

STRUVIET EN STRUVIETHOUDENDE PRODUCTEN UIT COMMUNAAL AFVALWATER



RAPPORT

2016
12

MARKTVERKENNING
EN GEWASONDERZOEK

MARKTVERKENNING EN GEWASONDERZOEK STRUVIET EN
STRUVIETHOUDENDE PRODUCTEN UIT COMMUNAAL AFVALWATER

RAPPORT

2016

12

ISBN 978.90.5773.731.2



stowa@stowa.nl www.stowa.nl

TEL 033 460 32 00

Stationsplein 89 3818 LE Amersfoort

POSTBUS 2180 3800 CD AMERSFOORT

Publicaties van de STOWA kunt u bestellen op www.stowa.nl

COLOFON

UITGAVE Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
Postbus 2180
3800 CD Amersfoort

BEGELEIDINGSCOMMISSIE
Coert Petri, Waterschap Rijn en IJssel
Roelof Gort, Waterschap Reest en Wieden
Lex Lelijveld, Waternet
Martin Wilschut, GMB
Cora Uijterlinde, STOWA

PROJECTUITVOERING
Maurice Evers, Lumbricus B.V.
Martijn Vroegrijk, Lumbricus B.V.
Thomas Evers, Lumbricus B.V.

DRUK Kruyt Grafisch Adviesbureau
STOWA STOWA 2016-12
ISBN 978.90.5773.731.2

COPYRIGHT Teksten en figuren uit dit rapport mogen alleen worden overgenomen met bronvermelding.

DISCLAIMER Deze uitgave is met de grootst mogelijke zorg samengesteld. Niettemin aanvaarden de auteurs en de uitgever geen enkele aansprakelijkheid voor mogelijke onjuistheden of eventuele gevolgen door toepassing van de inhoud van dit rapport.

TEN GELEIDE

De waterschappen hebben in 2012 het concept van de Grondstoffenfabriek ontwikkeld om in Nederland grondstoffen, waaronder fosfaat, uit afvalwaterstromen te winnen. In 2014 is fosfaat benoemd als één van de speerpunten van de Green Deal Grondstoffen. Met deze ontwikkelingen dragen de waterschappen bij aan de ontwikkeling van een circulaire economie.

Inmiddels is er een reeks van STOWA rapporten verschenen die betrekking hebben op fosfaat-terugwinning op rwzi's. Het gaat hierbij om verkenningen en studies naar verschillende technologieën, beschouwingen ten aanzien van wet- en regelgeving, marktkansen en mogelijke toepassingen van struviet. Het voorliggende rapport beschrijft de resultaten van pot- en veldonderzoek naar de landbouwkundige waarde van struviet in kansrijke afzetmarkten. Het struviet is vergeleken met concurrerende gangbare meststoffen.

In dit onderzoek zijn potproeven uitgevoerd met kansrijke gewassen: ijsbergsla, dijkengras, gladiolen en het boomkwekerijgewas *Elaeagnus* (Olijfwilg). Om de werking van struviet ook onder praktijkomstandigheden aan te tonen is een demonstratieveld met gladiolen aangelegd waar fosfaat uitsluitend via struviet is toegediend. Uit zowel de potproeven als de proef met de gladiolen onder praktijkomstandigheden blijkt dat de werking van struviet vergelijkbaar is aan die van kunstmest en organominerale meststof.

Ondanks de goede landbouwkundige eigenschappen van struviet uit communaal afvalwater is het struviet in kristalvorm en “ongekorreld” niet of nauwelijks direct inzetbaar als meststof met de reguliere kunstmeststrooiers. Struviet kan wel als grondstof voor de productie van meststoffen dienen. Gekorreld struviet is beduidend breder inzetbaar mits de stikstof fosfaat verhouding aansluit bij de behoefte van land- en tuinbouwgewassen, dijkbegroeiing, openbaar groen en planten in de particuliere markt.

Joost Buntsma Directeur STOWA

SAMENVATTING

Om te kunnen voldoen aan lozingseisen voor fosfaat uit de Wet Verontreiniging Oppervlaktewater en het Lozingenbesluit stedelijk afvalwater wordt in Nederland bij communale waterzuiveringsinstallaties fosfaat uit afvalwater gehaald. Tot voor kort werd fosfaat in afvalwater via een fysisch-chemisch en biologisch proces met het zuiveringsslib uitsluitend afgevoerd voor verbranding. Wegens kosten voor deze vorm van slibverwerking en een gewenste verbetering in de ontwatering van zuiveringsslib alsook energiebesparing wordt fosfaat tegenwoordig steeds vaker uit afvalwater gehaald via een neerslag reactie waarbij het kristal struviet ontstaat. Hierdoor worden kan voordeel worden behaald in de bedrijfsvoering en levert de watersector een bijdrage aan de circulaire economie zoals recent is vastgelegd in de “Green Deal”, een overeenkomst tussen watersector en Rijks overheid. Struviet is in de meest zuivere vorm een magnesiumammoniumfosfaat ($\text{NH}_4\text{MgPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). Het gemiddelde gehalte aan stikstof (N), fosfaat (P_2O_5) en magnesiumoxide (MgO) in struviet afkomstig van RWZI's dat geproduceerd wordt in Nederland bedraagt respectievelijk 3,4%, 22% en 12,4%. Daarmee is struviet een potentiële fosfaatmeststof die als zodanig ook in de huidige Nederlandse meststoffen wetgeving erkent is onder de noemer herwonnen fosfaten en dient struviet te voldoen aan eisen uit deze meststoffenwetgeving om verhandeld te mogen worden. Recent onderzoek uitgevoerd door het Nutriënten Management Instituut en Grontmij in opdracht van STOWA heeft aangetoond dat aangetroffen aantallen pathogenen in ruw niet opgeschoond struviet afkomstig van RWZI's globaal overeenkomen met de aantallen die ook in dierlijke mest (kalvermest) dat op het land wordt uitgereden overeenkomen. Het onderzoek doet de aanbeveling om struviet te hygiëniseren teneinde volledig aan de wet te voldoen. In dit rapport wordt er van uitgegaan dat dit heeft plaatsgevonden en aan de wet wordt voldaan.

Nu de weg wettelijk gezien vrij is om struviet uit afvalwater als meststof te vermarkten en de landbouwkundige werking van struviet veelal vergelijkbaar is ten opzicht van gangbare minerale fosfaathoudende meststoffen, groeit het belang voor een goed overzicht van afzetmarkten voor struviet als meststof. Onderliggend onderzoek geeft op basis van literatuuronderzoek en ervaringen reële marktkansen voor struviet als meststof binnen Nederland weer. Daarnaast geeft dit onderzoek de resultaten weer van pot- en veldonderzoek naar de daadwerkelijke landbouwkundige waarde van struviet in kansrijke afzetmarkten waarin het struviet is vergeleken met belangrijke concurrenten uit de dagelijkse praktijk.

AFZETPERSPECTIEVEN

Uit voorliggend onderzoek blijkt dat struviet uit communale afvalwater slechts beperkt inzetbaar is als eerste bemesting (startmeststof) met een geringe stikstofbehoefte in de sectoren akkerbouw, vollegrondsgroenteteelt, bloembollenteelt, vaste plantenteelt en de boomteelt in de volgende gewassen:

- doperwten;
- zomer- en herfstteelt ijsbergsla;
- hyacinten, krokussen, dahlia's en gladiolen;
- diverse vaste planten met een geringe behoefte aan stikstof bij de start; en
- heidesoorten en stekken van rozen en sommige fruitsoorten

Wegens het hoge fosfaatgehalte in struviet, kan er via struviet al snel te weinig stikstof worden aangevoerd binnen de wettelijke toegestane fosfaatbemesting waardoor struviet voor verdere bemesting in de genoemde teelten niet geschikt is.

Struviet is in andere teelten en de potgrondsector niet inzetbaar wegens een samenstelling aan voedingsstoffen in struviet welke niet aansluit bij die van geteelde gewassen of potgrond-mixen. In de potgrond markt is bovendien twijfel over een geringere zuiverheid van struviet ten opzichte van producten die momenteel worden gebruikt in de potgrondsector een bijkomend nadeel.

Struviet uit communaal afvalwater is op sportvelden bij aanleg en groot onderhoud inzetbaar evenals bij de aanleg en renovatie van golfbanen. In het particuliere segment is struviet in haar huidige vorm nauwelijks tot niet inzetbaar wegens een incomplete voedingsstoffenbalans. In het openbaar groen is struviet nauwelijks tot niet inzetbaar wegens een te geringe hoeveelheid stikstof.

De maximale omvang van de afzet van struviet uit communaal afvalwater als meststof in bovengenoemde sectoren en teelten wordt geschat op 6.400 tot 8.300 ton per jaar. Aangezien alle concurrerende meststoffen in korrelvorm worden aangeboden betreft deze afzet van struviet enkel en alleen gekorrelde struviet. Struviet als fosfaathoudende grondstof voor meststoffenproductie is niet gekorrelde en is derhalve hierin niet meegenomen. Wegens een benodigde marktintroductie van struviet als meststof wordt aangenomen dat gekorrelde struviet bij aanvang slechts een gering marktaandeel kan verwerven. Een meer reële omvang van de afzet van gekorrelde struviet uit communaal afvalwater wordt derhalve geschat op 465 tot ca. 1.400 ton per jaar. Dit is lager dan de huidige totale productie van struviet uit afvalwater die ca. 1.500 ton per jaar bedraagt.

Aanpassing van de stikstof fosfaat verhouding in gekorrelde struviet door verrijking met stikstof of andere plantenvoedende stoffen kan de afzetpotentie doen vergroten naar:

- pootaardappels;
- zaaiuien;
- plantuien;
- krokussen;
- boomkwekerijgewassen en vaste planten;
- dijken;
- daktuinen; of
- als algemene vervanger voor de gangbare meststof diammoniumfosfaat.

Nader onderzoek wordt aanbevolen naar de mogelijkheden voor verrijking van het struviet.

ECONOMISCHE WAARDE

De reële marktwaarde van struviet op basis van huidige kunstmestprijzen, het mineraal N-gehalte en het gehalte aan wateroplosbaar fosfaat en magnesium in struviet, bedraagt ca. € 5,50/100 kg voor struviet in korrelvorm of als grondstof in de productie van meststoffen. Een marktwaarde voor struviet uit communaal afvalwater gebaseerd op een vervangingswaarde van bestaande meststoffen in kansrijke afzetmarkten en de totaalgehalten aan stikstof, fosfaat en magnesium in struviet bedraagt gemiddeld € 35,-/100 kg voor gekorrelde product franco geleverd bij de gebruiker.

Geschat wordt dat de totale bruto financiële opbrengst op basis van de reële afzet van gekorrelde struviet uit communaal afvalwater aanvankelijk uitkomt op € 160.000,- tot € 740.000,- per jaar en in de loop der jaren kan toenemen tot maximaal 2,3 tot 5,1 miljoen Euro per jaar. De netto financiële opbrengst (= bruto financiële opbrengst - kosten voor het vervaardigen en vermarkten van gekorrelde struviet) wordt daarbij geschat op maximaal 0,6 tot 4,1 miljoen Euro per jaar. Nader onderzoek naar de exacte kosten voor de productie van gekorrelde struviet en vermarkting wordt aanbevolen.

LANDBOUWKUNDIGE WAARDE EN TOEPASBAARHEID

Uit onderzoek in de kansrijke gewassen ijsbergsla, dijkengras, gladiolen en het boomkwekerijgewas *Elaeagnus* (Olijfwilg) blijkt uit onderhavige onderzoek dat in ijsbergsla het gebruik van struviet tot een betere dan wel gelijke kropvorming leidt dan kunstmest en een organominerale meststof. In dijkengras leidt het gebruik van struviet tot meer groei in gras dat is ingezaaid waardoor er een sneller een betere grasbezetting ontstaat welke kan resulteren in een betere bescherming van de dijk. De kleur van het gras is donkerder en ook hier is de wortelintensiteit evenals bij de ijsbergsla duidelijk hoger dan bij het gebruik van kunstmest of organominerale meststof. In het boomkwekerijgewas *Elaeagnus* leidt het gebruik van struviet niet zozeer tot verschillen in de gewasontwikkeling bovengronds maar wordt er wel een betere wortelontwikkeling waargenomen ten opzichte van een controle waar geen extra bemesting heeft plaatsgevonden en het gebruik van organominerale meststof. Een geringe dosis struviet is reeds voldoende om het effect te verkrijgen. Het vormen van meer fijne haarwortels is van groot belang in deze teelt wegens het beter kunnen aanslaan van de planten bij een verder opkweek. Een aantasting door de ziekte trips in gladiolen heeft tot sterke verschillen in de gewasontwikkeling van gladiolen geleid. Het optreden van de tripsaantasting was echter niet gerelateerd aan de bemesting.

Om de werking van struviet ook onder praktijkomstandigheden aan te tonen is er in de Noordoostpolder in een perceel gladiolen een demonstratieveld aangelegd waar fosfaat uitsluitend via struviet is toegediend. Het effect van struviet is vergeleken met het effect van fosfaatbemesting via kunstmest. Uit de resultaten van de demonstratie blijkt dat het effect van struviet 1 op 1 vergelijkbaar is met dat van kunstmestfosfaat en struviet een goede vervanger van kunstmestfosfaat is.

ALGEMENE CONCLUSIE

Struviet uit communaal afvalwater in ongekorrelde vorm is niet of nauwelijks direct inzetbaar als meststof en kan slechts als grondstof voor de productie van meststoffen dienen. Gekorrelde struviet is beduidend breder inzetbaar maar kent nog steeds beperking in de afzet wegens een stikstof fosfaat verhouding in het product welke meestal niet direct aansluit bij de behoefte van land- en tuinbouwgewassen, dijkbegroeiing, openbaar groen en planten in de particuliere markt. Uit de onderzoeken blijkt dat de werking van struviet vergelijkbaar is aan die van kunstmest en organominerale meststof. Dit komt overeen met in het verleden uitgevoerd onderzoek waarin op gronden met een pH beneden 6,0 struviet eenzelfde werking vertoonde dan minerale meststoffen wegens een even zo goede oplosbaarheid van het fosfaat. In het voorliggende onderzoek blijkt dat struviet in enkele gevallen zelfs een duidelijk positief effect geeft. De geschatte afzet van gekorrelde struviet uit communaal afvalwater ligt aanvankelijk lager dan de huidige productie van struviet maar heeft de potentie om te groeien naar een geschatte maximale afzet van 6.400 tot 8.300 ton per jaar. Daarmee is een bruto financiële jaaropbrengst haalbaar oplopend van € 160.000,- op korte termijn tot 5,1 miljoen op de langere termijn.

DE STOWA IN HET KORT

STOWA is het kenniscentrum van de regionale waterbeheerders (veelal de waterschappen) in Nederland. STOWA ontwikkelt, vergaart, verspreidt en implementeert toegepaste kennis die de waterbeheerders nodig hebben om de opgaven waar zij in hun werk voor staan, goed uit te voeren. Deze kennis kan liggen op toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk-juridisch of sociaalwetenschappelijk gebied.

STOWA werkt in hoge mate vraaggestuurd. We inventariseren nauwgezet welke kennisvragen waterschappen hebben en zetten die vragen uit bij de juiste kennisleveranciers. Het initiatief daarvoor ligt veelal bij de kennisvragende waterbeheerders, maar soms ook bij kennisinstellingen en het bedrijfsleven. Dit tweerichtingsverkeer stimuleert vernieuwing en innovatie. Vraaggestuurd werken betekent ook dat we zelf voortdurend op zoek zijn naar de 'kennisvragen van morgen' – de vragen die we graag op de agenda zetten nog voordat iemand ze gesteld heeft – om optimaal voorbereid te zijn op de toekomst.

STOWA ontzorgt de waterbeheerders. Wij nemen de aanbesteding en begeleiding van de gezamenlijke kennisprojecten op ons. Wij zorgen ervoor dat waterbeheerders verbonden blijven met deze projecten en er ook 'eigenaar' van zijn. Dit om te waarborgen dat de juiste kennisvragen worden beantwoord. De projecten worden begeleid door commissies waar regionale waterbeheerders zelf deel van uitmaken. De grote onderzoekslijnen worden per werkveld uitgezet en verantwoord door speciale programmacommissies. Ook hierin hebben de regionale waterbeheerders zitting.

STOWA verbindt niet alleen kennisvragers en kennisleveranciers, maar ook de regionale waterbeheerders onderling. Door de samenwerking van de waterbeheerders binnen STOWA zijn zij samen verantwoordelijk voor de programmering, zetten zij gezamenlijk de koers uit, worden meerdere waterschappen bij één en het zelfde onderzoek betrokken en komen de resultaten sneller ten goede van alle waterschappen.

De grondbeginselen van STOWA zijn verwoord in onze missie:

Het samen met regionale waterbeheerders definiëren van hun kennisbehoeften op het gebied van het waterbeheer en het voor én met deze beheerders (laten) ontwikkelen, bijeenbrengen, beschikbaar maken, delen, verankeren en implementeren van de benodigde kennis.

MARKTVERKENNING EN GEWASONDERZOEK STRUVIET EN STRUVIETHOUDENDE PRODUCTEN UIT COMMUNAAL AFVALWATER

INHOUD

	TEN GELEIDE	
	SAMENVATTING	
	STOWA IN HET KORT	
1	INLEIDING	1
	1.1 Achtergronden struviet	1
	1.2 Onderzoeksopzet	2
2	WETTELIJKE ASPECTEN VAN STRUVIET ALS MESTSTOF	4
	2.1 Definitie struviet	4
	2.2 Eisen aan landbouwkundige waarde	4
	2.3 Eisen aan verontreinigingen/nevenbestanddelen	6
3	LANDBOUWKUNDIGE ASPECTEN	7
	3.1 Gehalten aan waardegevende bestanddelen in struviet	7
	3.2 De werking van waardegevende bestanddelen in struviet	8
	3.3 N-, P- en Mg-behoefte van gewassen vergeleken met de aanvoer via struviet	10
	3.3.1 Gebruiksnormen bouwland	10
	3.3.2 Akkerbouw	10
	3.3.3 Gespecialiseerde groenteteelt	12
	3.3.4 Gespecialiseerde sierteelt	13
	3.3.5 Potgrondsector	15
	3.3.6 Sport- en groensector	16
	3.3.7 Particuliere markt	18
	3.3.8 Bijzondere toepassingen	18

4	ECONOMISCHE AFZETASPECTEN VAN STRUVIET	20
4.1	Algemeen	20
4.2	Akkerbouw	21
4.3	Gespecialiseerde groenteteelt	23
4.4	Gespecialiseerde sierteelt	24
4.5	Sport en groensector	26
5	MARKTPOTENTIEEL VOOR STRUVIET ALS MESTSTOF	27
5.1	Huidige afzetpotentie	27
5.2	Verhoging afzetpotentie	28
6	VERKENNENDE ONDERZOEKEN MET STRUVIET IN KANSRIJKE AFZETMARKTEN	31
6.1	Gewaskeuze en onderzoeksopzet	31
6.2	IJsbergsla	31
	6.2.1 Materialen en methoden	31
	6.2.2 Resultaten	33
	6.2.3 Conclusies	39
	6.2.4 Discussie	40
6.3	Dijkengras	40
	6.3.1 Materialen en methoden	40
	6.3.2 Resultaten	42
	6.3.3 Conclusies	49
	6.3.4 Discussie	49
6.4	Gladiolen	50
	6.4.1 Materialen en methoden	50
	6.4.2 Resultaten	51
	6.4.3 Conclusies	57
	6.4.4 Discussie	57
6.5	Elaechnes (Olijfwilg)	58
	6.5.1 Materialen en methoden	58
	6.5.2 Resultaten	60
	6.5.3 Conclusies	63
	6.5.4 Discussie	63
7	DEMONSTRATIE LANDBOUWKUNDIGE WAARDE STRUVIET IN GLADIOLEN IN DE PRAKTIJK	64
7.1	Inleiding	64
7.2	Opzet	64
7.3	Waarnemingen en conclusies	65
8	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	70
8.1	Inleiding en doel van het onderzoek	70

8.2	Afzetperspectieven voor struviet	70
8.2.1	Sectoren en gewassen	71
8.2.2	Economische waarde	71
8.2.3	Toetsing aan de praktijk	72
8.3	Algemene conclusie	72
8.4	Aanbevelingen	73
9	LITERATUUR	74
	BIJLAGEN	
I	GRENSWAARDEN VOOR GEHALTEN AAN ZWARE METALEN EN ARSEEN IN STRUVIET	77
II	GRENSWAARDEN VOOR ORGANISCHE MICROVERONTREINIGINGEN IN STRUVIET	79
III	STIKSTOF EN FOSFAATBEMESTING IN FOSFAATBEHOEFTEIGE AKKERBOUWGEWASSEN	81
IV	AREALEN VAN GEWASSEN BELANGRIJK VOOR AFZET VAN STRUVIET	83
V	BEREKENDE MAXIMALE AFZETPOTENTIE VOOR STRUVIET	85
VI	MEETRESULTATEN EN STATISTISCHE GEGEVENS POTONDERZOEK IJSBERGSLA	87
VII	MEETRESULTATEN EN STATISTISCHE GEGEVENS POTONDERZOEK DIJKENGRAS	89
VIII	MEETRESULTATEN EN STATISTISCHE GEGEVENS POTONDERZOEK GLADIOLEN	93
IX	MEETRESULTATEN EN STATISTISCHE GEGEVENS POTONDERZOEK ELAEACHNES	95
X	MEETRESULTATEN EN STATISTISCHE GEGEVENS PRAKTIJK VELD GLADIOLEN	97
XI	BEGRIPPENLIJST	100
XII	FACTSHEETS	103

1

INLEIDING

1.1 ACHTERGRONDEN STRUVIET

Struviet is in de meest zuivere vorm een magnesiumammoniumfosfaat ($\text{NH}_4\text{MgPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) dat gevormd wordt door de neerslag van opgelost fosfaat met magnesium en ammonium bij een pH tussen 7,5 en 8,5. Stijgt de pH verder, dan kan er zich ook nog kaliumstruviet ($\text{MgKPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) vormen.

Reeds in de jaren zestig en zeventig van de vorige eeuw verschijnen er voor het eerst wetenschappelijke publicaties over struviet (Ehlert et al., 2013). Midden jaren tachtig van de voorgaande eeuw neemt met de groeiende aandacht voor de dierlijke mestproblematiek in Nederland, ook de aandacht voor struviet, zijnde een verbinding in dierlijke mest, toe. Het toenmalige Instituut voor Bodemvruchtbaarheid te Haren (Gr) en NMI doen dan grootschalig onderzoek naar de landbouwkundige waarde van struviet waarbij de werking van chemisch zuiver struviet is vergeleken met die van gangbare fosfaatkunstmest. De conclusie van dit onderzoek luidde dat de werking van struviet op gronden met een pH beneden 5,5 à 6,0 vergelijkbaar of sneller is dan die van gangbare fosfaatkunstmest. Is de pH hoger ($\text{pH} > 6,5$ à 7) dan vermindert de werking van struviet met toenemende pH snel evenals voor fosfaatkunstmest. Latere onderzoeken van Hofstad (1997) en diverse buitenlandse onderzoeken zoals genoemd door Postma et al. (2011) bevestigen deze bevindingen.

Pas vanaf 2000 neemt de belangstelling voor struviet weer sterk toe. Mede door de zoektocht naar andere manieren voor fosfaatverwijdering uit afvalwater. Tot dusverre werd het fosfaat uit afvalwater verwijderd via een fysisch-chemisch en biologisch proces dat vervolgens via het ontstane zuiveringsslib werd afgevoerd naar de slibverwerking (verbranding). In Nederland lang geleden en tot voor enkele jaren geleden werd er slib rechtstreeks in de landbouw afgezet. De afzet van zuiveringsslib naar de landbouw is in de loop der jaren echter steeds meer bemoeilijkt wegens strengere gebruikseisen en zelfs gebruiksverboden. Tegenwoordig wordt in Nederland geen zuiveringsslib meer in de landbouw ingezet. Daarnaast is het wenselijk kosten te besparen bij de slibverwerking. Tegelijkertijd groeit de wens om fosfaten meer te gaan hergebruiken als voedingsstof en zo een alternatief te bieden voor de krimpende natuurlijke fosfaatbronnen in de wereld. Een vierde oorzaak voor fosfaatrecycling kan worden gezocht in de stijgende prijs van fosfaatmeststoffen wegens een sterk groeiende vraag naar fosfaatmeststoffen in met name China als opkomend landbouwland. Nieuwe technieken worden ontwikkeld voor zowel de RWZI's en industriële AWZI's waarbij fosfaten als struviet worden teruggewonnen. Met de ontwikkelde fosfaatverwijderingsreactoren zoals Airprex, Phospaq, Anphos, NuReSys en Pearl worden pilot-projecten in Nederland en daarbuiten opgezet om het rendement van P-verwijderingsinstallaties vast te stellen. Inmiddels is duidelijk dat de processen goed functioneren en zijn enkele inmiddels opgeschaald naar full-scale (Veltman et al. 2010; Helvoort et al. 2010; STOWA, 2011; Van Iersel, 2014).

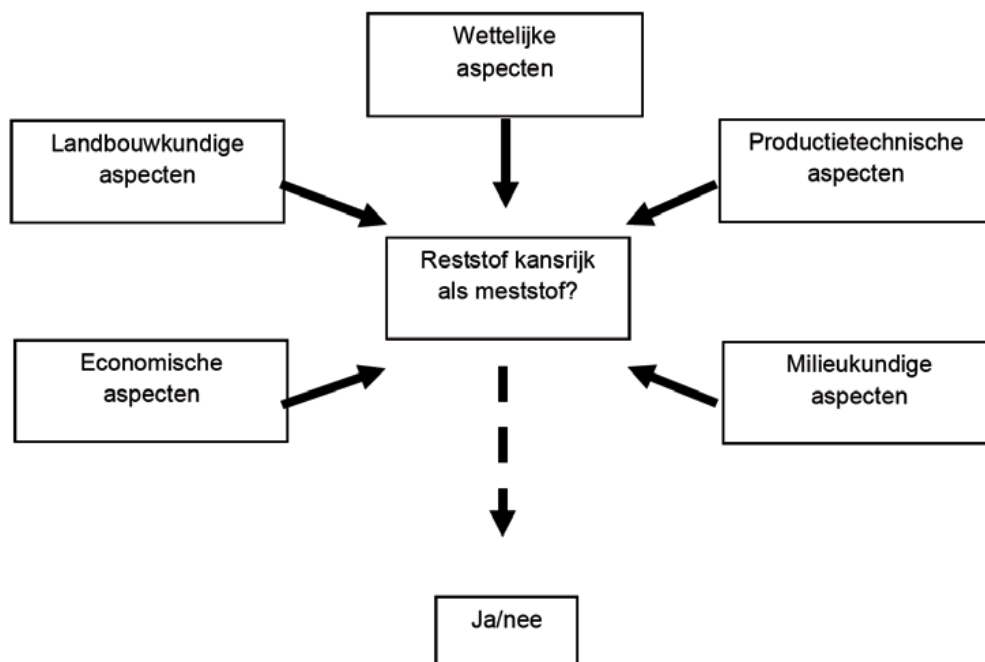
Om het struviet als fosfaatmeststof te mogen vermarkten dient het product te voldoen aan eisen uit nationale en internationale meststoffenwetgeving. Tot voor kort had alleen struviet afkomstig uit aardappelproceswater een erkenning als meststof in Nederland en mocht struviet uit communaal afvalwater als meststof uitsluitend in landen als Duitsland en Frankrijk worden afgezet. Sinds 15 december 2014 mag ook het struviet, teruggewonnen uit communaal afvalwater, in Nederland als meststof worden verhandeld mits wordt voldaan aan de eisen die in het Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet zijn neergelegd (Stb 543, 2014). Nu de weg vrij is om struviet uit communaal afvalwater als meststof te vermarkten en het landbouwkundig onder bepaalde omstandigheden vergelijkbaar is met gangbare fosfaatkunstmest, groeit het belang voor een goed overzicht van afzetmarkten voor struviet als fosfaatmeststof. Onderliggend onderzoek is erop gericht een realistisch beeld te geven van de marktkansen voor struviet binnen Nederland. Reeds bestaande afzetmarkten binnen Nederland en omliggende landen zijn hierin meegenomen.

1.2 ONDERZOEKSOPZET

Bij de beoordeling van een product op de mogelijkheden tot het gebruik als meststof of bodemverbeteraar is in dit onderzoek een systematiek gehanteerd welke aansluit bij de praktijk. Hierbij worden vele aspecten bekeken en beoordeeld. In totaal worden er in de systematiek een vijftal afzonderlijke aandachtsgebieden onderscheiden te weten: wettelijke aspecten, landbouwkundige aspecten, milieukundige aspecten, productietechnische aspecten en economische aspecten. In figuur 1.1 zijn deze aandachtsgebieden nog eens weergegeven in relatie tot het product. Teneinde een finaal oordeel te kunnen geven omtrent de bruikbaarheid van een product als meststof of als bodemverbeteraar, dienen alle vijf de aandachtsgebieden voldoende in kaart gebracht te zijn en positief ten aanzien van de bruikbaarheid van het product te zijn beoordeeld.

FIGUUR 1.1

AANDACHTSGEBIEDEN IN DE BEOORDELING VAN PRODUCTEN OP DE BRUIKBAARHEID ALS MESTSTOF



Productietechnische aspecten alsook milieukundige aspecten worden buiten beschouwing gelaten in dit onderzoek aangezien andere studies daar reeds uitvoerig op zijn ingegaan of er momenteel nog onderzoek naar wordt verricht. Er wordt in deze studie aangenomen dat deze aspecten niet beperkend zijn voor de vermarkting van het struviet.

Zoals in paragraaf 1.1 reeds is vermeld, mag struviet verkregen uit communaal afvalwater als meststof worden vermarkt mits wordt voldaan aan wettelijke eisen. Voor de volledigheid worden deze eisen in hoofdstuk 2 van dit rapport vermeld alsmede het criterium op grond waarvan het struviet een overige anorganische of overige organische meststof is. Dit onderscheid is bepalend voor de wettelijke P-werking van de meststof hetgeen mede bepalend kan zijn voor de afzetpotentie in een markt.

Hoofdstuk 3 behandelt de landbouwkundige aspecten van struviet in vergelijking tot de nutriëntenbehoefte in diverse land- en tuinbouw sectoren alsook de groensector in Nederland. Daarnaast worden er in hoofdstuk 3 voor diverse markten de belangrijkste concurrerende meststoffen aangegeven met hun kenmerken. Struviet zal hiermee worden vergeleken. De economische aspecten worden in hoofdstuk 4 behandeld. Hierbij wordt het prijsniveau bepaald voor struviet in een potentiële afzetmarkt op basis van het prijsniveau van de belangrijkste concurrerende producten in een potentiële afzetmarkt.

Hoofdstuk 5 geeft de marktkansen weer in een overzichtelijke markt-prijs matrix. Daarnaast worden er in dit hoofdstuk aanbevelingen gedaan voor opwaardering van het huidige struviet zodat beter in de nutriëntenbehoefte van gewassen kan worden voorzien en er meer afzetpotentie is voor struviet.

Op basis van marktkansen voor struviet uit communaal afvalwater als meststof zoals in dit onderzoek vastgesteld, zijn in dit onderzoek een aantal verdiepende en demonstratieachtige onderzoeken uitgevoerd in proefopstellingen en veldexperimenten met gewassen en het struviet afkomstig van in bedrijf zijnde struvietreactoren in de communale afvalwaterzuivering. In hoofdstuk 6 worden de resultaten van potonderzoeken besproken zoals uitgevoerd op de proeftuin van Lumbricus te Herveld. Effecten van struviet als meststof op gewasontwikkeling en oogst wordt vergeleken met de effecten bij gebruik van belangrijke concurrenten van struviet. Hoofdstuk 7 geeft vervolgens de resultaten weer van een demonstratieonderzoek in een van de gewassen uit de potonderzoeken op een praktijkperceel onder praktijkomstandigheden. Dit onderzoek heeft een meer demonstratief karakter.

2

WETTELIJKE ASPECTEN VAN STRUVIET ALS MESTSTOF

2.1 DEFINITIE STRUVIET

Om een product in de markt te mogen verhandelen als meststof dient een product allereerst te voldoen aan de definitie van een meststof vastgelegd in de Meststoffenwet 1986 (Mw 1986). Kort samengevat komt de definitie erop neer dat alle producten die aan een grond of aan een groeimedium worden toegediend deze geschikt of beter geschikt maken als voedingsbodem voor planten of zelf dienen als groeimedium. Gelet op het feit dat struviet fosfaat, stikstof en magnesium aan een grond toedient en voor planten ook opneembaar zijn, voldoet struviet aan de definitie voor meststoffen. Daarnaast moet een meststof ook nog voldoen aan een bij de wet erkende specifieke definitie voor een meststof product of groep van meststofproducten. Het verhandelen van producten als meststof die niet aan een geldende definitie met bijbehorende eisen uit de meststoffenwetgeving voldoen is verboden (art. 5 Mw 1986). Dit gold tot voor kort ook voor struviet afkomstig van de RWZI's. Met het besluit van 15 december 2014, houdende wijziging van het Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet (UBM), wordt struviet dat is ontstaan bij de zuivering op RWZI's aangeduid als zijnde "herwonnen fosfaten als meststof". De definitie van struviet luidt in artikel 1 eerste lid onder aa (UBM):

"1°. Struviet, hoofdzakelijk bestaand uit magnesiumammoniumfosfaat, dat is vrijgekomen bij de zuivering van industrieel proceswater of huishoudelijk, stedelijk of industrieel afvalwater dan wel ander afvalwater door precipitatie met opgelost magnesium, ammonium of kalium."

Met deze definitie vervalt voor struviet niet het predicaat afvalstof maar wordt het product onder de Meststoffenwet erkent als meststof. Daarnaast ligt met deze definitie de herkomst en de molecuulvorm vast. Andere vormen van fosfaten die eveneens kunnen worden teruggewonnen tijdens zuiveringsprocessen, zoals bijvoorbeeld calciumfosfaten of magnesiumfosfaten, behoren wel tot de herwonnen fosfaten maar niet tot de struvieten.

2.2 EISEN AAN LANDBOUWKUNDIGE WAARDE

Bij een definitie voor een product zoals in paragraaf 2.1 is genoemd behoren ook aanvullende eisen. Enerzijds zijn dat eisen die de afnemer zekerheid dienen te geven omtrent de landbouwkundige waarde van een product en anderzijds betreft het aanvullende eisen die zekerheid dienen te geven omtrent mogelijke verontreinigingen in een product. Deze laatste worden in paragraaf 2.3 behandeld.

Ten aanzien van de landbouwkundige waarde wordt in artikel 6 UBM gesteld dat een meststof moet voldoen aan de volgende eisen:

- 1 Het product dient in een voor de praktijk bruikbare toestand te verkeren en de samenstelling dient gelijkmatig dient te zijn.
- 2 Het product dient voedsel voor planten of delen van planten te leveren in de vorm van primaire (N,P,K) of secundaire (Ca,Mg, S) nutriënten of micronutriënten (B, Cu, Co, Fe, Mn, Mo, Se, Zn) of verbetert de bodemeigenschappen door het leveren van organische stof dan wel door het in stand houden of het verlagen van de zuurgraad in de bodem en oefent de werking waarvoor het product hoofdzakelijk is bedoeld, doeltreffend uit.

Indien struviet minder dan 20% organische stof bevat, uitgedrukt op de droge stof, valt het struviet onder de categorie overige anorganische meststoffen (UBM/URM). Bevat struviet meer dan 20% organische stof dan behoort struviet tot de categorie overige organische meststoffen. Aangezien in Nederland struviet nagenoeg altijd minder dan 20% organische stof (paragraaf 3.1) wordt struviet in dit rapport uitsluitend gezien als overige anorganische meststof. In de Nederlandse wetgeving wordt struviet in de toelichting van 15 december 2014 op het Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet voorts als fosfaatmeststof gezien. Binnen de Nederlandse wetgeving geldt het minimaal te garanderen gehalte voor fosfaat zoals vermeld in onderstaande tabel. Aangezien er ook stikstof en magnesium in struviet zit is het voor de gebruiker wenselijk dit ook aan te duiden en gelden hier eveneens minimeisen met bijbehorende tolerantie conform overige anorganische meststoffen voor. Echter dan zal het product geen fosfaatmeststof mogen heten maar is het stikstof-fosfaat meststof (NP-meststof) mits aan het minimumgehalte wordt voldaan. Wordt er niet voldaan dan mag het N-gehalte ook niet worden gegarandeerd en mag het uitsluitend worden vermeld op bijvoorbeeld een analyseformulier. De toleranties (afwijkingen) op gegarandeerde gehalten zijn geregeld in de Meststoffenverordening gebaseerd op de EG-verordening 2003/2003 inzake het verhandelen van meststoffen. Onderstaande tabel geeft een volledig overzicht zoals vermeld in het UBM en de Uitvoeringsregeling Meststoffenwet (URM). De toleranties en toegestane aanduidingen zijn vermeld in bijlage II van de EG-verordening 2003/2003.

TABEL 2.1 MINIMALE WAARDEN VOOR TE GARANDEREN GEHALTEN IN STRUVIET MET BIJBEHORENDE GRENSWAARDEN VOOR TOLERANTIE EN TE VERMELDEN OPLOSMIDDELEN

	Minimaal gegarandeerd gehalte	Tolerantie	Toegestane aanduiding/ oplosmiddel
Fosfaat (P_2O_5)	5% in de droge stof	0,8 – 1,3% absoluut afhankelijk van oplosmiddel	totaalgehalte en oplosbaarheid in: - mineraalzuur - mierenzuur - neutraal ammoniumcitraat - alkalisch ammoniumcitraat - water
Stikstof (N)	5% in de droge stof	1,1% absoluut	totaalgehalte
Magnesium (MgO)	15% in de droge stof	25% relatief met een maximum van 0,9% absoluut	totaalgehalte en oplosbaar in water en/of mineraal zuur

2.3 EISEN AAN VERONTREINIGINGEN/NEVENBESTANDELEN

Naast het kunnen voldoen aan de omschrijving van een definitie en bijbehorende eisen ten aanzien van landbouwkundige eisen moet een product ook voldoen aan de eisen behorende bij een definitie voor verontreinigingen c.q. nevenbestanddelen die mens, dier, plant en/of milieu kunnen schaden (art 6.3 UBM). In artikel 17a van het UBM zijn de eisen neergelegd voor herwonnen fosfaten om te kunnen voldoen aan artikel 6.3. UBM. Het betreft maximaal toegestane gehalte voor arseen en zware metalen (Bijlage I) en maximaal toegestane gehalten voor organische microverontreinigingen (Bijlage II). In dit rapport wordt aangenomen dat de struvieten die op de markt komen voldoen aan de gestelde normen teneinde geen belemmering te vormen voor de afzet van struviet. Daarnaast wordt er onder punt 3 in artikel 17a UBM ten aanzien van herwonnen fosfaten vermeld dat er bij ministeriele regeling kan worden bepaald dat er een behandeling dient plaats te vinden volgens een procedé dat tot gevolg heeft dat het grootste deel van de in rioolwaterzuiveringsslib aanwezige pathogene organismen worden gedood. Dit met het oog op het minimaliseren van risico's voor mens en milieu. Deze regeling is inmiddels van kracht. Recent onderzoek heeft aangetoond dat de aangetroffen aantallen pathogenen in ruw niet opgeschoond struviet afkomstig van RWZI's globaal overeenkomen met de aantallen die ook in dierlijke mest (kalvermest) dat op het land wordt uitgereden overeenkomen. In opgeschoonde struviet zijn de aantallen beduidend lager (Morgenschweis et al., 2015). Ten aanzien van dierlijke mest zijn er geen normen voor pathogenen gesteld in de wet. Risico's hangen af van de blootstelling aan de pathogenen. Bij normale hygiënische gebruiksvoorschriften bij de toepassing van dierlijke mest worden de risico's als aanvaardbaar beoordeeld. Wanneer dezelfde gebruiksvoorschriften ook bij de toepassing van struviet in acht worden genomen mag worden verwacht dat dit eveneens tot aanvaardbare risico's leidt. Desalniettemin wordt door Morgenschweis et al. (2015) aanbevolen struviet te hygiëniseren om zo volledig aan de wetgeving te voldoen. In dit rapport wordt er van uitgegaan dat dit heeft plaatsgevonden en aan de wet wordt voldaan.

3

LANDBOUWKUNDIGE ASPECTEN

3.1 GEHALTEN AAN WAARDEGEVENDE BESTANDDELEN IN STRUVIET

In voorgaand hoofdstuk is struviet getypeerd als zijnde een fosfaatmeststof met stikstof en magnesium. Gebaseerd op de molecuulstructuur van zuiver struviet ($\text{NH}_4\text{MgPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) bevat struviet 5,7 kg N/100 kg, 28,9 kg P_2O_5 /100 kg en 16,4 kg MgO per 100 kg (Ehlert et al., 2013). Hieruit wordt duidelijk dat fosfaat het belangrijkste nutriënt is in struviet gevolgd door magnesium. Het dichtst in de buurt van zuiver struviet komt het product Crystal Green (NP: 5-28 + 10% MgO). Andere struvieten zijn minder zuiver en hebben een N-gehalte liggend tussen 1,9 en 5,2 kg N/100 kg, een P-gehalte liggend tussen 17 en 29 kg P_2O_5 /100 kg en een Mg-gehalte liggend tussen 9,9 en 17 kg MgO/100 kg (Tabel 3.1). De verontreiniging, verantwoordelijk voor een verdunning van de nutriëntengehalten is voornamelijk organische stof. Deze is hoofdzakelijk afkomstig van vergiste bacteriemassa uit de slibgistingstanken. De aanzienlijke spreiding in de gehalten wordt ook verklaard door de herkomst van het struviet. Het struviet gemaakt door GMB is afkomstig van urine en is op jaarbasis slechts een beperkte stroom product afkomstig van separaat ingezamelde urine. Het struviet van Waterstromen is hoofdzakelijk afkomstig van aardappelproceswater. Aangezien deze studie zich richt op struviet dat wordt geproduceerd uit rioolzuiveringswater wordt in deze studie gerekend met uitsluitend het gemiddelde van de nutriëntenwaarden in dit struviet. Het gemiddelde N-gehalte bedraagt hierin 3,4%, het gemiddelde P_2O_5 -gehalte 22,0% en het gemiddelde MgO-gehalte bedraagt 12,5% (Tabel 3.1).

TABEL 3.1 GEHALTEN AAN WAARDEGEVENDE BESTANDDELEN IN STRUVIET AFKOMSTIG VAN VERSCHILLENDE BRONNEN IN NEDERLAND EN GEANALYSEERD VOLGENS VAN TOEPASSING ZIJNDE ANALYSETECHNIEKEN VOOR MESTSTOFFEN

Productnaam	Producent	Gehalte in % op productbasis				
		Droge stof	Organische stof	Ntot	P_2O_5	MgO
Crystal Green ¹	Ostara	99	< 1	5	28	10
Struviet	Aa en Maas ⁵	94,4	< 0,5	5,2	29,0	17,0
Struviet	Waterstromen ²	60	20	5,1	22,4	12,9
Struviet	Waternet	58,3	13,6	1,9	20,0	10,6
Struviet	GMB ³	ca. 100	< 1	2,6*	27,1	16,9
Struviet	Reest & Wieden ⁴	77,3	7,4	3,0	17,1	9,9

*uitsluitend N-NH_4 .

Ref.¹ Lodder et al., 2011; ² R. Haarhuis, 2014; ³ Wilschut, 2015 (struviet uit urine); ⁴ R. Gort, 2015; ⁵ B. Verberkt, 2015.

- ➔ Het gehalte aan stikstof (N) in struviet van RWZI's bedraagt gemiddeld 3,4%.
- ➔ Het gehalte aan fosfaat (P_2O_5) in struviet van RWZI's bedraagt gemiddeld 22,0%.
- ➔ Het gehalte aan magnesium (MgO) in struviet van RWZI's bedraagt gemiddeld 12,5%

3.2 DE WERKING VAN WAARDEGEVENDE BESTANDDELEN IN STRUVIET

Voor een gebruiker van een meststof is niet alleen het nutriëntengehalte in een product van belang maar ook of de nutriënten werkzaam zijn binnen een termijn dat een gewas de nutriënten nodig heeft. De werkzaamheid van nutriënten wordt in het algemeen bepaald door:

- 1 de chemische vorm waarin nutriënten in het product aanwezig zijn alsmede de zuiverheid;
- 2 de korrelgrootteverdeling;
- 3 de hoogte van de meststoffengift;
- 4 de wijze van bemesten;
- 5 het tijdstip van bemesten in het groeiseizoen; en
- 6 het bodemtype, bodemvruchtbaarheid en het geteelde gewas.

De chemische vorm van struviet is een kristal dat is ontstaan via een neerslagreactie bij een hoge pH. Dit geeft aan dat de stabiliteit van het kristal onder andere pH afhankelijk is. Onderzoeken in het verleden hebben aangetoond dat de werking van het struviet vergelijkbaar of zelfs sneller is met die van kunstmestfosfaten indien de pH van een grond lager is dan 5,5 à 6,0. In dit traject zitten de meeste zand en dalgronden (veenkoloniaal gronden (Figuur 3.1)) in Nederland (Locher & Bakker, 1990).

FIGUUR 3.1

LIGGING VEENKOLONIALE GRONDEN



Op alkalische gronden ($\text{pH} > 7,0$) werkt struviet evenals minerale P-meststoffen beduidend minder snel (Ehlert et al. 2013). Fosfaten maar ook stikstof en magnesium uit struviet zijn daarom langzaamwerkend op alkalische gronden en snelwerkend op zure tot neutrale gronden. Op alkalische grond kan er zelfs stikstofverlies plaatsvinden aangezien de ammoniumstikstof uit struviet in de grond wordt omgezet naar ammoniak welke vervluchtigt. Enkele gronden waarvoor dit geldt zijn de Lössgronden in Zuid-Limburg en sommige delen in de IJsselmeerpolders. De keuze van afzet naar landbouwgronden op basis van pH van gronden is dus sterk bepalend voor het effect van struviet.

De zuiverheid van het struviet kan ook een belangrijke rol spelen in de beschikbaarheid van met name fosfaat uit struviet. Het gehalte aan organische stof speelt hierin een belangrijke rol. Organische stof en fosfaat hebben in gronden de eigenschap sterk aan elkaar te binden

(Bolt & Bruggenwert, 1978; Scheffer & Schachtschabel, 1984). Dat betekent dus dat de beschikbaarheid van fosfaat vrijgekomen uit struviet geringer is bij struviet dat veel organische stof bevat ten opzichte van struviet dat veel minder organische stof bevat. Zoals blijkt uit tabel 3.1 geldt dit voor diverse struvieten die worden geproduceerd. Vanuit het oogpunt van verminderde P-beschikbaarheid bij aanwezigheid van organische stof is er in de meststoffenwetgeving ten aanzien van de P-werking uit meststoffen onderscheid tussen anorganische meststoffen waarbij een P-werking van 100% geldt en (overige) organische meststoffen waarbij de P-werking ca. 50-70% bedraagt. In de wet is bepaald dat voor wat betreft de aanvoer van P uit overige organische meststoffen de P maar voor 70% hoeft te worden meegerekend. Van overige organische meststoffen kan daarom 1,4 keer zoveel P worden toegediend dan van anorganische meststoffen. Daarnaast speelt ook het gehalte aan magnesium een belangrijke rol. Bij de aanwezigheid van MgO of een andere vorm van magnesium die neutraliserend werkt in de grond, wordt de oplosbaarheid van het struviet eveneens verminderd (Ehlert et al. 2013) en wordt de nutriënten beschikbaarheid vertraagd. Naarmate het gehalte aan magnesium in struviet hoger is wordt de werkingssnelheid dus lager.

Ook de deeltjesgrootte van struviet is bepalend voor de snelheid van werking. Naarmate de oplosbaarheid in water geringer is, is de beschikbaarheid van nutriënten uit meststoffen geringer. Mede bepalend is wederom de aanwezigheid van organische stof. Meer organische stof leidt tot een geringere oplosbaarheid. Daarnaast geldt in het algemeen naarmate de deeltjes groter zijn, is de oplosbaarheid lager en dus de werking langzamer. Dit zou pleiten voor het gebruik van struviet in pure vorm. Dit is echter niet altijd even makkelijk in het gebruik. Struvieten in korrelvorm komen in het algemeen iets langzamer in oplossing vergeleken met struviet in kristalvorm. Toevoegmiddelen zoals waterabsorberende middelen kunnen het verschil weer verkleinen of teniet doen. Daarmee wordt de impact van korrelgrootte sterk verminderd en kan er naar de praktijk toch een handzame vorm van een meststof worden aangeboden. In dat geval dient de korrelgrootte voor meer dan 90% tussen 2 en 5 mm te liggen vergelijkbaar met de korrelgrootte van traditionele minerale meststoffen. Veel strooiers zijn hierop afgesteld.

De wijze van bemesten, het tijdstip van bemesten in het seizoen en de bodemvruchtbaarheid alsook het gewas zijn factoren die een effect hebben op de werking van waardegevende bestanddelen in struviet. Deze effecten zijn nagenoeg gelijk aan die voor andere fosfaatmeststoffen zoals minerale fosfaatmeststoffen. Naarmate een grond reeds een hoger gehalte aan fosfaat heeft zal de werking van fosfaat geringer zijn, denk hierbij aan de fosfaatverzadigde gronden waarop fosfaatbemesting niet of nauwelijks nog effect heeft. Eveneens zullen fosfaatbehoefte gewassen sterker reageren op fosfaatbemesting dan gewassen die een veel geringere fosfaatbehoefte hebben. Ten aanzien van het tijdstip geldt dat naarmate de temperatuur van de bodem lager is (zoals in het vroege voorjaar) dat de fosfaatbeschikbaarheid ook afneemt. Indien fosfaatmeststoffen geplaatst worden, d.w.z. dicht bij de wortels van een gewas worden toegediend, is de werking beter ten opzichte van breedwerpig toedienen (Findenegg & Janssen, 1989).

- ➔ De werking van de waardegevende bestanddelen stikstof, fosfaat en magnesium in struviet is op zure tot neutrale gronden vergelijkbaar dan wel iets sneller ten opzichte van minerale meststoffen.
- ➔ De werking van de waardegevende bestanddelen stikstof, fosfaat en magnesium in struviet is op alkalische gronden gelijk tot iets geringer ten opzichte van kunstmeststoffen.

3.3 N-, P- EN MG-BEHOEFTEN VAN GEWASSEN VERGELEKEN MET DE AANVOER VIA STRUVIET

3.3.1 GEBRUIKSNORMEN BOUWLAND

Naast het feit dat een gebruiker van meststoffen zekerheid wil omtrent het gehalte aan nutriënten in een meststof en de werking duidelijk moet zijn, is het ook van belang dat de verhouding waarin de nutriënten in een meststof zitten aansluit bij de verhouding waarin een gewas nutriënten nodig heeft. Daarbij dient verschil gemaakt te worden tussen de behoefte op jaarbasis en de behoefte op specifieke momenten van gewasontwikkeling. Dit laatste wordt ook wel het gewasgerichte advies genoemd. Daarnaast gelden er in Nederland ten aanzien van stikstof en fosfaat gebruiksnormen. Deze zijn vastgelegd in het Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet en de Uitvoeringsregeling Meststoffenwet. Voor de stikstofbemesting komt dit overeen met een gewasgericht advies waarbij de maximaal toegestane hoeveelheid toe te dienen stikstof op jaarbasis wordt bepaald door de onttrekking van het gewas gekoppeld aan de grondsoort waar het gewas op wordt geteeld. Bij fosfaat is de gebruiksnorm gekoppeld aan de fosfaattoestand van een grond. Aangezien de fosfaatsnormen behoorlijk scherp zijn gesteld zijn deze in het algemeen het meest beperkend bij de bemesting van gewassen. Tabel 3.2 geeft een overzicht van de fosfaatsnormen voor bouwland. Hieruit blijkt dat de jaarlijks toegestane hoeveelheid fosfaat per ha op een landbouwbedrijf tussen de 50 en 75 kg P_2O_5 bedraagt. Uitgaande van struviet met gemiddeld P_2O_5 -gehalte van 22,0% betekent dit een maximaal toegestaan gebruik van struviet van 227 tot 341 kg struviet per ha per jaar. Bij een bouwland areaal van 1,08 miljoen ha in 2014 (LEI-CBS, 2015) in Nederland betekent dit een fictieve afzet van struviet van 245 tot 368 kton per jaar. Ten opzichte van de huidige productie van ca. 1,5 kton struviet per jaar en een geplande productie van ruim 6 kton struviet per jaar blijkt de fictieve afzet dus vele malen groter te zijn. De normen zoals opgenomen in tabel 3.2 zijn geldend voor 2015. Verwacht wordt dat deze normen in de komende jaren niet zullen veranderen aangezien deze normen tot stand zijn gekomen door een aanscherping van de fosfaatgebruiksnormen in de afgelopen jaren. Daarbij komt nog eens dat de huidige normen de gewasonttrekking gemiddeld genomen benaderen. Nog lagere normen zal onherroepelijk leiden tot problemen met de gewasontwikkeling (Schröder & Smit, 2013). Voor magnesium zijn er geen gebruiksnormen geldig.

TABEL 3.2

MAXIMAAL TOEGESTANE FOSFAATGIFTEN (KG P_2O_5 /HA PER JAAR) OP BOUWLAND (UBM) IN 2015

Fosfaattoestand	Norm
Laag, $P_w^* < 36$	75
Neutraal, P_w 36-55	60
Hoog, $P_w > 55$	50

* P_w = P_w -getal dat aangeeft de hoeveelheid fosfaat oplosbaar in bodemvocht uitgedrukt in mg P_2O_5 /l grond

➔ In Nederland wordt het gebruik van stikstof en fosfaat op bouwland wettelijk gereguleerd via gebruiksnormen waarbij de fosfaatgebruiksnorm het meest beperkend is voor het gebruik van struviet resulterend in een maximaal toegestane toediening van struviet per ha per jaar van 227 tot 341 kg.

3.3.2 AKKERBOUW

In de akkerbouw wordt vaak gebruik gemaakt van dierlijke mest. Soms worden bijvoorbeeld varkens of pluimvee gehouden als neventak. Deze bedrijven telen ook voedergewassen als maïs, luzerne of voederbieten. In deze gewassen wordt de volledige fosfaatbehoefte ingevuld via dierlijke mest aanwezig op het eigen bedrijf. In veel andere gevallen wordt dierlijke mest

aangevoerd. Dit omdat het in de eerste plaats goedkoop is (vaak nog geld toe) en het daarnaast organische stof levert alsook een deel van de kunstmest vervangt. Vervanging van dierlijke mest door struviet is dus weinig realistisch en vaak ongewenst mede gezien in het licht van mestoverschotten. Er zijn echter akkerbouwgewassen zoals aardappelen, uien en sommige peulvruchten waar minder vaak voor dierlijke mest wordt gekozen. Dit omdat een deel van de N uit dierlijke mest onvoorspelbaar waardoor er kwaliteitverlies aan het gewas kan optreden. Daarnaast is er bij de toediening van dierlijke mest een risico op structuurschade aan de grond. Het zijn ook deze gewassen die juist het meeste fosfaat nodig hebben. Deze gewassen hebben bij een goede fosfaattoestand van de grond al snel gemiddeld zo'n 135 kg P_2O_5 per ha nodig gedurende de teelt (De Haan & Van Geel, 2013). Aangezien er in de akkerbouw meestal met bouwplannen wordt gewerkt waarin naast bovengenoemde fosfaatbehoefte gewassen ook gewassen als granen, bieten en graszaad welke een beduidend lagere fosfaatbehoefte hebben zijn opgenomen, krijgen deze gewassen juist geen of zeer weinig fosfaat. Hierdoor kunnen deze fosfaatbehoefte gewassen juist meer fosfaat ontvangen binnen de wettelijke norm. Dit is mogelijk aangezien de fosfaatsnormering op bedrijfsniveau geldt. In tabel 3.3 is voor de fosfaatbehoefte akkerbouwgewassen de jaarlijkse fosfaatbehoefte weergegeven. De meeste bouwlandpercelen in Nederland hebben een fosfaattoestand voldoende tot ruim voldoende (Reijneveld 2013). Hierdoor dient de gemiddelde fosfaatbemesting van fosfaatbehoefte gewassen ca. 115 kg P_2O_5 per ha per jaar te bedragen. Dit betekent een struviet aanvoer van ca. 523 kg per ha. Op basis van werkelijk gerealiseerde bemesting in fosfaatbehoefte akkerbouwgewassen blijkt dat de aanvoer iets lager is (Bijlage III, tabel III-1 – III-3). Met een struviet aanvoer zoals hierboven genoemd wordt tegelijkertijd ca. 18 kg stikstof per ha aangevoerd per jaar en 65 kg magnesium (MgO) per ha per jaar. Gebaseerd op de stikstofbehoefte van de fosfaatbehoefte gewassen kan hiermee op jaarbasis niet worden voldaan aan de gewasbehoefte (Bijlage III). De magnesiumbehoefte daarentegen wordt voldoende gedekt door een gebruik van struviet aangezien de gemiddelde behoefte aan magnesium in een akkerbouwteelt tussen de 30 en 90 kg MgO per ha bedraagt (De Haan & Van Dijk, 2013). Op basis van de toedieningsmomenten en de gewenste verhouding aan stikstof en fosfaat op dat moment zoals genoemd in bijlage III kan worden geconcludeerd dat struviet alleen geschikt is voor de bemesting van doperwten. In deze teelt kan maximaal 477 kg struviet per ha op kleigrond en maximaal 91 kg struviet per ha op zandgrond worden toegediend. Verhoging van het N-gehalte in struviet via een opwaardering van het product maakt struviet geschikter voor gebruik in andere fosfaatbehoefte akkerbouwgewassen met name bij de bemesting van consumptie- en pootaardappelen tijdens de rugopbouw en bij plant- en zaaiuien.

TABEL 3.3

BENODIGDE FOSFAATBEMESTING (KG P_2O_5 /HA) VAN AKKERBOUWGEWASSEN MET EEN HOGE FOSFAATBEHOEFTE (DE HAAN & VAN DIJK, 2013)

Fosfaattoestand grond	Fosfaatbemesting
Laag, Pw 11-20	170
Voldoende, Pw 21-30	135
Ruim voldoende, Pw 31-45	95
Vrij hoog, Pw 46-60	45
Hoog, Pw > 60	0

- ➔ Struviet is in de akkerbouw slechts beperkt inzetbaar en voldoet alleen aan de behoefte van N, P en Mg bij de bemesting van doperwten bij een maximaal gebruik van 477 kg struviet per ha op klei en maximaal 91 kg struviet per ha op zandgrond

3.3.3 GESPECIALISEERDE GROENTETEELT

De gespecialiseerde groenteteelt vindt in Nederland plaats op bouwland in de volle grond en onder glas. De groenteteelt onder glas wordt buiten beschouwing gelaten in deze studie aangezien die vooral plaatsvindt op substraat of water waarbij de bemesting gelet op de systemen wordt uitgevoerd met vloeibare of wateroplosbare meststoffen. In dit segment is struviet niet inzetbaar aangezien het dan eerst in oplossing gebracht zou moeten worden. Dit is uiterst lastig en zal waarschijnlijk altijd iets residu (organische stof deeltjes) geven waardoor het irrigatiesysteem verstopt kan raken. Hooguit in de toevoeging aan potgrond die wordt gebruikt voor de opkweek van groenteplanten zou struviet kunnen worden ingezet. Dit segment wordt in paragraaf 3.3.5 behandeld.

In de gespecialiseerde groenteteelt zijn evenals in de akkerbouw de stikstof en fosfaat gebruiks-normen van kracht zoals in paragraaf 3.3.1 zijn vermeld. In tegenstelling tot de akkerbouw wordt in de groenteteelt vaak veel minder dierlijke mest gebruikt. Daar staat echter deels weer tegenover dat er omwille van het op peil houden van het organischestofgehalte er op een perceel soms compostsoorten worden ingezet. Desalniettemin zijn er ook in de groenteteelt gewassen waarbij wegens de fosfaatbehoefte en de te behalen kwaliteitsnormen niet of nauwelijks organische producten worden ingezet. In deze teelten wordt gestuurd met minerale meststoffen. Tot deze groep van gewassen behoren spruitkool, knolselderij en ijsbergsla. Deze gewassen hebben bij een goede fosfaattoestand van de grond al snel een fosfaatbehoefte van gemiddeld zo'n 100 kg P_2O_5 per ha gedurende de teelt (De Haan & Van Geel, 2013). Dit betekent een struviet aanvoer van 455 kg per ha. In werkelijkheid ligt de aanvoer iets lager (Bijlage III, tabel III-4 - III-6). Met een struviet aanvoer zoals hierboven genoemd wordt tegelijkertijd ca. 15 kg stikstof per ha aangevoerd per jaar en 57 kg magnesium (MgO) per ha per jaar. Gebaseerd op de stikstofbehoefte van de fosfaatbehoefte gewassen kan hiermee op jaarbasis niet worden voldaan aan de gewasbehoefte (Bijlage III). De magnesiumbehoefte daarentegen wordt voldoende gedekt door een gebruik van struviet aangezien de gemiddelde behoefte aan magnesium in de gespecialiseerde groenteteelt tussen de 30 en 90 kg MgO per ha bedraagt (De Haan & Van Dijk, 2013).

Op basis van de toedieningsmomenten en de verhouding aan stikstof en fosfaat in vollegrondsgroentegewassen zoals genoemd in bijlage III kan worden geconcludeerd dat struviet alleen geschikt is voor de startbemesting van ijsbergsla in de zomer en herfst indien bij het planten iets minder N wordt gegeven dan volgens een gedeelde stikstofgift op basis van stikstof gehalten in de grond (stikstofbijmestadvies (NBS)) nodig is. Op lössgrond lijken er ook mogelijkheden voor struviet als startmeststof. Echter op deze hoge pH gronden is het risico op ammoniakvervluchtiging uit struviet aanzienlijk hetgeen struviet niet geschikt maakt voor deze gronden. Aanpassing van het N-gehalte in struviet via een opwaardering van het product maakt struviet geschikter voor gebruik in de fosfaatbehoefte vollegrondsgroentegewassen met name bij de bemesting van spruitkool en bijbemesting van knolselderij.

- ➔ **Struviet is in de vollegrondsgroenteteelt slechts beperkt inzetbaar en voldoet alleen aan de behoefte van N, P en Mg tijdens de bemesting van zomer en herfstteelt van ijsbergsla indien er iets minder N wordt gegeven bij aanvang van de teelt.**

3.3.4 GESPECIALISEERDE SIERTEELT

De sierteelt is onder te verdelen in de bollenteelt, de boomteelt en de teelt van vaste planten dat in de volle grond plaatsvindt en sierteelt onder glas (potplantenteelt, perkplanten en bloemisterijgewassen). Hierbij wordt nauwelijks in de grond geteeld (enkele gewassen zoals roos, chrysant, lelies en fresia's uitgezonderd). In deze teelten wordt gebruik gemaakt van zeer hoogwaardige minerale meststoffen waarbij struviet niet snel zal worden ingezet. Voor de teelt in potten en opkweek van siergewassen wordt gebruik gemaakt van potgrond. Deze wordt behandeld in paragraaf 3.3.5. Vandaar dat in deze paragraaf uitsluitend op de sierteelt in de volle grond wordt gefocust.

BLOEMBOLLENTEELT

De bloembollenteelt vindt plaats op zandgrond in Nederland waarbij er vooral een sterke concentratie is in Noord en Zuid Holland en steeds vaker ook de Flevopolders wanneer het gaat om de traditionele bloembollen tulpen, hyacinten, krokussen en narcissen. Bolgewassen als lelies en gladiolen worden eveneens op zandgronden aangetroffen maar dan vooral in oost en zuid Nederland en de Flevopolders (LEI-CBS, 2014). De teelt vindt in alle gevallen plaats op bouwland evenals in de akkerbouw en gespecialiseerde groenteteelt. Derhalve gelden ook in de bollenteelt de stikstof- en fosfaatgebruiksnormen zoals reeds behandeld in de akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt. Gewenst is een fosfaattoestand goed (voldoende) hetgeen overeenkomt met een Pw-toestand 20-25 van de grond (Van Dam & Reuler, 2013). In die situatie dient jaarlijks minimaal de afvoer via bolgewassen en onvermijdbare verliezen gecompenseerd te worden. Ruwweg betekent dit voor bolgewassen dat er 50 tot 60 kg P_2O_5 per ha per jaar moet worden aangevoerd om de P-toestand gelijk te houden. Hiermee wordt ruimschoots voldaan aan de gebruiksnorm. Dit betekent een gewenste struvietaanvoer van 227 tot 273 kg per ha per jaar. Met deze struviet aanvoer wordt 8 tot 9 kg N per ha per jaar en 28 tot 34 kg MgO per ha per jaar aangevoerd. Aangezien er gemiddeld genomen een startgift van 40 kg N/ha nodig is bij aanvang van een teelt (Van Dam & Reuler, 2013) kan struviet hier niet aan voldoen. Ook is de magnesiumaanvoer via struviet te gering voor bloembollen (gewenst is minimaal 50 kg MgO/ha (Van Dam & Reuler, 2013)). Alleen een opwaardering van het N en Mg-gehalte in struviet maakt de inzetbaarheid van struviet als startmeststof in de bollenteelt mogelijk.

➔ **Struviet is in het algemeen in de bloembollenteelt niet inzetbaar als startmeststof wegens een te geringe N- en Mg-aanvoer.**

Daarnaast kent de bloembollenteelt ook een gewasgericht bemestingsadvies waarbij onderscheid wordt gemaakt in gewassen die een hogere fosfaatbehoefte hebben dan andere bolgewassen. Dahlia's, gladiolen, hyacinten en krokussen hebben een hogere P-behoefte dan andere bloembollen. Gemiddeld bedraagt de P-behoefte voor deze gewassen zo'n 75 tot 150 kg P_2O_5 . Dit betekent een benodigde struviet aanvoer van 341 tot 682 kg per ha. In werkelijkheid ligt de aanvoer iets lager (Bijlage III, tabel III-7 – III-10). Met een struviet aanvoer zoals hierboven genoemd wordt tegelijkertijd ca. 12 tot 23 kg stikstof per ha aangevoerd per jaar en 43 tot 85 kg magnesium (MgO) per ha per jaar. Op zee- en duinzandgronden (Zuid en Noord Holland) wordt geadviseerd per bemestingsbeurt niet meer dan 20-30 kg N in de bollen te geven wegens risico op wortelverbranding (Van Dam & Reuler, 2013). Struviet kan daar aan voldoen en is voor de teelt van bloembollen met een hoge fosfaatbehoefte in deze gebieden inzetbaar. In andere gebieden dient vaak meer N bij aanvang te worden meegegeven en voldoet struviet niet in de behoefte van de fosfaatbehoefte bolgewassen. Een uitzondering hierop vormen de dahlia's en gladiolen (Bijlage III). In deze teelten wordt gewerkt met een stikstofbijmeststelsysteem (NBS) waardoor de totale jaarlijkse behoefte in delen wordt gegeven.

- ➔ Struviet is in de bloembollenteelt op zee- en duinzandgronden inzetbaar met een gift van 341 tot 682 kg struviet per ha als startmeststof in de teelt van hyacinten, krokussen, dahlia's en gladiolen.
- ➔ Struviet is in de teelt van dahlia's en gladiolen ook als startmeststof op overige grond inzetbaar tot een maximum van 682 kg struviet per ha per jaar.

BOOMTEELT EN VASTE PLANTENTEELT

De boomteelt inclusief vaste plantenteelt in de volle grond vindt in Nederland vooral plaats in Overijssel, Gelderland, Noord-Brabant, Limburg en Zuid-Holland. In totaal is deze sector ca. 16.000 ha groot (LEI-CBS, 2014). Binnen deze sector kan er een opsplitsing worden gemaakt naar bos- en haagplantsoen, laan- en plantsoenbomen, vruchtbomen, rozen, sierconiferen, sierheesters en vaste planten. Het merendeel van de teelt vindt plaats op bouwland (zand-, zavel-, löss- of kleigrond) waarbij vruchtbomen en laan-, plantsoenbomen voor het grootste gedeelte op kleigrond aangetroffen worden. Ook in deze teelten gelden de eerder genoemde stikstof- en fosfaatgebruiksnormen. De fosfaatbehoefte van de meeste boomkwekerijgewassen is relatief laag. Veel gewassen worden geteeld op gronden met redelijk veel fosfaat (zandgronden in Limburg en Noord-Brabant en kleigronden in Gelderland en Zuid-Holland). Op deze gronden hoeft alleen de jaarlijkse onttrekking van fosfaat door het gewas te worden gecompenseerd via bemesting. Deze hoeveelheden liggen ruwweg tussen 20 en 40 kg P_2O_5 per ha per jaar (Aendekerk, 1996; Aendekerk & De Beuze, 2000). Dit betekent dat in de teelt van boomkwekerijgewassen een struviet aanvoer mogelijk is van 91 tot 182 kg per jaar per ha. Met deze struviet aanvoer wordt 3 tot 6 kg N per ha per jaar en 11 tot 23 kg MgO per ha per jaar aangevoerd. Hiermee kan bij lange na niet worden voldaan aan de behoefte aan stikstof (minimaal 50 kg N/ha bij de start (Aendekerk, 1996)) en magnesium in een teelt. Met name de N is veel te laag hetgeen struviet ongeschikt maakt in de boomteelt. Alleen een opwaardering van het N en Mg-gehalte in struviet maakt de inzetbaarheid van struviet als startmeststof in de boomteelt mogelijk.

- ➔ Struviet is in het algemeen in de boomteelt niet inzetbaar wegens een te geringe N- en Mg-aanvoer.

Enkele belangrijke uitzonderingen op de algemene regel zoals hierboven genoemd zijn de vaste planten en jonge stekken van slecht of langzaam wortelende boomkwekerijgewassen. Tot deze laatste groep behoren onder andere de heideachtige (Ericaceae), enkele fruitstekken en rozen. In een recente verkenning is aangegeven dat de fosfaatbehoefte van een aantal vaste planten soorten hoog is (Van Reuler & Van Dam, 2010). Dit geldt vooral op de duinzandgronden. Aangezien een groot deel van de vaste plantenteelt plaatsvindt op duinzand grond geldt dit dus voor een groot deel van de vaste plantenteelt. Met het gerooide product wordt meer fosfaat afgevoerd (80-90 kg P_2O_5 per ha) dan volgens de regelgeving mag worden aangevoerd. Op basis van deze behoefte kan 364 tot 409 kg struviet per ha per jaar worden aangevoerd. Daarmee bedraagt de aanvoer van stikstof ca. 13 kg per ha per jaar en de aanvoer van magnesium ca. 48 kg MgO per ha per jaar. Alleen bij lage gewenste N-giften zoals op duinzandgronden kan worden voldaan aan de behoefte van het gewas. Gewassen waarvoor dit zou kunnen zijn: Astilbe, Peaonia's (pioenroos) en mogelijk ook Anemonen, Heucheria's, Papavers en Geraniums (Van Reuler & Van Dam, 2010).

- ➔ Struviet is in de vaste plantenteelt op duinzandgrond bij gewassen met een hogere fosfaatbehoefte dan de fosfaatgebruiksnorm inzetbaar als startmeststof indien de startgift met N gering dient te zijn.

Tot de Ericaceae behoren de (dop)heide en Rhododendrons. Met name in de beginfase (eerste jaar) van de teelt is voldoende fosfaat nodig om een goede beworteling te verkrijgen. Deze groep van gewassen staat er bekend om dat de beworteling van stekken en jonge planten vaak erg langzaam verloopt. Een goede beschikbaarheid van fosfaat en niet te veel stikstof (in verband met zoutschade) is dan gewenst. De heide-achtigen hebben bovendien een voorkeur voor schrale zandgrond waardoor er weinig bufferend vermogen voor zowel vocht alsook voor voeding in de grond aanwezig is. In die situatie kan struviet mogelijk uitkomst bieden. Er is een fosfaatbehoefte van 60 tot 80 kg P_2O_5 per ha (Aendekerk & De Beuze, 2000). De N-behoefte ligt ruwweg tussen 25 en 40 kg N/ha (rekening houdend met een N-mineraal gehalte in de grond van 10 tot 25 kg N/ha). In deze teelt kan op basis van fosfaatbehoefte 273 tot 364 kg struviet worden gebruikt. Hiermee wordt 9 tot 12 kg N per ha aangevoerd en 34 tot 46 kg MgO per ha. De stikstof is dus niet voldoende voor dit soort teelten. Alleen wanneer er zou worden besloten om max. 10 kg N/ha bij de jonge stekken te geven zou het kunnen (bij wat humeuze gronden wordt dat soms gedaan). Hetzelfde geldt voor rozenstekken en fruitstekken van soorten die zwak groeien. Ook hier is de maximale hoeveelheid stikstof gekoppeld aan het N-mineraal gehalte waardoor de benodigde aanvangshoeveelheid stikstof laag is. In al deze teelten kan struviet mogelijk als startmeststof worden ingezet.

- ➔ **Struviet is in de boomteelt en vaste plantenteelt bij zwak groeiende soorten en slecht wortelende soorten inzetbaar als startmeststof indien de startgift met N zeer gering dient te zijn. Voorbeelden zijn stekken van heidesoorten, rozen en sommige fruitsoorten.**

Aangezien fosfaat in de boomteelt en vaste plantenteelt uitsluitend bij aanvang van een teelt of teeltseizoen wordt toegediend en niet gedurende het groeiseizoen (Aendekerk, 1996), is struviet gedurende de teelt niet bruikbaar.

- ➔ **Struviet is gedurende het groeiseizoen in de boomteelt en de vaste plantenteelt niet bruikbaar.**

3.3.5 POTGRONDSECTOR

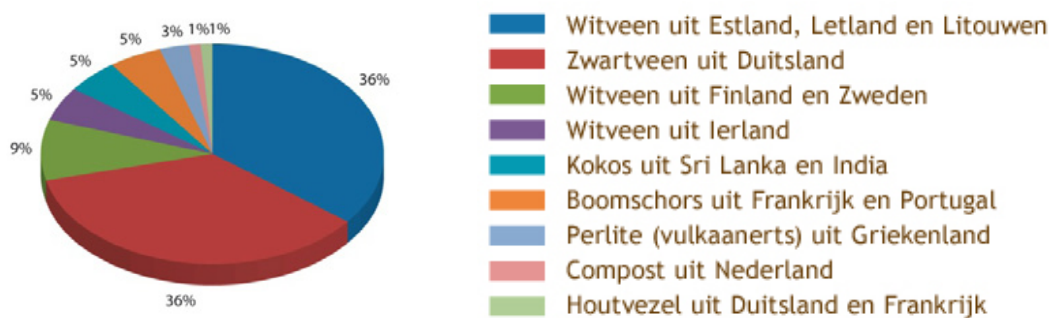
In de boomteelt, de vaste plantenteelt en opkweek van groente- en sierteeltplanten wordt veel gebruik gemaakt van potgronden. Jaarlijks wordt er ca. 4,6 miljoen m^3 potgrond (= ca. 2,3 miljoen ton) in Nederland geproduceerd. Dit is niet alleen voor de Nederlandse markt maar ook voor de export. De belangrijkste component van potgrond is veen (witveen en zwartveen) (Figuur 3.2). De organische materialen zijn arm aan voedingsstoffen. Vandaar dat er aan de meeste potgronden een potgrond mix wordt toegevoegd om de grond te verrijken. Hiervoor wordt veel gebruik gemaakt van de zogenaamde potgrond(PG)-mixen welke 100% mineraal van aard zijn. Deze mixen bevatten NPKMgCa en spoorelementen en zijn van zeer hoogwaardige en zuivere kwaliteit (voorbeelden: PG mix 14-16-18, PG mix 15-10-20, PG mix 12-14-24 (Evers et al., 2000). Ze zijn voorzien van het Regeling Handels Potgronden (RHP) keurmerk hetgeen in de potgrondproductie van toepassing is. Het RHP keurmerk geeft garanties op het gebied van kwaliteit, milieu, veiligheid en inhoud. Zo gelden er onder andere normen voor maximaal toegestane gehalten aan onkruiden en wordt er streng gecontroleerd op aanwezigheid van ziektekiemen van salmonella, e-coli en andere verontreinigingen. Ten aanzien van ziektekiemen geldt er een nultolerantie. Daarnaast garandeert het RHP-keurmerk dat de specificaties van product en volume, die op de verpakking vermeld staan, er ook daadwerkelijk inzitten. Binnen de RHP gelden er vele normbladen voor diverse productgroepen. Aangezien struviet wettelijk meestal als een anorganische fosfaatmeststof wordt getypeerd zouden binnen de RHP de normbladen voor anorganische meststoffen gelden. De ze normbladen zijn

tegen betaling opvraagbaar. De aanwezigheid van organische stof in struviet kan de RHP echter anders doen besluiten. Definitief uitsluitel kan daarom pas worden gegeven na beoordeling van struviet door de RHP zelf en kan aanvullend op deze studie plaatsvinden. Indien een meststof niet RHP gecertificeerd is mag het product niet worden ingezet in RHP potgronden. Het merendeel van de potgronden dat in Nederland wordt geproduceerd valt onder het RHP-keurmerk. Afzet van struviet in de potgrond sector moet in de eerste plaats wegens een sterk afwijkende chemische samenstelling t.o.v. PG mixen en een duidelijk mindere zuiverheid vooralsnog als niet haalbaar worden bestempeld. Daarnaast kunnen zullen ook hygiëne aspecten een belemmering vormen aangezien struvieten niet volledig vrij zijn van pathogenen (Morgenschwies et al., 2015).

- ➔ **Struviet is in de potgrondsector niet inzetbaar wegens een samenstelling aan voedingsstoffen in struviet die niet aansluit bij die van benodigde potgrondmixen en wegens een te geringe zuiverheid.**

FIGUUR 3.2 HET GEBRUIK VAN VERSCHILLENDE ORGANISCHE STOF BRONNEN IN POTGROND (BRON: VERENIGING VAN POTGRONDFABRIKANTEN)

* 1% is circa 56.000 m³



3.3.6 SPORT- EN GROENSECTOR

Op sportvelden wordt zowel bij de aanleg alsook in het onderhoud fosfaatbemesting toegepast. Dit is vooral nodig omdat fosfaat tot een sterke stimulering van het wortelstelsel van grasplanten leidt hetgeen nodig is voor een goede verankering van de zode. De beschikbaarheid van fosfaat is in het voorjaar het laagste wegens lage bodemtemperaturen. Vandaar dat het voorjaar bij uitstek geschikt is om sportvelden van fosfaat te voorzien. Voorts is het moment van groot onderhoud (mei-juni) en de aanleg van een sportveld het moment om fosfaat toe te dienen. De hoeveelheid aan te voeren fosfaat is in de eerste plaats afhankelijk van de P-toestand van de grond. Bij een goede P-toestand van de grond is ruwweg een jaarlijkse aanvoer van ca. 40 kg P_2O_5 per ha nodig. Bij inzaai wordt een hoeveelheid van 80 kg P_2O_5 per ha geadviseerd (De Dorschkamp, 1990). Dit betekent dat er bij regulier onderhoud een aanvoer van struviet mogelijk is van ca. 182 kg per jaar per ha en 364 kg bij inzaai van nieuwe velden. Met deze struviet aanvoer wordt ca. 6 kg N per ha per jaar toegediend bij het onderhoud en ca. 12 kg bij inzaai. Dit is in beide gevallen onvoldoende (gewenst is een N-gift van 30-40 kg per ha bij de inzaai). Er zal dus altijd additioneel stikstof gegeven dienen te worden. Alleen ophoging van het gehalte aan stikstof in struviet maakt struviet beter inzetbaar.

In de sportwereld geldt een fosfaatsnorm van 80 kg P_2O_5 per ha (Besluit Gebruik Meststoffen) en 170 kg N per ha per jaar aangezien sportvelden wettelijk gezien onder de overige gronden vallen. Deze norm is over het algemeen ruim genoeg om sportvelden voldoende fosfaat te geven. Een enkele keer wordt er in de praktijk bij zowel inzaai alsook bij groot onderhoud

aan het eind van de competitie toch iets meer fosfaat toegediend dan volgens de norm mag of het gras direct nodig heeft. Hiermee zou dan in het geval struviet wordt gebruikt ook al snel meer stikstof worden gegeven zodat het product toch beter aansluit bij de N-behoefte. Een stikstofgift van ca. 20 kg per ha per jaar is voldoende wanneer er enkele weken later toch een additionele stikstofgift gepland staat. Hiermee gaat een aanvoer van struviet gemoeid van ca. 588 kg per ha. Daarmee wordt tevens ca. 74 kg magnesium per ha per jaar aangevoerd hetgeen ruimschoots voldoende is voor sportvelden. Optisch zullen velden hierdoor extra groen kleuren. Het is dan ook niet verwonderlijk dat er in deze markt reeds een struvietproduct op de markt is. Alleen bedraagt de NP-verhouding van dit product 1:5 hetgeen beter aansluit bij de behoefte van het gras, beter dan de NP-verhouding van ca. 1:7 als gemiddelde voor struviet.

- ➔ **Struviet is op sportvelden bij aanleg en groot onderhoud inzetbaar met een gift van maximaal 181 tot 364 kg per ha. In de dagelijkse praktijk wordt soms meer fosfaat toegediend dan het advies zodat een gift van maximaal 588 kg struviet per ha niet ongebruikelijk is.**

In 2007 laaide de discussie op over mogelijke uitspoeling van stikstof en fosfaat uit sportvelden. De gedachte was om de dosering van fosfaat sterk te laten afhangen van het gewenste fosfaatgehalte in het gras. Daarbij is als norm aangegeven 3 tot 4 g P per kg ds (Postma & Bussink, 2008). Uit een veldonderzoek van Bussink & Van de Draai (2008) bleek echter dat de huidige bemesting van sportvelden wel te ruim is maarniet leidt tot te hoge uitspoeling van fosfaat. Een directe noodzaak tot aanpassing van bemestingsadviezen omwille van het milieu was derhalve niet nodig en is niet ingevoerd. Mocht dit in de toekomst alsnog worden ingevoerd dan zal de fosfaatbemesting dalen en zal ook mogelijkheid voor het gebruik van struviet op sportvelden sterk afnemen.

Op golfbanen wordt eveneens fosfaatbemesting toegepast. Dit wordt met name op greens en tees gedaan. De bemesting vindt daarbij plaats in kleine giften zodat per keer maximaal 5 tot 10 kg wordt toegediend. In totaal echter niet meer dan 40 tot 50 kg P_2O_5 per ha. Struviet is hierbij omwille van een NP-verhouding 1:7 niet geschikt. Alleen bij aanleg en renovatie van golfbanen is meer fosfaat nodig. Greens en tees worden vaak opgebouwd met schraal zand waarbij de bodemvruchtbaarheid op peil moet worden gebracht. 80 tot 140 kg P_2O_5 per ha zijn dan vaak gewenst om de P-toestand op voldoende niveau te brengen (Carrow et al., 2001; Mc Carty, 2005)). Dit betekent een aanvoer van struviet van 364 tot 636 kg per ha. Hiermee wordt 12 tot 22 kg N en 46 tot 80 kg MgO aangevoerd. Stikstof is wat aan de krappe kant maar magnesium is voldoende.

- ➔ **Struviet is bij de aanleg en renovatie van golfbanen inzetbaar met een gift van maximaal 364 tot 636 kg struviet per ha.**

Op grasvelden in groenvoorzieningen wordt vrijwel niets bemest en dus ook geen fosfaat. Binnen de groenvoorziening wordt uitsluitend bij vakbeplanting waar bijvoorbeeld heesters en rozen in komen nog bemest. Hier luidt het advies bij een goede P-toestand 0 kg P_2O_5 per ha per jaar maar bij een matige P-toestand hetgeen veelvuldig voorkomt 100 kg P_2O_5 per ha. Hierbij wordt vaak gebruik gemaakt van potgrond of aanvulgrond die is bemest. Deze grond heeft niet altijd een RHP-keurmerk of (Regeling Aanvul Gronden (RAG)-keurmerk (een keurmerk voor aanvulgronden onder auspiciën van RHP) nodig. Mogelijk dat struviet hierin kan worden gebruikt. In het geval dat er geen grond wordt aangevoerd kan, gelet op de fosfaatbehoefte, bij een matige P-toestand ca. 455 kg struviet per ha eenmalig bij aanleg worden toegediend. Hiermee wordt tegelijkertijd ca. 15 kg N per ha toegediend en ca. 57 kg MgO per ha. Bij de

aanleg van veel gebruikte heesters is ca. 30 kg N per ha gewenst en bij rozen 110 kg per ha. Op basis hiervan kan worden geconcludeerd dat struviet te weinig N aanvoert. Het verhogen van het N-gehalte in struviet biedt meer afzetkansen. De hoeveelheid magnesium die via struviet wordt aangevoerd voldoet ruimschoots aan de behoefte van de gewassen.

- ➔ **In het openbaar groen is struviet nauwelijks tot niet inzetbaar wegens een te geringe hoeveelheid N in struviet.**

3.3.7 PARTICULIERE MARKT

Ook de gronden uit het particulier segment vallen wettelijk gezien onder de noemer “overige gronden” zoals de sportvelden, golfbanen en groenvoorzieningen. Dat betekent dat er ook voor het gebruik van fosfaat in het particuliere segment normeringen gelden. Voor fosfaat bedraagt de norm 80 kg P_2O_5 per ha per jaar. Daarnaast geldt ook hier de stikstofnorm van 170 kg per ha per jaar. Handhaving van deze normen in het particuliere segment in de praktijk vindt niet plaats. Een overbemesting is echter niet wenselijk gelet op mogelijke effecten voor vegetatie en milieu. In het particuliere segment zijn er vele meststoffen te koop. Er zijn slechts enkele merken die het gehele assortiment bepalen. Als grootste aanbieders en producenten van meststoffen in de particuliere markt kunnen genoemd worden DCM, Ecostyle en Pokon. Daarnaast heeft iedere grote keten in de doe-het-zelf branche of tuinbranche haar eigen merk. Hierbij kunnen genoemd worden Intratuin, Groenrijk, Boerenbond/Welkoop, Tuinwereld, Gamma, Praxis, Karwei, Formido en Hornbach. De herkomst van veel van de meststoffen is vaak gelijk. De oorzaak hiervoor is gelegen in het feit dat minerale meststoffen vaak afkomstig zijn van de grote kunstmesthandelaren in Nederland welke ook in de land- en tuinbouw actief zijn en de organische en organominerale producten afkomstig zijn van slechts 5 producenten voor deze producten in Nederland. Het merendeel van de meststoffen dat voor de particulier verkrijgbaar is, betreft organische en organo-minerale meststoffen. Onder het sentiment van milieuvriendelijk en natuurlijk wordt in de marketing bij de verkoop van meststoffen naar de particulier sterk de nadruk gelegd op deze aspecten bij organische en organominerale meststoffen. Er zijn zelfs tuinentra zoals Intratuin die kunstmest (minerale meststoffen) niet eens meer verkopen. Recycling van grondstoffen zou door marketeers ook goed kunnen worden opgepakt. Dit zou positief zijn voor struviet. Er mogen dan geen mogelijke verontreinigingen in het struviet zitten die het imago zouden kunnen schaden. Aangezien de te koop aangeboden meststoffen bijna altijd totaalproducten zijn, hetgeen inhoudt dat deze producten een breed scala aan voedingsstoffen bevat (stikstof, fosfaat, kalium, magnesium, calcium tot en met spoorelementen), past struviet als product niet tussen deze meststoffen. Temeer ook omdat deze meststoffen altijd een laag gehalte aan fosfaat hebben en veel hogere gehalten aan stikstof en/of kalium. Verrijking van struviet met stikstof en kalium of het inzetten van struviet als grondstof in de productie van meststoffen voor de particuliere markt is mogelijk wel haalbaar. Dit dient nader onderzocht te worden.

- ➔ **In het particuliere segment is struviet in haar huidige vorm nauwelijks tot niet inzetbaar wegens een incomplete voedingsstoffenbalans. Nader onderzoek moet uitwijzen of er mogelijkheden zijn voor struviet als grondstof voor de productie van meststoffen voor de particulier markt of als verrijkt product.**

3.3.8 BIJZONDERE TOEPASSINGEN

Een toepassing van meststoffen waar niet meteen aan gedacht wordt is de bemesting van dijken. In Nederland ligt er ca. 17500 km dijk (Liebrand, 2015). Deze zijn meestal begroeid met grassen of een mengsel van grassen en kruiden. Wegens klimaatverandering zijn diverse

dijken in het recente verleden verhoogd en ook heden ten dage worden er weer opnieuw dijken verhoogd. Om zo snel mogelijk een sterke vegetatie te verkrijgen op de dijken is bemesting noodzakelijk. Veel onderzoek naar de bemesting van dijken heeft er tot op heden niet plaatsgevonden. Volgens een richtlijn van de technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (TAW) daterend uit 1981 dient een jonge dijk jaarlijks ca. 40 kg stikstof per ha te ontvangen (Minderhoud, 1981). Over fosfaat wordt niet gesproken. Kennelijk werd uitgegaan van een fosfaattoestand die voldoende was. Recente bodemanalyses van diverse dijkvakken in het gebied van Waterschap Rijn en IJssel laten echter zien dat de hoeveelheid beschikbare fosfaat laag is en er een fosfaatvoorraad is in de toplaag van dijken die laag tot vrij laag is. In deze situatie is bemesting met fosfaat wenselijk. Aangezien de grassen die op de dijken worden ingezet grotendeels dezelfde zijn dan welke op een sportveld en in de golf worden gebruikt mag voor de P-behoefte een parallel worden getrokken met de behoefte bij inzaai van een sportveld. Hierbij bedraagt de P-behoefte 80 kg P_2O_5 per ha (De Dorschkamp, 1990). Dit betekent een hoeveelheid struviet van 364 kg/ha. Hiermee wordt ca. 11 kg N en ca. 46 kg MgO per ha toegediend. Daarmee wordt niet voldoende N per ha toegediend. Verrijking van het struviet met N is nodig. Afhankelijk van de gewenste aanwezigheid van kruiden dient er ook kalium toegediend te worden in verband met bloei van de kruiden. Naar de hoeveelheid kalium die nodig is wordt momenteel onderzoek gedaan door Lumbricus aangezien er geen normen beschikbaar zijn.

- ➔ **Bij de bemesting van pas aangelegde dijken en bij onderhoud van dijken is het mogelijk om struviet in te zetten als meststof indien het stikstofgehalte wordt verhoogd. Mogelijkerwijs dient ook kalium te worden toegevoegd.**

Een andere bijzondere toepassing van meststoffen en mogelijk ook van struviet zijn daktuinen. De begroeiing van deze tuinen bestaat uit grassen of vetplanten zoals sedum. Recentelijk meldde het vakblad Stad en Groen het geslaagde gebruik van struviet uit urine op de sedum daktuin van het Ministerie van Volkshuisvesting in Arnhem (Stad & Groen, 2014). De aanneemer die het struviet toepaste meldde dit 4 keer per jaar te doen waarna het dak een mooie bedekking kende. Hoeveelheden werden echter niet genoemd. Bovendien is het onduidelijk wat het effect was. Dat deze daken bemest worden is echter ook af te leiden uit het feit dat er zelfs speciale meststoffen beschikbaar zijn. Producten als “ZinCo-Pflanzenfit 4 M” (een meststof met 23% N, 5% P_2O_5 en 10% K_2O), “Groendakvoer Sedum” (een meststof met 5% N, 5% P_2O_5 en 5% K_2O) en een product van de fa. Ecostyle (samenstelling onbekend) zijn op de markt. De sterk wisselende samenstelling geeft reeds aan dat het niet duidelijk is welke hoeveelheden N, P_2O_5 en K_2O er jaarlijks in een bepaalde frequentie gegeven dienen te worden. Onderbouwde bemestingsadviezen zijn er niet. Wel wordt hieruit duidelijk dat alle aanbieders van meststoffen voor deze dakbegroeiing kiezen voor complete meststoffen. Dat is struviet niet. Mogelijk dat struviet geschikt is na aanpassing van het stikstof en ook het kaliumgehalte.

- ➔ **Bij de bemesting van daktuinen is struviet mogelijk inzetbaar. Nader onderzoek is echter vereist of struviet hiervoor verrijkt dient te worden met stikstof en kalium en hoeveel daktuinen nodig hebben aan voeding.**

4

ECONOMISCHE AFZETASPECTEN VAN STRUVIET

4.1 ALGEMEEN

Zoals in hoofdstuk 3 is aangegeven wordt de waarde van struviet hoofdzakelijk bepaald door de nutriënten stikstof, fosfaat en magnesium. Een veelgebruikte methode om de economische waarde van een product in de markt aan te geven is de methode waarbij de waarde wordt afgeleid van de waarde van enkelvoudige minerale meststoffen. Voor stikstof wordt daarbij in Nederland uitgegaan van het prijsniveau van Kalkammonsalpeter met een N-gehalte van 27%. Voor fosfaat wordt Tripelsuperfosfaat genomen met een gehalte aan P_2O_5 van 45%. Magnesium wordt vergeleken met Kieseriet dat een gehalte van 25% MgO heeft. Dit zijn zeer gangbare meststoffen in de veehouderij, akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt. Op basis van het prijsniveau van genoemde referentie kunstmest in 2014 bedraagt de waarde van N, P_2O_5 en MgO resp. € 1,00/kg N, € 0,78/kg P_2O_5 en € 1,13/kg MgO (LEI-CBS, 2015). Het betreft hier de prijs voor gekorrelde product franco geleverd bij de gebruiker. Indien met deze waarde voor de nutriënten in struviet wordt gerekend komt de totale gemiddelde theoretische waarde van struviet uit op een bedrag van ca. € 346,- per ton product (= inclusief kosten voor korrelen (€ 150,- tot € 200,- per ton)). Aangezien prijzen voor minerale meststoffen naar de eindgebruiker meestal in euro's per 100 kg worden uitgedrukt komt dit voor struviet neer op ca. € 35,- per 100 kg product. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat de werking 100% gelijk is aan die van kunstmest.

Berekening theoretische waarde struviet

100 kg struviet bevat	Waarde per nutriënt	Berekende waarde
- 3,4 kg N	x € 1,00/kg N	= € 3,40
- 22 kg P_2O_5	x € 0,78/kg P_2O_5	= € 17,16
- 12,5 kg MgO	x € 1,13/kg MgO	= € 14,13
		= € 34,69

Eveneens wordt de berekening hierboven gebaseerd op het totaalgehalte aan N, P_2O_5 en MgO in struviet. Met name bij fosfaatkunstmest en magnesiummeststoffen is de prijs gebaseerd op het gehalte aan wateroplosbaar nutriënt. Ten aanzien van stikstof wordt alleen de minerale stikstof meegerekend. In de veehouderij, akkerbouw en vollegrondstuinbouw wordt hiervan uitgegaan. Bij struviet zal het gehalte aan minerale stikstof ca. 2,5% bedragen gelet op de aanwezigheid van organische stof en bedraagt het gehalte aan fosfaat oplosbaar in water gemiddeld ca. 3,8% (Analyses Waternet, Waterschap Reest en Wieden, Waterschap Aa en Maas). Magnesium oplosbaar in water is verwaarloosbaar laag. Op deze wijze wordt ook de waarde van struviet bepaald wanneer het product als grondstof voor de productie van meststoffen wordt ingezet. Indien hiermee wordt gerekend bedraagt de waarde van struviet ca. € 5,50 per 100 kg. Voor gekorrelde struviet is dit een reële marktwaarde. Voor niet gekorrelde struviet zal de

waarde lager liggen aangezien het toedienen van niet gekorrelde struviet meer werk met zich meebrengt bij het toedienen of niet door de gebruiker zelf maar door een loonwerker moet worden uitgevoerd hetgeen extra kosten met zich meebrengt (ca. € 8,- per ha (KWIN-AGV, 2012)).

- ➔ De theoretische waarde van struviet op basis van huidige kunstmestprijzen en totaalgehalten aan waardegevend voedingsstoffen bedraagt gemiddeld € 35,-/100 kg voor gekorrelde product franco geleverd bij de gebruiker.
- ➔ De reële marktwaarde van struviet op basis van huidige kunstmestprijzen en mineraal N-gehalte en het gehalte aan wateroplosbaar fosfaat en magnesium bedraagt ca. € 5,50/100 kg voor struviet in korrelvorm of als grondstof in de productie van meststoffen.

Bovenstaande waardebepaling van struviet is zoals aangegeven ook afhankelijk van het marktsegment waarin meststoffen worden afgezet. Met name in de meer gespecialiseerde land- en tuinbouw alsook buiten de land- en tuinbouw worden voor meststoffen vaak beduidend hogere prijzen betaald. Daar staat dan wel tegenover dat de meststof van hoge kwaliteit is en aansluit bij de nutriëntenbehoefte in bepaalde ontwikkelingsfasen van een gewas. Hierdoor worden er op dat moment geen enkelvoudige meststoffen ingezet maar meervoudige meststoffen die aansluiten bij de behoefte van een ontwikkelingsfase van een gewas. Het kunnen inzetten van meststoffen waarmee in één werkgang kan worden voldaan aan de behoefte van het gewas betekent tegelijkertijd besparing van arbeid hetgeen een hogere prijs rechtvaardigt. Het is in de meeste gevallen dan wel van groot belang dat de meststof in korrelvorm beschikbaar is! In hoofdstuk 3 zijn voor diverse land- en tuinbouwsectoren alsook voor de sport en groensector gewassen en bijbehorende ontwikkelingsfasen genoemd waar struviet aansluit bij de behoefte van het gewas. In onderstaande paragrafen wordt voor deze markten de potentiële marktwaarde van struviet berekend, zijnde de vervangingswaarde van meervoudige minerale meststoffen welke in een marktsegment worden gebruikt.

4.2 AKKERBOUW

De akkerbouwsector in Nederland is de grootste afnemer van dierlijke mest waardoor er in veel akkerbouwgewassen dierlijke mest aan het begin van de teelt wordt toegediend. De akkerbouwer krijgt voor een ton varkensmest € 5,80 tot € 9,50 toe. Pluimveemest levert de akkerbouwer € 0,- tot € 3,50 op (KWIN-AGV, 2012). Daar komen dan wel nog kosten voor toediening van de dierlijke mest bij door de loonwerker. Deze kosten bedragen € 1,- tot € 2,- per ton hetgeen betekent dat de akkerbouwer in de meeste gevallen met geld toe de mest op het land gereden heeft. In veel akkerbouwgewassen wordt daarmee de volledige fosfaatnorm van 60 kg P_2O_5 per ha opgevuld. Dan is er dus geen ruimte meer voor struviet dat ook nog eens geld kost. Echter in een aantal gewassen wordt hiervan afgeweken. Het betreft zoals in paragraaf 3.3.2 vermeld de doperwten. Bij aanpassing van het N-gehalte zijn er ook gebruiksmogelijkheden in de consumptie- en pootaardappelen alsook in zaaiuien. Uit bijlage IV blijkt dat het areaal consumptie- en pootaardappelen beduidend groter is dan het areaal zaaiuien en doperwten. Voor de aardappelen geldt dat deze voornamelijk op klei/zavelgrond plaatsvindt in de IJsselmeerpolders en Noord en Zuidwest Nederland. De zaaiuien worden voornamelijk geteeld in eveneens de IJsselmeerpolders en Zuidwest Nederland. Doperwten op zand zijn voornamelijk in Limburg en Noord Brabant te vinden terwijl de doperwten op klei voornamelijk in de IJsselmeerpolders worden aangetroffen (KWIN-AGV, 2012; LEI-CBS, 2015).

Het financiële saldo van de pootaardappelteelt ligt beduidend hoger dan het financiële saldo van consumptieaardappelen, zaaiuien en doperwten (Tabel 4.1). De IJsselmeerpolders zijn voor wat betreft het financiële saldo de meest renderende regio. Het verschil wordt veroorzaakt door een beduidend hogere opbrengst in de IJsselmeerpolders dan in diverse andere delen van Nederland. Hierdoor moet vaak ook iets meer worden bemest hetgeen terug te zien is in het aandeel meststofkosten in de totale kosten voor de teelt (Tabel 4.1). Het financiële saldo van zaaiuien en doperwten bedraagt resp. € 3800,- tot € 5000,- en € 2100 – € 2200,- per ha. Voor de zaaiuien zijn de IJsselmeerpolders het best renderend en bij doperwten is dat het zuidelijke zandgebied. Het aandeel van de meststofkosten in de totale kosten is in beide gewassen nagenoeg gelijk met uitzondering van doperwten op klei. Op de klei hebben de meststofkosten een aanzienlijk groter aandeel in de totale teeltkosten. Dat wordt echter grotendeels veroorzaakt door de hogere kalibemesting op kleigrond ten opzichte van zandgrond.

TABEL 4.1 FINANCIËLE ASPECTEN VAN PootAARDAPPELEN EN ZAAIUIEN IN 2012 IN NEDERLAND (KWIN-AGV, 2012)

Gewas	Saldo (€/ ha)	Kosten meststoffen NP (€/ ha) *	Aandeel meststofkosten in totale kosten (%)
Consumptieaardappel IJsselmeerpolders	4487	374	14,0
Consumptieaardappel Noord Nederland	3289	340	13,3
Consumptieaardappel Zuidwest Nederland	4011	354	14,2
Consumptieaardappel Zuidoost Nederland	4660	304	11,6
Pootaardappel IJsselmeerpolders	8715	233	7,1
Pootaardappel Noord Nederland	7287	199	6,2
Pootaardappel Zuidwest Nederland	6076	213	5,6
Zaaiui IJsselmeerpolders	5009	271	9,3
Zaaiui, Zuidwest Nederland	3804	271	9,7
Doperwt kleigrond	2106	124	5,9
Doperwt zandgrond	2224	22	1,0

*Meststofkosten gebaseerd op verbruikersprijzen voor minerale meststoffen franco geleverd in bulk (KWIN-AGV, 2012).

Bij doperwten worden alle meststoffen vooraf aan de teelt toegediend. Op basis van de N- en P-behoefte in de teelt kan er gemiddeld 477 kg struviet per ha worden ingezet op kleigrond en 91 kg per ha op zandgrond. De ca. 70 tot 80 kg K₂O die er in de teelt per jaar nodig is wordt separaat gegeven. Er zijn geen exacte cijfers bekend over de arealen doperwt op zand en op klei maar aangenomen wordt dat de verdeling 50/50 is. Op basis van de meststofkosten voor N en P in de teelt bedraagt de prijs voor struviet dan minimaal € 24,18 per 100 kg op zandgrond tot maximaal € 26,- per 100 kg op kleigrond uitgaande van 100% werkzame N en P in struviet en gekorrelde product. Dit is een potentiële marktwaarde voor struviet in de teelt van doperwt geleverd franco op het akkerbouwbedrijf. Gelet op eerdere opmerkingen in paragraaf 4.1 zal de gebruiker wel overtuigd moeten worden van het feit dat de werking van struviet 1 op 1 vergelijkbaar is met minerale meststoffen waardoor de reële marktwaarde in eerste instantie beduidend lager kan komen te liggen. De magnesiumaanvoer wordt hierbij buiten beschouwing gelaten. De kosten voor meststoffen zoals genoemd in tabel 4.1 zijn gebaseerd op enkelvoudige meststoffen. In de teelt van doperwten kan ook worden gekozen voor de traditionele minerale meststof monammoniumfosfaat (MAP) met 10% N en 50% P₂O₅ (Evers et al., 2000) De prijs van een dergelijk product bedraagt al snel € 110,- per 100 kg franco geleverd in 25 kg zakgoed (Triferto en Van de Reijt, prijslijst 2013) en wordt daarom slechts weinig gebruikt.

- In de teelt van doperwten op kleigrond is jaarlijks maximaal plaats voor 477 kg struviet per ha in korrelvorm met een potentiële marktwaarde van maximaal € 24,18/100 en is er op zandgrond jaarlijks maximaal plaats voor 91 kg struviet per ha met een potentiële marktwaarde van maximaal € 26,- franco geleverd op het bedrijf.

4.3 GESPECIALISEERDE GROENTETEELT

Uit paragraaf 3.3.3 blijkt dat struviet in de huidige samenstelling uitsluitend kan voldoen aan de N- en P-behoefte van ijsbergsla geteeld in de zomer en herfst. En dan ook nog alleen wanneer er iets minder N (tot max. 12 kg per ha) zou worden toegediend bij het planten. Het totale areaal sla bedraagt in Nederland in 2014 ca. 2027 ha (LEI-CBS, 2015). Naar schatting is ongeveer 40% hiervan ijsbergsla hetgeen neerkomt op ca. 810 ha. Limburg, Noord-Brabant en Noord-Holland zijn de belangrijkste productiegebieden.

Het financiële saldo van ijsbergsla ligt voor het teeltgebied in Noord-Holland tussen € 4809,- en € 3133,- per ha (Tabel 4.2). Van andere teeltgebieden zijn geen kengetallen beschikbaar maar aangenomen mag worden dat er niet heel veel verschil zal zijn aangezien de opbrengst en kosten in een dergelijk korte teelt weinig fluctuatie zullen vertonen. Het aandeel meststofkosten in de totale kosten is voor ijsbergsla relatief laag (Tabel 4.3).

TABEL 4.2 FINANCIËLE ASPECTEN VAN IJSBERGSLA IN NOORD HOLLAND IN 2012 (KWIN-AGV, 2012)

Gewas	Saldo (€/ ha)	Kosten meststoffen NP (€/ ha) *	Aandeel meststofkosten in totale kosten (%)
IJssla (zomer)	3133	171	1,7
IJssla (herfst)	4809	171	1,8

*Meststofkosten gebaseerd op verbruikersprijzen voor minerale meststoffen franco geleverd in bulk (KWIN-AGV, 2012).

Bij het planten van ijsbergsla wordt al het fosfaat toegediend. Dat betekent dat er van struviet gemiddeld maximaal 386 kg per ha mag worden toegediend. De ca. 160 kg K₂O die er in de teelt per jaar nodig is wordt meestal voor een aanzienlijk deel eveneens voorafgaand aan de teelt gegeven en evt. een deel later. Dit maakt struviet veel minder geschikt aangezien er via struviet nauwelijks tot geen kali wordt aangevoerd. Mocht er toch struviet worden ingezet dan bedraagt de prijs van struviet op basis van de meststofkosten voor N en P in de teelt gemiddeld € 44,30 per 100 kg uitgaande van 100% werkzame N en P in struviet en gekorrelde product. Dit is een potentiële marktwaarde voor struviet in de teelt van ijsbergsla geleverd franco op het akkerbouwbedrijf. De magnesiumaanvoer wordt hierbij buiten beschouwing gelaten. De kosten voor meststoffen zoals genoemd in tabel 4.3 zijn gebaseerd op enkelvoudige meststoffen en er wordt bovendien meer N toegediend dan via struviet kan. In de teelt van ijsbergsla zal in veel gevallen worden gekozen voor een NPK meststof die voorafgaand aan de teelt wordt toegediend. Er kan daarbij worden gekozen voor een NPK 7-14-28 (chloorarm) (Evers et al., 2000). De prijs van een dergelijk product bedraagt ca. € 53,50 per 100 kg franco in bulk geleverd (KWIN-AGV, 2012). Daarmee wordt bijna volledig in de kalibehoeft voorzien van de teelt. Daarbij komt nog eens dat het gebruik van struviet in een dergelijk versproduct mogelijk op maatschappelijke weerstand stuit wegens de herkomst van het struviet. Kortom de kans dat struviet in ijsbergsla zal worden ingezet wordt gering geacht waardoor de economische waarde van struviet in ijsbergsla zeer gering zal zijn.

- In de teelt van ijsbergsla is jaarlijks gemiddeld maximaal plaats voor 386 kg struviet per ha in korrelvorm met een potentiële marktwaarde van gemiddeld ca. €44,-/100 kg franco geleverd op het bedrijf. De reële waarde van struviet in ijsbergsla zal waarschijnlijk gering zijn wegens gunstigere alternatieven voor bemesting.

4.4 GESPECIALISEERDE SIERTEELT

In de sierteelt kan struviet als startmeststof aan de behoefte voor stikstof en fosfaat voldoen bij bolgewassen met een hoge fosfaatbehoefte die geteeld worden op zee- en duinzandgrond. Daarnaast is struviet eveneens als startmeststof inzetbaar in de vaste plantenteelt op duinzandgrond met een hoge fosfaatbehoefte.

Dahlia's, gladiolen, hyacinten en krokussen zijn bolgewassen met een hoge fosfaatbehoefte. Uit bijlage IV blijkt dat gladiolen en hyacinten de grootste oppervlakten bestrijken. Hyacinten staan daarbij voor het grootste gedeelte op zee- en duinzand in Noord-Holland en in de Bollenstreek (Schreuder & Van der Wekken, 2005). Gladiolen worden voornamelijk geteeld in Zuidoost Nederland, Zuidwest Nederland en de IJsselmeerpolders. De teelt van krokussen omvat een beduidend geringer areaal evenals dat voor Dahlia's. De krokussen worden geteeld in dezelfde gebieden als de hyacinten met aanvulling van Texel. de Dahlia's worden voor het grootste deel geteeld in de Bollenstreek en het Noordelijk zandgebied (in totaal ca 75% van het totale areaal) (Schreuder & Van der Wekken, 2005).

Uit tabel 4.3 blijkt dat de saldi van de gewassen hoog liggen maar dat de kosten voor meststoffen zeer laag liggen in vergelijking tot de akkerbouw en vollegrondsgroententeelt. Daarbij dient ook nog te worden opgemerkt dat er in de meststofkosten ook de kosten voor kali zijn opgenomen. Gemiddeld genomen hebben genoemde bolgewassen 100 kg K₂O per ha per jaar nodig. Bij een kaliprijs van € 0,60 per kg betekent dit dat er van de genoemde prijs nog eens € 60,- per ha af gaat. Bij hyacinten ontstaat er dan een negatief bedrag voor de kosten van meststoffen. Dit duidt op het gebruik van dierlijke mest of compostsoorten die goedkoop in de regio worden aangeboden. Het is bekend dat er met name in de zee- en duinzandgebieden een behoefte aan organische stof is wegens zeer lage gehalten aan organische stof in deze gronden (Reijneveld, 2013; Locher & De Bakker, 1992)). Hierdoor kiezen bollentelers vaker voor organische bemesting voorafgaand aan de teelt. Dit zorgt ervoor dat alleen struviet met een aanzienlijke hoeveelheid organische stof nog kans op afzet heeft in deze regio's. In gebieden met meer organische stof in de bodem speelt dit veel minder en maakt struviet een grotere kans om ingezet te worden. Gewassen waarvoor dit geldt zijn gladiolen en Dahlia's. Uitgaande van de kosten voor meststoffen in deze teelt verminderd met de kosten voor kali (€ 60,-/ha) bedragen de meststofkosten voor N en P gemiddeld € 60,- per ha. Bij een maximaal gebruik van 682 kg struviet per ha in gladiolen en Dahlia's, gegeven bij de start van de teelt (paragraaf 3.3.4), komt dit neer op een maximale potentiële marktwaarde voor struviet van € 8,80 per 100 kg struviet in gekorrelde vorm. Indien met zuivere enkelvoudige minerale meststoffen wordt gewerkt bedraagt de maximale potentiële marktwaarde voor meststoffen ca. € 29,- per 100 kg. Naar alle waarschijnlijkheid zijn de cijfers voor gladiolen en Dahlia's zoals vermeld in tabel 4.3 uitsluitend gebaseerd op zee- en duinzandgebieden en dus niet realistisch voor andere gebieden met bollenteelt.

TABEL 4.3

FINANCIËLE ASPECTEN VAN BOLGEWASSEN MET EEN HOGE FOSFAATBEHOEFTE IN 2004 IN NEDERLAND (SCHREUDER & VAN DER WEKKEN, 2005)

Gewas	Saldo (€/ ha)	Kosten meststoffen* (€/ ha)*	Aandeel meststofkosten in totale kosten (%)
Dahlia's	16.101	120	1,1
Gladiolen	18.424	128	1,8
Hyacinten	29.408	57	0,6
Krokussen	10.825	124	3,5

* in de meststofkosten zitten ook de kosten voor kali

- ➔ In de teelt van Dahlia's en gladiolen geteeld op andere gronden dan zee- en duinzandgrond lijkt er jaarlijks maximaal plaats te zijn voor 682 kg struviet per ha in korrelvorm met een potentiële marktwaarde van ca. € 9,-/100 kg franco geleverd in zakgoed van 25 kg op het bedrijf.

De totale omvang van de vaste plantenteelt in Nederland bedraagt ca. 1405 ha in 2014 (LEI-CBS, 2015). Gegevens over het areaal fosfaatbehoefte vaste planten (Astilbe, Peaonia's (pioenroos), Anemonen, Heucheria's, Papavers en Geraniums (Van Dam & Reuler, 2010)) zijn niet voorhanden. In dit rapport wordt aangenomen dat deze gewassen ca. 25% van het totale areaal vaste planten innemen. Dat betekent dat deze gewassen een areaal van ca. 351 ha bestrijken. Volgens Van der Wekken & Schreuder (2006) kennen deze gewassen een financieel saldo van € 481,- per 100 m hetgeen neerkomt op € 48.100,- per ha. De meststofkosten bedragen € 300,- per ha. Hierin zitten niet alleen de kosten voor N, P en Mg maar is ook K meegenomen. De behoefte aan kalium bedraagt in de vaste plantenteelt al snel 100 tot 150 kg K₂O per ha per jaar (Aendekerk & De Beuze, 2000). Indien de meststofkosten hiervoor worden gecorrigeerd bedragen deze nog ca. € 225,- per ha. In deze prijs zit ook opgenomen de prijs voor organische meststoffen. Kippenmestkorrels, champost en overige organische producten worden veelvuldig in de vaste plantenteelt gebruikt. Gemiddeld genomen wordt er 20 ton organisch product per ha toegediend tegen € 100,- per ha (Van der Wekken & Schreuder, 2006). Dit betekent dat de kosten voor zuiver N en P slechts € 125,- per ha bedragen. Bij een maximaal gebruik van 364 tot 409 kg struviet per ha (paragraaf 3.3.4) leidt dit tot een maximaal potentiële marktwaarde voor struviet van € 30,56 tot € 34,34 per 100 kg. Aangezien de meststoffen in de vaste planten teelt in 25 kg zakgoed worden geleverd betreft het een prijs in 25 kg zakgoed.

- ➔ In de teelt van vaste planten met een hoge fosfaatbehoefte is er jaarlijks maximaal plaats voor 364 tot 409 kg struviet per ha in korrelvorm met een potentiële marktwaarde liggend tussen ca. € 31,- en € 34,- per 100 kg franco in 25 kg zakgoed geleverd op het bedrijf.

In paragraaf 3.3.4 is ook de groep van gewassen die gestekt worden en waarbij de beworteling minder snel verloopt genoemd als potentiële groep van gewassen waar struviet in zou kunnen worden ingezet. Mogelijk dient dan het struviet wel wat te worden verrijkt met stikstof om in de beginbehoefte van de gewassen te kunnen voorzien. Gewassen die genoemd worden, zijn heide-achtigen (Ericaceae), rozenstekken en vruchtboomstekken. Het areaal van deze gewassen is moeilijk vast te stellen. In totaal tellen de gewassen ca. 2000 ha in 2014 (LEI-CBS, 2015). Aangezien er geen exacte cijfers bekend zijn wordt in dit rapport aangenomen dat het aandeel zwak wortelende stekken ca. 25% bedraagt hetgeen dan neerkomt op zo'n 500 ha. Volgens Van der Wekken & Schreuder (2006) ligt het financieel saldo van deze gewassen tussen een € 23.000,- en € 30.000,- per ha. De minerale meststofkosten bedragen € 200,- tot 300,- per ha. Hierin zitten niet alleen de kosten voor N, P en Mg maar is ook K meegenomen.

De behoefte aan kalium bedraagt in deze groep van gewassen ca. 100 kg K₂O per ha per jaar (Aendekerk & De Beuze, 2000). Indien de meststofkosten hiervoor worden gecorrigeerd bedragen deze nog ca. € 140,- tot 240,- per ha. Bij een maximaal gebruik van 273 tot 364 kg struviet per ha (paragraaf 3.3.4) leidt dit tot een maximaal potentiële marktwaarde voor struviet van € 38,46 tot 87,91 per 100 kg. Aangezien de meststoffen in de vaste planten teelt in 25 kg zakgoed worden geleverd betreft het een prijs in 25 kg zakgoed.

- ➔ In de teelt van boomkwekerijgewassen met traag wortelende stekken is er jaarlijks maximaal plaats voor 273 tot 364 kg struviet per ha in korrelvorm met een potentiële marktwaarde liggend tussen ca. € 39,- en € 88,- per 100 kg franco in 25 kg zakgoed geleverd op het bedrijf.

4.5 SPORT EN GROENSECTOR

In Nederland zijn er ca. 7000 sportvelden waarvan ca. 500 kunstgrasvelden (BSNC, 2015). Met een gemiddelde afmeting van een sportveld van 6800 m² betekent dit dat er in Nederland ca. 4420 ha natuurgras op sportvelden ligt. Daarnaast is golf een grote sector en met ca. 220 golfbanen en gemiddeld 1,5 ha greens en tees die zeer intensief worden bemest levert dit een natuurgras oppervlakte op van 330 ha. De fairways die op golfbanen worden liggen worden minder bemest evenals een aantal andere velden waarop sporten als korfbal en atletiek worden bedreven. Deze velden worden derhalve buiten beschouwing gelaten in deze studie.

Op zowel sportvelden alsook op golfbanen worden reeds veelvuldig NP-meststoffen ingezet bij aanleg, renovatie en groot onderhoud. Bekende NP samenstellingen zijn 4-20 + 10 MgO, 4-30 zonder magnesium en 10-15 zonder magnesium. Het prijsniveau van deze producten ligt tussen de € 55,- en 65,- per 100 kg franco geleverd bij de eindgebruiker. Het betreft dan wel gekorrelde producten in 25 kg zak. Gelet op de samenstelling van struviet en die van bovengenoemde meststoffen mag worden verondersteld dat de potentiële marktwaarde voor struviet in dezelfde range zal liggen dan voor de genoemde meststoffen die reeds in de markt zijn.

- ➔ Op sportvelden en golfbanen is bij aanleg, renovatie en groot onderhoud struviet in korrelvorm inzetbaar met een potentiële marktwaarde liggend tussen € 55 en 65,- per 100 kg franco geleverd bij de eindgebruiker in 25 kg zakgoed.

5

MARKTPOTENTIEEL VOOR STRUVIET ALS MESTSTOF

5.1 HUIDIGE AFZETPOTENTIE

Op basis van het gehalte aan stikstof, fosfaat en magnesium in struviet enerzijds en de behoefte aan stikstof, fosfaat en magnesium in akkerbouw, gespecialiseerde groenteteelt, gespecialiseerde sierteelt, potgrondsector, sport- en openbaar groen sector en particuliere sector anderzijds, blijkt uit hoofdstuk 3 en 4 dat er een aantal gewassen zijn waar struviet afzetmogelijkheden heeft. Op basis van deze gegevens is in bijlage V een overzicht van deze sectoren en gewassen met bijbehorende maximale plaatsingsruimte voor struviet en de potentiële marktwaarde voor struviet weergegeven. Het betreft de maximale afzetpotentie. De maximale afzetpotentie van struviet naar afzetmarkten in de land- en tuinbouw en sport en golf in Nederland bedraagt 6.369 tot 8.317 ton per jaar en kan een financiële opbrengst opleveren van € 2.272.000,- tot € 5.099.000,-. Struviet kan echter nooit de maximale afzetruimte invullen. Er bestaat immers geen meststof die 100% van een afzetmarkt bediend. Concurrerende producten die reeds in een markt bekend zijn en goed werken zullen zeker bij intrede van struviet in een markt het grootste deel van een afzetmarkt in handen houden. Het feit dat er alleen al in Nederland meer dan 1100 meststoffen op de markt zijn (Evers et al., 2000) betekent een enorme concurrentie voor struviet. Onbekendheid en de herkomst van struviet zullen het veroveren van een marktaandeel niet gemakkelijk maken. De maatschappelijke acceptatie zal enerzijds hoog liggen wegens het feit dat struviet een product is van Nederlandse bodem en bestaat uit hergebruikte nutriënten hetgeen het milieu spaart. Het aspect hergebruik van nutriënten speelt echter niet alleen bij struviet. Anderzijds kleeft er aan struviet ook maatschappelijke scepsis wegens onzuiverheden bij struviet en heeft de gebruiker mogelijk bedenkingen over de hygiëne wegens de herkomst van het struviet. Ook dierlijke mest, compost en vele andere stromen welke eveneens stikstof, fosfaat en/of magnesium bevatten hebben inmiddels een stevige positie in de markt. Een ander belangrijk aspect is het feit dat in een markt als sportvelden en golfbanen lang niet alle oppervlakten jaarlijks groot onderhoud ontvangen of dat er opnieuw wordt ingezaaid. Kortom bovenstaande argumenten zullen de werkelijke afzetpotentie van struviet beduidend lager doen zijn dan de maximale afzetpotentie zoals vermeld in bijlage V.

- ➔ **De maximale afzetpotentie van struviet naar afzetmarkten in de land- en tuinbouw en sport en golf in Nederland bedraagt ca. 6.400 tot 8.300 ton per jaar en kan een bruto financiële opbrengst opleveren van ca. 2,3 tot 5,1 miljoen Euro.**

Het weergeven van een reële afzetpotentie is een zeer lastige zaak wegens vele onvoorspelbare factoren zoals hierboven genoemd. Echter bijlage V geeft een zeer beperkte afzetmarkt weer waardoor veel inspanningen voor marktacceptatie en -introductie kunnen worden toegespitst op een klein segment van de totale meststoffen. Deze meststoffen zijn wel in korrel-

vorm hetgeen betekent dat ook struviet in korrelvorm dient te worden aangeboden. Vandaar dat in deze studie wordt aangenomen dat niet 100% maar 5-25% van de afzetmarkten zoals genoemd in bijlage V uiteindelijk wordt bediend met gekorrelde struviet. In de meest behoudende traditionele markten zoals akkerbouw en gespecialiseerde groenteteelt wordt uitgegaan van 5 tot 10%. In de gespecialiseerde sierteelt wordt uitgegaan van 10 tot 20% en in de sport- en golfmarkt van 15 tot 25%. Tegelijkertijd wordt er in dit scenario vanuit gegaan dat de prijs uit bijlage V zo'n 10% lager komt te liggen om een snelle en goede marktpenetratie te krijgen. Het verbruik van struviet blijft gelijk aangezien dit gekoppeld is aan de behoefte van gewassen. De uitkomsten van dit scenario zijn weergegeven in tabel 5.1.

TABEL 5.1 GESCHATTE REËLE AFZETPOTENTIE VAN STRUVIET IN KORRELVORM IN DIVERSE MARKTEN IN NEDERLAND

Sector	Gewas	Areaal (ha)	Potentiële marktwaarde struviet (€/100 kg)	Maximale afzetruimte voor struviet (Tonnen)	Maximaal financiële opbrengst struviet (€ 1000,-)
Akkerbouw	Doperwt op klei	93 - 185	21,76	44 - 88	9,6 - 19,1
	Doperwt op zand	93 - 185	23,40	8 - 17	1,8 - 4,0
Gespecialiseerde groenteteelt	IJsbergsla (zomer/herfst)	397 - 794	39,87	153 - 306	61,0 - 122,0
Gespecialiseerde sierteelt	Dahlia's	11 - 22	7,92	8 - 15	0,6 - 118,8
	Gladiolen	111 - 222	7,92	76 - 151	6,0 - 12,0
	Heide-achtigen, rozen en vruchtbomen	50 - 100	34,78 - 79,12	14 - 36	4,9 - 28,5
	Vaste planten	35 - 70	27,50 - 30,91	13 - 29	3,6 - 9,0
Sport en openbaar groen	Sportvelden	675 - 1.125	50 - 59	122 - 662	61,0 - 390,6
	Golfbanen	50 - 83	50 - 59	18 - 53	9,0 - 31,3
Totaal				456 - 1.357	157,5 - 735,3

Uit tabel 5.1 blijkt dat geschatte reële afzetpotentie een stuk lager ligt dan de huidige productie van ca. 1.500 ton struviet per jaar. Naar de toekomst toe zal de reële afzetpotentie stijgen maar stijgt ook de reële productie welke naar verwachting ruim 6.000 ton struviet per jaar zal zijn.

- ➔ Een meer reële afzetpotentie van struviet in korrelvorm in Nederland in de land- en tuinbouw en sport en golf bedraagt 465 tot ca. 1.400 ton per jaar (lager dan de huidige productie van 1.500 ton per jaar) en kan een bruto financiële opbrengst opleveren van ca. € 160.000,- tot € 740.000,-.

5.2 VERHOOGING AFZETPOTENTIE

Uit hoofdstuk 3 blijkt dat het vooral de NP-verhouding bij struviet is die een grote beperking geeft in de afzetmogelijkheden. De huidige NP-verhouding van 1: 5 - 1: 10 zorgt ervoor dat er doorgaans te weinig stikstof toegediend kan worden via gebruik van struviet en de potentiële gebruiker dit zou moeten aanvullen met een extra strooibeurt van een stikstofmeststof. Dit is in veel gevallen niet gewenst aangezien het extra arbeidskosten voor de gebruiker met zich meebrengt. De NP-verhouding van 1: 10 van het struviet afkomstig van urine mag niet meer als NP meststof worden gezien maar als pure fosfaatmeststof. Dit struviet dient vergeleken te worden met enkelvoudige fosfaatmeststoffen als superfosfaat en tripelsuperfosfaat. Het prijsniveau van deze producten ligt op resp. € 26,70 (19-20% P₂O₅) en € 36,40 (45% P₂O₅) gekorrelde product per 100 kg afgeleverd in bulk op bedrijf. Aangezien is aangetoond dat de

werking van struviet gelijk is aan die van superfosfaat en tripelsuperfosfaat zal de prijs van struviet als enkelvoudige fosfaatmeststof tussen de € 17,80 (vergeleken met TSP) en € 24,20 (vergeleken met superfosfaat) per 100 kg kunnen liggen. Struviet dient dan wel in korrelvorm beschikbaar te zijn. Op basis van LEI-CBS cijfers blijkt dat er jaarlijks ca. 15.000 tot 20.000 ton superfosfaat wordt verbruikt in de Nederlandse markt. Van tripelsuperfosfaat zijn geen cijfers bekend (LEI-CBS, 2015). Omgerekend naar struviet afkomstig van urine betekent dit een maximale afzetpotentie in Nederland van 11.111 tot 14.815 ton per jaar. Uitgaande van een 5-10% te behalen in het marktsegment akkerbouw en gespecialiseerde groenteteelt (hierin wordt het meest met enkelvoudige meststoffen gewerkt) zoals in het scenario in tabel 5.1 is gehanteerd, betekent dit dat er met een NP-verhouding in struviet van 1: 10 een jaarlijkse afzetpotentie is van 555 tot 2.000 ton met een potentiële marktwaarde van ca. € 24- per 100 kg.

➔ **Voor struviet in korrelvorm met een NP-verhouding van 1: 10 is er een reële afzetpotentie in Nederland van 555 tot 2.000 ton per jaar in de akkerbouw en gespecialiseerde groenteteelt met een potentiële marktwaarde van ca. € 24,- per 100 kg.**

Indien de NP-verhouding van struviet 1:2 (NP 10-20) tot 1:3 (NP 8-24) zou bedragen zijn er eveneens meer mogelijkheden voor de afzet. Op basis van de fosfaatbehoefte gewassen die zijn genoemd in hoofdstuk 3 blijkt dat struviet met een aangepaste NP-verhouding ook afzetmogelijkheden krijgt bij de start van poot aardappels, zaaiuien, plantuien en krokussen. Tabel III-11 in bijlage III geeft een samenvatting van de N en P-behoefte in deze teelten bij de start. Op basis van de arealen van de gewassen, struvietbehoefte en potentiële marktwaarde is in tabel 5.2 de geschatte additionele afzetpotentie van struviet in Nederland weergegeven. Hierbij is gerekend met het scenario dat ook bij het opstellen van tabel 5.1 is gehanteerd (5-10% te behalen areaal in akkerbouw en 10-20% in de gespecialiseerde sierteelt en 10% lager prijsniveau). Hiermee wordt een reële schatting gemaakt van de additionele afzetpotentie van struviet wanneer de huidige NP-verhouding van het struviet wordt aangepast. Uit tabel 5.2 blijkt dat er in de fosfaatbehoefte gewassen nog een reële hoeveelheid van 97 tot 229 ton struviet in korrelvorm op jaarbasis kan worden geplaatst met een bijbehorend prijsniveau van € 27,- tot 28,- per 100 kg franco in bulk geleverd op het bedrijf.

TABEL 5.2 GESCHATTE ADDITIONELE REËLE AFZETPOTENTIE VAN STRUVIET IN DIVERSE MARKTEN IN NEDERLAND BIJ EEN AANGEPAST NP-VERHOUDING IN STRUVIET

Sector	Gewas	Areaal	Struviet gebruik (kg/ha)	Potentiële marktwaarde struviet (€/100 kg)**	Maximale afzetruimte struviet (Tonnen)	Maximaal financiële opbrengst struviet (€ 1000,-)
Akkerbouw	Poot aardappel	50 – 100*	477	20,56	24 – 48	4,9 – 9,9
	Zaaiui	143 – 287	386	20,56	55 – 111	11,3 – 22,8
	Plantui 1 ^e jaars	47 – 95	386	20,56	18 – 37	3,7 – 8
Gespecialiseerde sierteelt	Krokussen	23 – 46	341 – 410	20,56	8 – 19	1,6 – 3,9
Totaal					105 – 215	21,5 – 44,6

* Totale areaal poot aardappelen op kleigrond/zavelgrond in IJsselmeerpolders is ca. 1.000 ha.

** Berekende prijs op basis van NP-inhoud meststof.

➔ **Voor struviet in korrelvorm met een NP-verhouding van 1:2 tot 1:3 is er een reële extra afzetpotentie in Nederland van 105 tot 215 ton per jaar in de akkerbouw en gespecialiseerde sierteelt met een potentiële marktwaarde van ca. € 21,- per 100 kg mogelijk.**

Een veel gebruikte samengestelde minerale meststof in de akkerbouw en gespecialiseerde groenteteelt in Nederland en omliggende landen is diammoniumfosfaat (DAP; NP 18-46). Deze meststof heeft een NP-verhouding van 1: 2,5. Dit product heeft een prijsniveau liggend tussen € 45,- en € 50,- per 100 kg in bulk franco geleverd op het bedrijf (Van Hal, 2015; Agrarmarkt NRW, 2015). Bij een struviet met een soortgelijke NP-verhouding maar met een P_2O_5 -gehalte van ca. 23% en N-gehalte van 9% mag de prijs van gekorrelde struviet maximaal € 22,- tot € 25,- per 100 kg kosten. Gelet op het feit dat er meer arbeid gaat zitten in het verstrooien van eenzelfde hoeveelheid fosfaat via struviet vergeleken met DAP, zal de prijs voor struviet in vergelijking met DAP iets lager dienen te liggen om met DAP te kunnen concurreren. De extra aanvoer van magnesium via struviet wordt slechts als een kleine plus gezien in de markt. Op jaarbasis wordt er in Nederland al snel ca. 3.000 tot 5.000 ton gebruikt. Bij 5 tot 10% marktaandeel voor struviet leidt dit tot een additionele reële afzetpotentie van 150 tot 500 ton in Nederland op jaarbasis.

- ➔ Voor struviet in korrelvorm met een NP-verhouding van 1:2,5 vergelijkbaar met de veelgebruikte meststof diammoniumfosfaat (DAP) is er een additionele reële extra afzetpotentie in Nederland van 150 tot 500 ton per jaar in de akkerbouw en gespecialiseerde sierteelt met een potentiële marktwaarde van iets minder dan € 22,- tot 25,- per 100 kg mogelijk.

6

VERKENNENDE ONDERZOEKEN MET STRUVIET IN KANSRIJKE AFZETMARKTEN

6.1 GEWASKEUZE EN ONDERZOEKSOPZET

Uit voorgaande hoofdstukken is gebleken dat er diverse potentiële afzetmarkten voor struviet van communale herkomst kunnen worden aangewezen. Daarbij blijken enkele akkerbouwgewassen, vollegrondsgroentegewassen, bloembolgewassen, boomteeltgewassen, recreatiegrassen en dijkengras een interessante afzetmarkt te zijn. Teneinde ook daadwerkelijk afzet te kunnen realiseren is het belangrijk informatie te verzamelen omtrent de daadwerkelijke werking van struviet in een kansrijk gewas vergeleken met de werking van gangbare meststoffen die momenteel veel in een kansrijk gewas worden gebruikt. Wegens goed te controleren omstandigheden zijn potproeven daarvoor in eerste instantie uitstekend geschikt. Daarnaast kan in potproeven ook een volledige nulvariant (geen bemesting) meegenomen waarmee een effect van alleen de grond duidelijk wordt en het effect van een meststof hiervoor kan worden gecorrigeerd. Met de ervaringen uit de potproeven kan vervolgens in de praktijk de werking van struviet in een kansrijk gewas worden gedemonstreerd (hoofdstuk 7). Op basis van kansrijke gewassen voor de afzet van struviet uit hoofdstuk 3 en 4 en wegens praktische uitvoerbaarheid en teeltduur is in dit onderzoek gekozen voor de gewassen ijsbergsla, dijkengras, gladiolen en het boomkwekerij gewas *Elaeagnus*. De potproeven in ijsbergsla, dijkengras en gladiolen zijn uitgevoerd op de proeftuin van Lumbricus te Herveld. Het onderzoek in *Elaeagnus* is uitgevoerd op kwekerij De Batouwe te Dodewaard.

6.2 IJSBERGSLA

6.2.1 MATERIALEN EN METHODEN

Het onderzoek is uitgevoerd in de verwarmde kas. Voor het onderzoek zijn terracotta kleurige PVC potten met een diameter van gemiddeld 16 cm en een hoogte van 25 cm gebruikt. De potten hebben een inhoud van 4,3 l en een vrije drainage. Op 27 maart 2015 zijn de potten gevuld met onbemeste zandgrond met toevoeging van 5% heidecompost als vochtbuffer. De zandmediaan (M50) van het gebruikte zand bedraagt 300 μm . pH- CaCl_2 van het zand is 5,0. Het fosfaatgehalte van het zand is zeer laag ($\text{Pw} = 7$). De potten zijn geward op een tafel gezet. Water geven is handmatig uitgevoerd op basis van het actuele vochtgehalte gemeten met de W.E.T. sensor. Er is pas water gegeven bij een gemeten vochtgehalte beneden 14 volumeprocenten water gemiddeld in alle potten. Dit komt overeen met een pF van ca. 1,5. Voor het water is gebruik gemaakt van gedemineraliseerd water. Op deze wijze is vocht nooit een beperkende factor voor de gewasontwikkeling. Gemiddeld genomen is om de 2-3 dagen water gegeven.

Op 27 maart 2015 zijn de potten bemest volgens het bemestingsadvies in tabel 6.1 en het schema in tabel 6.2. Er zijn in totaal 3 varianten van meststoffen als P-bron aangehouden,

te weten: Tripelsuperfosfaat (TSP = fosfaatkunstmest met 45% P_2O_5); Vivifos (organominerale meststof met 4% N en 30% P_2O_5); en gewassen struviet (2% N en 20% P_2O_5 en 10% MgO (herkomst: Waternet). Het fosfaat is via de meststoffen op een niveau van 235 kg P_2O_5 per ha toegediend en door de gehele pot gemengd (in de praktijk wordt bij plantbedbereiding de bemesting door de grond gewerkt of pas later over het gewas gestrooid). Dit is het gewasgerichte advies voor ijsbergsla bij een fosfaattoestand van de grond (Pw) lager dan 30 (Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroente-gewassen (De Haan et al., 2013). Alle potten hebben een gelijke hoeveelheid stikstof (N), fosfaat (P_2O_5), kali (K_2O) en magnesium (MgO) ontvangen (tabel 6.1 en 6.2) conform adviesbasis (60 kg N/ha, 235 kg P_2O_5 /ha, 250 kg K_2O /ha en 200 kg MgO/ha bij aanvang).

TABEL 6.1 BEMESTING VOLLE GROND

	Dosering in volle grond (kg/ha)					
	KAS*	TSP*	K50*	Vivifos (NP 4-30)	Struviet (NP 2-20)	Kieseriet*
1) kunstmest	222	523	500	0	0	800
2) organo mineraal	106	0	500	785	0	800
3) struviet	135	0	500	0	1175	330

* KAS = kalkammonsalpeter (27% N); TSP = tripelsuperfosfaat (45% P_2O_5); K50 = kalisulfaat (50% K_2O); Kieseriet = magnesiumsulfaat (25% MgO).

TABEL 6.2 BEMESTING POTTEN

	Dosering in potten (mg/pot)					
	KAS	TSP	K50	Vivifos (NP 4-30)	Struviet (NP 2-20)	Kieseriet
1) kunstmest	444	1046	1000	0	0	1600
2) organo mineraal	212	0	1000	1570	0	1600
3) struviet	270	0	1000	0	2350	660

FOTO 6.1 OVERZICHT OPSTELLING ONDERZOEK (BEGIN)



Het gewas betreft ijsbergsla (*Lactuca sativa*) in perspot. De slapplanten in perspot zijn afkomstig van kwekerij Van Binsbergen te Opheusden. De planten in perspot zijn op 3 april op de zandgrond gezet in de potten (1 plant per pot (foto 6.1)). In totaal zijn er 3 varianten x 4 herhalingen is 12 potten klaargemaakt.

Op 14 april is er met het beregenen bij alle potten 80 ml/pot toegediend van het product Vitamica P3 opgelost in demiwater. Dit is een op zeewier gebaseerde sporenmix om geen gebrek aan spoorelementen in de het gewas te krijgen wegens de zeer schrale zandgrond. Op 28 april en 18 mei is dit nogmaals herhaald. Op 28 mei 2015 zijn de kroppen uiteindelijk geoogst.

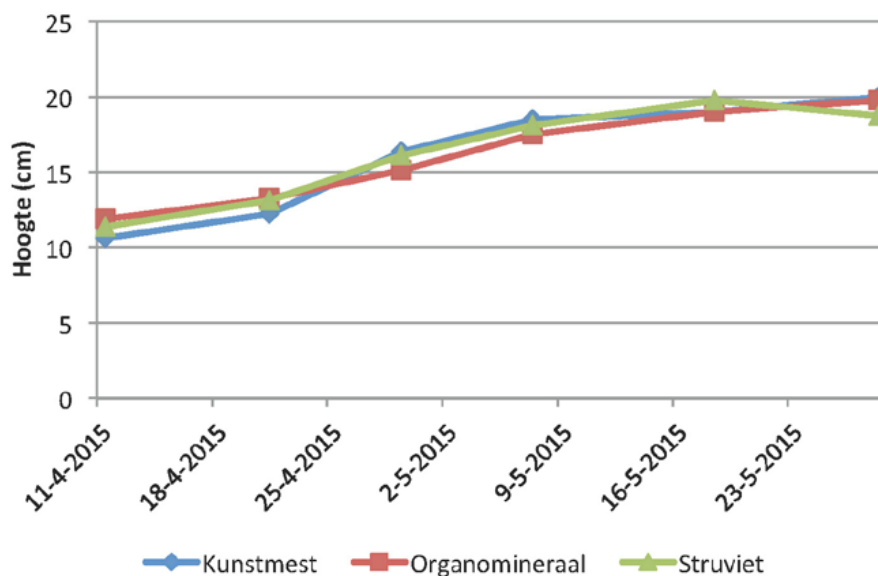
Na het planten van de slaplanten is allereerst de algemene ontwikkeling van de plant gevolgd. Bij de ijsbergsla betekent dit dat de kropvorming is gevolgd, de krophoogte en het al dan niet optreden van typische ziekten als smet of rand welke in ijsbergsla kunnen optreden is gevolgd. Bij de oogst is het versgewicht van de gehele krop bepaald en is de beworteling van de slaplant beoordeeld door de intensiteit van beworteling alsook de wortellengte en wortelkleur te beoordelen.

Bij de start is de onbemeste grond geanalyseerd op bodemvruchtbaarheid. Van alle objecten is dit ook na afloop van de oogst gedaan. De grondanalyses zijn uitgevoerd door Blgg AgroXpertus te Wageningen. Het betreft in alle gevallen een mengmonster van 4 herhalingen. Bij de gewasanalyse zijn per behandeling alle kroppen als mengmonster naar het laboratorium gestuurd voor gewasanalyse. De analyses zijn eveneens uitgevoerd door Blgg AgroXpertus te Wageningen.

6.2.2 RESULTATEN

Ten aanzien van de krophoogte van het gewas zijn er geen verschillen geconstateerd tussen de verschillende meststoffen (Figuur 6.1). Statistische analyse (Bijlage VI) bevestigt dit. Ten aanzien van de kropvorming lijkt het erop dat het gebruik van organominerale meststof en het gebruik van struviet een betere kropvorming geven dan het gebruik van kunstmest (Figuur 6.2). Tussen het gebruik van organominerale meststof en het gebruik van struviet zit nauwelijks verschil. De vermeende verschillen zijn echter niet statistisch betrouwbaar (Bijlage VI). Het zijn slechts zeer geringe aanwijzingen dat er een verschil kan optreden. Aan het einde van de teelt neemt de kropvorming iets af. Dit heeft te maken met het iets losser worden van de krop aan het einde.

FIGUUR 6.1 GEMETEN KROPHOOGTE BIJ IJSBERGSLA



FIGUUR 6.2

BEOORDEELDE KROPVORMING BIJ IJSBERGSLA

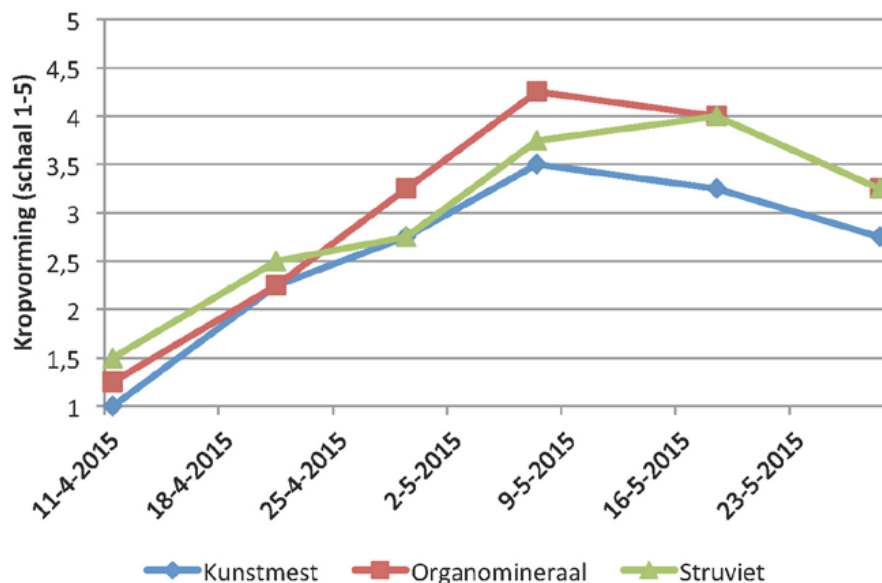


FOTO 6.2

KROPVORMING OP 7-5-2015



Uit figuur 6.3 blijkt dat er vanaf begin april voortdurend een geringe aantasting door ziekte is in alle behandelingen. Het betreft het verschijnsel van rand (een plantfysiologisch probleem). De oorzaak hiervoor is gelegen in het feit dat de relatieve luchtvochtigheid in de kas aan de lage kant is geweest gedurende de gehele teelt in combinatie met een iets te laag vochtgehalte in de potten in april (Figuur 6.4). De wateropname door het gewas heeft in deze periode de verdamping van water via het blad niet kunnen bijhouden. De eenmaal opgetreden rand is zichtbaar gebleven gedurende het verdere verloop van het onderzoek. De verschillen in aantasting bij gebruik van de verschillende meststoffen zijn dermate gering dat deze statistisch niet betrouwbaar zijn. Aan het einde van de teelt is 1 krop bij het gebruik van organominerale meststof aangetast door *Botrytus* (een schimmelaantasting).

FIGUUR 6.3

AANTASTING DOOR ZIEKTE

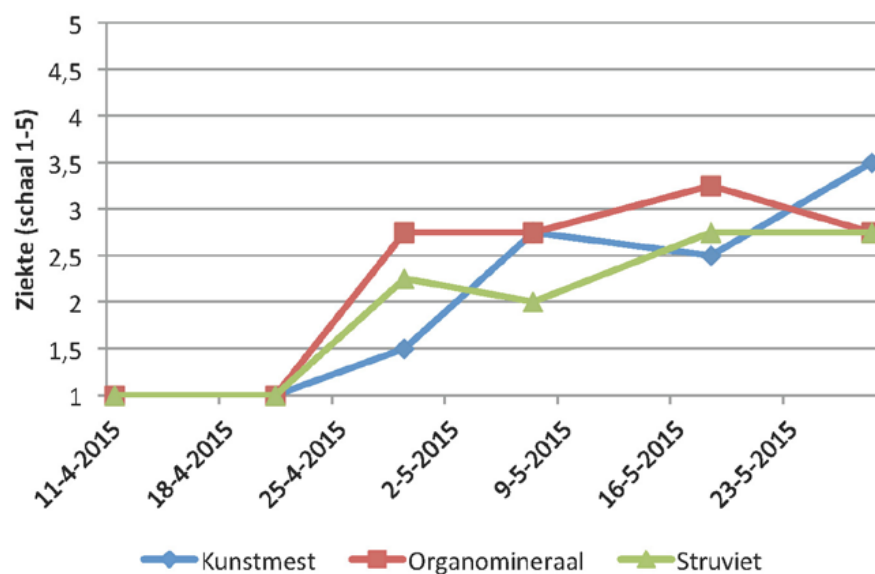


FOTO 6.3

DE ZIEKTE RAND OP 18-5-2015

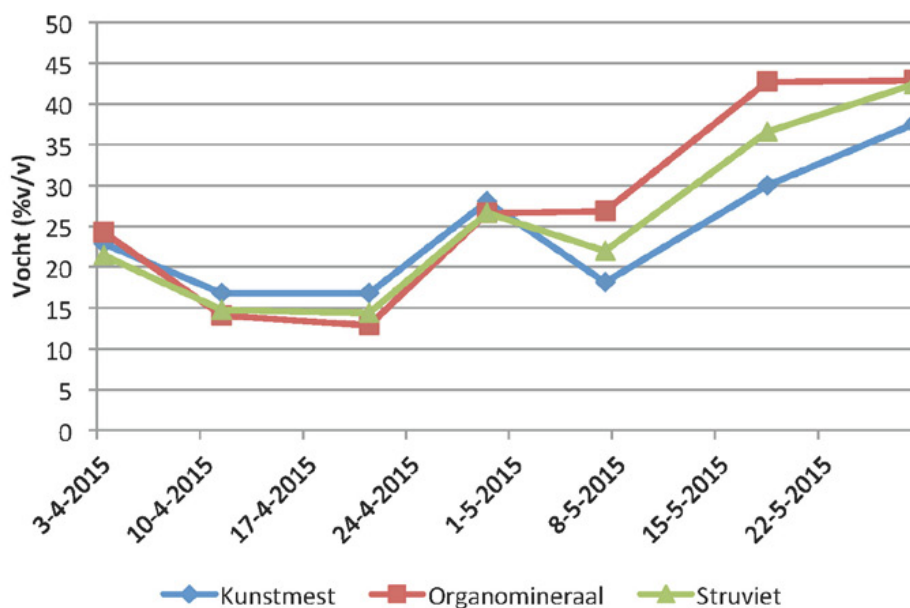


FOTO 6.4

DE ZIEKTE BOTRYTUS OP 28-5-2015



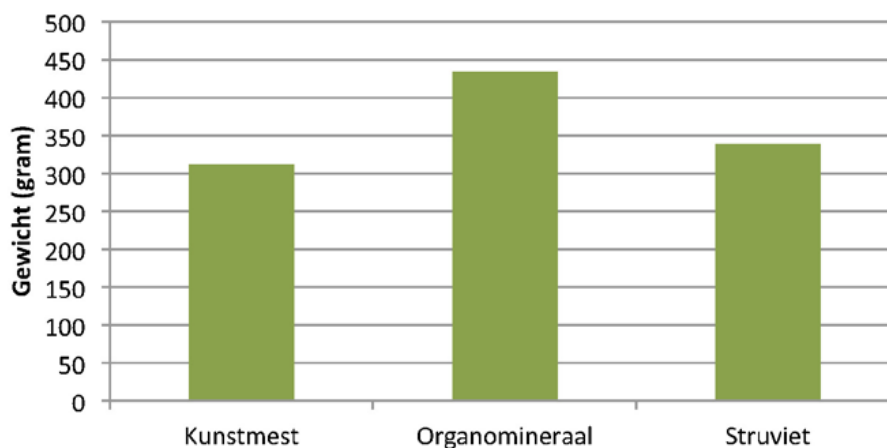
FIGUUR 6.4 VOCHTGEHALTE IN DE POTTEN GEDURENDE HET ONDERZOEK



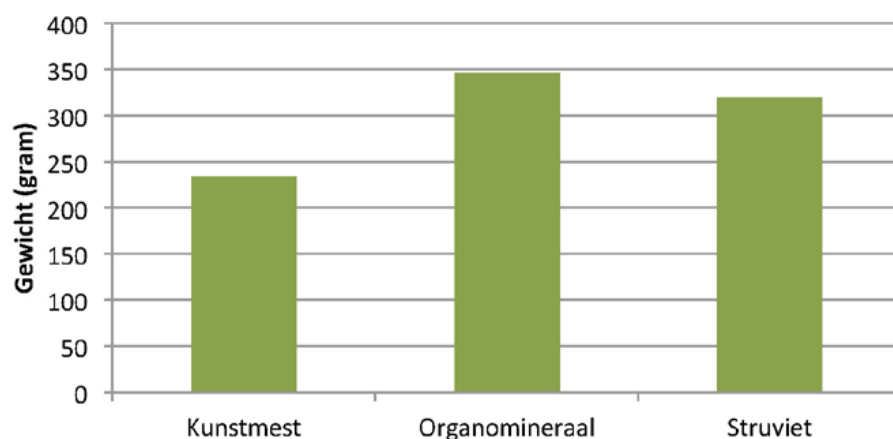
Bij de oogst is het versgewicht van de kroppen bepaald. Zowel het versgewicht van de totale krop alsook het versgewicht van de oogstbare krop. Het lijkt erop dat het gebruik van organominerale meststof leidt tot het hoogste kropgewicht gevolgd door het gebruik van struviet (Figuur 6.5 en 6.6). De verschillen zijn echter niet significant (Bijlage VI). De oorzaak is gelegen in een te grote spreiding binnen een behandeling. Er lijkt slechts een zeer lichte tendens tot een hoger kropgewicht bij gebruik van organomineraal en struviet ten opzichte van het gebruik van kunstmest te zijn. De gemeten versgewichten van de oogstbare krop liggen iets beneden het normale versgewicht van de oogstbare krop (350 -400 gram).

Ten aanzien van de kwaliteit van de krop blijkt uit de gewasanalyse (Bijlage III) dat het gebruik van kunstmest leidt tot een hoger drogestofgehalte in de krop. Met uitzondering van stikstof zijn de gehalten aan mineralen in de krop bij gebruik van kunstmest eveneens iets hoger dan bij het gebruik van struviet en het gebruik van organominerale meststof. De verschillen zijn echter gering. Daarnaast betreft het slechts 1 (meng)monster per behandeling waardoor statistische analyse op de verschillen niet mogelijk is.

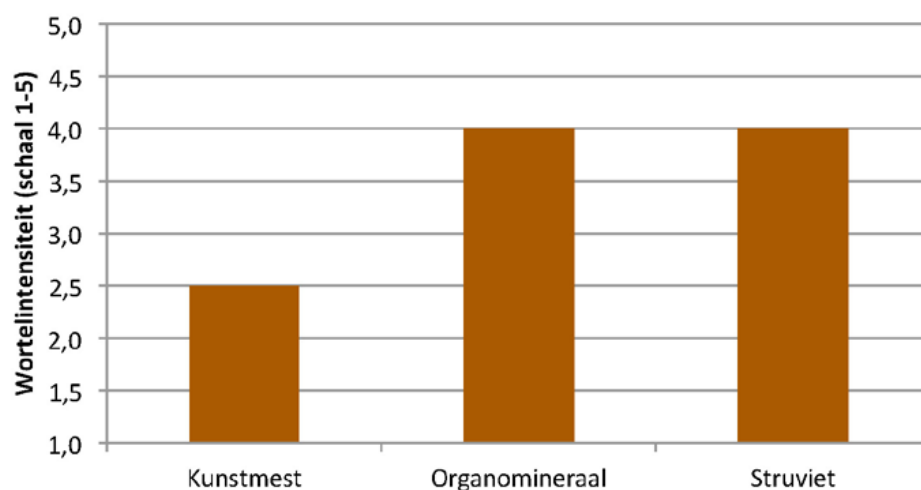
FIGUUR 6.5 VERSGEWICHT VAN DE HELE KROP



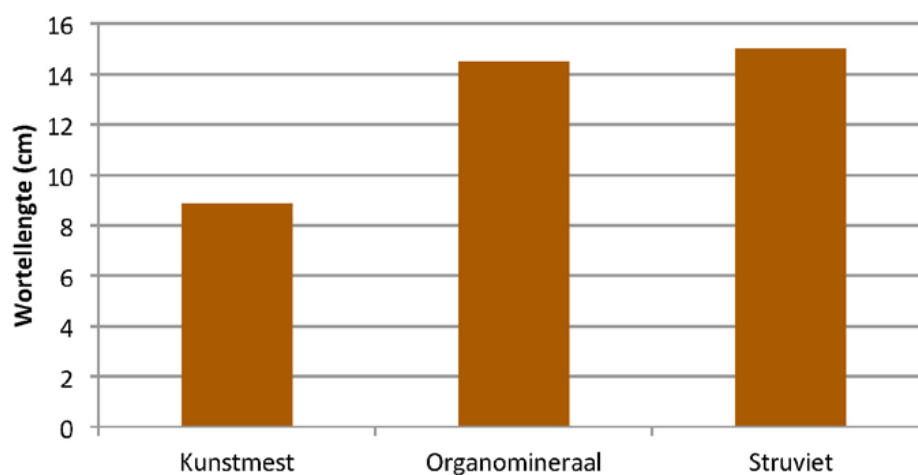
FIGUUR 6.6 VERSGEWICHT VAN OOGSTBARE DEEL VAN DE KROP



FIGUUR 6.7 BEOORDEELDE WORTELINTENSITEIT



FIGUUR 6.8 GEMETEN WORTELLENGTE



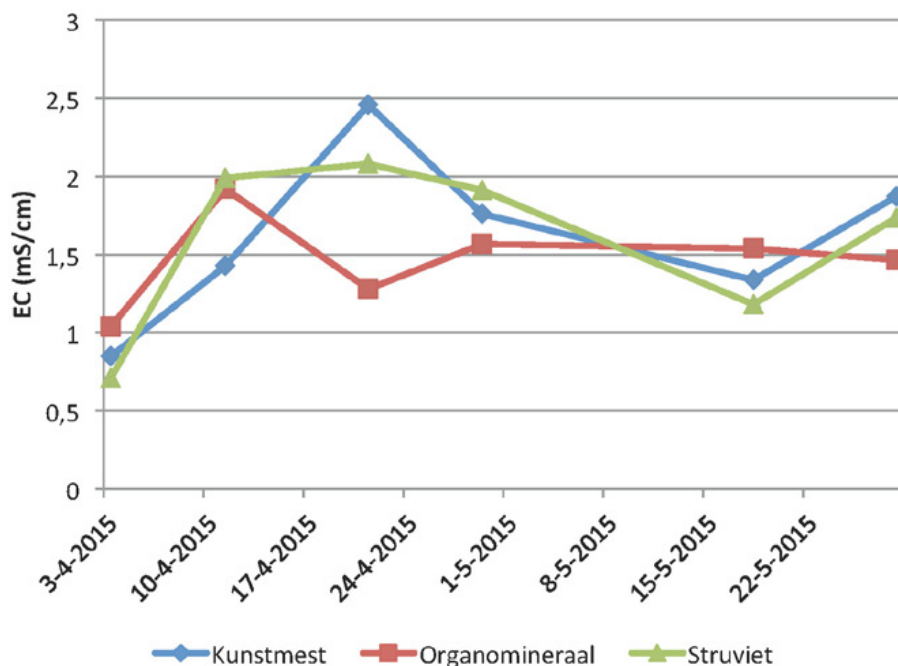
Bij de oogst van de slapplanten is ook de beworteling beoordeeld. Zowel de wortelintensiteit, zich uitend in een dichtheid van de wortelmassa, alsook de wortellengte is bij gebruik van organominerale meststof en struviet beduidend hoger/groter dan bij het gebruik van kunstmest (Figuur 6.7 en 6.8). De verschillen tussen het gebruik van organominerale meststof en struviet enerzijds en kunstmest anderzijds zijn significant (Bijlage VI). Dat de wortels bij het

gebruik van struviet en organominerale meststof actiever zijn blijkt uit het feit dat de kleur van de wortels overwegend wit is ten opzichte van beige bij gebruik van kunstmest (Bijlage VI). Tussen het gebruik van organominerale meststof en struviet zijn nauwelijks tot geen verschillen opgetreden ten aanzien van de wortelintensiteit of wortellengte.

Gekeken is ook naar de beschikbaarheid van voedingsstoffen in de grond bij gebruik van de verschillende meststoffen. Gedurende de teelt is hiervoor de EC gemeten. Dit geeft het totaalgehalte aan opneembare zouten, waaronder voedingsstoffen, in de pot weer. Bij het zeer schrale zand dat is gebruikt in dit onderzoek is er geen nalevering van zouten uit het zand en geeft de EC-waarde een goede indicatie van het totaal aan voedingsstoffen dat uit de meststoffen vrijkomt. Uit figuur 6.9 blijkt dat de EC gemeten bij het gebruik van struviet nagenoeg hetzelfde niveau en fluctuatie vertoont dan bij gebruik van kunstmest. Bij het gebruik van organominerale meststof is de EC met een gemeten waarde van 1,5 mS/cm het meest constant gedurende het grootste deel van het onderzoek. Voor bladgewassen is een EC liggend tussen 1 en 2 mS/cm optimaal. Hieraan wordt vanaf het begin van het onderzoek ruimschoots voldaan. Ter controle is aan het eind van het onderzoek ook een mengmonster per behandeling genomen van het zand in de potten. De resultaten mogen derhalve uitsluitend indicatief worden beschouwd en zijn niet statistisch vastgesteld. Uit de bodemmonsters blijkt dat de P-bodemvoorraad (P-AL) bij het gebruik van struviet en kunstmest nagenoeg gelijk zijn (Tabel 6.3). Bij het gebruik van organominerale meststof is de P-bodemvoorraad een stuk geringer dan bij het gebruik van kunstmest of struviet. De hoeveelheid plant beschikbare P is bij alle behandelingen zeer hoog maar bij organomineraal en struviet wel iets lager dan bij kunstmest. De P-bemesting in het onderzoek is te ruim geweest. Het N-leverend vermogen is bij het gebruik van organominerale meststof en struviet hoger dan bij het gebruik aan kunstmest. Er is een stukje organische N in beide producten dat minder uitspoelingsgevoelig is en daardoor beter beschikbaar blijft voor het gewas. Het gehalte aan beschikbaar magnesium is het hoogste bij struviet. Opmerkelijk is dat er ten aanzien van kalium een hogere beschikbaarheid is bij het gebruik van kunstmest dan bij het gebruik van organominerale meststof of struviet. De kalium is bij alle behandelingen in de vorm van kaliumsulfaat toegediend in een

FIGUUR 6.9

GEMETEN EC IN DE POT



gelijke hoeveelheid en zou niet tot verschillen mogen leiden temeer omdat in het gewas er nauwelijks verschillen zijn en de opname van K bij struviet en organominerale meststof niet hoger is geweest. Bemonstering en analysefouten kunnen tot het verschil hebben geleid. Plant beschikbare magnesium is duidelijk het hoogste bij het gebruik van struviet.

Uit de gewasanalyse (Tabel 6.4) blijkt dat er nauwelijks verschillen zijn in mineralengehalten in de geoogste krop sla bij verschillende bemesting. Alleen is het drogestofgehalte bij gebruik van kunstmest iets hoger. Door het geringere wortelstelsel is er minder water opgenomen bij de bemesting met kunstmest. Het gehalte aan fosfor is bij gebruik van organominerale meststof iets lager ten opzichte van het gebruik van kunstmest en struviet. Mogelijk dat de lagere P-bodemvoorraad hierbij een rol heeft gespeeld. De concentraties koper en zink (ook wel zware metalen genoemd) zijn bij het gebruik van organominerale meststoffen en struviet wel duidelijk lager dan bij kunstmest.

TABEL 6.3 GRONDANALYSE BIJ DE OOGST (BLGG AGROXPRTUS)

	Kunstmest	Organomineraal	Struviet
N leverend vermogen (kg N/ha)	-1	3	4
P plant beschikbaar (mg P/kg)	61,8	49,9	38,0
P bodemvoorraad (P-AL) (mg P2O5/100 g)	27	16	30
K plant beschikbaar (mg K/kg)	105	54	72
K bodemvoorraad (mmol/kg)	3,4	2,2	2,3
Mg plant beschikbaar (mg Mg/kg)	67	54	98

TABEL 6.4 MINERALEN GEHALTEN IN DE GEOOGSTE KROP SLA OP DROGE STOF (BLGG AGROXPRTUS)

	Kunstmest	Organomineraal	Struviet
Droge stof (%)	7,2	5,6	5,7
Kalium (mmol)	1890	1760	1560
Natrium (mmol)	153	168	130
Calcium (mmol)	319	262	195
Magnesium (mmol)	260	218	222
Stikstof-totaal (mmol)	2500	2760	2670
Zwavel (mmol)	181	174	174
Fosfor (mmol)	650	540	630
IJzer (μmol)	8080	6000	5000
Mangaan (μmol)	3770	3260	2570
Zink (μmol)	1380	1240	1160
Borium (μmol)	6400	5500	5600
Koper (μmol)	91	90	112
Molybdeen (μmol)	25,0	11,5	16,7

6.2.3 CONCLUSIES

Op basis van het uitgevoerde potonderzoek in ijsbergsla kunnen de volgende conclusies t.a.v. struviet worden getrokken:

- het gebruik van struviet leidt tot eenzelfde resultaat in krophoogte ten opzichte van het gebruik van organominerale meststof en kunstmest;
- het gebruik van struviet leidt tot eenzelfde mate van kropvorming dan bij het gebruik van organominerale meststoffen en tendert naar een licht betere kropvorming dan bij gebruik van kunstmest;

- het gebruik van struviet leidt tot een gelijke aantasting van rand dan het gebruik van organominerale meststof of kunstmest;
- het gebruik van struviet leidt tot vergelijkbare kropgewichten dan bij het gebruik van organominerale meststof of kunstmest;
- het gebruik van struviet leidt tot een significante verhoging van de wortelintensiteit en significant langere wortels ten opzichte van het gebruik van kunstmest. Ten opzichte van het gebruik van organominerale meststof zijn er geen verschillen;
- het gebruik van struviet leidt tot overwegend vergelijkbare hoeveelheden plant beschikbare voedingsstoffen ten opzichte van kunstmest in een vergelijkbaar afgiftepatroon. Ten opzichte van het gebruik van organominerale meststoffen leidt het gebruik van struviet tot een iets snellere beschikbaarheid van voedingsstoffen direct na toediening;
- in de geoogste krop zijn nagenoeg geen verschillen opgetreden in mineralen gehalten.

6.2.4 DISCUSSIE

Het niveau van plant beschikbare P in de bodem is zeer hoog in alle potten. Hierdoor kunnen verschillen ten gevolge van fosfaat mogelijk niet zijn opgetreden. De P-bemesting is kennelijk te ruim geweest ondanks het feit dat volgens geldend bemestingsadvies is bemest. Effecten van P zijn in het algemeen vooral sterk zichtbaar in de algemene gewasontwikkeling (wegens effect van P op de energievoorziening van het gewas) en zijn zichtbaar in de wortelontwikkeling (P is nodig voor een goede wortelontwikkeling). Ten aanzien van de algemene gewasontwikkeling zijn er geen verschillen geconstateerd tussen de behandelingen en is het mogelijk dat de hoge P-toestand in de potten inderdaad van grote invloed is geweest. Ten aanzien van de wortelontwikkeling zijn echter wel degelijk verschillen en zelfs significante verschillen waargenomen.

Het gemeten versgewicht van oogstbare kroppen ligt iets onder dat van het gemeten versgewicht van oogstbare kroppen in de praktijk. Gelet op de afnemende kropvorming in figuur 6.2 hadden de kroppen mogelijk iets eerder geoogst moeten worden zodat versgewicht dichterbij de praktijk had gelegen. Daarnaast zullen de suboptimale groeiomstandigheden in april ertoe geleid hebben dat de sla zich iets minder goed heeft ontwikkeld. Derhalve zijn de resultaten uit het onderzoek iets minder goed vergelijkbaar met de praktijk.

6.3 DIJKENGRAS

6.3.1 MATERIALEN EN METHODEN

Het onderzoek is uitgevoerd in de verwarmde kas. Voor het onderzoek zijn terracotta kleurige PVC potten met een diameter van gemiddeld 16 cm en een hoogte van 25 cm gebruikt. De potten hebben een inhoud van 4,3 l en een vrije drainage. Op 27 maart 2015 zijn de potten gevuld met onbemeste zandgrond met toevoeging van 5% heidecompost als vochtbuffer. De zandmediaan (M50) van het gebruikte zand bedraagt 300 μm . pH- CaCl_2 van het zand is 5,0. Het fosfaatgehalte van het zand is zeer laag ($\text{Pw} = 7$). De potten zijn geward op een tafel gezet. Water geven is handmatig uitgevoerd op basis van het actuele vochtgehalte gemeten met de W.E.T. sensor. Er is pas water gegeven bij een gemeten vochtgehalte beneden 14 volumeprocenten water gemiddeld in alle potten. Dit komt overeen met een pF van ca. 1,5. Voor het water is gebruik gemaakt van gedemineraliseerd water. Op deze wijze is vocht nooit een beperkende factor voor de gewasontwikkeling. Gemiddeld genomen is om de 2-3 dagen water gegeven. Op 27 maart 2015 zijn de potten gevuld met bovengenoemd zand en bemest volgens het schema in tabel 6.5. Er zijn in totaal 3 varianten van meststoffen als P-bron aangehouden,

te weten: Tripelsuperfosfaat (TSP = fosfaatkunstmest met 45% P_2O_5), Vivifos (organominerale meststof met 4% N en 30% P_2O_5) en gewassen struviet (2% N en 20% P_2O_5 en 10% MgO (herkomst: Waternet))). Daarnaast is er een volledige controle in het onderzoek meegenomen die geen voedingsstoffen heeft ontvangen. Fosfaat is op basis van een van de genoemde meststoffen op een niveau van 60 kg P_2O_5 per ha toegediend. Dit is een hoeveelheid fosfaat die ook in de praktijk wordt toegediend indien dijken worden bemest. Aangezien er geen harde bemestingsadviezen zijn wordt hiervan uitgegaan in dit onderzoek. Alle potten, met uitzondering van de controle, hebben een gelijke hoeveelheid stikstof (N), fosfaat (P_2O_5) en kali (K_2O) ontvangen (tabel 6.5 en 6.6) welke zoveel mogelijk de gangbare praktijk is (10 kg N/ha, 60 kg P_2O_5 /ha, 60 kg K_2O /ha).

TABEL 6.5 BEMESTINGSCHEMA VOLLE GROND

	Doseringschema in volle grond (kg/ha)				
	KAS*	TSP*	K50*	Vivifos (NP 4-30)	Struviet (NP 2-20)
1) controle	0	0	0	0	0
2) kunstmest	37	133	120	0	0
3) organomineraal	7	0	120	200	0
4) struviet	15	0	120	0	300

* KAS = kalkammonsalpeter (27% N); TSP = tripelsuperfosfaat (45% P_2O_5); K50 = kalisulfaat (50% K_2O); Kieseriet = magnesiumsulfaat (25% MgO).

TABEL 6.6 BEMESTING PER POT

	Doseringschema in potten (mg/pot)				
	KAS	TSP	K50	Vivifos (NP 4-30)	Struviet (NP 2-20)
1) controle	0	0	0	0	0
2) kunstmest	76	262	240	0	0
3) organomineraal	16	0	240	400	0
4) struviet	32	0	240	0	600

FOTO 6.5 OVERZICHT OPSTELLING CA. 4 WEKEN NA OPKOMST



Het gewas betreft een mengsel van 30% veldbeemd met 10% Engels raaigras en 60% roodzwenk. Dit mengsel is in de praktijk verkrijgbaar onder de naam D2 dijkmenngsel. Het gebruikte graszaad was afkomstig van de fa. Barenbrug te Oosterhout (Gld). Op 27 maart zijn de potten ingezaaid met 0,3 g graszaad per pot. Dit komt overeen met 15 g graszaad per m² hetgeen in de praktijk op dijken gebruikelijk is. In totaal zijn er 4 varianten x 4 herhalingen is 16 potten klaargemaakt. Tijdens dit onderzoek is uitsluitend de periode van vestiging van het gras aangehouden. Dit is in de praktijk een steeds belangrijker worden thema in verband met voldoende stevigheid van jonge dijken. Het onderzoek is daarom uitgevoerd tot 3 juni waarna de potten zijn gemaaid (geknapt) op ca. 3,5 cm (praktijkhoogte). Aangezien de groei aanzienlijk was wegens het in de kas staan van de potten is er tussentijds (op 7 mei 2015) eveneens een maairoede uitgevoerd. Na de laatste maaibeurt is na enkele dagen nog de hergroei beoordeeld. Op 12 juni is dan het onderzoek definitief gestopt met de beoordeling van de wortels. Na het inzaaien is allereerst de opkomst beoordeeld. Daarna is de algemene ontwikkeling van de plant gevolgd. Vocht en EC in de pot zijn gedurende de gehele looptijd van het onderzoek gevolgd. Bij het einde van het onderzoek is de wortelintensiteit beoordeeld. De wortellengte kon niet worden beoordeeld aangezien in alle potten reeds wortelvorming tot op de bodem van de potten had plaatsgevonden. Bij de laatste maaibeurt is ook het versgewicht van het gemaaid gras bepaald om een indruk te krijgen van de biomassa die er is geproduceerd na een maaibeurt. Van de eerste maaibeurt is dit niet gedaan.

Bij de start is de onbemeste grond geanalyseerd op bodemvruchtbaarheid. Ditzelfde is ook gedaan na afloop per object. Er is per 4 herhalingen een mengmonster voor analyse naar het lab gestuurd. Van de biomassa is er eveneens een mengmonster per behandeling naar het laboratorium gestuurd voor gewasanalyse. De analyses zijn eveneens uitgevoerd door Blgg AgroXpertus te Wageningen.

6.3.2 RESULTATEN

Uit figuur 6.10 blijkt dat de opkomst van het graszaad gemeten op 11-april 2015 het hoogste is bij de controle (onbemest). Op basis van de statistische analyse (Bijlage VII) blijkt dat de opkomst van de controle significant hoger is dan de opkomst van de behandelde objecten. De oorzaak hiervoor is gelegen in de relatief hoge EC waarde aan het begin van het onderzoek (Figuur 6.15). Alle meststoffen zijn in de bovenste cm van de pot doorgemengd en daar opgelost. In combinatie met een paar dagen met hoge licht instraling en temperatuur zoals dat in het begin van het onderzoek was is het zoutgehalte bovenin de pot bij aanvang aan de hoge kant geweest. Tussen de behandelingen is er geen verschil waargenomen.

Na de opkomst is de grashoogte wekelijks bijgehouden. De voeding aanwezig bij behandelde objecten leidt dan reeds snel tot een grotere groei van het gras dan bij de controle (Figuur 6.11). Voor kunstmest is dat in begin nog niet significant ten opzichte van de controle (Bijlage VII). Ten aanzien van struviet blijkt dat de gehele periode van onderzoek de grashoogte significant hoger is dan die van kunstmest en op de meeste momenten ook ten opzichte van organominerale meststof. Het gebruik van organominerale meststof leidt op haar beurt weer tot een significante hoger gras dan kunstmest. Aan het einde van het onderzoek daalt de grashoogte maar dat is 1 week nadat er is geknapt (gemaaid). Na het maaien op 7 mei is er slechts een zeer lichte dip waarneembaar hetgeen aangeeft dat daarna het herstel in alle potten hoog was. Uit figuur 6.12 blijkt dat struviet na het maaien op 3 juni 2015 de sterkste hergroei vertoont. Struviet geeft significant meer hergroei na maaien dan controle, kunstmest of organominerale meststof. De hergroei van kunstmest en organominerale meststof is wel significant hoger ten opzichte van de controle.

FIGUUR 6.10 GEMIDDELTE OPKOMST VAN DIJKENGRAAS NA INZAAI OP 11 APRIL 2015

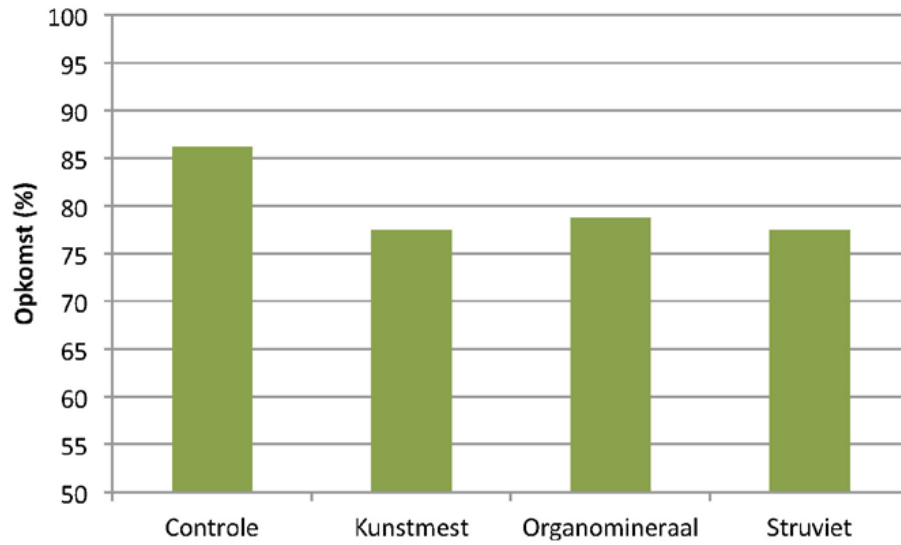
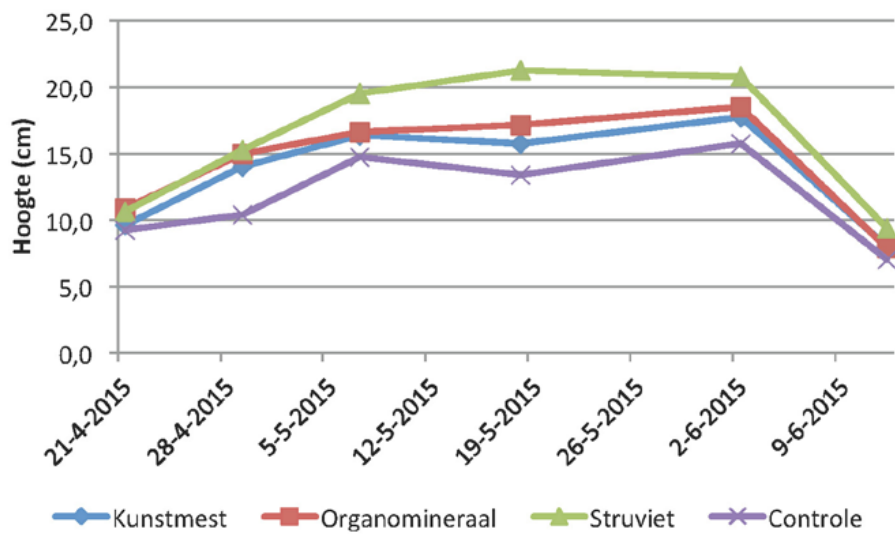


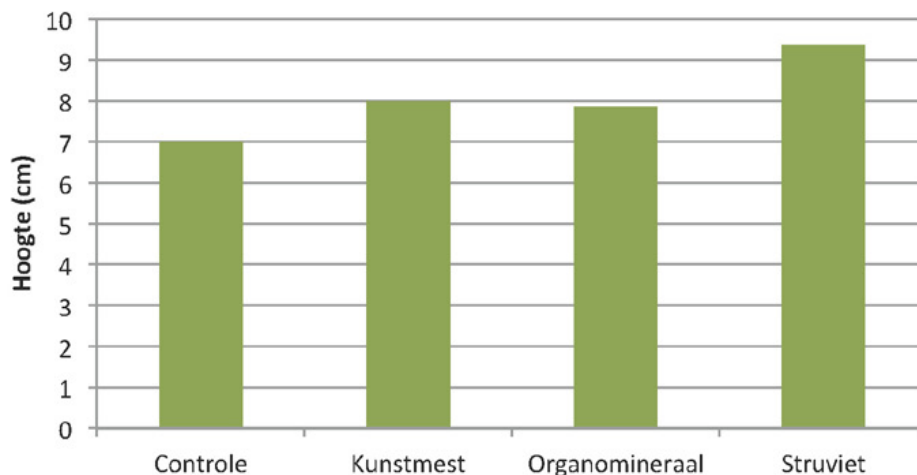
FOTO 6.6 OPKOMST OP 11-4-2015 (1 = CONTROLE; 2 = KUNSTMEST, 4 = STRUVIET)



FIGUUR 6.11 GRASHOOGTE GEDURENDE GEHELE ONDERZOEK



FIGUUR 6.12 GEMIDDELTE GRASHOOGTE OP 12 JUNI 2015 NA RECENT MAAIEN



De grasbezetting is evenals de grashoogte het hoogste bij gebruik van struviet (Figuur 6.12 en foto 6.7). Het percentage grondoppervlak dat bedekt is met gras is significant hoger bij struviet ten opzichte van de controle en kunstmest vanaf het begin van het onderzoek tot aan het einde (Bijlage VI). Met uitzondering van de eerste weken is de grasbezetting van struviet daarna ook significant hoger ten opzichte van het gebruik van organominerale meststof. Bij nagenoeg gelijke vochtgehalte in de potten (Figuur 6.14) en gelijke EC (Figuur 6.15) tussen de behandelde objecten kan worden gesteld dat het positieve resultaat van struviet vooral een gevolg is van een hogere opname van voedingsstoffen door het gras bij gebruik van struviet. Dit blijkt ook uit de gewasanalyses die in het maaisel zijn uitgevoerd (Tabel 6.7). Het gehalte aan stikstof, fosfor, kalium, calcium en magnesium zijn duidelijk hoger bij struviet ten opzichte van kunstmest of organominerale meststof. Gelet op het feit dat er mengmonsters zijn geanalyseerd van het maaisel is statistische analyse niet mogelijk.

FIGUUR 6.13 GRASBEZETTING

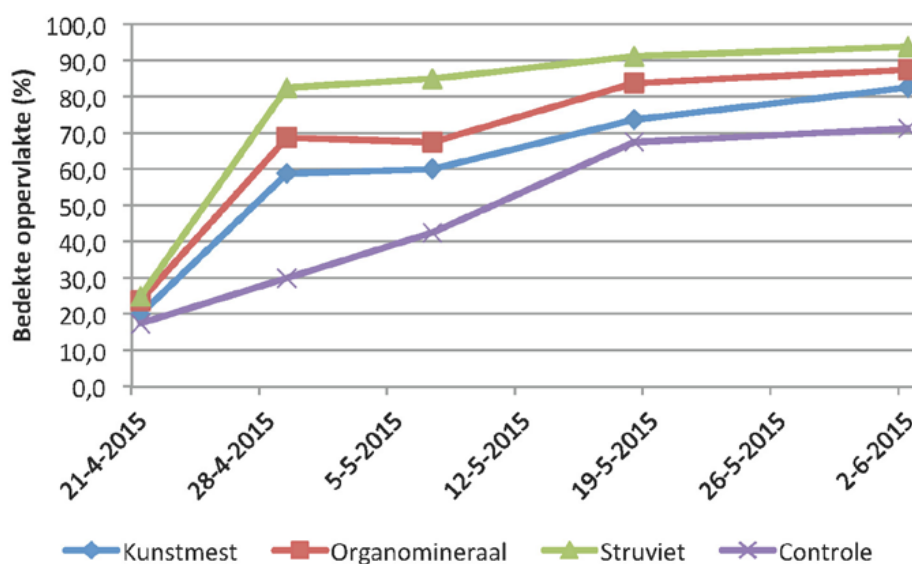


FOTO 6.7

VERSCHILLEN IN GRASDICHTHEID EN KLEUR OP 18-5-2015 (1 =CONTROLE, 2 = KUNSTMEST, 4 =STRUVIET)



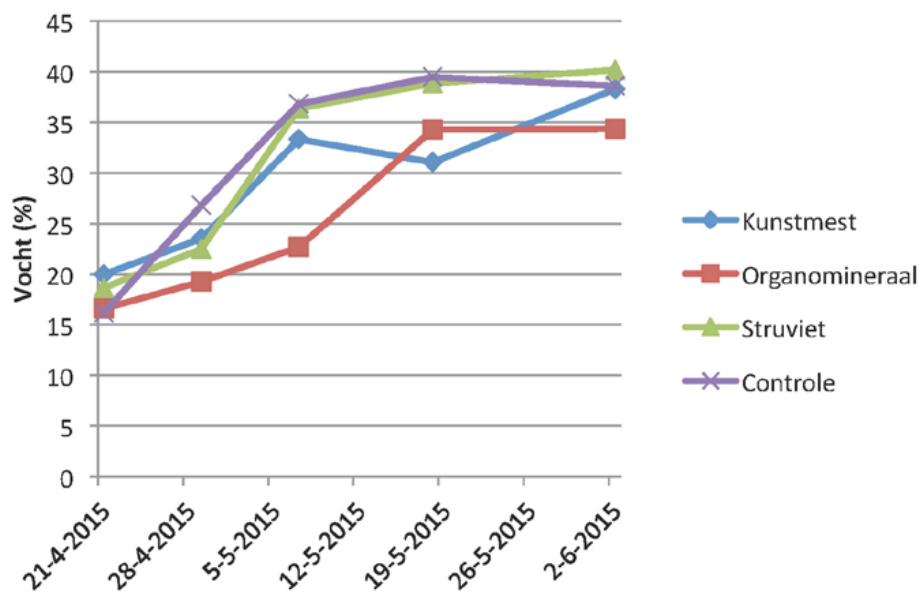
TABEL 6.7

MINERALEN GEHALTEN IN DE GEOOGSTE KROP SLA OP DROGE STOF (BLGG AGROXPERTUS)

	Controle	Kunstmest	Organomineraal	Struviet
Droge stof (%)	25,2	25,5	23,7	25,4
Kalium (mmol)	690	760	710	830
Natrium (mmol)	8,6	7,3	10,9	14,1
Calcium (mmol)	140	107	103	114
Magnesium (mmol)	78	86	77	109
Stikstof-totaal (mmol)	870	740	720	790
Zwavel (mmol)	51	60	66	75
Fosfor (mmol)	123	174	138	194
IJzer (μmol)	1100	2700	3400	1600
Mangaan (μmol)	4310	4000	3750	4260
Zink (μmol)	367	367	337	367
Borium (μmol)	4270	2520	1350	2160
Koper (μmol)	65	76	66	85
Molybdeen (μmol)	57	33,4	31,3	29,2

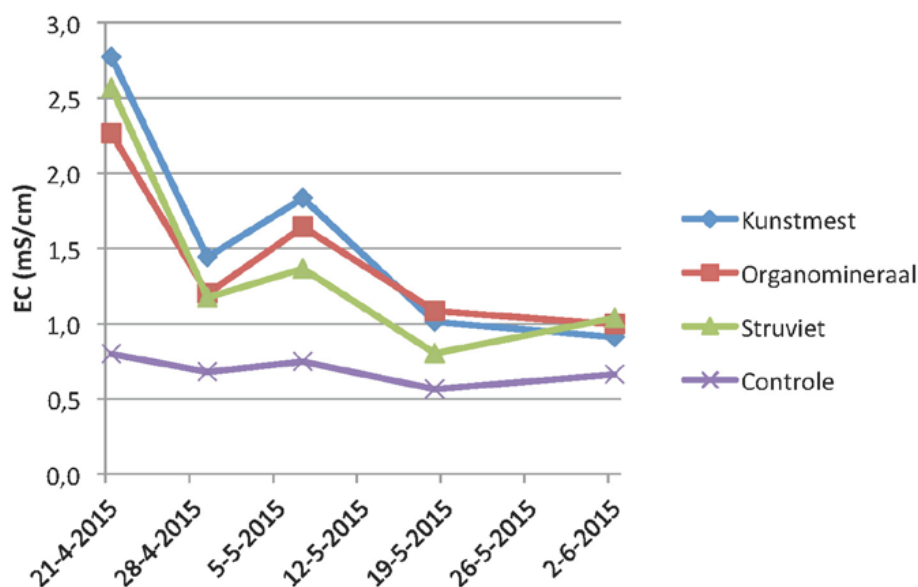
FIGUUR 6.14

VOCHTGEHALTE IN DE POTTEN



FIGUUR 6.15

EC (TOTAAL ZOUTGEHALTE) IN DE POTTEN

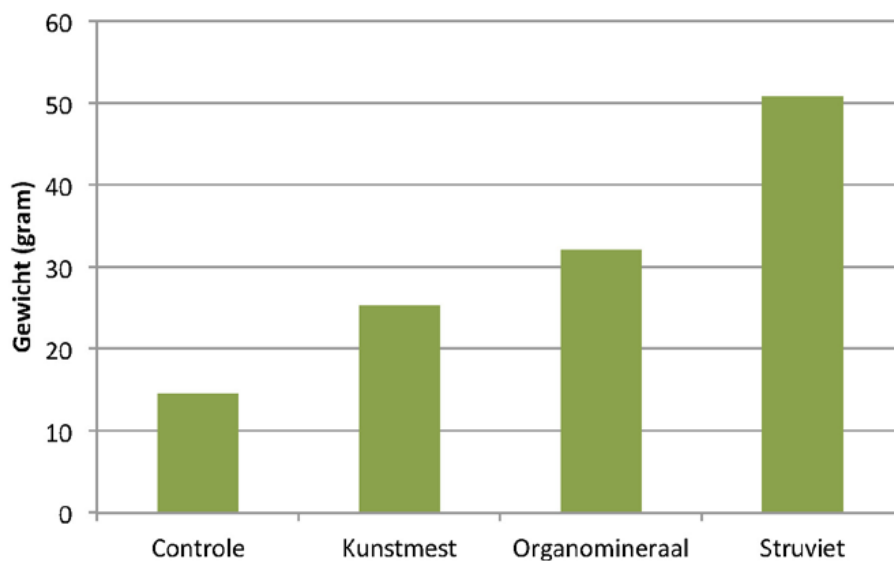


Uit bijlage VII tabel VII-3 blijkt dat ook de kleur van het gras bemest met struviet significant donkerder groen is dan bij de controle en op enkele meet tijdstippen ook significant donkerder dan het gebruik van kunstmest of organominerale meststof. Alleen het verschil met de organominerale meststof is iets minder hard omdat het drogestofgehalte van het maaisel bij struviet meer drogestof bevat dan bij de organominerale meststof waardoor het gras ook iets donkerder kleurt (een hoger drogestofgehalte resulteert in gras al snel tot een iets donkerdere kleur). Ten opzichte van de controle of kunstmest geldt dat niet omdat deze een vergelijkbaar gehalte aan droge stof in het gras hebben (Tabel 6.7).

Nadat op 3 juni 2015 de potten zijn gemaaid is de afgemaaide biomassa per pot gewogen. Uit figuur 6.16 blijkt overduidelijk dat het gebruik van struviet leidt tot de meeste biomassa. Struviet geeft een significant hogere biomassa ten opzichte van de controle en het gebruik van

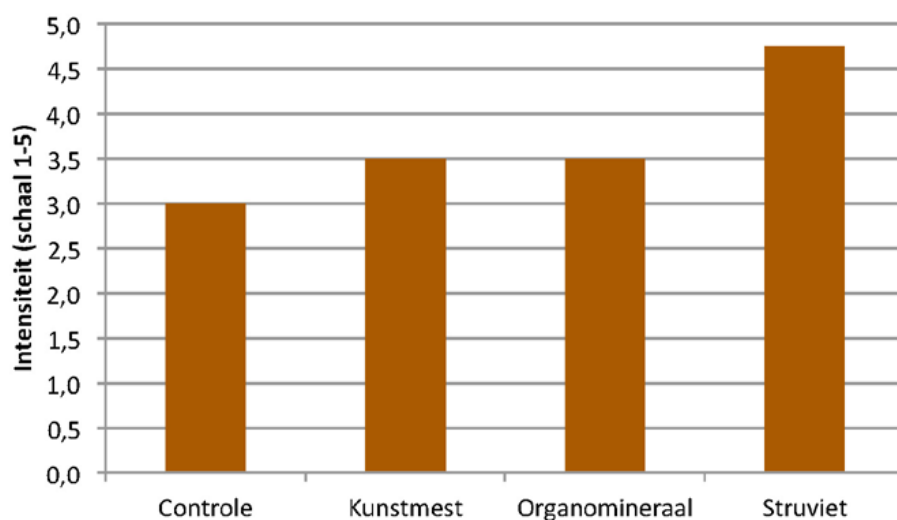
kunstmest of organominerale meststof. Organominerale meststof geeft op haar beurt weer een significant hogere biomassa productie dan de controle of kunstmest. Kunstmest geeft een significant hogere biomassa productie ten opzichte van de controle.

FIGUUR 6.16 GEMIDDELTE HOEVEELHEID BIOMASSA PER OBJECT



Op 12 juni 2015 zijn na het maaien ook de wortels beoordeeld. Daarbij vertoonde alle objecten een wortelontwikkeling tot op de bodem van de pot en zelfs door de ontwateringsgaten van de potten door. Vandaar dat er geen verschillen in wortellengte kon worden vastgesteld. Wel is de wortelintensiteit (doorworteling van de pot) beoordeeld. Uit figuur 6.17 en foto 6.8 a,b,c,d blijkt dat de wortelintensiteit bij gebruik van struviet gemiddeld hoger is dan die bij het gebruik van kunstmest en organominerale meststof alsook hoger dan bij de controle. Struviet geeft zelfs een significant hogere wortelintensiteit dan de controle of kunstmest en organominerale meststof. De verschillen in intensiteit tussen controle, kunstmest en organominerale meststof onderling zijn niet significant. De hogere wortelintensiteit bij struviet gebruik uit zich vooral in meer ontwikkeling van haarwortels en wittere wortels welke een hogere activiteit van wortels weergeven.

FIGUUR 6.17 GEMIDDELTE WORTELINTENSITEIT AAN HET EINDE VAN HET ONDERZOEK



FOTO'S 6.8 A,B,C,D INDICATIE WORTELINTENSITEIT BIJ VERSCHILLENDE OBJECTEN (1 = CONTROLE; 2 = KUNSTMEST; 3 = ORGANOMINERAAL; 4 = STRUVIET)



Aan het eind van het onderzoek zijn grondmonsters naar het lab gestuurd voor analyse op bodemvruchtbaarheid. Uit bijlage V blijkt dat er nagenoeg geen verschillen zijn in bodemvruchtbaarheid tussen de behandelingen kunstmest, organominerale meststof en struviet. Ten aanzien van de controle (onbehandeld) blijkt dat de gemiddelde bodemvruchtbaarheid lager is. Desalniettemin is het gehalte aan beschikbaar fosfaat toch nog hoog volgens de waardering. Dit is uiterst merkwaardig te noemen aangezien het hier gaat om nagenoeg puur zand dat niet is bemest en de bodemvoorraad zeer laag is.

Bij het gebruik van meststoffen is de EC beduidend hoger dan bij de controle (Figuur 6.15). Na een hoge EC bij aanvang daalt deze naar een acceptabel niveau van 1,5 en uiteindelijk 1,0 mS/cm. De EC bij gebruik van struviet ligt iets lager dan de EC bij kunstmest en de organominerale meststof. Aan het eind van het onderzoek is er ook een mengmonster van de grond per behandeling genomen. De resultaten mogen derhalve uitsluitend indicatief beschouwd worden en zijn niet statistisch vastgesteld. Uit de bodemmonsters blijkt dat de P-bodemvoorraad (P-AL) bij het gebruik van struviet en kunstmest lager liggen dan bij kunstmest (Tabel 6.8). Het gewas heeft al veel meer P onttrokken (en is met maaien afgevoerd). De hoeveelheid plant beschikbare P is bij alle behandelingen zeer hoog. Het N-leverend vermogen is bij het gebruik van struviet hoger dan bij de andere behandelingen controle. Het gehalte aan plant beschikbaar magnesium is bij struviet hoger dan bij gebruik van de organominerale meststof en gelijk aan het gehalte bij gebruik van kunstmest.

TABEL 6.8 GRONDANALYSE BIJ DE OOGST (BLGG AGROXPERTUS)

	Controle	Kunstmest	Organomineraal	Struviet
N leverend vermogen (kg N/ha)	1	3	1	7
P plant beschikbaar (mg P/kg)	3,4	14,3	18,4	16,2
P bodemvoorraad (P-AL) (mg P ₂ O ₅ /100 g)	6	30	15	16
K plant beschikbaar (mg K/kg)	20	66	52	40
K bodemvoorraad (mmol/kg)	1,4	2,3	1,6	2,3
Mg plant beschikbaar (mg Mg/kg)	27	46	32	47

6.3.3 CONCLUSIES

Op basis van het uitgevoerde potonderzoek in dijkengras kunnen de volgende conclusies ten aanzien van struviet worden getrokken:

- het gebruik van struviet leidt tot een significant lagere opkomst ten opzichte van de controle (onbehandeld) maar de opkomst is gelijk aan die van kunstmest en organominerale meststof;
- het gebruik van struviet leidt tot een significant hogere groei van dijkengras resulterend in een grotere gewashoogte ten opzichte van controle, kunstmest en organominerale meststof;
- struviet leidt tot een significant groenere kleur in het gras dan de controle, kunstmest en organominerale meststof;
- ook na maaïen leidt het gebruik van struviet tot een significant hoger gewas dan de controle, kunstmest of organominerale meststof;
- het gebruik van struviet leidt tot een significant hogere grasbezetting ten opzichte van de controle, kunstmest en met uitzondering van het begin ook ten opzichte van organominerale meststof;
- struviet leidt tot een significant hoger biomassa productie dan de controle, kunstmest en organominerale meststof.
- het gebruik van struviet leidt tot een significant hogere wortelintensiteit ten opzichte van de controle, kunstmest en organominerale meststof.
- het gebruik van struviet resulteert naar alle waarschijnlijkheid in hogere gehalten aan nutriënten in het blad ten opzichte van controle, kunstmest en organominerale meststof. Statistische toetsing was niet mogelijk.

6.3.4 DISCUSSIE

In het onderzoek is geconstateerd dat het gebruik van struviet resulteert in de hoogste biomassa productie. In een situatie van ingroei van gras op jonge nieuwe dijken is dit een gewenste situatie. Het sneller groeien van het gras leidt tot het sneller maaïen van gras waardoor de uitstoeling van gras wordt bevorderd en de grasbezetting toeneemt evenals de zodesterkte. Dit geeft een snelle bescherming tegen hoog water. In een bestaande situatie kan een hoge biomassa productie op dijken niet gewenst zijn wegens afvoer van maaïsel of vaker maaïen. Dit brengt immers hogere kosten met zich mee. Alleen in het geval een dijk wordt beweïd is de biomassa productie wel interessant wegens voedsel voor bijvoorbeeld schapen.

De hoeveelheid plant beschikbaar fosfaat is in alle potten hoog tot zeer hoog volgens de grondanalyse uitgevoerd aan het eind van het onderzoek. Het laboratorium geeft hierbij een streeftraject aan van 1,5 tot 2 mg P per kg grond. Recent onderzoek van Bussink en Postma (2008) melden een optimale streeftraject van 3 tot 4 mg P per kg grond aan. In dat geval zou

het nagenoeg pure zand bij de controle reeds genoeg plant beschikbaar P bevatten. Dit is zoals reeds gemeld zeer opmerkelijk. Het zand bevat alleen 5% heidecompost hetgeen slechts langzaam mineraliseert. Hieruit kan normaliter nooit voldoende plant beschikbare P komen. Nu is de vochtigheid in de potten optimaal geweest in het onderzoek en de temperatuur in de kas gemiddeld hoger geweest dan in een buitensituatie in dezelfde periode. Hierdoor zal er meer N en P zijn gemineraliseerd en voor de plant zijn vrijgekomen. Het blijft echter nog steeds merkwaardig aangezien de voorraad in de bodem uiterst laag is. Mogelijk dat er door heterogeniteit in de pot ten gevolge van bemonsteringsfout en analysefout afwijkende waarden bij de bodemvruchtbaarheidsanalyse zijn ontstaan.

6.4 GLADIOLLEN

6.4.1 MATERIALEN EN METHODEN

Het onderzoek is uitgevoerd in de open lucht. Voor het onderzoek zijn witte PVC potten met een diameter van ca. 18 cm en een hoogte van 30 cm gebruikt. De potten hebben een inhoud van 7,6 l en een vrije drainage. Op 3 april 2015 zijn de potten gevuld met een onbemeste klei-arme zandgrond (4 % klei, 17% silt, 73% zand) met een pH-CaCl₂ van 7,2. Het fosfaatgehalte van de grond is goed (P-AL = 50). De potten zijn ongeward op het containerveld gezet. Water geven is handmatig uitgevoerd op basis van het actuele vochtgehalte gemeten met de W.E.T. sensor. Er is pas water gegeven bij een gemeten vochtgehalte beneden 20 volumepercenten water gemiddeld in alle potten. Dit komt overeen met een pF van ca. 2. Voor het water is gebruik gemaakt van leidingwater.

Op 10 april 2015 zijn de potten bemest volgens het schema in tabel 6.9. Er zijn in totaal 3 varianten van meststoffen als P-bron aangehouden, te weten: Tripelsuperfosfaat (TSP = fosfaatkunstmest met 45% P₂O₅); Vivifos (organominerale meststof met 4% N en 30% P₂O₅); en struviet (3% N en 17% P₂O₅ en 10% MgO (herkomst: Reest en Wieden)). Al het fosfaat is op basis van een van de genoemde meststoffen op een niveau van 50 kg P₂O₅ per ha toegediend. Dit is gebaseerd op de gemeten bodemvruchtbaarheidstoestand en de behoefte van de gladiolen gebaseerd op de Adviesbasis voor de bemesting van bloembollen (Van Dam en van Reuler, 2013). Alle potten hebben een gelijke hoeveelheid stikstof (N), fosfaat (P₂O₅) en kali (K₂O) ontvangen (tabel 6.9 en 6.10) welke volgens de bemestings-adviesbasis voor bloembollen voor gladiolen nodig is bij de start (50 kg N/ha, 50 kg P₂O₅/ha, 60 kg K₂O/ha en 50 kg MgO/ha). Tijdens de teelt is er 3 keer stikstof bij bemest in een hoeveelheid van ca. 50 kg/ha conform het stikstofbijmestadvies voor gladiolenkralen.

TABEL 6.9 BEMESTING VOLLE GROND

	Dosering in volle grond (kg/ha)					
	KAS*	TSP*	K50*	Vivifos (NP 4-30)	Struviet (NP 3-17)	Kieseriet
1) kunstmest	185	110	120	0	0	200
2) organomineraal	162	0	120	165	0	200
3) struviet	164	0	120	0	295	200

* KAS = kalkammonsalpeter (27% N); TSP = tripelsuperfosfaat (45% P₂O₅); K50 = kalisulfaat (50% K₂O); Kieseriet = magnesiumsulfaat (25% MgO).

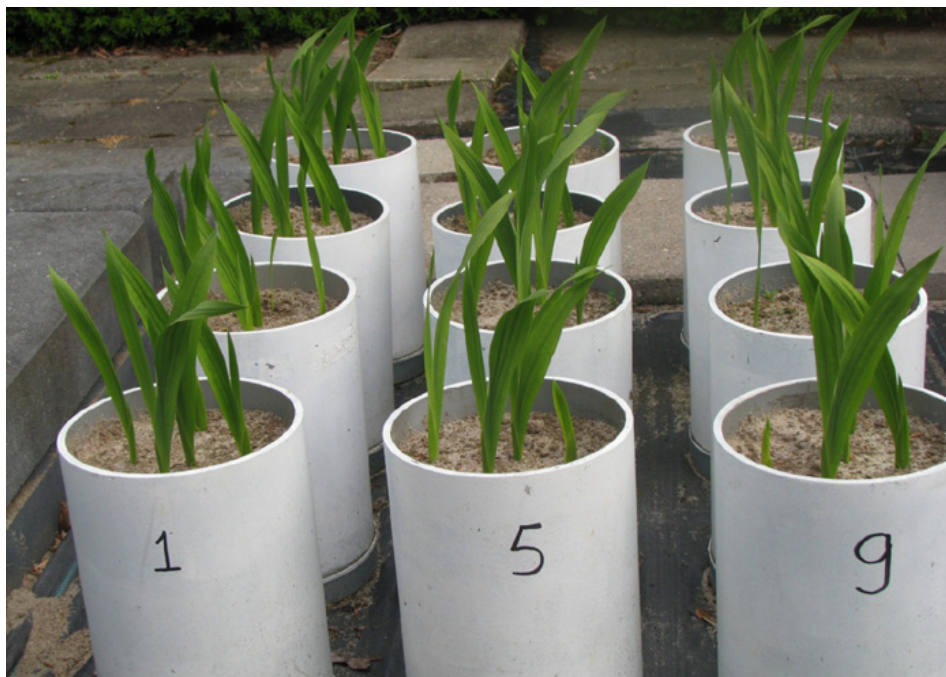
TABEL 6.10

BEMESTING PER POT

	KAS*	TSP*	Doserings in pot (mg/pot)			
			K50*	Vivifos (NP 4-30)	Struviet (NP 3-17)	Kieseriet
1) kunstmest	370	220	240	0	0	400
2) organomineraal	324	0	240	330	0	400
3) struviet	330	0	240	0	590	400

FOTO 6.9

OVERZICHT OPSTELLING CA. 4 WEKEN NA OPKOMST



Het gewas betreft gladiolen van het ras Cream perfection. De gladiolen zijn afkomstig van de fa. Nijenhuis te Espel (NOP) waar ook het demonstratieperceel ligt met vergelijkbare gladiolen-ras en bemeste object met struviet. Op 14 april zijn er 5 gladiolenbollen per pot geplant. Dit komt overeen met de plantdichtheid in de praktijk. In totaal zijn er 3 varianten x 4 herhalingen is 12 potten klaargemaakt.

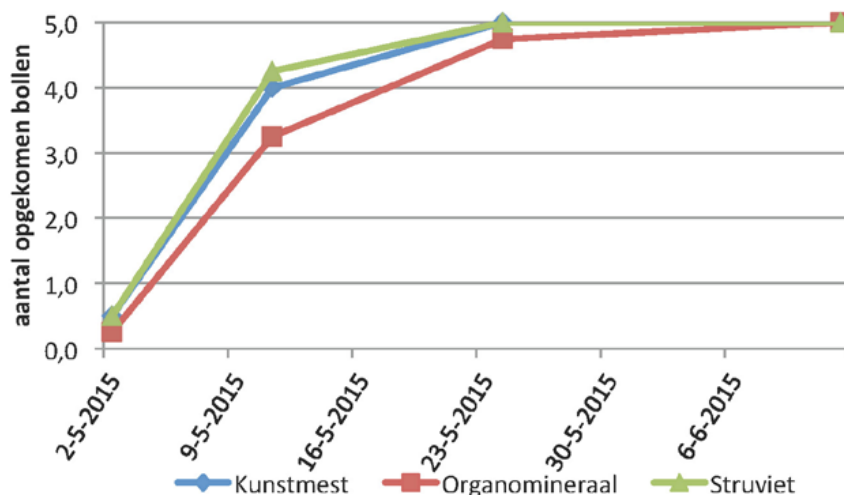
Na het planten is allereerst de opkomst beoordeeld. Daarna is de algemene ontwikkeling van de plant gevolgd. Vocht en EC in de pot zijn gedurende de gehele looptijd van het onderzoek niet structureel gevolgd maar af en toe ter controle gemeten. Met name in droge tijden om te beoordelen of water geven nodig was. Bij het einde van het onderzoek zijn op 29 oktober 2015 alle bollen geoogst en is het aantal kralen bepaald (kleine jonge bollen voor plantmateriaal volgend jaar) alsook de sortering van de kralen op maat. Van de moederbol is het gewicht bepaald. Bij de start is de onbemeste grond geanalyseerd op bodemvruchtbaarheid. Na afloop is hetzelfde nogmaals gedaan per behandeling. Hierbij is er een mengmonster van de 4 herhalingen genomen.

6.4.2 RESULTATEN

Uit figuur 6.18 blijkt dat de opkomst van de gladiolen aanvankelijk het snelste verloopt bij de behandeling struviet en kunstmest. Op basis van de statistische analyse (Bijlage VIII, tabel VIII-1) blijkt dit verschil niet significant te zijn. Op 12 juni zijn in ieder pot alle bollen opgekomen en zijn geen verschillen meer waargenomen

FIGUUR 6.18

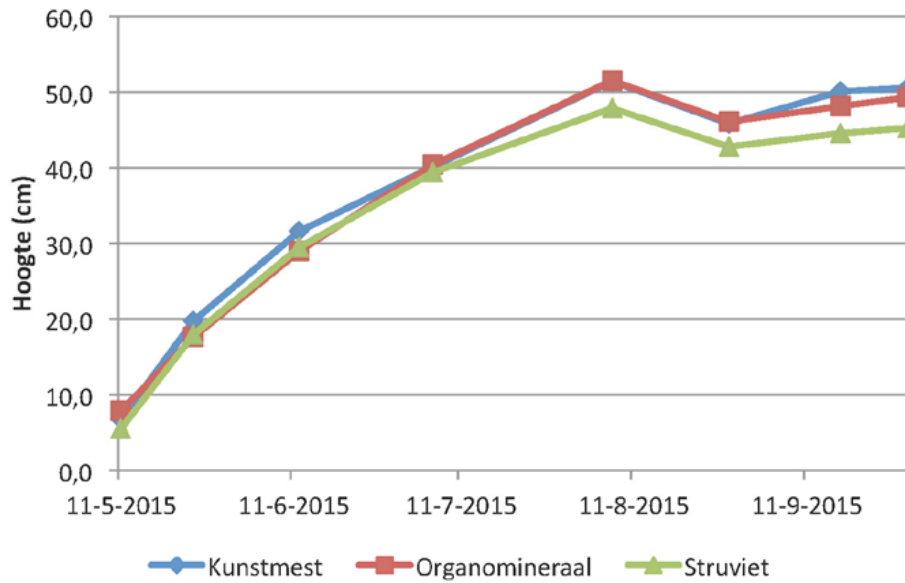
OPKOMST VAN GLADIOLEN



Uit figuur 6.19 blijkt dat in de eerste helft van de teelt tot augustus er geen verschillen in de gewashoogte zijn geconstateerd. De gewaskleur is dan ook hetzelfde. Er zijn wel wat verschillen tussen de 5 gladiolen in een pot maar dit wordt uitgemiddeld wanneer de behandelingen met elkaar worden vergeleken. De spreiding in hoogte van de gladiolen in een pot is bij elke behandeling nagenoeg even groot. Op 7 augustus is de gemiddelde hoogte van het gewas bij de behandeling met struviet significant lager dan bij de andere behandelingen. Een opgetreden ziekte lijkt hier de oorzaak van te zijn. Dit blijft de gewashoogte bij de behandeling met struviet de rest van de teelt parten spelen. Echter later in de teelt zijn de verschillen in gewashoogte niet meer significant aangezien de andere potten ook zijn aangetast door de ziekte. Daarnaast is het gewas in alle potten op 18 augustus geknipt op 40 cm. Dit is conform de praktijk en wordt gedaan om niet te veel energie in het gewas te laten gaan maar in de ontwikkeling van de bol met kralen. Dit heeft ertoe geleid dat vooral het door ziekte aangetaste loof minder hard is gegroeid na het knippen waardoor er binnen een pot grotere verschillen zijn opgetreden. Deze spreiding heeft vervolgens geleid tot het niet significant zijn van de hoogteverschillen tussen behandelingen (Bijlage VIII). Na het knippen tendeert het gebruik van struviet naar een geringere gewashoogte evenals het gebruik van de organominerale meststof. De bladeren die door de ziekte zijn aangetast zijn geringer van kleur (foto 6.10).

De ziekte aantasting die optreedt in augustus is genaamd Trips. Dit is een insect welke veel voorkomt in gladiolen. De ziekte tast vooral het blad waardoor het blad tussen de nerven wordt kaal gevreten (foto 6.11). Er is weliswaar twee keer gespoten met het product Callipso (een middel dat ook in de praktijk wordt ingezet) maar dit heeft de ziekte niet afdoende kunnen stoppen waardoor in het verdere verloop de aantasting langzaam is toegenomen. Uit figuur 6.20 en foto 6.10 lijkt het dat kunstmest aanvankelijk niet of nauwelijks wordt aangetast maar dit verschil is niet significant (Bijlage VIII). De grote spreiding van aantasting in een pot en tussen de herhalingen bij een behandeling zorgen ervoor dat er geen significantie is. Wanneer gekeken wordt naar de ziekte intensiteit (Figuur 6.21) blijkt dat de behandeling met struviet het sterkst is getroffen. Op 17 september is de intensiteit bij de behandeling met struviet significant hoger is dan bij de andere behandelingen. Daarna slaat de ziekte ook bij de andere behandelingen hard toe en zijn de verschillen in intensiteit tussen de behandelingen niet meer significant (Bijlage VIII).

FIGUUR 6.19 GEMIDDELTE GEWASHOOGTE



FIGUUR 6.20 AANTASTING DOOR DE ZIEKTE TRIPS

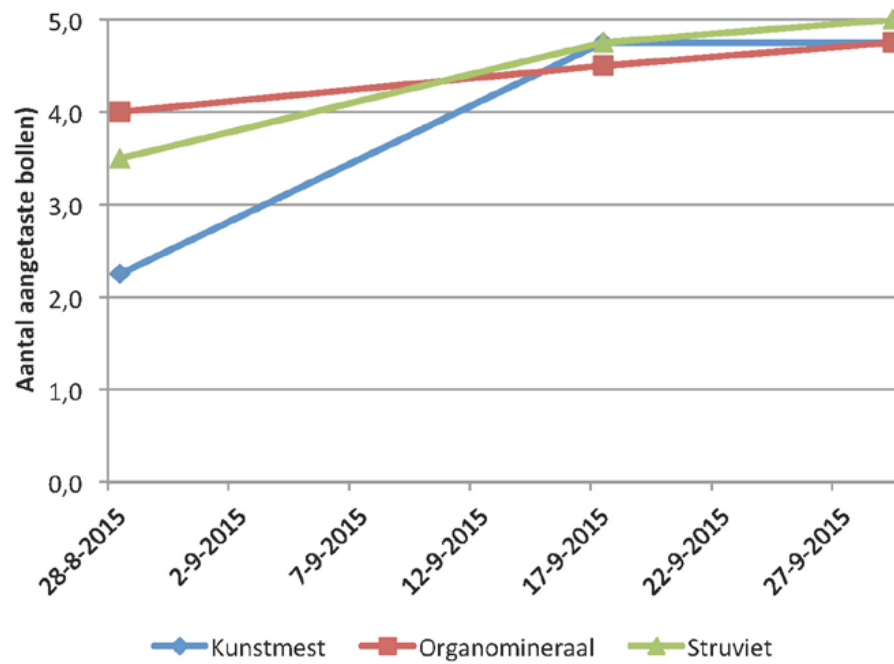


FOTO 6.10

OVERZICHT TRIPS AANTASTING 2-9-2015



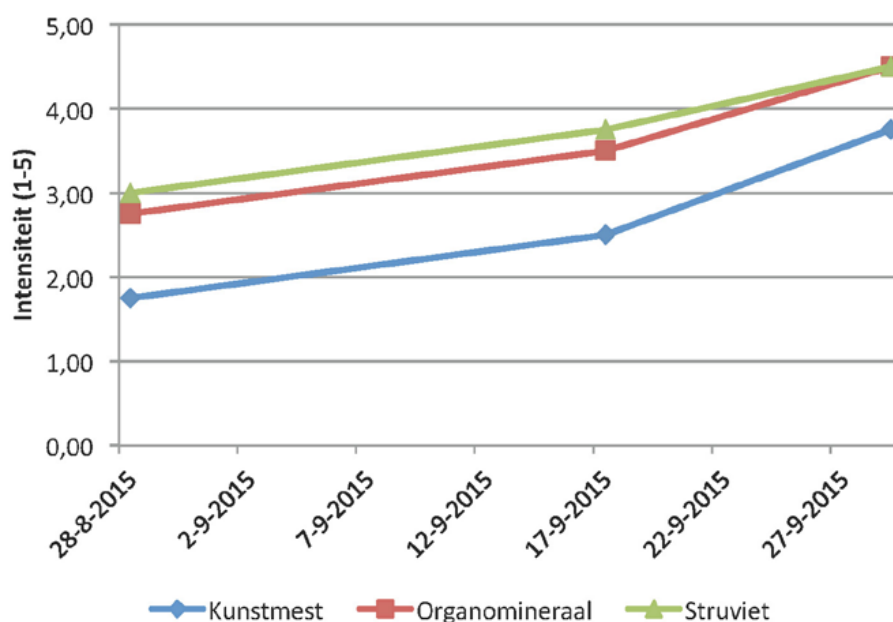
FOTO 6.11

DETAIL TRIPS AANTASTING



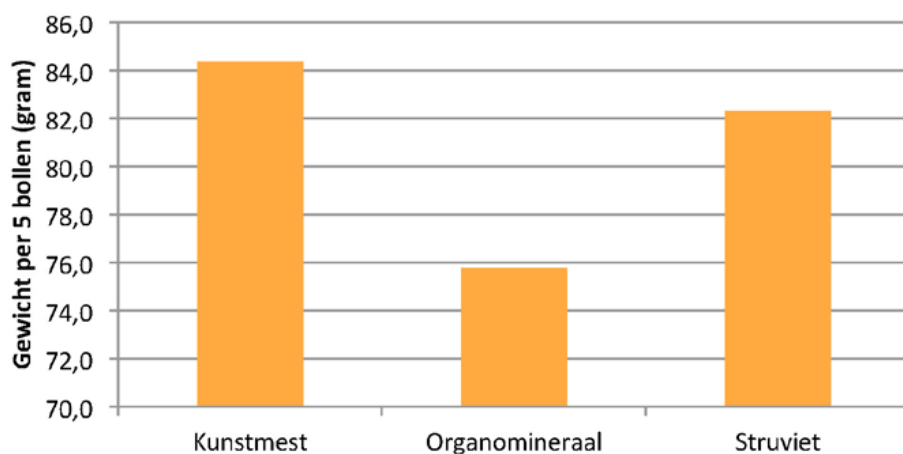
FIGUUR 6.21

ZIEKTE INTENSITEIT

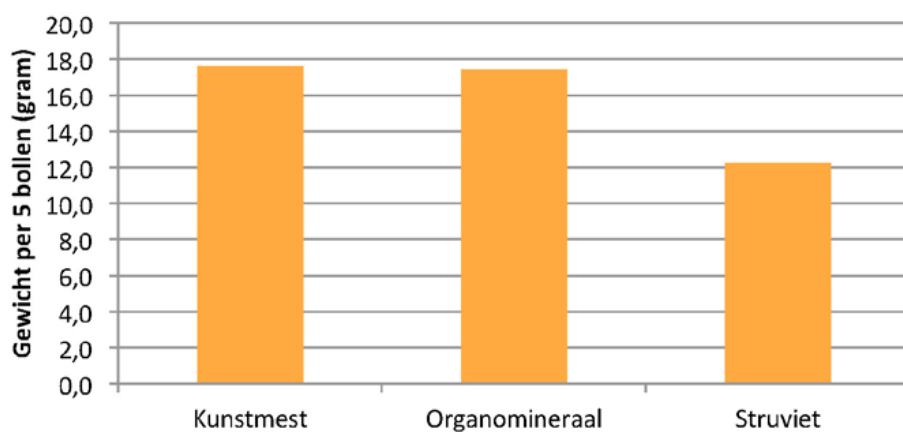


Bij de oogst blijkt dat er geen significante verschillen zijn in het gewicht van de moederbollen (Bijlage VIII, tabel VIII-5). Figuur 6.22 doet echter anders vermoeden. Kunstmest en struviet lijken een hoger gewicht op te leveren dan het gebruik van organominerale meststof. De grote spreiding in de herhalingen leiden echter tot geen significantie. Wanneer gekeken wordt naar de opbrengst in kralen blijkt dat struviet iets minder kralen heeft dan de andere behandelingen (Figuren 6.23 – 6.25 en foto's 6.12 – 6.14). Dit verschil blijkt echter alleen bij de kralen in de grootteklasse 8-10 mm significant (Bijlage VIII). Het lijkt erop dat de ziekteaantasting toch ook zijn invloed heeft gehad op de opbrengst aan kralen. Of er verschillen in beschikbaarheid van voedingsstoffen in de grond zijn opgetreden is niet vastgesteld wegens het verongelukken van de grondmonsters in het laboratorium. Vochtverschillen in de potten zijn slechts gering geweest en hebben geen invloed gehad op de opbrengst of gewasontwikkeling.

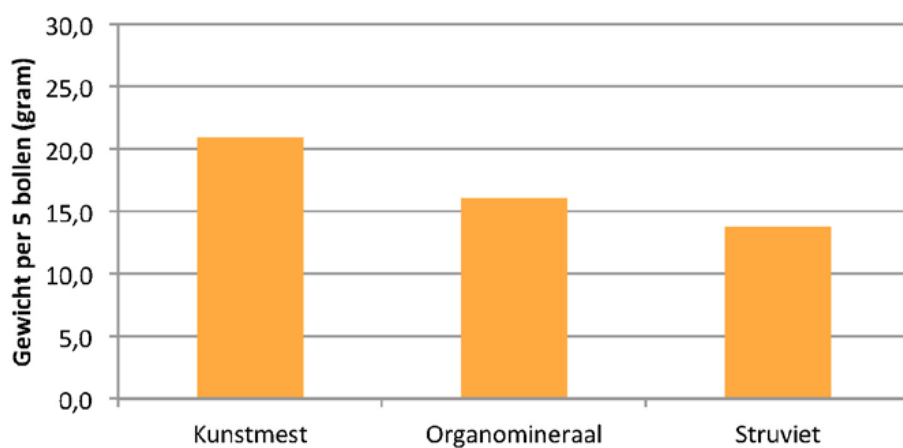
FIGUUR 6.22 GEWICHT VAN MOEDERBOLLEN BIJ DE OOGST



FIGUUR 6.23 GEWICHT VAN DE KRALEN < 6 MM BIJ DE OOGST



FIGUUR 6.24 GEWICHT VAN DE KRALEN 6-8 MM BIJ DE OOGST



FIGUUR 6.25 GEWICHT VAN DE KRALEN 8-10 MM BIJ DE OOGST

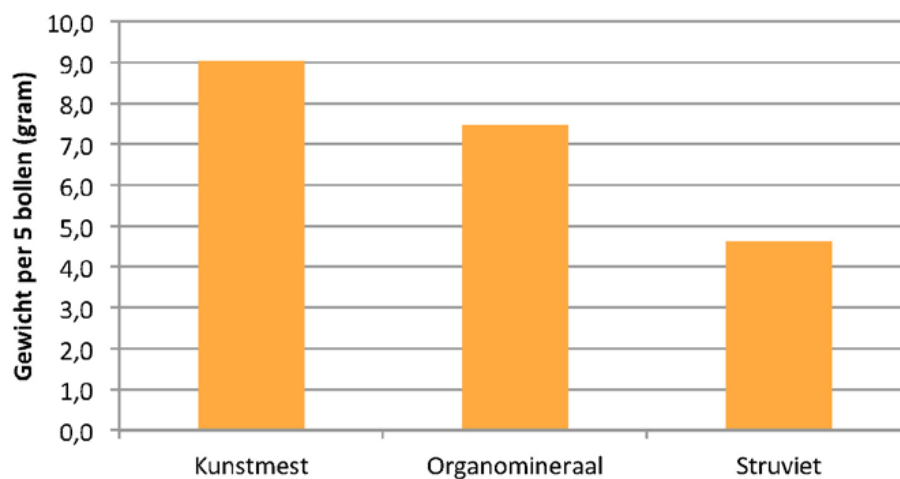


FOTO 6.12 OPBRENGST KUNSTMEST



FOTO 6.13 OPBRENGST ORGANOMINERALE MESTSTOF



FOTO 6.14 OPBRENGST STRUVIET



6.4.3 CONCLUSIES

Op basis van het uitgevoerde potonderzoek in gladiolen kunnen de volgende conclusies t.a.v. struviet worden getrokken:

- het gebruik van struviet leidt tot een gelijke opkomst van gladiolen ten opzichte van kunstmest en organominerale meststoffen;
- het gebruik van struviet leidt aanvankelijk tot een gelijke ontwikkeling van het loof resulterend in eenzelfde gewashoogte vergeleken met de behandeling van kunstmest en organominerale meststof;
- na ziekteaantasting tendeeft de gewashoogte bij struviet iets achter te blijven bij die van kunstmest maar is deze vergelijkbaar met de gewashoogte bij gebruik van organominerale meststof;
- struviet leidt tot eenzelfde kleur in het gladiolen loof dan kunstmest en organominerale meststof;
- de behandeling met struviet en organominerale mest lijken meer last te hebben van de aantasting met Trips dan de behandeling met kunstmest;
- het gebruik van struviet leidt tot een vergelijkbaar gewicht aan moederbollen ten opzichte van kunstmest en organominerale meststof;
- struviet leidt tot een significant lager gewicht aan kralen in de klasse 8-10 mm ten opzichte van kunstmest en organominerale meststof;
- struviet lijkt een lager gewicht aan kralen in de klasse < 6 mm en 6-8 mm te geven ten opzichte van kunstmest en organominerale meststof maar dat verschil is niet significant.

6.4.4 DISCUSSIE

Vanaf augustus heeft de ziekte Trips relatief sterke invloed gehad op de ontwikkeling van het gewas en de bollen. Het lijkt erop dat de gladiolen die struvieten, en in iets mindere mate ook organominerale meststof, hebben ontvangen hier meer last van hebben gehad dan de gladiolen die kunstmest hebben ontvangen. Het kan echter ook de plaats van de potten zijn geweest die juist tot een dergelijk verschil heeft geleid. De potten zijn niet gewaard neergezet maar in rijen. Wanneer er dan in een pot Trips optreedt is het aannemelijk dat de aangrenzende potten sneller last van Trips krijgen dan de potten die iets verder staan. Aangezien in de behandeling met struviet het eerste een aantasting is geconstateerd zou dit kunnen verklaren waarom de behandeling met struviet meer last heeft gehad van de ziekte. Daarnaast kan ook het moment van ingrijpen een rol hebben gespeeld alsook de beschikbaarheid van pesticiden. Op de proeftuin was uitsluitend het product Callipso voorhanden. Alhoewel dit product ook in de praktijk wordt ingezet, wordt in de praktijk vaker met een cocktail van meerdere pesticiden gewerkt. Hierdoor kan een Trips aantasting in de praktijk makkelijker onder controle worden gehouden dan op de proeftuin. Er is daarnaast even gewacht met ingrijpen waardoor de aantasting zich reeds sneller heeft kunnen uitbreiden in de proef. Dit ligt dus niet aan de behandeling met struviet.

6.5 ELAEACHNES (OLIJFWILG)

6.5.1 MATERIALEN EN METHODEN

Het onderzoek is uitgevoerd in de vorm van een potonderzoek in de buitenlucht. Voor de opkweek is gebruik gemaakt van zwarte tabletten met 18 P-9 formaat potten per tablet (afmeting pot (br x lx h) is 9 cm x 9 cm x 10 cm). Iedere pot heeft een inhoud van ca. 80 ml en een vrije drainage. Per behandeling staan er 5 tabletten in een rij (foto 6.15). De potten zijn bij het planten van de stekken eind juli in licht bemeste potgrond gezet en ter voorkoming van mos en onkruid afgestrooid met boomschors. Ze zijn daarna via de regenleiding bijgestuurd met meststof. De pH-H₂O van de potten ligt rond de 5,0 en de EC dient ca. 1,0 te bedragen (leiddraad teler).

Het gewas betreft het boomkwekerijgewas *Elaeagnus pungens* Maculata dat op de kwekerij Batouwe wordt gestekt en opgekweekt om vervolgens naar boomtelers te vermarkten die er een volwaardig verkoopbaar gewas van telen. Het gewas staat erom bekend dat het moeizaam wortels vormt ondanks de basis bemesting waardoor de kans op aanslaan bij de vervolgteelt gering is. Een verbetering van de beworteling is dan ook zeer welkom. De gedachte is dat struviet gelet op de aanwezigheid van fosfaat en magnesium daar een belangrijke bijdrage in kan leveren.

Op 19 augustus 2015 zijn de tabletten met reeds beplante potten bemest met verschillende meststoffen in verschillende doseringen. Aangezien het kort daarvoor hevig geregend had was de EC gezakt tot gemiddeld 0,4 mS/cm. Invloed van reeds toegediende meststoffen is daarmee sterk gereduceerd. Er zijn in totaal 2 varianten van meststoffen als P-bron aangehouden (organominerale meststof met 4% N en 30% P₂O₅) en struviet (3% N en 17% P₂O₅ en 10% MgO (herkomst: Reest en Wieden)). Er is een controle meegenomen die geen extra meststoffen heeft gekregen. Daarnaast zijn van de fosfaatmeststoffen 2 niveau's aangehouden (1 x dosis en 2 x dosis) aangezien het niet bekend is welke dosis reeds een effect kan geven. Met 1 x dosis wordt een hoeveelheid fosfaat toegediend van 135 g P₂O₅ per m³ potgrond hetgeen ook aan het begin van de teelt is gegeven. Dit is gebaseerd op ervaring van de teler. Het verschil in N tussen de twee fosfaatproducten is dusdanig gering dat hiervoor in het onderzoek niet is gecompenseerd. Wel is er gecompenseerd voor het verschil in magnesium i.v.m. effect op kleur. Alle potten hebben een gelijke hoeveelheid fosfaat (P₂O₅) en magnesium (MgO) ontvangen. Tabel 6.12 geeft de dosering van meststoffen die is uitgevoerd. Stikstof en kalium worden via de regenleiding voor alle planten in gelijke hoeveelheid toegediend volgens regulier bemestingsplan van de teler.

Voorafgaand aan de bemesting is op 20 augustus 2015 de nulsituatie van het gewas vastgelegd. Daarbij is de gewasontwikkeling, de gewaskleur, de gewashoogte, de wortelintensiteit, de wortelkleur en de vorming van haarwortels per pot vastgelegd. Er zijn 6 potten per behandeling bekeken. Deze zijn gemerkt zodat iedere volgende meting bij dezelfde potten gebeurt om ontwikkelingen te kunnen waarnemen. Ter controle zijn per pot ook het vochtgehalte en de EC bepaald met behulp van de W.E.T.-sensor. Vanaf 20 augustus 2015 is er met tussenpozen van 2 weken gemeten tot 12 oktober 2015. Beoordeeld zijn de gewasgroei, de gewashoogte, de wortelintensiteit (doorworteling van de pot), de wortelkleur en de haarwortelontwikkeling).

TABEL 6.12

DOSERINGEN VAN FOSFAATHOUDENDE PRODUCTEN EN MAGNESIUM

Behandeling	Struviet (NP 3-17)	Organomineraal (NP 4-30)	Kieseriet*
A (controle)	-	-	-
B (struviet 1x)	0,60 g/pot	-	-
C (organo-mineraal 1x)	-	0,36 g/pot	0,2 g/pot
D (struviet 2x)	1,2 g/pot	-	-
E (organo-mineraal 2x)	-	0,72 g/pot	0,4 g/pot

* Kieseriet = magnesiumsulfaat (25% MgO).

FOTO 6.15

OVERZICHT OPSTELLING BIJ DE START



FOTO 6.16

BEOORDELING 1 WORTELINTENSITEIT



FOTO 6.17

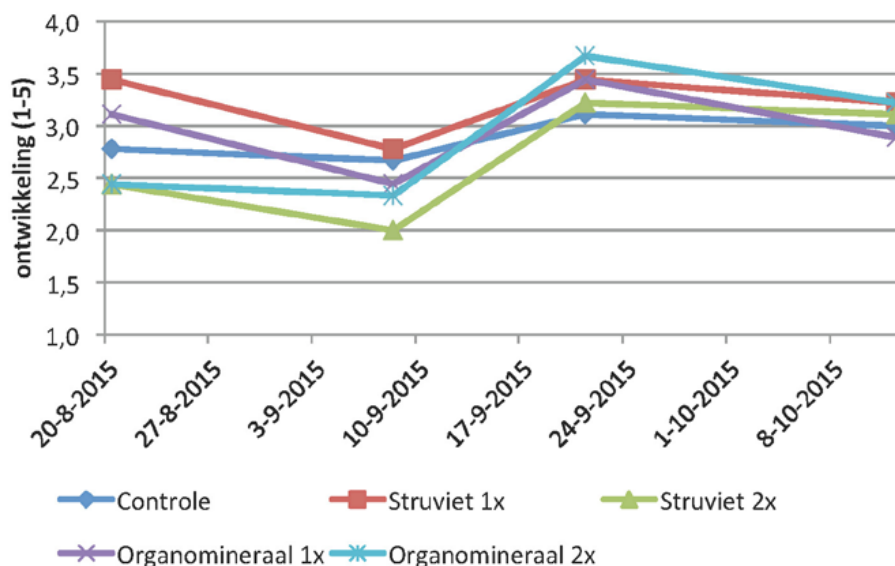
BEOORDELING 4 WORTELINTENSITEIT



6.5.2 RESULTATEN

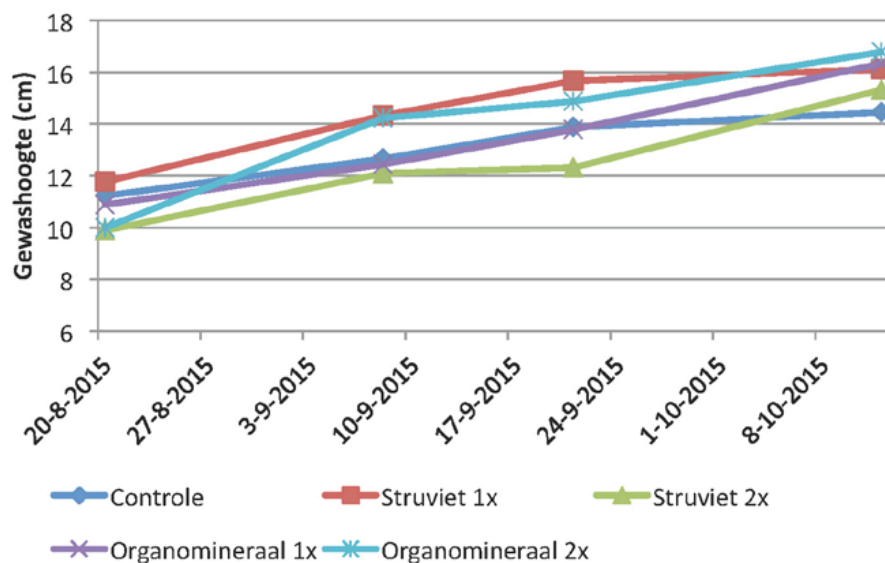
De algemene gewasontwikkeling is gedurende de gehele onderzoeksperiode gelijk geweest tussen de verschillende behandelingen en de controle. Het is opmerkelijk dat aan het begin van de onderzoeksperiode er juist wel significante verschillen zijn waar nog geen behandelingen hebben plaatsgevonden (Bijlage IX tabel IX-1). Dit geeft weer dat er een relatief grote heterogeniteit in de partij Elaeachnes reeds aanwezig was. De blokken voor het onderzoek zijn echter ad random in de gehele partij gekozen.

FIGUUR 6.26 GEWASONTWIKKELING IN ELAEACHNES



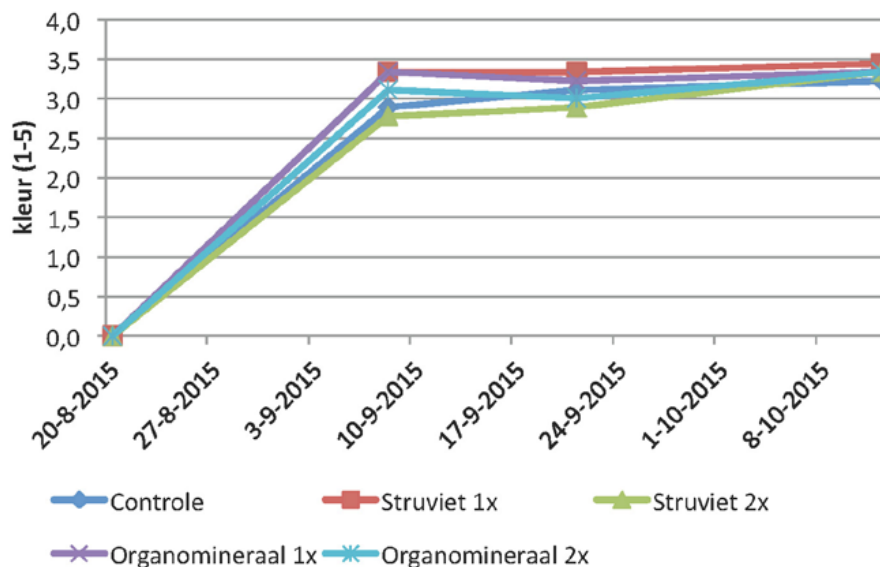
Het gebruik van 1x struviet en 2 x organomineraal heeft geleid tot een iets hoger gewas ten opzichte van de andere behandelingen en de controle zo lijkt het tenminste in figuur 6.27. Deze verschillen zijn echter niet significant. Gedurende de gehele onderzoeksperiode zijn de verschillen in gewashoogte tussen de potten in een behandeling dermate groot dat er geen significantie kan worden behaald. Wederom een gevolg van de heterogeniteit in de partij.

FIGUUR 6.27 GEWASHOOGTE IN ELAEACHNES



Uit figuur 6.28 blijkt dat de gewaskleur bij 1x struviet en 1 x organomineraal net iets beter is dan bij de andere behandelingen en de controle. Op 8 september 2015 zijn deze verschillen ook daadwerkelijk significant (Bijlage IX). Het lijkt erop dat 2x de dosering van zowel struviet alsook van de organominerale meststof tot overbemesting leidt hetgeen de kleur niet meer doet verbeteren. Een beeld dat ook enigszins bij de gewasontwikkeling is terug te vinden en dat ook bij 2x struviet in de EC te zien is (Figuur 6.31). De controle zit daar weer tussenin.

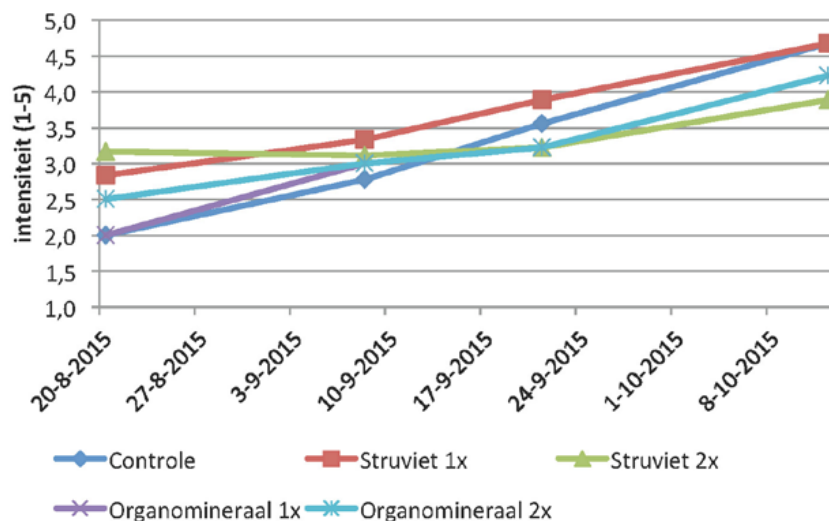
FIGUUR 6.28 GEWASKLEUR IN ELAEACHNES



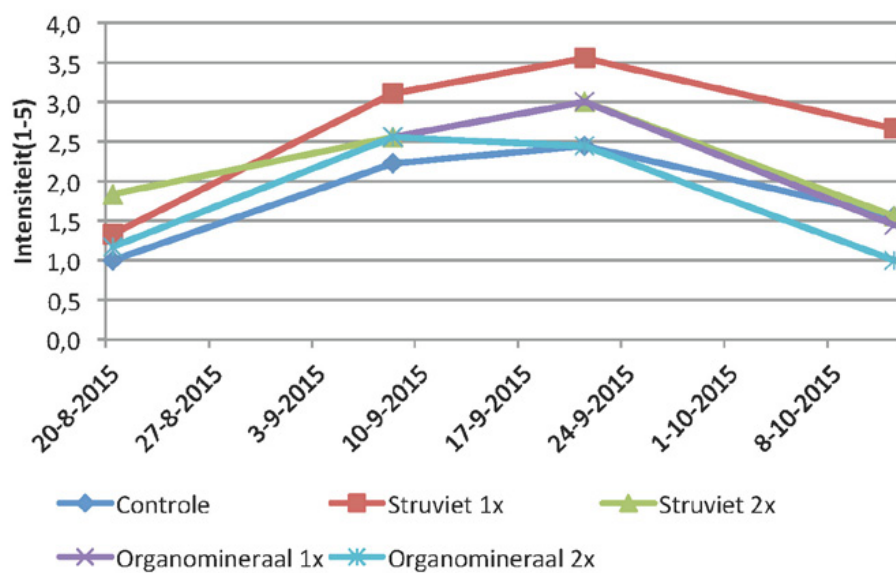
Wanneer de algemene doorworteling van de potten wordt beoordeeld blijkt dat er geen significante verschillen optreden (Bijlage IX). Op basis van figuur 6.29 lijkt echter dat 1x struviet over het algemeen een betere doorworteling van de pot geeft dan de controle en de andere behandelingen. Foto 6.16 is een foto genomen van de controle op 8 september 2015 terwijl foto 6.17 een foto van 1 x struviet weergeeft op het zelfde tijdstip. Hieruit blijken er wel degelijk verschillen te zijn ook zal zijn ze niet significant. De grote spreiding in de partij is hiervoor de oorzaak. De wortelkleur is bij het gebruik van 1x de dosis struviet en 1x de dosis organominerale meststof overwegend beige waarbij de andere behandelingen de wortels meer bruin van kleur zijn. Dit duidt op een meer actief wortelstelsel bij het gebruik van 1x de dosis van struviet ten opzichte van de andere behandelingen en de controle.

Naast een goede doorworteling van de pot is ook een hoge intensiteit van haarwortels gewenst. Uit figuur 6.30 blijkt dat 1x struviet de hoogste intensiteit van haarwortels geeft. Dit blijkt op 8 september 2015 en op 21 september 2015 ook significant te zijn (Bijlage IX). De andere behandelingen en de controle verschillen onderling weinig van elkaar.

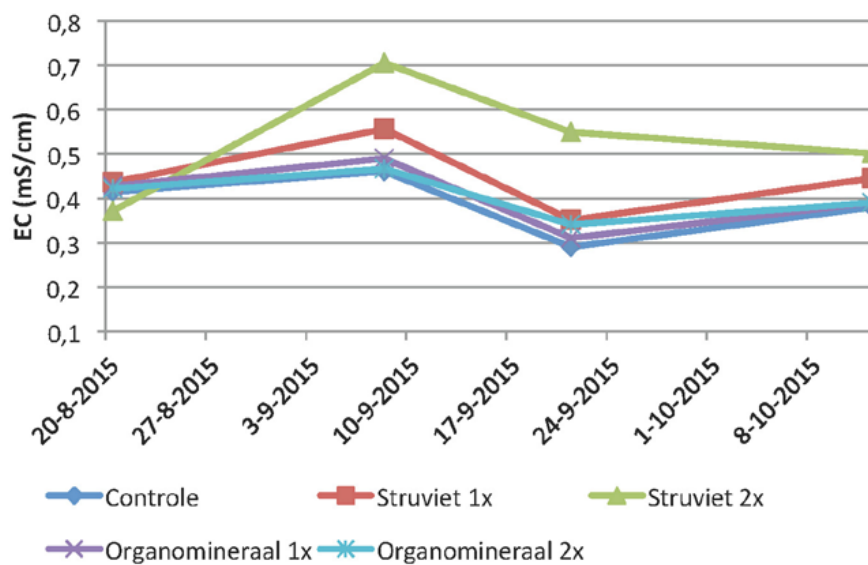
FIGUUR 6.29 DOORWORTELING VAN DE POT



FIGUUR 6.30 HAARWORTELINTENSITEIT



FIGUUR 6.31 GEMETEN EC



6.5.3 CONCLUSIES

- het gebruik van struviet, 1x en 2x de dosis, leidt niet tot verschillen in gewasontwikkeling in Elaeagnus stekken ten opzichte van het gebruik aan organominerale meststof of controle;
- het gebruik van 1x struviet en 2 x organomineraal tendert naar een iets hoger gewas ten opzichte van 2x struviet, 1x organomineraal en controle;
- de gewaskleur is bij 1x struviet en 1 x organomineraal net iets beter is dan bij de andere behandelingen;
- het gebruik van 1x struviet tendert naar een iets betere doorworteling van de pot dan de controle en de andere behandelingen daarbij is de wortelkleur vaak beige;
- de haarwortelintensiteit is bij het gebruik van 1x de dosis struviet significant hoger dan bij de controle en andere doseringen en behandelingen.

6.5.4 DISCUSSIE

De partij waarin het onderzoek is uitgevoerd blijkt sterk heterogeen te zijn. Dit heeft ertoe geleid dat er minder significante verschillen zijn vastgesteld. Desalniettemin komt uit het beeld van de gewashoogte en wortelontwikkeling naar voren dat het gebruik van 1 x de dosis struviet tot een duidelijk beter gewas leidt hetgeen het risico op aanslaan bij een vervolg van de teelt geringer maakt. Om effect van struviet beter te kunnen vaststellen wordt aanbevolen het onderzoek te herhalen en uit te breiden met meerdere gewassen. Daarbij dient de partij vooraf beter op heterogeniteit gecheckt te worden.

7

DEMONSTRATIE LANDBOUWKUNDIGE WAARDE STRUVIET IN GLADIOLLEN IN DE PRAKTIJK

7.1 INLEIDING

Om nieuwe meststoffen in de praktijk geaccepteerd te krijgen is het van groot belang dat deze meststoffen ook onder volledige praktijkomstandigheden zijn getest. Voor het struviet afkomstig van de RWZI's is er daarom in de Noordoostpolder in een perceel gladiolen een demonstratieveld aangelegd waar fosfaat uitsluitend via struviet is toegediend. In hetzelfde perceel is het effect van struviet vergeleken met het effect van fosfaatbemesting via gangbare kunstmest. Deze demonstratie is uitgevoerd in 2015.

7.2 OPZET

Het demonstratieveld is neergelegd op een van de percelen van fa. Nijenhuis te Espel. De geteelde gladiolen zijn van het ras Cream perfection (hetzelfde ras dat ook in de potproef is gebruikt). Het perceel is een klei-arme zandgrond (4 % klei, 17% silt, 73% zand) met een pH-CaCl₂ van 7,2 en 2,4% organische stof (zelfde grond dan in de potproef). Het fosfaatgehalte van de grond is goed (P-AL = 50). In twee bedden met gladiolen zijn 3 blokken aangelegd van 7,6 x 3,5 m die zijn bemest met struviet. De blokken zijn met tussenstroken van 6,6 m aangelegd waarbij de tussenstroken en de rest van de bedden buiten de blokken zijn bemest met een gangbare kunstmest. De blokken zijn gemarkeerd met gele steeketiketten (Foto 7.1).

FOTO 7.1

OPZET VAN DEMONSTRATIEVELD GLADIOLLEN TE ESPEL (29-5-2015)



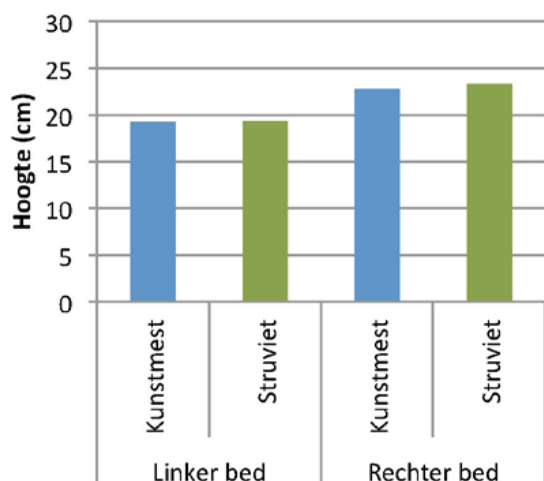
In week 16 zijn de bollen geplant. Er zijn meerdere maten gladiolen kralen gebruikt bij het planten. Het hoogteverschil in het gewas tussen de 2 bedden (Foto 7,1) is een gevolg van het verschil in kralenmaat bij planten. Het linker bed is geplant met een kleinere kralenmaat dan het rechterbed. Het ras is gelijk. De bemesting heeft op 10 april (week 15) plaatsgevonden enkele dagen voordat de kralen zijn geplant. Het gehele perceel heeft ca. 50 kg P_2O_5 per ha ontvangen voorafgaand aan het planten. Standaard wordt immers door de teler 200 kg kunstmest NP 23-23 gestrooid. De blokken die struviet hebben ontvangen zijn afgedekt met een dekzeil zodat deze geen kunstmest hebben gekregen. Het gebruikte struviet is afkomstig van Waterschap Reest en Wieden en bevat 3% N en 17,7% P_2O_5 . Het struviet is in de blokken gedoseerd op eveneens ca. 50 kg P_2O_5 per ha. Het tekort aan stikstof ten opzichte van het gebruik van NP-meststof 23-23 is in de blokken met struviet gecorrigeerd met een aanvullende gift Kalkammonsalpeter (27% N) zodat ook de stikstofinput gelijk is. Tijdens de teelt is er 3 keer stikstof bijbemest in een hoeveelheid van ca. 50 kg/ha conform het stikstofbijmestadvies voor gladiolen kralen uit de Adviesbasis voor bemesting van bloembollen. Zowel de blokken met struviet alsook de rest van de bedden hebben een gelijke hoeveelheid stikstof ontvangen. Na opkomst van de gladiolen is het gehele perceel inclusief de blokken die struviet hebben ontvangen gelijk behandeld (beregening, gebruik pesticiden en herbiciden, snijden van het loof, etc.). Op 2 november 2015 is er in de blokken die bemest zijn met struviet en in de tussenliggende met kunstmest behandelde stukken 1 m² gladiolen per blok handmatig geoogst voor beoordeling. Dit is enkele dagen voor de daadwerkelijke oogst van het perceel geweest.

Na het planten is op 29 mei 2015 de opkomst beoordeeld. Daarbij is de hoogte van het gewas in de blokken met struviet en buiten de blokken met struviet gemeten. Dit is uitgevoerd voor zowel het linker- alsook het rechterbed. Vocht en EC zijn eveneens gemeten met behulp van de W.E.T. sensor. Tussentijds is er op 31 augustus 2015 na 1 keer snijden nogmaals een beperkte beoordeling uitgevoerd. Hierbij is de hoogte nogmaals gemeten en is de dichtheid beoordeeld. Bij het einde van het onderzoek zijn op 2 november 2015 de moederbollen en kralen geoogst. Na ca. 2 weken drogen in de kas van Lumbricus BV, is het totaalgewicht van de moederbollen en kralen bepaald. Bij de kralen is er ook een maatsortering bepaald. Omwille van praktische uitvoerbaarheid maar om toch zo goed mogelijk bij de praktijk aan te sluiten is er gekozen voor de maatsortering kralen kleiner dan 10 mm en kralen groter dan 10 mm. Bij de start is de onbemeste grond geanalyseerd op bodemvruchtbaarheid. Na afloop zijn er ook grondmonsters genomen per blok en van de niet met struviet behandelde stukken. Helaas zijn deze monsters in het laboratorium gesneuveld en zijn hiervan geen resultaten voorhanden.

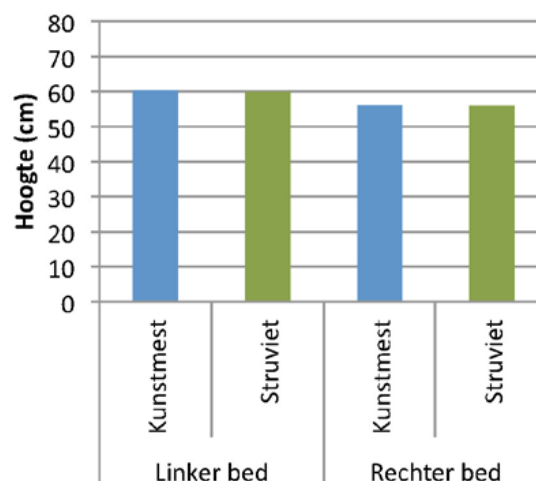
7.3 WAARNEMINGEN EN CONCLUSIES

Uit figuren 7.1 en 7.2 blijkt dat de gewashoogte tussen het gebruik van kunstmest en struviet niet verschilt van elkaar. Statistische analyse bevestigt dit (Bijlage X). Wel zit er verschil tussen het linker en het rechter bed voor wat betreft de gewashoogte op 29 mei 2015. Het verschil in hoogte in mei is puur en alleen ten gevolge van het verschil in grootte van de kralen die bij het planten zijn gebruikt. De kralengrootte bij het rechterbed was toen hoger. Hetzelfde beeld is te zien bij de gewasdichtheid. Ook hier is er geen verschil tussen kunstmest en struviet binnen een bed maar wel tussen de bedden (Figuur 7.3). De dichtheid is alleen bepaald op 31 augustus 2015.

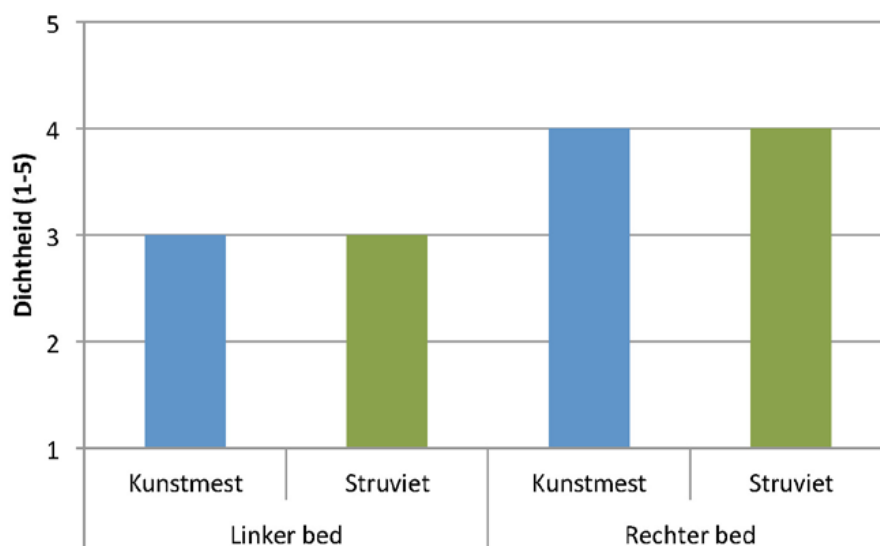
FIGUUR 7.1 GEWASHOOGTE OP 29 MEI 2015



FIGUUR 7.2 GEWASHOOGTE OP 31 AUGUSTUS 2015

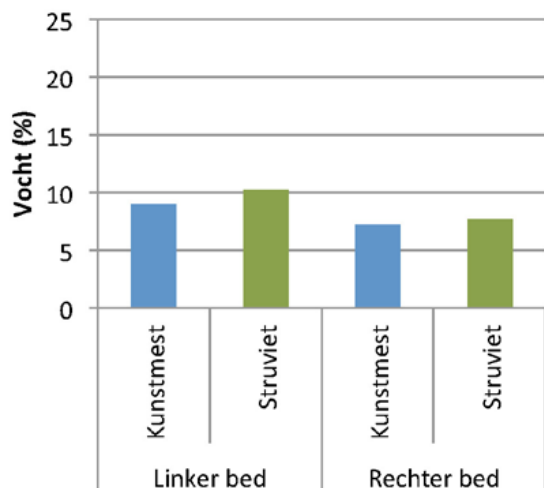


FIGUUR 7.3 GEWASDICHTHEID

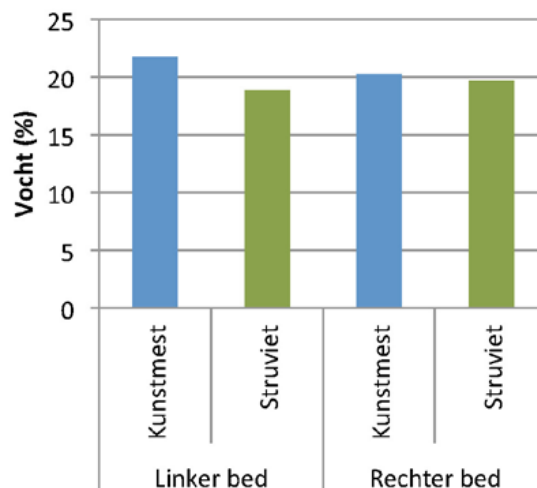


Op basis van de figuren 7.4 en 7.5 lijkt er een verschil te bestaan in het vochtgehalte in de bodem tussen het gebruik van kunstmest en struviet. Op basis van statistische analyse (Bijlage X) zijn deze verschillen er niet. Wel is er een verschil in de EC gemeten op 29 mei 2015. Op dat moment is er nog geen andere bemesting uitgevoerd behalve de bemesting voorafgaand aan het planten. Het verschil is op dit moment dus veroorzaakt door het gebruik van kunstmest en struviet. Struviet geeft een significant lagere EC dan het gebruik van kunstmest. Later in de teelt is dit verschil weer weg (Figuur 7.5) wegens het bemesten met stikstof later in de teelt. Deze bemesting is zowel op de blokken die struviet hebben ontvangen alsook op de rest van de bedden gelijk.

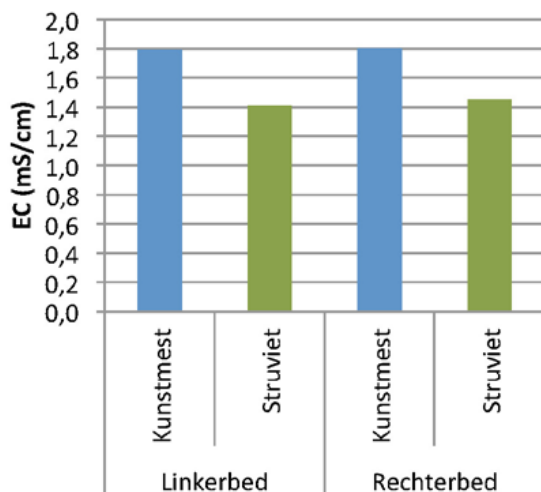
FIGUUR 7.4 VOCHTGEHALTE IN DE GROND OP 29 MEI 2015



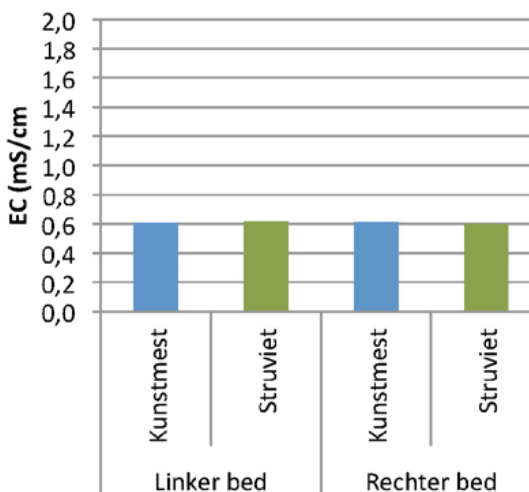
FIGUUR 7.5 VOCHTGEHALTE IN DE GROND OP 31 AUGUSTUS 2015



FIGUUR 7.6 EC IN DE GROND OP 29 MEI 2015



FIGUUR 7.7 EC IN DE GROND OP 31 AUGUSTUS 2015

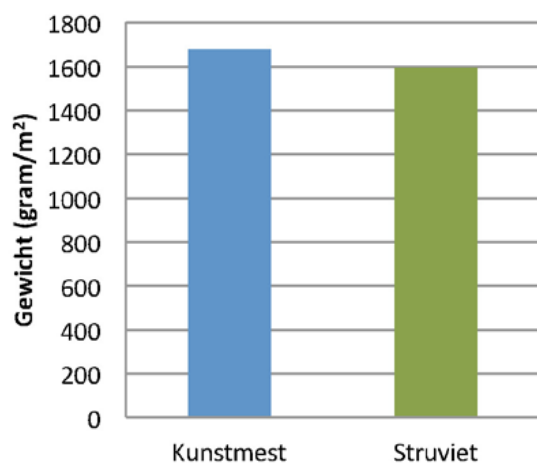


Bij de oogst van de uitgezette blokken is zowel het totaalgewicht alsook het aantal moederbollen per m² bepaald. Op basis van figuur 7.8 lijkt er verschil te bestaan tussen het gewicht aan moederbollen bij gebruik van struviet en het gebruik van kunstmest. Echter op basis van bijlage X blijkt dat dit verschil niet significant is. Ook wanneer het gewicht wordt uitgedrukt per moederbol blijkt er geen verschil tussen struviet en kunstmest op te treden (Figuur 7.9). Hetzelfde geldt voor het totaalgewicht aan kralen (Figuur 7.10). Er treedt geen significant verschil op in het totaalgewicht aan kralen tussen het gebruik van struviet en het gebruik van kunstmest. Bij de sortering van kralen lijkt het erop dat het gebruik van struviet leidt tot iets minder kralen kleiner dan 10 mm en iets meer kralen groter dan 10 mm ten opzichte van het gebruik van kunstmest. De verschillen zijn echter niet significant (Bijlage X) en het blijkt dat de spreiding tussen blokken redelijk groot is (Foto 7.2).

Op basis van de bevindingen in het veld mag worden geconcludeerd dat het gebruik van struviet in gladiolen tot vergelijkbare resultaten in gewasontwikkeling, opbrengst en maatsortering van geoogst product leidt dan het gebruik van kunstmest. Struviet is daarmee een goede vervanger van kunstmest.

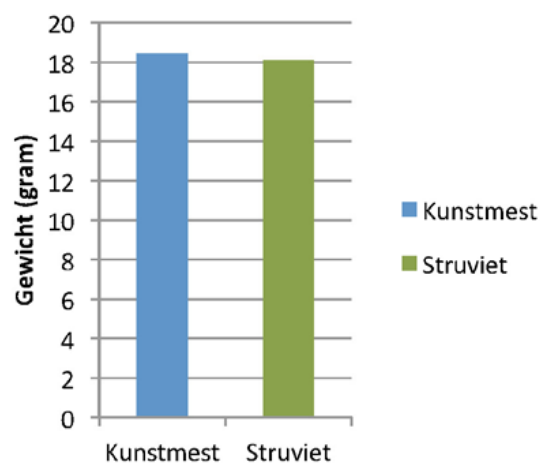
FIGUUR 7.8

TOTAALGEWICHT MOEDERBOLLEN



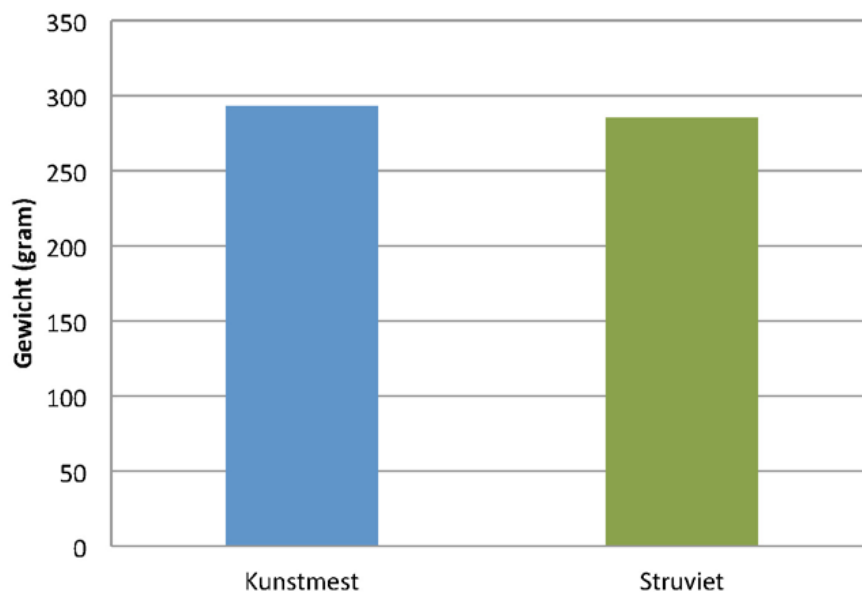
FIGUUR 7.9

GEWICHT PER MOEDERBOL



FIGUUR 7.10

TOTAAL GEWICHT KRALEN



FIGUUR 7.11

SORTERING VAN KRALEN NAAR 2 KLASSEN

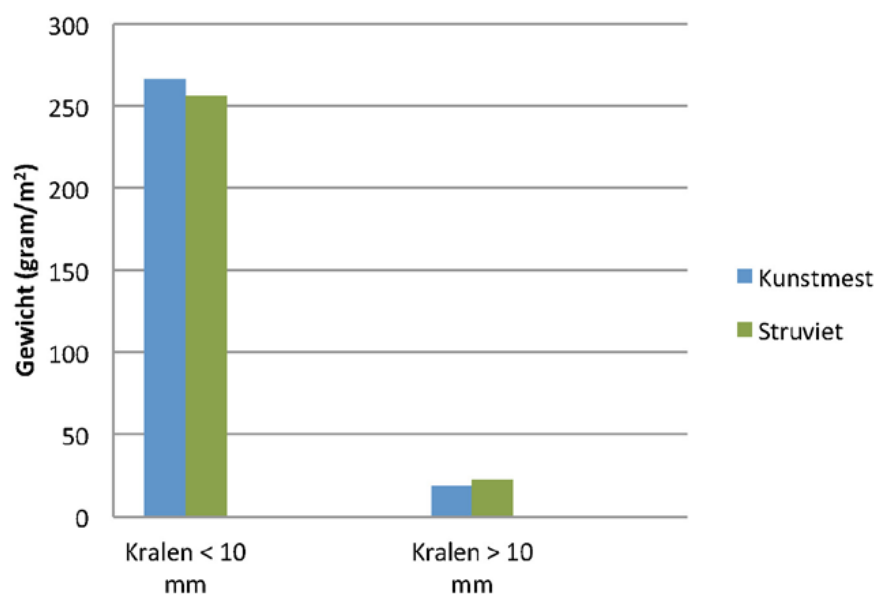
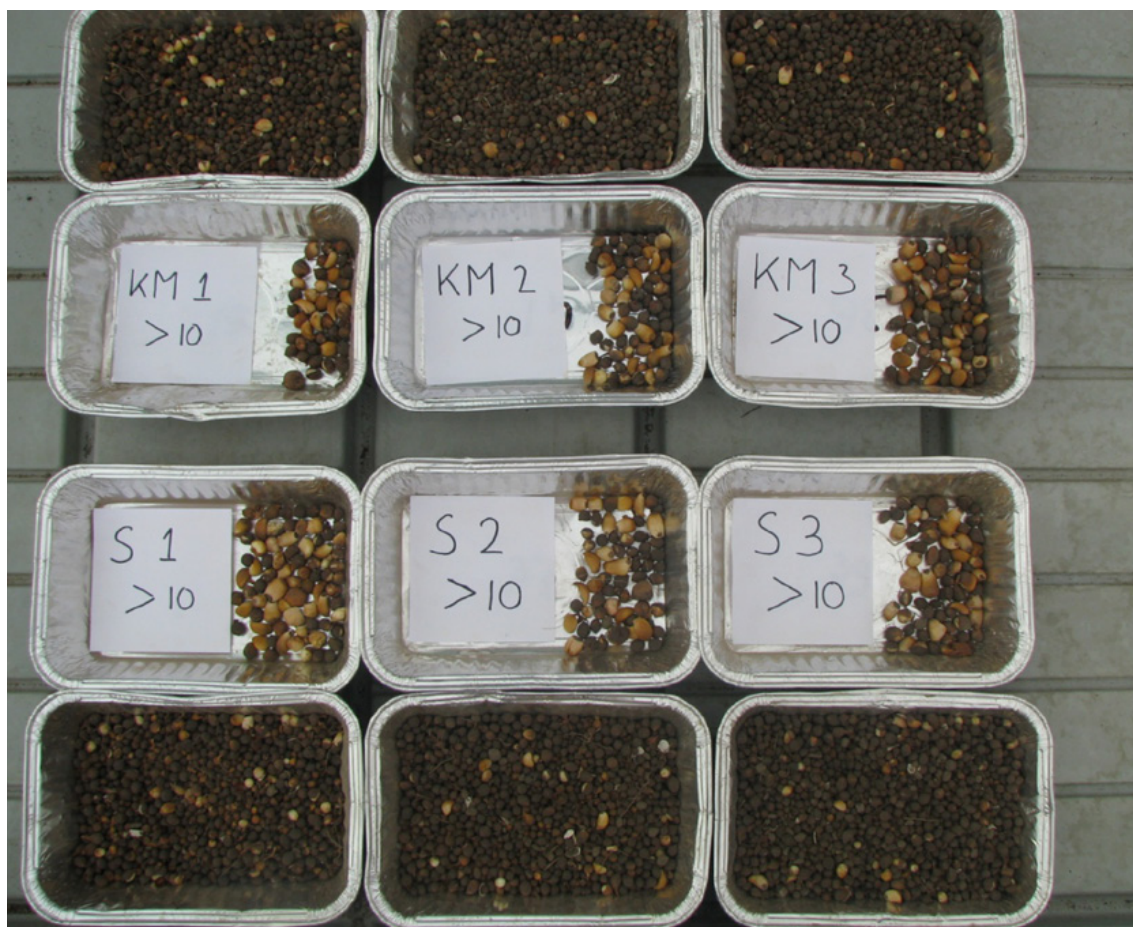


FOTO 7.2

SORTERING KRALEN



8

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

8.1 INLEIDING EN DOEL VAN HET ONDERZOEK

Struviet is in de meest zuivere vorm een magnesiumammoniumfosfaat ($\text{NH}_4\text{MgPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) dat gevormd wordt door de neerslag van opgelost fosfaat met magnesium en ammonium bij een pH tussen 7,5 en 8,5. Gebaseerd op de samenstelling van een aantal struvieten uit communale afvalwater die reeds geproduceerd worden, blijkt het totaalgehalte aan N, P_2O_5 en MgO in struviet uit communale afvalwater respectievelijk 3,4%, 22,0% en 12,5% te bedragen.

Om het struviet als fosfaathoudende meststof te mogen vermarkten dient het product te voldoen aan eisen uit nationale en internationale meststoffenwetgeving. Tot voor kort had alleen struviet afkomstig uit aardappelproceswater een erkenning als meststof in Nederland en mocht struviet uit communale afvalwater als meststof uitsluitend in landen als Duitsland en Frankrijk worden afgezet. Sinds 15 december 2014 mag ook het struviet, teruggewonnen uit communale afvalwater, in Nederland als meststof worden verhandeld mits wordt voldaan aan de eisen die in het Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet zijn neergelegd (Stb 543, 2014). Nu de weg vrij is om ook struviet uit communale afvalwater als meststof te vermarkten en uit jarenlang onderzoek is gebleken dat het landbouwkundig onder bepaalde omstandigheden vergelijkbaar is met gangbare fosfaatkunstmest, groeit het belang voor een goed overzicht van afzetmarkten voor struviet als fosfaathoudende meststof.

Onderhavig onderzoek heeft als doel:

- een realistisch beeld te geven van de potentiële afzetmarkten, sectoren en gewassen, voor struviet uit communale afvalwater als meststof binnen Nederland. Reeds bestaande afzetmarkten zijn hierbij voor de volledigheid meegenomen;
- het aangeven van de economische waarde van struviet uit communale afvalwater als meststof in kansrijke afzetmarkten; en
- het vaststellen van de landbouwkundige waarde en toepasbaarheid van struviet uit communale afvalwater als meststof in enkele kansrijke afzetmarkten.

8.2 AFZETPERSPECTIEVEN VOOR STRUVIET

De conclusies ten aanzien van de afzetperspectieven in sectoren, gewassen en de economische waarde die hierna volgen zijn gebaseerd op actuele literatuur- en marktgegevens. Arealen van sectoren en gewassen alsook economische kengetallen van teelten zijn grotendeels afkomstig van het Centraal Bureau voor de Statistiek en het Landbouwkundig Economisch Instituut. De behoefte aan een bepaalde input van stikstof, fosfaat en magnesium in een teelt is gebaseerd op diverse bemestingadviesbases voor land- en tuinbouw gewassen alsook voor de bemesting van stedelijk groen, stadsbomen en sportvelden. Er is uitgegaan van een ruim voldoende tot goede bodemvruchtbaarheidstoestand voor de genoemde plantenvoedende stoffen. Daarnaast is de wettelijke normering voor stikstof en fosfaatbemesting in gewassen als randvoorwaarde gehanteerd. De gegevens omtrent de landbouwkundige waarde en toepasbaarheid van struviet uit communale afvalwater als meststof zijn afkomstig van in 2015 uitgevoerd pot- en demonstratieonderzoek in een aantal kansrijke gewassen.

8.2.1 SECTOREN EN GEWASSEN

Struviet uit communaal afvalwater is beperkt inzetbaar in de akkerbouw in doperwten. In de vollegrondsgroenteteelt is struviet inzetbaar in de teelt van zomer- en herfstteelt ijsbergsla. In de bloembollenteelt op zee- en duinzandgronden is struviet inzetbaar als startmeststof in de teelt van hyacinten, krokussen, dahlia's en gladiolen. In de vaste plantenteelt op duinzandgrond bij gewassen met een hogere fosfaatbehoefte dan de fosfaatgebruiksnorm is struviet inzetbaar als startmeststof. Daarnaast is struviet in de boomteelt en vaste plantenteelt bij zwak groeiende soorten (heidesoorten) en slecht wortelende soorten (stekken van rozen en sommige fruitsoorten) inzetbaar als startmeststof. In de meeste bovengenoemde teelten is struviet alleen inzetbaar wanneer de startgift met stikstof gering dient te zijn. Wegens het hoge fosfaatgehalte in struviet levert struviet kan struviet als snel te weinig stikstof aanvoeren binnen de wettelijke toegestane fosfaatbemesting.

Struviet is in overige teelten en de potgrondsector niet inzetbaar wegens een samenstelling aan voedingsstoffen in struviet welke niet aansluit bij die van geteelde gewassen of potgrondmixen. In de potgrond markt is bovendien twijfel over een geringere zuiverheid van struviet ten opzichte van producten die momenteel worden gebruikt in de potgrondsector een bijkomend nadeel.

Struviet uit communaal afvalwater is op sportvelden bij aanleg en groot onderhoud inzetbaar evenals bij de aanleg en renovatie van golfbanen. In het particuliere segment is struviet in haar huidige vorm nauwelijks tot niet inzetbaar wegens een incomplete voedingsstoffenbalans. In het openbaar groen is struviet nauwelijks tot niet inzetbaar wegens een te geringe hoeveelheid stikstof.

De maximale omvang van de afzet van struviet uit communaal afvalwater als meststof in bovengenoemde sectoren en teelten wordt geschat op 6.400 tot 8.300 ton per jaar. Aangezien alle concurrerende meststoffen in korrelvorm worden aangeboden betreft deze afzet van struviet enkel en alleen gekorrelde struviet. Struviet als fosfaathoudende grondstof voor meststoffenproductie is niet gekorrelde en is derhalve hierin niet meegenomen. Wegens een benodigde marktintroductie van struviet als meststof wordt aangenomen dat gekorrelde struviet bij aanvang slechts een gering marktaandeel kan verwerven. Een meer reële omvang van de afzet van gekorrelde struviet uit communaal afvalwater wordt derhalve geschat op 465 tot ca. 1.400 ton per jaar. Dit is lager dan de huidige totale productie van struviet uit afvalwater die ca. 1.500 ton per jaar bedraagt.

8.2.2 ECONOMISCHE WAARDE

De reële marktwaarde van struviet op basis van huidige kunstmestprijzen, het mineraal N-gehalte en het gehalte aan wateroplosbaar fosfaat en magnesium in struviet, bedraagt ca. € 5,50/100 kg voor struviet in korrelvorm of als grondstof in de productie van meststoffen. Een marktwaarde voor struviet uit communaal afvalwater gebaseerd op een vervangingswaarde van bestaande meststoffen in kansrijke afzetmarkten en de totaalgehalten aan stikstof, fosfaat en magnesium in struviet bedraagt gemiddeld € 35,-/100 kg voor gekorrelde product franco geleverd bij de gebruiker. Daarmee bedraagt de totale bruto financiële opbrengst op basis van de reële afzet van gekorrelde struviet uit communaal afvalwater € 160.000,- tot € 740.000,- per jaar. Bij toenemende afzet van gekorrelde struviet in de loop der jaren kan de bruto financiële opbrengst toenemen tot maximaal 2,3 tot 5,1 miljoen Euro per jaar. De netto financiële opbrengst wordt verkregen door de bruto financiële opbrengst te verminderen met de kosten voor het vervaardigen en vermarkten van gekorrelde struviet. De beraming van

deze kosten vallen buiten deze studie. Bij een aanname van deze kosten liggend tussen de € 15, en € 20,- per 100 kg gekorreld struviet bedraagt de maximale netto financiële opbrengst ca. 0,6 tot 4,1 miljoen Euro per jaar.

8.2.3 TOETSING AAN DE PRAKTIJK

Uit onderzoek in de kansrijke gewassen ijsbergsla, dijkengras, gladiolen en het boomkwekerijgewas *Elaeagnus* (Olijfwilg) blijkt dat in ijsbergsla het gebruik van struviet tot een betere dan wel gelijke kropvorming leidt dan kunstmest en een organominerale meststof. In dijkengras leidt het gebruik van struviet tot meer groei in gras dat is ingezaaid waardoor er een sneller een betere grasbezetting ontstaat welke kan resulteren in een betere bescherming van de dijk. De kleur van het gras is donkerder en ook hier is de wortelintensiteit evenals bij de ijsbergsla duidelijk hoger dan bij het gebruik van kunstmest of organominerale meststof. In het boomkwekerijgewas *Elaeagnus* leidt het gebruik van struviet niet zozeer tot verschillen in de gewasontwikkeling bovengronds maar wordt er wel een betere wortelontwikkeling waargenomen ten opzichte van een controle waar geen extra bemesting heeft plaatsgevonden en het gebruik van organominerale meststof. Een geringe dosis struviet is reeds voldoende om het effect te verkrijgen. Het vormen van meer fijne haarwortels is van groot belang in deze teelt wegens het beter kunnen aanslaan van de planten bij een verder opkweek.

In de gladiolen is gekeken naar de productie van kralen (jonge bollen die het volgende jaar tot volwaardige bollen moeten uitgroeien). Alhoewel in de aanvankelijke ontwikkeling van het gladiolen gewas geen verschillen zijn waargenomen heeft een tripsaantasting (veel voorkomende ziekte in gladiolen) naderhand tot sterke verschillen in de gewas ontwikkeling geleid. Het optreden van de tripsaantasting was echter niet gerelateerd aan de bemesting.

Om de werking van struviet ook onder praktijkomstandigheden aan te tonen is er in de Noordoostpolder in een perceel gladiolen een demonstratieveld aangelegd waar fosfaat uitsluitend via struviet is toegediend. Het effect van struviet is vergeleken met het effect van fosfaatbemesting via kunstmest. Uit de resultaten van de demonstratie blijkt dat het effect van struviet 1 op 1 vergelijkbaar is met dat van kunstmestfosfaat en struviet een goede vervanger van kunstmestfosfaat is.

8.3 ALGEMENE CONCLUSIE

Struviet uit communaal afvalwater in ongekorrelde vorm is niet of nauwelijks direct inzetbaar als meststof en kan slechts als grondstof voor de productie van meststoffen dienen. Gekorreld struviet is beduidend breder inzetbaar maar kent nog steeds beperking in de afzet wegens een stikstof fosfaat verhouding in het product welke meestal niet direct aansluit bij de behoefte van land- en tuinbouwgewassen, dijkbegroeiing, openbaar groen en planten in de particuliere markt. Uit de onderzoeken blijkt dat de werking van struviet vergelijkbaar is aan die van kunstmest en organominerale meststof of zelfs een duidelijk positief effect geeft. De geschatte afzet van gekorreld struviet uit communaal afvalwater ligt aanvankelijk lager dan de huidige productie van struviet maar heeft de potentie om te groeien naar een geschatte maximale afzet van 6.400 tot 8.300 ton per jaar. Daarmee is een bruto financiële jaaropbrengst haalbaar oplopend van € 160.000,- op korte termijn tot 5,1 miljoen op de langere termijn.

8.4 AANBEVELINGEN

Uit onderhavig onderzoek blijkt dat het vooral de NP-verhouding bij struviet is die een grote beperking geeft in de afzetmogelijkheden. De huidige NP-verhouding van 1: 5 – 1:10 zorgt ervoor dat er doorgaans te weinig stikstof toegediend kan worden via gebruik van struviet en de potentiële gebruiker dit zou moeten aanvullen met een extra strooibeurt van een stikstofmeststof. Dit is in veel gevallen niet gewenst aangezien het extra arbeidskosten voor de gebruiker met zich meebrengt. Indien de NP-verhouding van struviet 1:2 (NP 10-20) tot 1:3 (NP 8-24) zou bedragen zijn er meer mogelijkheden voor de afzet in gewassen als poot aardappels, zaaiuien, plantuien en krokussen. Voor verrijkt struviet in korrelvorm met een NP-verhouding van 1:2,5 vergelijkbaar met de veelgebruikte meststof diammoniumfosfaat (DAP) is er al snel een additionele reële extra afzetpotentie mogelijk in Nederland van 150 tot 500 ton per jaar in de akkerbouw en gespecialiseerde sierteelt met een potentiële marktwaarde van iets minder dan € 22,- tot 25,- per 100 kg. Aanbevolen wordt te onderzoeken welke materialen geschikt zijn om struviet te verrijken en tegen welke prijs.

Naast het verrijken met stikstof kan een toevoeging van kalium als vierde plantenvoedend element de afzet van struviet mogelijk ook vergroten. Te denken valt daarbij aan de bemesting van dijken of vaste planten en boomkwekerijgewassen. Daarnaast zijn er mogelijk nog andere toevoegingen aan struviet denkbaar (humuszuren bijvoorbeeld) die een positief effect kunnen hebben op de plantenvoedende waarde of werking van het product als meststof. Onderzocht dient te worden welke materialen nog meer geschikt zijn om struviet te verrijken. Daarbij dient dan ook de economische waarde en financiële opbrengst opnieuw berekend te worden. Ten aanzien van relatief nieuwe markten voor meststoffen zoals daktuinen is struviet mogelijk ook inzetbaar. Er is echter nog weinig bekend over de behoefte van dakbeplanting. Nader onderzoek wordt aangeraden om te kunnen beoordelen of struviet afkomstig van communaal afvalwater hiervoor verrijkt dient te worden met stikstof en kalium en hoeveel struviet in korrelvorm kan worden afgezet in dit soort nieuwe markten.

De kosten voor de productie van gekorrelde struviet alsook de kosten voor een eventuele verrijking en de uiteindelijke marktintroductie zijn in dit onderzoek niet vastgesteld maar zijn slechts ingeschat. Om de exacte kosten mee te nemen in de calculatie van een netto financiële opbrengst wordt aanbevolen hiernaar onderzoek te doen.

In het onderhavige onderzoek is struviet slechts in vier gewassen getest op de bruikbaarheid van struviet als meststof. Teneinde de marktintroductie van struviet meer kracht bij te zetten en te versnellen zijn meer demonstraties in de praktijk noodzakelijk. Aanbevolen wordt om deze regionaal te laten plaatsvinden teneinde ook de binding tussen productielocatie van struviet en het gebruik te versterken waardoor er meer draagvlak ontstaat voor het vervangen van kunstmest door struviethoudende meststoffen.

9

LITERATUUR

Aendekerk, Th.G.L., & M. de Beuze, 2000. Adviesbasis voor de bemesting van boomkwekerijgewassen: vollegrondsteelt. Boomteelt Praktijkonderzoek. ISBN 97-890802-4-6997, 74 pp.

Aendekerk, Th.G.L., 1996. Bemestingswijzer boomkwekerijgewassen. Boomteelt Praktijkonderzoek. ISBN 90-802469-3-x, 156 pp.

<http://www.agrarmarkt-nrw.de/duengermarkt.shtm>

BSNC, 2015. Website Branchevereniging Sport- en Cultuurtechniek.

Bussink, D.W. & H. van de Draai, 2008. Naar een richtlijn voor de N- en P-bemesting van sportvelden met minimale uitspoeling. Deel 2 praktijkonderzoek. BSNC-rapportage. ISBN 978908750043, 99 pp.

Carrow, R.N., D.V. Waddington, P.E. Rieke, 2001 Turfgrass Soil fertility and Chemical Problems: Assessment and Management. John Wiley & Sons. INC. ISBN 1-57504-153-7, 400 pp.

De Haan, J.J. & W.H. van Geel, 2013. Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen. PPO Lelystad, 116 pp.

De Dorschkamp, 1990. Bemestingsadviesbasis voor stedelijk groen inclusief stadsbomen en sportvelden. Instituut voor bosbouw en groenbeheer Wageningen. ISBN 0924-9141, 60 pp

Bolt, G.H. & M.G.M. Bruggenwert, 1978. Soil chemistry. A. Basic Elements, 2nd version. Elsevier Scientific Publishing Company. ISBN 0-444-41435-5, 281 pp.

Ehlert, P.A.I., T.A. van Dijk en O. Oenema, 2013. Opname struviet als categorie in het Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet. WOt-werkdocument 332. 98 pp.

Evers, M.A.A., V.R.C. Hensgens, R. Pothoven, 2000. Handboek Meststoffen. NMI Wageningen. ISBN 9054390964, 1192 pp.

Findenegg, G.R. & B.H. Janssen, 1989. Plantenvoeding en bemesting. Vakgroep Bodemkunde en Plantenvoeding Landbouwwuniversiteit Wageningen. Dictaat nr. 06175013. 239 pp.

Haarhuis, R, 2014. Schriftelijke mededeling: analyse gedroogd struviet.

Helvoort, P.J. van, G. Notenboom en B. Geraarts, 2010. Fosforterugwinning: feit en fictie. H₂O nr. 14/15, p. 14-15.

Hofstad, E. , 1997. Struviet: een nieuw alternatief voor de huidige fosfaatmeststof tripelsuperfosfaat? Scriptie Landbouwwuniversiteit Wageningen. 58 pp.

KWIN-AGV, 2012. Kwantitatieve Informatie Akkerbouw en Vollegrondsgroenteteelt. PPO-Lelystad, publicatie 486. 204 pp.

LEI-CBS, 2015. Land- en tuinbouwcijfers 2014.

Liebrand, C.I.J.M., 2015. Mondelinge mededeling.

Locher W.P., H. de Bakker, 1992. Bodemkunde van Nederland 2e druk. Malmberg, Den Bosch. ISBN 90-208-35459, 439 pp.

- Lodder, R., R. Meulenkamp en G. Notenboom, 2011. Fosfaatterugwinning in communale afvalwaterzuiveringsinstallaties. STOWA-rapport 2011-24. Amersfoort, 102 pp.
- Mc Carty, L.B., 2005. Best Golf Course Management Practices. ISBN 978-0-13-504709-5. 776 pp.
- Minderhoud, J.W., 1981. Aanleg, beheer en onderhoud van de grasmat op rivierdijken. Subwerkgroep 9A van de Technische Adviescommissie Waterkeringen (TAW). TAW rapport A3 82.13. 42 pp.
- Morgenschweis, C., Vergouwen, L., Van Schöll, L. en Leenen, I., 2015. Erkenning van de kwaliteit van struviet uit de communale afvalwaterketen. STOWA rapport nr. 34. Amersfoort, 122 pp.
- Postma, R. T.A. van Dijk en L. van Schöll, 2011. Mogelijkheden van fosfaathergebruik door de inzet van biomassa-assen als meststof. NMI rapport 1370, Wageningen, 56 pp.
- Postma, R & D.W. Bussink, 2008. Naar een richtlijn voor de N- en P-bemesting van sportvelden met minimale uitspoeling. Deel 1 Literatuuronderzoek. BSNC-rapportage. ISBN 978908750036, 61 pp.
- Reijneveld, J.A., 2013. Unravelling changes in soil fertility of agricultural land in The Netherlands. ISBN 978-94-6173-779-3, 227 pp.
- Scheffer, F. P. Schachtschabel, 1984. Lehrbuch der Bodenkunde. Enke Verlag Stuttgart. ISBN 3-432-84771-8, 442 pp.
- Schreuder, R. & J.W. van der Wekken, 2005. Kwantitatieve informatie bloembollen en bolbloemen. PPO Lisse, nr. 719, 219 pp.
- Schröder, J.J. & A.L. Smit, 2013. Landbouwkundige waarde van GMB-biogranulaat. PRI Wageningen. Rapport 533, 24 pp.
- Stad + Groen, 2014. Daktuin bemesten met menselijke urine. Website Stad + Groen, vrijdag 16 mei 2014.
- Van Dam, A.M. & H. van Reuler, 2013. Adviesbasis voor de bemesting van bloembolgewassen. PPO Wageningen. 48 pp.
- Van Reuler, H. & A.M. van Dam, 2010. De fosfaatbehoefte van vaste planten op duinzandgrond. PPO Lisse, projectnummer 32 361023 00, 24 pp.
- Van der Wekken, J.W. & R. Schreuder, 2006. Kwantitatieve informatie Boomkwekerij 2006. PPO Lisse, nr. 442, 145 pp.
- Van Hal, R., 2015. Mondelinge mededeling Triferto.
- Van Iersel, H. 2014. Vijftig vrachtwagens fosfaatmeststof uit het spoelwater van aardappels. Fieldmanager, nr. 3 jaargang 10, p 50-53.
- Veltman A., J. de Danschutter en C.A. Uijterlinde, 2010. Terugwinning van fosfaat uit zuiveringsslib verlaagt kosten van slibverwerking. H₂O, nr. 11, p. 4-5.
- Wilschut, M.W., 2015. Schriftelijk mededeling: analyse struviet.

BIJLAGE I

GRENSWAARDEN VOOR GEHALTEN AAN ZWARE METALEN EN ARSEEN IN STRUVIET

Maximaal toegestane waarden voor zware metalen in mg per kg van het desbetreffende waardegevend bestanddeel in struviet (Bijlage II UBM).

	Maximale waarde per waardegevend bestanddeel (mg/kg)	
	Stikstof (N)	Fosfaat (P ₂ O ₅)
Cd (cadmium)	25	31,3
Cr (chroom)	1500	1875
Cu (koper)	1500	1875
Hg (kwik)	15	18,8
Ni (nikkel)	600	750
Pb (lood)	2000	2500
Zn (zink)	6000	7500
As (arsen)	300	375

BIJLAGE II

GRENSWAARDEN VOOR ORGANISCHE MICROVERONTREINIGINGEN IN STRUVIET

Maximaal toegestane waarden voor organische microverontreinigingen in mg per kg van het desbetreffende waardegevende bestanddeel in struviet (Bijlage II UBM).

Organische microverontreiniging	Maximale waarden per waardegevende bestanddeel (mg/kg)	
	Fosfaat (P_2O_5)	Stikstof (N)
Σ PCDD/PCDF	0,019	0,015
α -HCH	310	248
β -HCH	12	9,6
γ -HCH (lindaan)	1,2	0,96
HCB	31	31,2
Aldrin	7	5,6
Dieldrin	7	5,6
Σ aldrin/dieldrin	7	5,6
Endrin	7	5,6
Isodrin	7	5,6
Σ endrin/isodrin	7	5,6
Σ DDT + DDD + DDE	23	18,4
PCB-28	18,5	14,8
PCB-52	18,5	14,8
PCB-101	75	60
PCB-118	75	60
PCB-138	75	60
PCB-153	75	60
PCB-180	75	60
Σ 6-PCB (excl. PCB-118)	375	300
Naftaleen	600	480
Fenanthreen	750	600
Antraceen	600	480
Fluoranteen	185	148
Benzo(a)antraceen	230	184
Chryseen	230	184

Vervolg maximaal toegestane waarden voor organische microverontreinigingen in mg per kg van het desbetreffende waardegevende bestanddeel in struviet (Bijlage II UBM).

Organische microverontreiniging	Maximale waarden per waardegevende bestanddeel (mg/kg)	
	Fosfaat (P_2O_5)	Stikstof (N)
Benzo(k)fluoranteen	270	216
Benzo(a)pyreen	290	232
Benzo(g, h, i)peryleen	210	168
Indeno(1,2,3-c,d)pyreen	235	188
Σ10-PAK	11500	9200
Minerale olie	935000	748000

BIJLAGE III

STIKSTOF EN FOSFAATBEMESTING IN FOSFAATBEHOEFTIGE AKKERBOUWGEWASSEN

TABEL III.1 GEREALISEERDE STIKSTOF- EN FOSFAATBEMESTING (KG/HA PER JAAR) VAN AARDAPPELEN (KWIN, 2012)

Gewas	Regio	N	P205	Toedieningsmomenten
Consumptieaardappel	IJsselmeerpolders	252	105	- 150 kg N voor poten
	Noord-Nederland	252	70	- 50-70 kg bij rugopbouw (april)
	Zuidwest Nederland	252	85	- restant bij volledige bedekking van het grondoppervlak (sluiting) gewas (ca. juni)
	Zuidoost Nederland	264	20	
Pootaardappelen	IJsselmeerpolders	122	105	- 50-70 kg N voor poten
	Noord Nederland	122	70	- restant bij sluiting gewas
	Zuidwest Nederland	122	85	
Zetmeelaardappelen	-	239	55	Idem consumptieaardappelen

TABEL III.2 GEREALISEERDE STIKSTOF- EN FOSFAATBEMESTING (KG/HA PER JAAR) VAN UIEN (KWIN, 2012)

Gewas	Regio	N	P205	Toedieningsmoment
Plantui, 1 ^e jaars	Zuidwest Nederland	40	85	Bij 10 cm planthoogte
Plantui, 2 ^e jaars	-	170	85	- in twee keer
Zaaiuien	IJsselmeerpolders	175	85	- 30-40 kg N bij zaai
	Zuidwest Nederland	175	85	- 2 x 65-72 kg N v.a. gewashoogte 10 cm)

TABEL III.3 GEREALISEERDE STIKSTOF- EN FOSFAATBEMESTING (KG/HA PER JAAR) VAN PEULVRUCHTEN (KWIN, 2012).

Gewas	Regio	N	P ₂ O ₅	Toedieningsmoment
Bruine bonen	Kleigrond	135	85	- alles voor zaai
Stamslaboon	zandgrond	130	0	- alles voor zaai
Doperwten	kleigrond	20	105	- alles voor zaai
	zandgrond	0	20	

TABEL III-4 STIKSTOF- EN FOSFAATBEMESTING (KG/HA PER JAAR) VAN SPRUITKOOL (KWIN, 2012; DE HAAN & VAN DIJK, 2013).

Gewas	N	P205	Toedieningsmoment
Spruitkool (vroeg)/(midden)/(laat)	290	85	- ca. 220 kg N bij planten - 70 kg 2 weken voor het toppen
Zuidwestelijke klei			
Spruitkool zand/dal	240	25	- ca. 120 kg N bij planten - 3 x 40 kg N juni-voor toppen
Spruitkool löss	160	20	- ca 40 kg bij planten - 3 x 40 kg N juni-voor toppen

TABEL III-5 STIKSTOF- EN FOSFAATBEMESTING (KG/HA PER JAAR) VAN KNOLSelderij (KWIN, 2012; DE HAAN & VAN DIJK, 2013)

Gewas	N	P ₂ O ₅	Toedieningsmoment
Knolselderij	180	85	- ca. 120 kg N bij planten - 60 kg eind augustus/begin september

TABEL III-6

STIKSTOF- EN FOSFAATBEMESTING (KG/HA PER JAAR) VAN IJSBERGSLA (KWIN, 2012; DE HAAN & VAN DIJK, 2013)

Gewas	N	P ₂ O ₅	Toedieningsmoment
IJsbergsla vroeg/vroeg	162	85	- alles voor planten
bedekt			
IJsbergsla zomer/herfst	82	85	- ca. 30 kg N bij planten* - ca. 50 kg 3,5 week na planten*

Stikstofbijmeststelsel (NBS)

TABEL III-7

STIKSTOF- EN FOSFAATBEMESTING (KG/HA PER JAAR) VAN HYACINT (VAN DAM & REULER, 2013)

Gewas	N	P ₂ O ₅	Toedieningsmoment
Hyacint	85	75-90	Voor planten
	40		Voor spreiden
	60		Eind maart
	55		Eind april
	30		Eind mei

TABEL III-8

STIKSTOF- EN FOSFAATBEMESTING (KG/HA PER JAAR) VAN KROKUS (VAN DAM & REULER, 2013)

Gewas	N	P ₂ O ₅	Toedieningsmoment
Krokus	30	75 - 90	Voor planten
	35		Half april

TABEL III-9

STIKSTOF- EN FOSFAATBEMESTING (KG/HA PER JAAR) VAN DAHLIA (VAN DAM & REULER, 2013)

Gewas	N	P ₂ O ₅	Toedieningsmoment
Dahlia	10	135-150	Voor planten
	60		3 weken na planten
	45		6 weken na planten

TABEL III-10

STIKSTOF- EN FOSFAATBEMESTING (KG/HA PER JAAR) VAN GLADIOLEN KRAKEN (VAN DAM & REULER, 2013)

Gewas	N	P ₂ O ₅	Toedieningsmoment
Gladiol	20	75-90	Half mei
	35		Eind juni
	45		Eind juli
	75		Eind augustus

TABEL III.11

N- EN P-BEHOEFTEN VAN DIVERSE FOSFAATBEHOEFTEGE GEWASSEN IN NEDERLAND

(DE HAAN & VAN GEEL, 2013; SCHREUDER & VAN DER WEKKEN, 2006)

	N (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)
Pootaardappel (IJsselmeerpolders)	50-70	105
Zaaiui	30-40	85
Plantui 1 ^e jaars	40	85
Krokussen	30	75 - 90

BIJLAGE IV

AREALEN VAN GEWASSEN BELANGRIJK VOOR AFZET VAN STRUVIET

TABEL IV-1 AREAAL PootAARDAPPELEN EN ZAAIUIEN IN NEDERLAND IN HA (LEI-CBS, 2015).

Gewas	2012	2013	2014
Consumptieaardappel op klei	47.100	48.300	48.900
Consumptieaardappel op zand/veen	20.400	23.200	25.200
Pootaardappel op klei	20.990	21.980	22.400
Pootaardappel op zand	34.600	35.400	35.700
Zaaiui	2772	2840	2866
Plantuien	750	830	947
Doperwt zand en klei	3.700	3.900	3.700

TABEL IV-2 AREAAL DAHLIA'S, HYACINTEN, KROKUSSEN EN GLADIOLEN IN NEDERLAND IN HA (LEI-CBS, 2015, SCHREUDER & VAN DER WEKKEN, 2005)

Gewas	2012	2013	2014
Dahlia's	454 (2003)		
Gladiolen	1113	1111	1005
Hyacinten	1448	1434	1482
Krokussen	400	406	467

BIJLAGE V

BEREKENDE MAXIMALE AFZETPOTENTIE VOOR STRUVIET

TABEL V-1 MAXIMALE AFZETPOTENTIE VAN STRUVIET IN DIVERSE MARKTEN

Sector	Gewas	Areaal	Struviet gebruik (kg/ha)	Potentiële marktwaarde struviet (€/100 kg)	Maximale afzetruimte voor struviet (Tonnen)	Maximaal financiële opbrengst struviet (€1000,-)
Akkerbouw	Doperwt op klei	1.850	477	24,18	882	213
	Doperwt op zand	1.850	91	26,-	168	11
Gespecialiseerde groenteteelt	IJsbergsla (zomer/herfst)	7.942	386	44,30	3.065	1.358
Gespecialiseerde sierteelt	Dahlia's	454	682	8,80,-	310	27
	Gladiolen	1.113	682	8,80,-	759	67
	Heide-achtigen, rozen en vruchtbomen	500	273 – 364	38,64 - 87,91	137 – 182	53 – 320
	Vaste planten	351	364 - 409	30,56 - 34,34	128 – 144	39 – 49
Sport en openbaar groen	Sportvelden	4.420	181 – 588	55,- – 65,-	800 – 2.599	440 – 1.689
	Golfbanen	330	364 – 636	55,- – 65,-	120 -210	66 – 1.365
Totaal					6.369 – 8.317	2.272 – 5.099

BIJLAGE VI

MEETRESULTATEN EN STATISTISCHE GEGEVENS POTONDERZOEK IJSBERGSLA

TABEL VI-1 KROPHOOGTE (CM)

	11-4-2015	21-4-2015	29-4-2015	7-5-2015	18-5-2015	28-5-2015
Kunstmest	10,6	12,3	16,4	18,5	19,0	20,0
Organomineraal	11,9	13,3	15,1	17,5	19,0	19,8
Struviet	11,4	13,1	16,1	18,1	19,8	18,8
p-waarde (0,05)	0,55	0,42	0,29	0,71	0,81	0,73
LSD (5%)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
df	11	11	11	11	11	11

TABEL VI-2 ZIEKTEAANTASTING (1-5)

	29-4-2015	7-5-2015	18-5-2015	28-5-2015
Kunstmest	1,50a	2,75	2,50	3,50
Organomineraal	2,75b	2,75	3,25	2,75
Struviet	2,25b	2,00	2,75	2,75
p-waarde (0,05)	0,03	0,34	0,35	0,12
LSD (5%)	0,7	n.s.	n.s.	n.s.
df	11	11	11	11

TABEL VI-3 KROPVORMING (1-5)

	11-4-2015	21-4-2015	29-4-2015	7-5-2015	18-5-2015	28-5-2015
Kunstmest	1	2,25	2,75	3,5	3,25	2,75
Organomineraal	1,25	2,25	3,25	4,25	4	3,25
Struviet	1,5	2,5	2,75	3,75	4	3,25
p-waarde (0,05)	0,57	0,75	0,63	0,18	0,49	0,52
LSD (5%)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
df	11	11	11	11	11	11

TABEL VI-4 VERSGEWICHT HELE KROP (GRAM)

	A	B	C	D	Gemiddeld
Kunstmest	224,4	296	237,7	486	311,03
Organomineraal	413	353,6	499,5	471,3	434,35
Struviet	356	305,7	128,7	564,2	338,65
				p-waarde (0,05)	0,41
				LSD (5%)	n.s.
				df	11

TABEL VI-5 VERSGEWICHT OOGSTBARE KROP (GRAM)

	A	B	C	D	Gemiddeld
Kunstmest	234	175,3	131,8	393,4	233,63
Organomineraal	321,1	278,6	401,4	384,9	346,50
Struviet	280,8	234,9	320	444,9	320,15
p-waarde (0,05)					0,23
LSD (5%)					n.s.
df					11

TABEL VI-6 WORTELINTENSITEIT (1-5)

	A	B	C	D	Gemiddeld
Kunstmest	1	2	3	4	2,5a
Organomineraal	4	4	4	4	4,0b
Struviet	4	4	4	4	4,0b
p-waarde (0,05)					0,03
LSD (5%)					0,96
df					11

TABEL VI-7 WORTELLENTE (CM)

	A	B	C	D	Gemiddeld
Kunstmest	6	7,5	11	11	8,9a
Organomineraal	13	16	15	14	14,5b
Struviet	15	15	15	15	15,0b
p-waarde					0,0008
LSD (5%)					2,12
df					11

TABEL VI-8 WORTELKLEUR

	A	B	C	D
Kunstmest	Beige	Beige	Beige	Wit
Organomineraal	Wit	Wit	Wit	Wit
Struviet	Wit	Wit	Wit	Wit

TABEL VI-9 BODEMVOCHT (% V/V)

	3-4-2015	11-4-2015	21-4-2015	29-4-2015	7-5-2015	18-5-2015	28-5-2015
Kunstmest	22,8	16,8	16,9	28,0	18,1	30,0	37,5
Organomineraal	24,3	14,1	12,9	26,6	26,9	42,8	42,9
Struviet	21,4	14,8	14,4	26,6	22,0	36,6	42,4
p-waarde (0,05)	0,43	0,68	0,50	0,96	0,71	0,10	0,45
LSD (5%)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
df	11	11	11	11	11	11	11

BIJLAGE VII

MEETRESULTATEN EN STATISTISCHE GEGEVENS POTONDERZOEK DIJKENGRAS

TABEL VII-1 OPKOMST (%)

	A	B	C	D	Gemiddeld
Controle	90	85	80	90	86a
Kunstmest	80	80	75	75	78b
Organomineraal	75	85	75	80	79b
Struviet	75	80	80	75	78b
p-waarde (0,05)					0,024
LSD (5%)					5
df					15

TABEL VII-2 GEWASHOOGTE (CM)

	21-4-2015	29-4-2015	7-5-2015	18-5-2015	2-6-2015	12-6-2015
Controle	9,3a	10,4a	14,8a	13,4a	15,8a	7,0a
Kunstmest	9,6a	14,0b	16,4ab	15,8b	17,8b	8,0b
Organomineraal	10,9b	15,0bc	16,6b	17,1c	18,5b	7,9b
Struviet	10,6b	15,3c	19,5c	21,3d	20,8c	9,4c
p-waarde (0,05)	0,009	0,000	0,002	0,002	0,000	0,000
LSD (5%)	0,8	1,1	1,7	0,9	1,2	0,4
Df	15	15	15	15	15	15

TABEL VII-3 GEWASKLEUR (1-5/1-9)

	Visueel	NDVI		
	29-4-2015	7-5-2015	18-5-2015	2-6-2015
Controle	2,3a	7,8a	7,7a	7,8a
Kunstmest	2,8ab	7,9a	7,9b	7,9a
Organomineraal	3,0b	7,8a	7,9b	7,9a
Struviet	3,3b	8,1b	7,9b	8,0b
p-waarde (0,05)	0,037	0,011	0,043	0,028
LSD (5%)	0,5	0,1	0,1	0,1
Df	15	15	15	15

TABEL VII-4 GRASBEZETTING (%)

	21-4-2015	29-4-2015	7-5-2015	18-5-2015	2-6-2015
Controle	17,5a	30,0a	42,5a	67,5a	71,3a
Kunstmest	20,0a	58,8b	60,0b	73,8b	82,5b
Organomineraal	23,8b	68,8c	67,5b	83,8c	87,5b
Struviet	25,0b	82,5d	85,0c	91,3d	93,8c
p-waarde (0,05)	0,009	0,004	0,001	0,001	0,001
LSD (5%)	3,5	8,9	8,4	6,0	6,1
df	15	15	15	15	15

TABEL VII-5 VOCHTGEHALTE IN DE POT (% V/V)

	21-4-2015	29-4-2015	7-5-2015	18-5-2015	2-6-2015
Controle	16,2	26,8	36,8b	39,5	38,6
Kunstmest	20,0	23,6	33,3b	31,1	38,3
Organomineraal	16,6	19,3	22,7a	34,3	34,4
Struviet	18,7	22,5	36,4b	38,9	40,2
p-waarde (0,05)	0,15	0,16	0,03	0,42	0,59
LSD (5%)	n.s.	n.s.	7,9	n.s.	n.s.
df	15	15	15	15	15

TABEL VII-6 EC IN DE POT (MS/CM)

	€	29-4-2015	7-5-2015	18-5-2015	2-6-2015
Controle	0,80a	0,68a	0,75a	0,56	0,66a
Kunstmest	2,77c	1,44b	1,84c	1,01	0,91b
Organomineraal	2,27b	1,20b	1,64b	1,08	1,00b
Struviet	2,57c	1,18b	1,37b	0,80	1,04b
p-waarde (0,05)	0,000	0,001	0,001	0,271	0,005
LSD (5%)	0,2	0,3	0,4	n.s.	0,2
df	15	15	15	15	15

TABEL VII-7 BIOMASSA (GRAM)

	A	B	C	D	Gemiddeld
Controle	11,6	18,3	12,9	15,2	14,5a
Kunstmest	18,0	32,0	21,5	29,6	25,3b
Organomineraal	31,4	29,7	32,5	34,7	32,1c
Struviet	52,7	51,0	47,4	52,2	50,8d
p-waarde (0,05)					0,000
LSD (5%)					4,9
df					15

TABEL VII-8 WORTELINTENSITEIT (1-5)

	A	B	C	D	Gemiddeld
Controle	3	3	3	3	3,0a
Kunstmest	3	4	3	4	3,5a
Organomineraal	3	3	4	4	3,5a
Struviet	5	5	4	5	4,8b
p-waarde (0,05)					0,002
LSD (5%)					0,6
df					15

TABEL VII-9 GEWASHOOGTE NA HERGROEI (CM)

	A	B	C	D	Gemiddeld
Controle	7,0	7,5	6,5	7,0	7,0a
Kunstmest	7,5	8,0	8,0	8,5	8,0b
Organomineraal	7,5	8,0	8,0	8,0	7,9b
Struviet	9,5	9,0	9,5	9,5	9,4c
p-waarde (0,05)					0,000
LSD (5%)					0,4
df					15

BIJLAGE VIII

MEETRESULTATEN EN STATISTISCHE GEGEVENS POTONDERZOEK GLADIOLEN

TABEL VIII-1 OPKOMST (AANTAL BOLLEN/POT)

	2-5-2015	11-5-2015	24-5-2015	12-6-2015
Kunstmest	0,5	4,0	5,0	5,0
Organomineraal	0,3	3,3	4,8	5,0
Struviet	0,5	4,3	5,0	5,0
p-waarde (0,05)	0,76	0,32	0,41	
LSD (5%)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
df	11	11	11	11

TABEL VIII-2 GEWASHOOGTE (CM)

	11-5-2015	24-5-2015	12-6-2015	6-7-2015	7-8-2015	28-8-2015	17-9-2015	29-9-2015
Kunstmest	6,8	19,7	31,6	40,2	51,5b	45,9	50,1	50,6
Organomineraal	7,8	17,7	29,0	40,4	51,5b	46,2	48,2	49,3
Struviet	5,5	18,0	29,5	39,4	47,9a	42,8	44,6	45,3
p-waarde (0,05)	0,38	0,57	0,36	0,62	0,05	0,11	0,23	0,31
LSD (5%)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	2,6	n.s.	n.s.	n.s.
df	11	11	11	11	11	11	11	11

TABEL VIII-3 ZIEKTEAANTASTING (AANTAL BOLLEN/POT)

	28-8-2015	17-9-2015	29-9-2015
Kunstmest	2,3	4,8	4,8
Organomineraal	4,0	4,5	4,8
Struviet	3,5	4,8	5,0
p-waarde (0,05)	0,39	0,75	0,62
LSD (5%)	n.s.	n.s.	n.s.
df	11	11	11

TABEL VIII-4 ZIEKTE-INTENSITEIT (1-5)

	28-8-2015	17-9-2015	29-9-2015
Kunstmest	1,75	2,50	3,75
Organomineraal	2,75	3,50	4,50
Struviet	3,00	3,75	4,50
p-waarde (0,05)	0,54	0,02	0,14
LSD (5%)	n.s.	0,72	n.s.
df	11	11	11

TABEL VIII-5 GEWICHT MOEDERBOLLEN BIJ DE OOGST (GRAM/5 BOLLEN)

	Pot 1	Pot 2	Pot 3	Pot 4	Gemiddeld
Kunstmest	87,3	81,8	87,1	81,3	84,4
Organomineraal	77,0	68,8	73,6	83,7	75,8
Struviet	96,9	74,5	84,8	73,1	82,3
				p-waarde	0,29
				LSD (5%)	n.s.
				df	11

TABEL VIII-6 GEWICHT KRALEN < 6 MM (GRAM/5 BOLLEN)

	Pot 1	Pot 2	Pot 3	Pot 4	Gemiddeld
Kunstmest	12,7	16,8	18,3	22,7	17,6
Organomineraal	17,0	11,1	20,6	21,1	17,5
Struviet	13,9	9,9	15,5	9,7	12,3
				p-waarde	0,15
				LSD (5%)	n.s.
				Df	11

TABEL VIII-7 GEWICHT KRALEN 6-8 MM (GRAM/5 BOLLEN)

	Pot 1	Pot 2	Pot 3	Pot 4	Gemiddeld
Kunstmest	19,7	17,2	25,9	20,8	20,9
Organomineraal	15,6	11,2	15,8	21,7	16,1
Struviet	19,2	13,4	12,7	9,9	13,8
				p-waarde	0,08
				LSD (5%)	n.s.
				df	11

TABEL VIII-8 GEWICHT KRALEN 8-10 MM (GRAM/5 BOLLEN)

	Pot 1	Pot 2	Pot 3	Pot 4	Gemiddeld
Kunstmest	10,3	6,4	8,9	10,6	9,1b
Organomineraal	9,8	4,9	6,2	9,0	7,5b
Struviet	7,0	3,1	4,6	3,8	4,6a
				p-waarde	0,03
				LSD (5%)	2,58
				Df	11

BIJLAGE IX

MEETRESULTATEN EN STATISTISCHE GEGEVENS POTONDERZOEK ELAEACHNES

TABEL IX-1 GEWASONTWIKKELING (1-5)

	20-8-2015	8-9-2015	21-9-2015	12-10-2015
Controle	2,8a	2,7	3,1	3,0
Struviet 1x	3,4b	2,8	3,4	3,2
Struviet 2x	2,4a	2,0	3,2	3,1
Organomineraal 1x	3,1a	2,4	3,4	2,9
Organomineraal 2x	2,4a	2,3	3,7	3,2
p-waarde	0,022	0,134	0,476	0,601
LSD (5%)	0,6	n.s.	n.s.	n.s.
df	44	44	44	44

TABEL IX-2 GEWASHOOGTE (CM)

	20-8-2015	8-9-2015	21-9-2015	12-10-2015
Controle	11,2	12,7	13,9	14,4
Struviet 1x	11,8	14,3	15,7	16,1
Struviet 2x	9,9	12,1	12,3	15,3
Organomineraal 1x	10,9	12,4	13,8	16,3
Organomineraal 2x	10,0	14,2	14,9	16,8
p-waarde	0,665	0,701	0,652	0,863
LSD (5%)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
df	44	44	44	44

TABEL IX-3 KLEUR (1-5)

	8-9-2015	21-9-2015	12-10-2015
Controle	2,9a	3,1	3,2
Struviet 1x	3,3b	3,3	3,4
Struviet 2x	2,8a	2,9	3,3
Organomineraal 1x	3,3b	3,2	3,3
Organomineraal 2x	3,1a	3,0	3,3
p-waarde	0,024	0,216	0,922
LSD (5%)	0,3	n.s.	n.s.
df	44	44	44

TABEL IX-4

WORTELINTENSITEIT (1-5)

	20-8-2015	8-9-2015	21-9-2015	12-10-2015
Controle	2,0	2,8	3,6	4,7
Struviet 1x	2,8	3,3	3,9	4,7
Struviet 2x	3,2	3,1	3,2	3,9
Organomineraal 1x	2,0	3,0	3,2	4,2
Organomineraal 2x	2,5	3,0	3,2	4,2
p-waarde	0,665	0,770	0,382	0,144
LSD (5%)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Df	44	44	44	44

TABEL IX-5

HAARWORTELINTENSITEIT (1-5)

	20-8-2015	8-9-2015	21-9-2015	12-10-2015
Controle	1,0	2,2	2,4	1,6a
Struviet 1x	1,3	3,1	3,6	2,7b
Struviet 2x	1,8	2,6	3,0	1,6a
Organomineraal 1x	1,2	2,6	3,0	1,4a
Organomineraal 2x	1,2	2,6	2,4	1,0a
p-waarde	0,542	0,363	0,177	0,002
LSD (5%)	n.s.	n.s.	n.s.	0,6
df	44	44	44	44

TABEL IX-6

EC (MS/CM)

	20-8-2015	8-9-2015	21-9-2015	12-10-2015
Controle	0,42	0,46a	0,29a	0,38
Struviet 1x	0,44	0,56a	0,35a	0,45
Struviet 2x	0,37	0,71b	0,55b	0,50
Organomineraal 1x	0,43	0,49a	0,31a	0,39
Organomineraal 2x	0,42	0,47a	0,34a	0,39
p-waarde	0,542	0,001	0,000	0,450
LSD (5%)	n.s.	0,10	0,08	n.s.
df	44	44	44	44

BIJLAGE X

MEETRESULTATEN EN STATISTISCHE GEGEVENS PRAKTIJK VELD GLADIOLEN

TABEL X-1 GEWASHOOGTE (CM) OP 29-5-2015

	Linkerbed				Rechterbed			
	1	2	3	Gemiddeld	1	2	3	Gemiddeld
Kunstmest	17,5	20	20,5	19,3	23,5	22	23	22,8
Struviet	18,5	20	19,5	19,3	24	23	23	23,3
p-waarde				1,000				0,417
LSD (5%)				n.s.				n.s.
df				5				5

TABEL X-2 GEWASHOOGTE (CM) OP 31-8-2015

	Linkerbed				Rechterbed			
	1	2	3	Gemiddeld	1	2	3	Gemiddeld
Kunstmest	62	61	58,3	60,4	57	56	55,6	56,2
Struviet	62	61,5	56,5	60,0	56	56,5	55,5	56,0
p-waarde				0,845				0,713
LSD (5%)				n.s.				n.s.
df				5				5

TABEL X-3 GEWASDICHTHEID (1-5) OP 31-8-2015

	Linkerbed				Rechterbed			
	1	2	3	Gemiddeld	1	2	3	Gemiddeld
Kunstmest	3	3	3	3,0	4	4	4	4,0
Struviet	3	3	3	3,0	4	4	4	4,0
p-waarde				1,000				1,000
LSD (5%)				n.s.				n.s.
df				5				5

TABEL X-4 VOCHTGEHALTE IN DE BODEM (% V/V) OP 29-5-2015

	Linkerbed				Rechterbed			
	1	2	3	Gemiddeld	1	2	3	Gemiddeld
Kunstmest	6,8	11	9,2	9,0	6,3	7,8	7,5	7,2
Struviet	9,9	10,1	10,7	10,2	7	7,6	8,5	7,7
p-waarde				0,376				0,473
LSD (5%)				n.s.				n.s.
df				5				5

TABEL X-5 VOCHTGEHALTE IN DE BODEM (% V/V) OP 31-8-2015

	Linkerbed				Rechterbed			
	1	2	3	Gemiddeld	1	2	3	Gemiddeld
Kunstmest	20,3	18,5	26,5	21,8	21,9	19,0	19,9	20,3
Struviet	19,4	17,8	19,4	18,9	18,5	20,2	20,4	19,7
p-waarde				0,307				0,617
LSD (5%)				n.s.				n.s.
df				5				5

TABEL X-6 EC IN DE BODEM (% V/V) OP 29-5-2015

	Linkerbed				Rechterbed			
	1	2	3	gemiddeld	1	2	3	Gemiddeld
Kunstmest	1,59	1,99	1,79	1,79b	1,58	2,03	1,79	1,80b
Struviet	1,32	1,46	1,45	1,41a	1,36	1,51	1,49	1,45a
p-waarde				0,037				0,029
LSD (5%)				0,25				0,25
df				5				5

TABEL X-7 EC IN DE BODEM (% V/V) OP 31-8-2015

	Linkerbed				Rechterbed			
	1	2	3	gemiddeld	1	2	3	Gemiddeld
Kunstmest	0,58	0,63	0,61	0,61	0,54	0,67	0,62	0,61
Struviet	0,56	0,65	0,64	0,62	0,54	0,61	0,65	0,60
p-waarde				0,770				0,850
LSD (5%)				n.s.				n.s.
df				5				5

TABEL X-8

TOTAALGEWICHT MOEDERBOLLEN (GRAM/M²)

	1	2	3	Gemiddeld
Kunstmest	1533,5	1682,0	1814,4	1676,6
Struviet	1403,5	1547,5	1824,6	1591,9
			p-waarde	0,597
			LSD (5%)	n.s.
			df	5

TABEL X-9

GEWICHT PER MOEDERBOL (GRAM/M²)

	1	2	3	Gemiddeld
Kunstmest	17,6	17,7	19,9	18,4
Struviet	17,1	17,8	19,4	18,1
			p-waarde	0,770
			LSD (5%)	n.s.
			df	5

TABEL X-10

AANTAL MOEDERBOLLEN PER M²

	1	2	3	Gemiddeld
Kunstmest	87	95	91	91
Struviet	82	87	94	88
			p-waarde	0,470
			LSD (5%)	n.s.
			df	5

TABEL X-11

TOTAALGEWICHT KRALEN PER M²

	1	2	3	Gemiddeld
Kunstmest	263,7	305,8	310	293
Struviet	212	263,8	381,	286
			p-waarde	0,892
			LSD (5%)	n.s.
			df	5

TABEL X-12

GEWICHT KRALEN PER SORTERING PER M²

	Kralen < 10 mm	Kralen > 10 mm
Kunstmest	267	19
Struviet	256	23
p-waarde	0,849	0,352
LSD (5%)	n.s.	n.s.
df	5	5

BIJLAGE XI

BEGRIPPENLIJST

Bemestingsadviesbasis

Bundeling van richtlijnen voor de bemesting van gewassen in een land- of tuinbouwsector of openbaar groen en sportvelden, opgesteld door commissies van deskundigen

Bouwland

Landbouwgrond waarop onbedekte teelten plaatsvinden

Bruto financiële opbrengst

Financiële waarde van gekorrelde struviet zijnde de afzet van gekorrelde struviet vermenigvuldigd met de potentiële marktwaarde voor gekorrelde struviet

Gebruiksnorm

Wettelijke norm voor de jaarlijks maximaal toegestane hoeveelheid stikstof en fosfaat bemesting, afhankelijk van het type grondgebruik, uitgedrukt in eenheden stikstof en fosfaat per ha en geldend op bedrijfsniveau

Kralen

Kleine jonge bollen die als plantmateriaal voor een vervolgteelt dienen

Kralenmaat

Diameter van een jonge bloembol

Kunstmest

Meststoffen op chemische en of fysische wijze geproduceerd uit minerale grondstoffen

Moederbollen

Bloembollen die zijn geplant en gedurende de teelt uitgroeien tot volwaardig verkoopbare bollen

NP-meststof

Meststof welke stikstof en fosfaat bevat

Netto financiële opbrengst

Bruto financiële opbrengst vermindert met de kosten voor productie en het vermarkten van gekorrelde struviet

Organominerale meststof

Meststof gemaakt uit organische en minerale grondstoffen

Plantbedbereiding

Klaarmaken van de grond om te kunnen zaaien of poten voor aanvang van een teelt

Potentiële marktwaarde struviet

Economische waarde van struviet berekend op basis van vervangingswaarde van veel gebruikte minerale, organische en organominerale NP-meststoffen in een afzetmarkt

Reële marktwaarde struviet

Economische waarde van struviet berekend op basis van direct beschikbare gehalten aan stikstof, fosfaat en magnesium

Snijden gladiolen loof

Het afknippen van het loof van gladiolen op een vastgestelde hoogte

Stikstofbijmestsysteem

Bemestingadvies voor stikstof in landbouwgewassen waarbij de totale stikstofgift wordt opgedeeld in meerdere giften en de hoogte van een afzonderlijke stikstofgift op basis van het actueel gemeten minerale stikstofgehalte in de grond wordt bepaald

Theoretische waarde struviet

Economische waarde van struviet berekend op basis van de totaalgehalten aan stikstof, fosfaat en magnesium in struviet en de waarde van de traditionele enkelvoudige minerale meststoffen Kalkammonsalpeter, Tripelsuperfosfaat en Kieseriet

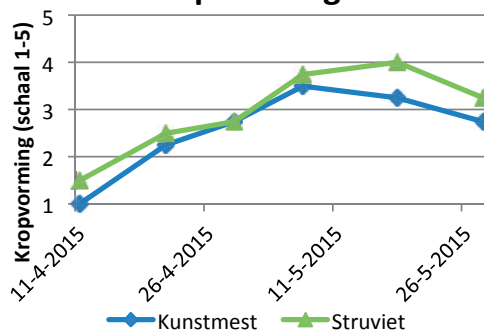
BIJLAGE XII

FACTSHEETS

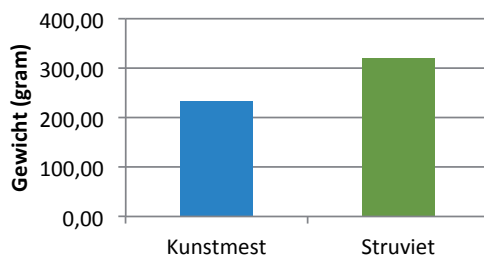
Gebruiksmogelijkheden struviet als meststof: Ijsbergsla



Kropvorming



Vergewicht oogstbare krop



Pluspunten Struviet:

- Meer kropvorming
- Hoger kropgewicht
- Lagere vochtbehoefte
- Milieuvriendelijk
- 100% recycled product

Onderzoek 2015

Teelt: Zomer- en herfstteelt ijsbergsla

Struviet: $\text{NPMg} = 3\text{N}, 22\text{P}_2\text{O}_5 + 12\text{MgO}$

Vorm: Kristallijn

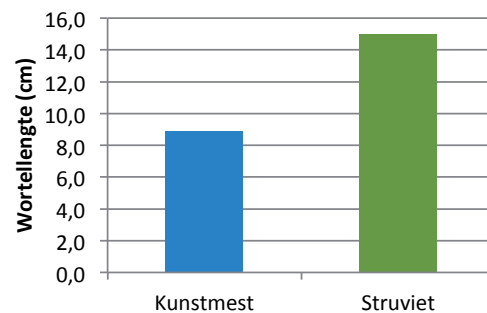
Dosering: Volgens adviesbasis

Tijdstip: Voorafgaand aan plantbed bereiding

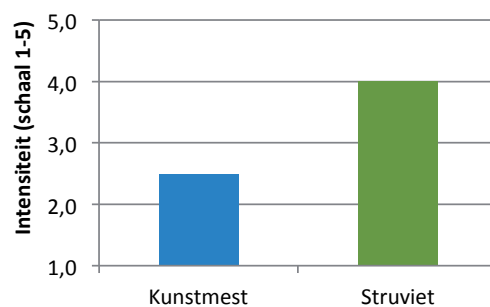
Referentie: KAS en TSP (Kunstmest)

Grondsoort: Zandgrond met pH 5,0/5,5 en Pw 7

Wortellengte



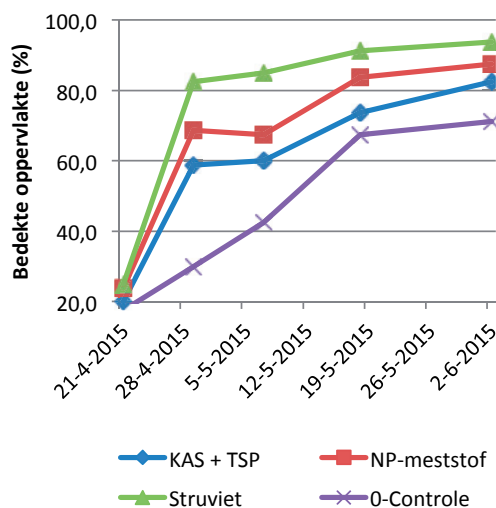
Wortelintensiteit



Gebruiksmogelijkheden struviet als meststof: Dijkengras



Grasbezetting



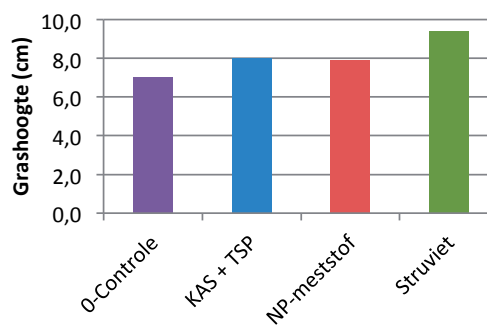
Pluspunten Struviet:

- Hogere grasbezetting
- Sneller herstel na maaien
- Hogere doorworteling toplaag
- Milieuvriendelijk
- 100% recycled product

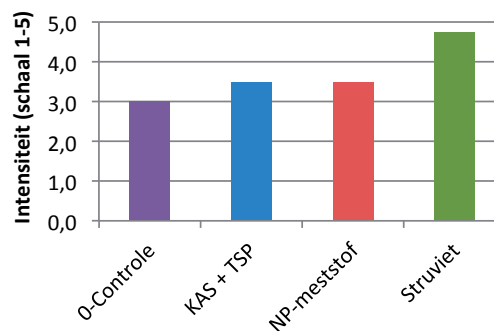
Onderzoek 2015

Teelt: Inzaai D2-grasmengsel
Struviet: NPMg = 3N, 22P₂O₅ + 12MgO
Vorm: Kristallijn
Dosering: 10 kg N, 60 kg P₂O₅ per ha
Tijdstip: Voorafgaand aan zaaibedbereiding
Referentie: KAS en TSP of NP-meststof
Grondsoort: Zandgrond met pH 5,0/5,5 en Pw 7

Herstel na maaien



Wortelintensiteit



Gebruiksmogelijkheden struviet als meststof: Olijfwilg



Onderzoek 2015

Teelt: Elaeagnus pungens (Olijfwilg)

Struviet: NPMg = 3N, 17P₂O₅ + 10MgO

Vorm: Fijn kristallijn

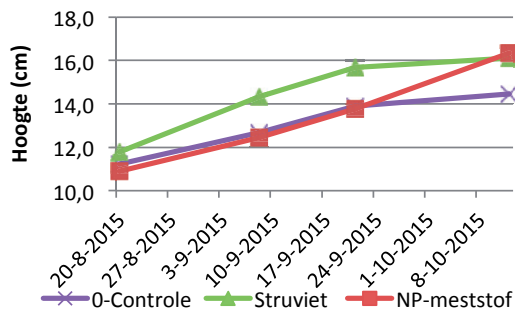
Dosering: 135 g P₂O₅ per m³ potgrond

Tijdstip: ca. 1,5 maand na stek opzet

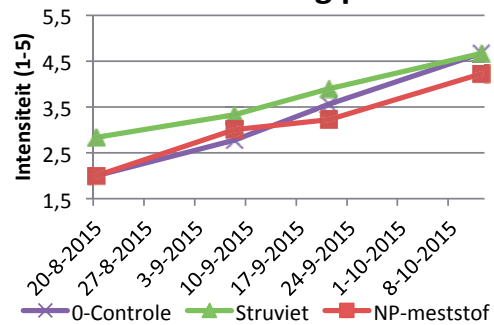
Referentie: NP-meststof

Grondsoort: Potgrond met pH 5,0

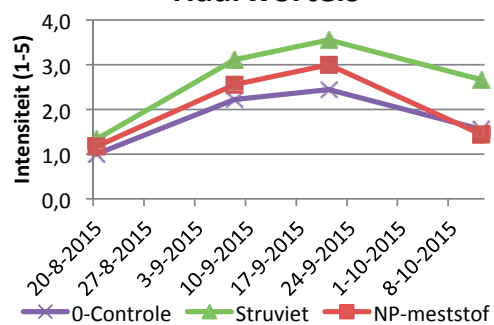
Gewashoogte



Doorworteling pot



Haarwortels



Pluspunten Struviet:

- Meer gewashoogte
- Betere doorworteling van de pot
- Meer haarwortels
- Milieuvriendelijk
- 100% recycled product

