

‘Het verband tussen landgebruik en nitraatgehalten in het bovenste grondwater’

Afstudeerwerkstuk



Vrijland
Kringloop
Overijssel

Jorik Hissink

Aeres Hogeschool Dronten

8 juni 2020

‘Het verband tussen landgebruik en nitraatgehalten in het bovenste grondwater’

Afstudeerwerkstuk

Auteur: Jorik Hissink

Adres: Geesinkweg 5a, 7231 RE te Warnsveld

Klas: 4DV

Onderwijsinstelling: Aeres Hogeschool Dronten

Mail: 3023762@aeres.nl

Telefoon: 06 18 24 27 05

Plaats en datum: 8 juni 2020 te Warnsveld

Opdrachtgever: Vruchtbare kringloop Overijssel

Mail: overijssel@vruchtbarekringloop.nl

Contactpersoon: Bert Muller

Mail: bert.muller@agroaccent.nl

Telefoon: 06 111 8 48 48

Onderwijsinstelling: Aeres Hogeschool Dronten

Adres: De Drieslag 4, 8251 JZ te Dronten

Mail: info.hogeschool.dronten@aeres.nl

Telefoon: 088 020 6000

Mentor: Daan Westrik

Mail: d.westrik@aeres.nl

Afstudeerdocent: Kees Westerdijk

Mail: k.westerdijk@aeres.nl

Voorwoord

Voor u ligt het afstudeerwerkstuk van een studie welke betrekking heeft op het aantonen van een verband tussen een aantal landgebruik aspecten en de nitraatconcentraties in het bovenste grondwater. Dit rapport is geschreven in opdracht van de Aeres hogeschool te Dronten en geeft de inhoud weer van een project wat is opgezet door Jorik Hissink in samenwerking met de Vruchtbare Kringloop Overijssel. Ik ben Jorik Hissink, vierdejaars Dier- en veehouderij student aan de Aeres hogeschool te Dronten. Dit rapport geeft inzicht in de achtergrond en de resultaten van een uitgevoerd praktijkonderzoek.

Ten eerste wil ik mijn afstudeerdocent bedanken voor de ondersteuning bij de keuze van een onderwerp en de opzet van het complete afstudeerwerkstuk. Daarnaast wil ik ook Bert Muller, aanspreekpunt van de Vruchtbare Kringloop Overijssel, bedanken voor de ondersteuning tijdens dit project. Tot slot wil ik alle deelnemers bedanken voor het verstrekken van de benodigde informatie en het uitvoeren van maandelijkse nitraatmetingen.

Warnsveld, juni 2020

Inhoudsopgave

Voorwoord	3
Samenvatting.....	6
Summary	7
1. Inleiding	8
1.1 Achtergrond nitraat.....	8
1.1.1 Definitie nitraat	8
1.1.2 Europese Nitraatrichtlijn	9
1.1.3 Menselijke gezondheid.....	10
1.2 Invloed grondsoort	11
1.2.1 Grondsoorten Nederland	11
1.2.2 Verschillen binnen Nederland	12
1.3 Nitraatgehaltes in natuurgebieden	13
1.4 Invloed gewassen	14
1.5 Infiltratiesnelheid	15
1.6 Hoofd- en deelvragen.....	15
1.6.1 Hoofdvraag	15
1.6.2 Deelvragen.....	16
1.7 Doel	16
2. Materiaal en methode.....	17
2.1 Deelnemende bedrijven	17
2.2 Uitvoering nitraatmetingen.....	17
2.2.1 Wijze van uitvoering.....	17
2.2.2 Frequentie van uitvoering	19
2.3 Analyse invloed grondsoorten.....	20
2.4 Analyse invloed gewassen	20
2.5 Analyse invloed bemestingsstrategie.....	21
2.6 Analyse invloed onderzaaien mais	21
2.7 Analyse hoogteverschillen binnen het perceel	22
2.8 Analyse invloed beweiding.....	22
3. Resultaten.....	23
3.1 Invloed grondsoort	23
3.2 Invloed gewassen	23
3.3 Invloed bemesting	24
3.3.1 Invloed organische stofgehalte	24
3.3.2 NH4-N Bemesting	25

3.3.3	NO3-N bemesting	25
3.4	Invloed onderzaai	26
3.5	Invloed hoogteverschillen	27
3.6	Invloed beweiding	28
4.	Discussie	29
4.1	Interpretatie onderzoeksresultaten	29
4.1.1	Grondsoort	29
4.1.2	Gewassen.....	29
4.1.3	Bemesting.....	30
4.1.4	Onderzaai mais	31
4.1.5	Hoogteverschillen.....	31
4.1.6	Beweiding	32
4.2	Reflectie uitvoering metingen	32
5.	Conclusies en aanbevelingen	33
5.1	Conclusies.....	33
5.2	Aanbevelingen.....	34
	Referenties	35
	Bijlage I. Tabel verband grondsoort en gemiddelde nitraatconcentratie	37
	Bijlage II. Tabel verband gewastype en gemiddelde nitraatconcentratie.....	39
	Bijlage III. Bemestingsgegevens 2019 per deelnemer.....	41
	Bijlage IV. Tabel registratie wel of geen onderzaai toegepast	43
	Bijlage V. Hoogtereregistratie per peilbuis.....	45
	Bijlage VI. Registratie toepassing weidegang	46

Samenvatting

Verduurzaming is een term wat binnen de melkveehouderij de laatste jaren vaak in opspraak is gekomen. Bemestingsnormen worden verder aangescherpt waardoor ondernemers ertoe gedwongen worden om efficiënter om te gaan met beschikbare mineralen. Om een betere mineralenkringloop te realiseren is het van belang om in kaart te brengen welke maatregelen hiervoor effectief zijn.

Het doel van dit onderzoek is om verbanden aan te tonen tussen nitraatconcentraties in het bovenste grondwater en het desbetreffende landgebruik. Hiervoor is de volgende hoofdvraag opgesteld: *‘Welke specifieke verbanden bestaan er tussen het nitraatgehalte in het bovenste grondwater en het desbetreffende landgebruik?’* Om deze hoofdvraag zo specifiek mogelijk te kunnen beantwoorden zijn er een zestal relevante deelvragen opgesteld.

De basis van de gebruikte onderzoeksmethode zijn de peilbuizen welke geplaatst zijn op gras- en maispercelen bij zo’n 35 Overijsselse agrarisch ondernemers. Middels deze peilbuizen waren de ondernemers in staat om maandelijks het nitraatgehalte van het bovenste grondwater vast te stellen. Deze nitraatmetingen zijn in verband gebracht met het desbetreffende landgebruik. De belangrijkste aspecten waren de geteelde gewassen en de toegepaste bemestingsstrategie. Denk hierbij aan de hoeveelheid bemesting en de gebruikte kunstmestsoorten.

De resultaten geven weer dat de grondsoort een grote invloed heeft op de mate van uitspoeling. Hoge nitraatconcentraties komen met name voor op zandgronden als oorzaak van een laag vochtvasthoudend vermogen. De hoogste nitraatwaarden zijn geconstateerd op zandgronden waar maisteelt toegepast wordt. Het korte groeiseizoen van mais leidt ertoe dat er maar in een relatief korte periode stikstof wordt opgenomen uit de bodem. Het overtollige stikstof wat niet opgenomen wordt door het maisgewas krijgt vervolgens de kans om uit te spoelen. De resultaten geven weer dat het toepassen van onderzaai de nitraatuitspoeling tijdens maisteelt kan beperken. Opvallend is dat naarmate het organische stofgehalte stijgt, de nitraatconcentraties dalen. Organische stof is in staat om vocht vast te houden waardoor er minder vocht uitspoelt naar diepere lagen. Tot slot heeft het aanbrengen van ammonium- en ureumstikstof effect om uitspoeling te beperken. Het bemesten van nitraatstikstof leidt tot een grotere mate van uitspoeling.

Er zijn een aantal maatregelen vastgesteld welke ondernemers kunnen treffen om meer mineralen vast te houden in de teelt laag. Indien mogelijk is het zinvol om mais te telen op kleigrond en gras te telen op zandgrond. Wanneer mais wel op zandgrond wordt geteeld is verstandig om onderzaai toe te passen. In het bemestingsplan dient zoveel mogelijk organische mest verwerkt te zijn, dit resulteert in een groter vochtvasthoudend vermogen. Met name op zandgronden is dit van groot belang. Bij de keuze van kunstmest is het zinvol om te kiezen voor een ammonium- of ureumkunstmest.

Summary

Sustainability is a term that has often come into disrepute within dairy farming in recent years. Fertilization standards are being further tightened, forcing farmers to deal more efficiently with available minerals. To achieve a better mineral cycle, it is important to identify which measures are effective.

The aim of this research is to demonstrate links between nitrate concentrations in the upper groundwater and the relevant land use. To this end, the following main question has been formulated: 'What specific relationships exist between nitrate levels in upper groundwater and the relevant land use? To be able to answer this main question as specifically as possible, six relevant sub-questions have been drawn up.

The basis of the research method used are the monitoring wells installed on grass and maize plots at 35 agricultural businesses in the province of Overijssel. By means of these monitoring wells the farmers were able to determine the nitrate content of the upper groundwater monthly. These nitrate measurements have been linked to the relevant land use. The most important aspects were the crops grown and the fertilisation strategy applied. Think of the amount of fertilisation and the types of fertiliser used.

The results show that the type of soil has a major influence on the degree of leaching. High nitrate concentrations occur particularly on sandy soils as a cause of low moisture retention capacity. The highest nitrate values have been found on sandy soils where maize cultivation is applied. The short growing season of maize means that nitrogen is only absorbed from the soil in a relatively short period of time. The excess nitrogen that is not absorbed by the maize crop is then given the opportunity to wash out. The results show that the application of sub sowing can limit nitrate leaching during maize cultivation. Remarkably, the higher the organic matter content, the lower the nitrate concentrations. Organic matter can retain moisture so that less moisture leaches out to deeper layers. Finally, the application of ammonium and urea nitrogen has the effect of limiting leaching. Fertilizing nitrate nitrogen leads to a greater degree of leaching.

Several measures have been identified which entrepreneurs can take to retain more minerals in the cultivation layer. If possible, it makes sense to grow maize on clay soil and grass on sandy soil. If maize is grown on sandy soil, it is wise to use sub sowing. The fertilisation plan should include as much organic fertiliser as possible, which results in greater moisture retention capacity. This is particularly important on sandy soils. When choosing a fertilizer, it makes sense to choose an ammonium or urea fertilizer.

1. Inleiding

De mineralenefficiëntie binnen, met name, de melkveehouderij is circa de laatste 30 jaar een veel besproken onderwerp. In de aanloop naar een duurzamere landbouw, waarin de term 'kringloop' centraal staat, is het van groot belang om de beschikbare nutriënten en grondstoffen zo efficiënt mogelijk te benutten. Bemestingsnormen zijn en worden steeds scherper terwijl er tegelijkertijd gestreefd wordt naar hogere hectareopbrengsten. Deze bemestingsnormen zijn met name gericht op beperkingen omtrent de toediening van stikstof (N) meststoffen. Een vereiste binnen deze trend is dus het verbeteren van de bodemkwaliteit en het verder beperken van mineralenverliezen. Dit is enkel te realiseren door ten eerste de mineralenstromen en de mineralenverliezen in kaart te brengen. Aan de hand hiervan kunnen er doelgerichte acties worden ondernomen om een efficiëntere mineralenkringloop te realiseren. Het beperken van mineralenverliezen kan, voor een agrarisch ondernemer, uiteindelijk een winst opleveren. De mogelijk extra winst zal met name gerealiseerd worden door hogere gewasopbrengsten en een besparing van de mineralenaanvoer. Tegelijkertijd zal het beperken van mineralenverliezen een positieve bijdrage leveren aan een schoner milieu waarbij met name de waterkwaliteit van belang is.

Dit project wordt uitgevoerd in samenwerking met de VKO. De Vruchtbare Kringloop Overijssel (VKO) ondersteund Overijsselse agrarisch ondernemers bij het verbeteren van bodem- en waterkwaliteit, biodiversiteit en economische duurzaamheid. Het project geeft inzicht in het feit dat een goede en vitale bodem van essentieel belang is voor een gezonde agrarische sector. De deelnemende ondernemers werken gezamenlijk, in studiegroepen, aan het verbeteren van de mineralenbenutting en het beperken van eventuele verliezen. Door bedrijfsresultaten onderling te vergelijken is het mogelijk om inzicht te krijgen in kansen en verbeteringen. Elke ondernemer krijgt hierdoor de mogelijkheid om aanpassingen te doen aan de bedrijfsvoering waarmee vervolgens een beter resultaat behaald kan worden. Het doel van het project is het behalen van meer rendement uit de bodem en het zoveel mogelijk beperken van mineralenverliezen. Door dit te realiseren kan elk agrarisch ondernemer uiteindelijk een economische winst behalen.

1.1 Achtergrond nitraat

Eén van de mineralenkringlopen waarbij de kans op verliezen groot is, is de stikstofkringloop. Eén van de onderdelen binnen het project van de VKO, waar dit rapport inzicht in geeft, is het in kaart brengen van nitraat gehalten (NO_3) in het bovenste grondwater. Met deze eenheid kan de hoeveelheid $\text{NO}_3\text{-N}$ in het bovenste grondwater berekend worden wat uiteindelijk inzicht geeft in de mineralenefficiëntie van een agrarisch ondernemer.

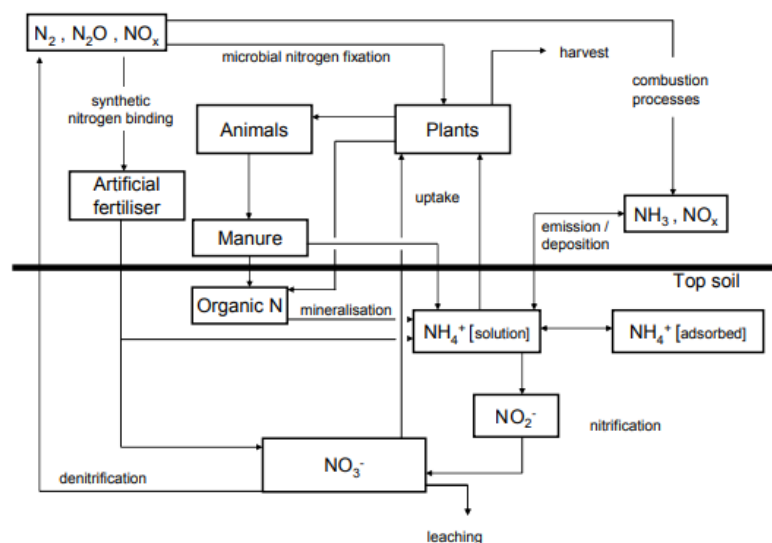
1.1.1 Definitie nitraat

Stikstof is een zeer belangrijk element voor zowel planten als dieren. Het element is noodzakelijk voor een goede groei en ontwikkeling van gewassen. Daarnaast is stikstof (N) een essentieel element bij de opbouw van eiwitten. Deze eiwitten worden tijdens de fermentatie afgebroken in aminozuren welke vervolgens van belang zijn voor de prestaties van melkkoeien. Melkveeantsoenen in de Nederlandse veehouderij kennen een hoog aandeel gras wat gepaard gaat met een hoog aandeel ruw eiwit. Van belang is dat het aandeel N in een rantsoen efficiënt benut wordt wat resulteert in een hogere productie en een lager N-excretie uit mest en urine (Chen et al., 2020).

Om een efficiënte stikstofkringloop te realiseren begint het bij de teelt van gewassen. Planten zijn in staat om stikstof op te nemen in de vorm van Nitraat (NO_3^-) en Ammonium (NH_4^+). Meststoffen bevatten daarom vaak één of beide van deze N vormen. Daarnaast is de toepassing van ureum meststoffen ook mogelijk. Eigenschappen van deze bemesting is dat het ureum eerst omgezet dient te worden naar ammonium alvorens de plant in staat is om het op te nemen.

Nitraat en ammonium zijn beide een vorm van anorganische stikstofbronnen maar beschikken wel degelijk over verschillende eigenschappen. Wanneer er gesproken wordt over uitspoeling ligt de nadruk op Nitraatstikstof (NO_3^-). Een ammonium ion is een positief geladen deeltje, dit houdt in dat het deeltje in staat is om te hechten aan bodembestanddelen. Met name humus en lutum kunnen vanwege, de negatieve lading, positief geladen ionen binden (Fraters et al., 2008). Vanwege het feit dat ammonium een lage mobiliteit heeft in de bodem zullen restanten nauwelijks tot niet terug te vinden zijn in het bovenste grondwater. NH_4^+ een traag opneembare vorm van stikstof aangezien het overgrote deel eerst omgezet wordt naar NO_3^- . Ammonium is aanwezig in zowel rundveedrijfmest als kunstmest.

Een nitratering (NO_3^-) is daarentegen een negatief geladen deeltje welke, vanwege de negatieve lading, niet gebonden kan worden aan bodembestanddelen zoals lutum en humus. Deze eigenschap van NO_3^- houdt in dat het ion in de bodem erg mobiel is. Wanneer nitraat niet volledig wordt opgenomen door het desbetreffende gewas zal het niet vastgelegd worden in de bodem (Fraters et al., 2008). Het gevolg hiervan is dat overtollig nitraat bij hevige regenval zal uitspoelen naar het grondwater. Het meten van de hoeveelheid NO_3^- in het bovenste grondwater is daarom een geschikte parameter om de stikstofefficiëntie en de mineralenkringloop in kaart te brengen. De uitspoeling gevoeligheid van nitraatstikstof verschilt per grond- en gewassoort, verdere toelichting hierop volgt in paragraaf 1.2. De stikstofkringloop is schematisch weergegeven in figuur 1 welke een duidelijk beeld schetst van de bovenstaand beschreven feiten.



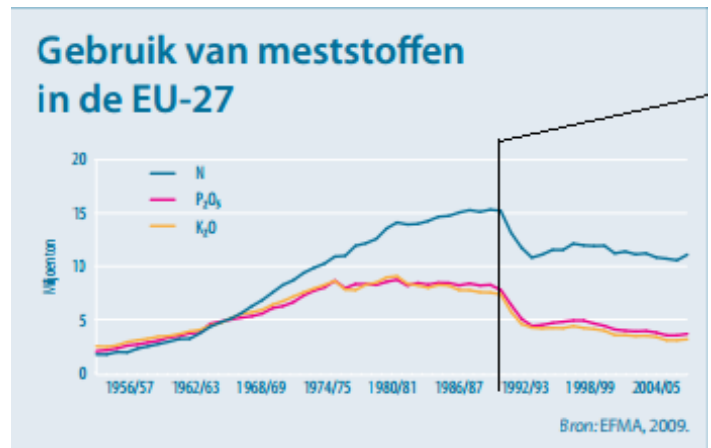
Figuur 1 Schematische weergave N-kringloop (Fraters et al., 2008)

1.1.2 Europese Nitraatrichtlijn

Naast de winst die het ondernemers kan opleveren geldt er ook een algemene Europese nitraatrichtlijn welke opgesteld is in 1991 (RIVM, 2008). Deze nitraatrichtlijn heeft als doel om waterverontreiniging, met name vanuit de landbouw, te verminderen en uiteindelijk om verdere verontreiniging te voorkomen. Deze richtlijn moet zowel de verontreiniging door nitraat in grond- als oppervlaktewater voorkomen. In deze Nitraatrichtlijn zijn maatregelen opgenomen welke alle lidstaten moeten nemen wanneer de vastgestelde norm van 50 mg/L nitraat in grondwater overschreden wordt. Deze nitraatrichtlijn geldt voor het gehele Nederlandse grondgebied, in tegenstelling tot andere lidstaten waar de aanpak geldt voor slechts enkele kwetsbare gebieden. De

reden hiervan is dat de Nederlandse landbouw de grootste oorzaak is van nitraatmissies naar grond- en oppervlaktewater. Vanwege de hoge vee dichtheid en de vele agrarische activiteiten in Nederland geldt deze nitraatrichtlijn voor het gehele grondgebied. De maatregelen voor de landbouw hebben met name invulling gekregen door strengere bemestingsnormen voor zowel dierlijke als chemische meststoffen. In figuur 2 is het totale Europese gebruik van Stikstof (N), Fosfaat (P₂O₅) en Kalium (K₂O) weergegeven vanaf 1956 tot en met 2005.

De verticale as geeft de hoeveelheid gebruikte meststoffen, door agrariërs, aan in miljoen ton. De verticale zwarte lijn duidt het jaar 1991 aan. In dit jaar is de Europese nitraatrichtlijn ingevoerd. Vanaf dit jaar is een duidelijke afname van de hoeveelheid gebruikte meststoffen waar te nemen. Deze grafiek maakt geen onderscheid tussen dierlijke- en chemische meststoffen. In het Europese maatregelenpakket is een gebruiksnorm opgenomen voor de maximaal toegestane hoeveelheid stikstof uit dierlijke mest. Deze grenswaarde bedraagt 170 kg N per hectare hoewel er uitzonderingen mogelijk zijn. Bij aantoning van een betere mineralenopname of een langer groeiseizoen kan er toestemming aangevraagd worden om meer stikstof uit dierlijke mest te mogen gebruiken. Zo heeft Nederland derogatie toegekend gekregen waarbij agrariërs 230 tot 250 kg N uit dierlijke mest mogen aanbrengen. Aan deze uitzondering zijn uiteraard wel bepaalde voorwaarden verbonden. Om gebruik te mogen maken van deze uitzondering dienen veehouders 80% van het landareaal in te vullen met de teelt van gras. Naast deze gebruiksnorm is het tijdens de winterperiode niet toegestaan om enige vorm van bemesting toe te passen. Voor deze maatregel geldt dat ondernemers moeten beschikken over een minimale mest opslagcapaciteit zodat er voldoende mest opgeslagen kan worden tijdens perioden wanneer de weersomstandigheden niet gunstig genoeg zijn om mest uit te rijden.



Figuur 2 Gebruik van meststoffen in de EU (EU, 2010)

Uit onderzoek is gebleken dat de nitraatrichtlijn wel degelijk bijdraagt aan een betere waterkwaliteit. Tussen 2004 en 2007 is de nitraatconcentratie op 66% van de gecontroleerde gebieden stabiel gebleven of zelfs afgenomen (EU, 2010). Landbouwers worden daarnaast steeds positiever om nieuwe technieken en innovaties toe te passen waarbij de uitspoeling van nitraat geminimaliseerd wordt. Niet alleen omdat dit een verplichting is maar ook om een betere mineralen kringloop te realiseren op het eigen bedrijf. Een betere mineralen kringloop resulteert namelijk in hogere droge stof opbrengsten vanwege een betere benutting van aangevoerde mineralen. Mineralen welke uitspoelen naar het grondwater worden tevens niet benut, dit is dus een direct verlies voor agrarisch ondernemers. Daarnaast kan er bij het realiseren van een betere mineralenkringloop bespaard worden op de aankoop van meststoffen, dit resulteert in een indirecte winst voor ondernemers. De eerdergenoemde maatregelen zijn dus niet enkel een verplichting voor agrarisch ondernemers maar het draagt bij aan een hogere efficiëntie voor ondernemers en aan een verbetering van met name grond- en oppervlaktewater.

1.1.3 Menselijke gezondheid

De aandacht en regelgeving omtrent de uitspoeling van nitraat is er niet zonder reden. Wanneer de concentraties NO₃-N in het grondwater te hoog zijn (>50mg) kan dit, bij humane consumptie, schadelijke gevolgen hebben voor het menselijk lichaam. Om gezondheidsrisico's te beperken is er

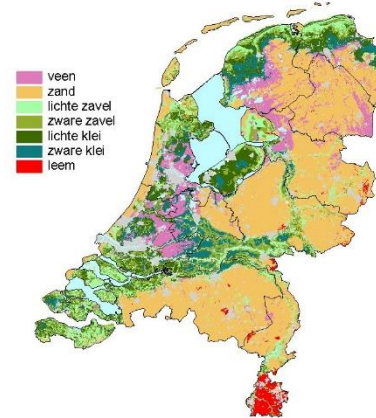
voor nitraat een maximale aanvaardbare dagelijkse inname vastgesteld (ADI). Deze ADI is vastgesteld op 3,7 milligram per kilogram lichaamsgewicht (Peters et al., 2014). Uit diverse studies is gebleken dat een overschrijding van deze ADI kan lijden tot ernstige gezondheidsrisico's. Een onderzoek uitgevoerd door Ward et al (2005) heeft een verband aangetroffen tussen de inname van grote hoeveelheden nitraat en het vergrootte risico op dikke darmkanker, schildklieraandoeningen en neurale buisdefecten (Ward et al., 2005). Een hoge nitraatinname kan ontstaan bij zowel het innemen van nitraatrijk water als nitraatrijke groentes.

1.2 Invloed grondsoort

1.2.1 Grondsoorten Nederland

Zoals eerder aangegeven is (1.1.1 Definitie nitraat) hebben diverse algemene factoren invloed op de mate waarin nitraat uit kan spoelen, waaronder ook de grondsoort. De Nederlandse agricultuur kent drie grondsoorten: Zand/Löss, klei en veengronden. In dit onderzoek worden enkel metingen gedaan op zand- en kleigronden. Zoals beschreven in hoofdstuk 1.1.1 beschikt NO₃- over een negatieve lading waardoor het ion niet kan binden aan negatief geladen bodembestandsdelen zoals lutum en humus. Een voordeel van deze eigenschap is dat nitraat snel opneembaar is door het aanwezige gewas. Een nadeel van deze eigenschap is dat nitraat erg mobiel is in de bodem en dat het dus, bij hevige regenval, gemakkelijk kan uitspoelen. Om een beeld te krijgen van de diverse grondsoorten binnen Nederland is in figuur 3 is de grondsoortenkaart van Nederland weergegeven.

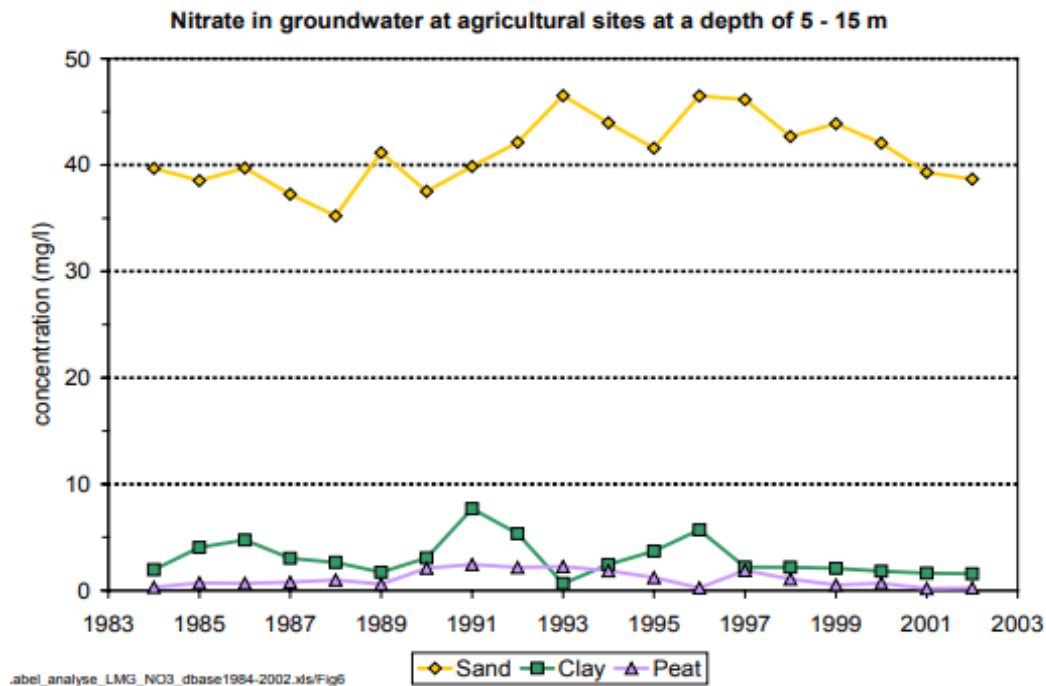
Grondsoortenkaart Nederland



Figuur 3 Grondsoortenkaart Nederland (WUR, 2006)

Het vochtvasthoudend vermogen van een grondsoort heeft daarom een grote invloed op de mate waarin nitraat uit kan spoelen (Queisen, 2015). Het organische stof- en lutumgehalte in de bodem hebben een grote invloed op het vochtvasthoudend vermogen (Bokhorst et al., 2008). Kleigronden beschikken over een lutumgehalte van >25%. Deze gronden zijn in staat om veel vocht vast te houden tijdens zowel droogte als perioden met veel neerslag. Het aanwezige nitraat in kleigronden zal vanwege dat feit niet tot nauwelijks uitspoelen naar diepere lagen.

In tegenstelling tot kleigronden bevatten zandgrond een laag percentage lutum (<25%). Een zandgrond bestaat uit kleine stukjes steen van circa 2 millimeter doorsnee. Het aandeel humus en organische stof in een zandgrond bepaald de mate van vruchtbaarheid. Ten opzichte van kleigronden beschikken zandgronden over een laag vochtvasthoudend vermogen (Beuving, 1984). Het bodemvocht in zandgronden is dus erg mobiel. Bij hevige neerslag en langdurige perioden van regen is zand niet in staat om dit vocht vast te houden. Het gevolg hiervan is dat het overtollige vocht uitspoelt naar het grondwater. Wanneer er nog een voorraad nitraat aanwezig is in de bodem, welke niet opgenomen is door het aanwezige gewas, vindt er uitspoeling plaats. Het mobiele ion NO₃- wordt met het water meegenomen naar diepere lagen met als gevolg een stijgende concentratie NO₃-N in het bovenste grondwater. In figuur 4 is de gemiddelde concentratie nitraat (mg/L) van het bovenste grondwater per grondsoort weergegeven in de periode 1984 tot en met 2002 (Fraters et al., 2004).

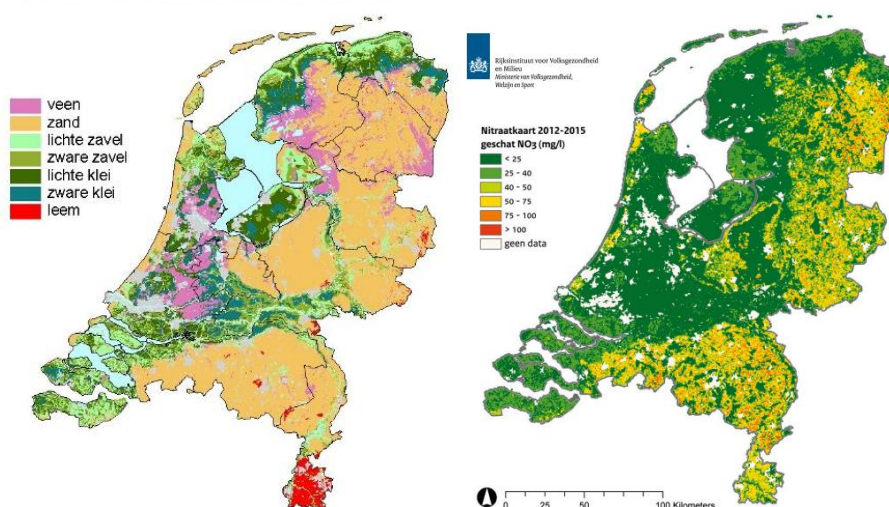


Figuur 4 Concentratie NO₃ in het bovenste grondwater per grondsoort (Fraters et al., 2004)

Figuur 4 bevestigt de eerder beschreven feiten omtrent de uitspoelingsgevoeligheid per grondsoort. Af te leiden is dat de concentratie nitraat in het grondwater onder zandgronden fors hoger is ten opzichte van grondwater onder klei- en veengronden.

1.2.2 Verschillen binnen Nederland

Zoals vermeld in hoofdstuk 1.2.1 is de Nederlandse grondsoortenkaart verdeeld in zand, klei en veen. Om gericht onderzoek te doen is het van belang om de regio's in kaart te brengen waar het probleem van uitspoeling daadwerkelijk aanwezig is. In onderstaand figuur 5 is de grondsoortenkaart van Nederland (links) en de gemeten nitraat gehalten (periode 2012 tot 2015) in het grondwater per regio (rechts) weergegeven (RIVM, 2015).

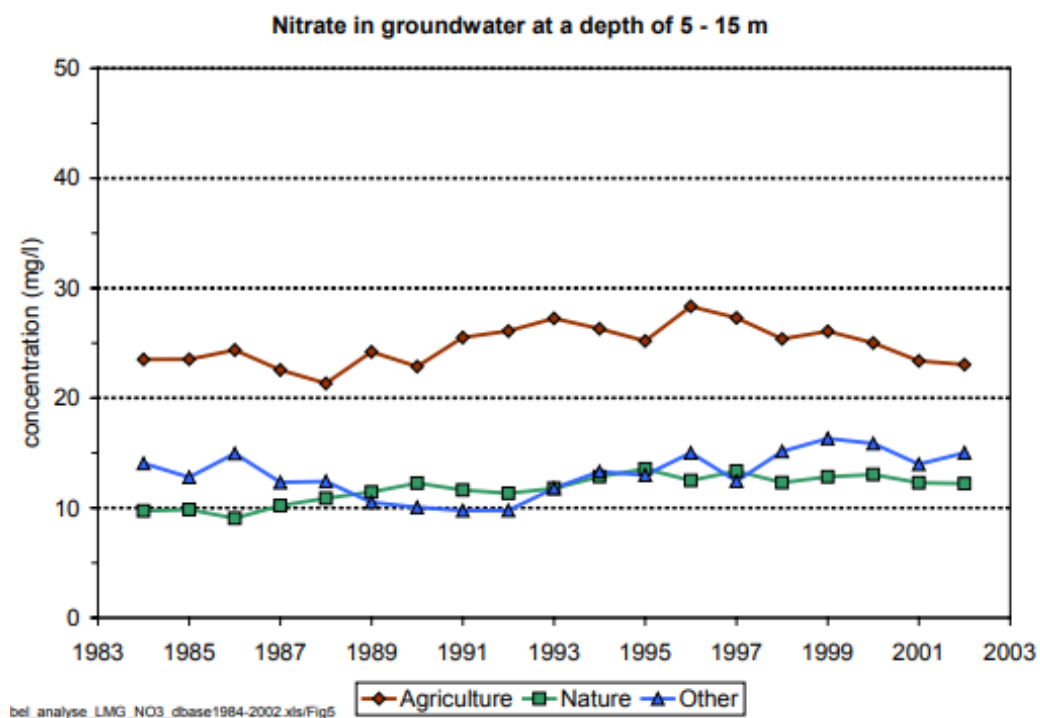


Figuur 5 Grondsoorten VS gemeten nitraatwaarden (RIVM, 2015)

Bovenstaand figuur 5 bevestigt het feit dat de nitraatconcentraties onder zandgronden het hoogst zijn. Uit dit figuur is af te leiden dat de gebieden waar de nitraatconcentraties hoog zijn (geel gemarkeerd) overeenkomen met de Nederlandse zandgebieden welke met name voorkomen in het oostelijke gedeelte van het land.

1.3 Nitraatgehaltes in natuurgebieden

Om te kunnen concluderen of getroffen maatregelen effect hebben op de nitraatgehaltes onder agrarisch grondgebied is het van belang om in kaart te brengen welke invloed agrarische activiteiten hebben op nitraatuitspoeling. In de bestaande literatuur zijn rapporten verschenen waarin de kwaliteit van het grondwater is onderzocht in zowel natuurgebieden als in agrarische gebieden. Aan de hand hiervan kan er bepaald worden of er in gebieden waar geen agrarische activiteiten aanwezig zijn ook nitraatuitspoeling plaats vindt. In figuur 6 zijn de nitraatconcentraties in het bovenste grondwater weergegeven voor landbouwgrond, natuurgrond en overige doeleinden. Het betreft nitraatconcentraties gemeten van 1984 tot en met 2002 (Fraters et al., 2004).



Figuur 6 Concentratie NO₃ in het bovenste grondwater per landgebruik (Fraters et al., 2004)

Uit bovenstaand figuur is te concluderen dat de nitraatconcentraties onder agrarische gronden aanzienlijk hoger zijn ten opzichte van nitraatconcentraties onder natuurgronden. De gemiddelde concentratie NO₃ onder agrarische gronden was 26 mg/l, onder natuurgronden was deze gemiddelde concentratie 14 mg/l. De concentratie nitraat onder natuurgronden neemt toe naarmate de vegetatie ook toe neemt. De oorzaak hiervan is de afbraak van organisch materiaal, afkomstig van de vegetatie, waarbij er nitraat vrij komt en uit spoelt (Boumans, 1994). Natuurgebieden met hoge concentraties komen met namen voor in het zuiden en oosten gelegen op droge (zand-)gronden. Uit figuur 6 is af te leiden dat de agrarische activiteiten wel degelijk invloed hebben op nitraatgehaltes in het bovenste grondwater. De uitdaging voor de ondernemer is het vasthouden van nitraatstikstof in de bodem, dit is zowel positief voor de waterkwaliteit als voor de bedrijfsmineralenefficiëntie.

1.4 Invloed gewassen

Bekend is dat de teelt van bepaalde gewassen leiden tot meer of minder nitraatuitspoeling. De meest geteelde gewassen onder melkveehouders, de deelnemende groep van dit onderzoek, zijn gras en mais. In eerder verschenen rapporten wordt bevestigd dat de continue teelt van mais leidt tot een hogere nitraat uitspoeling ten opzichte van meerjarige grasteelt (Hussain et al., 2019). In dit onderzoek is de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater vastgesteld voor zowel meerjarige mais- als graspercelen. Het onderzoek is uitgevoerd in een periode van zeven jaar. Het onderzoek heeft aangetoond dat de concentratie NO₃- onder continue teelt maisgronden aanzienlijk hoger is ten opzichte van meerjarige grasgronden. Als oorzaak wordt gegeven dat de teelt van gras een langer groeiseizoen kent en een groter wortelstelsel ontwikkeld. Grasland is hierdoor in staat om meer nitraatstikstof op te nemen en vast te houden. Een kanttekening hierbij is dat het beweiden van grasland een negatief effect heeft op de uitspoeling van nitraat (Verloop et al., 2006). Doordat, tijdens beweiding, mest en urine op een kleine oppervlakte wordt geconcentreerd is het denkbaar dat dit overtollige stikstof niet opgenomen kan worden door het gras. De kans dat dit overtollige stikstof vervolgens uitspoelt is er groot. Echter bestaat er literatuur waarin deze stelling wordt tegengesproken. Tijdens dit onderzoek zal ook de invloed van beweiding op nitraatgehalten in het grondwater geanalyseerd worden (zie deelvragen paragraaf 1.6.2).

De teelt van mais kent een korter groeiseizoen wat betekent dat de periode waarin de maisplant in staat is om nitraat op te nemen relatief kort is. Het bodemnitraatoverschot zal hierdoor, met name op zandgronden, sneller uitspoelen. Wegens het feit dat maisteelt op zandgronden resulteert in hogere nitraatconcentraties in het bovenste grondwater wordt grasteelt sterk gestimuleerd. Wanneer agrarisch ondernemers 80% van het landareaal invullen met de teelt van gras geldt er een hogere toegestane bemestingsnorm (zie hoofdstuk 1.1.2 Europese Nitraatrichtlijn).

Een doeltreffende maatregel welke veelal toegepast wordt om nitraatuitspoeling na maisteelt te beperken is het inzaaien van een vanggewas. Onderzoek heeft aangetoond dat het inzaaien van een vanggewas na de oogst een positief effect heeft op de nitraatconcentratie in het grondwater (Zhao et al., 2020). Het inzaaien van een vanggewas resulteert in het vastleggen van resterend nitraat in de bodem. Hiermee wordt voorkomen dat er veel resterend nitraat uitspoelt bij regenval in de herfst- en wintermaanden.

Een tweede maatregel welke geldt voor maisteelt op zandgrond is het toepassen van onderzaai. Sinds 2019 is het verplicht om een vanggewas onder te zaaien mits de mais voor 1 oktober gehakseld wordt. Het doel van deze maatregel is om ook tijdens het groeiseizoen stikstof vast te leggen welke de mais niet op neemt. De kans op uitspoeling wordt groter naarmate het gewas het afrijpingsstadium bereikt (vanaf de maand augustus). De plant neemt vanaf dit moment geen nutriënten meer op, door het toepassen van onderzaai kan het overtollige stikstof vastgehouden worden. Aangezien deze verplichting recentelijk van kracht is gegaan is er weinig bekend over de daadwerkelijke effecten in de praktijk. Een deelvraag van dit onderzoek is daarom ook in welke mate de toepassing van onderzaai effect heeft op het nitraatgehalte in het bovenste grondwater. De hoofd- en deel vragen zijn in paragraaf 1.6 concreet omschreven.

De gewassen die in dit rapport onderzocht worden zijn grasteelt en maisteelt. Verdere informatie hierover volgt in hoofdstuk 2 Materiaal en methode. In de vermelde bronnen is concrete informatie te vinden over de bemestingsstrategie welke toegepast is. De bemestingsstrategie geeft een weergave van de gebruikte hoeveelheden drijf- en kunstmest, tijdstippen en de gebruikte kunstmestsoorten. Voor een agrarisch ondernemer is het met name interessant welke

bemestingsstrategie resulteert in een reductie van nitraatuitspoeling en een stijging van de mineralenefficiëntie op bedrijfsniveau. Bij het behalen een betere mineralenefficiëntie kan er bespaard worden op de aankoop van grondstoffen, dit is duurzaam en leidt tot een meer gesloten bedrijfskringloop.

1.5 Infiltratiesnelheid

Het is van belang om te vermelden waarom de nitraatconcentraties in het bovenste grondwater wordt gemeten in plaats van de concentratie in het diepere grondwater. Deze keuze heeft alles te maken met de infiltratiesnelheid van bodemvocht naar diepere lagen. Om te kunnen stellen welke invloed het landgebruik heeft op het nitraatgehalte in het grondwater is het noodzakelijk om de leeftijd van het bemonsterde grondwater te weten. Onderzoek heeft aangetoond dat grondwater op een diepte van meer dan vijf meter onder het grondwaterpeil pas na tientallen jaren effecten laat zien van veranderingen van het desbetreffende landgebruik. De tijd voordat onder andere uitspoelingwater terug te vinden is in het diepere grondwater kan tientallen jaren duren (Broers, 2004). Daarnaast bestaat het diepere grondwater uit water van verschillende leeftijden en is er mogelijk water ingespoeld vanuit naastgelegen gebieden. Het effect van het landgebruik op nitraatconcentraties in dieper grondwater is dus minder snel zichtbaar. Bij het bemonsteren van dieper grondwater kan er dus met minder zekerheid gesteld worden welke invloed het desbetreffende landgebruik heeft gehad op het bemonsterde grondwater. Vanwege dit feit wordt in dit onderzoek de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater gemeten. Door het bemonsteren van ondiep grondwater kan er een betrouwbaardere conclusie getrokken worden wat betreft de relatie tussen het landgebruik en de gemeten nitraatgehalten. De specifiekere onderzoeksmethode is beschreven in hoofdstuk 2 Materiaal en methode.

Naast de infiltratiesnelheid heeft uiteraard ook de neerslaghoeveelheid en het neerslagoverschot invloed op de mate waarin NO₃ uitspoelt (Boumans et al., 2005). Op zanderige gronden zal de kans op nitraatuitspoeling bij een groot neerslagoverschot groter zijn dan wanneer er droogte heerst. Daarnaast valt bij extreme droogte het mineralisatieproces in de bodem stil, nitraatstikstof wordt tijdens deze weersomstandigheden niet meer opgenomen door de plant. De kans op uitspoeling tijdens een hevige regenbui na een periode van extreme droogte is daarom erg groot. In dit onderzoek zal ook het verband tussen droogte en nitraatgehalten in het bovenste grondwater geanalyseerd worden (zie deelvragen paragraaf 1.6.2).

In paragraaf 1.2.1 is vermeld dat humus (organische stof) en lutum invloed hebben op het vochtvasthoudend vermogen van een bodem. Wanneer de bodem in staat is om veel vocht vast te houden zal de infiltratiesnelheid trager zijn (Bokhorst et al., 2008). Duidelijke grafieken waarin de invloed van het organische stof percentage op het nitraatgehalte in het grondwater is weergegeven ontbreken. Voor een agrarisch ondernemer is het interessant om in kaart te brengen welke invloed organische stof kan hebben op het vasthouden van mineralen in de bodem en of het zinvol is om te streven naar een verhoging van het organische stofgehalte.

1.6 Hoofd- en deelvragen

1.6.1 Hoofdvraag

Om na het uitvoeren van een onderzoek een juiste conclusie te kunnen stellen is het van belang dat er een correcte hoofdvraag is opgesteld. Daarnaast geeft de hoofdvraag een verduidelijking naar de antwoorden waarnaar gezocht zijn. Het onderzoek betreft een praktijkonderzoek waarbij er op

verschillende percelen nitraatmetingen in het bovenste grondwater zijn verricht. Vervolgens zijn de benodigde gegevens verzameld van de desbetreffende percelen. Deze gegevens zijn geanalyseerd waarna er geconcludeerd is of er een verband bestaat tussen het grondgebruik en de desbetreffende nitraatconcentraties in het bovenste grondwater. Een specifieke aanpak is beschreven in hoofdstuk 2.

Om dit onderzoek te specificeren is de volgende hoofdvraag opgesteld:

‘Welke specifieke verbanden bestaan er tussen het nitraatgehalte in het bovenste grondwater en het desbetreffende landgebruik?’

Om deze hoofdvraag goed te kunnen beantwoorden zijn er een aantal deelvragen opgesteld welke beschreven zijn in onderstaande paragraaf.

1.6.2 Deelvragen

De uiteindelijke conclusie op de hoofdvraag wordt opgesteld na het beantwoorden van een aantal specifieke deelvragen. Deze deelvragen zijn hieronder weergegeven:

- *In hoeverre verschillen de nitraatconcentraties in het bovenste grondwater onder zand- en kleigronden?*
- *In hoeverre verschillen de nitraatconcentraties in het bovenste grondwater onder gras- en maisland?*
- *Welke invloed heeft de bemestingsstrategie op de nitraatconcentraties in het bovenste grondwater? (Drijfmest, kunstmest en organische stof)*
- *Heeft het onderzaaien van mais invloed op de nitraatconcentraties in het bovenste grondwater?*
- *Bestaat er een verband tussen hoogteverschillen binnen het perceel en de nitraatconcentraties in het bovenste grondwater? (Droogtegevoeligheid)*
- *Welke invloed heeft het beweiden van grasland op de nitraatconcentraties in het bovenste grondwater?*

De bovenstaande deelvragen zijn systematisch onderzocht en beantwoord. Vervolgens is de hoofdvraag beantwoord en zijn er duidelijke conclusie getrokken. De gebruikte onderzoeksmethoden en de benodigde materialen zijn beschreven in hoofdstuk 2.

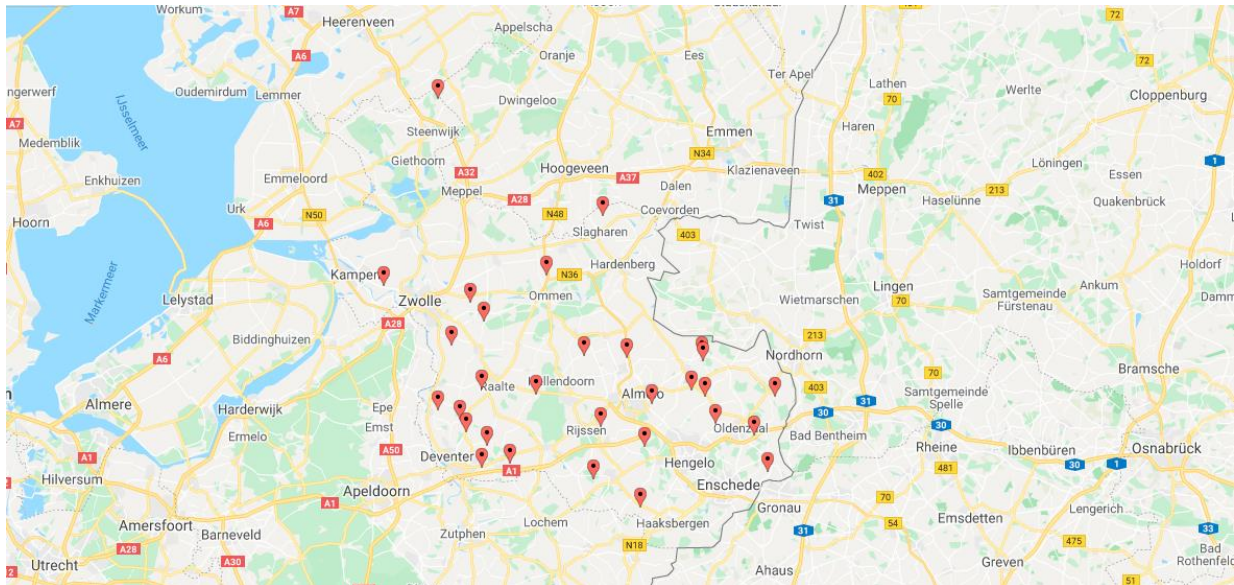
1.7 Doel

Het doel van dit onderzoek is het in kaart brengen van verbanden tussen nitraatconcentraties in het bovenste grondwater en het desbetreffende landgebruik. Hierbij zijn de strategieën van de deelnemers onderling vergeleken zodat er een uiteindelijke conclusie is getrokken. Deze conclusie maakt duidelijk op welke manier er een zo hoog mogelijke mineralenefficiëntie behaald kan worden. Dit is gerealiseerd door de deelvragen systematisch te onderzoeken en te beantwoorden. Deze bevindingen zijn verwerkt in aanbevelingen waardoor veehouders inzicht kunnen krijgen in mogelijk andere landgebruik strategieën en bemestingsstrategieën. Van belang voor de betrouwbaarheid van de bevindingen was dat er zoveel mogelijk meetgegevens en perceelgegevens zijn verzameld. Het doel is om veehouders inzicht te geven in verschillende strategieën welke leiden tot een duurzamere veehouderij.

2. Materiaal en methode

2.1 Deelnemende bedrijven

De studie is uitgevoerd bij 30 actief deelnemende bedrijven allen gevestigd in de provincie Overijssel. Elke deelnemer heeft gemiddeld één perceel grasland en één perceel maisland ter beschikking gesteld voor dit onderzoek. De deelnemers hebben ieder een melkveebedrijf. In onderstaand figuur 7 is een map weergegeven waarin de locatie van iedere deelnemer weergegeven is.



Figuur 7 Locaties deelnemende bedrijven (Batchgeo)

Zoals te zien is in bovenstaand figuur 7 zijn de deelnemende bedrijven verspreid over de gehele provincie Overijssel.

2.2 Uitvoering nitraatmetingen

2.2.1 Wijze van uitvoering

De basis van deze studie was het uitvoeren van de nitraatmetingen in het bovenste grondwater. De nitraatconcentraties vormden de basis van dit onderzoek en waren van essentieel belang voor een juiste beantwoording van de deelvragen. Van belang was dat er voldoende nitraatmetingen gedaan werden om een betrouwbare conclusie te kunnen trekken. Voor de uitvoering van de nitraatmetingen is een methode opgezet waarbij dit gemakkelijk, snel en vaak uit te voeren is.

Om de mogelijkheid te creëren dat veehouders nitraatmetingen uit konden voeren was het van belang dat er een methode beschikbaar was waarbij het bovenste grondwater gemakkelijk te bereiken is. Om dit te realiseren zijn er bij elke deelnemer peilbuizen geplaatst op een grasperceel en op een maisperceel. Aangezien er uit literatuuronderzoek is gebleken dat graspercelen minder uitspoelinggevoelig zijn ten opzichte van maispercelen zijn er op de graspercelen één peilbuis geplaatst en op de maispercelen twee peilbuizen. Door op maispercelen twee peilbuizen te plaatsen kon er geanalyseerd worden of er verschillende nitraatconcentraties te meten waren binnen het perceel. Hiermee is de mogelijke oorzaak van deze variatie met betrekking tot het landgebruik onderzocht.

De peilbuizen zijn middels boringen geplaatst op een gemiddelde diepte van zo'n vier meter beneden het maaiveld. Zoals in hoofdstuk 1 beschreven is was het voor het onderzoek van belang dat het bovenste grondwater bemonsterd werd. Door een lange slang aan te brengen in de peilbuis kon er, middels een pulserende beweging te maken, grondwater omhoog gepompt worden. Zie figuur 8 voor een voorbeeld van de opstelling (peilbuis en slang).



Figuur 8 Peilbuis (Links) inclusief bijbehorende slang (rechts)

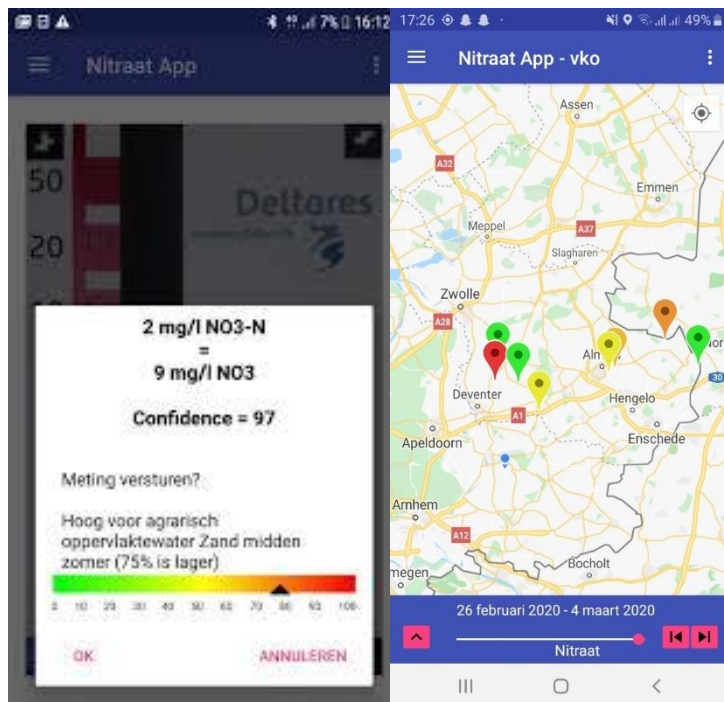
Door het maken van pulserende bewegingen met de slang is het grondwater uit de peilbuizen omhoog gepompt. Dit water werd vervolgens opgevangen in een maatbeker. Het nitraatgehalte van het grondwater is vastgesteld middels gebruik te maken van test strips, een kleurenkaart en mobiele app. De test strips werden in contact gebracht met het opgepompte grondwater. Voor de beste betrouwbaarheid diende er 60 seconden gewacht te worden alvorens deze teststrip op de kleurenkaart gelegd werd. Na 60 seconden diende de verkleurde teststrip op de kleurenkaart gelegd te worden. Van belang was dat de kleuren op de teststrip overeenkwamen met de betreffende kleuren op de kleurenkaart.

Het nitraatgehalte van de monsters is vastgelegd met behulp van een speciaal ontwikkelde app van Deltares (Deltares Nitraatapp). Met behulp van deze nitraatapp kan er een foto gemaakt worden van de teststrip welke op de kleurenkaart aangebracht is. Zie onderstaand figuur 9 voor een verduidelijking van de gebruikte opstelling.



Figuur 9 Fotograferen van de teststrip op de kleurenkaart (VKO)

Na het fotograferen van de teststrip op de kleurenkaart berekende de app, aan de hand van de verkleuring van de teststrip, het nitraatgehalte van het desbetreffende grondwater. De metingen zijn vervolgens verzonden naar een speciaal aangemaakt map genaamd VKO Nitraat. Enkel de deelnemers en de betrokkenen van dit project hadden inzicht in deze map. In deze map waren alle gedane metingen zichtbaar inclusief de exact bijbehorende peilbuis. Deze gegevens waren essentieel voor de verdere analyse. In onderstaand figuur 10 is de wijze weergegeven waarop de nitraatapp het NO₃ gehalte weergeeft inclusief de bijbehorende map waarin alle metingen verzameld zijn.



Figuur 10 Voorbeeld nitraat app (Deltares)

In bovenstaand figuur is de wijze weergegeven waarop de Nitraatapp de gemeten waardes vermeld. De nitraatconcentratie is weergegeven in zowel de nitraatstikstofconcentratie (mg/l NO₃-N) als in de nitraatconcentratie (mg/l NO₃). De maximale norm is uitgedrukt in mg/l NO₃ maar voor een agrarisch ondernemer is met name de hoeveelheid nitraatstikstof interessant aangezien dit het nutriënt is wat essentieel is voor de gewasgroei. De concentratie NO₃ is berekend aan de hand van de onderstaande formule:

$$\text{Mg/l NO}_3 = \text{mg/l NO}_3\text{-N} * 4,38596$$

De gemeten waardes waren uiteindelijk zichtbaar in een speciaal opgezette map welke enkel toegankelijk is voor de deelnemers en de betrokkenen. Aan de hand van de coördinaten van de metingen is er achterhaald welke metingen bij welke peilbuis horen. De gemeten waardes zijn verzameld in een Excel bestand waarna er een analyse uitgevoerd is (hoofdstuk 3 Resultaten).

2.2.2 Frequentie van uitvoering

Voor het uitvoeren van een betrouwbaar onderzoek was het van belang dat er voldoende meetgegevens verzameld werden. De peilbuizen zijn medio april 2019 geplaatst bij de desbetreffende deelnemers. Het uitvoeren van de metingen is evenals de plaatsing van de peilbuizen gestart in april 2019. De metingen zijn maandelijks uitgevoerd door de deelnemers zelf. Iedere deelnemer was voorzien van test strips, een kleurenkaart en heeft toegang gekregen tot de VKO Nitraatapp waarin de metingen verzameld worden. De reden dat de deelnemers zelf metingen

uitgevoerd hebben is met name vanwege het praktische gemak. Vanwege het aantal deelnemers en de grote spreiding tussen de locaties was het praktisch niet haalbaar om de metingen maandelijks door één persoon te laten uitvoeren. Een kanttekening bij deze beslissing was het risico dat de deelnemers niet hetzelfde protocol volgen tijdens het uitvoeren van de metingen. Het gevolg hiervan kan zijn dat de meetwaarden niet geheel betrouwbaar zijn. De periode waarin de metingen uitgevoerd zijn is gestart in april 2019 en is beëindigd in maart 2020. De doelstelling was dus om maandelijks metingen te verzamelen over een periode van 11 maanden. Aangezien medio maart/april 2020 de nieuwe teelt voor het seizoen 2020 gestart is was het niet meer betrouwbaar om meetgegevens van de maand april 2020 te onderzoeken. Aangezien het doel van het onderzoek is om de effecten van het landgebruik in 2019 op het bovenste grondwater in kaart te brengen was het betrouwbaarder om in maart 2020 de laatste metingen te verrichten. Na het uitvoeren van de laatste metingen in maart 2020 is de verdere analyse gestart.

2.3 Analyse invloed grondsoorten

Eén van de deelvragen heeft betrekking op de relatie tussen de gemeten nitraatconcentraties en de desbetreffende grondsoort. Van belang is dus dat er achterhaald werd op welke grondsoort elke peilbuis gelokaliseerd is. De grondsoort per peilbuis is vastgesteld door de coördinaten van de peilbuizen in te voeren op Boer&Bunder. Dit is een tool waarin alle algemene perceelgegevens zichtbaar zijn, waaronder ook de grondsoort. De desbetreffende grondsoort is per peilbuis ingevoerd in een daarvoor opgezette tabel. Deze ingevulde tabel is weergegeven in bijlage I. De benaming van de peilbuizen betreft de naam van de deelnemers.

In deze tabel zijn de grondsoorten en de gemiddeld gemeten nitraatwaardes per peilbuis ingevoerd. De gemiddelde nitraatwaardes zijn als volgt berekend:

$$NO3_{gem} = NO3_{totaal} / \text{Aantal metingen}$$

- *Hierbij is $NO3_{totaal}$ de som van alle verrichte metingen (per peilbuis berekend)*

Om de verschillen per grondsoort vast te kunnen stellen is er middels een Excel draaitabel een vergelijking gemaakt. Met behulp van een draaitabel is de gemiddelde nitraatconcentratie per grondsoort berekend (hoofdstuk 3 Resultaten). Aan de hand van deze resultaten kan er geconcludeerd worden of er een verband bestaat tussen grondsoort en nitraatuitspoeling. De grondsoorten waarop de peilbuizen geplaatst zijn, zijn klei- en zandgronden.

2.4 Analyse invloed gewassen

Op de percelen waar de peilbuizen geplaatst zijn wordt gras- of maisteelt toegepast. Eén van de deelvragen heeft betrekking op het onderzoeken van verschillen tussen nitraatconcentraties onder mais- en grasland. Aangezien de metingen uitgevoerd zijn in de periode vanaf april 2019 tot en met maart 2020 was het van belang om de geteelde gewassen van het seizoen 2019 in kaart te brengen. Zoals omschreven zijn er op maispercelen twee peilbuizen geplaatst en op graspercelen één peilbuis.

De geteelde gewassen zijn gegroepeerd per grondsoort. Om een hogere betrouwbaarheid te realiseren zijn de gras- en maisteelt op zandgrond en de gras- en maisteelt op kleigrond onderling vergeleken. Op deze manier is enkel de invloed van de gewassoort aangetoond zonder dat er verschillen bestonden in grondsoort. Deze analyse is uitgevoerd met behulp van het opstellen van een Excel draaitabel. De geteelde gewassoorten op de percelen in het jaar 2019 met bijbehorende grondsoort en gemiddelde nitraatgehalten zijn weergegeven in bijlage II.

2.5 Analyse invloed bemestingsstrategie

Om vast te kunnen stellen welke invloed de bemesting heeft op de nitraatconcentraties in het bovenste grondwater is het van belang om van alle deelnemers het complete bemestingsplan van het jaar 2019 te analyseren. Variabelen welke voor dit onderzoek gebruikt zijn is de hoeveelheid uitgereden drijfmest (m3) per tijdstip, de hoeveelheid uitgereden kunstmest per tijdstip, het soort kunstmest en het organische stofgehalte van de bodem.

Het soort kunstmest is van belang om de bestandsdelen van de kunstmest te achterhalen. Zoals omschreven kan kunstmest bestaan uit ureumstikstof, ammoniumstikstof en nitraatstikstof. Ureum- en ammoniumstikstof zijn vormen van trage meststoffen en zijn minder mobiel in de bodem. Nitraatstikstof is daarentegen erg mobiel en dus uitspoelinggevoelig. Om een advies te kunnen opstellen over het kunstmestgebruik zijn de gebruikte kunstmestsoorten in kaart gebracht. Dit is besproken tijdens de bedrijfsbezoeken.

Zoals eerder omschreven kan het organische stofgehalte (%) invloed hebben op de mate waarin een bodem in staat is om vocht vast te houden. Wanneer een bodem in staat is om meer vocht vast te houden is de verwachting dat er minder nitraat zal uitspoelen. Om een advies te kunnen geven over eventuele bij bemesting van organische stof is er een analyse uitgevoerd waarin het verband tussen het organische stofgehalte en het nitraatgehalte in het bovenste grondwater aangetoond is.

De bemestingsgegevens van het seizoen 2019 zijn verzameld door elke deelnemer individueel te bezoeken. Tijdens dit bezoek heeft de auteur van dit rapport het bemestingsplan doorgenomen en geëvalueerd met de desbetreffende deelnemer.

Na het verzamelen van de benodigde gegevens zijn alle genoemde variabele ingevoerd in één Excel bestand, in combinatie met de gemiddeld gemeten nitraatgehalten. Met behulp van het opstellen van draaitabellen is het verband aangetoond tussen de toegepaste bemestingsstrategieën en de gemiddeld gemeten nitraatgehalten. Dit ingevulde Excel bestand is weergegeven in bijlage III.

2.6 Analyse invloed onderzaaien mais

Zoals omschreven geldt er vanaf 1 januari 2019 een verplichting om mais onder te zaaien mits er voor 1 oktober geoogst wordt. Deze nieuwe maatregel is enkel verplicht voor de maisteelt op zand- en lössgronden. Eén van de deelvragen van dit onderzoek heeft betrekking op het verband tussen het onderzaaien van mais en het nitraatgehalte in het bovenste grondwater. Aangezien dit een nieuwe maatregel is, is hier weinig over bekend. De vraag is in welke mate onderzaai daadwerkelijk een positief effect heeft op de uitspoeling van nitraat.

Tijdens de bedrijfsbezoeken heeft de auteur van dit rapport alle percelen beoordeeld. Er is genoteerd of er onderzaai of nazaai toegepast is. Wanneer er onderzaai toegepast is, is er beoordeeld of dit voldoende geslaagd is. Bij de percelen waar de onderzaai geslaagd is, is genoteerd dat er onderzaai toegepast is. Bij de percelen waar de onderzaai niet geslaagd is, is genoteerd dat er geen onderzaai toegepast is. In bijlage IV is de ingevulde tabel weergegeven waarin opgenomen is of er wel of geen onderzaai toegepast is, in combinatie met de gemiddelde nitraatgehalten.

Met behulp van het opstellen van een draaitabel is er geanalyseerd of er een verband bestaat tussen het onderzaaien van mais en de nitraatconcentratie in het grondwater.

2.7 Analyse hoogteverschillen binnen het perceel

Om te achterhalen of de nitraatconcentraties binnen een perceel verschillen zijn alle maispercelen voorzien van twee peilbuizen. Het is denkbaar dat er verschillen bestaan tussen nitraatconcentraties binnen een perceel vanwege hoogteverschillen. Deze hoogteverschillen veroorzaken nattere en drogere oppervlakten binnen hetzelfde perceel. Door deze hoogteverschillen in kaart te brengen kan er aangetoond worden of er een verband bestaat tussen de gemeten nitraatconcentratie en de hoogte van de desbetreffende peilbuis. Een advies wat hieruit kan volgen is het maken van bijvoorbeeld taakkaarten om zo plaats specifiek te kunnen bemesten.

De hoogtes van elke geplaatste peilbuis zijn vastgesteld met behulp van het actuele hoogtebestand van Nederland (PDOK). Door de locatie van de peilbuis in te voeren in deze hoogtekaart is de actuele hoogte van de desbetreffende locatie achterhaald. Deze hoogte is weergegeven in meter boven NAP. Deze gegevens zijn per peilbuis verzameld in een opgezette Excel tabel welke weergegeven is in bijlage V. Deze analyse is enkel uitgevoerd op de percelen waar twee peilbuizen geplaatst zijn.

De vergelijking tussen de hoogte en de gemeten nitraatwaarden is uitgevoerd per individueel perceel. Aangezien de percelen gelegen zijn in verschillende regio's was het niet relevant om de percelen onderling te vergelijken. Het doel van het beantwoorden van deze deelvraag is immers vaststellen of plaats specifiek bemesten effect kan hebben op de uitspoeling van nitraat. Per perceel zijn de verschillen in een staafdiagram weergegeven. Dit is een overzichtelijke weergave van de gegevens waardoor verschillen snel en gemakkelijk zichtbaar zijn geworden.

2.8 Analyse invloed beweiding

Verschillende studies geven tegengestelde resultaten wat betreft de uitspoeling van nitraat op beweid grasland. Eén van de deelvragen van deze studie heeft betrekking op het verband tussen beweiding en de nitraatconcentraties in het bovenste grondwater. Het doel was om de vraag te beantwoorden of beweiding een invloed heeft op nitraatconcentraties in het bovenste grondwater.

Tijdens de bedrijfsbezoeken is er geregistreerd of er wel of geen beweiding toegepast is op het grasland waar de peilbuis geplaatst is. Dit is geregistreerd in een hiervoor opgezette Excel tabel welke weergegeven is in bijlage VI. Wanneer het grasland beweid is, is dit aangegeven met 'ja'. Wanneer het grasland niet beweid is, is dit aangegeven met 'nee'. De tabel is aangevuld met de gemiddeld gemeten nitraatgehalten per peilbuis. Met behulp van een draaitabel is er geanalyseerd of er een verband bestaat tussen nitraatconcentraties in het bovenste grondwater en beweiding. Deze analyse maakt onderscheid tussen klei- en zandgrond om zo een hogere betrouwbaarheid te realiseren.

3. Resultaten

3.1 Invloed grondsoort

De invloed van de grondsoort op het nitraatgehalte in het grondwater is geanalyseerd door de gemiddeld gemeten nitraatwaarden per peilbuis te koppelen aan de desbetreffende grondsoort. Deze verzameling van gegevens is weergegeven in Bijlage I. Met behulp van een draaitabel is er onderscheid gemaakt tussen zand- en kleigronden. In onderstaand figuur 11 zijn de resultaten grafisch weergegeven.

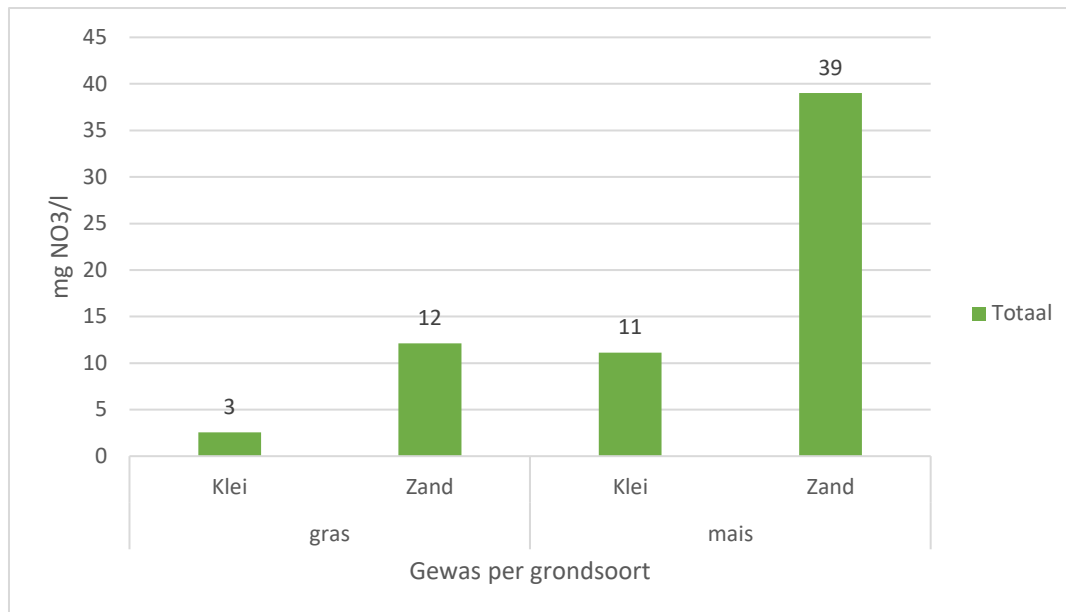


Figuur 11 Gemiddelde nitraatgehaltenes per grondsoort

In bovenstaand figuur is te zien dat de gemeten nitraatwaarden op zandgronden beduidend hoger zijn ten opzichte van de gemeten nitraatwaarden op kleigrond. Deze weergave maakt geen onderscheid tussen de verschillende gewassoorten.

3.2 Invloed gewassen

De invloed van verschillende gewassoorten op het nitraatgehalte in het grondwater is geanalyseerd door de gemiddeld gemeten nitraatwaarden per peilbuis te koppelen aan het geteelde gewas in het jaar 2019. De verzameling van gegevens is weergegeven in Bijlage II. In deze analyse is onderscheid gemaakt tussen gras- en maisteelt op zowel zand- als kleigrond. In onderstaand figuur 12 zijn de resultaten grafisch weergegeven.



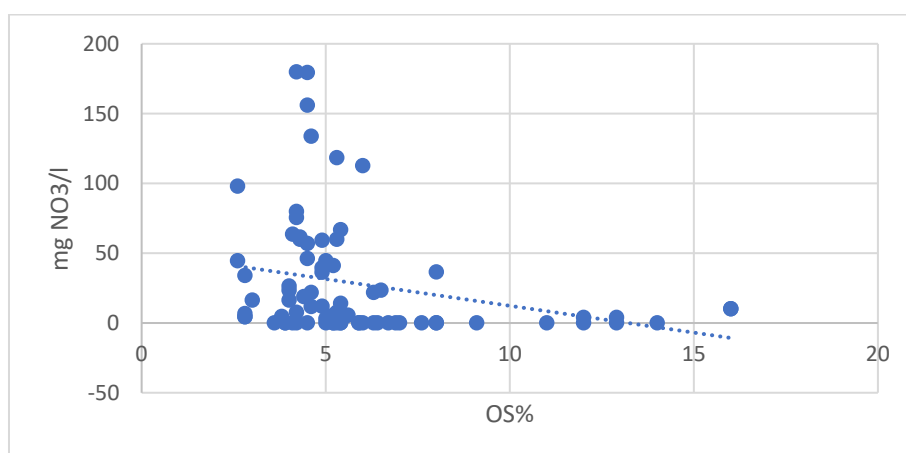
Figuur 12 Gemiddelde nitraatgehaltes per gewassoort

In bovenstaand figuur is te zien dat de gemeten nitraatwaarden op gronden waar maisteelt toegepast is beduidend hoger zijn. Dit geldt voor maisteelt op zowel zand- als kleigrond. De nitraatgehaltes in het bovenste grondwater onder kleigronden is relatief laag ten opzichte van de nitraatgehaltes onder zandgronden.

3.3 Invloed bemesting

3.3.1 Invloed organische stofgehalte

Om te kunnen bepalen of het organische stofgehalte invloed heeft op de uitspoeling van nitraat zijn de nitraatmetingen per peilbuis gekoppeld aan het organische stofgehalte van het desbetreffende perceel. Het organische stofgehalte is opgevraagd bij de ondernemers. De verzameling van deze gegevens is weergegeven in Bijlage III. Deze gegevens zijn verwerkt in een spreidingsdiagram waarna er met behulp hiervan een trendlijn is opgesteld. Deze spreidingsdiagram is weergegeven in figuur 13.

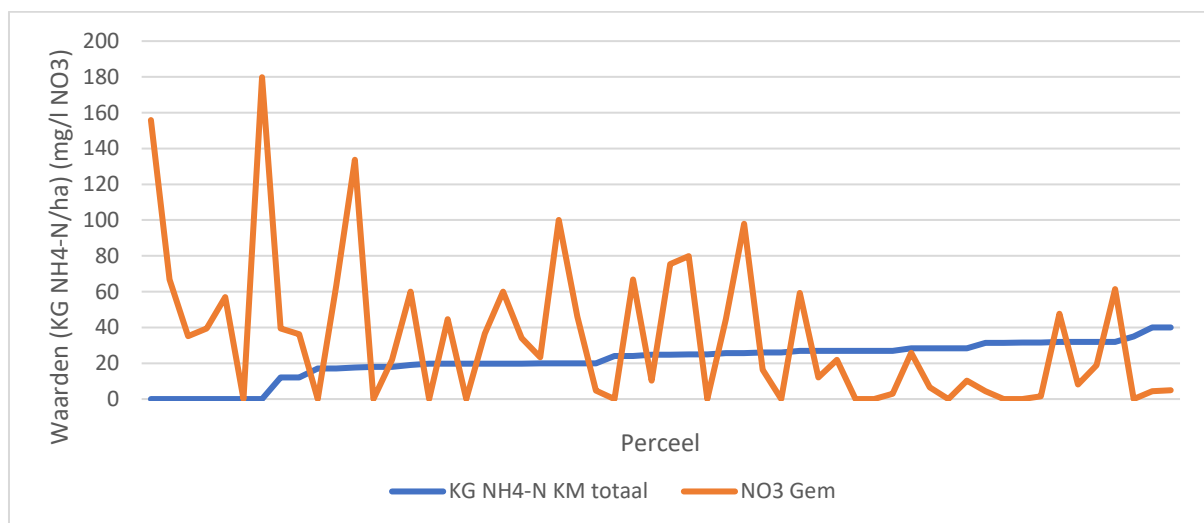


Figuur 13 Gemiddelde nitraatgehalten ten opzichte van het organische stofgehalte

In bovenstaand figuur is een spreidingsdiagram weergegeven waarin een trendlijn opgesteld is. Verdere toelichting volgt in hoofdstuk 4.

3.3.2 NH₄-N Bemesting

Zoals vermeld is in hoofdstuk 2 bestaan er verschillende soorten stikstofvormen. In dit onderzoek is er geanalyseerd welke kunstmestsoorten er gebruikt zijn. Vervolgens is in kaart gebracht welke stikstofvormen er in de gebruikte kunstmestsoorten aanwezig zijn. Vervolgens is in een Excel bestand verwerkt hoeveel kilogrammen van elke stikstofvorm er aangebracht zijn op de desbetreffende percelen. De verzameling van deze gegevens is weergegeven in Bijlage III. In onderstaand figuur 14 zijn de gemiddeld gemeten nitraatgehalten weergegeven in combinatie met de totale hoeveelheid NH₄-N bemesting uit kunstmest. In dit figuur zijn enkel de peilbuizen op maisland verwerkt.

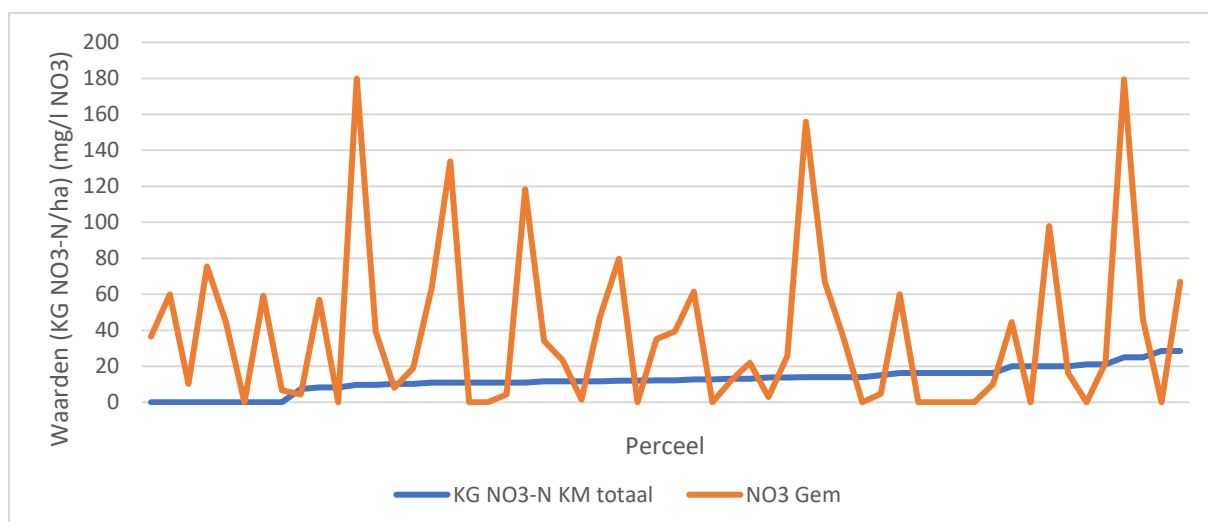


Figuur 14 NH₄-N bemesting versus gemiddelde nitraatconcentraties in het bovenste grondwater

In bovenstaand figuur is de totale NH₄-N bemesting weergegeven in vergelijking met de desbetreffende gemiddelde nitraatconcentraties in het bovenste grondwater.

3.3.3 NO₃-N bemesting

Een andere vorm van stikstofbemesting is stikstof in de vorm van NO₃-N. In hoofdstuk 2 is beschreven dat deze vorm van stikstof, in tegenstelling tot NH₄-N, mobieler is in de bodem waarbij het aannemelijk is dat de kans op uitspoeling toeneemt. In onderstaand figuur 15 zijn de gemiddeld gemeten nitraatgehalten weergegeven in combinatie met de totale hoeveelheid NO₃-N bemesting uit kunstmest. De verzameling van deze gegevens zijn weergegeven in Bijlage III.

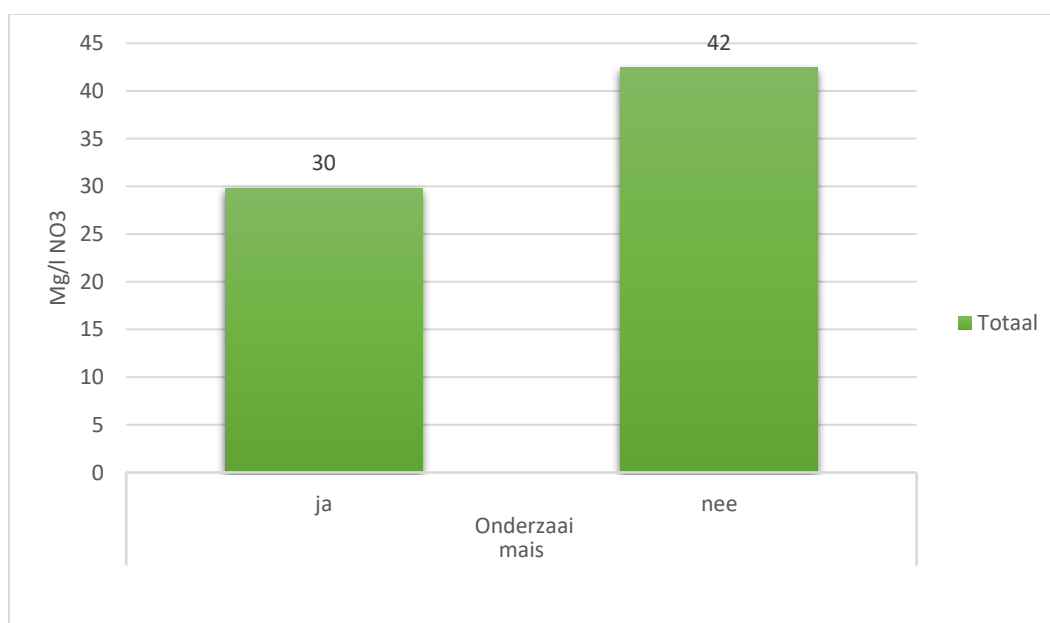


Figuur 15 NO₃-N bemesting versus gemiddelde nitraatconcentraties in het bovenste grondwater

In bovenstaand figuur is de totale NO₃-N bemesting weergegeven in vergelijking met de desbetreffende gemiddelde nitraatconcentraties in het bovenste grondwater. In tegenstelling tot figuur 14 is er geen dalende trend te zien naarmate de hoeveelheid NO₃-N bemesting toeneemt. De laagste nitraatconcentraties zijn te zien bij lagere NO₃-N giften. Hierbij is het aannemelijk dat er een hogere NH₄-N gift is toegepast. Verdere toelichting hierop volgt in hoofdstuk 4.

3.4 Invloed onderzaai

Om te kunnen bepalen of het onderzaaien van mais invloed heeft op de nitraatconcentraties in het bovenste grondwater is er tijdens de bedrijfsbezoeken beoordeeld of de onderzaai geslaagd is. Deze beoordeling is verwerkt in een Excel sheet in combinatie met de gemiddeld gemeten nitraatgehalten van de bijbehorende peilbuizen. De verzameling van deze gegevens is weergegeven in Bijlage IV. Met behulp van een draaitabel is er een bijbehorende grafiek opgesteld. In onderstaand figuur 16 zijn de resultaten grafisch weergegeven.

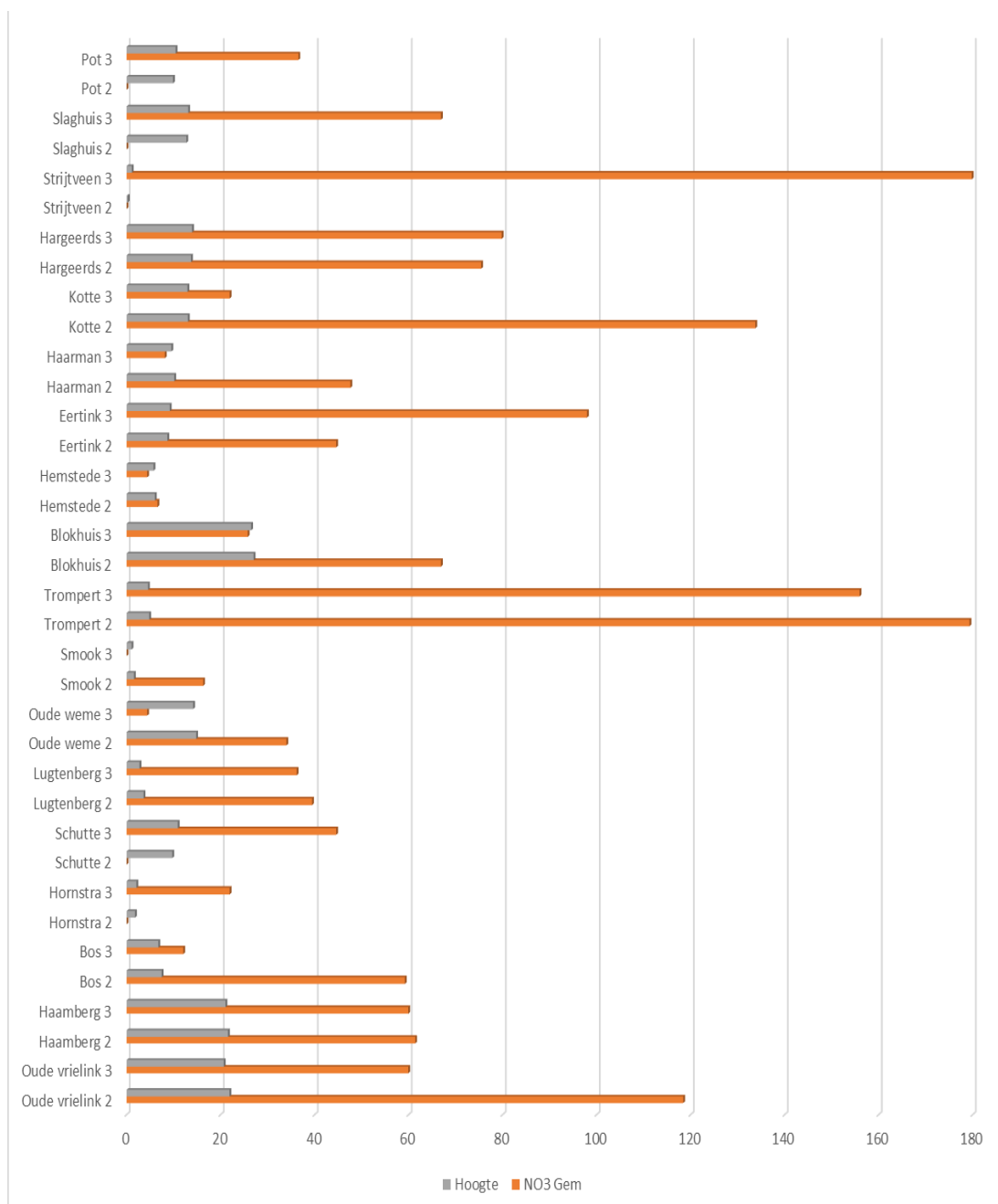


Figuur 16 Toepassing onderzaai versus nitraatconcentraties in het bovenste grondwater

In bovenstaand figuur 16 is onderscheid gemaakt tussen maispercelen waar wel en geen onderzaai toegepast is. De nitraatconcentraties onder percelen waar wel een geslaagde onderzaai toegepast is zijn beduidend lager ten opzichte van percelen waar geen geslaagde onderzaai toegepast is. Verdere toelichting volgt in hoofdstuk 4.

3.5 Invloed hoogteverschillen

De invloed van hoogteverschillen op nitraatconcentraties in het grondwater is in kaart gebracht door op maispercelen twee peilbuizen te plaatsen. In een Excel sheet zijn de hoogtes per peilbuis gekoppeld aan de gemiddeld gemeten nitraatconcentraties. De verzameling van deze gegevens zijn weergegeven in Bijlage V. In onderstaand figuur 17 zijn de resultaten grafisch weergegeven.

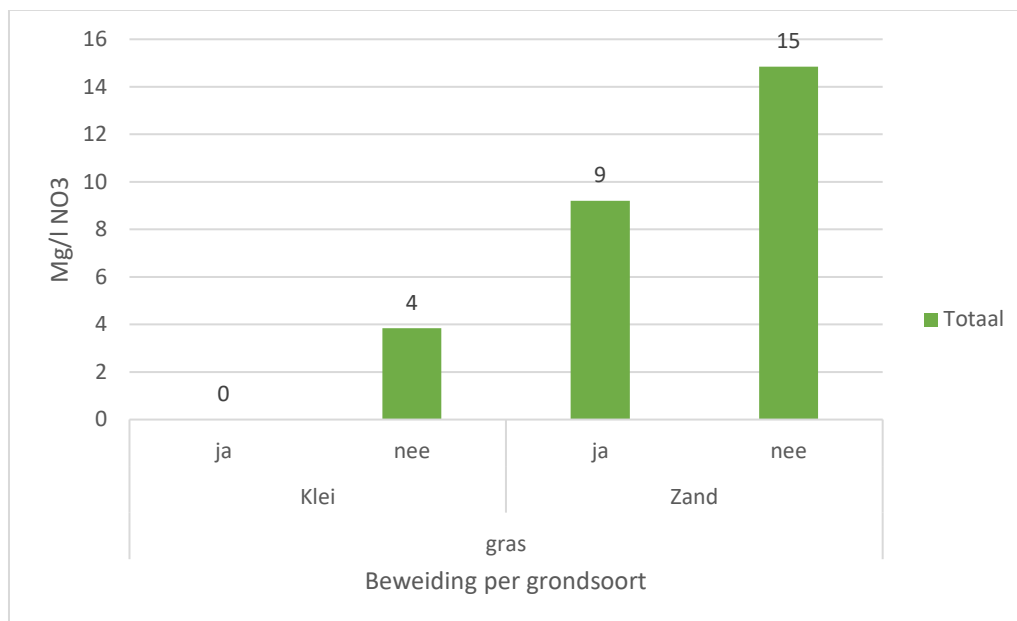


Figuur 17 Gemiddelde nitraatconcentraties ten opzichte van hoogteverschillen

In bovenstaand figuur zijn alle maispercelen verwerkt waar twee peilbuizen geplaatst zijn. Het gaat hierbij om peilbuis twee en drie, peilbuis één is geplaatst op grasland. De grijze staaf geeft de hoogte van de peilbuis boven NAP weer, de oranje staaf geeft de gemiddelde nitraatconcentratie van de desbetreffende peilbuis weer. De grafiek is te lezen door enkel de twee peilbuizen met elkaar te vergelijken welke op hetzelfde perceel geplaatst zijn. Zichtbaar is dat peilbuizen welke hoger gelegen zijn (langer grijs balkje) gepaard gaat met een hogere gemiddelde nitraatconcentratie. Verdere toelichting volgt in hoofdstuk 4.

3.6 Invloed beweiding

In dit onderzoek is geanalyseerd of beweiding een aantoonbare invloed heeft op de nitraatconcentraties in het bovenste grondwater. In een Excel sheet is verwerkt of er wel of geen weidegang toegepast is op de desbetreffende graspercelen. Dit is gekoppeld aan de gemiddeld gemeten nitraatconcentratie waarmee een grafiek is opgesteld. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen zand- en kleigrond. De verzameling van deze gegevens is weergegeven in Bijlage VI. In onderstaand figuur 18 zijn de resultaten grafisch weergegeven.



Figuur 18 Beweiding versus nitraatconcentraties in het bovenste grondwater

In bovenstaand figuur 18 zijn de nitraatconcentraties op grasland per grondsoort weergegeven. Hierbij is er onderscheid gemaakt tussen percelen die wel en percelen die niet beweide zijn. Op beide grondsoorten zijn de nitraatconcentraties hoger op de percelen welke niet beweide zijn. Verdere toelichting volgt in hoofdstuk 4.

4. Discussie

De doelstelling van dit onderzoek was het koppelen van nitraatconcentraties in het bovenste grondwater aan verschillende landgebruik strategieën. Het doel is om een uiteindelijke conclusie te kunnen trekken welke veehouders inzicht geeft in mogelijkheden om een zo efficiënt mogelijke mineralenkringloop te realiseren. In dit hoofdstuk worden de belangrijkste bevindingen per deelvraag toegelicht. Daarnaast wordt er een reflectie gegeven op de toegepaste onderzoeksmethoden.

4.1 Interpretatie onderzoeksresultaten

4.1.1 Grondsoort

Voor dit onderzoek zijn er in totaal zo'n 1000 nitraatmetingen uitgevoerd op zowel zand- als kleigrond. De resultaten geven weer dat de gemiddelde nitraatconcentraties in het bovenste grondwater onder zandgrond neerkomt op 29 mg/l NO₃. Op kleigrond komt dit gemiddelde neer op 7 mg/l NO₃. (Hoofdstuk 3, figuur 11). Dit resultaat is in overeenstemming met de verwachting.

Dit resultaat is te verklaren wegens het feit dat kleigronden, wegens een hoog aandeel lutum (>25%), in staat zijn om meer vocht vast te houden ten opzichte van zandgronden (Queisen, 2015). Het lage vochtvasthoudend vermogen van zandgronden verklaart dat het negatief geladen NO₃- ion sneller uitspoelt in perioden met overmatige neerslag. Dit resultaat geeft weer dat ondernemers nitraatuitspoeling kunnen beperken door het vochtvasthoudend vermogen te verhogen. Dit geldt met name voor ondernemers op zandgronden.

In deze onderzoeksmethode is geen rekening gehouden met mogelijke neerslag verschillen per regio. Aangezien de peilbuizen verspreid zijn over de gehele provincie Overijssel zouden neerslagverschillen invloed kunnen hebben op de onderzoeksresultaten.

4.1.2 Gewassen

Voor dit onderzoek zijn peilbuizen geplaatst op zowel gras- als maispercelen om zo eventuele gewasinvloeden te analyseren. De keuze voor analyse gras- en maisteelt is gemaakt aangezien dit de meest geteelde gewassen zijn in de melkveehouderij. De gemiddelde nitraatconcentraties onder gronden met grasteelt is 3 mg/l NO₃ op klei en 12 mg/l NO₃ op zand. De gemiddelde nitraatconcentraties onder gronden met maisteelt is 11 mg/l NO₃ op klei en 39 mg/l NO₃ op zand. (Hoofdstuk 3, figuur 12). Dit resultaat is in overeenstemming met de verwachting.

Deze resultaten geven weer dat de nitraatconcentraties onder gronden met maisteelt aanzienlijk hoger zijn ten opzichte van gronden met grasteelt. Als verklaring voor dit resultaat kan gegeven worden dat de teelt van gras een langer groeiseizoen kent (Hussain et al., 2019). Dit betekent dat stikstof over een langere periode wordt opgenomen waardoor het aannemelijk is dat er minder nitraatstikstof uitspoelt. In de praktijk betekent dit dat ondernemers een hogere mineralenefficiëntie kunnen behalen door, indien mogelijk, mais op kleigronden te telen.

In deze onderzoeksmethode zijn er meer metingen verricht op zandgronden ten opzichte van kleigronden. De berekende gemiddelde nitraatconcentratie van teelten op kleigronden kent minder metingen dan de berekende gemiddelde nitraatconcentraties van teelten op zandgronden. Deze onderzoeksmethode resulteert in een lagere betrouwbaarheid van de resultaten.

4.1.3 Bemesting

De onderzoeksmethode is opgezet voor de analyse naar invloeden van het organische stofgehalte, NO₃-N bemesting en NH₄-N bemesting.

Voor de analyse naar de invloed van het organische stofgehalte op nitraatconcentraties in het bovenste grondwater is een spreidingsdiagram gemaakt waarin vervolgens een trendlijn is opgesteld (Hoofdstuk 3, figuur 13). De trendlijn geeft een dalende trend weer van de nitraatconcentraties naarmate het organische stofgehalte stijgt. In deze spreidingsdiagram zijn enkel de maisteelten verwerkt aangezien gebleken is dat maisteelt meer uitspoeling veroorzaakt.

Een verklaring voor dit resultaat is dat organische stof in de bodem bij draagt aan het vochtvasthoudend vermogen van de grond (Bokhorst et al., 2008). Gebleken is dat nitraatuitspoeling met name voorkomt op zandgronden, als verklaring hiervoor is gegeven dat zandgronden een laag vochtvasthoudend vermogen hebben (hoofdstuk 4.1.1). Organische stof kan bijdragen aan verhoging van het vochtvasthoudend vermogen wat resulteert in een minder mate van nitraatuitspoeling.

De onderzoeksmethode is uitgegaan van het gemiddelde organische stofgehalte van de percelen. De organische stofgehalten op de plaats waar de peilbuizen geplaatst zijn kunnen in werkelijkheid afwijken van het gemiddelde organische stofgehalte van het perceel. Het advies voor een vervolgonderzoek is om de organische stofgehalten te bepalen van de grond waar de peilbuis exact geplaatst is.

Naast onderzoek naar de invloed van het organische stofgehalte is er ook een analyse uitgevoerd naar de relatie tussen de hoeveelheid bemestte NO₃-N en NH₄-N en de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater. De resultaten geven weer dat de nitraatconcentraties dalen naarmate er meer NH₄-N bemest wordt in plaats van NO₃-N. Deze daling is niet zichtbaar wanneer er meer NO₃-N bemest wordt ten opzichte van NH₄-N. Deze resultaten zijn in overeenstemming met de verwachting.

Een verklaring voor dit resultaat is dat het positief geladen ion NH₄⁺ in staat is om te binden aan negatief geladen bodembestandsdelen als lutum en humus (Fraters et al., 2008). Wegens deze eigenschap is NH₄⁺ minder mobiel in de bodem, in tegenstelling tot het negatief geladen ion NO₃⁻ wat erg mobiel is in de bodem. Vanwege deze lage mobiliteit is het aannemelijk dat NH₄⁺ minder snel uitspoelt. Het nadeel van deze eigenschap is dat deze stikstofvorm minder snel opneembaar is door planten.

De toegepaste onderzoeksmethode heeft enkel de bemesting uit kunstmest geanalyseerd. De keuze voor deze onderzoeksmethode is gemaakt aangezien een ondernemer invloed heeft op de keuze uit kunstmestsoorten en niet op de samenstelling van drijfmest. Het doel van dit onderzoek was met name het analyseren van invloeden van kunstmestsamenstellingen op de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater. Een kanttekening hierbij is dat drijfmest invloed zou kunnen hebben op de nitraatconcentraties in het bovenste grondwater. Het advies voor een vervolgonderzoek is om te analyseren in welke mate drijfmest invloed heeft op de uitspoeling van nitraat.

Naast de toepassing van drijfmest is het denkbaar dat de beschikbare bodemvoorraad N ook invloed kan hebben op de nitraatconcentraties van het bovenste grondwater. De bodemvoorraad N is niet meegenomen in deze onderzoeksmethode.

4.1.4 Onderzaai mais

Vanwege het feit dat het onderzaaien van mais op zandgronden sinds 2019 verplicht is, is er een analyse uitgevoerd naar de invloed van onderzaaien op de mate waarin nitraat uitspoelt. De resultaten geven weer dat de gemiddelde nitraatconcentratie bij toepassing van onderzaai neerkomt op 30 mg/l NO₃. De gemiddelde nitraatconcentratie op de percelen waar geen onderzaai toegepast is komt neer op 42 mg/l NO₃ (hoofdstuk 3, figuur 16). Dit resultaat geeft weer dat de nitraatconcentratie beduidend hoger is op de percelen waar geen onderzaai toegepast is.

Een verklaring voor dit resultaat kan in verband worden gebracht met de analyse waarin onderzocht is in welke mate gewassoorten invloed hebben op de nitraatuitspoeling. Deze resultaten gaven weer dat de teelt van gras, vanwege het langere groeiseizoen, resulteert in een aanzienlijke lagere nitraatconcentratie in het bovenste grondwater. Het onderzaaien van mais met een grassoort heeft een soortgelijk effect. In tegenstelling tot mais is gras ook later in het groeiseizoen nog in staat om stikstof op te nemen. Vanaf de periode dat mais geen stikstof meer benodigd is en opneemt zal het onder gezaaide gewas deze stikstofopname overnemen. Dit voorkomt grotendeels dat dit overtollige stikstof uitspoelt naar het grondwater.

De verkregen resultaten onderbouwen deze beredenering en geven weer dat onderzaai een positief effect heeft op de mate van uitspoeling. Een bijkomstig nadeel is dat de praktijk vaak laat zien dat onderzaai gepaard gaat met een opbrengstderving van de mais. Deze onderzoeksmethode heeft geen rekening gehouden met deze opbrengstderving. De nettowinst van het onderzaaien van mais kan hierdoor niet onderbouwd worden. Het advies voor vervolgonderzoek is om de maisopbrengsten van ondergezaaide percelen te vergelijken met niet ondergezaaide percelen.

4.1.5 Hoogteverschillen

De invloed van hoogteverschillen binnen het perceel op de mate van nitraatuitspoeling is geanalyseerd door op maispercelen twee peilbuizen te plaatsen. Deze analyse is uitgevoerd op perceelniveau. De resultaten geven weer dat er een verband bestaat tussen de hoogte boven NAP en de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater. De peilbuizen welke geplaatst zijn op een hoger gelegen gedeelte van het perceel laten een hogere nitraatconcentratie zien ten opzichte van de peilbuizen welke geplaatst zijn op een lagere gelegen gedeelte. Dit resultaat komt niet overeen met de verwachting. De verwachting was dat de peilbuizen welke geplaatst zijn op lagere gelegen gedeelten, en dus nattere gedeelten, een hogere nitraatconcentratie lieten zien vanwege een overmaat aan water. Dit onderzoek laat echter andere resultaten zien.

Een verklaring hiervoor heeft te maken met het neerslagtekort wat in 2019 ontstaan is. Dit neerslag te kort heeft veroorzaakt dat er op droogtegevoelige delen van de percelen minder stikstof gemineraliseerd en opgenomen is, in tegenstelling tot nattere delen van de percelen waar het gewas nog langere tijd in staat is geweest om stikstof op te nemen. Het niet opgenomen stikstof op de droogtegevoelige delen is vervolgens in het najaar uitgespoeld in perioden met neerslag. Het gewas, mais in dit geval, is in het najaar niet meer in staat om stikstof op te nemen. Het nog aanwezige stikstof in de bodem spoelt bij regenval vervolgens uit naar het grondwater. Dit resultaat geeft weer dat plaats specifiek bemesten kansen biedt om de uitspoeling van nitraat te reduceren. Hierbij is het mogelijk om nattere delen binnen het perceel forser te bemesten ten opzichte van droogtegevoelige delen binnen het perceel.

De analyse is gebaseerd op een één jarig onderzoek. De betrouwbaarheid van het resultaat is daarom in twijfel te trekken. Het jaar van het onderzoek betreft een droog groeiseizoen in combinatie met een relatief nat najaar. Het is denkbaar dat de resultaten afwijken wanneer het onderzoek uitgevoerd wordt in een nat groeiseizoen. Het advies is om een meerjarig onderzoek uit te voeren.

4.1.6 Beweiding

De analyse naar de invloed van beweiding op nitraatconcentraties in het bovenste grondwater is uitgevoerd om te achterhalen of het toepassen van beweiding kansen biedt om de uitspoeling van nitraat te reduceren. De resultaten geven op kleigrond een gemiddelde nitraatconcentratie weer van 0 mg/l NO₃ op bewaide percelen, op bewaide zandgrond percelen is de gemiddelde nitraatconcentratie 9 mg/l NO₃. De gemiddelde nitraatconcentratie van niet bewaide percelen komt neer op 4 mg/l NO₃ op kleigrond, op zandgrond is dit 15 mg/l NO₃. Dit resultaat komt niet overeen met de verwachting. Uit literatuur is gebleken dat beweiding resulteert in meer uitspoeling wat in tegenstrijd is met de resultaten uit dit onderzoek (Verloop et al., 2006).

Een verklaring voor dit resultaat is dat de peilbuizen geplaatst zijn op de grenslijn van de percelen. Literatuur geeft weer dat nitraatconcentraties hoger zijn op percelen waar geweid wordt vanwege het feit dat mest en urine op één plaatst geconcentreerd worden. Aangezien de peilbuizen geplaatst zijn op de grenslijn van de percelen is het aannemelijk dat er op deze plaatsten geen mest of urine terecht komt. De resultaten wijken hierdoor af van de vooraf opgestelde hypothese.

Het advies voor een vervolgonderzoek is om de peilbuizen verder in het perceel te plaatsen. Door de peilbuizen op de grenslijn te plaatsen is het aannemelijk dat de nitraatconcentraties afwijken ten opzichte van de werkelijk nitraatconcentraties binnen het perceel. Dit zal leiden tot betrouwbaardere resultaten.

4.2 Reflectie uitvoering metingen

Na uitvoering van dit onderzoek zijn er een aantal aspecten te bekritisieren op de onderzoeksmethode. Een aantal aandachtspunten zijn al aan bod gekomen in hoofdstuk 4.1.

De nitraatconcentraties zijn gemeten door de ondernemers zelf. Dit betekent dat de metingen zijn uitgevoerd door meerdere personen. De betrouwbaarheid van de gemeten waarden is hierdoor in twijfel te trekken aangezien de mogelijkheid bestaat dat de metingen door elke persoon op een andere wijze zijn uitgevoerd. Bij het uitvoeren van de metingen was het van belang om het opgestelde protocol te hanteren. Dit protocol is voorgelegd aan elke ondernemer om duidelijk te maken hoe de metingen uitgevoerd dienden te worden. Echter is het niet controleerbaar of dit protocol daadwerkelijk gevolgd is, de betrouwbaarheid van de meetgegevens is dus in twijfel te trekken.

Het onderzoek betreft een éénjarig onderzoek. Om een hogere betrouwbaarheid te realiseren is het van belang om een dergelijk onderzoek meerjarig uit te voeren. De resultaten kunnen hierdoor in verband worden gebracht met meerdere weersomstandigheden zoals hevige regenval en extreme droogte. Hierdoor kan er geanalyseerd worden of de resultaten beïnvloed zijn door het landgebruik of door de desbetreffende weersomstandigheden.

Een laatste bekritisering op de onderzoeksmethode is de plaatsing van de peilbuizen. De peilbuizen zijn geplaatst op meerdere percelen binnen Overijssel. Dit betekent dat er een mogelijkheid bestaat dat verschillende bodemprofielen invloed hebben op de nitraatconcentraties in het bovenste grondwater. Mogelijk hebben diepere lagen in de bodem invloed op de doorlatendheid van water, dit is niet meegenomen in de onderzoeksmethode. Een advies voor een vervolgonderzoek is daarom om de proef op te stellen op één perceel en daarbij verschillende type landgebruiken te hanteren. Invloeden van verschillende bodemprofielen kunnen bij een dergelijke onderzoeksmethode uitgesloten worden.

5. Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies

In dit onderzoek is gezocht naar een antwoord op de volgende hoofdvraag: *‘Welke specifieke verbanden bestaan er tussen het nitraatgehalte in het bovenste grondwater en het desbetreffende landgebruik?’* Hiervoor is een kwantitatief onderzoek uitgevoerd naar uitgevoerde nitraatmetingen van het bovenste grondwater. Voor de beantwoording van deze hoofdvraag zijn een zestal deelvragen opgesteld.

Uit de resultaten is te concluderen dat de grondsoort een grote invloed heeft op de mate waarin nitraat uit kan spoelen. Te concluderen is dat zandgronden het meest uitspoelinggevoelig zijn. De oorzaak hiervan is met name het lage vochtvasthoudend vermogen van zandgronden. Vocht in de teelt laag spoelt hierdoor gemakkelijk uit naar diepere lagen. Het verhogen van het vochtvasthoudend vermogen leidt tot een mindere mate van nitraatuitspoeling.

De invloed van de gewassoort op het nitraatgehalte in het bovenste grondwater is groot. Geconcludeerd kan worden dat de teelt van mais resulteert in een grotere mate van nitraatuitspoeling. Met name op zandgronden is de gemiddelde nitraatconcentratie in het bovenste grondwater onder maisteelten hoog, gemiddeld namelijk 39 mg/l NO₃. Dit gemiddelde kent uiteraard hogere en lagere waardes. Veel metingen op maisteelten overschrijden de Europese norm van 50 mg/l NO₃. Het gemiddelde blijft echter onder deze maximum norm.

Verschillende bemestingsstrategieën hebben een verband met de uitspoeling van nitraat. Het organische stofgehalte lijkt invloed te hebben op de nitraatconcentraties in het bovenste grondwater. Naarmate het organische stofgehalte stijgt is er een dalende trend geconstateerd van de nitraatconcentraties. Organische stof beschikt over de eigenschap dat het vocht vast kan houden, met name op zandgronden is dit van belang om nitraatuitspoeling tegen te gaan.

Het toepassen van ammonium meststoffen (NH₄) heeft een positieve invloed op de uitspoeling van nitraat. Naarmate er kunstmestsoorten toegepast worden met een hoog aandeel ammonium en een laag aandeel nitraat (NO₃) laat de gemiddelde nitraatconcentratie in het bovenste grondwater een dalende trend zien.

Om de nitraatuitspoeling op gronden met maisteelten te reduceren lijkt de toepassing van onderzaai effectief te zijn. De gemiddelde nitraatconcentratie op de percelen waar onderzaai toegepast is was 12 mg/l NO₃ lager ten opzichte van de percelen waar geen onderzaai toegepast is. Het onderzaaien van mais heeft dus een positief effect op de mate waarin nitraat uit kan spoelen.

De droogtegevoeligheid van een perceel heeft invloed op de nitraatconcentraties in het bovenste grondwater. De resultaten laten zien dat de nitraatconcentraties op drogere delen van de percelen hoger zijn ten opzichte van lagere delen binnen het perceel. Dit kan in verband worden gebracht met het vochtvasthoudend vermogen van droogtegevoelige gronden. De opname van stikstof wordt verhinderd door het feit dat de grond uitdroogt. De bodemvoorraad N neemt hierdoor toe waardoor de kans op uitspoeling bij hevige regenval groter is. Dit effect is met name zichtbaar op zandgronden waar de teelt van mais toegepast wordt.

In dit onderzoek laten de resultaten een positief effect zien op de uitspoeling van nitraat wanneer er weidegang toegepast wordt. De gemiddelde nitraatconcentraties zijn aanzienlijk lager op graspercelen waar weidegang is toegepast. Echter is het niet te bevestigen dat weidegang een positief effect heeft op de uitspoeling van nitraat aangezien deze resultaten niet overeenkomen met getrokken conclusies uit andere literatuur.

Uit dit onderzoek is gebleken dat er wel degelijk verbanden bestaan tussen nitraatgehalten in het bovenste grondwater en het desbetreffende landgebruik. Het grootste effect op nitraatuitspoeling wordt veroorzaakt door de grondsoort en de gewaskeuze. De resultaten laten zien dat zandgronden erg uitspoelinggevoelig zijn. De voornaamste oorzaak hiervan is te wijten aan het lage vochtvasthoudend vermogen. Naast de grondsoort heeft de keuze van het gewas ook een grote invloed op de uitspoeling van nitraat. De teelt van mais op zandgronden geeft de grootste kans op uitspoeling. De resultaten laten zien dat dit risico verkleind kan worden door onderzaai toe te passen. Analyse van de bemestingsstrategieën geeft weer dat verhoging van het organische stofgehalte resulteert in een mindere mate van nitraatuitspoeling. Dit is in verband te brengen met de droogtegevoeligheid van de grond. Naarmate de grond droogtegevoeliger is laten de nitraatconcentraties een stijgende trend zien. Een hoger organisch stofgehalte betekent een groter vochtvasthoudend vermogen. Daarnaast is er te concluderen dat de nitraatconcentraties dalen naarmate er meer ammoniummeststoffen worden toegepast in plaats van nitraatmeststoffen. Tot slot blijkt uit de resultaten dat beweiding een positieve invloed heeft op de uitspoeling van nitraat. De nitraatconcentraties onder beweidde percelen zijn op zowel zand als kleigrond lager ten opzichte van niet beweidde percelen.

5.2 Aanbevelingen

Uit dit onderzoek zijn een aantal aanbevelingen te formuleren. Ondernemers kunnen mineralenverliezen beperken door bewuste keuzes te maken wat betreft de teelt van mais. Indien mogelijk kan het mineralenverlies beperkt worden door mais te telen op kleigronden en het zandareaal in te vullen met de teelt van gras. Wanneer het niet mogelijk is om mais te telen op kleigrond is het nuttig om onderzaai toe te passen. De toepassing van onderzaai leidt ertoe dat een groot aandeel van de mineralen vastgelegd worden in de bodem.

Het verhogen van het organische stofgehalte leidt tot een groter vochtvasthoudend vermogen van de grond. Met name op zandgronden wordt nitraatuitspoeling tegengegaan door het organische stofgehalte te verhogen. Dit is mogelijk door het aanwenden van zoveel mogelijk organische mest. De beste optie voor een relatief snel resultaat is het aanwenden van vaste mest. Verhoging van het organische stofgehalte gaat droogtegevoeligheid tegen waardoor aanwezig stikstof in de bodem langer opneembaar is door planten.

Tot slot is het zinvol om meer ammonium- of ureumstikstof aan te wenden in plaats van nitraatstikstof. Deze twee stikstofvormen zijn minder mobiel in de bodem ten opzichte van nitraatstikstof en zullen dus minder snel uitspoelen. Een veel gebruikte kunstmest is NTS, een vloeibare ureumkunstmest.

Een belangrijke aanbeveling voor een vervolgonderzoek is dat de onderzoeksmethode voor meerdere achtereenvolgende jaren opgezet moet worden. Hierdoor kunnen er meer gegevens worden verzameld. Daarnaast kan hierdoor de invloed van verschillende weersomstandigheden in verband worden gebracht met de gemeten nitraatconcentraties in het bovenste grondwater.

Referenties

- Batchgeo. (2020). *Kaartgegevens 2020*. Opgehaald van Batchgeo.map : <https://nl.batchgeo.com/map/1e8f8fd5ee5bc5c3f75f6806ee463d20>
- Beuving, J. (1984). *Vocht- en doorlatendheidskarakteristieken, dichtheid en samenstelling van bodemprofielen in zand-, zavel, klei- en veengronden*. Wageningen : Instituut voor cultuurtechniek en waterhuishouding rapport 10.
- Bokhorst, J., ter Berg, C., Zanen, M., & Koopmans, C. (2008). Mest, compost en bodemvruchtbaarheid: 8 jaar proefveld Mest als Kans. *Louis Bolk Instituut*, 12-14.
- Boumans, L. (1994). *Nitrate in the upper part of ground water under forests and heather of the sandy regions of the Netherlands*. Bilthoven: RIVM report no. 712300002.
- Boumans, L., & Fraters, B. (2011). *Nitraatconcentraties in het bovenste grondwater van de zandregio en de invloed van het mestbeleid: Visualisatie afname in de periode 1992 tot 2009*. Bilthoven: RIVM Report no. 680717020.
- Boumans, L., Fraters, D., & Drecht van, G. (2005). Nitrate leaching in agriculture to upper groundwater in the sandy regions of the Netherlands during the 1992–1995 period. *Environmental Monitoring and Assessment*, 225-241.
- Broers, H. (2004). The spatial distribution of groundwater age for different geohydrological situations in the Netherlands: implications for groundwater quality monitoring at the regional scale. *Journal of Hydrology*, 84-106.
- Chen, X., Graham, F., Zheng, H., Wang, H., Gordon, A., Ferris, C., . . . Yan, T. (2020). *Modern Holstein-origin dairy cows within grassland-based systems partition more feed nitrogen into milk and excrete less in manure*. Science of The Total Environment Report no. 138561.
- Fraters, B., Boumans, L., van Elzakker, B., Gast, L., Griffioen, J., Klaver, G., . . . Veld, H. (2008). *A new compliance checking level for nitrate in groundwater?* Bilthoven: RIVM Report no. 680100006.
- Fraters, B., Hotsma, P., Langenberg, V., Leeuwen van, T., Mol, A., Olsthoorn, C., . . . Willems, W. (2004). *Agricultural practice and water quality in the Netherlands in the 1992-2002 period*. Bilthoven: RIVM report no. 500003002.
- Hussain, M., Bhardwaj, A., Basso, B., Robertson, G., & Hamilton, S. (2019). Nitrate Leaching from Continuous Corn, Perennial Grasses, and poplar in the US midwest. *Journal of Environmental Quality*, 1849-1855.
- PDOK. (2020). *Dataset: Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN1)*. Opgehaald van PDOK: <https://www.pdok.nl/introductie/-/article/actueel-hoogtebestand-nederland-ahn1->
- Peters, S., & Castenmiller, J. (2014, september). Adviezen nitraat en nitraatrijke groente. *Voedingscentrum* , pp. 3-5.
- Publicatiebureau. (2010, januari). *De Europese nitraatrichtlijn*. Opgehaald van <https://ec.europa.eu/environment/pubs/pdf/factsheets/nitrates/nl.pdf>

- Queisen, G. (2015, januari 21). *Voorkom stikstofverliezen door nitraatuitspoeling* . Opgehaald van Akkerwijzer: <https://www.akkerwijzer.nl/artikel/133098-voorkom-stikstofverliezen-door-nitraatuitspoeling/>
- RIVM. (2015). *Nitraatkaart van Nederland* . Opgehaald van Rijksinstituut voor Volksgezondheid en milieu: file:///C:/Users/Gebruiker/Downloads/009883_103759_Nitraatkaart%202012-2015_V2_TG.pdf
- Verloop, J., Boumans, L., Keulen van, H., Oenema, J., Hilhorst, G., Aarts, H., & Sebek, L. (2006). Reducing nitrate leaching to groundwater in an intensive dairy farming system. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 59-74.
- Ward, M., Jones, R., Brender, J., Kok de, T., Weyer, P., Nolan, B., . . . Breda van, S. (2018). Drinking Water Nitrate and Human Health: An Updated Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12-18.
- WUR. (2006). *Grondsoortenkaart*. Opgehaald van Wageningen university & research: <https://www.wur.nl/nl/show/Grondsoortenkaart.htm>
- Zhao, J., Notaris, C., & Olesen, J. (2020). Autumn-based vegetation indices for estimating nitrate leaching during autumn and winter in arable cropping systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*.

Bijlage I. Tabel verband grondsoort en gemiddelde nitraatconcentratie

	A	B	C	D	E	F	G
1	Perceel		Grondsoort		mg/l NO3 Gem		
2	Oude vrielink 1		Klei		0		
3	Oude vrielink 2		Zand		118		
4	Oude vrielink 3		Zand		60		
5	Haamberg 1		zand		0		
6	Haamberg 2		zand		61		
7	Haamberg 3		zand		60		
8	Bekedam 1		zand		0		
9	Bekedam 2		zand		0		
10	Bekedam 3		zand		1		
11	Wenninger 1		zand		46		
12	Wenninger 2		zand		35		
13	Wenninger 3		zand		39		
14	Bos 1		zand		12		
15	Bos 2		zand		59		
16	Bos 3		zand		12		
17	Hornstra 1		zand		0		
18	Hornstra 2		zand		0		
19	Hornstra 3		zand		22		
20	Schutte 1		zand		113		
21	Schutte 2		zand		0		
22	Schutte 3		zand		45		
23	Lugtenberg 1		klei		0		
24	Lugtenberg 2		zand		39		
25	Lugtenberg 3		zand		36		
26	Oude weme 1		zand		0		
27	Oude weme 2		zand		34		
28	Oude weme 3		zand		4		
29	Smook 1		zand		0		
30	Smook 2		zand		16		
31	Smook 3		zand		0		
32	Schothorst 1		klei		8		
33	Schothorst 2		klei		0		
34	Schothorst 3		klei		24		
35	Remerink 1		zand		0		
36	Remerink 2		zand		0		
37	Remerink 3		zand		0		
38	Oolhorst 1		zand		26		
39	Oolhorst 2		zand		23		
40	Klein koerkamp		zand		0		
41	Klein koerkamp		zand		57		
42	Klein koerkamp		zand		46		
43	Westenank 1		zand		0		
44	Westenank 2		zand		0		
45	Westenank 3		zand		0		
46	Trompert 1		zand		0		
47	Trompert 2		zand		179		
48	Trompert 3		zand		156		

	A	B	C	D	E	F	G
1	Perceel		Grondsoort		mg/l NO3 Gem		
49	Lansink 1		zand		6		
50	Lansink 2		zand		41		
51	Lansink 3		zand		19		
52	Blokhuis 1		zand		33		
53	Blokhuis 2		zand		67		
54	Blokhuis 3		zand		26		
55	Hemstede 1		zand		5		
56	Hemstede 2		zand		7		
57	Hemstede 3		zand		4		
58	Oldenhof 1		zand		0		
59	Oldenhof 2		zand		0		
60	Oldenhof 3		zand		0		
61	Eertink 1		zand		0		
62	Eertink 2		zand		45		
63	Eertink 3		zand		38		
64	Haarman 1		zand		4		
65	Haarman 2		zand		48		
66	Haarman 3		zand		8		
67	Roetert 1		zand		14		
68	Roetert 2		zand		5		
69	Koersen 1		zand		0		
70	Koersen 2		klei		10		
71	Koersen 3		klei		10		
72	Immink 1		zand		4		
73	Immink 2		zand		0		
74	Immink 3		zand		3		
75	Kotte 1		zand		23		
76	Kotte 2		zand		134		
77	Kotte 3		zand		22		
78	Hargeerds 1		zand		8		
79	Hargeerds 2		zand		75		
80	Hargeerds 3		zand		80		
81	Strijtveen 1		zand		0		
82	Strijtveen 2		zand		0		
83	Strijtveen 3		zand		180		
84	Slaghuis 1		zand		16		
85	Slaghuis 2		zand		0		
86	Slaghuis 3		zand		67		
87	Pot 1		zand		0		
88	Pot 2		zand		0		
89	Pot 3		zand		37		

Bijlage II. Tabel verband gewastype en gemiddelde nitraatconcentratie

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Perceel		Gewas	Grondsoort		mg/l NO3 Gem		
2	Oude vrielink 1		gras	Klei		0		
3	Oude vrielink 2		mais	Zand		118		
4	Oude vrielink 3		mais	Zand		60		
5	Haamber 1		gras	zand		0		
6	Haamber 2		mais	zand		61		
7	Haamber 3		mais	zand		60		
8	Bekedam 1		gras	zand		0		
9	Bekedam 2		mais	zand		0		
10	Bekedam 3		mais	zand		1		
11	Weneger 1		gras	zand		46		
12	Weneger 2		mais	zand		35		
13	Weneger 3		mais	zand		39		
14	Bos 1		gras	zand		12		
15	Bos 2		mais	zand		59		
16	Bos 3		mais	zand		12		
17	Hornstra 1		gras	zand		0		
18	Hornstra 2		mais	zand		0		
19	Hornstra 3		mais	zand		22		
20	Schutte 1		gras	zand		113		
21	Schutte 2		mais	zand		0		
22	Schutte 3		mais	zand		45		
23	Lugtenberg 1		gras	klei		0		
24	Lugtenberg 2		mais	zand		39		
25	Lugtenberg 3		mais	zand		36		
26	Oude weme 1		gras	zand		0		
27	Oude weme 2		mais	zand		34		
28	Oude weme 3		mais	zand		4		
29	Smook 1		gras	zand		0		
30	Smook 2		mais	zand		16		
31	Smook 3		mais	zand		0		
32	Schothorst 1		gras	klei		8		
33	Schothorst 2		mais	klei		0		
34	Schothorst 3		mais	klei		24		
35	Remerink 1		gras	zand		0		
36	Remerink 2		mais	zand		0		
37	Remerink 3		mais	zand		0		
38	Oolhorst 1		gras	zand		26		
39	Oolhorst 2		mais	zand		23		
40	Klein koerkamp		gras	zand		0		
41	Klein koerkamp		mais	zand		57		
42	Klein koerkamp		mais	zand		46		
43	Westenank 1		gras	zand		0		
44	Westenank 2		mais	zand		0		
45	Westenank 3		mais	zand		0		
46	Trompert 1		gras	zand		0		
47	Trompert 2		mais	zand		179		
48	Trompert 3		mais	zand		156		

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Perceel		Gewas	Grondsoort		mg/l NO3 Gem		
49	Lansink 1		gras	zand		6		
50	Lansink 2		gras	zand		41		
51	Lansink 3		mais	zand		19		
52	Blokhuys 1		gras	zand		33		
53	Blokhuys 2		mais	zand		67		
54	Blokhuys 3		mais	zand		26		
55	Hemstede 1		gras	zand		5		
56	Hemstede 2		mais	zand		7		
57	Hemstede 3		mais	zand		4		
58	Oldenhof 1		gras	zand		0		
59	Oldenhof 2		mais	zand		0		
60	Oldenhof 3		mais	zand		0		
61	Eertink 1		gras	zand		0		
62	Eertink 2		mais	zand		45		
63	Eertink 3		mais	zand		98		
64	Haarman 1		gras	zand		4		
65	Haarman 2		mais	zand		48		
66	Haarman 3		mais	zand		8		
67	Roetert 1		gras	zand		14		
68	Roetert 2		mais	zand		5		
69	Koersen 1		gras	zand		0		
70	Koersen 2		mais	klei		10		
71	Koersen 3		mais	klei		10		
72	Immink 1		gras	zand		4		
73	Immink 2		gras	zand		0		
74	Immink 3		mais	zand		3		
75	Kotte 1		gras	zand		23		
76	Kotte 2		mais	zand		134		
77	Kotte 3		mais	zand		22		
78	Hargeerds 1		gras	zand		8		
79	Hargeerds 2		mais	zand		75		
80	Hargeerds 3		mais	zand		80		
81	Strijtveen 1		gras	zand		0		
82	Strijtveen 2		mais	zand		0		
83	Strijtveen 3		mais	zand		180		
84	Slaghuys 1		gras	zand		16		
85	Slaghuys 2		mais	zand		0		
86	Slaghuys 3		mais	zand		67		
87	Pot 1		gras	zand		0		
88	Pot 2		mais	zand		0		
89	Pot 3		mais	zand		37		

Bijlage IV. Tabel registratie wel of geen onderzaai toegepast

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Perceel		Gewas	Grondsoort		NO3 Gem		Onderzaai	
2	Oude vrielink 2		mais	Zand		118		ja	
3	Oude vrielink 3		mais	Zand		60		ja	
4	Haamberg 2		mais	zand		61		nee	
5	Haamberg 3		mais	zand		60		nee	
6	Bekedam 2		mais	zand		0		ja	
7	Bekedam 3		mais	zand		1		ja	
8	Wenneger 2		mais	zand		35		nee	
9	Wenneger 3		mais	zand		39		nee	
10	Bos 2		mais	zand		59		ja	
11	Bos 3		mais	zand		12		ja	
12	Hornstra 2		mais	zand		0		ja	
13	Hornstra 3		mais	zand		22		ja	
14	Schutte 2		mais	zand		0		ja	
15	Schutte 3		mais	zand		45		ja	
16	Lugtenberg 2		mais	zand		39		ja	
17	Lugtenberg 3		mais	zand		36		ja	
18	Oude veme 2		mais	zand		34		nee	
19	Oude veme 3		mais	zand		4		nee	
20	Smook 2		mais	zand		16		nee	
21	Smook 3		mais	zand		0		nee	
22	Schothorst 2		mais	klei		0		nee	
23	Schothorst 3		mais	klei		24		nee	
24	Remerink 2		mais	zand		0		nee	
25	Remerink 3		mais	zand		0		nee	
26	Oolhorst 2		mais	zand		23		nee	
27	Klein koerkamp		mais	zand		57		ja	
28	Klein koerkamp		mais	zand		46		ja	
29	Westenenk 2		mais	zand		0		ja	
30	Westenenk 3		mais	zand		0		ja	
31	Trompert 2		mais	zand		179		nee	
32	Trompert 3		mais	zand		156		nee	
33	Lansink 3		mais	zand		19		nee	
34	Blokhuis 2		mais	zand		67		nee	
35	Blokhuis 3		mais	zand		26		nee	
36	Hemstede 2		mais	zand		7		nee	
37	Hemstede 3		mais	zand		4		nee	
38	Oldenhof 2		mais	zand		0		ja	
39	Oldenhof 3		mais	zand		0		ja	

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Perceel		Gewas	Grondsoort		NO3 Gem		Onderzaai	
40	Eertink 2		mais	zand		45		nee	
41	Eertink 3		mais	zand		98		nee	
42	Haarman 2		mais	zand		48		ja	
43	Haarman 3		mais	zand		8		ja	
44	Roetert 2		mais	zand		5		ja	
45	Koersen 2		mais	klei		10		nee	
46	Koersen 3		mais	klei		10		nee	
47	Immink 3		mais	zand		3		ja	
48	Kotte 2		mais	zand		134		ja	
49	Kotte 3		mais	zand		22		ja	
50	Hargeerds 2		mais	zand		75		nee	
51	Hargeerds 3		mais	zand		80		nee	
52	Strijtveen 2		mais	zand		0		nee	
53	Strijtveen 3		mais	zand		180		nee	
54	Slaghuis 2		mais	zand		0		nee	
55	Slaghuis 3		mais	zand		67		nee	
56	Pot 2		mais	zand		0		nee	
57	Pot 3		mais	zand		37		nee	

Bijlage V. Hoogteregistratie per peilbuis

	A	B	C	D	E
1	Perceel		NO3 Ge	Hoogte	
2	Oude vrielink 2		118	21,9	
3	Oude vrielink 3		60	20,68	
4	Haamberg 2		61	21,58	
5	Haamberg 3		60	21,04	
6	Bos 2		59	7,48	
7	Bos 3		12	6,76	
8	Hornstra 2		0	1,79	
9	Hornstra 3		22	2,09	
10	Schutte 2		0	9,74	
11	Schutte 3		45	10,9	
12	Lugtenberg 2		39	3,62	
13	Lugtenberg 3		36	2,76	
14	Oude weme 2		34	14,81	
15	Oude weme 3		4	14,17	
16	Smook 2		16	1,58	
17	Smook 3		0	1,08	
18	Trompert 2		179	4,83	
19	Trompert 3		156	4,56	
20	Blokhuis 2		67	27,03	
21	Blokhuis 3		26	26,5	
22	Hemstede 2		7	6,02	
23	Hemstede 3		4	5,74	
24	Eertink 2		45	8,68	
25	Eertink 3		98	9,19	
26	Haarman 2		48	10,14	
27	Haarman 3		8	9,54	
28	Kotte 2		134	13,05	
29	Kotte 3		22	12,96	
30	Hargeerds 2		75	13,71	
31	Hargeerds 3		80	13,94	
32	Strijtveen 2		0	0,27	
33	Strijtveen 3		180	1,12	
34	Slaghuis 2		0	12,72	
35	Slaghuis 3		67	13,12	
36	Pot 2		0	9,9	
37	Pot 3		37	10,44	
38					

Bijlage VI. Registratie toepassing weidegang

	A	B	C	D	E	F	G	H
2	Perceel		Gewas	Grondsoort		Beweid	mg/l NO3	
3	Oude vrielink 1		gras	Klei		nee	0	
4	Haamber 1		gras	zand		nee	0	
5	Bekedam 1		gras	zand		nee	0	
6	Wenneger 1		gras	zand		ja	46	
7	Bos 1		gras	zand		nee	12	
8	Hornstra 1		gras	zand		ja	0	
9	Schutte 1		gras	zand		nee	113	
10	Lugtenberg 1		gras	klei		ja	0	
11	Oude veme 1		gras	zand		nee	0	
12	Smook 1		gras	zand		nee	0	
13	Schothorst 1		gras	klei		nee	8	
14	Remerink 1		gras	zand		ja	0	
15	Dolhorst 1		gras	zand		nee	26	
16	Klein koerkamp		gras	zand		nee	0	
17	Westenenk 1		gras	zand		nee	0	
18	Trompert 1		gras	zand		ja	0	
19	Lansink 1		gras	zand		nee	6	
20	Lansink 2		gras	zand		nee	41	
21	Blokhuis 1		gras	zand		ja	33	
22	Hemstede 1		gras	zand		nee	5	
23	Oldenhof 1		gras	zand		ja	0	
24	Eertink 1		gras	zand		ja	0	
25	Haarman 1		gras	zand		nee	4	
26	Roetert 1		gras	zand		ja	14	
27	Koersen 1		gras	zand		ja	0	
28	Immink 1		gras	zand		ja	4	
29	Immink 2		gras	zand		ja	0	
30	Kotte 1		gras	zand		ja	23	
31	Hargeerds 1		gras	zand		ja	8	
32	Strijtveen 1		gras	zand		nee	0	
33	Slaghuis 1		gras	zand		nee	16	
34	Pot 1		gras	zand		ja	0	

Bijlage VII Checklist schriftelijk rapporteren



Checklist Schriftelijk Rapporteren 2018

Naam:

Klas:

De beoordelingscriteria die met een * zijn aangegeven, zijn 'killing points'. Wanneer de beoordelaar daarvan meer dan vijf heeft aangekruist, dien je het rapport/verslag op alle onvoldoende onderdelen te verbeteren. In het afstudeerwerkstuk zijn geen 'killing points' toegestaan.

1. Het taalgebruik

- ☐ Bevat niet meer dan drie grammaticale, spel- en typefouten per duizend woorden; het rapport/verslag is dan afgekeurd*
- ☐ Heeft een actieve schrijfstijl*
- ☐ Is zakelijk, formeel en objectief*
- ☐ Is coherent (verwijs- en verbindingswoorden)*
- ☐ Heeft een adequate interpunctie*
- ☐ Bevat niet de persoonlijke voornaamwoorden 'ik/ mij/me, jij/ju/jou, jullie, u, wij/we/ons'*
- ☐ Is doelgroepgericht*
- ☐ Heeft een uniforme stijl*

2. De ordening

- ☐ Het verslag/rapport heeft een logisch opbouw
- ☐ Elk hoofdstuk heeft een logische alineastructuur
- ☐ Elk hoofdstuk kent een introductie (m.u.v. H.1)

3. Het rapport/verslag

- ☐ Is vrij van plagiaat*
- ☐ De pagina's zijn genummerd*
- ☐ Heeft een uniforme opmaak

4. De omslag

- ☐ Bevat de titel
- ☐ Vermeldt de auteur(s)

5. De titelpagina/het titelblad

- ☐ Heeft een specifieke titel*
- ☐ Vermeldt de auteur(s)*
- ☐ Vermeldt de plaats en de datum*
- ☐ Vermeldt de opdrachtgever(s)*

6. Het voorwoord:

- ☐ Bevat de persoonlijke aanleiding tot het schrijven van het rapport/verslag
- ☐ Bevat persoonlijke bedankjes (persoonlijke voornaamwoorden toegestaan)

7. De inhoudsopgave:

- ☐ Vermeldt alle genummerde onderdelen van het rapport/verslag*
- ☐ Vermeldt de samenvatting en de bijlage(n)
- ☐ Is overzichtelijk/gestructureerd
- ☐ Heeft een correcte paginaverwijzing

8. De samenvatting:

- ☐ Is een verkorte versie van het gehele rapport/verslag
- ☐ Bevat de conclusies
- ☐ Bevat suggesties voor verder onderzoek

- ☐ Bevat geen persoonlijke mening
- ☐ Staat direct na de inhoudsopgave

9. De inleiding

- ☐ Is hoofdstuk 1*
- ☐ Beschrijft het kader/de context en de aanleiding*
- ☐ Geeft inhoudelijke relevante achtergrondinformatie*
- ☐ Bevat de probleemstelling/de onderzoeksvraag*
- ☐ Vermeldt het doel*
- ☐ Bevat een leeswijzer voor het rapport/verslag*

10. Materiaal en methode

- ☐ Beschrijft de gevolgde onderzoeksmethode
- ☐ Motiveert de keuze voor de gevolgde onderzoeksmethode
- ☐ Past bij de probleemstelling/de onderzoeksvraag*
- ☐ Beschrijft de variabelen/eenheden
- ☐ Beschrijft de methode van data-analyse

11. De (opmaak van de) kern

- ☐ De hoofdstukken en de (sub)paragrafen met maximaal drie niveaus zijn genummerd*
- ☐ De hoofdstukken en (sub)paragrafen hebben een passende titel
- ☐ Een hoofdstuk bestaat minstens één pagina
- ☐ Een nieuw hoofdstuk begint op een nieuwe pagina
- ☐ De zinnen lopen door (geen 'enter' binnen een alinea gebruiken)
- ☐ De figuren zijn (door)genummerd en hebben een passende titel (onder de figuur)*
- ☐ De tabellen zijn (door)genummerd en hebben een passende titel (boven de tabel)*
- ☐ Tabellen en figuren zijn zelfstandig te begrijpen
- ☐ In de tekst zijn er verwijzingen naar figuren en/of tabellen*
- ☐ De tekst bevat verwijzingen naar de desbetreffende bijlage(n)
- ☐ De tekst is ook zonder verwijzingen te begrijpen

12. De discussie

- ☐ Vermeldt de interpretatie(s) van de resultaten
- ☐ Bevat een vergelijking met relevante literatuur
- ☐ Geeft de valide argumentatie weer
- ☐ Evalueert de gevolgde onderzoeksmethode
- ☐ Bevat een kritische reflectie op de eigen bevindingen

13. De conclusies en aanbevelingen

- ☐ Bevatten antwoord(en) op de onderzoeksvraag
- ☐ Zijn gebaseerd op relevante feiten
- ☐ Bevatten geen nieuwe informatie*

14. De bronvermelding

- ☐ Verwijzingen in de tekst zijn conform de APA-normen*
- ☐ De bronvermelding is conform de APA-normen*

15. De bijlagen

- ☐ Zijn genummerd
- ☐ Zijn voorzien van een passende titel
- ☐ Bevatten geen eigen analyse
- ☐ Zijn overzichtelijk weergegeven