergaande maatregelen die een grote potentie hebben voor emissiereductie, maar die naar verwachting geen ander voordeel, of zelfs risico's, met zich meebrengen.

Beleidsdruk geeft urgentie

De sociale norm rond emissiereductie wordt in belangrijke mate gevormd door beleid. Strengere bemestingsnormen brengen zorgen met zich mee over de toekomst van het bedrijf en de sector, wat bijdraagt aan een gevoelde noodzaak tot handelen. Tegelijkertijd ondermijnt wantrouwen richting de overheid, gevoed door ervaren beleidsinstabiliteit en vragen over de onderbouwing, de bereidheid om actief aan emissiereductie te werken. Druk zonder vertrouwen vormt een wankelende basis voor actie. Verwachtingen van collega-telers en adviseurs spelen minder mee. Telers geven aan weinig met elkaar over emissie en bemesting te praten, of elkaar te bevragen. Emissiereductie is ook in contacten met adviseurs, buiten het project, weinig onderwerp van gesprek.

Twijfel aan effectiviteit, niet aan vakmanschap

De vraag of de deelnemende telers denken dat zij de emissiereductiemaatregelen daadwerkelijk kunnen uitvoeren laat een tweeledig beeld zien. Over het algemeen hebben telers vertrouwen in hun vakmanschap en kennis om de maatregelen toe te passen. Tegelijkertijd bestaat onzekerheid over de effectiviteit van de maatregelen om de doelen van de KRW en de Nitraatrichtlijn te behalen. Het zijn vooral deze twijfels over het resultaat van de maatregelen, en over het behoud van opbrengst en verdienvermogen, die de perceptie van haalbaarheid en motivatie beïnvloeden, niet het vertrouwen in eigen kunnen.

Extrinsieke motivatie wiebelige basis voor samen leren

Het inzicht dat de motivatie van telers om te werken aan emissiereductie vooral extrinsiek en vermijdingsgericht is, is niet nieuw, maar wel relevant. Dit is namelijk een wiebelige basis voor gezamenlijk praktijkonderzoek. Druk vanuit regelgeving kan bijdragen aan het aanhaken van telers, echter het optimaliseren en testen van maatregelen vraagt meer leerbereidheid en betrokkenheid.

Typeren van houding en gedrag

Uit de gesprekken met telers en het projectteam kwamen acht relevante dimensies naar voren om houding en gedrag te typeren. Denk hierbij aan dimensies als de visie op de bodem, mate van regie, leerhouding en oriëntatie op bredere ontwikkelingen. Deze dimensies bieden een basis om verschillen tussen telers beter te begrijpen, te monitoren en mee te nemen in projectactiviteiten.

5.3.2 Het krachtenveld rond keuzes voor emissiereductie

Het krachtenveld waarin telers hun keuzes maken, speelt een bepalende rol in het werken aan emissiereductie. Hieronder volgt een toelichting op vier verschillende krachten die in de praktijk het gezamenlijk werken aan emissiereductie kunnen bemoeilijken.

Ongeordende vragen en versnipperd leren

In de gesprekken over maatregelen voor emissiereductie tussen onderzoek, adviseurs en telers komen veel vragen ongestructureerd aan bod. Dit varieert van vragen over teelt, beleidsonderbouwing, natuurlijke werking, meetmethoden tot praktische uitvoeringsvragen. Deze vragen worden niet altijd systematisch geordend of expliciet opgepakt. Hierdoor raakt het leren versnipperd en verschuift de aandacht van gezamenlijk leren naar het reageren op losse signalen. Door vanaf het begin met een gedeelde praktijkonderzoeksagenda te werken, kunnen vragen die opkomen worden geordend en gekoppeld aan passende leer- en onderzoeksactiviteiten.

Verschillen tussen plan, praktijk en meting

Het maken van het teelt- en bemestingsplan, de uitvoering gaandeweg het seizoen en de metingen in het najaar zijn drie verschillende realiteiten. Deze verschillen zijn niet altijd te vermijden, maar wel belangrijk om te erkennen. Ze komen voort uit uiteenlopende aannames, onverwachte omstandigheden en verschillende afwegingen. Factoren zoals weersinvloeden, bodemvariatie, timing van werkzaamheden en bedrijfsstrategieën maken het lastig om emissies eenduidig toe te schrijven aan maatregelen. Wanneer deze verschillen impliciet blijven, kan dat ruis veroorzaken en het leren belemmeren. Door gedurende het project systematisch vast te leggen welke keuzes, afwijkingen en omstandigheden gaandeweg het seizoen meespelen en deze expliciet te bespreken, kan gedeeld begrip en meer helder inzicht in de effecten ontstaan.

Conflicterende prikkels in de bemestingspraktijk

Bemestingskeuzes worden in de praktijk niet alleen bepaald door gewasbehoefte, gebruiksnormen of emissiereductiedoelen, maar ook door sterke andere prikkels. Een voorbeeld hiervan is de dynamiek van de mestmarkt, waarin afspraken met veehouders en logistieke en financiële overwegingen het handelen van telers sturen. Dit is een andere oorzaak dat planning en uitvoering soms verschillen. Belangrijk te zeggen dat dit binnen de wettelijke normen en niet uit onwil is, maar als gevolg van andere bedrijfsafwegingen. Door deze conflicterende prikkels vanaf het begin expliciet onderwerp van gesprek te maken aan de keukentafel en in telersbijeenkomsten, kan hiermee rekening gehouden worden en project zich richten op het inpassen van emissiereductie in de praktijkrealiteit.

Emissiereductie als onderdeel van bredere afwegingen

Als emissiereductie wordt meegewogen bij teeltbeslissingen, is dat voor telers natuurlijk één van meerdere doelen, naast zekerheid, rendement, risico's en vakmanschap. Het is een afweging tussen de verwachte voor- en nadelen van extra maatregelen nemen. Het expliciet bespreken en erkennen van alle overwegingen en bedenkingen, helpt om weerstand te voorkomen. Hierdoor kan de focus van het keukentafelgesprek naast maatregelen ook gaan over het verkennen hoe emissiereductie volwaardig ingepast kan worden in de logica, waarden en prioriteiten van het bedrijf.

5.4 Conclusies en aanbevelingen

De verkenning laat zien dat het werken aan emissiereductie in de akkerbouw niet alleen wordt begrensd door gebrek aan kennis of technische mogelijkheden, maar door een samenspel van motivatie, strategische afwegingen en externe prikkels binnen de dagelijkse bedrijfspraktijk. Telers handelen grotendeels vanuit extrinsieke motivatie en bedrijfsbelang, waarbij emissiereductie één van meerdere doelen is. Vragen, waarden en afwegingen blijven vaak impliciet, waardoor gezamenlijk leren versnipperd raakt en verschillen tussen intentie en uitvoering onvoldoende worden benut als leerbron. Een louter technische benadering geeft daarmee onvoldoende zicht op de realiteit waarin keuzes worden gemaakt.

Voor toekomstig praktijkonderzoek is het van belang om deze realiteit vanaf het begin expliciet mee te nemen. Daarom doen we de volgende aanbevelingen:

- **Breng het krachtenveld expliciet in kaart.** Begin projecten met een overzicht van bedrijfsrealiteit, marktprikkels, regelgeving en praktische beperkingen, zodat alle betrokkenen begrijpen binnen welke context keuzes en acties plaatsvinden.

- **Integreer aandacht voor motivatie en betrokkenheid.** Vorm de projectaanpak zo dat telers gaandeweg ervaren wat emissiereductie betekent voor hun vakmanschap, opbrengst en strategie, en gebruik dit om betrokkenheid te versterken.
- **Structureer leren met een gedeelde praktijkonderzoeksagenda.** Orden vragen en vraagstukken gezamenlijk en koppel deze aan concrete leer- en onderzoeksactiviteiten. Zo neem je ruis weg, krijgt gezamenlijk leren meer focus en kan praktijkkennis systematisch groeien.
- **Richt leren op strategie én techniek.** Bespreek naast metingen en technische kennis ook de haalbaarheid, voorwaarden en consequenties van maatregelen, zodat keuzes realistisch en toepasbaar zijn.
- **Maak houding, gedrag en obstakels bespreekbaar.** Gebruik een sociaal-technisch perspectief om risico's, praktische belemmeringen en gedragsfactoren expliciet te bespreken aan de keukentafel, zodat maatregelen uitvoerbaar, effectief en breed gedragen worden.

Door deze uitgangspunten consequent toe te passen ontstaat een praktische basis voor gezamenlijk en actiegericht leren. Emissiereductie kan daarmee een expliciet en integraal onderdeel worden van het adviesgesprek en van de afwegingen die telers in hun bedrijfsvoering maken. Deze verkenning draagt daarmee bij aan een aanpak die recht doet aan de praktijkrealiteit van telers en die emissiereductie verbindt aan gezamenlijk leren, vakmanschap en duurzame verandering.

6 Conclusies en aanbevelingen over 2024

6.1 Conclusies

We kunnen concluderen dat het project Akkerbouw voor Waterkwaliteit na twee jaar uitvoering al een aantal doelstellingen gehaald heeft en flinke stappen heeft gezet in het realiseren van de overige doelen. Onderstaand volgt per doelstelling een korte reflectie van de realisatie en wat daarop van invloed is geweest.

Doelstelling 1: Creëren van een netwerk van "voorbeeldbedrijven" rond nutriënten

Het vormgeven van een praktijknetwerk kost tijd en veel aandacht. Betrokkenen moeten inzicht krijgen in de doelen van het project en de werkwijze en moeten vertrouwen krijgen in elkaar om hun ervaringen te delen en kritische vragen te kunnen stellen. Het is in de afgelopen periode gelukt om een steeds beter functionerend netwerk te creëren waarin voor telers steeds helderder wordt wat de risico's op nutriëntenverliezen op hun bedrijf zijn en hoe ze daaraan kunnen werken. Er zijn mogelijkheden om het netwerk nog beter te laten functioneren en telers meer stappen te laten zetten in het verlagen van hun nutriëntenverliezen. Het inzicht wat we gekregen hebben in houding en gedrag van de telers helpt hierbij.

Doelstelling 2: Op hoofdlijnen inzicht geven hoe de akkerbouw op zandgrond kan voldoen aan de normen van de Nitraatrichtlijn en de Kaderrichtlijn Water en wat de effecten zijn en toepasbaarheid is van mogelijk nieuw aankomend beleid.

De focus in het project ligt op het beperken van de stikstofverliezen naar het grondwater. Dat is logisch omdat dit het grootste en meest urgente probleem is. Ondanks de grote variatie die we zien in de metingen, geven telers aan meer inzicht te hebben in de problematiek en hebben ze handvatten gekregen om stikstofverliezen te beperken. Hoewel de variatie groot is, zien we gemiddeld genomen dat de metingen conform verwachting zijn. Twee meetjaren, die beide qua weersomstandigheden vrij uitzonderlijk waren, zijn niet afdoende om eventuele trends in de meetresultaten in beeld te kunnen brengen. Omdat we nog in de opbouwfase van het netwerk zitten en nieuw beleid nog niet concreet is hebben we nog niet gekeken naar de effecten en toepasbaarheid van mogelijk aankomend beleid.

Doelstelling 3: Bewustwording, inspiratie en strategieën bieden aan akkerbouwers hoe emissies van nutriënten naar grond- en oppervlaktewater te beperken op bedrijfsniveau via optimalisatie van de teelt en het testen van verdergaande nieuwe maatregelen en daarmee te voldoen aan de doelen uit de Nitraatrichtlijn en de Kaderrichtlijn Water:

- *Met behoud van opbrengst/financieel resultaat en bodemkwaliteit*
- *Zonder afwentelingen op andere maatschappelijke thema's*
- *Zowel direct toepasbare oplossingen als verdergaande strategieën*
- *Op basis van Integrated Crop Management*

Ervaringen van de telers uit het netwerk gecombineerd met de meetgegevens zorgen daarbij voor goed inzicht in de problematiek en de mogelijke oplossingen.

De meeste telers zijn geïnteresseerd in experimenteren en in de meetresultaten van de metingen op hun bedrijf. Ze experimenteren het liefst met 'makkelijke' en risico-arme maatregelen. De gekozen aanpak om verdergaande maatregelen in het praktijknetwerk te testen en demonsteren op basis van vrije keuze van de deelnemers levert nog niet het beoogde resultaat, omdat de meeste telers niet veel risico willen nemen. De maatregelen die zij uitproberen leveren vaak maar een klein en niet goed meetbaar effect op. Daarnaast hebben de telers vragen rond de werkzaamheid van maatregelen die niet (goed) beantwoord kunnen worden met een demo (strokenvergelijking).

Het project heeft een aantal activiteiten georganiseerd om akkerbouwers bewust te maken en inspiratie en oplossingen te bieden om nutriëntenverliezen te beperken. Het blijkt echter lastig om de akkerbouwers binnen en buiten het project echt te interesseren voor het onderwerp. Mede daarom hebben we het onderzoek naar houding en gedrag van de telers ingezet. Het krachtenveld voor de betrokken telers om aan waterkwaliteit te werken is in kaart gebracht en levert de volgende inzichten op:

- Het werken aan de waterkwaliteit brengt risico's met zich mee voor de teler, zoals potentieel opbrengstderving, terwijl de baten voor de maatschappij als geheel zijn, niet specifiek voor de teler.

- Door de geldende wet- en regelgeving moet men wel werken aan de waterkwaliteit, de intrinsieke motivatie hiervoor is echter beperkt en is vooral gericht op het beperken van negatieve effecten van de wet- en regelgeving en niet gericht op het bereiken van de achterliggende doelen van de wet- en regelgeving.
- Er is behoefte aan een veilige omgeving om te leren en delen over, en daadwerkelijk te werken aan de waterkwaliteit. Akkerbouw voor waterkwaliteit heeft deze veilige omgeving in de afgelopen twee jaar opgebouwd voor de betrokken telers.

Deze inzichten zijn cruciaal om te werken aan bewustwording en inspiratie van akkerbouwers en worden ook gebruikt om de communicatie vanuit het project in 2025 verder uit te bouwen.

Literatuur

Buck, A.J. de, F.J. de Ruijter, F. Wijnands, P.L.A. van Enckevort, W. van Dijk, A.A. Pronk, J. de Haan & R. Booi, 2000. Voorwaarts met de milieuprestaties van de Nederlandse open-teelt sectoren: een verkenning naar 2020. Wageningen Plant Research International Rapport 6

de Ruijter, F. J., Boumans, L. J. M., & van Asperen, P. (2006). *Grondwaterkwaliteit op open teelt bedrijven op zandgrond: resultaten van het praktijknetwerk, Telen met toekomst, 2005*. (Telen met toekomst; No. OV0601). Plant Research International. <https://edepot.wur.nl/31821>

Fraters, B., T.C. van Leeuwen, A. Hooijboer, M.W. Hoogeveen, L.J.M. Boumans & J.W. Reijs 2012. De uitspoeling van het stikstofoverschot naar grond- en oppervlaktewater op landbouwbedrijven: Herberekening van uitspoelfracties. Rapport 680716006. RIVM, Bilthoven, 33 pp.

Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2021. 7e Nederlandse actieprogramma betreffende de Nitraatrichtlijn (2022 - 2025). November 2021.

Potters, J., 2025, Samenwerken aan emissiereductie in de praktijk: een sociaal-technische verkenning. Wageningen Research, Intern rapport.

RIVM, 2020. Minerals Policy Monitoring. Programme report 2015-2018, methods and procedures. RIVM report 2020-0163

RIVM (2024). Trendrapportage: Ontwikkeling waterkwaliteit sinds 1992 (versie 15 juli 2024). <https://www.rivm.nl/landelijk-meetnet-effecten-mestbeleid/onderzoeksresultaten/trendrapportage>. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.

Schröder, J.J., J.J. de Haan, J.R. van der Schoot 2015. Meststofgebruiksruimte in relatie tot opbrengstniveaus, mestsoort en rijenbemesting. Verkenning van equivalente maatregelen met het WOG 2.0 rekenmodel. Wageningen. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving. PPO nr. 638.

Smit, A. L., de Haan, J. J., & Zwart, K. B. (2005). *Kan de akkerbouw en groenteteelt op zandgrond voldoen aan de nitraatnorm? Resultaten experimenteel onderzoek op de kernbedrijven Vredepeel en Meterik*. (Telen met toekomst; No. OV0502). Plant Research International. <https://edepot.wur.nl/28465>

Bijlage 1 Lijst met mogelijke verdergaande maatregelen

Lijst met mogelijke verdergaande maatregelen, binnen welke strategie deze horen, en welk doel ze beogen.

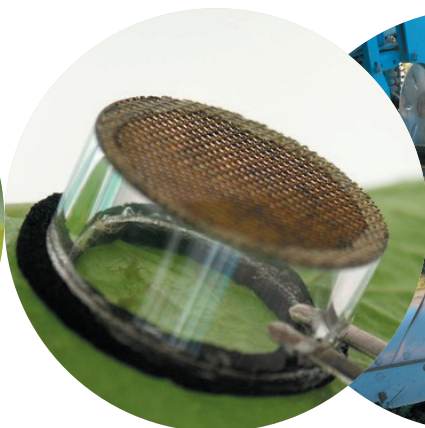
Verdergaande maatregelen	Type strategie			Doel		
	Optimalisatie strategie	High tech strategie	Agroecologische strategie	Algemeen	Grondwater	Oppervlakte water
<i>Bouwplan</i>						
Ondiep en diepwortelende gewassen afwisselen			x		x	
Meer niet-uitspoelingsgevoelige gewassen in het bouwplan			x		x	
<i>Rassenkeuze</i>						
Stikstof efficiëntie rassen inzetten	x	x	x		x	
Vroege(re) rassen kiezen, zodat vanggewas betere kans van slagen heeft			x		x	
<i>Bemestingsplan</i>						
Stikstofoverschot 25 kg verminderen, tov vorig jaar	x	x	x	x		
Strook met 20% verlaagde bemesting	x	x	x	x		
Stikstofbemesting aanpassen op oogstmoment	x	x	x	x		
Stikstofbemesting aanpassen op opbrengstpotentie en ras	x	x	x	x		
Bemesting verminderen na gescheurd grasland	x	x	x	x		
Dierlijke mest vervangen door kunstmest (100% werking ipv werking uit mest)	x	x	x	x		
Rekening houden met N-levering vanggewassen en groenbemesters korten in het jaar erop	x	x	x	x		
Dierlijke mest toepassen op moment dat het beste is voor gewas (niet omdat de kelder leeg moet)	x	x	x	x		
Mineralisatieverwachting van perceel in kaart brengen met NDICEA	x	x	x	x		
Juiste keuze soort organische mest passend bij de teelt (N-werking)	x	x	x	x		
Gebruik van langzaamwerkende meststoffen						
<i>Monitoring</i>						
Aardappel bijbemesting systeem Tipstar of ander systeem	x	x	x	x		
<i>Technieken</i>						
High-tech precisiebemesting (NPPL)		x		x		
Rijenbemesting dierlijke mest/kunstmest		x		x		
Fertigatie en druppelirrigatie		x		x		
Verdunnen drijfmest	x	x	x			x
<i>Oppervlakte water</i>						
Akkerranden/bufferstroken			x			x

	Type strategie			Doel		
Verdergaande maatregelen	Optimalisatie strategie	High tech strategie	Agroecologische strategie	Algemeen	Grondwater	Oppervlakte water
Verbeteren vlaklegging percelen	x	x	x			x
Opheffen bodemverdichting in perceel	x	x	x			x
Verbeteren bodemstructuur met combinatie juiste groenbemesters, organische meststoffen (compost) en grondbewerking			x			x
Teeltvrije zone benutten voor infiltratie afstromend water						x
<i>Najaar en groenbemesters</i>						
Niet of nauwelijks bemesten met dierlijke mest in het najaar	x		x	x		
Diep en breed wortelend vanggewas			x		x	
Werking uit dierlijke mest vergroten door vanggewassen / jaarrond groen houden perceel en dit doorberekenen het jaar erop			x		x	

Bijlage 2 Verzamelde gegevens uit de teeltregistratie

In de teeltregistratie zijn de volgende gegevens verzameld:

- Perceelsgegevens
 - Naam
 - Grondsoort
 - Diepte bouwvoor
 - Organische stofgehalte
 - Bodemvruchtbaarheidsanalyse
 - Voorvruchten
 - Indien van toepassing: inwerkdatum gras/groenbemester
- Per bemesting
 - Mestsoort
 - Datum toediening
 - Hoeveelheid
 - Toedieningswijze
 - Stikstofgehalte
 - N totaal
 - N-NH₃
 - N-org
- Grondbewerking
 - Datum
 - Methode
 - Diepte
 - Zaaibedbereiding
- Zaaien/poten
 - Ras
 - Datum
 - Opkomst
- Voorkomen van ziekten en plagen
- Irrigatie
 - Datum
 - Hoeveelheid
- Oogst:
 - Datum loofdoding indien van toepassing
 - Datum oogst
 - Bruto opbrengst
 - Marktbare opbrengst
- Groenbemester
 - Groenbemestersoort
 - Zaaidatum



Wageningen University & Research

Open Teelten

Edelhertweg 1

Postbus 430

8200 AK Lelystad

T (+31) 320 29 11 11

www.wur.nl/openteelten

WPR-OT-1183

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.800 medewerkers (6.000 fte) en 12.900 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.
