



Fosfor-beschikbaarheid

AFSTUDEERWERKSTUK
WILLEM VEENEMAN

Fosfor-beschikbaarheid

Afstudeerwerkstuk

Auteur

Willem Veeneman
Aeres Hogeschool, Dronten
Bachelor Dier- en Veehouderij (voltijd)

T: 0623465598
E: 3019919@aeres.nl

Opdrachtgever

Dirksen Management Support (DMS)
Voorkoopstraat 3, Beusichem

T: 0345 501885
E: info@dmsadvies.nl

Begeleiders DMS

Janine Molenaar
E: janinemolenaar@dmsadvies.nl

Robin Kool
E: robinkool@dmsadvies.nl

Afstudeerdocent

Henk Valk
E: h.valk@aeres.nl

Beusichem, augustus 2017

DISCLAIMER

Dit rapport is gemaakt door een student van Aeres Hogeschool als onderdeel van zijn/haar opleiding. Het is géén officiële publicatie van Aeres Hogeschool. Dit rapport geeft niet de visie of mening van Aeres Hogeschool weer. Aeres Hogeschool aanvaardt geen enkele aansprakelijkheid voor enige schade voortvloeiend uit het gebruik van de inhoud van dit rapport.

Voorwoord

Dit afstudeerwerkstuk is geschreven door Willem Veeneman, Dier- en Veehouderij student aan de Aeres Hogeschool in Dronten. Om de studie af te kunnen ronden is het een vereiste om een onderzoek uit te voeren. Hieraan zit een afstudeerwerkstuk verbonden. Voordat het onderzoek uitgevoerd kon worden, moest er eerst een vooronderzoek geschreven worden. Aan de hand van de feedback van de tweede beoordelaar, mevrouw Van Den Pol-van Dasselaar, is het tweede hoofdstuk aangepast. De feedback luidde als volgt: 'De aanpak mag nog wat duidelijker, zodat de lezer ook zonder de rest van het onderzoek te lezen precies weet wat je gaat doen / wat je gedaan hebt.' Dit is meegenomen in het schrijven van het afstudeerwerkstuk.

Bij het maken van dit rapport heeft de auteur ondersteuning gehad van verschillende mensen. Hans Dirksen, Robin Kool en Janine Molenaar wil ik bedanken voor de begeleiding vanuit Dirksen Management Support. Vanuit de Aeres Hogeschool heb ik begeleiding gehad van de heer Valk, ook hem wil ik hiervoor bedanken.

Beusichem, augustus 2017

Inhoud

Samenvatting.....	5
Summary	6
1. Inleiding.....	7
1.1 Brede kader	7
1.2 Theoretisch kader.....	9
1.2.1 Fosfaat in de bodem.....	9
1.2.2 Opname fosfaat door de plant.....	11
1.2.3 Fosfor in het voer	11
1.2.4 Relaties tussen bodemvruchtbaarheid en de kwaliteit van het gewas.....	11
1.2.5 Fosfor in de koe	12
1.2.6 Knowledge gap	12
1.2.7 Handelingsprobleem	13
1.2.8 Afbakening.....	13
1.3 Hoofdvraag en deelvragen	13
1.3.1 Doelstelling.....	14
2. Materiaal en Methode	15
2.1 Dataset en analyse	15
2.2 Aanpak per deelvraag.....	15
3. Resultaten.....	17
3.1 Gegevensverzameling.....	17
3.2 Bodemfactoren.....	17
3.3 Eigenschappen kuilgras	18
3.3.1 VEM in relatie tot beschikbaarheidsindex fosfor	19
3.3.2 VCOS in relatie tot beschikbaarheidsindex fosfor	20
3.3.3 NDF verteerbaarheid in relatie tot beschikbaarheidsindex fosfor.....	20
3.3.4 NDF in relatie tot beschikbaarheidsindex fosfor	21
3.4 Selectie 25% hoogste voerparameters.....	22
3.4.1 25% hoogste VEM-waarde	22
3.4.2 25% hoogste VCOS-waarde	22
3.4.3 25% hoogste NDF-verteerbaarheid	23
3.4.4 25% laagste NDF-waarde.....	24
3.5 Maaidatum en beschikbaarheid van fosfor.....	24
3.6 Snedezwaarte en beschikbaarheid van fosfor	26
3.7 Managementkeuzes met invloed op beschikbaarheid fosfor	26

3.7.1 De parameters	26
3.7.2 Managementkeuzes	27
4. Discussie	28
4.1 Doel onderzoek	28
4.2 Bespreking resultaten.....	28
4.2.1 Bodem in relatie tot beschikbaar P in kuilgras	28
4.2.2 Voerparameters in relatie tot beschikbaar P in kuilgras	28
4.2.3 Invloed van maaidatum op P-beschikbaar	29
4.2.4 Snedezwaarte in relatie tot P-beschikbaar	29
4.2.5 Managementkeuzes ter verbetering P-beschikbaar	29
4.2.6 25 procent hoogste parameters.....	30
4.3 Reflectie onderzoek.....	30
4.3.1 Het proces	30
4.3.2 De methode	30
4.3.3 De resultaten	31
5. Conclusies en aanbevelingen	33
5.1 Conclusies.....	33
5.2 Aanbevelingen.....	35
6. Bronnenlijst	36
Bijlagen	38
Bijlage I. Uitkomst regressie analyse bodem en kuilgras	39
Bijlage II. Begrippenlijst voerparameters	40
Bijlage III. Uitkomst regressie analyse kuilgras.....	41
Bijlage IV. Uitkomsten regressie 25% hoogste voerparameters en bodem.....	42
Bijlage V. Checklist schriftelijk rapporteren	44

Samenvatting

De beschikbaarheid van fosfor is een nieuwe voerparameter waarmee melkveehouders de fosforefficiëntie van het bedrijf kunnen verbeteren. De beschikbaarheid wordt uitgedrukt op twee manieren, namelijk P-beschikbaar, gram P per kilogram droge stof, en de beschikbaarheidsindex, het percentage van het fosfor dat beschikbaar is. Naar dit getal is nog weinig onderzoek gedaan. Zo is er bijvoorbeeld nog niet bekend wat de invloed van de bodem of het maaimoment op dit getal is. Vandaar dat de volgende onderzoeksvraag is opgesteld:

Wat zijn eigenschappen in de bodem en het kuilgras die de beschikbaarheid van fosfor in het kuilgras verhogen en hoe kan de melkveehouder hier invloed op uit oefenen?

Met de beantwoording van deze vraag en de aanbevelingen die hieruit voortvloeien kan de melkveehouder zijn of haar management zo aanpassen dat de beschikbaarheid van fosfor in het kuilgras hoger wordt. Dit kan helpen bij een efficiënte omgang met fosfor in het rantsoen en daarbij een verbeterde mineralenkringloop. Omdat er volop maatregelen worden genomen om de fosfaatproductie naar beneden te krijgen, is het goed om middelen als deze beschikbaar te hebben zodat er gestuurd kan worden in de kringloop van het bedrijf.

Voor dit onderzoek zijn verschillende factoren onderzocht. Van 550 kuilen was de kuiluitslag bekend en hieraan waren de gemiddelde bodemuitslagen van alle percelen van het bedrijf gekoppeld. Daarnaast was de maaidatum en de opbrengst in kilogram droge stof per hectare bekend. Hierdoor kon de invloed van bodemfactoren, voereigenschappen, maaimoment en zwaarte van de snede op de beschikbaarheid van fosfor onderzocht worden. Over eigenschappen die invloed hebben op de beschikbaarheid is extra informatie opgezocht om het te verhelderen.

Uit de analyses is gebleken dat de bodemfactoren, het maaimoment en de zwaarte van de snede geen directe invloed hebben op de beschikbaarheid van fosfor. Voereigenschappen die wel invloed hebben op de beschikbaarheid zijn VEM, VCOS, NDF en de NDF verteerbaarheid. De verteerbaarheid blijkt een belangrijke factor te zijn. Deze eigenschappen worden beïnvloed door het maaistadium, de staat van het grasland en de bemesting.

Uit het onderzoek kan geconcludeerd worden dat vooral eigenschappen die te maken hebben met de verteerbaarheid van het gras invloed hebben op de beschikbaarheid van fosfor. Om de invloed van de bodem nog duidelijker te krijgen, is het goed om hier specifiekere vervolgonderzoek naar te doen. Aanbevelingen die gedaan kunnen worden naar melkveehouders om de beschikbaarheid van fosfor hoog te krijgen, zijn: op tijd maaien, zorgen voor een jonge en goede grasmat en zorgen voor een juiste bemesting.

Summary

Phosphorus (P) availability in grass silage is an element which dairy farmers can use to improve the efficiency of the use of phosphorus at their farm. The availability is given as available P, in grams of P per kilogram dry matter and the availability index, which gives an percentage of the available P. There has not been that much research on this subject. There is not enough knowledge of the influence of the soil or the moment of harvesting the grass on the availability of P. Therefore, research question is formulated like this:

Which features of the soil and grass silage do have influence on the availability of P and how can a dairy farmer affect these features?

With the answers to the question, followed by the recommendation, dairy farmers can change their management in order to increase the availability of P in grass silage. The P-efficiency of the ration will become better and so the cycle of minerals at the dairy farm will be improved. Because of the measures of the Dutch government to minimize the phosphate production, it is good to improve the efficiency of P at the dairy farms. Available P and the index can help to improve the efficiency.

There has been research on different elements to answer the question. There were 550 research results of grass silage and the results of the soil research of the farms. The date of harvesting and the yield of the harvest were known. With these data, the influence of the soil factor, feed elements, the moment of harvesting and the yield on the availability of P can be obtained. Extra sources have been used to find information about the elements that affect the availability of P.

The factors in the soil, the moment of harvesting and the yield of the harvest do not have direct influence on the availability of P. There are feed elements which affect the availability of P, these are the VEM, VCOS, NDF and NDF-digestibility. The digestibility of the grass silage seems to be the most important factor. Things that affect these elements are the stadium of harvesting, the quality of the field and the use of manure.

From the research can be concluded that features associated with digestibility of the grass silage have the biggest influence on the availability of P. To know more about the influence of soil factors, it can be good to do more research on this topic. There are a few recommendations to the dairy farmers to improve the availability of P. The recommendations are: choose the right harvesting moment, ensure a high quality of the field and mind the importance of good use of manure.

1. Inleiding

In dit hoofdstuk wordt besproken wat de aanleiding is van het uitvoeren van dit onderzoek. Hierbij wordt de vraag, de doelgroep en de relevantie besproken. In de tweede paragraaf komt het theoretische kader naar voren. Er wordt beschreven wat er al bekend is over het onderwerp, na aanleiding van het uitgevoerde literatuuronderzoek. Door te kijken wat er wel of niet bekend is, kan er beschreven worden wat er nog onderzocht moet worden om de vraag te kunnen beantwoorden. Hierbij is een goede afbakening belangrijk. Na de kaders worden de hoofdvraag, deelvragen en doelstelling beschreven.

1.1 Brede kader

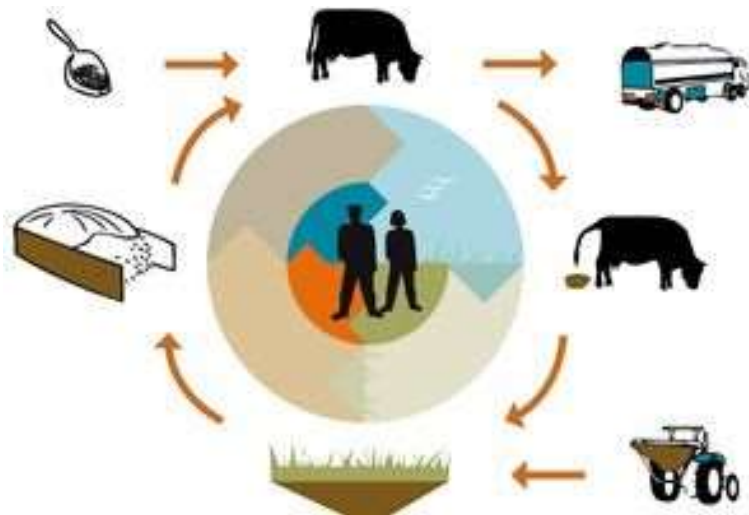
Door de huidige ontwikkelingen omtrent de mestwetgeving ontstaan er vragen van melkveehouders en bedrijven in de periferie van de melkveehouderij sector over hoe om te gaan met fosfaat. Dit geldt ook voor Dirksen Management Support (DMS). DMS is een onafhankelijk agrarisch adviesbureau waar adviseurs melkveehouders helpen om het management te verbeteren. Er wordt veel aandacht geschonken aan de kringloop, een vruchtbare bodem, voerefficiëntie en tegenwoordig ook kostprijs. Door in studiegroep verband de eigen cijfers te bespreken krijgen de deelnemers direct een goed beeld van de eigen bedrijfsvoering en kunnen de deelnemers proberen verbeteringen aan te brengen. Doordat de heer Dirksen al meer dan 20 jaar bezig is, is er veel kennis gegenereerd. Bij het zoeken naar een bedrijf voor het afstuderen kwam ik op de site van DMS vragen tegen over fosfor (P). In overleg met hun is de volgende onderzoeksvraag opgesteld: is er een relatie tussen de eigenschappen van het kuilgras en de bodem enerzijds en de beschikbaarheid van P in het gewas anderzijds.

Sinds april 2016 is het getal P-beschikbaar in kuilgras bekend. Dit getal blijkt in veel gevallen erg te verschillen met het P-totaal in het ruwvoer. Bij melkveehouders speelt de vraag hoe het kan dat hier verschillen in zitten en waar deze verschillen vandaan komen. Ook zijn er verschillen tussen de P-beschikbaarheid in de bodem. Interessant om te weten is of de verschillen hetzelfde zijn als in het voer en of het goed mogelijk is om de beschikbaarheid van fosfor in het voer te verhogen. Het is een vraag uit de praktijk. Bij de melkveehouders is er steeds meer drang om fosfor in het voer te verlagen. Wel is het van belang om hierbij de gezondheid van de koe in de gaten te houden. Bij hen is de vraag gaan leven hoever je terug kan gaan in fosfor zonder dat het problemen oplevert voor de veestapel. Welke rol speelt de P-beschikbaarheid hierin en hoe kan dit verhoogt worden? De vraag vanuit het bedrijf is: Wat is de relatie tussen P-PAE en P-beschikbaar in het kuilgras? Hiernaast leven er nog wat vragen zoals: hoe kan de beschikbaarheid verhoogd worden en hoeveel verschil zit er tussen het P-totaal in het kuilgras en de P-beschikbaar in het kuilgras.

Het vraagstuk komt van Dhr. Dirksen van Dirksen Management Support BV. Op het bedrijf zijn veel gegevens bekend en beschikbaar van melkveehouders uit studiegroepen. De heer Dirksen heeft gemerkt tijdens studiegroep bijeenkomsten dat de vraag leeft bij melkveehouders en wil zelf ook graag weten hoe het in elkaar steekt. De vraag vanuit het bedrijf is: Wat is de relatie tussen P-PAE en P-beschikbaarheid? Hiernaast leven er nog wat vragen zoals: hoe kan de beschikbaarheid verhoogd worden en hoeveel verschil zit er tussen het P-totaal in het kuilgras en de P-beschikbaar in het kuilgras. P-beschikbaar is een nieuw gegeven van het ruwvoer waarmee gerekend kan worden. Door te kijken of er een relatie is tussen de P-PAE in de bodem en de P-beschikbaar in het voer kunnen er manieren worden gevonden om de fosfaatefficiëntie te verhogen.

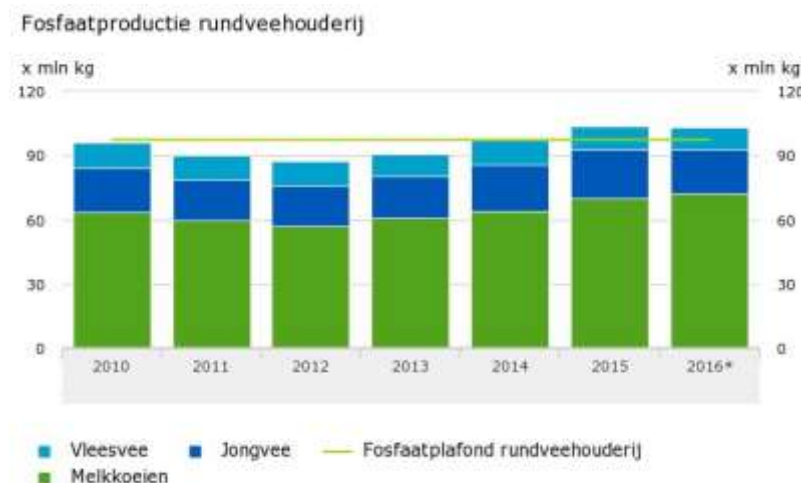
De doelgroep van het rapport bestaat uit melkveehouders die zich al erg bewust zijn van het efficiënter omgaan met fosfor in het voer. Een doel van deze veehouders is om het fosfor in het voer te verlagen zonder dat de gezondheid van de koe in gevaar komt. Door meer inzicht te krijgen in het

getal P-beschikbaarheid hebben zij meer mogelijkheden om te sturen op fosfor. Als de beschikbaarheid van fosfor in het eigen gras hoog is, kan er bijvoorbeeld gekeken worden naar krachtvoerders of bijproducten met een lager fosfor. Op deze manier kan de fosforefficiëntie van het melkveebedrijf verhoogd worden. Dit heeft weer een positieve doorwerking op de kringloop van het bedrijf (figuur 1).



Figuur 1. Mineralenkringloop op het melkveebedrijf (Hengel, 2015)

Dat het 'kringloop-denken' op het gebied van mineralenmanagement steeds belangrijker wordt, blijkt wel uit projecten vanuit verschillende organisaties. Een voorbeeld hiervan, wat ook te maken heeft met het eigen onderzoek, is de Bep-Pilot. De veehouders die meedoen aan deze pilot bewijzen met de invoer van de kringloopwijzer dat de fosfaatonttrekking uit de bodem hoger is dan de toediening van fosfaat. Hierdoor wordt de bedrijfsspecifieke norm hoger dan de forfaitaire norm. De deelnemers mogen hierdoor evenwichtsbemesting gaan toepassen op het bedrijf. In 2014 heeft dit geleid tot 9 kg extra gebruikruimte fosfaat en in 2015 tot 18 kg. (Douma, sd)



Figuur 2. Fosfaatproductie rundveehouderij (CBS, 2016)

Niet alleen op bedrijfsniveau is fosfaatefficiëntie een belangrijk item. Fosfaat is een probleem wat op landelijk niveau speelt. In Nederland heeft de melkveehouderij te maken met een fosfaatplafond. Dit plafond is de laatste jaren overschreden, blijkt uit cijfers van het CBS (figuur 2). De grootste veroorzaker van dit probleem is de rundveehouderij en dan met name de melkveebedrijven. Bij de

melkveebedrijven heeft, mede dankzij de afschaffing van het quotum, een grote groei plaatsgevonden. De fosfaatproductie moet worden verminderd om onder het plafond te komen. Het belang voor de melkveehouders bij het verlagen van de fosfaatproductie is dat de kans hierdoor groter is dat de derogatie behouden blijft. Als de derogatie eraf gaat zal dit betekenen dat de gebruiksruimte van stikstof per hectare verlaagd zal worden van 230 of 250 kilogram naar 170 kilogram. Een manier om onder die plafond te komen is door het fosfor in het rantsoen te verlagen en efficiënter om te gaan met fosfor. Door te kunnen sturen op fosforbeschikbaarheid is het misschien mogelijk om het fosfor in het rantsoen te verlagen en hiermee de fosfaatproductie te verlagen.

Het vraagstuk speelt sinds april 2016. Toen maakte Eurofins-Agro bekend dat er vanaf dat grasseizoen de beschikbaarheid van fosfor op de uitslag van het graskuilmonster kwam te staan. (Eurofins-Agro, 2016) Op dat moment begonnen er vragen te ontstaan over dit getal, zoals: Wat kunnen veehouders hiermee? Hoe wordt het bepaald? Dit getal kan helpen met het verbeteren van de mineralenkringloop. Als er rekening gehouden wordt met het 'kringloop-denken' is het logisch om te kijken naar een verband tussen beschikbaar fosfor in de bodem en beschikbaar fosfor in het gras. Ook is het van belang om te gaan kijken naar de invloeden op P-beschikbaarheid.

Voor het goed vaststellen van de onderzoeksvraag is het goed om eerst de beschikbare literatuur over dit onderwerp op een rij te zetten. Hierdoor wordt duidelijk wat er al bekend is over het onderwerp en kan er een 'knowledge-gap' en het handelingsprobleem worden opgesteld. Aan de hand van het gene dat in de literatuur gevonden is, kan er beschreven worden wat er moet worden onderzocht en wat niet.

1.2 Theoretisch kader

In het theoretisch kader worden de gevonden feiten en beweringen die met het onderzoek te maken hebben besproken. In het theoretische kader wordt de werking en het belang van fosfor op vier niveaus besproken, namelijk op het gebied van bodem, gewas, voer en in de koe. Fosfor in de koe wordt in het onderzoek verder niet meegenomen, maar omdat de koe de fosfor moet benutten is het wel van belang om hier de nodige achtergrondinformatie van te kennen.

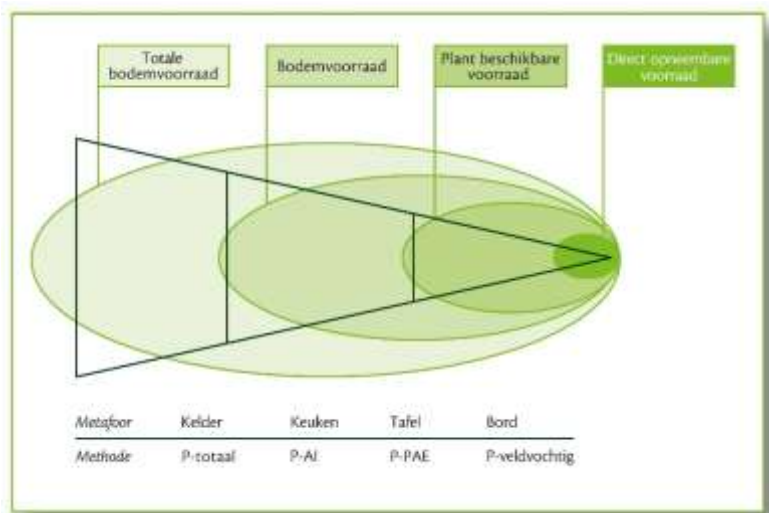
1.2.1 Fosfaat in de bodem

Fosfor komt in verschillende vormen in de bodem voor en kan opgedeeld worden in organische en anorganische P-verbindingen. Organisch fosfor is onder andere afkomstig van organische mest en afgestorven planten en dieren. Hoeveel organisch fosfor er in de bodem aanwezig is, is afhankelijk van de fysische samenstelling van de bodem. Oftewel de grondsoort en het humus gehalte. Organisch fosfor kan alleen vrij komen na afbraak door micro-organismen en is dus niet oplosbaar in het bodemvocht. Ook is er een deel van het anorganische vorm niet oplosbaar in water. Deze beide P-verbindingen, organisch en anorganisch, die niet oplosbaar zijn in het bodemvocht zijn stabiele P-verbindingen. Stabiele P-verbindingen komen slecht beschikbaar voor de plant. De anorganische vorm die opgelost is in het bodemvocht is grotendeels opneembaar voor de plant. Dit zijn de labiele P-verbindingen. (Dekker & Postma, 2008)

De beschikbaarheid van fosfor is sterk afhankelijk van de chemische processen in de bodem en het aanwezige bodemleven. Bij een groter aandeel aan schimmels en bacteriën in de bodem, neemt de beschikbaarheid van het fosfor toe, omdat er meer organisch fosfor omgezet kan worden. Een bodem met voldoende zuurstof, vocht en organische stof zorgt voor een goede beworteling. Het is belangrijk dat de plant de kans krijgt voldoende wortels te creëren. Om de wortels bevindt zich een gebied, de rhizosfeer, waar de chemische en biologische activiteit hoger is. Dit verhoogt de beschikbaarheid van fosfaat voor de plant. (Audette, O'Halloran, Evans, Martin, & Voroney, 2016)

Er zijn een groot aantal soorten P-verbindingen in de bodem aanwezig, namelijk 170 verschillende verbindingen. De vormen waarin fosfor het best opneembaar is voor de plant zijn de vormen met de formule H_2PO_4^- en HPO_4^{2-} . Deze vormen komen ook het meest voor in de bodem (Schachtman, 1998).

Fosfaat wordt gebonden aan de vaste fase van de bodem. De concentratie fosfaat in de bodem bepaalt de snelheid en mate van binding aan de vaste fase. Bij de binding van fosfaat aan de vaste fase treedt er een adsorptie op die makkelijk uitwisselbaar is en beschikbaar blijft voor de plant. Door middel van een diffusiereactie kan het geadsorbeerde fosfaat in bodemmineralen geabsorbeerd worden. Deze geabsorbeerde vorm komt langzamer vrij doordat het moeilijker uitwisselbaar is. De uitwisselbaarheid is sterk afhankelijk van de ijzer- en aluminiumoxiden in de bodem. Het neerslaan van fosfaat komt voor bij een hogere concentratie calcium in de bodem. (Dam & Ehlert, 2008)



Figuur 3: Opbouw fosfaat in de bodem (Eurofins-Agro, 2013)

Zoals in figuur 3 te zien is zijn er een viertal bodemparameters te noemen, namelijk P-totaal, P-AL, P-PAE en P-veldvochtig (of Pw). P-totaal bevat alle aanwezige fosfor in de bodem. Dit geldt dus voor de organische en anorganische fosfor in stabiele vorm en de anorganische fosfor in labiele vorm. P-totaal wordt bepaald door middel van een destructiemethode. De grond wordt gekookt met zwavelzuur, waardoor alle fosfor oplost en kan worden gemeten. Met P-totaal wordt op agrarisch gebied niet gerekend.

P-AL staat voor de fosfaatcapaciteit van de bodem. Dit is de fosfaat in de bodem die op lange termijn beschikbaar kan komen voor de plant. Door de grond te behandelen met ammoniumlactaat en azijnzuur bij een pH van 3,75 komt een deel van de fosfaat vrij in de oplossing. Dit kan gemeten worden en op deze manier wordt de maat voor het P-AL-getal bepaald. Voor de bemesting van grasland is P-AL de norm waarop het bemestingsadvies gebaseerd wordt. Het P-AL-getal blijft gedurende een langere periode redelijk stabiel, waardoor het een betrouwbaar getal is om de fosfaatbemesting op te baseren.

Plant Available Element (P-PAE) is de maat voor de beschikbaarheid van fosfaat in de bodem. Dit deel is nog niet geheel direct opneembaar maar komt wel op korte termijn beschikbaar. De P-PAE wordt bepaald door middel van een combinatie van de P-AL bepaling en extractie met P-CaCl_2 . Het gene wat geëxtraheerd is, is het beschikbare deel. P-PAE wordt nog niet gebruikt voor het bepalen van de wettelijke fosfaattoestand van de grond, maar kan wel meegenomen worden in het bemestingsadvies. Het P-PAE geeft (nog) niet dezelfde resultaten wat de fosfaattoestand betreft. (Ehlert, 2006)

Het Pw-getal staat voor de direct opneembare fosfaat in de bodem. Dit deel is opgelost in het bodemvocht en is de labiele anorganische vorm. Het monster wordt gemengd met water en een uur geschud. Het geëxtraheerde fosfaat wordt gemeten, dit is het Pw-getal. Het Pw-getal wordt gebruikt voor de bemestingsadviezen op bouwland. (Malda, Russchen, & Wander, 2011)

1.2.2 Opname fosfaat door de plant

Planten, in dit geval gras, nemen negatief geladen fosfaatdeeltjes op. Dit zijn de fosfaat-anionen. Mineralisatie van organisch fosfaat is nodig, omdat de plant organische fosfaatverbindingen niet kan opnemen. In de membranen van cellen in de wortelharen zijn membraan transporterende eiwitten aanwezig. Deze eiwitten hebben een affiniteit voor de fosfaat-anionen H_2PO_4^- en HPO_4^{2-} , die veel in de bodem aanwezig zijn. Door protonen uit te stoten wordt de wortelomgeving verzuurd, waardoor de osmotische waarde buiten de wortels hoger wordt. Hierdoor kunnen fosfaat-anionen naar binnen stromen. Een andere manier om de wortelomgeving chemisch te veranderen is het uitscheiden van exudaten. Exudaten zijn bladsuikers die via de fijnste opnamewortels in de grond weglekken (Plant Health Care, 2010). De fosfaat-beschikbaarheid wordt hier direct mee beïnvloed door het veranderen van de pH en indirect door het stimuleren van het bodemleven.

Andere mechanismen om de opname van fosfaat te verbeteren zijn bijvoorbeeld langzamere groeisnelheden door de plant of hergebruik van fosfaat binnen de plant. Ook zijn er planten die aanpassingen kunnen doen in de wortels, zoals het veranderen van de structuur, dieper wortelen of zorgen voor meer wortelharen. (Bokhorst, Timmermans, & Sukkel, 2012)

1.2.3 Fosfor in het voer

Zoals eerder vermeld wordt de beschikbaarheid van fosfor aangegeven op de kuilanalyse. Dit wordt met twee getallen gedaan, P-beschikbaar en de beschikbaarheidsindex. P-beschikbaar is het beschikbare deel van het totale aandeel fosfor in het kuilgras, in gram P per kilogram droge stof. De beschikbaarheidsindex is een getal tussen de 90 en 120 en laat zien hoeveel fosfor er beter beschikbaar is dan de standaardnorm van 75 procent van het Centraal VeevoederBureau. Een beschikbaarheid van 75 procent geeft een index van 100. Bij 90 procent wordt de index 115, omdat er van de aanwezige fosfor 15 procent meer beschikbaar is dan de standaardnorm. Een hoger fosforgehalte, een lager NDF-gehalte een hogere verteerbaarheid van de organische stof dragen bij aan een betere beschikbaarheid van fosfor. (Eurofins-Agro, 2016)

Door middel van *in vivo*-proeven van Wageningen UR en Eurofins-Agro is de onverteerde P-fractie van het voer gemeten. In deze proeven is eerst de totale hoeveelheid fosfor bepaald. Vervolgens is de onverteerbare fractie fosfor gemeten nadat het 336 uur in de pens is geweest. Het deel dat niet verteerd is, is niet beschikbaar voor de koe. Deze metingen zijn gekoppeld aan metingen van het Schothorst, waar vergelijkbare proeven zijn gedaan. Aan de hand van de metingen van het Schothorst, Eurofins-Agro en Wageningen UR is de formule bepaald om het getal P-beschikbaar te kunnen bepalen. (Wolf, 2016)

De benutting van fosfor is onder afhankelijk van het NDF-gehalte en ruw eiwitgehalte van het kuilgras (Klop, et al., 2013). Omdat het getal P-beschikbaar gebaseerd is op de benutting van fosfor door de koe, kan P-beschikbaar een directe relatie hebben met het NDF- en ruw eiwitgehalte. Dit kan meegenomen worden in het eigen onderzoek.

1.2.4 Relaties tussen bodemvruchtbaarheid en de kwaliteit van het gewas

Uit onderzoek van J.A. Reijneveld is gebleken dat er verbanden zijn tussen de bodemvruchtbaarheid en de aanwezigheid van mineralen in het gewas (Reijneveld, 2013). Het gaat hier om zwavel, fosfor, kalium, magnesium en calcium. Het onderzoek is gebaseerd op cijfers van veehouders uit het Groene

Hart, Rivierenland en de Achterhoek. Dit zijn drie verschillende veehouderijgebieden met verschillende grondsoorten. Uit het onderzoek is onder andere gebleken dat er relaties zijn tussen het fosfaat in de bodem en totale fosfor in het voer. Ook uit ander onderzoek is gebleken dat zwavel, magnesium, fosfor, kalium, natrium en calcium worden beïnvloed door de bodemeigenschappen (Reijneveld, Abbink, Termorshuizen, & Oenema, 2014).

1.2.5 Fosfor in de koe

Fosfor komt als eerste de pens in, waar het benut wordt voor de groei van pensmicroben en wordt ingebouwd onder andere eiwit en DNA. In de dunne darm wordt het opgenomen in het bloed. De mate van absorptie van fosfor wordt vooral bepaald door de totale hoeveelheid fosfor in het rantsoen (Krimpen, Goselink, Heeres, & Jongbloed, 2012). Voor de koe is fytaat-fosfor het best beschikbaar. Dit wordt afgebroken met het enzym fytase in samenwerking met de micro-organismen in de pens. Fosfor komt daarom sneller vrij als de activiteit van fytase in samenwerking met micro-organismen hoger is (Ray, 2013). Uit onderzoek is gebleken dat 58% van de ingenomen fosfor door melkgevende koeien wordt uitgescheiden via de mest, 0,44% via urine en 40% in de melk. Dieren met een hogere melkproductie scheiden bij het zelfde P-gehalte in het rantsoen minder P uit via de mest dan dieren met een lagere melkproductie (Alvarez-Fuentes, Appuhamy, & Kebreab, 2016).

De behoefte van fosfor is onder te verdelen in vier onderdelen; onderhoud, melkproductie, dracht en groei. Voor onderhoud is tijdens de lactatie 0,81 gram per kilogram droge stof nodig, tijdens de droogstand is dit meer, namelijk 1,04 gram per kilogram droge stof. Voor melkproductie wordt gekeken naar de output. Dit is gemiddeld 1,0 gram P per kilogram melk. Hierin moet wel rekening gehouden worden met een spreiding die afhankelijk is van het eiwitpercentage in de melk en de genetica van de koe. Hoe hoog de fosforbehoefte is tijdens de dracht, is afhankelijk van het stadium van de dracht. Aan het einde van de dracht is de fosforbehoefte het hoogst. De fosforbehoefte voor groei is vooral van belang bij vaarzen en tweedekalfs koeien. Hiervoor is een formule opgesteld, gebaseerd op het verwachte en actuele lichaamsgewicht. Uiteindelijk kan de fosforbehoefte met de gegevens uit tabel 1 bepaald worden. Hierin is LG het lichaamsgewicht en VLG het verwachte lichaamsgewicht (Krimpen, Goselink, Heeres, & Jongbloed, 2012).

Tabel 1. Bepaling fosforbehoefte

	Droogstand	Lactatie
Onderhoud		
Verlies in mest (g/kg ds- opname)	1,04	0,81
Verlies in urine (g/kg LG)	0	0
Dracht (g/dag)		
8 tot 3 weken voor afkalven	4,1	4,1
3 weken voor tot aan afkalven	5,1	5,1
Melk (g/kg)	-	1,0
Groei (g/kg groei)	$1,2 + (4,635 \times VLG^{0,22} - xLG^{-0,22})$	

Om de fosforefficiëntie van de veestapel te kunnen verbeteren, zijn melkveehouders bezig om het aandeel fosfor in het rantsoen te verminderen. Naar het verlagen van het aandeel fosfor in het rantsoen zijn al verschillende onderzoeken gedaan. Uit een Zweeds onderzoek is al gebleken dat het mogelijk is om terug te gaan naar een fosforgehalte van 3,2 procent, zonder dat dit de melkproductie of droge stofopname negatief beïnvloedde. Hiermee is de excretie van fosfaat via de mest wel verminderd (Ekelund, Spörndly, & Holtenius, 2006).

1.2.6 Knowledge gap

Uit de literatuurstudie is gebleken dat er al veel onderzoek is gedaan naar fosfaat in de bodem en fosfor in het gewas. Er is al veel duidelijk over hoe fosfor vrij komt in de bodem en hoe de plant het opneemt. P-beschikbaar in kuilgras is een vrij nieuw getal, waar nog weinig onderzoek naar is

gedaan. Hier is dan ook weinig literatuur over te vinden. Uit berichten van Eurofins-Agro blijkt wel dat er verbanden zijn tussen VCOS, droge stof en P-totaal en de P-beschikbaarheid. Uit onderzoeken vanuit Wageningen UR is gebleken dat er verschillende relaties zijn tussen de bodemeigenschappen en de voederwaarde van het kuilgras. Hierbij gaat het om de elementen zwavel, magnesium, fosfor, kalium, natrium en calcium. Over andere factoren, zoals keuzes van veehouders, die de beschikbaarheid van fosfor beïnvloeden, is nog weinig literatuur te vinden. Daarom is het interessant om verder in te gaan op het getal P-beschikbaar en de invloeden die hierop kunnen worden uitgeoefend.

1.2.7 Handelingsprobleem

Steeds meer melkveehouders zien in dat vanwege de veranderingen in de mestwetgeving het steeds belangrijker wordt om efficiënt om te gaan met fosfor. Veel van hen voeren nog ruim boven de norm. Om de fosforefficiëntie van de veestapel te verhogen werkt het beste om de voeding aan te pakken. Hierbij kan het helpen om te gaan kijken naar de beschikbaarheid van fosfor in het eigen kuilgras. Als fosfor een hoge beschikbaarheidsindex heeft, betekent dit dat er veel van de totale fosfor opneembaar is voor de koe. Dit getal zou dus mee genomen kunnen worden bij het sturen op een lager fosforgehalte in het rantsoen. Bij een hogere beschikbaarheid kan er gekozen worden voor krachtvoerders en bijproducten met een lager aandeel fosfor. Door te kunnen weten hoe er invloed kan worden uitgeoefend op de beschikbaarheid van fosfor, kunnen melkveehouders nog meer proberen te sturen op een hogere fosforefficiëntie.

Om het vraagstuk op te kunnen lossen moet de data betrouwbaar zijn. Bij onbetrouwbare data kan er geen goed onderbouwd antwoord worden gegeven op de onderzoeksvraag. De aanwezige data kan betrouwbaar genoemd worden, omdat er een grote dataset aanwezig is waarin gegevens van zo'n 250 veehouders staan. De metingen zijn verricht door professionele laboratoria, waardoor er vanuit mag worden gegaan dat de database betrouwbaar genoeg is.

1.2.8 Afbakening

Om de kaders van het onderzoek te bepalen is het goed om een afbakening te maken. Voor dit onderzoek betekent dit dat er van tevoren besloten wordt welke gegevens er wel en niet geanalyseerd wordt en waar wel of geen extra informatie over wordt gezocht.

De eigenschappen van de bodem die geanalyseerd worden hebben alleen betrekking tot de fosfaattoestand. De reden hiervoor is dat er al veel onderzoek naar fosfaat in de bodem is gedaan. In het onderzoek zal meer worden gekeken naar eigenschappen van het kuilgras zelf, omdat de melkveehouders hier zelf meer invloed op uit kunnen oefenen. Er zal gekeken worden naar verschillende voederwaardes van het kuilgras, de maaidatum en de zwaarte van de snede. Vervolgens zal er een literatuuronderzoek plaats vinden. Er wordt alleen gezocht naar literatuur over de eigenschappen waaruit gebleken is dat er invloed uit is te oefenen op de beschikbaarheid van fosfor.

1.3 Hoofdvraag en deelvragen

De hoofdvraag van het onderzoek luidt als volgt:

Wat zijn eigenschappen in de bodem en het kuilgras die de beschikbaarheid van fosfor in het kuilgras verhogen en hoe kan de melkveehouder hier invloed op uit oefenen?

Deelvragen die hierbij horen zijn:

- *Wat is de relatie tussen P-PAE in de bodem en P-beschikbaar in het kuilgras?*
- *Welke andere eigenschappen van het kuilgras zelf beïnvloeden de P-beschikbaarheid?*

- *Wat is het verband tussen de maaidatum en de P-beschikbaarheid?*
- *Wat is de optimale zwaarte van de grassnede voor een hoge P-beschikbaarheid?*
- *Welke managementkeuzes kunnen invloed hebben op de factoren die de P-beschikbaarheid verhogen?*

Het vervolg van dit verslag is als volgt opgedeeld. In het volgende hoofdstuk wordt de materiaal en methode besproken. Hierin wordt vermeld hoe de data is gegenereerd en hoe de deelvragen beantwoord zijn. In hoofdstuk 3 worden de resultaten van het onderzoek gegeven. Dit wordt per deelvraag gedaan. Hierna zal de discussie volgen met daarin een korte samenvatting van de resultaten en de reflectie van het onderzoek en de uitkomsten ervan. In het laatste hoofdstuk staan de conclusies en aanbevelingen. Dit zullen aanbevelingen zijn naar de melkveehouders en aanbevelingen voor een eventueel vervolgonderzoek.

1.3.1 Doelstelling

Als antwoord op de hoofd- en deelvragen verwacht ik te krijgen dat er een relatie is tussen de P-beschikbaarheid in de bodem en P-beschikbaarheid in het kuilgras. Naast het vinden van een relatie tussen deze beide factoren verwacht ik ook een aantal verbanden te vinden tussen andere eigenschappen van het kuilgras en de P-beschikbaarheid. De verbanden moeten dusdanig significant zijn dat er met zekerheid te zeggen is dat de eigenschappen invloed op elkaar hebben. Met de uitkomsten van de analyse zou ik manieren kunnen vinden om de P-beschikbaarheid in kuilgras te verhogen.

Met de oplossing van het vraagstuk hoop ik meer inzicht te creëren in P-beschikbaarheid van kuilgras. Dit kan bijdragen aan de kennis van de mensen in de sector over de mineralenkringloop. Omdat fosfaat een probleem is in Nederland, moeten er manieren gevonden worden om hier efficiënter mee om te gaan. Inzicht in P-beschikbaarheid helpt erbij om de kringloop te verbeteren.

Het product wat opgeleverd zal worden is een rapport waarin de resultaten besproken worden. Ook zullen er aanbevelingen worden gedaan naar melkveehouders. De resultaten en aanbevelingen kunnen melkveehouders gaan gebruiken en meenemen in hun bedrijfsvoering. Dit zal vooral bruikbaar zijn voor melkveehouders die bezig zijn met het drukken van het fosforgehalte in het rantsoen. Door meer te weten over de invloeden op beschikbaarheid kunnen veehouders kuilgras gaan telen waarin de beschikbaarheid van fosfor hoger is.

2. Materiaal en Methode

In dit hoofdstuk wordt de aanpak van het onderzoek besproken. De manier waarop gegevens verkregen zijn wordt uitgelicht. Er wordt aangegeven hoe het onderzoek werd uitgevoerd en hoe de antwoorden op de deelvragen werden verkregen.

2.1 Dataset en analyse

Om het getal fosfor-beschikbaarheid verder uit te kunnen diepen, was het nodig om een dataset te generen. Omdat er gekeken werd naar de fosfor-beschikbaarheid van kuilgras en de relatie met onder andere de bodemparameters, waren er kuiluitslagen en bodemuitslagen nodig. De data die gebruikt werd voor het uitvoeren van het onderzoek was volledig afkomstig van melkveehouders uit studiegroepen van DMS. Van de bedrijven waren onder andere de kuiluitslagen en de bodemonsters bekend. In de dataset staan gegevens van 546 kuilen uit 2016 van ongeveer 250 bedrijven. Bij de kuilen stonden de gemiddelde bodemuitslagen van de afgelopen 4 jaar. Dit betekent dat per bedrijf de gemiddelde waarden van de bodem en de kuilen bekend waren. Van de kuilen waren naast de gehalten ook de maaidata en opbrengsten per hectare bekend. Omdat de gegevens geanalyseerd zijn door professionele laboratoria kon er vanuit worden gegaan dat de data betrouwbaar genoeg was om er een goede analyse op los te laten. De data werd geanalyseerd met behulp van het statistische programma SPSS. Hiermee kunnen statistische analyses worden uitgevoerd, zodat er verbanden gevonden kunnen worden tussen de verschillende gegevens.

2.2 Aanpak per deelvraag

Om de hoofdvraag te kunnen beantwoorden werden er een vijftal deelvragen opgesteld. Deze deelvragen waren opgesteld aan de hand van het literatuuronderzoek. Er is gekeken wat er al bekend was en wat er nog onderzocht moest worden. Door een 'knowledge gap' te beschrijven, hetgeen wat nog niet bekend was, konden de vragen worden opgesteld. Deze vijf vragen leidden uiteindelijk naar de beantwoording van de hoofdvraag, zodat er meer inzicht in het beschikbaarheidsgetal van fosfor in kuilgras verkregen kon worden.

Wat is de relatie tussen P-PAE in de bodem en P-beschikbaar in het kuilgras?

Voor deze deelvraag werd er gezocht naar een verband tussen de beschikbaarheid van fosfaat in de bodem en beschikbaarheid van fosfor in het kuilgras. Van alle beschikbare kuiluitslagen van 2016 uit de dataset is de P-beschikbaar en de beschikbaarheidsindex bekend. Ook is er per kuiluitslag een gemiddelde van de bodemgegevens van de afgelopen vier jaar van het bedrijf aanwezig. Door deze gegevens in SPSS te analyseren konden er eventuele verbanden gevonden worden.

Van de aanpak is bij deze deelvraag afgeweken van de geplande aanpak. Omdat er in eerste instantie weinig sterke verbanden gevonden konden worden, is er geselecteerd. De selectie is gebaseerd op de analyse van voerparameters. Aangezien er bij de voerparameters wel sterke verbanden gevonden zijn, zijn de 25% kuilen met de hoogste waarden voor de betreffende parameters geselecteerd. Hierop is wederom een regressie analyse losgelaten. De bodemparameters zijn vergeleken met de voerparameters. Er is gekozen voor de 25% hoogste waarden, om er een deel van ruis uit te filteren.

Welke andere eigenschappen van het kuilgras zelf beïnvloeden de P-beschikbaarheid?

Van het kuilgras zijn veel eigenschappen bekend. Van de bekende gegevens zijn degene gekozen die het meest interessant zijn voor het onderzoek. Uit de data werden de volgende eigenschappen van het kuilgras geselecteerd: Droge Stof, VEM, P-totaal, DVE, OEB, pH, Ruw Eiwit (totaal), Ruw as, VCOS, Suiker, NDF (verteerbaarheid), Azijn- en Propionzuur, Melkzuur, de conserveringsindex en elementen als magnesium, calcium, ijzer en zwavel. Door deze gegevens te analyseren in SPSS konden er

verbanden worden gevonden tussen de beschikbaarheid van fosfor in kuilgras en andere eigenschappen van het kuilgras. Deze verbanden moesten causaal, oftewel te verklaren, zijn. Nadat er verbanden gevonden waren, werd er gezocht naar literatuur om een logische verklaring te vinden achter deze verbanden.

Wat is het verband tussen de maaidatum en de P-beschikbaarheid?

Van de kuilen was de maaidatum van het gras bekend. Naast de maaidatum konden de kuilen gesorteerd worden per maand dat het gras was ingekuild. Op deze manier kon er gekeken worden of er een verschil is in de P-beschikbaarheid tussen de verschillende maanden. Als er een sterk verband is tussen de gegevens zou er eventueel wat gezegd kunnen worden over weersinvloeden, zoals vocht, droogte, zon en (bodem)temperatuur.

Wat is de optimale zwaarte van de grassnede voor een hoge P-beschikbaarheid?

De veehouders uit de studiegroepen leveren naast de kuiluitslag ook het aantal hectares aan waar het gras in de kuil vanaf is gekomen. Aan de hand hiervan is bepaald wat de zwaarte van de snede is geweest in kilogram droge stof per hectare. Het was interessant om dit mee te nemen in het onderzoek, omdat melkveehouders zelf de zwaarte van de snede kunnen bepalen. Als de optimale snedezwaarte bekend is, kunnen veehouders er rekening mee houden met het bepalen van het maaimoment.

Welke managementkeuzes kunnen invloed hebben op de factoren die de P-beschikbaarheid verhogen?

Nadat er verbanden bekend zijn geworden in de hierboven genoemde deelvragen, kon er onderzoek worden gedaan naar de managementkeuzes die invloed hebben op de onderzochte eigenschappen. Dit is voor het grootste gedeelte gedaan door middel van het uitvoeren van een literatuurstudie. Er werd gezocht naar keuzes die veehouders zelf kunnen maken om invloed uit te oefenen op de onderzochte eigenschappen van het kuilgras.

3. Resultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten van het analyseren van de data besproken. Als eerste zal er kort genoemd worden hoe de gegevens zijn verzameld. Hierna zullen de resultaten van de data analyse weergegeven worden per deelvraag. De laatste paragraaf zal bestaan uit informatie die gevonden is in de literatuurstudie om de parameters die P-beschikbaar beïnvloeden verder uit te lichten.

3.1 Gegevensverzameling

Melkveehouders uit studiegroepen van DMS leveren elk jaar de bodem- en kuilanalyses aan. De cijfers en kengetallen die hieruit naar voren komen, worden in studiegroep verband besproken. In deze studiegroepen komen vaak vragen naar voren. Vandaar dat deze gegevens gebruikt kunnen worden om een onderzoek mee te doen. De melkveehouders sturen de analyses zelf op of geven een machtiging, zodat het personeel van DMS bij deze gegevens kan. Vervolgens worden deze gegevens verwerkt en in overzichten geplaatst. Uit deze overzichten kunnen de benodigde gegevens voor een onderzoek gefilterd worden. Zo kan er snel een dataset gevormd worden, waarop analyses losgelaten kunnen worden.

Van ongeveer 250 melkveehouders zijn in totaal 546 kuiluitslagen van kuilgras uit 2016 uit de dataset van DMS gehaald. De gemiddelde bodemuitslagen van de percelen van het bedrijf waarvan de kuiluitslagen zijn, zijn hier naast gezet. Zo kunnen de bodemparameters vergeleken worden met de kuilparameters. Van de kuiluitslagen zijn de volgende gegevens meegenomen: Droge Stof, VEM, DVE, OEB, pH, Ruw Eiwit (totaal), Ruw as, VCOS, Suiker, NDF (verteerbaarheid), Azijn- en Propionzuur, Melkzuur, de conserveringsindex en elementen als magnesium, calcium, ijzer en zwavel. Ook is de maaidatum van de kuiluitslagen bekend. Van de bodemuitslagen zijn deze gegevens meegenomen: pH, klei humus complex (CEC), P-AL en P-PAE.

3.2 Bodemfactoren

In deze paragraaf worden de uitkomsten van de data-analyse van de bodemparameters in vergelijking met de beschikbaarheid van fosfor het totale fosfor in het ruwvoer besproken. Uit de literatuurstudie in het vooronderzoek is al gebleken dat verschillende eigenschappen van het voer beïnvloed worden door de eigenschappen van de bodem. Om te kijken of de beschikbaarheid van fosfor in het kuilgras ook beïnvloed wordt door de bodemparameters, wordt de volgende deelvraag beantwoord:

Wat is de relatie tussen P-PAE in de bodem en P-beschikbaar in het kuilgras?

Hiervoor is niet alleen gekeken naar de invloed van P-PAE, maar ook van pH, P-AL en CEC. Er is gebruik gemaakt van regressie analyses, om rechtstreekse verbanden aan te kunnen tonen. Om de verbanden aan te kunnen tonen is er gebruik gemaakt van regressie analyses in het programma SPSS. De bodemfactoren zijn ingezet als de onafhankelijke. Het getal P-beschikbaar en de beschikbaarheidsindex zijn ingezet als afhankelijke variabelen. Door deze getallen met elkaar te vergelijken is het duidelijk geworden of er rechtstreekse verbanden zijn.

Uit de regressie analyses tussen de bodemfactoren en de beschikbaarheid van fosfor zijn geen directe verbanden gekomen. Een verband is significant wanneer de significantie kleiner dan 0,05 is. Het grootste deel van de verbanden was wel degelijk significant. Alleen de verbanden tussen CEC en CEC-bezetting in vergelijking met de cijfers van fosfor toonden een significantie van boven de 0,05. Zie voor de volledige lijst met uitkomsten bijlage I.

Ondanks de significantie van de verbanden valt niet te zeggen dat de verbanden causaal zijn. De R-kwadraat uit de regressie analyse moet hoger zijn dan 0,5, anders valt er weinig over de gevonden verbanden te zeggen. In geen van de gevallen is de R-kwadraat hoger dan 0,5. De hoogste R-kwadraat is gevonden bij de regressie analyse tussen P-PAE en P-totaal in het kuilgras. Dit was een R-kwadraat van 0,110.

Aan de hand van de uitgevoerde analyse kan gesteld worden dat er geen directe relatie is tussen de bodemfactoren en de beschikbaarheid van fosfor. De correlatie is te klein om hier te stellen dat de beschikbaarheid van fosfor sterk wordt beïnvloed door fosfaattoestand, CEC-balans of pH van de bodem.

3.3 Eigenschappen kuilgras

De verschillende eigenschappen van het kuilgras kunnen hun invloed hebben op de beschikbaarheid van fosfor. Er is al gebleken dat de beschikbaarheid van fosfor beïnvloed wordt door voerparameters. Dit heeft Eurofins-Agro bekend gemaakt bij het presenteren van het nieuwe getal, fosfor-beschikbaarheid. Wat de formule achter dit getal is, is niet bekend gemaakt en zal ook niet worden bekend gemaakt.

Om te kunnen onderzoeken wat de invloed is van andere eigenschappen van het kuilgras op de beschikbaarheid van fosfor, zijn er een groot aantal parameters uit de dataset gehaald. De volgende deelvraag wordt in deze paragraaf beantwoord:

Welke andere eigenschappen van het kuilgras zelf beïnvloeden de P-beschikbaarheid?

De parameters die gekozen zijn om te onderzoeken zijn: Droge Stof, VEM, DVE, OEB, pH, Ruw Eiwit (totaal), Ruw as, VCOS, Suiker, NDF (verteerbaarheid), Azijn- en Propionzuur, Melkzuur, de conserveringsindex en elementen als magnesium, calcium, ijzer en zwavel. In bijlage II is een uitgewerkte begrippenlijst te vinden met de betekenissen van de onderzochte parameters. Er zijn, net als bij de bodemparameters, regressie analyses uitgevoerd om te kijken of er rechtstreekse verbanden zijn. Hierbij gaat het erom dat de significantie lager is dan 0,05 en de R-kwadraat hoger dan 0,5. Wanneer dit het geval is valt te zeggen dat de verbanden causaal zijn en dat er een directe invloed is van de verschillende parameters op de beschikbaarheid van fosfor.

Uit de regressie analyses tussen de verschillende voerparameters en de beschikbaarheid van fosfor zijn een aantal directe verbanden gekomen. Uit de meeste analyses kwam een significant verband, behalve tussen magnesium, calcium, azijnpropionzuur en de conserveringsindex met de beschikbaarheidsindex van fosfor. Tussen de conserveringsindex en het getal P-beschikbaar is ook geen significant verband gevonden. In bijlage III is de volledige lijst te vinden met daarin de uitkomsten van de regressie analyses.

In tegenstelling tot de bodemparameters zijn er wel R-kwadraten gevonden die hoger uitpakten dan 0,5. De belangrijkste uitkomsten zijn te vinden in tabel 2. Dat de R-kwadraat hoger is dan 0,5 wil zeggen dat de afhankelijke variabele voor een deel bepaald wordt door de onafhankelijke. Het gaat hierbij dus om causale verbanden. Deze parameter worden meegenomen in het vervolg van het onderzoek.

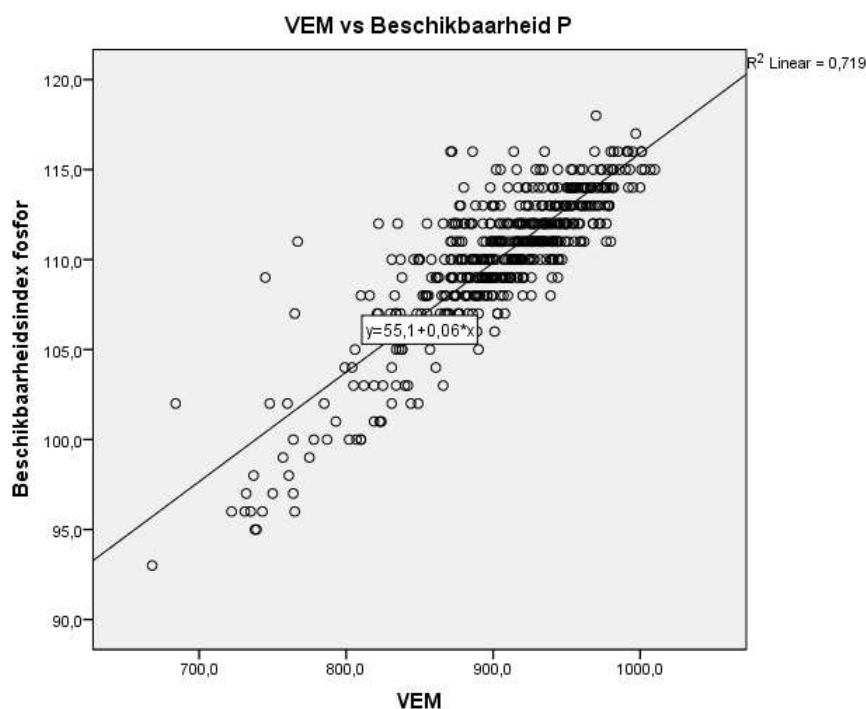
Tabel 2. Uitkomsten regressie analyse voerparameters

Onafhankelijk	Afhankelijk	R-kwadraat	Significantie
VEM	Beschikbaarheidsindex	0,719	0,000
VCOS	Beschikbaarheidsindex	0,844	0,000
NDF verteerbaarheid	Beschikbaarheidsindex	0,747	0,000
NDF	Beschikbaarheidsindex	0,603	0,000

Bij de andere parameters is geen R-kwadraat boven de 0,5 gevonden. Wel zaten er een aantal parameters tegen de 0,5 aan. Deze parameters hadden allen betrekking tot stikstof. Het ging hierbij om ruw eiwit (totaal) en OEB in relatie met de beschikbaarheid van fosfor. De R-kwadraat van deze analyses bevindt zich tussen de 0,35 en 0,40. Omdat de R-kwadraat lager is dan 0,5 kan hier verder niet mee worden gewerkt.

3.3.1 VEM in relatie tot beschikbaarheidsindex fosfor

Uit de data analyse door middel van regressie is gebleken dat er een causaal verband is tussen VEM en het indexcijfer van de beschikbaarheid van fosfor. In figuur 4 hieronder is te zien hoe de regressielijn loopt. De R-kwadraat van dit verband is 0.719.

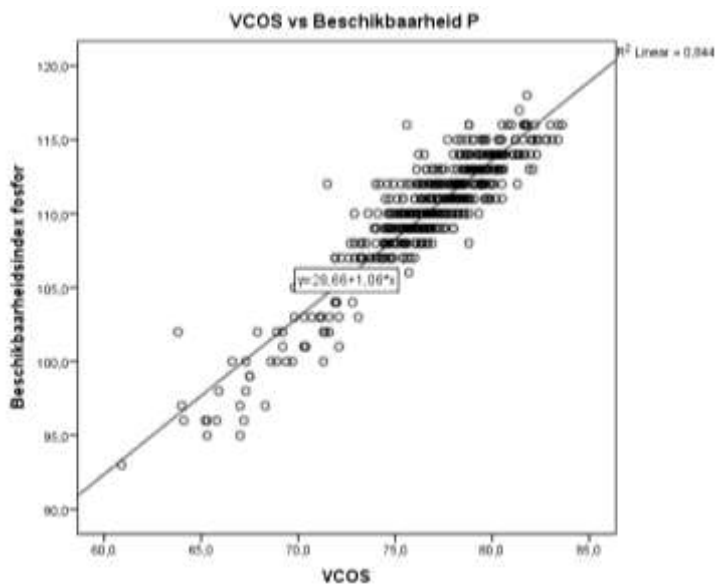


Figuur 4. VEM vs. Beschikbaarheid P

Om tot een praktisch advies te komen voor de melkveehouders is het goed om meer achtergrondinformatie te verkrijgen over VEM. VEM geeft aan hoeveel energie het kuilgras bevat. Dit is een Nederlands systeem. In andere systemen wordt er bijvoorbeeld gerekend met de hoeveelheid mega joules per kilogram product. VEM wordt bepaald aan de hand van een berekening met verteerbaar ruw eiwit, verteerbare ruwe celstof, verteerbaar ruw vet en verteerbare koolhydraten. Doordat VEM sterk afhankelijk is van de verteerbaarheid (VCOS), heeft het maaimoment een grote invloed op de hoeveelheid VEM in het rantsoen. (Eurofins-Agro, sd)

3.3.2 VCOS in relatie tot beschikbaarheidsindex fosfor

Voor VCOS is een R-kwadraat gevonden van 0,844. Dat wil zeggen dat er een causaal verband is tussen VCOS en het indexcijfer van de beschikbaarheid van fosfor. In figuur 5 is de grafiek met daarin de regressielijn te vinden.

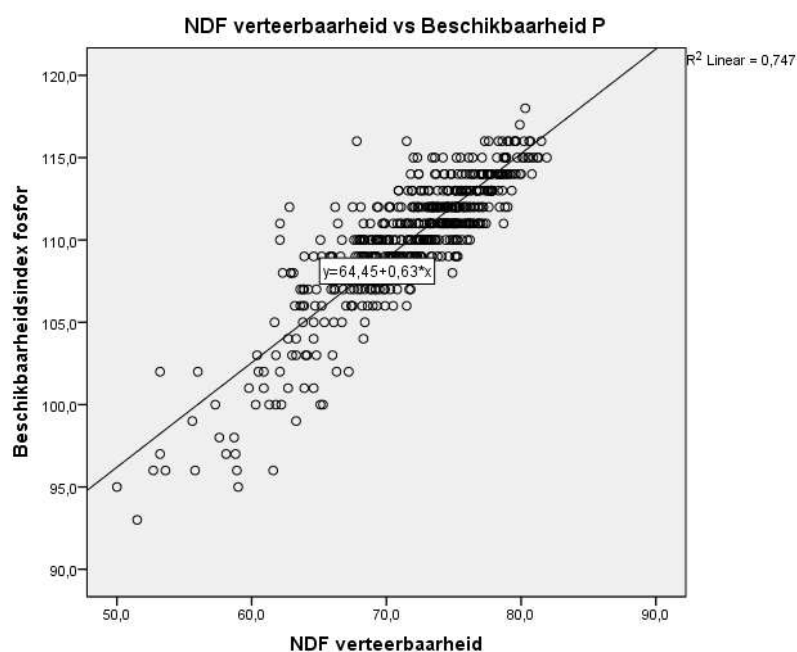


Figuur 5. VCOS vs. Beschikbaarheid P

De VCOS, verteerbaarheid coëfficiënt organische stof, geeft aan hoeveel procent er van het kuilgras verteerd wordt (Eurofins-Agro, sd). Het andere deel, dat niet verteerd wordt, belandt in de mest. Een hoge VCOS is gunstig voor een goede melkgift (ILVO, 2011).

3.3.3 NDF verteerbaarheid in relatie tot beschikbaarheidsindex fosfor

De gevonden R-kwadraat voor de relaties tussen NDF verteerbaarheid en de beschikbaarheidsindex van fosfor was 0,747. Dit wil zeggen dat de verteerbaarheid van de celwanden een effect heeft op de beschikbaarheid van fosfor. In figuur 6 is de NDF verteerbaarheid tegen de beschikbaarheidsindex uitgezet.

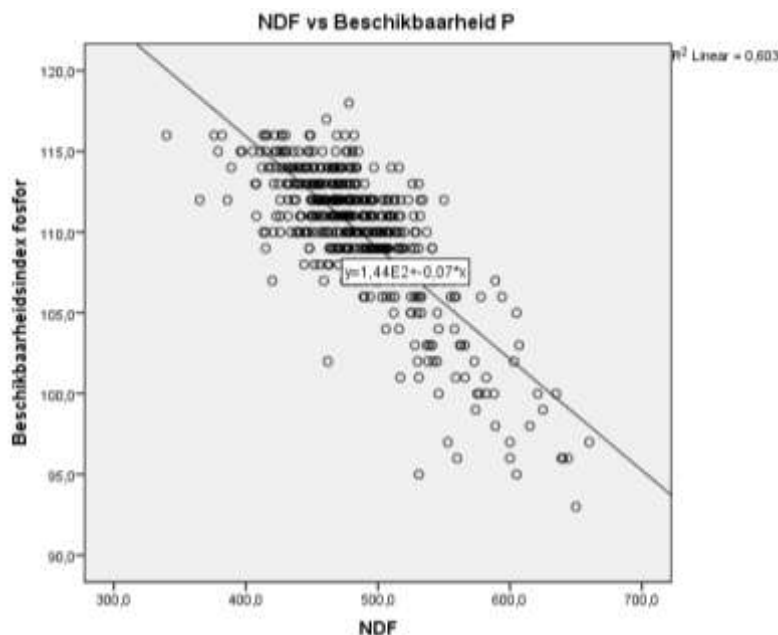


Figuur 6. NDF verteerbaarheid vs. Beschikbaarheid P

De NDF-verteerbaarheid staat voor het percentage van de celwanden dat voor de koe verteerbaar is. Het gaat hierbij om een deel van de cellulose en de hemicellulose in de celwanden. Lignine is voor de koe niet verteerbaar. Wanneer de NDF-verteerbaarheid hoog is, betekent dit dat er veel van de celwanden verteerd kan worden. De NDF-verteerbaarheid van NDF hangt af van de verhouding cellulose, hemicellulose en lignine. Een ouder gewas heeft vaak een hoger aandeel lignine, waardoor de NDF-verteerbaarheid lager zal zijn (Eurofins-Agro, sd).

3.3.4 NDF in relatie tot beschikbaarheidsindex fosfor

Niet alleen op het gebied van de verteerbaarheid van NDF is een causaal verband gevonden, ook op is er relatie tussen de totale NDF en de beschikbaarheid van fosfor. In figuur 7 is NDF uitgezet tegenover de beschikbaarheidsindex van fosfor. De R-kwadraat van dit verband is 0,603 waardoor te stellen is dat dit verband causaal is.



Figuur 7. NDF vs. Beschikbaarheid P

NDF (neutral detergent fibre) staat voor het totaal gewicht van de celwanden, waarmee bepaald kan worden wat de verhouding is tussen de inhoud van de cellen en de celwanden. NDF is belangrijk voor de structuur van het kuilgras. Daarnaast is een deel van het NDF goed voor de melkproductie, namelijk hemicellulose (Eurofins Agro, sd).

Het NDF gehalte in het gras is afhankelijk van het oogstmoment. Het wordt bepaald door het gewicht van de celwanden. Hier hoort cellulose, hemicellulose en lignine bij. Een ouder gewas, wat later geoogst is, heeft vaak een hoger aandeel aan lignine. Een ouder gewas heeft hierdoor vaak een hoger NDF gehalte. Vroeg maaien en een jonge grasmat zorgt voor een lager NDF gehalte en hierdoor voor een betere verteerbaarheid van het kuilgras (ILVO, 2011).

Samengevat hebben de VEM-waarden, het VCOS percentage, het NDF gehalte en de NDF-verteerbaarheid invloed op de beschikbaarheid van fosfor. Hier kwamen zeer sterke verbanden uit de analyses. De andere eigenschappen van het voer lijken geen of weinig invloed te hebben op de beschikbaarheid van fosfor. Om de gevonden verbanden verder uit te diepen, worden er in de volgende paragraaf meer analyses uitgewerkt.

3.4 Selectie 25% hoogste voerparameters

Uit de analyse van de voerparameters is gebleken dat er een viertal parameters een verband hebben met de beschikbaarheid van fosfor. Uit de analyse van bodemparameters is geen verband gekomen met een R-kwadraat boven de 0,5. Om te onderzoeken of er wel verbanden zijn te vinden wanneer er een deel van de data wordt uitgesloten, is er een selectie gemaakt van de 25% beste kuilen op basis van de parameters. Hierdoor wordt er ruis weg genomen. Met de geselecteerde data wordt er gekeken of er alsnog bodemparameters directe invloed hebben op de beschikbaarheid van fosfor in het kuilgras. In bijlage IV staan alle uitkomsten van deze analyses onder elkaar.

3.4.1 25% hoogste VEM-waarde

Uit de eerdere data analyse is gebleken dat er een lineair verband is tussen het VEM-waarde en de beschikbaarheidsindex van kuilgras. Dit wil zeggen dat bij een hoger VEM-waarde de beschikbaarheid van de aanwezige fosfor hoger is. Om te kijken of de invloed van bodemparameters bij een hoger VEM-gehalte groter is geweest, is 25% van de kuilen met de hoogste VEM-waarde geselecteerd. Op deze dataset is wederom een regressieanalyse uitgevoerd, om te kijken of er verbanden waren te vinden tussen bodemparameters en het fosforgehalte in het ruwvoer.

Aan de hand van de regressie analyses valt te stellen dat de bodemfactoren wederom weinig tot geen invloed hebben op de beschikbaarheid van fosfor in het kuilgras. Alleen de tussen P-PAL en de fosforgetallen in ruwvoer en P-PAE en de fosforgetallen zijn significante verbanden te vinden. De R-kwadraat van deze verbanden is niet hoger dan 0,5, waardoor te stellen valt dat deze verbanden niet causaal zijn.

Tabel 3. Verschil 25% hoogste VEM-waardes en hele groep

Bodem	Kuilgras	R-kwadraat 25% hoogste VEM	R-kwadraat hele groep
P-PAE	P-beschikbaar	0,173	0,099
P-PAE	Beschikbaarheidsindex	0,146	0,031
P-PAE	P-totaal	0,167	0,110
P-AL	P-beschikbaar	0,257	0,076
P-AL	Beschikbaarheidsindex	0,198	0,015
P-AL	P-totaal	0,240	0,094

Zoals in tabel 3 te zien is zitten er wel verschillen tussen de verbanden met kuilen met de hoogste VEM-waarde en de hele dataset van alle kuilen. Bij de kuilen met de hoogste VEM-waarde lijkt de invloed van de bodemparameters, P-AL en P-PAE, hoger te zijn dan bij de hele dataset. Vooral de invloed van P-AL lijkt groter te zijn bij de kuilen met een hogere VEM-waarde. Dit scheelt bij de R-kwadragen 0,15 tot 0,18 punten. Omdat de R-kwadraat in alle gevallen lager is dan 0,5, zijn de verbanden niet sterk genoeg om te stellen dat er een grote invloed is van bodemparameters.

3.4.2 25% hoogste VCOS-waarde

De beschikbaarheid van fosfor wordt, zoals uit eerder analyse is gebleken, beïnvloedt door de VCOS-waarde, de verteerbaarheidscoëfficiënt van organische stof. Er is een lineair verband gevonden tussen de VCOS en de beschikbaarheid van fosfor. Hierdoor valt te stellen dat bij een hogere verteerbaarheid de beschikbaarheid beter is. Om te kunnen kijken of de invloed van de bodemfactoren bij kuilen met een hogere verteerbaarheid hoger is dan in de hele groep, is 25% van de kuilen met de hoogste verteerbaarheid geselecteerd.

Net als bij de kuilen met het hoogste VEM-gehalte zijn de verbanden tussen de bodemfactoren met betrekking tot fosfor en de beschikbaarheid van fosfor in het kuilgras significant. De R-kwadragen van

deze verbanden zijn allemaal lager dan 0,5, dus de verbanden zijn ook hier niet sterk. In vergelijking met de groep zijn de R-kwadragen van de verbanden 0,18 tot 0,21 punten hoger. De invloed van de bodemparameters P-AL en P-PAE lijkt hierdoor wel groter te zijn bij kuilen met een hogere verteerbaarheid. Dit is te zien in tabel 4.

Tabel 4. Verschil 25% hoogste VCOS-waardes en hele groep

Bodem	Kuilgras	R-kwadraat 25% hoogste VCOS	R-kwadraat hele groep
P-PAE	P-beschikbaar	0,225	0,099
P-PAE	Beschikbaarheidsindex	0,216	0,031
P-PAE	P-totaal	0,209	0,110
P-AL	P-beschikbaar	0,289	0,076
P-AL	Beschikbaarheidsindex	0,226	0,015
P-AL	P-totaal	0,269	0,094

3.4.3 25% hoogste NDF-verteerbaarheid

De NDF-verteerbaarheid, ook wel celwandverteerbaarheid genoemd, heeft invloed op de beschikbaarheid van fosfor. Het lineaire verband tussen deze factoren is sterk en heeft een R-kwadraat van 0,747. Ook voor deze parameter zijn 25% van de kuilen met de hoogste waardes geselecteerd. Er wordt gekeken of de invloed van de bodem groter is op de verteerbaarheid van fosfor, wanneer de verteerbaarheid van de celwanden in de kuilen hoger is.

In tegenstelling tot de resultaten van de 25% hoogste VEM en VCOS-waardes zijn er bij de NDF-verteerbaarheid niet alleen significante verbanden gevonden tussen de P-PAE en P-PAL met de beschikbaarheid van fosfor, maar ook tussen de CEC en de beschikbaarheid van fosfor in het ruwvoer. Ook hier was de significantie onder de 0,05. De R-kwadraat was bij de verbanden tussen P-AL en de beschikbaarheid van fosfor het hoogst, maar ook niet boven de 0,5. Het zijn geen sterke verbanden. In tabel 5 zijn de verschillen te vinden tussen de 25% hoogste NDF-verteerbaarheid en de hele groep. 4

Tabel 5. Verschil 25% hoogste NDF-verteerbaarheid en hele groep

Bodem	Kuilgras	R-kwadraat 25% hoogste NDF-verteerbaarheid	R-kwadraat hele groep
P-PAE	P-beschikbaar	0,225	0,099
P-PAE	Beschikbaarheidsindex	0,216	0,031
P-PAE	P-totaal	0,209	0,110
P-AL	P-beschikbaar	0,289	0,076
P-AL	Beschikbaarheidsindex	0,226	0,015
P-AL	P-totaal	0,269	0,094
CEC	P-beschikbaar	0,074	0,010
CEC	Beschikbaarheidsindex	0,125	0,001
CEC	P-totaal	0,063	0,012

In tabel 5 is te zien dat de R-kwadraat voor de verbanden tussen P-PAE en fosfor in het ruwvoer bij een hogere NDF-verteerbaarheid 0,1 tot 0,18 punten hoger liggen. Voor P-AL is dit 0,18 tot 0,21 en voor de CEC is dit 0,5 tot 0,11. Deze verbanden zijn niet sterk genoeg om het causale verbanden te noemen, maar opvallend om te zien is dat de R-kwadraat in alle gevallen hoger is.

3.4.4 25% laagste NDF-waarde

Voor de NDF-waarde zijn de 25% kuilen met de laagste NDF geselecteerd. Er is een lineair verband aangetoond tussen de NDF-waarde en de beschikbaarheid van fosfor. Bij een lagere NDF-waarde is de beschikbaarheid van het fosfor hoger. Ook voor 25% kuilen met de laagste NDF-waarde wordt er gekeken of de verbanden tussen de bodemfactoren en de beschikbaarheid van fosfor in kuilgras sterker zijn dan voor de hele groep.

Evenals bij de 25% kuilen met de hoogste NDF-verteerbaarheid zijn bij de 25% kuilen met de laagste NDF-waarde significante verbanden gevonden. De verbanden die gevonden zijn, zijn verbanden tussen de parameters met betrekking tot fosfaat en CEC in de bodem en de beschikbaarheid van fosfor in het kuilgras. Opvallend is dat de R-kwadraat van de verbanden met CEC hetzelfde is als bij de kuilen met de hoogste NDF-verteerbaarheid. Het verschil tussen de R-kwadraat van de verbanden tussen bodemparameters met betrekking tot fosfor met de beschikbaarheid van fosfor in kuilgras van de groep is hoger dan bij de NDF-verteerbaarheid. Bij de groep met de laagste NDF-waarde is de R-kwadraat 0,12 tot 0,26 punten hoger. Er zijn geen verbanden die zo sterk zijn dat er een R-kwadraat uit komt van boven de 0,5.

Tabel 6. Verschil 25% laagste NDF-waardes en hele groep

Bodem	Kuilgras	R-kwadraat 25% laagste NDF	R-kwadraat hele groep
P-PAE	P-beschikbaar	0,251	0,099
P-PAE	Beschikbaarheidsindex	0,226	0,031
P-PAE	P-totaal	0,231	0,110
P-AL	P-beschikbaar	0,335	0,076
P-AL	Beschikbaarheidsindex	0,206	0,015
P-AL	P-totaal	0,316	0,094
CEC	P-beschikbaar	0,074	0,010
CEC	Beschikbaarheidsindex	0,125	0,001
CEC	P-totaal	0,063	0,012

Over het algemeen valt te zeggen dat de relaties tussen bodemfactoren sterker zijn bij de geselecteerde groepen dan wanneer er naar de gehele dataset gekeken wordt. Dit is vooral het geval bij de bodemparameters op het gebied van fosfor. Wanneer er gekeken wordt naar de groep kuilen die geselecteerd is op basis van het NDF-gehalte in de kuil en de NDF verteerbaarheid, lijkt CEC ook een factor te zijn die meer invloed heeft op de beschikbaarheid van fosfor in het kuilgras. Ook dit is vergeleken met de gehele dataset.

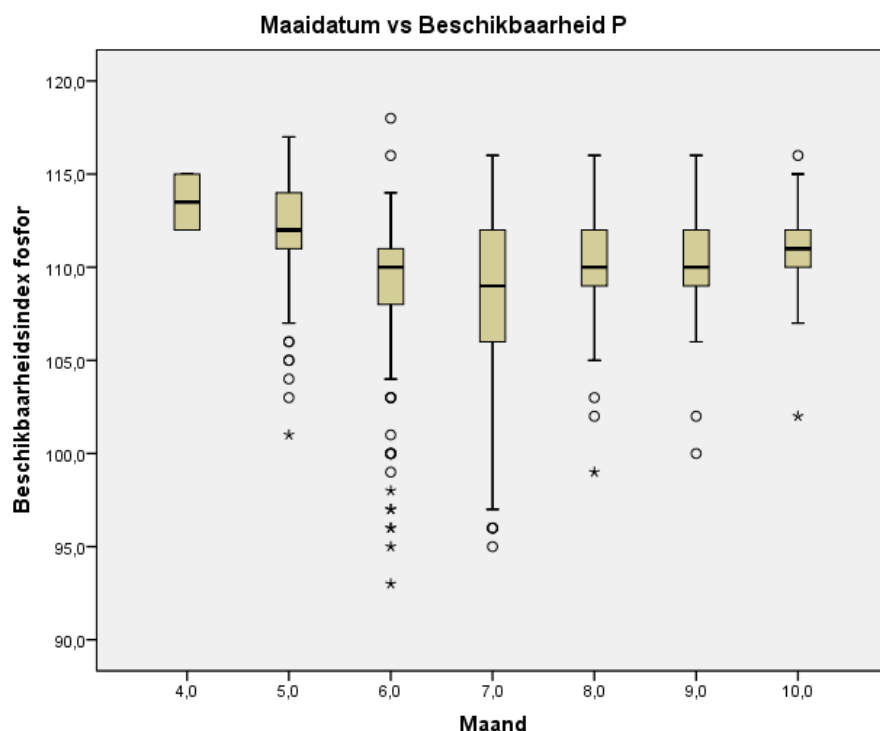
3.5 Maaidatum en beschikbaarheid van fosfor

De maaidatum van het gras zou ook zo zijn invloed kunnen hebben op de beschikbaarheid van fosfor. Door het seizoen heen varieert de samenstelling van het gras. Hierdoor zou het goed mogelijk zijn dat de beschikbaarheid van fosfor in het kuilgras verschilt per maaidatum. De deelvraag die beantwoord gaat worden in dit hoofdstuk luidt als volgt:

Wat is het verband tussen de maaidatum en de P-beschikbaarheid?

Om de deelvraag te beantwoorden is de data op twee verschillende manieren geanalyseerd. Er zijn twee manieren waarop de maaidatum beschikbaar is, namelijk de maand waarop het gras gemaaid is en de absolute maaidatum. Hierdoor zijn verschillende analyses mogelijk. Er kan gekeken worden of er een rechtstreeks verband aanwezig is door middel van een regressieanalyse. Ook kan er gekeken worden of er verschillen zijn per maand. In figuur 8 hieronder zijn de verschillen in beschikbaarheid

per maand zichtbaar. De zwarte dunne lijnen geven de spreiding weer en de gekleurde blokken geven weer waarbinnen het grootste deel van de kuilen zich bevindt.



Figuur 8. Spreiding beschikbaarheidsindex per maand

Zoals in figuur 8 te zien is lijkt er een dalende lijn van de beschikbaarheid per maand van april tot en met juli. Dit kan te maken hebben met een hoger NDF gehalte en een dalende verteerbaarheid van het gras. Na juli is de lijn vrij stabiel en iets stijgend. De spreiding is in de maand juli het grootst. In de maand oktober is de spreiding nauwelijks aanwezig.

Naast de grafiek is er een regressie analyse gedaan om te onderzoeken of er een direct verband is tussen de maaidatum en de beschikbaarheid van kuilgras. De maaidatum is uitgezet tegenover de beschikbaarheidsindex, P-beschikbaar en P-totaal. De resultaten van deze analyse zijn te vinden tabel 7. De verbanden tussen de maaidatum en de beschikbaarheid van fosfor in kuilgras zijn significant. De R-kwadraat is in alle gevallen te laag om te kunnen stellen dat het een sterk verband is. Per maand is er een spreiding te zijn in de beschikbaarheid van fosfor. De verbanden zijn significant, maar door de lage R-kwadraat valt er te stellen dat de verbanden niet sterk zijn.

Tabel 7. Uitkomst analyse maaidatum

Parameter	R-kwadraat	Significantie
Beschikbaarheidsindex	0,012	0,011
P-beschikbaar	0,019	0,001
P-totaal	0,047	0,000

Als beantwoording van de deelvraag kan het volgende gesteld worden. Er is geen direct verband tussen de maaidatum en de beschikbaarheid van fosfor. Wel lijkt de beschikbaarheid van fosfor gedurende de eerste maanden af te nemen en te stabiliseren vanaf juli. Omdat de verbanden niet sterk zijn, kan hier geen advies op worden gebaseerd.

3.6 Snedezwaarte en beschikbaarheid van fosfor

De zwaarte van de snede heeft invloed op de gehalten in het ruwvoer. Hierom is het interessant om te kijken naar de invloed van de snedezwaarte. De melkveehouders leveren de kuiluitslagen in bij DMS. Daarbij vermelden ze hoeveel kilogram drogestof er in de kuil aanwezig is en wat het areaal is waarvan het gras is afgekomen. Omdat er een groot aantal kuilen in de dataset staat, is de opbrengst per hectare betrouwbaar. De zwaarte van de snede kan de veehouder zelf bepalen. Wanneer er een relatie is tussen de zwaarte van de snede en de beschikbaarheid van fosfor, kan de veehouder zijn invloed uitoefenen op de beschikbaarheid door te sturen op snedezwaarte. De deelvraag die met het uitvoeren van deze analyse beantwoord wordt is:

Wat is de optimale zwaarte van de grassnede voor een hoge P-beschikbaarheid?

Om te bepalen of er relatie is tussen de zwaarte van de snede en de beschikbaarheid van fosfor, is er een regressieanalyse uitgevoerd. De snedezwaarte, in kilogram drogestof per hectare, is vergeleken met P-beschikbaar, de beschikbaarheidsindex en het totale fosfor. De uitkomsten van de data-analyse zijn in tabel 8 te zien.

Tabel 8. Uitkomst analyse snedezwaarte

Parameter	R-kwadraat	Significantie
Beschikbaarheidsindex	0,045	0,000
P-beschikbaar	0,061	0,000
P-totaal	0,055	0,000

Zoals in de tabel te zien is, is de R-kwadraat in alle gevallen laag. Dat wil zeggen dat het verband niet sterk is. De significantie is wel beneden de 0,05, maar omdat de R-kwadraat laag is, kan er weinig met dit verband gedaan worden. Deze deelvraag kan niet worden beantwoord. Er is geen direct verband tussen de zwaarte van de snede en de beschikbaarheid van fosfor.

3.7 Managementkeuzes met invloed op beschikbaarheid fosfor

Om tot een goed advies aan de veehouder te komen is het goed om informatie te verstrekken over de keuzes die zij zelf kunnen maken. Het gaat hierbij om keuzes om de beschikbaarheid van fosfor te verbeteren. Naar aanleiding van de uitkomsten van de analyses van de vorige deelvragen zijn er een aantal parameters gekozen waarover extra informatie over wordt opgezocht. De deelvraag die in deze paragraaf beantwoord wordt, luidt als volgt:

Welke managementkeuzes kunnen invloed hebben op de factoren die de P-beschikbaarheid verhogen?

Uit de analyses is gebleken dat VEM, VCOS en NDF(-verteerbaarheid) invloed hebben op de beschikbaarheid van fosfor. Over deze parameters wordt daarom extra informatie gegeven. Eerst zullen de parameters worden besproken, hierna worden er mogelijkheden benoemd om deze parameters te beïnvloeden.

3.7.1 De parameters

De eigenschappen van het voer die invloed hebben op de fosforbeschikbaarheid, zijn sterk van elkaar afhankelijk. VEM, voedereenheid melk, geeft aan hoeveel energie het kuilgras bevat. VEM wordt bepaald aan de hand van een berekening met verteerbaar ruw eiwit, verteerbare ruwe celstof, verteerbaar ruw vet en verteerbare koolhydraten. De VCOS, verteerbaarheid coëfficiënt organische stof, geeft aan hoeveel procent er van het kuilgras verteerd wordt. NDF (neutral detergent fibre) staat voor het totaal gewicht van de celwanden, waarmee bepaald kan worden of wat de verhouding

is tussen de inhoud van de cellen en de celwanden. De celwanden bevatten cellulose, hemicellulose en lignine. Hemicellulose kan volledig verteerd worden, cellulose voor een gedeelte. De NDF-verteerbaarheid is afhankelijk van de hoeveelheid cellulose en hemicellulose in de celwanden.

3.7.2 Managementkeuzes

Volgens het ILVO daalt de VEM-waarde van het gras zeven eenheden per dag wanneer er wordt gewacht met maaien (ILVO, 2011). Dit komt onder andere doordat het VEM in het gras afhankelijk is van de verteerbaarheid van het gras. Een ouder gewas bevat meer lignine, houtstof, en is daardoor minder goed verteerbaar. Het maaimoment is een belangrijke keuze waarmee VEM in het gras beïnvloed kan worden. Later maaien betekent een ouder gewas met meer lignine en een lagere verteerbaarheid. VEM zal hierdoor afnemen.

Uit verschillende onderzoeken op het Schothorst Feed Research onderzoeksinstituut, is gebleken dat een jonger gewas een hogere verteerbaarheid heeft. De VCOS van jong grasland is hoger dan oud grasland. Dit heeft vooral te maken met slechtere rassen en onkruiden in een oudere grasmant (Veeteelt, 2014). De verteerbaarheid en daarmee de voederwaarde van het kuilgras van een jonge grasmant is hoger. Dit is iets waar rekening mee gehouden kan worden als er naar de beschikbaarheid van fosfor wordt gekeken. Een keuze kan zijn om het grasland te vernieuwen wanneer het er slecht aan toe is.

De grasmant hoeft niet persé jong te zijn. Een oudere goed onderhouden grasmant heeft ook een betere verteerbaarheid. Dit betekent wel dat er onkruidbestrijding moet worden toegepast op de grasmant, zodat het gras kwalitatief goed blijft. Verder is het goed om het grasland te slepen en door te zaaien, zodat slechtere rassen minder de kans krijgen om zich te ontwikkelen.

De bemesting van het grasland heeft invloed op de voederwaarde van het grasland. Bij een verlaagde N-bemesting zal de VEM-waarde van het gras afnemen. Dit heeft onder andere te maken met een verlaagd ruw-eiwit gehalte in het gras (Rommelink, Zom, van Houweling, & Zonderland, 2008). Dit zal zijn doorwerking hebben op de beschikbaarheid van fosfor. Om de voederwaarde op peil te houden is het zaak om de bemesting goed in de gaten te houden. De mest die beschikbaar is op het bedrijf zal dus met zorg en bewust moeten worden verdeeld over de percelen. Extra fosfaatbemesting door middel van kunstmest is voor de meeste melkveehouders niet meer van toepassing vanwege de derogatie.

Samengevat zijn er een aantal factoren waar melkveehouders rekening mee kunnen houden om de beschikbaarheid van fosfor te beïnvloeden. De beschikbaarheid is afhankelijk van de VEM waarde en de verteerbaarheid van het gras. Op tijd maaien en een jonge grasmant draagt bij een hogere verteerbaarheid. Daarnaast is een goed onderhouden grasmant en een effectieve bemesting goed voor de beschikbaarheid van fosfor.

4. Discussie

In dit hoofdstuk worden de resultaten van het onderzoek en de gang van zaken tijdens het onderzoek bediscussieerd. De resultaten per deelvraag zullen kort besproken worden. Daarop volgend zal er een reflectie worden gegeven op het onderzoek. Hierbij wordt onder andere het proces en de methode besproken.

4.1 Doel onderzoek

Het doel van dit onderzoek was dat veehouders meer inzicht zouden krijgen in de beschikbaarheid van fosfor. Door data van grond en kuilen met elkaar te vergelijken en factoren te zoeken die de beschikbaarheid van fosfor beïnvloeden, kon het begrip fosforbeschikbaarheid verduidelijkt worden. Informatie over factoren die de beschikbaarheid beïnvloeden is opgezocht, zodat er een advies kan worden gegeven aan de geïnteresseerde melkveehouders. Wanneer veehouders met dit getal aan de slag kunnen gaan, wordt het voor hen eenvoudiger om efficiënter om te gaan met fosfor in het rantsoen. Dit zou de mineralenefficiëntie van het melkveebedrijf ten goede kunnen komen.

4.2 Bespreking resultaten

Per deelvraag zal er nog kort ingegaan worden op de resultaten van het onderzoek. De belangrijkste feiten en resultaten uit de data analyse en de literatuurstudie worden benoemd. De deelvraag, de aanpak van de deelvraag en de resultaten hiervan worden beschreven.

4.2.1 Bodem in relatie tot beschikbaar P in kuilgras

De eerste deelvraag luidde als volgt:

Wat is de relatie tussen P-PAE in de bodem en P-beschikbaar in het kuilgras?

Om deze deelvraag te kunnen beantwoorden is er een data-analyse met behulp van SPSS gedaan. Door middel van regressie analyses is er gezocht naar verbanden tussen bodemfactoren en factoren in het voer op gebied van fosfor. De bodemfactoren zijn ingezet als onafhankelijke variabelen en de voerparameters als afhankelijk. Factoren die meegenomen waren, zijn P-PAE, P-AL, CEC (bezetting) en pH van de bodem en P-totaal, P-beschikbaar en de beschikbaarheidsindex voor het kuilgras. Een relatie met een R-kwadraat boven de 0,5 en een significantie onder de 0,05 toont een sterk verband aan. Met deze informatie zijn de gegevens geanalyseerd. Wanneer er een sterk verband uit zou komen, zou er in de literatuur gezocht worden naar logische verklaringen hiervoor.

Uit regressie analyses op de gegevens van de bodem en de kuilen zijn geen sterke verbanden gekomen. De mogelijke relaties die onderzocht zijn hadden bijna allemaal wel een significantie van lager dan 0,05, maar de R-kwadraat pakte te laag uit. Er wordt maar een klein deel van de beschikbaarheid bepaald door de bodemfactoren. Omdat er geen sterk verband is gevonden tussen bodemfactoren en de beschikbaarheid van fosfor, is er geen verdere literatuurstudie uitgevoerd.

4.2.2 Voerparameters in relatie tot beschikbaar P in kuilgras

De tweede deelvraag is als volgt geformuleerd:

Welke andere eigenschappen van het kuilgras zelf beïnvloeden de P-beschikbaarheid?

Voor deze deelvraag zijn er een aantal parameters van het voer geselecteerd. Het gaat hierbij om voederwaardes als VEM en darm verteerbaar eiwit (DVE) en spoorelementen zoals ijzer en magnesium. Er is gezocht naar relaties tussen deze parameters en de beschikbaarheid van fosfor in de zin van P-beschikbaar en de beschikbaarheidsindex van fosfor. De analyse is gedaan met behulp van SPSS en is op dezelfde manier uitgevoerd als bij de bodemparameters. Wanneer er een 'hoge' R-kwadraat uit de analyse kwam, dus hoger dan 0,5, kan er wat over het verband gezegd worden.

In tegenstelling tot bij de analyse van de bodemfactoren, zijn er sterke verbanden gevonden bij de analyse tussen de verschillende voerparameters. De eigenschappen van het kuilgras waar een sterk verband gevonden is, zijn VEM, VCOS, NDF en de NDF-verteerbaarheid. Dit was alleen het geval bij de beschikbaarheidsindex, voor het getal P-beschikbaar zijn geen sterke verbanden gevallen. Voor de parameters VEM, VCOS, NDF en NDF-verteerbaarheid is er een literatuurstudie uitgevoerd, om te kunnen zeggen waarom het logisch is dat dit verband er is. Hieruit is gebleken dat deze parameters allemaal te maken hebben met de verteerbaarheid van het kuilgras en hierdoor waarschijnlijk het fosfor beter beschikbaar komt.

4.2.3 Invloed van maaidatum op P-beschikbaar

Deelvraag 3 is als volgt opgesteld:

Wat is het verband tussen de maaidatum en de P-beschikbaarheid?

Van de kuilen was de maaidatum bekend. Om de relatie tussen de maaidatum en de beschikbaarheid van fosfor te kunnen bepalen, zijn er twee soorten analyses uitgevoerd. Hierbij is gebruik gemaakt van het programma SPSS. Er is gekeken naar de spreiding per maaidatum van de beschikbaarheid van fosfor. Daarnaast is er een regressie analyse uitgevoerd om te zoeken naar een sterk verband. Dit is gedaan voor de maaidatum van het kuilgras, in relatie tot P-beschikbaar, de beschikbaarheidsindex en P-totaal in het kuilgras.

Uit de regressie analyse is geen sterk verband gekomen. De significantie was er wel, maar de R-kwadraat kwam in alle gevallen niet boven de 0,05. Wel was er een bepaalde spreiding te zien in de andere analyse. Het eerste gras is ingekuild in april, hier was de beschikbaarheidsindex het hoogst. Hierna leek de beschikbaarheid af te nemen tot juli, waarna het stabiel bleef en later licht steeg. De spreiding van de beschikbaarheid was in april en oktober het kleinst en in juli het grootst.

4.2.4 Snedezwaarte in relatie tot P-beschikbaar

Deelvraag 4 luidde als volgt:

Wat is de optimale zwaarte van de grassnede voor een hoge P-beschikbaarheid?

Om deze vraag te kunnen beantwoorden is de zwaarte van de snede in kilogram drogestof per hectare uitgezet tegenover de P-beschikbaarheid, beschikbaarheidsindex en P-totaal. Van de kuilen was de snedezwaarte bekend. Voor de regressie analyse is SPSS gebruikt. Het plan was om eerst een regressie analyse te doen en vervolgens per snedezwaarte, ingedeeld in categorieën, te kijken welke snedezwaarte het best is voor de beschikbaarheid van fosfor in kuilgras. Uit de analyse zijn geen sterke verbanden gekomen. Hierom is de vervolgstap ook niet gedaan.

4.2.5 Managementkeuzes ter verbetering P-beschikbaar

De laatste deelvraag werd als volgt geformuleerd:

Welke managementkeuzes kunnen invloed hebben op de factoren die de P-beschikbaarheid verhogen?

De eigenschappen van het kuilgras die invloed hebben op de beschikbaarheid van fosfor hebben invloed op elkaar. VEM is afhankelijk van het ruw celstof gehalte en de verteerbaarheid van het gras. Door de verteerbaarheid van het gras te verbeteren wordt de voederwaarde van het gras verhoogd. Dit zal de beschikbaarheid van fosfor ook ten goede komen. De melkveehouder kan zelf invloed uitoefenen op de verteerbaarheid van het gras. Zo zijn het maaimoment en de leeftijd van het gras belangrijke factoren die de verteerbaarheid van het gras beïnvloeden. Ook is de verteerbaarheid beter wanneer het gras goed wordt onderhouden. Hierbij kan gedacht worden aan de bestrijding van

onkruid en het doorzaaien van het grasland. Een andere factor waarmee veehouders rekening kunnen houden is de bemesting, wat van invloed is op de voederwaarde en verteerbaarheid.

4.2.6 25 procent hoogste parameters

Naast de vijf deelvragen is het onderzoek uitgediept, om tot meer resultaten te kunnen komen. Van de parameters van het kuilgras waar een sterk verband met fosforbeschikbaarheid uit kwam, zijn de 25 procent beste kuilen geselecteerd. Deze kuilen zijn vergeleken met de bodemfactoren die betrekking hebben tot fosfor om te kijken of de invloed van de bodem bij deze kuilen groter is geweest. Bij deze analyse is weer gebruik gemaakt van een regressie analyse in SPSS. Uit deze analyse kwamen geen sterke verbanden. Wel was de R-kwadraat, dus de invloed van de bodem op de beschikbaarheid van fosfor, in de meeste gevallen hoger dan wanneer er naar de gehele dataset werd gekeken. Uit deze analyse is niet gekomen wat er van tevoren gehoopt werd. Wel is het interessant om te zien dat de invloed bij deze kuilen hoger geweest leek te zijn.

4.3 Reflectie onderzoek

Tijdens het onderzoek zijn er een aantal zaken anders gegaan of veranderd dan hoe het van tevoren is bedacht. Vandaar dat het goed is om een reflectie te schrijven, zodat er gekeken kan worden wat er de volgende keer anders moet of wat er juist goed ging. Eerst zal het proces worden geëvalueerd, daarna de methode en vervolgens de resultaten.

4.3.1 Het proces

Van tevoren was de planning om eerst een goede onderwerp te kiezen en hierbij een literatuurstudie te doen. Vervolgens konden de vragen worden opgesteld, die leidend waren voor het onderzoek. Het uitvoeren van het vooronderzoek verliep volgens planning. Nadat het onderwerp gekozen was, kon er gericht worden gezocht naar de nodige literatuur. Doordat er vanuit de literatuurstudie duidelijk werd wat er al wel en nog niet bekend was over het onderwerp, konden de deelvragen gericht worden opgesteld. Dit deel van het onderzoek verliep goed. Door gericht te zoeken naar goede literatuur was het redelijk eenvoudig om goede deelvragen op te stellen.

Het verwerven van resultaten ging soepel. In de database van DMS zijn veel gegevens van de bodem en kuilen van veehouders beschikbaar. Door de bodem- en kuilgegevens van de veehouders te koppelen en de juiste parameters uit te zoeken, kon er eenvoudig een goede dataset worden samengevoegd. Deze dataset was dusdanig groot, bijna 550 verschillende graskuilen, dat er een gedegen onderzoek op los kon worden gelaten. De parameters waren zo uitgezocht, zodat de deelvragen, die van tevoren gesteld waren, beantwoord konden worden. Het verwerven van de resultaten heeft minder tijd gekost dan dat er van tevoren voor geschreven stond.

Over het algemeen valt over het proces te zeggen dat het verlopen is volgens plan. Het verschil met het van tevoren bedachte plan is dat er een onderdeel bij is gekomen. Er is namelijk verder ingezoomd op parameters die de beschikbaarheid van fosfor beïnvloeden. De 25 procent beste kuilen op het gebied van deze parameters zijn uit deze dataset geselecteerd om te kijken of er toch een verband is tussen de bodem en het kuilgras. Verder is het onderzoek volgens het in het vooronderzoek bepaalde plan uitgevoerd.

4.3.2 De methode

Voor het analyseren van de data zijn verschillende soorten analyses gekozen. Er is gezocht naar relaties en er is gekeken naar bepaalde spreidingen. Er is eerst gezocht naar belangrijke verbanden, vervolgens is er gezocht naar informatie over de parameters die een causaal verband vertoonden. Deze volgorde bespaard zoekwerk naar informatie over parameters die uiteindelijk niets te maken hebben gehad met de beschikbaarheid van fosfor. Dit leek de meest efficiënte manier van werken.

Het aantal gevonden verbanden was laag, namelijk een viertal verbanden. Deze verbanden hadden allen te maken met eigenschappen van het kuilgras zelf. Van tevoren werd er verwacht dat er relaties tussen bodem en kuilgras met betrekking tot fosfor gevonden zouden worden. Dat deze relaties niet zijn gevonden heeft niet wat te maken gehad met de manier van analyseren.

Om tot betere resultaten te komen dan de resultaten die in dit onderzoek naar voren zijn gekomen, is het goed om specifieker te gaan kijken. Nu zijn de gemiddelde bodemuitslagen van het bedrijf gebruikt om de analyse mee te doen. Per perceel kan de fosfaattoestand erg verschillen. Om meer te kunnen zeggen over de invloed van de bodem op de beschikbaarheid van fosfor, kan er in het vervolg per perceel worden gekeken. De proefopzet zou dan zo kunnen zijn dat er per perceel monsters van het gras worden genomen. Zo kan er met zekerheid gezegd worden dat het gras daadwerkelijk van dat perceel is geoogst. De invloed van de bodem kan dan beter zichtbaar worden. Wanneer er in de toekomst onderzoek wordt gedaan naar dit onderwerp, is het goed om dit mee te nemen.

De resultaten van de analyse van voereigenschappen zijn betrouwbaarder dan de vergelijking tussen bodem en kuilgras. Deze gegevens waren wel per kuil bekend. De rechtstreekse analyse was hierdoor beter te maken. Bij het maaimoment en de opbrengst per hectare zou wat ruis kunnen zitten. Deze informatie is aangeleverd door de melkveehouders en hierbij zouden daarom schattingen kunnen zitten.

4.3.3 De resultaten

Een punt van discussie is dat het getal P-beschikbaarheid wellicht minder zegt dan dat er voor het onderzoek werd gedacht. De rantsoenen voor melkkoeien in de Nederlandse melkveehouderij bevatten over het algemeen voldoende fosfor. Van de aanwezige fosfor is het overgrote deel opneembaar voor de koe. Een koe zal er alles aan doen om de aanwezige fosfor in fosfor te benutten, vooral wanneer er een laag fosforgehalte in het voer zit en de vraag vanuit de koe hoog is. Zo zijn er onderzoeken gedaan met een zeer laag fosforgehalte in het rantsoen, waarbij de koeien in de meeste gevallen nog geen problemen kregen met gezondheid en melkproductie (Ekelund, Spörndly, & Holtenius, 2006). Het getal P-beschikbaarheid zou wel kunnen worden gebruikt als hier meer onderzoek naar wordt gedaan en er met meer zekerheid kan worden gezegd dat er een deel wel en een deel niet beschikbaar is.

Uit de analyse is voortgekomen dat VCOS een grote invloed heeft op de beschikbaarheid van fosfor. Keuzes maken om de VCOS te verhogen kan helpen om de beschikbaarheid van fosfor te verhogen. Wel moet er een kanttekening bij worden gemaakt. Bij een erg hoge verteerbaarheid is de kans groot dat het kuilgras te 'snel' is. Het kuilgras kan niet volledig worden verteerd in de pens. Hierdoor zal een deel van het kuilgras onverteerd in de mest terecht komen. Bij een VCOS van boven de 80 is de kans aanwezig dat het niet goed benut kan worden (ILVO, 2011).

Een ander punt van discussie op de resultaten uit de data-analyse is dat er aan het getal P-beschikbaar en de beschikbaarheidsindex een formule hangt. Voordat het onderzoek gestart is, is er bij Eurofins-Agro navraag gedaan naar de samenstelling van deze formule. Zij waren niet bereid om de informatie te geven, waardoor er niet met zekerheid gezegd kan worden welke getallen de P-beschikbaarheid bepalen. Het kan dus zijn dat de eigenschappen van de gevonden relaties onderdeel uitmaken van de formule om de beschikbaarheid van fosfor in het kuilgras te bepalen. Dit zou betekenen dat het meer dan logisch is dat hier zulke sterke relaties tussen gevonden zijn.

Uit het literatuuronderzoek in het eerste hoofdstuk is gebleken dat er relaties zijn tussen de bodemfactoren en de eigenschappen van het voer. Fosfor in het kuilgras zou ook beïnvloed worden door de fosfaattoestand van de bodem. Uit het eigen onderzoek is dit niet naar voren gekomen. Er

zijn geen sterke verbanden gevonden tussen fosfaat in de bodem en fosfor in het kuilgras. De verwachting zou zijn dat er bij meer beschikbaar fosfaat in de bodem er ook meer beschikbaar fosfor in het kuilgras zou zijn. Dit is niet het geval als er van de resultaten uit moet worden gegaan.

Uit de literatuur is ook gebleken dat het droge stof percentage van het kuilgras invloed moet hebben op de beschikbaarheid van fosfor. Uit de data analyse is geen rechtstreeks verband gekomen. Omdat de beschikbaarheid van fosfor wel afhankelijk is van de verteerbaarheid van het kuilgras, kan er wel een indirect verband zijn. De verteerbaarheid is deels afhankelijk van het droge stof percentage. Een kuil met een juist droge stof percentage zou daarom een betere fosforbeschikbaarheid kunnen hebben.

Achteraf is er helaas niet datgene uit het onderzoek gekomen dat van tevoren werd gedacht. Er werd gehoopt dat de invloed van de bodem op de beschikbaarheid van fosfor duidelijker naar voren zou komen. Uit de analyses is gebleken dat die invloed zeer klein en te verwaarlozen is. Ook de invloed van andere factoren, zoals eigenschappen van het voer of het maaimoment, bleek tegen te vallen. Met de uitkomsten kan wel een advies worden gegeven aan de melkveehouders, maar doordat de resultaten wat tegen vielen is dit advies niet uitgebreid.

P-beschikbaar is naar mijn mening nog een getal waar meer onderzoek voor nodig is om het echt te gaan gebruiken. De invloed van de bodem kan nog nader onderzocht worden. De invloed van de andere eigenschappen van het voer lijken na dit onderzoek vrij duidelijk te zijn geworden. In een eventueel vervolgonderzoek zou de invloed van het weer en bemesting onderzocht kunnen worden. Dit is in dit onderzoek niet meegenomen.

Wanneer P-beschikbaar wordt gebruikt door veehouders, zullen dit vooral veehouders zijn die te typeren zijn als echte fijnregelaars. Met dit getal kan het laatste beetje fosforefficiëntie worden gewonnen. Bij veel veehouders is hier nog geen sprake van, omdat er in de rantsoenen vaak een ruim fosforaanbod is.

Een onderzoek wat nog naar dit getal zou kunnen worden gedaan is een onderzoek naar de werkelijke invloed van dit getal op de koe. Er kan bijvoorbeeld onderzocht worden wat de gevolgen zijn als het totale fosfor in het rantsoen precies op de norm is en P-beschikbaar hier onder ligt. Zo kan er gekeken worden of er echt een deel niet beschikbaar is, of dat de koe gaat proberen het moeilijk beschikbare fosfor alsnog op te nemen.

5. Conclusies en aanbevelingen

De beschikbaarheid van fosfor, P-beschikbaar, is een nieuw getal waarmee melkveehouders aan het rekenen kunnen gaan. Wanneer er met de beschikbaarheid van fosfor rekening wordt gehouden, kan de fosforefficiëntie op een melkveebedrijf verhoogd worden. Van dit getal is echter nog weinig bekend. Om meer inzicht te verkrijgen in het getal P-beschikbaar, is dit onderzoek opgesteld. Er is gekeken naar verschillende factoren die mogelijk invloed hebben op het getal. In dit hoofdstuk worden de conclusies van het onderzoek gegeven en aanbevelingen gedaan naar melkveehouders en eventueel vervolgonderzoek.

5.1 Conclusies

Allereerst zullen de deelvragen en de hoofdvraag van het onderzoek beantwoord worden. Hierdoor zal duidelijk worden wat de conclusie van het onderzoek is. Vervolgens zal de relevantie van de resultaten besproken worden.

Deelvraag 1: Wat is de relatie tussen P-PAE in de bodem en P-beschikbaar in het kuilgras?

Voor de beantwoording van deze deelvraag is gekeken naar verschillende bodemfactoren, namelijk de beschikbaarheid van fosfaat (P-PAE) in de bodem, het totale fosfaat in de bodem (P-AL), het klei humus complex (CEC) en de zuurgraad (pH). Deze waarden zijn vergeleken met de beschikbaarheid van fosfor en het totale fosfor in het kuilgras. Uit deze analyses is gebleken dat er geen directe verbanden zijn tussen de bodemfactoren en de beschikbaarheid van fosfor in het voer. Op basis van deze analyse is geen advies te geven. Vervolgonderzoek zou eventueel meer informatie hierover kunnen opleveren.

Deelvraag 2: Welke andere eigenschappen van het kuilgras zelf beïnvloeden de P-beschikbaarheid?

Er is gekeken naar een groot aantal eigenschappen van het voer. Niet alleen voederwaardes als voedereenheid melk (VEM), ruw eiwit of de verteerbaarheid, maar ook verschillende spoorelementen zijn meegenomen in het onderzoek. Uiteindelijk zijn er een viertal eigenschappen van het gras gevonden die van invloed zijn op de beschikbaarheid van fosfor. Dit zijn VEM, NDF, NDF-verteerbaarheid en de verteerbaarheidscoëfficiënt van het organische stof (VCOS). NDF staat voor het gewicht van de celwanden die uit cellulose, hemicellulose en lignine bestaan. Hiermee kan bepaald worden wat de verhouding is van de cel, tussen de inhoud van de cel en de celwanden. VEM is afhankelijk van NDF en VCOS. De belangrijkste factor die de beschikbaarheid van fosfor beïnvloed is de verteerbaarheid van het gras.

Deelvraag 3: Wat is het verband tussen de maaidatum en de P-beschikbaarheid?

Voor deze deelvraag is er gekeken of er een verband is te vinden tussen de maaidatum en de beschikbaarheid van fosfor. Er is gezocht naar rechtstreekse verbanden en gekeken of er een verschil is in beschikbaarheid per maand. Er is geen direct verband tussen de maaidatum en de beschikbaarheid van fosfor. Wel lijken er per maand verschillen te zijn in de beschikbaarheid. De beschikbaarheid is in de eerste maanden van het grasseizoen het hoogst en lijkt tot juli wat af te nemen. Hierna stabiliseert de beschikbaarheid van fosfor. Dit is in het figuur goed te zien. Omdat de verbanden niet sterk zijn, kan hier geen advies op worden gebaseerd.

Deelvraag 4: Wat is de optimale zwaarte van de grassnede voor een hoge P-beschikbaarheid?

De zwaarte van de grassnede is iets waar de melkveehouder zelf een grote invloed op kan hebben. Door het maaimoment af te stemmen op de hoeveelheid gras in de wei kan hierop gestuurd worden. Dit zou ook een goede mogelijkheid kunnen zijn als beschikbaarheid van fosfor afhankelijk is van het

de zwaarte van de grassnede. Uit het onderzoek is gebleken dat hier geen verband tussen is gevonden. De beschikbaarheid van fosfor is niet afhankelijk van de zwaarte van de grassnede. Hierom valt niet te zeggen welke droge stof opbrengst optimaal is voor een goede fosforbeschikbaarheid.

Deelvraag 5: Welke managementkeuzes kunnen invloed hebben op de factoren die de P-beschikbaarheid verhogen?

Naar aanleiding van de gevonden verbanden tussen eigenschappen van het kuilgras en de beschikbaarheid van fosfor is er literatuuronderzoek gedaan. Er is gezocht naar factoren die de verteerbaarheid en de voederwaarde van het kuilgras beïnvloeden. Keuzes die gemaakt kunnen worden om de factoren met rechtstreekse invloed op het getal P-beschikbaar te beïnvloeden zijn hierna opgesteld. Wanneer gras te laat gemaaid wordt, neemt de verteerbaarheid af doordat er meer zich meer lignine in de celwanden bevindt. Tijdig maaien zorgt voor een goede verteerbaarheid. Ook de staat van het grasland heeft invloed op de verteerbaarheid en voederwaarde in VEM. Een oudere grasmat met onkruiden en slechtere rassen is slechter verteerbaar. Melkveehouders kunnen ervoor zorgen dat dit verbeterd wordt door de grasmat door te zaaien, te slepen en onkruid te bestrijden. Ook kan het helpen om de grasmat te vernieuwen, omdat jonger gras beter verteerbaar is. Een ander punt om in de gaten te houden is de bemesting. Een goede bemesting zorgt voor een betere voederwaarde, wat positief is voor de beschikbaarheid van fosfor.

Naast de vijf deelvragen is er gekeken naar de 25 procent beste kuilen als er gekeken wordt naar VEM, VCOS en NDF (-verteerbaarheid). De getallen omtrent fosforbeschikbaarheid zijn vergeleken met de bodemfactoren die bij deelvraag 1 zijn onderzocht. Hieruit kwam naar voren dat bij deze kuilen de invloed van de bodem groter is geweest. De verbanden waren niet zo sterk dat er een conclusie of advies op kan worden gebaseerd.

Hoofdvraag: Wat zijn eigenschappen in de bodem en het kuilgras die de beschikbaarheid van fosfor in het kuilgras verhogen en hoe kan de melkveehouder hier invloed op uit oefenen?

Uit het onderzoek is gebleken dat de bodemfactoren nauwelijks of geen invloed hebben op de beschikbaarheid van fosfor in het kuilgras. Ondanks de aangetoonde verbanden tussen fosfaat in de bodem en fosfor in het kuilgras zijn er in dit onderzoek geen verbanden gevonden. Bij kuilen met een hogere voederwaarde en verteerbaarheid leek de invloed van de bodem groter te zijn geweest, maar ik hier is geen sterk verband aangetoond.

Van het kuilgras zijn veel andere eigenschappen dan eigenschappen die te maken hebben met fosfor vergeleken met de beschikbaarheid van fosfor. Hieruit is gebleken dat de voederwaarde (VEM) en de verteerbaarheid van het kuilgras (VCOS en NDF-verteerbaarheid) de meeste invloed uitoefenen op de beschikbaarheid van fosfor. VEM is afhankelijk van de verteerbaarheid van het kuilgras. Het verhogen van de verteerbaarheid is een goed manier om het getal P-beschikbaar te beïnvloeden.

Er zijn verschillende manieren om de verteerbaarheid van het kuilgras te beïnvloeden. Een jong gewas heeft veelal een hogere voederwaarde en een betere verteerbaarheid. Grasland vernieuwen of doorzaaien zorgt ervoor dat het gewas jong of kwalitatief goed is. Ook het bestrijden van onkruid helpt bij het realiseren van een goede voederwaarde. Het maaimoment is belangrijk voor het NDF gehalte van het kuilgras. Later maaien zorgt voor meer lignine in de celwanden, waardoor het moeilijker verteerbaar is en slecht te benutten is voor de koe. Op tijd maaien draagt daarom bij aan een betere beschikbaarheid van fosfor. Het laatste punt waar veehouders mee kunnen sturen is de

bemesting. Goede en efficiënte bemesting zorgt voor een goede voederwaarde, wat zijn doorwerking heeft op de beschikbaarheid van fosfor.

Het doel van dit onderzoek was om meer inzicht te krijgen in het getal P-beschikbaar om melkveehouders te kunnen adviseren. Zij kunnen hiermee aan het werk om de mineralenkringloop efficiënter te maken. Om echt te kunnen zeggen wat de invloed van de bodem is op dit getal, zal er vervolgonderzoek moeten worden gedaan. Wel is duidelijk geworden waarop melkveehouders kunnen sturen als het om het kuilgras zelf gaat. Met de uitkomsten van dit onderzoek kunnen veehouders aan de slag om de kringloop te verbeteren. Het belangrijkste lijkt om de verteerbaarheid van het gras goed te krijgen, zodat de beschikbaarheid van fosfor verbeterd wordt.

5.2 Aanbevelingen

Aan de hand van de conclusies kunnen er een aantal praktische aanbevelingen worden gedaan aan de melkveehouders. Op het bodemniveau valt er wat de fosforbeschikbaarheid in kuilgras betreft weinig te halen. De invloed vanuit de bodem is er niet of nauwelijks. Bij het maaien en het graslandbeheer zijn er wel een aantal goede aanbevelingen te doen om de beschikbaarheid van fosfor te verhogen. Deze aanbevelingen hebben invloed op de voederwaarde en verteerbaarheid en dus indirect op de beschikbaarheid van fosfor.

- Maai op tijd, in een later stadium neemt het ligninegehalte toe en de verteerbaarheid af.
- Zorg voor een goede grasmat, een oude grasmat met slechte rassen en onkruiden heeft vaak een lagere voederwaarde.
- Vernieuw het grasland tijdig, jonger gras heeft een hogere verteerbaarheid.
- Pas een goede bemesting toe, dit zorgt voor een hogere voederwaarde.

Deze aanbevelingen zullen uiteindelijk leiden tot een betere beschikbaarheid van fosfor. Wanneer u als melkveehouder al bezig bent met het verbeteren van de fosforefficiëntie, kan het sturen op fosforbeschikbaarheid een stap verder zijn in de efficiëntie. Als het fosforgehalte in het rantsoen al laag is, kan het van de beschikbaarheid van fosfor afhangen of het nog lager kan. Bij een rantsoen met een hoog fosforgehalte zal de invloed van dit getal minder hoog zijn. Er is dan al voldoende fosfor en er zal ook meer dan genoeg fosfor beschikbaar zijn voor de koe.

Voor een vervolgonderzoek zijn er een aantal aanbevelingen te doen. Als de invloed van de bodem duidelijker gemaakt zou moeten worden, moet er specifiekere worden gekeken. Er zouden per perceel grasmonsters genomen kunnen worden. De bodem en het gras zijn dan een op een te vergelijken. Hierdoor wordt de invloed van de bodem beter zichtbaar.

In dit onderzoek is er niet gekeken naar de invloed van het weer of bemesting. Weersinvloeden als neerslag en zonuren zouden invloed kunnen hebben op de beschikbaarheid van fosfor of factoren die de beschikbaarheid beïnvloeden. Ook de keuzes voor het bemesten zouden invloed kunnen hebben. Hierbij kan gedacht worden aan verschillende organische mest soorten of de wijze van bemesting.

Om de invloed van de beschikbaarheid van fosfor op de koe te onderzoeken, zouden er proeven gedaan kunnen worden met een laag fosforgehalte. Het totale fosfor in het rantsoen zou dan op de norm moeten zijn en het beschikbare fosfor onder de norm. Hierdoor zou duidelijk moeten worden of de koe daadwerkelijk een deel van het fosfor niet op kan nemen.

6. Bronnenlijst

- Alvarez-Fuentes, G., Appuhamy, J. A., & Kebreab, E. (2016). Prediction of phosphorus output in manure and milk by lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 771-782.
- Audette, Y., O'Halloran, I. P., Evans, L. J., Martin, R. C., & Voroney, R. P. (2016). Kinetics of phosphorus forms applied as inorganic and organic amendments to a calcareous soil II: effects of plant growth on plant available and uptake phosphorus. *Elsevier*.
- Bokhorst, J., Timmermans, B., & Sukkel, W. (2012). *Telen bij lage fosfaatk niveaus in de biologische landbouw; achtergronden en literatuurstudie*. Wageningen: Louise Bolk Instituut.
- CBS. (2016, December 12). *Fosfaatplafond voor tweede keer op rij overschreden*. Geraadpleegd op 3 mei 2017, opgehaald van CBS: <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2016/50/fosfaatplafond-voor-tweede-keer-op-rij-overschreden>
- Dam, A. v., & Ehlert, P. (2008). *Beschikbaarheid van fosfaat in organische meststoffen*. Wageningen: Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.
- Dekker, I. P., & Postma, I. R. (2008). *Verhoging efficiëntie fosfaatbemesting*. Lelystad: Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.
- Douma, M. (sd). *Pilot Evenwichtsbemesting fosfaat*. Geraadpleegd op 3 mei 2017, opgehaald van Verantwoorde Veehouderij: <http://www.verantwoordeveehouderij.nl/show/Pilot-Evenwichtsbemesting-fosfaat.htm>
- Ehlert, B. B. (2006). *Deskstudie naar de mogelijkheden van het aanwijzen van fosfaatarme gronden op basis van P-PAE*. Wageningen: Wageningen UR.
- Ekelund, A., Spörndly, R., & Holtenius, K. (2006). Influence of low phosphorus intake during early lactation on apparent digestibility of phosphorus and bone metabolism in dairy cows. *Elsevier*, 227-236.
- Eurofins Agro. (sd). *NDF*. Geraadpleegd op 19 juli 2017, opgehaald van Eurofins-Agro: <http://eurofins-agro.com/nl-nl/wiki/ndf>
- Eurofins-Agro. (2013, Maart 7). *Fosfaatgehalte vóór op juiste niveau brengen*. Geraadpleegd op 15 mei 2017, opgehaald van Eurofins-Agro: <http://eurofins-agro.com/nl-nl/expertise/bemesting/artikelen/fosfaatgehalte-vooraf-op-juiste-niveau-brengen>
- Eurofins-Agro. (2016, April 19). *Nieuw hulpmiddel voor efficiënte fosfaatbenutting*. Geraadpleegd op 17 mei 2017, opgehaald van Eurofins-Agro: <http://eurofins-agro.com/nl-nl/over-eurofins-agro/nieuws/nieuw-hulpmiddel-voor-efficiënte-fosfaatbenutting>
- Eurofins-Agro. (sd). *VEM*. Geraadpleegd op 21 juli 2017, opgehaald van Eurofins-Agro: <http://eurofins-agro.com/nl-nl/wiki/vem>
- Hengel, J. v. (2015, Juli 29). *Sturen op mineralenefficiëntie met de Kringloopwijzer*. Geraadpleegd op 2 mei 2017, opgehaald van Melkvee: <http://www.melkvee.nl/partner/20/nieuws/7386/sturen-op-mineralenefficiëntie-met-de-kringloopwijzer>
- ILVO. (2011). *Melkveevoeding*. Brussel: Vlaamse overheid.

- Klop, G., Ellis, J. L., Bannink, A., Kebreab, E., France, J., & Dijkstra, J. (2013). Meta-analysis of factors that affect the utilization efficiency of phosphorus in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 3936-3949.
- Krimpen, M. v., Goselink, R., Heeres, J., & Jongbloed, A. (2012). *Fosforbehoefte van melkvee, vleesvee, varkens en pluimvee: een literatuurstudie*. Lelystad: Wageningen UR Livestock Research.
- Malda, J. T., Russchen, H. J., & Wander, J. (2011). *Benutting van fosfaat in landbouwgronden*. Dronten: DLV Plant BV.
- Plant Health Care. (2010). *Exudaten, wat zijn dat*. Vught: Plant Health Care.
- Ray, P. J. (2013). Effect of dietary phytate on phosphorus digestibility in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 1156-1163.
- Reijneveld, J., Abbink, G., Termorshuizen, A., & Oenema, O. (2014). Relationships between soil fertility, herbage quality and manure composition on grassland-based dairy farms. *European Journal of Agronomy*, 9-18.
- Reijneveld, J. (2013). *Unraveling changes in soil fertility of agricultural land in The Netherlands*. Wageningen: Wageningen University.
- Rommelink, G., Zom, R., van Houweling, K., & Zonderland, J. (2008). *Effect van stikstofverlaging op productie van grasland en melkvee*. Wageningen: Animal Science Group WUR.
- Schachtman, D. P. (1998). Phosphorus Uptake by Plants: From Soil to Cell. *Plant Physiol*, 447-453.
- Valk, H. (2013). *Zout, andere mineralen en vitamines*. Hengelo: CRV Publishing.
- Veeteelt. (2014). Verbetering in verteerbaarheid. *Veeteelt*, 48-49.
- Wolf, R. (2016). Doordachte verlaging van fosfor in het rantsoen. *Eurofins-Agro Expertdag*. Katlijk: Eurofins-Agro.

Bijlagen

Bijlage I.	Uitkomst regressie analyse bodem en kuilgras
Bijlage II.	Begrippenlijst voerparameters
Bijlage III.	Uitkomst regressie analyse kuilgras
Bijlage IV.	Uitkomsten regressie 25% hoogste voerparameters en bodem
Bijlage V.	Checklist schriftelijk rapporteren

Bijlage I. Uitkomst regressie analyse bodem en kuilgras

Bodem	Kuilgras	R-kwadraat	Significantie
P-PAE	P-beschikbaar	0,099	0,000
P-PAE	Beschikbaarheidsindex	0,031	0,000
P-PAE	P-totaal	0,110	0,000
P-AL	P-beschikbaar	0,076	0,000
P-AL	Beschikbaarheidsindex	0,015	0,004
P-AL	P-totaal	0,094	0,000
CEC	P-beschikbaar	0,010	0,290
CEC	Beschikbaarheidsindex	0,001	0,400
CEC	P-totaal	0,012	0,015
CEC-bezetting	P-beschikbaar	0,000	0,707
CEC-bezetting	Beschikbaarheidsindex	0,000	0,768
CEC-bezetting	P-totaal	0,001	0,604
pH	P-beschikbaar	0,025	0,000
pH	Beschikbaarheidsindex	0,018	0,002
pH	P-totaal	0,025	0,000

Bijlage II. Begrippenlijst voerparameters

Droge Stof: Het droge stof percentage is de hoeveelheid product dat na 4 uur drogen op 70 tot 80 graden Celsius overblijft. Droge stof is de basis voor andere kengetallen en voederwaarderingen.

VEM: VEM (Voeder Eenheid Melk) geeft de hoeveelheid netto energie voor melkkoeien in het product weer.

DVE: DVE (Darm Verteerbaar Eiwit) geeft aan hoeveel eiwit er beschikbaar en verteerbaar is in de dunne darm. Het gaat hierbij om pensbestendig eiwit en microbieel eiwit wat aangemaakt wordt in de pens van de koe.

OEB: OEB (Onbestendig Eiwit Balans) geeft aan of penseiwit en pensenergie in een goede verhouding zijn. Bij een positieve OEB is er relatief meer penseiwit in de pens beschikbaar dan pensenergie.

pH: De pH geeft aan hoe de kuil verzuurd is. Bij een pH van lager dan 5,2 is de conservering goed.

Ruw Eiwit (totaal): Hoeveel eiwit er direct beschikbaar is in het rantsoen is het Ruw Eiwit gehalte. Ruw Eiwit totaal is het Ruw Eiwit gehalte plus de ammoniak.

Ruw as: Ruw as is het anorganische deel van de organische stof. Dit bevat onder andere grond en mineralen.

VCOS: Dit is het percentage van het product dat door de koe wordt verteerd en hoeveel er via de mest de koe verlaat.

Suiker: Suiker is onder andere belangrijk voor de smakelijkheid van het kuilgras en het wordt omgezet naar melkzuur en azijnzuur.

NDF (verteerbaarheid): NDF (neutral detergent fibre) geeft het gewicht aan celwanden weer. Met dit getal kan verhouding tussen celinhoud en celwanden bepaald worden. De verteerbaarheid van NDF is afhankelijk van de samenstelling van de celwanden. De celwanden bestaan uit cellulose, hemicellulose en lignine. Lignine is niet verteerbaar, cellulose is deels verteerbaar en de hemicellulose is volledig verteerbaar.

Azijnzuur: Azijnzuur is een vluchtig vetzuur en belangrijk voor de conservering van de kuil. Azijnzuur komt voort uit een omzetting van suikers door bacteriën.

Propionzuur: Propionzuur is een vluchtig vetzuur met een scherpe geur. Ook propionzuur komt voort uit een omzetting van suikers.

Melkzuur: Melkzuur is een smakelijk zuur. Bij een goed conserveringsproces zal het aandeel melkzuur hoger zijn.

Conserveringsindex: De conserveringsindex geeft de mate van conservering aan. Dit is onder ander afhankelijk van de vluchtige vetzuren.

Magnesium: Bij een tekort aan magnesium bestaat er een kans op kopziekte en melkziekte.

Calcium: Calcium is van belang voor verschillende zaken zoals vruchtbaarheid, hormoonproductie en bloedstolling,

IJzer: IJzer is onder ander van belang voor verschillende chemische reacties in het lichaam zoals het activeren en transport van zuurstof.

Zwavel: Zwavel is van belang voor de productie van (microbieel) eiwit. (Eurofins-Agro, sd) (Valk, 2013)

Bijlage III. Uitkomst regressie analyse kuilgras

Onafhankelijk	Afhankelijk	R-kwadraat	Significantie
DS	P-beschikbaar	0,021	0,001
DS	Beschikbaarheidsindex	0,116	0,000
VEM	P-beschikbaar	0,179	0,000
VEM	Beschikbaarheidsindex	0,719	0,000
DVE	P-beschikbaar	0,146	0,000
DVE	Beschikbaarheidsindex	0,201	0,000
OEB	P-beschikbaar	0,291	0,000
OEB	Beschikbaarheidsindex	0,389	0,000
pH	P-beschikbaar	0,009	0,027
pH	Beschikbaarheidsindex	0,057	0,000
RE	P-beschikbaar	0,311	0,000
RE	Beschikbaarheidsindex	0,381	0,000
RE-totaal	P-beschikbaar	0,318	0,000
RE-totaal	Beschikbaarheidsindex	0,399	0,000
RAS	P-beschikbaar	0,163	0,000
RAS	Beschikbaarheidsindex	0,051	0,000
VCOS	P-beschikbaar	0,279	0,000
VCOS	Beschikbaarheidsindex	0,844	0,000
Suiker	P-beschikbaar	0,007	0,049
Suiker	Beschikbaarheidsindex	0,008	0,041
NDF verteer	P-beschikbaar	0,241	0,000
NDF verteer	Beschikbaarheidsindex	0,747	0,000
NDF	P-beschikbaar	0,252	0,000
NDF	Beschikbaarheidsindex	0,603	0,000
Magnesium	P-beschikbaar	0,032	0,000
Magnesium	Beschikbaarheidsindex	0,002	0,322
Calcium	P-beschikbaar	0,043	0,000
Calcium	Beschikbaarheidsindex	0,008	0,062
Ijzer	P-beschikbaar	0,022	0,002
Ijzer	Beschikbaarheidsindex	0,029	0,000
Zwavel	P-beschikbaar	0,139	0,000
Zwavel	Beschikbaarheidsindex	0,064	0,000
AzijnPropionzuur	P-beschikbaar	0,006	0,790
AzijnPropionzuur	Beschikbaarheidsindex	0,027	0,000
melkzuur	P-beschikbaar	0,016	0,003
melkzuur	Beschikbaarheidsindex	0,061	0,000
ConsIndex	P-beschikbaar	0,001	0,507
ConsIndex	Beschikbaarheidsindex	0,000	0,794

Bijlage IV. Uitkomsten regressie 25% hoogste voerparameters en bodem

VEM

Bodem	Kuilgras	R-kwadraat	Significantie
P-PAE	P-beschikbaar	0,173	0,000
P-PAE	Beschikbaarheidsindex	0,146	0,000
P-PAE	P-totaal	0,167	0,000
P-AL	P-beschikbaar	0,257	0,000
P-AL	Beschikbaarheidsindex	0,198	0,000
P-AL	P-totaal	0,240	0,000
CEC	P-beschikbaar	0,026	0,071
CEC	Beschikbaarheidsindex	0,009	0,303
CEC	P-totaal	0,027	0,650
CEC-bezetting	P-beschikbaar	0,000	0,954
CEC-bezetting	Beschikbaarheidsindex	0,003	0,569
CEC-bezetting	P-totaal	0,000	0,812
pH	P-beschikbaar	0,002	0,580
pH	Beschikbaarheidsindex	0,000	0,866
pH	P-totaal	0,002	0,594

VCOS

Bodem	Kuilgras	R-kwadraat	Significantie
P-PAE	P-beschikbaar	0,225	0,000
P-PAE	Beschikbaarheidsindex	0,216	0,000
P-PAE	P-totaal	0,209	0,000
P-AL	P-beschikbaar	0,289	0,000
P-AL	Beschikbaarheidsindex	0,226	0,000
P-AL	P-totaal	0,269	0,000
CEC	P-beschikbaar	0,021	0,107
CEC	Beschikbaarheidsindex	0,055	0,008
CEC	P-totaal	0,014	0,183
CEC-bezetting	P-beschikbaar	0,005	0,414
CEC-bezetting	Beschikbaarheidsindex	0,002	0,655
CEC-bezetting	P-totaal	0,005	0,415
pH	P-beschikbaar	0,002	0,573
pH	Beschikbaarheidsindex	0,000	0,956
pH	P-totaal	0,004	0,444

NDF-verteerbaarheid

Bodem	Kuilgras	R-kwadraat	Significantie
P-PAE	P-beschikbaar	0,251	0,000
P-PAE	Beschikbaarheidsindex	0,226	0,000
P-PAE	P-totaal	0,231	0,000
P-AL	P-beschikbaar	0,335	0,000
P-AL	Beschikbaarheidsindex	0,206	0,000
P-AL	P-totaal	0,316	0,000
CEC	P-beschikbaar	0,074	0,002
CEC	Beschikbaarheidsindex	0,125	0,000
CEC	P-totaal	0,063	0,005
CEC-bezetting	P-beschikbaar	0,000	0,913
CEC-bezetting	Beschikbaarheidsindex	0,001	0,729
CEC-bezetting	P-totaal	0,000	0,947
pH	P-beschikbaar	0,000	0,854
pH	Beschikbaarheidsindex	0,016	0,148
pH	P-totaal	0,000	0,873

NDF

Bodem	Kuilgras	R-kwadraat	Significantie
P-PAE	P-beschikbaar	0,251	0,000
P-PAE	Beschikbaarheidsindex	0,226	0,000
P-PAE	P-totaal	0,231	0,000
P-AL	P-beschikbaar	0,335	0,000
P-AL	Beschikbaarheidsindex	0,206	0,000
P-AL	P-totaal	0,316	0,000
CEC	P-beschikbaar	0,074	0,002
CEC	Beschikbaarheidsindex	0,125	0,000
CEC	P-totaal	0,063	0,005
CEC-bezetting	P-beschikbaar	0,000	0,913
CEC-bezetting	Beschikbaarheidsindex	0,001	0,729
CEC-bezetting	P-totaal	0,000	0,947
pH	P-beschikbaar	0,000	0,854
pH	Beschikbaarheidsindex	0,016	0,148
pH	P-totaal	0,000	0,873

Bijlage V. Checklist schriftelijk rapporteren

Checklist Schriftelijk Rapporteren

Naam: _____ Klas: _____ Datum: _____

Titel verslag/rapport: _____

Nadat jij je verslag/rapport hebt gecontroleerd met behulp van deze checklist, voeg je deze toe als bijlage. Zonder de ingevulde checklist vindt er geen beoordeling plaats. De assessor controleert met deze checklist je rapport/verslag. De beoordelingscriteria die met een * zijn aangegeven, zijn de zogenaamde '*killing points*'. Indien de assessor meer dan vijf '*killing points*' heeft aangekruist, dien je het rapport/verslag op alle onvoldoende onderdelen te verbeteren. Voor de herbeoordeling moet je ook de oude versie inleveren. In het afstudeerwerkstuk zijn geen '*killing points*' toegestaan! AANVINKEN WAT NIET IN ORDE IS!

1. Het taalgebruik:

- ☐ Bevat niet meer dan drie grammaticale, spel- en typefouten per duizend woorden*
- Bij meer dan drie fouten per duizend woorden is het rapport/verslag afgekeurd!**
- ☐ Heeft een adequate interpunctie*
- ☐ Is afgestemd op de gekozen doelgroep (juiste stijl)*
- ☐ Laat een zakelijke en actieve schrijfstijl zien*
- ☐ Bevat geen persoonlijke voornaamwoorden*

2. Het rapport/verslag:

- ☐ Is ingebonden (hard copy)*
- ☐ Is vrij van plagiaat* (zie onderwijsexamenregeling)

3. De omslag:

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

4. De titelpagina/het titelblad:

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

5. Het voorwoord:

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

6. De inhoudsopgave:

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

7. De samenvatting:

- ☐ Is een verkorte versie van het gehele rapport/verslag
- ☐ Bevat conclusies
- ☐ Bevat geen persoonlijke mening
- ☐ Is gestructureerd
- ☐ Is zakelijk geschreven
- ☐ Staat direct na de inhoudsopgave

8. De inleiding (toelichting op intranet):

- ☐ Is hoofdstuk 1*
- ☐ Beschrijft het grotere kader en aanleiding
- ☐ Beschrijft inhoudelijke achtergrondinformatie*
- ☐ Formuleert het probleem/de onderzoeksvraag*
- ☐ Vermeldt het doel*
- ☐ Bevat een leeswijzer voor het rapport/verslag*

9. Materiaal en methode:

- ☐ Beschrijft de gevolgde onderzoeksmethode
- ☐ Past bij de onderzoeksvraag/vragen*
- ☐ Beschrijft de variabelen/eenheden
- ☐ Beschrijft de methode van data-analyse

10. De (opmaak van de) kern:

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

11. De discussie:

- ☐ Bevat een vergelijking met relevante literatuur
- ☐ Geeft de valide argumentatie weer
- ☐ Evalueert de gebruikte onderzoeksmethode
- ☐ Bevat een kritische reflectie op de eigen bevindingen (zie toelichting op intranet)

12. De conclusies en aanbevelingen:

- ☐ De conclusies zijn gebaseerd op relevante feiten
- ☐ De aanbevelingen zijn gebaseerd op relevante feiten
- ☐ Bevatten geen nieuwe informatie*

13. De bronvermelding:

- ☐ In de tekst is conform de geldende APA-normen* (zie toelichting op intranet)

14. De literatuurlijst:

- ☐ Is opgesteld conform de geldende APA-normen* (zie toelichting op intranet)

15. De bijlagen:

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