



Waterkwaliteit in Koeien & Kansen 1999 – 2022

een trendanalyse op bedrijfsniveau



Oktober 2024

Rapportnummer 97
WPR 1383



Colofon

Uitgever

Wageningen Livestock Research
Postbus 338, 6700 AH Wageningen
T (0317) 48 39 53
E info@koeienenkansen.nl
www.koeienenkansen.nl

Redactie

Koeien & Kansen

Aansprakelijkheid

Wageningen Livestock Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

Bestellen

ISSN 0169-3689
Dit rapport is gratis te downloaden op de website: <https://doi.org/10.18174/687906>

Koeien & Kansen werkt aan een duurzame en toekomstgerichte melkveehouderij.

Koeien & Kansen is een samenwerkingsverband van 16 toekomstgerichte melkveehouders, proefbedrijf De Marke, Wageningen University & Research en adviesdiensten. Met subsidie van de Ministeries van LNV en I&W en in opdracht van het georganiseerde bedrijfsleven toetst, evalueert en verbetert het project de effectiviteit en uitvoerbaarheid van (voorgenomen) diverse wet- en regelgeving onder praktijkomstandigheden en ondersteunt het de Nederlandse melkveehouderijsector bij de implementatie ervan. De resultaten van Koeien & Kansen vindt u op: www.koeienenkansen.nl. Voor vragen kunt u mailen naar: info@koeienenkansen.nl.

Dit onderzoek is uitgevoerd binnen de PPS Meerwaarde Mest en mineralen (TKI-AF-12178) en met subsidie van de Ministeries van LNV en I&W en de brancheorganisatie ZuivelNL.



Waterkwaliteit in Koeien & Kansen 1999 – 2022

een trendanalyse op bedrijfsniveau

J. Oenema¹, J. Verloop¹ & A. Hooijboer²

¹ Wageningen Plant Research

² Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu

Samenvatting

Vanaf de start in 1999 wordt jaarlijks in Koeien & Kansen (K&K) de waterkwaliteit gemeten door RIVM. Afhankelijk van grondsoort en aanwezigheid van drainage wordt grondwater, drainwater of bodemvocht en, indien aanwezig, ook slootwater bemonsterd. De meetgegevens van het RIVM zijn gebruikt om een beeld te krijgen van de effecten van melkveehouderij op waterkwaliteit bij zorgvuldig bedrijfsmanagement gericht op duurzaamheid. Het gaat hier om duurzaamheid in brede zin omdat K&K zich naast waterkwaliteit richt op meer duurzaamheidsthema's.

In deze studie is een trendanalyse uitgevoerd van de ontwikkeling van de waterkwaliteit en van de bedrijfsvoering (N-bemesting op grasland en maïsland; N-bodemoverschot op bedrijfsniveau). Geanalyseerd is hoe de waterkwaliteit zich verhoudt tot waterkwaliteitseisen (normen). Bovendien zijn waterkwaliteit en bedrijfsvoering vergeleken met respectievelijk melkveebedrijven uit het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM) en melkveebedrijven uit het Bedrijveninformatienet (BIN).

Trends in de waterkwaliteit

De nitraatconcentratie in grondwater op zandgrond is in K&K in de periode 1999–2022 afgenomen met 0,8 mg/l/jaar. In de eerste jaren (1999–2006) was de daling het grootst (3,6 mg/l/jaar), daarna vlakke deze af. De nitraatconcentratie in drain- en grondwater op kleigrond in K&K vertoont geen toe- of afname in de tijd en fluctueert tussen 2 en 15 mg/l en vertoont enkele pieken in 2003–2005 en 2017–2019. Op veengrond is de waterkwaliteit in grondwater uitgedrukt als N-totaal. De N-totaalconcentratie vertoont geen toe- of afname in de tijd en fluctueert tussen 6 en 13 mg/l en vertoont pieken in 2006 en 2020/2021. Het N-totaalgehalte in het slootwater vertoonde over de gehele periode (1999–2022) een lichte dalende trend van 0,1 mg N/l/jaar met een ietwat sterkere daling van 1,5 mg N/l/jaar in de periode 2018–2022.

Waterkwaliteit in relatie tot normen

Op de zandbedrijven in K&K wordt de norm voor grondwater regelmatig overschreden, met name in de droge jaren na 2017. Daarvoor komt het nitraatgehalte in het grondwater gemiddeld over de bedrijven overeen met de norm, met overschrijdingen voor afzonderlijke bedrijven. Op de kleibedrijven wordt de norm in grond- en drainwater zelden overschreden. Op de veenbedrijven werd de norm in het grondwater regelmatig overschreden, maar sinds 2009 komt normoverschrijding minder vaak voor. Voor slootwater gelden drempelwaarden die aanwijzingen geven voor de chemische toestand. Drempelwaarden zijn verschillend voor watersystemen afhankelijk van hun gevoeligheid voor eutrofiëring. In dit rapport is uitgegaan van 2,5 mg N/l als norm. Deze waarde wordt in bijna alle jaren op meer dan de helft van de bedrijven overschreden.

Trends in de bedrijfsvoering

In de periode 1999–2022 neemt gemiddeld op alle grondsoorten in K&K de N-bemesting van grasland en het N-bodemoverschot op bedrijfsniveau af. De daling is het sterkst in de periode 1999–2005, daarna wordt geen significante daling meer waargenomen. De N-bemesting op grasland is voor 2006 lager dan op BIN-bedrijven, na 2006 is de N-bemesting hoger dan op BIN-bedrijven. Het N-bodemoverschot neemt in het begin van de meetperiode (1998–2005) op K&K-bedrijven eerder af dan op BIN-bedrijven en is na 2006 vergelijkbaar met dat op BIN-bedrijven.

Samenloop van waterkwaliteit en bedrijfsmanagement

Bij de K&K deelnemers op zand is in het begin van de onderzoeksperiode een duidelijke daling te zien van de nitraatuitspoeling naar het grondwater, gevolgd door een afvlakking naar een min of meer constant niveau dat nabij de nitraatnorm ligt. Dit kunnen we verklaren doordat de eenvoudige ingrepen in de eerste jaren zijn toegepast en dat het complexer is om verdere afname te bereiken. Daarnaast is de opdracht van K&K na 2006 verbreed, waarbij aan K&K-deelnemers werd gevraagd om de resultaten met betrekking tot water te consolideren. Dit gaf mogelijk voor een deel van de bedrijven minder sterke impulsen om de nitraatuitspoeling structureel verder te verlagen tot een niveau onder de 50 mg/l.

De dynamiek van stikstofconcentraties in grond- en oppervlaktewater op K&K bedrijven vertonen in het algemeen een vergelijkbaar patroon met dat van LMM-bedrijven. Dit suggereert, dat K&K-bedrijven wellicht voorlopen, maar dat de bredere praktijk voor zover vertegenwoordigd in LMM, snel volgt. Een nadere analyse van omstandigheden wijst bovendien uit dat K&K-zandbedrijven waarschijnlijk structureel op meer uitspoelingsgevoelige gronden gelegen zijn dan de LMM-bedrijven.

Op de zandbedrijven loopt de afname van het nitraatgehalte in de periode 1999–2006 synchroon met afname van het N-bodemoverschot. Op klei- en veengrond vertonen trends van het N bodemoverschot nauwelijks enige synchroniciteit met waterkwaliteit. Het N-bodemoverschot nam wel af, maar de gehalten in grond- en drainwater niet. Dit is te verklaren doordat de nitraatconcentratie op de kleibedrijven en de N-totaalconcentratie op de veenbedrijven bij aanvang van de metingen al laag waren; dat laat minder ruimte over voor verdere afname. Bovendien reageert het grondwater bij deze bodemtypes minder sterk op management. Daardoor zien we in de trends ook invloeden van bodemprocessen en weerseffecten weerspiegeld.

Voor het stikstofgehalte in het slootwater is geen duidelijk verband met het mineralenmanagement te zien. Uit analyse van de meetpunten blijkt dat een aanzienlijk deel niet afkomstig is van hoofdzakelijk door landbouw beïnvloede perceelsloten, maar van doorgaande en langsgaande sloten. Van deze categorieën

sloten kan de kwaliteit ook door andere bronnen dan het individuele bedrijf beïnvloed zijn. Ook de effecten van bodemprocessen maken de relatie tussen meetwaarden van waterkwaliteit met het management op het bedrijf minder direct.

Inhoudsopgave

Samenvatting

1	Inleiding	1
1.1	Waterkwaliteit en -kwantiteit; belang en probleem	1
1.2	Koeien & Kansen en water.....	1
1.3	Dit onderzoek	3
1.4	Afbakening	3
1.5	Normen en drempelwaarden.....	3
2	Materiaal & methode.....	5
2.1	Monitoring waterkwaliteit en normen.....	5
2.2	De bedrijven	6
2.3	Gegevens bedrijfsvoering	7
2.4	Analyse	7
3	Resultaten.....	9
3.1	Ontwikkeling stikstof in water	9
3.1.1	Grondwater en bodemvocht op zandgrond	9
3.1.2	Grond- en drainwater op kleigrond.....	10
3.1.3	Grondwater op veengrond.....	11
3.1.4	Slootwater	12
3.2	Waterkwaliteit en normen.....	13
3.3	Ontwikkeling bedrijfsvoering	14
3.3.1	N-bemesting gras- en maïsland	14
3.3.2	N-bodemoverschot op bedrijfsniveau.....	16
3.4	Samenvatting van de resultaten.....	18
4	Discussie	21
5	Conclusies	24
	Referenties	25
Bijlage I	Het verloop van de nitraatconcentratie (1992–2022) en stikstofbodemoverschot (1985–2022) op zandgrond/zandregio	27
Bijlage II	De uitspoelingsgevoeligheid van K&K-bedrijven op zandgrond en van LMM-bedrijven uit de Zandregio	29
Bijlage III	De betekenis van het voorkomen van verschillende chemische vormen van stikstof in grondwater op veengrond.....	30
Bijlage IV	Slootwaterbemonstering als indicator voor kwaliteit in relatie tot bedrijfsactiviteiten...	31

1 Inleiding

1.1 Waterkwaliteit en -kwantiteit; belang en probleem

Water vervult diverse belangrijke functies in onze maatschappij, zowel als bron van drinkwater, als grondstof voor industriële activiteiten, als basis voor de landbouw en natuur en als onderdeel van de inrichting van het landschap. De waterkwaliteit in Nederland is zowel voor grondwater als oppervlaktewater nog niet in overeenstemming met de afspraken die hierover gemaakt zijn met de EU in de Nitraatrichtlijn (EU, 1991) en de Kaderrichtlijn Water (KRW; EU, 2000). Deels wordt dat veroorzaakt door een te hoge belasting van watersystemen (oppervlaktewater en grondwater) met nutriënten (stikstof en fosfaat). Hier hebben verschillende bronnen waaronder ook de landbouw een aandeel. De uitspoeling naar grondwater vertoont verschillen, afhankelijk van:

- Bodemtype en grondwaterstand: de uitspoeling op zand is hoger dan op veen en klei en de uitspoeling op droge zandgrond is hoger dan op natte zandgrond.
- Het gewas: de uitspoeling onder grasland is lager dan de uitspoeling onder akkerbouwland of maïs. Onder natuurland is de uitspoeling vaak nog lager (onder gelijke bodemomstandigheden).
- Het management op de bedrijven.
- Klimaat: de droge zomers van 2018 en 2019 lijken een verhogend effect te hebben gehad op de nitraatuitspoeling.

Deze factoren hangen onderling met elkaar samen. Zo is er een regionale samenhang tussen bodemtypes en grondwaterstanden, en zijn er regionale verschillen in landgebruik, management en weersomstandigheden.

Het feit dat Nederland nog niet overal voldoet aan de normen voor de Nitraatrichtlijn en de KRW heeft vergaande gevolgen voor de landbouw en in het bijzonder voor de melkveehouderij. De EU heeft Nederland aangegeven dat de derogatie van de Nitraatrichtlijn in de jaren 2024 tot en met 2026 wordt afgebouwd. Dit houdt in dat veebedrijven minder dierlijke mest mogen gebruiken op hun land. Volgens de derogatie konden melkveebedrijven met tenminste 80% grasland op hun bedrijfsareaal een derogatie van de nitraatrichtlijn aanvragen, wat inhield dat ze afhankelijk van de regio, een hoeveelheid graasdiermest van het eigen bedrijf konden gebruiken gelijk aan 250 of 230 kg N per ha. Dat wordt geleidelijk afgebouwd naar 170 kg N per ha in 2026. Daarnaast zijn er nutriënten-verontreinigde gebieden aangewezen waarin strengere gebruiksnormen gaan gelden.

Het jaar 2027 is een ijkjaar waarin Nederland zal moeten voldoen aan de KRW-doelen. Gezien de impact die de landbouw, waaronder de melkveehouderij, heeft op de waterkwaliteit is het relevant om te bepalen hoe de ontwikkeling van de waterkwaliteit is op de Koeien & Kansen bedrijven. Dit is temeer relevant omdat de ontwikkeling van waterkwantiteit en -kwaliteit op z'n beurt ook veel invloed heeft op de ruimte voor de melkveehouderij.

1.2 Koeien & Kansen en water

In Koeien & Kansen is water als sinds het begin van het project in 1999 een niet weg te denken thema.

Aanvankelijk lag de focus op mineralenmanagement om de nitraatuitspoeling naar het grondwater te verminderen, geïnspireerd door de aanpak op Proefbedrijf De Marke (Aarts, 2000).

Vanaf de start in 1999 wordt jaarlijks in Koeien & Kansen de waterkwaliteit gemeten door RIVM. Afhankelijk van grondsoort en aanwezigheid van drainage wordt er gemeten in het grondwater, drainwater of bodemvocht.

Koeien & Kansen richt zich echter niet alleen op waterkwaliteit maar op de ontwikkeling van een duurzame bedrijfsvoering in brede zin, zoals biodiversiteit, ammoniak, broeikasgassen, landschap en economie. Het integreren van deze verschillende duurzaamheidsdoelen is daarom een belangrijk onderdeel in Koeien & Kansen. Het project heeft inmiddels zes onderzoeksfases gekend van elk 4 jaar waarin langzaam maar zeker accenten zijn verschoven om goed aan te blijven sluiten (en voor te blijven lopen) op beleidsontwikkelingen (*Tabel 1.1*). Het thema water is al die tijd een integraal onderdeel geweest van het project.

Wat betreft waterkwaliteit zijn er twee onderzoeksfases geweest met expliciete, projectmatig geprioriteerde sturing op waterkwaliteit: fase I en fase V (*Tabel 1.1*). In fase I was de sturing vooral gericht op nitraatuitspoeling naar het grondwater. In fase V was de invulling breder en omvatte naast nitraatuitspoeling aspecten zoals erfafspoeling, droogte en wateroverlast, afspoeling naar oppervlaktewater, kwaliteit drinkwater voor vee en slootbeheer. Om hier sturing op te kunnen geven is de BedrijfsWaterWijzer (BWW) ontwikkeld (bedrijfswaterwijzer.wur.nl/). Tijdens de overige fases speelde was de waterkwaliteit nog steeds belangrijk, maar werd het mede beschouwd in relatie tot andere bedrijfsdoelen. Hoe hiermee omgegaan is, verschilt per deelnemer, zijn bedrijfsomstandigheden en de regio waarin het Koeien & Kansen bedrijf zich

bevindt. Ook ontwikkelingen van het weer hebben invloed gehad op de positie van water in het project. Zo is in 2018 nadrukkelijk stilgestaan bij het omgaan met de droogte in dat jaar en om potentiële negatieve effecten van de droogte op de waterkwaliteit te beperken.

Tabel 1.1: Hoofdthema's en centrale doelen voor bedrijfsontwikkeling in project Koeien & Kansen van 1998 tot nu.

Jaren (Fase)	Hoofdthema's	Accenten in bedrijfsontwikkeling
1998–2005 (I)	- Nitraatuitspoeling naar grondwater - Werken met MINAS en sturen op overschotten van N en P	Verbeteren mineralenmanagement Verhogen efficiëntie voor N en P Verlagen N bodemoverschot
2006–2010 (II)	Gebruiksnormen, bedrijfsspecifiek bepalen van de excretie en gewasopbrengsten	Verlagen van N en P excretie
2010–2014 (III)	- Broeikasgassen en ammoniak - Werken met de KringloopWijzer - Bedrijfsspecifiek bemesten voor fosfaat (BEP) & nutriëntenbenutting van gewassen - Integraliteit	Verbeteren ruwvoerteelt Verhogen voerefficiëntie Scherp voeren op RE in het rantsoen
2014–2016 (IV)	- Pilots voor bedrijfsspecifieke bemesting; BEN en BES en nutriëntenbenutting van gewassen - Ontwikkeling BedrijfsWaterWijzer (BWW)	Verbeteren mineralenmanagement met aandacht voor voerspoor, mestmanagement en ruwvoermanagement.
2017–2020 (V)	- Werken met de BWW - BES pilot voor bedrijfsspecifieke bemesting, integraliteit	Maatregelen toepassen, gebaseerd op BWW (met breed spectrum aan waterthema's)
2021–2024 (VI)	- Biodiversiteit - Verlagen NH₃-emissie - Verlagen broeikasgasemissie - Integraliteit	Bedrijfsspecifiek bemesten, verlagen methaanemissie, scoren op de biodiversiteitsmonitor, scherp voeren op RE.

Toelichting op de verschillende onderzoeksfasen:

- I. In de periode 1998 t/m 2005 was het management van Koeien en Kansen bedrijven erop gericht om nieuw en aangescherpt mestbeleid te toetsen en te implementeren (Evers et al., 2000). Hierbij was het kwantificeren en inzichtelijk maken van de N- en P-stromen binnen het bedrijf (dier, mest, bodem en gewas) een belangrijke basis. Dit stroomschema werd gebruikt bij de ondersteuning van de optimalisatie van dier-, voer-, mest- en gewasmanagement (Oenema et al., 2000). Op zandgrond was het beperken van de nitraatuitspoeling een belangrijk doel voor de optimalisatie van het bedrijfsmanagement. Daarbij werd zoveel mogelijk gezocht naar financieel aantrekkelijke managementaanpassingen. De verwachting was dat de nitraatuitspoeling op Koeien & Kansen bedrijven een snellere dalende trend zou laten zien dan op LMM-bedrijven (Oenema et al., 2002).
- II. Vanaf 2006 zijn er grenzen gesteld aan het gebruik van N en P in meststoffen op melkveebedrijven (Gebruiksnormenstelsel). K&K-bedrijven liepen voor op de invoering van de gebruiksnormen en de aanscherping daarvan voor P (Vermeij et al., 2007). Op hun bedrijven werd ontdekt dat forfaitaire excretie veelal wezenlijk afweek van de werkelijke excretie wat bedrijfsmatige problemen opleverde. Dit leidde tot ontwikkeling van de Bedrijfsspecifiek berekende Excretie (BEX). De K&K deelnemers kregen in deze periode mee als opdracht om de resultaten met betrekking tot waterkwaliteit te consolideren.
- III. Het bedrijfsspecifieke spoor werd vanuit K&K verder ontwikkeld in de KringloopWijzer (KLW). De veehouders werden geoefend in het gebruik van de KLW als indicatorsysteem voor het management en gingen hun management ook inrichten op het realiseren van goede KLW-resultaten. Hierin liepen ze voor op de brede praktijk. In 2010 werd het spoor van bedrijfsspecifiek bemesten opgestart met fosfaat (BEP; Oenema et al., 2011). Ammoniakemissie en broeikasgassen werden als centrale thema's opgenomen in het programma (Goselink en Šebek, 2012; Šebek et al., 2015).
- IV. In 2014 werd het spoor van bedrijfsspecifiek bemesten uitgebreid met de BEN, waarin bedrijfsspecifiek de kunstmest N ruimte bepaald werd. In 2015 werd dit spoor in de BES voortgezet met dierlijke mest en kunstmest (eerst op slechts drie bedrijven). Het gebruik van meststoffen was in deze pilots afhankelijk van de opbrengst van P en N met gras en mais. Deze benadering maakte verhoogde aandacht voor het maximaal benutten van de beschikbare dierlijke mest op het bedrijf en voor een

- goede gewasnutriëntenbenutting gewasopbrengst logisch. Toen de norm voor dierlijke mest-N op zandgrond werd aangescherpt, werden K&K-bedrijven daarvan uitgezonderd. Er werd een basis gelegd onder de BWW. Hierbij werd de situatie op bedrijven voor diverse aspecten van water doorgelicht met als doel aanwijzingen te geven voor watermanagement. Het accent lag op ontwikkeling van het instrument (Verloop et al., 2018).
- V. De BES werd voortgezet en opgeschaald naar 5 bedrijven in K&K (Schröder et al., 2018, Verloop et al., 2022). De BWW werd toegepast op de bedrijven. Daarbij werd besluitvorming over maatwerk-maatregelen ondersteund door de afstemming van ondernemers met medewerkers van waterschappen die verantwoordelijk waren voor gebiedsbeheer met behulp van de BWW makkelijker te maken (Verloop et al., 2019). In 2018–2019 kreeg de landbouw te maken met warme en droge jaren met als gevolg lagere gewasopbrengsten en hogere bodemoverschotten door een slechtere benutting van nutriënten. In Koeien & Kansen is aandacht geweest hoe hiermee om te gaan (De Haan et al., 2019).
- VI. Biodiversiteit werd toegevoegd als thema aan het Koeien & Kansen onderzoek, waarbij het in de eerste jaren van de onderzoeksfase ging om het scoren van de Koeien & Kansen bedrijven volgens de systematiek van de DZK-biodiversiteitsmonitor en vervolgens op het planmatig streven naar betere prestaties voor biodiversiteit. Met dit thema kwamen bij deelnemers doelen in beeld waar ze al mee bekend waren, zoals het N-bodemoverschot, ammoniakemissie en het aandeel blijvend grasland, maar ook nieuwe doelen zoals die voor houtopstanden en kruidenrijk grasland. De inzet op verlagen van broeikasgassen en ammoniak werd geïntensiveerd met uitdagende reductiedoelen ten opzichte van een benchmark jaar (2018). In toenemende mate werd duidelijk dat het realiseren van alle verschillende duurzaamheidsdoelen van ondernemers vraagt om verschillende sturingsprincipes in de bedrijfsvoering te verenigen. Daarom werd integraliteit aan de genoemde drie speerpunten toegevoegd (Evers et al., 2023). Water werd opgenomen als flankerend element in het Koeien & Kansen onderzoek en was dus niet meer een speerpunt maar nog wel een belangrijk aandachtspunt.

1.3 Dit onderzoek

In dit onderzoek is een analyse uitgevoerd van de gegevens van de waterkwaliteit op Koeien & Kansen bedrijven. Het doel hiervan is om op basis van monitoringsgegevens een zoveel mogelijk kwantitatief beeld te krijgen van de effecten van melkveehouderij op waterkwaliteit bij zorgvuldig bedrijfsmanagement gericht op duurzaamheid in brede zin. Onderzoeksvragen zijn:

1. Wat is de ontwikkeling van de waterkwaliteit op melkveebedrijven die deelnemen aan Koeien & Kansen en hoe verhoudt deze zich tot waterkwaliteitseisen?
2. Hoe verhoudt de gemeten waterkwaliteit zich met de waterkwaliteitseisen?
3. Wat is de ontwikkeling van de bedrijfsvoering op melkveebedrijven die deelnemen aan Koeien & Kansen en hoe is deze gerelateerd aan de waterkwaliteit?

Om deze onderzoeksvragen te beantwoorden wordt in deze studie een trendanalyse uitgevoerd. Dit levert een beeld op van de ontwikkeling van de waterkwaliteit op de verschillende Koeien & Kansen bedrijven en van de mate waarin de waterkwaliteit voldoet aan normen.

1.4 Afbakening

Dit rapport gaat in op de trends van de kwaliteit van het uitspoelwater uit de wortelzone en de kwaliteit van het slootwater op de bedrijven.

De analyse beperkt zich tot het stikstofgehalte, er wordt niet ingegaan op het fosfaatgehalte.

De trendanalyse gaat niet in op verschillen tussen metingen op perceel en/of waarnemingspunt in relatie tot perceelsspecifieke kenmerken met betrekking tot bodem, gewas, teelt en bemesting. Daardoor neemt deze analyse niet alle aspecten van de relaties tussen management, bodemkenmerken en waterkwaliteit in beschouwing en geeft geen volledig beeld van kritische en risicovolle onderdelen van de bedrijfsvoering voor waterkwaliteit. In een vervolgstudie wordt deze perceels- en meetpuntspecifieke analyse wel uitgevoerd.

1.5 Normen en drempelwaarden

Om te onderzoeken hoe de waterkwaliteit op K&K-bedrijven zich verhoudt tot waterkwaliteitseisen (onderzoeksvraag 2, zie paragraaf 1.3) gebruiken we normen en drempelwaarden als referenties. Voor grondwater is voor zand- en kleigrond uitgegaan van de EU-waterkwaliteitsnorm voor drinkwater voor nitraat (NO₃) van 50 mg/l. Voor veengrond is uitgegaan van een norm van 11,3 mg N-totaal per liter. De

grondwaterkwaliteit wordt volgens het protocol van het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid bepaald door bemonstering van de bovenste meter van het grondwater (meer hierover is te lezen in hoofdstuk 2).

Voor oppervlaktewater wordt de toestand van het waterlichaam beoordeeld op basis van metingen op KRW-meetpunten. De KRW stelt daarbij dat de toestand van oppervlaktewaterlichamen goed moet zijn en niet achteruit mag gaan. Een goede toestand betekent in de KRW een goede chemische toestand en een goede ecologische toestand. Drempelwaarden voor N en P die horen bij de kwalificatie 'goede toestand' lopen uiteen voor verschillende KRW waterlichamen. KRW waterlichamen hebben een minimale omvang, zodat niet alle (kleine) wateren hierin zijn opgenomen¹ (EP, 2000).

De drempelwaarden voor N en P in oppervlaktewater hebben een ecologische basis en hangen samen met de risico's eutrofiëring. De verschillen in de drempelwaarden voor verschillende waterlichamen houden verband met het feit dat de ecosystemen van verschillende waterlichamen niet allemaal even gevoelig zijn voor eutrofiëring. Voor oppervlaktewater worden de gemeten concentraties in het zomerhalfjaar getoetst aan de normen (Van Geest et al., 2021).

Bij vergelijking van oppervlaktewaterbemonstering met KRW drempelwaarden is de herkomst van de metingen van belang. Bemonstering vindt soms plaats in perceelsloten die geen onderdeel zijn van een KRW waterlichaam. Het is dan de vraag of de drempelwaarden voor KRW waterlichamen wel rechtstreeks van toepassing zijn op de perceelsloten omdat er tussen de perceelsloot en het waterlichaam nog allerlei chemische en biologische processen kunnen plaatsvinden. Daarnaast is het voor KRW waterlichamen soms onzeker wat de invloed door landbouw is in vergelijking met andere bronnen zoals riooloverstorten. Het Meetnet Nutriënten Landbouw Specifiek Oppervlaktewater (MNLSO) is in 2010 opgezet om te onderzoeken hoe de ontwikkeling is van kwaliteit van het oppervlaktewater dat de landbouw als enige humane bron van nutriënten heeft. Voor de verschillende typen KRW-waterlichamen en 'overige wateren' zijn aan de hand van Europese richtlijnen nutriëntnormen afgeleid (Buijs et al., 2020). De verschillen in drempelwaarden voor nutriënten (N-totaal, P-totaal) tussen de verschillende KRW waterlichamen zijn klein. Voor deze studie hanteren we daarom een kwaliteitsnorm voor N-totaal van 2,5 mg/l (P wordt in deze analyse niet meegenomen). In de discussie besteden we aandacht aan de herkomst van watermonsters in ons onderzoek.

In dit onderzoek heeft het onderscheiden van waterlichamen zin als het mogelijk is om de specifieke waterlichamen te relateren aan specifieke bedrijven. Dat is in het kader van deze studie niet haalbaar. Daarom zijn praktische keuzes nodig om te komen tot een praktische en eenduidige referentie (normen). Deze keuzes worden in hoofdstuk 2 toegelicht.

¹ Het gaat in landbouw- en mestbeleid voornamelijk om regionale KRW waterlichamen en waterlichamen die behoren tot Rijkswater (zoet water).

2 Materiaal & methode

2.1 Monitoring waterkwaliteit en normen

De monitoring van de waterkwaliteit op de bedrijven in het project Koeien & Kansen (K&K) is opgezet ten dienste van het onderzoek in K&K, maar is methodisch afgeleid van en organisatorisch ondergebracht in het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (Negash e.a. 2024).

De kwaliteit van het uitspoelwater uit de wortelzone wordt afhankelijk van de grondsoort en bedrijfssituatie werd gemonitord via de bemonstering van grondwater, drainwater of bodemvocht.

Grondwater

Op de bedrijven in de Zandregio werd, indien de grondwaterstand niet dieper was dan 5 m, de bovenste meter van het grondwater in de zomer bemonsterd (één ronde). Op bedrijven in de Kleiregio wordt de bovenste meter van het grondwater in de winter bemonsterd indien het bedrijf niet gedraineerd is (twee rondes). Bedrijven op Veengrond zijn vaak niet gedraineerd, deze werden altijd in de winter op grondwater bemonsterd (één ronde).

Drainwater

Op bedrijven in de Kleiregio wordt, indien het bedrijf gedraineerd is, het drainwater bemonsterd. Hiervoor worden vier rondes per seizoen genomen. Op de Koeien en Kansen bedrijven wordt op kleibedrijven vaak zowel drainwater als grondwater bemonsterd. Op bedrijven in de Zandregio met drains worden vaak ook de drains bemonsterd.

Bodemvocht

Op het bedrijf in de Lössregio wordt het bodemvocht tussen 1,5 en 3 meter onder maaiveld bemonsterd in het najaar. De bodem wordt in het laboratorium gecentrifugeerd en geanalyseerd. Op bedrijven met zandgrond waar de grondwaterstand dieper is dan 5 meter of waar door een andere reden geen grondwater wordt bemonsterd, wordt ook bodemvocht geanalyseerd. De onderzoeksperiode waarover deze trends in beeld gebracht kunnen worden omvat 1999 tot en met 2022.

De bemonstering op K&K-bedrijven is erop gericht om per bedrijf en per jaar een betrouwbaar gemiddelde te bepalen van de waterkwaliteit, waaronder het nitraat- en N-totaalgehalte. Op bedrijven op zand- en lössgrond is de nitraatconcentratie in het grondwater meestal hoger dan op veen- en kleigrond. Omdat de variatie in nitraatconcentratie toeneemt met toenemende concentraties, is op zand- en lössgrond een intensievere bemonstering nodig om een betrouwbaar gemiddelde te bepalen. Daarom zijn tot en met 2009 op zand meer monsterpunten per bedrijf in het monitoringsprogramma opgenomen (48) dan op de veen- en kleibedrijven (16, zie *Tabel 2.1*). Vanaf 2010 is ook in de Zand- en Lössregio het aantal monsterpunten per bedrijf 16 geworden. Het programma Voorloper Monitoring van het LMM is opgeheven wegens bezuinigingen en de K&K-bedrijven werden onderdeel van de Derogatie Monitoring in het LMM. Tot en met 2004 is het grondwater op kleigrond in de zomer bemonsterd, daarna is het grondwater in de winter bemonsterd. Er is in het LMM geen onderzoek gedaan naar de effecten van het verplaatsen van de bemonsteringsperiode in de Kleiregio. De metingen in de Zandregio laten zien dat de gemeten nitraatconcentratie in de winter iets hoger is als in de zomer. Het is goed mogelijk dat dit ook geldt voor de Kleiregio. Op K&K-bedrijven wordt (indien aanwezig) zowel drain- als grondwater en slootwater bemonsterd (zie ook *Tabel 2.3*), zie Hooijboer & Weijs, 2013 voor een uitgebreide beschrijving over de bemonstering per watertype en analyses.

Tabel 2.1: Aantal monsterpunten op de bedrijven in het project Koeien & Kansen per watertype per bedrijf per bodemtype.

Bodem	Periode	Grondwater	Bodemvocht	Drainwater	Slootwater
Zand	Zomer	Tot en met 2009: 48 Na 2009: 16	Indien grondwater niet mogelijk ¹	-	Sinds 2008, max. 8
	Winter	-	-	Indien gedraineerd: 16	Max. 8
Klei	Zomer	Tot en met 2004: 16 Na 2004: 16	-	-	Sinds 2008, max. 8
	Winter	-	-	16	Max. 8
Veen	Zomer	-	-	-	Sinds 2008, max. 8
	Winter	16	-	Indien gedraineerd: 16	Sinds 2008, max. 8
Löss	Najaar	-	Tot en met 2009: 48 Na 2009: 16	-	-

¹ Indien het grondwater te diep staat (meer dan 5 m beneden het maaiveld), in sommige gevallen is ook bodemvocht bemonsterd als er leemlagen aanwezig zijn.

In dit rapport richten we ons op de concentraties van totaal stikstof (N-totaal) en nitraat in het water. Met N-totaal wordt bedoeld: alle stikstofverbindingen; daaronder vallen de minerale verbindingen nitraat en ammonium, maar ook de opgeloste organisch gebonden stikstof. Welke grootte wordt gebruikt bij de duiding van de waterkwaliteit, is afhankelijk van grondsoort en het watertype (*Tabel 2.2*). In het bovenste grondwater op zand- en kleigrond en in het bodemvocht op lössgrond komt stikstof voornamelijk voor in de vorm van nitraat. In de analyse voor grondwater, drainwater en bodemvocht is voor deze grondsoorten uitgegaan van de nitraatconcentratie. Dit sluit ook aan bij de Europese nitraatnorm voor grondwater (50 mg/l nitraat). In het grondwater op veengrond zijn ammonium en organische stikstof vaak de dominante componenten en is nitraat veelal afwezig. Om deze reden is op veengrond uitgegaan van de concentratie N-totaal. Voor sloten is ook uitgegaan van de N-totaalconcentratie, onafhankelijk van het grondsoort ter plaatse van de sloot. Dit sluit aan bij de normen voor oppervlaktewater die gelden voor stikstof.

In dit rapport wordt de waterkwaliteit op de K&K-bedrijven vergeleken met normen (onderzoeksvraag 2). Normen (kwaliteitseisen) zijn verschillend voor grondwater en oppervlaktewater. Op basis van EU waterkwaliteitsnorm voor grondwater en KRW-normen voor waterlichamen (zie paragraaf 1.5) is in dit onderzoek per type water een norm vastgesteld (*Tabel 2.2*). Voor grondwater op zand- en kleigrond is uitgegaan van de EU-drinkwaternorm van 50 mg nitraat/l. De waarnemingen in drainwater op kleigrond worden ook met deze norm vergeleken. Zoals eerder aangegeven is in het grondwater op veengrond de concentratie van N-totaal gemeten. Deze is vergeleken met een norm van 11,3 mg N-totaal per liter. Dit komt overeen met een nitraatgehalte van 50 mg per liter. Voor slootwater wordt voor alle grondsoorten uitgegaan van een gemiddelde KRW-norm van 2,5 mg N/l (zie paragraaf 1.5).

Bij de monitoring zijn de watermonsters van zowel grond-, drain- als slootwater voorafgaand aan de analyse gefilterd. Bij de analyse van oppervlaktewater door de waterschappen is dit niet gebruikelijk. De gevonden concentratie in het slootwater op K&K-bedrijven is daarom een maat voor de opgeloste concentratie stikstof. De totale hoeveelheid stikstofconcentratie in het slootwater ligt iets hoger.

Tabel 2.2: Weergave van de concentratie stikstof (mg/l) en kwaliteitsnormen (Norm), afhankelijk van bodem en type water.

Bodem	Type water	Stikstof	Norm (mg/l)
Veen	Grond	N-totaal	11,3
	Sloot	N-totaal	2,5
Klei	Grond en drain	Nitraat	50
	Sloot	N-totaal	2,5
Zand	Grond	Nitraat	50
	Sloot	N-totaal	2,5

2.2 De bedrijven

K&K-bedrijven zijn verspreid over Nederland over de hoofdgrondsoorten zand, klei en veen, zodat een min of meer landsdekkend beeld wordt verkregen. K&K is begin 1999 van start gegaan met 12 melkveebedrijven. Tegen de achtergrond van de urgentie van de nitraatproblematiek werden een jaar later nog eens vijf melkveebedrijven op lichte zandgrond aan de groep toegevoegd. In de loop van de tijd zijn om verschillende redenen bedrijven vervangen (*Tabel 2.3*).

Tabel 2.3: Overzicht van de K&K-deelnemers met grondsoort, type bemonstering en periode.

Bedrijf	Plaats	Grondsoort	Type bemonstering	Periode
Baltus	Middenmeer	Klei	Drain- en slootwater	Vanaf 2010
Bomers	Eibergen	Zand	Drain- en slootwater, bodemvocht	1999–2009
Buijs	Etten leur	Gemengd	Drain-, grond- en slootwater	Vanaf 2010
Dekker	Zeewolde	Klei	Drain-, grond- en slootwater	Vanaf 1999
De Kleijne	Landhorst	Zand	Grondwater	1999–2019
De Marke	Hengelo (gld)	Zand	Grondwater	Vanaf 1999
De Vries	Stolwijk	Veen	Grond- en slootwater	Vanaf 1999
De Wolff	Spanga	Klei op veen	Drain- en slootwater	2010–2021
Eggink	Laren	Zand	Grondwater	1999–2009
Hagoort	Waarder	Veen	Grond- en slootwater	Vanaf 2010
Hoefmans	Alphen (NB)	Zand	Grondwater	2000–2022
Houbraken	Bergeijk	Zand	Grondwater	Vanaf 2010
Koopman	Oudega	Gemengd	Drain-, grond- en slootwater	Vanaf 2016
Kuks	Nutter	Zand	Grondwater en bodemvocht	Vanaf 1999
Menkveld & Wijnbergen	Gorssel	Zand (en klei)	Grondwater	1999–2018
Miedema	Haskerdyken	Klei op veen	Drain-, grond- en slootwater	1999–2009
Pijnenborg – van Kempen	Ysselsteyn	Zand	Drain-, grond- en slootwater	1999–2022
Post	Nieuweroord	Zand	Drain-, grond- en slootwater	Vanaf 2000
Schepens	Maarheeze	Zand	Grondwater	2000–2009
Sikkenga – Bleeker	Bedum	Klei	Drain-, grond- en slootwater	1999–2022
Stevens	Holten	Zand	Grondwater	Vanaf 2018
Van Erp	Maren-Kessel	Klei	Drain- en slootwater	Vanaf 2019
Van de Heijning	Hulst	Klei	Grond- en slootwater	Vanaf 2016
Van Wijk	Waardenburg	Klei	Drain-, grond- en slootwater	Vanaf 1999

2.3 Gegevens bedrijfsvoering

Naast gegevens van de waterkwaliteit op de K&K-bedrijven wordt in deze studie ook gekeken naar de ontwikkeling van de bedrijfsvoering, in het bijzonder van:

- Bemesting (dierlijke mest en kunstmest) van grasland en maïsland (kg N/ha)
- Stikstofbodemoverschot op bedrijfsniveau (kg N/ha)

De stikstofaanvoer naar de bodem bestaat uit de componenten: i) aanvoer met drijfmest, ii) aanvoer door excretie in de weide, iii) aanvoer via kunstmest, iv) aanvoer via atmosferische depositie, v) binding van stikstof met vlinderbloemigen (klaver). De afvoer bestaat uit i) de gewas-N-opbrengsten en ii) het NH₃-N-verlies in het veld. In Oenema et al. (2000) en Oenema et al. (2015) is beschreven op welke wijze de gegevens werden verzameld en vervolgens verwerkt tot een stikstofbodemoverschot. Voor de uniformiteit is op veengrond is bij de berekening van de het N-bodemoverschot de aanvoerpost mineralisatie door veenafbraak niet meegenomen.

Bij de weergave van de bedrijfsvoering maken we onderscheid tussen bedrijven op zandgrond en overige grondsoorten (klei-, veen-, lössgrond, klei op veen en gemengd; zie *Tabel 2.3*). Bij de weergave van het N-bodemoverschot is daarnaast ook een onderscheid gemaakt voor bedrijven op klei- en veengrond.

2.4 Analyse

Trends

Voor de ontwikkeling van de waterkwaliteit (onderzoeksvraag 1) wordt een trendanalyse uitgevoerd. Hierbij is gebruik gemaakt van een variantiecomponenten model (REML-analyse), waarbij een onderscheid gemaakt wordt in de variatie tussen bedrijven vanwege verschillen in bedrijfsvoering. De Wald-toets is gebruikt om te bepalen of de ontwikkeling (trend) significant is ($P < 0,05$). De statistische analyse is uitgevoerd met Genstat (19e editie)².

² De aanpak van de trendanalyse in deze studie wijkt af van die wordt gebruikt bij de Evaluatie Meststoffenwet (Ouwehand et al., 2019).

De trendanalyse wordt uitgevoerd voor:

- Nitraat (mg/l) in grondwater op zandgrond.
- Nitraat (mg/l) in grond- en drainwater op kleigrond.
- N-totaal (mg/l) in grondwater op veengrond.
- N-totaal (mg/l) in slootwater (alle gronden gezamenlijk).

De trendanalyse voor bovengenoemde parameters is uitgevoerd over verschillende periodes. De periodes zijn afgestemd op verschillende K&K-onderzoeksfases met hun hoofdthema's en accenten (zie *Tabel 1.1*) en op weersomstandigheden (periode met droge jaren). De onderscheiden periodes zijn (jaren van meting):

1. 1999–2022: Gehele periode
2. 1999–2006: MINAS-periode
3. 2007–2017: Periode met gebruiksnormen zonder periode met opeenvolgende droge jaren
4. 1999–2017: Periode 2 en 3 samen
5. 2018–2022: Laatste periode met opeenvolgende droge jaren

Als onderdeel van de trendanalyse wordt het verloop van de waterkwaliteit op de K&K-bedrijven grafisch weergegeven. Als referentie wordt ook de waterkwaliteit van melkveehouderijbedrijven uit LMM hierbij in beeld gebracht.

De bovenstaande analyse wordt ook uitgevoerd voor de ontwikkeling van de bedrijfsvoering (zie paragraaf 2.3). Bij de grafische weergave op de K&K-bedrijven wordt een vergelijking gemaakt met melkveehouderijbedrijven uit het BIN-netwerk (Aarts et al., 2008; Co Daatselaar, ongepubliceerde gegevens). Voor een groot deel zijn dit dezelfde bedrijven als ook uit het LMM. Voor deze studie zijn de gegevens uit het BIN bewerkt zodat de gegevens van de bedrijfsvoering (zie paragraaf 2.3) vergeleken kunnen worden met die van K&K-bedrijven.

Ontwikkeling ten opzichte van waterkwaliteitseisen

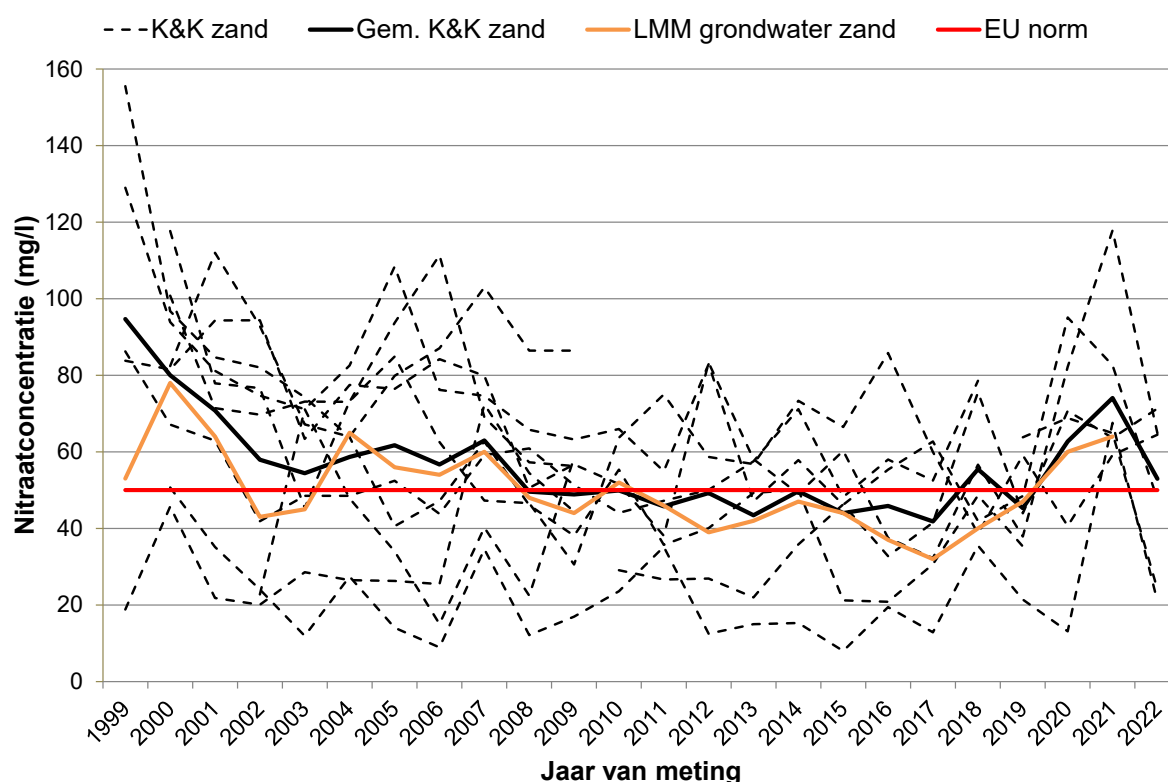
De waarnemingen van de waterkwaliteit in grond- en oppervlaktewater zijn vergeleken met normen. Voor grondwater zijn de K&K-bedrijven bij deze analyse geclusterd op bodemtype, zand, veen en klei. Voor oppervlaktewater (slootwater) heeft geen clustering per grondsoort plaatsgevonden vanwege te weinig datapunten per grondsoort. Daarnaast is de norm voor slootwater voor alle grondsoorten gelijk. *Tabel 2.2* is per bodemtype weergegeven welk soort watermonster (grondwater, drainwater en slootwater) met welke norm vergeleken is. De analyse bestaat uit het vaststellen van het percentage normoverschrijding per jaar en het verloop daarvan over de onderzoeksperiode.

3 Resultaten

3.1 Ontwikkeling stikstof in water

3.1.1 Grondwater en bodemvocht op zandgrond

Over de gehele periode van 1999 t/m 2022 is op 12 K&K-bedrijven op zandgrond de nitraatconcentratie in het grondwater gemeten en op één bedrijf het bodemvocht (*Figuur 3.1*). Niet op elk bedrijf is in de gehele periode gemeten omdat bedrijven zijn afgefallen en/of er later zijn bij gekomen (zie ook *Tabel 2.3*). De variatie in nitraatconcentratie tussen bedrijven (standaarddeviatie variërend tussen 14 en 52 mg/l) en de variatie binnen een bedrijf tussen de jaren (standaarddeviatie variërend tussen 12 en 30 mg/l) is vrij groot. Gemiddeld zijn het verloop en niveau van de nitraatconcentratie in K&K vergelijkbaar met die van LMM-bedrijven. Tussen 2008 en 2017 lag het nitraatgehalte op de K&K-bedrijven gemiddeld onder de norm van 50 mg/l.



Figuur 3.1: Het verloop van de nitraatconcentratie in het grondwater of bodemvocht (mg/l) op K&K-bedrijven en LMM-bedrijven op zandgrond.

Over de gehele periode (1999–2022) is een lichte significante dalende trend waargenomen (0,8 mg nitraat/jaar, *Tabel 3.1*). In 1999–2006 (de MINAS-periode) was de daling in nitraatconcentratie het grootst (3,6 mg nitraat/jaar). In de laatste jaren, de periode met droge jaren werd een stijgende trend waargenomen, maar deze was niet significant ($p=0,311$).

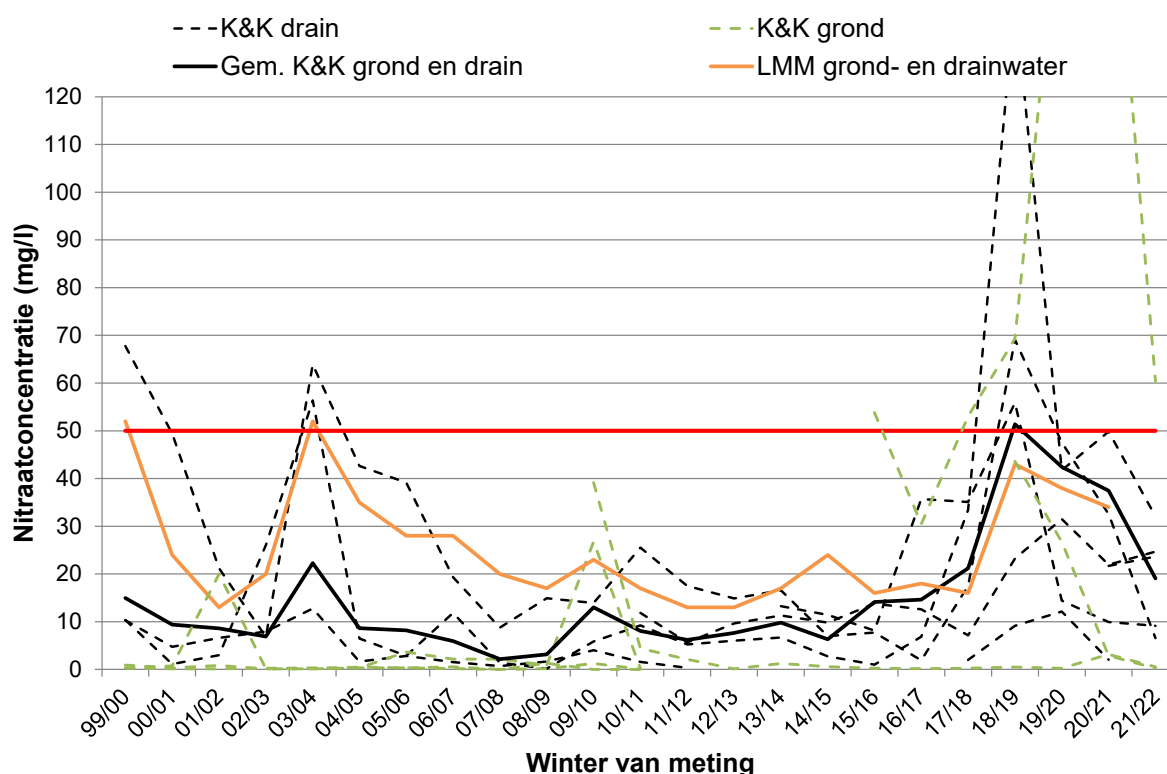
Tabel 3.1: Statistische trendbepaling van het verloop van de nitraatconcentratie in het grondwater op K&K-bedrijven op zandgrond in verschillende periodes.

Periode (jaar van meting)	Omschrijving	Response (mg nitraat/l/jaar)	Toets (P waarde)
1999–2022	Gehele meetperiode	-0,8	<0,001
1999–2006	MINAS periode	-3,6	<0,001
2007–2017	Periode met gebruiksnormen zonder periode met droge jaren	-0,2	0,650
1999–2017	MINAS periode + periode met gebruiksnormen zonder periode met droge jaren	-1,8	<0,001
2018–2022	Laatste periode met droge jaren	3,6	0,311

3.1.2 Grond- en drainwater op kleigrond

Over de gehele periode van 1999 t/m 2022 is op acht K&K-bedrijven op kleigrond de nitraatconcentratie in het grond- en/of drainwater gemeten (*Figuur 3.2*). Niet op elk bedrijf is in de gehele periode gemeten omdat bedrijven zijn afgevallen en/of later bij het project zijn gekomen (zie ook *Tabel 2.3*). Op vier bedrijven is zowel in grond- als drainwater gemeten. Op drie van de vier bedrijven is vanaf 2012 alleen gemeten in het drainwater.

De variatie in nitraatconcentratie tussen bedrijven (standaarddeviatie variërend tussen 3 en 55 mg/l) en de variatie binnen een bedrijf tussen de jaren (standaarddeviatie variërend tussen 0 en 59 mg/l) is vrij groot. Ook het gemiddelde verloop van de nitraatconcentratie in K&K en LMM-bedrijven is grillig. Vooral in de eerste en laatste periode worden flinke uitschieters waargenomen. Deze variatie is inherent aan het nemen van een gemiddelde van een beperkt aantal bedrijven. In het LMM worden daarom een groot aantal bedrijven bemonsterd (in de Kleiregio circa 100), waardoor de standaarddeviatie lager is en uitschieters minder doorwerken in het gemiddelde. In het algemeen is het verloop van de nitraatconcentratie in K&K en LMM vergelijkbaar. Tot 2016/2017 is de nitraatconcentratie in K&K lager dan in LMM, daarna is het andersom. Met uitzondering van het jaar 2019 lag het gemiddelde nitraatgehalte op de K&K-bedrijven (ruim) onder de 50 mg/l.



Figuur 3.2: Het verloop van de nitraatconcentratie in het grond- en drainwater (mg/l) op K&K-bedrijven en LMM-bedrijven op kleigrond.

Vanwege het grillige verloop van de nitraatconcentratie is er geen significante trend over de gehele periode waargenomen (*Tabel 3.2*). Dat gold ook voor de periodes 1999–2006 en 2007–2017. Over de periode 1999–2017 (MINAS-periode + gebruiksnormen zonder periode met droge jaren) is een significante dalende trend waargenomen (0,9 mg nitraat/jaar). In de laatste jaren, de periode met droge jaren, werd er een sterk dalende significante trend waargenomen (11,2 mg nitraat/jaar). Hierbij moet worden benadrukt dat in het eerste jaar van deze periode (18/19) er sprake was van een forse stijging van het nitraatgehalte (*Figuur 3.2*).

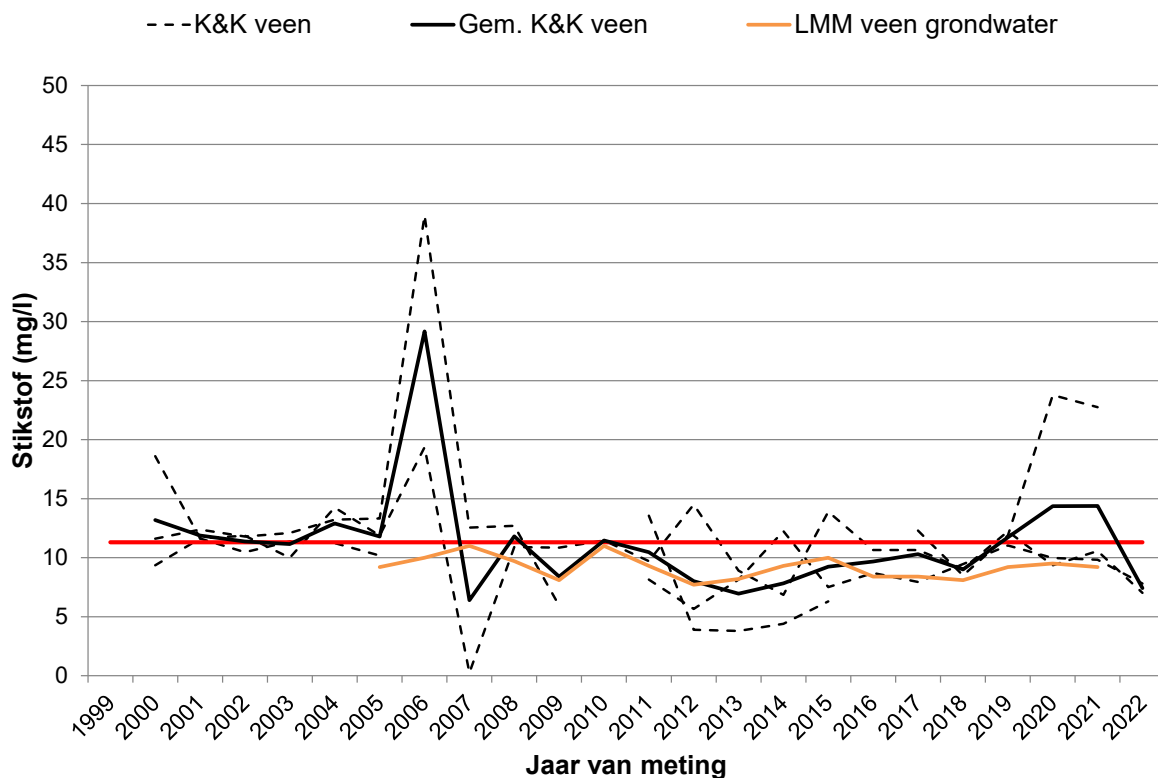
Tabel 3.2: Statistische trendbepaling van het verloop van de nitraatconcentratie in het grond- en drainwater op K&K-bedrijven op kleigrond in verschillende periodes.

Periode (jaar van meting)	Omschrijving	Response (mg nitraat/l/jaar)	Toets (P waarde)
1999–2022	Gehele meetperiode	0,5	0,130
1999–2006	MINAS-periode	-0,3	0,767
2007–2017	Periode met gebruiksnormen zonder periode met droge jaren	-0,3	0,514
1999–2017	MINAS-periode + periode met gebruiksnormen zonder periode met droge jaren	-0,9	<0,001
2018–2022	Laatste periode met droge jaren	-11,2	0,030

3.1.3 Grondwater op veengrond

Over de gehele periode van 1999 t/m 2022 is op 5 K&K-bedrijven op veengrond de stikstofconcentratie in het grondwater gemeten (*Figuur 3.3*). Twee van de vijf bedrijven hebben een pakket klei als bovengrond. Niet op elk bedrijf is in de gehele periode gemeten omdat bedrijven zijn afgevallen en/of later bij het project zijn gekomen (zie ook *Tabel 2.3*).

De variatie in stikstofconcentratie binnen een bedrijf tussen de jaren is vrij groot (standaarddeviatie variërend tussen 0 en 14 mg/l). Tussen de bedrijven is de variatie minder groot (standaarddeviatie variërend tussen 1 en 9 mg/l). Opvallend zijn de hoge pieken op twee bedrijven in 2006 en op één bedrijf in 2020. Vergeleken met LMM zijn de hoogte van de gemiddelde stikstofconcentraties in K&K vergelijkbaar. In een groot deel van de meetperiode lag het gemeten N-totaalgehalte op de K&K-bedrijven rondom de norm van 11,3 mg/l of was lager. Uitzonderingen hierop waren de jaren 2006, 2020 en 2021.

**Figuur 3.3:** Het verloop van de N-totaalconcentratie in het grondwater (mg/l) op K&K-bedrijven en LMM-bedrijven op veengrond.

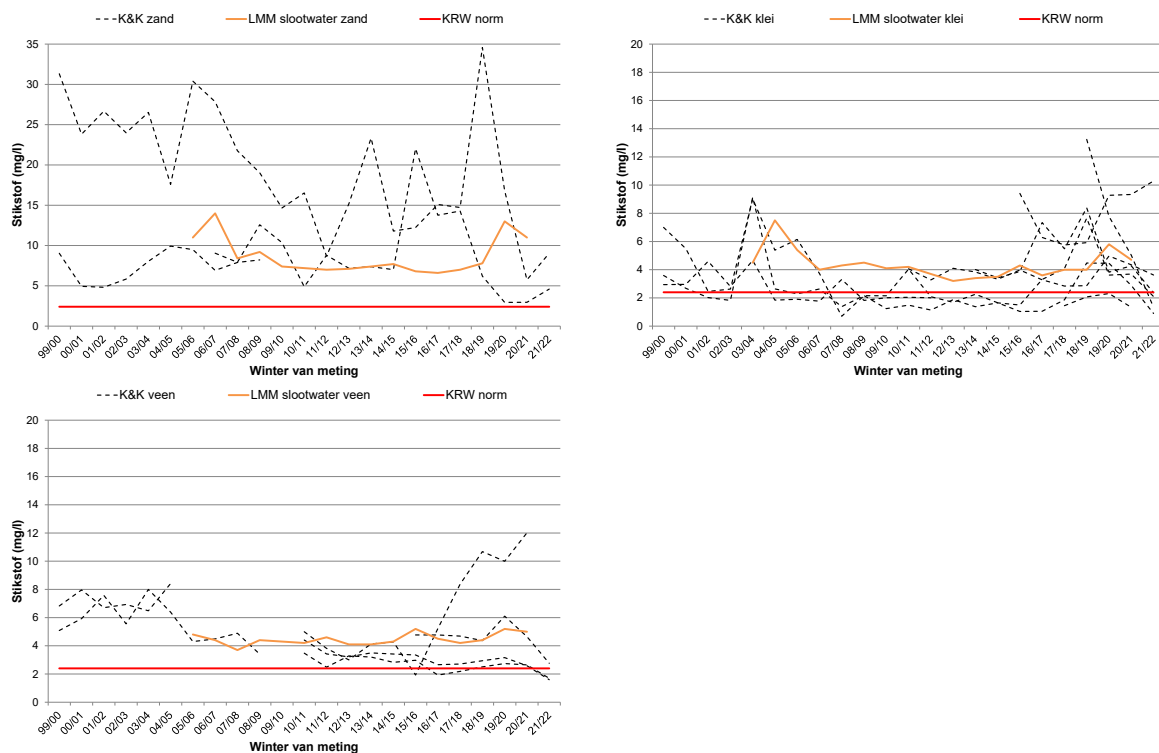
In geen van de meetperiodes was er sprake van een significante trend in de N-totaalconcentratie (*Tabel 3.3*). Vanwege enerzijds het aantal waarnemingen en anderzijds de grote variatie in N-totaalconcentratie werd in de periode 1999–2017 geen goed statistisch resultaat verkregen.

Tabel 3.3: Statistische trendbepaling van het verloop van de N-totaalconcentratie in het grondwater op K&K-bedrijven op veengrond in verschillende periodes.

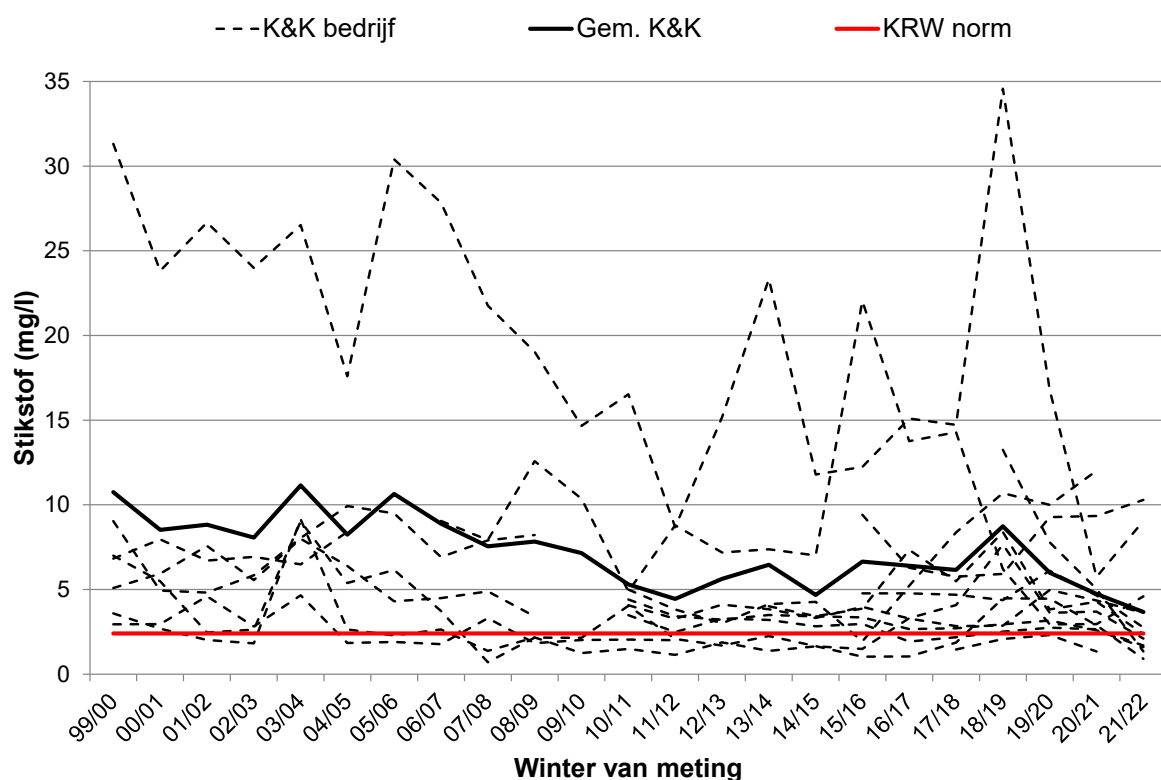
Periode (jaar van meting)	Omschrijving	Response (mg N-totaal/l/jaar)	Toets (P waarde)
1999–2022	Gehele meetperiode	-	-
1999–2006	MINAS-periode	1,1	0,117
2007–2017	Periode met gebruiksnormen zonder periode met droge jaren	0,0	0,849
1999–2017	MINAS-periode + periode met gebruiksnormen zonder periode met droge jaren	-	-
2018–2022	Laatste periode met droge jaren	-0,2	0,837

3.1.4 Sloopwater

In *Figuur 3.4* is per grondsoort het verloop van de N-totaalconcentratie in sloopwater op K&K-bedrijven weergegeven en vergeleken met die in sloopwater op LMM-bedrijven. Op zandgrond is sloopwater bemonsterd op drie bedrijven, op kleigrond op zeven bedrijven en op veengrond op vijf bedrijven. De stikstofconcentratie in sloten op zandgrond is hoger dan op klei- en veengrond. Ook de variatie binnen een bedrijf tussen jaren is op zandgrond het grootst. Op klei- en veengrond zijn de gemiddelde N-totaalconcentraties op K&K-bedrijven vergelijkbaar met LMM. In veel gevallen lag het N-totaalgehalte boven de norm van 2,5 mg/l.

**Figuur 3.4:** Het verloop van de N-totaalconcentratie in sloopwater (mg/l) op K&K-bedrijven en LMM-bedrijven op zandgrond (linksboven), kleigrond (rechtsboven) en veengrond (linksonder).

Voor de trendanalyse is geen onderscheid gemaakt tussen grondsoort (*Figuur 3.5* en *Tabel 3.4*). Over de gehele periode (1999–2022) is een lichte, significante dalende trend waargenomen (0,14 mg N/l/jaar; *Tabel 3.4*). Ook in de periodes 1999–2017 (MINAS-periode + periode met gebruiksnormen zonder periode met droge jaren) en 2018–2022 (laatste periode met droge jaren) zijn significante dalende trends waargenomen (respectievelijk 0,31 en 1,47 mg N/l/jaar). In de andere periodes is geen significante trend waargenomen.



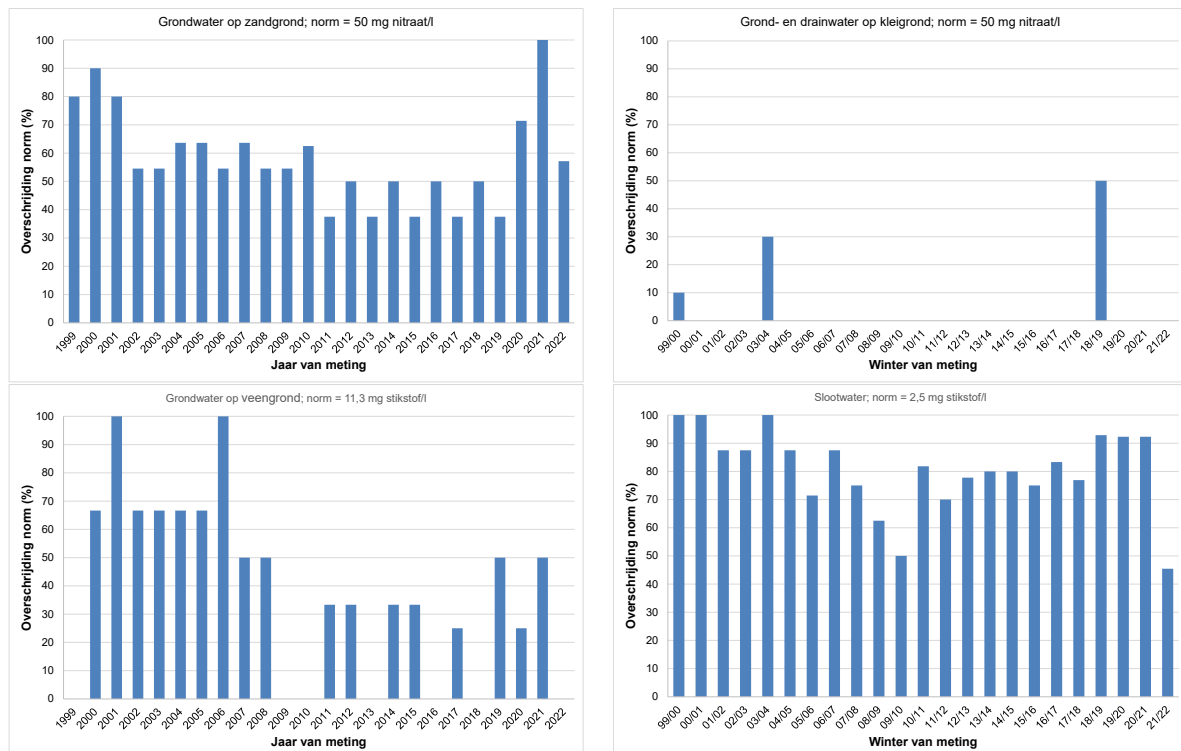
Figuur 3.5: Het verloop van de N-totaalconcentratie in slootwater (mg/l) op K&K-bedrijven.

Tabel 3.4: Statistische trendbepaling van het verloop van de N-totaalconcentratie in het slootwater op K&K-bedrijven in verschillende periodes.

Periode (jaar van meting)	Omschrijving	Response (mg N-totaal/l/jaar)	Toets (P waarde)
1999–2022	Gehele meetperiode	-0,14	<0,001
1999–2006	MINAS-periode	-0,03	0,840
2007–2017	Periode met gebruiksnormen zonder periode met droge jaren	-0,13	0,103
1999–2017	MINAS-periode + periode met gebruiksnormen zonder periode met droge jaren	-0,31	<0,001
2018–2022	Laatste periode met droge jaren	-1,47	0,008

3.2 Waterkwaliteit en normen

Voor grond-, drain- en slootwater is het verloop van het percentage van de K&K-bedrijven die de kwaliteitsnormen (*Tabel 2.2*) overschrijden bepaald (*Figuur 3.6*). Van 1999 t/m 2010 overschrijden meer dan de helft van de K&K-bedrijven op zandgrond de grondwaternorm van 50 mg/l. Daarna volgt een periode van negen jaar (2011–2019) waarin iets minder dan de helft van de bedrijven de norm nog overschrijdt. De laatste jaren is het percentage bedrijven dat de norm overschrijdt weer toegenomen. Daarentegen is de overschrijding van de norm in grond- en drainwater (ook 50 mg nitraat/l) voor bedrijven op kleigrond laag. In de periode 1999–2022 is in twee jaren (2004 en 2019) de norm op enkele bedrijven overschreden. In andere jaren bleef op alle bedrijven op kleigrond de nitraatconcentratie onder de norm. Het verloop van het percentage van de bedrijven die de norm van de N-totaalconcentratie in grondwater op veengrond (11,3 mg N/l) overschrijden is erg grillig. Dit is mede het gevolg kleine aantal bedrijven (5 bedrijven). Als één of twee bedrijven in een jaar ten opzichte van een vorig jaar de norm wel of niet haalt, heeft dat een grote impact op het beeld van de normoverschrijding. De grote lijn is dat t/m 2008 de norm op meer dan de helft van de bedrijven (3 tot 5) wordt overschreden en daarna is dat op minder dan de helft van de bedrijven het geval. In slootwater wordt de norm van N-totaalconcentratie (2,5 mg N/l) in bijna alle jaren op meer dan de helft van de bedrijven overschreden, variërend van 50 tot 100%.

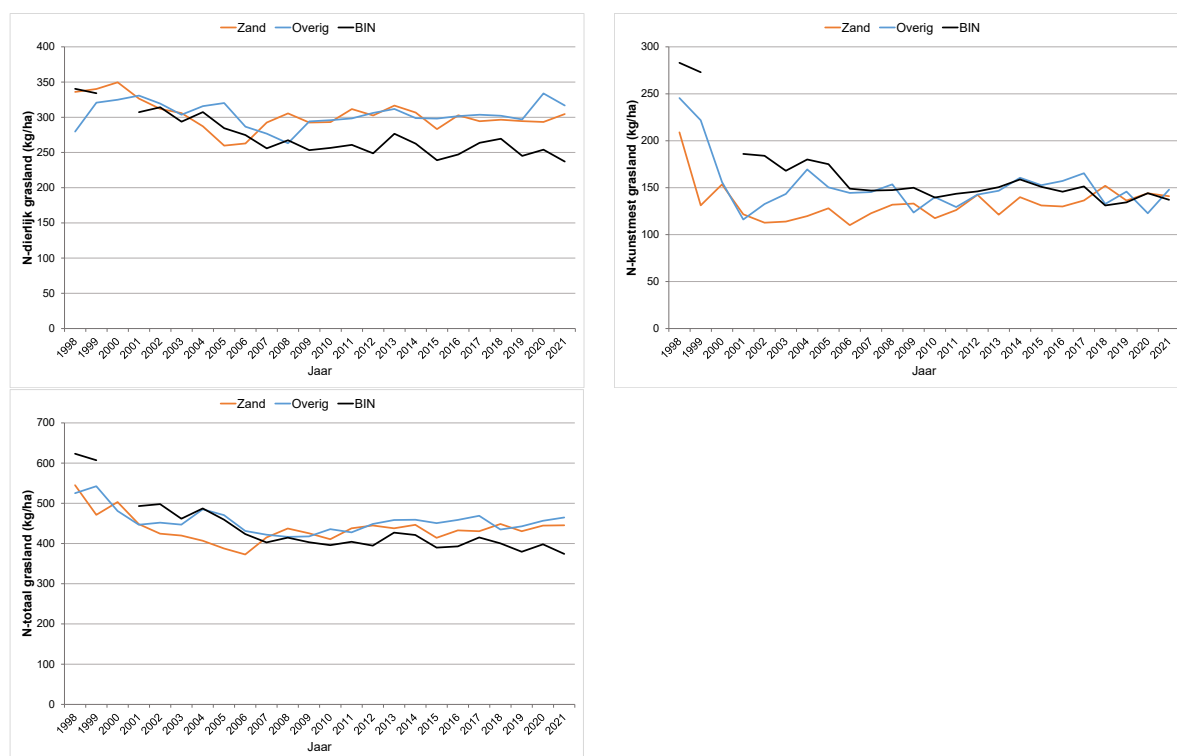


Figuur 3.6: Het verloop van percentage van K&K-bedrijven die de kwaliteitsnormen voor water overschrijden.

3.3 Ontwikkeling bedrijfsvoering

3.3.1 N-bemesting gras- en maisland

In de beginjaren van het project K&K is de N-bemesting op grasland afgenomen zowel op K&K-bedrijven als ook op BIN bedrijven (*Figuur 3.7*). Vanaf 2006 (introduktie gebruiksnormen) is er op de K&K-bedrijven meer dierlijke mest toegepast dan op de BIN-bedrijven. Dit is mede het gevolg dat in onderzoek in K&K (pilots) vaak onthefting is aangevraagd voor het gebruik van dierlijke mest boven de norm (zie ook paragraaf 1.2). Afgezien van de laatste periode vanaf 2018 (met droge jaren) is het gebruik van N uit kunstmest op K&K-bedrijven lager dan in BIN. Het totale N-gebruik op grasland is voor 2007 op K&K-bedrijven lager dan in BIN en daarna hoger dan in BIN. In het algemeen is de N-bemesting op de zandbedrijven in K&K lager (vooral N-kunstmest) dan op de overige bedrijven.



Figuur 3.7: Het verloop van de gemiddelde N-bemesting (dierlijk, kunstmest en totaal) op grasland op de K&K-bedrijven (met onderscheid in bedrijven op zandgrond (zand) en overige grondsoorten (overig)) en BIN-bedrijven (BIN, gemiddelde van bedrijven op zand, klei en veen).

Het resultaat van de trendanalyse van de N-bemesting op grasland is weergegeven in *Tabel 3.5*. Over de gehele periode (1998–2021) is een lichte significante dalende trend waargenomen op zowel de bedrijven op zandgrond als overig (respectievelijk 5 en 3 kg N/jaar). In 1998–2005 (de MINAS-periode) was de daling in N-bemesting het grootst (22 kg N/jaar op zandgrond en 9 kg N/jaar op overig). In de periodes na invoering van de gebruiksnormen (2006–2016 en 2017–2021) werd geen significante trend waargenomen.

Tabel 3.5: Statistische trendbepaling van het verloop van de N-bemesting op grasland (N-totaal) op K&K-bedrijven in verschillende periodes met onderscheid voor bedrijven op zandgrond (zand) en overige grondsoorten (overig).

Periode	Omschrijving	Response (kg N/jaar) + Toets	
		Zand	Overig
1998–2021	Gehele meetperiode	-5 (<0,001)	-3 (<0,001)
1998–2005	MINAS-periode	-22 (<0,001)	-9 (0,019)
2006–2016	Periode met gebruiksnormen zonder periode met droge jaren	2 (<0,147)	2 (0,308)
1998–2016	MINAS-periode + periode met gebruiksnormen zonder periode met droge jaren	-6 (<0,001)	-5 (<0,001)
2017–2021	Laatste periode met droge jaren	-3 (0,681)	4 (0,479)

De N-bemesting op maïsland (N-totaal) is op de K&K-bedrijven op zandgrond lager dan op overige bedrijven (*Figuur 3.8*). Vooral de kunstmest-N-gift met is op de zandbedrijven lager dan op de overige bedrijven. Bij de dierlijke mest-N-gift is er geen sprake van een consistent verschil tussen grondsoorten. Het niveau van de N-bemesting (N-totaal) op de BIN-bedrijven ligt globaal tussen de K&K-zandbedrijven en K&K-overige bedrijven in. Vanaf 2016 is de N-bemesting op zandbedrijven in K&K gedaald.



Figuur 3.8: Het verloop van de gemiddelde N-bemesting (dierlijk, kunstmest en totaal) op maïsland op de K&K-bedrijven (met onderscheid in bedrijven op zandgrond (zand) en overige grondsoorten (overig)) en BIN-bedrijven (BIN, gemiddelde van bedrijven op zand, klei en veen).

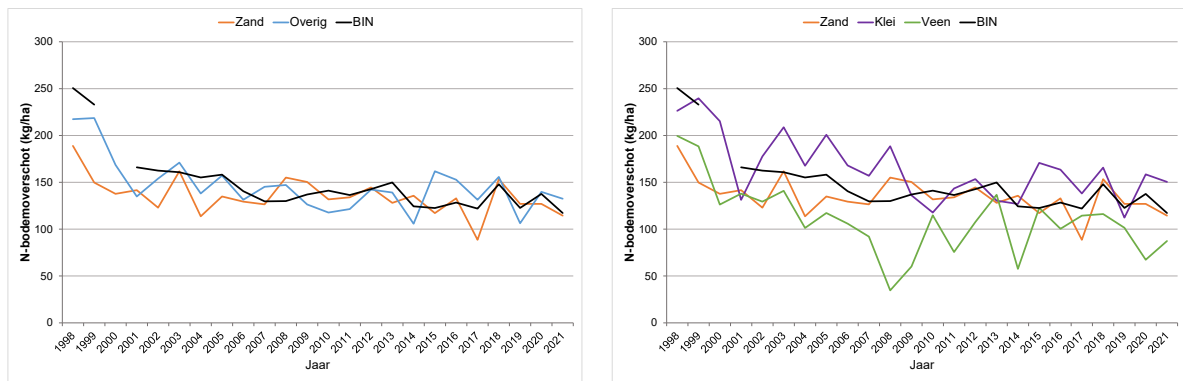
Het resultaat van de trendanalyse van de N-bemesting op maïsland (N-totaal) is weergegeven in *Tabel 3.6*. Over de gehele periode (1998–2021) is een lichte significante dalende trend waargenomen op K&K-bedrijven op zandgrond (2 kg N/jaar). In de andere periodes is op de K&K-bedrijven op zandgrond geen significante trend waargenomen. Op de overige bedrijven is een dalende significante trend waargenomen in 1998–2005 (MINAS-periode; 13 kg N/jaar) en een licht stijgende significante trend (7 kg N/jaar) in 2006–2016.

Tabel 3.6: Statistische trendbepaling van het verloop van de N-bemesting op maïsland (N-totaal) op K&K-bedrijven in verschillende periodes met onderscheid voor bedrijven op zandgrond (zand) en overige grondsoorten (overig).

Periode	Omschrijving	Response (kg N/jaar) + Toets	
		Zand	Overig
1998–2021	Gehele meetperiode	-2 (0,002)	0,4 (<0,671)
1998–2005	MINAS-periode	-2 (0,393)	-13 (0,012)
2006–2016	Periode met gebruiksnormen zonder periode met droge jaren	-0,5 (0,841)	7 (0,01)
1998–2016	MINAS-periode + periode met gebruiksnormen zonder periode met droge jaren	-1,5 (0,075)	-1 (0,476)
2017–2021	Laatste periode met droge jaren	6 (0,653)	6 (0,463)

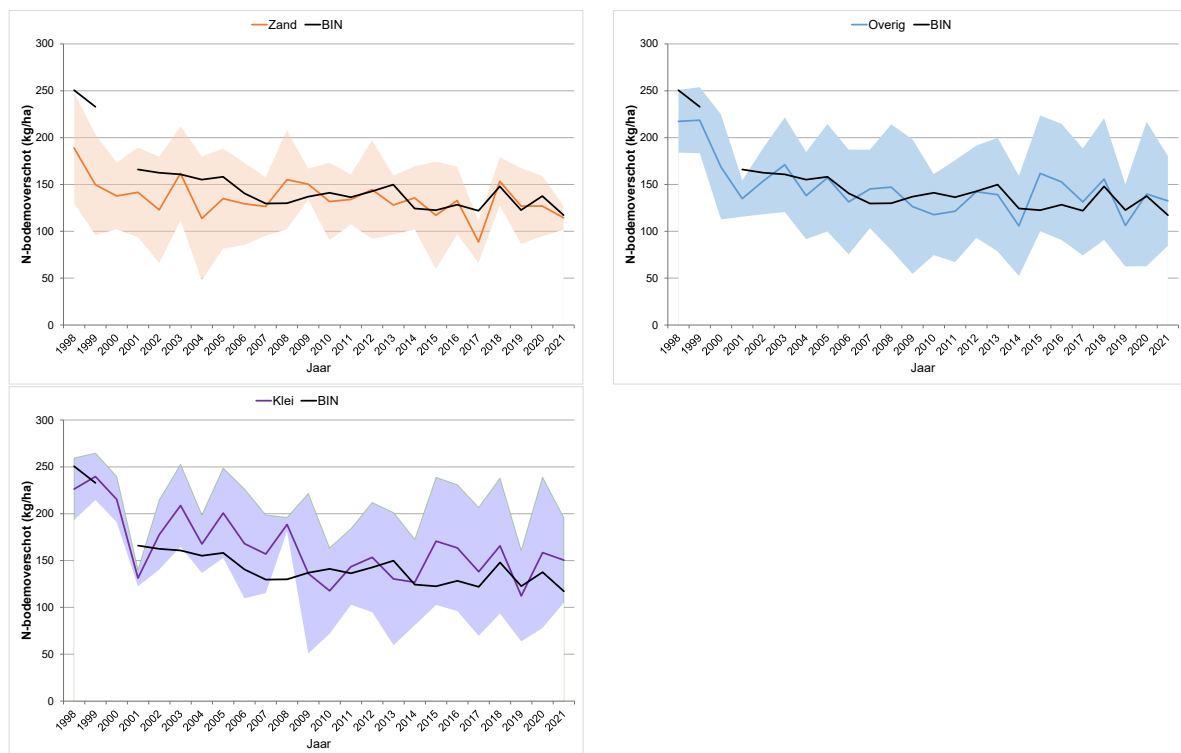
3.3.2 N-bodemoverschot op bedrijfsniveau

Tussen 1998 en 2006 was het N-bodemoverschot op de K&K-bedrijven lager dan op BIN-bedrijven (*Figuur 3.9*). Daarna waren de N-bodemoverschotten gemiddeld van een vergelijkbaar niveau. Tot en met 2007 was het N-bodemoverschot op de K&K-bedrijven op zandgrond lager dan op de overige bedrijven. In het algemeen is het N-bodemoverschot op de kleibedrijven het hoogst en op de veenbedrijven het laagst. Het N-bodemoverschot op veen is echter niet volledig omdat de aanvoer van netto mineralisatie op veengrond als gevolg van bodemdaling in deze studie niet is meegenomen als aanvoerpost op de bodembalans. Dit geldt overigens ook voor de veenbedrijven in BIN. Over het algemeen zien we dat het N-bodemoverschot in de loop van de tijd zowel in K&K als in BIN is afgenomen.



Figuur 3.9: Het verloop van het gemiddelde N-bodemoverschot op de K&K-bedrijven en BIN-bedrijven (BIN, gemiddelde van bedrijven op zand, klei en veen). In de linker figuur is op zowel K&K- als BIN-bedrijven onderscheid gemaakt in zandgrond (zand) en overige grondsoorten (overig), in de rechter figuur is onderscheid gemaakt in zand, klei en veen.

De weergave van de N-bodemoverschotten op de K&K-bedrijven is gebaseerd op gemiddeldes afhankelijk van grondsoort. *Figuur 3.10* geeft een beeld van de spreiding (standaarddeviatie) per grondsoortklasse (zand, overig en klei). Voor veengrond was dit niet mogelijk vanwege het aantal bedrijven per jaar (te weinig waarnemingen).



Figuur 3.10: Het verloop van het gemiddelde N-bodemoverschot op de K&K-bedrijven en BIN-bedrijven (BIN, gemiddelde van bedrijven op zand, klei en veen) op zand (linksboven), overige grondsoorten (overig; rechtsboven) en klei (linksonder). Voor K&K bedrijven: standaarddeviatie als gekleurde banden.

Het resultaat van de trendanalyse van het N-bodemoverschot is weergegeven in *Tabel 3.7*. Over de gehele periode (1998–2021) is een significante, licht dalende trend waargenomen op zowel de bedrijven op zandgrond als overig (3 kg N/jaar). In 1998–2005 (de MINAS-periode) was de daling in N-bodemoverschot het grootst (6 kg N/jaar op zandgrond en 10 kg N/jaar op overig). In de periode met gebruiksnormen (2006–2021) werd geen significante trend waargenomen. In de laatste periode met droge jaren is de daling van het N-bodemoverschot op zandgrond (11 kg N/jaar) net niet significant.

Tabel 3.7: Statistische trendbepaling van het verloop van het N-bodemoverschot op K&K-bedrijven in verschillende periodes met onderscheid voor bedrijven op zandgrond (zand) en overige grondsoorten (overig).

Periode	Omschrijving	Response (kg N/jaar) + Toets	
		Zand	Overig
1998–2021	Gehele meetperiode	-3 (<0,001)	-3 (<0,001)
1998–2005	MINAS-periode	-6 (<0,001)	-10 (<0,001)
2006–2016	Periode met gebruiksnormen zonder periode met droge jaren	-2 (0,138)	1 (0,613)
1998–2016	MINAS-periode + periode met gebruiksnormen zonder periode met droge jaren	-3 (<0,001)	-4 (<0,001)
2017–2021	Laatste periode met droge jaren	-11 (0,091)	-6 (0,389)

3.4 Samenvatting van de resultaten

In dit hoofdstuk zijn trends onderzocht met betrekking tot waterkwaliteit op K&K-bedrijven en van aspecten van de bedrijfsvoering die relevant zijn in verband met waterkwaliteit, te weten: N-bemesting en N-overschotten op de bodembalans. *Tabel 3.8* en *Tabel 3.9* vatten het resultaat samen van de trendanalyses voor K&K-bedrijven in verschillende periodes.

De resultaten die in Paragraaf 3.2 zijn weergegeven en *Tabel 3.8* geven het volgende beeld:

Trends waterkwaliteit K&K-bedrijven

- Op de bedrijven op zandgrond neemt de nitraatconcentratie in grondwater af van ongeveer 95 mg/l naar ongeveer 53 mg/l. De daling is het sterkst in 1998–2005 (de MINAS-periode).
- Op kleigrond wordt over de gehele onderzoeksperiode geen trend waargenomen. De nitraatconcentratie varieert meestentijds van 0–20 mg/l, maar de nitraatconcentratie piekt licht in 2003–2006 en piekt sterk in 2018–2022.
- Op veengrond wordt geen trend in de stikstofconcentratie in grondwater waargenomen (*Figuur 3.3*; *Tabel 3.8*) Het N-gehalte in grondwater op de bedrijven op veengronden vertoont een lichte fluctuatie in de tijd met een bandbreedte tussen bedrijven tussen 7 en 15 mg/l. Het N-gehalte piekte sterk in 2005–2006 en licht in 2020–2021.
- In slootwater is een licht dalende trend van het N gehalte waargenomen over de gehele periode (1998–2021). In 2017–2021 (laatste periode met droge jaren) was de daling het grootst (1,5 mg N/l/jaar).

Waterkwaliteit K&K-bedrijven vergeleken met LMM-bedrijven

- De ontwikkeling van de nitraatconcentratie in het grondwater op K&K-zandbedrijven is vergelijkbaar is met die op LMM-bedrijven in de Zandregio (*Figuur 3.1*). De nitraatconcentratie in het grond- en drainwater op K&K-kleibedrijven is lager dan die op LMM-bedrijven in de Kleiregio en de N-totaalconcentratie in het grondwater op K&K-veenbedrijven is ongeveer even hoog als die op LMM-bedrijven in de Veenregio.
- Vergelijking van de ontwikkeling van de N-totaalconcentratie in slootwater op K&K-bedrijven met LMM-bedrijven (*Figuur 3.4*) levert geen duidelijk beeld op. Visuele interpretatie van de gegevens geeft het beeld dat de N-totaalconcentratie op K&K-zandbedrijven wat hoger is dan op LMM-bedrijven in de Zandregio en op K&K-veen- en kleibedrijven even hoog of lager is dan op LMM-bedrijven in de Klei- en Veenregio.

Tabel 3.8: Trends van de waterkwaliteit in grond- en slootwater op K&K-bedrijven in verschillende periodes.

Periode ¹	Omschrijving	Respons (mg/l/jaar)			
		Grondwater			Sloot- water
		Zand	Klei ²	Veen	
		NO ₃	NO ₃	N-tot	
1998–2021	Gehele meetperiode	-0,8	ns ³	– ⁴	-0,1
1998–2016	MINAS-periode + periode met gebruiksnormen zonder periode met opeenvolgende droge jaren	-1,8	-0,9	–	-0,3
1998–2005	MINAS-periode	-3,6	ns	–	ns
2006–2016	Periode met gebruiksnormen zonder periode met opeenvolgende droge jaren	ns	ns	ns	ns
2017–2021	Laatste periode met opeenvolgende droge jaren	ns	-11,2	ns	-1,5

¹ jaar van beheer; jaar van meting is jaar+1² inclusief drainwater³ niet significant⁴ geen resultaat trendanalyse

De resultaten die in Paragraaf 3.4 zijn weergegeven en *Tabel 3.9*, geven het volgende beeld:

Trends N-bemesting en N-bodemoverschot K&K-bedrijven

- De N-bemesting op grasland nam sterk af van 1998–2005 en nam niet significant af in de daaropvolgende periodes.
- Het N-bodemoverschot nam sterk af van 1998–2005 en nam niet significant af in de daaropvolgende periodes.
- De afname van zowel de N-bemesting als het N-bodemoverschot was groter op bedrijven op zandgrond dan op bedrijven uit de groep overig.

Vergelijking N-bemesting en N-bodemoverschot K&K-bedrijven met BIN-bedrijven

- De N-bemesting op grasland was voor 2006 lager dan op BIN-bedrijven, na 2006 was de N-bemesting hoger dan op BIN-bedrijven.
- De N-bemesting van maïs is op zandgrond na 2006 duidelijk lager dan op BIN-bedrijven.
- De N-bemesting van maïs is voor de groep overig van 2006 tot en met 2016 hoger en vanaf 2017 vergelijkbaar met die op BIN-bedrijven.
- Het N-bodemoverschot neemt in het begin van de meetperiode (MINAS-periode) op K&K-bedrijven eerder af dan op BIN-bedrijven en is na 2006 vergelijkbaar met dat op BIN-bedrijven.

Relatie grondwater met N-bemesting en het N-bodemoverschot op K&K-bedrijven

- De daling van de nitraatconcentratie in grondwater op zandgrond in de MINAS-periode valt samen met een daling van de N-bemesting op grasland en een daling van het N-bodemoverschot (*Tabel 3.8* en *Tabel 3.9*).
- De lichte daling van de N-totaalconcentratie in het slootwater valt samen met de afname van het N-bodemoverschot. Voor de afzonderlijke bodemtypen zijn de patronen te grillig om deze goed te kunnen vergelijken met N-bemesting en het N-bodemoverschot.

Tabel 3.9: Trends van de N-bemesting op grasland het N-bodemoverschot op K&K-bedrijven in verschillende periodes met onderscheid voor bedrijven op zandgrond (Zand) en overige grondsoorten (Overig).

Periode	Omschrijving	Respons (kg N/jaar)			
		N-bem grasland		N-bodem-overschot	
		Zand	Overig	Zand	Overig
1998–2021	Gehele meetperiode	-5	-3	-3	-3
1998–2016	MINAS-periode + periode met gebruiksnormen zonder periode met opeenvolgende droge jaren	-6	-5	-3	-4
1998–2005	MINAS-periode	-22	-9	-6	-10
2006–2016	Periode met gebruiksnormen zonder periode met opeenvolgende droge jaren	ns ¹	ns	ns	ns
2017–2021	Laatste periode met opeenvolgende droge jaren	ns	ns	ns	ns

¹ niet significant

4 Discussie

De beschrijving van de resultaten in hoofdstuk 3 roept een aantal vragen op met betrekking tot het N-gehalte in het uitspoelwater en slootwater en de bedrijfsvoering op de Koeien & Kansen bedrijven en de Nederlandse landbouw in het algemeen. In deze discussie proberen we deze vragen te beantwoorden.

In het algemeen kan worden gesteld dat het verklaren van verschillen in nitraat- en stikstofconcentraties in grond- en oppervlaktewater lastig is omdat deze worden beïnvloed door verschillende factoren:

1. Bodem- en hydrologische omstandigheden;
2. Het management op het bedrijf;
3. Het weer;
4. De hoeveelheid stikstof in de bodem afkomstig uit voorgaande jaren;
5. Omzettingsprocessen die plaatsvinden bij transport van stikstof naar oppervlaktewater en in het watersysteem zelf (oppervlaktewater);
6. Invloeden van buiten het landbouwbedrijf zoals kwel en oppervlaktewater.

Vraag 1: Waarom vlakt de daling van de nitraatconcentratie af na 2008 en waarom lukt het de K&K-bedrijven niet om structureel gemiddeld onder de norm te blijven?

Bij de K&K deelnemers is op zand in het begin van de onderzoeksperiode een duidelijke daling te zien van de nitraatuitspoeling naar het grondwater gevolgd door een afvlakking naar een min of meer constant niveau dat nabij de nitraatnorm ligt (*Figuur 3.1*). Hiervoor zijn diverse verklaringen:

- In de eerste periode van K&K (en waarschijnlijk deels zelfs daarvoor al) is de nitraatconcentratie gedaald door relatief eenvoudige ingrepen te doen. In bijlage I is een overzicht gegeven van de trend in de nitraatconcentratie en het N-bodemoverschot vanaf midden jaren tachtig, waaruit blijkt dat voor aanvang van K&K in 1998 al een behoorlijke daling is ingezet. Met andere woorden, het “laaghangend fruit was al geplukt”. Daarna was veel meer sprake van maatwerkmaatregelen, die door de ondernemers waarschijnlijk met meer voorzichtigheid zijn ingezet. Ook hier geldt de wet van de verminderde meeropbrengst. Bij een royale bemesting kost het weglaten van de ‘laatste kilogrammen’ relatief weinig opbrengst kost en levert het relatief veel verlaging van het N-bodemoverschot op. Bij een reeds aangescherpte bemestingsstrategie kost het verlagen van de N-bemesting relatief meer opbrengst en daalt het N bodemoverschot minder sterk (Schröder et al., 2005; Ten Berge et al., 2000).
- De opdracht van K&K is na 2006 verbreed (zie *Tabel 1.1*). Tijdens die verbreding is aan K&K-deelnemers gevraagd om de resultaten met betrekking tot water te consolideren. Dit gaf mogelijk voor een deel van de bedrijven minder sterke impulsen om de nitraatuitspoeling structureel verder te verlagen tot een niveau onder de 50 mg/l. Elke deelnemer plaatste zijn accenten binnen de projectkaders. Er waren echter ook bedrijven die, ook toen het project verbreedde naar bijvoorbeeld gasvormige verliezen en scherp voeren, onverminderd aandacht hebben besteed aan nitraatuitspoeling, mede omdat dit in hun regio's erg belangrijk werd gevonden.

Vraag 2: Is het überhaupt mogelijk voor een melkveebedrijf op droge zandgrond om structureel de norm te halen voor nitraat in grondwater?

Op geen van de K&K-bedrijven op zand is het gelukt om vanaf 2008 altijd onder de 50 mg/l te blijven. Overschrijdingen vonden vooral plaats in de periode met opeenvolgende droge jaren vanaf 2017. Dit gold ook voor Proefbedrijf De Marke. Daar steeg het nitraatgehalte naar 68 mg/l in 2018 en 77 mg/l in 2022 en nam vervolgens weer af tot 51 mg/l in 2023 (Gerjan Hilhorst, persoonlijke mededeling). Het traject naar een uitspoeling tot duidelijk lager dan 50 mg/l is op droge zangronden onzeker. Nitraatgehaltes in natuurgebieden, gemeten in de periode 2010–2015 in Overijssel, varieerden van 20–45 mg/l (Verloop et al., in voorbereiding) en kunnen wellicht beschouwd worden als een laagst mogelijk niveau, maar uiteindelijk zijn natuurgebieden moeilijk vergelijkbaar met landbouwsystemen vanwege het totaal ontbreken van bemesting en oogst.

Vraag 3: Waarom zijn de verschillen tussen K&K-bedrijven en reguliere LMM-bedrijven niet groter?

Koeien & Kansen is een voorlopersproject waarbij (zeker in de beginjaren) het toekomstige mestbeleid werd geïmplementeerd. De verwachting is dat bij deze begeleide groep de nitraatconcentratie daardoor lager zou zijn dan bij de willekeurige LMM-steekproef. De verschillen in gemiddeld nitraatgehalte in het grond/drainwater zijn echter betrekkelijk klein tussen K&K-bedrijven en LMM. Dit kan op diverse manieren verklaard worden:

- De meest directe verklaring is dat het N-bodemoverschot ook niet sterk verschilt tussen K&K en LMM. Het N-bodemoverschot kan worden gezien als een indicator voor de nitraatuitspoeling. Dit suggereert, dat K&K-bedrijven wellicht voorlopen, maar dat de bredere praktijk voor zover vertegenwoordigd in LMM, snel volgt. Voor wat betreft het management op K&K-bedrijven geldt ook hier dat de eerder genoemde verbreding van de thematiek vanaf 2006 kan hebben betekend dat de aandacht minder prominent lag bij de waterkwaliteit, maar werd verdeeld over diverse thema's.
- Een nadere analyse van omstandigheden wijst bovendien uit dat K&K-zandbedrijven waarschijnlijk structureel op meer uitspoelingsgevoelige gronden gelegen zijn dan de LMM-bedrijven. Dit heeft te maken met volgende aspecten. De LMM-bedrijven waarmee we K&K-zandbedrijven vergelijken behoren tot de zogenoemde Zandregio's. Op de bedrijven binnen die regio's komt nog een significant aantal meetpunten voor op kleigronden of moerige gronden. Op de K&K-zandbedrijven bevonden zich verhoudingsgewijs minder van dat soort meetpunten op klei en moerige gronden dan op de LMM-zandbedrijven. Daarnaast is het beeld dat de grondwaterstand op de LMM-bedrijven gemiddeld hoger is dan bij de K&K-bedrijven (zie Bijlage II). Beide verschillen leiden er toe dat de K&K-bedrijven op zand vermoedelijk gevoeliger zijn voor nitraatuitspoeling dan de LMM-bedrijven op zand. Toch waren de nitraatconcentraties gemiddeld vergelijkbaar tussen K&K- en LMM-bedrijven bij ook vergelijkbare N-bodemoverschotten. Nog uit te voeren vervolgonderzoek waarbij meer wordt ingezoomd op meetpunten en het management op de percelen waarop de meetpunten lagen kan hier mogelijk een beter beeld van geven.

Vraag 4: Waarom zien we wel een daling van de stikstofconcentratie in het grondwater op K&K-bedrijven op zandgrond maar niet op de K&K-bedrijven die gelegen zijn op klei- en veengrond?

Op de bedrijven die gelegen zijn op zandgrond zien we een daling van de nitraatconcentratie in het grondwater (in ieder geval tot 2008). Dit geldt niet voor de nitraatconcentratie in het grond- en drainwater op de kleibedrijven en ook niet voor het N-totaalgehalte in het grondwater op de veenbedrijven. Op deze bedrijven is sprake van enkele pieken bij een verder vrij gelijkblijvend niveau. Dit heeft diverse mogelijke verklaringen:

- De nitraatconcentratie op de kleibedrijven en de N-totaalconcentratie op de veenbedrijven bij aanvang van de metingen al laag; dat laat minder ruimte over voor verdere afname.
- De nitraatconcentratie in het grondwater op klei en de N-totaalconcentratie in het grondwater op veen reageert minder sterk op het management van de ondernemer en het N bodemoverschot dat het resultaat is van dit management. Terwijl het N-bodemoverschot daalde, was er geen significante daling van het nitraatgehalte (kleibedrijven) en N-totaalgehalte (veenbedrijven). Ook dit kan weer samenhangen met het feit dat de gehalten bij aanvang al relatief laag waren. Verder spoelt op klei- en veengronden een kleiner deel van het N-bodemoverschot uit dan op zandgrond (Fraters et al., 2012), waardoor effecten van veranderd management waarschijnlijk minder sterk doorwerken op de uitspoeling dan op (drogere) zandgronden. Verder speelt bij veengronden dat de N-totaalconcentratie in het grondwater mede wordt bepaald door bodemprocessen zoals inklink van veen (www.nobveenweiden.nl/bevindingen-rekenregels/). Ook de vormen waarin N aanwezig is, is op veengrond anders dan op klei- en zandgrond. Het grondwater in veengrond bevat meer ammonium en organisch N en minder nitraat (zie ook Bijlage III).
- De samenloop van pieken met bijzondere weerjaren (2003 en 2018), beide droge jaren voor klei, veen en zand, is niet gelijk. De bijzonderheden in het weer deden zich gelijktijdig voor, maar de respons (in de zin van waarneming van pieken) is verschillend voor de bodemtypen. Dat komt vermoedelijk doordat de reactietijd van grondwater in klei, veen en zand verschilt. Zo schoot de uitspoeling op kleibedrijven omhoog bij de droogte in 2018 en 2019 en daalde de uitspoeling ook weer redelijk snel terwijl de uitspoeling op bedrijven op zand een stijging vertoont die langzamer begint maar langer doorgaat. Uit het voorkomen van pieken in nitraat- en N-totaalconcentratie in het grondwater op klei en veen blijkt dat bij zeer droge omstandigheden ook op klei en veen relatief meer stikstof kan uitspoelen.

Vraag 5: Waarom is er op de K&K-bedrijven geen relatie te zien tussen het management en de slootwaterkwaliteit?

De daling van het N-bodemoverschot op de K&K-bedrijven heeft geleid tot een daling van de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater van bedrijven op zandgrond, maar niet tot een daling van het nitraat- en N-totaalgehalte in het grondwater op klei- en veenbedrijven. In het slootwater van Koeien & Kansen bedrijven zien we geen daling van de N-totaalconcentratie. Hiervoor zijn de volgende verklaringen:

- Uit een nadere analyse van de meetpunten blijkt dat een aanzienlijk deel (30–70%, dat verschilt voor bedrijven op zand, veen en klei) van de oppervlaktewatermonsters niet afkomstig is van hoofdzakelijk door landbouw beïnvloede perceelsloten, maar van doorgaande en langsgaande sloten. Van die laatste groep sloten kan de kwaliteit ook door andere bronnen beïnvloed zijn (Bijlage IV).
- Voor de bedrijven op veengrond werd in verband met de nitraatconcentratie in het grondwater al gewezen op allerlei bodemprocessen die ertoe leiden dat de relatie tussen meetwaarden van waterkwaliteit met het management op het bedrijf minder direct is door o.a. bodemprocessen als veenafbraak. Dit is voor slootwater nog meer het geval door bufferende processen en omzettingsprocessen in zowel de bodem als in greppels, slootkanten en perceelsloten. Dit geldt overigens voor sloten op alle grondsoorten, alleen de mate waarin deze processen gelden, verschilt per grondsoort en/of locatie en omstandigheden.

Vraag 6: Als de relatie tussen bedrijfsvoering en slootwaterkwaliteit binnen Koeien & Kansen niet sterk is, kunnen de normoverschrijdingen in slootwater wel gerelateerd worden aan de landbouw?

De relatie tussen bedrijfsvoering op K&K-bedrijven en de waargenomen oppervlaktewaterkwaliteit is niet sterk. Welke conclusie moet het project Koeien & Kansen dan trekken uit de waargenomen frequente normoverschrijding voor oppervlaktewater? Zijn de normoverschrijdingen dan wel te relateren aan landbouwactiviteiten? Hierover zijn de volgende opmerkingen te maken:

Opmerking 1: Rapportages van onder andere het Meetnet Nutriënten Landbouw Specifiek Oppervlaktewater (MNLSO) laten zien dat landbouwbedrijven op polderniveau wel degelijk een duidelijke invloed hebben op de chemische kwaliteit van oppervlaktewatersystemen (Buijs et al., 2020). MNLSO is een meetnet dat de monsterpunten zo heeft gekozen dat de invloed van oppervlaktewater door andere bronnen dan landbouw min of meer uitgesloten kan worden, zodat de invloed van de landbouwbedrijven op polderniveau wel aan te geven is. De waarnemingen op de K&K-bedrijven zijn echter voor een belangrijk deel afkomstig van doorgaande en langsgaande sloten (respectievelijk 30%, 72% en 93% op de veen-, klei- en zandbedrijven, zie Bijlage IV)). Het water in deze sloten zal hierdoor mede beïnvloed zijn door water van buiten het bedrijf (o.a. uit- en afspoeling van andere landbouwbedrijven, riooloverstorten). Anderzijds, als we kijken naar de gemeten concentraties in het grond- en drainwater, waarmee het slootwater wordt gevoed, dan zijn deze op de meeste bedrijven hoger dan de norm van 2,5 mg/l voor oppervlaktewater. Hierbij moet wel worden benadrukt dat er tijdens het transport van grondwater naar de sloot en ook in de sloot zelf nog omzettingen plaatsvinden, waardoor met name nitraat-N kan worden afgebroken en de N-totaalconcentratie kan dalen. Een gerichtere keuze van de meetpunten op het bedrijf biedt wellicht mogelijkheden om een beter beeld te krijgen van de effecten van de bedrijfsvoering op de oppervlaktewaterkwaliteit.

Opmerking 2: De oppervlaktewaternorm die in deze analyse is gebruikt (2,5 mg N/l), is niet specifiek gedifferentieerd naar de drempelwaarden die zijn vastgesteld voor specifieke oppervlaktewatersystemen in Nederland. Momenteel wordt in Koeien & Kansen verkend of deze differentiatie mogelijk is en welk resultaat dit dan oplevert.

De waarneming van frequente overschrijding van de in deze analyse gehanteerde normen voor stikstof in oppervlaktewater, is niet direct te vertalen in een concrete bedrijfsspecifieke taakstelling doordat de waterkwaliteit onvoldoende duidelijk gerelateerd kan worden aan het handelen op het bedrijf.

5 Conclusies

Wat is de ontwikkeling van de waterkwaliteit op melkveebedrijven die deelnemen aan Koeien & Kansen?

- De nitraatconcentratie in grondwater op zandgrond is in Koeien & Kansen in de periode 1999–2022 afgenomen met 0,8 mg/l/jaar. In de eerste jaren (1999–2006) was de daling het grootst (3,6 mg/l/jaar), daarna vlakke deze af.
- De nitraatconcentratie in drain- en grondwater op kleigrond in Koeien & Kansen vertoont geen toe- of afname in de tijd en fluctueert tussen 2 en 15 mg/l en vertoont enkele pieken in 2003–2005 en 2017-2019.
- Op veengrond is de waterkwaliteit in grondwater uitgedrukt als N-totaal (N komt hier vooral voor als ammonium en organisch N). De N-totaalconcentratie vertoont geen toe- of afname in de tijd en fluctueert tussen 6 en 13 mg/l en vertoont pieken in 2006 en 2020/2021.
- Het N-totaalgehalte in het slootwater vertoonde over de gehele periode (1999–2022) een lichte dalende trend van 0,1 mg N/l/jaar. De sterkste daling vond plaats in de periode 2018–2022 (1,5 mg N/l/jaar).
- Er waren in het algemeen geen duidelijke verschillen in stikstofconcentraties in grond- en oppervlaktewater tussen K&K-bedrijven en LMM-bedrijven. De K&K-zandbedrijven liggen op meer uitspoelingsgevoelige gronden dan de LMM-bedrijven.

Hoe verhoudt de waterkwaliteit zich tot normen?

- Op de zandbedrijven wordt de norm voor grondwater regelmatig overschreden, met name in de recente periode met droge jaren vanaf 2017. Daarvoor bevond gemiddeld over de bedrijven het nitraatgehalte in het grondwater zich nabij de norm, maar wel met normoverschrijdingen voor afzonderlijke bedrijven.
- De regelmatige normoverschrijding voor grondwater die ook in de recentere jaren nog optreedt op bedrijven op zandgrond, geeft aan dat er nog steeds een taak ligt voor Koeien & Kansen om de nitraatuitspoeling te beperken.
- Op de kleibedrijven wordt op enkele jaren na in grond- en drainwater nauwelijks de norm overschreden.
- Bij veengrond in grondwater is na 2009 een afname van de normoverschrijding waargenomen, maar of dat een gevolg is van het mineralenmanagement is moeilijk aan te tonen.
- In slootwater wordt de norm in bijna alle jaren op meer dan de helft van de bedrijven overschreden.

Wat is de ontwikkeling van de bedrijfsvoering op melkveebedrijven die deelnemen aan Koeien & Kansen?

- In de periode 1999–2022 nam gemiddeld op alle grondsoorten de N-bemesting van grasland en het N-bodemoverschot op bedrijfsniveau af. De daling was het sterkst in de periode 1999–2005, daarna werd geen significante daling meer waargenomen.
- De N-bemesting op grasland is voor 2006 lager dan op BIN-bedrijven, na 2006 is de N-bemesting hoger dan op BIN-bedrijven.
- Het N-bodemoverschot neemt in het begin van de meetperiode (1998–2005) op K&K-bedrijven eerder af dan op BIN-bedrijven en is na 2006 vergelijkbaar met dat op BIN-bedrijven.

Welke verbanden zijn er tussen bedrijfsmanagement en waterkwaliteit?

- In het algemeen was op klei- en veengrond het verband tussen mineralenmanagement en de grondwaterwaterkwaliteit minder sterk dan op zandgrond. Op de zandbedrijven ging een daling van het nitraatgehalte in de periode 1999–2006 op met een daling van het N-bodemoverschot. Voor het stikstofgehalte in het slootwater was er geen duidelijk verband met het mineralenmanagement.

Referenties

- Aarts, H.F.M., C.H.G. Daatselaar & G. Holshof, 2008. Bemesting, meststofbenutting en opbrengst van productiegrasland en snijmaïs op melkveebedrijven. Rapport 208, Plant Research International, Wageningen, 50 pp.
- Buijs, S., K. Ouwekerk & J. Rozemeijer, 2020. Meetnet nutriënten landbouw specifiek oppervlaktewater : toestand en trends tot en met 2018. Deltaris, 11203728-005-BGS-0002, 63 pp.
- De Haan, M.H.A., J. Verloop & G.J. Hilhorst, 2019. Droogte op Koeien & Kansen-bedrijven in 2018. Praktijkervaringen. Wageningen, Koeien & Kansen rapport 84, 46 pp.
- Europees Parlement, 2000. Kaderrichtlijn Water. Richtlijn 2000/60/EG van het Europese Parlement en de Raad tot vaststelling van een kader voor communautaire maatregelen betreffende het waterbeleid. Brussel.
- Evers, A.G., P.J. Galama & M.H.A. de Haan, 2000. Versneld naar MINAS-eindnormen; milieu- en inkomenseffecten van mineralenmaatregelen op Koeien & Kansen bedrijven. Wageningen, Koeien & Kansen rapport 5, 37 pp.
- Evers, A.G., M.H.A. de Haan, G.J. Hilhorst, J. Verloop en N.J. Dekker, 2023. Duurzaamheidskenmerken op Koeien & Kansen-bedrijven integraal beschouwd. Wageningen, Koeien & Kansen rapport 93, 49 pp.
- 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.
- GenStat, 2022. GenStat 19th edition, VSN International Ltd., Hemel Hempstead, Hertfordshire.
- Goselink, R.M.A. & L.B. Šebek, 2012. Implementatie maatregelen ter reductie gasvormige emissies in de melkveehouderij. Ervaringen op voorloperbedrijven. Wageningen, Koeien & Kansen rapport 5, 11 pp.
- Hooijboer, A.E.J. & F.W.J.M. Weijs, 2013. Waterkwaliteit op Koeien en Kansen bedrijven: Resultaten van tien jaar bemonstering. Bilthoven, RIVM rapport 680717021/2013, 114 pp.
- Negash, A., T.C. van Leeuwen, M.W. Hoogeveen, K. Oltmer, 2024. Minerals Policy Monitoring Programme report 2019–2022. Methods and procedures, RIVM rapport 2024-0107.
- Oenema, J., H.F.M. Aarts & B. Habekotté, 2000. Het mineralenspoor in 'Koeien & Kansen', uitgangssituatie mineralenstromen. Wageningen, Plant Research International, Rapport 9, 26 pp.
- Oenema, J., H.F.M. ten Berge, C.J. de Jong & B. Fraters, 2002. Stikstofoverschotten in 'Koeien & Kansen' en de relatie met nitraatconcentratie in grond- en oppervlaktewater. Wageningen, Plant Research International, Rapport 49, 83 pp.
- Oenema, J., G.J. Hilhorst, L. Šebek & H.F.M. Aarts, 2011. Bedrijfsspecifieke fosfaatgebruiksnormen (BEP): onderbouwing en verkenning in de praktijk. Plant Research International, Rapport 400, 19 pp.
- Oenema, J., 2013. Transitions in nutrient management on commercial pilot farms in the Netherlands, Ph.D. Thesis, Wageningen University, Wageningen, 198 pp.
- Oenema, J., S.L.G.E. Burgers, M.K. van Ittersum & H. van Keulen, 2015. Stochastic uncertainty and sensitivities of nitrogen flows on dairy farms in The Netherlands. *Agricultural Systems* 137: 126-138.
- Ouwehand, P., Denneman, A., Fraters, D., Ge, L., Rozemeijer, J., Visser, H., & Walvoort, D.J.J., 2019. Methoden voor trendanalyse bij de Evaluatie Meststoffenwet. CBS. <https://edepot.wur.nl/499850>
- Schröder, J.J., H.F.M. Aarts, J.C. van Middelkoop, M.H.A. de Haan, R.L.M. Schils, G.L. Velthof, B. Fraters & W.J. Willems, 2005. Limits to the use of manure and mineral fertilizer in grass and silage maize production in The Netherlands, with special reference to the EU Nitrates Directive. Report 93, Plant Research International, Wageningen, 48 pp.
- Schröder, J.J., G.J. Hilhorst, J. Oenema & J. Verloop, 2018. Bedrijfsspecifieke mest- en kunstmestgiften op melkveebedrijven. Onderbouwingen ten behoeve van de 'BES' in 2016-2018. Wageningen, Plant Research, Rapport 802, 29 pp.
- Šebek, L.B., R.M.A. Goselink, A.G. Evers, M. Vrolijk & M.H.A. de Haan, 2015. Minder gasvormige emissies op melkveebedrijf. Praktijkervaringen met voer- en diermanagement als sturing voor methaan en ammoniak. Wageningen, Koeien & Kansen rapport 75, 32 pp.
- Ten Berge, H.F.M., J.C.M. Withagen, F.J. de Ruijter, M.J.W. Jansen & H.G. van der Meer, 2000. Nitrogen responses in grass and selected field crops : QUADMOD parameterisation and extensions for STONEapplication. Rapport 24, Plant Research International, Wageningen, 45 pp.
- Van Geest, G.J., P.F.M. Verdonschot, P.N.M. Schipper, A.J. Veraart, J.G.M. Roelofs, H.B.M. Tomassen, 2021. Factsheet: Ecologische effecten van stikstof op Nederlandse oppervlaktewateren. Notitie Kennisimpuls Waterkwaliteit.
- Verloop, J.J., L.J.M. Boumans, H. van Keulen, J. Oenema, G.J. Hilhorst & H.F.M. Aarts, 2006. Reducing nitrate leaching to groundwater in an intensive dairy farming system. *Nutr. Cycling Agroecosyst.* 74: 59-74.
- Verloop, J., G.J. Noij, I.E. Hoving & M.H.A. de Haan, 2018. BedrijfsWaterWijzer; versie 2018.01. Wageningen, Plant Research, Rapport 791, 70 pp.
- Verloop, J., M.H.A. de Haan, G.J. Noij & I.E. Hoving, 2019. BedrijfsWaterWijzer; basis voor waterplannen in Koeien & Kansen. Wageningen, Koeien & Kansen rapport 85, 17 pp.

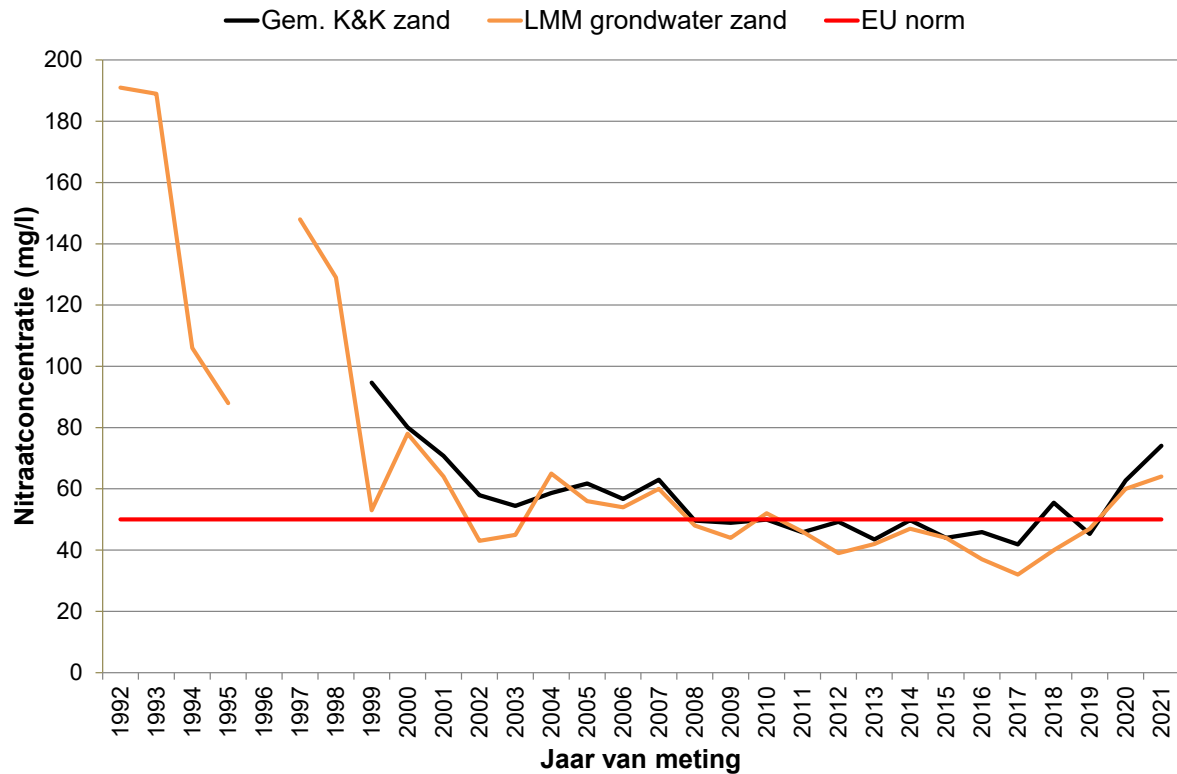
- Verloop, J., G.J. Hilhorst, J. Oenema, C. Dekker, A. Hooijboer & W. van Dijk, 2022. Bedrijfsspecifieke mest- en kunstmestgiften op melkveebedrijven. Resultaten pilot Bedrijfs Eigen Stikstofbemesting (BES) 2015-2020. Wageningen, Plant Research, Rapport 1178, 80 pp.
- Verloop, J., et al., in voorbereiding. Dairy farming and drinking water supply: a pilot study in a vulnerable sandy area in Overijssel, the Netherlands.
- Vermeij, I., M.H.A. de Haan & B. Meerkkerk, 2007. Gevolgen nieuw mestbeleid voor Koeien&Kansen-bedrijven in 2005. Wageningen, Koeien & Kansen rapport 37, 13 pp.

Websites

bedrijfswaterwijzer.wur.nl/
www.nobveenweiden.nl/bevindingen-rekenregels/

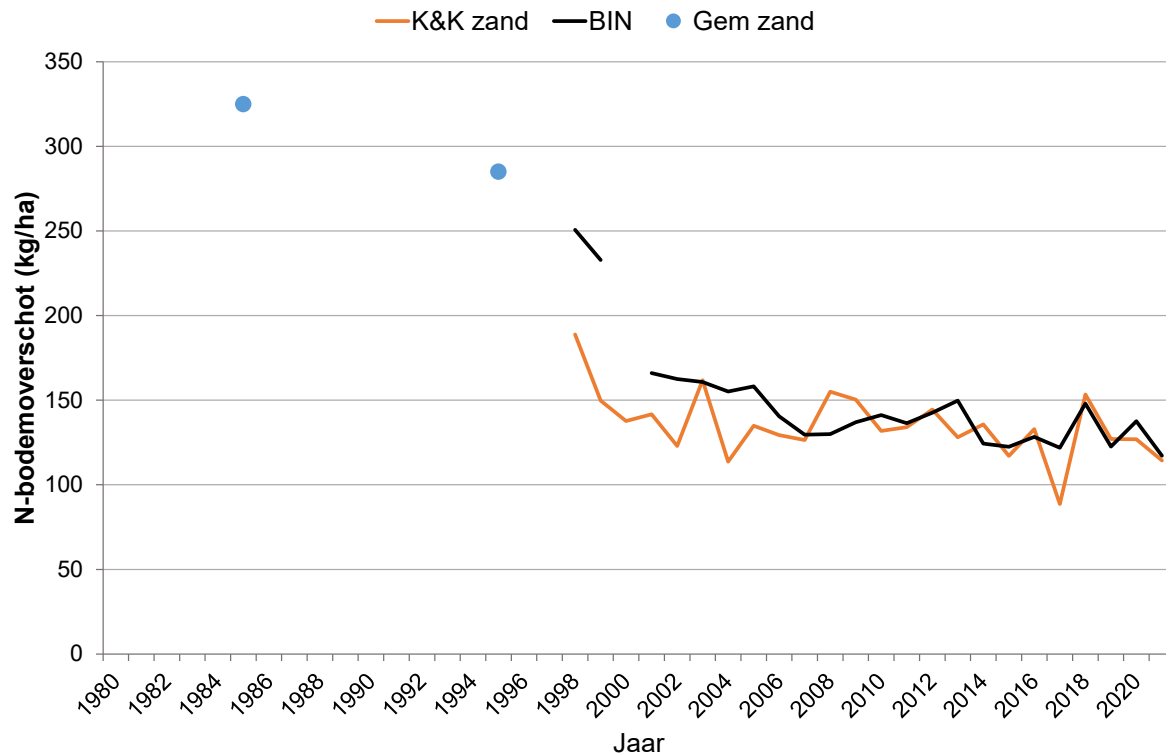
Bijlage I Het verloop van de nitraatconcentratie (1992–2022) en stikstofbodemoverschot (1985–2022) op zandgrond/zandregio

In *Figuur I.1* is het verloop van de nitraatconcentratie weergegeven in LMM in de Zandregio vanaf 1992 en in K&K op zandgrond vanaf 1999.



Figuur I.1: Het verloop van de nitraatconcentratie in het grondwater (mg/l) op K&K-bedrijven op zandgrond en LMM-bedrijven in de Zandregio.

In *Figuur I.2* is het verloop van het N-bodemoverschot weergegeven op K&K-bedrijven op zandgrond, op BIN bedrijven en op een gemiddeld bedrijf op zandgrond halverwege de jaren tachtig (Aarts et al., 2000) en halverwege de jaren negentig (Aarts et al., 1999).



Figuur I.2: Het verloop van het N-bodemoverschot op K&K-bedrijven op zandgrond (K&K zand), op BIN bedrijven (BIN) en op een gemiddeld bedrijf op zandgrond halverwege de jaren tachtig en negentig (Gem zand).

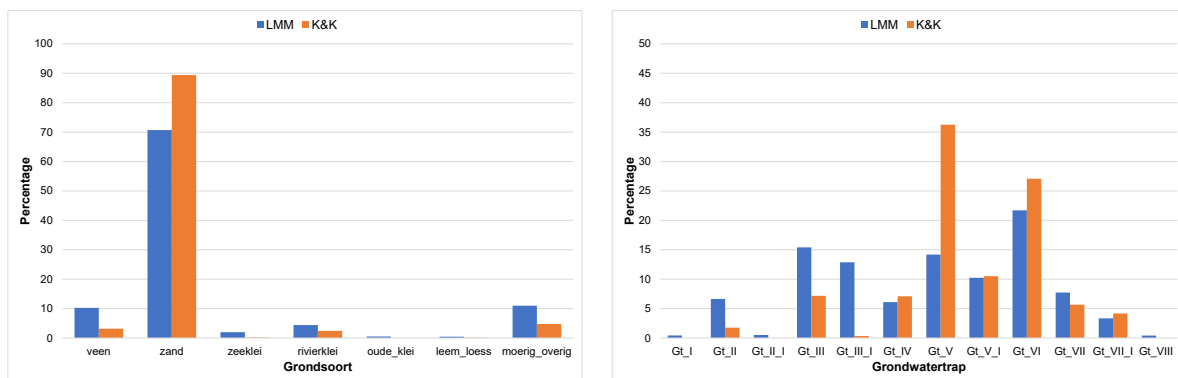
Referenties

- Aarts, H.F.M., B. Habekotté, G.J. Hilhorst, G.J. Koskamp, F.C. van der Schans & C.K. de Vries, 1999. Efficient resource management in dairy farming on sandy soil. *Neth. J. Agric. Sci.* 47: 153-167.
- Aarts, H.F.M., B. Habekotté & H. Van Keulen, 2000. Nitrogen (N) Management in the 'De Marke' dairy farming system. *Neth. J. Agric. Sci.* 56: 231-240.

Bijlage II De uitspoelingsgevoeligheid van K&K-bedrijven op zandgrond en van LMM-bedrijven uit de Zandregio

De vergelijking tussen K&K-bedrijven en LMM-bedrijven veronderstelt dat beide groepen vergelijkbaar zijn voor wat betreft de gevoeligheid voor uitspoeling. In het LMM-meetnet wordt elk bedrijf op basis van grondsoort ingedeeld in vier regio's: de Zandregio, de Kleiregio, de Veenregio en de Lössregio. De grenzen van die regio's zijn gebaseerd op de postcode-indeling. De postcode van het bedrijf bepaalt dus in welke regio dit bedrijf valt. De benaming van de regio geeft de meest voorkomende grondsoort weer. Maar in een regio komen ook andere grondsoorten voor. Het kan dus voorkomen dat de grondsoort op het bedrijf niet overeenkomt met de dominante grondsoort in de regio waarin het bedrijf valt. De zandbedrijven in K&K zijn niet op basis van een regionale indeling, maar specifiek op basis van beoordeling van het bedrijfsareaal ingedeeld als zandgrond (wat niet wegneemt dat ook de zandbedrijven in K&K percelen/meetpunten hebben op een grondsoort met een andere classificatie). In *Figuur II.1* zijn voor de zandbedrijven in K&K en de LMM-bedrijven in de Zandregio de verdeling van meetpunten over de grondsoorten en over de grondwatertrappen (GT) weergegeven. Op de K&K-zandbedrijven is 90% van de meetpunten gelegen op zandgrond, terwijl dit voor de LMM-bedrijven in de Zandregio maar 70% bedraagt. In LMM ligt circa 20% van de meetpunten in de Zandregio op veen- en/of moerige grond en circa 10% op kleigrond. Ook in de GT-verdeling zien we een verschil tussen K&K- en LMM-bedrijven. Op de LMM-bedrijven in de Zandregio liggen meer meetpunten met een lage GT (GT I t/m GT IV), terwijl op de K&K-zandbedrijven meer meetpunten liggen met een hogere GT (GT V t/m GT VII). Bij hogere GT-klassen op zandgrond (diepere grondwaterstand) neemt het risico op nitraatuitspoeling toe.

Uit bovenstaande blijkt dat het uitspoelingsrisico op de K&K-zandbedrijven hoger is dan op de LMM-bedrijven in de Zandregio, doordat op de K&K-bedrijven een kleiner deel van de meetpunten op veen- en kleigronden ligt en doordat er op de K&K-bedrijven meer meetpunten zijn met een lagere (diepere) grondwaterstand dan op de LMM-bedrijven. Ondanks dat het risico van uitspoeling op K&K-bedrijven hoger is dan op de LMM-bedrijven, wordt dit niet waargenomen in de gemeten nitraatconcentraties in grondwater (*Figuur 3.1*), maar zijn concentraties gemiddeld van een vergelijkbaar niveau. Nog uit te voeren vervolgonderzoek waarbij meer wordt ingezoomd op meetpunten en het management op de percelen waarop de meetpunten lagen kan hier mogelijk een beter beeld van geven.

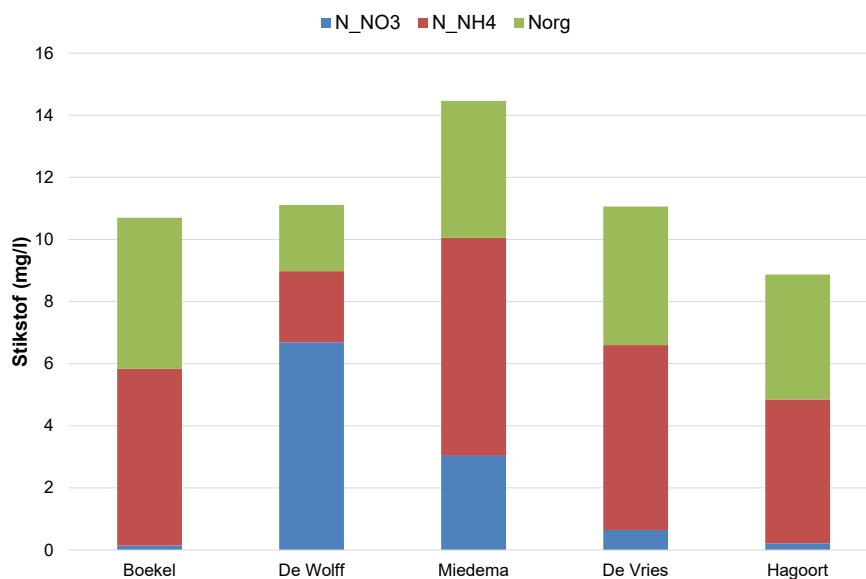


Figuur II.1: Grondsoort- (links) en grondwatertrapverdeling (rechts) van K&K-bedrijven op zandgrond en LMM-melkveebedrijven in de Zandregio.

Bijlage III De betekenis van het voorkomen van verschillende chemische vormen van stikstof in grondwater op veengrond

Ondanks de veranderingen in de bedrijfsvoering en de daaruit voortvloeiende daling van het N-bodemoverschot (*Tabel 3.9*), was er geen waarneembare trend van de stikstofconcentratie in het grondwater van Koeien & Kansen bedrijven op veengrond. Mogelijk hangt dit samen met aanvoer van N uit de bodem waarbij processen zonder directe relatie met landbouwkundig handelen een rol spelen, zoals bijvoorbeeld veenafbraak. Om hier meer inzicht in te geven, is gekeken naar de stikstofvormen aanwezig in het grondwater. De waterkwaliteit in grondwater op veengrond is weergegeven als N-totaalconcentratie en niet als nitraatconcentratie (zie paragraaf 2.1). Op veengrond komt stikstof in minder mate voor als nitraat in vergelijking tot zand- en kleigrond en zijn ammonium en opgelost organisch stikstof de dominante componenten.

Dat geldt ook voor de K&K-bedrijven op veengrond (*Figuur III.1*) met als uitzondering bedrijf De Wolff, een bedrijf met veen in de ondergrond en een kleipakket in de bovengrond. Ammonium en organisch stikstof zijn het product van omzettingen van organisch materiaal dat al in de verre historie, bij het ontstaan van veengronden, kan zijn ontstaan, maar ook een recentere herkomst kan hebben, bijvoorbeeld via dierlijke mest. Hierdoor is het veel lastiger de invloed van de verschillende aspecten van de bedrijfsvoering, zoals bemesting, bodembeheer, graslandbeheer en waterbeheer (opzetten van peilen) terug te zien in de N-totaalconcentratie in het grondwater (www.nobveenweiden.nl/bevindingen-rekenregels/). Dit kan verklaren dat er in de stikstofconcentratie in grondwater op veengrond geen trend is waargenomen, ondanks ontwikkelingen in de bedrijfsvoering. De implicatie van deze onzekerheid is dat het zeer de vraag is of grondwatermetingen het landbouwkundig handelen reflecteren.



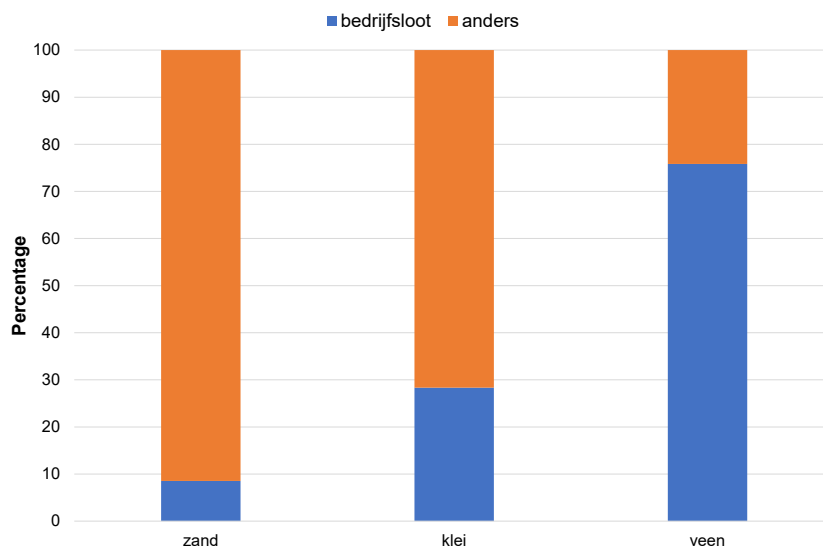
Figuur III.1: Gemiddelde samenstelling van de componenten stikstof in grondwater (mg/l) gemeten op K&K-bedrijven op veengrond.

Bijlage IV Sloopwaterbemonstering als indicator voor kwaliteit in relatie tot bedrijfsactiviteiten

De analyse van watertrends in relatie tot bedrijfsvoering is gebaseerd op waarnemingen in grond-, drain- en oppervlaktewater. Het met elkaar in verband brengen van deze waarnemingen met de bedrijfsvoering van K&K-bedrijven veronderstelt dat landbouwactiviteiten daadwekelijk bepalend zijn voor de waargenomen waterkwaliteit. Voor drainwater en grondwater is dit een logische en bewezen aanname. Drainwater komt direct uit het perceel en is een directe waarneming van nitraatuitspoeling vanuit de landbouw. Dit geldt ook voor het bovenste grondwater dat niet door naburige percelen wordt beïnvloed. Voor sloopwater is de relatie tussen bedrijfsmanagement en waterkwaliteit complexer. In deze bijlage wordt daar nader op ingegaan. Sloten verschillen voor wat betreft hun ligging ten opzichte van de bedrijfspcelen. De volgende typen kunnen worden onderscheiden:

- Bedrijfssloten. Dit zijn sloten die op het bedrijf beginnen en dus alleen water van het bedrijf afvoeren.
- Doorgaande sloten. Dit zijn sloten die door het bedrijf lopen, maar elders hun oorsprong hebben. Deze worden deels beïnvloed door af- en uitspoeling van het bedrijf.
- Langsgaande sloten. Deze grenzen met één oever aan het bedrijf. De beïnvloeding door de bedrijfsvoering is daarmee vrij klein.

Het is aannemelijk dat het management van een bedrijf vooral invloed heeft op de waterkwaliteit van bedrijfssloten en dat de invloed van het bedrijfsmanagement op de kwaliteit van doorgaande en langsgaande sloten (overige sloten), afhankelijk van de specifieke situatie, minder duidelijk tot heel beperkt is. Van de in de trendanalyse meegenomen waarnemingen is in veen, klei en zand respectievelijk 30, 72 en 92% afkomstig van overige sloten (*Figuur IV.1*). Het aandeel watermonsters waarvan de kwaliteit maar ten dele door het nabije melkveebedrijf wordt bepaald, is zo groot dat van deze trendanalyse feitelijk niet te verwachten valt dat een duidelijke samenhang met bedrijfsvoering kan worden vastgesteld. Dit betekent ook dat normoverschrijding voor oppervlaktewater (zie paragraaf 3.2) niet direct toegeschreven mag worden aan de specifieke melkveebedrijven waar het water is bemonsterd. De vertaling van waargenomen waterkwaliteit in een taakstelling voor de melkveehouderijbedrijven is afhankelijk van de regionale situatie niet bedrijfsspecifiek. Dit is feitelijk ook één van de redenen dat de BedrijfsWaterWijzer (bedrijfswaterwijzer.wur.nl/) aangrijpt op risico's op af- en uitspoeling op basis van bedrijfsspecifieke kenmerken van bodem, water en management en niet inspeelt op de gemeten waterkwaliteit die beïnvloed kan zijn door allerlei andere invloeden van buiten het bedrijf.

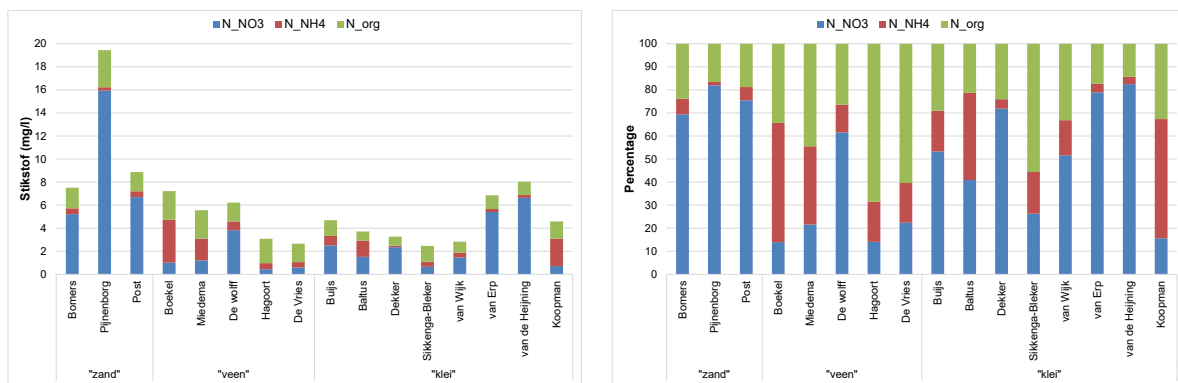


Figuur IV.1: Het aandeel (%) van de watermonsters uit bedrijfssloten en het aandeel (%) uit overige sloten per grondsoort op de K&K-bedrijven.

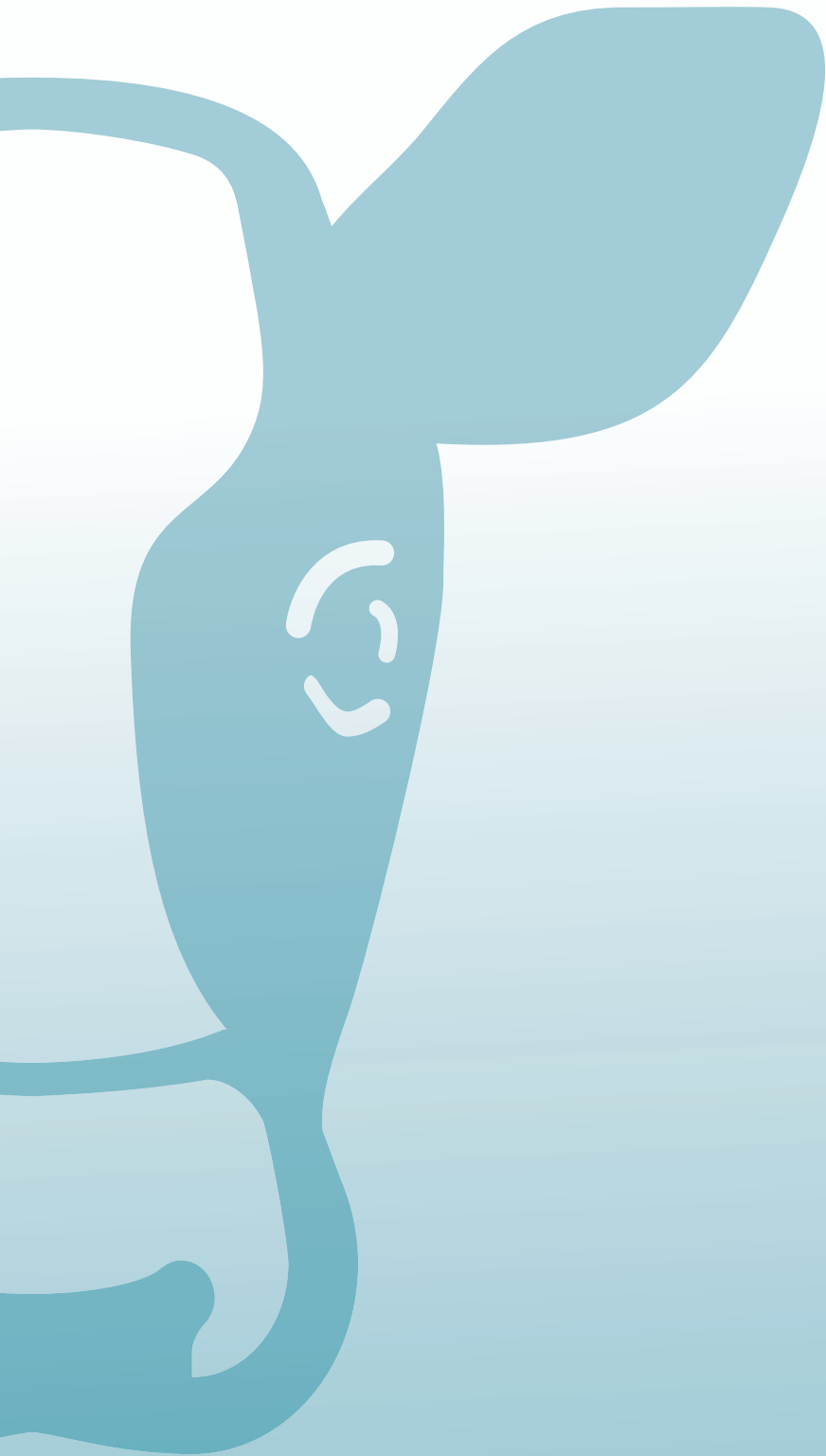
Figuur IV.2 geeft per K&K-bedrijf een overzicht van de concentratie van de verschillende componenten stikstof in het sloopwater, uitgedrukt als absolute concentratie en als een percentage van de hoeveelheid N-totaal. In het sloopwater op zandgrond komt meer dan 70% van de stikstof voor als nitraat. De chemische vorm waarin stikstof voorkomt in sloopwater op veengrond varieert nogal tussen de K&K-bedrijven (*Figuur IV.1*). Op de twee veenbedrijven in het Groene Hart (De Vries en Hagoort) is stikstof vooral aanwezig in de vorm organisch gebonden stikstof, terwijl op bedrijf Boekel (veenbedrijf in Noord-Holland) vooral ammonium

wordt waargenomen. Op deze drie bedrijven is het aandeel nitraat laag. De grondsoort op bedrijven Miedema en De Wolff (beide Friesland) wordt getypeerd als klei op veen. Maar de samenstelling van de stikstofconcentratie in slootwater is verschillend. Bij Miedema is stikstof vooral aanwezig als ammonium en organische gebonden stikstof en minder als nitraat, terwijl bij De Wolff nitraat en organisch gebonden stikstof overheersen. De samenstelling van de componenten stikstof verschilt dus behoorlijk tussen bedrijven en gebieden. Ook op kleigronden varieert de samenstelling van de stikstofconcentratie tussen de bedrijven (*Figuur IV.2*). Van hoge tot lage aandelen nitraat, op een enkel bedrijf een hoog aandeel organisch gebonden stikstof (Sikkenga – Bleker), en op twee andere bedrijven een hoog aandeel ammonium (Baltus en Koopman).

Het is de vraag of de samenstelling van N-totaal uit chemische componenten meer inzicht geeft in de invloed van bedrijfsmanagement op de waterkwaliteit. Verondersteld wordt vaak dat nitraat de belangrijkste gidsparameter is voor belasting van watersystemen uit landbouwbedrijven. Maar bodemprocessen zoals mineralisatie, nitrificatie en denitrificatie die zowel samenhangen met regionale kenmerken (hydrologie, grondsoort) als met water- en bedrijfsmanagement hebben een grote invloed op de samenstelling. Ook hier geldt dat het van belang is de sloot- en bodemeigenschappen op de bedrijven goed te kennen (kwel, bodemeigenschappen, rijping van kleigrond, mate van scheurvorming kleigrond, geohydrologische opbouw). Nadere analyse van deze verbanden door combinatie van registratie van bedrijfsprocessen, gegevens over de bodem- en waterkenmerken en bemonstering van bedrijfssloten op N totaal en de verschillende chemische stikstofvormen, zou waardevolle aanvullende inzichten kunnen geven. De dataset van Koeien & Kansen is vermoedelijk te klein om deze analyse volledig op te baseren.



Figuur IV.2: De samenstelling van de componenten stikstof in slootwater per K&K-bedrijf, uitgedrukt als absolute bijdrage in mg/l (links) en als procentuele bijdrage (rechts); het betreft een gemiddelde van alle waarnemingsjaren op een bedrijf, waarnemingsperiodes verschillen tussen bedrijven.



Secretariaat Koeien & Kansen

Postbus 338
6700 AH Wageningen
T (0317) 48 39 53
E info@koeienenkansen.nl
www.koeienenkansen.nl