



Biologische teelt op een zuidelijke zandgrond: opbrengst, bemesting, bodemkwaliteit en stikstofverliezen

Resultaten van het biologische bedrijfssysteem van het project Bodemkwaliteit
op zand in de periode 2000-2016

Janjo de Haan, Marie Wesselink, Wim van Dijk, Harry Verstegen,
Willem van Geel, Wim van den Berg



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Biologische teelt op een zuidelijke zandgrond: opbrengst, bemesting, bodemkwaliteit en stikstofverliezen

Resultaten van het biologische bedrijfssysteem van het project Bodemkwaliteit op zand in de periode 2000-2016

Janjo de Haan, Marie Wesselink, Wim van Dijk, Harry Verstegen, Willem van Geel, Wim van den Berg¹

¹ Wageningen University & Research

Dit onderzoek is gefinancierd door het Ministerie van EZ, ZLTO en LLTB uitgevoerd door de Stichting Wageningen Research (WR), businessunit Praktijkonderzoek AGV in het kader van de PPS Beter Bodembeheer van de TKI Agri & Food.

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

Wageningen, januari 2018

Rapport WPR-755

Haan, Janjo de, Marie Wesselink, Wim van Dijk, Harry Verstegen, Willem van Geel, Wim van den Berg, 2017. Biologisch teelt op zuidelijke zandgronden: opbrengst, bemesting, bodemkwaliteit en stikstofverliezen; Resultaten van het biologische bedrijfssysteem van het project Bodemkwaliteit op zand in de periode 2000-2016. Wageningen Research, Rapport WPR-755. 100 blz.; 27 fig.; 37 tab.; 47 ref.

In dit rapport worden de resultaten van het biologische bedrijfssysteem op WUR-proeflocatie Vredepeel in de periode 2001-2016 gepresenteerd met focus op gewasopbrengst, bodemkwaliteit, bemesting en stikstofuitspoeling.

Het biologisch systeem heeft opbrengsten die gemiddeld 6% onder het streven liggen, een goede bodemvruchtbaarheid en een nitraatconcentratie in het grondwater onder de norm van de nitraatrichtlijn. De nutriëntenoverschotten van stikstof, fosfaat en kali zijn hoger dan de streefwaarde. De opbrengsten liggen gemiddeld ruim onder die van de gangbare teelt door het optreden van ziekten en plagen. Veranderingen in opbrengst, bodemkwaliteit en uitspoeling in de periode 2000-2016 zijn niet met metingen vastgesteld behalve een stijging in organisch stofgehalte. Hierdoor kan ook niet aangetoond worden dat door biologische landbouw de bodemkwaliteit verbetert en ecosysteemdiensten verbeteren. Onduidelijk is hoe het biologisch systeem tot een lage uitspoeling komt bij een relatief hoge stikstof- en organische stofaanvoer. Nader onderzoek is hiervoor nodig.

Trefwoorden: biologische landbouw, organische stof, stikstofuitspoeling, gewasopbrengsten, bodemvruchtbaarheid, akkerbouw, vollegrondsgroenten, zandgrond, Zuidoost Nederland, mest, bedrijfssysteemonderzoek

DOI: <https://doi.org/10.18174/440225>

Bij dit rapport hoort ook een datafile: <https://doi.org/10.17026/dans-x3n-64rp>

© 2018 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Praktijkonderzoek AGV, Postbus 430, 8200 AK, Lelystad; T 0317 48 07 00; www.wur.nl/plant-research

KvK: 09098104 te Arnhem
VAT NL no. 8113.83.696.B07

Stichting Wageningen Research. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Stichting Wageningen Research.

Stichting Wageningen Research is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Rapport WPR-755

Foto omslag: Harry Verstegen

Inhoud

Inhoud	3
Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	13
1.1 Aanleiding	13
1.1.1 Bodemkwaliteit en organische stof	13
1.1.2 Het zuidelijk zandgebied	14
1.1.3 Waterkwaliteit in het zuidelijk zandgebied	14
1.1.4 Mestbeleid	15
1.2 Bedrijfssystemenonderzoek op proeflocatie Vredepeel	15
1.3 Doelstelling rapport	16
1.4 Leeswijzer	17
2 Materiaal en methoden	19
2.1 Opzet bedrijfssystemenonderzoek Vredepeel	19
2.1.1 Locatie Vredepeel	19
2.1.2 Het biologisch bedrijfssysteem	19
2.1.3 Vruchtwisseling	21
2.1.4 Bemesting	22
2.2 Metingen en analyses	24
2.2.1 Aanvoer effectieve organische stof	24
2.2.2 Opbrengst en kwaliteit	24
2.2.3 Bodemkwaliteit	25
2.2.4 Stikstofbodembalans	27
2.2.5 N-min voorraad bodem	29
2.2.6 Nitraatconcentraties in het grondwater	30
2.2.7 Stikstofuitspoelfractie en toegepaste correcties	30
2.2.8 Lachgasemissies	31
2.2.9 Fosfaat- en kalibalans	31
2.2.10 Overzicht maatstaven en streefwaarden	32
2.2.11 Compostplots	32
3 Resultaten	33
3.1 Aanvoer effectieve organische stof	33
3.2 Opbrengst en kwaliteit	33
3.2.1 Marktbaar opbrengst	34
3.2.2 Droge stofproductie	36
3.2.3 Kwaliteit	37
3.3 Bodemkwaliteit	37
3.3.1 Organische stofgehalte	37
3.3.2 Chemische bodemkwaliteit	38
3.3.3 Plantparasitaire aaltjes	38
3.3.4 Overige bodemmetingen	39
3.4 Stikstofbodembalans	40
3.4.1 Stikstofaanvoer	40

3.4.2	Stikstofafvoer	41
3.4.3	Stikstofbodemoverschot	43
3.4.4	Stikstofefficiëntie	43
3.4.5	Langjarige stikstofnawerking uit organische mest, gewasresten en groenbemesters	44
3.5	N-min voorraad bodem	45
3.6	Nitraatconcentraties in het grondwater	46
3.7	Stikstofuitspoelfractie	48
3.7.1	Stikstofuitspoelfractie	48
3.7.2	Correcties voor verschillen in langjarige stikstofnawerking	48
3.7.3	Regressieanalyse relatie stikstofbodemoverschot en nitraatvrucht	49
3.8	Overige relaties tussen stikstofbodemoverschot, N-min voorraad bodem en nitraatconcentraties grondwater	50
3.9	Lachgasemissies	51
3.10	Fosfaat- en kalibalans	52
3.10.1	Fosfaatbalans en fosfaatgehalten in het product	52
3.10.2	Kalibalans en kaligehalten in het product	54
3.11	Overzicht resultaten parameters	55
3.12	Compostplots	55
3.12.1	EOS-aanvoer	55
3.12.2	Opbrengst	56
3.12.3	Stikstof-, fosfaat- en kaliaanvoer	56
4	Discussie	58
4.1	Systeemontwikkeling	58
4.2	Organische stofaanvoer	59
4.3	Opbrengst en kwaliteit	59
4.3.1	Vergelijk met streefopbrengsten, praktijkopbrengsten en trends	59
4.3.2	Invloed van ziekten en plagen	60
4.3.3	Effecten van bemesting op de opbrengst	60
4.4	Bodemkwaliteit	61
4.4.1	Organische stof	61
4.4.2	Bodemvruchtbaarheid	61
4.4.3	Plantparasitaire aaltjes	62
4.4.4	Overige bodemmetingen	62
4.5	Stikstofefficiëntie en stikstofverliezen	62
4.5.1	Stikstofefficiëntie	62
4.5.2	Nawerking van stikstof	62
4.5.3	Stikstofoverschotten en nitraat in de bodem na oogst en in het najaar	63
4.5.4	Stikstofuitspoeling en stikstofuitspoelfractie	63
4.5.5	Lachgasemissies	64
5	Conclusies en aanbevelingen	66
5.1	Conclusies	66
5.1.1	Algemeen	66
5.1.2	Opbrengst en bodemkwaliteit	66
5.1.3	Stikstofefficiëntie en stikstofverliezen	66
5.2	Aanbevelingen	67
5.2.1	Algemeen	67
5.2.2	Voortzetting van het onderzoek	67
	Literatuur	70
	Bijlage 1 Historie en ligging van de bedrijfssystemen	73

Bijlage 2	Uitleg Excelfile "Data rapportage Bodemkwaliteit op zand 2000-2016 Biologisch.xls"	75
Bijlage 3	Neerslag en temperatuur Vredepeel 2000-2016	77
Bijlage 4	Zaai, poot, plant en oogstdata 2000-2016	79
Bijlage 5	Forfaitaire getallen voor berekening EOS-aanvoer	82
Bijlage 6	Stikstofbalans bodem	83
Bijlage 7	Aardappelopbrengst	84
Bijlage 8	Resultaten trendanalyse organische stof 1988-2016	85
Bijlage 9	Trends in bodemkenmerken	86
Bijlage 10	Resultaten trendanalyse nitraatconcentraties in het grondwater	88
Bijlage 11	Resultaten regressieanalyse stikstofbodemoverschot, N-min voorraden bodem en nitraatuitspoeling	90

Woord vooraf

Voorliggend rapport geeft de resultaten van het biologische bedrijfssysteem op WUR-proeflocatie Vredepeel over een periode van 17 jaar en volgt op de rapportage over het biologisch systeem van 1993-1999 (Wijnands & Backbier, 2002a). Het heeft veel inspanning gekost om alle verzamelde gegevens van registraties en metingen van onder andere opbrengsten, bodemmetingen en de nutriëntenbalansen over deze lange periode goed op een rij te zetten.

Het heeft daarnaast veel inspanning gekost om de juiste vorm van rapportage te krijgen. In eerste instantie wilden we een vergelijk maken met de gangbare bedrijfssystemen over de periode 2011-2016 op WUR-proeflocatie Vredepeel maar vanwege verschillen in locatie, de uitgangssituatie van bodemvruchtbaarheid, de grondwaterstand, vruchtwisseling en productiemethode is een goede vergelijking niet mogelijk. Daarom is gekozen om een aparte rapportage te maken over het biologische systeem in de periode vanaf 2000, het jaar waarin het systeem op de huidige plaats kwam te liggen.

Hierbij willen we ook iedereen bedanken die dit onderzoek en deze rapportage mede mogelijk hebben gemaakt. Ten eerste Marc Kroonen, bedrijfsleider proefbedrijf Vredepeel en collega's voor al het werk in de uitvoering van de systemen wat ze al vele jaren zonder problemen doen. De ervaring van Marc in de uitvoering, bijvoorbeeld in de timing van de onkruidbestrijding is cruciaal voor een goede uitvoering van het systeem. Marc, ook bedankt voor het meedenken in de mogelijke aanpassing van het biologisch systeem zowel om tot een betere opzet als een beter resultaat te komen. Ten tweede bedanken we de financiers van het onderzoek: zowel het ministerie van LNV via de PPS Beter Bodembeheer (en de voorloper de PPS Duurzame Bodem) als de ZLTO en LLTB via hun onderzoeksfondsen Proef & Selectie en STOP/SAF, in het bijzonder Annet Zweep (ministerie van LNV), Jan Roefs (ZLTO) en John Stemkens en Ton Besouw (LLTB). Jullie bijdragen voor dit kostbare onderzoek worden zeer gewaardeerd. Ten derde willen we de begeleidingscommissie van het project bedanken voor de vele intensieve discussies zowel in het veld als in de zaal over de resultaten van dit onderzoek en de betekenis in de praktijk. Tot slot willen we de reviewers van het rapport bedanken: Jaap Schröder, Martin van Ittersum, Gerrie van de Ven, Renske Hijbeek, Gerard Velthof, Dico Fraters, Leo Bouwman, Guusje Koorneef en Wijnand Sukkel. Mede door jullie vaak uitgebreide commentaar hebben we de rapportage kunnen verbeteren.

Janjo de Haan, Marie Wesselink, Wim van Dijk, Harry Versteegen, Willem van Geel, Wim van den Berg
Lelystad, december 2017

Samenvatting

Inleiding

In de landbouwpraktijk heerst de indruk dat de bodemkwaliteit achteruitgaat. Bodembeheer staat onder andere hierdoor in het middelpunt van het debat in Nederland. Daarnaast is duurzaam bodembeheer een belangrijk aandachtspunt in het beleid als oplossingsrichting voor diverse maatschappelijke knelpunten bij behoud van economisch perspectief voor ondernemers. Met name het belang van organische stof in goed bodembeheer is in discussie, mede vanwege het aangescherpte mestbeleid. Hierbij speelt de vraag wat het effect is van organische stofbeheer op de Nederlandse bodemkwaliteit en welke effecten dit heeft op gewasopbrengsten en andere ecosysteemdiensten zoals waterkwaliteit, behoud van biodiversiteit en vermindering van broeikasgasemissies. Biologische landbouw wordt hierin als voorbeeld gezien hoe werken aan bodemkwaliteit vormgegeven kan worden.

In lange termijn onderzoek kunnen de interacties van verschillende vragen in de tijd onderzocht worden. In het bedrijfssystemenonderzoek 'Bodemkwaliteit op zand' (BKZ) dat op de WUR-proeflocatie Vredepeel wordt uitgevoerd, ligt een dergelijk onderzoek. Dit onderzoek heeft tot doel om op semi-praktijkschaal systemen en bodembeheerstrategieën voor plantaardige productie in het Zuidoostelijk zandgebied te ontwerpen, te testen en te verbeteren teneinde te voldoen aan gestelde doelstellingen op het vlak van stikstofverliezen, bodemkwaliteit en opbrengsten. De opzet is dynamisch, de gehanteerde strategieën en maatregelen worden elk jaar geëvalueerd en zo nodig bijgesteld.

Deze rapportage beschrijft de resultaten van het biologisch bedrijfssysteem in de periode 2000-2016 waarbij de ontwikkelingen in opbrengst en kwaliteit van gewassen, bodemkwaliteit, nutriëntenbalansen en stikstofstromen inclusief stikstofuitspoeling beschreven worden. De resultaten van het biologische bedrijfssysteem worden gebruikt om na te gaan of met biologische landbouw een verbetering in bodemkwaliteit optreedt en of dit leidt tot minder stikstofverliezen. In andere rapportages worden de resultaten van het onderzoek in de gangbare bedrijfssysteem (Haan et al. 2017) en het onderzoek naar effecten van grondbewerking gerapporteerd (gepland in 2018).

Materiaal en methoden

Het biologische bedrijfssysteem omvat 6 percelen met een vruchtwisseling van akkerbouw- groente- en voedergewassen. In het systeem worden geen gewasbeschermingsmiddelen en kunstmest gebruikt. Het systeem ligt sinds 2000 vanwege de SKAL certificering in één blok. In de periode 2000-2016 zijn drie projectperiodes te onderscheiden elk met hun eigen vruchtwisseling:

- 2000-2003 Bedrijfssystemenonderzoek met een akkerbouw-industriegroentenvruchtwisseling met weinig groenbemesters
- 2005-2008 Nutriënten Waterproof met een akkerbouw-, voeder- en tuinbouwgewassen met een tweejarige luzerne en gebruik van groenbemesters
- 2011-2016 Bodemkwaliteit op zand met een akkerbouw-groentenvruchtwisseling met een eenjarige gras-klover en gebruik van groenbemesters.

De bemesting is hoofdzakelijk uitgevoerd met vaste rundveemest en rundveedrijfmest, waar nodig aangevuld met vinassekali. De hoogte van de gift is vooral bepaald op basis van de stikstofbehoefte die vanaf 2005 is bepaald met de stikstofbalansmethode.

Vanaf 2011 liggen op twee percelen 4 compostplots per perceel waar jaarlijks 10-20 ton compost per hectare is toegediend om te kijken naar het effect van compost (bovenop de bemesting) op opbrengst, bodemkwaliteit en stikstofuitspoeling.

Jaarlijks zijn alle inputs met organische mest, opbrengsten en kwaliteit van de gewassen, hoeveelheden van gewasresten en groenbemesters en alle overige teelthandelingen geregistreerd per

perceel. Ook zijn jaarlijks per perceel de bodemvruchtbaarheid, de aanwezigheid van plantparasitaire aaltjes, de voorraad aan minerale bodemstikstof (in het voorjaar, na de oogst en in het najaar) en de stikstofgehalten in mest, oogstproducten, gewasresten en groenbemesters gemeten. Daarnaast zijn in 2013 en 2016 lachgasemissies gemeten in een preiteelt met een voorteelt van grasklaver als groenbemester. Analyses zijn gedaan van de aanvoer van effectieve organische stof, gewasopbrengsten in vergelijk met haalbare streefopbrengsten in de regio en gangbare opbrengsten van het proefbedrijf, bodemkwaliteit, nutriëntenbalansen (stikstof, fosfaat en kali), de N-min voorraad van de bodem, nitraatconcentraties in het grondwater, stikstofuitspoelfracties en broeikasgasemissies per perceel, per gewas en voor het gehele systeem. Hierbij is met name gekeken naar trends in de tijd en verschillen tussen gewassen. De stikstofuitspoelfracties zijn gecorrigeerd voor het feit dat de jaarlijkse aanvoer van organisch gebonden stikstof nog niet in evenwicht is met de jaarlijkse afbraak. Ook is gekeken naar de verbanden tussen stikstofoverschot, minerale stikstofvoorraden in de bodem na de oogst en in het najaar en stikstofuitspoeling.

Resultaten

Organische stofaanvoer

De aanvoer van effectieve organische stof lag gemiddeld op 3231 kg/ha. Hiervan kwam 62% uit mest, 28% uit gewasresten en 10% uit groenbemesters. De aanvoer van organische stof was hoog met name door het gebruik in de bemesting van vrijwel alleen vaste of vloeibare rundveemest met een hoog EOS-aandeel. Daarnaast was het aandeel groenbemesters relatief hoog. Bij de compostplots was in beide systemen daar bovenop ruim 3000 kg effectieve organische stof per ha per jaar extra toegediend.

Opbrengst en kwaliteit

De marktbaar opbrengsten lagen gemiddeld op 94% van de vastgestelde streefopbrengsten. Met name de opbrengst van zomergerst (82%), conservenerwt (63%), waspeen (81%) en stamslaboon (44%) bleven achter bij het streven. De opbrengst van met name korrelmais (131%) en luzerne (113%) was hoger dan de streefwaarde. Vergeleken met praktijkopbrengsten van het gangbare beheer van het proefbedrijf lag voor aardappel, zomergerst, conservenerwt en prei de opbrengst in het biologisch systeem op circa 60%. Dit wordt vooral veroorzaakt door het optreden van ziekten en plagen. De opbrengst van snijmais lag dicht bij deze praktijkopbrengst (93%), in dit gewas spelen ziekten en plagen nauwelijks een rol. Er was geen trend in de opbrengsten over de jaren te ontdekken mede door de grote variatie veroorzaakt door ziekten en plagen. De totale droge stofproductie (inclusief gewasresten en groenbemesters) lag gemiddeld iets boven de 10 ton/ha. De kwaliteit van de gewassen was goed behalve voor aardappel (te laag onderwatergewicht) en broccoli (te laag in klasse I).

Bodemkwaliteit

Het organische stofgehalte van de bodem is al gemeten sinds 1988. In de periode 1988 tot en met 2005 daalde dit met 0,06%-punt per jaar en steeg daarna tot en met 2016 met 0,05%-punt per jaar. De chemische bodemvruchtbaarheid gemeten via o.a. pH, Pw, K-getal lag binnen of was iets hoger dan het streeftraject. Er is een risico geweest op aaltjesschade, met name na luzerne in prei (periode 2005-2008) door *Trichodoriden* of *Meloidogyne hapla* en na mais in aardappel en conservenerwt door het wortellesieaaltje (vanaf 2011).

Stikstofbodembalans

Het stikstofbodemoverschot varieerde sterk door de jaren heen door zowel grote verschillen in aanvoer als in afvoer. In de periode 2000-2003 was het overschot hoog vanwege de relatief hoge mestaanvoer. In de periode 2005-2008 was het overschot relatief laag door de grote afvoer van stikstof met luzerne. In de periode 2011-2016 was het beeld tweeledig. Het bodemoverschot was in de periode 2011-2013 lager dan in de periode 2014-2016. Dit kwam enerzijds door een lagere aanvoer en anderzijds door een hogere stikstof afvoer in de periode 2011-2013. De aanvoer van werkzame stikstof was in alle jaren ruim beneden de gebruiksnormen van die jaren. Ook de stikstofefficiëntie wisselde sterk over de jaren, over alle jaren werd een gemiddelde stikstofefficiëntie van 60% gevonden, de waarden fluctueerden tussen 29% en 137%. De modelmatig berekende langjarige mineralisatie van stikstof uit gewasresten, groenbemesters en eerder toegediende organische mest was hoog met gemiddeld 124 kg/ha/jaar gemiddeld. De aanvoer van organische

stikstof en vastlegging in groenbemesters en gewasresten was echter gemiddeld nog hoger met 159 kg/ha/jaar. Dit geeft aan dat er waarschijnlijk nog geen sprake is van evenwicht.

Nitraatconcentraties in het grondwater, stikstofuitspoelfractie en N-min voorraden in de bodem

De nitraatconcentratie in het grondwater gemeten in februari bedroeg gemiddeld 40 mg nitraat per liter, lag daarmee onder de nitraatnorm. De gemiddelde nitraatconcentratie in het grondwater gemeten op vier momenten in de winterperiode vanaf 2005 bedroeg 36 mg nitraat per liter. De N-min voorraad in de bodem in het voorjaar (0-30 cm) was met gemiddeld 13 kg/ha laag. De N-min voorraad in de bodem na oogst (0-60 cm) en in het najaar (0-90 cm) lagen beiden iets boven de 40 kg/ha en bevonden zich rondom de streefwaarde van respectievelijk 30-40 en 45 kg/ha. De berekende stikstofuitspoelfractie lag rond de 30%, gecorrigeerd voor nawerking was deze 51% en is lager dan de gemiddelde waarde die hoort bij een droge zandgrond (75%). Er bleken significante verbanden te bestaan tussen stikstofoverschot en stikstofuitspoeling en N-min voorraad in de bodem in het najaar en stikstofuitspoeling.

Lachgasemissies

De metingen van lachgasemissies gaven geen eenduidig beeld wat betreft het optreden van emissies bij bewerkingen. Opvallend waren de regelmatig negatieve waarden voor lachgasemissie.

Fosfaat- en kalibalans

De gemiddelde fosfaataanvoer lag net onder de fosfaatgebruiksnorm bij toestand neutraal. Het fosfaatoverschot lag met gemiddeld 16 kg/ha ruim boven het streven van evenwichtsbemesting. Het kalioverschot lag vanaf 2005 gemiddeld rond de 40 kg/ha, de bovengrens van het streeftraject.

Compostplots

De compostplots hadden gemiddeld een 3% hogere opbrengst dan de plots zonder compost. De nutriëntenaanvoer in de compostplots was hoger omdat niet gecorrigeerd is voor de extra aanvoer van nutriënten met compost. Hierdoor is niet duidelijk of het positieve opbrengsteffect een gevolg is van een verhoogde nutriëntenaanvoer of van een ander effect van compost. Er is geen uitspoeling gemeten in de compostplots.

Discussie

Bij de interpretatie van de resultaten moet rekening gehouden worden met een sterk wisselende vruchtwisseling over de gehele periode 2000-2016 waardoor niet alle gewassen ook in alle jaren aanwezig waren. Ook was de bemestingsstrategie in de eerste periode (2000-2003) anders dan in de periodes daarna, in de eerste periode was er een hogere aanvoer van organische mest.

Opbrengsten

De opbrengsten worden vooral gelimiteerd door ziekten en plagen, bijvoorbeeld *Phytophthora* in aardappel en diverse bladschimmels in prei. Waar ziekten en plagen geen rol spelen, wat in mais het geval is, ligt de opbrengst bijna op het niveau van de gangbare praktijk. Er is door het regelmatig optreden van ziekten en plagen over de jaren geen trend in opbrengstontwikkeling zichtbaar. Naar inschatting hebben de gewassen geen of hooguit een beperkt nutriëntengebrek gehad. Overschotten zijn relatief hoog en ook de N-min na oogst is niet laag. Anderzijds zijn gewasgehaltenes van N en P over het algemeen wel lager dan de (gangbare) referentiewaarden.

Bemesting en overschotten

De bemesting zou nog wat meer aangepast moeten worden zodat de fosfaat en kalioverschotten wat kunnen dalen zonder de stikstofbeschikbaarheid te verminderen. Echter het is lastig om meer vlinderbloemigen in te passen en ook de vervanging van vinassekali door een andere meststof met minder kali heeft zijn nadelen.

Bodemkwaliteit

Het organische stofgehalte heeft tot en met 2005 een onverklaarbare dalende trend die daarna ombuigt in een stijgende trend passend bij de relatief hoge (effectieve) organische stofaanvoer in het biologische systeem maar groter dan voorspeld met modelberekeningen. De chemische bodemvruchtbaarheid (o.a. pH, fosfaat- en kalitoestand) is verder goed. Plantparasitaire aaltjes

kunnen een invloed hebben gehad op met name de opbrengsten van aardappel en erwit vanaf 2012, al is lastig vast te stellen of er daadwerkelijk schade is opgetreden. De overige bodemmetingen zijn over het algemeen slechts éénmaal gedaan waardoor niet duidelijk is of er sprake is van een trend. Duidelijke streefwaarden ontbreken bij veel van deze metingen. Bij het uitvoeren van de werkzaamheden in het systeem wordt de bodemkwaliteit van het biologisch systeem visueel wel als beter beoordeeld dan de gangbare systemen.

Nitraatuitspoeling

De nitraatconcentraties in het grondwater lagen gemiddeld onder de 50 mg NO₃/l en de berekende stikstofuitspoelfractie is laag. De overige stikstofindicatoren lagen echter op een relatief hoog niveau, met name het stikstofoverschot, mede door de lage afvoeren omdat streefopbrengsten niet gehaald worden. De N-min na oogst en najaar liggen rond de bovenkant van het streeftraject van 30-40 en 30-45 kg/ha. Er zijn geen significante trends in de tijd zichtbaar. Modelberekeningen laten zien dat er nog geen evenwicht is tussen mineralisatie en aanvoer van organische stikstof. Er zijn enkele significante verbanden tussen stikstofoverschot, N-min en uitspoelingsparameters, veel verbanden zijn echter niet significant wat de interpretatie van de stikstofstromen bemoeilijkt.

Conclusie

Het biologisch systeem op WUR proeflocatie Vredepeel presteert redelijk met opbrengsten net onder het streven, met een goede bodemvruchtbaarheid en lage uitspoeling onder de nitraatnorm. Wel zijn de nutriëntenoverschotten van stikstof, fosfaat en kali hoog. Verbeteringen in de tijd van prestaties zijn echter over het algemeen niet zichtbaar. Hierdoor kan ook niet kwantitatief worden onderbouwd dat door biologische landbouw de bodemkwaliteit verbetert en prestaties wat betreft opbrengst of minder risico op verliezen verbeteren naarmate de periode van biologisch beheer langer is. Visueel is wel zichtbaar dat de begingroei en bodemstructuur beter is in het biologisch systeem dan gangbaar.

Bovenstaande conclusies worden wel beïnvloed door de grote wijzigingen in het bouwplan in de afgelopen jaren. In de periode 2005-2008 was de vruchtwisseling minder intensief met een lagere bemesting dan in de andere periodes, maar ook de vruchtwisseling in de periode 2000-2004 wijkt sterk af van die in de periode 2011-2016.

De compostplots die sinds 2011 op twee percelen liggen geven een lichte verhoging van de opbrengst. Deze kan zowel door organische stof als door extra aanvoer van nutriënten veroorzaakt worden.

Aanbevelingen

Het systeemonderzoek op WUR-proeflocatie Vredepeel laat zien dat biologische teelt van akkerbouw-, voeder- en tuinbouwgewassen op zandgrond in Zuidoost Nederland goed mogelijk is al blijven opbrengsten wel ruim achter bij gangbare opbrengsten. Omdat ziekten en plagen daar de belangrijkste factor zijn is het van belang meer resistente rassen te krijgen voor met name aardappel, prei en conservenerwt.

Het voornemen is om het onderzoek in de komende jaren met een vrijwel ongewijzigde opzet voort te zetten. Belangrijke aandachtspunten zijn:

- Onderzoek naar de oorzaken van de relatief lage stikstofuitspoeling en stikstofuitspoelfractie
- Zorgen voor een correctie op de nutriëntenaanvoer in de compostplots
- Maximaal gebruik van resistente rassen
- Herhaling van de bodembioologische en bodemfysische metingen die in 2011 en 2012 zijn gedaan om veranderingen in de bodemkwaliteit zichtbaar te maken
- Meten van fosfaat- en kaligehaltes om goede fosfaat- en kalibalansen vast te stellen
- Meten van broeikasgasemissies in het biologisch systeem
- Een financiële doorrekening van het biologisch systeem

Vaststellen van ontwikkelingen over tijd en/of verschillen tussen percelen in systemen wat betreft effecten van management op bodemkwaliteit, opbrengst en andere ecosysteemdiensten is lastig. Daarom zijn langjarige experimenten belangrijk evenals voortzetting van dit onderzoek.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

1.1.1 Bodemkwaliteit en organische stof

De algemene indruk in de landbouw is dat de bodemkwaliteit achteruitgaat. Hiervoor zijn diverse aanwijzingen zoals toenemende problemen met bodemgebonden ziekten en plagen door o.a. intensieve rotaties en afgenomen beschikbaarheid van chemische middelen en toenemende ondergrondverdichting (Akker, van den & Groot, de, 2008). In de praktijk heerst een sterk gevoel van afnemende bodemvruchtbaarheid mede vanwege de aangescherpte mestwetgeving. Al kan dat niet hard gemaakt worden; een recente analyse van data van Eurofins Agro laat zien dat organische stofgehalten in Nederland over het algemeen niet dalen (Velthof et al., 2017).

Bodembeheer staat onder andere hierdoor in het middelpunt van het debat in Nederland. Duurzaam bodembeheer is een belangrijk aandachtspunt in het beleid als oplossingsrichting voor diverse maatschappelijke knelpunten bij behoud van economisch perspectief voor ondernemers. Duurzaam bodemgebruik, zonder precieze definitie wat dit inhoudt, wordt door beleidsmakers gezien als de oplossing om bodembedreigingen zoals erosie, bodemverdichting, bodemverontreiniging, emissies, afname van het gehalte aan organische stof en biodiversiteit te voorkomen en op te lossen.

Door de biologische landbouwsector wordt vaak gesteld dat biologische landbouw zorgt voor een betere bodemkwaliteit door toepassing van een ruime vruchtwisseling met veel groenbemesters, het gebruik van organische mest met relatief veel organische stof en het afzien van gebruik van kunstmest en bestrijdingsmiddelen. Hierdoor wordt het natuurlijke bodemleven behouden, is er weerbaarheid tegen ziekten en plagen, is er minder erosie en een betere bodemstructuur. Toch blijven er vragen of een goede bodemkwaliteit zonder negatieve bijeffecten bereikt wordt bij toepassing van biologische landbouwmethoden. Dit betreft o.a. het effect van verhoging van organische stofaanvoer op de stikstofuitspoeling.

Er zijn bijvoorbeeld enerzijds hypothesen dat een hoger organische stofgehalte in de bodem nutriëntenefficiëntie verhoogt doordat gewassen beter groeien en meer nutriënten opnemen en doordat (positief geladen) nutriënten beter worden vastgehouden en minder snel uitspoelen. Anderzijds zijn er hypothesen dat een hoger organische stofgehalte in de bodem nutriëntenverliezen vergroot doordat een verhoogde aanvoer leidt tot een verhoogde N-mineralisatie in periodes zonder gewasgroei en daardoor tot een hogere uitspoeling. Vanwege het aangescherpte mestbeleid en de aandacht voor bodemkwaliteit is dit onderzoeksonderwerp in de belangstelling komen te staan bij de landbouw en overheid.

Het is echter lastig om aan te tonen wat het effect is van veranderend management op de bodemkwaliteit en welke effecten dit heeft op gewasopbrengsten en andere ecosysteemdiensten. Hijbeek et al. (2017) vonden in een meta-analyse over 20 lange termijn proeven in Europa geen algemeen significant effect van organische stof wanneer er werd gecompenseerd voor verschillen in nutriëntenaanvoer bij verschillen in organische stofaanvoer. Bij bepaalde typen organische stof, gewassen en weers- en bodemomstandigheden was er wel een significant effect. De Technische Commissie Bodem (TCB) heeft begin 2016 een advies aan de overheid gegeven over de toestand en dynamiek van organische stof in Nederlandse Landbouwbodems (Technische Commissie Bodem, 2016). De TCB stelt dat organische stof in belangrijke mate bijdraagt aan onmisbare ecosysteemdiensten, zoals vruchtbaarheid, biodiversiteit, structuur, vochtregulatie en bindings- en filtercapaciteit van de bodem. Volgens de TCB speelt de kwaliteit van OS ten onrechte nauwelijks een rol bij bemesting van landbouwgrond. De TCB adviseert om te focussen op behoud van kwaliteit en voorraad van organische stof en meer 'langzame' nutriëntenarme meststoffen (zoals composten) te gebruiken en meer organische stof met gewasresten aan te voeren. Daarnaast adviseert ze het

landbouwkundig beheer van de bodem meer te richten op behoud van organische stof door bijvoorbeeld minder intensieve grondbewerking en verhoging van de grondwaterstand. Voorkomen moet worden dat een hogere aanvoer van organische stof negatieve effecten heeft zoals hogere broeikasgasemissies.

1.1.2 Het zuidelijk zandgebied

In het zuidelijk zandgebied speelt bodemkwaliteit en organisch stofbeheer een grote rol. Vandaar de keuze voor dit gebied als locatie van het onderzoek dat in dit rapport is beschreven. Het zuidelijk zandgebied beslaat het grootste deel van Noord-Brabant, Noord- en Midden-Limburg. Het is een relatief hoger gelegen gebied met weinig reliëf, met dekzand en oude rivierzanden aan het oppervlak. Het zuidelijk zandgebied wordt doorsneden door kleine rivieren en beken, zoals de Dommel, de Aa, de Mark en de Dintel (www.geologievannederland.nl). De gronden waren van nature arm. Pas na de Tweede Wereldoorlog is met de komst van kunstmest grootschalige intensieve landbouw in het gebied ontstaan.

Het huidige grondgebruik in het zuidelijk zandgebied bestaat uit 40% gras, 25% voedergewassen, vooral snijmaïs, 25% akkerbouw en 10% procent tuinbouw waarvan het grootste deel vollegroendsgroenten. Het akkerbouwoppervlak is verdeeld in 30% aardappelen, 30% granen, 15% suikerbieten, 15% akkerbouwmatige groenten en 10% overige gewassen (statline.cbs.nl). Het aandeel uitspoelingsgevoelige gewassen is daarmee ca. 40%.

Het gebied kent een grote intensieve veehouderij met ca. 60% van de Nederlandse varkens en 40% van de Nederlandse kippen. In het gebied wordt 7,9 miljoen ton dunne rundvee mest en 6,7 miljoen ton dunne varkensmest geproduceerd, samen meer dan 90% van de totale mestproductie in het gebied. Hierdoor is de mestproductie veel hoger dan de plaatsingsruimte van mest op basis van het mestbeleid. In het gebied werd in 2014 49 miljoen kg fosfaat geproduceerd terwijl er slechts plaatsingsruimte is voor 15 miljoen kg fosfaat (statline.cbs.nl). Het verschil moet afgezet worden buiten de regio wat hoge kosten met zich meebrengt, deze bedragen 15-25 euro per ton afhankelijk van de mestsoort (Koeijer, de et al., 2016).

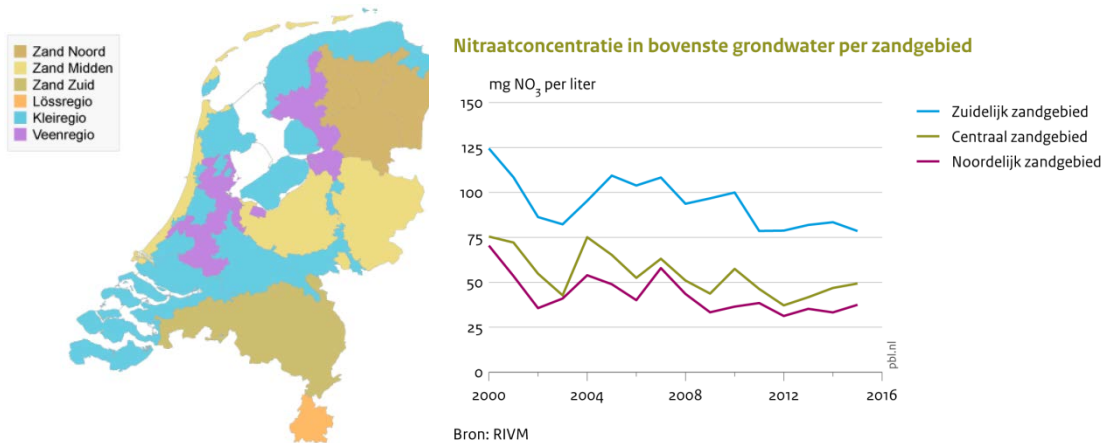
Het aandeel biologische landbouw in het zuidelijk zandgebied is klein. Slechts 1,6% van het areaal wordt biologisch beheerd, waarbij het aandeel in de melkveehouderij groter is dan in de akker- en tuinbouw (statline.cbs.nl).

1.1.3 Waterkwaliteit in het zuidelijk zandgebied

In tegenstelling tot het noordelijk en centraal zandgebied, is de nitraatconcentratie in het grondwater onder landbouwgrond in het zuidelijk zandgebied nog ruim hoger dan de 50 mg nitraat/l ondanks een afname in de afgelopen 15 jaar (Figuur 1, Fraters et al., 2016). Er zijn geen uitsplitsingen gemaakt per regio voor de verschillende bedrijfstakken. Gemiddeld over alle zandregio's ligt de uitspoeling op akkerbouwbedrijven op 81 mg nitraat per liter terwijl voor melkveebedrijven de gemiddelde nitraatconcentratie op 39 mg nitraat per liter ligt (Fraters et al., 2016). Bij akkerbouwbedrijven is de concentratie dus ruim hoger, en sinds 2000 is de nitraatconcentratie niet meer gedaald.

Behalve de nitraatconcentratie in het grondwater zijn ook de stikstof- en fosfaatconcentraties in het oppervlaktewater over het algemeen te hoog op zandgronden: slechts 30-50% van de meetpunten voldoet aan de normen die gehanteerd worden voor stikstof in de periode 2011-2014. Dit is 46-62% voor fosfaat (Klein & Rozemeijer, 2015).

Er zijn geen specifieke nitraatconcentraties in grond- of oppervlaktewater bekend van biologische bedrijven op zandgrond.



Figuur 1 Indeling naar grondsoortregio's waarbij de zandregio is verdeeld in de zandgebieden Noord, Midden en Zuid (links) en de nitraatconcentraties in het bovenste grondwater per zandgebied in de periode 2000-2016 (rechts, Fraters et al., 2016)

1.1.4 Mestbeleid

Om de stikstof- en fosfaatemissies vanuit de landbouw te verminderen zijn in de afgelopen jaren in het mestbeleid diverse maatregelen genomen. In 2006 is een stelsel van stikstof- en fosfaatgebruiksnormen geïntroduceerd. Deze normen zijn in de afgelopen jaren voor het Zuidelijk zandgebied sterk aangescherpt. De stikstofgebruiksnormen voor de uitspoelingsgevoelige gewassen begonnen in 2006 rond de landbouwkundige bemestingsadviezen maar liggen sinds 2015 voor uitspoelingsgevoelige gewassen ca. 25-30% daaronder (in het Zuidelijk zandgebied). De fosfaatgebruiksnormen zijn in de loop van de jaren verlaagd van 85 kg/ha naar 50 kg/ha voor de meeste percelen (gezien de overwegend hoge fosfaattoestanden op deze percelen). Ook de werkingscoëfficiënt voor varkensdrijfmest is in de afgelopen jaren aangescherpt van 60% naar 80% (www.rvo.nl).

Voor biologische bedrijven is de aanscherping van de stikstofgebruiksnormen geen probleem omdat ze met hun bemesting over het algemeen daar ruim onder zitten. Een probleem is wel dat de stikstofbehoefte voor een belangrijk deel gedekt wordt met meststoffen die relatief veel fosfaat bevatten. Als gevolg daarvan bestaat het gevaar op overdosering van fosfaat. Ook het hogere gebruik van vaste stalmest op biologische bedrijven met een doorgaans lagere N/P-verhouding dan rundveedrijfmest leidt tot een beperking van de stikstofaanvoer.

Boeren zien de aanvoer van voldoende organische stof als noodzaak voor het behalen van goede opbrengsten en het behoud van bodemvruchtbaarheid. Ze zetten vraagtekens bij de aanname dat gebruik van dierlijke mest tot meer stikstofuitspoeling leidt omdat een voldoende organische stofaanvoer leidt tot hogere opbrengsten en afvoeren (Stallen, 2017). Dit geldt deels ook voor biologische bedrijven al wordt daar in een aantal gewassen de opbrengst ook sterk verlaagd bij het optreden van ziekten en plagen.

1.2 Bedrijfssystemenonderzoek op proeflocatie Vredepeel

In 2011 is op de WUR-locatie Vredepeel (gelegen in het zuidelijk zandgebied) het project "Bodemkwaliteit op zand" gestart. Het project is een bedrijfssystemenonderzoek (Vereijken, 1999; Haan, de & Garcia Diaz, 2002). Het bedrijfssysteemonderzoek heeft tot doel om op semi-praktijkschaal een systeem met een dusdanige combinatie van strategieën en maatregelen te ontwerpen, testen en verbeteren zodat aan de gewenste doelstellingen voldaan kan worden. Deze doelstellingen liggen zowel op maatschappelijk vlak, zoals het verminderen van emissies, als op economisch vlak gericht op het realiseren van een economisch gezonde bedrijfsvoering. De opzet is

dynamisch, de gehanteerde strategieën en maatregelen worden elk jaar geëvalueerd en zo nodig bijgesteld.

Het bedrijfssystemenonderzoek op Vredepeel is gestart in 1989. Tussen 1989 en 2000 was het bedrijfssystemenonderzoek vooral gericht op geïntegreerde gewasbescherming in de akkerbouw (Wijnands & Kroonen, 2002a; Wijnands & Kroonen, 2002b), hoewel er in deze periode ook aandacht voor stikstofuitspoeling en verbetering van nutriëntenefficiëntie is geweest. Vanaf 1993 was er ook een biologisch systeem dat geward lag over het proefbedrijf. In 2000 is het biologisch systeem in één blok op de huidige locatie gelegd om zo ook SKAL-certificering aan te kunnen vragen. Tussen 2000 en 2004 omvatte het biologisch systeem een akkerbouwrotatie met industriegroenten. Van 2005 tot en met 2008 vormde het biologisch systeem een onderdeel binnen het project Nutriënten Waterproof (NWP, Haan de et al., 2010). NWP was vooral gericht op het voldoen aan de EU-nitraatrichtlijn in de akkerbouw en open teelten in het zuidelijk zandgebied. In 2011 is dit project opgevolgd door het project "Bodemkwaliteit op zand" (BKZ). In BKZ ligt de nadruk op de ontwikkeling van bodembeheersstrategieën voor organische stof en grondbewerking. Het gehele bedrijfssystemenonderzoek is sinds 1989 op dezelfde proefvelden op de WUR-proeflocatie Vredepeel uitgevoerd.

Een korte beschrijving van de historie van het bedrijfssystemenonderzoek op Vredepeel is opgenomen in Bijlage 1 met een korte opsomming van de systemen per projectperiode en bijzonderheden in de teelt en uitvoering.

1.3 Doelstelling rapport

Doel van het project Bodemkwaliteit op zand is het ontwikkelen van praktisch toepasbare strategieën en maatregelen die bijdragen aan een duurzaam bodembeheer op zandgrond en voldoende economisch perspectief geven aan de akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt in het zuidelijk zandgebied.

De ontwikkeling van maatregelen is bedoeld voor zowel biologische als gangbare bedrijven en is gericht op organisch stofbeheer en grondbewerking. Deze rapportage gaat alleen in op de resultaten van organisch stofbeheer in het biologische bedrijfssysteem en neemt hierin ook de resultaten van de twee voorgaande projectperiodes (vanaf 2000) mee. Resultaten van het organisch stofbeheer in de gangbare bedrijfssystemen zijn beschikbaar in een aparte rapportage (Haan de et al., 2017). Resultaten van de grondbewerking zijn deels beschikbaar in een studentenrapport (Vervoort, 2016).

Doel van deze rapportage is de analyse van de prestaties van het biologische bedrijfssysteem vanaf 2000 tot en met 2016 waarbij de uitkomsten geconfronteerd worden met eerder bepaalde streefwaarden ten aanzien van:

- De aanvoer van effectieve organische stof (EOS)
- De marktbare opbrengst, kwaliteit en bruto droge stofproductie
- De fysische, chemische en biologische bodemkwaliteit
- De stikstofstromen in het systeem. Hierbij gaat het om:
 - o De stikstofbodembalans: aanvoer, afvoer en –overschot
 - o De stikstofbenutting (stikstofafvoer/stikstofaanvoer)
 - o Voorraden minerale stikstof in de bodem aan het begin van het groeiseizoen, na de oogst en in november (start uitspoelingsseizoen)
 - o De nitraatconcentraties in het grondwater in de winterperiode
 - o De stikstofuitspoelfractie (dat deel van het overschot dat uitspoelt naar het grondwater)
 - o Gasvormige emissies (ammoniak, lachgas en andere broeikasgasemissies)
- De fosfaat- en kalibalansen

In dit rapport wordt geen aandacht besteed aan de kosten en opbrengsten en aan de onkruidbestrijdingsstrategie en haar effectiviteit van het biologische systeem.

1.4 Leeswijzer

Dit rapport is traditioneel opgebouwd als onderzoeksrapport met in hoofdstuk 2 materiaal en methoden, hoofdstuk 3 de resultaten, hoofdstuk 4 de discussie en hoofdstuk 5 de conclusies en aanbevelingen. In de bijlagen is achtergrondinformatie opgenomen. Bij de rapportage hoort ook een Excelfile "Data rapportage Bodemkwaliteit op zand 2000-2016 Biologisch.xls" met de data van de biologische systemen op gebied van effectieve organische stofaanvoer, opbrengst, chemische bodemvruchtbaarheid en stikstofstromen inclusief een samenvatting van de statistische analyses. Een toelichting bij dit bestand is opgenomen in Bijlage 2. Waar relevant staat bovenaan de paragrafen in hoofdstuk 2 en 3 een verwijzing naar de tabbladen van het rekenbestand. Voor data van een aantal metingen over bodemkwaliteit en broeikasgasemissies wordt verwezen naar andere rapporten.

2 Materiaal en methoden

2.1 Opzet bedrijfssystemenonderzoek Vredepeel

2.1.1 Locatie Vredepeel

Proeflocatie Vredepeel ligt op een Peel-ontginningsgrond in het zuidoostelijk zandgebied van Nederland ca. 8 km ten westen van Venray. Deze regio heeft de hoogste uitspoeling van nitraat en fosfaat in Nederland. De bodem wordt geclassificeerd als een veldpodzol met een bouwvoor van 30-40 cm, daaronder een onregelmatige overgangslaag van 10-15 cm en daaronder het oorspronkelijke dekzand (Vos, de et al., 2001). De grond op de proefboerderij is in de mestwetgeving gekenmerkt als uitspoelingsgevoelig (GHG \geq 70 cm en een GLG \geq 120) en representatief voor zandgronden in Oost Brabant en Noord Limburg. De bodemtextuur van de bouwvoor is 93% matig fijn zand, 4,5% leem en 2,2% klei en een organische stofgehalte wat varieert van 3,8 tot 4,3% gemiddeld over de jaren 2000-2016 tussen de verschillende percelen, met een gemiddelde waarde over alle percelen over de periode 2000-2016 van 4,0% (zie paragraaf 3.3). Ook onder de bouwvoor wordt de bodemtextuur gedomineerd door matig fijn zand. Het zandpakket is 2-12 m dik met leem- en veenlenzen. De laag daaronder bestaat uit grof zand, grind en klei- en leemlenzen (Tabel 1 en Groenendijk et al., 2017). In de percelen van het biologische systeem zitten geen klei- of veenlenzen binnen twee meter onder maaiveld. De ondergrond is verdicht volgens Van den Akker en De Groot (2008) met dichtheden van rond de 1700 kg m⁻³. De percelen op het bedrijf zijn goed ontwaterd, ze zijn allen gedraineerd op een afstand van 6 meter en een diepte van 60-80 cm. Volgens De Vos et al. (2006) zou ca. 60% van het water via de drains worden afgevoerd. Het Peelkanaal ten westen van de Proeflocatie heeft geen invloed op de ontwatering en grondwaterstanden van het biologische bedrijfssysteem. De grondwaterstand in de winter ligt gemiddeld tussen de 80 en 120 cm. De gemiddelde neerslag van de beschreven proefperiode (2000-2016) was 823 mm (periode maart-februari). Dit ligt 48 mm boven het langjarige gemiddelde van 775 mm. De gemiddelde jaartemperatuur is 11,1°C, een graad boven het langjarige gemiddelde van 10,1°C. Een samenvatting van de weersgegevens van 2000-2016 staat in Bijlage 3.

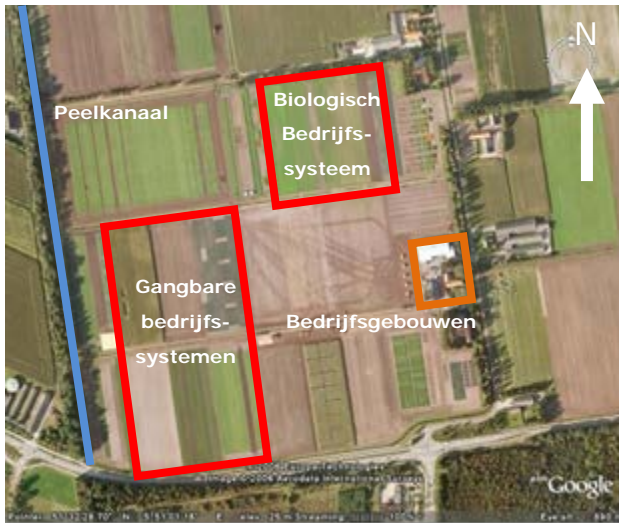
Tabel 1 Beschrijving bodemopbouw rond Vredepeel (van Beek et al., 2005 gebaseerd op Rijks Geologische Dienst 1975). De veenlaag op 2,7 m – mv. is slecht doorlatend en vormt een fysische barrière voor verticaal transport met een geschatte weerstand van 100 dagen.

Laag	Beschrijving
0 – 0,6 m –m.v.	Zand, matig fijn, humeus, lichtbruin, ingesloten enkele recente wortelresten
0,6 – 1,5 m –m.v.	Zand, fijn, lichtgeel
1,5 -2,0 m –m.v.	Zand, fijn, lichtgrijs
2,0 – 2,7 m –m.v.	Zand, matig fijn, zwak lemig, zwak humeus, bruin
2,7 – 3,2 m –m.v.	Veen
3,2 - 5,5 m –m.v.	Zand, matig fijn, humeus, donkerbruin
5,5 – 7,8 m –m.v.	Zand, zeer grof, bruingrijs, met weinig overwegend wit kwartszand
7,8 m –m.v.	Grond, fijn en grof

2.1.2 Het biologisch bedrijfssysteem

Het onderzoek in BKZ omvatte twee gangbare bedrijfssystemen en één biologisch bedrijfssysteem. Deze rapportage gaat alleen over het biologische bedrijfssysteem genaamd BIO. Het bedrijfssysteem bevat akkerbouw- groente- en voedergewassen en heeft een SKAL-certificering vanaf 2003. In het systeem worden geen gewasbeschermingsmiddelen en kunstmest gebruikt. Het systeem ligt sinds 2000 vanwege de SKAL-certificering in één blok op de huidige plaats. De omschakeling heeft tussen 2000 en 2003 plaatsgevonden.

Het bedrijfssysteem omvat zes percelen welke naast elkaar liggen. De helft van elk perceel wordt sinds 2011 niet-kerend bewerkt (NKG) en de andere helft is altijd geploegd. In deze rapportage wordt niet ingegaan op de verschillen in grondbewerking. Alle gegevens in deze rapportage zijn gemeten in de geploegde perceelsdelen. Op twee percelen zijn 4 plots aangelegd waar jaarlijks met compost extra organische stof wordt aangevoerd: 3000 kg EOS per ha per jaar. In Figuur 2 en Figuur 3 is de situering van het biologische bedrijfssysteem en de percelen daarbinnen weergegeven.



Figuur 2 WUR-locatie Vredepeel en de ligging van de bedrijfssystemen, het Peelkanaal en de bedrijfsgebouwen

						N	
sloot natuurstrook	mais + gbm zomergerst	0,3258 ha	34.2 b	18m.	meetperceel		
	mais + gbm zomergerst	0,3258 ha	34.2 a	18m.			
	aardappel + gbm Japanse haver	0,3258 ha	34.1 b	18m.			
	aardappel + gbm Japanse haver	0,2715 ha	34.1 a	15m.			
	zomergerst + gbm Japanse haver	0,3258 ha	33.2 b	18m.			
	zomergerst + gbm Japanse haver	0,3258 ha	33.2 a	18m.			
	peen + gbm zomergerst	0,3258 ha	33.1 b	18m.			
	peen + gbm zomergerst	0,2715 ha	33.1 a	15m.			
	Eng.raaigras+witte klaver + prei winter	0,3258 ha	32.2 b	18m.			
	Eng.raaigras+witte klaver + prei winter	0,3258 ha	32.2 a	18m.			
	erwt + gbm Eng.raaigras+witte klaver	0,3258 ha	32.1 b	18m.			
	erwt + gbm Eng.raaigras+witte klaver	0,2715 ha	32.1 a	15m.			
			3,7467 ha				
			190m.				
compost plots							
standaard grondbewerking (ploegen);			1,8462 ha				
alternatief grondbewerking (niet kerend);			1,9005 ha				
			3,7467 ha				

Figuur 3 Ligging van de percelen binnen het biologische systeem met de perceelsbenaming, compostplots, grondbewerkingsobjecten en vruchtwisseling in 2016.

Vanwege deze opzet zijn de statistische analyses beperkt tot trendanalyses over de tijd voor een aantal gewas- en bodemparameters (o.a. organische stofgehalte) en nitraatconcentraties in het grondwater. Regressieanalyses zijn gedaan om te kijken naar verbanden tussen stikstofoverschot, minerale stikstofvoorraden in de bodem na oogst en in het najaar en de stikstofuitspoeling.

2.1.3 Vruchtwisseling

De bedrijfssystemen van BKZ liggen op de percelen van de voorgaande projecten van het bedrijfssystemenonderzoek. In de periode 2000-2004 en 2011-2016 had het biologische systeem een zesjarige vruchtwisseling met akkerbouwgewassen en (industrie)groenten. In de periode van Nutriënten Waterproof (2005-2008) had het biologische systeem een twaalfjarige vruchtwisseling met akker- voeder- en tuinbouwgewassen met naast groenten ook siergewassen als astilbe en bos- en haagplantsoen. Voor 2000 werd er op de huidige biologische percelen ook bedrijfssystemenonderzoek uitgevoerd met deels gangbare en deels biologische bedrijfsvoering. De gewassen per perceel van 2000 tot 2016 staan in Tabel 2. Zaai-, plant- en poot en oogstdata zijn opgenomen in Bijlage 4.

Tabel 2 Hoofdgewassen per perceel in het biologisch systeem 2000-2016. Zie voor toelichting de tekst.

jaar	32.1b	32.2a	33.1a	33.2b	34.1a	34.2b
2000	waspeen	suikerbiet	snijmais	triticale	erwt/boon	aardappel
2001	erwt/boon	korrelmais	waspeen	aardappel	suikerbiet	zomergerst
2002	suikerbiet	aardappel	erwt/boon	zomergerst	korrelmais	waspeen
2003	korrelmais	zomergerst	suikerbiet	waspeen	aardappel	erwt/boon
2004	aardappel	korrelmais	korrelmais	zomergerst	zomergerst	suikerbiet
2005	broccoli	suikerbiet	zomergerst	boomteelt1	Luzerne	aardappel
2006	zomergerst	astilbe	aardappel	boomteelt2	Prei	luzerne
2007	boomteelt1	zomergerst	luzerne	aardappel	Broccoli	prei
2008	boomteelt2	aardappel	prei	luzerne	Broccoli	korrelmais
2009	aardappel	luzerne	korrelmais	prei	Zomergerst	broccoli
2010	grasklaver	prei	prei	korrelmais	Aardappel	zomergerst
2011	prei	zomergerst	snijmais	peen	Erwt	aardappel
2012	zomergerst	peen	aardappel	snijmais	Prei	erwt
2013	peen	snijmais	erwt	aardappel	Zomergerst	prei
2014	snijmais	aardappel	prei	erwt	Peen	zomergerst
2015	aardappel	erwt	zomergerst	prei	Snijmais	peen
2016	erwt	prei	peen	zomergerst	Aardappel	snijmais

2.1.3.1 Periode 2000-2003

In de periode 2000-2003 bestond de 6-jarige vruchtwisseling uit de gewassen 1. Aardappel – 2. Korrelmais – 3. Waspeen – 4. Conservenerwt/stamslaboon dubbelteelt – 5. Suikerbiet – 6. Zomergerst. In 2000 is in plaats van zomergerst triticale geteeld en in plaats van korrelmais snijmais. Er zijn wisselend groenbemesters geteeld die over het algemeen een lage droge stof productie hadden. In 2001 zijn in het geheel geen groenbemesters geteeld.

2.1.3.2 Periode 2005-2008

Ten tijde van het project Nutriënten Waterproof had het biologische systeem een 12-jarige vruchtwisseling waarin in de loop van de jaren op een aantal plaatsen gewassen zijn gewisseld. De 12-jarige vruchtwisseling is zowel op de huidige ploeg- als de NKG-perceelsdelen toegepast. Alleen de gewassen geteeld op de huidige ploegdelen zijn meegenomen in de analyse (Tabel 2). De vruchtwisseling bestond op deze percelen uit de volgende gewassen: 1. Aardappel – 2. Luzerne – 3. Prei – 4. Suikerbiet/Zomergerst Broccoli/Korrelmais – 5. Tulp/Astilbe/Korrelmais – 6. Zomergerst – 7. Aardappel – 8. Luzerne – 9. Broccoli – 10. Broccoli/Korrelmais – 11. Bos en haagplantsoen jaar 1 – 12. Bos en haagplantsoen jaar 2.

De luzerne werd direct na de aardappel gezaaid met haver. In jaar 2 (volledig luzernejaar) is de luzerne drie tot vier keer gemaaid en afgevoerd. In het jaar van de preiteelt (of broccoli) is de luzerne nog één keer geogst en vervolgens na enkele weken ingewerkt waarna de prei/broccoli is geplant. Na

zomergerst en broccoli is een zomergerst groenbemester geteeld, welke in 2008 vervangen is door Japanse haver. In het eerste jaar (2005) is voorafgaand aan de broccoli in hetzelfde jaar een zomergerst-erwt mengsel geteeld als groenbemester.

2.1.3.3 Periode 2011-2016

Van 2011 tot 2016 omvatte de zesjarige rotatie de gewassen 1. Aardappel – 2. Conservenerwt – 3. Prei (herfst) – 4. Zomergerst – 5. Peen en 6. Snijmaïs. Stro van de zomergerst en de gewasresten van de prei zijn afgevoerd. De overige gewasresten bleven achter op het veld.

Om uitspoeling van stikstof te verminderen en stikstof de winter over te tillen is na aardappel, erwt, zomergerst en maïs een stikstofvanggewas geteeld:

- Engels raaigras + witte klaver na conservenerwt,
- Japanse haver na aardappel en zomergerst,
- een gerstgroenbemester na snijmaïs

De grasklaver na erwt is niet bemest en niet geoogst en afgevoerd. Wel is de grasklaver in het najaar één of twee keer geklepeld om veronkruiding tegen te gaan. Een maand voor de start van de preiteelt is de grasklaver ingewerkt. De gerstgroenbemester na snijmaïs heeft zich in het algemeen maar beperkt ontwikkeld vanwege het late zaaitijdstip en wordt daarom in de verdere analyses niet meegenomen.

2.1.3.4 Tussenjaren 2004, 2009 en 2010

De jaren 2004, 2009 en 2010 waren overbruggingsjaren tussen de verschillende projectperiodes. In deze jaren is de vruchtwisseling vereenvoudigd. In 2004 is aardappel, suikerbiet, korrelmaïs en zomergerst geteeld, de laatste twee gewassen elk op twee percelen. In dit jaar zijn geen groenbemers geteeld. In 2009 is de vruchtwisseling van 2008 grotendeels voortgezet waarbij het 2^e jaar bos en haagplantsoen is vervangen door zomergerst. In 2010 is luzerne vervangen door grasklaver, de broccoli door een tweede teelt van prei en de korrelmaïs door snijmaïs. In 2009 en 2010 is na de zomergerst en broccoli Japanse haver als groenbemester geteeld.

2.1.4 Bemesting

2.1.4.1 Berekening stikstofbehoefte

Per jaar is een bemestings- en teeltplan gemaakt. Tot en met 2004 is een bemestingsplan gemaakt gebaseerd op de systematiek zoals beschreven in Wijnands & Holwerda (2003). Voor de berekening van de stikstofgift is vanaf 2005 een stikstofbalansmethode gebruikt. In Tabel 3 is een voorbeeldberekening opgenomen voor de berekening van de totale stikstofgift met de balansmethode. Hierin is op basis van de streefopbrengst van het gewas, vastgesteld in overleg met telers uit de begeleidingscommissie, de stikstofbehoefte geschat waarop het aanbod van stikstof uit andere bronnen dan meststoffen in mindering wordt gebracht. Vervolgens is de aanvullende stikstofgift berekend:

$$\text{Werkzame N-gift} = \text{N-behoefte} - \text{N-min} - \text{N-mineralisatie} - \text{N-depositie} - \text{N in poot-/plantgoed, zaaizaad} - \text{N-binding}$$

De gewasbehoefte is gebaseerd op de totale stikstofopname door het gewas (inclusief bijproducten en gewasresten) bij de streefopbrengst en op de stikstofbenutting door het gewas. Voor de streefopbrengst per gewas is uitgegaan van een gemiddeld goed opbrengstniveau dat in de regio rondom Vredepeel wordt behaald op dezelfde grondsoort. De stikstofbenutting is het percentage van de totaal beschikbare werkzame stikstof in de stikstofopnameperiode van het gewas, dat door het gewas wordt opgenomen. Hierin is geen nawerking van eerdere jaren meegenomen maar wel een forfaitaire waarde voor de bodemmineralisatie. De stikstofbenutting is afhankelijk van het gewas en de groeiomstandigheden. De (streef)waarden voor N-benutting die hiervoor zijn genomen, waren in eerste instantie gebaseerd op Smit (1994) maar later aangepast op basis van de resultaten van de jaren 2005-2008 in het bedrijfssystemenonderzoek op Vredepeel.

Tabel 3 Voorbeeldberekeningen voor berekening van de stikstofgift voor de hoofdgewassen in de vruchtwisseling (periode 2011-2016).

Item	Eenheid	Aardappel	Conservenerwt	Prei	Zomergerst	Peen	Snijmais
Streefopbrengst bruto	ton/ha	35	5	28	5	55	50
Loof bij oogst	ton/ha	31.5	30	22	2.2	12	0
Gehalten geoogst product	kg/ton	2.6	10.1	3	13.2	1.6	3.2
Opname geoogst product	kg/ha	91	51	84	66	88	160
Gehalte loof bij oogst	kg/ton	1.5	4.1	3	4	3	
Inhoud loof bij oogst	kg/ha	47	122	66	9	36	0
Inhoud wortels/stoppels	kg/ha	0	10	0	25	0	15
N-opname	kg/ha	138	182	150	100	124	175
N-benutting		80%	45%	70%	60%	75%	80%
N-binding	kg/ha	0	150	0	0	0	0
Benodigde N-aanvoer	kg/ha	173	71	214	166	165	219
Nmin voorjaar	kg/ha	15	13	10	26	18	13
N in zaai/plant/pootgoed	kg/ha	9	13	0	0	0	0
N-mineralisatie 0-40 cm	kg/ha	43	33	70	48	70	68
N-nawerking groenbemesters en gewasresten	kg/ha	0	25	48	0	25	0
N-depositie	kg/ha	14	13	21	15	25	18
N-gift	kg/ha	92	-26	65	77	27	120

De N-min is de N-min voorraad in de bodem voor aanvang van de teelt, deze is jaarlijks gemeten. De mineralisatie van stikstof betreft enerzijds de basismineralisatie van de bodem en anderzijds de mineralisatie uit vers organisch materiaal van gewasresten, groenbemesters en organische mest. De basismineralisatie is berekend vanuit metingen van de potentiële mineralisatie en modelberekeningen op 100 kg/ha per jaar (Smit & Zwart, 2003). De mineralisatie uit verse gewasresten en groenbemesters is geschat op basis van expertkennis en vuistregels (Handboek Bodem en Bemesting, Teelthandleiding Groenbemesters). De basismineralisatie als ook de depositie van stikstof zijn berekend over de stikstofopnameperiode van het gewas. Stikstofbinding uit de lucht betreft de binding van luchtstikstof bij vlinderbloemigen (erwt, klaver) door *Rhizobium* op basis van Wijnands & Holwerda (2003). Voor conservenerwt is deze van 200 kg/ha bijgesteld naar 150 kg/ha. Het kengetal dat hier gebruikt is komt niet overeen met de berekening van de stikstofbinding zoals uitgelegd in paragraaf 2.2.4.1.

2.1.4.2 Uitvoering van de bemesting

De bemesting is uitgevoerd met rundveedrijfmest en vaste rundveemest. In de prei, het bos en haagplantsoen en broccoli is vinassekali toegediend om voldoende direct beschikbare stikstof te hebben. Vaste rundveemest is over het algemeen op 2 percelen per jaar toegepast met een stalmeststrooier, de laatste jaren 25 ton/ha voor de aardappel en snijmais. In 2000 en 2010 is op 3 percelen vaste mest toegediend en in 2005 op 5 percelen. Rundveedrijfmest is met bouwlandinjectie toegediend. De hoogte van de bemesting is in eerste instantie gebaseerd op de stikstofbehoefte. De precieze hoeveelheid toegediende rundveedrijfmest is daarmee afhankelijk van de stikstofgehaltes in de mest. De hoeveelheid toegediende fosfaat en kali wordt daarmee grotendeels bepaald door de stikstofvoorziening hoewel wel gestreefd wordt naar evenwichtsbemesting voor fosfaat en een maximaal overschot van 40 kg/ha voor kali. In de bemesting is geen rekening gehouden met de gebruiksnormen (zie paragraaf 3.4.1.2).

Naast deze bemesting is er voor alle teelten bemest met Borax (10 kg/ha) voor de boriumvoorziening. Bij de bieten wordt er voor aanvang van de teelt ook nog steenzout bemest, voor de natriumvoorziening. Bij de teelten van peen, prei en zomergerst wordt er aanvullend bemest met bitterzout (Epsom microtop). In de zomergerst wordt er daarnaast ook nog Mangaan (Mantrac) bij bemest.

2.2 Metingen en analyses

Elk jaar is een complete teeltregistratie bijgehouden, met o.a. alle bemestingen en opbrengsten. Daarnaast zijn stikstofgehalten van mest en oogstproducten, gewasresten en groenbemesters, N-min voorraad van de bodem in voorjaar (niet in 2010 en 2011), N-min na de oogst en in najaar (beiden niet in 2010), nitraatconcentraties in het bovenste grondwater in de winterperiode (niet in periode 2009-2011), algemene bodemvruchtbaarheid (beperkt tot en met 2011) en plantparasitaire aaltjes jaarlijks gemeten. Daarnaast is in 2011/2012 een uitgebreide serie bodemmetingen gedaan aan zowel fysische, chemische als biologische bodemkenmerken (Visser et al., 2014). In 2013 en 2016 zijn broeikasgasmetingen uitgevoerd. Ook zijn door derden bodemmetingen uitgevoerd die in dit verslag zullen worden aangehaald (Quist et al., 2015; Schrama et al., 2018).

2.2.1 Aanvoer effectieve organische stof

Excellfile "Data rapportage Bodemkwaliteit op zand 2000-2016 Biologisch.xls"

- OVERZICHT kolommen E-H
- OVERZICHT COMPOST kolommen E-H
- GEWAS kolommen AY-AZ
- MEST kolom BA

De effectieve organische stofaanvoer van dierlijke mest en compost is berekend door de hoeveelheid mest te vermenigvuldigen met het gemeten droge stofgehalte, gemeten organische stofgehalte en de forfaitaire humificatiecoëfficiënt (Handboek Bodem en Bemesting, www.handboekbodemenbemesting.nl). Wanneer het organische stofgehalte in mest niet beschikbaar is, zijn forfaitaire waarden uit het Handboek Bodem en Bemesting en de Databank Samenstelling Meststoffen (www.kennisakker.nl) gebruikt.

Voor gewasresten en groenbemesters is een vergelijkbare berekening uitgevoerd: de versopbrengst is vermenigvuldigd met het gemeten droge stofgehalte, het forfaitaire organische stofgehalte in de droge stof en de forfaitaire humificatiecoëfficiënt. In Bijlage 5 zijn de gebruikte kengetallen voor de berekeningen opgenomen.

Bij gebrek aan goede afbraakpercentages per grondsoort is als ruwe streefwaarde voor effectieve organische stof aanvoer 2000 kg/ha gehanteerd (www.handboekbodemenbemesting.nl).

2.2.2 Opbrengst en kwaliteit

Excellfile "Data rapportage Bodemkwaliteit op zand 2000-2016 Biologisch.xls"

- OVERZICHT kolommen J-U
- GEWAS kolommen E-L, P-Q, AB-AD, AM-AQ

2.2.2.1 Opbrengst en stikstofgehalten

Jaarlijks is van alle gewassen de opbrengst bepaald op basis van bruto vers gewicht en marktbaar gewicht. Ter bepaling van de marktbaar opbrengst is bij een aantal gewassen ook een correctie doorgevoerd voor rooiverliezen om een schatting te maken van de daadwerkelijke veldopbrengst. De marktbaar opbrengst is de bruto-opbrengst gecorrigeerd voor rooiverliezen minus tarra en het niet marktbaar deel door kwaliteitsgebreken. Voor zomergerst is gecorrigeerd naar 15% vocht, voor conservenerwten naar een TM-getal van 120. De opbrengst van suikerbiet is uitgedrukt in ton/ha wortelopbrengst. De opbrengst van snijmaïs en luzerne wordt uitgedrukt in kg droge stof per ha, omdat dat gebruikelijk is bij voedergewassen. Om variatie binnen het gewas mee te nemen zijn naast de machinale oogst van het hele veld, in alle gewassen behalve zomergerst sinds 2002 vier plots van ca. 2-9 m² handmatig geoogst in elk veld. In de zomergerst wordt sinds 2007 een strook van 1,5 m over de hele lengte van het perceel geoogst en is het vers gewicht bepaald van zowel oogstproduct als bovengrondse gewasrest. Sinds 2011 wordt naast de vier plots, ook de veldopbrengst bepaald door het wegen van het afgevoerd product in kippers op een weegbrug. Van de opbrengstbepaling in de plots is van de vier plots een mengmonster van zowel gewas als gewasresten gemaakt voor analyse op droge stofgehalte en stikstofgehalten door Eurofins Agro. In de periode 2000-2003 zijn in de gewassen ook fosfor- en kaliumgehalten gemeten. In 2006-2009 zijn er fosforconcentraties gemeten.

In 2014 zijn er fosfor- en kaliumgehaltes gemeten in alle gewassen, in 2015 alleen in de mais en peen en in 2016 alleen in de mais.

Ook van de groenbemesters en gras-klaver zijn de versopbrengsten bepaald en zijn droge stofgehaltes en stikstofgehaltes bepaald door Eurofins Agro. Hiermee kan de droge stofproductie en stikstofopname in oogstproduct, gewasrest en groenbemester worden berekend.

De opbrengsten zijn ook vergeleken met streefwaardes en de praktijkopbrengsten van het proefbedrijf. De streefwaardes, vastgesteld in overleg met de begeleidingscommissie van het project bestaande uit ca. 10 telers, staan in Tabel 4.

Tabel 4 Streefwaarden voor gewasproductie en gewaskwaliteit. Streefwaardes zijn vastgesteld in overleg met de begeleidingscommissie van het project.

Gewas	Streefwaarde productie	Parameter kwaliteit	Streefwaarde kwaliteit
Aardappel	35 ton/ha	Onderwatergewicht	>360
Conservenerwt	6 ton/ha	TM-getal	100-150
Prei	35 ton marktbaar/ha	Geen	
Zomergerst	5 ton/ha	Hectolitergewicht	>60
		Percentage vocht	<16%
Peen	80 ton marktbaar/ha	Percentage tarra	<20%
Snijmais	16 ton droge stof/ha	Droge stof percentage	>31% d.s.
Suikerbiet	56 ton/ha	Percentage suiker	>16%
		Winbaarheid	>90%
Korrelmais	7 ton korrel/ha	Droge stof percentage	>73%
Broccoli	8 ton/ha	Klasse 1 14-18 cm	>80%
Luzerne	12 ton d.s./ha	Geen	
Stamslaboon	8 ton/ha	Tarra percentage	<9%
Waspeen	45 ton/ha	Tarra percentage	<10%

2.2.2.2 Gewaskwaliteit

Voor een aantal gewassen zijn ook kwaliteitsparameters bepaald (zie Tabel 4). Voor aardappel gaat het om het onderwatergewicht. Bij doperwten is het TM-getal van belang, een maat voor de hardheid, deze moet rond de 120 liggen. De oogst wordt echter bepaald door de afnemer en het TM-getal is zeer afhankelijk van het tijdstip van oogsten. Zomergerst moet voldoende droog zijn met een vochtgehalte van lager dan 16%. Het hectolitergewicht is een maat voor de grootte van de korrels. Dit moet minimaal 60 bedragen. Bij de suikerbiet wordt de kwaliteit bepaald door het gehalte aan suiker, minimaal 16% is gewenst, en de winbaarheid, minimaal 90% gewenst. Hierop wordt een teler ook financieel afgerekend. Voor snijmais gaat het om een voldoende hoog droge stofgehalte, dit moet bij oogst bij voorkeur boven de 31% liggen. Voor prei is er geen kwaliteitscriterium al wordt de marktbaar opbrengst wel bepaald door de kwaliteit van het product: te kleine, misvormde en beschadigde prei behoort niet bij de marktbaar opbrengst. Bij stamslaboon en (was)peen wordt de kwaliteit gebaseerd op het tarra percentage, het streven is om onder de 9% tarra te oogsten voor stamslaboon, minder dan 10% tarra bij waspeen en minder dan 20% tarra bij peen. Voor broccoli wordt er gestreefd om minstens 80% van de opbrengst in klasse 1 te halen binnen een schermomvang van 10-18 cm.

2.2.3 Bodemkwaliteit

Excellfile "Data rapportage Bodemkwaliteit op zand 2000-2016 Biologisch.xls"

- OVERZICHT kolommen W-AG
- BODEM kolommen M-AV
- NEMATODEN

2.2.3.1 Organisch stofgehalte

Voor organische stof is een lange meetreeks vanaf 1988 tot en met 2016 beschikbaar. Het organische stofgehalte is steeds met de gloeiverliesmethode bepaald behalve in de jaren 2005, 2007, 2008, 2010, 2011 en 2012. In die jaren is het gehalte alleen met NIRS bepaald. Op de gehalten bepaald met gloeiverlies, aangevuld met de met NIRS bepaalde gehalten uit de jaren 2005, 2007, 2008, en 2010 –

2016 is een trendanalyse uitgevoerd. Hierbij werden de gehalten per jaar gemiddeld per meetmethode. Er is een model gekozen met twee rechte lijnen die een knik vertonen daar waar ze met elkaar verbonden zijn.

2.2.3.2 Chemische bodemvruchtbaarheid

De jaarlijkse chemische bodemvruchtbaarheidsanalyses zijn gedaan door Eurofins Agro (voorheen BLGG AgroXpertus). Na de oogst in november zijn per perceel 30 steken genomen van de laag 0-30 cm. De monsters zijn goed gemengd en een submonster is ingestuurd naar Eurofins Agro.

De monsters vanaf 2011 zijn geanalyseerd op organische stof percentage, N-totaal, C/N verhouding, K-bodemvoorraad, S-totaal en CEC (niet in 2011 en 2012), allen met NIRS, en P-CaCl₂, K-CaCl₂, Na-CaCl₂, Mg-CaCl₂, pH-KCl, Pw, K-getal, en P-Al. Tot en met 2010 zijn een beperkt aantal bodemvruchtbaarheidsparameters geanalyseerd: pH-KCl, Pw en K-getal. De Pw is altijd gemeten en niet berekend uit P-Al en P-CaCl₂.

Voor enkele parameters zijn streefwaarden beschikbaar vanuit de bemestingsadviezen (www.handboekbodembemesting.nl): Het streeftraject voor Pw is 30-35 mg P₂O₅/l grond, voor het K-getal 11-17, voor MgO 75-109 mg/kg grond en voor de pH-KCl 5.5-5.8.

2.2.3.3 Plantparasitaire aaltjes

De analyse van de plantparasitaire aaltjes beperkt zich tot de periodes 2005-2008 en 2012-2016. In de datafile zijn alle beschikbare gegevens van 2000-2016 opgenomen. De methode van aaltjesanalyse voor 2012 wijkt af van de methode vanaf 2012. De resultaten van deze periodes zijn daarom niet goed te vergelijken. De analyses die in de eerste periode zijn uitgevoerd zijn niet volgens de huidige standaarden. Vaak zijn niet alle aaltjessoorten weergegeven en is er een analysemethode gebruikt waardoor de weergegeven aantallen een onderschatting kunnen zijn van de daadwerkelijke besmetting. De analyse van voor 2012 moet daarom met voorzichtigheid geïnterpreteerd worden.

Jaarlijks zijn in januari of februari de monsters voor analyse op plantparasitaire aaltjes genomen. Met een 13 mm grondboor zijn, verdeeld over het perceel, 35 steken (bouwvoor diep, circa 25cm) genomen. Per perceel is op deze manier circa 1,5 liter grond verzameld. Van de grondmonsters is een submonster van 100 ml genomen waarvan de samenstelling van de (niet cyste-vormde) aaltjesbesmetting bepaald is in het laboratorium van Praktijkonderzoek AGV in Lelystad. Voor 2011 zijn de bepalingen gedaan door BLGG AgroXpertus. Bij de bemonstering door Praktijkonderzoek AGV is het 100 ml grondmonster over een 180 µm zeef gespoeld. De nematoden in de opgevangen suspensie (<180 µm) zijn vervolgens opgespoeld met een Oostenbrink trechter (spoelfractie). De op de zeef achtergebleven grond en organisch materiaal (>180 µm) is vier weken geïncubeerd bij 20°C om aanwezige eieren af te laten rijpen en de aaltjes uit de wortels te laten komen (incubatiefractie). Per fractie is in 2 x 10 ml suspensie het aantal nematoden geteld. Per monster is een determinatie tot op soort uitgevoerd voor de families *Meloidogynae*, *Pratylenchidae* en *Trichodoridae*.

Aan een tweede submonster van 500 ml is de besmetting van aardappel- en bietencysteaaltjes bepaald. De cysten zijn met de Seinhorst-spoelkan opgespoeld en opgevangen op een 210 µm zeef. Het aantal cysten is geteld en vervolgens zijn de cysten gecrushed en is de inhoud, het aantal levende en dode eieren, bepaald.

In Tabel 5 zijn, voor zover bekend, de schadedrempels voor de belangrijkste aaltjessoorten weergegeven. De "schadedrempel" is de aaltjesdichtheid waarbij de eerste schade (opbrengstderving) in het gewas optreedt. De mate van schade die kan ontstaan is echter niet alleen afhankelijk van de dichtheid van de aaltjesbesmetting. Ook factoren als vocht, pH, organisch stofgehalte, aanwezigheid van andere pathogenen en ook ras hebben invloed op de uiteindelijke schade die ontstaat. Exacte schadedrempels per aaltjesoort en gewas zijn daarom niet te geven. In Tabel 5 is weergegeven vanaf welk besmettingsniveau de eerste schade kan ontstaan en tot welk niveau het opbrengstverlies (schadepcentage) kan oplopen. Ook de schadepercentsages hebben een indicatief karakter.

Tabel 5 Schadedrempels (1 (indicatief, n/100 ml grond) voor de belangrijkste plantparasitaire aaltjessoorten en de maximale opbrengstverliezen (2 (schadepercents) die kunnen ontstaan bij het overschrijden van de schadedrempels

Gewas	Globodera pallida/rostochlensis	Heterodera betae	Meloidogyne hapla	Meloidogyne chitwoodi/fallax	Pratylenchus penetrans	Paratrichodorus pachydermus	Trichodorus similis
Aardappel	200 ¹ (70) ²	niet schadelijk	100 (30-50%)	10 (75-100%)	200 (30-50%)	10 (20)	10 (20%)
Conservenerwt	niet schadelijk	75 (>50%)	100 (30-50%)	10 (30-50%)	100 (15-30%)	10 (15-35%)	10 (15-35%)
Prei (geplant)	niet schadelijk	niet schadelijk	niet schadelijk	niet schadelijk	>1000 (10%)	10 (15-35%)	10 (15-35%)
Zomergerst	niet schadelijk	niet schadelijk	niet schadelijk	? (<15%)	niet schadelijk	? (<15%)	? (<15%)
Suikerbiet	niet schadelijk	75 (>50%)	100 (30-50%)	500 (10%)	niet schadelijk	150 (20%)	10 (10%)
Peen (B)	niet schadelijk	niet schadelijk	10 (100%)	10 (100%)	10 (20-40%)	50 (100%)	50 (100%)
Snijmais	niet schadelijk	niet schadelijk	niet schadelijk	? (0-15%)	? (15-35%)	? (15-35%)	1 (20%)

2.2.3.4 Overige bodemmetingen

Naast bovengenoemde metingen zijn een groot aantal bodemkwaliteitsmetingen uitgevoerd die reeds gepubliceerd zijn. Een serie bepalingen van diverse parameters van zowel chemische, fysische als biologische bodemkwaliteit is uitgevoerd in 2011 en 2012 (Visser et al., 2014) op het meetperceel van het systeem (perceel 34) als start van de nieuwe fase in het project "Bodemkwaliteit op zand". Het NIOO heeft in 2013 een serie bepalingen gedaan van diverse parameters van zowel chemische, fysische als biologische bodemkwaliteit in aardappel, erwt, prei, zomergerst en mais (Schrama et al., 2018). Chemische en fysische metingen van bodemkwaliteit zijn in 2016 uitgevoerd door Arjan Vervoort in het kader van zijn BSc-thesis (Vervoort, 2016). Nematodengemeenschappen zijn bepaald in 2013 door Casper Quist (Quist et al., 2015).

2.2.4 Stikstofbodembalans

Excellfile "Data rapportage Bodemkwaliteit op zand 2000-2016 Biologisch.xls"

- OVERZICHT kolommen AI-BF
- OVERZICHT COMPOST kolommen O-T, Y-Z
- GEWAS kolommen AR-AX en BA-BE
- MEST

2.2.4.1 Stikstofaanvoer

De posten in de stikstofaanvoer voor bepaling van het bodemoverschot zijn de aanvoer van stikstof met organische mest, depositie, zaaizaad en plantgoed en stikstofbinding door vlinderbloemigen (zie ook Bijlage 6). Van de aangevoerde organische mest is het stikstofgehalte gemeten. Vervolgens is de stikstofaanvoer berekend door de mestgift per ha te vermenigvuldigen met het gemeten stikstofgehalte. Voor de stikstof in zaaizaad en pootgoed is een forfaitaire waarde van 5 kg/ha gebruikt. De depositie is afkomstig uit metingen van RIVM voor Zuidoost Nederland en is vastgesteld op 25 kg/ha (geodata.rivm.nl/gcn).

Er is zo goed mogelijk geprobeerd een schatting te maken van de stikstofbinding door grasklaver. Dit wordt bemoeilijkt doordat de gewasgroei van grasklaver maar in enkele gevallen is bepaald. Wanneer er helemaal geen opbrengstschatting is gemaakt, wordt er gerekend met een gemiddelde productie van de wel bekende grasklaver opbrengsten. Aangenomen is dat het aandeel klaver 15% is in het najaar en 40% in het voorjaar. Verder is aangenomen dat de verhouding tussen het droge stof-aandeel van klaver in een oogst en het aandeel van klaver in een bestand 0,82 bedraagt (klaver% in

droge stof oogst/klaver% in bestand = 0,82; Schils et al., 2000) en de biologische stikstofbinding per ton klaver-droge stof 45 kg stikstof bedraagt (Elgersma & Hassink, 1997; Schils, 2002). Tenslotte is er vanuit gegaan dat het achterlaten van de (deels verterende) najaarssnede geen invloed heeft op de stikstofbinding door de voorjaarsnede.

De stikstofbinding van luzerne wordt berekend vanuit de aanname dat 70% van de stikstofafvoer van de luzerne gefixeerd is vanuit de lucht (Herridge et al., 2008). Stikstofbinding in conservenerwt en stamslaboon is berekend op basis van de stikstofopname in de droge korrel x 1,17 voor conservenerwt en x 1,55 voor stamslaboon (Baddeley et al. 2014). Hierbij is aangenomen dat alle stikstof in de conservenerwt en stamslaboon biologisch gebonden is. Aandachtspunt is dat deze bepaling gebaseerd is op droge erwten en bonen met een laag vochtpercentage, terwijl in deze proef conservenerwten en stamslabonen geteeld zijn met een hoog vochtpercentage.

Naast de totale stikstofaanvoer voor berekening van het bodemoverschot is ook de werkzame stikstofaanvoer met meststoffen berekend om deze te vergelijken met de gebruiksnorm voor werkzame stikstof. Hiervoor is een vergelijk gemaakt tussen de aanvoer berekend met de forfaitaire werkingscoëfficiënten zoals vastgesteld in de mestwetgeving (www.rvo.nl) en de landbouwkundige aanvoer op basis van werkingscoëfficiënten voor de minerale en organische stikstoffractie in de mest (www.handboekbodemenbemesting.nl). De gemiddelde gebruiksnorm voor de periode 2005-2016 bedroeg 149 kg/ha. Er is een variatie per jaar vanwege aanscherping van de normen en verschillen in vruchtwisseling.

De correctie voor meerjarige werking van organische mest, gewasresten en groenbemesters wordt uitgelegd in paragraaf 2.2.4.5.

2.2.4.2 Stikstofafvoer

De posten in de stikstofafvoer voor bepaling van het bodemoverschot zijn de afvoer van stikstof met het geogste product en het ammoniakverlies uit de toegediende organische mest. Van de geogste producten is het stikstofgehalte bepaald en is de stikstofafvoer berekend door de bruto opbrengst te vermenigvuldigen met het stikstofgehalte. Wanneer het stikstofgehalte niet is bepaald is het gemiddelde van de jaren waarin deze wel is bepaald gehanteerd.

Het ammoniak-N verlies uit meststoffen wordt becijferd op 22% en 2% van de ammonium-N die in de vorm van, respectievelijk, ingewerkte en geïnjecteerde mest is toegediend (Velthof et al., 2009). Ammoniakverlies uit de gegroeide gewassen is niet meegenomen in de berekeningen.

2.2.4.3 Stikstofbodemoverschot

Het stikstofbodemoverschot wordt gedefinieerd als het verschil tussen aangevoerde totale stikstof met organische mest, depositie, zaaizaad en plantgoed en stikstofbinding door vlinderbloemigen zoals berekend in paragraaf 2.2.4.1, en de stikstof die wordt afgevoerd in de vorm van geogste producten en ammoniak zoals berekend in paragraaf 2.2.4.2. In Bijlage 7 is een voorbeeldberekening opgenomen.

De streefwaarde voor het stikstofbodemoverschot is afgeleid van de nitraatnorm (50 mg/l), bij een neerslagoverschot van 322 mm en een uitspoelfractie van 75% voor droge zandgronden is er een toelaatbaar stikstofbodemoverschot van circa 50 kg/ha (Schröder et al., 2015; Fraters et al., 2012).

2.2.4.4 N-efficiëntie

Om de stikstofefficiëntie van het gewas te bepalen wordt de stikstofinhoud van het marktbaar gewas gedeeld door de stikstofaanvoer van buitenaf (mest, depositie, zaaizaad/plantgoed en stikstofbinding, zie ook paragraaf 2.2.4.1).

2.2.4.5 Mineralisatie van organische mest, gewasresten en groenbemesters

In de berekening van het bodemoverschot wordt aan de aanvoerkant geen rekening gehouden met mineralisatie uit organische stof. Dat komt, omdat is uitgegaan van een evenwichtssituatie. Om de mineralisatie in stand te houden moet er jaarlijks worden geïnvesteerd in nieuwe organische stof via mest en gewasresten. In geval van evenwicht is de hoeveelheid stikstof die in jaar n in de bodem mineraliseert uit voorgaande jaren toegediende mest, gewasresten en groenbemesters gelijk aan de in

jaar n toegediende hoeveelheid organische stikstof in mest en via gewasresten en groenbemesters. De mineralisatie en toediening vallen dan tegen elkaar weg (zie ook Tabel 6, cursief gedrukte kruisposten).

In hoeverre er sprake is van evenwicht in het biologische systeem hebben we proberen na te gaan aan de hand van modelberekeningen met het mineralisatiemodel Minip (Janssen, 1984). Met dit model wordt de mineralisatie van voorgaande jaren toegediend organisch materiaal berekend. Het model maakt gebruik van de volgende inputdata: N-org, C/N verhouding, toedieningstijdstip, en de initiële leeftijd (factor die in relatie staat tot de humificatiecoëfficiënt). Met deze gegevens kan de mineralisatie van mestgiften uit het verleden voor ieder jaar worden berekend. Omdat de volledige mineralisatie van organische mest een aantal jaren in beslag neemt zijn hiervoor alle bemestingsgegevens vanaf 1993 op een rij gezet.

Analoog aan organische mest is ook voor gewasresten en groenbemesters een dergelijke berekening uitgevoerd. Op basis van de geregistreerde hoeveelheid gewasresten, de massa van de groenbemesters, de geschatte hoeveelheid wortelresten van beide en de stikstofinhoud van beide, is berekend hoeveel stikstof er in de gewasresten en groenbemesters aanwezig was en hoeveel daaruit in de jaren erop mineraliseert (berekend met Minip). Voor de gewasresten en de groenbemesters zijn gegevens gebruikt vanaf 2000, omdat gegevens van voor 2000 niet beschikbaar waren.

Om een inschatting te geven van hoever het systeem nog van het eerder genoemde evenwicht vandaan is, wordt het overschot opnieuw uitgerekend, rekening houdend met de mineralisatie. De termen die dan het overschot bepalen zijn weergegeven in Tabel 6.

Tabel 6 Stikstofaanvoer en –afvoer termen, rekening houdend met mineralisatie.

Stikstofaanvoer	Stikstofafvoer
N organische mest	N gewas
N kunstmest	N emissie
N depositie	
N zaaizaad/plantgoed	
N stikstofbinding	
<i>N mineralisatie gewasresten</i>	<i>N-opname gewasresten</i>
<i>N mineralisatie groenbemester</i>	<i>N-opname groenbemester</i>
<i>N mineralisatie organische mest</i>	<i>N organisch organische mest</i>

2.2.5 N-min voorraad bodem

Excellfile "Data rapportage Bodemkwaliteit op zand 2000-2016 Biologisch.xls"

- OVERZICHT kolommen BH-BJ
- BODEM kolommen E-L

De hoeveelheid N-min is elk jaar bepaald in het voorjaar (0-30 cm) (niet in 2010 en 2011), na oogst (0-30 en 30-60 cm) (niet in 2010) en begin november (0-30, 30-60 en 60-90 cm) (niet in 2010) in alle percelen van het biologische systeem. Per perceel zijn 30 steken genomen. De monsters zijn goed gemengd en een submonster is ingestuurd naar Eurofins Agro (voorheen BLGG AgroXpertus) voor analyse op NO_3^- en NH_4^+ . Een vuistregel voor een streefwaarde voor de N-min na oogst (0-60 cm) is 30-40 kg/ha (Smit et al., 2005). Hoger betekent een te ruime bemesting, lager betekent een risico op stikstoftekort. Een streefwaarde voor de N-min najaar (0-90 cm) is 45 kg/ha (Smit et al., 2005; de Buck et al., 2000). Uit een analyse van de resultaten vanuit de periode Telen met Toekomst bleek de streefwaarde verlaagd te moeten worden naar 30 kg/ha om het risico op overschrijding van de nitraatnorm te beperken. De gemeten uitkomsten worden met beide streefwaarden geconfronteerd.

2.2.6 Nitraatconcentraties in het grondwater

Excellfile "Data rapportage Bodemkwaliteit op zand 2000-2016 Biologisch.xls"

- OVERZICHT kolommen BK-BL
- NO₃ GRONDWATER

Nitraatconcentraties in het bovenste grondwater zijn bepaald op een diepte van ca. 2 m onder het oppervlak volgens de procedures die ook zijn gevolgd in Hack-ten Broeke et al. (1993) en Smit et al. (2004). Er is slechts op één diepte een buis geplaatst. Nadeel hiervan is dat niet telkens dezelfde laag in het bovenste water wordt bemonsterd, hierdoor kan er niet gegarandeerd worden dat elk jaar exact de bovenste meter van het grondwater bemonsterd wordt, zoals het LMM wel doet. In elk perceel zijn drie grondwaterbuizen geplaatst met 2.5 m lengte, een diameter van 4 cm en een geperforeerde zone van circa 50 cm. Elke buis is in de periode 2000-2004 jaarlijks in februari bemonsterd. Vanaf 2005 is elke buis jaarlijks gedurende de periode half november-half februari maandelijks bemonsterd (4 metingen). Om een complete set aan metingen te kunnen analyseren zijn in dit verslag de februarimetingen geanalyseerd.

Er zijn geen nitraatconcentraties gemeten in de winter na de teeltseizoenen 2009, 2010 en 2011. De grondwaterbuizen zijn vanaf 2005 elk najaar na de oogst in november geplaatst en weer verwijderd voor de start van het volgende groeiseizoen na de laatste meting in februari. De drie buizen zijn diagonaal over het perceel geplaatst in alle ploegpercelen, jaarlijks op dezelfde plaats. Elke buis wordt voor bemonstering eerst gelegd en 24 uur later, wanneer de buis weer gevuld is met grondwater, is een monster genomen. Vanaf najaar 2015 is op dat moment in elke buis ook de grondwaterstand gemeten. Het monster is gekoeld tot 5°C en geanalyseerd op nitraat in het Chemisch Biologisch Bodem Laboratorium in Wageningen. De resultaten zijn vergeleken met de streefwaarde van 50 mg nitraat/l vanuit de nitraatrichtlijn. Drainbuizen zijn niet bemonsterd. Het is niet bekend welk deel van de afvoer via de drains is gelopen.

2.2.7 Stikstofuitspoelfractie en toegepaste correcties

Excellfile "Data rapportage Bodemkwaliteit op zand 2011-2016 Gangbaar.xls"

- OVERZICHT kolommen BO-CP
- NEERSLAGOVERSCHOT
- GRONDWATERSTAND

2.2.7.1 Stikstofuitspoelfractie

Door vergelijking van het stikstofbodemoverschot met de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater is berekend welk deel van het stikstofbodemoverschot is uitgespoeld naar het grondwater: de uitspoelfractie. Door de gemeten nitraatconcentratie in februari in het bovenste grondwater (mg N/l) met het neerslagoverschot van het afgelopen jaar (mm) te vermenigvuldigen is berekend hoeveel kg stikstof per ha er is uitgespoeld. Deze is vervolgens gedeeld door het berekende stikstofbodemoverschot. De uitkomst hiervan is de uitspoelfractie. Voor de berekening van de stikstofuitspoelfractie is gebruik gemaakt van de uitspoelmetingen in februari omdat er tot en met 2004 alleen in februari gemeten is. De berekende stikstof fractie wordt vergeleken met de stikstof fracties zoals berekend door het RIVM in het LMM. Deze bedraagt 0.75 voor droge zandgronden (Fraters et al., 2012).

Het stikstof overschot kan positieve en negatieve waarden aannemen. Waarden van het overschot dicht bij nul leiden tot zeer grote positieve of negatieve waarden van de uitspoelfractie. Deze uitschieters werken sterk door in de objectgemiddelden en de residuen bij ANOVA zijn niet meer normaal verdeeld. Een logaritmische transformatie is niet goed mogelijk door negatieve waarden. Daarom is er voor gekozen om de hoeveelheid nitraat en het N overschot eerst individueel te middelen. Met deze gemiddelden wordt vervolgens de stikstof uitspoelfractie berekend. Deze werkwijze is aangehouden om de jaar- periode- en systeemgemiddelde(n) te berekenen. Op deze manier zijn er dan geen problemen met negatieve/positieve uitschieters bij de berekening van de uitspoelfractie.

2.2.7.2 Correctie stikstofuitspoelfractie voor niet-evenwicht situaties

Er is een correctie uitgevoerd op de berekening van de stikstofuitspoelfractie om te corrigeren voor het al dan niet in evenwicht zijn van stikstofmineralisatie en aanvoer van organische N in een bepaald

jaar. In paragraaf 2.2.4.5 is beschreven hoe met behulp van aanvullende mineralisatieberekeningen wordt getoetst in hoeverre er al dan niet sprake is van een evenwichtssituatie tussen mineralisatie van stikstof uit eerder toegediend organisch materiaal en aanvoer van organische stikstof in vers organisch materiaal (organische stikstof in mest en opgenomen stikstof in gewasresten en groenbemesters). Op basis van het berekende verschil tussen N-mineralisatie en aanvoer van organische N is het stikstofbodemoverschot gecorrigeerd aan de hand waarvan een gecorrigeerde uitspoelfractie berekend wordt.

2.2.7.3 Regressieanalyse

Voor enkele uitspoelingsparameters is er een regressieanalyse uitgevoerd om na te gaan of er sprake is van een significante relatie tussen deze parameters, zowel voor de ongecorrigeerde als de gecorrigeerde parameters (Tabel 7). De regressieanalyses zijn uitgevoerd op de jaargemiddelden van de responsvariabelen en de predictorvariabelen. Bij N-min is de meting direct na de oogst en de meting in het najaar gebruikt als respons variabele. Er is steeds tweezijdig getoetst of de helling van de enkelvoudige regressielijn verschilde van 0. Naast een regressieanalyse tussen de verschillende uitspoelingsparameters is er voor de nitraatconcentratie ook een trendanalyse uitgevoerd (regressieanalyse met jaar als predictorvariabele en nitraatconcentratie als responsvariabele). In Bijlage 10 en Bijlage 11 zijn de detailresultaten van de regressieanalyse opgenomen.

Tabel 7 Parameters waarop regressieanalyses zijn uitgevoerd.

Covariabele Predictorvariabele	Responsvariabele
Stikstofbodemoverschot (ongecorrigeerd en gecorrigeerd)	N-min na oogst en najaar
Stikstofbodemoverschot (ongecorrigeerd en gecorrigeerd)	NO ₃ -concentratie grondwater
Stikstofbodemoverschot (ongecorrigeerd en gecorrigeerd)	NO ₃ -vracht
N-min na oogst en najaar	NO ₃ -concentratie grondwater
N-min na oogst en najaar	NO ₃ -vracht
Jaar	NO ₃ -concentratie grondwater

2.2.8 Lachgasemissies

In de periode november 2012 tot december 2013 en november 2015 tot december 2016 zijn broeikasgasmetingen (lachgas, methaan, CO₂) en ammoniak uitgevoerd in de grasklaver-prei op de percelen 34.2b (2012-2013) en 32.2a (2015-2016). In deze rapportage wordt alleen ingegaan op de lachgasemissies (N₂O). Lachgas is maandelijks gemeten en direct na teeltactiviteiten waar een hoge emissie verwacht kan worden samen met CO₂, methaan, ammoniak en waterdamp. Op elk meetmoment is op vier plaatsen per perceel gemeten met vier herhalingen per plaats. De hoeveelheid gassen zijn gemeten in afgesloten emmers van 10 of 67 liter die een halfuur op ringen geplaatst zijn met een foto-akoestische infrarood gasmeter, Innova 1412A-5, van LumaSense Technologies. Berekeningen zijn gemaakt van de lachgasemissies per dag en cumulatief. Tevens is de emissiefactor berekend: de stikstof in de gemeten lachgasemissie gedeeld door de aangevoerde stikstof in dat jaar voor het betreffende perceel. Een uitgebreide beschrijving van de metingen en resultaten is te vinden in Booij et al. (2018). Voor de lachgasemissies zijn geen streefwaarden vastgesteld.

2.2.9 Fosfaat- en kalibalans

Excellfile "Data rapportage Bodemkwaliteit op zand 2000-2016 Biologisch.xls"

- OVERZICHT kolommen CR-CX
- GEWAS kolommen AT-AU
- MEST kolommen AY-AZ, BG-BI, BK-BL

De fosfaat- en kalibalans zijn berekend als de aanvoer met meststoffen minus de afvoer met geoogst product. De aanvoer met organische mest is berekend als het product van mestgift en het fosfaat- en kaligehalte in de mest. De afvoer is berekend als de gemeten gewasopbrengsten (vers) vermenigvuldigd met de in het verleden bepaalde fosfaat- en kaligehaltes in het bedrijfssystemenonderzoek uit de periode 1993-2004. In een groot deel van de periode van deze rapportage (2005-2016) zijn namelijk geen fosfaat- en kaligehaltes in de gewassen bepaald en daarom is teruggevallen op eerdere waardes die meer representatief geacht worden voor de locatie dan de forfaitaire waarden uit het Handboek Bodem en Bemesting. De streefwaarde voor de

fosfaatbalans is evenwichtsbemesting vanuit het mestbeleid (www.rvo.nl), dus een fosfaatoverschot van 0 kg/ha (marge -5 – 5 kg P₂O₅/ha). De streefwaarde voor de kalibalans is een overschot van maximaal 40 kg K₂O/ha t.b.v. het handhaven van de kalitoestand (Wijnands & Kroonen, 2002a).

2.2.10 Overzicht maatstaven en streefwaarden

In bovenstaande paragrafen is bij een deel van de metingen een streefwaarde of streeftrajecten geformuleerd waarmee de meting vergeleken wordt. In Tabel 8 is een overzicht opgenomen

Tabel 8 Overzicht maatstaven en streefwaarden

Maatstaf	Streefwaarde	Eenheid	Referentie
EOS-aanvoer	>2000	kg EOS/ha	www.handboekbodemenbemesting.nl
Opbrengsten	100%	%	Gewasspecifiek, zie Tabel 4
<i>Bodem</i>			
Pw	30 – 45	mg P ₂ O ₅ /l grond	www.handboekbodemenbemesting.nl
K-getal	11 – 17	-	www.handboekbodemenbemesting.nl
pH	5,5 – 5,8	-	www.handboekbodemenbemesting.nl
<i>Stikstofstromen</i>			
Stikstofbodemoverschot	<50	kg/ha	Schröder et al., 2015; Fraters et al., 2012
Aanvoer werkzame stikstof	149	kg/ha	www.rvo.nl
N-min na oogst (0-60 cm)	30 – 40	kg//ha	Smit et al., 2005
N-min najaar (0-90 cm)	30 – 45	kg/ha	Smit et al., 2005; de Buck et al., 2000
Nitraatconcentratie in grondwater	50	mg NO ₃ /l	EU-nitraatrichtlijn
<i>Fosfaat- en kalibalans</i>			
Fosfaatoverschot	-5 – 5	kg/ha	www.rvo.nl
Kalioverschot	<40	kg/ha	Wijnands & Kroonen, 2002a

2.2.11 Compostplots

Excellfile "Data rapportage Bodemkwaliteit op zand 2000-2016 Biologisch.xls"

- OVERZICHT COMPOST
- GEWAS kolommen K-L, P-Q, AM-AO
- MEST kolommen BJ-BP, BR-BT

In paragraaf 2.1 is beschreven dat op percelen 34.1a en 34.2b van het biologisch systeem 4 compostplots zijn aangelegd. De opgebrachte compost is steeds geanalyseerd op totale stikstof, fosfaat, kali en organische stof. Op de compostplots zijn van 2013 tot en met 2016 opbrengstmetingen gedaan volgens de methode zoals beschreven in paragraaf 2.2.2.1. Er zijn geen mineralengehaltes bepaald in de oogstproducten en ook de kwaliteit van de oogstproducten is niet bepaald. Andere metingen (zoals bodemvruchtbaarheid, N-min voorraad van de bodem) zijn ook niet uitgevoerd. In paragraaf 3.12 worden de resultaten van de compostplots gegeven in vergelijking met de plots zonder compost op hetzelfde perceel voor EOS aanvoer, vers opbrengst van het hoofdproduct en aanvoer van stikstof, fosfaat en kali.

3 Resultaten

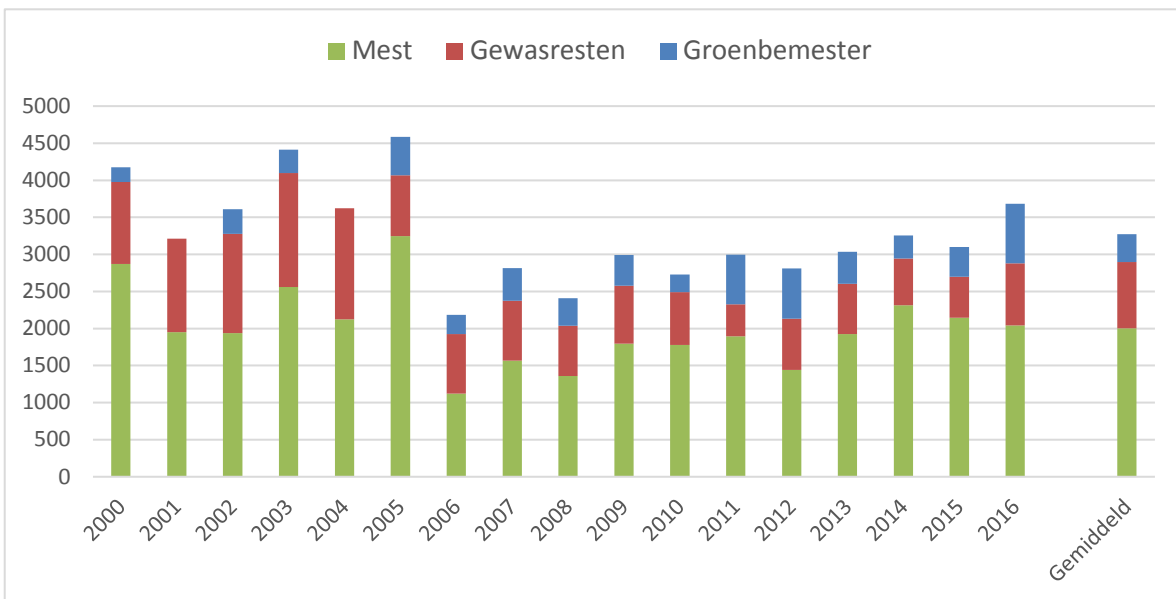
In de volgende paragrafen wordt verwezen naar de Excelfile: "Data rapportage Bodemkwaliteit op zand 2000-2016 Biologisch.xls", deze file is te vinden via: <https://doi.org/10.17026/dans-x3n-64rp>

3.1 Aanvoer effectieve organische stof

Excelfile "Data rapportage Bodemkwaliteit op zand 2000-2016 Biologisch.xls"

- OVERZICHT kolommen E-H
- OVERZICHT COMPOST kolommen E-H
- GEWAS kolommen AY-AZ
- MEST kolom BA

De berekende effectieve organische stofaanvoer (EOS-aanvoer) in het biologisch systeem was gemiddeld 3218 kg/ha en varieert over de jaren van 2186 kg/ha (2006) tot 4618 kg/ha (2005) (Figuur 4). 62% van de EOS-aanvoer is afkomstig van dierlijke mest, 28% uit gewasresten en 10% uit groenbemesters. In de periode 2000-2005 werd er veel dierlijke mest gebruikt, rundveedrijfmest en vaste mest, resulterend in een gemiddelde aanvoer van 2329 kg EOS/ha via mest. In de periode 2006-2010 was dit veel minder, gemiddeld 1823 kg EOS/ha, waarna de EOS-aanvoer met mest vanaf 2011 weer wat toenam. In de periode 2006-2010 is niet ieder perceel elk jaar bemest, terwijl dat de jaren daarvoor en daarna wel gebeurde. De EOS-aanvoer vanuit gewasresten was in de periode 2000-2003 relatief hoog door de hoge aanvoer vanuit de korrelmais. Ook met gewassen zomergerst, waspeen en erwit/boon werd relatief veel organische stof aangevoerd. In de periode 2000-2003 zijn weinig groenbemesters geteeld. Daarna verdubbelde de aanvoer van EOS uit groenbemesters.



Figuur 4 Jaarlijkse berekende EOS-aanvoer uitgesplitst in mest, gewasresten en groenbemesters (kg/ha). In 2001 en 2004 zijn er geen groenbemesters gezaaid.

3.2 Opbrengst en kwaliteit

Excelfile "Data rapportage Bodemkwaliteit op zand 2000-2016 Biologisch.xls"

- OVERZICHT kolommen J-U
- GEWAS kolommen E-L, P-Q, AB-AD, AM-AQ

3.2.1 Marktbaar opbrengst

In Tabel 9 staan per gewas de gemiddelde opbrengst en de streefopbrengst. De opbrengsten van (was)peen, zomergerst, prei, conservenerwt en vooral stamslaboon bleven achter op de streefopbrengst, de andere gewassen haalden wel hun streefopbrengst. Vooral de opbrengst van de korrelmais en de luzerne lagen ruim boven de streefopbrengst.

Omdat niet alle gewassen alle jaren geteeld zijn is een kolom toegevoegd die aangeeft hoe vaak elk afzonderlijk gewas geteeld is in de periode 2000-2016. De gewassen die minder dan 4 van de 17 jaren geteeld zijn, zijn niet opgenomen in deze tabel. De laatste twee kolommen geven de praktijkopbrengst van een vergelijkbare gangbare teelt weer, en de relatieve opbrengst in het biologische systeem ten opzichte van de praktijkopbrengst weer.

Tabel 9 Gemiddelde opbrengsten per gewas in ton/ha, snijmais en luzerne in ton droge stof/ha. Opbrengsten worden vergeleken met streefopbrengst (zie Tabel 4) en praktijkopbrengsten van het proefbedrijf (gangbare teelt).

Gewas	Aantal keer geteeld in 2000-2016	Opbrengst (ton/ha)	% van streefopbrengst	Praktijkopbrengst (ton/ha) proefbedrijf Vredepeel	% van praktijkopbrengst
Aardappel	17	37,3	107%	63,5 ¹	59%
Zomergerst	16	4,1	82%	7,1 ²	58%
Conservenerwt	10	4,8	79%	6,1 ¹	79%
Prei	12	30,4	87%	53,4 ²	57%
Korrelmais	8	10,2	131%		
Snijmais	7	16,5	103%	17,8 ¹	93%
Luzerne	6	13,6	113%		
Suikerbiet	6	50,9	102%		
Peen	6	77,2	96%		
Waspeen	4	40,6	81%		
Broccoli	4	8,3	104%		
Stamslaboon	4	3,5	44%		

¹= op basis van beschikbare praktijkopbrengsten van 2005-2008 en 2011-2016.

²= op basis van beschikbare praktijkopbrengsten van 2011-2016.

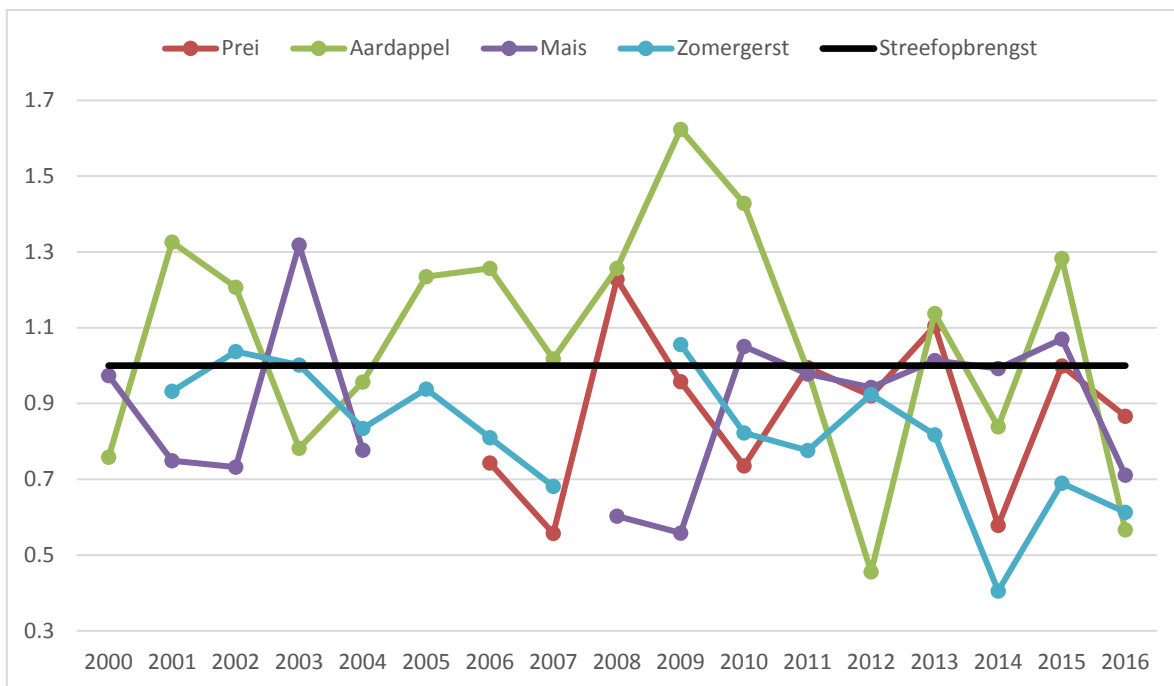
Figuur 5 geeft de relatieve opbrengsten van enkele gewassen weer die in een groot deel van de jaren 2000-2016 geteeld zijn. Geen van de gewassen laat een significant dalende of stijgende trend in de tijd zien. Wel is er bij alle gewassen sprake van een grote variatie over de jaren. In sommige jaren zijn de pieken of dalen gelijk bij de meeste gewassen zoals in 2014, 2015 en 2016, in andere jaren zijn pieken en dalen sterk verschillend tussen de gewassen zoals in 2009 en 2012. In veel gevallen wordt de streefopbrengst wel gehaald wanneer ziekten en plagen geen of een klein effect op de opbrengst hebben.

De aardappelopbrengst varieerde van minder dan 20 ton/ha (2012) tot ruim 50 ton/ha in 2009. Deze variatie is voor een groot deel toe te schrijven aan het al dan niet voorkomen van *Phytophthora*. Een statistische analyse hierover is terug te vinden in Bijlage 7. Uit de analyse blijkt dat de opbrengst correleert met de groeiduur van het gewas.

Sinds 2005 wordt er biologische prei geteeld. De opbrengsten waren wisselend en worden vooral bepaald door het optreden van ziektes in het najaar (roest, papiervlekken, purpervlekken). De begingroei is over het algemeen zeer goed, maar vanaf september wordt het gewas minder vitaal. De ziektedruk bepaalt dan de uiteindelijke opbrengst.

De opbrengsten van zomergerst vielen met name in de periode 2011-2016 ruim onder de streefopbrengst (Figuur 5). De oorzaak hiervan is niet duidelijk. Kort na opkomst stakte de groei en kleurde de gerst geel. Diverse mogelijkheden zijn onderzocht zoals tekorten in stikstof, zwavel en mangaan, maar er kon geen duidelijke oorzaak van de achterblijvende groei en opbrengst worden gegeven. In 2000 en 2008 is er geen zomergerst geteeld op de nu beschouwde percelen.

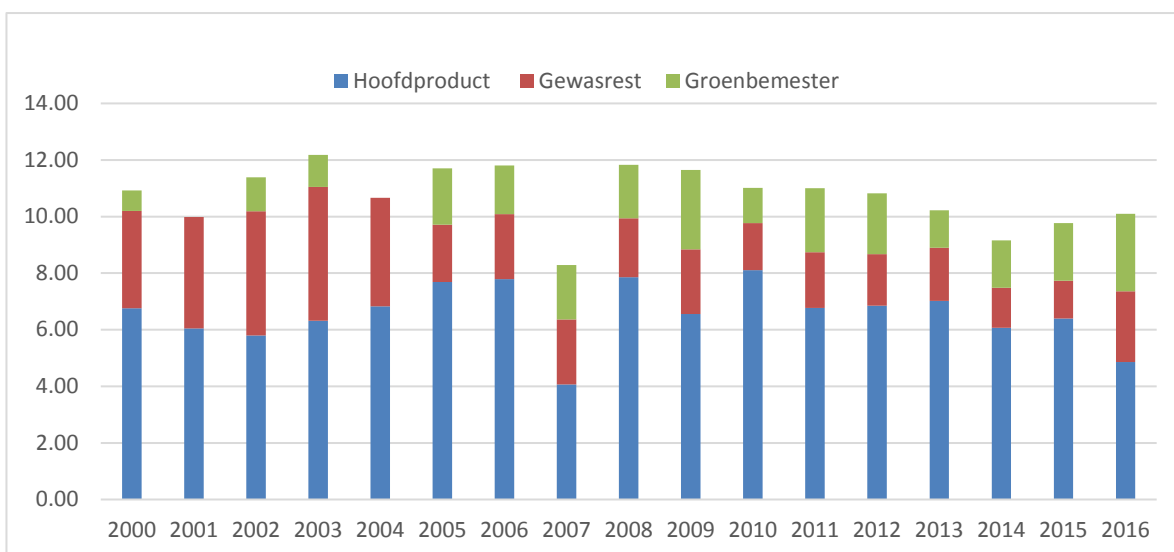
In Figuur 5 zijn korrelmaïs en snijmaïs gecombineerd. Bij korrelmaïs is uitgegaan van de totale opbrengst (korrel + stro). De opbrengsten in de periode 2010-2015 waren zeer stabiel en goed en lagen op het niveau van gangbare opbrengsten. De opbrengst in 2016 was laag door ongunstige weersomstandigheden tijdens de begingroei van het gewas (o.a. zware wateroverlast).



Figuur 5 Relatieve opbrengsten (ten opzichte van de streefopbrengst, zie tabel 9) voor aardappel, prei, zomergerst en mais in het biologische systeem over de periode 2000-2016.

3.2.2 Droge stofproductie

De droge stofproductie per hoofdproduct, gewasrest en groenbemester per jaar is weergegeven in Figuur 6. De gemiddelde totale droge stofproductie per jaar bedroeg 10,5 ton per ha, waarvan 6,6 ton/ha hoofdproduct, 2,6 ton/ha gewasresten en 1,4 ton/ha groenbesters. In 2007 was de droge stofproductie duidelijk lager dan in andere jaren vooral door een lage droge stofproductie van het hoofdproduct. Dit komt doordat er door de vruchtwisseling in dat jaar enerzijds relatief meer gewassen waren met een lage droge stofproductie (broccoli en prei) en anderzijds doordat bij het bos en haagplantsoen de droge stofproductie pas in het tweede jaar geteld wordt. In de jaren 2000-2004 maakte de droge stofproductie van de gewasresten een veel groter aandeel van de totale droge stofproductie uit (gemiddeld 37%) dan in de jaren 2005-2016 (gemiddeld 19%). Dit komt door de hoge hoeveelheid gewasresten van korrelmais en in mindere mate waspeen en de combinatie erwten/boon.



Figuur 6 Droge stofproductie (ton/ha) uitgesplitst per hoofdproduct, gewasrest en groenbemester.

3.2.3 Kwaliteit

In Tabel 10 zijn de kwaliteitsparameters weergegeven van de oogstproducten. Voor de gewassen die niet zijn weergegeven is de kwaliteit niet of slechts een enkele keer bepaald in de periode 2000-2016. Bij de gewassen aardappel en broccoli bleef de kwaliteit achter op de gestelde streefwaarde. Vooral voor de aardappel ging het om een structureel lagere kwaliteit die in de meeste jaren optrad.

Tabel 10 Gemiddelde kwaliteit van de gewassen over de jaren 2000-2016. 'aantal keer bepaald' geeft aan hoe vaak de kwaliteit van een bepaald gewas gemeten is, niet bij elke teelt is de kwaliteit bepaald. Voor streefwaardes zie ook 2.2.2.2.

Gewas	Aantal keer bepaald	Parameter	Waarde	Streefwaarde
Aardappel	16	onderwatergewicht	332 g	>360
Zomergerst	16	vochtpercentage	15,4%	<16
	9	hectolitergewicht	67,3 kg	>60
Conservenerwt	10	TM-getal	124	100-150
Korrelmaïs	5	droge stofpercentage	74%	>73
Snijmaïs	7	droge stofpercentage	33%	>31
Suikerbiet	6	suikerpercentage	16,7%	>16
	5	winbaarheid	90,2%	>90
Peen	6	tarrapercentage	17,9%	<20
Broccoli	4	percentage klasse 1	73%	>80
Stamslaboon	3	Tarrapercentage	8,0%	<9%

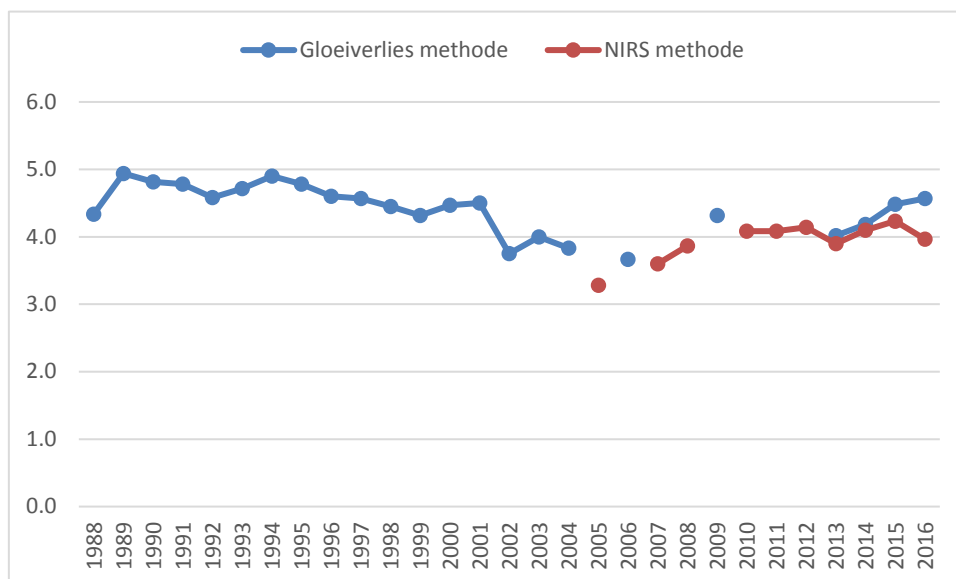
3.3 Bodemkwaliteit

Excellfile "Data rapportage Bodemkwaliteit op zand 2000-2016 Biologisch.xls"

- OVERZICHT kolommen W-AG
- BODEM kolommen M-AV
- NEMATODEN

3.3.1 Organische stofgehalte

Het organische stofgehalte was gemiddeld 4,2% over de periode 2000-2016 bij bepaling met gloeiverlies en 3,9% bij bepaling met NIRS (Figuur 7). In de periode 1988 tot 2005 was er een significant dalende trend van 0,06 procentpunt per jaar, oftewel 1,3%-punt in totaal. Vanaf 2005 was er een significant stijgende trend van 0,05 procentpunt per jaar oftewel 0,6%-punt in totaal. Het is opvallend dat het gemiddelde organisch stof gehalte met gloeiverlies significant 0,3 procentpunt hoger is dan met NIRS. In Bijlage 8 zijn de statistische resultaten opgenomen.



Figuur 7 Gemeten organische stofgehalte (%) in de bodem gemiddeld per jaar over de periode 1988-2016.

3.3.2 Chemische bodemkwaliteit

Tabel 11 geeft de bodemvruchtbaarheidsparameters met de bijbehorende streefwaarde (indien bekend) en de periode waarin de parameter gemeten is. De Pw (gemiddeld 42) en pH (gemiddeld 5,5) vielen binnen het streeftraject, het K-getal (gemiddeld 18) ligt iets boven het streeftraject.

Het verloop van Pw, K-getal en pH is weergegeven in Bijlage 9. De Pw was over de gehele periode redelijk constant. Het K-getal steeg in de eerste jaren tot een piek in 2008 en liet daarna een lichte daling zien. Over de jaren leek de pH licht te stijgen. In de overige parameters, die slechts gemeten zijn tussen 2011-2016, waren (nog) geen trends zichtbaar.

Tabel 11 Bodemvruchtbaarheidskenmerken. De laatste kolom geeft de periode weer waarover de parameter gemeten en gemiddeld is.

Parameter	Gemeten	Streefwaarde	Periode
Organisch stof (%)	4,1		2000-2016
N-tot (mg/kg)	1264		2011-2016
C/N ratio	19		2011-2016
Pw (mg P ₂ O ₅ /l)	42	30-45	2000-2016
P-CaCl ₂ (mg P/kg)	1,7		2011-2016
P-Al (mg P ₂ O ₅ /100 g)	47		2011-2016
K-getal	18	11-17	2000-2016
CEC (mmol ⁺ /kg)	65		2011-2016
pH	5,5	5,5 – 5,8	2000-2016

3.3.3 Plantparasitaire aaltjes

3.3.3.1 2005-2008

De besmettingen met wortelknobbelaaltjes (*M. chitwoodi*, *M. fallax* en *M. hapla*) waren op de percelen vrij laag of niet aangetoond, met uitzondering van de percelen waarop een tweejarige groenbemesterteelt (gras-klover of luzerne) is uitgevoerd. Na een tweejarige teelt grasklover werden vrij zware besmettingen met *M. chitwoodi* en *M. hapla* waargenomen. Luzerne bleek een zeer goede waard voor *M. hapla*. Na een tweejarige luzerne teelt bleken de percelen zeer zwaar besmet te zijn met deze aaltjessoort, maar er werd geen besmetting met *M. chitwoodi* vastgesteld. Luzerne staat bekend als een niet-waard voor *M. chitwoodi*. In de vruchtopvolging werd na de tweejarige teelt van groenbemesters prei geteeld. Prei is een gewas dat (vrij) ongevoelig is voor de verschillende soorten wortelknobbelaaltjes. Ook de zeer hoge *M. hapla* besmettingen na luzerne leken geen schade te veroorzaken in de prei (Geel, van et al., 2009).

In het voorjaar van 2005 was op twee percelen een zeer lichte *Trichodoride* besmetting waargenomen (5 larven/100 ml grond). Uit de bemonsteringen van de hierop volgende jaren bleek dat alle percelen (licht) besmet waren met *Trichodoriden*. Met name na de tweejarige teelt van bos- en haaggewassen en de tweejarige luzerne teelt namen de besmettingsniveaus van *Trichodoriden* toe. In de prei, geteeld na de luzerne, is duidelijke gewasschade als gevolg van de *Trichodoriden*-besmettingen waargenomen. De *Trichodoriden* besmettingen na gras-klover waren minder zwaar, en in het volggewas prei is ook geen duidelijke *Trichodoride*-schade waargenomen (Geel van et al., 2009).

Het risico op schade door aardappel- en bietencysteaaltjes was op deze percelen naar verwachting gering door de zeer lage besmetting in combinatie met de ruime gewasrotatie. Mochten de besmettingsniveaus toch toenemen tot schadelijke dichtheden kan een resistent aardappelras geteeld worden om de besmetting sterk te verlagen. Het risico op schade door bietencysteaaltjes is ook aanwezig voor broccoli.

De resultaten van deze periode moeten met enige voorzichtigheid geïnterpreteerd worden vanwege de inmiddels verouderde analysemethode die toen is toegepast (zie paragraaf 2.2.3.3).

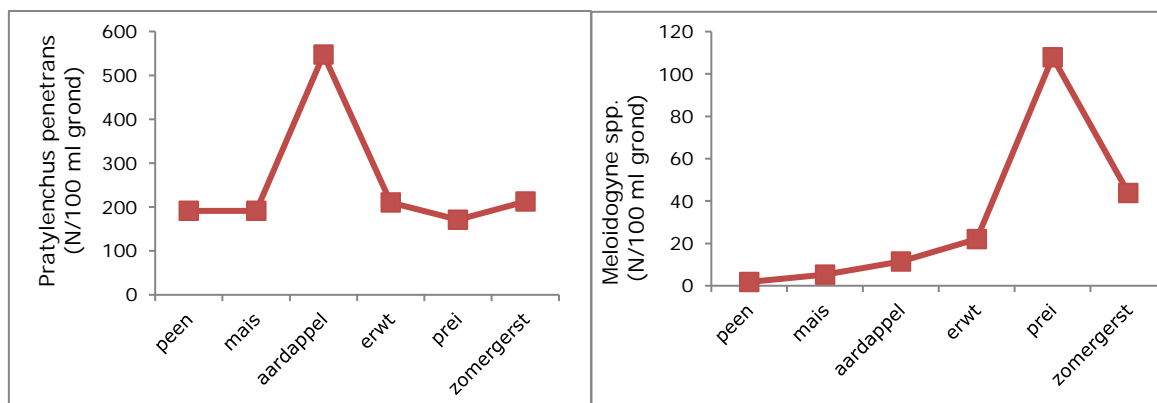
3.3.3.2 2012-2016

De biologische percelen van Bodemkwaliteit op zand waren besmet met een aantal belangrijke, op zandgrond algemeen voorkomende, aaltjessoorten. Dit zijn wortelknobbelaaltjes *Meloidogyne*

chitwoodi, *M. fallax* en *M. hapla*, het wortellesieaaltje *Pratylenchus penetrans* en de Trichodoride-soorten *Paratrichodorus pachydermus* en *P. teres*. De percelen waren zeer licht besmet met aardappel- en bietencysteaaltjes, soorten die zich respectievelijk op aardappel en biet kunnen vermeerderen en ook schade in deze gewassen kunnen veroorzaken. Door de ruime vruchtwisseling van 1:6 bleven de besmettingsniveaus van deze twee aaltjessoorten laag en onder de schadedrempel. Ook de besmetting met Trichodoride-aaltjes was op alle percelen (zeer) laag en bleef voor alle gewassen onder de schadedrempel met uitzondering van perceel 34.2 waar de besmetting door de teelt van conservenerwten en grasklaver sterk toenam. Dit heeft mogelijk lichte opbrengstschade in de volgteelt prei heeft veroorzaakt.

In Figuur 8 is de gemiddelde populatieontwikkeling van het wortellesieaaltje en het (bedrieglijk) maiswortelknobbelaaltje (*M. chitwoodi* + *M. fallax*) weergegeven. Peen en in iets mindere mate aardappel en erwt waren de gewassen binnen de rotatie die gevoelig zijn voor het wortellesieaaltje. Door de teelt van de zeer goede waard mais nam de besmetting van het wortellesieaaltje sterk toe, tot een voor de volgteelt aardappel schadelijke dichtheid. Bij deze dichtheid kon de schade in aardappel oplopen tot een opbrengstderving van meer dan 10% (Tabel 5). Na aardappel is de besmetting afgenomen maar lag nog boven de schadedrempel van conservenerwt waardoor het aaltje ook in dit gewas nog enige schade (5 a 10% opbrengstderving) kan hebben veroorzaakt. Na de oogst van de conservenerwten werd grasklaver als groenbemester geteeld. Zowel het gras als de klavers zijn waardgewassen voor het wortellesieaaltje, hoewel dit niet blijkt uit deze cijfers. De besmetting na de grasklaver teelt was gemiddeld 200 *P. penetrans* aaltjes per 100 ml grond. Een dichtheid die (ruim) onder de schadedrempel van prei ligt.

De voor het (bedrieglijk) maiswortelknobbelaaltje (*M. chitwoodi* en *M. fallax*) gevoelige gewassen binnen de rotatie zijn peen, aardappel en erwt. De besmetting met deze aaltjessoorten was op bijna alle percelen (m u v perceel 34.1) vrij laag en nam gemiddeld toe na de teelt van de waardgewassen erwt + grasklaver. Deze gemiddelde toename wordt voornamelijk veroorzaakt door een vrij zware besmetting op perceel 34.1 maar zal ook op dit perceel naar verwachting geen schade hebben veroorzaakt in de volgteelt van het voor wortelknobbelaaltjes tolerante gewas prei. Op de overige percelen blijft de wortelknobbelaaltjes besmetting laag en voor alle gewassen onder de schadedrempel.



Figuur 8 Gemiddelde Populatieontwikkeling wortellesieaaltjes (links) en wortelknobbelaaltjes (*M. chitwoodi* + *M. fallax*, rechts), Metingen gedaan in januari/februari voorafgaand aan de teelt van het gewas in de periode 2012-2016.

3.3.4 Overige bodemmetingen

In Tabel 12 is een overzicht gegeven van de bodemmetingen op de meetpercelen (34.1a en 34.2b) van het biologisch systeem zoals gemeten door Vervoort (2016) en Visser et al. (2014). De bulkdichtheid was relatief hoog evenals het watergehalte bij pF2. De bewortelbare zone houdt op rond circa 35 cm gezien de indringingsweerstand die rond die diepte op 3 MPa uitkomt. Dit komt overeen met waarnemingen aan de wortelgroei in het veld. De biologische grond bevatte veel bacterie-etende aaltjesgroepen, waarschijnlijk als gevolg van de organische bemesting. Daarnaast zijn de planten-etende aaltjes goed vertegenwoordigd.

Tabel 12 *Overzicht van bodemmetingen uit Visser et al. 2014 en Vervoort, 2016.*

Parameter	Eenheid	Waarde	Bron
Bodemfysisch			
Bulkdichtheid 0-30 cm	g/cm ³	1,46	Vervoort, 2016
Bulkdichtheid 0-30 cm	g/cm ³	1,43	Visser et al. 2014
Watergehalte bij pF2	%	25%	Vervoort, 2016
Watergehalte bij pF2	%	19%	Visser et al. 2014
Infiltratiesnelheid	mm/min	4,8	Vervoort, 2016
Diepte indringingsweerstand boven 3 MPa	cm	32	Vervoort, 2016
Diepte indringingsweerstand boven 3 MPa	cm	38	Visser et al. 2014
Bodembiologisch			
<i>Aaltjesgemeenschappen</i>			
totaal	L/100 gram grond	2206	Visser et al. 2014
schimmeleters	L/100 gram grond	43	Visser et al. 2014
Bacterie-eters	L/100 gram grond	1218	Visser et al. 2014
dauerlarven	L/100 gram grond	253	Visser et al. 2014
carnivoren	L/100 gram grond	87	Visser et al. 2014
omnivoren	L/100 gram grond	76	Visser et al. 2014
plantenetters	L/100 gram grond	528	Visser et al. 2014
<i>Overige biologische indicatoren</i>			
Biomassa schimmels	µg C/g droge grond	15.1	Visser et al. 2014
Biomassa bacteriën	µg C/g droge grond	20.2	Visser et al. 2014
Potentiele N mineralisatie	mg N/kg/wk	2.5	Visser et al. 2014
Potentiele C mineralisatie	mg C/kg/wk	18.8	Visser et al. 2014
Hot Water extractable C (HWC)	µg C/g droge grond	770	Visser et al. 2014

3.4 Stikstofbodembalans

Excelfile "Data rapportage Bodemkwaliteit op zand 2000-2016 Biologisch.xls"

- OVERZICHT kolommen AI-BF
- OVERZICHT COMPOST kolommen P-U
- GEWAS kolommen AS-AT, AW-AY en BB-BF
- MEST

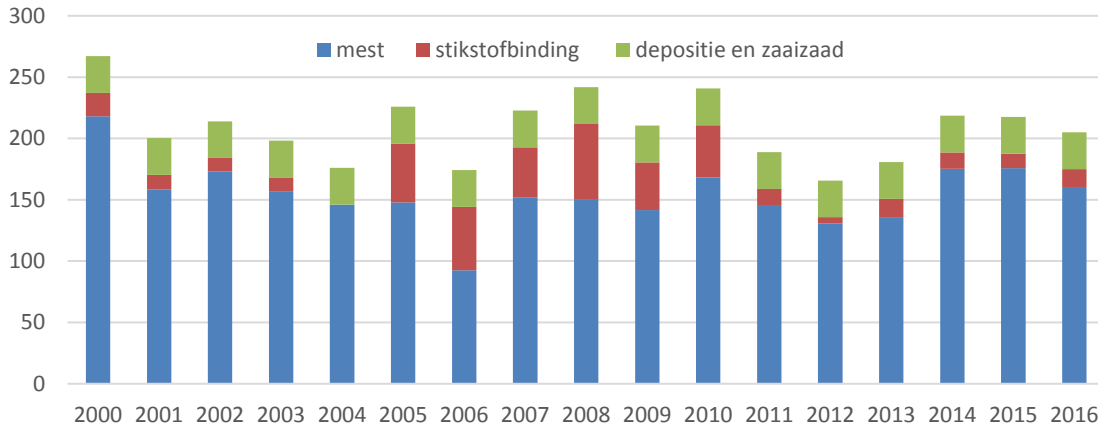
3.4.1 Stikstofaanvoer

3.4.1.1 Stikstofaanvoer volgens de bodembalans

De totale stikstofaanvoer bestaat uit de stikstof uit mest, stikstofbinding en aanvoer via depositie en zaaizaad/plantgoed. Onder mest valt in dit geval dierlijke mest én vinassekali. De stikstofaanvoer per bron per jaar is weergegeven in Figuur 9. De gemiddelde jaarlijkse totale stikstofaanvoer over de gehele periode bedroeg 209 kg/ha, over de periodes varieerde dit beperkt van 196 kg in de periode 2011-2016 tot 220 kg/ha in de periode 2000-2005. De gemiddelde stikstofaanvoer met dierlijke mest en vinassekali was 155 kg/ha, de gemiddelde aanvoer met stikstofbinding is gemiddeld 24, en de aanvoer uit depositie en zaaizaad bedroeg 30 kg N/ha/jaar.

Verschillen in stikstofaanvoer tussen de periodes 2000-2003, 2005-2008 en 2011-2016 zijn een gevolg van verschillen in aanvoer met mest en stikstofbinding. Wat betreft de laatste was deze in 2005-2008 ruim 50 kg N per ha (ruim 20% van de totale aanvoer), terwijl in de andere twee periodes de binding slechts 12-13 kg N per ha bedroeg (ruim 5% van de totale aanvoer). De verklaring hiervoor is dat in de periode 2005-2008 luzerne was opgenomen als vlinderbloemige in de rotatie voor de periode van bijna twee jaar. In de andere jaren was dat conservenerwt-stamslaboon (2000-2003)

of conservenerwt-grasklaver. De berekende stikstofbinding door luzerne was hoger dan die van de andere vlinderbloemigen.



Figuur 9 Stikstofaanvoer (kg N/ha) uitgesplitst in mest, stikstofbinding en depositie en zaaizaad.

3.4.1.2 Werkzame stikstofaanvoer en gebruiksnormen

De werkzame stikstofaanvoer berekend op basis van de landbouwkundige werking was gemiddeld over alle jaren 78 kg N/ha/jaar (Tabel 13). Berekend met de forfaitaire werkingscoëfficiënten uit de mestwetgeving was dit iets hoger met 82 kg N/ha/jaar. In alle jaren blijft de wettelijke werkzame stikstofaanvoer ruim onder de stikstofgebruiksnorm.

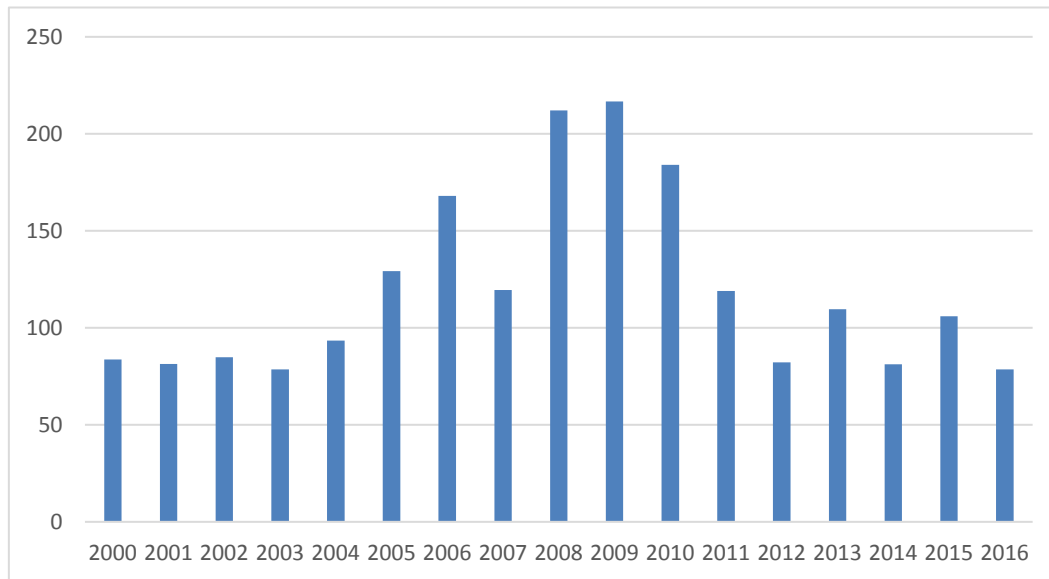
Tabel 13 Werkzame stikstofaanvoer (kg/ha/jaar) met meststoffen berekend met werkingscoëfficiënten op basis van verhouding N-min/N-org en op basis van forfaitaire werkingscoëfficiënten uit de mestwetgeving, en de stikstofgebruiksnormen.

Jaar	Werkzame N op basis van N-min/N-org	Werkzame N op basis van forfaitaire getallen mestwetgeving	Stikstofgebruiksnorm
2000	102	115	
2001	76	87	
2002	95	95	
2003	73	83	
2004	72	78	
2005	58	80	142
2006	53	49	136
2007	90	74	153
2008	80	74	161
2009	74	75	167
2010	96	87	163
2011	69	83	159
2012	63	69	154
2013	67	71	154
2014	88	92	142
2015	96	94	142
2016	82	85	142
Gemiddeld	78	82	151
2000-2003	86	95	
2005-2008	70	69	148
2011-2016	78	82	149

3.4.2 Stikstofafvoer

De gemiddelde jaarlijkse stikstofafvoer bedroeg 119 kg/ha en varieerde enorm tussen de verschillende jaren, van 79 kg N/ha in 2016 tot 217 kg N/ha in 2009 (Figuur 10). In de periode 2000-2003 was de stikstofafvoer laag, gemiddeld 82 kg N/ha/jaar. Voor de periode 2005-2008 was deze bijna twee keer

zo hoog, 157 kg N/ha/jaar. Dit wordt vooral veroorzaakt door de hoge stikstofafvoer van de luzerne. In 2011-2016 was de afvoer weer lager, gemiddeld 96 kg N/ha/jaar, omdat de grasklaver niet meer afgevoerd wordt. De afvoer is hoger dan de eerste periode (2000-2003) door de hogere afvoer van prei, peen en maïs.



Figuur 10 Stikstofafvoer via geoogste producten (kg N/ha/jaar).

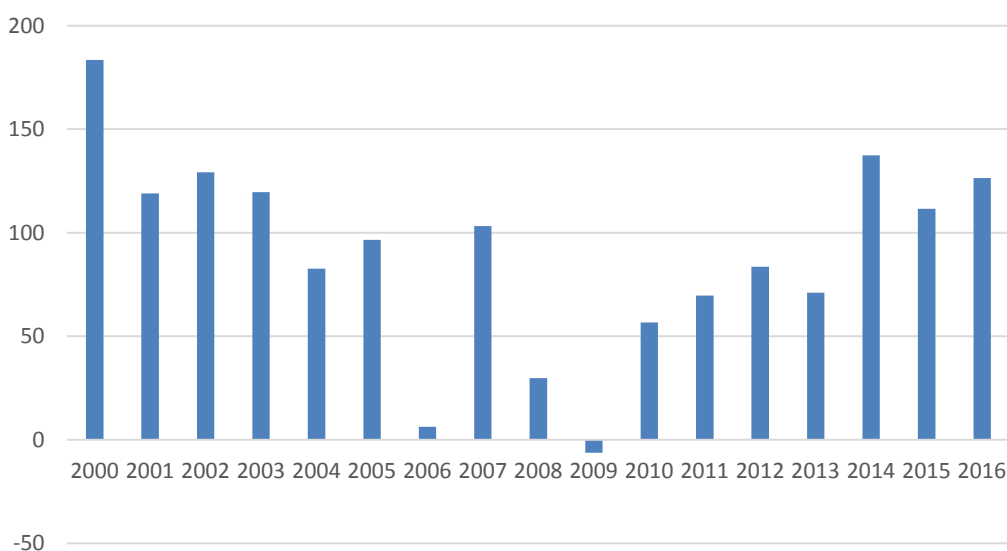
Tabel 14 geeft een overzicht van de stikstofgehalten in het geoogst product zoals gemeten in het biologische systeem over de periode 2000-2016. Tevens zijn de referentiegehalten volgens het Handboek Bodem en Bemesting en de gehalten uit het vergelijkbare gangbare systeem van Bodemkwaliteit op Zand (Haan, de, et al., 2017) weergegeven. Van de gewassen die meer dan 4 keer zijn geteeld hadden de meeste een lager stikstofgehalte dan de referentie. Uitzonderingen hierop waren de korrelmaïs en de conservenerwt. De gehalten in de gangbare systemen zijn voor zomergerst, prei, suikerbiet en conservenerwt vergelijkbaar met de gehalten gemeten in de gangbare systemen en afwijkend van de referentiegehalten. De gehalten voor aardappel en snijmaïs wijken wel af. De gehalten gemeten in de gangbare systemen kwamen bij deze twee gewassen overeen met de referentiegehalten.

Tabel 14 Gemiddelde gemeten stikstofgehalten per gewas (vers geoogst product) over de jaren 2000-2016. Referentie gehalten uit www.handboekbodemenbemesting.nl. Gangbare gehalten van het gangbare deel van het Bodemkwaliteit op Zand onderzoek (Haan, de, et al., 2017)

Gewas	Gemeten gehalten biologisch systeem (kg/ton)	Referentie gehalten (kg/ton)	Gemeten gehalten gangbare systemen 2011-2016 (kg/ton)
Aardappel	2,4	3,3	3,1
Zomergerst	14,3	15	13,6
Prei	2,3	3	2,3
Korrelmaïs	12,4	10,6	
Snijmaïs	2,5	3,8	3,5
Luzerne	4,7	5,8	
Suikerbiet	1,2	1,8	1,1
Peen	1,2	1,6	
Waspeen	1,0	1,5	
Broccoli	3,9	4,7	
Conservenerwt	9,5	7,5	9,6
Stamslaboon	3,2	3,6	

3.4.3 Stikstofbodemoverschot

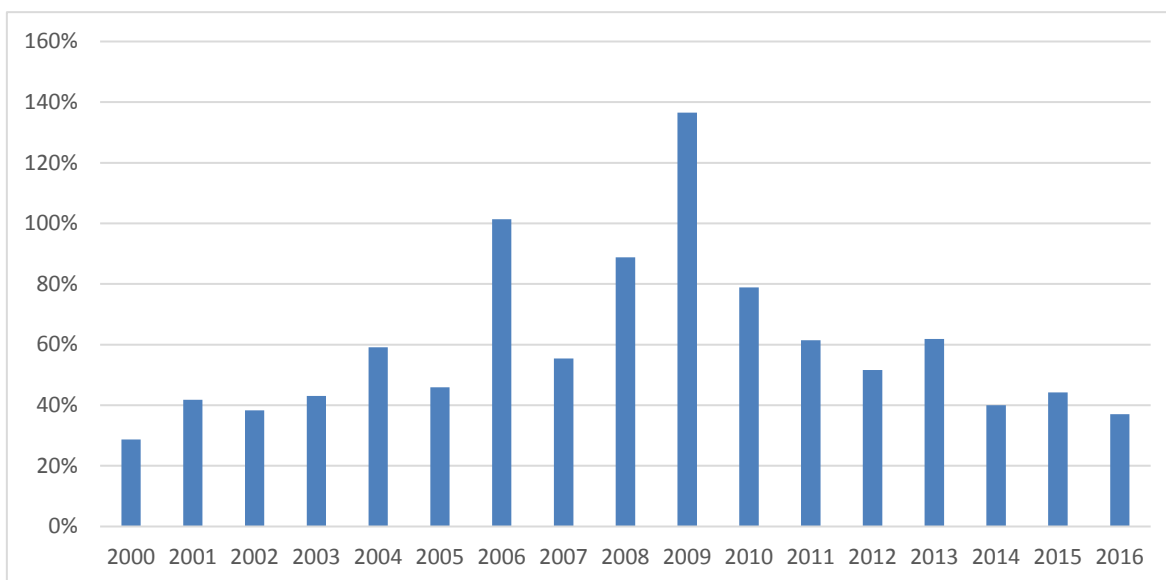
Figuur 11 geeft het stikstofbodemoverschot per jaar weer. Het gemiddelde stikstofbodemoverschot was 89 kg N/ha/jaar. Het overschot varieerde van -6 tot 183 kg N/ha/jaar. In slechts 3 van de 17 individuele jaren (2006, 2008 en 2009) bleef het overschot onder de gestelde streefwaarde van 50 kg/ha/jaar (zie ook paragraaf 2.2.4.3). In de periode 2000-2003 was het overschot hoog met 138 kg/ha vanwege de relatief hoge mestaanvoer. In de periode 2005-2008 was het overschot relatief laag met 59 kg/ha door de grote afvoer van stikstof met luzerne. In de periode 2011-2016 was het beeld tweeledig. Het bodemoverschot is in de periode 2011-2013 lager met 75 kg/ha dan in de periode 2014-2016 (125 kg/ha). Dit komt enerzijds door een lagere aanvoer (verschil 36 kg/ha) en anderzijds door een hogere stikstofafvoer (verschil 15 kg/ha) in de periode 2011-2013 ten opzichte van de periode 2014-2016.



Figuur 11 Stikstofbodemoverschot in kg N/ha/jaar.

3.4.4 Stikstofefficiëntie

De gemiddelde stikstofefficiëntie was 60%. In de periode 2000-2003 was deze laag met 38%. In de periode 2005-2008 was deze hoog met 73% en in de periode 2011-2016 was deze weer lager met 49%. In de berekende stikstofefficiëntie sprongen, net als in de vorige beschreven resultaten, het jaar 2000 en het jaar 2009 eruit (Figuur 12). Het jaar 2000 met een hele lage efficiëntie (29%), door een hele hoge aanvoer en daarnaast een lage afvoer. Het jaar 2009 heeft een gemiddelde aanvoer, maar een hele hoge afvoer van stikstof, wat hier zorgt voor een hele hoge stikstofefficiëntie (137%).



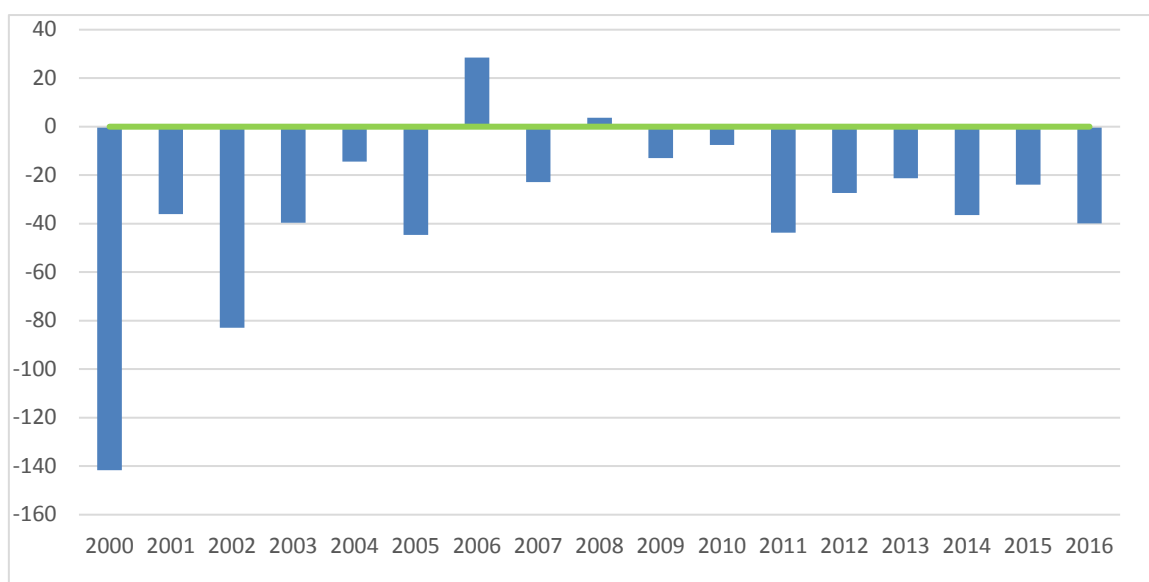
Figuur 12 Stikstofefficiëntie: stikstofafvoer met marktbaar gewas als percentage van de totale stikstofaanvoer.

3.4.5 Langjarige stikstofnawerking uit organische mest, gewasresten en groenbemesters

Tabel 15 geeft een overzicht van de berekende hoeveelheid stikstof die jaarlijks vrijkomt (mineralisatie) uit eerder toegediend organisch materiaal (dierlijke mest, gewasresten en groenbemesters) versus de jaarlijkse aanvoer van organische stikstof met organische mest en vastlegging in gewasresten en groenbemesters. Om een evenwichtssituatie in een systeem te hebben moeten deze aan elkaar gelijk zijn. Figuur 13 laat zien dat dit in de meeste jaren niet het geval was.

Tabel 15 Berekende mineralisatie van stikstof uit in voorgaande jaren toegediende mest, gewasresten en groenbemesters en de aanvoer/vastlegging van stikstof uit organische bronnen per jaar in kg N/ha.

Jaar	Organische mest		Gewasresten		Groenbemester		Totaal	
	Mineralisatie	Aanvoer organische stikstof	Mineralisatie	Vastgelegde stikstof	Mineralisatie	Vastgelegde stikstof	Mineralisatie	Aanvoer + vastlegging
2000	59	126	19	69	9	34	87	229
2001	58	89	37	74	32	0	127	163
2002	55	82	51	77	13	43	119	202
2003	56	94	51	65	38	25	145	185
2004	57	80	34	52	26	0	118	132
2005	59	104	45	37	43	50	147	192
2006	60	50	34	25	25	15	118	90
2007	64	78	24	37	40	35	127	150
2008	57	57	35	44	32	19	124	120
2009	48	94	40	48	56	16	144	157
2010	56	77	28	18	30	25	113	121
2011	59	85	19	11	9	34	87	131
2012	58	86	37	40	32	28	127	154
2013	55	87	51	39	13	36	119	162
2014	56	116	51	37	38	29	145	181
2015	57	94	34	27	26	20	118	141
2016	59	93	45	46	43	48	147	187
Gemiddeld	57	88	37	44	30	26	124	159



Figuur 13 Verschil tussen totale mineralisatie en aangevoerde/vastgelegde stikstof. De groene lijn geeft de evenwichtssituatie aan.

Over het algemeen leek het systeem over de jaren 2000-2008 naar een evenwicht toe te bewegen, maar in de periode 2011-2016 nam het verschil tussen mineralisatie en aanvoer weer toe en lijkt het zich te stabiliseren rond de -35 kg N/ha/jaar. Dit betekent dat er in die periode ieder jaar gemiddeld

35 kg meer stikstof werd aangevoerd/vastgelegd dan dat er vrijkomt uit mineralisatie. Dit verschil wordt voornamelijk veroorzaakt door het verschil tussen mineralisatie en aanvoer van organische stikstof in de mest.

Als de mineralisatie en aanvoer/vastlegging van stikstof worden meegenomen in de bodembalans (de termen zoals aangegeven in Tabel 6 worden toegevoegd) daalt het stikstofbodemoverschot in de meeste jaren behalve voor 2006 en 2008 (Tabel 16). In tegenstelling tot de andere jaren was in deze jaren de mineralisatie van stikstof hoger dan de aanvoer en vastlegging, waardoor in dit geval het bodemoverschot toenam.

Tabel 16 Berekend stikstofoverschot zonder (links) en met mineralisatieposten (rechts) per jaar in kg N/ha.

Jaar	Stikstofbodemoverschot	Stikstofbodemoverschot gecorrigeerd
2000	183	42
2001	119	83
2002	129	46
2003	120	80
2004	83	68
2005	97	52
2006	6	35
2007	103	80
2008	30	17
2009	-6	-19
2010	57	49
2011	70	26
2012	84	57
2013	71	50
2014	137	102
2015	112	87
2016	126	87
Gemiddeld	89	55
2000-2003	138	63
2005-2008	59	46
2011-2016	100	68

3.5 N-min voorraad bodem

Excellfile "Data rapportage Bodemkwaliteit op zand 2000-2016 Biologisch.xls"

- OVERZICHT kolommen BG-BI
- BODEM kolommen E-L

Tabel 17 geeft de N-min voorraden in de bodem zoals gemeten in het voorjaar, na de oogst en in het najaar. In 2010 en in het voorjaar van 2011 zijn geen N-min metingen gedaan.

De N-min in het voorjaar was gemiddeld 12 kg N/ha/jaar over de hele periode. De periodes 2000-2003 en 2012-2016 hadden waardes rond dit gemiddelde (respectievelijk 16 en 13 kg N/ha/jaar), de waarde voor 2005-2008 lag wat lager (8 kg N/ha/jaar).

Voor de N-min metingen na oogst geldt hetzelfde; het totaal gemiddelde was 38, het gemiddelde voor 2000-2003 was 41, voor 2005-2008 34 en voor 2011-2016 42.

Bij de N-min-najaar werd dit beeld niet teruggevonden, voor alle periodes waren de gemiddelden van dezelfde grootte orde (41-43 kg N/ha). Deze gemiddelde waardes lagen onder de streefwaarde van de N-min najaar van 45 kg N/ha/jaar. Als de streefwaarde uit Telen met Toekomst wordt aangehouden (30 kg N/ha/jaar) dan vallen de gemiddelde waardes over de periodes allemaal boven de streefwaarde, alleen in de individuele jaren 2012 en 2013 lagen de waarden respectievelijk op en onder die streefwaarde.

Tabel 17 N-min voorraad gemeten in voorjaar (0-30 cm), na oogst (0-60 cm) en najaar (0-90 cm) in kg N/ha/jaar. In 2010 en in het voorjaar van 2011 zijn geen N-min metingen gedaan.

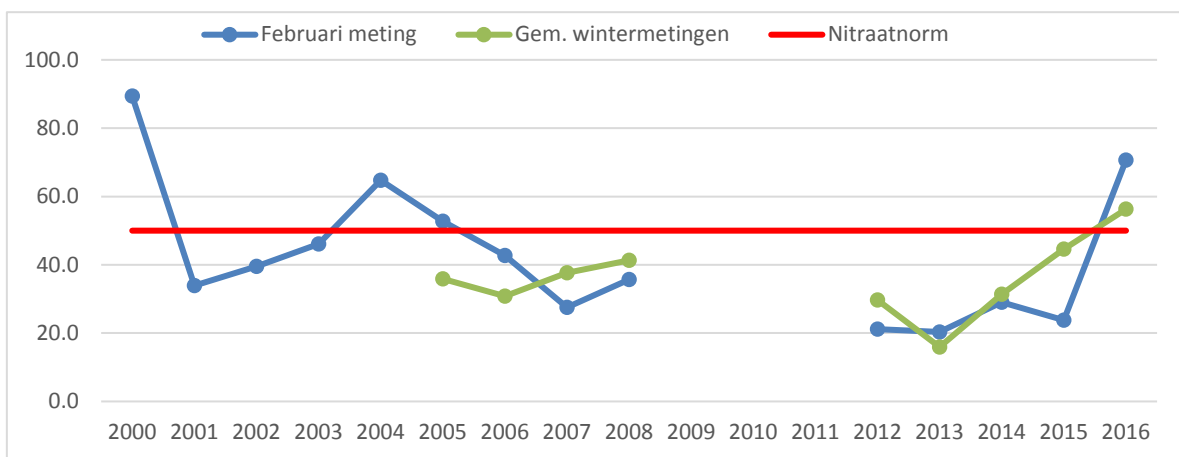
Jaar	Voorjaar	Na oogst	Najaar
2000	11	50	53
2001	16	22	44
2002	15	44	36
2003	20	42	38
2004	8	55	55
2005	4	19	34
2006	6	29	37
2007	6	41	34
2008	17	36	36
2009	30	19	34
2010			
2011		32	56
2012	25	48	30
2013	10	34	24
2014	12	50	54
2015	10	38	41
2016	10	48	42
Gemiddeld	12	38	40
2000-2003	16	41	43
2005-2008	8	34	43
2011-2016	11	42	41

3.6 Nitraatconcentraties in het grondwater

Excellfile "Data rapportage Bodemkwaliteit op zand 2000-2016 Biologisch.xls"

- OVERZICHT kolommen BK-BL
- NO₃ GRONDWATER kolommen E-F

In Figuur 14 zijn de nitraatconcentraties in het grondwater weergegeven zoals gemeten in februari over de periode 2000-2016 en gemiddeld over vier metingen in de winterperiode in de jaren 2005-2016. In beide gevallen zijn in de jaren 2009-2011 geen metingen verricht.



Figuur 14 Nitraatconcentratie in het grondwater (mg NO₃/l) gemeten in februari (blauw) en over de hele winter (groen) over de periode 2000-2016. In de jaren 2009-2011 zijn er geen metingen gedaan. Tot en met 2004 zijn er alleen metingen in februari gedaan. De rode lijn geeft de EU-nitraatnorm van 50 mg/l weer.

Bij de februari metingen bedroeg de gemiddelde nitraatconcentratie in het grondwater over de gehele periode (2000-2016) 43 mg NO₃/l. Er zijn vier jaren waarin de nitraatconcentratie in het grondwater boven de EU-nitraatnorm van 50 mg NO₃/l uitkwam (2000, 2004, 2005 en 2016). De gemiddelde

nitraatconcentratie gebaseerd op de vier metingen in de winterperiode bedroeg gemiddeld 36 mg NO₃/l (periode 2005-2016). Alleen in 2016 werd de norm van 50 mg NO₃/l overschreden. Er is een lichte daling zichtbaar in de nitraatconcentraties gemeten in februari die niet significant is. Er is een lichte stijging zichtbaar in de gemiddelde nitraatconcentraties in beide meetperiodes (2005-2008 en 2012-2016) die ook niet significant is (Bijlage 10).

In de periode 2005-2008 is het water in de sloot naast het biologische systeem bemonsterd. Het water in deze sloot is niet alleen afkomstig van het biologische systeem maar ook van andere percelen van het proefbedrijf en deels ook van buiten het bedrijf. De gemiddelde nitraatconcentratie in de sloot was 56 mg NO₃/l in 2005, 21 mg NO₃/l in 2006, 62 mg NO₃/l in 2007 en 15 mg NO₃/l in 2008.

In de periode 1993-1999 is ook de nitraatconcentratie gemeten in het grondwater onder percelen 32.1, 32.2, 34.1 en 34.2 van het huidige biologische systeem. Het perceel 32.2 werd toen gangbaar beheerd. De overige percelen werden in die tijd ook al biologisch beheerd. De gemiddelde nitraatconcentratie in februari/maart van de biologisch beheerde percelen was in die jaren hoger dan 50 mg NO₃/l: 78 mg NO₃/l in 1995, 77 mg NO₃/l in 1996, 75 mg NO₃/l in 1998 en 78 mg NO₃/l in 1999. Het gangbaar beheerde perceel had gemiddeld een vergelijkbare nitraatconcentratie als de biologisch beheerde percelen.

Figuur 15 geeft de gemeten nitraatconcentraties gemiddeld per gewas weer voor de periode 2000-2016 (metingen februari). De hoogste concentratie werd gevonden na de dubbelteelt conservenerwt/stamslaboon, en de laagste concentratie na de teelt van enkel conservenerwt. Het laatste kan worden verklaard doordat de erwt werd opgevolgd door de teelt van een (geslaagde) grasklaver groenbemester. De grasklaver zal de nog beschikbare stikstof hebben opgenomen waardoor de uitspoeling daalde. De onbemeste boon na de erwt was niet in staat om de beschikbare stikstof op te nemen. Mede omdat de opbrengsten tegenvielen door slechte kieming. De suikerbiet heeft een relatief hoge uitspoeling door de vroege oogst begin september voor de gangbare campagne uit.



Figuur 15 Nitraatconcentraties (mg NO₃/l) gemeten in februari na de teelt van het gewas, gemiddeld over de periode 2000-2016. De rode lijn geeft de EU-nitraatnorm van 50 mg/l weer.

3.7 Stikstofuitspoelfractie

Excellfile "Data rapportage Bodemkwaliteit op zand 2000-2016 Biologisch.xls"

- OVERZICHT kolommen BN-CF
- NEERSLAGOVERSCHOT

3.7.1 Stikstofuitspoelfractie

De stikstofuitspoelfractie is berekend voor de jaren 2000-2008 en 2012-2016. In de tussenliggende jaren (2009-2011) zijn geen nitraatmetingen uitgevoerd. Gemiddelde uitspoelfracties zijn berekend door eerst de individuele nitraatvrachten en bodemoverschotten te middelen, en vervolgens pas deze gemiddeldes op elkaar te delen.

Over alle jaren was de gemiddelde uitspoelfractie 32%. De uitspoelfractie varieerde over de jaren, met een enorme uitschieter in 2006, vanwege een heel klein stikstofbodemoverschot.

Tabel 18 geeft de berekende uitspoelfracties weer per jaar. Tevens zijn de parameters weergegeven waaruit de uitspoelfractie is berekend. De nitraatconcentratie vermenigvuldigd met het neerslagoverschot geeft de NO₃-vracht. De NO₃-vracht gedeeld door het stikstofbodemoverschot geeft de uitspoelfractie.

Over alle jaren was de gemiddelde uitspoelfractie 32%. De uitspoelfractie varieerde over de jaren, met een enorme uitschieter in 2006, vanwege een heel klein stikstofbodemoverschot.

Tabel 18 De nitraat-N concentratie, neerslagoverschot, nitraatvracht, stikstofbodemoverschot en uitspoelfractie per jaar.

Jaar	Nitraat-N concentratie (mg NO ₃ -N/l)	Neerslagoverschot (mm)	NO ₃ -N vracht (kg N/ha)	Stikstofbodem overschot	Uitspoelfractie
2000	20,2	388	82	183	44%
2001	7,7	473	36	119	31%
2002	8,9	322	29	129	22%
2003	10,4	271	29	120	25%
2004	14,6	384	58	83	70%
2005	11,9	102	10	97	11%
2006	9,7	385	35	6	557%
2007	6,2	326	23	103	22%
2008	8,1	179	14	30	48%
2012	4,8	432	21	84	25%
2013	4,6	198	9	71	13%
2014	6,5	474	32	137	23%
2015	5,4	470	26	112	23%
2016	16,0	321	51	126	40%
Gemiddeld	9,6	337	32	89	32%
2000-2003	11,8	363	44	138	32%
2005-2008	9,0	248	20	59	35%
2011-2016	7,5	367	28	100	26%

3.7.2 Correcties voor verschillen in langjarige stikstofnawerking

De berekende stikstofuitspoelfractie (paragraaf 3.7.1) is gecorrigeerd voor het verschil in mineralisatie van in het verleden toegediende organische stofbronnen (paragraaf 0) en de actuele aanvoer van organische stof met mest, gewasresten en groenbemesters (correctie voor niet-evenwicht). Hierdoor steeg de gemiddelde uitspoelfractie van 32 naar 51% (Tabel 19). Het stikstofbodemoverschot met correctie was voor alle jaren lager dan het overschot zonder correctie.

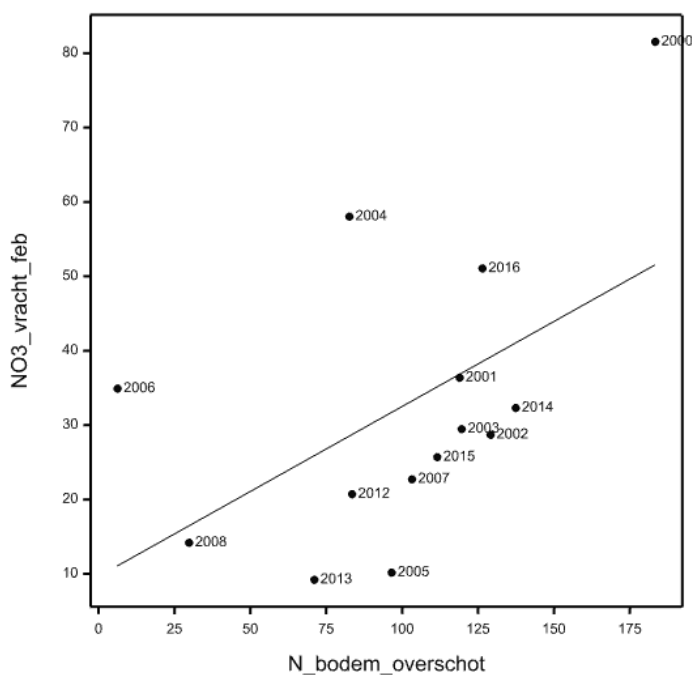
Tabel 19 *Het stikstofbodemoverschot (kg/ha) en de uitspoelfractie (%) gecorrigeerd voor het niet in evenwicht zijn van het systeem (mineralisatie van stikstof uit eerder toegediend organisch materiaal is niet gelijk aan actuele aanvoer van organische stikstof in mest, gewasresten en groenbemesters) per jaar.*

Jaar	Stikstofbodemoverschot gecorrigeerd	uitspoelfractie gecorrigeerd
2000	42	195%
2001	83	44%
2002	46	62%
2003	80	37%
2004	68	85%
2005	52	20%
2006	35	100%
2007	80	28%
2008	17	81%
2009	-19	
2010	49	
2011	26	
2012	57	37%
2013	50	18%
2014	102	32%
2015	87	29%
2016	87	59%
Gemiddeld	55	51%
2000-2003	63	70%
2005-2008	46	44%
2011-2016	68	36%

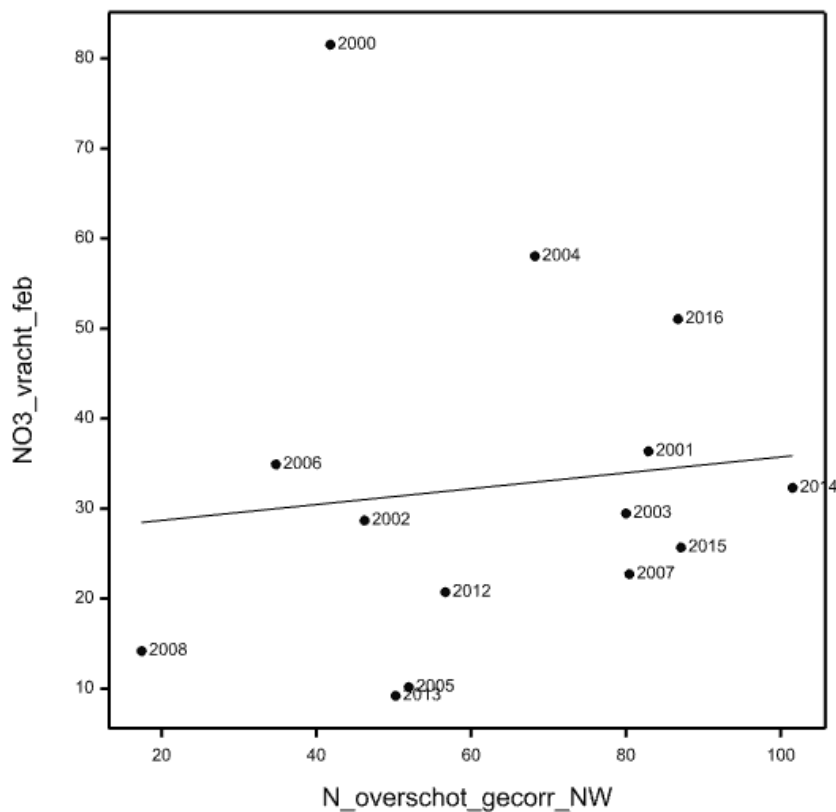
3.7.3 Regressieanalyse relatie stikstofbodemoverschot en nitraatvrucht

Er is een regressieanalyse uitgevoerd op de relatie tussen het stikstofbodemoverschot en de nitraatvrucht. Dit is gedaan met de jaargemiddelden van 2000-2016, zonder 2009-2011, omdat er in deze jaren geen nitraatmetingen gedaan zijn. De statistische output hiervan staat in Bijlage 11. In Figuur 16 is deze regressie weergegeven. Het verband is matig significant ($p=0,06$).

Daarnaast is er ook een regressieanalyse uitgevoerd op de relatie tussen het gecorrigeerde stikstofbodemoverschot en de nitraatvrucht (Figuur 17). In dit geval is de relatie zwak en niet significant.



Figuur 16 *Regressieanalyse met het stikstofbodemoverschot en de nitraatvrucht per jaar voor de periode 2000-2016.*

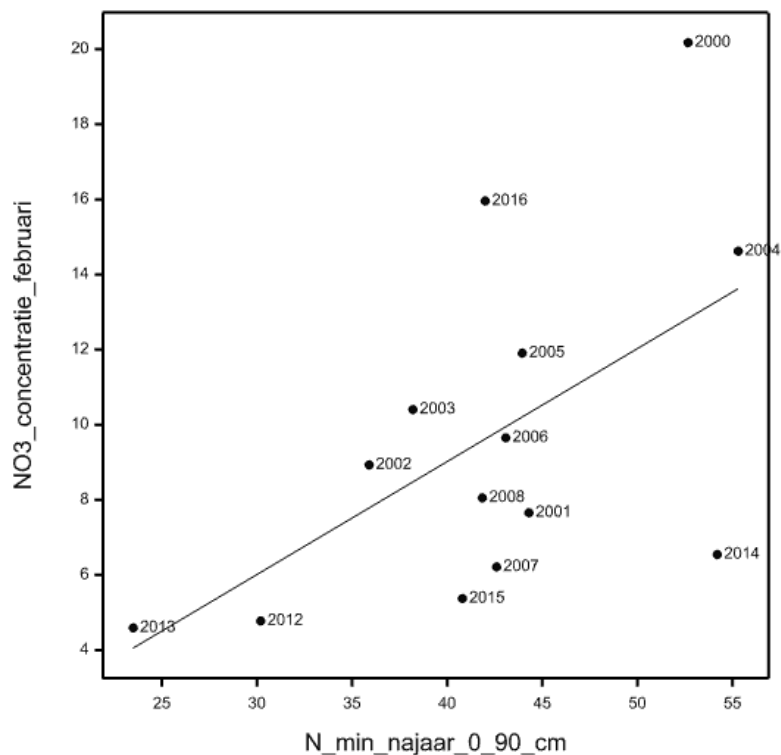


Figuur 17 Regressieanalyse met het gecorrigeerde stikstofbodemoverschot en de nitraatvracht per jaar voor de periode 2000-2016.

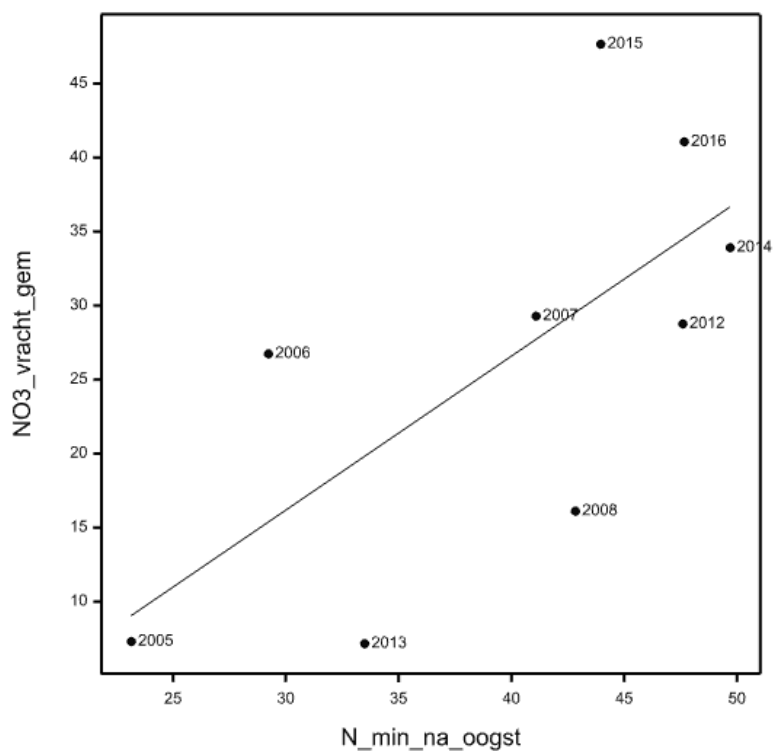
3.8 Overige relaties tussen stikstofbodemoverschot, N-min voorraad bodem en nitraatconcentraties grondwater

Naast de relatie tussen het stikstofbodemoverschot en de nitraatvracht die is beschreven in de vorige paragraaf (3.7.3), is er ook gekeken naar de andere verbanden tussen stikstofbodemoverschot, N-min voorraad in de bodem zowel na oogst als in het najaar en de nitraatconcentraties in en de nitraatvracht naar het grondwater. Ook hiervan staan de statistische resultaten in Bijlage 7.

Er is alleen een significant verband gevonden tussen de N-min najaar en de nitraatconcentratie en ($p=0,034$, Figuur 18) en tussen de N-min na oogst en de nitraatvracht ($p=0,04$, Figuur 19). De overige verbanden (stikstofbodemoverschot en de N-min na oogst en najaar, stikstofbodemoverschot en de nitraatconcentratie, nitraatvracht en de N-min najaar en de nitraatconcentratie en de N-min na oogst) waren niet significant.



Figuur 18 Relatie tussen de N-min najaar (kg N/ha) en de nitraatconcentratie in het grondwater (mg N-NO₃/l) per jaar over de periode 2000-2016.

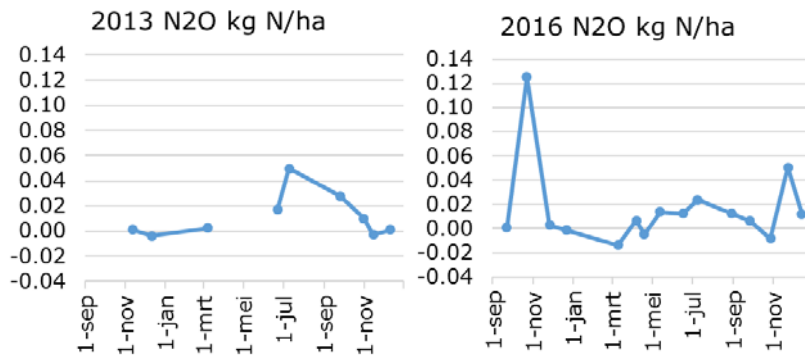


Figuur 19 Relatie tussen de N-min na oogst en de nitraatvrucht (kg/ha) per jaar voor de periode 2000-2016.

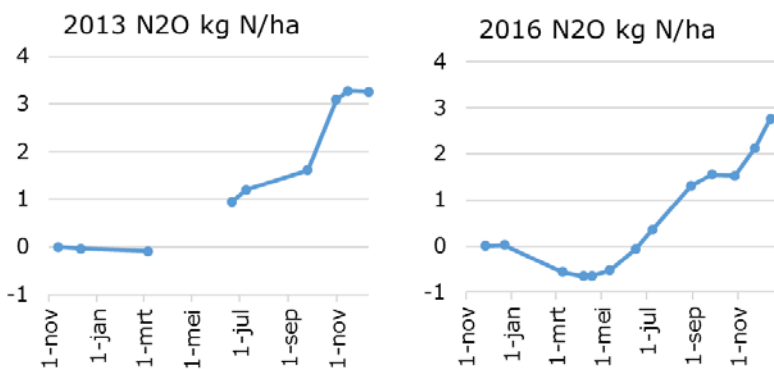
3.9 Lachgasemissies

In Figuur 20 zijn de lachgasemissies (N₂O) gemiddeld per perceel weergegeven in de tijd voor 2013 en 2016. In enkele gevallen zijn pieken zichtbaar na bewerking zoals kort na bemesten met rundveedrijfmest op 21 juni 2013. Ook zijn er pieken op momenten dat er geen bewerkingen worden uitgevoerd zoals rond 1 november 2015, of zijn er geen pieken op moment van bewerking. In Figuur

21 zijn de cumulatieve lachgasemissies weergegeven in de tijd voor 2013 en 2016. De trend in lachgasemissie is in beide jaren gelijk ondanks verschil in percelen, de pieken daargelaten. In Tabel 20 is de totale lachgasemissie over een jaar weergegeven uitgedrukt in CO₂-equivalenten. In 2013 was de lachemissie met 5,1 kg/ha bijna een kg/ha hoger dan in 2016 (4,3 kg/ha). De emissie treed vooral op in de prei. De grasklaver geeft geen emissie en neemt zelfs lachgas op. De emissiefactor ligt tussen de 0,006 en 0,0075. De emissiefactor ligt rond de emissiefactor zoals gerapporteerd in Schils et al. (2006) voor emissiearme dierlijke mesttoediening op droge zandgronden van 0,0075. Meer achtergrondinformatie over de lachgasmetingen is te vinden in Booij et al. (2018).



Figuur 20 Emissie van lachgas voor 2012-2013 perceel 34.2b (links) en 2015-2016 perceel 32.2a (rechts).



Figuur 21 Cumulatieve emissies van CO₂ (links), N₂O (midden) en CH₄ emissies (rechts) voor 2012-2013 perceel 34.2b (boven) en 2015-2016 perceel 32.2a (onder).

Tabel 20 Emissies van lachgas in kg/ha en kg CO₂-equivalenten per ha voor periode 1 dec 2012/2015 – 15 dec 2013/2016 in grasklaver-prei

Jaar	Perceel	N ₂ O-emissie in kg/ha	N ₂ O-emissie in CO ₂ -equivalenten	Emissie-factor
2013	34.2b	5.1	1355	0.0075
2016	32.2a	4.3	1153	0.0060

3.10 Fosfaat- en kalibalans

Excellfile "Data rapportage Bodemkwaliteit op zand 2000-2016 Biologisch.xls"

- OVERZICHT kolommen CH-CN
- OVERZICHT COMPOST kolommen W-X
- GEWAS kolommen AU-AV
- MEST kolommen AY-AZ, BK-BL

3.10.1 Fosfaatbalans en fosfaatgehalten in het product

De fosfaatbalans is weergegeven in Tabel 21. De afvoer van fosfaat is voor de ruim de helft van de jaren in de periode 2000-2016 bepaald met gemeten fosfaatgehalten, voor de andere jaren zijn deze gehalten ingeschat op basis van eerdere metingen en forfaitaire gehalten.

De gemiddelde fosfaataanvoer bedroeg 58 kg P₂O₅/ha/jaar, de fosfaatafvoer 41 kg P₂O₅/ha/jaar en het overschot 16 kg P₂O₅/ha/jaar. Gemiddeld viel het fosfaatoverschot buiten de gestelde range van -5 – 5 kg P₂O₅/ha/jaar. In 2005, 2006, 2008 en 2009 viel het fosfaatoverschot wel binnen de gestelde range. In de andere jaren lag het overschot er boven behalve in 2013 toen er een negatief fosfaatoverschot was van 13 kg P₂O₅/ha. De verschillen tussen de periodes zijn groot. Het gemiddelde fosfaatoverschot voor 2000-2003 bedroeg 29 kg P₂O₅/ha. In die periode was de aanvoer relatief hoog en de afvoer relatief laag. Het gemiddelde fosfaatoverschot in de periode 2005-2008 was 9 kg P₂O₅/ha door de relatief lage aanvoer. In de periode 2011-2016 bedroeg het fosfaatoverschot 16 kg P₂O₅/ha. De fosfaatafvoer was in deze periode het hoogste, echter de fosfaataanvoer met mest was ook hoger. De fosfaatafvoer was vooral hoog in peen, luzerne en snijmais.

Tabel 22 zijn de gemeten fosfaatgehalten in het gewas weergegeven, met daarbij tevens de referentiegehalten uit het Handboek Bodem en Bemesting. Op de broccoli en conservenerwt na waren de fosfaatgehalten in het gewas lager dan de referentiegehalten. De broccoli en met name de conservenerwt hadden een fosfaatgehalte hoger dan de referentiewaarde.

Tabel 21 Fosfaataanvoer, -afvoer en –overschot per jaar in kg P₂O₅/ha

Jaar	Aanvoer	Afvoer	Overschot
2000	72	38	34
2001	65	33	32
2002	64	33	31
2003	55	36	19
2004	55	39	16
2005	53	50	3
2006	40	40	0
2007	52	27	26
2008	48	46	1
2009	49	47	2
2010	64	48	16
2011	59	46	12
2012	62	49	12
2013	40	53	-13
2014	60	41	19
2015	73	44	29
2016	70	34	36
Gemiddeld	58	41	16
2000-2003	64	35	29
2005-2008	48	41	8
2011-2016	60	42	18

Tabel 22 Gemiddelde gemeten fosfaatgehalten in het gewas over de jaren 2000-2003, 2006-2009 en 2014 ((g P₂O₅/kg vers product). Referentiegehalten van www.handboekbodemenbemesting.nl.

Gewas	Gemeten	Referentie
Aardappel	1,0	1,1
Zomergerst	7,3	8,0
Prei	0,8	0,9
Korrelmais	4,7	5,0
Luzerne	0,9	1,4
Suikerbiet	0,7	0,9
Waspeen	0,6	0,7
Broccoli	1,5	1,3
Conservenerwt	2,8	1,6
Stamslaboon	0,9	1,1

3.10.2 Kalibalans en kaligehaltes in het product

De kalibalans is weergegeven in Tabel 23. De afvoer van kali is voor de jaren 2000-2003 en 2004 bepaald met gemeten kaligehaltes, voor de andere jaren zijn deze gehalten ingeschat op basis van eerdere metingen en forfaitaire gehalten.

Voor het kalioverschot wordt er gestreefd naar een waarde onder de 40 kg K₂O/ha. Met een gemiddelde waarde van 67 kg K₂O/ha/jaar werd dit ruimschoots overschreden (Tabel 23). De variatie tussen de jaren was groot. In 2005, 2006 en 2009-2014 lag het overschot onder de gestelde 40 kg K₂O/ha/jaar. In de periode 2000-2003 was het overschot erg hoog met een gemiddelde waarde van 132 K₂O/ha/jaar. Dit kwam door de hoge aanvoer van kali met mest. In de periode 2005-2008 lag het kalioverschot gemiddeld op de streefwaarde van 40 K₂O/ha, dit gold min of meer ook voor de periode 2011-2016 met een overschot van 44 kg K₂O/ha/jaar. De kaliaanvoer en afvoer in de periode 2005-2008 en 2011-2016 lagen beide op een vergelijkbaar niveau. De kaliafvoer was vooral hoog in luzerne, peen, prei en snijmais met gemiddelde afvoer boven de 250 kg/ha.

De kaligehaltes in het gewas zijn alleen gemeten in de periode 2000-2004 (Tabel 24) en 2014. Voor berekening van de afvoer zijn in de andere gevallen forfaitaire waarden gebruikt. De gemeten waarde van stamslaboon was veel lager dan de referentiewaarde uit het Handboek Bodem en Bemesting. Ook het gemeten gehalte van zomergerst was lager. Bij de andere gewassen lagen de gemeten gehalten iets boven de referentiewaarden uit het Handboek.

Tabel 23 *Kaliaanvoer, -afvoer en -overschot per jaar in kg K₂O/ha.*

Jaar	Aanvoer	Afvoer	Overschot
2000	296	119	177
2001	263	139	124
2002	255	111	144
2003	196	113	83
2004	237	85	152
2005	210	175	35
2006	148	190	-42
2007	246	138	108
2008	262	203	59
2009	243	253	-9
2010	279	261	19
2011	179	197	-18
2012	226	181	46
2013	195	207	-13
2014	208	160	49
2015	293	176	116
2016	227	140	87
Gemiddeld	233	166	67
2000-2003	252	120	132
2005-2008	217	176	40
2011-2016	221	174	48

Tabel 24 *Gemiddelde gemeten kaligehaltes in het gewas over de jaren 2000-2003 en 2014 (g K₂O/kg vers product). Referentiegehalten van www.handboekbodemenbemesting.nl*

Gewas	Gemeten	Referentie
Aardappel	5,5	5,1
Zomergerst	5,0	6,0
Korrelmais	3,3	3,1
Suikerbiet	2,8	2,5
Waspeen	3,6	3,5
Conservenerwt	3,9	3,5
Stamslaboon	3,6	5,1

3.11 Overzicht resultaten parameters

In Tabel 25 is een overzicht gegeven van de resultaten van de maatstaven in relatie tot de streefwaarden zoals gedefinieerd in paragraaf 2.2.10 voor de gehele periode van 2000 tot en met 2016 en onderverdeeld in de drie projectperiodes. De EOS-aanvoer lag in alle gevallen ruim boven de streefwaarde, hier is ook op gestuurd. De opbrengsten lagen gemiddeld 6% onder de streefwaarde, in de laatste periodes meer dan in de eerste. Vooral opbrengsten van conservenerwt, zomergerst en waspeen lagen onder het streefniveau. De opbrengst van korrelmais lag daarentegen ruim boven het streefniveau evenals de opbrengst van luzerne. De Pw en de pH lagen vrijwel in het streeftraject. Het K-getal lag er iets boven. Het stikstofbodemoverschot lag ruim boven de streefwaarde zowel ongecorrigeerd als gecorrigeerd. Alleen in de periode 2005-2008 lag deze dicht bij de streefwaarde. De werkzame stikstofaanvoer volgens de gebruiksnormen lag ver onder de gebruiksnormen. De N-min na oogst en de N-min najaar lagen binnen het streeftraject. Ondanks het hogere stikstofbodemoverschot lag de nitraatconcentratie in het grondwater onder de streefwaarde. Het fosfaat- en kalioverschot lagen boven de streefwaardes. Het kalioverschot lag sinds 2005 wel op of in de buurt van het streeftraject.

Tabel 25 *Overzicht maatstaven en bijbehorende waardes in relatie tot de gestelde streefwaarden van het biologisch systeem in de periode 2000-2016. De twee getallen bij stikstofbodemoverschot geven de resultaten ongecorrigeerd en gecorrigeerd weer. Donkerrood geeft aan grote afwijking van streefwaarde (>10%) Lichtrood geeft aan kleine afwijking van streefwaarde (<5%). Groen betekent in streeftraject of boven streefwaarde.*

Maatstaf	Streefwaarde	Eenheid	2000- 2016	2000- 2003	2005- 2008	2011- 2016
EOS-aanvoer	>2000	kg EOS/ha	3218	3851	3007	2987
Opbrengsten	100%	%	94%	98%	85%	89%
<i>Bodem</i>						
Pw	30 – 45	mg P ₂ O ₅ /l grond	42	43	46	42
K-getal	11 – 17	-	18	15	20	18
pH	5,5 – 5,8	-	5,5	5,3	5,5	5,6
<i>Stikstofstromen</i>						
Stikstofbodemoverschot	<50	kg/ha	89/55	138/63	59/46	100/68
Werkzame stikstofaanvoer met mest	149	kg/ha	82	95	69	82
N-min na oogst (0-60 cm)	30 – 40	kg//ha	38	41	34	42
N-min najaar (0-90 cm)	30 – 45	kg/ha	40	43	43	41
Nitraatconcentratie in grondwater	50	mg NO ₃ /l	43	52	40	33
<i>Fosfaat- en kali balans</i>						
Fosfaatoverschot	-5 – 5	kg/ha	16	29	8	16
Kalioverschot	<40	kg/ha	66	132	40	44

3.12 Compostplots

3.12.1 EOS-aanvoer

Toevoeging van compost leidde tot een bijna verdubbeling van de totale EOS aanvoer (Tabel 26). De aanvoer van EOS door gewasresten nam iets af in de compostplots ten opzichte van de percelen zonder compost. De EOS aanvoer van groenbemesters is niet apart bepaald voor de compostplots.

Tabel 26 Gemiddelde totale EOS aanvoer en gemiddelde EOS aanvoer van organische mest en gewasrest inclusief groenbemesters op percelen met en zonder compost. EOS in kg/ha, gemiddeld over de periode 2013-2016.

	Totaal	Organische mest	Gewasrest
BIO zonder compost	3250	2284	703
BIO met compost	6182	5229	691

3.12.2 Opbrengst

De verschillen in de versopbrengst tussen de plots met en zonder compost waren over het algemeen klein (Tabel 27). Gemiddeld over alle gewassen was de versopbrengst ruim 2% hoger bij toediening van compost. Voor de peen in 2015 is de opbrengst lager in de compostplots (-2%), voor de zomergerst in 2014 was de opbrengst gelijk, voor de andere jaren/gewassen was de opbrengst hoger in de compostplots in vergelijking met de plots zonder compost (+3-5%).

De gemiddelde droge stofopbrengst was, zowel totaal als uitgesplitst in hoofdproduct en gewasrest, hoger in de compostplots dan in de plots zonder compost (Tabel 28). De verschillen waren groter dan bij de versopbrengst (+4%).

Tabel 27 Versopbrengst hoofdproduct in ton/ha per gewas geteeld op de percelen met en zonder compost in de periode 2013-2016.

Jaar	2013	2014	2014	2015	2015	2016	2016
Gewas	Prei	Peen	Zomergerst	Snijmaïs	Peen	Aardappel	Snijmaïs
Perceel	34.2	34.1	34.2	34.1	34.2	34.1	34.2
BIO zonder compost	38,7	92,8	2,0	55,6	64,6	20,3	33,4
BIO compost	39,9	95,5	2,0	58,5	63,5	20,9	34,4

Tabel 28 Gemiddelde totale droge stofproductie en gemiddelde droge stofproductie uitgesplitst in hoofdproduct en gewasrest in ton/ha over de periode 2013-2016.

Systeem	totaal	hoofdproduct	gewasrest
BIO zonder compost	10,4	7,7	1,8
BIO compost	10,9	8,0	1,9

3.12.3 Stikstof-, fosfaat- en kaliaanvoer

De toevoeging van compost zorgde voor een extra stikstofaanvoer van ongeveer 100 kilo per hectare. Dit was een verhoging van de stikstofaanvoer van bijna 60% (Tabel 29). Voor werkzame stikstof was dit verschil veel kleiner. Op basis van de landbouwkundige werking leverde de compost gemiddeld 20 kg/ha extra werkzame stikstof (+23%). Op basis van de wettelijke werking was dit verschil 13 kg/ha (+14%) (Tabel 29). Met de compost werd ook extra fosfaat en kali aangevoerd. Voor fosfaat ging het om een verschil van 41 kg/ha (+50%) en de kaligift was in de compostplots 100 kg/ha hoger (+34%).

Tabel 29 Stikstof-, fosfaat- en kaliaanvoer uit mest, en werkzame stikstofaanvoer in kg/ha/jaar gemiddeld over de periode 2013-2016.

Systeem	Stikstof in organische mest	Stikstof werkzaam Nmin/Norg	Stikstof werkzaam wetgeving	Fosfaat	Kali
BIO zonder compost	173	86	90	80	292
BIO compost	272	106	103	121	391



4 Discussie

4.1 Systeemontwikkeling

Een goede bodemkwaliteit is van belang voor een ongestoorde en goede gewasproductie en goede nutriëntenbenutting. Organische stof speelt een belangrijke rol in de bodemkwaliteit, zowel bij de fysische als chemische en biologische bodemvruchtbaarheid. Kenmerkend voor biologische landbouw is een hogere aanvoer van organische stof vanuit de wens om 'de bodem te voeden' en vanuit het verbod op synthetische minerale meststoffen.

Lange termijn systeemonderzoek geeft de mogelijkheid om effecten van systemen te monitoren en de systemen verder te optimaliseren. In dit rapport is een analyse gemaakt van het biologische bedrijfssysteem op WUR-proeflocatie Vredepeel over de periode 2000-2016 waarbij met name gekeken is naar de aanvoer van organische stof en effecten op opbrengst, ontwikkelingen in bodemkwaliteit en nitraatuitspoeling. Onkruidbestrijding en de kosten en baten zijn in dit rapport niet behandeld. Dat is een omissie voor een compleet beeld over het functioneren van het bedrijfssysteem maar het was niet mogelijk om dat in het kader van dit rapport ook mee te nemen vanwege een gebrek aan tijd.

De gehele periode 2000-2016 is onder te verdelen in drie projectperiodes: 2000-2003, 2005-2008 (Nutriënten Waterproof) en 2011-2016 (Bodemkwaliteit op zand). Deze periodes onderscheidden zich met name in een specifieke vruchtwisseling en bemestingsstrategie. De periodes 2000-2003 en 2011-2016 hadden een zesjarige vruchtwisseling die min of meer stabiel was in die periode. In de periode 2000-2003 betrof het een akkerbouw-industriegroenten vruchtwisseling. In de periode 2011-2016 omvatte de vruchtwisseling een combinatie van akkerbouw, groenten en voedergewassen. De periode 2005-2008 had een complexe 12-jarige vruchtwisseling met gewassen uit alle open teelten sectoren inclusief de sierteelt. Deze veranderende vruchtwisselingen in combinatie met het feit dat nu alleen de perceelsdelen zijn meegenomen waar in de periode 2011-2016 geploegd is, heeft als gevolg dat er maar één gewas elk jaar van de periode 2000-2016 geteeld is op de nu beschouwde percelen: de aardappel. Zomergerst is in 16 van de 17 jaren geteeld en prei in 12 jaren. Er zijn in totaal 12 gewassen die in deze periode 4 of meer keer zijn geteeld. De wisselende gewassamenstelling maakt trendanalyses van gewasopbrengsten over de jaren lastig, en een vergelijk van de totale gewasopbrengst van het systeem tussen de jaren is niet mogelijk.

Daarnaast verschilde de bemestingsstrategie tussen de periodes. De aanvoer met organische mest in de periode 2000-2003 was hoger dan in de latere periodes, dit geldt zowel voor de rundveedrijfmest gift als voor vaste rundveemest. Vanaf 2005 is een stikstofbalansmethode gehanteerd in het bepalen van de mestgiften. De bemestingsstrategie binnen de drie projectperiodes is constant geweest.

Niet alle jaren uit de periode 2000-2016 zijn ondergebracht in één van de afzonderlijke projectperiodes. De jaren 2004, 2009 en 2010 zijn zogenoemde tussenjaren. In deze jaren is de vruchtwisseling vereenvoudigd en/of zijn metingen in beperkte mate uitgevoerd.

Methodologisch gezien is het lastig om een gedegen statistische analyse te doen van dit biologische systeem. Als eerste vanwege de wisselingen in vruchtwisseling en ten tweede omdat de systeemproof niet in herhalingen is aangelegd. Daarom is alleen een trendanalyse (toetsing op significante verandering in de tijd) op opbrengsten, organische stofgehalte van de bodem en nitraatconcentraties in het grondwater toegepast en zijn regressieanalyses uitgevoerd voor de relaties tussen stikstofbodemoverschot, N-min na oogst en najaar, nitraatvrucht naar het grondwater en nitraatconcentraties in het grondwater. Tenslotte was een directe vergelijking van het biologische systeem met de gangbare systemen op Vredepeel niet mogelijk omdat de systemen van elkaar verschillen in bodemkundige en hydrologische eigenschappen, en ook in de mate waarin de jaarlijkse aanvoer van organisch gebonden stikstof en de mineralisatie daarvan met elkaar in evenwicht zijn.

4.2 Organische stofaanvoer

De gemiddelde effectieve organische stofaanvoer in het biologische systeem lag in alle periodes ruim boven de streefwaarde (2000 kg/ha/jaar), gemiddeld is de EOS-aanvoer ruim 3200 kg/ha/jaar, hier is bewust op gestuurd. In de periode 2000-2003 was dit nog hoger dan de andere periodes vanwege een hogere aanvoer met mest en gewasresten. In het biologische systeem van Bodemkwaliteit op zand werden relatief organische stofrijke meststoffen gebruikt als vaste rundveemest en rundveedrijfmest, er werd geen varkensmest gebruikt vanwege de beperkte beschikbaarheid maar ook vanwege de ongunstigere N-P verhouding in deze mest. Variatie in organische stof met gewasresten kwam vooral door de wijzigingen in vruchtwisseling. De EOS-aanvoer met groenbemesters was in de periode 2000-2003 laag vanwege het risico voor vermeerdering van plantparasitaire nematoden. Vanaf 2005 is de keuze gemaakt om meer groenbemesters toe te passen waardoor de EOS-aanvoer met groenbemesters verdubbelde ten opzichte van daarvoor. Met een gerichte keuze voor de juiste groenbemesters verwachtten we het risico voor vermeerdering van nematoden te beperken. Dit is ook gelukt (zie paragraaf 3.3.3 en 4.4.3).

In de compostplots was de aanvoer van organische stof logischerwijs nog veel hoger dan de gestelde streefwaarde. De toevoeging van compost zorgt gemiddeld voor een verdubbeling van de EOS aanvoer. De effecten hiervan, ten opzichte van de percelen zonder compost, zijn nog maar voor een beperkt aantal parameters in kaart gebracht. Een eerste effect dat opvalt is een lichte opbrengststijging (2-4%) in de compostplots ten opzichte van de percelen zonder compost. Een kanttekening hierbij is dat dit opbrengstverschil niet direct aan de extra EOS aanvoer toegekend kan worden. Met de compost worden namelijk ook extra nutriënten aangevoerd. Er wordt rond de 20% meer werkzame stikstof aangevoerd, ruim 30% meer kali en 50% meer fosfaat. Er is tot nu toe niet gecorrigeerd voor de nutriënten uit de compost. Enerzijds omdat verwacht werd dat de hoeveelheid stikstof die beschikbaar zou komen uit de compost beperkt zou zijn en anderzijds omdat correctie lastig uitvoerbaar is omdat dan de organische mestgiften aangepast zouden moeten worden (correctie via kunstmest is immers niet mogelijk). Dit is zowel in toepassing op kleine velden, als in dosering, als in goede afstemming tussen organische stof-, stikstof-, fosfaat- en kaliaanvoer lastig. Voor de toekomst is dit wel nodig.

4.3 Opbrengst en kwaliteit

4.3.1 Vergelijk met streefopbrengsten, praktijkopbrengsten en trends

Wanneer er wordt gekeken naar de gemiddelde opbrengst over de jaren per gewas, haalden 7 van 12 gewassen die ten minste vier jaar geteeld zijn de streefopbrengst, de andere 5 gewassen bleven achter op hun streefopbrengst. Alle gewasopbrengsten samen genomen kwam het systeem gemiddeld uit op 94% van de streefopbrengst. De variatie tussen de gewassen en jaren is groot.

De opbrengsten in het biologische systeem van aardappel, prei en zomergerst zijn krap 60% van de praktijkopbrengsten van het gangbaar beheerde proefbedrijf. Zoals hieronder (4.3.2) wordt toegelicht komt dit vooral door ziekten en plagen. Alleen de opbrengst van de biologische snijmais komt met 93% in de buurt van de praktijkopbrengst. Snijmais heeft weinig last van ziekten en plagen. Het opbrengstverschil met de praktijk wordt hier bepaald door de lagere bemesting en eventueel de mechanische onkruidbestrijding. Voor de andere geteelde gewassen is er geen praktijkopbrengst beschikbaar.

Langjarige toepassing van het biologische bedrijfssysteem liet geen duidelijke trend zien in de opbrengsten van de gewassen in de tijd, in tegenstelling wat Schrama et al. (2018) vonden bij analyse van de data van vijf gewassen tot en met 2013. De opbrengsten in de afgelopen jaren waren relatief laag. Daarnaast zijn de groeiomstandigheden en bodemvruchtbaarheid blijkaar niet zodanig veranderd dat dit leidt tot een hogere opbrengst van de gewassen of zijn het optreden van ziekten en plagen nog te bepalend in het opbrengstniveau. Ook bij snijmais is geen effect op de opbrengst zichtbaar, ondanks dat ziekten en plagen hier nauwelijks een rol spelen. Dit is in tegenstelling tot

praktijkgeluiden die aangeven dat de opbrengsten verbeteren naarmate een perceel langer in biologisch beheer is.

Op de aardappel en de broccoli na wordt voor alle gewassen de streefwaarde voor de kwaliteit van het oogstproduct gehaald. Bij aardappel komt dit door de *Phytophthora* aantasting die zorgt dat het gewas te vroeg afsterft waardoor het onderwatergewicht lager is. Bij broccoli is de afwijking t.o.v. de streefwaarde beperkt maar onduidelijk waar het precies aan ligt. Mogelijk is onvoldoende groei vanwege stikstofgebrek een reden. Broccoli is een sterk stikstofbehoefstig gewas.

4.3.2 Invloed van ziekten en plagen

Een belangrijke verklaring voor de grote variatie in de uiteindelijke opbrengst van het gewas is de impact van ziekten en plagen. De variatie in opbrengsten over de jaren is vooral terug te zien bij de aardappel, zomergerst en de prei. Bij de aardappel werd de oogst voornamelijk bepaald door de aanwezigheid van *Phytophthora*. Een vroegere uitbraak leidt tot een eerdere oogst, en daarmee direct tot een lagere opbrengst. Dit blijft een nadelige factor van buitenaf, die binnen de biologische teelt nog niet te controleren is en alleen door teeltvervroeging te beïnvloeden is. Resistente rassen zijn vanwege beperking in de afzet nog niet toegepast. In de preiteelt hebben ziektes als roest, papiervlekken en purpervlekken vrij spel in het najaar en bepalen in grote mate de opbrengst. Hoewel de groei in het begin van de teelt (in de zomermaanden) vaak zeer goed is, neemt de slijtage van het gewas met inval van ziektes in de herfst toe afhankelijk van de weersomstandigheden. In veel gevallen hangt het optreden van ziekten en plagen en daaraan gekoppelde opbrengstderving samen met specifieke weersomstandigheden die van jaar tot jaar verschillen. In de zomergerst is ook een grote variatie en zijn er over het algemeen lage opbrengsten, maar in tegenstelling tot de aardappel en de prei is er hier geen duidelijke oorzaak aan te wijzen. In de stamslaboon zorgden kiemschimmels en insecten voor een slechte opkomst en daarmee een slechte opbrengst. Het vermoeden is dat de conservenerwt die in hetzelfde jaar ervoor wordt geteeld, hier mede debet aan is.

In de andere geteelde gewassen was de variatie over de jaren minder groot, doordat er of geen sterk bepalende ziekten of plagen waren voor het gewas, of er was een manier om binnen de biologische teelt met deze ziekten/plagen om te gaan. In de teelt van de peen wordt er bijvoorbeeld rekening gehouden met de eerste vlucht van de wortelvlieg, er wordt pas na deze eerste vlucht gezaaid. Daarnaast worden volgende vluchten van de wortelvlieg in de laatste jaren bestreden met uienoliedampen. In veel gevallen wordt de streefopbrengst wel gehaald wanneer ziekten en plagen geen of een klein effect op de opbrengst hebben.

4.3.3 Effecten van bemesting op de opbrengst

In de bemesting is in eerste instantie gestuurd op voldoende stikstof. De stikstofbehoefte is lager ingeschat dan bij gangbaar door lagere (streef)opbrengsten en een verwachte hogere mineralisatie van stikstof uit bodem, mest en groenbemesters. De N-min oogst lag gemiddeld genomen in alle periodes aan de bovenkant van het streeftraject. Dit geeft aan dat er gemiddeld genomen geen stikstoftekort is geweest. Gewassen met een relatief hoge efficiëntie als (was)peen en luzerne hebben een lage N-min na oogst. Opvallend is de lage N-min na oogst na snijmais, een gewas dat als uitspoelingsgevoelig bekend staat. Mogelijk is dit vanwege de relatief hoge opbrengsten waardoor er meer stikstof wordt opgenomen. Mogelijk speelt ook stikstoftekort hierbij nog een rol. Dat geldt mogelijk ook voor broccoli gezien de lage opbrengst in klasse 1 met een te groot aandeel kleine schermen.

Doordat alle nutriënten gegeven worden met organische mest in een biologisch systeem, wordt er met de stikstofgift automatisch ook fosfaat en kali bemest. Door de verhoudingen in de mest betekent dit dat er een overmaat aan fosfaat en kali wordt gegeven. Met de inpassing van vlinderbloemigen in de vruchtwisseling is er wel geprobeerd dit te beperken maar dit lukt maar ten dele. Dit blijkt ook uit de gemiddelde waarden voor de balanssen, voor fosfaat is er een gemiddeld overschot van 16 kg P₂O₅/ha/jaar, terwijl er wordt gestreefd naar een overschot van -5 tot 5 kg P₂O₅/ha/jaar. Voor kali was het gemiddelde overschot vanaf 2005 iets boven de streefwaarde van 40 K₂O/ha/jaar. Met deze

getallen mag ervan uit worden gegaan dat er geen tekort aan fosfaat en kali voor het gewas is geweest.

Aan de andere kant lieten de gewasgehalten van stikstof en fosfaat geen luxeconsumptie zien. Als de stikstofgehalten van de geteelde gewassen vergeleken worden met de referentiegehalten (Handboek Bodem en Bemesting) hadden de gewassen, met uitzondering van de korrelmaïs en conservenerwt, een lager stikstofgehalte dan de referentie. Voor de fosfaatgehalten geldt hetzelfde, alleen de broccoli en de conservenerwt haalden het referentie fosfaatgehalte. Dit geeft, in tegenstelling tot de overschotten, een indicatie dat de bemesting (nog) niet te ruim is. Voor kali liggen de gewasgehalten grotendeels boven de referentiegehalten uit het Handboek Bodem en Bemesting.

Ook de hogere opbrengsten in de compostplots zijn een aanwijzing dat er mogelijk tekorten in nutriënten zijn, al kan de hogere opbrengst ook veroorzaakt zijn door andere effecten van de compost.

4.4 Bodemkwaliteit

4.4.1 Organische stof

Het organische stofgehalte vertoonde een bijzondere trend met een daling tot 2005 en vervolgens een stijging. De daling kan niet verklaard worden uit de aanvoer van EOS, de gewassen die geteeld zijn en de grondbewerking die is uitgevoerd. Met de hoge EOS-aanvoer vanaf 2000 zou verwacht worden dat het organische stofgehalte niet zou kunnen dalen. Ook daarvoor maakte een deel van de percelen onderdeel uit van het biologisch systeem waar een relatief hoge organische stofaanvoer verwacht mag worden (Bijlage 1). Het is niet goed verklaarbaar waarom er in 2005 een omslag plaats heeft gevonden. Er zijn geen drastische veranderingen geweest in de teelt of grondbewerking na 2005 behalve dat er vanaf dat jaar een 1 of 2-jarige luzerne of grasklaver in de rotatie is opgenomen. In de gangbare bedrijfssystemen is in de periode 1988-2005 eenzelfde dalende trend gezien. Na 2005 is in deze systemen het organisch stofgehalte gelijk gebleven in systeem STANDAARD en iets gedaald in systeem LAAG (de Haan et al., 2017). Enige mogelijke verklaring komt uit veranderingen in eerder grondgebruik. Het bedrijf is in de jaren 50 ontgonnen en geschikt gemaakt voor landbouw, vanaf de jaren 70 heeft een omslag plaatsgevonden van een gemengd bedrijf naar een akkerbouwbedrijf.

De stijging van het organisch stofgehalte na 2005 correspondeert met de relatief hoge EOS-aanvoer. De stijging is lineair en significant tot en met 2016. Het is nog onduidelijk tot welk niveau het organisch stofgehalte zal doorstijgen. De stijging van het organisch stofgehalte is hoger dan voorspeld met het NDICEA-model (Hospers-Brands & van der Burgt, 2013). Hier wordt slechts een stijging van 0,2%-punt voorspeld in 30 jaar terwijl de stijging in de periode 2005-2016 al 0,6%-punt bedraagt.

4.4.2 Bodemvruchtbaarheid

De bodemvruchtbaarheid van het biologische systeem is overwegend goed. Pw, K-getal en pH liggen binnen het streeftraject of er iets boven. De overige gemeten bodemparameters ondersteunen de bevinding dat de algemene bodemvruchtbaarheid goed is.

Om het K-getal (en ook het kalioverschot) te verlagen zou een lagere kaliaanvoer gerealiseerd moeten worden. In een biologisch systeem is dit lastig omdat dit vrij direct gekoppeld is aan de aanvoer van stikstof, fosfaat en organische stof. Wel is een optie om de vinassekaligift voor de prei uit te voeren met een andere meststof. Knelpunt is dat alternatieve meststoffen (luzernebrok, mestkorrels, Condit) minder snelwerkende stikstof bevatten waardoor er eerder bijbemest moet worden of stikstof onvoldoende beschikbaar komt voor de gewasgroei. Daarnaast bevatten veel alternatieve meststoffen fosfaat, vervanging van vinassekali door deze meststoffen leidt tot een hoger fosfaatoverschot.

In de bodemparameters die over de gehele periode 2000-2016 jaarlijks gemeten zijn (Pw, K-getal en pH), waren geen hele duidelijke trends te ontdekken, alleen de pH leek licht te stijgen over de jaren. De pH wordt gestuurd door jaarlijkse bekalking. De bekalking wordt bepaald door de streefwaarden

voor de desbetreffende gewassen, er is niet direct gestuurd op een hogere pH. Toch hebben deze jaarlijkse kalkgiften tot gevolg dat de pH licht stijgt. Bij een te sterke stijging kunnen de kalkgiften worden aangepast.

4.4.3 Plantparasitaire aaltjes

De metingen aan plantparasitaire aaltjes lieten zien dat mogelijk tot 10% opbrengstderving door het wortellesieaaltje is opgetreden in aardappel en conservenerwt vanaf 2012. Dit is lastig vast te stellen vanwege de grote jaarlijkse variatie in opbrengst en bij aardappel de grote invloed van *Phytophthora*. In de periode daarvoor gaven luzerne, grasklaver en bos & haagplantsoen door hun waardplantstatus risico's op schade door *Trichodoriden*, die ook duidelijk in de prei gezien is. In de overige gevallen werd geen opbrengstderving verwacht. Het is van belang om de aaltjespopulatie te blijven volgen om potentiële risico's tijdig te signaleren en eventueel maatregelen te nemen zoals de teelt van *Tagetes* of aanpassing van de vruchtwisseling.

De schadedrempels voor plantparasitaire aaltjes uit Tabel 5, paragraaf 2.2.3.3 zijn (veelal) vastgesteld op basis van onderzoek uitgevoerd in gangbare teeltsystemen. Mogelijk dat de schadedrempels voor biologische teeltsystemen hier (licht) van afwijken. Bekend is onder meer dat het organische stofgehalte effect heeft op de schade die het wortellesieaaltje en ook Trichodoride aaltjes kunnen veroorzaken al is niet duidelijk welke eigenschappen van organische stof dit veroorzaken (Thoden et al., 2011; Hartsema et al., 2005). Indien het organische stofgehalte in biologische systemen gemiddeld hoger is dan in gangbare systemen, dan zouden de schadedrempels voor de gewassen in biologische systemen mogelijk wat hoger kunnen zijn. Er is echter nog onvoldoende informatie beschikbaar om schadedrempels vast te stellen op basis van organisch stofgehalte en/of organische stofaanvoer.

4.4.4 Overige bodemmetingen

Veel van de overige bodemmetingen die gedaan zijn in de afgelopen jaren gaven een indicatie van de goede toestand van de bodem, maar zijn slechts een momentopname. Ontwikkelingen in de bodem zijn continue processen, waarbij veranderingen slechts over een lange termijn zichtbaar zijn. Om deze processen beter in beeld te krijgen zou een herhaling van deze bodemmetingen van toegevoegde waarde zijn.

De indruk vanuit de proefuitvoering is wel dat de bodemkwaliteit verbetert maar dit is niet te zien in de metingen van bodemkwaliteit en/of opbrengsten. Zo beoordeelde de bedrijfsleider de visuele structuur en ook de weggroei van gewassen, met name bij prei, als beter. Ziekten en plagen die later in het seizoen optreden doen echter de betere weggroei te niet.

4.5 Stikstofefficiëntie en stikstofverliezen

4.5.1 Stikstofefficiëntie

Door de stikstofafvoer met het gewas te delen door de totale hoeveelheid aangevoerde stikstof kan een indicatie worden gegeven van de stikstofefficiëntie van het systeem. De efficiëntie fluctueerde sterk over de periode van 30% tot meer dan 100%, en er was geen duidelijke trend zichtbaar. De stikstofefficiëntie is de laatste jaren zelfs lager dan de periode daarvoor. Dit komt vooral door de lagere opbrengsten en dus lagere afvoer van stikstof. De vruchtwisseling heeft hier een grote invloed op. Met name de luzerne had een hoge efficiëntie, daarnaast was de efficiëntie van de prei en de peen hoog. De stikstofefficiëntie is in de periode 2011-2016 met gemiddeld 49% lager dan de gangbare bedrijfssystemen (60%, de Haan et al., 2017).

4.5.2 Nawerking van stikstof

Doordat er jaar op jaar uitsluitend met organische mest wordt bemest in het biologische systeem en groenbemesters en gewasresten worden achtergelaten op de percelen, wordt er veel organisch

gebonden stikstof aan de bodem toegevoegd, die op den duur ook weer vrij komt. Als deze stikstof die vrijkomt uit mineralisatie meer wordt dan de jaarlijks toegediende organische stikstof uit mest en vastgelegde organische stikstof in gewasresten en groenbemesters zal hier op den duur voor gecorrigeerd moeten worden in de bemesting. Er is dan namelijk ieder jaar extra stikstof beschikbaar voor het gewas, die (nog) niet wordt meegenomen in de bemestingsplannen. Uit de berekeningen van de langjarige stikstofnawerking blijkt dat dit nog niet het geval is. Er werd de laatste jaren nog meer organische stikstof aangevoerd en vastgelegd dan dat er vrijkomt. Langzaamaan zou dit zich in ieder geval richting een evenwichtssituatie moeten verplaatsen. De balans tussen vrijgekomen en vastgelegde stikstof lijkt te stabiliseren rond de -30 (30 kg meer vastlegging dan mineralisatie). Dit kan het geval zijn, maar dit onevenwicht kan ook mede veroorzaakt zijn door beperkingen van het gebruikte mineralisatiemodel MINIP en door de variatie in aanvoer van organische stikstof met mest en de hoeveelheid stikstof in gewasresten en groenbemesters.

In het MINIP-model wordt de organische stof niet volledig afgebroken, maar blijft er uiteindelijk een resthoeveelheid over in de bodem en daarom ook een hoeveelheid organische stikstof die niet meer vrijkomt (Janssen, 2002). Voor rundveedrijfmest gaat dit om bijna 20%. De vraag is of dat overeenkomt met de werkelijkheid. Andere modellen gaan ervan uit dat alle organische stof uiteindelijk volledig wordt afgebroken en dan komt alle organische stikstof op lange termijn wel vrij. Mogelijkerwijs maakt MINIP dus een onderschatting van de mineralisatie en komt er dus meer stikstof vrij dan berekend. Uit de N-min najaar, de N-min naooogst en de nitraatconcentraties in het grondwater blijkt niet dat er meer stikstof verloren gaat dan in eerdere jaren en lijkt het dat er vooralsnog niet gekort hoeft te worden op de stikstofgift om te corrigeren voor extra nawerking.

Het beeld van een nog ontbrekend evenwicht kan ook deels worden bepaald door verschillen in aanvoer van organische stikstof. Hierbij speelt de organische stikstof in mest een belangrijke rol. In de projectperiodes 2000-2003, 2005-2008 en 2011-2016 bedroeg deze respectievelijk 98, 72 en 81 kg organische N per ha. Door deze veranderingen is het ook lastiger om in een evenwichtssituatie te komen.

4.5.3 Stikstofoverschotten en nitraat in de bodem na oogst en in het najaar

De stikstofoverschotten fluctueerden gemiddeld genomen mee met de stikstofaanvoer. Bij hoge aanvoer was er een hoog overschot. De N-min voorraad in de bodem na oogst en in het najaar was gemiddeld genomen redelijk constant. Alleen in de periode 2005-2008 was de N-min na oogst wat lager. Dit werd waarschijnlijk veroorzaakt door een lagere stikstofaanvoer met mest (lagere gemiddelde gewasbehoefte) en anderzijds efficiënte gewassen met een lang groeiseizoen (luzerne en bos- en haagplantsoen). Er was geen trend zichtbaar in deze parameters over de tijd.

4.5.4 Stikstofuitspoeling en stikstofuitspoelfractie

De nitraatconcentratie in het bovenste grondwater lag gemiddeld genomen onder de nitraatnorm rond de 40 mg NO₃/l. Dit is opvallend gezien de gemiddeld veel hogere nitraatconcentraties in het grondwater zoals gevonden in het LMM onder gangbare akkerbouwbedrijven (Fraters et al. 2016) met een zelfde grondwaterstand. Daarbij moet wel worden opgemerkt dat de jaarlijkse aanvoer van organisch gebonden stikstof en de mineralisatie daarvan in het biologische systeem van Vredepeel (nog) niet in evenwicht is, en er verwacht mag worden dat de gronden van de populatie van LMM deelnemers gemiddeld meer in evenwicht zijn. Concreet betekent dit dat er in het biologische systeem in Vredepeel jaarlijks nog stikstof wordt vastgelegd, terwijl de kans groot is dat bij LMM bedrijven het systeem in evenwicht is, of er zelfs een kleine hoeveelheid stikstof vrij zou kunnen komen vanuit het systeem.

De gemiddelde nitraatconcentratie van het biologische systeem van Vredepeel lag in de periode 2011-2016 lager dan in de gangbare bedrijfssystemen (56-72 mg NO₃/l). Een vergelijking tussen deze systemen is echter niet direct mogelijk omdat de systemen van elkaar verschillen in bodemkundige en hydrologische eigenschappen, en in de mate waarin de jaarlijkse aanvoer en afbraak van organisch gebonden stikstof met elkaar in evenwicht zijn (de Haan et al., 2017). Mogelijk heeft de buisdrainage invloed gehad op de hoogte van de nitraatconcentraties. Echter de gemiddelde concentratie in het

slootwater van de sloot langs het biologisch systeem gemeten in de periode 2005-2008 lag op hetzelfde niveau als de concentraties in het grondwater, al kan dit gehalte wel beïnvloed zijn door water van andere percelen. Opvallend is dat de stikstofuitspoeling gemeten op een deel van de percelen in de periode 1993-1999 met ruim 75 mg NO₃/l ruim hoger was dan in de periode vanaf 2000. Het is niet duidelijk wat hiervan de oorzaak is. Het stikstofoverschot lag in die periode gemiddeld op het niveau van de periode 2000-2003 terwijl de N-min najaar vergelijkbaar was met de periode na 2000. De bemestingsstrategie in de periode 1993-1999 was ook vergelijkbaar met de periode 2000-2003 (Wijnands & Kroonen, 2002a). Mogelijk daalt de nitraatuitspoeling pas na enkele jaren maar de sprong is vrij abrupt rond 2001.

De uitspoelfractie was laag met een gemiddelde van 33%. Dit betekent dat slechts een klein deel van het overschot uitspoelt naar het grondwater. Het overschot is relatief hoog in het biologische systeem omdat de streefopbrengsten waarvoor bemest wordt niet gehaald worden en de afvoer daarmee relatief laag is. Toch spoelt deze stikstof blijkbaar niet uit.

Gecorrigeerd voor de nawerking van organische stikstof steeg de uitspoelfractie wel naar ca. 40% voor de laatste jaren vanaf 2005. De uitspoelfractie is veel lager dan volgens Fraters et al., (2012) die bij GT VII (GHG > 80 cm) een uitspoelfractie geeft van 75%. Ook lag de gemiddelde uitspoelfractie in de periode 2011-2016 lager dan in de gangbare bedrijfssystemen (ca. 65%) al kunnen die door locatieverschillen niet direct vergeleken worden (de Haan et al., 2017). De grondwaterstand in het biologisch systeem lag rond de 90 cm onder maaiveld (gemeten in de winterperiode van 2015-2016 en 2016-2017).

In de gecorrigeerde uitspoelfractie voor nawerking was een duidelijk dalende trend zichtbaar op basis van de metingen van nitraatconcentraties in februari. De uitspoelfractie daalt van 70% in de periode 2000-2003 naar gemiddeld 44% in de periode 2005-2008 naar gemiddeld 36% in de periode 2011-2016. Op basis van de gemiddelde over 4 metingen in de winter is het verschil tussen 2005-2008 en 2011-2016 overigens met 3% veel kleiner. Een oorzaak voor de daling van de uitspoelfractie is niet aan te wijzen.

De regressieanalyses van stikstofbodemoschot, N-min voorraad in de bodem en stikstofuitspoeling gaven geen eenduidig beeld. Zo was er een significant verband tussen het ongecorrigeerde stikstofbodemoschot en de nitraatvrucht naar het grondwater maar niet voor het gecorrigeerde stikstofbodemoschot en de nitraatvrucht. Ook waren er significante verbanden tussen de N-min najaar en de nitraatconcentratie en tussen de N-min na oogst en de nitraatvrucht maar niet tussen de N-min najaar en de nitraatvrucht. Dit maakt een goed begrip van de stikstofstromen in het biologisch systeem en de mogelijke ontwikkeling over de jaren lastig te begrijpen.

4.5.5 Lachgasemissies

De interpretatie van de lachgasmetingen is lastig door de grote variatie in de metingen. In het biologisch systeem zijn de resultaten redelijk consistent in tegenstelling tot dezelfde metingen in de gangbare systemen (Booij et al., 2018). Ze liggen ook relatief hoog vergeleken met de emissies in het gangbare systeem al is een directie vergelijking van de emissies niet mogelijk door verschillende omstandigheden.

De cumulatieve emissie over het seizoen per perceel moet met voorzichtigheid bekeken worden. Deze cumulatieve emissies zijn berekend met de aanname dat de emissie tussen twee meetdatums lineair verloopt terwijl bekend is dat de emissies van gassen in de tijd pieken vertonen, met name afhankelijk van de weers- en bodemomstandigheden. Hoewel direct na bodemversturende teeltactiviteiten gemeten is, is de vraag of de piek in emissie die dan verwacht wordt ook gemeten is, en verder is niet in beeld gebracht wat het tijdsverloop van deze piek is. Wanneer er een piekemissie plaatsvindt is nog niet goed genoeg bekend. Bovendien is het maar de vraag of deze pieken met de huidige meetmethode en frequentie van meten worden gemeten.



5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies

5.1.1 Algemeen

Het biologisch systeem op WUR proeflocatie Vredepeel presteerde redelijk met opbrengsten net onder het streven, met een goede bodemvruchtbaarheid en lage uitspoeling van stikstof die tot nitraatconcentraties leidt die zich onder de nitraatnorm bevinden. Ook is de stikstofuitspoelfractie laag. Wel waren de nutriëntenoverschotten van stikstof, fosfaat en kali hoog. Verbeteringen van prestaties in de tijd waren echter over het algemeen niet zichtbaar. Hierdoor kan ook niet kwantitatief worden onderbouwd dat door biologische landbouw de bodemkwaliteit verbetert en prestaties wat betreft opbrengst of minder risico op verliezen verbeteren naarmate de periode van biologisch beheer langer is. Visueel is wel zichtbaar dat de begingroei en bodemstructuur beter is in het biologisch systeem dan gangbaar.

Bovenstaande conclusies worden wel beïnvloed door de grote wijzigingen in het bouwplan in de afgelopen jaren. In de periode 2005-2008 was de vruchtwisseling minder intensief met een lagere bemesting dan in de andere periodes, maar ook de vruchtwisseling van de periode 2000-2003 wijkt sterk af van die van 2011-2016.

De compostplots die sinds 2011 op twee percelen liggen geven een lichte verhoging van de opbrengst. Dit kan zowel door organische stof als door extra aanvoer van nutriënten veroorzaakt worden.

5.1.2 Opbrengst en bodemkwaliteit

De behaalde opbrengsten in het biologische systeem weken wel sterk af van de gangbare praktijkopbrengsten op Vredepeel, vooral veroorzaakt door ziekten en plagen. In de mais is er weinig effect van ziekten en plagen en een vrijwel vergelijkbare opbrengst. Gezien de overschotten en de N-min na oogst worden geen grote nutriëntentekorten verwacht in de gewasgroei behalve mogelijk voor de erg stikstofbehoefte gewassen zoals broccoli.

Het organische stofgehalte had tot en met 2005 een onverklaarbare dalende trend die daarna omhoog in een stijgende trend passend bij de relatief hoge (effectieve) organische stofaanvoer in het biologische systeem maar groter dan voorspeld met modelberekeningen. De chemische bodemvruchtbaarheid was verder goed. Plantparasitaire aaltjes kunnen een invloed hebben gehad op met name de opbrengsten van aardappel en erwit vanaf 2012, al is lastig vast te stellen of er daadwerkelijk schade is opgetreden mede ook vanwege het optreden van bovengrondse ziekten en plagen. De overige bodemmetingen zijn over het algemeen slechts éénmaal gedaan waardoor niet duidelijk is of er een trend is. Duidelijke streefwaarden ontbreken bij veel van deze metingen.

5.1.3 Stikstofefficiëntie en stikstofverliezen

De nitraatconcentraties in het grondwater lagen gemiddeld onder de 50 mg NO₃/l en de stikstofuitspoelfractie is laag. De overige stikstofindicatoren lagen echter op een relatief hoog niveau, met name het stikstofoverschot. De N-min na oogst en najaar lagen rond de bovenkant van het streeftraject. Er waren geen significante trends in de tijd zichtbaar. Modelberekeningen lieten zien dat er nog geen evenwicht is tussen mineralisatie en aanvoer van organische stikstof.

5.2 Aanbevelingen

5.2.1 Algemeen

Biologische teelt van akkerbouw, voeder en tuinbouwgewassen op zandgrond in Zuidoost Nederland is goed mogelijk al blijven opbrengsten wel ruim achter bij gangbare opbrengsten. Inbouw van vlinderbloemigen in de vorm van grasklaver of luzerne is daarbij noodzakelijk om voldoende stikstofaanvoer te hebben zonder te hoge fosfaat- en kalioverschotten. Omdat ziekten en plagen daar de belangrijkste factor zijn in het niveau van de opbrengst is het van belang meer resistente rassen te krijgen voor met name aardappel, prei en conservenerwt. Voor aardappel zijn deze al beschikbaar.

5.2.2 Voortzetting van het onderzoek

Vaststellen van ontwikkelingen over tijd en/of verschillen tussen percelen in systemen wat betreft effecten van management op bodemkwaliteit, opbrengst en andere ecosysteemdiensten is lastig. Daarom zijn langjarige experimenten belangrijk. Het voornemen is ook om het onderzoek de komende jaren met een vrijwel ongewijzigde opzet voort te zetten. Belangrijke aandachtspunten bij de voortzetting worden hieronder besproken.

De lage stikstofuitspoeling en stikstofuitspoelfractie in het biologisch systeem vragen om nader onderzoek waardoor dit is ontstaan en hoe dit mogelijk ook vertaald kan worden naar andere systemen. Eerste vraag hierbij is of dit veroorzaakt wordt door specifieke lokale omstandigheden of dat dit door management beïnvloedbaar is.

Er moet gezorgd worden voor een correctie op de nutriëntenaanvoer in de compostplots. De aanvoer van NPK in de compostplots moet per perceel zoveel mogelijk gelijk getrokken worden met de NPK aanvoer buiten de compostplots. Dit betekent dat de mestgift in de compostplots teruggebracht moet worden om ook te voorkomen dat de nutriëntenoverschotten erg hoog zijn. Mogelijk kan er dan niet meer met drijfmest of vaste mest gewerkt worden op deze percelen omdat dan de mestgiften te laag zijn om nog goed toe te dienen en er over korte afstand sterk wisselende giften gegeven moeten worden. Dan zal gewerkt moeten worden met andere organische meststoffen die zijn toegelaten in de biologische landbouw en die makkelijker in wisselende en ook kleine doseringen zijn toe te passen zoals mestkorrels. Van belang bij de keuze van de meststoffen is wel dat de totale hoeveelheid werkzame stikstof vergelijkbaar is tussen de percelen zonder en met compost.

Van groenbemestermengsels is bekend dat ze tot hogere productie kunnen komen dan hun afzonderlijke soorten in monocultuur. Gekeken kan worden naar goede mengsels van groenbemesters die tot potentieel hogere productie komen en daarmee meer stikstof in het systeem kunnen houden. Hierbij zal wel goed gelet moeten worden op de waardplantstatus van de groenbemesters voor plantparasitaire aaltjes.

De opbrengstreductie ten opzichte van gangbare systemen lijkt vooral veroorzaakt te worden door ziekten en plagen. Meer inzetten van resistente rassen, bijvoorbeeld in aardappel ter voorkoming van *Phytophthora* aantasting, helpt in het verbeteren van de opbrengst. Belemmeringen zijn echter de beschikbaarheid van resistente rassen in het algemeen of specifiek voor de biologische landbouw (beschikbaarheid ontsmet zaaizaad).

Het is aan te bevelen om de bodembiochemische en bodemfysische metingen die in 2011 en 2012 zijn gedaan te herhalen om te kijken of en welke ontwikkeling de bodem in het biologisch systeem heeft doorgemaakt.

Om goede fosfaat- en kalibalansen vast te stellen is het gewenst om vaker de fosfaat- en kaligehaltes van gewassen te meten. In een aantal gevallen is onduidelijk of er een tekort is aan met name stikstof voor een optimale gewasgroei. Dit geldt met name voor stikstofbehoeftevolle gewassen als prei en broccoli. Getest kan worden met kleine plotjes of in pottenproeven of een verhoogde mestgift leidt tot hogere opbrengsten.

Een financiële doorrekening van het biologisch systeem ontbreekt. Het is van belang om aan te geven of biologische teelt op de zandgronden in Zuidoost Nederland ook financieel perspectief heeft. Hierbij moet ook naar andere aspecten gekeken worden die in dit rapport geen aandacht hebben gehad zoals de onkruidbestrijding.



Literatuur

- Akker, J.J.H. van den en W.J.M. de Groot. 2008. Een inventariserend onderzoek naar de ondergrondverdichting van zandgronden en lichte zavel. Wageningen : Alterra (Alterra-rapport 1450) - 77 p.
- Baddeley, J.A., Jones, S., Topp, C.F.E., Watson, C.A., Helming, J. & Stoddard, F.L. 2013. Biological nitrogen fixation (BNF) in Europe. Legume Futures Report 1.5. Available from www.legumesfutures.de
- Bos, Jules, Janjo de Haan & Wijnand Sukkel. 2007. Energieverbruik, broeikasgasemissies en koolstofopslag: de biologische en gangbare landbouw vergeleken. Plant Research International B.V. Wageningen UR, Wageningen, Rapport 140.
- Buck, A.J. de, F.J. de Ruijter, F. Wijnands, P.L.A. van Enckevort, W. van Dijk, A.A. Pronk, J. de Haan & R. Booij, 2000. Voorwaarts met de milieuprestaties van de Nederlandse open-teelt sectoren: een verkenning naar 2020. Wageningen Plant Research International Rapport 6.
- Elgersma, A. & J. Hassink (1997). Effects of white clover (*Trifolium repens* L.) on plant and soil nitrogen and soil organic matter in mixtures with perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). *J. Plant and Soil* 197: 177-186. doi: 10.1023/A:1004237527970.
- Fraters, B., T.C. van Leeuwen, A. Hooijboer, M.W. Hoogeveen, L.J.M. Boumans & J.W. Reijs. 2012. De uitspoeling van het stikstofoverschot naar grond- en oppervlaktewater op landbouwbedrijven: Herberekening van uitspoelfracties. Rapport 680716006. RIVM, Bilthoven, 33 pp.
- Fraters, B., A.E.J. Hooijboer, A. Vrijhoef, J. Claessens, M.C. Kotte, G.B.J. Rijs, A.I.M. Denneman, C. van Bruggen, C.H.G. Daatselaar, H.A.L. Begeman & J.N. Bosma. 2016. Landbouwpraktijk en waterkwaliteit in Nederland; toestand (2012-2014) en trend (1992-2014): Resultaten van de monitoring voor de Nitraatrichtlijn. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, rapport 2016-0076, Bilthoven.
- Geel, W.C.A. van, J.H.M. Visser, H.A.G. Verstegen & J.J. de Haan (2009). Vergelijking van luzerne en grasklaver, inclusief effect op aanwezige aaltjes en de volgteelt prei in het biologische bedrijfssysteem van Nutriënten Waterproof. PPO nr. 3253013300. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. Lelystad. 32 pp.
- Haan J.J. de & A. Garcia Diaz (eds). 2002. Manual on Prototyping Methodology and Multifunctional Crop Rotation. VEGINECO Report 2. Applied Plant Research. Lelystad.
- Haan, J.J. de, W.C.A. van Geel, H.A.G. Verstegen, V.J.C. Hendriks-Goossens. 2010. Nutriënten Waterproof. Nitraatnorm op zand verdraagt geen intensieve landbouw. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, 23 pp.
- Haan, J.J., M. Wesselink, W. van Dijk, H.A.G. Verstegen, W.C.A van Geel, W. van de Berg. 2017. Bodemkwaliteit op zand. Resultaten van het effect van organisch stofbeheer op bodemkwaliteit en ecosysteemdiensten in de gangbare bedrijfssystemen in de periode 2011-2016. Wageningen Research. Rapport WPR-754.
- Hack-ten Broeke, M.J.D., W.A. de Boer, J.M.J. Dekkers, W.J.M. de Groot & E.J. Jansen, 1993. Stikstofemissies naar het grondwater van geïntegreerde en gangbare bedrijfssystemen in de akkerbouw op de proefbedrijven Borgerswold en Vredepeel. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 287.1.
- Hartsema, O.H., Koot, P., Molendijk, L.P.G., van den Berg, W., Plentinger, M.C. & Hoek, J. (2005). Rotatie onderzoek *Paratrichodorus teres*. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, Wageningen UR, The Netherlands. Available online at <http://www.kennisakker.nl/kenniscentrum/document/rotatieonderzoek-paratrichodorusteres>
- Herridge, D.F., M.B. Peoples, & R.M. Boddey. 2008. Global inputs of biological nitrogen fixation in agricultural systems. *Plant Soil* Vol 311: 1. <https://doi.org/10.1007/s11104-008-9668-3>
- Hijbeek R. & M.K. van Ittersum & H.F.M. ten Berge & G. Gort & H. Spiegel & A.P. Whitmore. 2017. Do organic inputs matter – a meta-analysis of additional yield effects for arable crops in Europe. *Plant Soil* (2017) 411:293–303. DOI 10.1007/s11104-016-3031-x
- Hospers-Brands, Monique & Geert Jan van der Burgt. 2013. Verkenningen organische stof Proefbedrijf Vredepeel. Publicatienummer: 2013-023 LbP. Louis Bolk Instituut. Driebergen.

- Klein, J. & J. Rozemeijer. 2015. Meetnet Nutriënten Landbouw Specifiek Oppervlaktewater; Tussenrapportage: update toestand en trends tot en met 2014. Deltares rapport 1220098-007-BGS-0001.
- Koeijer, T.J., de, H.H. Luesink en H. Prins. 2017. Dieraantallen, mestproductie, mestmarkt en kosten mestafzet; Evaluatie Meststoffenwet 2016: deelrapport ex post. Wageningen, Wageningen Economic Research, Nota 2017-002. 30 blz.; 14 fig.; 9 tab.; 17 ref.
- Quist, Casper W., Maarten Schrama, Janjo J. de Haan, Geert Smant, Jaap Bakker, Wim H. van der Putten, Johannes Helder. 2016. Organic farming practices result in compositional shifts in nematode communities that exceed crop-related changes, *Applied Soil Ecology*, Volume 98, February 2016, Pages 254-260, ISSN 0929-1393.
- Schils R.L.M., T. Boxem, C.J. Jagtenberg and M.C. Verboon. 2000. The performance of a white clover-based dairy system in comparison with a grass/fertiliser-N system. II. Animal performance, economics and environment. *Neth. J. Agric. Sci.* 48: 305–318.
- Schils, R.L.M. 2002. White clover utilisation on dairy farms in the Netherlands. PhD Thesis Wageningen University. ISBN 90-5808-703-4.
- Schils, R.L.M., D.A. Oudendag, K.W. van der Hoek, J.A. de Boer, A.G. Evers & M.H. de Haan. 2006. Broeikasgasmodule BBPR. Praktijkrapport Rundvee 90, Alterra rapport 1268, RIVM rapport 680.125.006.
- Animal Sciences Group / Praktijkonderzoek, Wageningen UR, Lelystad, 50 pp.
- Schrama, Maarten, Janjo de Haan, Sabrina Carvalho, Marc Kroonen, Harry Verstegen, Wim H van der Putten. 2018. Yield gap and stability in organic and conventional farming systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. Volume 256. Pages 123–130.
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.12.023>
- Schröder, J.J., H.F.M. Aarts, M.J.C de Bode, W. van Dijk, J.C. van Middelkoop, M.H.A. de Haan, R.L.M. Schils, G.L. Velthof & W.J. Willems. 2004. Gebruiksnormen bij verschillende landbouwkundige en milieukundige uitgangspunten. Plant Research International B.V., Wageningen. Rapport 79, 32 pp. + bijlagen.
- Schröder, J.J., J.J. de Haan, J.R. van der Schoot. 2015. Meststofgebruiksruimte in relatie tot opbrengstniveaus, mestsoort en rijenbemesting. Verkenning van equivalente maatregelen met het WOG 2.0 rekenmodel. Wageningen. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving. PPO nr. 638.
- Smit, A.L., J.J. de Haan & K.B. Zwart. 2005. Kan de akkerbouw en groenteteelt op zandgrond voldoen aan de nitraatnorm? Resultaten Experimenteel Onderzoek op de Kernbedrijven Vredepeel en Meterik. Telen met toekomst publicatie nr. OV0502. Plant Research International. Wageningen.
- Smit, A. & K.B Zwart. 2003. Stikstofstromen op de kernbedrijven Meterik en Vredepeel; mineralisatie van bodem en gewasresten. Wageningen : Plant Research International (Telen met toekomst OVO304) - 25 p.
- Smit, A.L. 1994. Stikstofbenutting. In: A.J. Haverkort, K.B. Zwart, P.C. Struik & P.H.M. Dekker (Eds), Stikstofstromen in de Vollegrondsgroenteteelt. Themaboekje 18, PAGV, Lelystad, 9-22.
- Stallen, Joost. 2017. Meer organische stof in plaats van steeds minder stikstof en fosfaat, Gebruiksnormen zijn doodlopende weg. *Groente & Fruit* 14 april 2017 pag 31-33.
- Technische Commissie Bodem. 2016. Dynamiek van organische stof in Nederlandse landbouwbodems. Rapport van de werkgroep Koolstofstromen in opdracht van de Technische commissie bodem (TCB). TCB A110(2016). Den Haag. www.tcbodem.nl.
- Thoden, T.C., G.W. Korthals and A.J. Termorshuizen (2011) Organic amendments and their influences on plant-parasitic and free-living nematodes: a promising method for nematode management? *Nematology*, 2011, Vol. 13(2), 133-153
- Vereijken P. 1999. Manual for prototyping integrated and ecological arable farming systems (I/EAFS) in interaction with pilot farms. Stichting Cereales. Wageningen.
- Velthof, G.L., T. de Koeijer, J.J. Schröder, M. Timmerman, A. Hooijboer, J. Rozemeijer, C. van Bruggen & P. Groenendijk. 2017. Effecten van het mestbeleid op landbouw en milieu: Beantwoording van de ex-postvragen in het kader van de evaluatie van de Meststoffenwet. Wageningen Environmental Research rapport.
- Vervoort, A. 2016. The effect of tillage system on the quality of arable sandy soil. BSc thesis Biosystems Engineering. Leerstoelgroep FTE-Farm Technology. Wageningen University. 70 pp.
- Visser, J., J.R. van der Schoot, G. Korthals & J. de Haan. 2014. Bodemkwaliteit Op Zand: T nul meting bodem Vaststellen uitgangssituatie door waarnemingen aan fysische, biologische- en chemische bodemparameters. PPO-nr. 614. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, 54 pp.

-
- Vos, J.A. de, O.A. Clevering & F.P. Sival. 2006. Stikstof- en fosfaatverliezen naar grond- en oppervlaktewater bij vernatting van landbouwgronden. Syntheserapport. Alterra-rapport 1393.
- Vos, J.A. de, E.W.J. Hummelink & T.S. van Steenberg. 2001. Waterretentie en waterdoorlatendheidskarakteristieken van 'Telen met toekomst' proefvelden Meterik en Vredepeel. Wageningen. Plant Research International BV. Telen met toekomst Rapport OV 0204.
- Wijnands F.G. en B.M.A. Kroonen Backbier (redactie). 2002a. Biologische akkerbouw Zuidoost Nederland. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Lelystad. PPO- bedrijfssystemen 2002 no 2.
- Wijnands F.G. en B.M.A. Kroonen Backbier (redactie). 2002b. Geïntegreerde akkerbouw Zuidoost Nederland. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Lelystad. PPO- bedrijfssystemen 2002 no 10.
- Wijnands, F.G. en J. Holwerda. 2003. Op weg naar goede biologische praktijk. Resultaten en ervaringen uit BIOM. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Lelystad. PPO-rapport 317.

Websites

geodata.rivm.nl/gcn

www.geologievannederland.nl

- <http://www.geologievannederland.nl/landschap/landschappen/zandlandschap>

www.handboekbodemenbemesting.nl

- <http://www.handboekbodemenbemesting.nl/nl/handboekbodemenbemesting/Handeling/Organisch-stofbeheer/Organische-stof/Kengetallen-organische-stof.htm>

- <http://www.handboekbodemenbemesting.nl/nl/handboekbodemenbemesting/Handeling/Organisch-stofbeheer/Samenstelling-en-werking-organische-meststoffen/Samenstelling-organische-meststoffen.htm>

- <http://www.handboekbodemenbemesting.nl/nl/handboekbodemenbemesting/Handeling/Bemesting/Analyse-methoden-bemestingsadviezen-handboek.htm>

- <http://www.handboekbodemenbemesting.nl/nl/handboekbodemenbemesting/Handeling/Bemesting/Mineralengehalten-in-geoogst-product.htm>

- <http://www.handboekbodemenbemesting.nl/nl/handboekbodemenbemesting/Bodem/Volumegewicht-grond.htm>

- <http://www.handboekbodemenbemesting.nl/nl/handboekbodemenbemesting/Handeling/Bemesting/Stikstof/Nkorting-na-onderwerken-van-groenbemesters-en-oogstresten.htm>

www.kennisakker.nl

- <http://www.kennisakker.nl/kenniscentrum/document/organische-nieuwe-meststoffen-gewenste-samenstelling-en-werking>

www.rvo.nl

- <http://www.rvo.nl/onderwerpen/agrarisch-ondernemen/mest-en-grond/mest/tabellen-en-publicaties/tabellen-en-normen>

statline.cbs.nl

Bijlage 1 Historie en ligging van de bedrijfssystemen

Periodes in het bedrijfssystemenonderzoek Vredepeel

De bedrijfssystemen van het project Bodemkwaliteit op zand (BKZ) liggen op de percelen van de voorgaande projecten van het bedrijfssystemenonderzoek. De volgende periodes kunnen worden onderscheiden in het bedrijfssystemenonderzoek op Vredepeel:

- *1988-1992 Startfase bedrijfssystemenonderzoek* 8 jarige vruchtwisseling verschillend per systeem
 - o S1 Gangbaar
 - o S2 Gangbaar/geïntegreerd
 - o S3 Gangbaar/geïntegreerd
 - o S4 Geïntegreerd
- *1993-1999 2^e fase bedrijfssystemenonderzoek* met name gericht op voldoen aan doelstellingen Meerjarenplan Gewasbescherming. 4 systemen die geward lagen over de huidige systemen in BKZ:
 - o MJPG: min of meer gangbaar systeem met 8 jarige vruchtwisseling
 - o GI-in: intensief geïntegreerd systeem met 8 jarige vruchtwisseling
 - o GI-ex: extensief geïntegreerd systeem met 6 jarige vruchtwisseling
 - o ECO: biologisch systeem met 6 jarige vruchtwisseling
- *2001-2003 Telen met toekomst.* Biologisch systeem op huidige plaats met 6-jarige vruchtwisseling. Daarnaast waren er 3 gangbare akkerbouwsystemen op de percelen 16-19 en 26-29.
2005-2008 Nutriënten Waterproof. 5 systemen waarvan 1 biologische op de huidige plaats met 12-jarige vruchtwisseling. Overige systemen binnen Nutriënten Waterproof:
 - o GI-HOOG gangbaar akkerbouwsysteem met normale organische mest aanvoer op .1 perceelsdelen van percelen 16-18 en 26-28.
 - o GI-LAAG gangbaar akkerbouwsysteem zonder toepassing van dierlijke mest op .2 perceelsdelen van percelen 16-18 en 26-28.
 - o GI-vollegroondsgroenten op perceel 29 (buiten huidig bedrijfssystemenonderzoek)
 - o GI-boomteelt op perceel 19 (buiten huidig bedrijfssystemenonderzoek)
- *2011-2016 Bodemkwaliteit op zand.* 3 systemen met elk een 6 jarige vruchtwisseling.
 - o BIO biologisch systeem op de percelen 32-34
 - o STANDAARD op de .1 perceelsdelen van percelen 16-18 en 26-28 met toepassing van dierlijke mest
 - o LAAG op de .2 perceelsdelen van percelen 16-18 en 26-28 zonder toepassing van dierlijke mest

Elk perceel binnen de systemen is onderverdeeld in

- o Ploegdeel met hoofdgrondbewerking ploegen
- o NKG deel met alternatieve niet kerende grondbewerking

De grondbewerkingsvarianten zijn geward over elk perceel.

De jaren 2000, 2004, 2009 en 2010 waren tussenjaren waarin de strategieën uit de voorgaande jaren zoveel mogelijk zijn voortgezet maar over het algemeen met een beperkt meetprogramma. In 2000 is de start van het biologisch systeem op de huidige locatie gemaakt.

In dit rapport wordt alleen gerapporteerd over de ploegdelen van de percelen van de biologische systemen (zie Figuur 3). Dit betekent dat alleen de resultaten van het a- of het b-deel van het betreffende perceel in dit rapport aanbod komt. In Tabel 30 is een overzicht opgenomen welk systeem in elke periode op elk perceel aanwezig was. In Tabel 31 is een overzicht opgenomen van het deelonderzoek dat binnen het biologisch systeem is uitgevoerd sinds 2005.

Tabel 30 *Historie van het biologische bedrijfssysteem: per perceel wordt het systeem weergegeven uit de voorgaande projectperiodes.*

Perceels- nummer	BKZ Grond- bewerking	NWP 2005-2008	TMT 2001-2003	BSO 1993-1999	BSO 1988-1992
32.1a	NKG	BIO	BIO	ECO	GI-extensief
32.1b	Ploeg	BIO	BIO	ECO	GI-extensief
32.2a	Ploeg	BIO	BIO	GI-ex	GI-extensief
32.2b	NKG	BIO	BIO	GI-ex	GI-extensief
33.1a	Ploeg	BIO	BIO	GI-in	GI-intensief
33.1b	NKG	BIO	BIO	GI-in	GI-intensief
33.2a	NKG	BIO	BIO	GI-in	GI-intensief
33.2b	Ploeg	BIO	BIO	GI-in	GI-intensief
34.1a	Ploeg	BIO	BIO	ECO	GI-extensief
34.1b	NKG	BIO	BIO	ECO	GI-extensief
34.2a	NKG	BIO	BIO	ECO	GI-extensief
34.2b	Ploeg	BIO	BIO	ECO	GI-extensief

Tabel 31 *Deelonderzoek in de biologische percelen van Bodemkwaliteit op zand vanaf 2005*

Jaar	Perceel	Gewas	Deelonderzoek
2006-2007	32.2b	Bos en haagplantsoen	Groenbemesterproef
2008	33.1b	Prei	Tripsbeheersingsproef met bloemenranden en compost
2009	33.2b	Prei	Tripsbeheersingsproef met bloemenranden en compost
2010	32.2b	Prei	Tripsbeheersingsproef met bloemenranden en compost
2015	32.1a	Aardappel	Groenbemesterproef
2016	32.1a	Conservenerwt	Groenbemesterproef

Bijlage 2 Uitleg Excelfile “Data rapportage Bodemkwaliteit op zand 2000-2016 Biologisch.xls”

Bij de rapportage hoort een Excelfile “Data rapportage Bodemkwaliteit op zand 2000-2016 Biologisch.xls” met alle data uit het experiment die gebruikt zijn in de analyses in dit rapport. Waar relevant staat bovenaan de paragrafen in hoofdstuk 2 en 3 een verwijzing naar de tabbladen van het rekenbestand.

Het belangrijkste tabblad is “OVERZICHT”. In dit tabblad zijn ook gemiddeldes weergegeven op diverse niveaus:

- per systeem over de gehele periode 2010-2016 en per periode 2000-2003, 2005-2008 en 2011-2016 in rij 10-13
- per jaar in rij 16-32
- per perceel in rij 35-40
- per gewas over de gehele periode 2000-2016 in rij 43-54
- per gewas per periode (2000-2003, 2005-2008 en 2011-2016) in rij 57-77
- per perceel per jaar in de rij 80-181

De laatste cijfers komen ook terug in de tabbladen GEWAS, BODEM, NEMATODEN, MEST, NAWERKING, NO3 GRONDWATER en NEERSLAGOVERSCHOT. Dit is het laagste niveau van de analyse.

In het tabblad OVERZICHT COMPOST staat een overzicht van de gegevens gemeten in de compostplots vanaf 2013-2016. Hier is alleen een gemiddelde over de beschikbare jaren met wel en geen compost gegeven en een gemiddelde per perceel per jaar weergegeven. De gegevens beperken zich tot EOS-aanvoer, opbrengst, stikstofaanvoer, werkzame stikstofaanvoer en fosfaat- en kaliaanvoer.

In de overige tabbladen staan de verdere detailgegevens en berekeningen. Hier zijn alleen de cijfers per systeem per gewas per jaar weergegeven en geen andere gemiddelden:

- *GEWAS* met de marktbaar opbrengsten en kwaliteit, de versopbrengsten, droge stof-, stikstof-, fosfaat- en kaligehaltes van zowel hoofdproduct, bijproduct en gewasresten als groenbemesters, de berekening van droge stofproductie, EOS-productie en stikstof-, fosfaat- en kaliafvoeren en de berekening van de stikstofbinding (zie vooral paragrafen 2.2.2 en 3.2).
- *BODEM* met alle N-min metingen (zowel N-min voorjaar (0-30 cm), N-min na oogst (0-60 cm) als N-min najaar (0-90 cm)) en een aantal chemische bodemvruchtbaarheidskenmerken dat jaarlijks is gemeten (zie vooral paragrafen 2.2.3, 2.2.5, 3.3 en 3.5).
- *NEMATODEN* met alle gegevens van de plantparasitaire aaltjes die jaarlijks per perceel zijn gemeten (zie paragraaf 2.2.3.3 en 3.3.3).
- *MEST* met de gegevens en berekening van de aanvoer van stikstof, fosfaat, kali en EOS met meststoffen (organische meststoffen en kunstmest), depositie en zaaizaad, en de berekening van de ammoniakemissie. Ook de werkzame stikstofaanvoer wordt in dit tabblad berekend en de gegevens voor de berekening van de langjarige nawerking van mest worden gegeven (zie vooral de paragrafen 2.2.4 en 3.4).
- *NAWERKING* met de uitkomsten van berekeningen van langjarige stikstofmineralisatie uit mest, gewasresten en groenbemesters met MINIP (zie paragrafen 2.2.4.5 en 3.4.5).
- *NO3 GRONDWATER* met de gemeten nitraatconcentraties in het grondwater (mg N/l) per peilbuis per meetmoment en aggregatie naar metingen per perceel per jaar zowel voor het gemiddelde over de 4 meetmomenten als voor alleen de meting in februari (zie paragrafen 2.2.6 en 3.6).
- *NEERSLAGOVERSCHOT* met de berekening van het neerslagoverschot en de correctie van het neerslagoverschot voor LAAG voor de verschillen in productie met STANDAARD (zie paragrafen 2.2.7 en 3.7).
- *GRONDWATERSTAND* met de metingen van de grondwaterstand in winterseizoen 2015-2016 en de berekening van de correctie van de uitspoeling op basis van de verschillen in grondwaterstand.

-
- OS 1988-2016 met de gemeten organisch stofgehalte per perceel over de periode 1988-2016 (zie paragrafen 2.2.3.1 en 3.3.1).

De koprijen zijn in alle tabbladen vrijwel gelijk:

- Rij 3 geeft het hoofdonderwerp weer
- Rij 4 geeft een verwijzing naar de specifieke paragraaf waar de kolom wordt behandeld (alleen tabblad OVERZICHT en OVERZICHT COMPOST)
- Rij 5 geeft de titel van de kolom weer
- Rij 6 geeft weer wat de berekening is of vanuit welk tabblad de gegevens in deze kolom afkomstig zijn.
- Rij 7 geeft de eenheid van de kolom weer

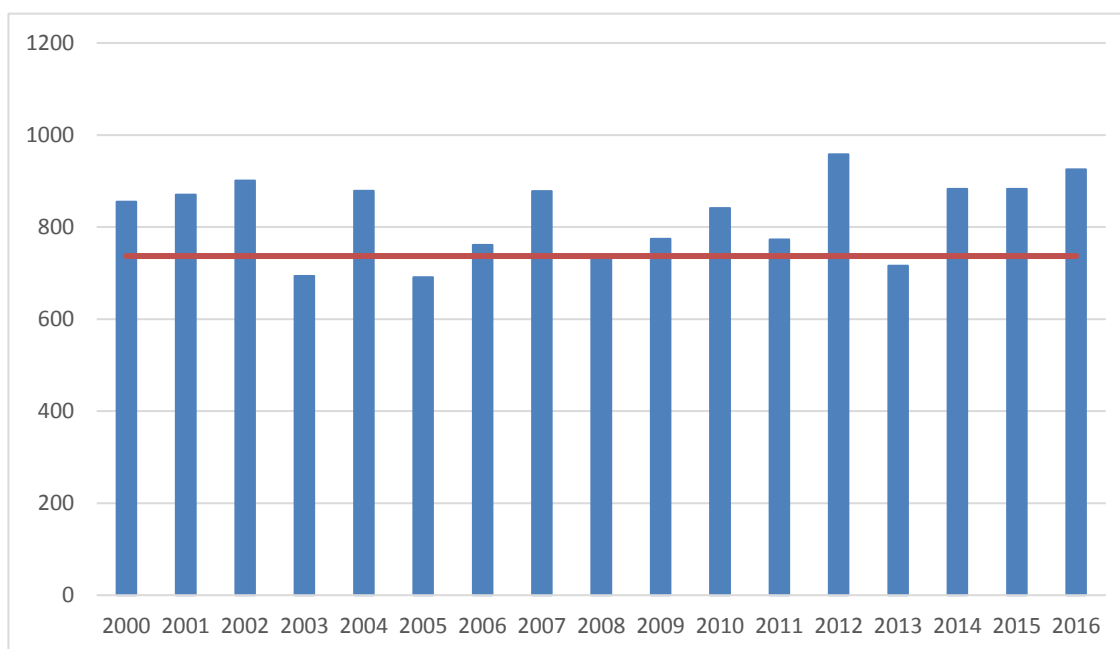
De groene kolommen in de overige tabbladen zijn overgenomen in de twee "OVERZICHT" tabbladen. De materiaal en methode van de registraties, metingen en berekeningen in de Excelsheet wordt uitgelegd in paragraaf 2.2 (materiaal en methoden), de resultaten worden besproken in hoofdstuk 3.

Bijlage 3 Neerslag en temperatuur Vredepeel 2000-2016

De jaarlijkse neerslaggegevens zijn gemeten op het eigen meetstation op de proeflocatie WUR-Vredepeel (Tabel 32). De langjarige gemiddelden van de neerslag (Figuur 22), en de temperatuurgegevens (Tabel 33, Tabel 34 en Tabel 35) zijn gemeten op KNMI station Volkel, hemelsbreed ongeveer 20 kilometer van de proeflocatie WUR-Vredepeel.

Tabel 32 *Maandelijkse neerslag voor de locatie Vredepeel over de jaren 2000-2016 in mm.*

Neerslag	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Langjarig gem.
jan	50	63	75	89	92	62	22	106	68	44	37	84	110	47	44	124	137	63
feb	106	70	128	15	73	87	78	97	51	59	67	61	17	70	40	51	126	52
mrt	66	90	34	43	51	48	73	50	88	64	64	22	19	30	18	77	61	61
apr	57	78	53	53	63	60	36	0	39	27	20	15	75	28	26	23	55	42
mei	95	20	60	89	48	50	110	122	86	24	73	14	104	49	122	46	86	60
jun	66	38	60	69	74	64	19	83	38	72	9	62	105	46	66	36	185	63
jul	83	68	94	52	98	94	18	134	98	101	74	100	158	32	172	66	56	69
aug	65	71	87	47	96	66	157	66	76	34	159	135	45	22	141	151	52	63
sep	60	175	39	30	83	34	8	52	58	21	85	36	68	122	21	91	21	65
okt	91	52	65	83	39	34	84	45	61	103	70	86	68	92	79	45	41	65
nov	60	75	92	43	96	59	82	68	49	138	145	13	40	85	37	119	82	66
dec	57	72	115	81	65	33	76	56	26	87	41	146	143	88	110	49	24	68
totaal	855	871	901	694	878	691	761	878	738	775	841	773	958	716	883	883	925	737
gem.	71	73	75	58	73	58	63	73	62	65	70	64	79	59	73	73	77	62



Figuur 22 *Jaarlijkse neerslag voor de locatie Vredepeel in mm (blauwe staven) met het langjarig gemiddelde van de vliegbasis Volkel (rode lijn).*

Tabel 33 Gemiddelde minimum temperatuur per maand KNMI station Volkel periode 2000-2016

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Lang jarig gem.
Jan	1,3	0,3	2,0	-0,7	1,2	2,5	-2,0	4,3	3,5	-3,3	-2,9	0,5	1,8	-0,2	3,1	1,7	1,6	-0,2
Feb	2,6	1,9	3,9	-1,7	1,3	-0,7	0,6	3,5	1,5	1,0	-0,5	1,5	-3,0	-0,4	3,9	0,1	2,5	-0,3
Mrt	3,3	2,9	3,0	2,7	1,5	3,3	0,8	3,6	3,0	2,3	2,5	1,8	3,5	-0,6	3,7	2,2	1,9	2,0
Apr	5,9	5,0	4,6	4,7	5,9	5,8	4,3	6,0	4,6	6,9	3,7	6,6	5,0	4,4	7,5	3,7	4,5	3,9
Mei	10,7	9,4	9,3	9,7	7,5	7,9	10,1	10,2	10,2	9,0	6,5	9,3	10,3	8,4	9,6	8,8	10,4	7,7
Jun	11,9	10,3	12,1	13,3	11,4	11,8	11,9	14,1	11,9	11,2	11,1	11,7	11,2	11,9	11,6	11,9	14,6	10,4
Jul	12,1	14,0	13,1	14,0	12,9	13,9	16,1	12,7	13,7	13,7	14,6	12,0	13,1	15,4	16,2	14,5	14,7	12,5
Aug	12,5	13,5	14,0	13,6	14,8	12,1	12,4	12,6	13,8	13,0	11,9	12,4	13,4	13,7	11,8	14,4	13,4	12,0
Sep	12,1	10,1	9,9	9,0	10,9	10,4	13,0	9,3	9,1	10,0	9,2	10,7	9,2	10,1	11,9	9,6	12,1	9,6
Okt	7,8	10,3	5,8	3,3	7,7	9,4	10,0	6,0	6,0	6,1	5,8	7,3	6,8	9,8	10,6	6,4	6,8	6,4
Nov	5,0	3,1	5,9	4,9	2,7	3,0	5,8	3,7	4,3	6,6	3,2	3,5	3,9	3,7	5,5	7,3	2,8	3,2
Dec	2,5	-0,2	0,9	0,6	0,1	1,3	3,7	1,2	-0,6	-0,3	-4,7	4,0	2,6	3,2	2,7	7,3	2,0	0,6
Gem	7,3	6,7	7,1	6,1	6,5	6,7	7,2	7,3	6,8	6,3	5,0	6,8	6,5	6,6	8,2	7,3	7,3	5,6

Tabel 34 Gemiddelde maximum temperatuur per maand KNMI station Volkel periode 2000-2016

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Lang jarig gem.
Jan	7,5	5,3	6,5	5,0	5,5	6,9	4,0	8,8	8,1	3,5	1,7	5,7	6,8	4,5	8,8	6,4	6,6	5,5
Feb	9,0	7,8	10,0	6,8	7,5	4,6	4,5	9,2	9,4	6,3	4,4	6,7	4,0	4,0	10,4	6,6	8,6	6,4
Mrt	10,2	8,8	11,5	13,7	10,2	10,5	7,8	12,3	8,6	10,2	10,3	11,8	13,3	6,8	15,4	11,0	10,1	10,3
Apr	15,7	12,2	14,6	16,1	16,2	16,0	13,1	21,3	14,0	19,2	16,2	19,9	13,1	14,5	18,8	16,1	14,7	14,4
Mei	20,5	20,6	18,4	18,5	18,0	18,6	19,5	19,3	22,2	19,7	15,5	20,5	20,0	17,3	18,8	19,2	21,2	18,6
Jun	22,3	20,5	22,4	25,1	20,5	23,2	22,7	22,6	22,4	21,2	23,4	21,6	19,7	22,1	22,6	22,6	23,1	21,1
Jul	19,9	24,4	23,2	24,8	21,9	23,3	29,7	21,4	23,2	24,1	26,5	20,5	22,3	26,5	26,2	25,1	25,1	23,4
Aug	23,1	24,6	24,3	26,2	24,3	21,3	20,6	21,9	22,6	25,1	21,4	22,6	24,6	25,2	21,3	25,3	24,2	23,1
Sep	20,0	16,7	19,9	21,4	20,3	22,1	23,8	18,1	18,9	20,5	17,8	20,9	19,1	20,1	22,3	19,1	25,0	19,4
Okt	14,2	18,0	13,5	11,5	15,3	18,4	17,1	14,2	14,1	14,3	14,2	15,7	15,3	17,1	17,9	14,7	14,7	14,7
Nov	9,9	9,2	10,6	10,9	8,9	9,0	11,8	9,1	9,1	12,1	8,3	11,6	10,3	9,2	12,1	13,4	9,4	9,5
Dec	6,5	5,2	6,0	6,6	4,8	5,1	8,8	6,0	4,6	4,9	0,4	7,9	7,6	8,7	7,0	12,4	8,4	5,9
Gem	14,9	14,4	15,1	15,6	14,4	14,9	15,3	15,3	14,8	15,1	13,3	15,4	14,7	14,7	16,8	16,0	15,9	14,4

Tabel 35 Gemiddelde etmaal temperatuur per maand KNMI station Volkel periode 2000-2016

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Lang jarig gem.
Jan	5,0	2,8	4,3	2,2	3,3	4,7	1,0	6,5	5,8	0,1	-0,6	3,1	4,3	2,2	6,0	4,0	4,1	2,8
Feb	7,0	4,7	6,7	2,5	4,4	1,9	2,5	6,1	5,5	3,6	1,9	3,9	0,5	1,8	7,2	3,4	5,5	3,1
Mrt	8,4	5,9	7,3	8,2	5,9	6,9	4,3	7,9	5,8	6,2	6,4	6,8	8,4	3,1	9,5	6,6	6,0	6,1
Apr	13,8	8,6	9,6	10,4	11,1	10,9	8,7	13,7	9,3	13,0	10,0	13,3	9,0	9,4	13,1	9,9	9,6	9,3
Mei	21,0	15,0	13,8	14,1	12,7	13,3	14,8	14,8	16,2	14,3	11,0	14,9	15,2	12,8	14,2	14,0	15,8	13,4
Jun	23,0	15,4	17,3	19,2	15,9	17,5	17,3	18,4	17,1	16,2	17,3	16,7	15,4	17,0	17,1	17,3	18,8	16,0
Jul	22,0	19,2	18,1	19,4	17,4	18,6	22,9	17,0	18,5	18,9	20,6	16,3	17,7	20,9	21,2	19,8	19,9	18,1
Aug	24,1	19,1	19,1	19,9	19,5	16,7	16,5	17,2	18,2	19,1	16,6	17,5	19,0	19,5	16,5	19,9	18,8	17,6
Sep	22,1	13,4	14,9	15,2	15,6	16,3	18,4	13,7	14,0	15,2	13,5	15,8	14,2	15,1	17,1	14,4	18,6	14,4
Okt	15,0	14,1	9,7	7,4	11,5	13,9	13,5	10,1	10,0	10,2	10,0	11,5	11,0	13,4	14,3	10,5	10,8	10,6
Nov	10,0	6,2	8,2	7,9	5,8	6,0	8,8	6,4	6,7	9,3	5,8	7,5	7,1	6,5	8,8	10,3	6,1	6,4
Dec	5,8	2,5	3,5	3,6	2,5	3,2	6,3	3,6	2,0	2,3	-2,2	5,9	5,1	6,0	4,8	9,8	5,2	3,4
Gem	14,8	10,6	11,0	10,8	10,5	10,8	11,2	11,3	10,8	10,7	9,2	11,1	10,6	10,6	12,5	11,7	11,6	10,1

Bijlage 4 Zaai, poot, plant en oogstdata 2000-2016

Schuingedrukt = aanname. Aannames zijn onder andere gebaseerd op gegevens uit andere jaren/gewassen.

	Perceel	Zaai/plant datum	Opkomst	Oogst	Groenbemester zaai	Groenbemester inwerk
2000						
Waspeen	32.1	30-mei-00	7-jun-00	20-okt-00	-	-
Suikerbiet	32.2	18-apr-00	-	27-sep-00	-	-
Snijmais	33.1	28-apr-00	10-mei-00	21-sep-00	16-jun-00	21-dec-00
Triticale	33.2	25-okt-99	2-nov-99	21-jul-00	12-sep-00	21-dec-00
Erwt/boon	34.1	21-mrt-00 27-jun-00	11-apr-00	16-jun-00 5-sep-00	17-okt-00	21-dec-00
Aardappel	34.2	20-apr-00	12-mei-00	27-jul-00	12-sep-00	21-dec-00
2001						
Erwt boon	32.1	4-apr-01 5-jul-01	1-mei-01	27-jun-01 14-sep-01	-	-
Korrelmais	32.2	2-mei-01	15-mei-01	20-okt-01	-	-
Waspeen	33.1	7-jun-01	14-jun-01	10-nov-01	-	-
Aardappel	33.2	5-apr-01	5-mei-01	28-aug-01	-	-
Suikerbiet	34.1	18-apr-01	-	24-sep-01	-	-
Zomergerst	34.2	6-mrt-01	27-mrt-01	25-jul-01	-	-
2002						
Suikerbiet	32.1	15-apr-02	-	17-sep-02	25-sep-02	21-dec-02
Aardappel	32.2	3-apr-02	3-mei-02	2-aug-02	9-sep-02	21-dec-02
Erwt/boon	33.1	16-mrt-02 2-jul-02	16-apr-02	25-jun-02 31-aug-02	9-sep-02	21-dec-02
Zomergerst	33.2	27-mrt-02	11-apr-02	27-jul-02	9-sep-02	6-nov-02
Korrelmais	34.1	23-apr-02	7-mei-02	31-okt-02	-	-
Waspeen	34.2	30-mei-02	6-jun-02	18-dec-02	-	-
2003						
Korrelmais	32.1	30-apr-03	10-mei-03	16-okt-03	-	-
Zomergerst	32.2	21-mrt-03	5-apr-03	15-jul-03	26-aug-03	21-dec-03
Suikerbiet	33.1	23-apr-03	-	16-sep-03	30-sep-03	21-dec-03
Waspeen	33.2	27-mei-03	3-jun-03	11-dec-03	-	-
Aardappel	34.1	4-apr-03	4-mei-03	30-jun-03	26-aug-03	21-dec-03
Erwt/boon	34.2	18-mrt-03 30-jun-03	5-apr-03	19-jun-03 8-sep-03	30-sep-03	21-dec-03
2004						
Aardappel	32.1	13-apr-04	10-mei-04	19-jul-04	-	-
Korrelmais	32.2	19-mei-04	1-jun-04	20-okt-04	-	-
Korrelmais	33.1	19-mei-04	1-jun-04	20-okt-04	-	-
Zomergerst	33.2	14-apr-04	22-apr-04	29-jul-04	-	-
Zomergerst	34.1	14-apr-04	22-apr-04	29-jul-04	-	-
Suikerbiet	34.2	14-apr-04	-	20-sep-04	-	-

	Perceel	Zaai/plant datum	Opkomst	Oogst	Groenbemester zaai	Groenbemester inwerk
2005						
Broccoli	32.1	29-jun-05	-	19-sep-05	24-sep-05	21-dec-05
Suikerbiet	32.2	5-apr-05	-	15-sep-05	-	-
Zomergerst	33.1	23-mrt-05	4-apr-05	19-jul-05	17-aug-05	21-dec-05
Boshaag jr1	33.2	15-apr-05	-	7-feb-07	-	-
Luzerne	34.1	21-apr-05	2-mei-05	2-jun-06	-	-
Aardappel	34.2	23-mrt-05	2-mei-05	2-aug-05	9-aug-05	21-dec-05
2006						
Zomergerst	32.1	24-mrt-06	4-apr-06	21-jul-06	21-sep-06	21-dec-06
Astilbe	32.2	22-apr-06	3-mei-06	15-sep-06	-	-
Aardappel	33.1	6-apr-06	11-mei-06	8-aug-06	28-aug-06	21-dec-06
Boshaag jr2	33.2	15-apr-05	-	7-feb-07	-	-
Prei	34.1	7-jul-06	-	27-nov-06	-	-
Luzerne	34.2	15-aug-05	-	16-okt-06	-	-
2007						
Boshaag jr1	32.1	23-apr-07	-	26-nov-08	-	-
Zomergerst	32.2	2-apr-07	20-apr-07	16-jul-07	1-aug-07	21-dec-07
Luzerne	33.1	18-aug-06	-	27-mei-08	-	-
Aardappel	33.2	28-mrt-07	1-mei-07	4-jul-07	-	-
Broccoli	34.1	6-jul-07	-	13-nov-07	-	-
Prei	34.2	28-jun-07	-	11-dec-07	-	-
2008						
Boshaag jr2	32.1	23-apr-07	-	26-nov-08	-	-
Aardappel	32.2	11-apr-08	5-mei-08	8-aug-08	-	-
Prei	33.1	12-jun-08	-	10-dec-08	-	-
Luzerne	33.2	15-aug-07	-	31-okt-08	-	-
Broccoli	34.1	6-mei-08	-	7-aug-08	11-aug-08	14-mrt-09
Korrelmais	34.2	22-apr-08	5-mei-08	10-okt-08	24-okt-08	14-mrt-09
2009						
Aardappel	32.1	2-apr-09	29-apr-09	1-aug-09	-	-
Luzerne	32.2	11-aug-08	-	15-okt-09	-	-
Korrelmais	33.1	25-apr-09	8-mei-09	10-okt-09	-	-
Prei	33.2	15-jun-09	-	10-dec-09	-	-
Zomergerst	34.1	19-mrt-09	4-apr-09	1-aug-09	15-aug-10	14-mrt-10
Broccoli	34.2	10-apr-09	-	7-aug-09	15-aug-10	14-mrt-10
2010						
Luzerne	32.1	18-aug-09	-	15-okt-10	-	-
Prei	32.2	24-jun-10	-	1-nov-10	-	-
Prei	33.1	14-mei-10	-	14-sep-10	-	-
Snijmais	33.2	8-mei-10	28-mei-10	14-okt-10	-	-
Aardappel	34.1	2-apr-10	1-mei-10	1-sep-10	-	-
Zomergerst	34.2	25-mrt-10	8-apr-10	10-aug-10	1-sep-10	10-mrt-11

	Perceel	Zaai/plant datum	Opkomst	Oogst	Groenbemester zaai	Groenbemester inwerk
2011						
	Prei	32.1	22-jun-11	-	24-okt-11	-
	Zomergerst	32.2	22-mrt-11	1-apr-11	1-aug-11	1-sep-11
	Snijmais	33.1	2-mei-11	15-mei-11	30-sep-11	10-okt-11
	Peen	33.2	25-mei-11	3-jun-11	29-nov-11	-
	Conservenerwt	34.1	9-apr-11	21-apr-11	28-jun-11	14-jul-11
	Aardappel	34.2	30-mrt-11	27-apr-11	12-jul-11	1-sep-11
2012						
	Zomergerst	32.1	15-mrt-12	29-mrt-12	24-jul-12	15-aug-12
	Peen	32.2	23-mei-12	1-jun-12	19-nov-12	-
	Aardappel	33.1	23-mrt-12	5-mei-12	26-jul-12	10-aug-12
	Snijmais	33.2	7-mei-12	17-mei-12	29-sep-12	9-okt-12
	Prei	34.1	27-jun-12	-	1-nov-12	-
	Conservenerwt	34.2	16-mrt-12	4-apr-12	22-jun-12	29-jun-12
2013						
	Peen	32.1	23-mei-13	1-jun-13	1-nov-13	-
	Snijmais	32.2	8-mei-13	29-mei-13	16-okt-13	22-okt-13
	Conservenerwt	33.1	1-apr-13	24-apr-13	28-jun-13	31-jul-13
	Aardappel	33.2	10-apr-13	12-mei-13	28-aug-13	4-sep-13
	Zomergerst	34.1	4-apr-13	20-apr-13	2-aug-15	4-sep-13
	Prei	34.2	28-jun-13	-	27-nov-13	-
2014						
	Snijmais	32.1	2-mei-14	18-mei-14	2-okt-14	13-okt-14
	Aardappel	32.2	28-mrt-14	26-apr-14	11-aug-14	25-aug-14
	Prei	33.1	26-jun-14	-	14-nov-14	-
	Conservenerwt	33.2	21-mrt-14	5-apr-14	20-jun-14	18-jul-14
	Peen	34.1	21-mei-14	1-jun-14	9-okt-14	20-okt-14
	Zomergerst	34.2	17-mrt-14	20-apr-14	26-jul-14	25-aug-14
2015						
	Aardappel	32.1	11-apr-15	8-mei-15	25-aug-15	28-aug-15
	Conservenerwt	32.2	16-apr-15	29-apr-15	9-jul-15	30-jul-15
	Zomergerst	33.1	24-mrt-15	10-apr-15	1-aug-15	28-aug-15
	Prei	33.2	25-jun-15	-	16-nov-15	-
	Snijmais	34.1	5-mei-15	16-mei-15	12-okt-15	15-okt-15
	Peen	34.2	29-mei-15	8-jun-15	16-nov-15	-
2016						
	Conservenerwt	32.1	22-mrt-16	8-apr-16	13-jun-16	15-jul-16
	Prei	32.2	8-jul-16	-	1-nov-16	-
	Peen	33.1	26-mei-15	19-jun-16	24-nov-16	-
	Zomergerst	33.2	21-mrt-16	5-apr-16	25-jul-16	24-aug-16
	Aardappel	34.1	8-apr-16	6-mei-16	5-aug-16	24-aug-16
	Snijmais	34.2	4-mei-16	11-mei-16	20-sep-16	1-okt-16

Bijlage 5 Forfaitaire getallen voor berekening EOS-aanvoer

Tabel 36 Forfaitaire getallen voor berekening EOS-aanvoer voor gewasresten, groenbemesters en mest (o.s. = organische stof, h.c. = humificatiecoëfficiënt)

Gewas	o.s loof %	h.c. loof %	stoppel & oogstresten kg o.s./ha	h.c. stoppel & oogstresten %	wortel & stoppelresten kg o.s./ha	h.c. wortel & stoppelresten %
aardappel	90%	20%	300	20%	500	35%
conservenerwt	91%	20%	-	-	400	35%
prei	90%	20%	-	-	300	35%
zomergerst	94%	30%	-	-	1000	35%
Peen/waspeen	90%	28%	-	-	500	35%
Suikerbiet	90%	20%	300	20%	500	35%
Snijmais	-	-	300	30%	1500	35%
Korrelmais	90%	32%	300	30%	1500	35%
Luzerne	-	-	1500	20%	2000	35%
Broccoli	83%	28%	-	-	500	35%
Astilbe	88%	25%	-	-	1000	35%
triticale	94%	31%	3200	30%	1000	35%
Boshaag	-	-	500	25%	300 (in jaar 2)	35%
Stamslaboon	90%	20%	-	-	500	35%

Groenbemester	o.s %	h.c. loof %	wortel & stoppelresten % van bovengronds	h.c. wortel & stoppelresten %
Bladrammenas	82%	20%	26%	35%
Engels raaigras	90%	20%	91%	30%
Grasklaver	90%	20%	79%	35%
Klaver	90%	20%	31%	35%
Japanse haver	90%	20%	31%	35%
Tagetes	90%	20%	15%	35%
Triticale	90%	20%	31%	35%
Zomergerst erwit	90%	20%	25%	35%

Mest	o.s. mest kg/ton	h.c. mest %
Rundveedrijfmest	64	70%
Varkendrijfmest	43	33%
Vaste rundveemest	150	70%
Vinassekali	41	10%
Mineralenconcentraat	13	33%
(Groen)compost	179	90%

Bronnen

- Handboek bodem en bemesting, <http://www.handboekbodemenbemesting.nl>
- Databank samenstelling organische meststoffen
<http://www.kennisakker.nl/kenniscentrum/document/organische-nieuwe-meststoffen-gewenste-samenstelling-en-werking>

Bijlage 6 Stikstofbalans bodem

Onderstaande tabel is overgenomen uit Schröder et al. (2004). De tabel geeft een overzicht van de aan- en afvoerposten van minerale stikstof in de bodem.

Tabel 2. N-bodemoverschot (kg N per ha per jaar) in jaar n (start = begin groeiseizoen van hoofdgewas in jaar n, einde = begin groeiseizoen van hoofdgewas in jaar n+1) zoals gebruikt in de WOG met een willekeurig getallenvoorbeeld.

			Compleet (bruto)	Gecorrigeerd voor kruisposten (netto)	
Aanvoer	N _{min} voorjaar, jr n		40		
	Depositie, jr n		45	45	
	N-fixatie, jr n	Vlinderbloemigen w.o. klaver	20	20	
	Mineralisatie 'bodent' ¹ , jr n		100	100	
	Nalevering vanuit inputs gegeven in eerdere jaren (< n)	mest uit stal ²		25	
			weide mest ²	18	
			gewasrest, groenbemester ³	50	
			overige organische meststoffen w.o. compost, dekstro, etc.	9	
			Organische mest, jr n	Mest uit stal	100
		Mest in weide	70	70	
		overige organische meststoffen w.o. compost, dekstro, etc.	10	10	
	Kunstmest, jr n		150	150	
	TOTAAL		637	495	
Afvoer	Gewas (daadwerkelijke afvoer), jr n	'Opbrengst x gehalte'	247	247	
	N _{min} voorjaar, jr n+1		40		
	Vastgelegd/vastgehouden in jr n ten behoeve van latere jaren (> n)	Mest uit stal ²		25	
			Weide mest ²	18	
			Gewasrest, groenbemester ³	50	
			Overige organische meststoffen w.o. compost, dekstro, etc.	9	
	Ammoniak tijdens beweiden en uitrijden, jr n		12	12	
	Aanvoer – Afvoer	N-BODEMOVERSCHOT, jr n	Uitspoeling, denitrificatie	236	236

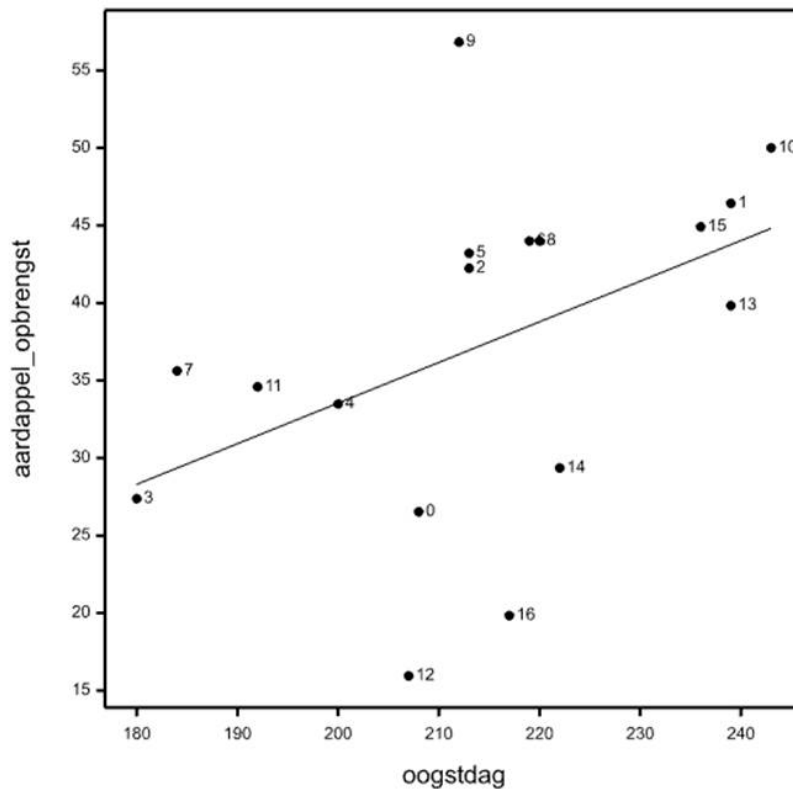
¹ *Aditionele N-mineralisatie ingeval van veengronden.*

² *Nawerking van mest in jaar n die in jaren n-1 en eerder gegeven is en (in evenwichtssituatie en bedrijfsverband) aan de overschotkant van de balans in humus vastligt.*

³ *Bijvoorbeeld levering uit oude gescheurde weide met daar tegenover (in evenwichtssituatie en in bedrijfsverband) aan de overschotkant van de balans vastlegging in nieuwe weide.*

Bijlage 7 Aardappelopbrengst

Het moment van aardappeloogst wordt voor een groot deel bepaald door het moment van optreden van een *Phytophthora* aantasting. Wanneer er eerder in het seizoen *Phytophthora* optreedt, wordt er eerder geoogst, en is er een lagere opbrengst. Op de aardappelopbrengstgegevens is een regressie analyse uitgevoerd met de oogstdag als covariabele (zie ook paragraaf 2.2.7.3). Figuur 23 geeft de relatie tussen de opbrengst en de oogstdag (=dagnummer in het jaar) weer, voor de jaren 2000 tot en met 2016. Volgens de helling van de regressielijn stijgt de opbrengst per dag 262 kg/ha. De bijbehorende overschrijdingskans was 0,072.



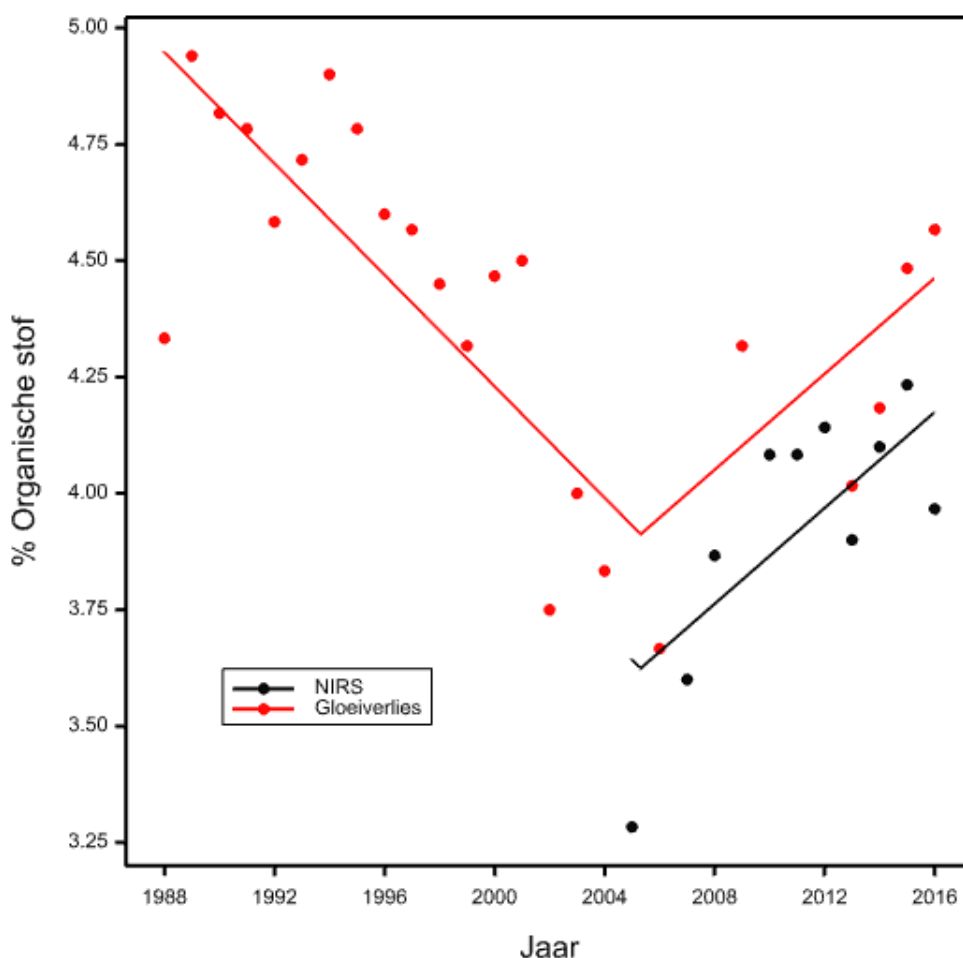
Figuur 23 Aardappelopbrengst (ton/ha) uitgezet tegen de oogstdag. Getallen geven het jaartal aan, 0=2000, 1=2001 etc.

Bijlage 8 Resultaten trendanalyse organische stof 1988-2016

Aan verloop van het organisch stof percentage in de tijd zijn 2 rechte lijnen gefit met slopes gelijk aan respectievelijk β_1 en β_2 (Figuur 24). Bij de bepaling van het organische stofpercentage met NIRS (NIRS) gaat lijn 1 over in lijn 2 in $x = \theta$ en $y = \mu_{NIRS}$ (Tabel 37). Het niveau is bij de organische stofbepaling met gloeiverlies (GV) δ hoger dan bij NIRS: $\mu_{GV} = \mu_{NIRS} + \delta$. De schattingen voor β_1 , β_2 en θ zijn gelijk voor NIRS en GV. De schattingen van de regressiecoëfficiënten β_1 , β_2 en δ zijn significant verschillend van 0 (Tabel 37). Dat wil zeggen aanvankelijk daalt het OS%, daarna stijgt het en het niveau is voor GV δ hoger dan voor NIRS.

$$\%OS = \mu_i + \beta_1 * (\theta - t) * (t < \theta) + \beta_2 * (t - \theta) * (t > \theta) + \delta + \epsilon \quad (1)$$

Covariante t in (1) is 0...29 voor jaar is 1988...2016; ϵ is een error term $\sim N(0, \sigma^2)$.



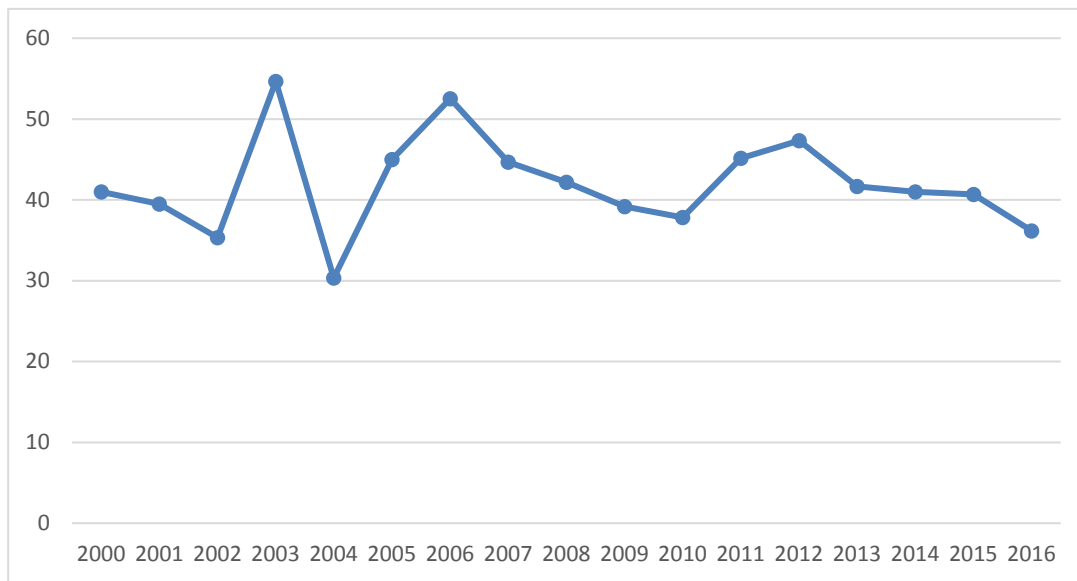
Figuur 24 Verloop Organisch stof gehalte bij 2 meetmethoden NIRS en gloeiverlies.

Tabel 37 Parameter schattingen uit vergelijking 1.

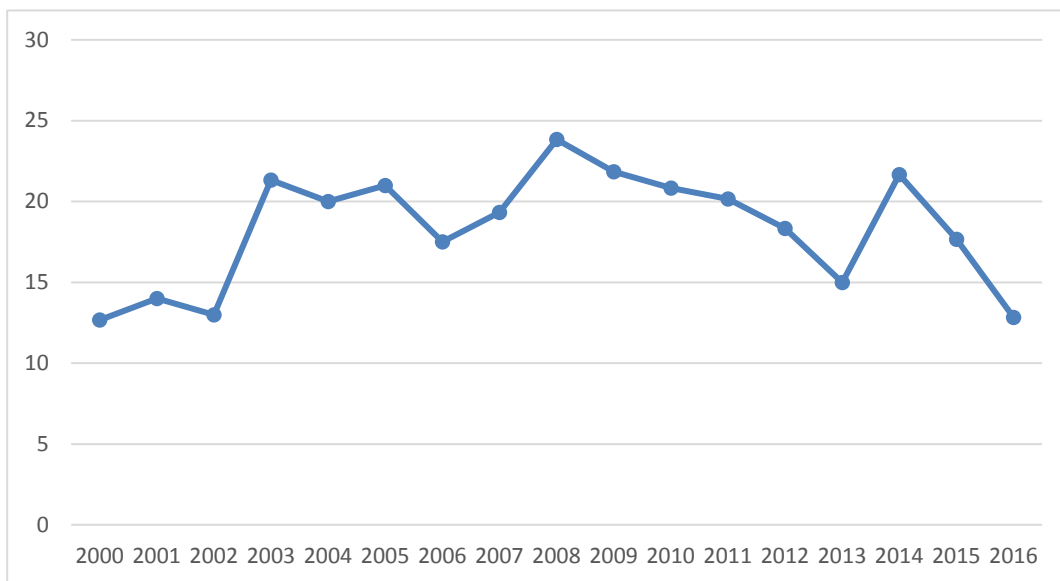
Parameter	estimate	s.e.
θ	17.310	1.650
μ_{NIRS}	3.624	0.109
β_1	-0.060	0.011
β_2	0.052	0.019
δ	0.288	0.111

Bijlage 9 Trends in bodemkenmerken

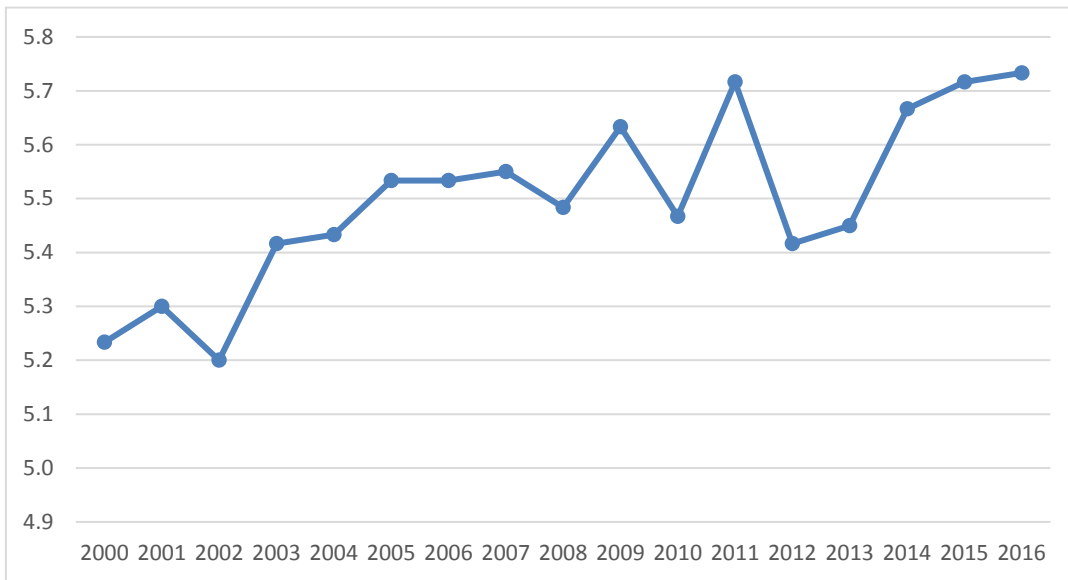
Onderstaande grafieken (Figuur 25, Figuur 26 en Figuur 27) geven de trends in Pw, K-getal en pH gemeten over de gehele periode weer.



Figuur 25 Pw (mg P₂O₅/l) trend over de periode 2000-2016.



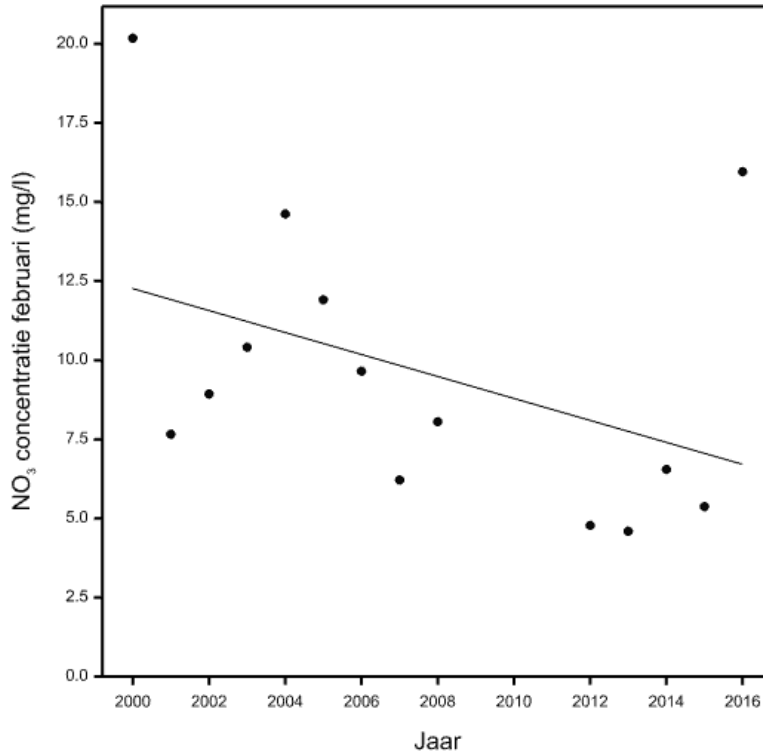
Figuur 26 K-getal trend over de periode 2000-2016.



Figuur 27 pH trend over de periode 2000-2016.

Bijlage 10 Resultaten trendanalyse nitraatconcentraties in het grondwater

Metingen februari



Response variate: NO3_conc_feb
Fitted terms: Constant, jaar

Summary of analysis

Source	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F	pr.
Regression	1	47.2	47.18	2.46	0.143	
Residual	12	229.8	19.15			
Total	13	277.0	21.31			

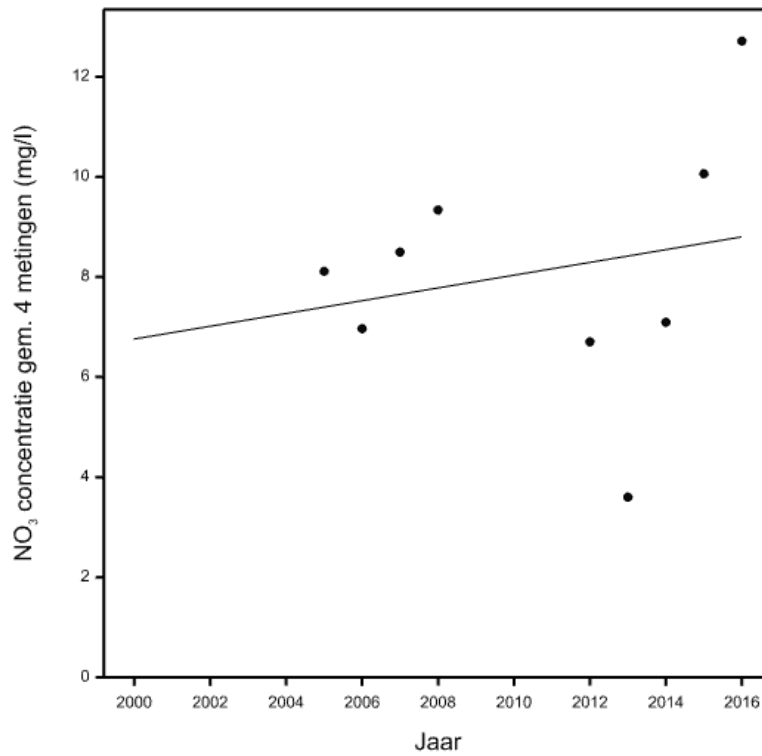
Percentage variance accounted for 10.1
Standard error of observations is estimated to be 4.38.

* MESSAGE: the following units have large standardized residuals.

Unit	Response	Residual
1	20.18	2.04
17	15.96	2.45

Parameter	estimate	s.e.	t(12)	t	pr.
Constant	707.444	1.59	0.138		
jaar	-0.347	0.221	-1.57	0.143	

Gemiddelde 4 metingen in winterseizoen



Regression analysis

=====

Response variate: N_NO3_conc_gem_4_metingen
Fitted terms: Constant, jaar

Summary of analysis

Source	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F	pr.
Regression	1	2.28	2.277	0.33	0.586	
Residual	7	48.98	6.997			
Total	8	51.25	6.407			

Residual variance exceeds variance of response variate.
Standard error of observations is estimated to be 2.65.

Parameter estimate	s.e.	t(7)	t	pr.
Constant	-248.449	-0.55	0.598	
jaar	0.128	0.224	0.57	0.586

Bijlage 11 Resultaten regressieanalyse stikstofbodemoverschot, N-min voorraden bodem en nitraatuitspoeling

Statistiek behorend bij Figuur 15:

Response variate: NO3_vracht_feb
Fitted terms: Constant, N_bodem_overschot

Summary of analysis

```
-----  
Source d.f. s.s. m.s. v.r. F pr.  
Regression 1 1354. 1353.7 4.33 0.059  
Residual 12 3748. 312.4  
Total 13 5102. 392.5
```

Percentage variance accounted for 20.4
Standard error of observations is estimated to be 17.7.

* MESSAGE: the following units have large standardized residuals.
Unit Response Residual
1 81.5 2.09

* MESSAGE: the following units have high leverage.
Unit Response Leverage
1 81.5 0.34
7 34.9 0.41

Parameter estimate s.e. t(12) t pr.
Constant 9.6 11.9 0.81 0.435
N_bodem_overschot 0.228 0.110 2.08 0.059

Statistiek behorend bij Figuur 16:

Response variate: NO3_vracht_feb
Fitted terms: Constant, N_overschot_gecorr_NW

Summary of analysis

```
-----  
Source d.f. s.s. m.s. v.r. F pr.  
Regression 1 59. 58.7 0.14 0.715  
Residual 12 5043. 420.3  
Total 13 5102. 392.5
```

Residual variance exceeds variance of response variate.
Standard error of observations is estimated to be 20.5.

* MESSAGE: the following units have large standardized residuals.
Unit Response Residual
1 81.5 2.67

* MESSAGE: the following units have high leverage.
Unit Response Leverage
9 14.2 0.35

Parameter estimate s.e. t(12) t pr.
Constant 26.9 15.9 1.69 0.116
N_overschot_gecorr_NW 0.088 0.236 0.37 0.715

Statistiek behorend bij Figuur 17:

Response variate: NO3_concentratie_februari
Fitted terms: Constant, N_min_najaar_0_90_cm

Summary of analysis

Source d.f. s.s. m.s. v.r. F pr.
Regression 1 89.1 89.12 5.69 0.034
Residual 12 187.9 15.66
Total 13 277.0 21.31

Percentage variance accounted for 26.5
Standard error of observations is estimated to be 3.96.

* MESSAGE: the following units have large standardized residuals.
Unit Response Residual
1 20.18 2.06

* MESSAGE: the following units have high leverage.
Unit Response Leverage
14 4.59 0.42

Parameter estimate s.e. t(12) t pr.
Constant -3.01 5.41 -0.56 0.587
N_min_najaar_0_90_cm 0.301 0.126 2.39 0.034

Statistiek behorend bij Figuur 18:

Response variate: NO3_vracht_gem
Fitted terms: Constant, N_min_na_oogst

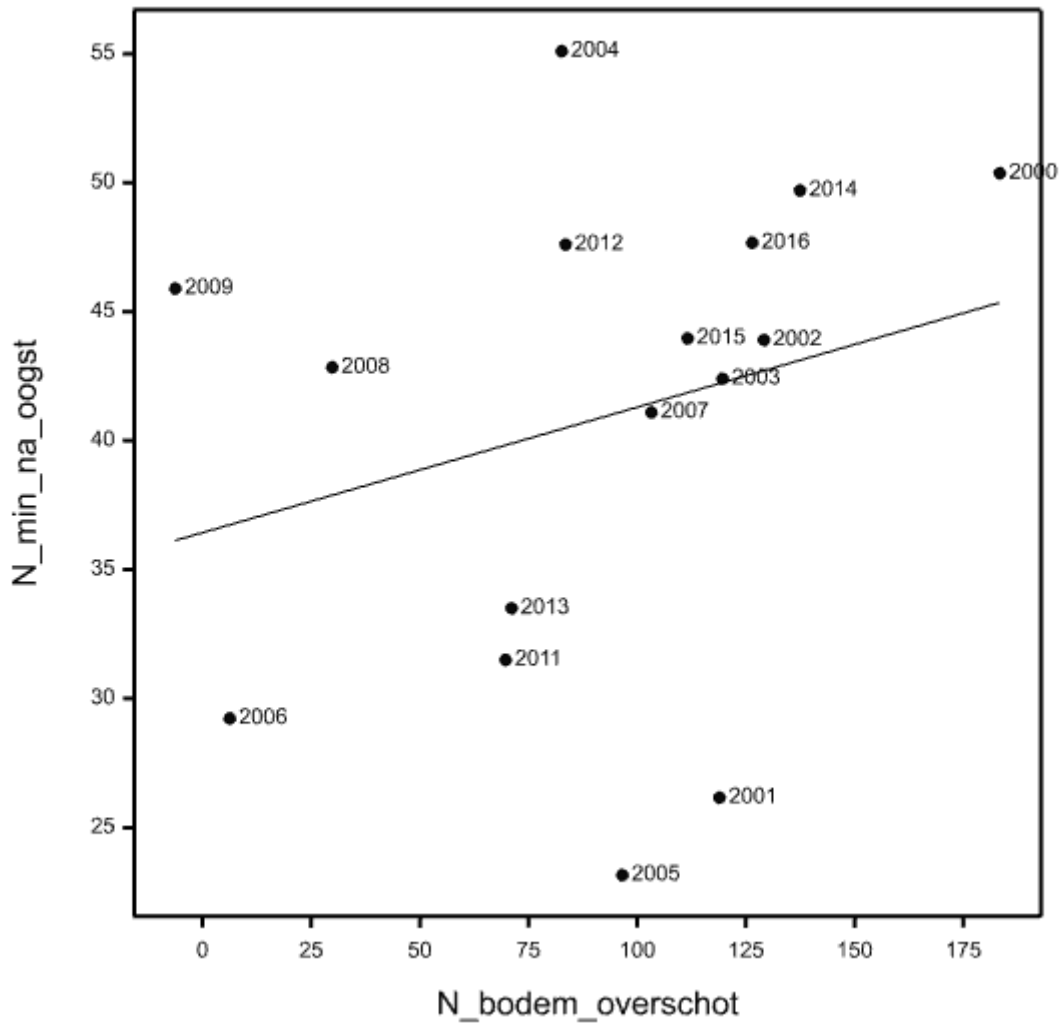
Summary of analysis

Source d.f. s.s. m.s. v.r. F pr.
Regression 1 733.3 733.3 6.07 0.043
Residual 7 845.7 120.8
Total 8 1579.0 197.4

Percentage variance accounted for 38.8
Standard error of observations is estimated to be 11.0.

* MESSAGE: the following units have high leverage.
Unit Response Leverage
6 7.3 0.52

Parameter estimate s.e. t(7) t pr.
Constant -15.0 17.2 -0.87 0.412
N_min_na_oogst 1.041 0.422 2.46 0.043



Response variate: N_min_na_oogst
 Fitted terms: Constant, N_bodem_overschot

Summary of analysis

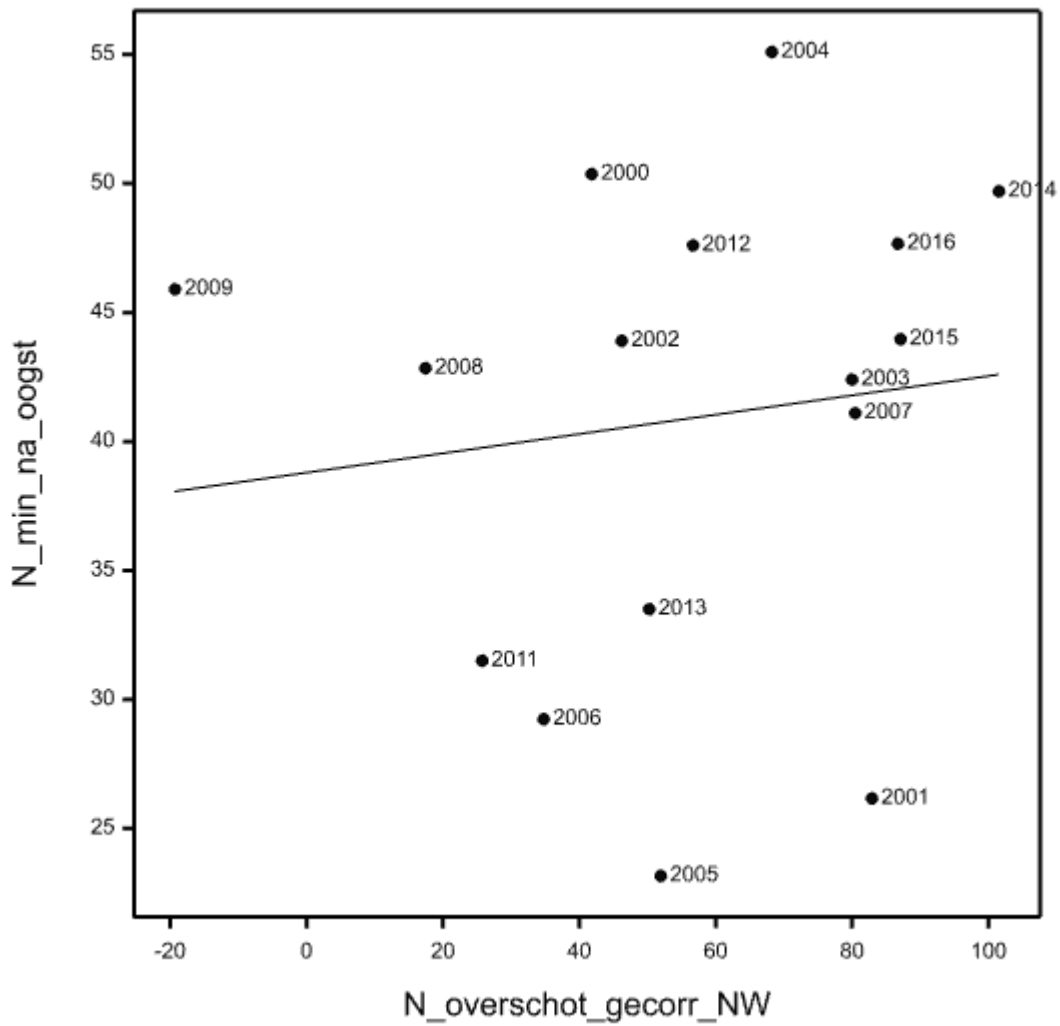
```
-----
Source d.f. s.s. m.s. v.r. F pr.
Regression 1 87. 87.44 0.99 0.336
Residual 14 1233. 88.04
Total 15 1320. 88.00
```

Residual variance exceeds variance of response variate.
 Standard error of observations is estimated to be 9.38.

* MESSAGE: the following units have high leverage.

Unit	Response	Leverage
1	50.37	0.29
7	29.23	0.26
10	45.90	0.32

```
Parameter estimate s.e. t(14) t pr.
Constant 36.43 5.04 7.23 <.001
N_bodem_overschot 0.0486 0.0488 1.00 0.336
```



Response variate: N_min_na_oogst
 Fitted terms: Constant, N_overschot_gecorr_NW

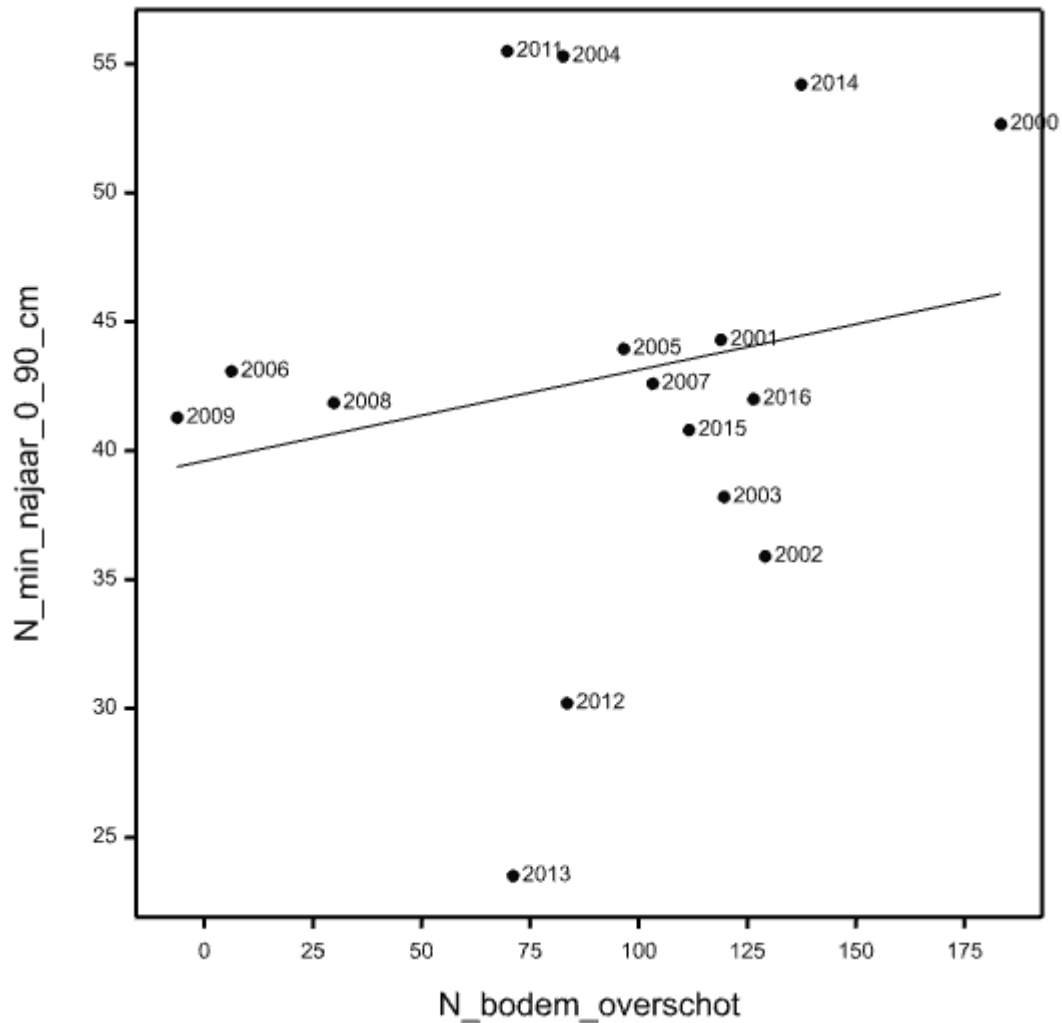
Summary of analysis

Source	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F	pr.
Regression	1	21.	20.90	0.23	0.642	
Residual	14	1299.	92.79			
Total	15	1320.	88.00			

Residual variance exceeds variance of response variate.
 Standard error of observations is estimated to be 9.63.

* MESSAGE: the following units have high leverage.
 Unit Response Leverage
 10 45.90 0.44

Parameter	estimate	s.e.	t(14)	t	pr.
Constant	38.79	5.02	7.73	<.001	
N_overschot_gecorr_NW	0.0375	0.0789	0.47	0.642	



Response variate: N_min_najaar_0_90_cm
 Fitted terms: Constant, N_bodem_overschot

Summary of analysis

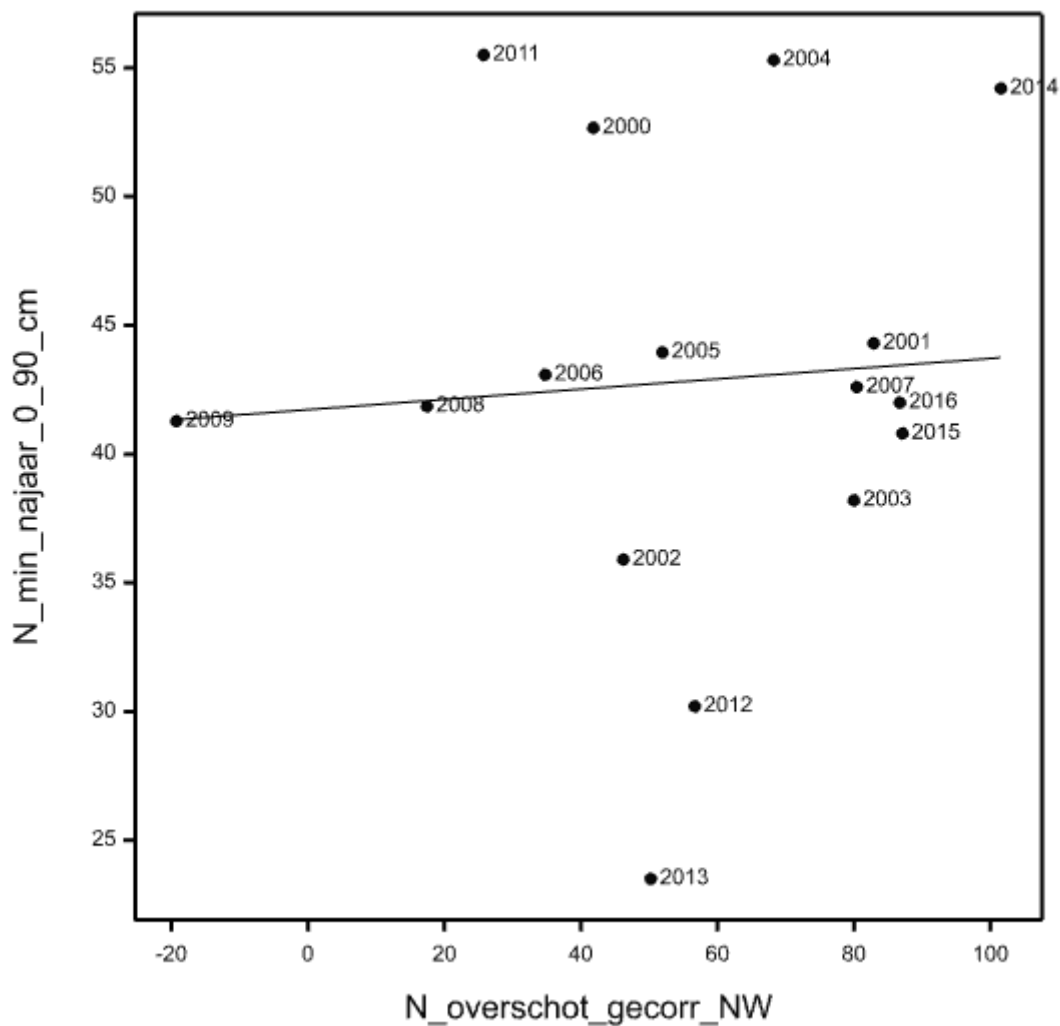
```
-----
Source d.f. s.s. m.s. v.r. F pr.
Regression 1 46. 46.29 0.58 0.457
Residual 14 1110. 79.29
Total 15 1156. 77.09
```

Residual variance exceeds variance of response variate.
 Standard error of observations is estimated to be 8.90.

* MESSAGE: the following units have large standardized residuals.
 Unit Response Residual
 14 23.50 -2.17

* MESSAGE: the following units have high leverage.
 Unit Response Leverage
 1 52.67 0.29
 7 43.08 0.26
 10 41.28 0.32

```
Parameter estimate s.e. t(14) t pr.
Constant 39.60 4.79 8.27 <.001
N_bodem_overschot 0.0354 0.0463 0.76 0.457
```



Response variate: N_min_najaar_0_90_cm
 Fitted terms: Constant, N_overschot_gecorr_NW

Summary of analysis

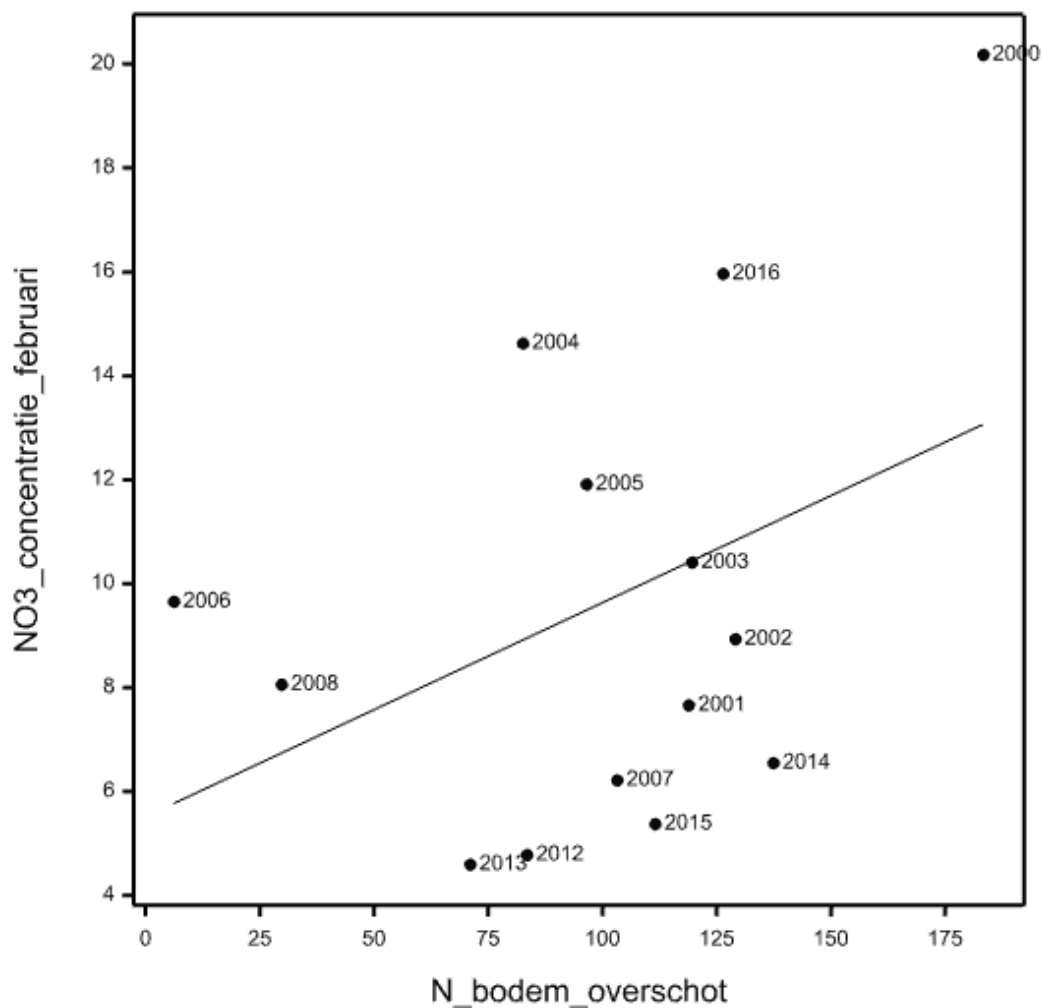
```
-----
Source d.f. s.s. m.s. v.r. F pr.
Regression 1 6. 5.91 0.07 0.793
Residual 14 1150. 82.18
Total 15 1156. 77.09
```

Residual variance exceeds variance of response variate.
 Standard error of observations is estimated to be 9.07.

* MESSAGE: the following units have large standardized residuals.
 Unit Response Residual
 14 23.50 -2.19

* MESSAGE: the following units have high leverage.
 Unit Response Leverage
 10 41.28 0.44

```
Parameter estimate s.e. t(14) t pr.
Constant 41.72 4.72 8.83 <.001
N_overschot_gecorr_NW 0.0199 0.0743 0.27 0.793
```

Response variate: NO3_concentratie_februari
 Fitted terms: Constant, N_bodem_overschot

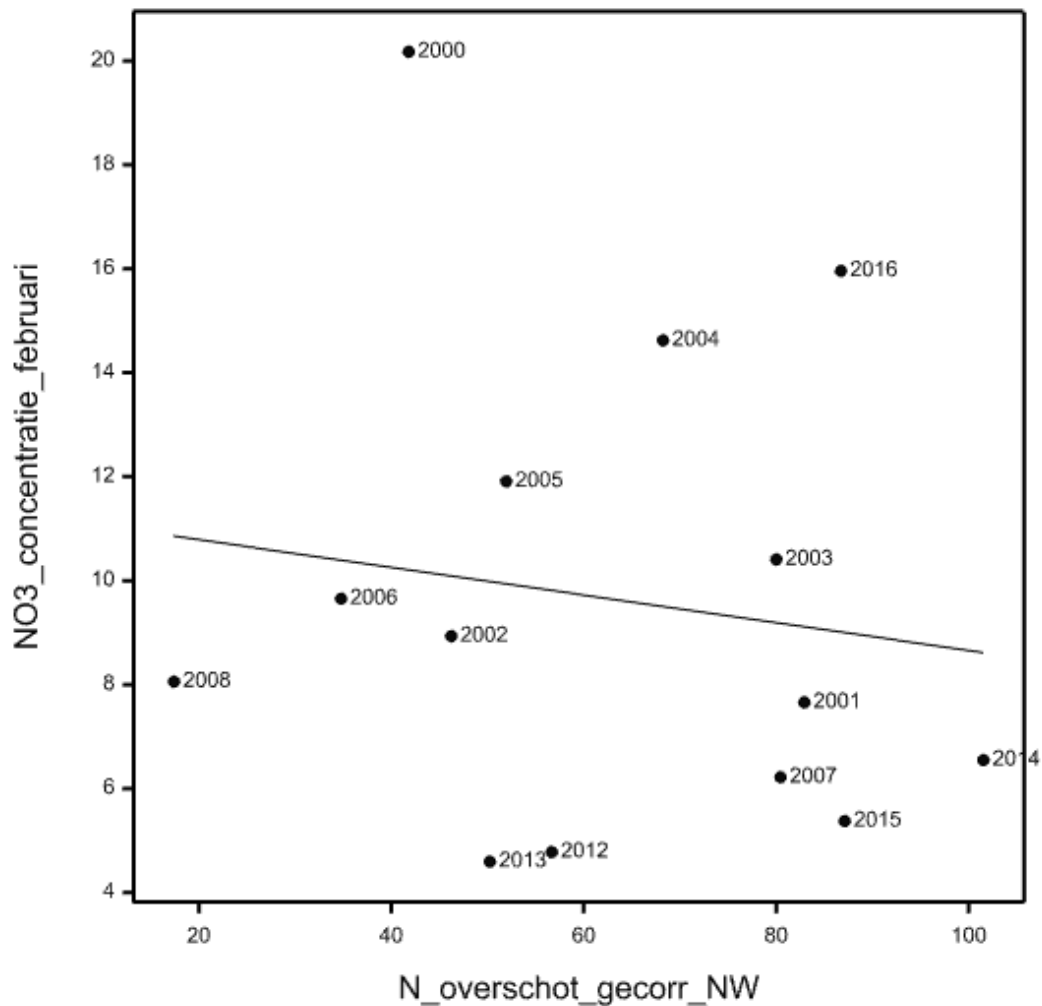
Summary of analysis

Source	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F	pr.
Regression	1	44.0	43.99	2.27	0.158	
Residual	12	233.0	19.42			
Total	13	277.0	21.31			

Percentage variance accounted for 8.9
 Standard error of observations is estimated to be 4.41.

* MESSAGE: the following units have high leverage.
 Unit Response Leverage
 1 20.18 0.34
 7 9.65 0.41

Parameter	estimate	s.e.	t(12)	t	pr.
Constant	5.52	2.98	1.85	0.089	
N_bodem_overschot	0.0412	0.0274	1.51	0.158	



Response variate: NO3_concentratie_februari
 Fitted terms: Constant, N_overschot_gecorr_NW

Summary of analysis

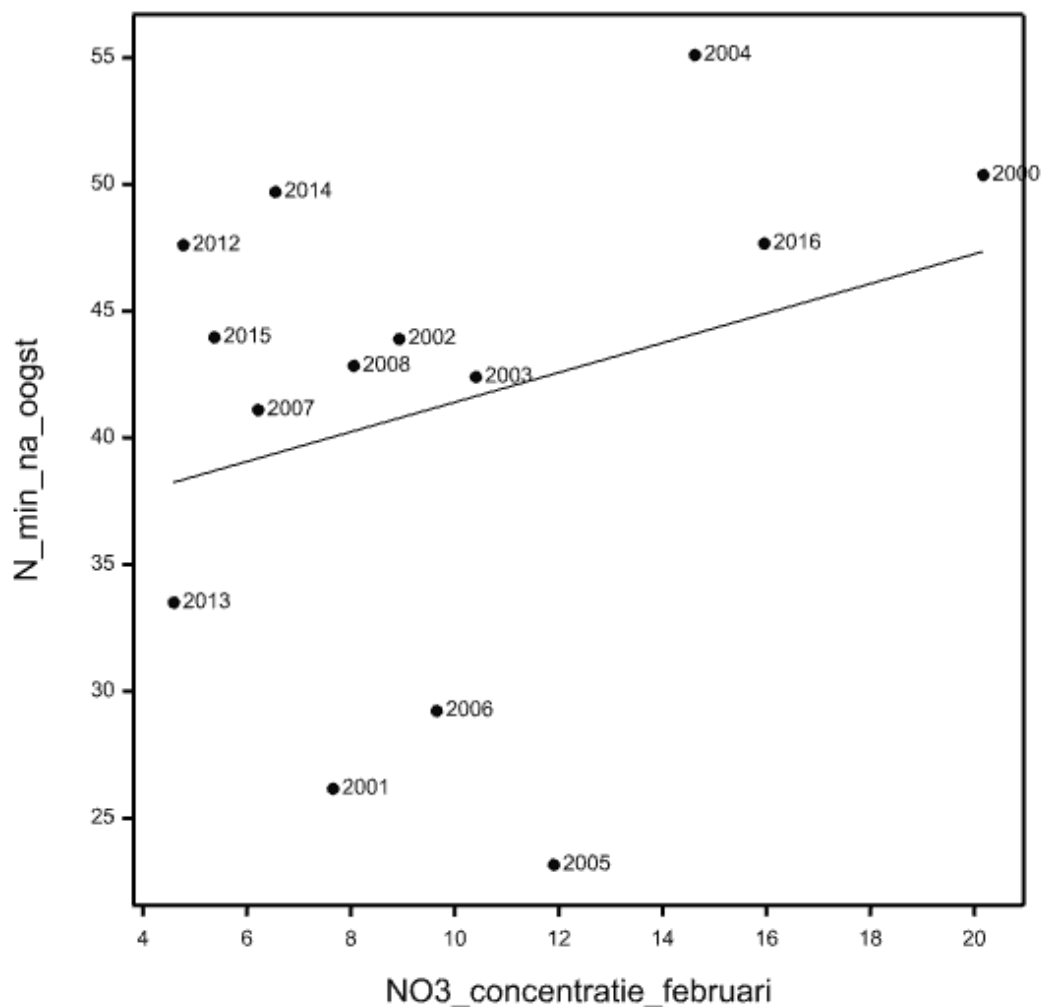
```
-----
Source d.f. s.s. m.s. v.r. F pr.
Regression 1 5.4 5.37 0.24 0.635
Residual 12 271.7 22.64
Total 13 277.0 21.31
```

Residual variance exceeds variance of response variate.
 Standard error of observations is estimated to be 4.76.

* MESSAGE: the following units have large standardized residuals.
 Unit Response Residual
 1 20.18 2.25

* MESSAGE: the following units have high leverage.
 Unit Response Leverage
 9 8.06 0.35

```
Parameter estimate s.e. t(12) t pr.
Constant 11.32 3.69 3.07 0.010
N_overschot_gecorr_NW -0.0266 0.0547 -0.49 0.635
```



Response variate: N_min_na_oogst
 Fitted terms: Constant, NO3_concentratie_februari

Summary of analysis

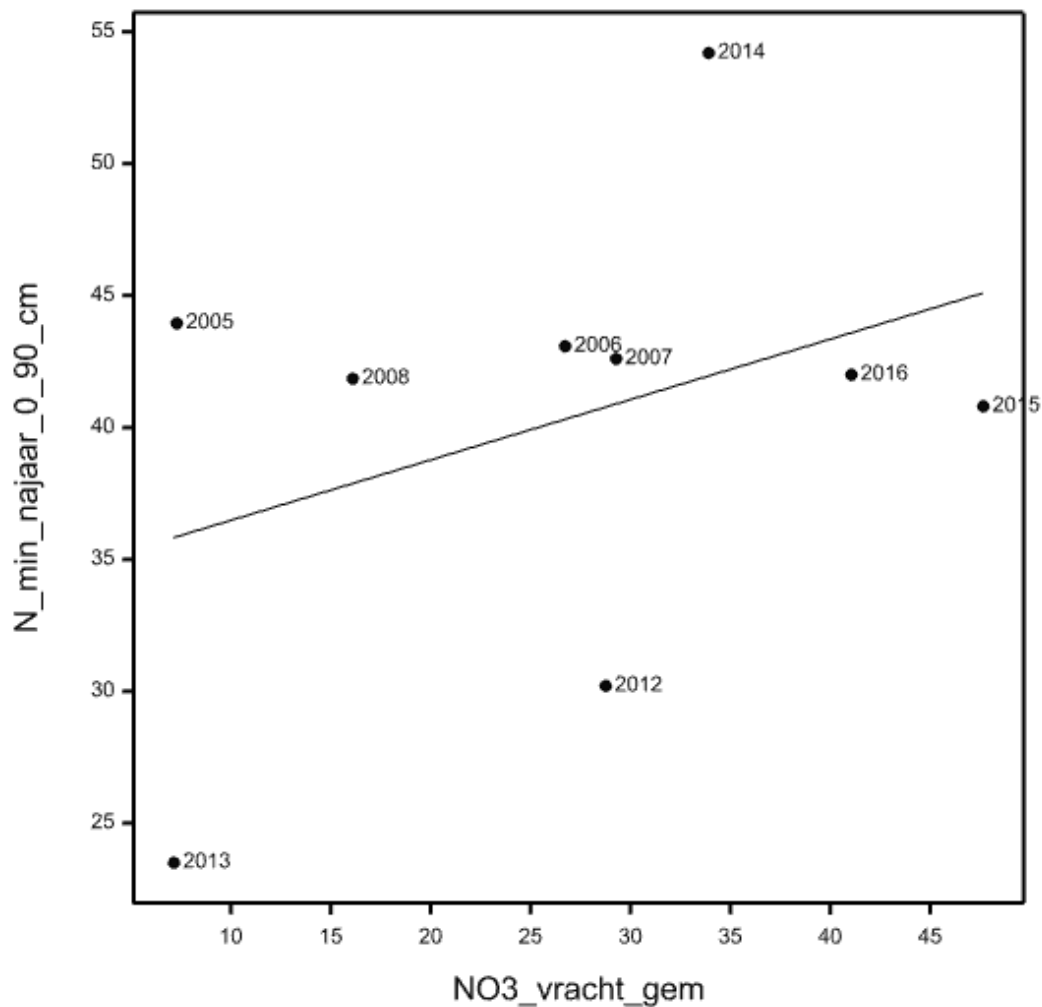
 Source d.f. s.s. m.s. v.r. F pr.
 Regression 1 95. 94.59 1.02 0.332
 Residual 12 1111. 92.57
 Total 13 1205. 92.73

Percentage variance accounted for 0.2
 Standard error of observations is estimated to be 9.62.

* MESSAGE: the following units have large standardized residuals.
 Unit Response Residual
 6 23.16 -2.11

* MESSAGE: the following units have high leverage.
 Unit Response Leverage
 1 50.37 0.47

Parameter estimate s.e. t(12) t pr.
 Constant 35.56 6.13 5.80 <.001
 NO3_concentratie_februari 0.584 0.578 1.01 0.332



Response variate: N_min_najaar_0_90_cm
 Fitted terms: Constant, NO3_vracht_gem

Summary of analysis

Source	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F	pr.
Regression	1	82.7	82.74	1.10	0.329	
Residual	7	526.6	75.22			
Total	8	609.3	76.16			

Percentage variance accounted for 1.2
 Standard error of observations is estimated to be 8.67.

Estimates of parameters

Parameter	estimate	s.e.	t(7)	t	pr.
Constant	34.19	6.46	5.30		0.001
NO3_vracht_gem	0.229	0.218	1.05		0.329

Correspondentie adres voor dit rapport:
Wageningen University and Research
Praktijkonderzoek AGV
Edelhertweg 1
Postbus 430
8200 AK Lelystad
T | (+31)320 29 11 11
www.wur.nl/agv

Rapport WPR-755

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 5.000 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.



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



Wageningen University & Research
Praktijkonderzoek AGV
Edelhertweg 1
Postbus 430
8200 AK Lelystad
T | (+31)320 29 11 11
www.wur.nl/agv

Rapport WPR-755

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research 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, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

