



Invloed bedrijfsvoering akkerbouwers op financieel resultaat en stikstofhuishouding

H. Prins en C.H.G. Daatselaar

Invloed bedrijfsvoering akkerbouwers op financieel resultaat en stikstofhuishouding

Studie naar de onderlinge verbanden

H. Prins en C.H.G. Daatselaar

Dit onderzoek is uitgevoerd door LEI Wageningen UR in opdracht van en gefinancierd door het ministerie van Economische Zaken.

LEI Wageningen UR
Wageningen, november 2013

LEI Report 2013-065
ISBN 978-90-8615-660-3

Prins, H. en C.H.G. Daatselaar, 2013. *Bedrijfsvoering, financieel resultaat en stikstofhuishouding op akkerbouwbedrijven; Studie naar de onderlinge verbanden*. Wageningen, LEI Wageningen UR (University & Research centre), LEI Report 2013-065. 78 blz.; 13 fig.; 44 tab.; 59 ref.

Binnen het project Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM) is een studie verricht naar de invloed van mineralenmanagement op economische en milieukundige resultaten van akkerbouwbedrijven. Voor de economische resultaten zijn de indicatoren saldo en netto-bedrijfsresultaat gebruikt voor de milieukundige resultaten van het bodemoverschot van stikstof en de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater en drainwater. De relaties zijn onderzocht met regressieanalyse. De uitkomsten van de studie geven handreikingen voor akkerbouwers, beleid en onderzoek hoe het beste het mineralengebruik aan te passen om zowel voor economie als voor milieukwaliteit betere resultaten te realiseren.

Within the project Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (Minerals Policy Monitoring Programme, LMM), a study was carried out examining the influence of mineral management on the economic and environmental results of arable farms. For the economic results, the indicators 'balance' and 'net operating results' were used; for the environmental results, the soil surplus of nitrogen and the concentration of nitrate in the upper layer of groundwater and drainage water were used. The relationships were investigated by means of regression analysis. The outcomes of the study provide assistance for arable farmers, policy-makers and researchers as to how mineral use can best be modified in order to achieve better results for both the economy and environmental quality.

Trefwoorden: akkerbouw, bedrijfsvoering, financieel resultaat, stikstofhuishouding

Dit rapport is gratis te downloaden op www.wageningenUR.nl/lei (onder LEI publicaties).

© 2013 LEI Wageningen UR

Postbus 29703, 2502 LS Den Haag, T 070 335 83 30, E informatie.lei@wur.nl,
www.wageningenUR.nl/lei. LEI is onderdeel van Wageningen UR (University & Research centre).



LEI hanteert voor haar rapporten een Creative Commons Naamsvermelding 3.0 Nederland licentie.

© LEI, onderdeel van Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek, 2013

De gebruiker mag het werk kopiëren, verspreiden en doorgeven en afgeleide werken maken. Materiaal van derden waarvan in het werk gebruik is gemaakt en waarop intellectuele eigendomsrechten berusten, mogen niet zonder voorafgaande toestemming van de derde gebruikt worden. De gebruiker dient bij het werk de door de maker of de licentiegever aangegeven naam te vermelden, maar niet zodanig dat de indruk gewekt wordt dat zij daarmee instemmen met het werk van de gebruiker of het gebruik van het werk. De gebruiker mag het werk niet voor commerciële doeleinden gebruiken.

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

Het LEI is ISO 9001:2008 gecertificeerd.

LEI Report 2013-065

Foto omslag: Shutterstock

Inhoud

| | | |
|----------|--|-----------|
| | Woord vooraf | 5 |
| | Samenvatting | 6 |
| | S.1 Belangrijkste uitkomsten | 6 |
| | S.2 Overige uitkomsten | 6 |
| | S.3 Methode | 7 |
| | Summary | 8 |
| | S.1 Key findings | 8 |
| | S.2 Complementary findings | 9 |
| | S.3 Methodology | 9 |
| 1 | Inleiding | 10 |
| | 1.1 Aanleiding | 10 |
| | 1.2 Probleemstelling | 10 |
| | 1.3 Doelstelling | 11 |
| | 1.4 Leeswijzer | 11 |
| 2 | Materiaal en methoden | 12 |
| | 2.1 Materiaal | 12 |
| | 2.2 Methode ten aanzien van verklarende analyses | 14 |
| 3 | Detailtering van te onderzoeken relaties | 16 |
| | 3.1 Inleiding | 16 |
| | 3.2 Kengetallen vanuit eerder onderzoek | 16 |
| | 3.3 Afbakening kengetallen | 25 |
| 4 | Beschrijving kengetallen | 27 |
| | 4.1 Inleiding | 27 |
| | 4.2 Structuurkengetallen | 27 |
| | 4.3 Bedrijfsvoeringkengetallen | 30 |
| | 4.4 Milieukengetallen | 32 |
| | 4.5 Financiële kengetallen | 35 |
| | 4.6 Statistisch verband tussen bedrijfskenmerken en resultaten | 37 |
| 5 | Resultaten akkerbouwbedrijven zandgrond | 41 |
| | 5.1 Inleiding | 41 |
| | 5.2 Analyse bodemoverschotten per hectare | 41 |
| | 5.3 Analyse economische resultaten per hectare | 42 |
| | 5.4 Analyse nitraatconcentraties | 45 |
| | 5.5 Samenvatting bedrijfsvoering, economie en mineralen voor akkerbouwbedrijven op zandgrond | 49 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 6 | Resultaten akkerbouwbedrijven kleigrond | 51 |
| 6.1 | Inleiding | 51 |
| 6.2 | Analyse bodemoverschotten per hectare | 51 |
| 6.3 | Analyse economische resultaten per hectare | 52 |
| 6.4 | Analyse nitraatconcentraties | 54 |
| 6.5 | Samenvatting bedrijfsvoering, economie en mineralen voor akkerbouwbedrijven op kleigrond | 57 |
| 7 | Resultaten akkerbedrijven lössgrond | 59 |
| 7.1 | Inleiding | 59 |
| 7.2 | Analyse bodemoverschotten per hectare | 59 |
| 7.3 | Analyse economische resultaten per hectare | 60 |
| 7.4 | Analyse nitraatconcentraties | 61 |
| 7.5 | Samenvatting bedrijfsvoering, economie en mineralen voor akkerbouwbedrijven op lössgrond | 64 |
| 8 | Discussie, conclusies en aanbevelingen | 66 |
| 8.1 | Inleiding | 66 |
| 8.2 | Discussie | 66 |
| 8.3 | Conclusies | 68 |
| 8.4 | Aanbevelingen | 68 |
| | Literatuur en websites | 70 |
| | Bijlagen | |
| 1 | Berekeningswijze bodemoverschotten | 73 |
| 2 | Processen rond stikstofvoorziening in de bodem | 75 |

Woord vooraf

Het Nederlandse mestbeleid richt zich op het ontlasten van het milieu. Momenteel gaat de aandacht vooral uit naar grenzen aan het gebruik van nutriënten voor bemesting, welke nauw aansluiten bij de specifieke situatie op het individuele bedrijf.

Binnen het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM) brengt LEI Wageningen UR, in samenwerking met het RIVM, effecten van het mestbeleid op de bedrijfsvoering en de kwaliteit van (vooral grond)water op landbouwbedrijven in kaart. Het LMM wordt door het LEI en RIVM gezamenlijk in opdracht van de Ministeries van I&M en EZ beheerd en ontwikkeld. Deze studie analyseert de betreffende gegevens voor akkerbouwbedrijven. Centrale elementen daarbij zijn de mogelijkheden die ondernemers zelf via hun bedrijfsvoering hebben om de waterkwaliteit op de percelen van hun landbouwbedrijven te verbeteren zonder al te zeer afbreuk te doen aan technische en financiële resultaten.

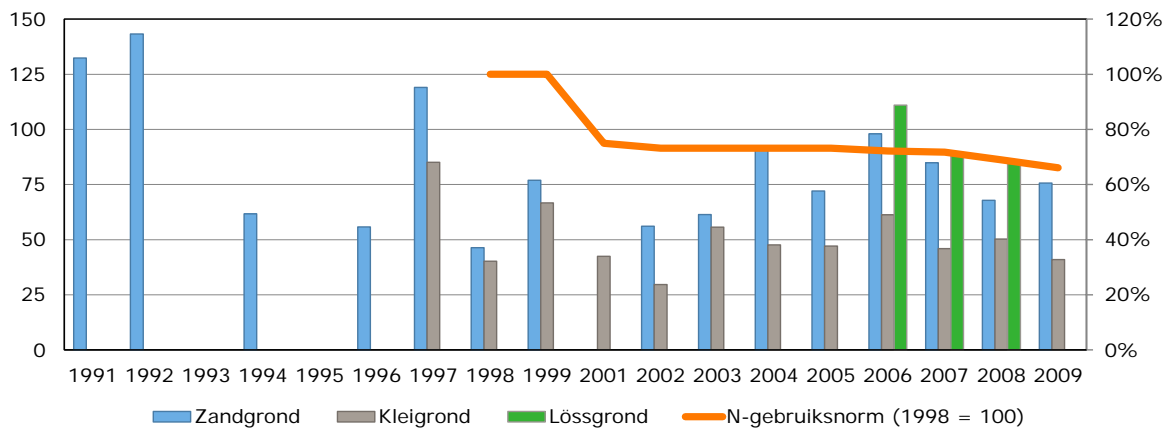
Het projectteam bestaande uit Co Daatselaar en Henri Prins heeft veel profijt gehad van het vergelijkbare werk dat in 2009 is uitgevoerd voor melkveebedrijven. Voor de samenwerking vanuit LMM-partner RIVM past met name aan Leo Boumans een woord van dank. We zijn ook erkentelijk voor de opmerkingen van Willem van Geel en Wim van Dijk van PPO-Lelystad. Onze dank gaat ook uit naar de ondernemers die hun medewerking aan het LMM-meetnet hebben verleend.

Ir. L.C. van Staalduinen
Algemeen Directeur LEI Wageningen UR

Samenvatting

S.1 Belangrijkste uitkomsten

- De stikstofbemesting bepaalt de waterkwaliteit op akkerbouwbedrijven in veel grotere mate dan de gewassen die geteeld worden.
- Voor eenzelfde werking moet in geval van dierlijke mest meer stikstof worden gegeven dan in geval van kunstmest. Als dierlijke mest op het juiste tijdstip en op de juiste manier in de passende hoeveelheid wordt toegediend, dan hoeft de uitspoeling van nitraat naar het grondwater niet hoger te zijn dan bij gebruik van kunstmest.
- De afgelopen jaren heeft het mestbeleid sterke invloed gehad op het bemestingsniveau en op het uitrijtijdstip van dierlijke mest. De stikstofbemesting is verminderd en het stikstofoverschot is teruggelopen. Ook vertoont het nitraatgehalte een dalende tendens, vooral op kleigrond. Op zand- en lössgrond ligt het nitraatgehalte gemiddeld nog boven de norm van 50 mg per liter; op kleigrond ligt het gemiddelde nitraatgehalte rond deze norm.
- De mestwetgeving is zover aangescherpt dat bedrijfsmaatregelen die tegen weinig of geen kosten de milieukwaliteit kunnen verbeteren inmiddels grotendeels worden toegepast.
- Dat betekent dat verdere aanscherpingen de nodige extra inspanningen zullen vergen. Enige rek zit nog in toepassingen die de bemesting op microniveau nog beter kunnen laten aansluiten bij de gewasbehoefte. Dat houdt in dat bijvoorbeeld pleksgewijs bijbemest zou moeten worden op basis van gewas- en bodemmetingen. GPS-toepassingen kunnen daarbij behulpzaam zijn.



Figuur S.1 Ontwikkeling nitraatgehalte (mg/liter, gecorrigeerd).

Zandgrond: in grondwater

Kleigrond: in drainwater

Lössgrond: in bodemvocht

S.2 Overige uitkomsten

- De spreiding in bedrijfsuitkomsten bij akkerbouwbedrijven blijkt groot te zijn. Onderlinge vergelijking en benchmarking kunnen akkerbouwers helpen hun bedrijfsuitkomsten te verbeteren.
- Bij het bepalen van gebruiksnormen zijn zowel de fysieke opbrengsten van gewassen als de gehalten in de geogste producten van belang.
- In het traject van het bodemoverschot van stikstof naar nitraatconcentratie is nog veel onbekend. De rollen van bodem, bodemleven en bodemkwaliteit en opties voor verbetering hiervan vragen nog verder onderzoek, gericht op het bedrijf als geheel.

S.3 Methode

Onder de vlag van het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM) heeft het LEI de invloed onderzocht van de bedrijfsstructuur en de bedrijfsvoering op akkerbouwbedrijven op het stikstofoverschot, de waterkwaliteit en de financiële bedrijfsresultaten.

Met behulp van regressieanalyse met paneldata is nagegaan hoe groot de invloed is van de bedrijfsstructuur en die van de bedrijfsvoering. Het onderzoek betrof de periode 1991-2009, waarbij onderscheid is gemaakt tussen de grondsoorten zand, klei en löss.

Summary

Influence of the operations of arable farmers on the financial results and nitrogen balance

S.1 Key findings

- Nitrogen-based fertilisation determines the water quality at arable farms to a much greater extent than the crops cultivated.
- To achieve the same effect, more nitrogen must be applied where animal manure is used than where artificial fertilisers are used. If animal manure is applied at the right moment, in the right manner, and in the appropriate quantities, the leaching of nitrate into the groundwater need not be any higher than when artificial fertilisers are used.
- Over recent years, the manure policy has had a strong influence on the level of fertilisation and on the timing of the spreading of animal manure. Nitrogen fertilisation has decreased, and the nitrogen surplus has declined. The nitrate concentration in water is also falling, particularly on clay soil. On sandy and loessy soil, the nitrate concentration is still above the standard of 50 mg per litre; on clay soil, the average nitrate concentration is approximately in line with the standard.
- The manure legislation has been tightened to such an extent that farm-based measures that can improve environmental quality at little or no cost are now being applied on a large scale.
- This means that further tightening will require additional efforts. There is still a little room for manoeuvre in applications that could result in an even better match between fertilisation and the crops' requirements at micro level. That means for instance that the localised additional application of fertiliser should take place on the basis of crop and soil measurements. GPS applications could be useful tools in this regard.

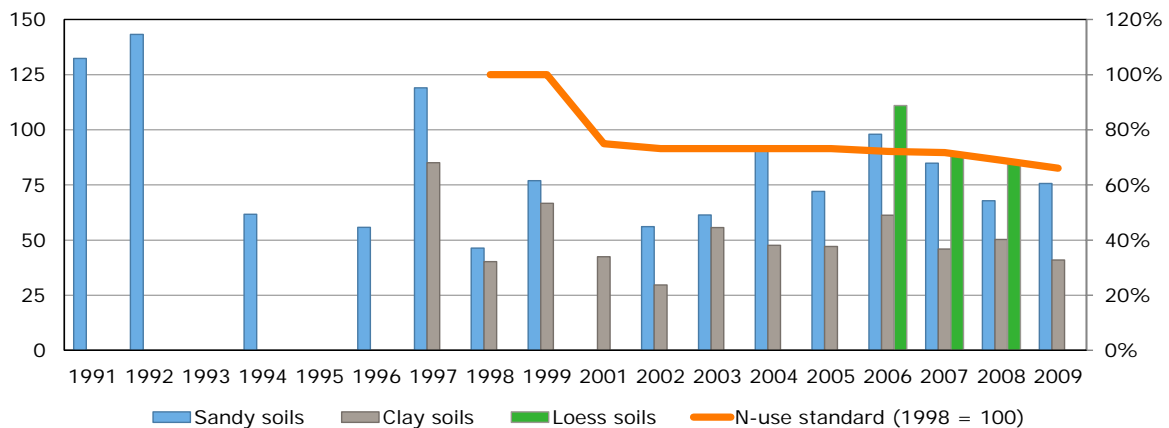


Figure S.1 Development of nitrate concentration (mg/liter, corrected).

Sandy soils: in groundwater

Clay soils: in drainwater

Loess soils: in soil moisture

S.2 Complementary findings

- The spread in operating results at arable farms appears to be large. Comparisons between them and benchmarking can help arable farmers to improve their operating results.
- When determining application standards, both the physical yields of crops and the levels in the harvested products are important.
- A great deal is still unknown about the chain of events between the surplus of nitrogen in the soil and the resulting concentration of nitrate. The roles of soil, soil life, soil quality and the options for improving these require further research, focusing on the farm as a whole.

S.3 Methodology

Under the flag of the *Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid* (Minerals Policy Monitoring Programme, LMM), LEI has studied the influence of the farm structure and farm operations at arable farms on the nitrogen surplus, water quality and the financial operating results.

With the aid of regression analysis making use of panel data, the study examined the extent of the influence of the farm structure and that of the farm operations. The study was limited to the period 1991-2009, making a distinction between the soil types: sand, clay, and loess.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Europese richtlijnen en Nederlandse wetgeving en richtlijnen voor bemesting en gebruik van stikstof en fosfaat baseren zich onder andere op eerder gevonden empirische relaties tussen mineralenverbruik en concentraties van mineralen in de diverse watercompartimenten (Baumann et al., 2012). Daarbij is ook in de mestwetgeving de effectiviteit van de maatregelen van belang: in hoeverre leiden deze tot gewenste verlaging van de milieubelasting, in dit geval het nitraatgehalte in het grond- en drainwater. Bij de afweging speelt verder de efficiency van de maatregelen een rol: hoe kunnen de kosten voor de ondernemers, dan wel eventuele opbrengstdervingen, zo laag mogelijk worden gehouden om de gewenste milieukwaliteit te halen? Er is dan ook onderzoek nodig om integraal na te gaan wat de relatie is tussen bedrijfsvoering, economie (bedrijfsresultaten) en milieukwaliteit.

In 2004 heeft LEI Wageningen UR (De Hoop, 2004) relaties tussen enkele bedrijfsstructuurkenmerken (omvang, grondsoort e.a.), bedrijfsvoering (mineralenverbruik) en milieukwaliteit (nitraatconcentratie bovenste grondwater, gecorrigeerd voor weersinvloeden) onderzocht op akkerbouw- en melkveebedrijven gezamenlijk. Dit gebeurde via regressieanalyse, toegepast via paneldata met nadruk op de zandgebieden. De bedrijven in het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM) vormden de bron van de gegevens.

In 2010 heeft het LEI een onderzoek uitgevoerd naar de relaties tussen bedrijfsvoering, economie en milieukwaliteit op melkveebedrijven over de periode 1992-2007 (Daatselaar et al., 2010). Nu voor meer jaren (1992 tot en met 2010) gegevens beschikbaar zijn in het LMM dan in 2004, is hernieuwde analyse voor akkerbouwbedrijven op zijn plaats. Zo kan nu voor zandgebieden uitgebreider worden geanalyseerd en voor kleigebieden is ook meer materiaal beschikbaar. Gevorderde inzichten in analysetechniek kunnen bijdragen aan een hogere kwaliteit van de analyses.

1.2 Probleemstelling

De aanleiding tot het onderzoek werpt de volgende vragen op ten aanzien van akkerbouwbedrijven:

1. Welke kenmerken van bedrijfsstructuur en bedrijfsvoering zijn van invloed op het bodemoverschot van stikstof, de nitraatconcentratie in grond- en drainwater, het saldo en het netto-bedrijfsresultaat?
2. Wat zijn de kwantitatieve relaties tussen bedrijfsstructuur en bedrijfsvoering enerzijds en het bodemoverschot van stikstof, de nitraatconcentratie in grond- en drainwater, het saldo en het netto-bedrijfsresultaat anderzijds?
3. Hoe ligt de verhouding tussen bedrijfsstructuur en bedrijfsvoering qua invloed op mineralengebruik en bodemoverschotten, op de nitraatconcentratie in grond- en drainwater, op het saldo en op het netto-bedrijfsresultaat? Is vooral de bedrijfsstructuur bepalend (waar de ondernemer minder aan kan doen) of meer de bedrijfsvoering (waar de ondernemer veel meer invloed op heeft)?
4. Verder is nog de vraag wat de relaties zijn tussen (de samenstellende delen van) het bodemoverschot van stikstof en de stikstofuitspoeling en stikstofconcentraties in grond- en drainwater.

1.3 Doelstelling

Het onderzoek beoogt de vragen uit paragraaf 1.2 over akkerbouwbedrijven te beantwoorden. Daartoe worden de relaties tussen bedrijfsvoering, financiële resultaten en de stikstofhuishouding onderzocht. In het bijzonder zullen sturingsmogelijkheden via bedrijfsvoeringskenmerken, de aandacht krijgen. Daarmee kunnen ondernemers werken aan verbetering van de milieukwaliteit met behoud of zelfs verbetering van het inkomen. Beleidsmakers hebben dan duidelijker in beeld welke beleidsmaatregelen effectief en efficiënt kunnen zijn.

1.4 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 behandelt materiaal en methoden en hoofdstuk 3 gaat in op eerder onderzoek naar relaties tussen bedrijfsstructuur, bedrijfsvoering en mineralenverbruik. Hoofdstuk 4 beschrijft via grafieken en tabellen de gebruikte gegevens. De hoofdstukken 5, 6 en 7 beschrijven de diverse causale verbanden voor achtereenvolgens akkerbouwbedrijven op zandgrond, kleigrond en lössgrond. De publicatie wordt afgesloten met conclusies en discussie in hoofdstuk 8.

2 Materiaal en methoden

2.1 Materiaal

Het LEI legt in het Bedrijven-InformatieNet (BIN) technische en financiële informatie vast voor de Europese Unie (Poppe, 2004). Bedrijven in het LMM worden gekozen uit bedrijven in het BIN. Bedrijfstypen met doorgaans weinig grond (bijvoorbeeld tuinbouwbedrijven) worden niet in het LMM opgenomen: de minimum oppervlakte is 10 ha. Verder wordt het te kostbaar geacht om alle andere BIN-bedrijven te bemonsteren op waterkwaliteit. Het aantal LMM-bedrijven is dan ook duidelijk kleiner dan het aantal BIN-bedrijven. Naast de administratie, zoals die bij alle BIN-bedrijven wordt uitgevoerd, worden van de LMM-bedrijven nog extra gegevens vastgelegd rond bijvoorbeeld bemesting. Bij LMM-bedrijven bemonstert het RIVM de waterkwaliteit.

De Europese Unie schrijft voor hoe een bedrijf getypeerd moet worden. Daartoe berekent het LEI Nederlandse Grootte-Eenheden (nge) voor aangegeven gewassen en diersoorten. Het aandeel van de nge in bepaalde gewassen en/of diersoorten in het totaal aantal nge van een bedrijf bepaalt het type van een bedrijf. Bij akkerbouwbedrijven betreft het de NEG-typeringen 1000 tot en met 1449. Over de periode 1991-2009 zijn er 132 akkerbouwbedrijven in het LMM die het RIVM eenmaal of meer malen heeft bemonsterd. Bedrijven kunnen een lange reeks van jaren (tot meer dan tien jaar) deel uitmaken van het BIN waardoor per bedrijf meer waarnemingen beschikbaar kunnen zijn.

Het RIVM voert op zand- en veengrond de bemonstering uit in de bovenste meter van het grondwater, op kleigrond in het drainwater en op lössgrond in het bodemvocht. Aangenomen wordt dat door op deze manier te bemonsteren de effecten van het (mineralen) management in het direct voorafgaande jaar het beste zijn te traceren. Bij bemonstering van diepere waterlagen treedt veel meer vermenging met ouder water op en ook heeft zijwaartse verplaatsing van water door de bodem dan meer invloed. Er zijn verschillende meetmethoden toegepast vanwege de verwachting dat de effecten bij zand en veen het best meetbaar zijn in het grondwater en bij klei in het drainwater. Voor löss was de diepte van het grondwater reden om het bodemvocht te bemonsteren. Bij de 132 bedrijven, die alle deel uitmaken van het LMM, blijken 660 waarnemingen beschikbaar te zijn waarbij de meting van het RIVM gekoppeld kan worden aan een voorgaand jaar in het BIN. Gemiddeld komt elk van deze 132 LMM-bedrijven dus bijna vijf keer voor in het BIN in de periode 1991-2009. Van de LMM-bedrijven zijn derhalve zowel de BIN-gegevens als de RIVM-gegevens beschikbaar: een grote set bedrijven met veel gegevens per bedrijf.

Door automatiseringsproblemen heeft het LEI over het jaar 2000 geen gegevens kunnen vastleggen. Ook blijken er in de jaren 1993 en 1995 geen akkerbouwbedrijven te zijn in het BIN met een direct daarop volgende RIVM-meting. Van de negentien jaren in de periode 1991-2009 zijn er daarom zestien jaren met waarnemingen op LMM-akkerbouwbedrijven.

Deze resterende 660 waarnemingen zijn verder verdeeld naar grondsoort volgens de door Van Drecht en Scheper (1998) beschreven bodemkaart, naar wel of geen biologische bedrijfsvoering en naar wel of geen extreme waarden in bemesting en/of mineralenboekhouding. Er wordt dus ingedeeld op grondsoorten en niet op hoofdgrondsoortregio's. Bij de grondsoorten is zandgrond gedefinieerd als minimaal 50% zandgrond plus moerige grond, kleigrond als minimaal 50% zeeklei plus rivierklei plus oude klei, veengrond als minimaal 50% veengrond en lössgrond als minimaal 50% lössgrond. Slechts enkele akkerbouwbedrijven liggen op veengrond en deze blijken alle in de provincie Drenthe gelegen. Het gaat dan om akkerbouwbedrijven met een veenkoloniaal bouwplan die we daarom in deze studie tot de akkerbouwbedrijven op zandgrond rekenen.

Bij een aantal bedrijven hebben een of meer gegevens binnen de mineralenboekhouding of de bemesting op bedrijfsniveau extreme waarden. Voor deze waarnemingen is de mineralenboekhouding

niet goed bruikbaar. Verder is er bij negen waarnemingen wel een bijbehorende RIVM-meting maar ontbreekt daarin de nitraatconcentratie. Deze waarnemingen zijn niet meegenomen in de analyses.

Tabel 2.1 geeft een overzicht van de waarnemingen per jaar voor de akkerbouwbedrijven op zandgrond.

Tabel 2.1

Verdeling van de waarnemingen over de jaren naar wel of niet bruikbare mineralengegevens en naar niet of wel biologische bedrijfsvoering voor akkerbouwbedrijven op zandgrond.

| Biologische bedrijfsvoering Mineralenboekhouding bruikbaar | Niet | | Wel | Totaal |
|---|------|------|-----|--------|
| | Wel | Niet | Wel | |
| 1991 | 16 | 2 | | 18 |
| 1992 | 15 | | | 15 |
| 1994 | 17 | | | 17 |
| 1996 | 9 | 1 | | 10 |
| 1997 | 12 | | | 12 |
| 1998 | 9 | | | 9 |
| 1999 | 9 | | | 9 |
| 2001 | 5 | 4 | | 9 |
| 2002 | 14 | 2 | | 16 |
| 2003 | 16 | 2 | | 18 |
| 2004 | 22 | 4 | | 26 |
| 2005 | 15 | 1 | | 16 |
| 2006 | 33 | 2 | 3 | 38 |
| 2007 | 29 | 1 | 4 | 34 |
| 2008 | 34 | 1 | 1 | 36 |
| 2009 | 34 | 2 | | 36 |
| Totaal | 289 | 22 | 8 | 319 |

Bron: Informatienet.

Uiteindelijk worden de 289 waarnemingen in de eerste kolom van tabel 2.1 in de analyses betrokken ofwel de gangbare akkerbouwbedrijven met een bruikbare mineralenboekhouding.

In tabel 2.2 gaat het om de waarnemingen voor akkerbouwbedrijven op kleigrond. Daarvan doen 239 waarnemingen uiteindelijk mee in de analyses. De metingen van de nitraatconcentraties op kleigrond op BIN-bedrijven zijn gestart aan het einde van 1996.

Tabel 2.2

Verdeling van de waarnemingen over de jaren naar wel of niet bruikbare mineralengegevens en naar niet of wel biologische bedrijfsvoering voor akkerbouwbedrijven op kleigrond.

| Biologische bedrijfsvoering Mineralenboekhouding bruikbaar | Niet | | Wel | Totaal |
|---|------|------|-----|--------|
| | Wel | Niet | Wel | |
| 1996 | 4 | | | 4 |
| 1997 | 10 | 1 | | 11 |
| 1998 | 26 | | | 26 |
| 1999 | 24 | | | 24 |
| 2001 | 14 | 6 | | 20 |
| 2002 | 7 | 1 | | 8 |
| 2003 | 24 | 2 | | 26 |
| 2004 | 23 | 1 | 1 | 25 |
| 2005 | 19 | 5 | 4 | 28 |
| 2006 | 20 | 3 | 3 | 26 |
| 2007 | 21 | 2 | 2 | 25 |
| 2008 | 23 | 1 | 3 | 27 |
| 2009 | 24 | 2 | 3 | 29 |
| Totaal | 239 | 24 | 16 | 279 |

Bron: Informatienet.

Tabel 2.3 geeft een overzicht van de waarnemingen per jaar voor de akkerbouwbedrijven op lössgrond. De RIVM-metingen bij akkerbouwbedrijven in het BIN op lössgrond zijn begonnen in 2002 zodat 2001 het eerste jaar is in tabel 2.3. De RIVM-metingen, behorend bij het BIN-jaar 2009, waren nog niet beschikbaar. In de analyses voor akkerbouwbedrijven op lössgrond worden uiteindelijk 45 waarnemingen betrokken.

Tabel 2.3

Verdeling van de waarnemingen over de jaren naar wel of niet bruikbare mineralengegevens en naar niet of wel biologische bedrijfsvoering voor akkerbouwbedrijven op lössgrond.

| Biologische bedrijfsvoering Mineralenboekhouding bruikbaar | Niet | | Wel | Totaal |
|---|------|------|-----|--------|
| | Wel | Niet | Wel | |
| 2001 | 1 | | | 1 |
| 2002 | 3 | | | 3 |
| 2003 | 2 | 1 | | 3 |
| 2004 | 3 | 1 | | 4 |
| 2005 | 2 | | | 2 |
| 2006 | 10 | 3 | | 13 |
| 2007 | 11 | 1 | | 12 |
| 2008 | 13 | | | 13 |
| Totaal | 45 | 6 | | 51 |

Bron: Informatienet.

2.2 Methode ten aanzien van verklarende analyses

Om de doelen van dit onderzoek te realiseren moet duidelijk worden hoe bedrijfsstructuur en bedrijfsvoering de financiële uitkomsten, de mineralenoverschotten en de waterkwaliteit beïnvloeden. Daartoe is regressie een zeer geschikte techniek, echter voor deze gegevensset niet een standaard kleinste-kwadraten-methode (OLS). De beschikbare gegevensset is namelijk een zogeheten unbalanced panel (Baltagi, 2008: 181). Bij een unbalanced panel verschilt het aantal waarnemingen

per bedrijf, of andersom gezegd het aantal waargenomen bedrijven verschilt per jaar zoals de tabellen 2.1, 2.2 en 2.3 ook laten zien. De Breusch-Pagan-test in het toegepaste analysepakket Stata-10 geeft aan of OLS ofwel 'pooled regression' toelaatbaar is.

Voor het schatten van lineaire regressiemodellen met panel data zijn twee methoden veel gebruikt: de Random Effects (RE) methode en de Fixed Effects (FE) methode (Baltagi, 2008: 13-31). Een RE-model schat coëfficiënten op basis van zowel de variantie tussen bedrijven als de variantie binnen bedrijven. Een Fixed Effects (FE-) model schat coëfficiënten op basis van alleen de variantie binnen bedrijven.

Het RE-model schat de coëfficiënten efficiënter dan het FE-model en laat ook variabelen toe die in de tijd binnen een bedrijf (vrijwel) niet veranderen. Grondsoort en grondwatertrap zijn hier goede voorbeelden van; deze variabelen kunnen niet in een FE-model opgenomen worden. Het RE-model heeft echter strengere voorwaarden voor het zuiver schatten van parameters dan het FE-model. De zogeheten Hausman-test toetst of het RE-model voldoende zuiver schat. Zo niet, dan kunnen de coëfficiënten uit het RE-model niet gebruikt worden. In dat geval kan nog de Hausman-Taylor-methode toegepast worden (Gardebroek en Oude Lansink, 2003). Deze methode schat wel zuiver en laat eveneens variabelen toe die in de tijd binnen een bedrijf (vrijwel) niet veranderen, alleen is de schatting van coëfficiënten wat minder efficiënt dan in het RE-model (maar wel efficiënter dan in het FE-model).

In dit onderzoek is zeker van belang wat de ondernemer zelf kan doen om bodemoverschotten te verlagen en/of de financiële resultaten te verbeteren. Ook al is een RE-model voldoende zuiver, dan nog is het overeenkomende FE-model zeer interessant omdat de coëfficiënten uit het FE-model de variantie binnen de bedrijven, dus vooral de mogelijkheden binnen het bedrijf, weerspiegelen.

3 Detaillering van te onderzoeken relaties

3.1 Inleiding

Stikstof is een zeer beweeglijk element dat afhankelijk van allerlei bodemprocessen in verschillende scheikundige verbindingen in de bodem voor kan komen en daaruit ook weer kan verdwijnen via gewassen, ammoniakemissie, denitrificatie en uitspoeling (bijlage 2). Uitspoeling van stikstof naar het grondwater en het drainwater vindt grotendeels plaats in de vorm van nitraten.

De EU heeft in de nitraatrichtlijn (EG/91/676) een limiet gesteld aan de concentratie van nitraten in het grondwater van 50 mg/l. Via nationale wetgeving wordt geprobeerd deze limiet te behalen. In Nederland vigeert de Meststoffenwet al een aantal jaren, waarin onder andere allerlei maatregelen zijn opgenomen die de uitspoeling van nitraten zoveel mogelijk beperken. In de loop der jaren is deze wetgeving aangescherpt:

- In 2001 werd op akkerbouwbedrijven Minas ingevoerd. Minas maximeerde de stikstof- en fosfaatverliezen. Het verlies werd berekend uit het verschil tussen de aanvoer van mineralen via de meststoffen en de afvoer via producten (Van den Ham en Daatselaar, 2012).
- Vanaf 2006 is in plaats van Minas het gebruiksnormenstelsel ingevoerd (Van den Ham en Daatselaar, 2012). De gebruiksnormen stellen limieten aan de toe te dienen hoeveelheden stikstof en fosfaat. De stikstofgebruiksnorm is gewasspecifiek. Het gaat hierbij om de hoeveelheid werkzame stikstof; dit is de hoeveelheid stikstof die nog gedurende het lopende groeiseizoen voor het gewas beschikbaar is.
- De gebruiksnorm voor dierlijke mest stelt een grens aan de hoeveelheid stikstof die via dierlijke mest mag worden uitgereden. Deze norm is in de EU-Nitraatrichtlijn vastgesteld op 170 kg N/ha (voor niet-derogatiebedrijven).
- Er is het verbod om tussen 1 september en 1 februari drijfmest uit te rijden. In de maand augustus mag alleen drijfmest worden toegediend als voor 1 september een groenbemester wordt ingezaaid.
- De verplichting bestaat om op zand- en lössgrond na mais een groenbemester als N-vanggewas te telen.
- Een aanscherping van de stikstofgebruiksnormen vindt geregeld plaats sinds 2007.
- Een geleidelijke aanscherping van de forfaitaire werkingscoëfficiënt van dierlijke mest wordt doorgevoerd in de periode 2007-2012. Er is de verplichting de mest emissiearm op te slaan en aan te wenden. Deze verplichting is niet zozeer bedoeld om het nitraatgehalte in het grondwater te beperken, maar om de ammoniakemissie tegen te gaan. Zonder bijpassende maatregelen zou de nitraatconcentratie juist kunnen stijgen.

3.2 Kengetallen vanuit eerder onderzoek

In de afgelopen jaren zijn (slechts) enkele onderzoeken gedaan naar de relatie tussen structuurkenmerken en bedrijfsvoering op akkerbouwbedrijven enerzijds en het nitraatgehalte in het grondwater anderzijds.

Uit diverse onderzoeken blijkt dat bodemkarakteristieken van belang zijn om het nitraatgehalte te verklaren.

Hoogte van het grondwater

In paragraaf 3.1 is gesteld dat de kans op hoge nitraatconcentraties in het bovenste grondwater tussen grondsoorten verschilt door verschillen in denitrificatie. In de drogere gronden vindt minder denitrificatie plaats dan in gronden met een hoge grondwaterstand. Het nitraatgehalte in het bovenste grondwater kan daardoor hoog oplopen op de drogere gronden.

De Hoop et al. (2004) onderzochten de invloed van verschillende variabelen op het nitraatgehalte in het grondwater. Zij gebruikten daartoe data van LMM-bedrijven op zandgrond gedurende de jaren 1992-2002. Het nitraatgehalte blijkt aanmerkelijk hoger te zijn in geval van droge zandgronden. Ten opzichte van een normale grondwaterstand blijkt het gehalte bij een hoge grondwaterstand 52 mg/liter lager te zijn. Een lage grondwaterstand veroorzaakt juist een verhoogd nitraatgehalte van gemiddeld 89 mg/liter. Een dergelijke invloed van de hoogte van het grondwater werd ook gevonden door De Ruijter en Smit (2003 en 2004).

Een verklaring werd gegeven door Fraters et al. (2007). Zij maakten een schatting van de uitspoelingsfractie (de verhouding tussen de actuele hoeveelheid stikstof, die uitspoelt uit de wortelzone, en de hoeveelheid stikstof die potentieel kan uitspoelen). Zij namen daarbij aan dat de potentiële hoeveelheid gelijk is aan het stikstofoverschot op de bodembalans. De uitspoelingsfractie is afgeleid uit meetgegevens die zijn verkregen met het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid. Uit het onderzoek bleek dat de uitspoelingsfractie op de droge zandgronden verreweg het hoogst is. Bovendien is de uitspoelingsfactor voor bouwland ongeveer twee maal zo groot als voor grasland. In geval van droge zandgrond (Gt VIII) en bouwland werd een gemiddelde uitspoelingsfactor gemeten van 0,89; voor grasland was deze factor op deze grond 0,46. Op zandgrond met een hoge grondwaterstand (Gt III) waren de uitspoelingsfracties respectievelijk 0,07 en 0,04. Op kleigrond kwamen Fraters et al. tot gemiddelde waarden van respectievelijk 0,36 en 0,12. Deze verschillen worden vooral verklaard door verschillen in de mate waarmee denitrificatie optreedt.

Conclusie: de hoogte van het grondwater beïnvloedt de stikstofhuishouding en de nitraatconcentratie in het grondwater in hoge mate.

Grondsoort

De grondsoort kan een substantiële invloed hebben op de stikstofhuishouding in de bodem en dus op het nitraatgehalte in het grondwater of in het drainwater. De relatie tussen het stikstofoverschot en het nitraatgehalte in het grondwater of in het drainwater hangt af van de verdeling van de stikstofverliezen over de verschillende verliesposten, zoals ammoniakemissie, denitrificatie, uitspoeling via de drainage en uitspoeling via het grondwater.

De Hoop et al. (2004) namen de grondsoort op als onafhankelijke variabele in hun regressieanalyse. Hoewel zij alleen de bedrijven met meer dan 50% zandgrond in hun analyse meenamen vonden zij een sterke invloed van de fractie veengrond en moerige grond op het nitraatgehalte in het grondwater van respectievelijk -86 en -53 mg/liter. Omdat de grondwaterstand echter niet als afzonderlijke variabele is meegenomen is niet uit te sluiten dat dit effect voor een deel is toe te schrijven aan verschillen in grondwaterstand.

Conclusie: Er is een verband tussen grondsoort en nitraatgehalte in het grondwater.

Gewassen en bouwplan

Tussen gewassen bestaat een aanzienlijk verschil in stikstofoverschot. Het stikstofoverschot is het verschil tussen de toegediende stikstof (voornamelijk door de bemesting) en de afvoer van stikstof via het geogoste product.

In KWIN (2009) is voor verschillende gewassen en regio's aangegeven wat de optimale bemesting en de gemiddelde productie in kg product per ha is. Via de gemiddelde stikstofgehalten kan worden berekend hoe groot het stikstofoverschot is. In tabel 3.1 is dit voor enkele veelgeteelde akkerbouwgewassen weergegeven. Daaruit blijkt dat het stikstofoverschot tussen de vermelde gewassen varieert van -36 kg per ha voor zomergerst op zandgrond tot +93 kg/ha voor consumptieaardappelen op kleigrond.

Tabel 3.1

Bemesting, opbrengsten en overschot van stikstof in kg/ha voor enkele akkerbouwgewassen.

| | Winter- tarwe (klei) | Cons.- aard. (klei) | Poot- aard. (klei) | Suiker- bieten (klei) | Zomer- gerst (zand) | Suiker- bieten (zand) | Zetmeel- aard. (zand) |
|--------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------|------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| N-gift | 205 | 255 | 126 | 150 | 90 | 150 | 240 |
| Kg-opbrengst | 9000 | 49000 | 33000 | 70000 | 6000 | 63000 | 45000 |
| N-gehalte | 2.0% | 0,33% | 0.33% | 0.18% | 1.8% | 0.18% | 0.33% |
| Bijproduct | 25 | | | | 18 | | |
| N-afvoer | 205 | 162 | 109 | 126 | 126 | 113 | 149 |
| N-overschot | 0 | 93 | 17 | 24 | -36 | 37 | 91 |

Bron: KWIN 2009.

Een hoog of laag stikstofoverschot op gewasniveau leidt in de praktijk echter niet altijd tot overeenkomstige verschillen in nitraatgehalten in het grondwater. Figuur B1 in bijlage 2 laat zien dat een scala aan factoren de stikstofhuishouding bepaalt naast de bemesting en de afvoer via het gewas. Wel is het risico op nitraatuitspoeling groter naarmate het stikstofaanbod (en dus het stikstofoverschot) toeneemt. Of er daadwerkelijk een verband is tussen het gewas en de nitraatconcentratie in het grondwater blijkt nauwelijks empirisch te zijn onderzocht.

Het bouwplan en het bedrijfstype hebben inderdaad invloed op de nitraatgehalten in het grondwater, zo vonden De Ruijter en Smit (2003). Zij hebben vooral gekeken naar verschillen tussen de groepen akkerbouwbedrijven op zandgrond en de groep vollegrondsgroentebedrijven met veel bladgroenten, ook op zandgrond. Het bleek dat de vollegrondsgroentebedrijven een hogere nitraatconcentratie in het grondwater vertoonden dan de akkerbouwbedrijven. De Ruijter en Smit verklaarden dit niet alleen uit een verschil in stikstofaanbod, maar ook uit het feit dat de bladgroente wordt geoogst terwijl deze nog in volle groei en ontwikkeling is. Een hoog stikstofaanbod is nodig om juist de bladgroei te bevorderen. In het algemeen kan de combinatie van zwakke beworteling en hoog N-aanbod leiden tot een lage N-benutting en een hoog overschot.

De Hoop et al. (2004) maakten onderscheid tussen grasland en andere gewassen. De opname van mineralen door het gewas is afhankelijk van de periode dat het gewas op het veld staat, het soort gewas en het groeistadium. Gras is doorgaans een permanent gewas en kent daardoor een hogere mineralenopname dan overige gewassen. In hun model om het nitraatgehalte in het grondwater te verklaren kwam daardoor de regressie coëfficiënt van het aandeel grasland op het bedrijf negatief uit (-53 mg/l).

Van Dijk en Schröder (2007a) onderkennen dat het risico op stikstofuitspoeling uit bouwland met akker- en tuinbouwgewassen relatief groot is. Als oorzaken noemen zij dat akker- en tuinbouwgewassen doorgaans een geringer vermogen hebben om stikstof uit de bodem te onderscheppen en in oogstbare delen te investeren dan grassoorten. Binnen de akker- en tuinbouwgewassen hebben niet-granen een lager vermogen om stikstof op te nemen dan granen.

Smit (1994) beschreef dat benutting van de stikstof door gewassen sterk kan verschillen. Hij deelde gewassen in op basis van de benutting van de stikstof (N-benuttingsindex) en op basis van de stikstof die de gewassen in de gewasresten achterlaten. De benuttingsindex varieert van minder dan 0,4 tot meer van 0,8 en de hoeveelheid stikstof in gewasresten van minder dan 50 kg per ha tot meer dan 150 kg per ha. Een lage stikstofbenutting en veel stikstof in de gewasresten zijn risicofactoren voor stikstofuitspoeling. Smit onderscheidt vier gewastypen:

- Gewassen met een hoge benutting van stikstof en grote hoeveelheden in de gewasresten (bijvoorbeeld sluitkool, spruitkool en suikerbiet).
- Gewassen met een hoge benutting en geringe hoeveelheid stikstof in de gewasresten (zoals wintertarwe).
- Gewassen met een lage stikstofbenutting omdat het gewas op het moment van oogsten nog volop groeit (sla, spinazie, radijs).

- d. Gewassen met een lage benutting door andere oorzaken, waaronder een mogelijk suboptimale beworteling (bijvoorbeeld aardappel en ui).

Conclusie: De weinige onderzoeken op dit gebied wijzen op een verband tussen gewaskeus en nitraatgehalte in het grondwater.

Bemesting en stikstofvoorraden in de bodem

De tot nu toe besproken invloeden zijn structureel van aard. Dat wil zeggen dat zij op korte termijn niet of slechts met grote inspanning door de ondernemer zijn te veranderen. Daarnaast heeft echter ook de meer tactische bedrijfsvoering invloed. De relatie tussen stikstofbemesting en het nitraatgehalte in grond- of drainwater is veelvuldig aan onderzoek onderworpen.

De Ruijter en Smit (2003) onderzochten de relatie tussen het nitraatgehalte in de bovenste meter van het grondwater en enkele indicatoren op akkerbouw- en vollegrondstuinbouwbedrijven die deelnamen aan het project 'Telen met toekomst'. Het nitraatgehalte is gemeten in het voorjaar en in de zomer van 2002. Als indicatoren gebruikten de onderzoekers de volgende kengetallen:

- De bodemvoorraad aan minerale stikstof in kg/ha, gemeten in het voorafgaande najaar (N_{\min}) op een diepte van respectievelijk 0 tot 60 cm en 0 tot 90 cm.
- Het stikstofoverschot op de volledige mineralenbalans in kg/ha van oogst 2000 en 2001.
- Het stikstofoverschot in kg/ha op basis van de werkzame stikstof van oogst 2000 en 2001.
- De totale stikstofaanvoer in kg/ha (oogst 2000 en 2001), waarbij ook de aanvoer via zaai-, poot- en plantgoed, hulpstoffen en depositie is meegenomen.
- De stikstofaanvoer in kg/ha op basis van Minas (oogst 2000 en 2001).

Het N_{\min} gehalte in het najaar bleek van de onderzochte niet-structuurkenmerken de beste indicator te zijn. Het verband was statistisch gezien significant ($F > 0.05$). Dat komt omdat er een hele directe relatie is tussen de hoeveelheid minerale stikstof in het najaar en het nitraatgehalte in het grondwater in het daaropvolgende voorjaar. Immers, de minerale stikstof is gemakkelijk oplosbaar en kan via het neerslagoverschot in de winterperiode in principe geheel uitspoelen naar het bovenste grondwater. Bij goed gedraineerde gronden is de relatie minder sterk; in dat geval verlaat een deel van de minerale stikstof de bodem naar het oppervlaktewater. Ook op bloembollenbedrijven was het verband geringer.

De overige onderzochte indicatoren vertoonden geen significant verband met het nitraatgehalte in het grondwater.

Het totale stikstofoverschot is in theorie een belangrijke verklarende factor voor de totale milieubelasting door stikstof. Immers, het gehele stikstofoverschot verlaat in één of andere vorm het bedrijf (behoudens voorraadveranderingen in de bodem). De relatie tussen het stikstofoverschot en het nitraatgehalte in het grondwater hangt af van de verdeling van de stikstofverliezen over de verschillende verliesposten, zoals ammoniakemissie, denitrificatie, uitspoeling via de drainage en uitspoeling via het grondwater. Voor kleibedrijven is de kans uit verliezen via denitrificatie en drainage groter, waardoor de correlatie tussen het stikstofoverschot en het nitraatgehalte in het grondwater daar geringer is. Binnen LMM is om deze reden er voor gekozen om voor kleigrond te monitoren op het nitraatgehalte in het drainwater in plaats van het grondwater.

Het stikstofoverschot op basis van de werkzame stikstof bekijkt de voor uitspoeling vatbare stikstof. Als reden voor het ontbreken van een significant verband tussen het stikstofoverschot en de nitraatconcentratie geven de auteurs veranderingen in de bodemvoorraad als belangrijkste reden.

Een beperking van het onderzoek is het feit dat de relaties slechts voor één jaar zijn onderzocht. In een vervolgstudie (Smit et al., 2004) zijn vier jaren onderzocht.

Smit et al. (2004) voerden een vervolgonderzoek uit op basis van vier meetjaren (2000/01 tot en met 2003/04). Er zijn drie regressiemodellen gebruikt. In het onderzoek stond het N_{\min} gehalte als indicator centraal. In het onderzoek is de N_{\min} onderverdeeld in N_{ammonium} en N_{nitraat} voor

respectievelijk het ammoniumdeel en het nitraatdeel in de N_{min}. Uit vooronderzoek bleek dat het ammoniumdeel geen verklarende invloed had op het nitraatgehalte in het grondwater. Daarom werd in de drie modellen het N_{nitraat} gehalte opgenomen als verklarende variabele. De constante in de regressievergelijkingen is steeds vastgesteld per combinatie van bodemtype, grondwatertrap en gewasgroep. De factoren die van invloed bleken op het nitraatgehalte waren het neerslagoverschot in de zomer (negatief), het neerslagoverschot in de winter (positief), de C/N verhouding in de bodem (negatief) en de totale stikstofgift via de bemesting (positief).

Ten Berge en Kroonen-Backbier (2008) vonden grote (niet significante) effecten van het bemestingsniveau op het nitraatgehalte van het grondwater. De proefnemingen zijn uitgevoerd in 2006 op drie percelen consumptieaardappelen in het Zuidoostelijk Zandgebied. Halvering van de (werkzame) stikstofbemesting ten opzichte van de gebruiksnorm leidde tot een opbrengstderving van 4% tot 9%. Gemiddeld was het opbrengsteffect 24 kg per kg N. Het nitraatgehalte in het grondwater daalde per kg minder toegediende werkzame stikstof gemiddeld met 0,48 mg/l. Dit effect was echter niet significant.

De Hoop (2004) beschreef met regressieanalyse het verband tussen bedrijfsvoering en nitraatgehalte in het grondwater op basis van een dataset van het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid in de zandgebieden gedurende de jaren 1992 tot en met 2002. In de dataset waren zowel gegevens van akkerbouw- als van melkveebedrijven aanwezig.

In zijn onderzoek maakte De Hoop onderscheid tussen stikstofbemesting via kunstmest en via dierlijke mest. Opvallend is dat opname van de stikstofgift in twee afzonderlijke variabelen (kunstmest en dierlijke mest) een hogere verklaringsgraad oplevert dan de som van deze twee variabelen. Kunstmeststikstof blijkt daarbij een meer dan tweemaal zo hoge regressiecoëfficiënt te hebben als stikstof uit dierlijke mest. Dat betekent dat stikstof die via kunstmest wordt toegediend meer kans heeft in het grondwater terecht te komen dan stikstof uit dierlijke mest. Dit resultaat stemt overeen met de theorie (zie paragraaf 3.1) omdat het niet-minerale deel van de stikstof in dierlijke mest niet oplosbaar is en dus niet naar het grondwater zal uitspoelen. Dit kan pas nadat de stikstof is gemineraliseerd. Daarnaast moet worden bedacht dat voor een gelijke hoeveelheid *werkzame* stikstof in geval van dierlijke mest meer stikstof moet worden toegediend dan in geval van kunstmest.

Van Dijk en Schröder (2007a) stellen daarentegen dat één van de oorzaken van de hoge stikstofuitspoeling juist is dat de bemesting van akker- en tuinbouwgewassen in Nederland deels gebaseerd is op dierlijke mest. Volgens hen is de stikstof uit dierlijke mest zelfs bij een efficiënte toediening niet volledig opneembaar voor het gewas omdat een deel van de stikstof pas vrijkomt buiten het opnameseizoen van het gewas. Het risico van uitspoeling van deze stikstof zou hoog zijn.

Van Dijk et al. (2007b) onderzochten praktische mogelijkheden om in de praktijk te voldoen aan aangescherpte stikstofgebruiksnormen binnen de mestwetgeving. De mogelijkheden werden onderzocht door middel van modelberekeningen en door een simulatie waarbij telers voor hun eigen bedrijf vrijelijk verschillende bemesting strategieën konden testen en de financiële consequenties daarvan konden zien. De aanscherpingen werden in verschillende gradaties aangeboden. In de meest vergaande scenario's waren de normen lager dan de adviesgiftten. In die laatste gevallen kwamen uit de modelberekeningen als mogelijke oplossingen naar voren: (1) suboptimale stikstofbemesting met opbrengstderving als gevolg, (2) zo mogelijk een groenbemester toepassen om de aanwezige stikstof deels in het bedrijfssysteem te behouden en (3) optimaal gebruik van organische meststoffen, onder omstandigheden waarbij een hoge stikstofwerking te verwachten is. De telers zelf namen vergelijkbare maatregelen: minder dierlijke mest toepassen, varkensmest gebruiken in plaats van pluimveemest en de stikstofkunstmestgift terugbrengen tot het scherpst van de snede. Voor lössgrond kwam daar de mogelijkheid bij om (in die gevallen waar dat mogelijk is) het toedienen van dierlijke mest te verplaatsen naar het voorjaar.

Petersen et al. (2009) onderzochten het lange termijneffect van een verlaagd N-niveau. Achterliggende gedachte is dat een verlaagd N-niveau invloed kan hebben op de hoeveelheid gewasresten en daarmee op het stikstofaanbod voor de te telen gewassen in de komende jaren. Op korte termijn is het effect daarvan te verwaarlozen; onderzocht is of er mogelijke cumulatieve effecten

op kunnen treden op langere termijn. De conclusie luidt dat het stikstofniveau met meer dan 30 kg gedurende meer dan 30 jaar verlaagd zou moeten worden wil er in de praktijk enig effect waarneembaar zijn.

Engström et al. (2009) namen verschillende methoden om de stikstofverliezen na teelt van koolzaad en erwten te verminderen onder de loep. Stikstofverliezen na koolzaadteelt kunnen worden beperkt door optimale stikstofbemesting en door de teelt van een vanggewas. Inzaai in de herfst van wintertarwe na koolzaad, zoals in het geval van de proeven, bleek effectief.

Ook na erwtenenteelt is het stikstofgehalte in de bodem hoog. Het stikstofverlies na de teelt van erwten kan met bijna een kwart worden verminderd door na de erwten een vanggewas te telen en in plaats van wintertarwe zomertarwe als volgteelt te kiezen.

Macdonald et al. (2009) schatten de opname van minerale stikstof door wintergraan, zomergerst en koolzaad. Zij kwamen tot de volgende conclusies. Een betere stikstof efficiëntie wordt bereikt (1) bij een lager bemestingsniveau, (2) indien het stikstofaanbod binnen de gewasbehoefte blijft, (3) op zwaardere gronden en (4) bij minder regenval.

Ten Berge et al. (2009) bogen zich over de vraag of de stikstofbehoefte afhangt van de potentiële gewasopbrengst. Achtergrond van deze vraag is het feit dat de Nederlandse stikstofgebruiksnormen niet afhangen van het opbrengstniveau. Het bleek dat voor een aantal gewassen een hogere opbrengst gepaard gaat met een lager stikstofgehalte in het geoogste product. Door dit 'compenserende' mechanisme hoeft de gewasbehoefte niet noodzakelijkerwijs toe te nemen naarmate het opbrengstniveau hoger is. In een aantal gewassen (consumptieaardappelen, wintertarwe en snijmais) nam het economisch optimale stikstofniveau toe bij een hoger opbrengstniveau; bij andere gewassen echter (zetmeelaardappelen, suikerbieten en uien) was dit niet het geval.

Soler-Rovira et al. (2009) keken naar de opbrengst en de kwaliteit van suikerbieten bij verschillend stikstofaanbod. Het effect van een hoger stikstofaanbod bleek afhankelijk te zijn van de bodemvruchtbaarheid. Op vruchtbare gronden blijkt een bemesting van meer dan 120 kg N/ha nauwelijks hogere opbrengst te genereren, terwijl het suikergehalte en de productkwaliteit afnemen. Het saldo neemt daardoor eveneens af. Op minder vruchtbare grond blijkt zelfs een gift van 330 kg N/ha nog te leiden tot hogere opbrengsten, hogere saldi en een op peil blijvende kwaliteit. Het suikergehalte neemt wel af naarmate het stikstofaanbod hoger is.

Berger et al. (2009) vroegen zich af in hoeverre het stikstofmanagement de hoeveelheid bodemleven beïnvloedt. Daartoe werden drie systemen onderzocht: een systeem zonder gebruik van organische mest (106 kg N/ha), een systeem met dierlijke mest (170 kg N/ha) en een systeem met een combinatie van kippenmest, groenbemester en gepelleteerde organische mest (in totaal ook 170 kg/ha). Het stikstofgehalte in de grond was in het laatstgenoemde geval met circa 6350 kg N/ha duidelijk hoger dan in de beide andere systemen (circa 5250 kg N/ha). Een hoger N-gehalte in de grond bleek te leiden tot een significant lagere biologische kwaliteit van de bodem (Soil Biological Quality Index), een kleinere diversiteit en meer regenwormen in de bodem.

Smit et al. (2011) onderzochten de implementatiegraad in de praktijk van innovatieve maatregelen waarmee de stikstofemissies naar het grondwater kunnen worden teruggedrongen. Vanwege het grote aantal beschouwde maatregelen wordt uitgebreider ingegaan op deze studie. De auteurs hebben daartoe vooraf een groot aantal mogelijke maatregelen geïdentificeerd en aangegeven in welke mate elk van deze maatregelen effectief kan zijn om de stikstofemissie naar het grondwater daadwerkelijk kan verminderen. De maatregelen hebben betrekking op:

- Inschatting van de gewasbehoefte.
- Bepalen van en rekening houden met bodemvoorraden.
- Bepaling van de daadwerkelijke giften op perceels of plaatselijk niveau.
- Toedieningsmethode van meststoffen.
- Stikstofopname door de gewassen.

Vervolgens is op verschillende manieren (expertschattingen, statistieken en enquête) onderzocht in welke mate deze maatregelen op land- en tuinbouwbedrijven worden toegepast. Daaruit bleek dat de meeste akkerbouwers (meer dan 50%):

- rekening houden met de stikstofbehoefte op gewas- en bedrijfsniveau,
- rekening houden met het stikstofleverend vermogen van de bodem,
- rekening houden met de werking van stikstof in de dierlijke mest,
- de aanwezige stikstof in de gebruikte mest meten,
- de soort dierlijke mest op basis van de samenstelling kiezen,
- de kunstmestgift delen,
- rekening houden met de behoefte aan organische stof en
- rekening houden met de behoefte aan andere nutriënten.

en dat veel akkerbouwers (10% tot 50%):

- analysegegevens gebruiken over het stikstofleverend vermogen van de bodem,
- langzaamwerkende meststoffen gebruiken,
- bladbemesting toepassen,
- kunstmest toedienen met rijenbemesting,
- de Nmin meting gebruiken voor het bepalen van de voorjaarsgift,
- op basis van bodemmetingen bijbemesten,
- pleksgewijs bijbemesten op basis van visuele waarneming en
- GPS systemen toepassen.

en dat weinig akkerbouwers

- nitrificatieremmers in de dierlijke mest gebruiken,
- mestscheidingsproducten toepassen,
- fertigeren,
- beddenbemesting toepassen,
- bijmesten op basis van gewasmetingen,
- pleksgewijs bijbemesten op basis van gewasmetingen,
- pleksgewijs bijbemesten op basis van bodemmetingen.

Conclusie: De bemesting is een bepalende factor voor de nitraatconcentratie in het grondwater. Een aantal akkerbouwers laat hulpmiddelen om nauwkeuriger te bemesten links liggen.

Vanggewassen en gewasresten

Een mogelijkheid om stikstofuitspoeling te beperken is het telen van zogenaamde vanggewassen. De teelt van een vanggewas heeft als primair doel het opnemen van de aanwezige stikstof uit de bodem om te voorkomen dat uitspoeling plaatsvindt. Dit is vooral van belang na de oogst van het hoofdgewas en eventuele bemesting met dierlijke mest in het najaar. De kans op uitspoeling in de herfst en winterperiode is namelijk groot. Via opname van de minerale stikstof door het vanggewas wordt de stikstof vastgelegd. Deze kan na onderploegen weer ten goede komen aan het gewas dat in het daaropvolgende groeiseizoen wordt geteeld.

Stikstof in gewasresten die in het najaar achterblijven na de oogst, komt ook deels ten goede aan het volggewas, maar het deel dat vóór en in de winter vrijkomt kan uitspoelen/vervluchtigen.

Constantin et al. (2009) onderzochten de langetermijneffecten van het telen van vanggewassen op de stikstofopname en het stikstofverlies. De proeven werden gedaan op drie locaties in Noord-Frankrijk. Op één locatie werd een hogere mineralisatie gemeten, maar konden geen cumulatieve effecten worden vastgesteld. Op de beide andere locaties daarentegen werd wel een cumulatief effect geconstateerd. Dit leidde tot een hogere stikstofopname van de gewassen en tot hogere kg-opbrengsten. De verhoogde mineralisatie beïnvloedde niet het vermogen van vanggewassen om de stikstofverliezen te reduceren.

Cosentino en Testa (2009) onderzochten de bijdrage van gewasresten aan de stikstofvoorziening voor de daaropvolgende teelt van durumtarwe. Het gebruik van veldbonenstro bleek hieraan tussen 30% en 45% bij te dragen.

De Ruijter, Huijsmans en Rutgers (2010) vonden dat in de periode van 1 november tot 1 maart 5% à 15% van de aanwezige stikstof in plantenresten vervluchtigt in de vorm van ammoniakgas. Er bestaat een positieve correlatie tussen het stikstofgehalte in de plantenresten en de ammoniakemissie. De totale Nederlandse ammoniakemissie uit gewasresten becijferen zij op 3 mln kg per jaar, zijnde ruim 3% van de totale ammoniakemissies vanuit de landbouw.

DeSanctis et al. (2009) modelleerden de stikstofverliezen en het nitraatgehalte in het grondwater na de teelt van durumtarwe. Het onbedekt laten van de grond gedurende een bepaalde periode is de belangrijkste factor voor een hoger nitraatgehalte in centraal Italië. Opvolging van de bemestingsadviezen heeft maar een beperkte invloed op het nitraatgehalte. Teelt van een vanggewas draagt bij aan een lager nitraatgehalte, maar deze maatregel is niet in alle gevallen toepasbaar.

Fraser et al. (2009) deden onderzoek naar de invloed van grondbewerkingsmethoden en winterbedekking op de nitraatuitspoeling op leemachtige grond in Nieuw-Zeeland. De gewasrotatie bestond uit zomergerst, zomertarwe en erwten. Een bedekkende teelt leidt tot ongeveer een halvering van de uitspoeling.

Conclusie: De onderzoeken wijzen op een negatief verband tussen de teelt van vanggewassen en nitraatgehalte in het grondwater.

Grondbewerking

Giambalvo et al. (2009) deden onderzoek naar de stikstof efficiëntie; ditmaal in durum tarwe onder invloed van gewasrotatie, grondbewerking en bemesting. Een lagere stikstofopname werd gevonden in geval van 'no tillage' in vergelijking met de gebruikelijke grondbewerking (ploegen gevolgd door tweemaal eggen), ononderbroken tarweteelt in vergelijking tot afwisselende teelt met bonen of klavers en bij een hoger stikstofaanbod. Er werd geen verschil gevonden tussen een eenmalige en een gedeelde stikstofgift.

Zoals al vermeld deden Fraser et al. (2009) onderzoek naar de invloed van grondbewerkingsmethoden en winterbedekking op de nitraatuitspoeling op leemachtige grond in Nieuw-Zeeland. De gewasrotatie bestond uit zomergerst, zomertarwe en erwten. Qua grondbewerking zijn drie systemen met elkaar vergeleken: No tillage, minimale grondbewerking (met een schijveneg) en intensieve grondbewerking (ploegen). Elk van de drie systemen werd toegepast met en zonder winterbedekkende teelt. De stikstofbemesting werd op alle systemen gelijk gehouden: gemiddeld 134 kg N/ha. Ter vergelijking werd permanente braak en permanent grasland als systeem toegevoegd. In deze systemen werd niet of nauwelijks bemest.

De nitraatuitspoeling blijkt sterk afhankelijk te zijn van de regenval gedurende de winterperiode. Bij toenemende regenval neemt de uitspoeling exponentieel toe.

Tussen de systemen bleek een groot verschil in nitraatuitspoeling. Een minimale grondbewerking blijkt tot lagere stikstofverliezen te leiden dan intensieve grondbewerking of geen grondbewerking.

Maturano et al. (2009) vonden een verbetering van de stikstofefficiëntie bij no-tillage ten opzichte van de gangbare grondbewerking in Albacete (Spanje). Volgens deze onderzoekers kunnen telers fors besparen op de stikstof door geen grondbewerking uit te voeren: 80 kg N/ha op mais en 30 kg N/ha op gerst, zonder in te leveren op de korrelopbrengst.

Ponzoni et al. (2009) simuleerden de stikstofuitspoeling afhankelijk van teeltmaatregelen, zoals de stikstofgift en grondbewerking.

Het model werd gebaseerd op veldproeven in de periode 1994-2006, waarin verschillende teeltmaatregelen werden toegepast op rotatie van durumtarwe en zonnebloem en durumtarwe en mais. De conclusie van de auteurs is dat minder intensieve grondbewerking leidt tot minder stikstofuitspoeling.

Conclusie: De beschikbare onderzoeken over grondbewerking en stikstofverliezen wijzen in de richting van minder grondbewerking dan nu gangbaar is. Aangaande stikstofverliezen blijkt enige grondbewerking beter dan helemaal geen grondbewerking.

Bedrijfssystemen

De Haan et al. (2009) onderzochten of intensieve teelt van akkerbouw- en vollegrondstuinbouwgewassen op zandgrond mogelijk is binnen de doelstelling van de nitraatrichtlijn. Er werden drie systemen met elkaar vergeleken. Ten eerste een geïntegreerde teelt in een bouwplan met aardappelen, triticale, lelie, erwten, prei mais en suikerbieten op basis van kunstmest. Ten tweede hetzelfde bouwplan op basis van gecombineerd gebruik van kunstmest en dierlijke mest en ten derde een bouwplan met aardappelen, luzerne, prei, broccoli, zomergerst en drie medicinale gewassen in een biologisch systeem.

De resultaten staan in de onderstaande tabel. Het blijkt dat de beide geïntegreerde systemen niet voldoen aan de EU-richtlijn van maximaal 50 mg nitraat per liter grondwater. Het biologische systeem voldoet hier wel aan door een extensiever bouwplan met minder uitspoelingsgevoelige gewassen en meer groenbemesters als vanggewas en door een lagere aanvoer van werkzame stikstof.

Tabel 3.2

Gemiddelde resultaten van bouwplannen 2005-2007.

| Bouwplan | Nitraatconcentratie grondwater (mg/l) | Gewasopbrengst / goede regionale gewasopbrengst | Totale N-input kunstmest en organische mest (kg/ha) | Beschikbare minerale N voor groei gewas (kg/ha) | N-opname / beschikbare minerale N (kg/ha) |
|---|---|--|---|--|--|
| Geïntegreerde teelt: dierlijke mest + kunstmest | 116 | 100,0% | 294 | 305 | 57% |
| Geïntegreerde teelt: kunstmest | 91 | 97,5% | 255 | 294 | 57% |
| Biologische teelt | 41 | 95,5% | 298 | 231 | 59% |

Bron: De Haan et al. (2009).

Als mogelijke oplossingen om de nitraatuitspoeling te verminderen noemen de auteurs onder andere de inzet van nieuwe soorten vanggewassen en het verwijderen van gewasresten en aanleg van zuiveringsmoerassen. Het is echter de vraag of het met deze maatregelen mogelijk is om in een geïntegreerd systeem wel aan de nitraatrichtlijn te voldoen.

In een vergelijking tussen gangbare en biologische praktijkbedrijven in Noord-Duitsland concluderen Loges, Kelm en Taube (2009) dat biologische bedrijven gekarakteriseerd worden door lagere stikstofoverschotten en meestal een lagere stikstofuitspoeling. De meeste gangbare bedrijven moeten hun stikstofmanagement verbeteren om aan de toekomstige wetgeving te voldoen. De grote spreiding tussen bedrijven stemt de auteurs hoopvol dat op gangbare bedrijven nog forse verbeteringen mogelijk zijn.

Conclusie: Een extensief bouwplan met minder uitspoelingsgevoelige gewassen leidt tot lagere stikstofverliezen.

3.3 Afbakening kengetallen

Het stikstofbodemoverschot en de nitraatconcentratie zijn belangrijke parameters ten aanzien van het milieu. Voor de economie van akkerbouwbedrijven zijn dit het saldo en het netto-bedrijfsresultaat per ha.

Het stikstofbodemoverschot per hectare is het verschil tussen de aanvoer en de afvoer van stikstof op het bedrijf in een jaar, gedeeld door het aantal hectaren: als het ware de stikstof die het bedrijf op komt minus de stikstof die van het bedrijf af gaat. Voorraadverschillen worden mee verrekend. Verder zijn er bijtellingen voor depositie van stikstof, mineralisatie van stikstof op veengronden en binding van stikstof door vlinderbloemige gewassen. Een aftrekpost is nog de stikstof via ammoniakemissie uit stal en opslag, bij beweiding en bij toediening van mest. Onder andere Zwart et al. (2011) hebben de rekeningang beschreven, zie ook bijlage 1.

Het saldo akkerbouw per ha betreft de opbrengsten van akkerbouwgewassen (hoofdproduct, bijproduct en eventueel productgebonden EU-steun) minus de toegerekende (ook wel variabele) kosten van de akkerbouwgewassen. Het netto-bedrijfsresultaat per ha is de uitkomst van alle opbrengsten op het bedrijf minus alle kosten (betaald en berekend) op datzelfde bedrijf.

Naast de verklarende variabelen voor het stikstofbodemoverschot is volgens onder andere De Hoop (2004) ook de verdunningsfactor van belang voor verklaring van de nitraatconcentraties op zandgrond. Nitraat spoelt vooral uit in de periode dat de neerslaghoeveelheid de verdamping overtreft (normaliter de periode medio augustus tot april). Variaties in neerslag en verdamping leiden tot variaties in grondwateraanvulling. Om met deze invloeden op de grondwaterkwaliteit rekening te kunnen houden, heeft RIVM de verdunningsfactor (ook wel indexconcentratie) geconstrueerd, die als verklarende variabele voor de verschillen in neerslagoverschot kan worden opgenomen (Boumans et al., 1997). De verdunningsfactor is bedrijfs- en jaarspecifiek en afhankelijk van de neerslag en verdamping in het gebied, de datum van bemonstering en de grondwaterstand tijdens de bemonstering. Globaal varieert de factor tussen 0,5 in natte jaren en 1,5 in droge jaren.

Uit paragraaf 3.2 komen de verschillende factoren naar boven die invloed hebben op het stikstofoverschot per ha dan wel de nitraatconcentratie in het grondwater. Om verschillende redenen is niet ieder van deze factoren in dit onderzoek gebruikt als onafhankelijke variabele in de regressieanalyses. Daarom volgt hierbij een overzicht en een toelichting:

- De hoogte van het grondwater werd in het literatuuronderzoek als een belangrijke factor genoemd voor de nitraatconcentratie in het grondwater. In het onderzoek is het percentage van de bedrijfsoppervlakte met de grondwatertrappen GT7 en GT8 meegenomen.
- De grondsoort is in het onderzoek centraal gesteld door de analyse voor zandgrond, kleigrond en lössgrond separaat uit te voeren. Daarnaast is het percentage moerige grond in de regressieanalyse opgenomen.
- De geteelde gewassen zijn meegenomen door de percentages die een aantal belangrijke gewassen in het bouwplan innemen in de analyse op te nemen.
- De stikstofbemesting is eveneens in de analyse opgenomen. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen stikstof die via kunstmest is toegediend en (totale) stikstof via organische meststoffen. Ook is rekening gehouden met de methode waarop de organische mest is toegediend. Dit is gedaan via het opnemen van de ammoniakemissiefactor bij uitrijden in de regressieanalyse. Er is geen rekening gehouden met het tijdstip van toediening. De reden daarvoor is dat deze informatie in de oudere jaren niet beschikbaar is (tot 2004).
- De teelt van vanggewassen is meegenomen door in de analyse het percentage grond mee te nemen dat in de winter beteeld is. Naast de vanggewassen zijn ook de wintergranen meegenomen.

-
- Uit de literatuur bleek dat minder grondbewerking (maar niet tot nul reduceren) dan gangbaar gunstig is voor de stikstofhuishouding. In de LMM-gegevens is echter geen goede informatie beschikbaar over grondbewerking zodat deze variabele niet is meegenomen.

Daarnaast zijn nog enkele verklarende variabelen meegenomen die niet of slechts terloops in het literatuuroverzicht zijn vermeld:

- De verdunningsfactor houdt rekening met het neerslagoverschot in de winterperiode.
- De kg-opbrengsten van de gewassen zijn opgenomen door per bedrijf een index van de opbrengsten te berekenen. Over de gehele periode dat een bedrijf mee liep in LMM, zijn per gewas voor dat bedrijf de opbrengsten per ha per jaar gemiddeld en gedeeld door het gemiddelde opbrengstniveau van het betreffende gewas in de betreffende jaren van alle LMM-bedrijven per grondsoort. Vervolgens zijn deze relatieve opbrengstniveau's per gewas gemiddeld met als weging het percentage waarin deze gewassen op het bedrijf voorkomen. Het opbrengstniveau ofwel de index gewasopbrengst heeft invloed op het stikstofoverschot per ha en daarmee wellicht indirect ook op de nitraatconcentraties. Ook is het opbrengstniveau uiteraard van invloed op de financiële bedrijfsresultaten.
- De hoeveelheid vee op het bedrijf is meegenomen via het kengetal fosfaat-GVE/ha'.

Voor de verklaring van de economische bedrijfsresultaten zijn bovendien de volgende variabelen van belang:

- De bedrijfsgrootte: deze variabele heeft vooral invloed op de economische bedrijfsresultaten. De gebruikte eenheid is de NGE.
- Kg-opbrengst niveau.
- Opbrengstprijsniveau. Deze variabele is niet meegenomen vanwege de afhankelijkheid van productkwaliteit, bewaarvergoedingen, contracten en allerlei andere aspecten die de prijsverschillen tussen bedrijven in grote mate beïnvloeden;.
- Percentage loonwerk in de bewerkingskosten.

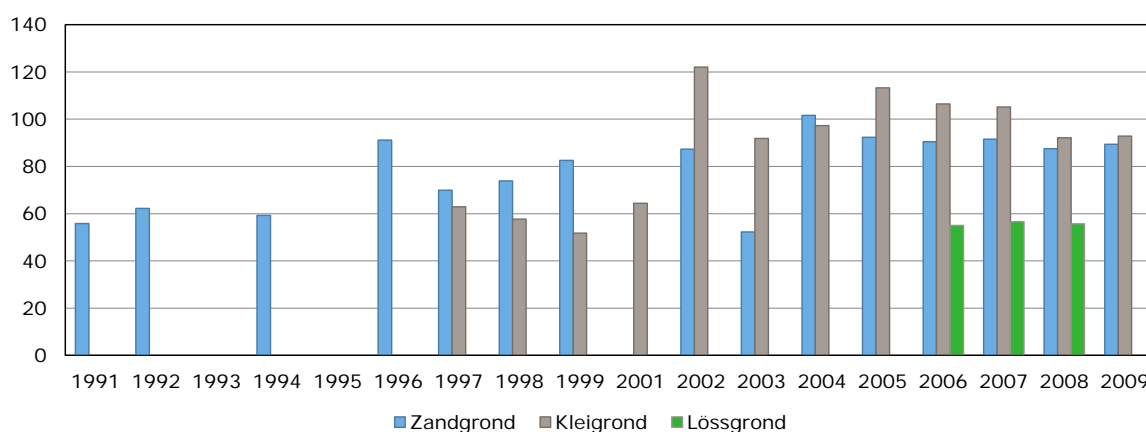
4 Beschrijving kengetallen

4.1 Inleiding

In de navolgende paragrafen worden de gemiddelden en spreiding van kengetallen weergegeven. Het gemiddelde niveau over jaren en de variatie tussen en binnen jaren van verschillende gebruikte kengetallen worden zo inzichtelijk gemaakt. In paragraaf 4.2 gaat het om structuurkengetallen, in paragraaf 4.3 om kengetallen omtrent de bedrijfsvoering, in paragraaf 4.4 om kengetallen over de nutriënten stikstof en fosfaat en in paragraaf 4.5 om financiële kengetallen.

Paragraaf 4.6 geeft de samenhang tussen kengetallen via correlatiematrixes. Deze samenhangen geven een eerste indruk welke van de in hoofdstuk 3 veronderstelde kengetallen samenhangen met resultaten ten aanzien van economie en milieu.

4.2 Structuurkengetallen



Figuur 4.1 Oppervlakte cultuurgrond naar jaar en grondsoort (ha).
Bron: Informatienet.

Tabel 4.1

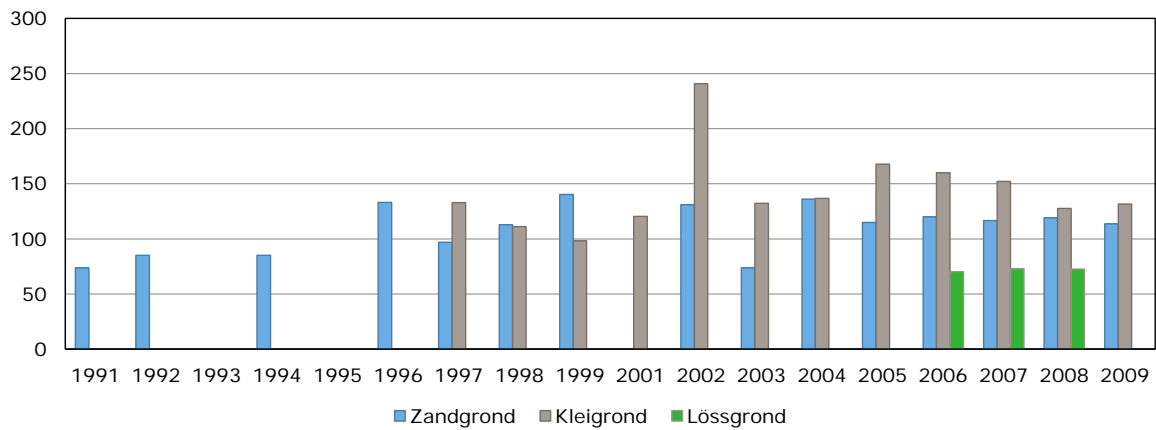
Spreiding oppervlakte cultuurgrond (ha).

| | Gemiddeld | Laagste 10% | Hoogste 10% |
|-------------------|-----------|-------------|-------------|
| Zandgrond | 81 | 21 | 184 |
| Kleigrond | 87 | 24 | 183 |
| Lössgrond | 50 | 21 | 96 |
| Alle grondsoorten | 81 | 22 | 170 |

Bron: Informatienet.

In de jaren tot 2000 neemt de gemiddelde oppervlakte per LMM-bedrijf toe, maar na 2000 niet veel meer (figuur 4.1). Volgens tabel 4.1 heeft de laagste 10% 25 ha of minder in gebruik en de hoogste 10% zit bij zand en klei boven 180 ha. De 10% bedrijven op lössgrond met de grootste oppervlakte begint daarentegen al onder de 100 ha.

De omvang in nge per bedrijf vertoont vrijwel dezelfde ontwikkelingen in de tijd en (relatieve) spreiding als de oppervlakte cultuurgrond (figuur 4.2 en tabel 4.2).



Figuur 4.2 Bedrijfsomvang naar jaar en grondsoort (NGE).

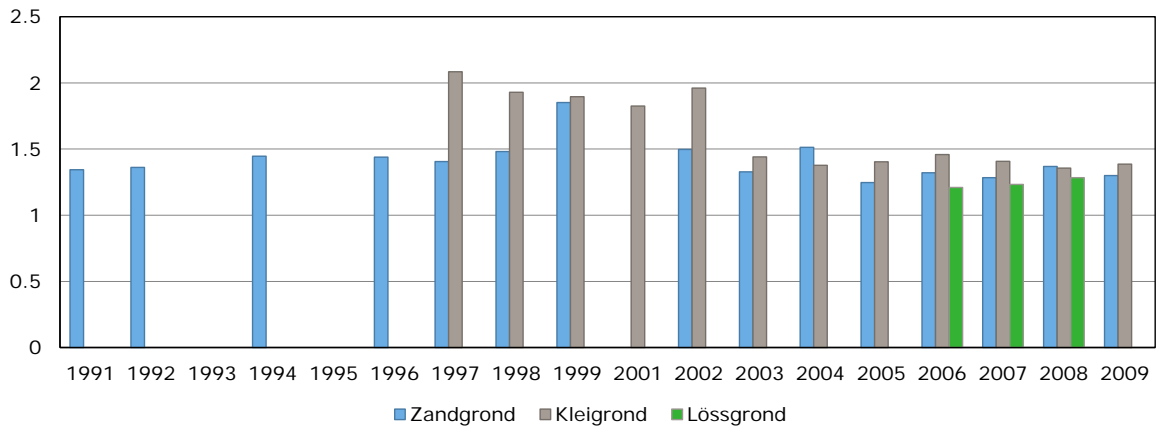
Bron: Informatienet.

Tabel 4.2

Spreiding bedrijfsomvang (NGE).

| | Gemiddeld | Laagste 10% | Hoogste 10% |
|-------------------|-----------|-------------|-------------|
| Zandgrond | 110 | 26 | 245 |
| Kleigrond | 137 | 34 | 267 |
| Lössgrond | 65 | 21 | 127 |
| Alle grondsoorten | 118 | 28 | 255 |

Bron: Informatienet.



Figuur 4.3 Intensiteit naar jaar en grondsoort (NGE/ha).

Bron: Informatienet.

Tabel 4.3

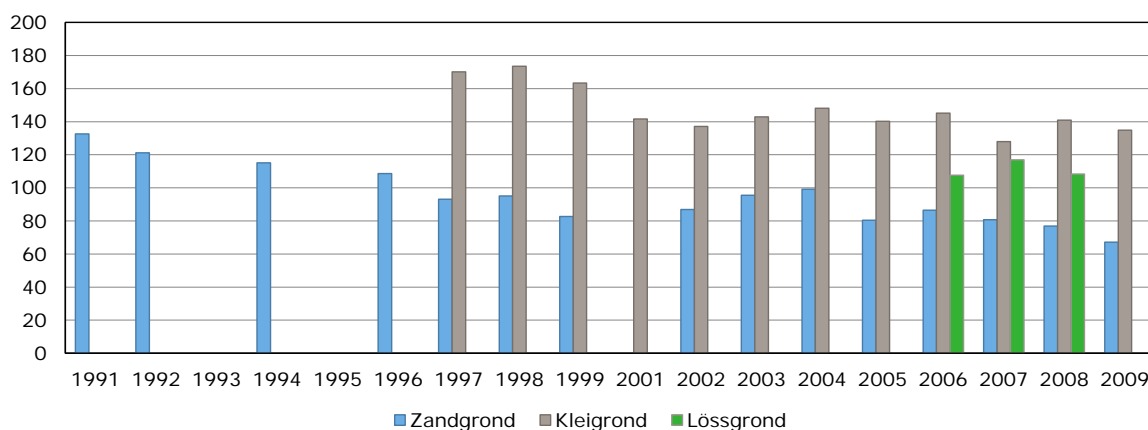
Spreiding van de intensiteit (NGE/ha).

| | Gemiddeld | Laagste 10% | Hoogste 10% |
|-------------------|-----------|-------------|-------------|
| Zandgrond | 1.4 | 1.1 | 1.8 |
| Kleigrond | 1.6 | 0.9 | 2.2 |
| Lössgrond | 1.2 | 1.0 | 1.6 |
| Alle grondsoorten | 1.5 | 1.0 | 2.1 |

Bron: Informatienet.

Het aantal NGE per hectare neemt vanaf ongeveer 2003 iets af (tabel 4.3). De spreiding op kleigrond is wat groter dan op zand- en lössgrond.

4.3 Bedrijfsvoeringkengetallen



Figuur 4.4 Stikstofgift uit kunstmest naar jaar en grondsoort (Kg N/ha).

Bron: Informatienet.

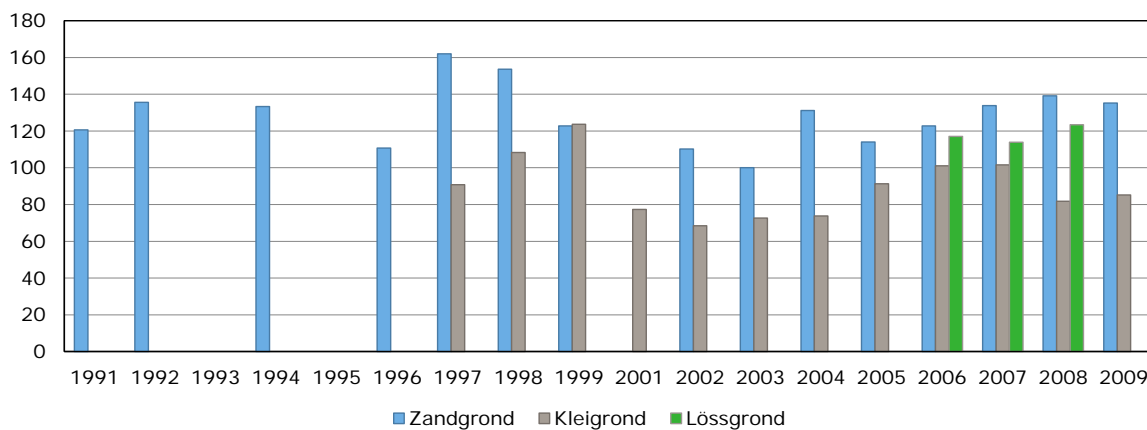
Tabel 4.4

Spreiding in stikstofgift uit kunstmest (Kg N/ha).

| | Gemiddeld | Laagste 10% | Hoogste 10% |
|-------------------|-----------|-------------|-------------|
| Zandgrond | 90 | 37 | 136 |
| Kleigrond | 148 | 92 | 200 |
| Lössgrond | 112 | 60 | 157 |
| Alle grondsoorten | 116 | 52 | 181 |

Bron: Informatienet.

Tot 2001 nam het gebruik van stikstofkunstmest op de LMM-bedrijven af (figuur 4.4). Daarna is het vrij constant gebleven. Alleen op de zandgronden is het gebruik van stikstofkunstmest nog weer gedaald. Dat is vooral het geval sinds de invoering van het gebruiksnormensysteem in 2006. De spreiding is ongeveer gelijk op alle drie grondsoorten (tabel 4.4).



Figuur 4.5 Stikstofgift uit dierlijke mest naar jaar en grondsoort (Kg N/ha).

Bron: Informatienet.

Tabel 4.5

Spreiding in stikstofgift uit dierlijke mest (Kg N/ha).

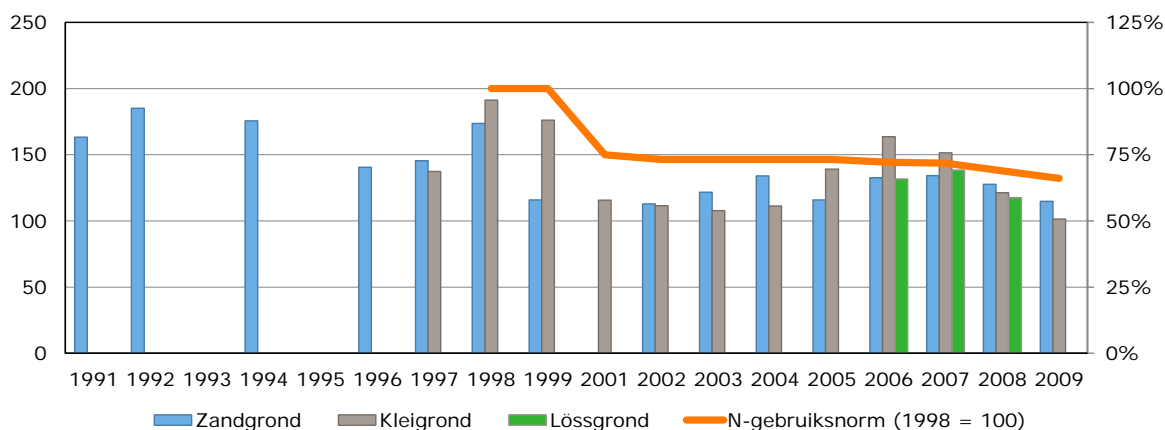
| | Gemiddeld | Laagste 10% | Hoogste 10% |
|-------------------|-----------|-------------|-------------|
| Zandgrond | 129 | 56 | 202 |
| Kleigrond | 91 | 0.0 | 173 |
| Lössgrond | 111 | 63 | 151 |
| Alle grondsoorten | 112 | 32 | 184 |

Bron: Informatienet.

Zoals blijkt uit figuur 4.5 is in het gebruik van stikstof uit dierlijke mest op LMM-bedrijven geen duidelijke trend te zien. Op kleigrond is de stikstof die via dierlijke mest is toegediend afgenomen sinds de invoering van het gebruiksnormensysteem in 2006. Op zandgrond is daarentegen sinds 2006 het gebruik van de kunstmeststikstof verminderd. Het niveau tussen de grondsoorten verschilt eveneens: op zandgrond is het gebruik van dierlijke mest het hoogst en op kleigrond het laagst.

De spreiding in het gebruik van dierlijke mest is op alle drie onderscheiden grondsoorten groot (tabel 4.5).

4.4 Milieukengetallen



Figuur 4.6 Stikstofbodemoverschot naar jaar en grondsoort (kg/ha).

Bron: Informatienet.

Tabel 4.6

Spreiding in het stikstofbodemoverschot (kg/ha).

| | Gemiddeld | Laagste 10% | Hoogste 10% |
|-------------------|-----------|-------------|-------------|
| Zandgrond | 136 | 62 | 211 |
| Kleigrond | 138 | 59 | 224 |
| Lössgrond | 124 | 78 | 176 |
| Alle grondsoorten | 135 | 60 | 211 |

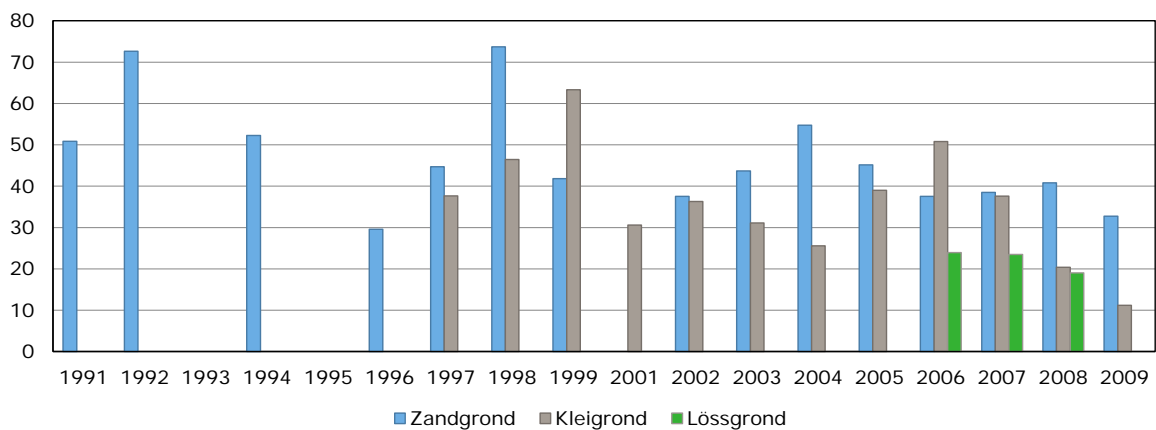
Bron: Informatienet.

Volgens figuur 4.6 is vooral op zandgrond het stikstofbodemoverschot in kg per ha afgenomen. Op kleigrond is de afname geringer. Op kleigrond treden wel grotere schommelingen in het stikstofbodemoverschot in kg per ha op dan op zandgrond.

In de figuur is ook de index opgenomen die de gemiddelde gebruiksnorm van stikstof aangeeft. Tot 2001 was de stikstofgift vrij. Met de komst van Minas kwam daar een einde aan. In 2001 mochten bedrijven maximaal een stikstofoverschot van 175 kg per ha hebben. De afvoer werd forfaitair vastgesteld op 165 kg. Dat betekende een maximale aanvoer van stikstofmeststoffen van 340 kg per ha. Deze hoeveelheid was dusdanig hoog dat dit voor verreweg de meeste bedrijven nauwelijks gevolgen had. Geleidelijk aan werd de norm aangescherpt, zodat in 2005 maximaal 265 kg N/ha via meststoffen mocht worden gebruikt. Ook door deze aanscherpingen behoefde de mestgift nog nauwelijks te worden aangepast. In die jaren is dan ook geen vermindering van het gemiddelde stikstofbodemoverschot waar te nemen.

In 2006 ging de mestwetgeving over op een stelsel van gebruiksnormen. Dat hield in dat de gebruiksnormen voor stikstof voortaan afhingen van het geteelde gewas. Bovendien werd alleen het werkzame deel van de stikstof in de gebruiksnorm opgenomen. Per saldo veranderde de gemiddelde gebruiksnorm in dat jaar nauwelijks. Na aanscherpingen in 2008 en 2009 werd de norm echter dusdanig laag dat veel bedrijven wel de bemesting aan moesten passen. In de figuur is te zien dat het bodemoverschot vanaf 2007 langzaam maar kleiner wordt.

De spreiding van het bodemoverschot tussen bedrijven is groot (tabel 4.6).



Figuur 4.7 Fosfaatbodemoverschot naar jaar en grondsoort (kg/ha).

Bron: Informatienet.

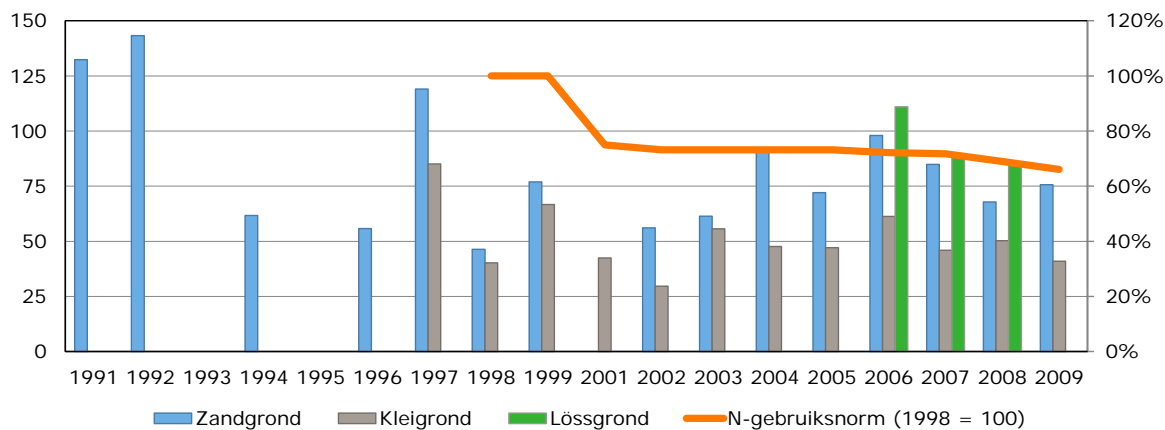
Tabel 4.7

Spreiding fosfaatbodemoverschot (kg/ha).

| | Gemiddelde | Laagste 10% | Hoogste 10% |
|-------------------|------------|-------------|-------------|
| Zandgrond | 44 | 7 | 89 |
| Kleigrond | 36 | -9 | 84 |
| Lössgrond | 20 | -9 | 49 |
| alle grondsoorten | 39 | 0 | 84 |

Bron: Informatienet.

De fosfaatbodemoverschotten in kg per ha nemen op alle grondsoorten af in de loop van de tijd (figuur 4.7). De spreiding is weergegeven in tabel 4.7.



Figuur 4.8 Ontwikkeling nitraatgehalte (mg/liter, gecorrigeerd).

Zandgrond: in grondwater

Kleigrond: in drainwater

Lössgrond: in bodemvocht

Bron: Informatienet.

Tabel 4.8

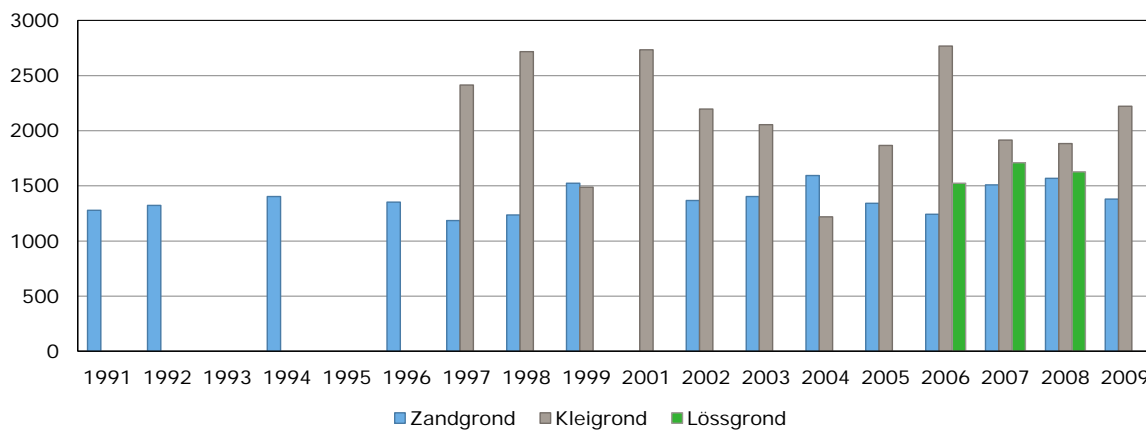
Spreiding in het nitraatgehalte (mg/liter, gecorrigeerd).

| | Gemiddeld | Laagste 10% | Hoogste 10% |
|-------------------|-----------|-------------|-------------|
| Zandgrond | 83 | 19 | 151 |
| Kleigrond | 50 | 14 | 96 |
| Lössgrond | 94 | 57 | 144 |
| Alle grondsoorten | 72 | 18 | 135 |

Bron: Informatienet.

De voor neerslagoverschotten gecorrigeerde nitraatgehalten nemen op akkerbouwbedrijven, zeker de laatste jaren, niet echt af behalve op lössgrond. Ondanks dat de aangescherpte stikstofgebruiksnormen noopten de stikstofbemesting terug te brengen, was dit dus nog weinig zichtbaar in de nitraatgehalten. Alleen op kleigrond wordt de 50 mg nitraat per liter gemiddeld gezien ongeveer gehaald; op zand- en lössgrond ligt het nitraatgehalte in het grondwater/bodemvocht duidelijk boven deze waarde uit de EU-Nitraatrichtlijn. Uit de spreiding (tabel 4.8) valt op te maken dat in verreweg de meeste gevallen een nitraatgehalte wordt waargenomen dat boven 50 mg/ha ligt.

4.5 Financiële kengetallen



Figuur 4.9 Saldo van akkerbouwgewassen naar jaar en grondsoort (€/ha).

Bron: Informatienet.

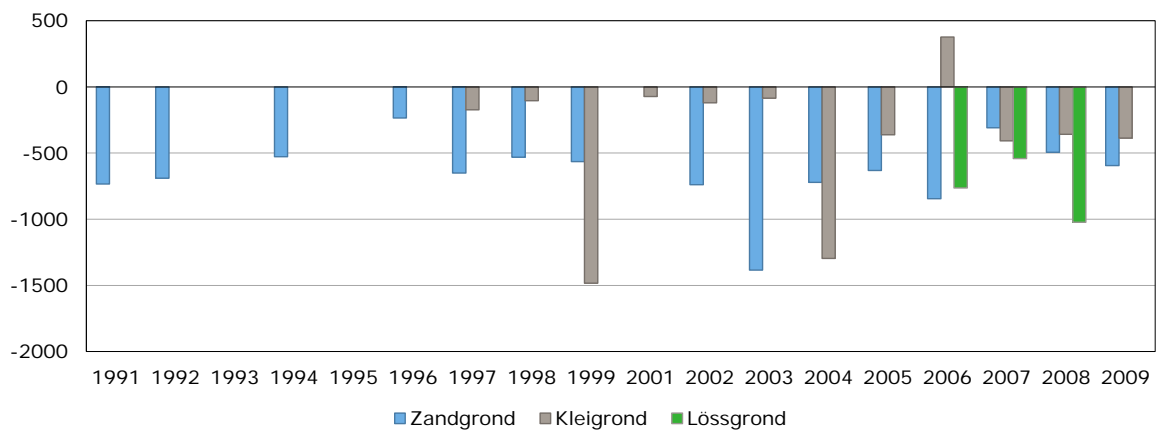
Tabel 4.9

Spreiding saldo van akkerbouwgewassen (€/ha).

| | Gemiddeld | Laagste 10% | Hoogste 10% |
|-------------------|-----------|-------------|-------------|
| Zandgrond | 1380 | 798 | 1962 |
| Kleigrond | 2086 | 857 | 4054 |
| Lössgrond | 1506 | 700 | 2535 |
| Alle grondsoorten | 1684 | 798 | 3065 |

Bron: Informatienet.

Het saldo opbrengst minus variabele kosten per ha verandert niet echt in de loop van de tijd, al zijn er vooral op kleigrond wel flinke schommelingen tussen de jaren. Doorgaans is het saldo op kleigrond wel hoger dan op zand- en lössgrond, evenals de spreiding. (figuur 4.9 en tabel 4.9)



Figuur 4.10 Netto-bedrijfsresultaat naar jaar en grondsoort (€/ha).

Bron: Informatienet.

Tabel 4.10

Spreading in het netto-bedrijfsresultaat (€/ha).

| | Gemiddelde | Laagste 10% | Hoogste 10% |
|-------------------|------------|-------------|-------------|
| Zandgrond | -649.4 | -1525.4 | 157.4 |
| Kleigrond | -412.9 | -1698.9 | 704.9 |
| Lössgrond | -886.5 | -3189.3 | 769.2 |
| alle grondsoorten | -569.4 | -1688.6 | 493.0 |

Bron: Informatienet.

Net zoals bij het saldo opbrengst minus toegerekende kosten per ha verandert het netto-bedrijfsresultaat per ha weinig in de loop van de tijd. Ook hier treden flinke schommelingen op tussen jaren. Gemiddeld wordt zelden een positief netto-bedrijfsresultaat gerealiseerd: alleen op kleigrond in 2006 lukte dat (figuur 4.10 en tabel 4.10). Expliciet wordt vermeld dat de genoemde financiële ontwikkelingen op LMM-bedrijven niet kunnen worden gebruikt om uitspraken te doen over de rentabiliteit in de sector. Daarover rapporteert het LEI via andere wegen.

4.6 Statistisch verband tussen bedrijfskenmerken en resultaten

In de tabellen 4.11, 4.12 en 4.13 wordt met correlaties het statistisch verband gegeven tussen een aantal bedrijfskenmerken en resultaten op financieel (saldo en nettobedrijfsresultaat) en milieugebied (stikstofoverschot en nitraatgehalte) op akkerbouwbedrijven op respectievelijk zandgrond, kleigrond en lössgrond.

Het gaat om de enkelvoudige correlatiecoëfficiënten van deze vier resultaatvariabelen met kenmerken betreffende bedrijfsstructuur, bedrijfsinrichting, bedrijfsvoering en overige kenmerken.

Saldo

Het saldo per ha blijkt vooral samen te hangen met het bouwplan. Bedrijven met veel intensieve gewassen (pootaardappelen, uien) in het bouwplan bereiken - zoals al te verwachten valt - een hoger saldo. Bedrijven met veel granen daarentegen hebben over het algemeen een lager saldo. Ook hogere kg-opbrengsten verhogen het saldo per ha.

Nettobedrijfsresultaat

Het nettobedrijfsresultaat per ha is sterk afhankelijk van de omvang van het bedrijf. Des te groter het bedrijf is, des te efficiënter kunnen de vaste productiemiddelen (bijvoorbeeld machines) worden benut. De samenhang tussen bedrijfsresultaat en bouwplan is minder sterk dan die tussen saldo en bouwplan. De achterliggende verklaring hiervoor is dat voor hoogsalderende gewassen veelal meer vaste kosten gemaakt moeten worden, zoals arbeid voor teelt en schuurwerkzaamheden, gebouwen voor bewaring, sortering en eventueel verpakking van het product en vaak ook meer kosten voor werktuigen en installaties. Ook het verband met hogere kg-opbrengsten is minder sterk dan voor het saldo.

Stikstofoverschot

Het stikstofoverschot per ha blijkt nauwelijks samenhang te vertonen met de structuur of de inrichting van het bedrijf, maar veeleer met de bedrijfsvoering. Een hogere stikstofbemesting in de vorm van kunstmest of dierlijke mest blijkt van grote invloed op het stikstofoverschot per ha. Hoge kg-opbrengsten vertonen in het algemeen een negatieve correlatie met het stikstofoverschot.

Nitraatgehalte

Op zandgrond hangt het nitraatgehalte in het grondwater samen met de grondwaterstand. In geval van droge zandgronden is het nitraatgehalte hoger dan voor normale en natte zandgronden. Qua bedrijfsstructuur lijkt een licht negatief verband te bestaan tussen het nitraatgehalte en de teelt van pootaardappelen, zetmeelaardappelen en gerst. Een positief verband werd gevonden met eventuele veehouderij. Opvallend is dat het verband met de bemesting zeer gering is.

Op kleigrond is het verband tussen het nitraatgehalte in het drainwater en structuurvariabelen laag. Dat geldt ook voor de bedrijfsinrichting. Een licht negatief verband werd gevonden met de teelt van pootaardappelen, uien, tarwe en gerst. Ook voor kleigrond lijkt er nauwelijks verband tussen het nitraatgehalte en bemesting te zijn.

Voor lössgrond is gekeken naar het nitraatgehalte in het bodemvocht. Daar hangt een lage grondwaterstand negatief samen met het nitraatgehalte.

Tabel 4.11

Significant van 0 afwijkende correlaties ($P < 0,05$) tussen bedrijfskenmerken en resultaten: akkerbouwbedrijven op zandgrond.

| | | Saldo | Netto bedrijfs- resultaat | N-bodem- overschot | NO3 grond- water |
|---------------------------|--------|-------|---------------------------------|-----------------------|---------------------|
| | | €/ha | €/ha | Kg/ha | mg/l |
| <i>Bedrijfstructuur</i> | | | | | |
| Bedrijfsoppervlakte | ha | | 0.57 | | |
| Gt5 en Gt6 | % | 0.23 | -0.13 | | 0.38 |
| Gt7 en Gt8 | % | | | | 0.15 |
| Bedrijfsomvang | NGE | | 0.54 | | |
| Intensiteit | NGE/ha | 0.60 | -0.12 | 0.17 | 0.23 |
| <i>Bedrijfsinrichting</i> | | | | | |
| Consumptieaardappelen | % | 0.29 | | | 0.19 |
| Pootaardappelen | % | 0.33 | | | -0.17 |
| Zetmeelaardappelen | % | -0.28 | 0.33 | 0.25 | -0.18 |
| Suikerbieten | % | 0.16 | | | |
| Tarwe | % | | | | |
| Gerst | % | -0.28 | -0.17 | -0.23 | -0.24 |
| Uien | % | 0.58 | | | -0.13 |
| Veehouderij | gve/ha | | -0.17 | 0.21 | 0.24 |
| <i>Bedrijfsvoering</i> | | | | | |
| N kunstmest | Kg/ha | | 0.14 | 0.35 | |
| N dierlijke mest | Kg/ha | | | 0.61 | |
| N-emissie bij toedienen | % | | | | 0.17 |
| Index kg-opbrengst | | 0.44 | 0.14 | | |
| <i>Overige</i> | | | | | |
| Jaar | | | | -0.26 | -0.16 |
| Verdunningsfactor | | | | | 0.27 |

Bron: Berekeningen met pakket Stata op LMM-gegevens 1991-2009.

Tabel 4.12

Significant van 0 afwijkende correlaties ($P < 0,05$) tussen bedrijfskenmerken en resultaten: akkerbouwbedrijven op kleigrond.

| | | Saldo | Netto bedrijfs- resultaat | N-bodem- overschot | NO ₃ - drainwater |
|---------------------------|--------|-------|---------------------------------|-----------------------|---------------------------------|
| | | €/ha | €/ha | Kg/ha | mg/l |
| <i>Bedrijfstructuur</i> | | | | | |
| Bedrijfsoppervlakte | ha | | 0.39 | | |
| Gt5 en Gt6 | % | | -0.17 | | |
| Gt7 en Gt8 | % | | 0.17 | | |
| Bedrijfsomvang | NGE | 0.28 | 0.36 | 0.15 | |
| Intensiteit | NGE/ha | 0.56 | | 0.17 | |
| <i>Bedrijfsinrichting</i> | | | | | |
| Consumptieaardappelen | % | 0.25 | | 0.39 | 0.31 |
| Pootaardappelen | % | 0.37 | | -0.18 | -0.32 |
| Zetmeelaardappelen | % | | | | |
| Suikerbieten | % | | | | |
| Tarwe | % | -0.30 | | -0.16 | |
| Gerst | % | -0.25 | -0.31 | | |
| Uien | % | 0.36 | 0.22 | -0.04 | 0.19 |
| Veehouderij | gve/ha | | | | |
| <i>Bedrijfsvoering</i> | | | | | |
| N kunstmest | Kg/ha | | | 0.32 | 0.19 |
| N dierlijke mest | Kg/ha | | | 0.65 | |
| N-emissie bij toedienen | % | | | | |
| Index kg-opbrengst | | 0.34 | 0.24 | | 0.14 |
| <i>Overige</i> | | | | | |
| Jaar | | -0.14 | | -0.17 | |
| Verdunningsfactor | | | | -0.15 | 0.33 |

Bron: Berekeningen met pakket Stata op LMM-gegevens 1991-2009.

Tabel 4.13

Significant van 0 afwijkende correlaties ($P < 0,05$) tussen bedrijfskenmerken en resultaten: akkerbouwbedrijven op lössgrond.

| | | Saldo | Netto bedrijfs- resultaat | N-bodem- overschot | NO ₃ bodenvocht |
|---------------------------|--------|-------|---------------------------------|-----------------------|-------------------------------|
| | | €/ha | €/ha | Kg/ha | mg/l |
| <i>Bedrijfstructuur</i> | | | | | |
| Bedrijfsoppervlakte | ha | 0.44 | 0.38 | | -0.40 |
| Gt5 en Gt6 | % | | | | |
| Gt7 en Gt8 | % | | 0.30 | | -0.55 |
| Bedrijfsomvang | NGE | 0.48 | 0.30 | | |
| Intensiteit | NGE/ha | 0.43 | | | |
| <i>Bedrijfsinrichting</i> | | | | | |
| Consumptieaardappelen | % | 0.51 | | | |
| Pootaardappelen | % | . | . | . | . |
| Zetmeelaardappelen | % | . | . | . | . |
| Suikerbieten | % | | | | |
| Tarwe | % | | | | |
| Gerst | % | | 0.59 | -0.30 | |
| Uien | % | | | | |
| Veehouderij | gve/ha | | -0.37 | | |
| <i>Bedrijfsvoering</i> | | | | | |
| N kunstmest | Kg/ha | | | | |
| N dierlijke mest | Kg/ha | | | 0.45 | -0.30 |
| N-emissie bij toedienen | % | | -0.34 | | |
| Index kg-opbrengst | | 0.33 | | -0.30 | |
| <i>Overige</i> | | | | | |
| Jaar | | | | | 0.45 |

Bron: Berekeningen met pakket Stata op LMM-gegevens 1991-2009.

Er is een aantal samenhangen zichtbaar maar de samenhang is meestal niet groot. De correlaties blijven heel vaak beneden 0,50. De meeste correlaties zullen min of meer weerspiegeld worden in de regressieresultaten van de volgende drie hoofdstukken (5, 6 en 7).

5 Resultaten akkerbouwbedrijven zandgrond

5.1 Inleiding

Dit hoofdstuk behandelt de resultaten van de regressies voor akkerbouwbedrijven op zandgrond. Het stikstofbodemoverschot in kg per ha, het saldo en het netto-bedrijfsresultaat eveneens per ha en de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater in mg/l worden verklaard uit een reeks variabelen, voortgekomen uit hoofdstuk 3. Op basis van de correlaties in paragraaf 4.6 zou een kleiner aantal verklarende variabelen gekozen kunnen worden maar voor een volledig beeld is deze reductie niet doorgevoerd. Wel worden de resultaten in dit hoofdstuk vergeleken met de correlaties in paragraaf 4.6.

5.2 Analyse bodemoverschotten per hectare

Tabel 5.1

Coëfficiënten en t-waarden voor significant ($P < 0,10$ in het RE-model) verklarende variabelen van het stikstofbodemoverschot in kg/ha, geschat volgens het RE- en het FE-model en de range 5-95% met het effect volgens het FE-model: akkerbouwbedrijven op zandgrond (N = 242).

| | RE-model | | FE-model | | | |
|------------------------------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|--------|
| | Coëfficiënt | T | Coëfficiënt | T | Range 5-95% | Effect |
| <i>Bedrijfstructuur/inrichting</i> | | | | | | |
| NGE | -0.0096 | -0.29 | -0.0701 | -0.60 | | |
| % snijmais | -0.5607 | -1.63 | -0.6232 | -1.37 | | |
| % consumptie aardappelen | 0.2152 | 0.66 | -0.3263 | -0.43 | | |
| % zetmeelaardappelen | 0.2686 | 1.65* | 0.0213 | 0.07 | 0-75 | 2 |
| % zomergerst | 0.0842 | 0.55 | -0.0608 | -0.27 | | |
| % suikerbieten | 0.6073 | 2.37** | -0.4432 | -0.97 | 0-58 | -26 |
| % tuinbouw | 2.3 | 1.74* | 0.9877 | 0.54 | 0-18 | 18 |
| % winterbedekking | 0.3711 | 1.57 | 0.1005 | 0.36 | | |
| Index kg-opbrengst | -1.287 | -5.10*** | -1.282 | -4.50*** | 78-137 | -76 |
| Fosfaat GVE | -1.222 | -0.10 | -10.58 | -0.40 | | |
| <i>Bedrijfsvoering</i> | | | | | | |
| N-gift kunstmest | 0.9513 | 16.87*** | 0.9598 | 12.41*** | 4-225 | 212 |
| N-gift dierlijke mest | 0.8845 | 26.26*** | 0.897 | 19.28*** | 0-335 | 300 |
| % N-emissie | -0.1901 | -0.25 | -0.5402 | -0.61 | | |
| <i>Overige</i> | | | | | | |
| Constante | 40.87 | 1.42 | 82.29 | 2.10** | | |
| <hr/> | | | | | | |
| Hausman-test | | | 0.124 | | | |
| R2-within | 0.74 | | 0.76 | | | |
| R2-between | 0.86 | | 0.79 | | | |
| R2-overall | 0.84 | | 0.80 | | | |

* P tussen 0.05 en 0.10: de coëfficiënt wijkt met minimaal 90% betrouwbaarheid van 0 af.

** P tussen 0.01 en 0.05: de coëfficiënt wijkt met minimaal 95% betrouwbaarheid van 0 af.

*** P < 0.01: de coëfficiënt wijkt met minimaal 99% betrouwbaarheid van 0 af.

Bij $P < 0.05$ voor de Hausman-test schat het RE model met 95% betrouwbaarheid niet zuiver.

Bron: Berekeningen met pakket Stata op LMM-gegevens 1991-2009.

Tabel 5.1 geeft de uitkomsten van het regressiemodel weer voor het stikstofbodemoverschot per hectare. Bij de toetsing met de Hausman-test voor het in tabel 5.1 weergegeven model blijkt het RE-model zuiver te schatten. Dat is het meest efficiënte beschikbare model zoals in paragraaf 2.2 is aangegeven.

De in tabel 5.1 aangegeven verklarende variabelen verklaren een groot deel van de variantie in het stikstofbodemoverschot per ha. Het RE-model heeft een R^2 van 0,84 ofwel verklaart 84% van de variantie in het stikstofbodemoverschot per ha en het FE-model verklaart 76% van de variantie in het stikstofbodemoverschot per ha.

Het percentage zetmeelaardappelen in het bouwplan, het percentage suikerbieten in het bouwplan, het percentage akkerbouwmatige tuinbouwgewassen in het bouwplan, het fysieke opbrengstniveau van de gewassen, de N-gift per ha via kunstmest en de N-gift per ha via dierlijke mest hebben volgens de schatting met het RE-model significant van 0 afwijkende coëfficiënten. Deze variabelen dragen wel bij tot de verklaring van het stikstofbodemoverschot maar dat geldt niet voor de overige variabelen in tabel 5.1. Dit stemt overeen met de correlatiecoëfficiënten in tabel 4.11 die hoog zijn tussen bemesting en stikstofoverschot.

In tabel 5.1 is ook aangegeven wat de range ofwel de bandbreedte van de verklarende variabelen is. 90% van de waarnemingen zit binnen de range, 5% zit lager dan de ondergrens en 5% zit hoger dan de bovengrens. Het verschil tussen de ondergrens en de bovengrens in de range, vermenigvuldigd met de coëfficiënt volgens het FE-model is het effect dat staat in de laatste kolom van tabel 5.1. Bijvoorbeeld de range in de N-gift per ha uit dierlijke mest is 335 (335-0): vermenigvuldigd met de coëfficiënt volgens het FE-model van 0,897 geeft dit als uitkomst een effect van 300. Anders gezegd: als de N-gift per ha uit dierlijke mest met 335 kg wordt verlaagd, dan daalt het stikstofbodemoverschot per ha met 300 kg. Dan moeten de overige verklarende variabelen wel allemaal ongewijzigd blijven ofwel ceteris paribus is dan het uitgangspunt. Dat is niet erg waarschijnlijk: de lagere bemesting met dierlijke mest leidt bijvoorbeeld vrijwel zeker tot een hogere gift uit kunstmest en/of lagere opbrengsten. En mogelijk veranderen nog meer verklarende variabelen van waarde.

We kiezen voor het effect de coëfficiënten volgens het FE-model omdat die vooral de mogelijkheden van de individuele ondernemer (zij het gemiddeld) weerspiegelen. Het FE-model geeft namelijk vooral de effecten binnen de bedrijven over tijd heen weer.

Zowel uit de coëfficiënten als uit de effecten is af te lezen welke verklarende variabelen de grootste invloed hebben. Dat is vooral de bemesting, zowel via kunstmest als via dierlijke mest. Daarnaast heeft het fysieke opbrengstniveau wel invloed terwijl het belang van de samenstelling van het bouwplan kleiner is.

Voor de verklarende variabelen met een niet significant van 0 afwijkende coëfficiënt in het RE-model geven we geen range en effect weer. Doordat de coëfficiënt niet significant van 0 afwijkt is het effect van verandering in de betreffende variabele op het stikstofbodemoverschot per ha in principe ook 0 en in de praktijk heel gering. In tabel 5.1 is die tendens ook goed zichtbaar. Het percentage zetmeelaardappelen in het bouwplan heeft van de significante variabelen de laagste t-waarde en ook het kleinste effect.

5.3 Analyse economische resultaten per hectare

Tabel 5.2 geeft modellen voor het akkerbouwsaldo in euro per ha weer. Het akkerbouwsaldo is het verschil tussen de opbrengsten van de gewassen en de toegerekende kosten voor de gewassen (bemesting, zaaizaad en pootgoed, gewasbescherming en andere gewaskosten). Vaste kosten zoals die voor onderhoud en afschrijving maken geen deel uit van het saldo.

Tabel 5.2

Coëfficiënten en t-waarden voor significant ($P < 0,10$ in het HT-model) verklarende variabelen van het akkerbouwsaldo in €/ha, geschat volgens het HT- en het FE-model en de range 5-95% met het effect volgens het FE-model: akkerbouwbedrijven op zandgrond ($N = 242$).

| | HT-model | | FE-model | | | |
|------------------------------------|-------------|---------|--------------|---------|-------------|--------|
| | Coëfficiënt | T | Coëfficiënt. | T | Range 5-95% | Effect |
| <i>Bedrijfstructuur/inrichting</i> | | | | | | |
| NGE | 2.325 | 3.67*** | 4.243 | 3.20*** | 14-400 | 1638 |
| % snijmais | -2.546 | -0.60 | -0.4597 | -0.09 | | |
| % consumptie-aardappelen | 5.041 | 0.97 | -0.2217 | -0.03 | | |
| % zetmeelaardappelen | -1.405 | -0.52 | 1.951 | 0.58 | | |
| % zomergerst | -5.166 | -2.54** | -2.68 | -1.07 | 0-77 | -206 |
| % suikerbieten | 12.26 | 3.21*** | 14.85 | 2.90*** | 0-58 | 861 |
| % tuinbouw | 7.656 | 0.46 | -14.23 | -0.70 | | |
| % winterbedekking | -0.6831 | -0.25 | 1.108 | 0.35 | | |
| Index kg-opbrengst | 12.35 | 4.34*** | 12.02 | 3.74*** | 78-137 | 709 |
| Fosfaat GVE | -358.85 | -2.06** | -271.59 | -0.91 | 0-2.97 | -807 |
| <i>Bedrijfsvoering</i> | | | | | | |
| N-gift kunstmest | -0.7309 | -1.03 | -0.3171 | -0.36 | | |
| N-gift dierlijke mest | 0.3721 | 0.88 | 0.398 | 0.76 | | |
| % N-emissie | -1.651 | -0.19 | -0.3077 | -0.03 | | |
| <i>Overige</i> | | | | | | |
| Constante | -328.33 | -0.91 | -800.88 | -1.81* | | |
| Hausman-test | | | 0.641 | | | |
| R2-within | 0.22 | | 0.24 | | | |
| R2-between | | | 0.21 | | | |
| R2-overall | 0.33 | | 0.13 | | | |

* P tussen 0.05 en 0.10: de coëfficiënt wijkt met minimaal 90% betrouwbaarheid van 0 af.

** P tussen 0.01 en 0.05: de coëfficiënt wijkt met minimaal 95% betrouwbaarheid van 0 af.

*** P < 0.01: de coëfficiënt wijkt met minimaal 99% betrouwbaarheid van 0 af.

Bij $P < 0.05$ voor de Hausman-test schat het RE model met 95% betrouwbaarheid niet zuiver.

Bron: Berekeningen met pakket Stata op LMM-gegevens 1991-2009.

Bij de toetsing met de Hausman-test voor het in tabel 5.2 weergegeven model blijkt het RE-model niet zuiver te schatten, daarom is de Hausman-Taylor-methode toegepast.

In het akkerbouwsaldo spelen de omvang in nge, de percentages zomergerst en suikerbieten, het fysieke opbrengstniveau en de veebezetting een rol. Zomergerst en vee pakken niet gunstig uit voor het akkerbouwsaldo, de andere drie variabelen wel. In tegenstelling tot bij het stikstofbodemschot draagt de bemesting weinig of niet bij aan de verklaring van het akkerbouwsaldo. De correlaties in tabel 4.11 geven ongeveer hetzelfde beeld.

De percentages verklaarde variantie zijn duidelijk lager dan bij de nutriëntenoverschotten. Prijzen spelen daarin een grote rol maar prijzen zijn moeilijk in te brengen in de regressiemodellen. De prijseffecten op het akkerbouwsaldo hangen onder andere samen met de aandelen van gewassen in het bouwplan maar, zeker bij aardappelen en granen, ook met de klassen of de kwaliteit van de gewassen.

Tabel 5.3

Coëfficiënten en *t*-waarden voor significant ($P < 0,10$ in het HT-model) verklarende variabelen van het netto-bedrijfsresultaat in €/ha, geschat volgens het HT- en het FE-model en de range 5-95% met het effect volgens het FE-model: akkerbouwbedrijven op zandgrond ($N = 242$).

| | HT-model | | FE-model | | | Effect |
|------------------------------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|--------|
| | Coëfficiënt | T | Coëfficiënt | T | Range 5-95% | |
| <i>Bedrijfstructuur/inrichting</i> | | | | | | |
| NGE | 3.956 | 3.89*** | 1.516 | 0.67 | 14-400 | 585 |
| % snijmais | 3.842 | 0.54 | 1.493 | 0.17 | | |
| % consumptie-aardappelen | -12.47 | -1.46 | -18.75 | -1.27 | | |
| % zetmeelaardappelen | -2.812 | -0.61 | -5.316 | -0.92 | | |
| % zomergerst | -4.064 | -1.18 | -5.158 | -1.20 | | |
| % suikerbieten | 5.712 | 0.89 | 10.45 | 1.19 | | |
| % tuinbouw | 2.124 | 0.08 | 25.37 | 0.72 | | |
| % winterbedekking | -2.143 | -0.46 | -0.7825 | -0.15 | | |
| Index kg-opbrengst | 23.05 | 4.71*** | 22.52 | 4.09*** | 78-137 | 1329 |
| Fosfaat GVE | -831.27 | -2.90*** | -668.52 | -1.31 | 0-2.97 | -1986 |
| <i>Bedrijfsvoering</i> | | | | | | |
| N-gift kunstmest | 0.3756 | 0.31 | 0.01 | 0.01 | | |
| N-gift dierlijke mest | 0.9398 | 1.31 | 1.644 | 1.83* | | |
| % N-emissie | -33.37 | -2.25** | -34.01 | -1.97* | 0-25 | -850 |
| <i>Overige</i> | | | | | | |
| Constante | -3181.43 | -5.15*** | -2955.29 | -3.90*** | 0-0 | 0 |
| Hausman-test | | | | | | |
| | | | 0.934 | | | |
| R2-within | 0.25 | | 0.26 | | | |
| R2-between | | | 0.00 | | | |
| R2-overall | 0.30 | | 0.03 | | | |

* P tussen 0.05 en 0.10: de coëfficiënt wijkt met minimaal 90% betrouwbaarheid van 0 af.

** P tussen 0.01 en 0.05: de coëfficiënt wijkt met minimaal 95% betrouwbaarheid van 0 af.

*** P < 0.01: de coëfficiënt wijkt met minimaal 99% betrouwbaarheid van 0 af.

Bij $P < 0.05$ voor de Hausman-test schat het RE model met 95% betrouwbaarheid niet zuiver.

Bron: Berekeningen met pakket Stata op LMM-gegevens 1991-2009.

Tabel 5.3 geeft modellen voor het netto bedrijfsresultaat per ha weer. Het netto-bedrijfsresultaat is het verschil tussen alle opbrengsten uit het bedrijf en alle kosten van het bedrijf. Ook berekende kosten voor niet-uitbetaalde arbeid en niet-uitbetaalde rente maken deel van alle kosten.

Ook hier moet op basis van de Hausman-test het Hausman-Taylor-model in plaats van het RE-model gebruikt worden. De percentages verklaarde variantie zijn duidelijk kleiner dan bij het bodemoverschot voor stikstof en liggen meer in lijn met die bij het akkerbouwsaldo per ha.

De samenstelling van het bouwplan is niet van invloed op het netto-bedrijfsresultaat per ha. Ook de bemesting speelt geen rol. Bedrijfsomvang, fysieke gewasopbrengst, de aanwezigheid van vee en het aandeel van de meststikstof dat vervluchtigt, verklaren wel een deel van de verschillen in netto-bedrijfsresultaat per ha. De samenhang tussen bedrijfsomvang en netto-bedrijfsresultaat bleek ook sterk te zijn gegeven de correlaties in tabel 4.11. Het aandeel van de stikstof in mest die vervluchtigt, is nogal opvallend als verklarende variabele in het netto-bedrijfsresultaat, vooral omdat de coëfficiënt negatief is: bij meer emissie zou de toepassing van eenvoudiger uitrijdmethoden worden verwacht die goedkoper zijn. De verklaring is dat in geval van meer emissie er meer (kunst)mest nodig is om hetzelfde bemestingsniveau qua stikstof te halen.

5.4 Analyse nitraatconcentraties

Voor de verklaring van de nitraatconcentraties zijn twee regressiemodellen opgesteld. Het eerste model, in tabel 5.4, heeft dezelfde verklarende variabelen als voor het stikstofbodemoverschot, het akkerbouwsaldo per ha en het netto-bedrijfsresultaat per ha.

Uit onderzoek (onder andere Daatselaar et al., 2010) blijkt dat de nitraatconcentraties ook aanzienlijk door bodemkenmerken en het neerslagpatroon worden beïnvloed. In het tweede model, in tabel 5.5, zijn daarom ook het percentage moerige grond, de verdunningsfactor en het percentage grond met Gt7 of Gt8 als verklarende variabelen opgenomen.

Bij beide modellen voor de nitraatconcentraties op akkerbouwbedrijven op zandgrond geeft de Hausman-test aan dat het RE-model toegepast kan worden. De cijfers in tabel 5.4 laten zien dat bouwplan en bemesting de nitraatconcentraties significant beïnvloeden. De invloed van de N-gift per ha uit kunstmest is groter dan die van de (totale) N-gift per ha met dierlijke mest. De in tabel 5.4 weergegeven variabelen verklaren niet meer dan 19% van de variantie in de nitraatconcentratie.

Toevoegen van bodemkenmerken en de verdunningsfactor verhoogt het percentage verklaarde variantie van 19% naar 27% zoals in tabel 5.5 is te zien. Dit komt vooral voor rekening van de verdunningsfactor en een klein beetje door het percentage moerige grond.

Tabel 5.4

Coëfficiënten en *t*-waarden voor significant ($P < 0,10$ in het RE-model) verklarende variabelen van het nitraatgehalte in het grondwater in mg/l, geschat volgens het RE- en het FE-model en de range 5-95% met het effect volgens het FE-model: akkerbouwbedrijven op zandgrond ($N = 242$).

| | RE-model | | FE-model | | Range 5-95% | Effect |
|------------------------------------|-------------|---------|-------------|--------|-------------|--------|
| | Coëfficiënt | T | Coëfficiënt | T | | |
| <i>Bedrijfstructuur/inrichting</i> | | | | | | |
| NGE | 0.0129 | 0.23 | -0.0528 | -0.28 | | |
| % snijmais | 0.1973 | 0.35 | 0.5335 | 0.72 | | |
| % consumptie-aardappelen | 0.405 | 0.74 | 2.417 | 1.95* | | |
| % zetmeelaardappelen | -0.5358 | -1.97** | 0.2521 | 0.52 | 0-75 | 19 |
| % zomergerst | -0.4803 | -1.88* | 0.0629 | 0.17 | 0-77 | 5 |
| % suikerbieten | -0.398 | -0.93 | -0.7054 | -0.95 | | |
| % tuinbouw | 0.7393 | 0.34 | -1.939 | -0.66 | | |
| % winterbedekking | -0.0786 | -0.20 | -0.1996 | -0.44 | | |
| Index kg-opbrengst | -0.0207 | -0.05 | 0.1146 | 0.25 | | |
| Fosfaat GVE | -23.35 | -1.17 | -54.94 | -1.28 | | |
| <i>Bedrijfsvoering</i> | | | | | | |
| N-gift kunstmest | 0.155 | 1.65* | 0.3155 | 2.51** | 4-225 | 70 |
| N-gift dierlijke mest | 0.1184 | 2.11** | 0.1357 | 1.79* | 0-335 | 45 |
| % N-emissie | 2.834 | 2.26** | 1.669 | 1.15 | 0-25 | 42 |
| <i>Overige</i> | | | | | | |
| Constante | 70.65 | 1.48 | 22.68 | 0.36 | | |
| Hausman-test | | | 0.2113 | | | |
| R2-within | 0.06 | | 0.12 | | | |
| R2-between | 0.23 | | 0.03 | | | |
| R2-overall | 0.19 | | 0.01 | | | |

* P tussen 0.05 en 0.10: de coëfficiënt wijkt met minimaal 90% betrouwbaarheid van 0 af.

** P tussen 0.01 en 0.05: de coëfficiënt wijkt met minimaal 95% betrouwbaarheid van 0 af.

*** P < 0.01: de coëfficiënt wijkt met minimaal 99% betrouwbaarheid van 0 af.

Bij $P < 0.05$ voor de Hausman-test schat het RE model met 95% betrouwbaarheid niet zuiver.

Bron: Berekeningen met pakket Stata op LMM-gegevens 1991-2009.

In regressie-analyse wordt uitgegaan van lineaire verbanden tussen de verklarende variabelen en de te verklaren variabele. Niet-lineaire verbanden kunnen echter ook aanwezig zijn. In het geval van de nitraatconcentratie als te verklaren variabele zijn daarom ook de kwadraten van de N-gift in kg per ha via kunstmest en van de N-gift in kg per ha via dierlijke mest nog opgenomen in een regressie naast de variabelen in tabel 5.5. De coëfficiënten van deze twee extra variabelen blijken echter totaal niet significant van nul af te wijken en ook het percentage verklaarde variantie, de R^2 , stijgt niet.

Tabel 5.5

Coëfficiënten en *t*-waarden voor significant ($P < 0,10$ in het RE-model) verklarende variabelen van het nitraatgehalte in het grondwater in mg/l, geschat volgens het RE- en het FE-model en de range 5-95% met het effect volgens het FE-model: akkerbouwbedrijven op zandgrond ($N = 242$).

| | RE-model | | FE-model | | | Effect |
|-------------------------------------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|--------|
| | Coëfficiënt | T | Coëfficiënt | T | Range 5-95% | |
| <i>Bedrijfsstructuur/inrichting</i> | | | | | | |
| % moerige grond | 15.32 | 0.81 | -165.75 | -2.02** | 0-1 | -166 |
| % GT7 en GT8 | 47.9 | 2.22** | -23.72 | -0.33 | | |
| NGE | -0.0165 | -0.30 | -0.0323 | -0.20 | | |
| % snijmais | -0.5042 | -0.99 | -0.6191 | -0.99 | | |
| % consumptie-aardappelen | 0.6808 | 1.34 | 1.922 | 1.87* | | |
| % zetmeelaardappelen | -0.3994 | -1.58 | 0.1265 | 0.32 | | |
| % zomergerst | -0.4679 | -2.08** | -0.0888 | -0.30 | 0-77 | -7 |
| % suikerbieten | 0.0033 | 0.01 | 0.0466 | 0.08 | | |
| % tuinbouw | 1.285 | 0.67 | -0.2029 | -0.08 | | |
| % winterbedekking | 0.0287 | 0.09 | -0.0148 | -0.04 | | |
| Index kg-opbrengst | -0.192 | -0.54 | -0.0394 | -0.10 | | |
| Fosfaat GVE | -9.624 | -0.54 | -30.6 | -0.86 | | |
| <i>Bedrijfsvoering</i> | | | | | | |
| N-gift kunstmest | 0.1662 | 2.02** | 0.2097 | 1.99** | 4-225 | 46 |
| N-gift dierlijke mest | 0.0967 | 1.97** | 0.0984 | 1.57 | 0-335 | 33 |
| % N-emissie | 1.479 | 1.37 | 0.7541 | 0.63 | | |
| <i>Overige</i> | | | | | | |
| Verdunningsfactor | 50.76 | 8.84*** | 53.02 | 8.72*** | 0.53-1.68 | 61 |
| Constante | 16.56 | 0.39 | 38.99 | 0.68 | | |
| <i>Hausman-test</i> | | | | | | |
| Hausman-test | | | 0.1215 | | | |
| R2-within | 0.38 | | 0.42 | | | |
| R2-between | 0.29 | | 0.01 | | | |
| R2-overall | 0.27 | | 0.03 | | | |

* P tussen 0.05 en 0.10: de coëfficiënt wijkt met minimaal 90% betrouwbaarheid van 0 af.

** P tussen 0.01 en 0.05: de coëfficiënt wijkt met minimaal 95% betrouwbaarheid van 0 af.

*** P < 0.01: de coëfficiënt wijkt met minimaal 99% betrouwbaarheid van 0 af.

Bij $P < 0.05$ voor de Hausman-test schat het RE model met 95% betrouwbaarheid niet zuiver.

Bron: Berekeningen met pakket Stata op LMM-gegevens 1991-2009.

Nitraatconcentratie uit stikstofbodemoverschot en stikstofbedrijfsoverschot

Gegeven het schema in paragraaf 1.3 kan ook het stikstofbodemoverschot in kg/ha als een verklarende variabele voor de nitraatconcentratie optreden. Het stikstofbodemoverschot incorporeert dan de bedrijfsstructuur en de bedrijfsvoering. Tabel 5.6 geeft de regressieresultaten voor akkerbouwbedrijven op zandgrond met de nitraatconcentratie als te verklaren variabele.

In de plaats van het stikstofbodemoverschot in kg/ha kan ook het stikstofbedrijfsoverschot als een verklarende variabele voor de nitraatconcentratie optreden. In tabel 5.7 staan de resultaten hiervan

voor akkerbouwbedrijven op zandgrond. Het stikstofbodemoverschot (tabel 5.6) verklaart de nitraatconcentratie ongeveer even goed als het stikstofbedrijfsoverschot (tabel 5.7) bij akkerbouwbedrijven op zandgrond. Het stikstofbodemoverschot verschilt van het stikstofbedrijfsoverschot doordat in het stikstofbodemoverschot depositie en N-binding via vlinderbloemigen worden bijgeteld en ammoniakemissie wordt afgetrokken. Omdat depositie niet veel variatie vertoont en fixatie en ammoniakemissie niet groot zijn, gemeten in kg stikstof per ha, zal de variantie in het stikstofbodemoverschot ook grotendeels gelijk zijn aan de variantie in het stikstofbedrijfsoverschot.

Tabel 5.6

Coëfficiënten en t-waarden voor significant ($P < 0,10$ in het RE-model) verklarende variabelen van het nitraatgehalte in het grondwater in mg/l, geschat volgens het RE- en het FE-model en de range 5-95% met het effect volgens het FE-model: akkerbouwbedrijven op zandgrond (N = 242).

| | RE-model | | FE-model | | Range 5-95% | Effect |
|------------------------------------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|--------|
| | Coëfficiënt | T | Coëfficiënt | T | | |
| <i>Bedrijfstructuur/inrichting</i> | | | | | | |
| % moerige grond | 3.297 | 0.18 | -155.99 | -1.94* | | |
| % GT7 en GT8 | 53.53 | 2.44** | -37.35 | -0.55 | | |
| <i>Bedrijfsvoering</i> | | | | | | |
| N-bodemovers/ha | 0.1157 | 2.63*** | 0.111 | 2.08** | 35-236 | 22 |
| <i>Overige</i> | | | | | | |
| Verdunningsfactor | 51.86 | 9.55*** | 54.07 | 9.55*** | | |
| Constante | -1.846 | -0.15 | 55.71 | 2.02** | | |
| <hr/> | | | | | | |
| Hausman-test | | | 0.2137 | | | |
| R2-within | 0.36 | | 0.38 | | | |
| R2-between | 0.14 | | 0.00 | | | |
| R2-overall | 0.14 | | 0.02 | | | |

* P tussen 0.05 en 0.10: de coëfficiënt wijkt met minimaal 90% betrouwbaarheid van 0 af.

** P tussen 0.01 en 0.05: de coëfficiënt wijkt met minimaal 95% betrouwbaarheid van 0 af.

*** P < 0.01: de coëfficiënt wijkt met minimaal 99% betrouwbaarheid van 0 af.

Bij $P < 0.05$ voor de Hausman-test schat het RE model met 95% betrouwbaarheid niet zuiver.

Bron: Berekeningen met pakket Stata op LMM-gegevens 1991-2009.

Vergelijken van de resultaten in de tabellen 5.5, 5.6 en 5.7 levert op dat zowel het stikstofbodemoverschot (tabel 5.6) als het stikstofbedrijfsoverschot (tabel 5.7) de nitraatconcentratie minder goed verklaren dan de set variabelen van bedrijfsstructuur en bedrijfsvoering die in de tabellen 5.1 tot en met 5.5 als verklarende variabelen zijn toegepast. De percentages verklaarde variantie zijn bij de stikstofoverschotten namelijk lager.

Tabel 5.7

Coëfficiënten en t-waarden voor significant ($P < 0,10$ in het RE-model) verklarende variabelen van het nitraatgehalte in het grondwater in mg/l, geschat volgens het RE- en het FE-model en de range 5-95% met het effect volgens het FE-model: akkerbouwbedrijven op zandgrond ($N = 242$).

| | RE-model | | FE-model | | Range 5-95% | Effect |
|------------------------------------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|--------|
| | Coëfficiënt | T | Coëfficiënt | T | | |
| <i>Bedrijfstructuur/inrichting</i> | | | | | | |
| % moerige grond | 3.441 | 0.19 | -162.56 | -2.03** | | |
| % GT7 en GT8 | 51.17 | 2.34** | -38.76 | -0.57 | | |
| <i>Bedrijfsvoering</i> | | | | | | |
| N-bedrijfsovers/ha | 0.119 | 2.87*** | 0.1192 | 2.34** | -4-221 | 27 |
| <i>Overige</i> | | | | | | |
| Verdunningsfactor | 51.7 | 9.55*** | 53.7 | 9.50*** | | |
| Constante | 1.946 | 0.17 | -162.56 | -2.03** | | |
| Hausman-test | | | | | | |
| | | | 0.1985 | | | |
| R2-within | 0.36 | | 0.38 | | | |
| R2-between | 0.14 | | 0.00 | | | |
| R2-overall | 0.15 | | 0.02 | | | |

* P tussen 0.05 en 0.10: de coëfficiënt wijkt met minimaal 90% betrouwbaarheid van 0 af.

** P tussen 0.01 en 0.05: de coëfficiënt wijkt met minimaal 95% betrouwbaarheid van 0 af.

*** P < 0.01: de coëfficiënt wijkt met minimaal 99% betrouwbaarheid van 0 af.

Bij $P < 0.05$ voor de Hausman-test schat het RE model met 95% betrouwbaarheid niet zuiver.

Bron: Berekeningen met pakket Stata op LMM-gegevens 1991-2009.

Tabel 5.8

Coëfficiënten en t-waarden voor significant ($P < 0,10$ in het RE-model) verklarende variabelen van het nitraatgehalte in het grondwater in mg/l, geschat volgens het RE- en het FE-model en de range 5-95% met het effect volgens het FE-model: akkerbouwbedrijven op zandgrond ($N = 242$).

| | RE-model | | FE-model | | Range 5-95% | Effect |
|------------------------------------|-------------|----------|-------------|---------|-------------|--------|
| | Coëfficiënt | T | Coëfficiënt | T | | |
| <i>Bedrijfstructuur/inrichting</i> | | | | | | |
| % moerige grond | 3.251 | 0.18 | -333.08 | -1.43 | | |
| % GT7 en GT8 | 55.81 | 2.56** | -206.78 | -1.30 | | |
| <i>Bedrijfsvoering</i> | | | | | | |
| N-bodemovers/ha | 0.1157 | 2.66*** | 0.0586 | 0.34 | 35-236 | 12 |
| N-bodemovers/ha t-1 | 0.0069 | 1.75* | -0.0605 | -0.34 | 14- 205 | -12 |
| N-bodemovers/ha t-2 | -0.0131 | -2.86*** | -0.0815 | -0.44 | 10- 180 | -14 |
| <i>Overige</i> | | | | | | |
| Verdunningsfactor | 51.26 | 9.52*** | 36.09 | 1.94* | | |
| Constante | 3.251 | 0.18 | -162.56 | -2.03** | | |
| Hausman-test | | | | | | |
| | | | 0.4824 | | | |
| R2-within | 0.10 | | 0.17 | | | |
| R2-between | 0.09 | | 0.04 | | | |
| R2-overall | 0.10 | | 0.06 | | | |

* P tussen 0.05 en 0.10: de coëfficiënt wijkt met minimaal 90% betrouwbaarheid van 0 af

** P tussen 0.01 en 0.05: de coëfficiënt wijkt met minimaal 95% betrouwbaarheid van 0 af

*** P < 0.01: de coëfficiënt wijkt met minimaal 99% betrouwbaarheid van 0 af

Bij $P < 0.05$ voor de Hausman-test schat het RE model met 95% betrouwbaarheid niet zuiver

Bron: Berekeningen met pakket Stata op LMM-gegevens 1991-2009

Tabel 5.8 gaat in op de effecten van voorgaande jaren op de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater bij akkerbouwbedrijven op zandgrond. Tabel 5.8 geeft, in aanvulling op tabel 5.6, ook de coëfficiënten weer van het stikstofbodemoverschot van twee en drie jaar voor de meting van de nitraatconcentratie. De eerdere stikstofbodemoverschotten dragen wel significant bij aan de verklaring van de nitraatconcentratie maar lijken het effect van het stikstofbodemoverschot, direct voorafgaand aan de meting van de nitraatconcentratie, te verzwakken. Het percentage verklaarde variantie stijgt dan ook nauwelijks, van 14% naar 15% (tabel 5.7 vs tabel 5.8).

5.5 Samenvatting bedrijfsvoering, economie en mineralen voor akkerbouwbedrijven op zandgrond

De resultaten van de regressies in de voorgaande paragrafen geven aan welke maatregelen welke effecten sorteren. In tabel 5.9 is dat bij elkaar gebracht. De resultaten in deze tabel zijn gebaseerd op de uitkomsten van de FE-modellen: deze modellen weerspiegelen de variatie binnen de bedrijven waardoor de FE-modellen de eventuele mogelijkheden voor de akkerbouwers scherper weergeven dan de RE-modellen. De range in tabel 5.9 geeft de grenzen aan waarbinnen 90% van de waarnemingen zich bevindt voor de betreffende variabelen en de andere getallen per variabele geven de bandbreedte aan: zo is de coëfficiënt voor het aantal nge bij het saldo 4,243 (tabel 5.2, FE-model) wat als bandbreedte $4,243 \times (292-20) = 1154$ geeft. In kleur is aangegeven of het effect gunstig (groen) of ongunstig (oranje) is. Per verklarende variabele gaat het om een ceteris paribus-veronderstelling: een hogere fysieke opbrengst per ha van de gewassen is bijvoorbeeld voor drie van de vier genoemde variabelen in tabel 5.9 gunstig mits dat bijvoorbeeld geen extra gebruik van stikstofkunstmest betekent want die hogere gift van stikstofkunstmest is meestal juist ongunstig.

Tabel 5.9

Verklarende variabelen voor het stikstofbodemoverschot per ha, saldo akkerbouw en netto-bedrijfsresultaat per ha en de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater in mg/l met de range 5-95% en het effect volgens het FE-model tussen die 5 en 95%: akkerbouwbedrijven op zandgrond (N = 242).

| | | Bodem-overschot | Saldo | Netto bedrijfsresultaat | Nitraatconcentratie |
|------------------------------------|-------------|-----------------|-------|-------------------------|---------------------|
| Verklarende variabele | Range 5-95% | Kg N/ha | €/ha | €/ha | mg/l |
| Percentage verklaarde variantie | | 76 | 24 | 26 | 12 |
| <i>Bedrijfstructuur/inrichting</i> | | | | | |
| Aantal NGE | 20-292 | | 1154 | 412 | |
| % snijmais | 0-20 | | | | |
| % consumptieaardappelen | 0-34 | | | | |
| % zetmeelaardappelen | 0-60 | 1 | | | |
| % zomergerst | 0-43 | | -115 | | -4 |
| % suikerbieten | 0-39 | -17 | 579 | | |
| % tuinbouw | 0-5 | 5 | | | |
| % winterbedekking | 0-27 | | | | |
| Index kg-opbrengst | 87-115 | -36 | 337 | 631 | |
| Fosfaat GVE | 0-0,71 | | -193 | -475 | |
| <i>Bedrijfsvoering</i> | | | | | |
| N-gift kunstmest | 20-159 | 133 | | | 29 |
| N-gift dierlijke mest | 32-232 | 179 | | | 20 |
| % N-emissie | 1-8,6 | | | -258 | |

Bron: Berekeningen met pakket Stata op LMM-gegevens 1991-2009.

Samengevat betekent dit het volgende:

1. De set gekozen variabelen (bedrijfsvoering en bedrijfsstructuur) verklaart ongeveer 76% van de variantie in het stikstofbodemoverschot. Het stikstofbodemoverschot wordt in belangrijke mate verklaard door het bemestingsniveau (kunstmest en dierlijke mest) en het opbrengstniveau (geïndexeerd). Daarnaast speelt het percentage suikerbieten (lager overschot) en de percentages zetmeelaardappelen en tuinbouw (hoger overschot) een verklarende rol.
2. De verklaarde variantie bij de economische kengetallen (akkerbouwsaldo en netto bedrijfsresultaat) ligt met 24-26 % een stuk lager. De bedrijfsomvang en het geïndexeerde opbrengstniveau hebben een positief effect op zowel het saldo als het netto-bedrijfsresultaat. De aanwezigheid van een veehouderijtak heeft op beide variabelen een negatief effect. Daarnaast is er een positief effect van het percentage suikerbieten een negatief effect van het percentage zomergerst op het saldo en een negatief effect van het percentage N-emissie op het netto-bedrijfsresultaat.
3. De gekozen set variabelen (bedrijfsvoering en bedrijfsstructuur) verklaart slechts 12-19% van de variantie in de gemeten nitraatconcentraties. Als ook omgevingsfactoren in het model worden opgenomen stijgt de verklaarde variantie naar 27-42 %. Het bemestingsniveau (kunstmest en dierlijke mest) heeft een verhogend effect evenals de verdunningsfactor en het percentage droge gronden. Het percentage moerige grond en het percentage zomergerst hebben een verlagend effect.
4. Het vervangen van de gekozen set variabelen door stikstofoverschotten (bedrijfsoverschot en/of bodemoverschot) verlaagt het percentage verklaarde variantie. Het toevoegen van overschotten in voorafgaande jaren (t-2, t-3) geeft een zeer beperkte verhoging van het percentage verklaarde variantie.

6 Resultaten akkerbouwbedrijven kleigrond

6.1 Inleiding

Dit hoofdstuk behandelt de resultaten van de regressies voor akkerbouwbedrijven op kleigrond. Het stikstofbodemoverschot, het fosfaatbodemoverschot, het saldo en het netto-bedrijfsresultaat per ha en de nitraatconcentratie in het drainwater worden verklaard uit een reeks variabelen, voortgekomen uit hoofdstuk 3 en de correlaties in paragraaf 4.6. Op basis van de correlaties in paragraaf 4.6 zou een kleiner aantal verklarende variabelen gekozen kunnen worden maar voor een vollediger beeld is deze reductie niet doorgevoerd.

6.2 Analyse bodemoverschotten per hectare

Tabel 6.1

Coëfficiënten en t-waarden voor significant ($P < 0,10$ in het RE-model) verklarende variabelen van het stikstofbodemoverschot in kg/ha, geschat volgens het RE- en het FE-model en de range 5-95% met het effect volgens het FE-model: akkerbouwbedrijven op kleigrond (N = 223).

| | RE-model | | FE-model | | | Effect |
|------------------------------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|--------|
| | Coëfficiënt | T | Coëfficiënt | T | Range 5-95% | |
| <i>Bedrijfstructuur/inrichting</i> | | | | | | |
| NGE | 0.0248 | 0.77 | 0.0746 | 0.72 | | |
| % snijmais | -4.159 | -3.25*** | 6.191 | 1.37 | 0-7 | 43 |
| % consumptieaardappelen | -0.4987 | -1.74* | 0.1127 | 0.17 | 0-37 | 4 |
| % pootaardappelen | -0.4169 | -1.80* | 0.214 | 0.36 | 0-43 | 9 |
| % wintertarwe | -0.6586 | -4.48*** | -0.3517 | -1.61 | 0-63 | -22 |
| % suikerbieten | -0.353 | -0.85 | -0.1614 | -0.21 | | |
| % tuinbouw | -1.275 | -0.69 | -4.392 | -1.20 | | |
| Index kg-opbrengst | -1.215 | -4.26*** | -0.9186 | -2.58** | 86-116 | -28 |
| Fosfaat GVE | 23.06 | 2.03** | -68.66 | -0.94 | 0-0.92 | -63 |
| <i>Bedrijfsvoering</i> | | | | | | |
| N-gift kunstmest | 0.9083 | 15.14*** | 0.9624 | 11.17*** | 72-225 | 147 |
| N-gift dierlijke mest | 0.8903 | 24.70*** | 0.8842 | 19.29*** | 0-200 | 177 |
| % N-emissie | -1.076 | -1.53 | -1.388 | -1.72* | | |
| <i>Overige</i> | | | | | | |
| Constante | 84.95 | 2.76*** | 18.52 | 0.42 | | |
| Hausman-test | | | | | | |
| | | | 0.127 | | | |
| R2-within | 0.75 | | 0.77 | | | |
| R2-between | 0.89 | | 0.60 | | | |
| R2-overall | 0.83 | | 0.68 | | | |

* P tussen 0.05 en 0.10: de coëfficiënt wijkt met minimaal 90% betrouwbaarheid van 0 af.

** P tussen 0.01 en 0.05: de coëfficiënt wijkt met minimaal 95% betrouwbaarheid van 0 af.

*** P < 0.01: de coëfficiënt wijkt met minimaal 99% betrouwbaarheid van 0 af.

Bij $P < 0.05$ voor de Hausman-test schat het RE model met 95% betrouwbaarheid niet zuiver.

Bron: Berekeningen met pakket Stata op LMM-gegevens 1991-2009.

Tabel 6.1 geeft de uitkomsten van het regressiemodel weer voor het stikstofbodemoverschot per hectare. Bij de toetsing met de Hausman-test voor het in tabel 6.1 weergegeven model blijkt het RE-

model zuiver te schatten. De in tabel 6.1 aangegeven verklarende variabelen verklaren een groot deel van de variantie in het stikstofbodemoverschot per ha bij akkerbouwbedrijven op kleigrond. Het RE-model verklaart 83% van de variantie in het stikstofbodemoverschot en het FE-model 77%.

De percentages snijmais, consumptieaardappelen, pootaardappelen en wintertarwe in het bouwplan, het fysieke opbrengstniveau van de gewassen, de veebezetting, de N-gift per ha via kunstmest en de N-gift per ha via dierlijke mest hebben volgens de schatting met het RE-model significant van 0 afwijkende coëfficiënten. Deze variabelen dragen wel bij tot de verklaring van het stikstofbodemoverschot, maar dat geldt niet voor de overige variabelen in tabel 6.1. Daarbij zijn de effecten van de N-gift per ha via kunstmest en de N-gift per ha via dierlijke mest het grootst. Deze resultaten stemmen grotendeels overeen met de in tabel 4.12 weergegeven correlaties.

6.3 Analyse economische resultaten per hectare

Tabel 6.2

Coëfficiënten en t-waarden voor significant ($P < 0,10$ in het HT-model) verklarende variabelen van het akkerbouwsaldo in €/ha, geschat volgens het HT- en het FE-model en de range 5-95% met het effect volgens het FE-model: akkerbouwbedrijven op kleigrond ($N = 223$).

| | HT-model | | FE-model | | | |
|------------------------------------|-------------|---------|-------------|-------|-------------|--------|
| | Coëfficiënt | T | Coëfficiënt | T | Range 5-95% | Effect |
| <i>Bedrijfstructuur/inrichting</i> | | | | | | |
| NGE | -0.2747 | -0.18 | -1.178 | -0.35 | | |
| % snijmais | 31.04 | 0.52 | 102.16 | 0.70 | | |
| % consumptieaardappelen | 33.48 | 2.80*** | 6.699 | 0.31 | 0-37 | 248 |
| % pootaardappelen | 48.24 | 4.70*** | 25.33 | 1.31 | 0-43 | 1089 |
| % wintertarwe | 5.925 | 0.98 | 11.3 | 1.61 | | |
| % suikerbieten | 12.72 | 0.75 | 24.88 | 1.01 | | |
| % tuinbouw | 118.64 | 1.74* | 36.36 | 0.31 | 0-3 | 109 |
| Index kg-opbrengst | 10.42 | 1.02 | 6.049 | 0.53 | | |
| Fosfaat GVE | -172.72 | -0.32 | 530.67 | 0.23 | | |
| <i>Bedrijfsvoering</i> | | | | | | |
| N-gift kunstmest | -0.3916 | -0.18 | 1.043 | 0.38 | | |
| N-gift dierlijke mest | 0.263 | 0.22 | -0.3428 | -0.23 | | |
| % N-emissie | -41.11 | -1.85* | -37.28 | -1.44 | 1-12.6 | -432 |
| <i>Overige</i> | | | | | | |
| Constante | 105.74 | 0.09 | 611.9 | 0.43 | | |
| Hausman-test | | | | | | |
| | | | 0.500 | | | |
| R2-within | 0.02 | | 0.05 | | | |
| R2-between | | | 0.10 | | | |
| R2-overall | 0.45 | | 0.06 | | | |

* P tussen 0.05 en 0.10: de coëfficiënt wijkt met minimaal 90% betrouwbaarheid van 0 af.

** P tussen 0.01 en 0.05: de coëfficiënt wijkt met minimaal 95% betrouwbaarheid van 0 af.

*** P < 0.01: de coëfficiënt wijkt met minimaal 99% betrouwbaarheid van 0 af.

Bij $P < 0.05$ voor de Hausman-test schat het RE model met 95% betrouwbaarheid niet zuiver.

Bron: Berekeningen met pakket Stata op LMM-gegevens 1991-2009.

Tabel 6.2 geeft modellen voor het akkerbouwsaldo in euro per ha weer. Bij de toetsing met de Hausman-test voor het in tabel 6.2 weergegeven model blijkt het RE-model niet zuiver te schatten, dus is de Hausman-Taylor-methode toegepast.

In het akkerbouwsaldo spelen de percentages consumptieaardappelen, pootaardappelen en akkerbouwmatige tuinbouwgewassen in het bouwplan en het percentage N-emissie van de

toegediende stikstof een rol. Meer consumptieaardappelen, pootaardappelen of akkerbouwmatige tuinbouwgewassen pakken gunstig uit voor het akkerbouwsaldo evenals minder N-emissie. In tegenstelling tot bij het bodemoverschot voor stikstof draagt de bemesting weinig of niet bij aan de verklaring van het akkerbouwsaldo.

Tabel 6.3

Coëfficiënten en t-waarden voor significant ($P < 0,10$ in het RE-model) verklarende variabelen van netto-bedrijfsresultaat in €/ha, geschat volgens het RE- en het FE-model en de range 5-95% met het effect volgens het FE-model: akkerbedrijven op kleigrond ($N = 223$).

| | RE-model | | FE-model | | Range 5-95% | Effect |
|------------------------------------|-------------|----------|-------------|-------|-------------|--------|
| | Coëfficiënt | T | Coëfficiënt | T | | |
| <i>Bedrijfstructuur/inrichting</i> | | | | | | |
| NGE | 4.996 | 5.16*** | 0.6689 | 0.19 | 27-332 | 204 |
| % snijmais | -10.41 | -0.26 | 71.72 | 0.47 | | |
| % consumptieaardappelen | 1.484 | 0.17 | -1.677 | -0.07 | | |
| % pootaardappelen. | 1.47 | 0.21 | 0.1138 | 0.01 | | |
| % wintertarwe | 7.122 | 1.53 | 12.52 | 1.69* | | |
| % suikerbieten | 18.24 | 1.40 | 18.15 | 0.70 | | |
| % tuinbouw | 41.67 | 0.70 | 24.83 | 0.20 | | |
| Index kg-opbrengst | 29.37 | 3.15*** | 8.207 | 0.68 | 86-116 | 246 |
| Fosfaat GVE | -545.38 | -1.58 | 310.89 | 0.13 | | |
| <i>Bedrijfsvoering</i> | | | | | | |
| N-gift kunstmest | -1.833 | -0.95 | 0.6606 | 0.23 | | |
| N-gift dierlijke mest | 1.602 | 1.37 | 0.3145 | 0.20 | | |
| % N-emissie | -37.41 | -1.61 | -33.36 | -1.22 | | |
| <i>Overige</i> | | | | | | |
| Constante | -4126.56 | -4.12*** | -1884.86 | -1.26 | | |
| Hausman-test | | | | | | |
| | | | 0.1898 | | | |
| R2-within | 0.01 | | 0.04 | | | |
| R2-between | 0.50 | | 0.08 | | | |
| R2-overall | 0.25 | | 0.02 | | | |

* P tussen 0.05 en 0.10: de coëfficiënt wijkt met minimaal 90% betrouwbaarheid van 0 af.

** P tussen 0.01 en 0.05: de coëfficiënt wijkt met minimaal 95% betrouwbaarheid van 0 af.

*** P < 0.01: de coëfficiënt wijkt met minimaal 99% betrouwbaarheid van 0 af.

Bij $P < 0.05$ voor de Hausman-test schat het RE model met 95% betrouwbaarheid niet zuiver.

Bron: Berekeningen met pakket Stata op LMM-gegevens 1991-2009.

De percentages verklaarde variantie zijn duidelijk lager dan bij het stikstofbodemoverschot. Prijzen spelen daarin een grote rol maar prijzen zijn moeilijk in te brengen in de regressiemodellen. De prijseffecten op het akkerbouwsaldo hangen onder andere samen met de aandelen van gewassen in het bouwplan maar, zeker bij aardappelen en granen, met de klassen of de kwaliteit van de gewassen.

Tabel 6.3 geeft modellen voor het netto bedrijfsresultaat per ha weer. Hier mag op basis van de Hausman-test het RE-model gebruikt worden. De percentages verklaarde variantie zijn duidelijk kleiner dan bij de bodemoverschotten en liggen meer in lijn met die bij het akkerbouwsaldo per ha.

De samenstelling van het bouwplan is niet van invloed op het netto-bedrijfsresultaat per ha. Ook de bemesting speelt geen rol. Bedrijfsomvang en fysieke gewasopbrengst verklaren wel een deel van de verschillen in netto-bedrijfsresultaat per ha.

6.4 Analyse nitraatconcentraties

Voor de verklaring van de nitraatconcentraties zijn twee regressiemodellen opgesteld. Het eerste model, in tabel 6.4, heeft dezelfde verklarende variabelen als voor de nutriëntenoverschotten, het akkerbouwsaldo per ha en het netto-bedrijfsresultaat per ha.

Uit onderzoek (onder andere Daatselaar et al., 2010) blijkt dat de nitraatconcentraties ook aanzienlijk door bodemkenmerken en het neerslagpatroon worden beïnvloed. In het tweede model, in tabel 6.5, zijn daarom ook het percentage in water oplosbare organische stof (DOC), de verdunningsfactor en het percentage grond met Gt7 of Gt8 als verklarende variabelen opgenomen.

Tabel 6.4

Coëfficiënten en t-waarden voor significant ($P < 0,10$ in het RE-model) verklarende variabelen van het nitraatgehalte in het drainwater in mg/l, geschat volgens het RE- en het FE-model en de range 5-95% met het effect volgens het FE-model: akkerbedrijven op kleigrond ($N = 223$).

| | RE-model | | FE-model | | Range 5-95% | Effect |
|------------------------------------|-------------|--------|-------------|-------|-------------|--------|
| | Coëfficiënt | T | Coëfficiënt | T | | |
| <i>Bedrijfstructuur/inrichting</i> | | | | | | |
| NGE | -0.0245 | -0.58 | -0.1135 | -1.25 | | |
| % snijmais | 2.677 | 1.64 | 2.381 | 0.61 | | |
| % consumptieaardappelen. | 0.1833 | 0.54 | 0.0674 | 0.12 | | |
| % pootaardappelen | -0.1723 | -0.59 | 0.2768 | 0.53 | | |
| % wintertarwe | -0.2027 | -1.30 | -0.1982 | -1.04 | | |
| % suikerbieten | 0.3995 | 0.83 | 0.5715 | 0.86 | | |
| % tuinbouw | 0.9537 | 0.48 | 0.6654 | 0.21 | | |
| Index kg-opbrengst | 0.0998 | 0.36 | -0.089 | -0.29 | | |
| Fosfaat GVE | -2.622 | -0.17 | 93.46 | 1.47 | | |
| <i>Bedrijfsvoering</i> | | | | | | |
| N-gift kunstmest | 0.1381 | 2.21** | 0.1339 | 1.79* | 72-225 | 20 |
| N-gift dierlijke mest | 0.0084 | 0.23 | -0.0258 | -0.65 | | |
| % N-emissie | 0.2576 | 0.39 | 0.6022 | 0.86 | | |
| <i>Overige</i> | | | | | | |
| Constante | 18.43 | 0.59 | 39.3 | 1.03 | | |
| Hausman-test | | | | | | |
| | | | 0.1034 | | | |
| R2-within | 0.04 | | 0.08 | | | |
| R2-between | 0.15 | | 0.00 | | | |
| R2-overall | 0.13 | | 0.00 | | | |

* P tussen 0.05 en 0.10: de coëfficiënt wijkt met minimaal 90% betrouwbaarheid van 0 af.

** P tussen 0.01 en 0.05: de coëfficiënt wijkt met minimaal 95% betrouwbaarheid van 0 af.

*** P < 0.01: de coëfficiënt wijkt met minimaal 99% betrouwbaarheid van 0 af.

Bij $P < 0.05$ voor de Hausman-test schat het RE model met 95% betrouwbaarheid niet zuiver.

Bron: Berekeningen met pakket Stata op LMM-gegevens 1991-2009.

Bij beide modellen voor de nitraatconcentraties op akkerbouwbedrijven op kleigrond geeft de Hausman-test aan dat het RE-model toegepast kan worden. De cijfers in tabel 6.4 laten zien dat alleen de bemesting met kunstmeststikstof de nitraatconcentraties significant beïnvloedt. Het percentage verklaarde variantie is niet meer dan 13.

Toevoegen van bodemkenmerken en de verdunningsfactor verhoogt het percentage verklaarde variantie van 13% naar 24% zoals in tabel 6.5 is te zien. Dit komt vooral door de verdunningsfactor.

Omdat de ondernemer deze variabele echter niet kan beïnvloeden staan er geen range en effect bij deze variabele in tabel 6.5.

Tabel 6.5

Coëfficiënten en t-waarden voor significant ($P < 0,10$ in het RE-model) verklarende variabelen van het nitraatgehalte in het drainwater in mg/l, geschat volgens het RE- en het FE-model en de range 5-95% met het effect volgens het FE-model: akkerbedrijven op kleigrond ($N = 223$).

| | RE-model | | FE-model | | Range 5-95% | Effect |
|-------------------------------------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|--------|
| | Coëfficiënt | T | Coëfficiënt | T | | |
| <i>Bedrijfsstructuur/inrichting</i> | | | | | | |
| DOC | -0.6626 | -1.50 | -0.4702 | -0.63 | | |
| % GT7 en GT8 | 19.69 | 1.29 | 177.32 | 1.55 | | |
| NGE | -0.0397 | -0.97 | -0.1321 | -1.51 | | |
| % snijmais | 2.14 | 1.33 | 2.297 | 0.61 | | |
| % consumptieaardappelen | 0.1137 | 0.35 | -0.2184 | -0.39 | | |
| <i>consumptieaardappelen</i> | | | | | | |
| % pootaardappelen | -0.1458 | -0.52 | 0.4504 | 0.89 | | |
| % wintertarwe | -0.1756 | -1.17 | -0.2183 | -1.17 | | |
| % suikerbieten | 0.258 | 0.56 | 0.6214 | 0.96 | | |
| % tuinbouw | 2.164 | 1.14 | 2.677 | 0.86 | | |
| Index kg-opbrengst | 0.1506 | 0.57 | 0.0462 | 0.15 | | |
| Fosfaat GVE | 1.156 | 0.08 | 46.09 | 0.73 | | |
| <i>Bedrijfsvoering</i> | | | | | | |
| N-gift kunstmest | 0.1296 | 2.15** | 0.1358 | 1.87* | 72-225 | 21 |
| N-gift dierlijke mest | 0.0131 | 0.39 | -0.0231 | -0.60 | | |
| % N-emissie | 0.5398 | 0.86 | 0.6619 | 0.98 | | |
| <i>Overige</i> | | | | | | |
| Verdunningsfactor | 27.71 | 4.68*** | 24.79 | 3.54*** | | |
| Constante | -9.04 | -0.30 | -11.12 | -0.28 | | |
| <i>Hausman-test</i> | | | | | | |
| Hausman-test | | | 0.553 | | | |
| R2-within | 0.13 | | 0.16 | | | |
| R2-between | 0.30 | | 0.04 | | | |
| R2-overall | 0.24 | | 0.04 | | | |

* P tussen 0.05 en 0.10: de coëfficiënt wijkt met minimaal 90% betrouwbaarheid van 0 af.

** P tussen 0.01 en 0.05: de coëfficiënt wijkt met minimaal 95% betrouwbaarheid van 0 af.

*** P < 0.01: de coëfficiënt wijkt met minimaal 99% betrouwbaarheid van 0 af.

Bij $P < 0.05$ voor de Hausman-test schat het RE model met 95% betrouwbaarheid niet zuiver.

Bron: Berekeningen met pakket Stata op LMM-gegevens 1991-2009.

In het geval van de nitraatconcentratie als te verklaren variabele zijn ook de kwadraten van de N-gift in kg per ha via kunstmest en van de N-gift in kg per ha via dierlijke mest nog opgenomen in een regressie naast de variabelen in tabel 6.5. De coëfficiënten van deze twee extra variabelen blijken echter totaal niet significant van nul af te wijken en ook het percentage verklaarde variantie, de R^2 , stijgt niet.

Nitraatconcentratie uit stikstofbodemoverschot en stikstofbedrijfsoverschot

Gegeven het schema in paragraaf 1.3 kan ook het stikstofbodemoverschot in kg/ha als een verklarende variabele voor de nitraatconcentratie optreden. Het stikstofbodemoverschot incorporeert dan de bedrijfsstructuur en de bedrijfsvoering. Tabel 6.6 geeft de regressieresultaten voor akkerbouwbedrijven op kleigrond met de nitraatconcentratie als te verklaren variabele.

Tabel 6.6

Coëfficiënten en t-waarden voor significant ($P < 0,10$ in het RE-model) verklarende variabelen van het nitraatgehalte in het grondwater in mg/l, geschat volgens het RE- en het FE-model en de range 5-95% met het effect volgens het FE-model: akkerbouwbedrijven op kleigrond ($N = 223$).

| | RE-model | | FE-model | | Range 5-95% | Effect |
|------------------------------------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|--------|
| | Coëfficiënt | T | Coëfficiënt | T | | |
| <i>Bedrijfstructuur/inrichting</i> | | | | | | |
| DOC | -0.6767 | -1.58 | -0.541 | -0.75 | | |
| % GT7 en GT8 | 23.88 | 1.65 | 118.66 | 1.07 | | |
| <i>Bedrijfsvoering</i> | | | | | | |
| N-bodemovers/ha | 0.0357 | 1.20 | -0.0017 | -0.05 | | |
| <i>Overige</i> | | | | | | |
| Verdunningsfactor | 28.36 | 4.81*** | 26.37 | 3.98*** | | |
| Constante | 20.19 | 1.99** | 11.77 | 0.68 | | |
| Hausman-test | | | | | | |
| | | | 0.1166 | | | |
| R2-within | 0.09 | | 0.10 | | | |
| R2-between | 0.20 | | 0.06 | | | |
| R2-overall | 0.14 | | 0.06 | | | |

* P tussen 0.05 en 0.10: de coëfficiënt wijkt met minimaal 90% betrouwbaarheid van 0 af.

** P tussen 0.01 en 0.05: de coëfficiënt wijkt met minimaal 95% betrouwbaarheid van 0 af.

*** P < 0.01: de coëfficiënt wijkt met minimaal 99% betrouwbaarheid van 0 af.

Bij $P < 0.05$ voor de Hausman-test schat het RE model met 95% betrouwbaarheid niet zuiver.

Bron: Berekeningen met pakket Stata op LMM-gegevens 1991-2009.

In de plaats van het stikstofbodemoverschot in kg/ha kan ook het stikstofbedrijfsoverschot als een verklarende variabele voor de nitraatconcentratie optreden. In tabel 6.7 staan de resultaten hiervan voor akkerbouwbedrijven op kleigrond.

Tabel 6.7

Coëfficiënten en t-waarden voor significant ($P < 0,10$ in het RE-model) verklarende variabelen van het nitraatgehalte in het grondwater in mg/l, geschat volgens het RE- en het FE-model en de range 5-95% met het effect volgens het FE-model: akkerbouwbedrijven op kleigrond ($N = 223$).

| | RE-model | | FE-model | | Range 5-95% | Effect |
|------------------------------------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|--------|
| | Coëfficiënt | T | Coëfficiënt | T | | |
| <i>Bedrijfstructuur/inrichting</i> | | | | | | |
| % moerige grond | -0.7028 | -1.63 | -0.5434 | -0.75 | | |
| % GT7 en GT8 | 23.76 | 1.61 | 118.14 | 1.06 | | |
| <i>Bedrijfsvoering</i> | | | | | | |
| N-bedrijfsovers/ha | 0.0255 | 0.90 | -0.004 | -0.12 | | |
| <i>Overige</i> | | | | | | |
| Verdunningsfactor | 28.24 | 4.79*** | 26.33 | 3.97*** | | |
| Constante | 22.72 | 2.33** | 12.12 | 0.71 | | |
| Hausman-test | | | | | | |
| | | | 0.2753 | | | |
| R2-within | 0.09 | | 0.10 | | | |
| R2-between | 0.18 | | 0.06 | | | |
| R2-overall | 0.13 | | 0.06 | | | |

* P tussen 0.05 en 0.10: de coëfficiënt wijkt met minimaal 90% betrouwbaarheid van 0 af.

** P tussen 0.01 en 0.05: de coëfficiënt wijkt met minimaal 95% betrouwbaarheid van 0 af.

*** P < 0.01: de coëfficiënt wijkt met minimaal 99% betrouwbaarheid van 0 af.

Bij $P < 0.05$ voor de Hausman-test schat het RE model met 95% betrouwbaarheid niet zuiver.

Bron: Berekeningen met pakket Stata op LMM-gegevens 1991-2009.

Vergelijken van de resultaten in de tabellen 6.5, 6.6 en 6.7 levert op dat zowel het stikstofbodemoverschot (tabel 6.6) als het stikstofbedrijfsverschot (tabel 6.7) de nitraatconcentratie niet mede verklaren. De percentages verklaarde variantie zijn bij de stikstofoverschotten ook lager.

Tabel 6.8

Coëfficiënten en t-waarden voor significant ($P < 0,10$ in het RE-model) verklarende variabelen van het nitraatgehalte in het grondwater in mg/l, geschat volgens het RE- en het FE-model en de range 5-95% met het effect volgens het FE-model: akkerbouwbedrijven op kleigrond ($N = 223$).

| | RE-model | | FE-model | | Range 5-95% | Effect |
|------------------------------------|-------------|----------|-------------|---------|-------------|--------|
| | Coëfficiënt | T | Coëfficiënt | T | | |
| <i>Bedrijfstructuur/inrichting</i> | | | | | | |
| % moerige grond | 3.251 | 0.18 | -333.08 | -1.43 | | |
| % GT7 en GT8 | 55.81 | 2.56** | -206.78 | -1.30 | | |
| <i>Bedrijfsvoering</i> | | | | | | |
| N-bodemovers/ha | 0.1157 | 2.66*** | 0.0586 | 0.34 | 35-236 | 12 |
| N-bodemovers/ha t-1 | 0.0069 | 1.75* | -0.0605 | -0.34 | 47- 266 | 13 |
| N-bodemovers/ha t-2 | -0.0131 | -2.86*** | -0.0815 | -0.44 | 56-221 | -13 |
| <i>Overige</i> | | | | | | |
| Verdunningsfactor | 51.26 | 9.52*** | 36.09 | 1.94* | | |
| Constante | 3.251 | 0.18 | -162.56 | -2.03** | | |
| <hr/> | | | | | | |
| Hausman-test | | | 0.7633 | | | |
| R2-within | 0.14 | | 0.15 | | | |
| R2-between | 0.19 | | 0.13 | | | |
| R2-overall | 0.17 | | 0.15 | | | |

* P tussen 0.05 en 0.10: de coëfficiënt wijkt met minimaal 90% betrouwbaarheid van 0 af.

** P tussen 0.01 en 0.05: de coëfficiënt wijkt met minimaal 95% betrouwbaarheid van 0 af.

*** P < 0.01: de coëfficiënt wijkt met minimaal 99% betrouwbaarheid van 0 af.

Bij $P < 0.05$ voor de Hausman-test schat het RE model met 95% betrouwbaarheid niet zuiver.

Bron: Berekeningen met pakket Stata op LMM-gegevens 1991-2009.

Tabel 6.8 gaat in op de effecten van voorgaande jaren op de nitraatconcentratie in het drainwater bij akkerbouwbedrijven op kleigrond. Tabel 6.8 geeft, in aanvulling op tabel 6.6 ook de coëfficiënten weer van het stikstofbodemoverschot van twee en drie jaar voor de meting van de nitraatconcentratie. De eerdere stikstofbodemoverschotten dragen wel significant bij aan de verklaring van de nitraatconcentratie en ook het stikstofbodemoverschot, van het jaar voorafgaand aan de meting van de nitraatconcentratie, draagt nu bij aan de verklaring van de variantie. Het percentage verklaarde variantie stijgt dan ook iets, van 14% naar 17% (tabel 6.6 vs tabel 6.8)

6.5 Samenvatting bedrijfsvoering, economie en mineralen voor akkerbouwbedrijven op kleigrond

Akkerbouwers met het bedrijf op kleigrond kunnen aanpassingen in hun bedrijfsvoering doorvoeren die effect kunnen hebben op de bodemoverschotten, de financiële uitkomsten en de nitraatconcentratie in het drainwater. De resultaten van de regressies in de voorgaande paragrafen geven aan welke maatregelen welke effecten sorteren.

In tabel 6.9 is dat samengevat. In kleur is aangegeven of het effect gunstig (groen) of ongunstig (oranje) is. Per verklarende variabele gaat het om een ceteris paribus-veronderstelling: een hogere fysieke opbrengst per ha van de gewassen is voor alle vijf genoemde variabelen in tabel 6.9 gunstig

mits dat bijvoorbeeld geen extra gebruik van stikstofkunstmest betekent want die hogere gift van stikstofkunstmest is meestal juist ongunstig.

Tabel 6.9

Verklarende variabelen voor bodemoverschotten van stikstof en fosfaat per ha, saldo akkerbouw en netto-bedrijfsresultaat per ha en de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater in mg/l met de range 5-95% en het effect volgens het FE-model tussen die 5 en 95%: akkerbouwbedrijven op kleigrond (N = 223).

| Verklarende variabele | Range 5-95% | Bodem-overschot Kg N/ha | Saldo €/ha | Netto- bedrijfsresultaat t €/ha | Nitraat- concentratie. mg/l |
|------------------------------------|-------------|----------------------------|---------------|--|-----------------------------------|
| Percentage verklaarde variantie | | 77 | 5 | 4 | 8 |
| <i>Bedrijfstructuur/inrichting</i> | | | | | |
| Aantal NGE | 27-332 | | | 204 | |
| % snijmais | 0-7 | 43 | | | |
| % consumptieaardappelen | 0-37 | 4 | 248 | | |
| % pootaardappelen | 0-43 | 9 | 1089 | | |
| % wintertarwe | 0-63 | -22 | | | |
| % suikerbieten | 0-23 | | | | |
| % tuinbouw | 0-3 | | 109 | | |
| Index kg-opbrengst | 86-116 | -28 | | 246 | |
| Fosfaat GVE | 0-0.92 | -63 | | | |
| <i>Bedrijfsvoering</i> | | | | | |
| N-gift kunstmest | 72-225 | 147 | | | 21 |
| N-gift dierlijke mest | 0-200 | 177 | | | |
| % N-emissie | 1-12.6 | | -432 | | |
| Fosfaatgift kunstmest | 0-85 | | | | |
| Fosfaatgift dierlijke mest | 0-105 | | | | |

Bron: Berekeningen met pakket Stata op LMM-gegevens 1991-2009

Samengevat betekent dit het volgende:

1. De set gekozen variabelen (bedrijfsvoering en bedrijfsstructuur) verklaart ongeveer 77% van de variantie in het stikstofbodemoverschot. Het stikstofbodemoverschot wordt in belangrijke mate verklaard door het bemestingsniveau (kunstmest en dierlijke mest) en het opbrengstniveau (geïndexeerd). Daarnaast spelen de percentages snijmais en wintertarwe (lager overschot) een verklarende rol.
2. De verklaarde variantie bij de economische kengetallen (akkerbouwsaldo en netto bedrijfsresultaat) ligt met minder dan 10% laag. Binnen het bedrijf verklaren de gegeven variabelen dus weinig van de economische kengetallen; tussen bedrijven is de verklaarde variantie hoger (25-45%, tabellen 6.2 en 6.3 RE-modellen). De bedrijfsomvang en het geïndexeerde opbrengstniveau hebben een positief effect op het netto-bedrijfsresultaat. Daarnaast is er een positief effect van de percentages consumptieaardappelen, pootaardappelen en tuinbouw en een negatief effect van het percentage N-emissie op het saldo.
3. De gekozen set variabelen (bedrijfsvoering en bedrijfsstructuur) verklaart slechts 8-13% van de variantie in de gemeten nitraatconcentraties. Als ook omgevingsfactoren in het model worden opgenomen stijgt de verklaarde variantie naar 16-24 %. Bemesting met kunstmest heeft een verhogend effect evenals een hogere verdunningsfactor.
4. Het vervangen van de gekozen set variabelen door stikstofoverschotten (bedrijfsoverschot en/of bodemoverschot) verlaagt het percentage verklaarde variantie. Het toevoegen van overschotten in voorafgaande jaren (t-2, t-3) geeft een zeer beperkte verhoging van het percentage verklaarde variantie.

7 Resultaten akkerbedrijven lössgrond

7.1 Inleiding

Dit hoofdstuk behandelt de resultaten van de regressies voor akkerbouwbedrijven op lössgrond. Het stikstofbodemoverschot, het saldo en het netto-bedrijfsresultaat per ha en de nitraatconcentratie in het bodemvocht worden verklaard uit een reeks variabelen, voortgekomen uit hoofdstuk 3 en de correlaties in paragraaf 4.6. Op basis van de correlaties in paragraaf 4.6 zou een kleiner aantal verklarende variabelen gekozen kunnen worden maar voor een volledig beeld is deze reductie niet doorgevoerd.

7.2 Analyse bodemoverschotten per hectare

Tabel 7.1 geeft de uitkomsten van het regressiemodel weer voor het stikstofbodemoverschot per hectare.

Tabel 7.1

Coëfficiënten en t-waarden voor verklarende variabelen van het stikstofbodemoverschot in kg/ha, geschat volgens het OLS-model: akkerbouwbedrijven op lössgrond (N = 42).

| | OLS-model | |
|------------------------------------|-------------|----------|
| | Coëfficiënt | T |
| <i>Bedrijfstructuur/inrichting</i> | | |
| NGE | 0.1681 | 1.09 |
| % snijmais | 2.807 | 0.76 |
| % consumptieaardappelen | -0.5831 | -1.43 |
| % wintertarwe | -0.2012 | -0.61 |
| % suikerbieten | -0.1605 | -0.19 |
| % tuinbouw | -5.472 | -0.51 |
| Index kg-opbrengst | -2.674 | -5.63*** |
| Fosfaat GVE | -95.19 | -2.71** |
| <i>Bedrijfsvoering</i> | | |
| N-gift kunstmest | 0.8866 | 6.24*** |
| N-gift dierlijke mest | 0.9651 | 7.40*** |
| % N-emissie | 3.139 | 1.17 |
| <i>Overige</i> | | |
| Constante | 188.8 | 4.43*** |
| R2-overall | 0.78 | |

* P tussen 0.05 en 0.10: de coëfficiënt wijkt met minimaal 90% betrouwbaarheid van 0 af.

** P tussen 0.01 en 0.05: de coëfficiënt wijkt met minimaal 95% betrouwbaarheid van 0 af.

*** P < 0.01: de coëfficiënt wijkt met minimaal 99% betrouwbaarheid van 0 af.

Bron: Berekeningen met pakket Stata op LMM-gegevens 1991-2009.

In tegenstelling tot de regressiemodellen bij akkerbouwbedrijven op zandgrond (hoofdstuk 5) en akkerbouwbedrijven op kleigrond (hoofdstuk 6) wijst de Breusch-Pagan-test bij akkerbouwbedrijven op lössgrond uit dat de gewone kleinste-kwadratenmethode (OLS) gebruikt mag worden. Oorzaak van

dit verschil is het aantal beschikbare waarnemingen dat bij de analyses voor zandgrond en kleigrond meer dan vijf keer zo hoog is als voor lössgrond. Door het toepassen van de OLS-methode vervalt het onderscheid naar binnenvariantie en tussenvariantie. Ranges en effecten kunnen dan niet weergegeven worden zoals dat wel kan bij RE- en FE-modellen.

De in tabel 7.1 aangegeven verklarende variabelen verklaren een groot deel van de variantie in het stikstofbodemoverschot per ha bij akkerbouwbedrijven op lössgrond, namelijk 78%. Het fysieke opbrengstniveau van de gewassen, de veebezetting, de N-gift per ha via kunstmest en de N-gift per ha via dierlijke mest hebben volgens de schatting met het OLS-model significant van 0 afwijkende coëfficiënten. Deze variabelen dragen wel bij in de verklaring van het stikstofbodemoverschot wat niet geldt voor de overige variabelen in tabel 7.1. Daarbij zijn de effecten van de N-gift per ha via kunstmest en de N-gift per ha via dierlijke mest het grootst.

7.3 Analyse economische resultaten per hectare

Tabel 7.2

Coëfficiënten en *t*-waarden voor verklarende variabelen van het akkerbouwsaldo in €/ha, geschat volgens het OLS-model: akkerbouwbedrijven op lössgrond (*N* = 42).

| | OLS-model | |
|------------------------------------|-------------|--------|
| | Coëfficiënt | T |
| <i>Bedrijfstructuur/inrichting</i> | | |
| NGE | 2.731 | 0.57 |
| % snijmais | -204.34 | -1.80* |
| % consumptieaardappelen | 25.14 | 1.99* |
| % wintertarwe | -3.592 | -0.35 |
| % suikerbieten | -15.34 | -0.60 |
| % tuinbouw | 578.8 | 1.76* |
| Index kg-opbrengst | 16.56 | 1.13 |
| Fosfaat GVE | -533.09 | -0.49 |
| <i>Bedrijfsvoering</i> | | |
| N-gift kunstmest | 3.738 | 0.85 |
| N-gift dierlijke mest | 6.478 | 1.61 |
| % N-emissie | -38.8 | -0.47 |
| <i>Overige</i> | | |
| Constante | -1201.37 | -0.91 |
| R2-overall | 0.50 | |

* P tussen 0.05 en 0.10: de coëfficiënt wijkt met minimaal 90% betrouwbaarheid van 0 af.

** P tussen 0.01 en 0.05: de coëfficiënt wijkt met minimaal 95% betrouwbaarheid van 0 af.

*** P < 0.01: de coëfficiënt wijkt met minimaal 99% betrouwbaarheid van 0 af.

Bron: Berekeningen met pakket Stata op LMM-gegevens 1991-2009.

Tabel 7.2 geeft het OLS-model voor het akkerbouwsaldo in euro per ha weer. Bij de toetsing met de Breusch-Pagan-test voor het in tabel 7.2 weergegeven model blijkt gebruik van het OLS-model toegestaan.

In het akkerbouwsaldo spelen de percentages snijmais, consumptieaardappelen en akkerbouwmatige tuinbouwgewassen in het bouwplan een rol. Meer consumptieaardappelen of akkerbouwmatige tuinbouwgewassen pakken gunstig uit voor het akkerbouwsaldo evenals minder snijmais. In tegenstelling tot het stikstofbodemoverschot verklaart de bemesting weinig of niets van het akkerbouwsaldo.

Het percentage verklaarde variantie is duidelijk lager dan bij het stikstofbodemoverschot. Prijzen spelen daarin een grote rol maar prijzen zijn moeilijk in te brengen in de regressiemodellen. De prijseffecten op het akkerbouwsaldo hangen onder andere samen met de aandelen van gewassen in het bouwplan maar, zeker bij aardappelen en granen, ook met de klassen of de kwaliteit van de gewassen.

Tabel 7.3 geeft modellen voor het netto bedrijfsresultaat per ha weer. Hier mag op basis van de Breusch-Pagan-test het OLS-model gebruikt worden. Het percentage verklaarde variantie is duidelijk kleiner dan bij de bodemoverschotten en ook lager dan bij het akkerbouwsaldo per ha.

Tabel 7.3

Coëfficiënten en t-waarden voor verklarende variabelen van het netto-bedrijfsresultaat in €/ha, geschat volgens het OLS-model: akkerbouwbedrijven op lössgrond (N = 42).

| | OLS-model | |
|------------------------------------|-------------|--------|
| | Coëfficiënt | T |
| <i>Bedrijfstructuur/inrichting</i> | | |
| NGE | 11.12 | 1.18 |
| % snijmaïs | -130.9 | -0.58 |
| % consumptieaardappelen | -37.86 | -1.52 |
| % wintertarwe | -13.52 | -0.68 |
| % suikerbieten | 32.77 | 0.65 |
| % tuinbouw | 392.53 | 0.61 |
| Index kg-opbrengst | -4.525 | -0.16 |
| Fosfaat GVE | -3960.69 | -1.85* |
| <i>Bedrijfsvoering</i> | | |
| N-gift kunstmest | -0.141 | -0.02 |
| N-gift dierlijke mest | 6.696 | 0.84 |
| % N-emissie | -81.87 | -0.50 |
| <i>Overige</i> | | |
| Constante | -1174.34 | -0.45 |
| R2-overall | 0.36 | |

* P tussen 0.05 en 0.10: de coëfficiënt wijkt met minimaal 90% betrouwbaarheid van 0 af.

** P tussen 0.01 en 0.05: de coëfficiënt wijkt met minimaal 95% betrouwbaarheid van 0 af.

*** P < 0.01: de coëfficiënt wijkt met minimaal 99% betrouwbaarheid van 0 af.

Bron: Berekeningen met pakket Stata op LMM-gegevens 1991-2009.

De samenstelling van het bouwplan is niet van invloed op het netto-bedrijfsresultaat per ha. Ook de bemesting speelt geen rol, evenmin als bedrijfsomvang en fysieke gewasopbrengst. Alleen de veebezetting verklaart significant een deel van de verschillen in netto-bedrijfsresultaat per ha.

7.4 Analyse nitraatconcentraties

Voor de verklaring van de nitraatconcentraties zijn twee regressiemodellen opgesteld. Het eerste model, in tabel 7.4, heeft dezelfde verklarende variabelen als voor het stikstofbodemoverschot, het akkerbouwsaldo per ha en het netto-bedrijfsresultaat per ha.

Tabel 7.4

Coëfficiënten en t-waarden voor verklarende variabelen van het nitraatgehalte in het bodemvocht in mg/l, geschat volgens het OLS-model: akkerbouwbedrijven op lössgrond (N = 42).

| | OLS-model | |
|------------------------------------|-------------|---------|
| | Coëfficiënt | T |
| <i>Bedrijfstructuur/inrichting</i> | | |
| NGE | -0.4249 | -1.88* |
| % snijmais | -4.412 | -0.82 |
| % consumptieaardappelen | 0.2007 | 0.34 |
| % wintertarwe | -0.6739 | -1.41 |
| % suikerbieten | -0.9218 | -0.76 |
| % tuinbouw | 31.78 | 2.05* |
| Index kg-opbrengst | -0.9977 | -1.44 |
| Fosfaat GVE | -111.19 | -2.17** |
| <i>Bedrijfsvoering</i> | | |
| N-gift kunstmest | 0.5603 | 2.70** |
| N-gift dierlijke mest | -0.0574 | -0.30 |
| % N-emissie | 4.322 | 1.10 |
| <i>Overige</i> | | |
| Constante | 202.76 | 3.26*** |
| R2-overall | 0.34 | |

* P tussen 0.05 en 0.10: de coëfficiënt wijkt met minimaal 90% betrouwbaarheid van 0 af.

** P tussen 0.01 en 0.05: de coëfficiënt wijkt met minimaal 95% betrouwbaarheid van 0 af.

*** P < 0.01: de coëfficiënt wijkt met minimaal 99% betrouwbaarheid van 0 af.

Bron: Berekeningen met pakket Stata op LMM-gegevens 1991-2009.

Uit onderzoek (onder andere Daatselaar et al., 2010) blijkt dat de nitraatconcentraties ook aanzienlijk door bodemkenmerken en het neerslagpatroon worden beïnvloed. In het tweede model, in tabel 7.5, zijn daarom ook de verdunningsfactor en het percentage grond met Gt7 of Gt8 als verklarende variabelen opgenomen.

Bij beide modellen voor de nitraatconcentraties op akkerbouwbedrijven op lössgrond geeft de Breusch-Pagan-test aan dat het OLS-model toegepast kan worden. De cijfers in tabel 7.4 laten zien dat de bedrijfsomvang, het percentage akkerbouwmatige tuinbouwgewassen, de veebezetting en de bemesting met kunstmeststikstof de nitraatconcentraties significant, maar niet sterk, beïnvloeden. Het percentage verklaarde variantie is met 34 hoger dan bij akkerbouwbedrijven op zand- en kleigrond.

Toevoegen van bodemkenmerken en de verdunningsfactor verhoogt het percentage verklaarde variantie van 34% naar 52% zoals in tabel 7.5 is te zien. Dit komt vooral voor rekening van de fractie grond met Gt7 of Gt8, een gegeven dat de ondernemer niet kan beïnvloeden. Een hogere fractie grond met Gt7 of Gt8 zou een fors lagere nitraatconcentratie betekenen maar de spreiding in dit kengetal is gering bij de akkerbouwbedrijven op lössgrond. De range 5%-95% van de waarnemingen loopt van 0,94 tot 1.

Tabel 7.5

Coëfficiënten en *t*-waarden voor verklarende variabelen van het nitraatgehalte in het bodemvocht in mg/l, geschat volgens het OLS-model: akkerbouwbedrijven op lössgrond (N = 42).

| | OLS-model | |
|-------------------------------------|-------------|----------|
| | Coëfficiënt | T |
| <i>Bedrijfsstructuur/inrichting</i> | | |
| Fractie GT7 en GT8 | -1061.24 | -3.08*** |
| NGE | -0.42 | -2.15** |
| % snijmais | -3.596 | -0.78 |
| % | -0.1923 | -0.36 |
| <i>consumptieaardappelen</i> | | |
| % wintertarwe | -0.4735 | -1.13 |
| % suikerbieten | -1.005 | -0.96 |
| % tuinbouw | 32.85 | 2.47** |
| Index kg-opbrengst | -0.3107 | -0.50 |
| Fosfaat GVE | -133.6 | -2.98*** |
| <i>Bedrijfsvoering</i> | | |
| N-gift kunstmest | 0.3832 | 1.98* |
| N-gift dierlijke mest | 0.3103 | 1.61 |
| % N-emissie | 3.863 | 1.12 |
| <i>Overige</i> | | |
| Verdunningsfactor | 31.2 | 1.16 |
| Constante | 1127.68 | 3.46*** |
| R2-overall | 0.52 | |

* P tussen 0.05 en 0.10: de coëfficiënt wijkt met minimaal 90% betrouwbaarheid van 0 af.

** P tussen 0.01 en 0.05: de coëfficiënt wijkt met minimaal 95% betrouwbaarheid van 0 af.

*** P < 0.01: de coëfficiënt wijkt met minimaal 99% betrouwbaarheid van 0 af.

Bron: Berekeningen met pakket Stata op LMM-gegevens 1991-2009.

In het geval van de nitraatconcentratie als te verklaren variabele zijn ook de kwadraten van de N-gift in kg per ha via kunstmest en van de N-gift in kg per ha via dierlijke mest nog opgenomen in een regressie naast de variabelen in tabel 7.5. De coëfficiënten van deze twee extra variabelen blijken echter niet significant van nul af te wijken en ook het percentage verklaarde variantie, de R^2 , stijgt vrijwel niet.

Nitraatconcentratie uit stikstofbodemoverschot en stikstofbedrijfsoverschot

Gegeven het schema in paragraaf 1.3 kan ook het stikstofbodemoverschot in kg/ha als een verklarende variabele voor de nitraatconcentratie optreden. Het stikstofbodemoverschot incorporeert dan de bedrijfsstructuur en de bedrijfsvoering. Tabel 7.6 geeft de regressieresultaten voor akkerbouwbedrijven op lössgrond met de nitraatconcentratie als te verklaren variabele.

In de plaats van het stikstofbodemoverschot in kg/ha kan ook het stikstofbedrijfsoverschot als een verklarende variabele voor de nitraatconcentratie optreden. In tabel 7.7 staan de resultaten hiervan voor akkerbouwbedrijven op lössgrond.

Tabel 7.6

Coëfficiënten en t-waarden voor verklarende variabelen van het nitraatgehalte in het bodemvocht in mg/l, geschat volgens het OLS-model: akkerbouwbedrijven op lössgrond (N = 42).

| | OLS-model | |
|------------------------------------|-------------|----------|
| | Coëfficiënt | T |
| <i>Bedrijfstructuur/inrichting</i> | | |
| Fractie GT7 en GT8 | -1012.35 | -4.51*** |
| <i>Bedrijfsvoering</i> | | |
| N-bodemovers/ha | 0.2893 | 2.28** |
| <i>Overige</i> | | |
| Verdunningsfactor | 47.74 | 1.78* |
| Constante | 1012.98 | 4.47*** |
| R2-overall | 0.37 | |

* P tussen 0.05 en 0.10: de coëfficiënt wijkt met minimaal 90% betrouwbaarheid van 0 af.

** P tussen 0.01 en 0.05: de coëfficiënt wijkt met minimaal 95% betrouwbaarheid van 0 af.

*** P < 0.01: de coëfficiënt wijkt met minimaal 99% betrouwbaarheid van 0 af.

Bron: Berekeningen met pakket Stata op LMM-gegevens 1991-2009.

Tabel 7.7

Coëfficiënten en t-waarden voor verklarende variabelen van het nitraatgehalte in het bodemvocht in mg/l, geschat volgens het OLS-model: akkerbouwbedrijven op lössgrond (N = 42).

| | OLS-model | |
|------------------------------------|-------------|----------|
| | Coëfficiënt | T |
| <i>Bedrijfstructuur/inrichting</i> | | |
| Fractie GT7 en GT8 | -1009.84 | -4.55*** |
| <i>Bedrijfsvoering</i> | | |
| N-bedrijfsovers/ha | 0.3218 | 2.47** |
| <i>Overige</i> | | |
| Verdunningsfactor | 47.4 | 1.80* |
| Constante | 1017.71 | 4.54*** |
| R2-overall | 0.39 | |

* P tussen 0.05 en 0.10: de coëfficiënt wijkt met minimaal 90% betrouwbaarheid van 0 af.

** P tussen 0.01 en 0.05: de coëfficiënt wijkt met minimaal 95% betrouwbaarheid van 0 af.

*** P < 0.01: de coëfficiënt wijkt met minimaal 99% betrouwbaarheid van 0 af.

Bron: Berekeningen met pakket Stata op LMM-gegevens 1991-2009.

Vergelijken van de resultaten in de tabellen 7.5, 7.6 en 7.7 levert op dat zowel het stikstofbodemoverschot (tabel 7.6) als het stikstofbedrijfsoverschot (tabel 7.7) de nitraatconcentratie niet beter verklaren. De percentages verklaarde variantie zijn bij de stikstofoverschotten lager. Door te weinig waarnemingen is het niet mogelijk om het stikstofbodemoverschot van twee en drie jaar voor de meting van de nitraatconcentratie op te nemen in regressies voor de nitraatconcentratie bij akkerbouwbedrijven op lössgrond.

7.5 Samenvatting bedrijfsvoering, economie en mineralen voor akkerbouwbedrijven op lössgrond

Mede door het duidelijk kleinere aantal waarnemingen over een kortere tijdsperiode blijken de RE- en FE-regressiemodellen geen extra toegevoegde waarde te hebben bij de regressies voor akkerbouwbedrijven op lössgrond. De Breusch-Pagan-test wijst uit dat steeds het OLS-regressiemodel

toegepast mag worden. Dat maakt onderscheid in variantie tussen bedrijven en variantie binnen bedrijven echter veel moeilijker.

Bij het stikstofbodemoverschot is de bemesting wel een belangrijke factor (tabel 7.1). Dat geldt vrijwel niet voor de financiële resultaten (tabellen 7.2 en 7.3). Bij de nitraatconcentraties speelt de stikstof uit kunstmest wel weer een rol. Het is echter niet mogelijk om deze invloeden uit te splitsen over effecten tussen bedrijven en effecten binnen bedrijven.

8 Discussie, conclusies en aanbevelingen

8.1 Inleiding

Dit hoofdstuk gaat eerst via de discussie in op de beantwoording van de onderzoeksvragen. Daarna volgen de conclusies op basis van de voorgaande hoofdstukken en worden aanbevelingen gegeven.

8.2 Discussie

In hoofdstuk 1 zijn de volgende onderzoeksvragen gesteld:

1. Welke kenmerken van bedrijfsstructuur en bedrijfsvoering zijn van invloed op het bodemoverschot van stikstof, de nitraatconcentratie in grond- en drainwater, het saldo en het netto-bedrijfsresultaat?
2. Wat zijn de kwantitatieve relaties tussen bedrijfsstructuur en bedrijfsvoering enerzijds en het bodemoverschot van stikstof, de nitraatconcentratie in grond- en drainwater, het saldo en het netto-bedrijfsresultaat anderzijds?
3. Hoe ligt de verhouding tussen bedrijfsstructuur en bedrijfsvoering qua invloed op mineralengebruik en bodemoverschotten, op de nitraatconcentratie in grond- en drainwater, op het saldo en op het netto-bedrijfsresultaat? Is vooral de bedrijfsstructuur bepalend (waar de ondernemer minder aan kan doen) of meer de bedrijfsvoering (waar de ondernemer veel meer invloed op heeft)?
4. Verder is nog de vraag wat de relaties zijn tussen (de samenstellende delen van) het bodemoverschot van stikstof en de stikstofuitspoeling en stikstofconcentraties in grond- en drainwater.

Net zoals in ander onderzoek blijkt ook in deze studie de bemesting binnen het gegeven bouwplan de belangrijkste factor in de hoogte van de bodemoverschot van stikstof te zijn (tabellen 5.1, 6.1 en 7.1). Het bouwplan zelf en het houden van vee naast de akkerbouwtak spelen een beperkte rol. Aspecten van bedrijfsstructuur zoals omvang of grondsoort zijn vrijwel niet van invloed op de bodemoverschotten.

Bij de bemestingsniveau's zoals akkerbouwers in de onderzoeksperiode 1991-2009 toepasten betekende 1 kg additionele stikstof via bemesting een verhoging van het bodemoverschot van stikstof met ongeveer 0,9 kg. Waarschijnlijk is dit effect lager bij de eerste kg stikstof uit bemesting en gaat het richting 1 bij hoge bemestingen. Wel moet bedacht worden dat afgevoerde akkerbouwproducten niet bemonsterd zijn op stikstofgehalte zodat per gewas een vast normatief gehalte per kg product is gebruikt. Het is goed mogelijk dat het stikstofgehalte per kg product hoger is bij een hogere bemesting; in dat geval zal het effect van een additionele kg stikstof uit bemesting op het bodemoverschot van stikstof lager zijn dan 0,9 kg.

Eenzelfde effect kan zich ook door de tijd hebben voorgedaan. In de uitgangspunten is een vast stikstofgehalte aangehouden in de geoogste producten (zie bijlage 1). In werkelijkheid is het niet ondenkbaar dat de gehalten onder invloed van de verminderde stikstofbemesting zijn gedaald. Een aanwijzing hiervoor komt uit de melkveehouderij. Hooijboer et al. (2013) vonden dat de sterk afgenomen bemesting op grasland niet heeft geleid tot een lagere drogestofopbrengst van gras, maar wel tot een lager stikstofgehalte. In de akkerbouw zijn de kg-opbrengsten van de gewassen trendmatig gestegen (bron: website Bedrijven-Informatienet) en is de stikstofbemesting teruggebracht.

Deze studie geeft aan dat de invloed van de bedrijfsvoering doorgaans veel groter is dan de invloed van de bedrijfsstructuur op zowel het bodemoverschot voor stikstof als de economische resultaten.

Bemesting is bij het bodemoverschot voor stikstof de belangrijkste factor en bij de economie zijn bouwplan en niveau van de kg-opbrengsten het meest bepalend (tabellen 5.9, 6.9 en 7.9). Bij de nitraatconcentratie speelt op zandgrond de hoogte van de grondwaterstand een rol en is er een beperkt effect van de bemesting.

De akkerbouwer heeft via de bedrijfsvoering dus een behoorlijke invloed op het bodemoverschot voor stikstof en de economische resultaten maar bij de nitraatconcentratie is zijn invloed relatief beperkt. Ook het bodemoverschot van stikstof beïnvloedt de nitraatconcentratie maar weinig. De bedrijfsvoering (bemesting, bouwplan, index opbrengst) voorspelt de nitraatconcentratie iets beter dan het bodemoverschot of bedrijfsoverschot voor stikstof.

De resultaten in de hoofdstukken 4 tot en met 7 bevestigen conclusies zoals getrokken op basis van de literatuur in hoofdstuk 3. De daar getrokken conclusie dat de hoogte van het grondwater de stikstofhuishouding en de nitraatconcentratie in het grondwater in hoge mate beïnvloedt, komt in tabel 5.5 ook naar voren zij het minder sterk. Tabel 4.8 geeft aan dat de nitraatconcentraties op zand- en lössgrond duidelijk hoger zijn dan op kleigrond. Dat bevestigt de conclusie 'Er is een duidelijk verband tussen grondsoort en nitraatgehalte in het grondwater' uit hoofdstuk 3. Volgens de tabellen 5.5, 6.5 en 7.5 is er enig verband tussen bemesting en de nitraatconcentratie maar dat is duidelijk minder sterk dan de conclusie uit hoofdstuk 3 'De bemesting is een sterk bepalende factor voor de nitraatconcentratie in het grondwater'. De conclusies uit hoofdstuk 3 over verbanden tussen gewaskeuze en teelt van vanggewassen enerzijds en de nitraatconcentratie anderzijds zijn niet gevonden in deze studie omdat deze verbanden statistisch niet significant bleken te zijn.

Voor de verklaring van de nitraatgehalten als gevolg van de bemesting is onderscheid gemaakt tussen stikstofaanvoer via dierlijke mest en via kunstmest. Voor zandgrond bleek de regressiecoëfficiënt van stikstof uit kunstmest hoger te zijn dan die van stikstof uit dierlijke mest: respectievelijk 0,17 en 0,10. De regressiecoëfficiënten voor dierlijke mest op kleigrond en lössgrond bleken niet significant van nul af te wijken.

Omdat echter de werkzaamheid van stikstof uit dierlijke mest geringer is zal in geval van dierlijke mest meer stikstof gegeven moeten worden. Als aangenomen wordt dat de werking van stikstof uit dierlijke mest 70% is (bijvoorbeeld bij gebruik van varkensdrijfmest die in het voorjaar wordt uitgereden), dan komen de bovengenoemde coëfficiënten voor kunstmest en dierlijke mest op zandgrond dicht bij elkaar te liggen: respectievelijk 0,17 en 0,14. Als ook de werking van stikstof op langere termijn wordt meegenomen kan een werkingscoëfficiënt van meer dan 75% worden gehaald. De gerealiseerde werkingscoëfficiënten van stikstof uit dierlijke mest zijn niet beschikbaar: deze kunnen dus ook lager of hoger geweest zijn. Al met al valt uit dit onderzoek niet vast te stellen of een kg stikstof uit dierlijke mest meer of minder bijdraagt aan de nitraatconcentratie dan een kg stikstof uit kunstmest.

Uit het onderzoek komt naar voren dat vermindering van de stikstofgift in de periode 1991-2009 op veel bedrijven mogelijk zou zijn geweest zonder negatieve gevolgen voor het inkomen. Naast de constatering dat realisatie hiervan in de praktijk vaak niet zo eenvoudig is, moet bedacht worden dat dit gedurende de onderzoeksperiode al voor een deel is gerealiseerd door aanscherpingen van het mestbeleid en dientengevolge het terugbrengen van de stikstofbemesting. Daarmee is het laaghangend fruit grotendeels geplukt. Verdere vermindering van de bemesting zal veelal gepaard gaan met meer inspanningen, hogere kosten en/of opbrengstdervingen. Verdere optimalisatie van de bemesting is bijvoorbeeld mogelijk door meer gebruik te maken van beschikbare hulpmiddelen (metingen, adviezen), apparatuur (rijenbemesting, GPS), verbetering van stikstofwerking in de dierlijke mest en nauwkeuriger, pleksgewijze kunstmesttoediening. Dergelijke innovaties worden in praktijk nog niet algemeen toegepast. Ook meer ingrijpende maatregelen kunnen de stikstofefficiëntie verbeteren zoals bijvoorbeeld bodemmaatregelen, berekening en veredeling.

8.3 Conclusies

De resultaten in de hoofdstukken 4 tot en met 7 leiden tot de volgende conclusies:

- Binnen jaren komen grote verschillen voor tussen akkerbouwbedrijven in economische resultaten, stikstofbodemoverschot per ha en nitraatconcentratie. Dit geldt zowel voor zandgrond als voor kleigrond en lössgrond.
- De enkelvoudige correlatiecoëfficiënten geven aan dat het saldo per ha vooral samenhangt met het bouwplan en de kg-opbrengsten per ha. Een intensiever bouwplan met bijvoorbeeld meer aardappelen en uien geeft doorgaans een hoger saldo dan een bouwplan met veel granen. Het netto-bedrijfsresultaat hangt sterk samen met de bedrijfsomvang.
- Het stikstofoverschot per ha blijkt nauwelijks samenhang te vertonen met de structuur of de inrichting van het bedrijf, maar wel duidelijk met de bedrijfsvoering en dan vooral de bemesting met dierlijke mest en kunstmest. Hoge kg-opbrengsten vertonen in het algemeen een negatieve correlatie met het stikstofoverschot.
- Het nitraatgehalte hangt op zandgrond samen met de grondwaterstand. Opvallend is dat het verband met de bemesting zeer gering is. Op kleigrond zijn er nauwelijks verbanden tussen nitraatgehalte enerzijds en bedrijfsstructuur en bedrijfsvoering anderszijds. In tegenstelling tot de theorie blijkt op lössgrond een lage grondwaterstand samen te gaan met een lager nitraatgehalte. Bedacht moet worden dat de grondwaterstanden op löss altijd zeer laag zijn en er dus binnen deze range niet veel effect te verwachten valt van de grondwaterstand.
- De regressies in de hoofdstukken 5 (zandgrond), 6 (kleigrond) en 7 (lössgrond) bevestigen de verbanden zoals die resulteren uit de correlatiecoëfficiënten. Met hogere kg-opbrengsten per ha bij gelijkblijvende bemesting gaan de stikstofbodemoverschotten omlaag en tegelijkertijd gaan de economische resultaten erop vooruit.
- De nitraatconcentraties reageren weinig op verschillen in bedrijfsstructuur, bedrijfsvoering of stikstofbodemoverschotten. Bodemkenmerken als de grondwaterstand (zand- en lössgrond) en de neerslagverdeling (verdunningsfactor) blijken de nitraatconcentraties wel te beïnvloeden, maar op deze factoren heeft de ondernemer weinig grip.
- De analyse heeft betrekking op de jaren 1991 tot en met 2009. In die tijdsspanne is het mestbeleid aanzienlijk aangescherpt. Dit heeft ertoe geleid dat de totale giften aan stikstof zijn verminderd. Het bodemoverschot is daardoor lager geworden. Na 2009 is de wetgeving nog verder aangepast waarbij de uitrijmogelijkheden van dierlijke mest zijn verminderd en de gebruiksnormen zijn verlaagd. Uit ander onderzoek blijkt dat de relatief eenvoudige aanpassingen van de bemesting op akkerbouwbedrijven langzamerhand zijn uitgeput. In individuele gevallen is er nog enige ruimte, maar voor het merendeel van de bedrijven is realisatie van verdere reductie van de stikstofbemesting in de praktijk vaak niet eenvoudig. Enig soelaas kunnen methoden bieden waarvan nog maar een deel van de ondernemers gebruik maakt, zoals toepassen van beschikbare hulpmiddelen (metingen, adviezen), apparatuur (rijenbemesting, GPS), verbetering van de werking van stikstof in de dierlijke mest en nauwkeuriger, pleksgewijze kunstmesttoediening.

8.4 Aanbevelingen

Voor akkerbouwers:

- Gegeven de grote spreiding in bedrijfsuitkomsten lijkt er voor een aantal akkerbouwers nog enige ruimte te zijn om vooruitgang te boeken in financieel resultaat zonder dat dit tot een hoger bodemoverschot voor stikstof leidt. Voor akkerbouwers kan het de moeite lonen om de bemestingsstrategie nog eens kritisch onder de loep te nemen. Hulpmiddelen hiervoor zijn bijvoorbeeld onderlinge vergelijking en benchmarking, beschikbare bemestingstools en adviestrajecten.
- Gebruik van stikstofkunstmest en het opbrengstniveau van de gewassen zijn punten die grote effecten op het bodemoverschot voor stikstof en het financieel resultaat hebben. Daarnaast betekent minder stikstofkunstmest ook lagere nitraatconcentraties op vooral zandgrond. Bij voorkeur worden deze punten het eerst doorgelicht en wordt hierop eventueel actie ondernomen. Het is belangrijk om mineralen efficiënt te gebruiken. Ook het zo goed mogelijk benutten van stikstof die de bodem levert door mineralisatie is hierbij van belang.

Voor beleid:

Vanaf 2001 heeft aangepast beleid (MINAS, gebruiksnormen) al geleid tot daling van de stikstofoverschotten. Mogelijkheden voor verdere daling zijn er dan ook minder.

- Akkerbouwers hebben nog maar beperkte mogelijkheden om het gebruik van nutriënten aan te passen. Daartoe zal het gebruik van hulpmiddelen om het aanbod van stikstof nog beter af te stemmen op de gewasbehoefte, zoals bijvoorbeeld voor precisiebemesting, verder kunnen worden gestimuleerd.
- De uitwisseling tussen kunstmest en dierlijke mest is momenteel beperkt door de gebruiksnorm dierlijke mest. Stikstofkunstmest blijkt, gegeven de resultaten in deze studie, nogal eens een zeker zo grote bijdrage aan het bodemoverschot van stikstof en de nitraatconcentratie te kunnen leveren als stikstof uit dierlijke mest, zelfs als rekening wordt gehouden met het verschil in werking van de stikstof. In dat licht lijkt meer gebruik van stikstof via dierlijke mest goed mogelijk, uiteraard wel gecompenseerd door vermindering in stikstofkunstmest. In de stikstofgebruiksnorm is deze ruimere uitwisseling wel geïncorporeerd.
- Het is daarom goed onderzoek uit te laten voeren naar de integrale 'footprint' van de bemesting met kunstmest versus dierlijke mest in de Nederlandse situatie. Daarbij moeten ook de milieubelasting, het energieverbruik en het verbruik van eindige grondstoffen betrokken worden. Centraal in een dergelijk onderzoek zou de vraag kunnen staan wat het integrale milieueffect zou zijn als (een deel van) de mest die momenteel wordt geëxporteerd in Nederland zou worden gebruikt als meststof in plaats van kunstmest, mede rekening houdend met de energie die nodig is voor transport van dierlijke mest over grote afstanden en voor de productie van stikstofkunstmest.
- Opbrengsten van gewassen en gehalten in de geogste producten vragen ook aandacht bij het bepalen van gebruiksnormen.

Voor onderzoek:

- In het traject van stikstof(bodem)overschot naar nitraatconcentratie is nog veel onbekend. Onderzoek naar wat onder andere het bodemleven hierin doet is nodig. Daar moet ook uit voortkomen hoe de grondgebruiker het beste met de bodem en het bodemleven kan omgaan in het licht van onder andere de waterkwaliteit. Gehalte aan organische stof, mate en soorten van bodemleven en dichtheid zouden bijvoorbeeld zinvolle indicatoren voor de bodem kunnen zijn in het kader van onder andere de waterkwaliteit.
- Onderzoek moet zich richten op mogelijkheden om de N-benutting door gewassen te verhogen, waardoor de N-gift omlaag kan en het N-overschot daalt. Naast teelt- en bemestingsmaatregelen moet worteling hierbij aandacht krijgen c.q. in bredere zin bodemkwaliteit.
- Gezien het geregeld aangepaste beleid in de tijd blijft een langlopende reeks gegevens zoals in deze studie noodzakelijk. Wel verlangen de steeds veranderende omstandigheden dat de langlopende reeks geregeld opnieuw wordt geanalyseerd, bijvoorbeeld door de eerste zeven jaren (1991-1997, vóór MINAS) te vervangen door de jaren 2006-2011 (gebruiksnormenstelsel).

Literatuur en websites

- Baltagi, B.H., 2008. *Econometric analysis of panel data.*, 4th edition. Wiley.
- Baumann, R.A., A.E.J. Hooijboer, A. Vrijhoef, B. Fraters, M. Kotte, C.H.G. Daatselaar, C.S.M. Olsthoorn en J.N. Bosma, 2012. *Landbouwpraktijk en waterkwaliteit in Nederland, periode 1992-2010*. RIVM rapport 680716007, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Beldman, A.C.G. en H. Prins, 1999. *Analyse verschillen in mineralenoverschotten op melkveebedrijven (96/97)*. Rapport 2.99.01. Den Haag: LEI.
- Berger, F., B. Moretti, D. Sacco, C. Grignani en P. Ferrazzi, 2009. *Can nitrogen management affect the biological quality of soil?* In: Grignani C., M. Acutis, L. Zavattaro, L. Bechini, C. Bertora, P. Marino Gallina, D. Sacco (Eds), Proceedings of the 16th Nitrogen Workshop - Connecting different scales of nitrogen use in agriculture. 28th June - 1st July 2009, Turin, Italy, pp. 25-26.
- Beukeboom, J.A., 1996. *Forfaitaire gehalten voor de mineralenboekhouding*. Informatie- en Kennis Centrum Landbouw, Ede.
- Boumans, L.J.M., G. van Drecht en B. Fraters (RIVM), T. de Haan en D.W. de Hoop (LEI-DLO), 1997. *Effect van neerslag op nitraat in het bovenste grondwater onder landbouwbedrijven in de zandgebieden; gevolgen voor de inrichting van het Monitoringsnetwerk effecten mestbeleid op Landbouwbedrijven (MOL)*. RIVM-rapport 714831002, Bilthoven.
- Constantin, J., N. Beaudoin, B. Mary en F. Laurent, 2009. *Cumulative effects of catch crops on nitrogen mineralization in cropping systems*. In: Grignani C., M. Acutis, L. Zavattaro, L. Bechini, C. Bertora, P. Marino Gallina, D. Sacco (Eds), Proceedings of the 16th Nitrogen Workshop - Connecting different scales of nitrogen use in agriculture. 28th June - 1st July 2009, Turin, Italy, pp. 33-34.
- Cosentino, A.D. en G. Testa, 2009. *Evaluation of different contributions of crop residue to the nitrogen nutrition of the following durum wheat*. In: Grignani C., M. Acutis, L. Zavattaro, L. Bechini, C. Bertora, P. Marino Gallina, D. Sacco (Eds), Proceedings of the 16th Nitrogen Workshop - Connecting different scales of nitrogen use in agriculture. 28th June - 1st July 2009, Turin, Italy, pp. 37-38.
- CVB, 2003. *Tabellenboek Veevoeding*. Centraal Veevoerder Bureau, Lelystad.
- DeSanctis, G., M. Toderi, R. Orsini, G. Iezzi, P.P. Roggero en J.W. Jones, 2009. *Nitrogen losses and nitrates content in the water surplus: simulation of DSSAT model, 2009*, In: Grignani C., M. Acutis, L. Zavattaro, L. Bechini, C. Bertora, P. Marino Gallina, D. Sacco (Eds), Proceedings of the 16th Nitrogen Workshop - Connecting different scales of nitrogen use in agriculture. 28th June - 1st July 2009, Turin, Italy, pp. 517-518
- Dienst Regelingen, 2006. *Brochure Mestbeleid 2006: het stelsel van gebruiksnormen. Dd 14 maart 2007 - brochure*. Dienst Regelingen van het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Assen.
- Van Dijk, W., 2003. *Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen*. Rapport 307. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, Lelystad.
- Van Dijk, W., J.G. Conijn, J.F.M. Huijsmans, J.C. van Middelkoop en K.B. Zwart, 2004. *Onderbouwing N-werkingscoëfficiënt organische mest*. Rapport PPO 337. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Lelystad.
- Van Dijk, W. en J.J. Schröder, 2007a. *Adviezen voor stikstofgebruiksnormen voor akker- en tuinbouw op zand- en lössgrond bij verschillende uitgangspunten*. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, publicatie nr. 371, 78 pp.
- Van Dijk, W., H. Prins, M.H.A. de Haan, A.G. Evers, A.L. Smit, J.F.F.P. Bos, J.R. van der Schoot, R. Schreuder, J.W. van der Wekken, A.M. van Dam, H. van Reuler en R. van der Maas, 2007b. *Economische consequenties op bedrijfsniveau van het gebruiksnormenstelsel 2006-2009 voor de melkveehouderij en akker- en tuinbouw*. Studie i.k.v. Evaluatie Meststoffenwet 2007. Praktijkonderzoek Plant, PPO nr. 3250057700, 146 pp. + bijlagen.
- Drecht, G. van en E. Scheper, 1998. *Actualisering van model NLOAD voor de nitraatuitspoeling van landbouwgronden; beschrijving van model en GIS-omgeving*, RIVM Rapport 711501002, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.

EG/91/676, 1991. *Nitraatrichtlijn*.

- Engström, L., B. Lindén, H. Aronsson en M. Stenberg, 2009. *Methods to reduce nitrate leaching after winter oilseed rape and peas*. In: Grignani C., M. Acutis, L. Zavattaro, L. Bechini, C. Bertora, P. Marino Gallina, D. Sacco (Eds), Proceedings of the 16th Nitrogen Workshop - Connecting different scales of nitrogen use in agriculture. 28th June - 1st July. Turin, Italy, pp. 141-142.
- Fraser, P.M., T. Harrison-Kirk, F. Tabley, M.H. Beare, D. Curtin en E.D. Meenken, 2009. *Nitrate leaching as affected by tillage and winter cover crop management during a seven-year arable rotation in Canterbury, New Zealand*, In: Grignani C., M. Acutis, L. Zavattaro, L. Bechini, C. Bertora, P. Marino Gallina, D. Sacco (Eds), Proceedings of the 16th Nitrogen Workshop - Connecting different scales of nitrogen use in agriculture. 28th June - 1st July. Turin, Italy, pp. 409-410.
- Fraters, B., L.J.M. Boumans, T.C. van Leeuwen en J.W. Reijs, 2007. *De uitspoeling van het stikstofoverschot naar grond- en oppervlaktewater op landbouwbedrijven*. RIVM-rapport 680716002, RIVM, Bilthoven.
- Gardebroek, C. and A. Oude Lansink, 2003. 'Estimating farm productivity differentials using panel data: the Hausman-Taylor approach.' In: *Journal of agricultural economics*, Vol. 54, nr. 3, pp 397-415.
- Giambalvo, D., G. Amato, G. Di Miceli, A.S. Frenda en L. Stringi, 2009. *Nitrogen efficiency in wheat as affected by crop rotation, tillage and N fertilization*, 2009, In: Grignani C., M. Acutis, L. Zavattaro, L. Bechini, C. Bertora, P. Marino Gallina, D. Sacco (Eds), Proceedings of the 16th Nitrogen Workshop - Connecting different scales of nitrogen use in agriculture. 28th June - 1st July, Turin, Italy, pp. 251-252.
- De Haan, J.J., K.B. Zwart, A.L. Smit and W.C.A. van Geel, 2009. *Can intensive arable farming systems on sandy soils in the Netherlands meet the targets in the Nitrate Directive?* 2009, In: Grignani C., M. Acutis, L. Zavattaro, L. Bechini, C. Bertora, P. Marino Gallina, D. Sacco (Eds), Proceedings of the 16th Nitrogen Workshop - Connecting different scales of nitrogen use in agriculture. 28th June - 1st July, Turin, Italy, pp. 471-472.
- Ham, A. van den en C.H.G. Daatselaar, 2012. *Bodemoverschotten op landbouwbedrijven Evaluatie Meststoffenwet 2012: deelrapport ex post*.
- Hoop, D.W. de (red.), 2004. *Mineralenmanagement en kwaliteit van bovenste grondwater. Studie op basis van bedrijfsgegevens van 1992 tot 2002 uit Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid*. Rapport 3.04.07. Den Haag: LEI.
- Hooijboer, A.E.J., A. van den Ham, L.J.M. Boumans, C.H.G. Daatselaar, G.J. Doornewaard en E. Buis, 2013. *Landbouwpraktijk en waterkwaliteit op landbouwbedrijven aangemeld voor derogatie; Resultaten meetjaar 2011 in het derogatiemetnet*. RIVM Rapport 680717034, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Loges, R., M. Kelm en F. Taube, 2009. *Comparative analysis of nitrogen surpluses and nitrogen losses of conventional and organic farms in northern Germany*. In: Grignani C., M. Acutis, L. Zavattaro, L. Bechini, C. Bertora, P. Marino Gallina, D. Sacco (Eds), Proceedings of the 16th Nitrogen Workshop - Connecting different scales of nitrogen use in agriculture. 28th June - 1st July, Turin, Italy, pp. 485-486.
- Macdonald, A.J., S.M. Knight, M.J. Glendining, A.P. Whitmore, A.G. Dailey, K.W.T. Goulding, A.H. Sinclair and R.M. Rees, 2009. *Efficiency of soil N use by arable crops*. In: Grignani C., M. Acutis, L. Zavattaro, L. Bechini, C. Bertora, P. Marino Gallina, D. Sacco (Eds), Proceedings of the 16th Nitrogen Workshop - Connecting different scales of nitrogen use in agriculture. 28th June - 1st July, Turin, Italy, pp. 233-234.
- Maturano, M., P. Garcia-Serrano Jiménez, F.V. Madrona en P. López-Fuster, *Barley and corn under no-tillage*, 2009. In: Grignani C., M. Acutis, L. Zavattaro, L. Bechini, C. Bertora, P. Marino Gallina, D. Sacco (Eds), Proceedings of the 16th Nitrogen Workshop - Connecting different scales of nitrogen use in agriculture. 28th June - 1st July 2009, Turin, Italy, pp. 427-428.
- MNP/CBS/Wageningen UR, 2007. *Milieu en Natuurcompendium 2007*, Bilthoven, Milieu- en Natuurplanbureau. www.milieuennatuurcompendium.nl/tabellen/nl018908b.html.
- Oenema, O., G.L. Velthof, N. Verdoes, P.W.G. Groot Koerkamp, G.J. Monteny, A. Bannink, H.G. van der Meer en K.W. van der Hoek, 2000. *Forfaitaire waarden voor gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen*. Alterra, Wageningen, rapport 107.
- Ondersteijn, C.J.M., 2002. *Nutrient management strategies on Dutch dairy farms: an empirical analysis*. PhD-thesis, Landbouwniversiteit Wageningen.

- Poppe, K.J., 2004. *Het Bedrijven-Informatienet van A tot Z*. Rapport 1.03.06. Den Haag: LEI.
- Petersen, J., I.K. Thomsen, L. Matthsson, E.M. Hansen en B.T. Christensen, 2009. *Residual effect of mineral nitrogen fertilizer*, 2009, In: Grignani C., M. Acutis, L. Zavattaro, L. Bechini, C. Bertora, P. Marino Gallina, D. Sacco (Eds), Proceedings of the 16th Nitrogen Workshop - Connecting different scales of nitrogen use in agriculture. 28th June - 1st July. Turin, Italy, pp. 19-20.
- Ponzoni, G., R. Marchetti, G. Seddaiu en P.P. Roggero, 2009. *Simulating tillage intensity and fertilizer N rate reduction effects on soil nitrate leaching*, 2009, In: Grignani C., M. Acutis, L. Zavattaro, L. Bechini, C. Bertora, P. Marino Gallina, D. Sacco (Eds), Proceedings of the 16th Nitrogen Workshop - Connecting different scales of nitrogen use in agriculture. 28th June - 1st July, Turin, Italy, pp. 557-558.
- Reijs, J.W., *Improving slurry by diet adjustments: a novelty to reduce N losses from grassland based dairy farms*. PhD thesis, Wageningen University, 2007.
- Ruijter, F.J. en A.L. Smit, 2003. *Relaties tussen nitraat in het grondwater en potentiële indicatoren voor nitraatverlies op de voorloperbedrijven van Telen met toekomst*. Plant Research International BV Wageningen.
- Ruijter, F.J. de, J.F.M. Huijsmans en B. Rutgers, 2010. 'Ammonia volatilization from crop residues and frozen green manure crops.' In: *Atmospheric Environment* 44, pp. 3362-3368.
- Schröder, J.J., maart 2006. *Berekeningswijze N-bodemoverschot ten behoeve van ABC en BIN2, respectievelijk WOD2*. Werkgroep Onderbouwing Gebruiksnormen, Notitie 26.
- Smit, A.L. *Stikstofbenutting*. In: Themadag Stikstofstromen in de Vollegroondsgroenteteelt. Themaboekje nr. 18, PAGV, Lelystad, 1994.
- Smit, A., S.L.G.E. Burgers, H.F.M. ten Berge, J.J. de Gruijter, M.J.D. Hack-ten Broeke, I.E. Hoving, M. Knotters, S. Radersma en G.L. Velthof, 2004. *Ontwikkeling van een indicator om te sturen op nitraat; toetsing van de regressiemodellen voor nitraat*. Wageningen: Alterra (Reeks Sturen op Nitraat 13 / Alterra-rapport 1058).
- Smit, A. L., W. v. Dijk, J.R. van der Schoot, B.H.C. van der Waal, J.F.F.P. Bos, L. Kater, F.J. de Ruijter, A.A. Pronk en B. van der Sluis, 2005. *Het gebruiksnormenstelsel, consequenties voor bedrijfsvoering en milieukwaliteit. Een eerste verkenning met modelbedrijven in Thema 5 (Maatregelenpakketten) van Progamma 398*. Plant Research International (Rapport 99): 46 pp, 9 bijlagen.
- Smit, A., F.J. de Ruijter, J.J. de Haan en J.G.M. Paauw, 2011. *Maatregelen ter vermindering van de nitraatuitspoeling; De mate van toepassing in de praktijk*. Wageningen, Alterra. Rapport 2239.
- Soler-Rovira, J., J.M. Arroyo-Sanz, C. Sanz-Zudaire, H. Conde-Marcos en A. Mesa-Moreno, 2009. *Nitrogen fertilization effect on sugarbeet crop yield and quality*, 2009, In: Grignani C., M. Acutis, L. Zavattaro, L. Bechini, C. Bertora, P. Marino Gallina, D. Sacco (Eds), Proceedings of the 16th Nitrogen Workshop - Connecting different scales of nitrogen use in agriculture. 28th June - 1st July. Turin, Italy, pp. 323-324
- Ten Berge, H.F.M. (ed.), 2002. *A review of potential indicators for nitrate loss from cropping systems in the Netherlands*. Plant Research International BV Wageningen.
- Ten Berge, H.F.M. en B.M.A. Kroonen-Backbier, 2008. *Effecten van gereduceerd bemesten in consumptieaardappelen op drie praktijkbedrijven*. Wageningen University and Research Centre.
- Ten Berge, H.F.M., W. van Dijk, S.L.G.E. Burgers, J.R. van der Schoot en J.J. Schröder, 2009. *Is crop nitrogen requirement affected by attainable yield?*, 2009, In: Grignani C., M. Acutis, L. Zavattaro, L. Bechini, C. Bertora, P. Marino Gallina, D. Sacco (Eds), Proceedings of the 16th Nitrogen Workshop - Connecting different scales of nitrogen use in agriculture. 28th June - 1st July. Turin, Italy, pp. 283-284.
- De Vries, F. en J. Denneboom, 1992. *De bodemkaart van Nederland digitaal*. Wageningen, Alterra. Rapport SC-DLO Technisch Document I.
- Zwart, M.H., C.H.G. Daatselaar, L.J.M. Boumans en G.J. Doornewaard, 2011. *Landbouwpraktijk en waterkwaliteit op landbouwbedrijven aangemeld voor derogatie. Resultaten meetjaar 2009 in het derogatiemeetnet*. RIVM-rapport 680717022/2011. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.

Websites

http://www3.lei.wur.nl/binternet_asp/

www.kennisakker.nl/kenniscentrum/handleidingen/teelthandleiding-consumptieaardappelen-bemesting

Bijlage 1 Berekeningswijze bodemoverschotten

Behalve over de bemesting en de gewasopbrengst wordt ook gerapporteerd over de overschotten aan stikstof en fosfaat op de bodembalans (in kg N per ha en fosfaat in kg P₂O₅ per ha). Deze overschotten worden berekend met een werkwijze afgeleid van de methode gebruikt en beschreven door Schröder (2006). Dit betekent dat naast de aangevoerde hoeveelheden stikstof en fosfaat in organische meststoffen en kunstmest en de afgevoerde hoeveelheden stikstof en fosfaat in gewassen, ook rekening wordt gehouden met andere aanvoerposten zoals nettomineralisatie van organische stof in de bodem, stikstofbinding door vlinderbloemigen (fixatie) en atmosferische depositie. Bij het berekenen van nutriëntenoverschotten op de bodembalans wordt uitgegaan van een evenwichtssituatie. Er wordt verondersteld dat op de lange termijn de aanvoer van organische stikstof in de vorm van gewasresten en organische mest gelijk is aan de jaarlijkse afbraak. Een uitzondering op deze regel wordt gemaakt voor veen- en dalgronden waarvoor wel wordt gerekend met een aanvoerpost voor mineralisatie, voor grasland op veen 160 kg N per ha en voor grasland op dalgrond en de overige gewassen op veen- en dalgrond 20 kg N per ha. Van deze gronden is bekend dat nettomineralisatie plaatsvindt als gevolg van het grondwaterstandbeheer dat nodig is om deze gronden landbouwkundig te kunnen gebruiken. Schröder (2006) berekent het overschot op de bodembalans door als uitgangspunt de gift van nutriënten aan de bodem te gebruiken. In deze studie is een balansmethode toegepast om uit bedrijfsgegevens een overschot op de bodembalans te kunnen berekenen.

De gebruikte berekeningsmethodiek voor het stikstofoverschot is samengevat in tabel B3.5. Eerst wordt het overschot op de bedrijfsbalans berekend door de in de boekhouding geregistreerde aan- en afvoer van nutriënten te sommeren. Dit overschot wordt berekend inclusief voorraadmutaties. Voor stikstof wordt het berekende overschot op de bedrijfsbalans vervolgens gecorrigeerd voor aan- en afvoerposten op de bodembalans. Voor fosfaat is het overschot op de bodembalans gelijk aan het overschot op de bedrijfsbalans. Verdere toelichting op de berekeningsmethodiek is te vinden in de onderstaande, bij de tabel behorende voetnoten.

- a. Aankopen - verkopen + beginvoorraad - eindvoorraad.
- b. Aankopen + voorraadafname.
- c. Verkopen - aankopen + eindvoorraad - beginvoorraad.
- d. Verkopen + voorraadtoename.
- e. N-gehalten kunstmest, krachtvoer en enkelvoudige voeders via jaaroverzichten leverancier. Indien niet beschikbaar worden normen gebruikt.
- f. N-gehalten van ruwvoer via jaaroverzichten of forfaitaire normen (CVB, 2003).
- g. N-gehalten gewassen en plantaardige producten volgens Van Dijk (2003).
- h. N-gehalten dierlijke mest en compost volgens Dienst Regelingen (2006).
- i. N-gehalten dieren volgens Beukeboom (1996).
- j. Het N-gehalte van melk wordt berekend als het bedrijfsspecifieke eiwitgehalte/6.38. Overige N-gehalten dierlijke producten volgens Beukeboom (1996).
- k. Voor gras op veen: 160 kg N per ha per jaar, overige gewassen op veen evenals dalgrond (ongeacht gewas): 20 kg N per ha per jaar, alle overige gronden: 0 kg. Van BIN-bedrijven worden de oppervlakten vastgelegd van de vier door Dienst Regelingen gebruikte grondsoorten (zand/klei/veen/löss). Voor het inschatten van de mineralisatie voor dalgrond is gebruik gemaakt van globale bodemtyperingen per bedrijf (op basis van postcode) volgens De Vries en Denneboom (1992).
- l. De atmosferische depositie wordt jaarlijks gedifferentieerd per provincie en varieerde in 2006 tussen 23-40 kg N per ha per jaar (MNP/CBS/Wageningen UR, 2007).
- m. N-binding in kg N per ha per jaar (Schröder, 2006).
 - voor grasklaver: bij klaveraandeel < 5%: 10 kg, bij klaveraandeel tussen 5 en 15%: 50 kg, bij klaveraandeel > 15% 100 kg, aandeel klaver volgens opgave deelnemer;

- voor luzerne: 160 kg;
 - voor conservenerwten, tuinbonen, bruine en slabonen 40 kg;
 - voor overige vlinderbloemigen 80 kg.
- n. Vervluchtiging uit stal en opslag als functie van diersoort, stalsysteem en beweidingssysteem volgens Oenema et al. (2000).
- o. Vervluchtiging bij beweiding: 8% van de N-totaal in weide uitgescheiden (Schröder, 2006). Bij mechanische toediening op grasland: sleepvoet, 10% van N totaal; sleufkouter, 6,5% van N-totaal; zodenbemester 3% van N totaal; bovengronds uitrijden van vaste mest, 14,5%. Op bouwland, inwerken 8,5% van N totaal; injectie, 1% van N totaal, bovengronds uitrijden van vaste mest 14,5% (Van Dijk et al., 2004, tabel 1).

Tabel B1.1

Gehanteerde berekeningsmethodiek voor het stikstofoverschot op de bodembalans (kg N ha⁻¹ jaar⁻¹).

| Omschrijving posten | | Berekeningsmethodiek |
|----------------------------------|--|---|
| Aanvoer bedrijf | Kunstmest | Hoeveelheid ^a * gehalte ^e |
| | Dierlijke en overige organische mest | Hoeveelheid ^b * gehalte ^h |
| | Voer | Hoeveelheid ^a * gehalte ^{e,f} |
| | Dieren | Hoeveelheid ^b * gehalte ^l |
| | Plantaardige producten (zaai- plant- en pootgoed) | Hoeveelheid ^b * gehalte ^g |
| | Overig | Hoeveelheid ^b * gehalte |
| Afvoer bedrijf | Dierlijke producten (melk, wol, eieren) | Hoeveelheid ^c * gehalte ^l |
| | Dieren | Hoeveelheid ^d * gehalte ^l |
| | Dierlijke en overige organische mest | Hoeveelheid ^d * gehalte ^h |
| | Gewassen en overige plantaardige producten | Hoeveelheid ^d * gehalte ^g |
| | Overig | Hoeveelheid ^d * gehalte |
| N-overschot op de bedrijfsbalans | Aanvoer bedrijf - Afvoer bedrijf | |
| Aanvoer bodembalans | + Mineralisatie | 160 kg N voor veengrond en 20 kg voor dalgrond ^k |
| | + Atmosferische depositie | Gedifferentieerd per provincie ^l |
| | + N-binding door vlinderbloemigen | Alle vlinderbloemigen ^m |
| Afvoer bodembalans | - Vervluchtiging uit stal en opslag | Op basis van diersoort, stalsysteem en beweidingssysteem ⁿ |
| | - Vervluchtiging toediening en beweiding | Kunstmest en dierlijke mest op basis van werkelijke mestproductie, beweiding en toedieningsmethode ^o |
| N-overschot op de bodembalans | N-overschot bedrijf + aanvoer bodembalans - afvoer bodembalans | |

Bijlage 2 Processen rond stikstofvoorziening in de bodem

Stikstof is één van de meest essentiële voedingsstoffen voor de plant. De plant heeft deze stikstof nodig voor de vorming van zowel structurele componenten van de plantencel (zoals celwanden) en niet-structurele (aminozuren en enzymen). Smit (1994) stelt dat veel van de opgenomen stikstof terecht komt in enzymen die bij het fotosyntheseproces zijn betrokken. Een stikstoftekort heeft dus een negatieve invloed op de fotosynthese en vertaalt zich daarom direct in een lagere productie. Daarnaast heeft stikstof invloed op de snelheid van de bladgroei en op de snelheid van het in bloei komen van het gewas.

De plant neemt de stikstof hoofdzakelijk op in de vorm van nitraat (NO_3^-) via het wortelstelsel. Voor een goede groei van de plant moet voldoende stikstof in deze vorm in de bodem beschikbaar zijn. De stikstofvoorziening in de landbouw geschiedt grotendeels via bemesting. In kunstmest is deze stikstof meestal aanwezig in de vorm van nitraatzouten. Ook wordt wel ureum ($(\text{NH}_2)_2\text{CO}$) gebruikt als kunstmeststof. Ureum en ammonium worden in de bodem omgezet in nitraat (nitrificatie). Bij dit proces speelt het bodemleven een belangrijke rol.

Dierlijke mest bevat stikstof in verschillende vormen. Er wordt onderscheid gemaakt in minerale stikstof (vooral ammonium) en organisch gebonden stikstof (microbiële eiwitten, afgestoten lichaamsweefsel en onverteerde eiwitten (Reijs, 2007)). Urine bevat in verhouding veel minerale stikstof; in faeces daarentegen is de stikstof vooral organisch gebonden. De organische stikstof in de dierlijke mest moet voor een groot deel dus nog worden omgezet in minerale stikstof, door afbraak van de organische stof, voordat de plant het op kan nemen. Dit proces heet mineralisatie

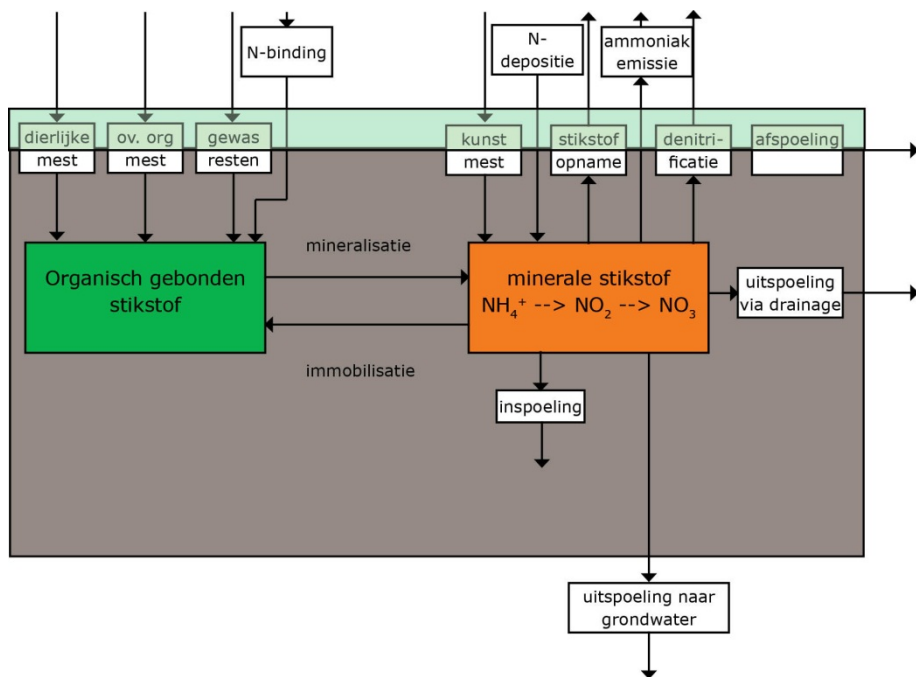
Er vindt ook een proces plaats waarbij stikstof in de bodem wordt vastgelegd (immobilisatie). De verhouding tussen mineralisatie enerzijds en vastlegging anderzijds is jaarafhankelijk.

Ook compost wordt gebruikt als meststof. Compost bestaat uit gecomposteerd (plantaardig) organisch materiaal, vooral huis-, tuin- en keukenafvalstoffen. Het gehalte aan minerale stikstof in compost is laag.

Ditzelfde geldt ook voor de gewasresten en de zogenaamde groenbemesters. Groenbemesters worden niet alleen geteeld vanwege de organische stofvoorziening, maar ook als vanggewas voor stikstof. Ze worden vooral geteeld in de herfst, dus buiten het groeiseizoen van de hoofdgewassen en nemen stikstof op uit de bodem die anders verloren zou kunnen gaan door uitspoeling.

Het groenbemestingsgewas sterft in de winter af en/of wordt in het voorjaar ondergeploegd, waarna de mineralen via mineralisatie weer voor een deel voor het volgende gewas beschikbaar komen. Peulvruchten en vlinderbloemigen zoals lupine, voederwikke of klaversoorten, kunnen met hulp van symbiotische bacteriën (Rhizobium) stikstof uit de lucht binden en zo het stikstofgehalte van de grond verhogen.

Ten slotte komt gemiddeld 25 kg stikstof per ha via depositie ('zure regen') op de bodem terecht, vooral in de vorm van stikstofoxiden (grotendeels afkomstig van verkeer en industrie) en ammoniak (voornamelijk afkomstig van de landbouw). Deze hoeveelheid varieert tussen regio's. In de belangrijkste akkerbouwregio's is de stikstofdepositie meestal lager.



Figuur B.1 Stikstofstromen in de bodem.

Stikstof is een zeer beweeglijk element, dat afhankelijk van allerlei bodemprocessen in verschillende scheikundige verbindingen in de bodem voor kan komen. De bodemprocessen op zich zijn afhankelijk van allerlei bodemkarakteristieken, zoals structuur, vochtgehalte, temperatuur, humusgehalte en activiteit van het bodemleven. Een aantal stromen beweegt zich vanuit de bodem naar het milieu. In gasvormige toestand zijn dit vooral emissies van het onschadelijke stikstofgas (N₂) en van het verzurende ammoniakgas (NH₃) naar de lucht. Daarnaast kunnen het broeikasgas lachgas (N₂O) en stikstofoxiden (NO_x) vervluchtigen. In opgeloste toestand verdwijnt stikstof in nitraatvorm (NO₃) naar het oppervlaktewater (afspoeling en drainage) en naar het grondwater (uitspoeling). In dit onderzoek gaat de belangstelling vooral uit naar de uitspoeling van stikstof naar het grondwater en het drainwater. Deze uitspoeling vindt grotendeels plaats in de vorm van nitraten. Organisch gebonden stikstof is niet oplosbaar in water en kan pas uitspoelen na mineralisatie en nitrificatie. Het grootste risico van uitspoeling naar het grondwater doet zich voor als zich veel nitraat in de bodem bevindt. er niets of weinig opgenomen wordt door het gewas en er sprake is van een neerslagoverschot. Dit is vooral het geval in het najaar en in de winterperiode. In het najaar is de concentratie van nitraat relatief hoog vanwege mineralisatie van stikstof die dan nog plaatsvindt door de grote activiteit van het bodemleven in de voorbije warme zomerperiode en de nog hoge bodemtemperatuur. Deze stikstof komt bovenop de reststikstof die de gewassen achterlaten in de bodem. De gewassen nemen in deze periode niet of nauwelijks meer stikstof op, omdat ze dan al zijn geoogst of in de afrijpingsfase verkeren. Toedienen van dierlijke mest in het najaar, zoals op de zwaardere kleigronden tot voor kort gebruikelijk was, verhoogt de nitraatconcentratie nog meer.

Overigens verschilt de kans op hoge nitraatconcentraties in het bovenste grondwater, afhankelijk van grondsoort en grondwaterstand. Dat verschil wordt veroorzaakt door verschillen in denitrificatie. Denitrificatie treedt op onder zuurstofarme onstandigheden en bij een hoog gehalte aan gemakkelijk afbreekbare organische stof in de bodem. Op kleigronden en natte zandgronden treedt gemakkelijker zuurstofloosheid op dan op droge zandgronden en lössgronden. Het nitraatgehalte in het bovenste grondwater kan daardoor op laatstgenoemde gronden hoog oplopen.

De uitspoelingsfractie geeft aan welk deel van de stikstof die na afloop van het groeiseizoen in de bodem aanwezig is, uitspoelt naar het bovenste grondwater. De fractie wordt berekend door de stikstofuitspoeling (in kg per ha per jaar) te delen door het stikstofoverschot op de bodembalans (kg per ha per jaar).

LEI Wageningen UR
Postbus 29703
2502 LS Den Haag
T +31 (0)70 335 83 30
E publicatie.lei@wur.nl
www.wageningenUR.nl/lei

LEI Report 2013-065
ISBN 978-90-8615-660-3



LEI Wageningen UR verricht sociaal-economisch onderzoek en is de strategische partner voor overheden en bedrijfsleven op het gebied van duurzame en economische ontwikkeling binnen het domein van voeding en leefomgeving. Het LEI maakt deel uit van Wageningen UR (University & Research centre). Daarbinnen vormt het samen met het Departement Maatschappijwetenschappen van Wageningen University en het Wageningen UR Centre for Development Innovation de Social Sciences Group.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.500 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



LEI Wageningen UR
P.O. Box 29703
2502 LS Den Haag
The Netherlands
E publicatie.lei@wur.nl
www.wageningenUR.nl/lei

LEI Report 2013-065
ISBN 978-90-8615-660-3

LEI Wageningen UR verricht sociaal-economisch onderzoek en is de strategische partner voor overheden en bedrijfsleven op het gebied van duurzame- en economische ontwikkeling binnen het domein van voeding en leefomgeving. Het LEI maakt deel uit van Wageningen UR (University & Research centre). Daarbinnen vormt het samen met het Departement Maatschappijwetenschappen van Wageningen University en het Wageningen UR Centre for Development Innovation van de Social Sciences Group.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.500 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

