



---

# Effecten van verrijking zandbodem met klei op mais- en grasteelt op melkveeproefbedrijf 'De Marke'

Luuk Gollenbeek, Gerjan Hilhorst

Openbaar  
Rapport 1371



**WAGENINGEN**  
UNIVERSITY & RESEARCH

---





# Effecten van verrijking zandbodem met klei op mais- en grasteelt op melkveeproefbedrijf 'De Marke'

Luuk Gollenbeek<sup>1</sup>, Gerjan Hilhorst<sup>2</sup>

1 Wageningen Livestock Research

2 Wageningen Livestock Research, Melkveeproefbedrijf 'De Marke'

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Livestock Research in opdracht van en gefinancierd door subsidie 'duurzame toplaag bodem' Provincie Gelderland, het Melkveefonds, de Provincie Gelderland (project financiering) en (deels 2021) het publiek private project Klimaat Adaptatie Melkveehouderij (KLIMEA).

Wageningen Livestock Research  
Wageningen, mei 2022

---

Openbaar

Rapport 1371

Klei is toegevoegd aan zandbodems op melkveeproefbedrijf De Marke met als doel om de zandbodem voor landbouwdoeleinden te verbeteren. De toegepaste kleigrond kwam vrij bij ruimtelijke ontwikkelingen. Er is een driejarige proef uitgevoerd met maisland en grasland waarbij de focus lag op vochtgehalte in de bodem en de opbrengsten van de gewassen. Voor het maisperceel werd vastgesteld dat het vochthoudend vermogen vergroot wordt door het toevoegen van zware klei, en hier werden significant hogere opbrengsten gemeten dan bij de niet behandelde proefvelden. Voor het grasland werd geconstateerd dat er meer vocht wordt vastgehouden in de bodem met klei, echter significante verschillen in grasopbrengsten werden niet aangetoond.

Clay has been added to sandy soils at 'De Marke' experimental dairy farm with the aim of improving the sandy soil. The clay soil used was released during developments. A three-year trial was conducted with maize and grass, focusing on soil moisture content and crop yields. It has also been established for the maize field it followed that the moisture-holding capacity increased by the addition of clay, and significantly higher yields were measured than in the untreated test plots. For the grassland it was found that more moisture is retained in the soil with clay, but significantly different grass yields were not registered.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/569406>. of op [www.wur.nl/livestock-research](http://www.wur.nl/livestock-research) (onder Wageningen Livestock Research publicaties).



Dit werk valt onder een Creative Commons Naamsvermelding-Niet Commercieel 4.0 Internationaal-licentie.

© Wageningen Livestock Research, onderdeel van Stichting Wageningen Research, 2022

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

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

Wageningen Livestock Research is NEN-EN-ISO 9001:2015 gecertificeerd.

Op al onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Animal Sciences Group van toepassing. Deze zijn gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

---

# Inhoud

<b>Woord vooraf</b>	<b>5</b>
<b>Samenvatting</b>	<b>7</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>9</b>
1.1 Aanleiding	9
1.2 Doel	9
<b>2 Achtergrondinformatie</b>	<b>11</b>
2.1 De Marke en drinkwaterwinning 't Klooster	11
2.2 Klei toevoegen	13
2.3 Klimaatadaptatie	17
2.4 Vrijkomende landbouwbodem	17
<b>3 Uitgevoerde werkzaamheden</b>	<b>18</b>
3.1 Selectie kleigrond	18
3.2 Proefvelden en behandelingen	18
3.3 Aanbrengen Klei	21
3.4 Onderhoud en bewerking proefvelden	23
3.5 Monsternamen en analyses	23
3.6 Data-analyse	24
3.7 Bodemfysische analyses	24
3.8 Weersomstandigheden	25
<b>4 Resultaten</b>	<b>26</b>
4.1 Maisland	26
4.1.1 Zintuiglijke waarnemingen	26
4.1.2 Vochtgehalte	26
4.1.3 Mais opbrengst	28
4.1.4 Bodemparameters	29
4.1.5 Stikstof bodem en gewas	31
4.2 Grasland	32
4.2.1 Zintuiglijke waarnemingen	32
4.2.2 Vochtgehalte	33
4.2.3 Gras opbrengst	34
4.2.4 Bodemparameters	35
4.2.5 Stikstof opname gewas	35
4.3 Praktijkervaringen	36
<b>5 Discussie</b>	<b>37</b>
5.1 Menging klei door zand	37
5.2 Opbrengsten en gewaskwaliteit	37
5.3 Verklaring meeropbrengsten mais	37
5.4 Nitraat uitspoeling	38
5.5 Analyses bemesting bodem	38
<b>6 Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>39</b>
<b>Literatuur</b>	<b>40</b>
<b>Bijlage 1 Ligging Melkveeproefbedrijf de Marke</b>	<b>41</b>



---

# Woord vooraf

Nederland is een relatief klein en vlak land. Ondanks dat zijn er grote verschillen qua bodems en vochthuishouding. De voor- en nadelen van de zandgronden zijn anders dan die op de klei- of veengronden (bijvoorbeeld bewerkbaarheid, draagkracht, vruchtbaarheid, droogtegevoeligheid, uitspoeling nutriënten en waterhoudend vermogen). De verschillende bodems reageren weer anders op de uitdagingen die klimaatsverandering met zich meebrengt zoals een grilliger neerslagpatroon.

Dit onderzoek gaat over het verrijken van schrale zandbodems met klei om zodoende de zandbodem robuuster te maken voor de toekomst. De komst van kunstmest heeft de noodzaak om te investeren in de toekomstbestendigheid van de bodems naar de achtergrond gedrukt, zoals dat bijvoorbeeld vroeger werd gedaan met de es-gronden waar generatie op generatie geïnvesteerd werd in bodemverbetering. Vanwege perioden met droogte in de afgelopen jaren en de onzekerheden omtrent klimaatsveranderingen komen dergelijke diepte investeringen weer in beeld. En het investeren in het verhogen van het klei gehalte is een bodemverbeteringsmaatregel die voor de lange termijn standhoudt: de minerale lutum- en silt-deeltjes worden onderdeel van de bodem en de grondsoort veranderd daarmee voor altijd.

De provincie Gelderland ziet de voordelen van het toepassen van de klei op de zandgrond. De vrijkomende klei wordt dan nuttig gebruikt en er zijn ook voordelen te verwachten voor landbouw en milieu. Aangemoedigd door de voorlopige resultaten van voorliggend onderzoek heeft de provincie Gelderland het verhogen van de organische stofgehalten in de bodem gekoppeld aan het toevoegen van klei aan zandbodems in het Europese project LIFE CO2SAND dat de komende jaren loopt.

Dank gaat uit naar de provincie Gelderland die dit project heeft helpen vormgeven en de klei heeft geselecteerd en aangevoerd. En natuurlijk dank voor de gedegen uitvoering van de veldproeven en inbreng van kennis door melkveeproefbedrijf 'De Marke'.

De auteurs





---

# Samenvatting

Uit landinrichtingsprojecten komt humeuze kleigrond vrij (teelaarde) die veelal laagwaardig ingezet wordt. Het betreft grond waarmee in potentie landbouwgrond goed verrijkt kan worden. Zeker leemarme zandgronden die gevoelig zijn voor droogte en voor verlies van stikstof in de vorm van nitraat naar het grondwater. Door deze arme zandgronden te verrijken met kleigrond met een hoger percentage klei- en siltdeeltjes zou de droogtegevoeligheid en het risico op nitraatuitspoeling verminderd kunnen worden

Het doel van dit project was het opvullen van enkele kennishiaten omtrent het gebruik van kleirijke grond ter verbetering van de arme droge zandgronden, een nevendoeel is het uitdragen van deze maatregel.

Door klei toe te voegen veranderen we de bodemtextuur. Deze toegevoegde klei en silt zal niet meer verdwijnen uit deze bodem. Het opbrengen van de klei kan in theorie tot de volgende verbeteringen leiden:

1. Een betere bewortelbaarheid en een betere infiltratie-capaciteit en een lagere afbraak van organische stof.
2. Verhoging van het vochtbergend vermogen van de grond, waardoor meer water voor het gewas beschikbaar is.
3. Het reactieve oppervlak van de bodem neemt toe, waardoor uitspoeling van nutriënten afneemt.
4. De A-horizont wordt dieper waardoor de bewortelbare zone toeneemt en daarmee de vocht en nutriënten beschikbaarheid toeneemt.

Op melkveeproefbedrijf De Marke zijn proefvelden met kleiverrijking aangelegd. Het gaat dan om een maisperceel met de volgende behandelingen in viervoud:

- Geen behandeling; referentie.
- Lichte klei 5 cm.
- Lichte klei 10 cm.
- Zware klei 5 cm.
- Zware klei 10 cm.

Op het maisperceel is in één keer de gewenste kleidikte aangebracht, waarna de klei door middel van grondbewerking verder door de bouwvoor verspreid is. De verschillende behandelingen en de referentie zijn in viervoud aangelegd waarbij de ligging van de velden random bepaald is.

En een graslandperceel met de volgende behandelingen in viervoud (ook deze ligging is random bepaald):

- Geen behandeling; referentie.
- Lichte klei (3x 1,7 cm).
- Zware klei (3x 1,7 cm).

Op het bestaande grasland is verspreid over drie jaar drie keer circa 1,7 cm klei aangebracht met een vastemestverspreider.

De proef is in 2019 gestart en de metingen zijn in 2021 beëindigd. Tijdens de groeiseizoenen zijn de bodemvochtgehalten bepaald. Daarnaast zijn bodemparameters geanalyseerd (bemestingswijzer Eurofins) en zijn gewasopbrengsten gemeten. De proefvelden werden op dezelfde wijze behandeld (bemesting, inzaaien, beregening, grondbewerking, bestrijding) als de rest van het perceel.

Vastgesteld is dat het vochtgehalte in de mais proefvelden met 10 cm zware klei toevoeging ten opzichte van de referentie significant verschilt (gemiddeld over het groeiseizoen circa 5 % punten). Voor 5 cm zware klei is er in de meeste gevallen ook een significant verschil vastgesteld (gemiddeld voor het groeiseizoen 2 % punten). Voor lichte klei is er geen significant verschil vastgesteld ten opzichte van de referentie. Voor het grasland was dit verschil in vochtinhoud minder duidelijk en was alleen in het groeiseizoen van 2021 een significant verschil waargenomen voor de zware klei ten opzichte van de referentie (gemiddeld over het groeiseizoen 2021 circa 4 % punten).

---

In 2019 was de spreiding in maisopbrengsten zo groot dat er geen significante verschillen waren. Mogelijke oorzaak hiervoor is de geconstateerde schade door ritnaalden. In 2020 en 2021 was de spreiding lager en voor de toevoeging van 10 cm klei verschilden de meeropbrengsten in 2020 en 2021 significant ten opzichte van de referentie. Het betrof hier een meeropbrengst in 2020 van 11% en in 2021 van 13% ten opzichte van de referentie. Voor de andere behandelingen lichte klei 5 en 10 cm en zware klei 5 cm was sprake van beperkte meeropbrengsten echter deze waren niet significant verschillend van de referentie. Er waren geen significante verschillen in de grasopbrengsten de enige uitzondering was de in 2021 waarbij de eerste snede van het proefveld met zware klei toevoeging een significant hogere opbrengst had. Omdat het een huisperceel betreft en er ook sprake is van weiden is het lastig om alle opbrengsten te meten.

Gedurende deze drie jaar lopende proef is de menging van klei door het zand zowel op het maisperceel als op het grasperceel nog niet goed. De klei zit nog als brokken door de bouwvoor op het maisperceel en op het grasperceel is de klei aanwezig in de bovenste 6 cm van het bodemprofiel. Dit kan gevolgen hebben voor de resultaten van de proef en voor de uitgevoerde monsternames en analyses.

Bij het bepalen van de opbrengsten is vooral gekeken naar droge-stof-opbrengsten, maar mogelijk spelen ook andere nutritionele waarden een rol. De behandeling van de met klei verrijkte proefvelden was gelijk aan die van het grote zandperceel. Mogelijk is dit niet optimaal.

De resultaten van de uitgevoerde bodemanalyses zijn niet in lijn met de verwachtingen. Mogelijk treedt hier een effect op bij monstername of analyse waardoor klei minder meegenomen wordt in de analyse en de analyse dus niet representatief is voor de 'nieuwe bodem'.

Op basis van het uitgevoerde onderzoek zijn de volgende conclusies getrokken:

- De klei kan goed met de vaste mestverspreider of kraan aangebracht worden. Op grasland kan een laagje van 1,7 cm aangebracht worden. Wel wordt aanbevolen de klei voldoende droog aan te brengen anders treedt versmering op.
- Het vochtgehalte in de maisproefveldjes met 10 cm zware klei is significant hoger dan bij de referentie veldjes.
- De maisopbrengst is significant hoger op de proefvelden met zware klei 10 cm. Meeropbrengsten van 11% (2020) en 13% (2021) zijn vastgesteld. Ook voor de overige behandelingen werden meeropbrengsten vastgesteld, zij het in mindere mate en nog niet significant.
- Voor het grasland zijn geen meeropbrengsten gemeten.
- De uitgevoerde bodemanalyses gaven voor onder andere textuur dermate grote afwijkingen ten opzichte van wat verwacht werd dat op dit moment hieruit geen conclusies getrokken kunnen worden.

### **Aanbevelingen**

Enkele aanbevelingen voor vervolgonderzoek zijn de volgende:

- De dataset vergroten, oftewel om meerdere jaren te meten wat mogelijk leidt tot het daadwerkelijk vaststellen van significante verschillen tussen de behandelingen 5 en 10 cm lichte klei, 5 cm zware klei en de referentie.
- De percelen waar boeren momenteel klei op aanbrengen zijn een kans om nitraat in het grondwater te meten, en hiermee een meetreeks op te bouwen.
- Onderzoeken of het toevoegen van afbreekbare organische stof kan leiden tot verhoging van het bodemleven om hiermee de menging van de klei door het zand te stimuleren.
- Nader te onderzoeken wat de oorzaak is waarom de resultaten van de bemestingsanalyses bodem niet in de lijn der verwachting liggen.

---

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

Uit landinrichtingsprojecten komt kleiige grond vrij en deze wordt veelal laagwaardig verwerkt omdat voor deze grond nauwelijks geschikte bestemmingen kunnen worden gevonden. Alleen voor de aanleg van bermen en taluds kan deze grond soms toegepast worden, maar veelal is de vraag naar grond voor deze bestemmingen klein of is de grond voor deze bestemmingen niet geschikt. Daarbij zijn de kosten voor afzet en transport hoog en wordt zodoende het merendeel van de grond geplaatst in voormalige zandafgravingen. Het betreft echter grond waarmee in potentie landbouwgrond heel goed verrijkt kan worden. Zeker leemarme zandgronden die gevoelig zijn voor droogte en verlies van stikstof in de vorm van nitraat naar het grondwater. Door deze gronden te verrijken met grond met een hoger percentage klei en siltdeeltjes en met een hoog gehalte aan humus zou de droogtegevoeligheid en het risico op nitraatuitspoeling verminderd kunnen worden.

Enkele belangrijke voordelen die kunnen optreden als klei en silt worden toegevoegd aan de bodem zijn:

1. Ontstaan van een betere bodemstructuur, dit leidt in potentie tot: een betere bewortelbaarheid en een betere infiltratie capaciteit en mogelijk tot lagere afbraak organische stof.
2. Verhoging van het vochtbergend vermogen van de grond, waardoor meer water voor een gewas beschikbaar komt.
3. Het reactieve oppervlak van de bodem neemt toe, waardoor uitspoeling van nutriënten afneemt.
4. De A-horizont wordt dieper waardoor de bewortelbare zone toeneemt en daarmee de vocht en nutriënten beschikbaarheid toeneemt.

In de provincie Gelderland zijn zowel gebieden met kleibodems als gebieden met zandbodems aanwezig (zie figuur 1.1). Onder invloed van rivieren, Rijn, Waal, Maas en IJssel is klei afgezet. Van oudsher waren dit de gebieden met vruchtbare bodems waar landbouw op bedreven werd. Met de komst van kunstmest kon de landbouw op de armere zandgronden ook grootschalig bedreven worden.

Bij uitbreidingen van steden, infrastructurele werken en rivierverruimingsprojecten in het rivierengebied komt kleigrond vrij. De Provincie Gelderland wil deze kleigrond nuttig inzetten in de zandgebieden. Daarom heeft de provincie Gelderland het initiatief genomen om dit te faciliteren qua beschikbaar stellen van deze kleigronden en het doen van onderzoek (zie ook brochure klei in zand<sup>1</sup>). Er zijn een aantal voordelen te verwachten die optreden door het toevoegen van deze kleigronden, ook boeren 'zien' de voordelen. Echter objectief onderzoek ontbreekt en daarom heeft de Provincie Gelderland aangezet tot dit onderzoek.

## 1.2 Doel

Het doel van het project is het opvullen van de kennishiaten omtrent het gebruik van klei en humusrijke grond ter verbetering van de arme droge zandgronden.

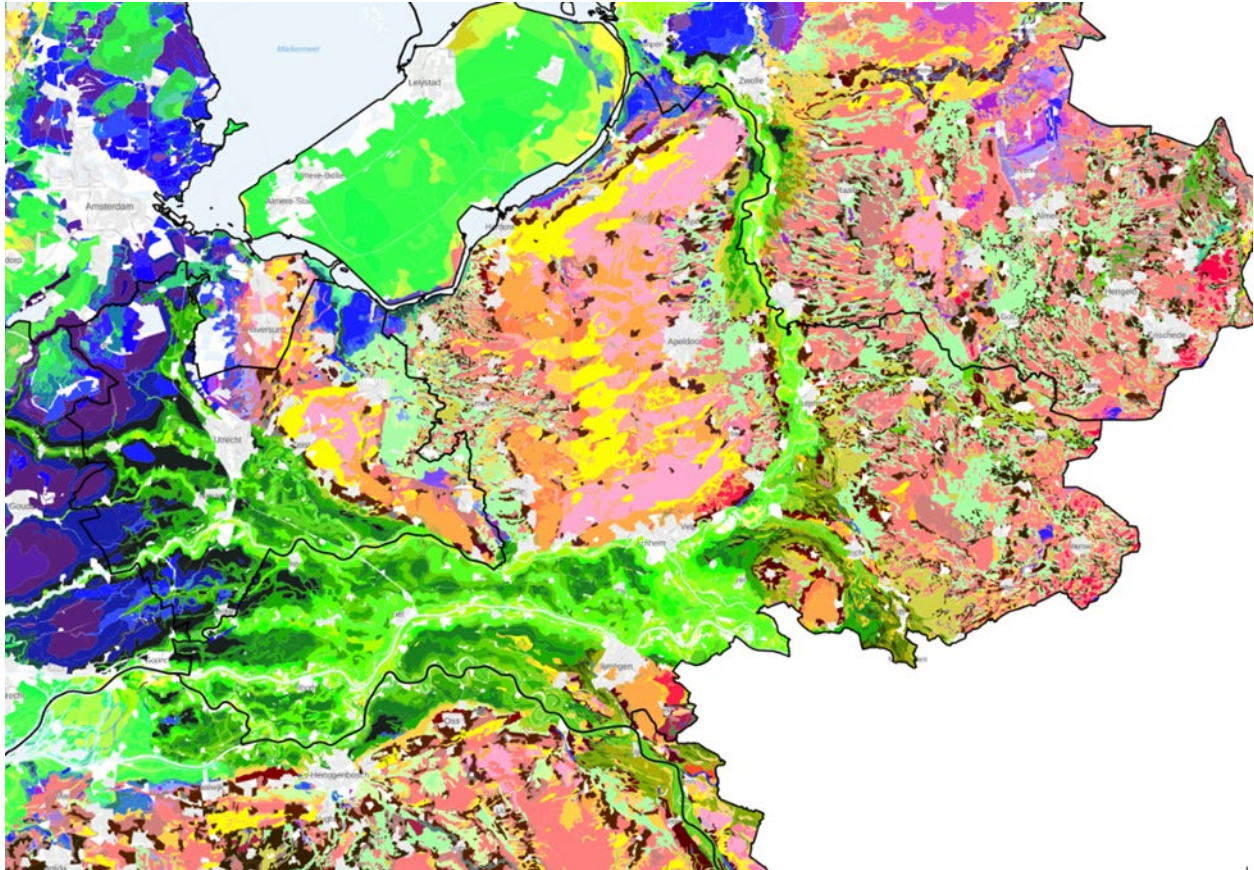
Hierbij horen de volgende onderzoeksvragen:

1. Wat is in de praktijk de beste manier om de kleigrond aan te brengen op permanent grasland en op bouwland?
2. En welke techniek kan ingezet worden om de klei door de bovengrond te mengen?
3. Wat is het effect op de bodemontwikkeling?
4. Wat is het effect op nutriënten in de bodem?
5. Wat is het effect op de gewasopbrengsten?

---

<sup>1</sup> <https://edepot.wur.nl/471955>

Dit onderzoek is zo opgezet dat objectief en voldoende onderbouwt een uitspraak gedaan kan worden. Het onderzoek is vooral gericht op onderzoeksvragen 3, 4 en 5.



**Figuur 1.1** Bodemkaart provincie Gelderland (licht en donker groene gebieden zijn rivierafzettingen met overwegend kleihoudende gronden, roze tinten en mintgroen zijn gebieden met overwegend leemarm en lemige zandgronden). Bron: Bodemdata.nl/basiskaarten.

---

## 2 Achtergrondinformatie

### 2.1 De Marke en drinkwaterwinning 't Klooster

Als onderzoekslocatie is gekozen voor melkveeproefbedrijf 'De Marke', dat ligt in de Achterhoek op zandgrond. De nadruk ligt op het sluiten van kringlopen en het zo efficiënt mogelijk omgaan met nutriënten, zodat kunstmestgebruik geminimaliseerd kan worden. Het toevoegen van klei aan de zandbodem past binnen deze strategie. De Marke is een proefbedrijf waardoor kennis en de faciliteiten aanwezig zijn voor onder andere het uitvoeren van veldproeven. Tevens is 'De Marke' gelegen binnen drinkwaterwingebied 't Klooster, binnen dit gebied zijn grondwaterkwaliteit en -kwantiteit ook belangrijke vraagstukken.

Het gebied kenmerkt zich door leemarme zandgronden (of lemig zand) met een relatief laag organische stof gehalte (4,5 %)<sup>2</sup> en diepe grondwaterstanden (2-3 m-mv)<sup>3</sup>, waardoor de vochtvoorziening voor de groei van gras, maïs en akkerbouwgewassen vrijwel uitsluitend uit neerslag en beregening bestaat (dus nagenoeg geen capillaire nalevering). Daarbij wordt de droogtegevoeligheid vergroot door de drinkwaterwinning<sup>4</sup>. De bodems worden gekarakteriseerd als veldpodzols. De ligging van 'De Marke' en de bijbehorende kavels zijn weergegeven in figuur 2.2 (zie ook bijlage 1).

De Marke ligt binnen het intrekgebied van de waterwinning 't Klooster (zie figuur 2.1). Circa 70 % van het landoppervlak binnen het intrekingsgebied is in gebruik als landbouw. De onttrekkingsfilters zitten op een diepte van circa 26 tot 36 m-mv. Dit betreft hetzelfde watervoerende pakket als het freatisch grondwater. Er wordt water aangevoerd vanuit een beek 'de veengoot' dat via sloten infiltreert in het intrekgebied. In 2012 werden geen verhoogde gehalten aan nitraat aangetroffen in het opgepompte water. Dit wordt verklaard door de anaerobe omstandigheden op diepte, oftewel nitraat wordt gedenitrificeerd door micro-organismen (gebiedsdossier drinkwaterwinning 't Klooster 2012).

Het water voor beregening van het gras- en maisland wordt uit hetzelfde watervoerend pakket opgepompt als het drinkwater. En beregening is vooral nodig ten tijde van droogte. Dus is er concurrentie tussen beregening en drinkwatervoorziening. Maatregelen om de bodem te verbeteren zoals met klei kunnen ertoe leiden dat er minder beregend hoeft te worden, maar het aanvullen van de grondwatervoorraad bijvoorbeeld door middel van het aanvoeren van oppervlaktewater zal ondanks dergelijke bodemverbeterende maatregelen noodzakelijk blijven.

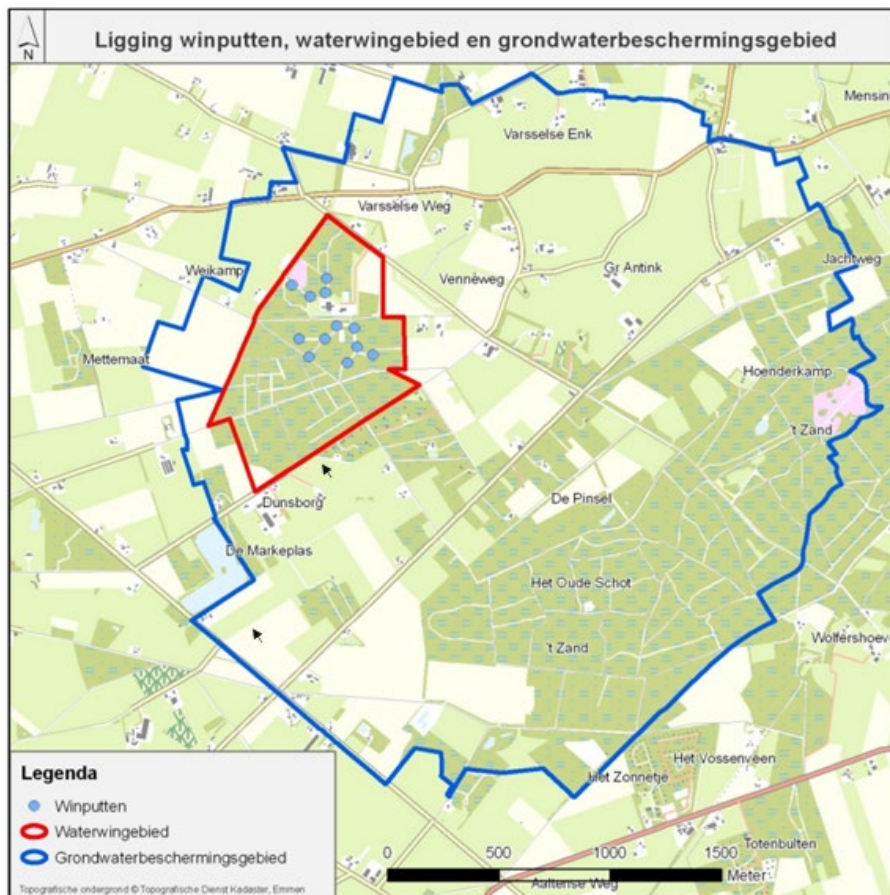
---

<sup>2</sup> <https://www.wur.nl/nl/nieuws/Bodemkwaliteit-neemt-niet-af-op-De-Marke-na-bemesting-met-digestaat.htm>

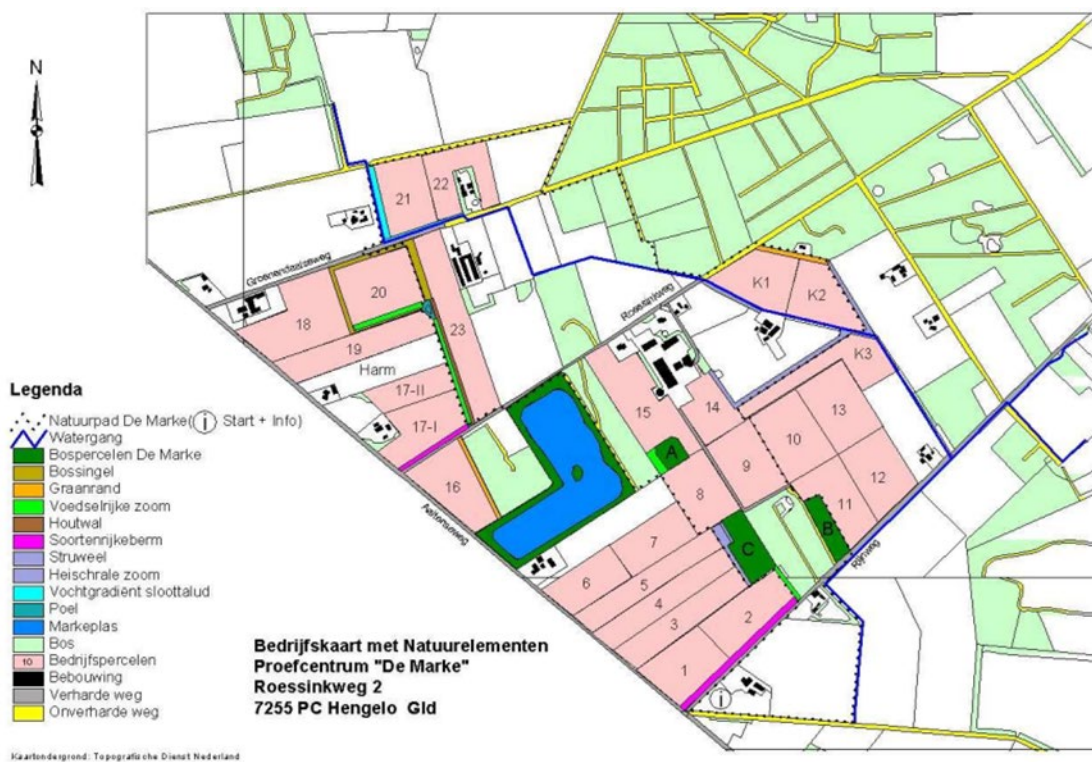
<sup>3</sup> <https://www.wur.nl/nl/nieuws/De-Marke-scoort-hoog-op-droogtegevoeligheid-in-BedrijfsWaterWijzer-.htm>

<sup>4</sup> R. van der Veen & J.P.M. Lenssen, *Integrale evaluatie waterinlaat 't Klooster 1997-2005*, 8 mei 2008





**Figuur 2.1.** ligging waterwingebied 't Klooster, zwarte pijlen geven de globale ligging van de proefvelden aan. Bron; gebiedsdossier drinkwaterwinning 't Klooster.



**Figuur 2.2** Ligging proefboerderij de Marke en betreffende percelen en landschappelijke elementen (overgenomen uit Guldmond et al., 2010).

## 2.2 Klei toevoegen

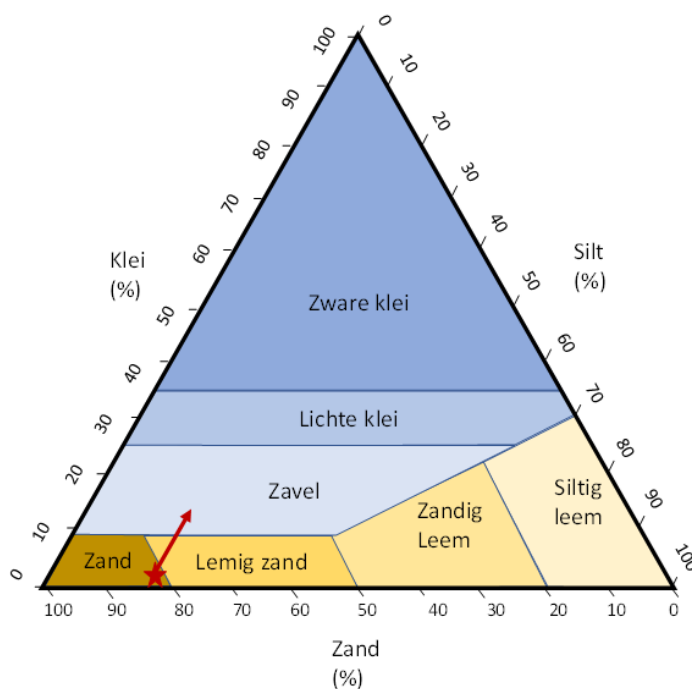
Door klei toe te voegen veranderen we de bodemtextuur. Deze toegevoegde klei en silt zal niet meer verdwijnen uit deze bodem. Als de bodemtextuur verandert zal ook de bodemstructuur veranderen. De kleitoevoeging zal leiden tot meer aggregaat en stuctuurvorming. Verwacht wordt dat de volgende positieve effecten kunnen optreden:

1. Ontstaan van een betere bodemstructuur, dit leidt in potentie tot: een betere bewortelbaarheid en een betere infiltratie capaciteit en een lagere afbraak van organische stof.
2. Verhoging van het vochtbergend vermogen van de grond, waardoor meer water voor het gewas beschikbaar is. Een te hoog vochtgehalte kan echter leiden tot groeiachterstand vanwege zuurstofgebrek.
3. Het reactieve oppervlak van de bodem neemt toe, waardoor uitspoeling van nutriënten afneemt.
4. De A-horizont wordt dieper waardoor de bewortelbare zone toeneemt en daarmee de vocht en nutriënten beschikbaarheid toeneemt.

Het minerale deel van de bodem wordt ingedeeld op basis van korrelgroottegrenzen deze zijn:

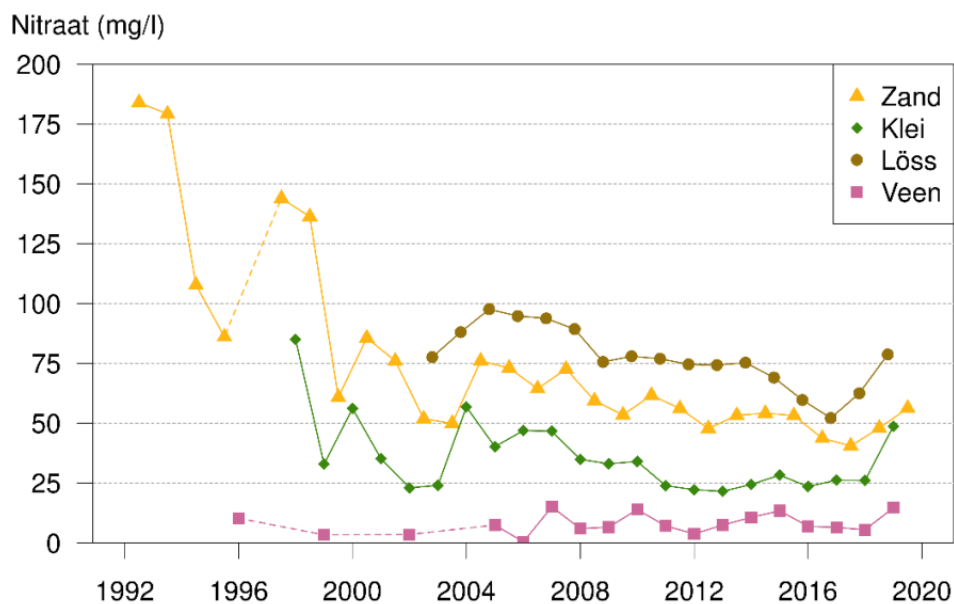
1.  $<2 \mu\text{m}$ : klei (fractie).
2.  $2-50 \mu\text{m}$ : silt (fractie).
3.  $<50 \mu\text{m}$ : leem (fractie).
4.  $50-2000 \mu\text{m}$ : zand (fractie).
5.  $>2000 \mu\text{m}$ : grind (fractie).

Op De Marke zijn bodems aanwezig die vallen onder zand en lemig zand. De kleigronden die toegevoegd worden in de klei in zand proeven vallen binnen de categorieën zware klei en zavel (in dit rapport is ook voor zavel de benaming lichte klei aangehouden). Theoretisch zou met het opbrengen van 10 cm zware klei het kleigehalte in de bouwvoor verhoogd kunnen worden naar 16,5 % ( $30 \text{ cm} * 2\% + 10 \text{ cm} * 60\% / 40 \text{ cm}$ ) waardoor de bovenlaag in de classificatie zavel komt. Dit is weergegeven in de textuurdriehoek in figuur 2.3. Voor het toevoegen van zavel (lichte klei) van 10 cm zou het kleigehalte theoretisch 6,5 % worden ( $30 \text{ cm} * 2\% + 10 \text{ cm} * 20\% / 40 \text{ cm}$ ). Voor grasland zou het kleigehalte theoretisch naar 10 % ( $30 \text{ cm} * 2\% + 5 \text{ cm} * 60\% / 35 \text{ cm}$ ) zware klei en 4,5 % ( $30 \text{ cm} * 2\% + 5 \text{ cm} * 20\% / 35 \text{ cm}$ ) bij toevoeging lichte klei.



**Figuur 2.3** Textuurdriehoek met ligging huidige bodem de Marke (rode ster) en gewenste verschuiving na aanbrengen klei (rode pijl).

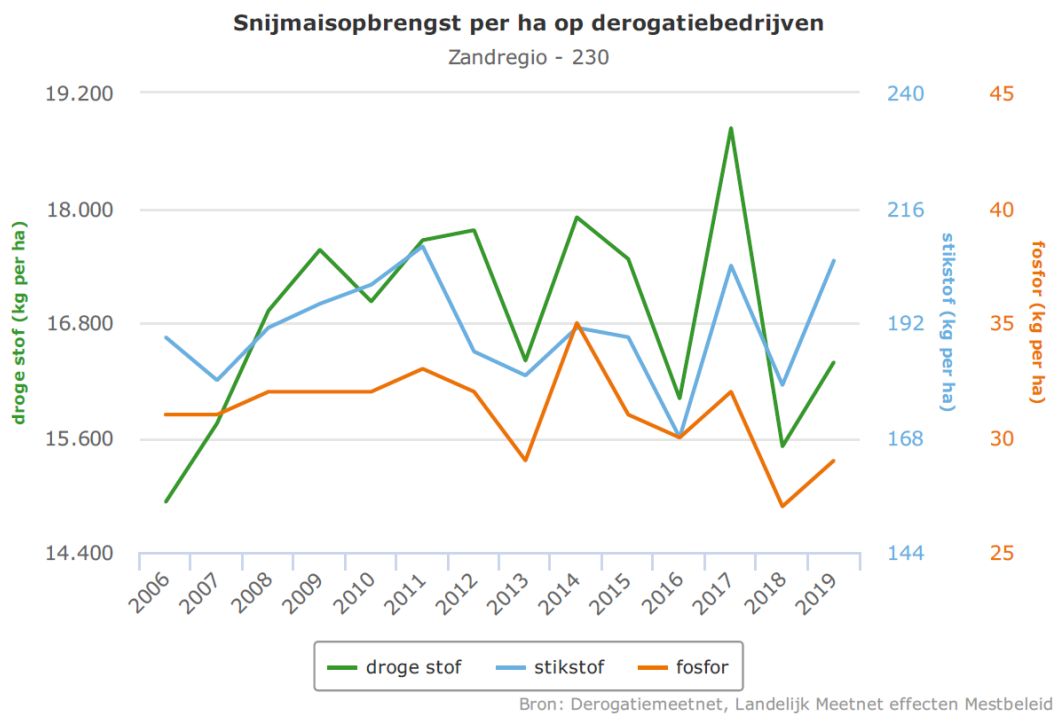
In figuur 2.4 is te zien dat de gemiddelde nitraat uitspoeling in de kleiregio's lager is dan in de zandregio's, dus mogelijk is het toepassen van klei op de bodem een maatregel om nitraatuitspoeling te verminderen. Deze grafiek geeft alleen het gemiddelde eindresultaat weer: nitraatuitspoeling, wat niet wil zeggen dat een lagere nitraatuitspoeling direct bodemgerelateerd is. Hierbij zijn bemesting, gewasteelten, stikstof overschot en grondwaterstand ook belangrijke factoren.



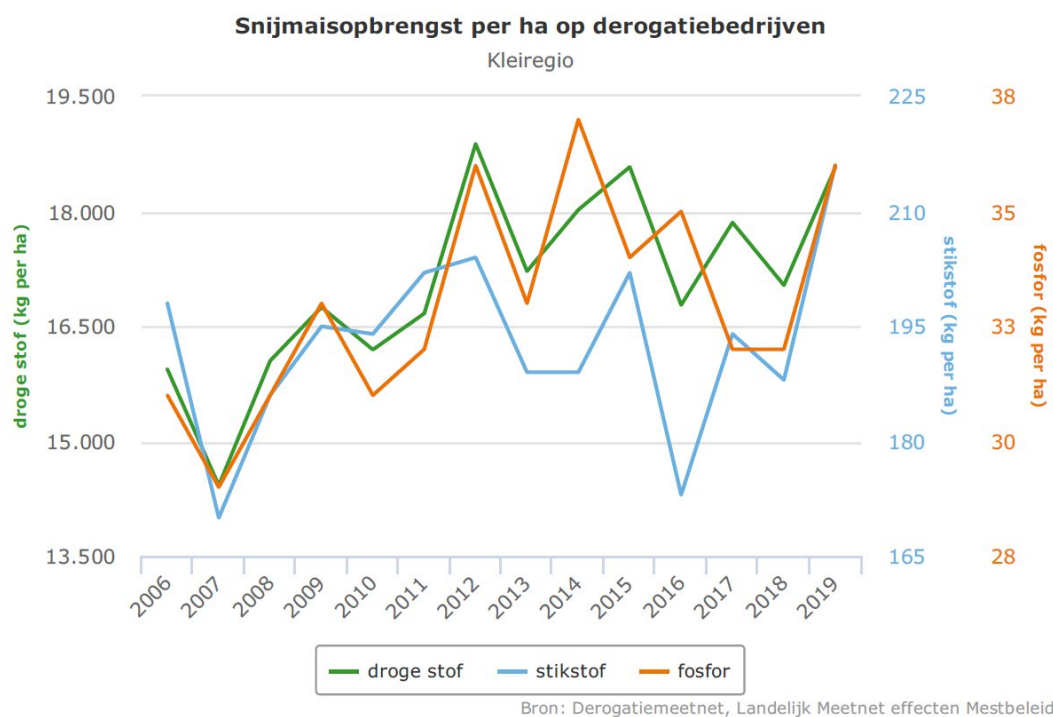
**Figuur 2.4** Nitraatuitspoeling verschillende regio's bron RIVM 2021.

De gemiddelde mais- en grasland opbrengsten worden geregistreerd per bodemregio door Agrimatie<sup>5</sup>. In onderstaande figuren (2.5 t/m 2.8) is duidelijk te zien dat de gemiddelde snijmais- en graslandopbrengsten in de kleiregio's hoger zijn dan in de zandregio's, wel zijn de verschillen tussen de regio's wisselend in de tijd. Er mag een positief effect verwacht worden op de opbrengsten van gras en mais indien het kleigehalte van de zandbodems verhoogd wordt. Echter in de kleiregio's is vaak sprake van een hogere grondwaterstand dan in de zandregio's, hierdoor kan in combinatie met kleigronden capillaire nalevering een belangrijke bron van water zijn. Verwacht wordt dat het toevoegen van klei een positief effect heeft op de opbrengsten van zowel mais als gras. Echter dit zal niet zo groot zijn als de gemiddelde regionale verschillen. Zo is draagkracht en bereikbaarheid ook een belangrijk aspect.

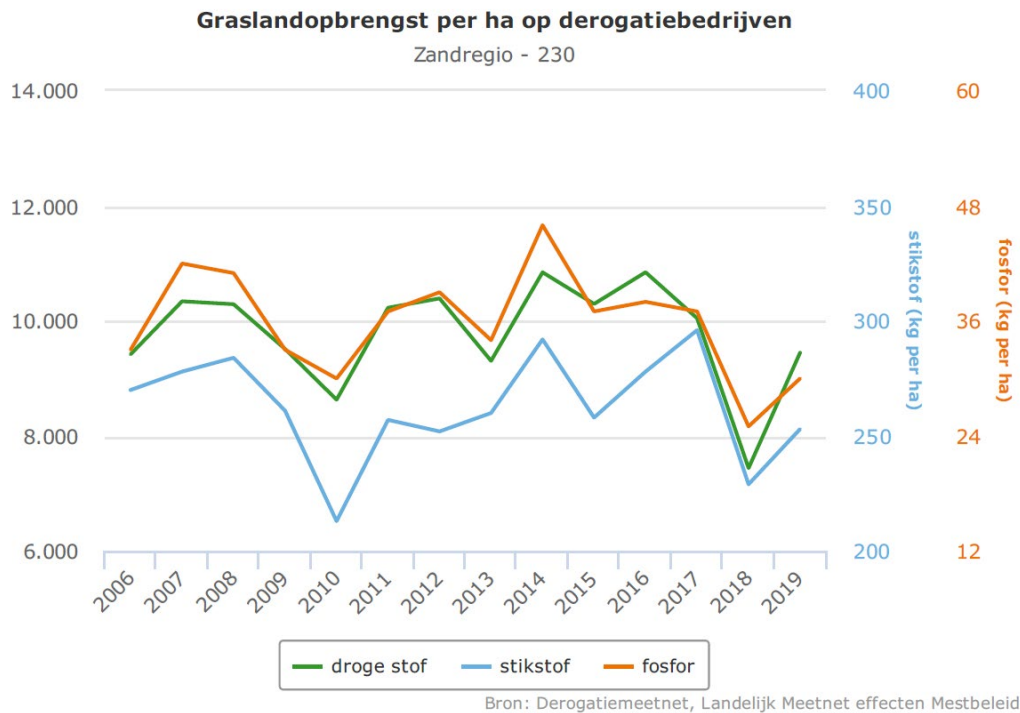
<sup>5</sup> <https://www.agrimatie.nl/PublicatiePage.aspx?subpubID=7352&themaID=2754&sectorID=3534>



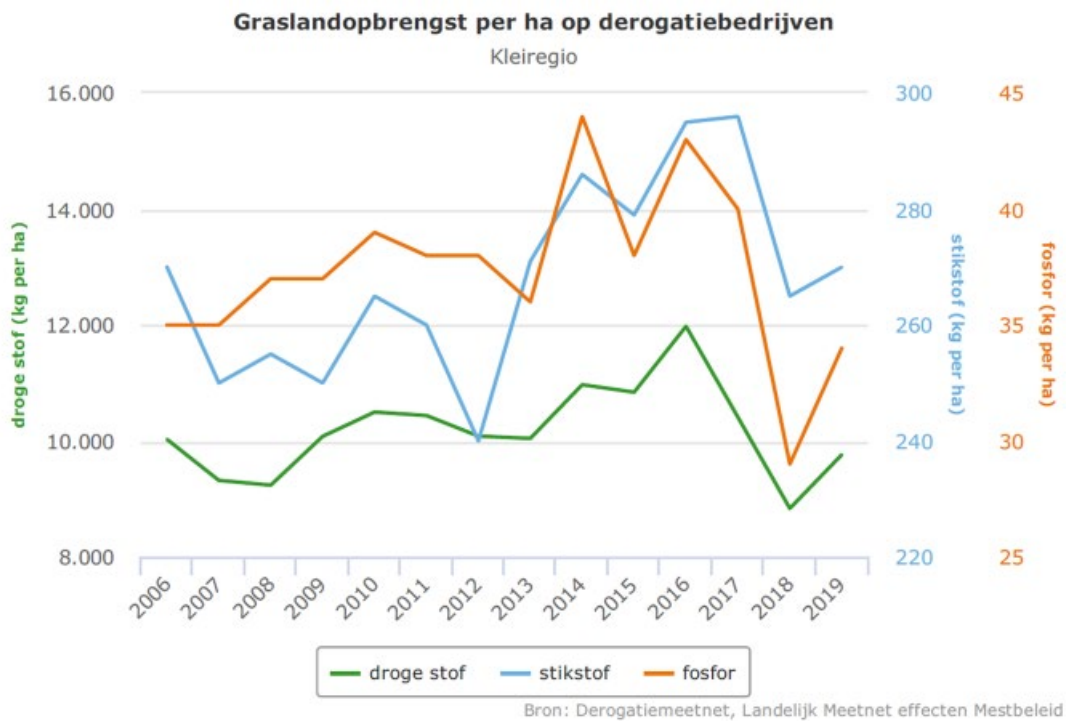
**Figuur 2.5** Opbrengsten snijmais zandregio (2006 t/m 2019) bron: Agrimatie.



**Figuur 2.6** Opbrengsten snijmais kleiregio (2006 t/m 2019) bron: Agrimatie.



**Figuur 2.7** Opbrengsten grasland zandregio (2006 t/m 2019) bron: Agrimatie.



**Figuur 2.8** Opbrengsten grasland zandregio (2006 t/m 2019) bron: Agrimatie.



---

## 2.3 Klimaatadaptatie

De Nederlandse melkveehouderij is een weersgevoelige sector. Toekomstige veranderingen in temperatuur en neerslagpatronen, en frequentere en hevigere weersextremen zullen naar verwachting in toenemende mate invloed hebben op bedrijfsprestaties (De Vries et al., 2018; IPCC, 2018), zowel economisch als milieukundig. Door extreme droogte en hitte in recente jaren is klimaatverandering en de noodzaak tot aanpassing van de bedrijfsvoering op de agenda gekomen van melkveehouders, en is de tijd rijp voor een meer structurele aanpak in de ontwikkeling naar een klimaatbestendige melkveehouderij. In de zandregio en in het bijzonder binnen het drinkwaterwingebied 't Klooster speelt deze verdrogingsproblematiek al jaren en de klimaatsverandering zal de uitdaging alleen maar groter maken. Binnen deze gebieden worden gras- en maisland beregend, ook structurelere aanpassingen om het hoofd te bieden aan droge perioden worden genomen als bijvoorbeeld het infiltreren van oppervlaktewater. Het toevoegen van klei aan de zandbodem als adaptatiemaatregelen kan interessant zijn voor melkveehouders. Om de bodem klimaat robuuster te maken wordt ook het aanbrengen van organische stof (compost, (stal)mest, bladafval etc.) uitgedragen. In tegenstelling tot klei toevoegen is organische stof toevoegen een proces van vele jaren en zal er voldoende toegevoegd moeten worden om de opgebouwde gehalten in stand te houden.

## 2.4 Vrijkomende landbouwbodem

Juist in de kleigebieden van Gelderland is er sprake van veel ontwikkelingen. Steden als Arnhem en Nijmegen groeien naar de rivieren toe, natuurontwikkeling vindt plaats in de uiterwaarden en infrastructurele projecten en ruimte voor de rivierprojecten worden uitgevoerd. Indien de vrijkomende klei geen nuttigere toepassing kent en de milieu hygiënisch kwaliteit voldoet dan kan deze in aanmerking komen voor toepassing in de zandregio's. De provincie Gelderland en Rijkswaterstaat zijn hierin momenteel de drijvende krachten. In het project LIFE CO2SAND<sup>6</sup> wordt deze maatregel nationaal en internationaal en bij boeren

---

<sup>6</sup> [www.LIFECO2SAND.EU](http://www.LIFECO2SAND.EU)

## 3 Uitgevoerde werkzaamheden

### 3.1 Selectie kleigrond

De provincie Gelderland heeft de kleigrond voor de proef verzorgt. In overleg is ervoor gekozen om twee kleibodems toe te passen op de zandbodem om het effect van het toevoegen van meer of minder klei te kunnen onderzoeken, een lichte klei (zavel) afkomstig uit Aerdt en een zware klei uit Tricht. In tabel 3.1 zijn de belangrijkste parameters van deze kleigronden weergegeven, bemonstering 30 november 2018. Voor het grasland is bij het aanbrengen van vervolgjaren nieuwe klei aangevoerd van zoveel mogelijk dezelfde samenstelling maar niet uit dezelfde batch als jaar 1. De klei uit Aerdt is in dit onderzoek 'lichte klei' genoemd hoewel deze formeel binnen de klasse zavel valt (8-25 procent lutum betreft zavel).

**Tabel 3.1** Bodemparameters van de twee kleibodems lichte klei uit Aerdt en zware klei uit Tricht.

Parameter	Aerdt (LK)	Tricht (ZK)
<b>Organische stof (%)</b>	2,9	4,6
<b>N (kgN/ha) totaal</b>	5470	11.610
<b>N (kgN/ha) plantbeschikbaar</b>	110	180
<b>P (kgP/Ha) totaal</b>	480	75
<b>P (kgP/Ha) plantbeschikbaar</b>	3,1	0,9
<b>K (kgK/ha) totaal</b>	430	510
<b>pH</b>	6,9	6,2
<b>Lutum (&lt;2 µm) (%)</b>	20	58
<b>Silt (2-50 µm) (%)</b>	30	27
<b>Zand (&gt;50 µm) (%)</b>	43	7

### 3.2 Proefvelden en behandelingen

De proefvelden zijn aangelegd op twee verschillende percelen een mais (aanduiding proefboerderij de Marke als K1) en grasland (aanduiding proefboerderij de Marke als perceel 5). De ligging van deze percelen is weergegeven in figuur 2.1. en figuur 2.2. Op het perceel met snijmais zijn de proefvelden 6 bij 10 meter groot. De velden zijn in een matrix van 5 bij 4 aangelegd. Binnen een rij van 5 behandelingen is de ligging van de proefvelden random gekozen, zie figuur 3.1. Voor grasland zijn de proefvelden 10 bij 50 meter en de proefvelden zijn in een rij tegen elkaar aangelegd. De ligging is random gekozen, zie figuur 3.2. Ten behoeve van de demonstratiefunctie zijn de proefvelden toegankelijk gemaakt voor publiek. Dit betekende voor het maisveld ook dat aan de voor en achterzijde een rij mais verwijderd is, wat mogelijk een effect kan hebben op de groei (randeffect). In bijlage 2 is het logboek opgenomen waarin alle landbouwkundige activiteiten zijn vermeld.

Voorafgaande aan de proef zijn bodemmonsters (mengmonster) genomen van de percelen K1 en perceel 5 (26 september 2018) en door Eurofins Agro geanalyseerd volgens het bodempakket 'bemestingswijzer'. In tabel 3.2 zijn de belangrijkste parameters weergegeven.

**Tabel 3.2** Bodemparameters voorafgaand aan aanbrengen klei (bemonstering grasland 0-0,1 m-mv en maisland 0-0,3 m-mv).

Parameter	Maisland perceel k1	Grasland perceel 5
Organische stof (%)	4,8	6,1
N (kgN/ha) totaal	6060	2920
N (kgN/ha) plantbeschikbaar	90	145
P (kgP/ha) totaal	720	270
P (kgP/ha) plantbeschikbaar	4,5	1,2
K (kgK/ha) totaal	290	160
pH	5,4	5,8
Lutum (<2 µm) (%)	2	2
Silt (2-50 µm) (%)	13	14
Zand (>50 µm)(%)	80	78

Voor het maisperceel zijn de volgende behandelingen uitgevoerd:

- Geen behandeling; referentie.
- Lichte klei 5 cm.
- Lichte klei 10 cm.
- Zware klei 5 cm.
- Zware klei 10 cm.

Op het maisperceel is in één keer de gewenste kleidikte aangebracht. De verschillende behandelingen en de referentie zijn in viervoud en random aangelegd.

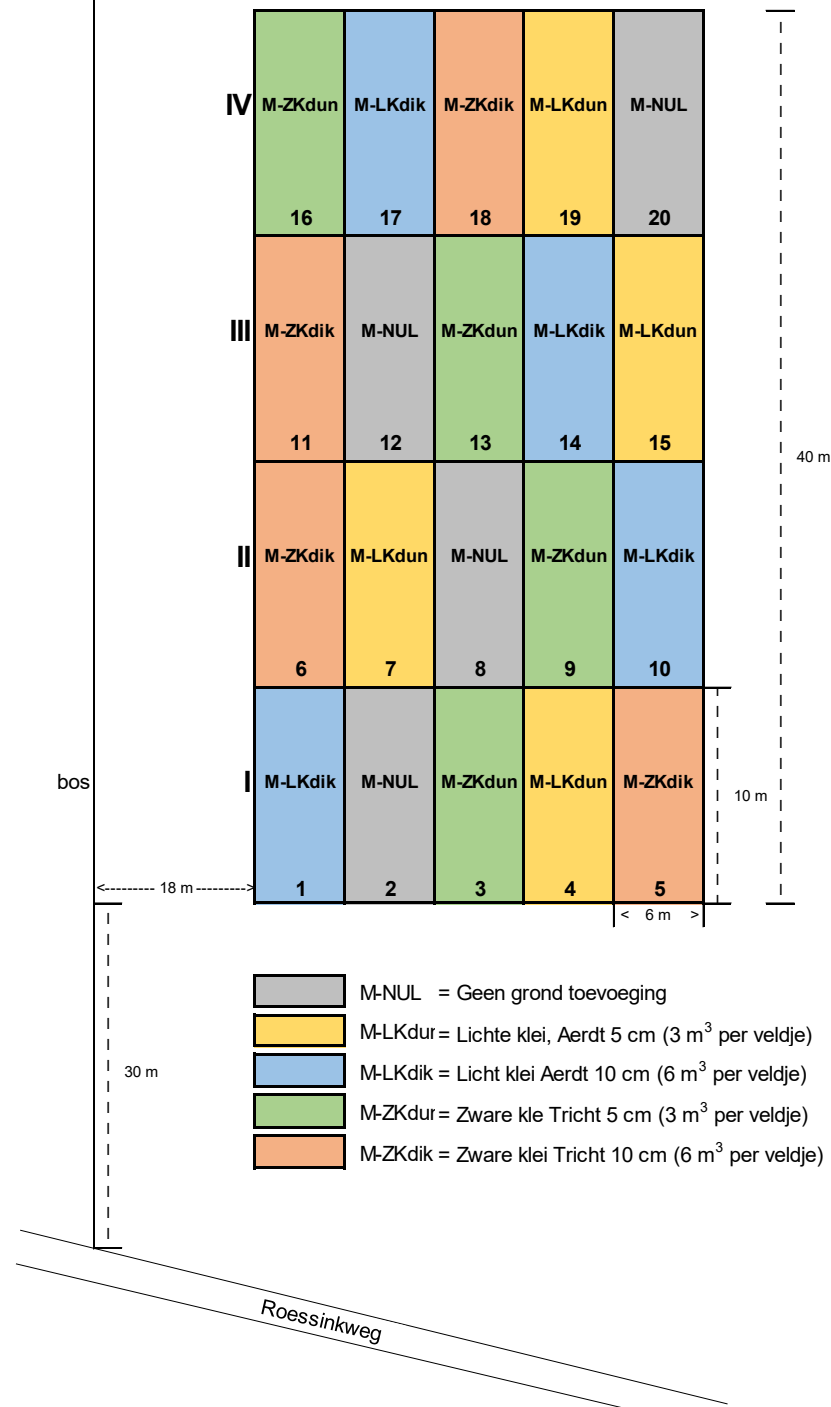
Voor het grasland zijn de volgende behandelingen uitgevoerd:

- Geen behandeling; referentie.
- Lichte klei (3x 1,7 cm).
- Zware klei (3x 1,7 cm).

Op het grasperceel is ieder jaar circa 1,7 cm (2019 februari en november en 2020 november) klei aangebracht op de betreffende percelen, met een totaal van circa 5,1 cm. De verschillende behandelingen en de referentie zijn in viervoud en random aangelegd.

**Proefschema Grond voor grond maïs**

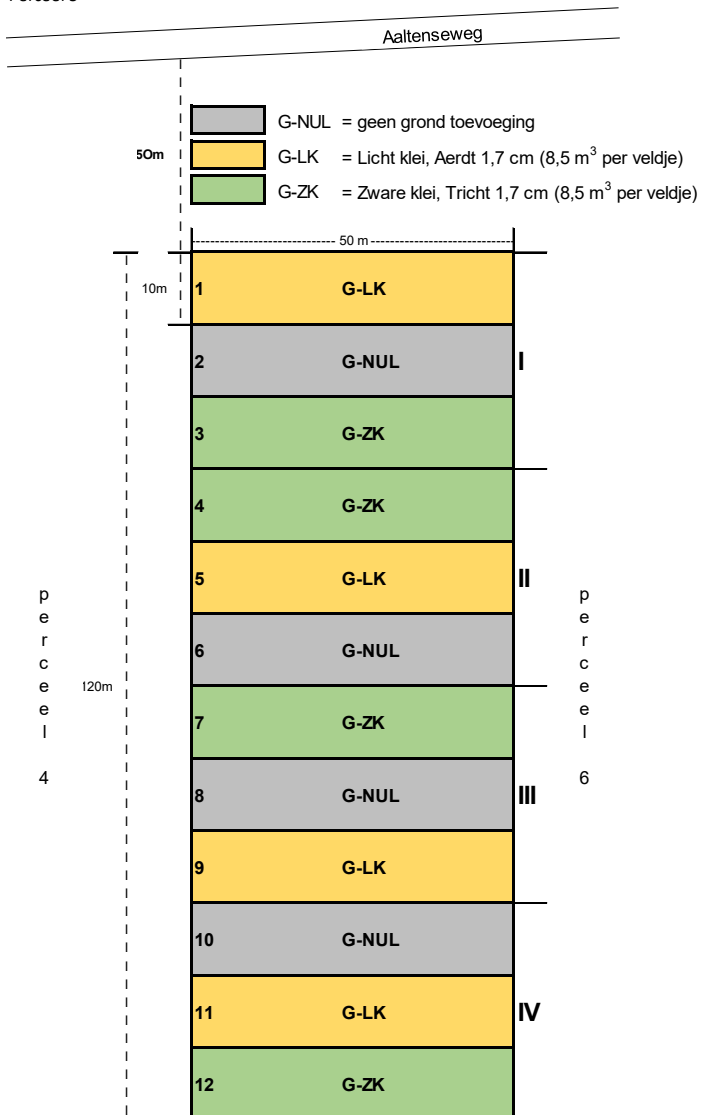
Perceel K1



**Figuur 3.1** Schematische ligging proefvelden maisland De Marke Perceel K1.

## Proefschema Grond voor grond gras

Perceel 5



**Figuur 3.2** Schematische ligging proefvelden grasland De Marke perceel.

### 3.3 Aanbrengen Klei

Op de maispercelen is de klei aangebracht in de braakperiode februari 2019. Omdat deze proefvelden relatief klein zijn en de klei precies aangebracht moest worden is dit handmatig en met de kraan verspreid over de proefvelden. Op basis van gewichten en dichtheid is per veldje de juiste hoeveelheid klei toegevoegd (5 cm of 10 cm). Daarna is het veld bewerkt zoals dit ook met het gehele perceel gebeurt, het perceel is gespit (zie figuur 3.3) en geploegd. De periode tussen aanbrengen en spitten was te kort om droging van de klei te krijgen. Het mengen van de natte kleikluiten door de zandbodem werd hierdoor bemoeilijkt

Op het grasland is de kleigrond aangebracht door een loonwerker waarbij gekozen is voor de vaste mestverspreider. Op het grasland is de klei in lagen van jaarlijks 1,7 cm aangebracht in drie keer (2019 februari en november en 2020 november). In totaal is dus circa 5 cm klei per proefveldje aangebracht. Tijdens het eerste jaar (februari 2019) was de klei erg nat en versmeerde deze sterk tijdens het aanwenden. Het strooibeeld was daardoor slecht en de klei kwam vooral direct achter de wagen terecht waardoor vooral het midden van het perceel een grote dosis klei kreeg. De keren daarop is drogere klei gebruikt wat beter ging, daarbij is ook zoveel mogelijk geprobeerd om de totale laagdikte klei weer egalier te krijgen (dus



---

richting de randen van de velden is in 2020 meer klei gedeponeed). De eerste aanwending met natte klei op het gras zorgde ervoor dat het gras plaatselijk onder de kleilaag terecht kwam (zie figuur 3.4). Tijdens de laatste aanwendingen van drogere klei vielen de kleibrokjes tussen het gras en was er dus in mindere mate sprake van bedekken van het gras.



**Figuur 3.3** Aangebrachte klei op maisland, 2019 zicht op ondergespitte klei en groenbemester (gras).



**Figuur 3.4** Aangebrachte klei op grasland 2019 waarop de slechte verdeling van de klei binnen het proefperceel is te zien (diagonale bruine band), hier is bij het klei aanbrengen in 2020 voor gecompenseerd.

---

## 3.4 Onderhoud en bewerking proefvelden

De proefvelden zijn gelijk behandeld als de het betreffende perceel wat betreft, grondbewerking, inzaaien, beregening, bemesting en bestrijding. In 2019 en 2020 zijn zowel het grasland als het maisland beregend. In 2021 is ervoor gekozen om niet meer te beregenen om het verschil in reactie op droogte te vergroten. Uiteindelijk bleek dat in 2021 vanwege de vele neerslag beregening niet nodig was, wel is op het grasland op 7 juni 2021 beperkt beregend (10 mm).

Gedurende de loop van de proef zijn looppaden en proefveldsignaleringen in stand gehouden.

De belangrijkste bewerkingen voor de maisvelden zijn (zie bijlage 2 voor het volledige logboek):

- Klei aanwenden 19 februari 2019.
- 2019 Spitten, ploegen, zaaien (25 april) 2020 kopeg en ploegen 2021 2 x frezen ecoploegen.
- 2019 Zaaian 25 april oogsten 25 september, 2020 zaaian 4 mei oogsten 29 september, 2021 zaaian 10 mei oogsten 23 september.
- 2019 beregening 1 juli, 12 juli en 29 juli, 2020 29 mei, 24 juli, 5 augustus, 2021 geen.

De belangrijkste bewerkingen voor de grasvelden zijn:

- Klei aanwenden 14 februari en 22 november 2019 en 24 november 2020.
- 2019 weide snedes 1 en 2 en oogst snedes 3 4 en 5, 2020 weide snedes 1 en 2 oogst snedes 3 4 en 5, 2021 weide snedes 1 en 2 oogst snedes 3 en 4.
- 2019 beregening 15 april, 24 mei, 10 juni, 30 juni, 26 juli, 30 juli, 8 augustus, 2020 7 april, 22 april 6 me, 23 juni, 1 augustus, 13 augustus, 24 augustus, en 13 september, 2021 7 juni.

Omdat perceel 5 een huiskavel is, is dit perceel ook gebruikt om te weiden. Dit is voor het uitvoeren van een opbrengstenproef minder praktisch aangezien opbrengstbepaling bij weiden lastig is. Op De Marke wordt een beweidingssysteem gehanteerd waarbij de koeien elke 5 dagen op het perceel terugkomen. De graslengte blijft dan tussen de 8 en 12 cm. Bij dit systeem is het niet mogelijk de opbrengstverschillen tussen de behandelingen te meten.

## 3.5 Monsternamen en analyses

Gedurende de proef zijn bodem en gewasmonsters genomen en geanalyseerd. In 2019 zijn de proefvelden van het grasperceel nog niet bemonsterd, daarmee is in 2020 gestart. Vanwege de grondbewerkingen op het maisperceel zijn de bodemmonsters niet op de randen van de percelen genomen. Er kan namelijk op de randen vermenging met het aanliggende veldje optreden.

### *Bodemmonsters vochtgehalte*

Gedurende het groeiseizoen zijn tweewekelijks per veldje 10 gutssteken maisland en 30 gutssteken grasland (tot 20 cm-mv) genomen om het bodemvocht te bepalen van de mengmonsters. Van deze mengmonsters zijn het versgewicht en het drooggewicht bepaald op basis waarvan het vochtgehalte is berekend. De bodemmonsters zijn gedroogd in een oven op 103°C gedurende minimaal 24 uur.

### *Bodemmonsters bodemparameters*

Voor het bepalen van de algemene landbouwkundige parameters van de bodem zijn de velden meermaals bemonsterd door Eurofins. Bij de meeste bemonsteringen zijn alle proefvelden afzonderlijk bemonsterd (dus per proefveldje één mengmonster). De monsters zijn samengesteld door middel van gutssteken (maisperceel 0-0,25 m-mv en grasperceel 0-0,1 m-mv). De uitgevoerde bodemanalyses betreft het pakket BemestingsWijzer van Eurofins wat een reguliere analyse is om uit te voeren voor landbouwkundige praktijk. De analysemethoden die gebruikt worden zijn te vinden in bijlage 3. Sommige parameters worden natchemisch bepaald anderen worden met NIRS geanalyseerd en anderen worden afgeleid.

---

### *Bodemmonsters mineraal stikstof*

Om het gehalte aan mineraal stikstof te bepalen in de bodem en daarmee potentiële uitspoeling zijn op een aantal momenten door Eurofins door middel van gutschteken, op twee diepten 0-30 cm-mv en 30-60 cm-mv, bodemmonsters genomen van de afzonderlijke veldjes. Deze bodemmonsters zijn geanalyseerd door Eurofins.

### *Mais opbrengstbepaling*

De hoeveelheid opbrengst per proefveldje is bepaald door het wegen van 4 rijen mais per proefveld (in het midden van het proefveld). De opbrengst per veldje is daarna berekend uitgaande van het bemeten bemonsterde traject (circa 10 m lang en 3 meter breedte, 4 rijen). Van de geoogste mais is per veldje een gewasmonster genomen om het droge stof percentage te meten (minimaal 36 uur in oven 70°C). Door de opbrengst om te rekenen naar opbrengst per hectare en te vermenigvuldigen met het percentage ds is de totaalopbrengst ds per hectare berekend.

Tevens zijn de maismonsters geanalyseerd op totaal stikstof door Eurofins.

### *Gras opbrengstbepaling*

Het gras is over een strook van 1,5 meter breedte en circa 10 meter lengte (de precieze strooklengte is gemeten) geoogst en het versgewicht is bepaald. Van een monster is het droge stof percentage bepaald. Op basis hiervan is de drogestofopbrengst per hectare berekend.

De grasmonsters zijn tevens geanalyseerd op totaal stikstof door Eurofins.

## 3.6 Data-analyse

Met de verzamelde data zijn twee data-analyses uitgevoerd. In eerste instantie zijn gemiddelden en de spreiding van de resultaten vastgesteld. Dit is gedaan om de verschillende resultaten overzichtelijk weer te kunnen geven in grafieken en tabellen, deze zijn opgenomen in voorliggende rapportage.

Om te kijken of er significante verschillen zitten tussen de verschillende behandelingen in de veldproeven, zijn er verschillende statistische testen gedaan. Veldproeven waarvan de data normaal is, zijn vergeleken aan de hand van een protected Fisher's LSD-testen. Dit wil zeggen dat voordat een Fisher LSD-test is uitgevoerd, eerst is getest of de variatie tussen groepen significant verschillend was met behulp van een One-way ANOVA test. Ook is gekeken of er werd voldaan aan de aanname van homogeneity. Data die niet-normaal is, zijn getoetst met Kruskal Wallis testen. Als de Kruskal Wallis test significante verschillen tussen de behandelingen aangaf, zijn daarna Mann-Whitney U testen gedaan om verschillen tussen individuele behandelingen te testen.

In het geval van de opbrengst voor mais 2021, is de data wel normaal, maar kon er geen protected Fisher LSD test worden uitgevoerd. Daarom is ervoor gekozen om de mais opbrengst van 2021, individueel te vergelijken met independent t-tests. Hieruit bleek dat alleen de behandelingen M-Nul en M-Tdik significant verschillend waren van elkaar (p-value 0.017), met een significantieniveau van 0.05.

De belangrijkste resultaten van de statistische analyses zijn opgenomen in bijlage 4.

## 3.7 Bodemfysische analyses

Door het toevoegen van klei veranderen de chemische en fysische bodemparameters. Ondervangen was in het projectplan dat de processen in de bodem gerelateerd aan water nader onderzocht konden worden. Uiteindelijk is ervoor gekozen om dit onderzoek binnen een ander project uit te voeren te weten de publiek private samenwerking KLIMAP (klimaat adaptatie in de praktijk). In dit verdiepende onderzoek naar het toevoegen van klei aan zand op het maisperceel zijn onder andere zeefkromme bepalingen, profielbeschrijvingen, waterretenties en doorlatendheidskarakteristieken bepaald en is een modellering uitgevoerd. Voor deze fysische metingen verwijzen we naar de rapportage Heinen et al., 2022.

---

## 3.8 Weersomstandigheden

In bijlage 5 zijn de weersgegevens opgenomen van De Marke ten tijde van de proefperiode groeiseizoenen 2019 tot en met 2021. Het algemene beeld over het groeiseizoen:

- Het jaar 2019 was een warm droog en zonnig jaar. De lente was vroeg en relatief warm en vrij droog (vooral april en mei). De zomer was zeer warm en zeer zonnig en zeer droog. Het najaar (ook september) was nat.
- In 2020 was de lente zeer zonnig, zacht en droog. De zomer was wederom erg zacht en zonnig, wel viel er gemiddeld genomen voldoende neerslag, echter door het buiige karakter van deze neerslag waren de verschillen groot. De herfst was warm, aan de kust nat en landinwaarts droger.
- De lente in 2021 was koud en nat. De zomer was normaal qua weerbeeld en zelfs aan de natte kant. Het najaar was zacht zonnig en aan de droge kant.

---

## 4 Resultaten

### 4.1 Maisland

#### 4.1.1 Zintuiglijke waarnemingen

Tijdens de groeiseizoenen zijn geen visuele verschillen waargenomen in groei van de mais (hoogte en kleur). In 2019 stond een camera gericht op het veld (birds eye view). Ook met deze camera waren geen verschillen te constateren in de groei van het mais op de verschillende proefveldjes. In 2019 werd wel schade door ritnaalden geconstateerd (plaatselijk effect).

De klei werd in 2019-2020 nog in brokken aangetroffen in het bodemprofiel. In Heinen et al., 2022 zijn de bodemprofielen beschreven anno 2020. Hieruit valt op te maken dat de klei aanwezig is in brokken tot circa 25 cm-mv, zowel bij zware als lichte klei. Beworteling werd tot circa 35-40 cm-mv aangetroffen. Tijdens de droge zomer van 2020 werden er geen wormen aangetroffen in de bouwvoor.

De brokken klei zijn goed doorworteld en vallen makkelijk uiteen in kleinere aggregaten (zie figuur 4.1).



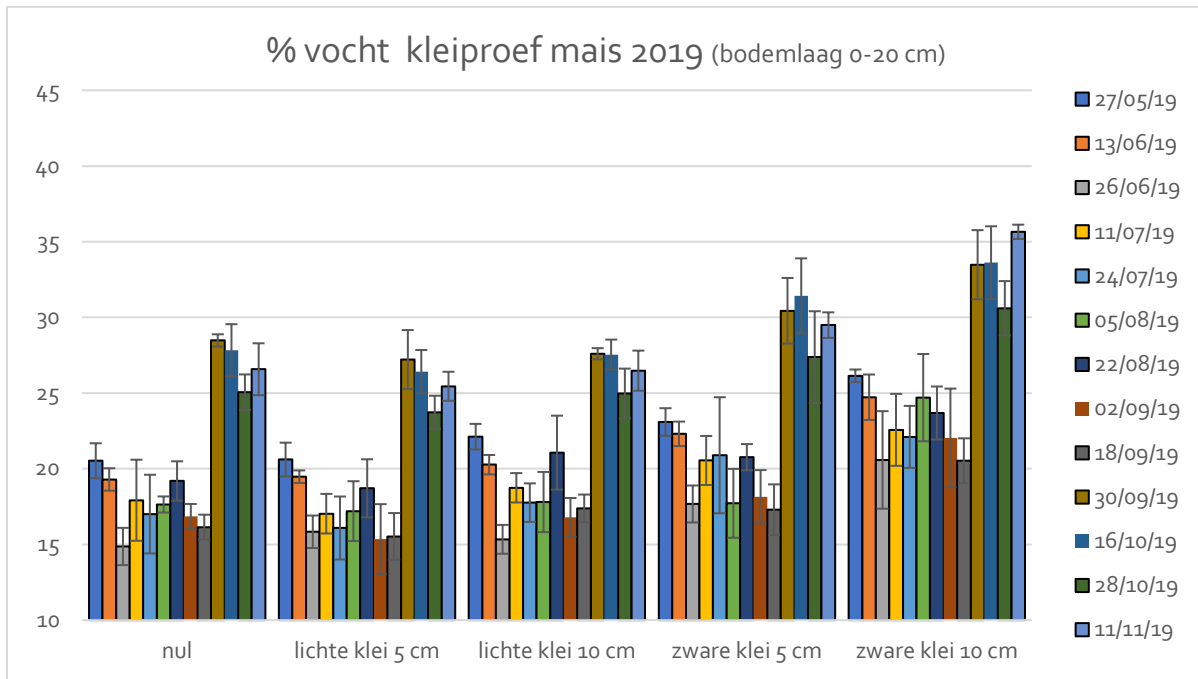
**Figuur 4.1** Foto van kleibrok uit zandbodem maisperceel, zomer 2020.

#### 4.1.2 Vochtgehalte

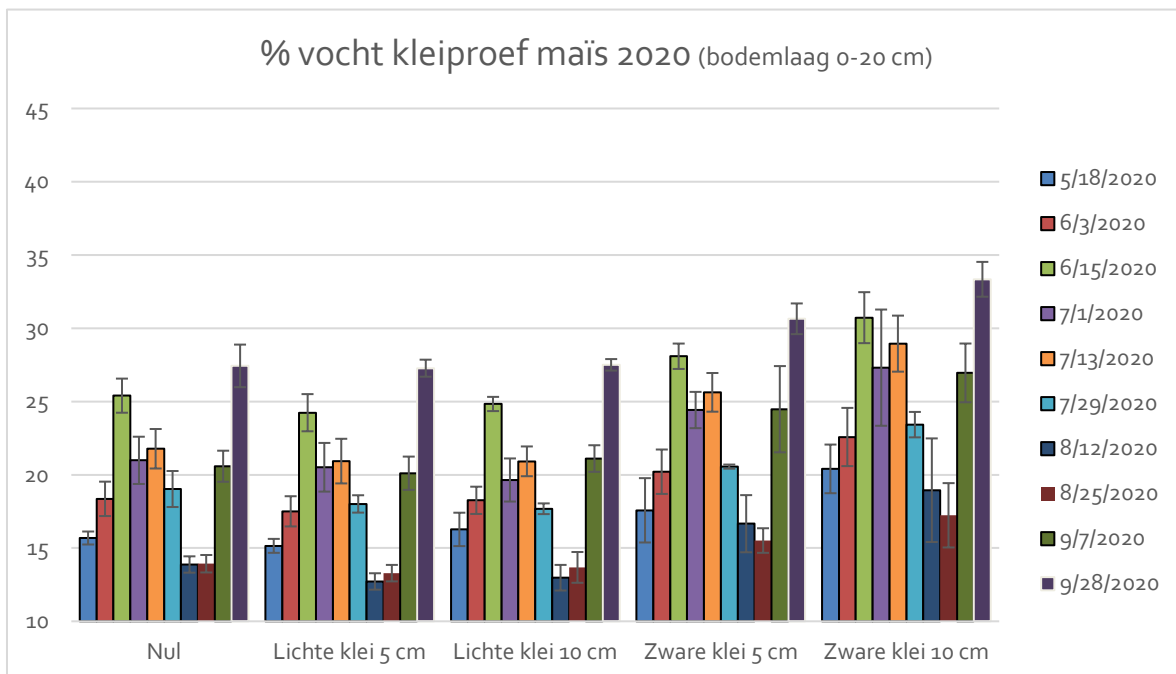
In figuren 4.2, 4.3 en 4.4 zijn het gemeten vochtgehalte van de proefvelden op het maisperceel weergegeven voor de groeiseizoenen 2019-2020-2021.

Gemiddeld genomen is het vochtgehalte in de bodem verrijkt met 10 cm zware klei circa 5 % punten hoger dan de nul, voor 5 cm zware klei is dat circa 2 % punten (zie tabel 4.1). Dat er meer water in de bodem

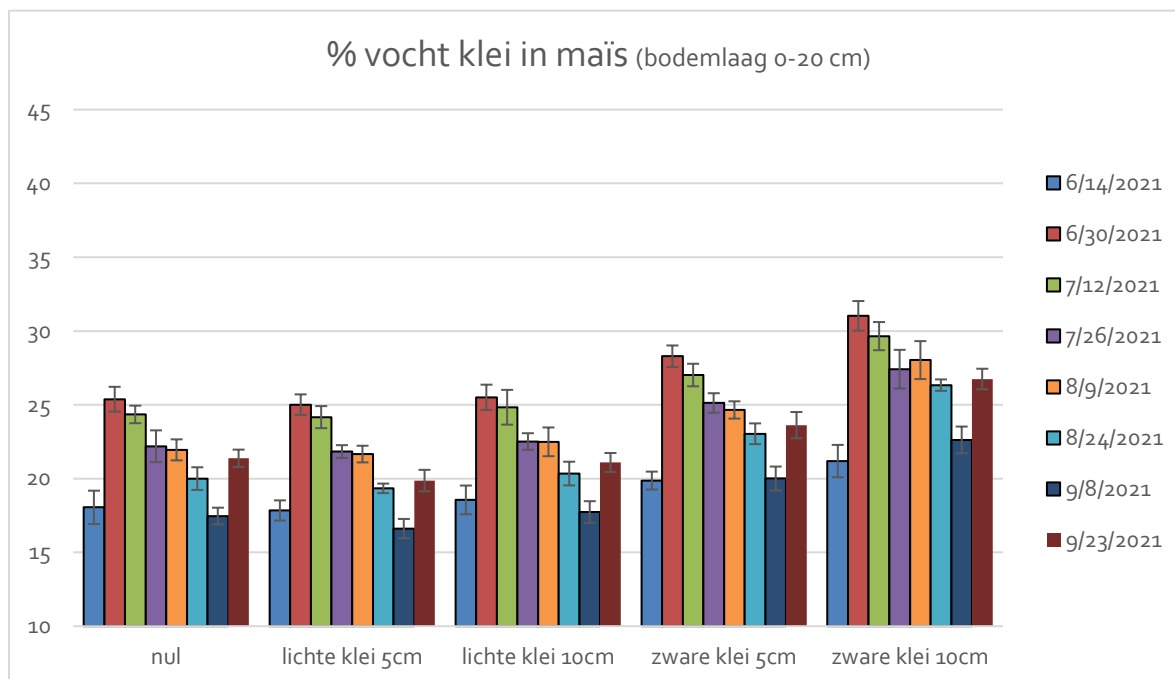
wordt vastgehouden wil nog niet direct zeggen dat het plantbeschikbaar water ook hoger is, het toevoegen van klei zal ook de zuigspanning (pF curve) van de bodem veranderen (zie rapportage Heinen et al., 2022). Het vochtgehalte in de proefvelden met 10 cm zware klei toevoeging verschilt significant van de referentie (zie bijlage 4). Voor 5 cm zware klei is er in de meeste gevallen ook een significant verschil met de referentie. Voor lichte klei is er geen significant verschil ten opzichte van de referentie.



**Figuur 4.2** Vochtgehalte % gewicht groeiseizoen 2019.



**Figuur 4.3** Vochtgehalte % gewicht groeiseizoen 2020.



**Figuur 4.4** Vochtgehalte % gewicht groeiseizoen 2021.

**Tabel 4.1** Gemiddelde vochtgehalten per groeiseizoen 2019, 2020 en 2021 in gewicht %.

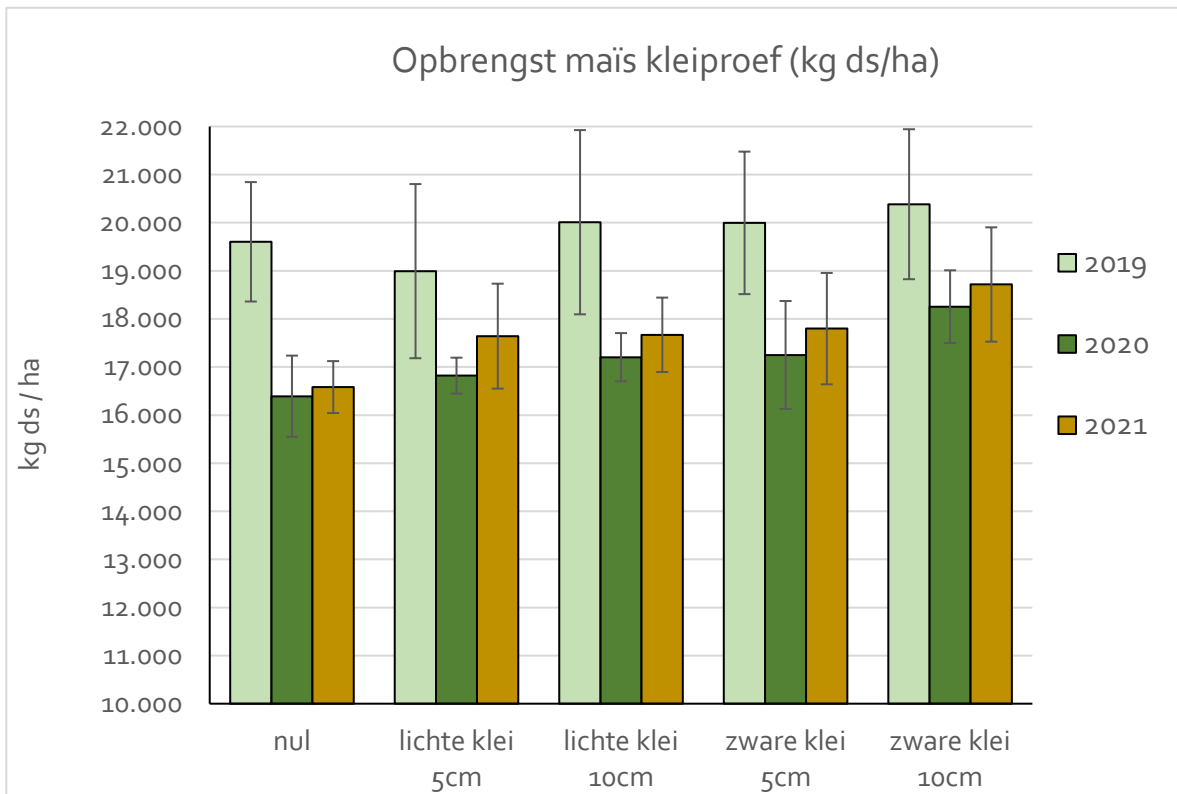
Behandeling	2019 (%)	2020 (%)	2021 (%)
Nul	20,6	19,7	21,3
Lichte klei 5 cm	19,9	19,0	20,8
Lichte klei 10 cm	21,1	19,3	21,6
Zware klei 5 cm	22,9	22,4	24,0
Zware klei 10 cm	26,2	25,0	26,6

#### 4.1.3 Mais opbrengst

In figuur 4.5 is de maisopbrengst weergegeven in kg droge stof per hectare voor de groeiseizoenen 2019, 2020 en 2021. In 2019 was de spreiding in resultaten zo groot dat er geen significante verschillen optraden. Mogelijke oorzaak hiervoor is de geconstateerde schade door ritnaalden. In 2020 en 2021 is de spreiding lager en voor de toevoeging van 10 cm klei zijn de meeropbrengsten in 2020 en 2021 significant verschillend ten opzichte van de referentie. Het betrof hier een meeropbrengst in 2020 van 11% en in 2021 van 13%. In figuur 4.5 is te zien dat ook voor de andere behandelingen lichte klei 5 en 10 cm en zware klei 5 cm meeropbrengsten gemeten zijn voor de jaren 2020 en 2021 (3-5 en 6-7 %), maar deze waren nog niet significant. Door de proef een aantal jaren te herhalen of door het aantal proefvelden te vergroten kan mogelijk blijken dat voor deze behandelingen significante meeropbrengsten te verwachten zijn.

De meeropbrengst in 2021 op het met 10 cm zware klei verrijkte veldje was 2.132 kg ds mais/ha. De economische waarde hiervan wordt geschat op circa 300 euro (uitgaande van 14 cent per kg ds, KWIN veehouderij 2020-2021).





**Figuur 4.5** Droge stof opbrengsten maïs 2019, 2020, 2021.

#### 4.1.4 Bodemparameters

In tabel 4.2 zijn de belangrijkste bodemparameters weergegeven zoals deze geanalyseerd zijn voorafgaand aan het aanbrengen van de klei (24 januari 2019), dit betrof separate bemonsteringen van alle 20 proefvelden. In bijlage 3 is een analysecertificaat weergegeven als voorbeeld waarop alle uitgevoerde analyses te vinden zijn. September 2019 en april 2021 en september 2021 zijn de proefvelden nogmaals bemonsterd en geanalyseerd (zie tabellen 4.3, 4.4, 4.5). De resultaten na het toevoegen van de klei komen niet in de buurt van de theoretisch berekende waarden aan klei gehalten. Ook lijken de andere parameters niet tot nauwelijks veranderd te zijn. bijvoorbeeld P totaal in de lichte klei is 470 kg P/hectare terwijl P totaal niet toeneemt na toevoeging van deze klei aan de zandbodem. Voor P beschikbaar lijkt een afname te zijn na toevoeging van klei maar vanwege de onzekerheid of de metingen überhaupt representatief zijn voor deze nieuwe bodem kan hierover geen gefundeerde uitspraak gedaan worden.

Onduidelijk is waardoor deze afwijking in resultaten ontstaat, waarschijnlijk is de slechte menging van de klei door het zand de oorzaak in combinatie met de gebruikte bemonstering, monsterbehandeling of analysetechniek (NIRS voor klei). Feit is wel dat de gebruikte bemonstering en analyse regulier landbouwgebruik is. Het kan dus zijn dat het toevoegen van klei leidt tot analyseresultaten die niet in lijn zijn met de verwachting.

Heinen et al., 2022 hebben in duplo textuur bepalingen uitgevoerd van bodemmonsters van de proefvelden op 'De Marke'. Voorafgaand aan de analyse (pipetmethode, natte zeef en droge zeef methode) werd de verhouding klei zand op het oog zo goed mogelijk handmatig bijgesteld. Uit deze analyse bleek dat het lutum gehalte toegenomen was in de met klei verrijkte bodems (lichte klei 5 cm 6 % lutum lichte klei 10 cm 10,3 % lutum; zware klei 5 cm 4,5 % lutum en zware klei 10 cm 9,1% lutum). Ondanks dat de monsters zorgvuldig zijn samengesteld is ook hier een discrepantie met de verwachting aangezien lichte klei toevoeging leidt tot hogere kleigehalten dan de zware klei. Dit kan veroorzaakt worden door het 'op het oog' mengen van de kleikorrels met het zand.



**Tabel 4.2** Bodemparameters resultaat voorafgaand aan aanbrengen klei (januari 2019)  
(verzamelmonster van 4 proefvelden).

Parameter	Referentie Geen klei	Maisland Lichte klei 5 cm	Maisland Lichte klei 10 cm	Maisland Zware klei 5 cm	Maisland Zware klei 10 cm
Organische stof (%)	4,9	4,8	5,0	5,1	4,9
N (kgN/ha) totaal	1715	1775	1640	1730	1723
N (kgN/ha) plantbeschikbaar	77,5	78,8	65	70	72,5
P (kgP/ha) totaal	53	49,5	50,8	52,8	50,3
P (kgP/ha) plantbeschikbaar	1,1	1,2	1,1	1,0	1,1
K (kgK/ha) totaal	76	93	73,8	73,3	59
pH	5,6	5,5	5,5	5,5	5,5
Lutum (<2 µm) (%)	1	1,3	1,3	1,5	1,3
Silt (2-50 µm) (%)	14,5	13,5	14,5	15,3	15,3
Zand (>50 µm)(%)	80	80,5	79,3	78,3	79

**Tabel 4.3** Bodemparameters na eerste groeiseizoen met aangebrachte klei (september 2019)  
(verzamelmonster van 4 proefvelden).

Parameter	Referentie Geen klei	Maisland Lichte klei 5 cm	Maisland Lichte klei 10 cm	Maisland Zware klei 5 cm	Maisland Zware klei 10 cm
Organische stof (%)	4,8	5,3	5,1	4,3	5
N (kgN/ha) totaal	1880	2060	2050	1960	1990
N (kgN/ha) plantbeschikbaar	90	100	95	110	95
P (kgP/ha) totaal	51	49	46	46	50
P (kgP/ha) plantbeschikbaar	1,4	0,8	0,9	0,5	0,7
K (kgK/ha) totaal	84	42	30	59	51
pH	5,4	5,5	5,5	5,9	5,9
Lutum (<2 µm) (%)	2	3	3	2	3
Silt (2-50 µm) (%)	13	19	18	14	13
Zand (>50 µm)(%)	80	74	74	79	79

**Tabel 4.4** Bodemparameters april 2021 (gemiddelden van 4 proefvelden).

Parameter	Referentie Geen klei	Maisland Lichte klei 5 cm	Maisland Lichte klei 10 cm	Maisland Zware klei 5 cm	Maisland Zware klei 10 cm
Organische stof (%)	4,9	4,8	4,8	5,2	5,4
N (kgN/ha) totaal	1845	1737	1890	1997	2000
N (kgN/ha) plantbeschikbaar	86	80	91	93	92
P (kgP/ha) totaal	50	47	46	48	43
P (kgP/ha) plantbeschikbaar	1,3	0,8	0,9	0,9	1
K (kgK/ha) totaal	56	46	39	27	21
pH	5,5	6,3	6,6	5,7	5,7
Lutum (<2 µm) (%)	1,5	1,8	2,8	2	2,3
Silt (2-50 µm) (%)	11	12	11	13	11
Zand (>50 µm)(%)	82	81	81	79	82

**Tabel 4.5** Bodemparameters september 2021 (gemiddelden van 4 proefvelden).

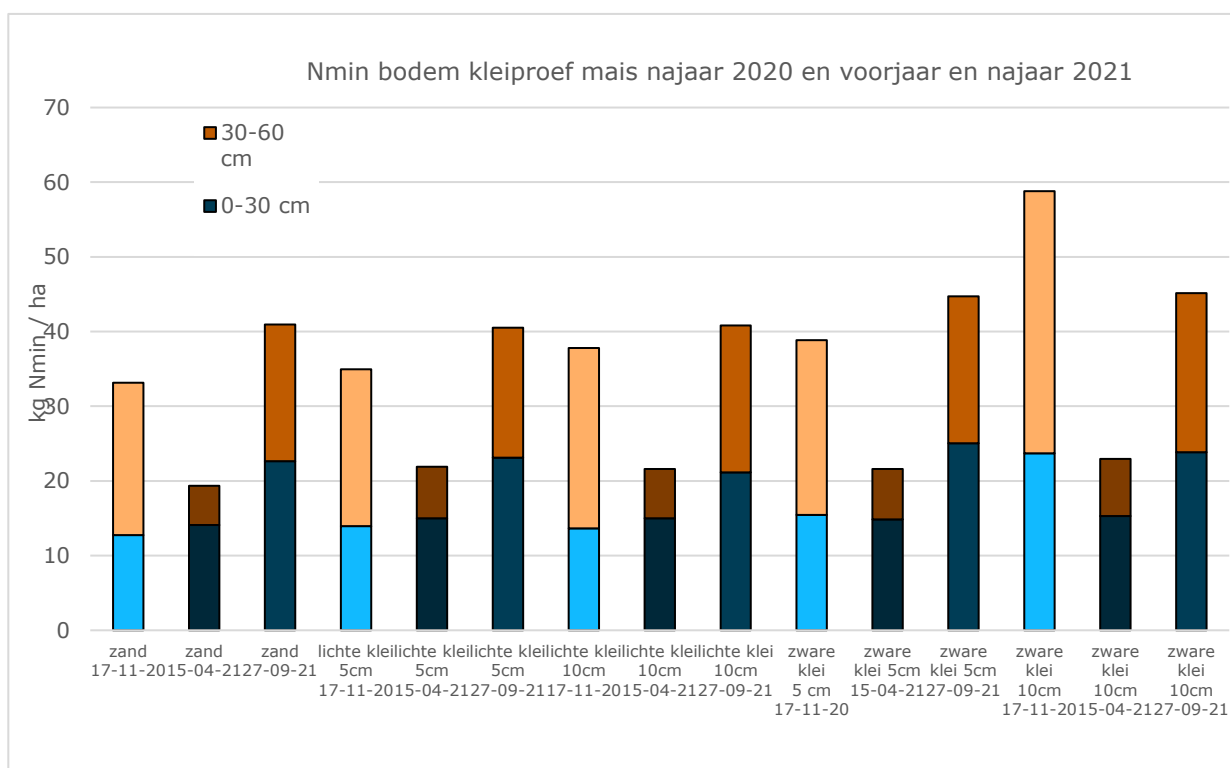
Parameter	Referentie Geen klei	Maisland Lichte klei 5 cm	Maisland Lichte klei 10 cm	Maisland Zware klei 5 cm	Maisland Zware klei 10 cm
Organische stof (%)	5	4,3	4	4,8	5
N (kgN/ha) totaal	1925	1687	1548	1780	1875
N (kgN/ha) plantbeschikbaar	90	87	74	80	80
P (kgP/ha) totaal	47	47	43	46	43
P (kgP/ha) plantbeschikbaar	1	0,8	0,8	1	0,9
K (kgK/ha) totaal	44	40	36	26	24
pH	5,9	6,7	7	5,9	5,9
Lutum (<2 µm) (%)	2	2	3	2	4
Silt (2-50 µm) (%)	17	18	16	19	17
Zand (>50 µm)(%)	75	75	77	74	74

#### 4.1.5 Stikstof bodem en gewas

N<sub>min</sub> is in de bodem bepaald op twee diepten 0-0,3 m-mv en 0,3-0,6 m-mv. De N<sub>min</sub> die na de maisoogst in de bodemlaag 0,3-0,6 m-mv aanwezig is kan gezien worden als potentiële nitraatuitspoeling. In de bodemlaag 0-0,3 zal het vanggewas nog een deel van het N<sub>min</sub> opnemen. In figuur 4.6 zijn de resultaten opgenomen van drie ronden N<sub>min</sub> bepalingen.

Duidelijk is te zien dat de N<sub>min</sub> gehalten in het najaar 2020 hoger zijn in de bodemlaag 0,3-0,6 m-mv dan in het voorjaar 2021. De gehalten aan N<sub>min</sub> lijken in de velden met klei hoger te zijn dan bij de referentie, het verschil was niet significant. De hoge gehalten aan N<sub>totaal</sub> in de toegepaste klei zijn een mogelijke verklaring hiervoor. Hoving (2005) geeft aan dat N<sub>min</sub> in de bodem een indicatie kan zijn voor de te verwachten uitspoeling van nitraat op zandgronden. In dit geval wordt verwacht dat de gemeten hogere gehalten aan N<sub>totaal</sub> een tijdelijk effect is.

Het N<sub>min</sub> gehalte van 10 cm zware klei was bij 1 proefveldje beduidend hoger dan de rest tijdens de bemonstering van 17-11-2020. Indien deze hoge waarde als uitbijter wordt gezien dan zijn de gemiddelde gehalten van de drie andere proefvelden 19 kg/ha (i.p.v. 24) voor 0-0,3 m-mv en 28 kg/ha (i.p.v. 35) op een diepte van 0,3-0,6 m-mv.



**Figuur 4.6** Gemeten gehalten N<sub>min</sub> in bodemlaag 0-0,3 m-mv en 0,3-0,6 m-mv (in kgN/ha).

De gemeten gehalten aan N-totaal in de gewasmonsters verschillen niet veel voor de verschillende proefvelden (zie tabel 4.6). Echter de opbrengst in kg ds vermenigvuldigd met de hoeveelheid N-totaal wat resulteert in de hoeveelheid N onttrokken door het gewas geeft wel verschillen. Er is bij het proefveld zware klei 10 cm circa 20-30 kg N/ha meer onttrokken door het gewas dan bij de referentie. Dit is vooral te wijten aan de hogere drogestof opbrengst per hectare en dus niet zozeer aan hogere concentraties N in de plant. In totaal is in 2019 83 kg N/ha 2020 194 kg N/ha en in 2021 119 kg N/ha aan dierlijke mest toegepast, er is geen kunstmest toegepast. Er is dus over drie jaar tijd minder N toegevoegd aan de bodem dan dat het gewas heeft opgenomen (stikstof emissies naar lucht en water en stikstof depositie buiten beschouwing gelaten).

**Tabel 4.6** Stikstofgehalten in mais.

Parameter	Referentie Geen klei	Maisland Lichte klei 5 cm	Maisland Lichte klei 10 cm	Maisland Zware klei 5 cm	Maisland Zware klei 10 cm
<b>N-totaal 2019 g N/kg ds</b>	10,5	11,2	11,1	11,2	11,5
<b>N-totaal 2020 g N/kg ds</b>	9,7	9,7	9,7	9,6	10,1
<b>N-totaal 2021 g N/kg ds</b>	8,9	9,3	9,2	9,5	9,6
<b>Opgenomen kg N/ha 2019</b>	206	213	222	224	234
<b>Opgenomen kg N/ha 2020</b>	159	163	167	166	184
<b>Opgenomen kg N/ha 2021</b>	148	164	163	169	180

## 4.2 Grasland

### 4.2.1 Zintuiglijke waarnemingen

Februari 2022 zijn op de verschillende proefvelden op het grasland profielkuilen gegraven en zijn de bodemprofielen beschreven. In bijlage 6 is een tabel opgenomen met de profielbeschrijvingen en de verdere waarnemingen. Op de proefvelden met toegevoegde klei (zowel voor lichte als zware klei) was een duidelijke laag van circa 6 cm met klei waar te nemen vanaf het maaiveld (zie figuur 4.7 linker foto klei toevoeging; rechter foto referentie). De inspoeling en vermenging van klei door de oorspronkelijke zandbodem is dus minimaal, de eerste klei werd begin 2019 toegevoegd en de laatste 1,7 cm klei eind 2020. De hypothese was dat het bodemleven (o.a. wormen) zou zorgen voor deze menging. Deze menging is minder dan gehoopt, mogelijk spelen de droge zomers van 2019 en 2020 hier een rol in omdat de activiteit van het bodemleven bij droogte ook afneemt. Maar natuurlijke bodemvormende processen kosten nu eenmaal tijd en een tijdsbestek van 3 jaar (eerste klei aanwending) en zeker 1 jaar (laatste kleiaanwending) is te minimaal om grote verschillen waar te nemen. De humusrijke A -horizont is voor alle proefvelden tot circa 30 cm-mv aanwezig, daarna begint een B/C horizont waar ijzernerlagen waar te nemen zijn, vermoedelijk van de oorspronkelijke bodem voordat het land als landbouwgrond in gebruik genomen werd.



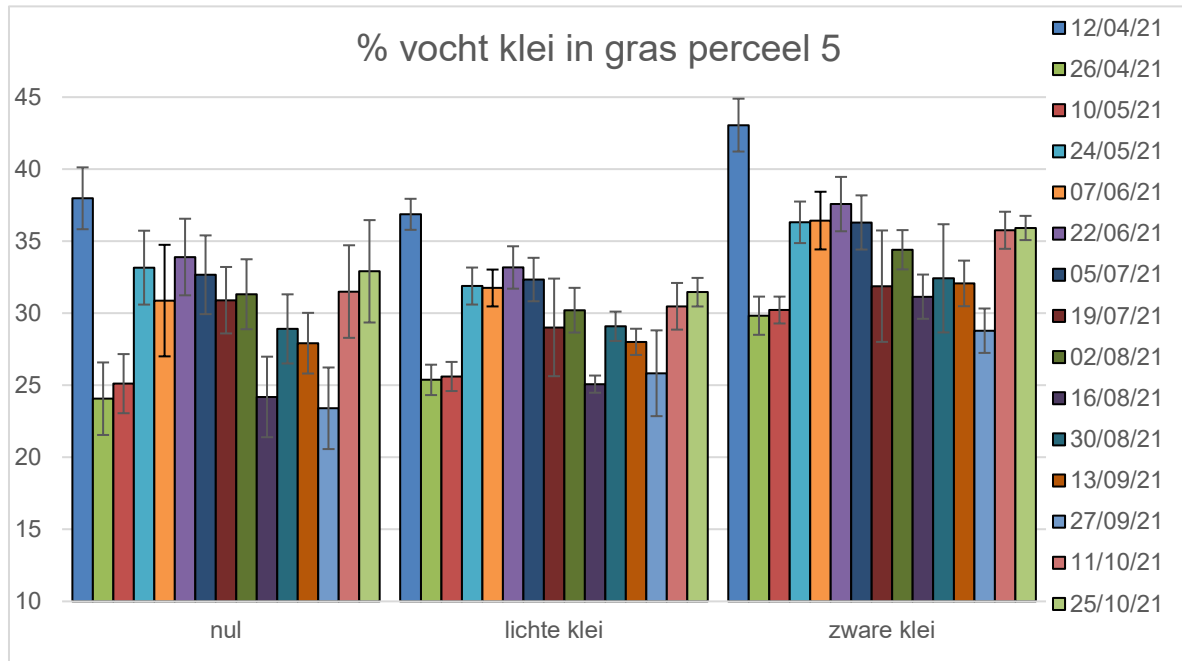
**Figuur 4.7** Bodemprofielen grasland met links bodemprofiel met zware klei toevoeging en rechts bodemprofiel zonder klei toevoeging.

## 4.2.2 Vochtgehalte

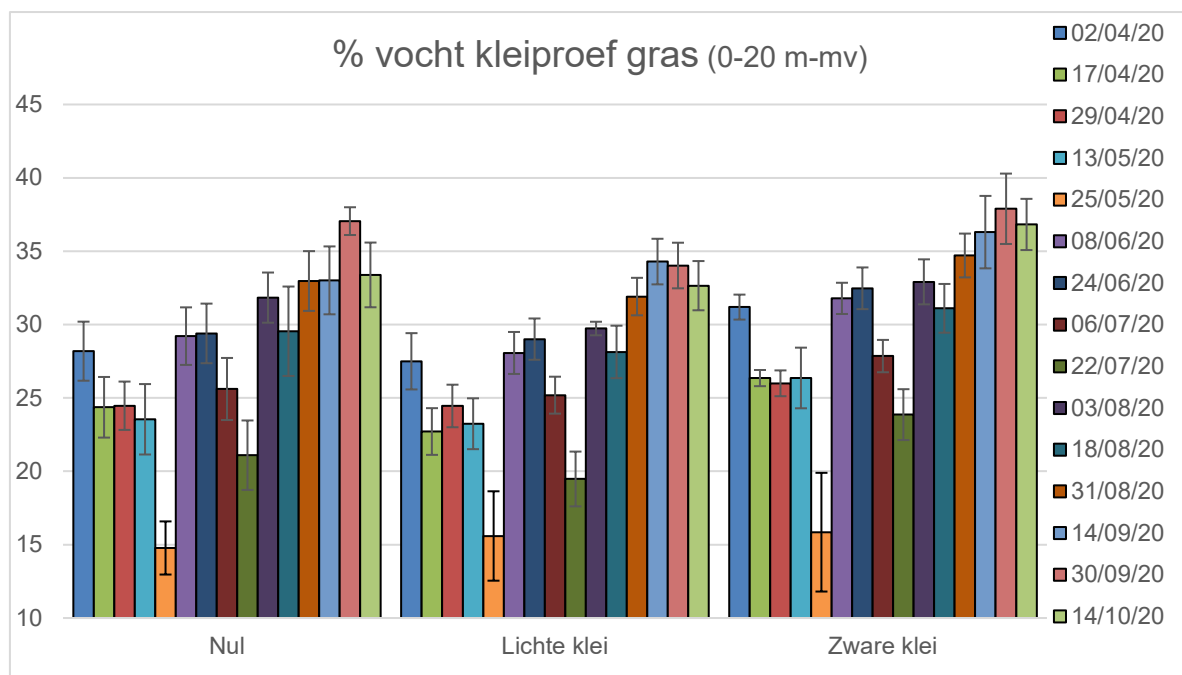
In figuren 4.8 en 4.9 zijn de gemeten vochtgehalten weergegeven voor de groeiseizoenen 2020 en 2021.

Gemiddeld genomen is het vochtgehalte in de bodem verrijkt met zware klei 2 tot 4 procentpunten hoger dan de referentie (zie tabel 4.7). Net als bij mais moet gezegd worden dat de beschikbaarheid van vocht voor planten ook afhankelijk is van de zuigspanning van de bodem (zie paragraaf 4.1.2)

Het vochtgehalte in de proefvelden met zware klei toevoeging verschilt significant ten opzichte van de referentie in 2021, in 2020 was het verschil minder vaak significant (zie bijlage 4 statistische analyse). Voor lichte klei is er geen significant verschil vastgesteld ten opzichte van de referentie.



**Figuur 4.8** Vochtgehalte % gewicht groeiseizoen 2020.



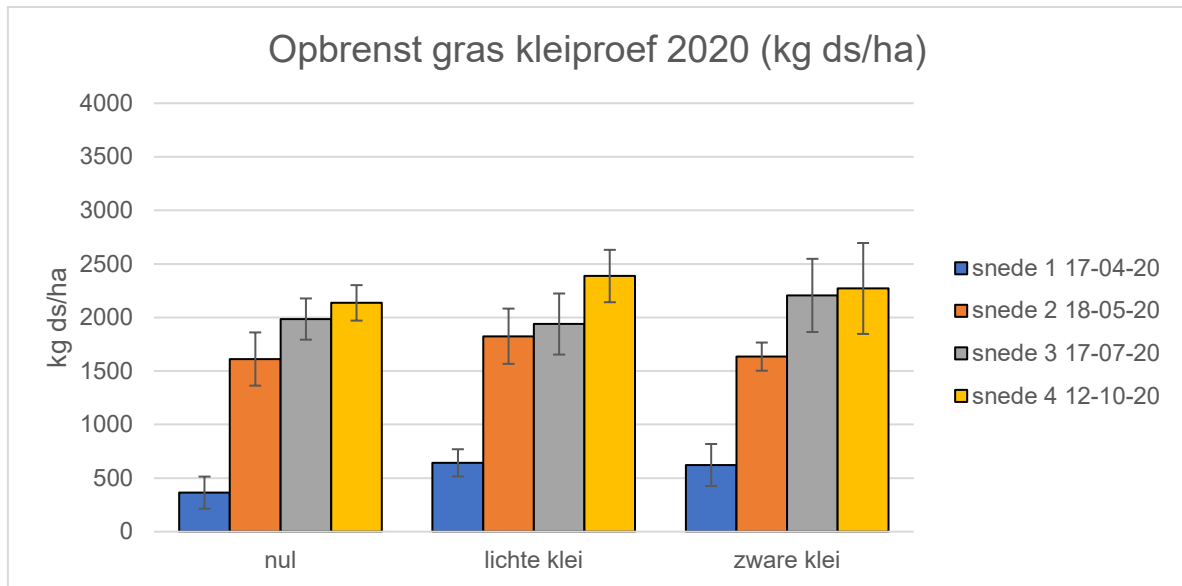
**Figuur 4.9** Vochtgehalte % gewicht groeiseizoen 2021.

**Tabel 4.7** gemiddelde vochtgehalten per groeiseizoenen 2020 en 2021 in gewicht %.

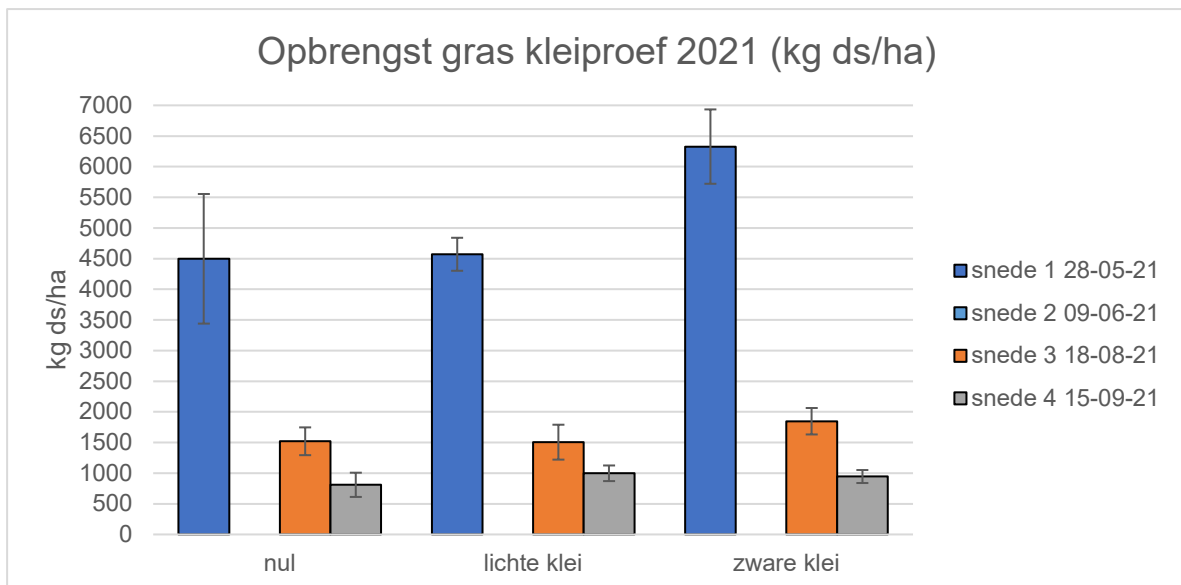
Behandeling	2020	2021
Nul	27,9	29,9
Lichte klei	27,1	29,7
Zware klei	30,1	34,1

#### 4.2.3 Gras opbrengst

De grasopbrengsten zijn weergegeven in figuren 4.10 voor het jaar 2020 en 4.11 voor het jaar 2021. Omdat het een huisperceel betreft en er ook sprake is van weiden is het lastig om alle opbrengsten te meten. In 2020 zijn er geen significante verschillen vastgesteld en in 2021 was alleen de eerste snede van het proefveld met zware klei toevoeging ten opzichte van de referentie significant verschillend.



**Figuur 4.10** Droge stof opbrengsten gras 2020 kg ds/ha (snede 1 en 2 waren weide snedes waarvan de opbrengsten wel bepaald konden worden, op 27 mei is het grasland glad gemaaid na afloop van de weideperiode, hiervan is geen opbrengstbepaling gedaan).



**Figuur 4.11** Droge stof opbrengsten gras 2021 in kg ds/ha (snede 2 was een weide snede waarvan de opbrengst niet bepaald kon worden).

#### 4.2.4 Bodemparameters

In tabel 4.8 zijn de belangrijkste bodemparameters weergegeven zoals deze geanalyseerd zijn voorafgaand aan het aanbrengen van de klei (24 januari 2019), dit betrof separate bemonsteringen van alle 20 proefvelden. In september 2019 (tabel 4.9) zijn de proefvelden nogmaals bemonsterd. De resultaten na het toevoegen van de klei komen, net als bij de geanalyseerde bodemmonsters van de maisveldjes, niet in de buurt van de theoretisch berekende waarden (4,5 % lichte klei en 10% zware klei) aan klei gehalte. Ook lijken de andere parameters niet tot nauwelijks veranderd te zijn. Zeker in het geval van deze graslandbemonstering waarbij de eerste 10 cm wordt bemonsterd en het grootste deel van de klei nog in de bovenste 6 cm aanwezig is verwacht je ook van de andere parameters als P totaal een groter effect van de klei toevoeging.

**Tabel 4.8** Bodemparameters resultaat voorafgaand aan aanbrengen klei (januari 2019) (gemiddelde van 4 proefvelden) voorafgaand aan toevoegen klei, steken van 0-0,1 m-mv.

Parameter	Referentie Geen klei	Grasland Lichte klei	Grasland Zware klei
Organische stof (%)	6,2	6,1	6,2
N (kgN/ha) totaal	2168	2173	2088
N (kgN/ha) plantbeschikbaar	145	135	150
P (kgP/Ha) totaal	48	47	47
P (kgP/Ha) plantbeschikbaar	0,7	0,9	0,8
K (kgK/ha) totaal	182	173	161
pH	5,7	5,7	5,6
Lutum (<2 µm) (%)	2	2	2
Silt (2-50 µm) (%)	12	15	15
Zand (>50 µm)(%)	80	77	77

**Tabel 4.9** Bodemparameters na eerste groeiseizoen met aangebrachte klei (september 2019) (verzamelmonster van 4 proefvelden) steken van 0-0,1 m-mv.

Parameter	Referentie Geen klei	Grasland Lichte klei	Grasland Zware klei
Organische stof (%)	6,1	5,6	6,3
N (kgN/ha) totaal	2360	2070	2560
N (kgN/ha) plantbeschikbaar	145	135	150
P (kgP/Ha) totaal	50	45	41
P (kgP/Ha) plantbeschikbaar	1	0,5	0,4
K (kgK/ha) totaal	131	85	72
pH	5,8	6	5,6
Klei (<2 µm) (%)	2	3	3
Silt (2-50 µm) (%)	14	14	20
Zand (>50 µm)(%)	78	77	71

#### 4.2.5 Stikstof opname gewas

De stikstofgehalten in het gras zijn voor de behandelingen nagenoeg gelijk, en de totale hoeveelheid opgenomen N per hectare ligt voor alle proefvelden rond de 130 kg N/ha (zie tabel 4.10 totale N opname). Wel is in 2021 voor het zware klei proefveld de N opname (159 kg N/ha) hoger dan de andere velden dit is te verklaren door de hogere droge stof opbrengst van de eerste snede. Omdat niet alle snedes zijn bemonsterd is de totale N opname hoger dan hier berekend.

**Tabel 4.10** Stikstofgehalten in grasmonsters 2020 en 2021 gemiddelden van 4 proefvelden in gram/kg droge stof en totale stikstof opbrengsten in kgN/ha.

	<b>Snede 1</b>	<b>Snede 2</b>	<b>Snede 3</b>	<b>Snede 4</b>	<b>Totale N opname kg N /ha</b>
<b>2020</b>	gN/kg ds	gN/kg ds	gN/kg ds	gN/kg ds	
<b>Nul</b>	25,4	20,7	17,1	26	132
<b>Lichte klei</b>	23,2	17	16	22,5	131
<b>Zware klei</b>	23,8	18,6	16,1	23,4	134
<b>2021</b>					
<b>Nul</b>	19,4	weiden	23,5	32,3	123
<b>Lichte klei</b>	18,3	weiden	21,8	28,4	116
<b>Zware klei</b>	18,9	weiden	21,5	30	159

### 4.3 Praktijkervaringen

In deze proef is klei opgebracht op maisland en op grasland. Voor het maisland is het makkelijker om de klei aan te brengen, dit kan met een vaste mestverspreider maar ook met een gronddumper en een kraan, waarna de klei met een laserkilverbak egaal kan worden verdeeld. De grondbewerkingen die hierop volgen zijn van belang om de klei door het bodemprofiel te werken. Belangrijk is dat de kleibrokjes zo klein mogelijk worden, mogelijkheden om dit te bewerkstelligen kunnen zijn: kapot laten vriezen, maar ook door de klei niet te nat aan te wenden en te bewerken. Versmering zorgt ervoor dat kleibonken niet uiteenvallen. In deze proef is de bodem als volgt bewerkt: 2019 spitten gevolgd door ploegen, 2020 kopeg gevolgd door ecoploegen, 2021 2 x frezen gevolgd door ecoploegen. Ondanks deze grondbewerkingen is de klei nog als brokken/brokjes aanwezig in het bodemprofiel. Deze mechanische bewerkingen hebben wel tot gevolg dat de klei verspreid werd door de bouwvoor, echter er is binnen drie jaar nog geen homogene menging van klei en zand bereikt. Idealiter laat je de klei langere tijd op het maaiveld liggen voordat deze door de zandgrond gewerkt wordt. Echter vanwege de verplichting om een vanggewas te telen is het praktisch niet mogelijk om bijvoorbeeld de klei in het najaar aan te brengen en pas in het voorjaar door het zand te werken.

Op het grasland is het van belang dat de klei in kleine brokjes uiteenvalt en tussen het gras valt. Een laag van 1,7 cm dikte aanbrengen op het grasland is bij goede spreiding mogelijk maar dit is wel de maximale dikte willen er geen kale plekken ontstaan. In de velden met klei werd opgemerkt dat de botanische samenstelling van het grasland was veranderd. Dit kan komen door zaden die in de aangebrachte klei zitten, door het ontstaan van kale plekken, door de veranderende omstandigheden of door een combinatie van deze factoren. Deze manier van opbrengen is technisch mogelijk, echter verspreiding van de klei door de bouwvoor is minimaal. Mechanische bewerking is nodig om de klei door de bouwvoor te werken.



---

## 5 Discussie

### 5.1 Menging klei door zand

Door de klei mechanisch door de bouwvoor te werken is een eerste menging van de klei door het zand bewerkstelligt. De verdere vermenging van de klei tot een homogeen bodemprofiel zal door bodemprocessen gefaciliteerd moeten worden. Bodemleven onder andere wormen zullen nodig zijn om dit mogelijk te maken, daarnaast treedt mogelijk inspoelen van kei deeltjes op. Ook wortelgroei in de kleibrokken zal hieraan bijdragen. Een interessante strategie zou het toepassen van afbreekbare organische stof kunnen zijn om het bodemleven te stimuleren en daarmee menging van klei en zand te versnellen.

De wortels van de maisplanten zijn in het zand maar ook in de kleibrokken aangetroffen. Dit duidt erop dat het gewas zowel water en voeding uit zand als klei onttrekt. Niet bekend is of een homogener menging van klei door het zand leidt tot hogere opbrengsten dan de situatie nu met kleibrokken.

De menging door het grasland is minimaal en een eerste mechanische menging is gewenst om betere menging te krijgen. Omdat de klei boven in het profiel zit kan dit ook leiden tot verdichting aan het oppervlak en mogelijk oppervlakkige afstroming van neerslag, wat een effect kan hebben op de resultaten (gras opbrengsten en vochtgehalte) van deze proef.

Omdat de klei niet homogeen gemengd is door de bodem is het nemen van een representatief monster ook lastig. Door met meerder gutsteken te werken is dit zo goed mogelijk ondervangen. De spreiding in de vochtmetingen is relatief klein dus hier lijkt deze strategie te werken. Bij de bodemanalyses lijkt de impact van de opgebrachte klei zeer laag te zijn, mogelijk speelt hier ook deze slechte menging een rol. Heinen et al., 2022 heeft bij het doen van textuuranalyses zo goed mogelijk de verhouding van kleibrokjes en zand nagebootst. Uit die analyses bleken wel verhoogde kleigehalten.

### 5.2 Opbrengsten en gewaskwaliteit

Tijdens deze proef zijn de behandelingen van proefvelden gelijkgesteld aan de behandeling van het betreffende perceel. Mogelijk is dit niet optimaal voor de proefvelden met klei. Bijvoorbeeld het oogstmoment van het grasland wordt vastgesteld op basis van de grasgroei op het zandperceel. Mogelijk dat bij de klei verrijkte proefvelden het optimale oogstmoment eerder of later bereikt wordt dan bij het zandperceel. Het oogstmoment kan een effect hebben op de grasopbrengsten.

De kwaliteit van de gewassen is niet bepaald, mogelijk zit daar verschil in tussen de proefvelden. Wel kan op basis van het stikstofgehalte geconcludeerd worden dat het eiwitgehalte voor de grasproef en maisproef niet veel zal verschillen tussen de proefvelden. Ook is niet gekeken naar gewaskwaliteit als verhouding ondergrondse bovengrondse delen of blad stengel verhouding.

### 5.3 Verklaring meeropbrengsten mais

Er is niet onderzocht waardoor de meeropbrengsten aan mais bij het toevoegen van klei optreden. Duidelijk is dat het toevoegen van klei deze meeropbrengst heeft veroorzaakt maar het mechanisme achter de meeropbrengsten is niet vastgesteld. Het bodemvochtgehalte is wel hoger in de met klei verrijkte veldjes, maar ook de zuigspanning (pF curve) van de bodem wordt veranderd wat een effect heeft op plantbeschikbaar van bodemvocht (Heinen et al., 2022). Met het toevoegen van klei zijn er vele parameters veranderd en zijn bijvoorbeeld ook nutriënten toegevoegd.

Wil men hier duidelijkheid in krijgen dan wordt geadviseerd geconditioneerde proeven uit te voeren waarbij slechts een enkele parameter wordt veranderd.

---

## 5.4 Nitraat uitspoeling

Metingen van N-mineraal in de bodem is een momentopname. Op basis van de uitgevoerde metingen kunnen geen uitspraken gedaan worden over het effect van de klei op het uitspoelen van nitraat. Echter er zijn en worden meerdere proefvelden op grotere schaal aangelegd. Dit biedt een kans om meetreeksen op te bouwen en het effect van de kleitoevoeging op de nitraatuitspoeling te bepalen. Wel zal er gezorgd moeten worden voor een goede referentie (situatie zonder klei toevoeging).

## 5.5 Analyses bemesting bodem

De bodemanalyses en bodembemonstering zijn uitgevoerd zoals deze in de praktijk ook uitgevoerd worden. De resultaten komen veelal niet overeen met verwachte veranderingen in de bodem ten aanzien van het aanbrengen van de klei. Dit kan leiden tot problemen in de praktijk.

---

## 6 Conclusies en aanbevelingen

Op basis van het uitgevoerde onderzoek is geconcludeerd dat het aanbrengen van de klei op grasland goed kan met een vaste mestverspreider. Hierbij dient rekening gehouden te worden met het feit dat de klei niet te nat mag zijn in verband met versmering en klontering. Een dikte van 1,7 cm is nog te doen, maar een dikkere laag kan leiden tot kale plekken in de grasmat. De vermenging van klei door het zand is een langdurig proces en is in 3 jaar tijd nog nauwelijks waar te nemen. Voor mais is de manier van aanwenden minder van belang, wel is het van belang dat de klei mechanisch door de bouwvoor wordt verspreid. Frezen, spitten gevolgd door ploegen zijn grondbewerkingen die ingezet zijn. De gewenste homogene verdeling van de klei door de bouwvoor was in 3 jaar tijd nog minimaal. Dit is een langzaam proces en er is zeker ook biologische activiteit voor nodig.

Op basis van deze proef is geconcludeerd dat het vochtgehalte in de maisproefveldjes met 5 cm en 10 cm zware klei significant hoger is dan bij het referentie veld. De uitgevoerde bodemanalyses met de "Bemestingswijzer" gaven voor de textuur resultaten die dermate afweken van de verwachting dat er op dit moment geen conclusies uit kunnen worden getrokken.

Wel blijkt de maisopbrengst significant hoger op het proefveld met zware klei 10 cm. Een meeropbrengst van 11% (2020) en 13% (2021) zijn vastgesteld. Ook voor de overige behandelingen werden meeropbrengsten vastgesteld zei het in mindere mate (3-5 % 2020 en 6-7 % 2021) en nog niet significant. De meeropbrengst op het met 10 cm zware klei verrijkte proefveld leidt tot een economische meerwaarde van circa 300 euro per hectare.

Voor het grasland zijn geen noemenswaardige meeropbrengsten gerapporteerd. De onzekerheden in deze proef zijn groter dan bij de maisproef omdat er ook sprake is van weidden.

### **Aanbevelingen**

Aanbevolen wordt om

- De dataset te vergroten, oftewel om meerdere jaren bodemvocht en gewasopbrengsten te meten op de betreffende proefveldjes wat mogelijk leidt tot het daadwerkelijk vaststellen van significante verschillen tussen de behandelingen 5 en 10 cm lichte klei, 5 cm zware klei en de referentie (aangezien deze proefvelden omgezet worden van mais naar grasland en van grasland naar mais is dit voor de eerstvolgende jaren niet mogelijk).
- De percelen waar boeren momenteel klei op aanbrengen in het project LIFE CO2SAND zijn een kans om nitraat in het grondwater te meten, en hiermee een meetreeks op te bouwen, om te bepalen wat het effect van de kleitoevoeging op nitraatuitspoeling is.
- Te exploreren of het toevoegen van afbreekbare organische stof kan leiden tot verhoging van het bodemleven, om hiermee de menging van de klei door het zand te versnellen.
- Nader te onderzoeken wat de oorzaak is van de resultaten van de bemestingsanalyses die niet in de lijn van verwachting liggen en bepalen wat de gevolgen zijn voor de praktijk (bemestingsadvies).

---

# Literatuur

Brochure Kleigrond voor verbetering van zandige landbouwpercelen, 2019, <https://edepot.wur.nl/471955>.

Guldemond A., R. Geerts, G. Hilhorst, 2010, Natuurgegevens De Marke 1991-2009, CLM & PRI-WUR.

De Vries, M., I.E. Hoving, J.C. van Middelkoop, J. ten Napel, R.Y. van der Weide, J. Verhagen, T.V. Vellinga, 2018. Klimaatslimme melkveehouderij. Een routekaart voor implementatie van mitigatie- en adaptatiemaatregelen. Wageningen Livestock Research rapport 1131.

Heinen M., G. Bakker, F. Gerritsen, W. de Groot, 2022, Waterretentie en doorlatendheidskarakteristieken in met klei verrijkte zandgrond. Wageningen Environmental Research Rapport 3145.

Hoving I., N-mineraal in bodem indicator voor nitraat in grondwater, April 2005 V-focus.

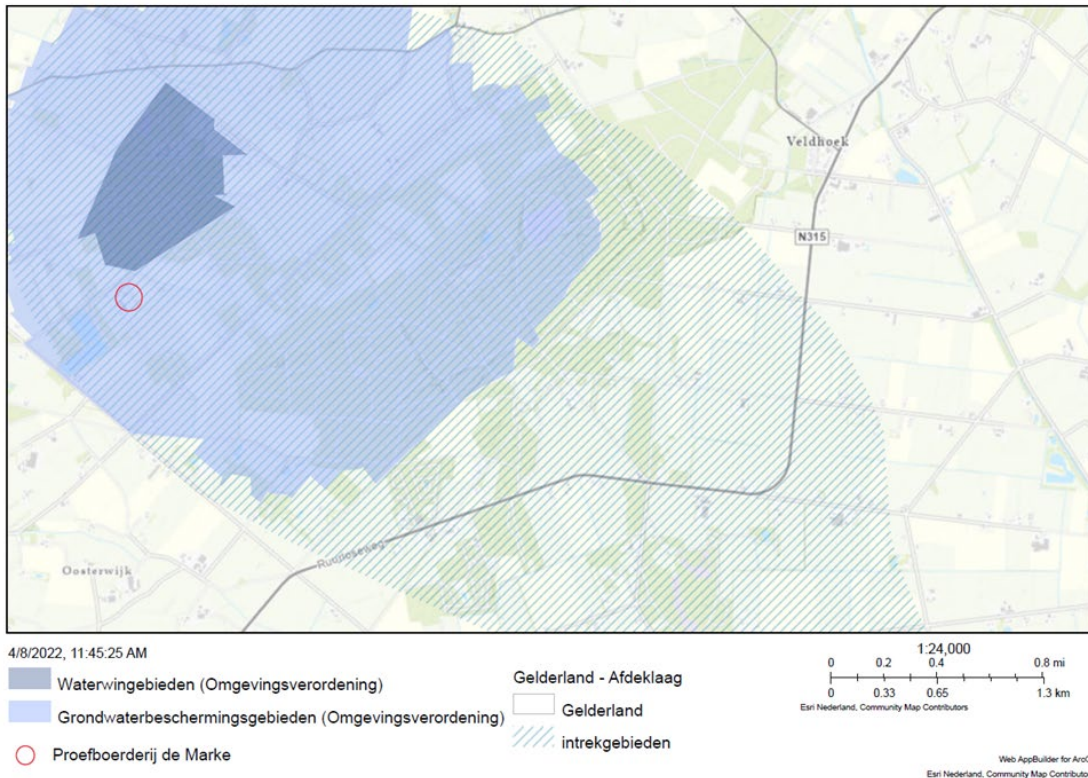
IPCC, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H. O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, T. Waterfield, 2018, Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty, IPCC 2018.

Kwalitatieve Informatie Veehouderij 2020-2021 (KWIN), K. Blanken, F. Buissonjé, A. Evers, W. Ouweltjes, J. Verkaik, I. Vermij, H. Wemmenhove, September 2020, ISSN 1570-8594.

# Bijlage 1 Ligging Melkveeproefbedrijf de Marke

Bron: Provincie Gelderland Geoportaal drinkwaterbeschermingsgebieden

Afdruk web map



Globale ligging proefvelden: gele rechthoek maisproefvelden en groen grasproefvelden (bron: geoweb)

# Bijlage 2 Logboek

## Logboek klei in zand

### 2019

#### Gras p. 5

##### datum omschrijving

14-Feb aanwending klei  
8-Mar dierlijke mest 35 m<sup>3</sup>/ha = 124 kg N/ha  
27-Mar GG stabiel 236 kg/ha = 61 kg N/ha  
15-Apr beregening 9 mm  
17-Apr beweiding snede 1  
16-May beweiding snede 2  
17-May dierlijke mest 25 m<sup>3</sup>/ha = 95 kg N/ha  
21-May graszout blauw 50 kg/ha  
24-May beregening 32 mm  
27-May oogst snede 3  
3-Jun KAS 82 kg/ha = 22 kg N/ha  
10-Jun beregening 40 mm  
30-Jun beregening 53 mm  
5-Jul dierlijke mest 15 m<sup>3</sup>/ha = 44 kg N/ha  
18-Jul oogst snede 4  
26-Jul beregening 13 mm  
30-Jul beregening 30 mm  
8-Aug beregening 39 mm  
16-Oct oogst snede 5  
22-Nov aanwending klei

### 2021

#### Gras p. 5

##### datum omschrijving

25-Feb dierlijke mest 35 m<sup>3</sup>/ha = 126 kg N/ha  
17-Mar GWM 3,3 m<sup>3</sup>/ha = 49 kg N/ha  
28-May oogst snede 1  
31-May graszout blauw 100 kg/ha  
4-Jun dierlijke mest 20 m<sup>3</sup>/ha = 48 kg N/ha  
7-Jun beregening 10 mm  
10-Jun beweiding snede 2  
16-Jun KAS 77 kg/ha = 21 kg N/ha  
17-Jun beregening 18 mm  
2-Jul KAS 82 kg/ha = 22 kg N/ha  
16-Jul dierlijke mest 10 m<sup>3</sup>/ha = 31 kg N/ha  
18-Aug oogst snede 3  
27-Aug KAS 84 kg/ha = 23 kg N/ha  
15-Sep oogst snede 4

### 2020

#### Gras p. 5

##### datum omschrijving

29-Feb dierlijke mest 25 m<sup>3</sup>/ha = 86 kg N/ha  
7-Apr beregening 22 mm  
17-Apr beweiding snede 1  
22-Apr beregening 36 mm  
30-Apr GG stabiel 118 kg/ha = 31 kg N/ha  
6-May beregening 23 mm  
18-May beweiding snede 2  
27-May oogst snede 3  
28-May dierlijke mest 25 m<sup>3</sup>/ha = 99 kg N/ha  
2-Jun beregening 25 mm  
12-Jun graszout blauw 50 kg/ha  
17-Jun KAS 87 kg/ha = 23 kg N/ha  
23-Jun beregening 31 mm  
17-Jun oogst snede 4  
20-Jul dierlijke mest 20 m<sup>3</sup>/ha = 66 kg N/ha  
21-Jul graszout blauw 50 kg/ha  
30-Jul beregening 21 mm  
1-Aug beregening 18 mm  
13-Aug beregening 27 mm  
24-Aug beregening 25 mm  
13-Sep beregening 28 mm  
12-Oct oogst snede 5  
24-Nov aanwending klei

## Mais p. K1

### 2019

#### datum omschrijving

19-Feb aanwending klei  
26-Mar klei en zand mengen met spitmachine  
15-Apr ploegen  
16-Apr kieseriet 75 kg/ha  
16-Apr kali-60 100 kg/ha  
19-Apr dierlijke mest 20 m3/ha = 83 kg N/ha  
25-Apr maiszaaien  
29-Apr wiedeggen voor opkomst  
3-May wiedeggen voor opkomst  
7-May wiedeggen voor opkomst  
3-Jun chemische onkruidbestrijding  
24-Jun schoffelen met grasonderzaai  
1-Jul beregening 42 mm  
12-Jul beregening 37 mm  
29-Jul beregening 39 mm  
25-Sep maisoogst

### 2021

#### datum omschrijving

17-Mar vernietigen vanggewas met een frees  
16-Apr extra keer frezen  
29-Apr ecoploegen  
30-Apr kaliumsulfaat 53 kg/ha  
3-May dierlijke mest 30 m3/ha = 119 kg N/ha  
10-May wiedeggen voor zaaien  
10-May cambridge rol  
10-May maiszaaien  
14-May wiedeggen voor opkomst  
11-Jun chemische onkruidbestrijding  
24-Jun schoffelen  
23-Sep maisoogst  
28-Sep cultiveren  
29-Sep ploegen  
30-Sep kalk strooien  
8-Oct gras zaaien

### 2020

#### datum omschrijving

25-Mar mest dikke fractie 14 m3/ha = 72 kg N/ha  
31-Mar vernietigen vanggewas met een kopeg  
28-Apr ecoploegen  
28-Apr dierlijke mest 30 m3/ha = 122 kg N/ha  
1-May prisma rollen  
4-May maiszaaien  
7-May wiedeggen voor opkomst  
12-May wiedeggen voor opkomst  
29-May beregening 27 mm  
29-May kieseriet 50 kg/ha  
3-Jun chemische onkruidbestrijding  
19-Jun schoffelen met grasonderzaai  
24-Jul beregening 38 mm  
5-Aug beregening 30 mm  
29-Sep maisoogst



# Bijlage 3 Voorbeeld analysecertificaat



Rapport

BemestingsWijzer  
Akker-/tuinbouw  
M-Nul 2.8.12.20

Eurofins Agro  
Postbus 170  
NL - 6700 AD Wageningen

Uw klantnummer: 3309258

T monstername: Willy Teunissen: 0625694104  
T klantenservice: 088 876 1010  
E klantenservice@eurofins-agro.com  
I www.eurofins-agro.com

ASG Prakt.Centr.De Marke  
G.J. Hilhorst  
Roessinkweg 2  
7255 PC HENGELO GLD

In samenwerking met:



Onderzoek	Onderzoek-/ordernr:	Datum monstername:	Datum verslag:	Kopiehouder:				
	779797/004840381	26-09-2019	10-10-2019	ForFarmers BV, R & D - B.Boswerger Postbus 91, 7240 AB LOCHEM				
Resultaat	Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrij laag	goed	vrij hoog	hoog
Chemisch	N-totale bodemvoorraad	kg N/ha	6080	3580 - 5220	[Bar chart showing 6080 between 3580 and 5220]			
	C/N-ratio		14	13 - 17	[Bar chart showing 14 between 13 and 17]			
	N-leverend vermogen	kg N/ha	90	95 - 145	[Bar chart showing 90 below 95]			
	S-plantbeschikbaar	kg S/ha	34	20 - 30	[Bar chart showing 34 above 30]			
	S-totale bodemvoorraad	kg S/ha	985	645 - 905	[Bar chart showing 985 above 905]			
	C/S-ratio		88	50 - 75	[Bar chart showing 88 above 75]			
	S-leverend vermogen	kg S/ha	11	20 - 30	[Bar chart showing 11 below 20]			
	P-plantbeschikbaar	kg P/ha	4,5	5,8 - 9,7	[Bar chart showing 4,5 below 5,8]			
	P-bodemvoorraad	kg P/ha	720	420 - 645	[Bar chart showing 720 above 645]			
	K-plantbeschikbaar	kg K/ha	270	225 - 355	[Bar chart showing 270 between 225 and 355]			
	K-bodemvoorraad	kg K/ha	290	245 - 375	[Bar chart showing 290 between 245 and 375]			
	Fysisch	Ca-plantbeschikbaar	kg Ca/ha	50	235 - 545	[Bar chart showing 50 below 235]		
Ca-bodemvoorraad		kg Ca/ha	2975	2480 - 3720	[Bar chart showing 2975 between 2480 and 3720]			
Mg-plantbeschikbaar		kg Mg/ha	430	180 - 275	[Bar chart showing 430 above 275]			
Mg-bodemvoorraad		kg Mg/ha	475	135 - 405	[Bar chart showing 475 above 405]			
Na-plantbeschikbaar		kg Na/ha	50	115 - 180	[Bar chart showing 50 below 115]			
Na-bodemvoorraad		kg Na/ha	80	75 - 110	[Bar chart showing 80 between 75 and 110]			
Zuurgraad (pH)			5,4	5,6 - 6,1	[Bar chart showing 5,4 below 5,6]			
C-organisch		%	2,7		[Bar chart showing 2,7]			
Organische stof		%	4,8		[Bar chart showing 4,8]			
C/OS-ratio			0,56	0,45 - 0,55	[Bar chart showing 0,56 above 0,55]			
Koolzure kalk		%	< 0,2	2,0 - 3,0	[Bar chart showing < 0,2 below 2,0]			
Klei (<2 µm)		%	2		[Bar chart showing 2]			
Silt (2-50 µm)		%	13		[Bar chart showing 13]			
Zand (>50 µm)		%	80		[Bar chart showing 80]			
Klei-humus (CEC)		mmol+/kg	61	> 52	[Bar chart showing 61 above 52]			
CEC-bezetting	%	99	> 95	[Bar chart showing 99 above 95]				
Ca-bezetting	%	75	75 - 85	[Bar chart showing 75 at 75]				
Mg-bezetting	%	20	6,0 - 10	[Bar chart showing 20 above 10]				
K-bezetting	%	3,8	2,0 - 5,0	[Bar chart showing 3,8 between 2,0 and 5,0]				
Na-bezetting	%	< 0,1	1,0 - 1,5	[Bar chart showing < 0,1 below 1,0]				
H-bezetting	%	< 0,1	< 1,0	[Bar chart showing < 0,1 below 1,0]				
Al-bezetting	%	< 0,1	< 1,0	[Bar chart showing < 0,1 below 1,0]				
	Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrij laag	goed	zeer goed	
Verkruimelbaarheid	rapportcijfer	10,0	6,0 - 8,0	[Bar chart showing 10,0 above 8,0]				
Verslemping	rapportcijfer	8,0	6,0 - 8,0	[Bar chart showing 8,0 at 8,0]				

Pagina: 1  
Totaal aantal pagina's: 6

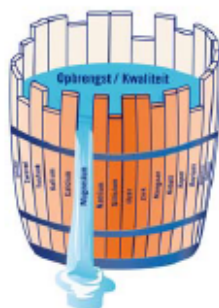
779797, 10-10-2019

Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoordelijkheid van Drs.Ing. J. van Berthum, Business Unit Manager. Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schade van welke aard ook voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het IVA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de wetgeving onder nr. L132 voor uitbesteding van monsternemingen en/of de analysemethoden.

## M-Nul 2.8.12.20

Resultaat	Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrj laag	goed	vrj hoog	hoog
Biologisch	Vochthoudend vermogen mm	52						
	Microbiële biomassa mg C/kg	329	240 - 720	[Bar chart showing value 329 between 240 and 720]				
	Microbiële activiteit mg N/kg	58	60 - 80	[Bar chart showing value 58 between 60 and 80]				
	Schimmel/bacterie-ratio	0,8	0,6 - 0,9	[Bar chart showing value 0,8 between 0,6 and 0,9]				



### Essentiële nutriënten

Elk gewas heeft voedingsstoffen nodig. De essentiële nutriënten waar een gewas het meest van nodig heeft, zijn stikstof (N), zwavel (S), fosfaat (P), kalium (K), calcium (Ca) en magnesium (Mg). De andere essentiële nutriënten zijn de sporenelementen ijzer (Fe), zink (Zn), mangaan (Mn), koper (Cu), borium (B), molybdeen (Mo) en chloor (Cl). Een gewas heeft van sporenelementen relatief weinig nodig, maar een tekort kan bij ieder gewas opbrengst- en of kwaliteitsverlies veroorzaken.

Een aantal andere nutriënten (natrium, silicium, kobalt, selenium) kunnen ook van belang zijn voor onder andere opbrengst, kwaliteit, weerbaarheid, stevigheid, vruchtbaarheid, smakelijkheid en (dier)gezondheid.

Elementen kunnen elkaar ook beconcurreren. Als bijvoorbeeld de Mg-toestand 'goed' is maar de K-toestand 'hoog' is, kan er alsnog een Mg-tekort ontstaan. De adviesgiften houden derhalve ook rekening met deze interacties.

### Bemestingsadviezen en wetgeving

De bemestingsadviezen streven een landbouwkundig optimale opbrengst en kwaliteit na. De adviezen houden geen rekening met restricties vanuit wetgeving. Wanneer u op bedrijfsniveau niet voldoende ruimte heeft, adviseren we de giften van de minst behoeftige gewassen te verminderen, overleg met uw adviseur.

Wetgeving	Resultaat
	Lever de resultaten van grondonderzoek ieder jaar opnieuw in voor 15 mei van het betreffende jaar. Dat kunt u doen op <a href="http://www.rvo.nl/aangifte">www.rvo.nl/aangifte</a> . Voor dit perceel kunt u de volgende waarden doorgeven: P-Al = 51 mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /100 g Pw = 39 mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /l

Advies in kg per ha per jaar	Frequentie	Gewas	Adviesgift	Afvoer
Stikstof (N)	per jaar	Consumptie-aardappelen	310	
		Suikerbieten	180	
		Snijmais	215	
Sulfaat (SO <sub>3</sub> )	per jaar	Consumptie-aardappelen	25	60
		Suikerbieten	65	100
		Snijmais	20	73
Fosfaat (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	per jaar	Consumptie-aardappelen	65	55
		Suikerbieten	55	55
		Snijmais	80	80
Kali (K <sub>2</sub> O)	per jaar	Consumptie-aardappelen	255	255
		Suikerbieten	150	150
		Snijmais	300	300
Calcium (CaO)	per jaar	Consumptie-aardappelen	75	
		Suikerbieten	70	
		Snijmais	55	
Magnesium (MgO)	per jaar	Consumptie-aardappelen	0	
		Suikerbieten	0	
		Snijmais	0	
Natrium (Na <sub>2</sub> O)	per jaar	Suikerbieten	150	
		Overige gewassen	Natriumbemesting is niet zinvol	
Kalk (nw)	eenmalig		1465	
		De kalkgift is gebaseerd op een optimale pH van 5,9 Voor elk tiende pH-verhoging is een kalkgift (nw) nodig van 295		
Effectieve org. stof	per jaar		1530	

Pagina: 2  
Totaal aantal pagina's: 6

779797, 10-10-2019

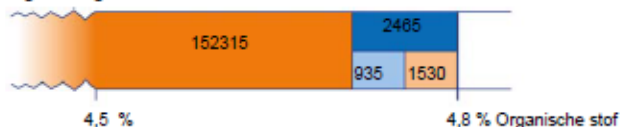
## M-Nul 2.8.12.20

Advies			
Bodemstructuur	Calcium (CaO)	eenmalig	275
	Magnesium (MgO)	eenmalig	0

<b>Toelichting</b>	<p>De resultaten en/of het advies van dit bemestingsonderzoek kunt u t/m 2023 gebruiken. Laat het perceel daarna opnieuw bemonsteren. Dan krijgt u een betrouwbaar bemestingsadvies gebaseerd op de actuele bodemtoestand.</p> <p><b>Stikstof:</b> Het N-advies betreft een gewasgericht jaargift. We adviseren deze N-gift - zo mogelijk - op te delen in meerdere giften. Of de vervolggift nodig is, kunt u tijdens het groeiseizoen laten controleren via ons BodemCheck onderzoek. In dit onderzoek wordt onder andere de plantbeschikbare (=minerale) N in de bodem gemeten. Voor aardappelen zijn de verschillen tussen rassen groot. Met BodemCheck kunt u in plaats van een gewasgericht advies, een rasgericht advies aanvragen.</p> <p><b>Zwavel:</b> Zwavel (S) komt vrij bij de afbraak van organische stof of mest. Deze afbraak vindt plaats door bodemleven. Bodemleven is onder koudere omstandigheden niet erg actief. Vroeg in het voorjaar komt er derhalve weinig S vrij uit de bodem. Voor veel vroege gewassen kan het dan ook verstandig zijn om S te bemesten, zelfs al is de bodemvoorraad goed of hoog (overleg met uw adviseur).</p> <p><b>Fosfaat:</b> De P-buffering is 36 . Het streeftraject ligt tussen de 17 - 27 De P-buffering geeft aan of de P-bodemvoorraad in staat is de P-plantbeschikbaar op het huidige peil te houden. Als de P-buffering laag is, dan zal de P-plantbeschikbaar tijdens het groeiseizoen niet op peil blijven en zal op termijn ook de P-bodemvoorraad terug gaan lopen.</p>	<p><b>Kali:</b> Het K-getal is voor dit perceel 18 Kalium is een mobiel element. Het kali-advies is daarom maar 2 jaar van toepassing.</p> <p><b>Calcium:</b> Het calciumadvies is - afhankelijk van de bodemtoestand - deels gewasgericht en deels bodemgericht. Het gewasgerichte CaO-bemestingsadvies (direct onder het kali-advies) is voornamelijk bedoeld om de kwaliteit van gewassen te verbeteren. Het bodemgerichte advies is bedoeld om de bodemvoorraad van calcium op peil te brengen en zal daarnaast een positief effect hebben op de bodemstructuur (zie CEC-driehoek). Let op: mogelijk krijgt u ook een kalkgift geadviseerd. U hoeft niet meerdere keren calcium te geven; calcium uit stikstof-, fosfaat- en kalkmeststoffen dient u hierop in mindering te brengen.</p> <p><b>Kalk:</b> Verdeel de kalkgiften over de jaren of geef de kalk voorafgaand aan het meest kalkbehoeftige gewas in het bouwplan.</p> <p><b>Bodemleven:</b> De biologische bodemvruchtbaarheid wordt nu weergegeven via 3 kengetallen, te weten de microbiële biomassa, de microbiële activiteit en de schimmel/bacterie-ratio. Op basis van de huidige kennis wordt een waardering gegeven die afhankelijk is van de hoeveelheid organische stof. Er wordt nu nog geen advies gegeven. Via diverse onderzoeksprojecten zal er meer informatie beschikbaar komen.</p>
--------------------	--	--

M-Nul 2.8.12.20

Organische stof Figuur: Organische stofbalans



Jaarlijks afbraakpercentage van de totale voorraad organische stof (%): 1,6

- Voorraad organische stof die over 1 jaar in de bemonsterde laag nog aanwezig zal zijn als er geen (effectieve) organische stof wordt aangevoerd.
- Totaal benodigde aanvoer van effectieve organische stof als gevolg van afbraak van de organische stof.
- Aanvoer via gewasresten (gemiddeld binnen opgegeven bouwplan of gewassen).
- Nog aan te vullen via bijv. dierlijke mest, groenbemesters en/of compost.

Gewas(rest)	Aanvoer effectieve organische stof
Consumptie-aardappelen	875
Suikerbieten	1275
Snijmais	660
Gemiddelde aanvoer/jaar	935

Om het organische stofgehalte met 0,1% te verhogen dient u een extra hoeveelheid effectieve organische stof aan te voeren van: 3225 kg per ha.

Figuur: Kwaliteit van de organische stof

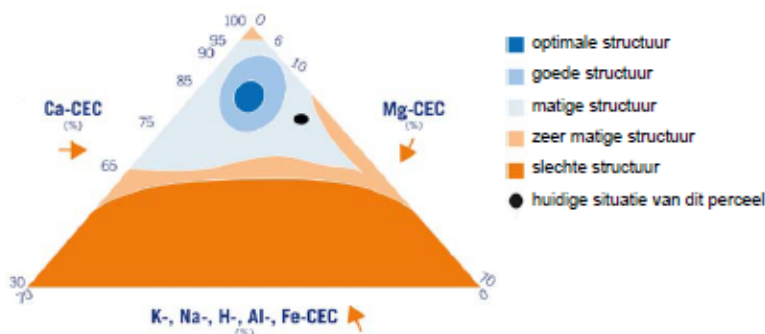


Organische stof bestaat uit met name C, N, P, S. Wanneer de organische stof relatief veel N en of S bevat is dit aantrekkelijk voor bodemleven. Bodemleven vreet deze organische stof graag. Hierbij komt N en S vrij en het gehalte aan organische stof daalt licht (dynamische organische stof). Organische stof kan ook veel C bevatten. Dat is over het algemeen minder aantrekkelijk voor bodemleven. De organische stof wordt derhalve minder aangevreten door bodemleven; de organische stof is stabiel. Stabiele organische stof draagt onder andere bij aan de bewerkbaarheid van de bodem en aan de rulheid. Dynamische organische stof draagt bij aan met name het vrijkomen van N en S en is daarmee een bron van deze nutriënten voor het gewas. De kwaliteit van de organische stof is (geleidelijk) aan te passen door onder andere te letten op de eigenschappen van bodemverbeteraars als dierlijke mest, compost en gewasresten.

Fysisch

De beoordeling van de potentiële structuur wordt gedaan op basis van de verhouding tussen calcium, magnesium en overige kationen aan het klei-humuscomplex. Uiteraard is de werkelijke structuur ook afhankelijk van weersomstandigheden en vochttoestand van de bodem tijdens berijden en bewerken en de zwaarte van machines.

Figuur: Structuurdriehoek



M-Nul 2.8.12.20

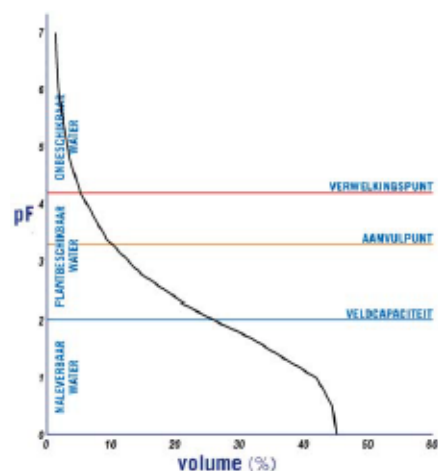
Fysisch Figuur: Textuurdriehoek



Naast klei (lutum), worden ook de silt- en zandfracties weergegeven. Klei is kleiner dan 2 micrometer ( $\mu\text{m}$ ), siltdeeltjes zijn 2-50  $\mu\text{m}$  en zanddeeltjes groter dan 50  $\mu\text{m}$ . De onderlinge verdeling van bodemdeeltjes wordt onder andere gebruikt om het verslempingsrisico van een bodem in te schatten. Bij verslemping wordt de bodem dichtgesmeerd met kleinere deeltjes (klei en silt). Een heel eenzijdige verdeling (bijvoorbeeld hoofdzakelijk zand- of kleideeltjes) levert het minste risico van slemp op. Bij 10-20% klei is het risico op slemp het grootst.

De verkruijmelbaarheid is goed te noemen. Echter is dit ook afhankelijk van de soort teelt. Gezien het resultaat is de kans op verslemping klein.

Figuur: Waterretentiecurve



De hoeveelheid plant beschikbaar water in de bemonsterde laag is 52 mm, dit is wat u maximaal zou moeten beregenen. Alles wat u meer geeft spoelt af van het perceel of zakt naar diepere lagen.

Als het vochtgehalte van het perceel daalt hebben gewassen moeite om voldoende water op te nemen, de grens ligt bij pF 3,3. Wanneer u het vochtgehalte kan bepalen, begin dan met beregenen als het vochtgehalte van dit perceel op 10,2% vocht zit en geef dan 40 mm.

Het actuele vochtgehalte kan bepaald worden door een vochtsensor of verzamel grond van een tiental plekken in het perceel. Meet het gewicht van de vochtige grond en het gewicht van de grond na 24 uur drogen, het verschil tussen de twee is een indicatie van het vochtgehalte van het perceel.

<b>Contact &amp; info</b>	Bemonsterde laag:	0 - 25 cm
	Grondsoort:	Zand
	Monster genomen door:	Eurofins Agro, Willy Teunissen
	Contactpersoon monstername:	Willy Teunissen: 0625694104
	Bemonsteringsmethode:	W-patroon, min. 40 steken; volgens Eurofins Agro standaard MIN 1000 Q
Specificatie oppervlakte:	Precisiemonster, <1 ha	

Na verzending van dit verslag wordt, indien de aard en de onderzoeksmethode van het monster dit toelaat, het monster nog twee weken bij Eurofins Agro voor u bewaard. Binnen deze tijd kunt u eventueel reclameren en/of aanvullend onderzoek aanvragen.



## M-Nul 2.8.12.20

Methode	Resultaat	Eenheid	Methode	RvA
Analyse resultaten	N-totale bodemvoorraad	1880	mg N/kg	Em: NIRS (TSC0)
	S-plantbeschikbaar	10,5	mg S/kg	Em: CCL3(PAE0)
	S-totale bodemvoorraad	305	mg S/kg	Em: NIRS (TSC0)
	P-plantbeschikbaar	1,4	mg P/kg	Em: CCL3(PAE0)
	P-bodemvoorraad	51	mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /100 g	Em: NIRS (TSC0)
	K-plantbeschikbaar	84	mg K/kg	Em: CCL3(PAE0)
	K-bodemvoorraad	2,3	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC0)
	Ca-plantbeschikbaar	0,2	mmol Ca/l	Em: NIRS (TSC0)
	Ca-bodemvoorraad	51	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC0)
	Mg-plantbeschikbaar	134	mg Mg/kg	Em: CCL3(PAE0)
	Mg-bodemvoorraad	12,1	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC0)
	Na-plantbeschikbaar	15	mg Na/kg	Em: CCL3(PAE0)
	Na-bodemvoorraad	< 1,1	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC0)
	Zuurgraad (pH)	5,4		Em: NIRS (TSC0)
	C-organisch	2,7	%	Em: NIRS (TSC0)
	Organische stof	4,8	%	Em: NIRS (TSC0)
	C-anorganisch	0,06	%	Em: NIRS (TSC0)
	Koolzure kalk	< 0,2	%	Em: NIRS (TSC0)
	Klei (<2 µm)	2	%	Em: NIRS (TSC0)
	Silt (2-50 µm)	13	%	Em: NIRS (TSC0)
	Zand (>50 µm)	80	%	Em: NIRS (TSC0)
	Klei-humus (CEC)	61	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC0)
	Microbiële biomassa	329	mg C/kg	Em: NIRS (TSC0)
	Microbiële activiteit	58	mg N/kg	Em: NIRS (TSC0)
	Schimmel biomassa	95	mg C/kg	Em: NIRS (TSC0)
	Bacteriële biomassa	112	mg C/kg	Em: NIRS (TSC0)

De op pagina 1 en 2 bij Resultaat vermelde waarden zijn berekend uit bovenstaande analysesresultaten.

Q Methode geaccrediteerd door RvA  
Em: Eigen methode, G: Gelijkaardig aan, Cf: Conform

De resultaten zijn weergegeven in droge grond.

Alle verrichtingen zijn binnen de gestelde houdbaarheids termijn tussen monsternamen en analyse uitgevoerd.  
De resultaten hebben uitsluitend betrekking op het in behandeling genomen materiaal op 30-09-2019

---

# Bijlage 4    Bijlage 4    Resultaat statistische berekeningen Nul = referentie

**Humusarm = lichte klei**

**Humusrijk = zware klei**

**Grasopbrengst perceel 5 2020:**

**Overview significanties**

kg/ha	<i>Snedes 1</i>	<i>Snedes 2</i>	<i>Snedes 3</i>	<i>Snedes 4</i>
<b>Nul</b>	a	b	c	d
<b>Humusarm</b>	a	b	c	d
<b>Humusrijk</b>	a	b	c	d

DS	<i>Snedes 1</i>	<i>Snedes 2</i>	<i>Snedes 3</i>	<i>Snedes 4</i>
<b>Nul</b>	a	c	d,e	f
<b>Humusarm</b>	a	c	d	f
<b>Humusrijk</b>	b	c	e	f

**Snedes 1:**

Kg/ha:

Non-normal -> Kruskal wallis niet significant (p-value 0.116)

There is no significant difference in the means in DS between Nul, humusarm, humusrijk.

DS:

ANOVA: levene's test not significant, Variance between groups significant (p-value 0.021) -> at least one mean significantly different from the others. Multiple comparisons shows: Humusarm is significantly different from Humusrijk (p-value 0.047), NUL is significantly different from Humusrijk (p-value 0.007), NUL is NOT significantly different from Humusarm (0.283)

**Snedes 2:**

Kg/ha:

ANOVA: levene's test not significant, between groups variance not significant (p-value 0.634).

Conclusion: Voor snedes 2 is er geen significant verschil in kg/ha tussen de groepen Humusarm, Humusrijk en Nul

DS:

ANOVA: levene's test not significant, between groups variance not significant (p-value 0.431).

Conclusion: Voor snedes 2 is er geen significant verschil in % ds tussen de groepen Humusarm, Humusrijk en Nul



---

**Snedes 3:**

Kg/ha:

ANOVA: Levene's test not significant, between groups variance not significant (p-value 0.124).

Conclusion: Voor snede 3 is er geen significant verschil in kg/ha tussen de groepen Humusarm, Humusrijk en Nul

DS:

ANOVA: Levene's test not significant, Variance between groups significant (p-value 0.045) -> at least one mean significantly different from the others. Multiple comparisons shows: Humusarm is significantly different from Humusrijk (p-value 0.015), NUL is NOT significantly different from Humusrijk (p-value 0.236), NUL is NOT significantly different from Humusarm (0.121)

**Snedes 4:**

Kg/ha:

ANOVA: Levene's test not significant, between groups variance not significant (p-value 0.967).

Conclusion: Voor snede 4 is er geen significant verschil in kg/ha tussen de groepen Humusarm, Humusrijk en Nul

DS:

Non-Normal: Kruskal Wallis: niet significant (p-value 0.118)

There is no significant difference in the means in DS between Nul, humusarm, humusrijk.

## Grasopbrengst perceel 5 2021:

kg/ha	<i>Snedes</i> 1	<i>Snedes</i> 3	<i>Snedes</i> 4
<b>Nul</b>	a	c	d
<b>Humusarm</b>	a	c	d
<b>Humusrijk</b>	b	c	d

### Overview significanties

DS	<i>Snedes</i> 1	<i>Snedes</i> 3	<i>Snedes</i> 4
<b>Nul</b>	a	c	f
<b>Humusarm</b>	a	d	f
<b>Humusrijk</b>	b	e	g

kgds/ha	<i>Snedes</i> 1	<i>Snedes</i> 3	<i>Snedes</i> 4
<b>Nul</b>	a	c	d
<b>Humusarm</b>	a	c	d
<b>Humusrijk</b>	b	c	d

### Snedes 1:

### Tests of Normality

	behan.	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
kg/ha	Nul	,404	4	.	,705	4	,013
	Humusarm	,248	4	.	,907	4	,466
	Humusrijk	,315	4	.	,888	4	,373
% ds	Nul	,411	4	.	,707	4	,014
	Humusarm	,394	4	.	,753	4	,041
	Humusrijk	,235	4	.	,919	4	,529
kg ds/ha	Nul	,405	4	.	,709	4	,015
	Humusarm	,266	4	.	,951	4	,722
	Humusrijk	,272	4	.	,869	4	,295

a. Lilliefors Significance Correction

### Kg/ha:

Non-normal -> Kruskal wallis

H0: The distributions are the same across categories

Ha: At least one of the distributions differs across categories

P-value 0.021 < 0.05, Reject Ho

At least one distribution differs across categories. Individual Mann-U tests determine which categories differ from each other.

Nul and Humusarm are significantly different from each other (p-value 0.021), Humusarm and Humusrijk differ significantly from each other (p-value 0.021). The other group did not differ significantly from each other.

### % DS:

Non-normal -> Kruskal wallis

H0: The distributions are the same across categories

Ha: At least one of the distributions differs across categories

P-value  $0.026 < 0.05$ , Reject Ho

At least one distribution differs across categories. Individual Mann-U tests determine which categories differ from each other.

Nul and Humusarm are significantly different from each other (p-value 0.021), Humusarm and Humusrijk differ significantly from each other (p-value 0.043). The other group did not differ significantly from each other.

**KgDS/ha:**

Non-normal -> Kruskal wallis

H0: The distributions are the same across categories

Ha: At least one of the distributions differs across categories

P-value  $0.018 < 0.05$ , Reject Ho

At least one distribution differs across categories. Individual Mann-U tests determine which categories differ from each other.

Nul and Humusarm are significantly different from each other (p-value 0.021), Humusarm and Humusrijk differ significantly from each other (p-value 0.021). The other group did not differ significantly from each other.

ANOVA: levene's test not significant, Variance between groups significant (p-value 0.021) -> at least one mean significantly different from the others. Multiple comparisons shows: Humusarm is significantly different from Humusrijk (p-value 0.047), NUL is significantly different from Humusrijk (p-value 0.007), NUL is NOT significantly different from Humusarm (0.283)

**Snedecor 3:**

**Kg/ha:**

Non-normal -> Kruskal wallis

H0: The distributions are the same across categories

Ha: At least one of the distributions differs across categories

P-value  $0.059 > 0.05$ , Accept Ho

The distributions are assumed to be the same across categories

**DS:**

ANOVA: levene's test not significant, between groups variance significant (p-value  $< 0.001$ ).

H0: The variation between groups is not significant across categories.

Ha: The variation between groups is significant across categories

Reject H0

Multiple comparisons show Nul and Humusarm differ significantly from each other (p-value 0.007). Nul and Humusrijk differ from each other (p-value 0.019). Humusarm and Humusrijk differ from each other (p-value  $< 0.001$ ).

### Multiple Comparisons

Dependent Variable: % ds

LSD

(I) behan.	(J) behan.	Mean Difference		Sig.	95% Confidence Interval	
		(I-J)	Std. Error		Lower Bound	Upper Bound
Nul	Humusarm	-	,734504258832	,007	-	-
		2,54651127317	553		4,20807534339	,884947202947
		0868*			4715	021
	Humusrijk	2,10445455513	,734504258832	,019	,442890484912	3,76601862536
		6513*	553		666	0361

Humusarm	Nul	2,54651127317 0868*	,734504258832 553	,007	,884947202947 021	4,20807534339 4715
	Humusrijk	4,65096582830 7381*	,734504258832 553	,000	2,98940175808 3534	6,31252989853 1229
Humusrijk	Nul	- 2,10445455513 6513*	,734504258832 553	,019	- 3,76601862536 0361	- ,442890484912 666
	Humusarm	- 4,65096582830 7381*	,734504258832 553	,000	- 6,31252989853 1229	- 2,98940175808 3534

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

#### **Kgds/ha:**

ANOVA: levene's test not significant, between groups variance significant (p-value 0.137).

H0: The variation between groups is not significant across categories.

Ha: The variation between groups is significant across categories

Accept H0, the variation between groups is not significant across categories.

#### **Snedc 4:**

##### **Kg/ha:**

ANOVA: levene's test not significant, between groups variance significant (p-value 0.170).

H0: The variation between groups is not significant across categories.

Ha: The variation between groups is significant across categories

Accept H0, the variation between groups is not significant across categories.

##### **DS:**

ANOVA: levene's test not significant, between groups variance significant (p-value <0.001).

H0: The variation between groups is not significant across categories.

Ha: The variation between groups is significant across categories

Reject H0

Multiple comparisons show Nul and Humusarm do not differ significantly from each other (p-value 0.059).

Nul and Humusrijk differ from each other (p-value 0.002). Humusarm and Humusrijk differ from each other (p-value <0.001).

##### **Kgds/ha:**

ANOVA: levene's test not significant, between groups variance significant (p-value 0.237).

H0: The variation between groups is not significant across categories.

Ha: The variation between groups is significant across categories

Accept H0, the variation between groups is not significant across categories.

**Opbrengst Mais perceel K1 2019:  
Overview significanties**

kg ds/ha	2019
<b>M-NUL</b>	a
<b>M-Adun</b>	a
<b>M-Adik</b>	a
<b>M-Tdun</b>	a
<b>M-Tdik</b>	a

kg ds/ha	<b>M-NUL</b>	<b>M-Adun</b>	<b>M-Adik</b>	<b>M-Tdun</b>	<b>M-Tdik</b>
<b>M-NUL</b>					
<b>M-Adun</b>					
<b>M-Adik</b>					
<b>M-Tdun</b>					
<b>M-Tdik</b>					

**Kg ds/ha:**

ANOVA: levene's test not significant, between groups variance not significant (p-value 0.788).

Conclusion: No group is significantly different from each other.

**Test of Homogeneity of Variances**

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
kg ds/ha	Based on Mean	,355	4	15	,836
	Based on Median	,249	4	15	,906
	Based on Median and with adjusted df	,249	4	10,332	,904
	Based on trimmed mean	,339	4	15	,848

**ANOVA**

kg ds/ha

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4457517,074	4	1114379,268	,425	,788
Within Groups	39337600,718	15	2622506,715		
Total	43795117,792	19			

**Opbrengst Mais perceel K1 2020:  
Overview significanties**

kg ds/ha	2020
<b>M-NUL</b>	a
<b>M-Adun</b>	a
<b>M-Adik</b>	a,b
<b>M-Tdun</b>	a,b
<b>M-Tdik</b>	b

kg ds/ha	M-NUL	M-Adun	M-Adik	M-Tdun	M-Tdik
<b>M-NUL</b>					
<b>M-Adun</b>					
<b>M-Adik</b>					
<b>M-Tdun</b>					
<b>M-Tdik</b>					

**Kg ds/ha:**

ANOVA: levene's test not significant, between groups variance significant (p-value 0.041).

Conclusion: at least one mean significantly different from the others. Multiple comparisons shows:

M-Nul significantly different from M-Tdik (p-value 0.004). M-NUL does not significantly differ from M-Adun(0.442), M-Adik (0.155), M-Tdun(0.134).

M-Adun significantly different from M-Tdik (p-value 0.018). M-Adun does not significantly differ from M-NUL (0.442), M-Adik (0.490), M-Tdun(0.440).

M-Adik does not significantly differ from M-NUL (0.155), M-Adun(0.490), M-Tdun(0.933), M-Tdik(0.071)

M-Tdun does not significantly differ from M-NUL (0.134), M-Adun(0.440), M-Adik (0.933), M-Tdik (0.083)

M-Tdik does significantly differ from M-NUL (0.004), M-Adun (0.018). M-Tdik does not significantly differ from M-Adik (0.071), M-Tdun (0.083)

**Test of Homogeneity of Variances**

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2020kg ds/ha	Based on Mean	2,647	4	15	,075
	Based on Median	1,729	4	15	,196
	Based on Median and with adjusted df	1,729	4	10,804	,215
	Based on trimmed mean	2,509	4	15	,086

**ANOVA**

2020kg ds/ha

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	7639265,305	4	1909816,326	3,255	,041
Within Groups	8800363,322	15	586690,888		
Total	16439628,627	19			

**Multiple Comparisons**

Dependent Variable: 2020kg ds/ha

LSD

(I) behan.	(J) behan.	Mean Difference			95% Confidence Interval	
		(I-J)	Std. Error	Sig.	Lower Bound	Upper Bound
M-NUL	M-Adun	-427,77557	541,61374	,442	-1582,1979	726,6468
	M-Adik	-811,37317	541,61374	,155	-1965,7955	343,0492
	M-Tdun	-857,56985	541,61374	,134	-2011,9922	296,8525
	M-Tdik	-1862,14879*	541,61374	,004	-3016,5711	-707,7264
M-Adun	M-NUL	427,77557	541,61374	,442	-726,6468	1582,1979
	M-Adik	-383,59760	541,61374	,490	-1538,0200	770,8248
	M-Tdun	-429,79428	541,61374	,440	-1584,2166	724,6281
	M-Tdik	-1434,37321*	541,61374	,018	-2588,7956	-279,9509
M-Adik	M-NUL	811,37317	541,61374	,155	-343,0492	1965,7955
	M-Adun	383,59760	541,61374	,490	-770,8248	1538,0200
	M-Tdun	-46,19668	541,61374	,933	-1200,6190	1108,2257
	M-Tdik	-1050,77562	541,61374	,071	-2205,1980	103,6467
M-Tdun	M-NUL	857,56985	541,61374	,134	-296,8525	2011,9922
	M-Adun	429,79428	541,61374	,440	-724,6281	1584,2166
	M-Adik	46,19668	541,61374	,933	-1108,2257	1200,6190
	M-Tdik	-1004,57893	541,61374	,083	-2159,0013	149,8434
M-Tdik	M-NUL	1862,14879*	541,61374	,004	707,7264	3016,5711
	M-Adun	1434,37321*	541,61374	,018	279,9509	2588,7956
	M-Adik	1050,77562	541,61374	,071	-103,6467	2205,1980
	M-Tdun	1004,57893	541,61374	,083	-149,8434	2159,0013

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.



**Opbrengst Mais perceel K1 2021:**

**Kg ds/ha:**

**Tests of Normality**

		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
kg ds/ha 2021	M-NUL	,320	4	.	,852	4	,231
	M-Adun	,324	4	.	,879	4	,333
	M-Adik	,281	4	.	,924	4	,559
	T-Adun	,244	4	.	,920	4	,534
	T-Adik	,301	4	.	,883	4	,353

a. Lilliefors Significance Correction

Data is normal -> One way ANOVA

**Kg ds/ha:**

ANOVA: levene's test not significant, between groups variance is not significant (p-value 0.099).

H0: The groups do not differ from each other

Ha: At least one group differs from the others

p-value 0.099 < 0.05 -> accept H0

Therefore, we assume the groups do not significantly differ from each other.

**ANOVA**

kg ds/ha 2021

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	9168015,718	4	2292003,930	2,371	,099
Within Groups	14499211,073	15	966614,072		
Total	23667226,791	19			

**Independent t-tests**

kg ds/ha	M-NUL	M-Adun	M-Adik	M-Tdun	M-Tdik
<b>M-NUL</b>		0.133	0.061	0.126	0.017
<b>M-Adun</b>	0.133		0.968	0.851	0.231
<b>M-Adik</b>	0.061	0.968		0.86	0.191
<b>M-Tdun</b>	0.126	0.851	0.86		0.311
<b>M-Tdik</b>	0.017	0.231	0.191	0.311	

kg ds/ha **2021**

**M-NUL** a

**M-Adun** a,b

**M-Adik** a,b

**M-Tdun** a,b

**M-Tdik** b



## Vochtgehalten

Vochtpercentage perceel 5 2020:

Overview significant differences:

	02-04-20	17-04-20	29-04-20	13-05-20	25-05-20	08-06-20	24-06-20	06-07-20	22-07-20	03-08-20	18-08-20	31-08-20	14-09-20	30-09-20	14-10-20
<b>Humusarm</b>	a	c	e	f	g	h	j	l	m	o	q	r	s	t	v
<b>Nul</b>	a	c, d	e	f	g	h	j	l	m,n	o, p	q	r	s	u	v
<b>Humusrijk</b>	b	d	e	f	g	i	k	l	n	p	q	r	s	u	w

Figuur 1: different letters in a column, show significant differences in distributions between groups for the observations on that date

Vochtpercentage perceel 5 2021:

Overview significant differences:

	12-04-21	26-04-21	10-05-21	24-05-21	07-06-21	22-06-21	05-07-21	19-07-21	02-08-21	16-08-21	30-08-21	13-09-21	27-09-21	11-10-21	25-10-21
<b>Humusarm</b>	a	c	e	g	i	k	m	o	p	r	t	u	w	x	z
<b>Nul</b>	a	c	e	g	i	k	m	o	p	r	t	u	w	x,y	z,aa
<b>Humusrijk</b>	b	d	f	h	j	l	n	o	q	s	t	v	w	y	aa

Figuur 2: different letters in a column, show significant differences in distributions between groups for the observations on that date

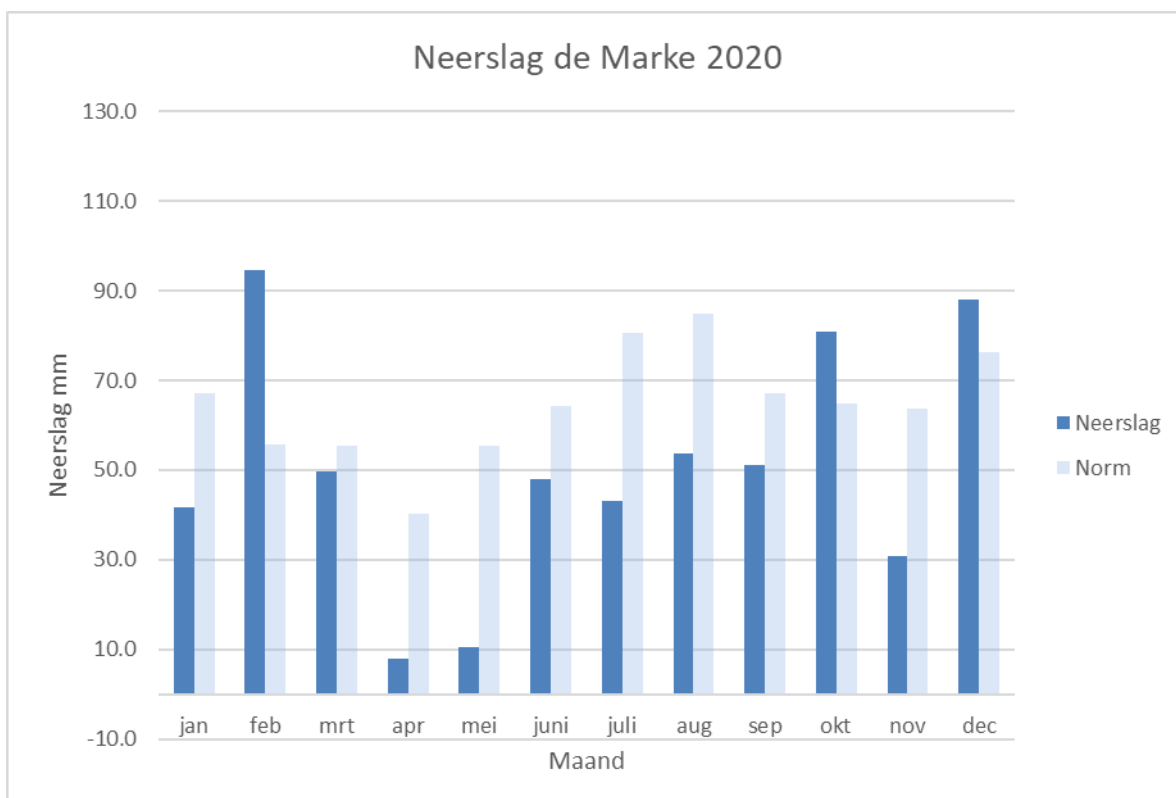
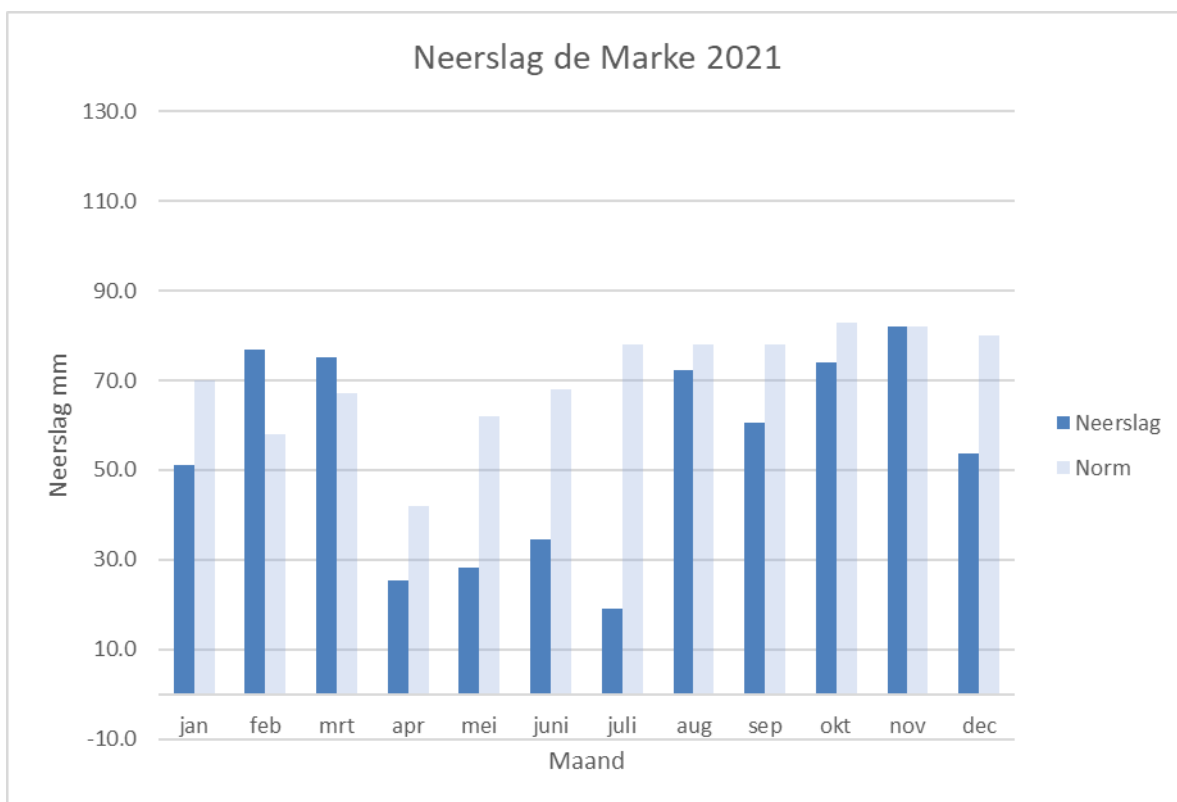
Vochtpercentage perceel K1 mais 2019:

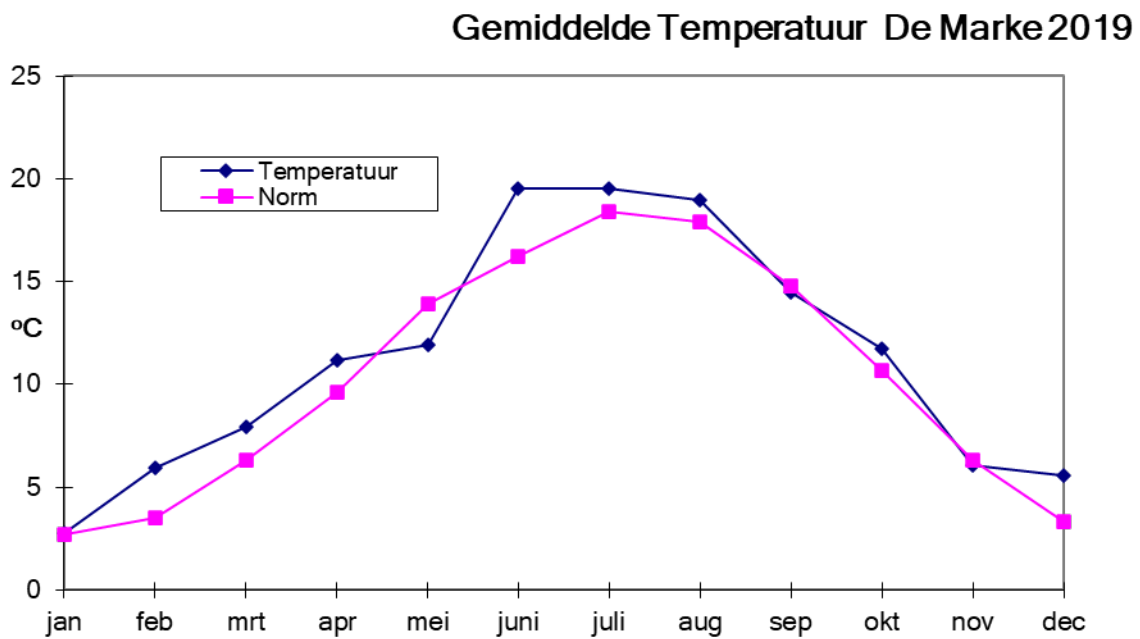
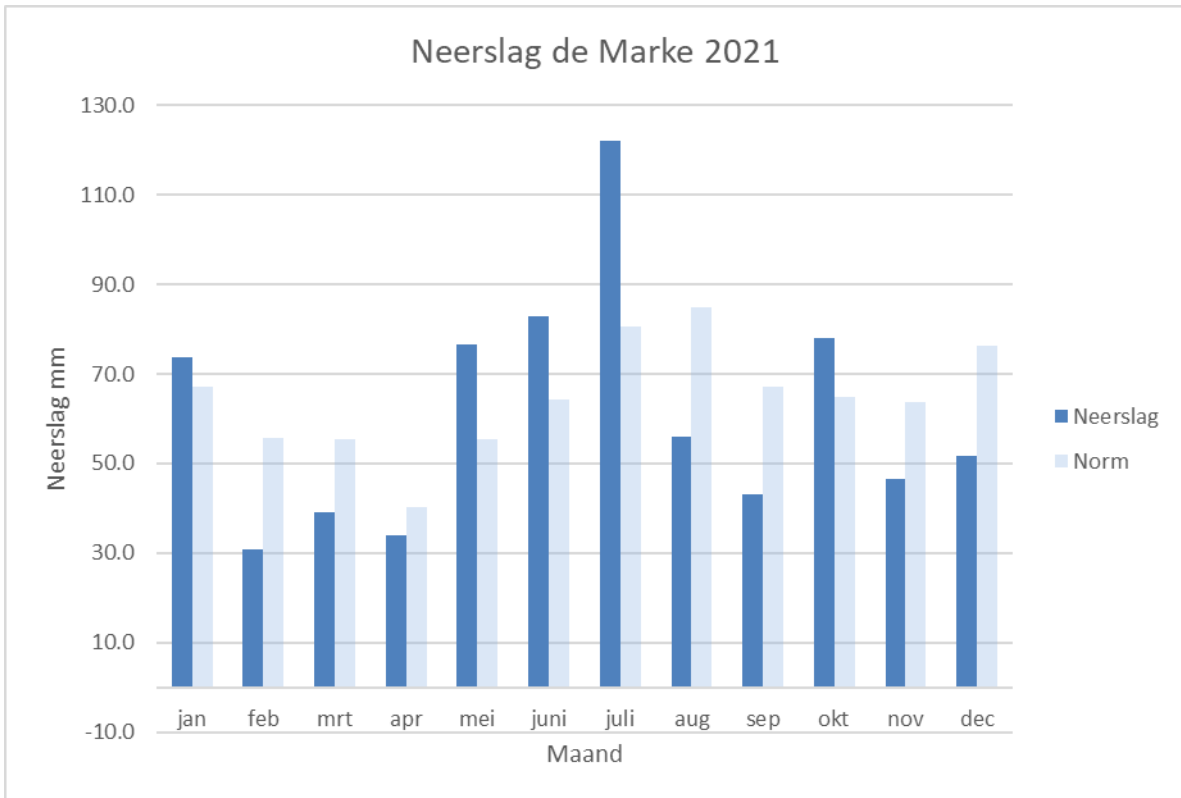
Overview significant differences:

	18/05/20					03/06/20					15/06/20					1/07/20					13/07/20					29/07/20				
	M-NUL	M-Adun	M-Adik	M-Tdun	M-Tdik	M-NUL	M-Adun	M-Adik	M-Tdun	M-Tdik	M-NUL	M-Adun	M-Adik	M-Tdun	M-Tdik	M-NUL	M-Adun	M-Adik	M-Tdun	M-Tdik	M-NUL	M-Adun	M-Adik	M-Tdun	M-Tdik	M-NUL	M-Adun	M-Adik	M-Tdun	M-Tdik
M-NUL		0,248	0,564	0,248	0,021		0,149	0,773	0,149	0,021		0,184	0,507	0,006	0,000		0,768	0,408	0,046	0,001		0,386	0,386	0,021	0,021		0,072	0,022	0,011	0,000
M-Adun	0,248		0,248	0,248	0,021	0,149		0,248	0,021	0,021	0,184		0,487	0,000	0,000	0,768		0,590	0,025	0,001	0,386		0,773	0,021	0,021	0,072		0,542	0,000	0,000
M-Adik	0,564	0,248		0,386	0,021	0,773	0,248		0,043	0,021	0,507	0,487		0,001	0,000	0,408	0,590		0,008	0,000	0,386	0,773		0,021	0,021	0,022	0,542		0,000	0,000
M-Tdun	0,248	0,248	0,386		0,043	0,149	0,021	0,043		0,149	0,006	0,000	0,001		0,007	0,046	0,025	0,008		0,086	0,021	0,021	0,021		0,021	0,011	0,000	0,000		0,000
M-Tdik	0,021	0,021	0,021	0,043		0,021	0,021	0,021	0,149		0,000	0,000	0,000	0,007		0,001	0,001	0,000	0,086		0,021	0,021	0,021	0,021		0,000	0,000	0,000	0,000	
	12/08/20					25/08/20					07/09/20					28/09/20														
	M-NUL	M-Adun	M-Adik	M-Tdun	M-Tdik	M-NUL	M-Adun	M-Adik	M-Tdun	M-Tdik	M-NUL	M-Adun	M-Adik	M-Tdun	M-Tdik	M-NUL	M-Adun	M-Adik	M-Tdun	M-Tdik										
0		0,398	0,509	0,054	0,002		0,149	0,773	0,021	0,043		0,710	0,683	0,008	0,000		0,564	0,773	0,021	0,021										
0	0,398		0,850	0,010	0,000	0,149		0,564	0,021	0,021	0,710		0,439	0,003	0,000	0,564		0,248	0,021	0,021										
0	0,509	0,850		0,014	0,000	0,773	0,564		0,021	0,043	0,683	0,439		0,018	0,000	0,773	0,248		0,021	0,021										
0	0,054	0,010	0,014		0,106	0,021	0,021	0,021		0,248	0,008	0,003	0,018		0,068	0,021	0,021	0,021		0,043										
	0,002	0,000	0,000	0,106		0,043	0,021	0,043	0,248		0,000	0,000	0,000	0,068		0,021	0,021	0,021	0,043											

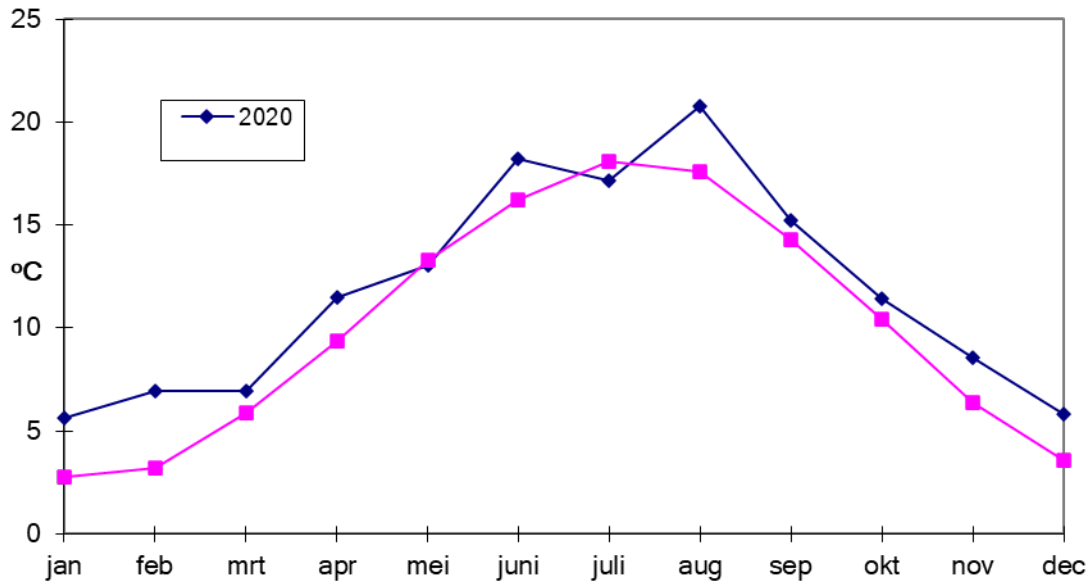
Figur 3: If colored in, groups are significantly different from each other

## Bijlage 5 Weerdata 2019-2020-2021

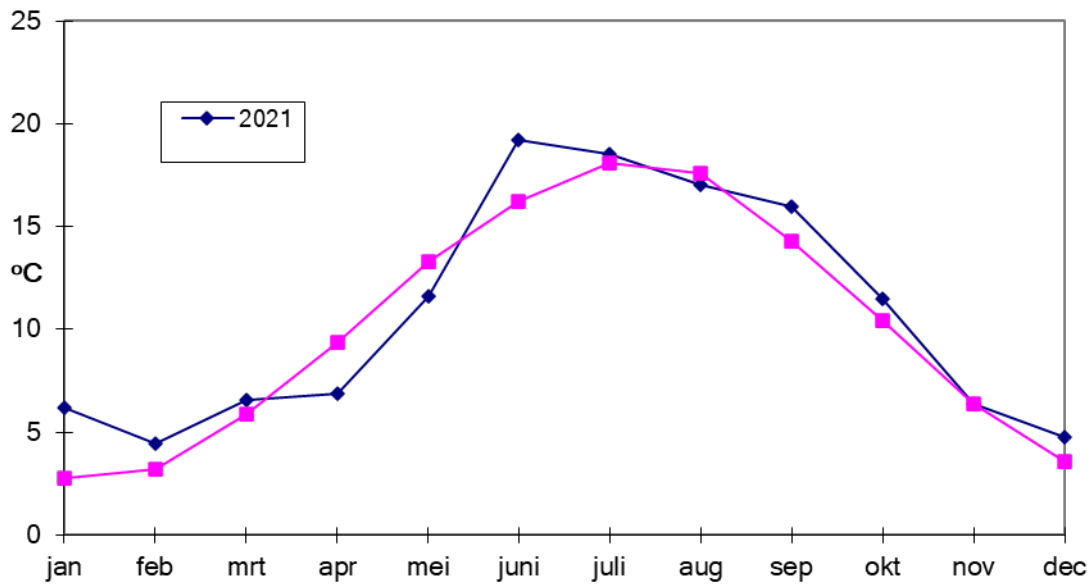




### Gemiddelde temperatuur De Marke 2020



### Gemiddelde Temperatuur De Marke 2021





# Bijlage 6 Tabel met bodemprofiel beschrijvingen grasland

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Locatie De Marke veld 5	Datum	11/2/2022									
2	Grasvelden klei in zand proef	Luuk Gollenbeek		Jan Willem Berendsen								
3									Vochtgehalte handheld vochtmeter			
4	Proefveldje	Diepte cm	Horizont	Lutum	Humus	Bewortelingsdiepte	Opmerking	Foto	%	diepte	Wormen	
5	Zand	0-30	Ap	2	4	0- 5 cm sterk 5-20 matig		120834	31	0-5	matig	
6	2	30-	C	2	0,1	Geen		120843	29	5-30		
7							Meikever		26	30		
8	Zand + lichte klei	0-6	Ap1	15	4	Sterk		120901	40	0-5	sterk	
9	5	6-55	AP2	2	4	6-10 matig sterk, daarna matig		120909	27	5-30		
10		55-	C	2	0,1	Geen			23	30		
11												
12	Zand plus zware klei	0-6	Ap1	30	4	0-6 sterk		114327	34	0-5	sterk	
13	3	6-30	Ap2	2	4	6-15 matig		114318	23	5-30		
14		30-	B/C	2	0,1	Geen	IJzer		18	30		
15			C				Meikever					
16	Zand	0-30	Ap	2	4	0- 5 sterk 5-20 matig			31	0-5	sterk	
17	8	30-	B/C	2	0,1	Geen	Oer		25	5-30		
18									16	30		
19												
20	Zand + lichte klei	0-6	Ap1	15	4	Sterk			35	0-5	sterk	
21	9	6-30	AP2	2	4	6-10 matig sterk, daarna matig			22	5-30		
22		30-	C	2	0,1	Geen			14	30		
23												
24	Zand plus zware klei	0-6	Ap1	30	4	0-6 sterk		122642	38	0-5	sterk	
25	7	6-30	Ap2	2	4	6-15matig		122632	29	5-30		
26		30-	B/C	2	0,1	Geen	IJzer		18	30		
27			C									
28												
29												

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



---

Wageningen Livestock Research  
Postbus 338  
6700 AH Wageningen  
T 0317 48 39 53  
E [info.livestockresearch@wur.nl](mailto:info.livestockresearch@wur.nl)  
[www.wur.nl/livestock-research](http://www.wur.nl/livestock-research)

---

Wageningen Livestock Research ontwikkelt kennis voor een zorgvuldige en renderende veehouderij, vertaalt deze naar praktijkgerichte oplossingen en innovaties, en zorgt voor doorstroming van deze kennis. Onze wetenschappelijke kennis op het gebied van veehouderijsystemen en van voeding, genetica, welzijn en milieu-impact van landbouwhuisdieren integreren we, samen met onze klanten, tot veehouderijconcepten voor de 21e eeuw.

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

