

Het effect van zodenbemesting en bovengrondse drijfmestaanwending op scheurvorming en uitdroging van de bodem op klei, veen en zand

April 2023

Nyncke Hoekstra, Jacco de Stigter, Martine Bruinenberg, Nick van Eekeren



© 2023 Louis Bolk Instituut

Het effect van zodenbemesting en bovengrondse drijfmesttoewending op scheurvorming en uitdroging van de bodem op klei, veen en zand

Nyncke Hoekstra, Jacco de Stigter, Martine Bruinenberg, Nick van Eekeren

Publicatienummer 2023 – 011 LbP

30 pagina's

Deze publicatie is beschikbaar via
www.louisbolk.nl/publicaties

www.louisbolk.nl

info@louisbolk.nl

T 0343 523 860

Kosterijland 3-5

3981 AJ Bunnik

 @LouisBolk

Louis Bolk Instituut: Onderzoek en advies ter bevordering van duurzame landbouw, voeding en gezondheid

Voorwoord

Dit experiment is uitgevoerd als onderdeel van het project mesttoediening emissies en bodemleven (i.s.m. WUR, gefinancierd door LNV) en het project Integrale bodemverbetering Feangreiden. In het project "Integrale bodemverbetering Feangreiden" in opdracht van Veenweide Fryslân en gefinancierd door de Provincie Fryslân, werken we samen met zes veehouders aan oplossingen voor verschillende zaken in relatie tot bodem, waaronder zorgen rondom het effect van zodenbemesting op de bodem.

Dank aan Danielle ten Have voor literatuuronderzoek en hulp bij het veldwerk, Erben Kemperman voor veldwerk en aan alle deelnemende loonwerkers en veehouders aan dit specifieke onderzoek.

Inhoud

Samenvatting	7
1 Inleiding	9
1.1 Aanleiding	9
1.2 Doelstelling en hypothesen	9
2 Materiaal en methoden	11
2.1 Opzet	11
2.2 Metingen	14
2.3 Statistische analyse	14
3 Resultaten	15
3.1 Proefomstandigheden	15
3.2 Scheurvorming	16
3.3 Bodemvochtgehalte	20
4 Discussie	24
5 Conclusies en aanbevelingen	29
Referenties	30

Samenvatting

Het is sinds 1990 verplicht om drijfmest emissiearm toe te dienen, met als doel om ammoniakemissie te reduceren. Naast emissiereductie, kan zodenbemesting voordelig zijn voor de stikstofbenutting en grasgroei. Zodenbemesting kan echter ook leiden tot ongewenste scheurvorming en mogelijk tot uitdroging van de bodem. Dit kan resulteren in een lagere grasgroei bij droge omstandigheden en in een meer open zode. Daarnaast zijn er mogelijk negatieve effecten op veenafbraak en bodemleven. Het doel van dit onderzoek was het in kaart brengen van het effect van zodenbemesting en bovengrondse bemesting op scheurvorming en op het bodemvochtgehalte op veen-, klei-, klei-op-veen-, en zandpercelen. De hypothese is dat de verschillen tussen zodenbemesting t.o.v. bovengrondse bemesting ontstaan door het effect van snijden in de bodem bij zodenbemesting, waardoor scheuren ontstaan en de bodem sneller uitdroogt.

In 2022 is er op zeven praktijkpercelen (twee veen (V1 en V2), twee klei (K1 en K2) twee zand (Z1 en Z2) en één klei-op-veen (KV) een veldproef uitgevoerd waarin op ieder perceel de volgende vier behandelingen in vier herhalingen werden uitgevoerd: bemesting (drijfmest, geen mest) en aanwendungsmethode (zodenbemester, bovengronds). Op de drijfmestplots met 'zodenbemester' werd de drijfmest geïnjecteerd met de zodenbemester. Op de 'geen mest' plots met 'zodenbemester' werd er met de zodenbemester in de bodem gesneden, maar zonder drijfmest te injecteren. Bij drijfmestplots 'bovengronds' werd drijfmest breedwerpig bovengronds uitgereden op alle percelen behalve op perceel KV waar de drijfmest met de sleepvoet werd toegediend. Bij 'geen mest' plots met 'bovengronds' werd alleen over de plots heen gereden. De bemesting werd uitgevoerd in twee rondes (half maart en half mei/juni). Het bodemvochtgehalte en de scheurvorming werden gemeten.

Onder de relatief droge omstandigheden in het voorjaar en zomer van 2022 vond bij aanhoudende droogte op twee van de zeven gemonitorde percelen sterke scheurvorming plaats. De scheuren op deze percelen waren gemiddeld tot 15 cm diep, met maximale dieptes tot 38 cm. Deze twee percelen (K1 = klei en KV = klei-op-veen) werden beiden gekenmerkt door een hoger lutumgehalte (>39%) dan de overige percelen. Daarnaast is er mogelijk een verband met de snijdiepte ten tijde van zodenbemesting. Op de beide zandpercelen vond geen scheurvorming plaats.

In tegenstelling tot de verwachtingen werd er geen effect van behandeling op het bodemvochtgehalte op 7 cm diepte gevonden. De bodem vlak naast een scheur was wel iets droger, maar dit effect was op perceelniveau niet zichtbaar.

In de huidige proef zijn geen opbrengstmetingen gedaan, maar bij de geobserveerde mate van scheurvorming is het aannemelijk dat de potentieel hogere N benutting bij zodenbemesting (ten dele) wordt tenietgedaan door opbrengstreductie als gevolg van de vele scheuren. Daarnaast zijn de ontstane open plekken gevoelig voor onkruidvorming, wat een negatief effect heeft op de grasproductie en -kwaliteit op de langere termijn. Ook bestaat het risico dat nutriënten die worden gegeven in de vorm van kunstmest makkelijk af-

en uitspoelen langs deze scheuren, en daarmee verloren gaan voor het gras en in het milieu terechtkomen.

Op het klei-op-veen perceel liepen de scheuren helemaal door het kleidek heen, tot in het onderliggende veen. Dit zou mogelijk consequenties kunnen hebben voor de afbraak van het veen.

Op percelen die gevoelig zijn voor scheurvorming is het uitrijden van verdunde drijfmest met een sleepvoet een goed alternatief op veen en kleigrond, met name gedurende de zomer.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Het is sinds 1990 verplicht om drijfmest emissiearm toe te dienen, met het doel om ammoniakemissie te reduceren. Emissiearm wil zeggen met een toedieningstechniek die minder ammoniak emitteert dan bij technieken die vóór 1990 gebruikelijk waren, toen vooral breedwerpig bovengronds toegediend werd (de Haan, 2009). Het reduceren van ammoniakuitstoot uit de veehouderij is in de huidige stikstofcrisis van onverminderd groot belang. Enkele jaren terug werd 64% van de drijfmest met een zodenbemester aan grasland toegediend, waarbij een sleuf van ongeveer 6 cm diep in de grond getrokken wordt (van Bruggen et al., 2019). 22% werd in 2017 nog toegediend met een sleufkouter (in 2 cm diepe sleufjes, dit is sinds 2019 niet meer toegestaan). 13% van de drijfmest werd toegediend met een sleepvoet (in stroken op de grond, sinds 2019 alleen toegestaan met verdunde drijfmest op klei en veengronden) en 1% werd nog breedwerpig bovengronds toegediend (waarvoor onthefing nodig is) (van Bruggen et al., 2019). Zodenbemesting is daarmee de meest gebruikte toedieningstechniek.

Er zijn echter indicaties dat zodenbemesting (onder bepaalde omstandigheden) kan leiden tot scheurvorming van de bodem. Dit resulteert mogelijk tot uitdroging van de bovenlaag en heeft daardoor mogelijk negatieve effecten op de grasproductie, benutting van nutriënten en potentieel ook op veenafbraak. Bovendien kunnen scheurvorming en uitdroging het bodemleven negatief beïnvloeden, bijvoorbeeld voor strooiselbewonende regenwormen. Uit de huidige stand van het onderzoek is het onduidelijk hoe vaak scheurvorming speelt en onder welke omstandigheden en hoe groot de gevolgen op bodem en gewas zijn.

In 2021 is in Friesland (klei op veen) een proef aangelegd waarin zodenbemesting wordt vergeleken met sleepvoetbemesting, met en zonder drijfmest toediening (dus ook alleen het effect van snijden) (Hoekstra, et al., 2023). In deze proef vond geen scheurvorming plaats omdat de groeiomstandigheden in 2021 voldoende vochtig waren. Verder zijn er geen proeven bekend waarin het effect van zodenbemesting op scheurvorming op zand, klei en veen direct wordt vergeleken.

1.2 Doelstelling en hypothesen

Het doel van dit onderzoek was het in kaart brengen van het effect van zodenbemesting (drijfmestinjectie) en bovengrondse drijfmestaanwending op uitdroging en scheurvorming in de bodem op zand, klei en veen.

De hypothese was dat de verschillen tussen zodenbemesting ten opzichte van bovengrondse drijfmestbemesting ontstaan door het effect van snijden in de bodem bij zodenbemesting. Snijden in de bodem resulteert mogelijk in scheurvorming, waardoor de bodem sneller uitdroogt.

2 Materiaal en methoden

2.1 Opzet

Locaties

De proef is aangelegd op zeven percelen met blijvend grasland op verschillende melkveebedrijven, waarvan twee percelen op klei, twee op zand, twee op veen en één op klei op veen (Tabel 1). Op al deze percelen werd in voorgaande jaren drijfmest bovengronds aangewend. Alle bedrijven (met uitzondering van Z2 en KV) waren biologisch.

Tabel 1. Bodemeigenschappen van de zeven proeflocaties. OS: organisch stofgehalte

Perceel	Locatie	OS (%)	Lutum (%)	Silt (%)	Zand (%)	pH	
K1	Klei	Oudega (SWK)	14.4	39	35	11	5.7
K2	Klei	Harlingen	10.7	26	42	21	6.4
KV	Klei op veen	Hommerts	17.7	39	26	16	5.5
Z1	Zand	Lettele	5.1	1	10	84	5.6
Z2	Zand	Surhuisterveen	8.1	5	11	75	5.2
V1	Veen	Aldeboarn	23.1	35	19	21	5.0
V2	Veen	Eesveen	16.3	2	20	62	5.2

Op vijf van zeven percelen is de eerste bemestingsronde in de week van 15 maart 2022 uitgevoerd, en de tweede ronde na de eerste snede. Op twee van de zeven percelen (Z2 en V2) werd de proef pas na de eerste snede aangelegd.

Proefopzet en behandelingen

Iedere proeflocatie bestond uit vier behandelingen in vier herhalingen resulterend in totaal 112 meetplots (16 plots per locatie). De behandelingen bestonden uit:

- twee aanwendingsmethoden, namelijk bovengronds of zodenbemesting (Figuur 3)
- twee bemestingsniveaus, namelijk drijfmest en controle (geen mest).

De drijfmest werd toegediend met praktijkmachines die aanwezig waren op de betreffende bedrijven (Figuur 1) of bij de betrokken loonwerkers. Op de drijfmestplots werd de drijfmest geïnjecteerd met een zodenbemester. Op de controleplots werd er met de zodenbemester in de bodem gesneden (zoals bij normale zodenbemesting), maar zonder drijfmest te injecteren. Op alle percelen met bovengrondse bemesting werd de drijfmest breedwerpig uitgespreid, met uitzondering van KV, waar de bovengrondse mest met een sleepvoetbemester werd aangewend. De zodenbemester en de bovengrondse bemester waren dus verschillende machines, maar dienden wel dezelfde drijfmest toe en op dezelfde dag.

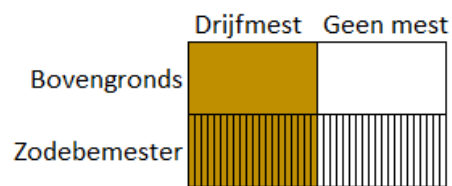
De drijfmestgift op de proefplots was afgestemd op de normale drijfmestbemesting op de verschillende bedrijven (Tabel 2).



Figuur 1. Links: Voorbeelden van bemester waarmee drijfmest breedwerpig uitgespreid werd. Rechts: Voorbeeld van zodenbemester waarmee gesneden en bemest werd.

Op elk perceel werden vier banen van 80 m lengte aangelegd, opgedeeld in plots van 20 m lengte. Twee van deze banen werden bemest met een zodenbemester en twee banen met een bovengrondse bemester. Twee van de vier plots binnen elke baan werden bemest, en twee niet (). De breedte van de banen was afhankelijk van de werkbreedte van de verschillende bemesters. De werkbreedte was gemiddeld 7,2 m voor de zodenbemesters, 9,8 m voor de breedwerpigse bovengrondse bemesters en 6 m voor de sleepvoetbemester.

	A	B	C	D
20 m	4	5	12	13
20 m	3	6	11	14
20 m	2	7	10	15
20 m	1	8	9	16



Figuur 2. Voorbeeld van proefopzet met vier behandelingen in vier herhalingen die op elk van de zeven percelen is aangelegd. De breedte van de banen (A-D) was afhankelijk van de werkbreedte van de verschillende bemesters. De verdeling van de banen over het perceel en van de bemeste en onbemeste plots binnen de banen was gerandomiseerd.



Figuur 3. Foto's van de vier behandelingen met in de kolommen de twee aanwendingsmethoden en in de rijen de twee soorten mest, genomen op perceel K2 op 15 maart, meteen na drijfmestbemesting in Ronde 1.

De proef werd gemarkeerd met veldpunaises en met piketjes zodat de behandelingen goed konden worden teruggevonden en verdere bedrijfsvoering zo min mogelijk werd gehinderd. Naast de bemestingsbehandelingen werd het proefvlak verder niet bemest tijdens de proefperiode. Op de meeste proeflocaties werd er alleen gemaaid, op twee proeflocaties (V1 en K2) werd er vanaf juli ook beweid.

Tabel 2. Mestgiften (m^3) op de verschillende percelen en de datums van de meetmomenten (T0 = mestaanwending) gedurende Ronde 1 en Ronde 2.

Perceel	Ronde 1					Ronde 2			
	Gift (m^3)	T1.0	T1.1	T1.2	T1.3	Gift (m^3)	T2.0	T2.1	T2.2
K1	25	18-mrt	30-mrt	28-apr	10-jun	20	10-jun	14-jul	7-sep
K2	15	15-mrt	30-mrt	28-apr	2-jun	15	2-jun	14-jul	6-sep
KV	25	17-mrt	30-mrt	28-apr	20-mei	20	20-mei	28-jul	6-sep
Z1	25	17-mrt	3-apr	28-apr	19-mei	23	19-mei	14-jun	
Z2	nvt	nvt				20	24-mei	22-jun	
V1	15	17-mrt	30-mrt	28-apr	22-jun	15	22-jun		6-sep
V2	nvt	nvt				15	20-mei	7-jul	31-aug

2.2 Metingen

In de eerste bemestingsronde waren er vier meetmomenten, en tijdens de tweede bemestingsronde 2 of 3 meetmomenten (inclusief nulmeting, Tabel 2). De eerste (nul-)meting werd uitgevoerd voordat er bemest werd (T1.0 en T2.0). Na de bemesting werd er op verschillende tijdsintervallen gemeten (T1.1, T1.2, T1.3, T2.1 en T2.2). De datums van de eerste snede liepen sterk uiteen bij de verschillende locaties. Daardoor was er grote variatie in de meetmomenten in de tweede ronde (Tabel 2). Met uitzondering van V2 en Z2, komt de bodemvochtbepaling in de derde meting in ronde 1 (T1.3) overeen met de nulmeting van ronde 2 (T2.0).

Bij de nulmeting werden standaard bodemmonsters genomen van de laag 0-10 cm door 40 steken in een W-vorm over het hele proefvlak te nemen (Analyse Eurofins). Daarnaast werden er van ieder bedrijf monsters van de mest genomen. Bij de tweede meetronde (T1.1) werden er bodemvochtmonsters genomen door 20 steken per plot te nemen met een graslandboor (10 cm diep). Deze monsters werden 48 uur gedroogd bij 70°C en het gravimetrisch bodemvochtgehalte werd bepaald.

Bij iedere meetronde werd het bodemvocht in de bovengrond met een draagbare bodemvochtsensor (Delta-T bodemvochtsensor HH2, met SM150T sensor) gemeten op alle plots, op 20 plekken per plot in een W-patroon. Bij de behandelingen met zodenbemester werden er voor meting T1.1 tien steken midden tussen sleuven en tien steken aan de rand van een sleuf (op 1 cm afstand) genomen, resulterend in 20 steken per plot. Voor volgende meetmomenten waren de sleuven in de meeste gevallen niet meer (goed) zichtbaar (doordat er geen sleuven meer waren, of omdat deze niet te zien waren in het hoge gras) en is geen onderscheid gemaakt tussen midden en rand van de sleuf. Ook is op ieder meetmoment vanaf T1.1 bij de behandelingen met zodenbemester de diepte van de sleuven met een liniaal gemeten op negen random plekken per plot. Indien er binnen een halve vierkante meter van deze plekken geen sleuf zichtbaar was, werd dit genoteerd (diepte is 0 cm). Op percelen waar scheurvorming voorkwam op plots zonder zodenbemesting (alleen bij KV en K1 in ronde 2) is de scheurdiepte op dezelfde manier bepaald als op de plots zonder zodenbemesting. Tenslotte zijn er iedere meetmoment vanaf 1 meter hoogte foto's van de plots gemaakt van de bedekking met mest.

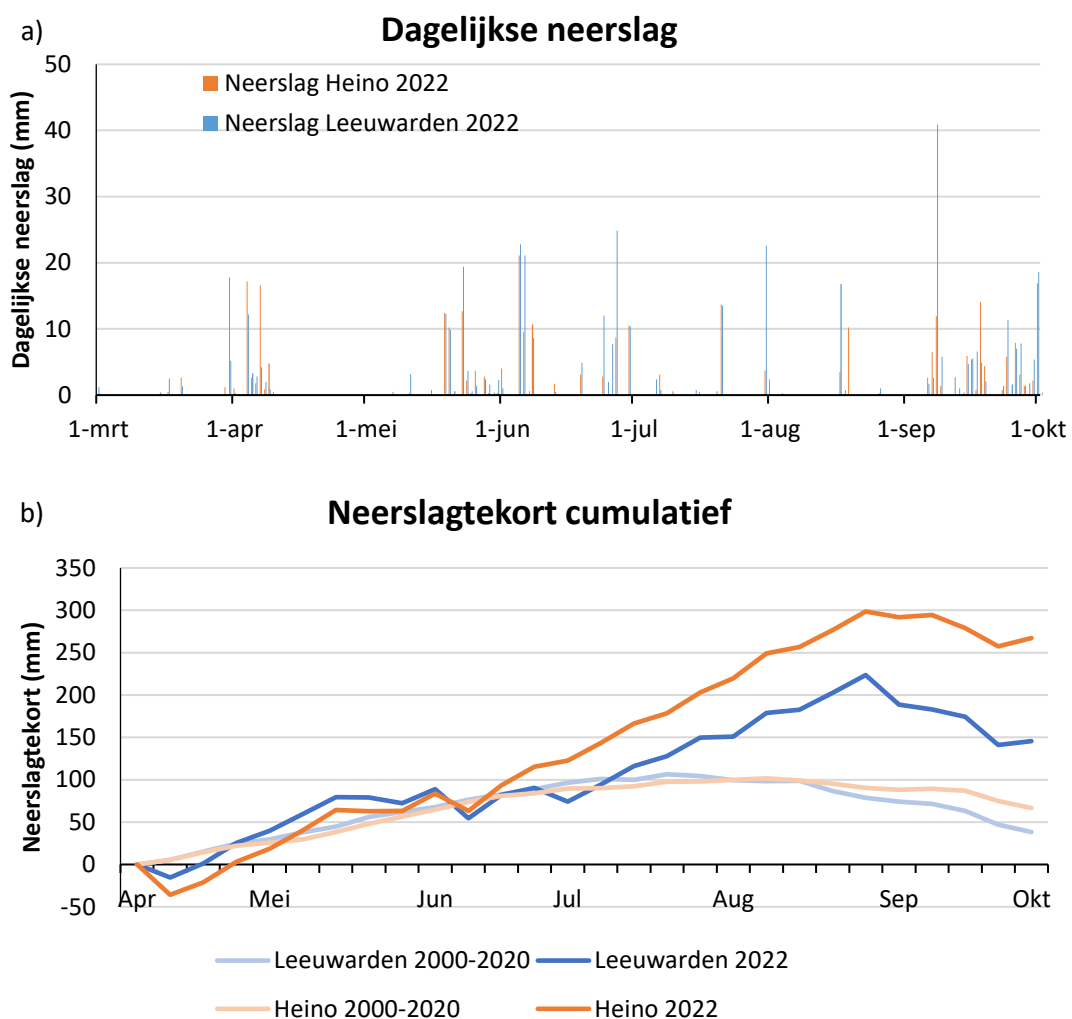
2.3 Statistische analyse

Voor de twee bemestingsrondes (R1 en R2) is er een ANOVA uitgevoerd om het effect van perceel (K1, K2, KV, V1, V2, Z1, Z2), meetmoment (T0-T2), bemesting (drijfmest of controle zonder bemesting) en bemestingsmethode (bovengronds of zodenbemesting) op bodemvochtgehalte en op sleufdiepte te bepalen.

3 Resultaten

3.1 Proefomstandigheden

In het jaar van onderzoek (2022) was er sprake van een zacht, zeer zonnig en droog voorjaar. Alleen in april lag de gemiddelde temperatuur iets onder de normaal en was er een normale hoeveelheid neerslag, die voornamelijk in de eerste helft viel (Figuur 4a en c). De zomer was warm, zonnig en erg droog, waardoor het neerslagtekort in de buurt van proefperceel Z1 (weerstation Heino) opliep tot 300 mm, en bij de overige percelen (in de buurt van weerstation Leeuwarden) tot ruim 200 mm (Figuur 4b). Vanaf september viel er weer neerslag, maar het neerslagtekort bleef hoger dan normaal. Voor het toetsen van de hypothesen van dit onderzoek was dit weer heel passend.



Figuur 4. Weergegevens tijdens de proef op weerstations Heino (dichtst bij Lettele, Z2) en Leeuwarden (voor overige proeflocaties). a) Dagelijkse neerslag in het jaar 2022, uitgedrukt in mm; b) Cumulatieve neerslagtekort, berekend door neerslag af te trekken van de verdamping (evapotranspiratie volgens Makkink), uitgedrukt in mm.;

3.2 Scheurvorming

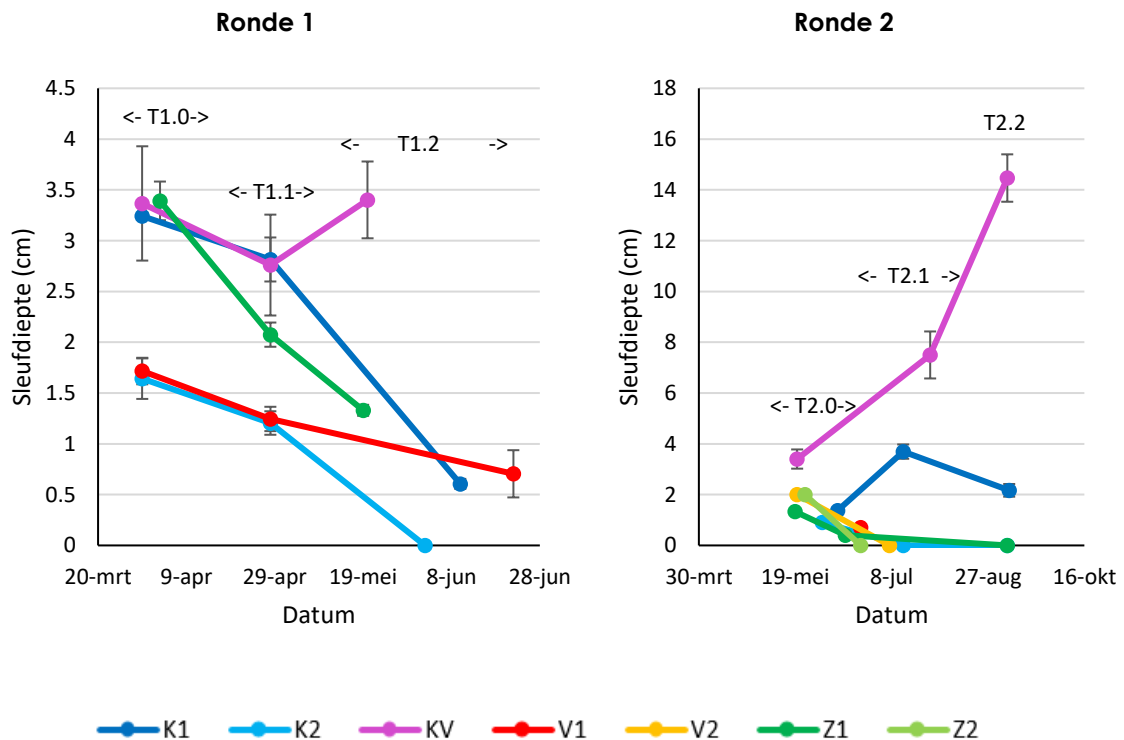
Verloop sleufdiepte

Ronde 1

De diepte van de sleuven als gevolg van zodenbemesting in Ronde 1 (gemeten op T1.1, 2 weken na bemesting) varieerde van 1,6 cm (V1, K2) tot ruim 3 cm (K1, Z1 en KV) (Figuur 1). In Ronde 1 nam de sleufdiepte tijdens de metingen geleidelijk af voor alle percelen, met uitzondering van KV, waar de sleufdiepte eerst wel daalde maar vervolgens weer toenam. Op perceel V1 waren de sleuven op T1.2 zelfs helemaal niet meer zichtbaar. Op perceel K2 waren de sleuven op T1.3 (8 juni) ook niet meer zichtbaar. Op geen van de percelen was er sprake van scheurvorming in Ronde 1 (Figuur 5).

Ronde 2

Bij Ronde 2 varieerde de sleufdiepte op meetmoment T2.0 (vlak na mestaanwending) van 1,5 cm (K1, K2, Z1 en V1), 2 cm (V2 en Z2) tot bijna 4 cm (KV) (Figuur 5). Voor alle locaties met uitzondering van K1 en KV nam de sleufdiepte na T2.0 af. Bij de laatste meting (T2.1 of T2.2) waren de sleuven op geen van de percelen nog waar te nemen. Alleen op K1 en KV nam de sleufdiepte tijdelijk toe (K1), en was er sprake van scheurvorming (KV, zie ook hieronder). Op perceel V1 waren eind augustus wel enkele scheuren zichtbaar, maar het was niet mogelijk om hier metingen op alle plots uit te voeren door het hoge gras (Figuur 6).



Figuur 5. Gemiddelde sleufdiepte (9 metingen per plot, foutbalken = standaardfout) op plots met zodenbemesting gedurende Ronde 1 (T1.1-T1.3) en Ronde 2 (T2.0-T2.2) voor de zeven percelen. Zie Tabel 2 voor een overzicht van meetdatums voor de bedrijven. NB. Assen verschillen voor Ronde 1 en Ronde 2.

	Zand (Z1)	Klei (K1)	Klei-op-veen (KV)	Veen (V1)
T1.1				
T1.2				
T1.3 / T2.0				
T2.1				
T2.2				

Figuur 6. Foto's van sleufdieptes op zand (locatie Z1), klei (locatie K1), klei in veen en veen (locatie V1) genomen bij iedere meting (voor meer informatie over de locaties en meetmomenten, zie Tabel 1 en Tabel 2). Indien een foto ontbreekt, dan was er geen sleuf te vinden.

Effect bemestingsmethode op scheurvorming K1 en KV

Zoals hierboven aangegeven was vanaf de tweede ronde scheurvorming zichtbaar op perceel K1 en KV. Hieronder wordt het effect van snijden en bemesting op deze twee percelen verder uitgewerkt. Hierbij gaat het om:

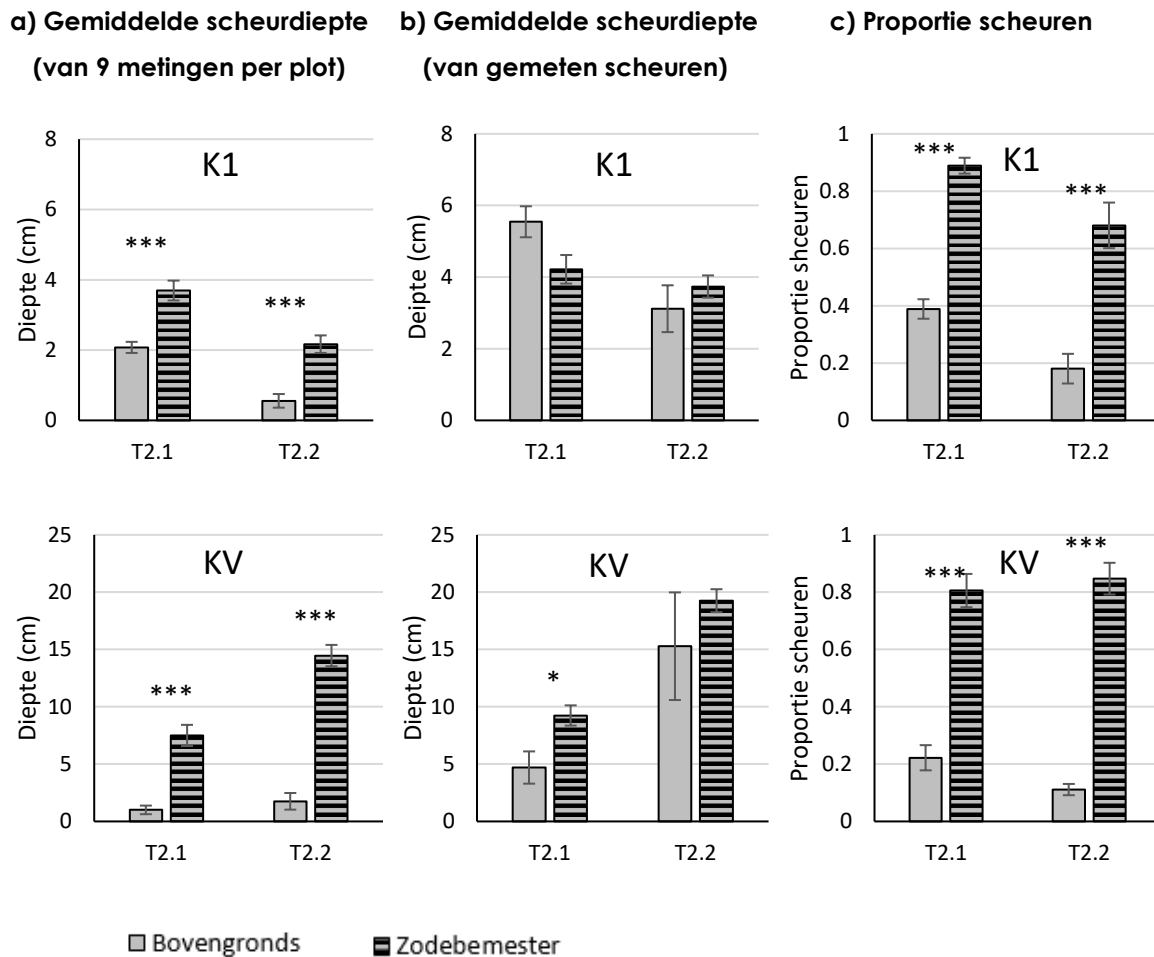
- a) De gemiddelde scheurdiepte per plot: gemiddelde van 9 metingen per plot, waarbij er 0 werd gerekend als er op een meetplek geen scheur zichtbaar was.
- b) De gemiddelde diepte van de gemeten scheuren, waarbij de metingen waar geen scheur aanwezig was niet werden meegenomen in het gemiddelde
- c) Proportie van scheuren: proportie van de 9 metingen waarbij een scheur werd aangetroffen.

a) De gemiddelde scheurdiepte per plot gedurende meting T2.1 en T2.2 op perceel K1 en KV was significant ($P < 0,001$) groter voor plots waarin gesneden was (zodenbemester) dan voor plots zonder snijden (bovengronds) (Figuur 7a). Het maakte daarbij niet uit of er wel of geen mest werd toegediend op de plots (geen significant effect van drijfmest t.o.v. controle, resultaten niet weergegeven). De scheuren bij zodenbemesting waren op perceel KV dieper dan op K1. Ook het verschil in gemiddelde scheurdiepte tussen bovengrondse en zodenbemesting was groter op perceel KV dan op K1 (9,6 cm diepteverschil bij KV en 1,6 cm diepteverschil bij K1). Bij KV nam de gemiddelde scheurdiepte toe tussen T2.1 en T2.2, terwijl deze bij K1 juist afnam.

b) Op perceel K1 was er geen significant effect van zodenbemesting op de gemiddelde diepte van de gemeten scheuren (Figuur 7b). De diepte van de gemeten scheuren bij K1 was gemiddeld 4,9 cm voor T2.1 en 3,4 cm voor T2.2, waarbij op T2.1 de gemeten scheurdiepte iets (niet statistisch significant) groter waren bij bovengrondse bemesting. Op perceel KV was de diepte van de gemeten scheuren alleen significant groter bij zodenbemesting (14 cm) t.o.v. bovengrondse bemesting (10 cm) op T2.1 (Figuur 7b). De diepte van de gemeten scheuren nam hiertoe van gemiddeld 7 cm in meting T2.1 tot 17 cm in T2.2. Er was aanzienlijke variatie in scheurdiepte binnen de plots. Op perceel KV was de maximaal gemeten scheurdiepte 38 cm (Figuur 8). In november 2022 is het perceel KV nogmaals bezocht en toen was de gemiddelde scheurdiepte op de plots met zodenbemesting gemiddeld 4,5 cm.

c) Op beide percelen was er een significant ($P < 0,001$) effect van zodenbemesting op het aantal scheuren (Figuur 7c). Op K1 waren er ruim twee keer (T2.1) en ruim drie keer (T2.2) zoveel scheuren zichtbaar bij de behandeling met zodenbemester t.o.v. bovengrondse bemesting. Het aandeel scheuren was iets lager in T2.2 t.o.v. meting T2.1. Bij KV was het verschil in het aandeel scheuren tussen de behandeling met snijden (0,83) en zonder snijden (0,17) nog groter en ongeveer gelijk voor de twee meetrondes. Met name bij KV volgden de scheuren heel duidelijk de sleuven van het zodenbemesten (Figuur 8a).

Op perceel V1 waren tijdens ronde T2.2 wel een paar scheuren zichtbaar (Figuur 8c en d). Het gras was hier echter zo hoog en dicht, dat de scheuren niet goed te vinden waren, en er geen betrouwbare metingen konden worden uitgevoerd.



Figuur 7. Effect van snijden met zodenbemester (gemiddelde van behandeling met en zonder drijfmestbemesting) op de gemiddelde scheurdiepte van a) de 9 metingen per plot en b) de gemeten scheuren, en c) het aandeel metingen dat scheuren bevatte ($x / 9$), bij de locaties K1 en KV gemeten gedurende Ronde 2: T2.1 (K1=14/7/22, KV=28/7/22) en T2.2 (K1 = 7/9/22, KV = 6/9/22).

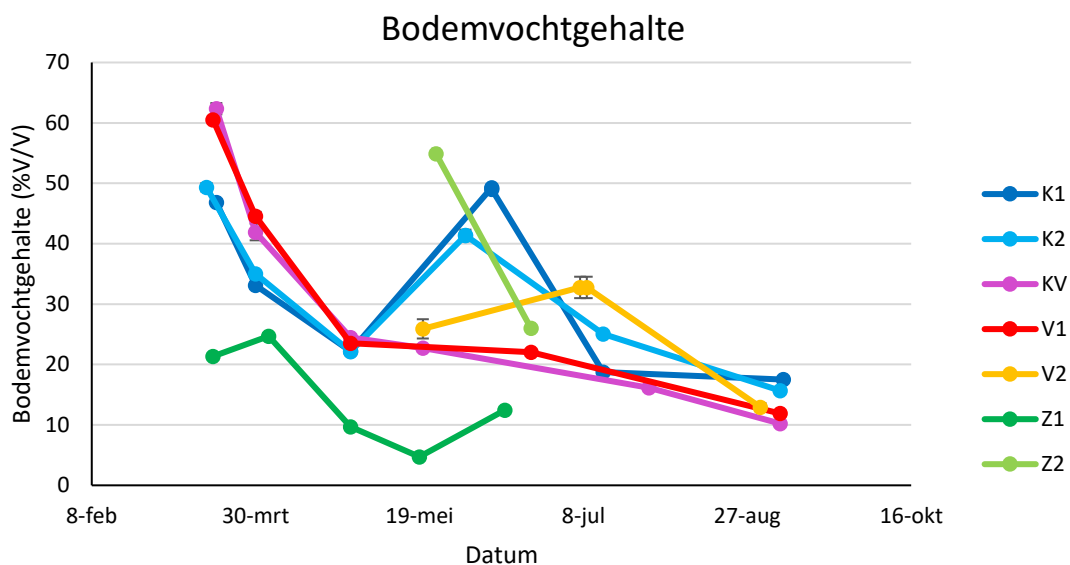


Figuur 8. Foto's van scheuren in grasland waarin is gesneden met de zodenbemester a) Scheuren volgen de sleuven van het zodenbemesten (KV); b) De duimstok meet ongeveer 38 cm scheurdiepte (KV); c) scheuren lopen door tot in het schalterveen (KV, 6/9/22). Scheuren zijn moeilijk terug te vinden onder het hoge gras (V1, 6/9/22); d) Ondiepe scheur.

3.3 Bodemvochtgehalte

Verloop bodemvochtgehalte

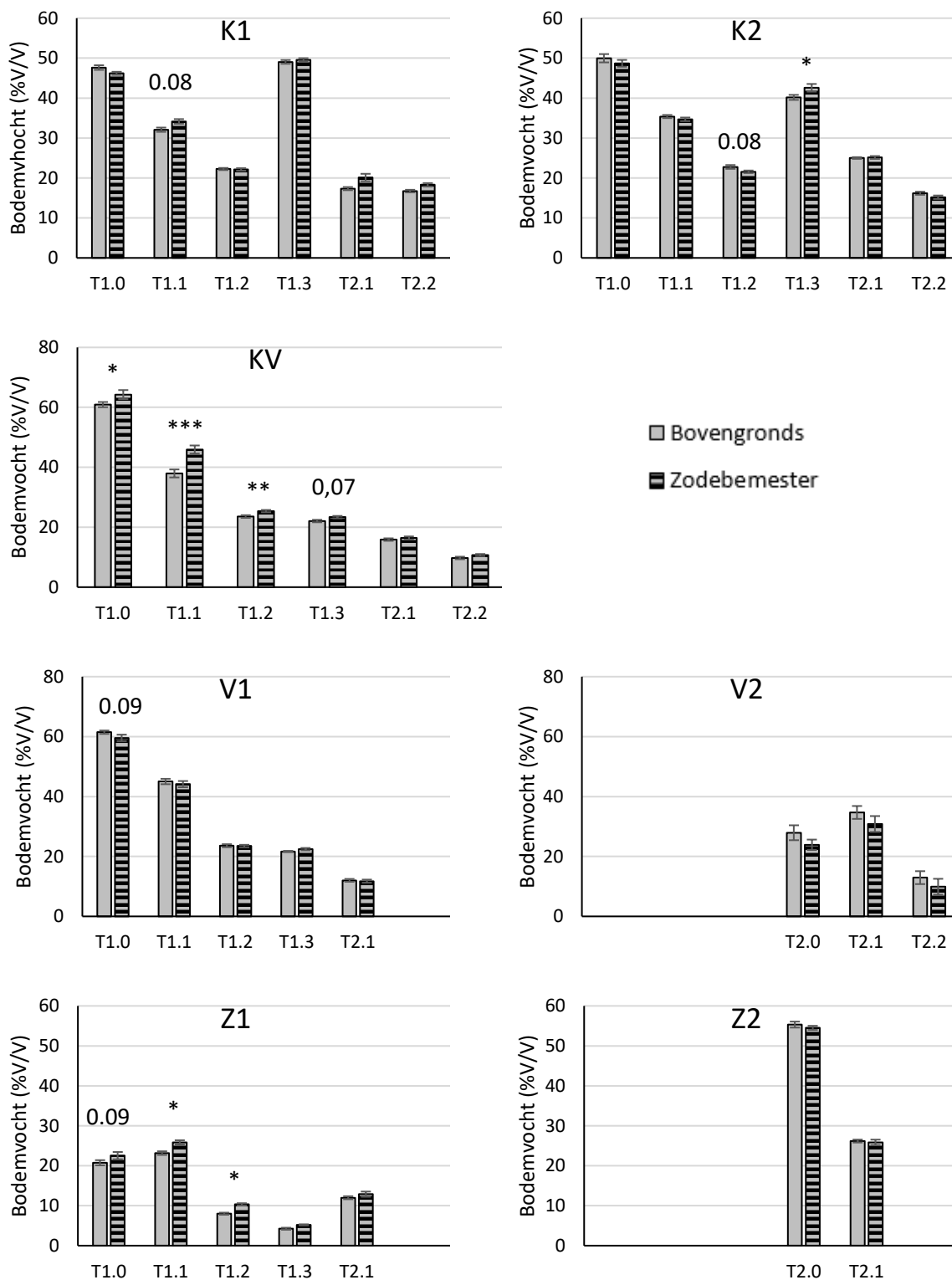
Er was over de tijd een dalende trend in het bodemvochtgehalte te zien van 60% bodemvocht (KV en V1), 50% (K1 en K2) en 20% (Z1) in maart tot onder de 20% in september (Figuur 9). Bij K1, K2 en Z2 viel de bodemvochtmeting eind mei en begin juni vlak na een periode met neerslag (Figuur 4a), waardoor het bodemvochtgehalte tijdelijk hoger was.



Figuur 9. Gemiddelde verloop in bodemvochtgehalte (gemiddeld over alle behandelingen) gedurende de meetmomenten in ronde 1 en ronde 2 op de verschillende percelen op klei, klei op veen, veen en zandgrond (zie Tabel 1 voor afkortingen en Tabel 2 voor een overzicht van meetmomenten en bemestingsrondes)

Effect van bemestingsmethode op vochtgehalte

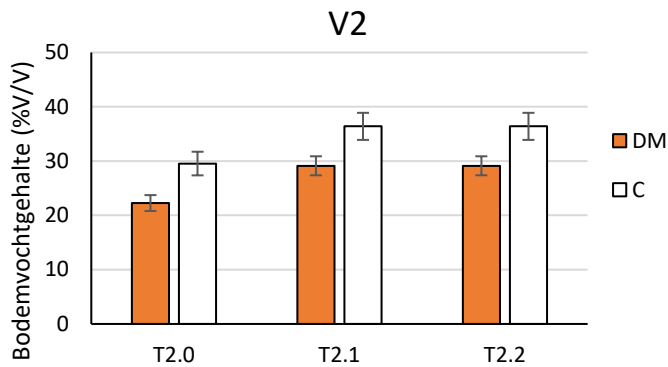
Op geen enkel perceel of meetmoment was het bodemvochtgehalte significant lager bij zodenbemesting dan bij bovengrondse mestaanwending (Figuur 10). Tijdens ronde 1 was voor KV (T1.0 – T1.2) en voor Z1 (T1.1 en T1.2) en K2 (T1.3), het bodemvochtgehalte juist significant hoger voor zodenbemesting dan bovengrondse mestaanwending (Figuur 10). Echter, voor de percelen KV en Z1 was het bodemvochtgehalte al hoger tijdens T1.0 (alleen significant voor KV), nog voordat er mest was uitgereden.



Figuur 10. Het effect van bemestingsmethode (bovengrondse (zonder snijden) en zodebemesting (met snijden)) (gemiddeld over behandelingen met en zonder drijfmest) op het bodemvochtgehalte (%V/V) op de zeven percelen op de verschillende meetmomenten gedurende ronde 1 (T1.0-T1.3) en ronde 2 (T2.0-2.2) (Tabel 2 voor datums, meting T1.3 = T2.0)). Significante verschillen tussen bovengronds en zodebemesting binnen een meetmoment worden weergegeven als: * = $P < 0.05$; ** = $P < 0.01$; *** = $P < 0.001$.

Effect van drijfmest

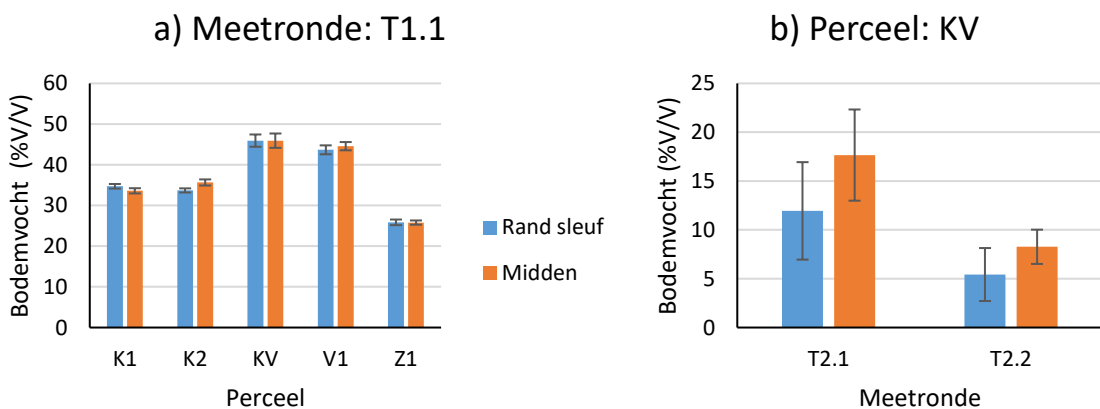
In ronde 1 was er op geen van de percelen een effect van drijfmestbemesting (t.o.v. controle zonder bemesting) op het bodemvochtgehalte (data niet weergegeven). Tijdens ronde 2 was er alleen voor locatie V2 op alle meetmomenten (inclusief T2.0) een significant effect ($P < 0,05$) van bemesting (Figuur 11). Het is aannemelijk dat dit gerelateerd was aan variaties in het veld, en niet aan de bemesting zelf.



Figuur 11. Het effect van drijfmestbemesting op het bodemvochtgehalte (% V/V) op de drie meetmomenten gedurende Ronde 2 op perceel V2. DM= drijfmest, C=controle (gemiddeld over behandelingen met en zodenbemesten en bovengrondse bemesting)

Effect scheuren op bodemvocht

Tijdens meetronde T1.1 was er geen significant verschil in bodemvochtgehalte gemeten aan de rand van de sleuf of midden tussen de sleuven (Figuur 12a). Gedurende meetrondes T2.1 en T2.2 (28/7 en 6/9) was op perceel KV het bodemvochtgehalte op beide meetmomenten gemiddeld ruim 30% lager vlak naast de scheur dan midden tussen de scheuren, maar de variatie in metingen was groot (Figuur 12b).



Figuur 12. Bodemvochtgehalte gemeten aan de rand van de sleuven/ scheuren en midden tussen sleuven/scheuren a) tijdens meetronde T1.1 op alle vijf percelen; en b) op perceel KV gemeten tijdens T2.1 en T2.2 (28 juli en 6 september).

4 Discussie

Variatie in sleufdiepte

Direct na bemesting, waren er al verschillen in sleufdiepte tussen de percelen. Het verschil in sleufdiepte kan verklaard worden door het gebruik van verschillende zodenbemesters in interactie met bodem, zoden en bodemvocht. In een drogere bodem in de zomer wordt gemiddeld minder diep gesneden omdat de bodem harder is. Voor een goede werking van de zodenbemesting waarbij het ammoniakverlies zoveel mogelijk beperkt wordt, is het van belang dat de sleuven voldoende diep zijn zodat de drijfmest niet buiten de sleuven loopt. In de praktijk komt het regelmatig voor dat de zodenbemesting niet ideaal wordt uitgevoerd. Binnen het project "Bemest op z'n Best" wordt hier aandacht aan besteed vanuit het perspectief van het beperken van de ammoniakemissie. Wat opvallend is in het huidige onderzoek is dat de diepste scheurvorming optreedt op het perceel waar de zodenbemester het diepst heeft gesneden. Er kon geen direct verband gelegd worden tussen sleufdiepte en scheurvorming omdat er binnen het onderzoek sprake was van verschillende bodemtypes (zie ook hieronder), maar het is niet onaannemelijk dat diepere insnijding tijdens het bemesten het risico op en de mate van scheurvorming kan vergroten.

Scheurvorming alleen onder specifieke omstandigheden

Tijdens de proefperiode trad scheurvorming pas op na aanhoudende droogte in de zomer, en slechts op twee van de zeven proeflocaties, namelijk KV en K1. Dit is mogelijk gerelateerd aan het lutumgehalte in de bodem. Dat was op deze twee percelen namelijk hoger dan bij andere locaties (>39%, Tabel 1). De diepere scheuren bij KV suggereren dat klei op veen gevoeliger is voor scheurvorming door zodenbemesting: de scheuren werden snel dieper. Bij de proeflocatie lag het kleidek "los" op een laag schalterveen en de scheuren waren zichtbaar tot op de schalterveenlaag op 30 cm diepte. Sommige scheuren waren zelfs dieper dan die laag (tot 38 cm, Figuur 8).

Ook op perceel V1 (lutumgehalte 35%) waren wel wat scheuren zichtbaar tijdens meetronde T2.1, maar door het hoge gras waren de scheuren niet goed te vinden en waren hier geen betrouwbare metingen mogelijk (Figuur 8).

Omdat er in september nog zeer diepe scheuren aanwezig waren op perceel KV, is daar half november nogmaals gemeten op de plots waar zodenbemesting had plaatsgevonden. De gemiddelde scheurdiepte (a) was toen 2,4 cm, de gemiddelde diepte van de gemeten scheuren (b) was 4,5 cm en de proportie scheuren (c) was 0,51. Dit geeft aan dat scheuren tot ver in het najaar zichtbaar kunnen blijven.

Deze resultaten zijn deels in overeenstemming met de resultaten van Prins en Snijders (1987), die minder schade van injectie op zandgrond vonden dan op veen-en kleigrond, maar niet keken naar klei op veen. In een proef in 2021 werd op een perceel dat wel vergelijkbaar was met KV geen scheurvorming gevonden, doordat de grond niet sterk genoeg uitgedroogd was in dat relatief natte jaar (Hoekstra et al., 2023).

Geen duidelijk effect van zodenbemesting en scheurvorming op het bodemvochtgehalte

De hypothese was dat de bodem door scheurvorming bij zodenbemesting sneller uitdroogt dan bij bovengrondse bemesting en dat de uitdroging groter is bij drijfmestbemesting, door de hogere grasproductie en daarmee waterverbruik als gevolg van bemesting.

In tegenstelling tot de verwachting was tijdens ronde 1 voor KV (T1.0 – T1.2) en voor Z1 (T1.1 en T1.2) en K2 (T1.3), het bodemvochtgehalte juist significant hoger bij zodenbemesting dan bij bovengrondse mestaanwending (Figuur 11). Echter, bij nader inzien bleek dat voor perceel KV en Z1 het bodemvochtgehalte al hoger was tijdens T0 (alleen significant voor KV), nog voordat er mest was uitgereden. Dit geeft aan dat hier waarschijnlijk sprake was van een gradiënt binnen het perceel, die niet gerelateerd was aan de bemestingsbehandeling.

Bij een vergelijkbare proef op klei-op-veen in 2021 werd ook geen verschil in bodemvocht gemeten tussen plots met zodenbemesting en bovengrondse bemesting. Er was toen sprake van een relatief nat jaar waarin ook geen scheurvorming optrad (Hoekstra et al., 2023). Het ontbreken van een lager vochtgehalte bij zodenbemesting is in overeenstemming met de resultaten van Van Vliet & De Goede (2006), die wel verschil in bodemvocht vonden tussen een droge zomer en een nat voorjaar, maar geen verschil tussen zodenbemesting en bovengrondse bemesting.

Naast het bodemvochtgehalte op plotniveau, hebben we ook het bodemvochtgehalte vlak naast en midden tussen de sleuven gemeten. Tijdens de eerste meetronde (T1.1) was er geen verschil in bodemvocht vlak naast de sleuf en midden tussen sleuven. Dit betekent dat onder de proefomstandigheden, snijden op zich niet in (meetbare) uitdroging van de bodem resulteert. Op het moment dat er echte scheurvorming optrad (gemeten op perceel KV tijdens meetronde 2), was het bodemvochtgehalte 30% lager aan de rand van de sleuf dan midden tussen sleuven. De variatie in bodemvochtgehalte was echter groot, en het effect van de scheur werkte te beperkt (horizontaal) door in de bodem om een duidelijk effect op bodemvochtgehalte op plotniveau te veroorzaken.

Overige effecten van zodenbemesting en scheurvorming

Grasopbrengst

In de huidige proef is het effect bemestingsmethode en scheurvorming op de grasopbrengst niet gemeten. Zelfs op perceel KV waren er op het oog geen duidelijke zichtbare verschillen. Echter, er is wel sprake van "verlies" van grasoppervlakte door scheurvorming, waardoor een negatief effect op grasopbrengst wel in de verwachting ligt. Een andere risico van scheurvorming is dat nutriënten die worden gegeven in de vorm van kunstmest makkelijk af- en uitspoelen langs deze scheuren, en daarmee verloren gaan voor het gras en in het milieu terechtkomen. Daarentegen gaat er bij zodenbemesting minder ammoniak verloren, waardoor er meer stikstof beschikbaar is voor grasgroei, wat kan resulteren in hogere grasgroei en N opname (Huijsmans et al., 2015).

De scheuren bij KV waren tot zeker november niet helemaal hersteld en er waren nog duidelijk scheuren en open plekken zichtbaar. Open plekken zijn extra gevoelig voor onkruidvorming (Prins & Snijders, 1987), wat bij KV in november ook zichtbaar werd (Figuur 13a). Dit kan op de langere termijn lijden tot een verslechtering van de grasmatten en een daling van de productie en voederwaarde. Daarnaast lijken muizen scheuren te gebruiken als gangen, waardoor de schade mogelijk groter is (Figuur 13b).



Figuur 13. A. Onkruidvorming in scheuren op perceel KV (november 2023), B. Muizen gebruiken oude scheuren vaak als onderdeel van hun gangenstelsel (Koufurderrige, maart 2023)

Behalve scheurvorming kan het gebruik van zwaardere machines bij zodenbemesting Bij zodenbemesting (en drijfmestinjectie) ook een nadeel zijn. Deze zijn nodig vanwege de grotere kracht die nodig is omdat er in de grasmatten gesneden moet worden. De wielsporen kunnen leiden tot bodemverdichting en daarmee tot snellere uitdroging van de bovengrond en een lagere gewasopbrengst (Haan et al., 2009).

Bodemleven

Naast het risico op scheurvorming zou de injectie van drijfmest ook een negatief effect kunnen hebben op het bodemleven en met name op de beschikbaarheid van regenwormen voor weidevogels. In de huidige proef is het effect bemestingsmethode en scheurvorming op het bodemleven niet gemeten. De literatuur laat hier sterk wisselende effecten zien, waarbij geen effect (Kruk, 1993; Van Eekeren et al., 2009), geen effect op aantallen, maar wel een negatief effect op biomassa (Oosterveld, 2006) of alleen op een specifieke groep (namelijk de bodembewoners (Onrust & Piersma, 2019) of in een bepaalde periode (de Goede et al., 2003) werd

gerapporteerd. In deze studies werd echter vaak geen duidelijk onderscheid gemaakt tussen de mestsoort en bemestingsmethode. Dat gebeurde wel in de studie van Van Vliet & De Goede (2006), waarin ze in een nat voorjaar minder wormen vonden bij bovengronds bemesten ten opzichte van drijfmestinjectie, en in een droge zomer juist minder wormen bij injectie ten opzichte van bovengronds bemesten. In een eerdere proef op klei-op-veen (Hoekstra et al., 2023) die plaatsvond in het relatief natte 2021 was er geen indicatie dat snijden in de bodem een negatief effect heeft op de beschikbaarheid van regenwormen voor weidevogels:

1. er was geen duidelijk effect van het snijden in de bodem op het aantal regenwormen, of de wormbiomassa;
2. er was geen effect op de indringingsweerstand, of hardheid, van de bodem, wat tot gevolg zou hebben dat het mogelijk moeilijker zou zijn voor weidevogels om wormen te vangen.

Gedurende drie van de vier meetperiodes (tot vier weken na mestaanwending) was er een voorzichtige trend dat de plaatsing van mest onder de grond tijdens zodenbemesting een negatief effect had, op met name het aantal bodembewonende regenwormen. Over het algemeen waren de aantallen regenwormen in de proef van Hoekstra et al. (2023) dermate hoog, dat het onwaarschijnlijk is dat variaties in de hoeveelheid wormen een effect hebben gehad op de voedselvoorziening en overlevingskansen van weidevogels. Echter, deze proef vond plaats onder relatief vochtige omstandigheden waarbij geen scheurvorming optrad. De effecten zijn mogelijk sterker onder droge omstandigheden waarbij wel scheurvorming optreedt.

Veenafbraak

Scheuren in de bovenlaag hebben mogelijk een versterkend effect op bodemafbraak en daarmee op CO₂-emissie, met name bij percelen met klei op veen, doordat er als het ware "scheuren in het deksel" komen. Er is echter nog discussie over het belang van een kleilaag op het beperken van veenafbraak, dus het is onduidelijk of scheuren hier invloed op hebben.

Verdunde drijfmestaanwending

Op percelen die gevoelig zijn voor scheurvorming, is het de moeite waard om snijden in de bodem te vermijden. Op klei en veenpercelen mag drijfmest bovengronds worden uitgereden, mits dit wordt verdund (minimaal één deel water op twee delen drijfmest) en dit wordt uitgereden in strookjes onder het gras (met een zogenaamde sleepvoetbemester) (RVO, 2023). Verdunning van de drijfmest zorgt voor een afname in de ammoniakemissie (Frost, 2006) omdat de mest zo beter kan infiltreren in de bodem en de ammoniakconcentraties in de mest wordt verlaagd. Daarnaast is de verdunde drijfmest beter verpompbaar (met name van belang bij gebruik van een sleepslangstelsel) en is het extra water van toegevoegde waarde tijdens droge periodes.

Wel leidt het verdunnen met water tot een hogere gift per kuub per hectare (mest + water), bij een gelijke stikstofgift. Dit kan zorgen dat er meer mest uitvloeit en niet meer netjes op de stroken komt, of dat er vaker mest moet worden uitgereden (bij gelijke volume gift) resulterend in hogere loonwerkkosten.

5 Conclusies en aanbevelingen

Onder de relatief droge omstandigheden in het voorjaar en zomer van 2022 vond bij aanhoudende droogte op twee van de zeven gemonitorde percelen (twee percelen op klei, twee op zand, twee op veen en één op klei op veen) sterke scheurvorming plaats. De scheuren op deze percelen waren gemiddeld tot 15 cm diep, met maximale dieptes tot 38 cm. Deze twee percelen (K1 = klei en KV = klei-op-veen) werden beiden gekenmerkt door een hoger lutumgehalte (>39%) dan de overige percelen. Daarnaast is er mogelijk een verband met de snijdiepte ten tijde van zodenbemesting. Op de beide zandpercelen vond geen scheurvorming plaats. In tegenstelling tot de verwachtingen werd er geen effect van behandeling op het bodemvochtgehalte op 7 cm diepte gevonden. De bodem vlak naast een scheur was wel iets droger, maar dit effect was op perceelniveau niet zichtbaar.

In de huidige proef zijn geen opbrengstmetingen gedaan, maar bij de geobserveerde mate van scheurvorming is het aannemelijk dat de potentieel hogere N benutting bij zodenbemesting (ten dele) wordt tenietgedaan door opbrengstreductie als gevolg van de vele scheuren. Daarnaast zijn de ontstane open plekken gevoelig voor onkruidvorming, wat een negatief effect heeft op de grasproductie en kwaliteit op de langere termijn. Ook bestaat het risico dat nutriënten die worden gegeven in de vorm van kunstmest makkelijk af- en uitspoelen langs deze scheuren, en daarmee verloren gaan voor het gras en in het milieu terecht komen.

Op het klei-op-veen perceel liepen de scheuren helemaal door het kleidek heen, tot in het onderliggende veen dit zou effect kunnen hebben op de afbraak van het veen.

Op percelen op veen en kleigrond die gevoelig zijn voor scheurvorming is het uitrijden van verdunde drijfmest met een sleepvoet een goed alternatief, met name gedurende de zomer.

Referenties

- De Goede, R. G. M., Brussaard, L., & Akkermans, A. D. L. (2003). On-farm impact of cattle slurry manure management on biological soil quality. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 51(1–2), 103–133. [https://doi.org/10.1016/S1573-5214\(03\)80029-5](https://doi.org/10.1016/S1573-5214(03)80029-5)
- De Haan, B. J. (2009). *PBL Rapport 500155001 Emissiearm bemesten geëvalueerd*. PBL: Netherlands Environmental Assessment Agency.
- Frost, J. (2006). Effect of spreading method, application rate and dilution on ammonia volatilization from cattle slurry. *Grass and Forage Science*, 49, 391 - 400. 10.1111/j.1365-2494.1994.tb02015.x.
- Hoekstra, N.J., J. de Stigter, N. van Eekeren, 2023. Het effect van drijfmestaanwending met zodenbemester en sleepvoet op bodemvocht, scheurvorming, regenwormen en grasopbrengst op klei-op-veen. 2023-005 LbP. Louis Bolk Instituut, Bunnik.
- Huijsmans, J. F. M., Schröder, J. J., Mosquera, J., Vermeulen, G. D., ten Berge, H. F. M., & Neeteson, J. J. (2015). Ammonia emissions from cattle slurries applied to grassland: Should application techniques be reconsidered? *Soil Use and Management*, 32, 109–116.
- Kruk, M. (1993). *Meadow bird conservation on modern commercial dairy farms in the western peat district of the Netherlands: Possibilities and limitations* [Rijksuniversiteit Leiden].
- Onrust, J., & Piersma, T. (2019). How dairy farmers manage the interactions between organic fertilizers and earthworm ecotypes and their predators. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 273, 80–85.
- Oosterveld, E. (2006). Betekenis van waterpeil en bemesting voor weidevogels. *De Levende Natuur*, 134–137.
- Prins, W. H., & Snijders, P. J. M. (1987). Negative effects of animal manure on grassland due to surface spreading and injection. *Animal Manure on Grassland and Fodder Crops. Fertilizer or Waste?*, 119–135. https://doi.org/10.1007/978-94-009-3659-1_8
- RVO, 2023. Mest waterverdund uitrijden. <https://www.rvo.nl/onderwerpen/mest/gebruiken-en-uitrijden/hoe-uitrijden/waterverdund-uitrijden.9/3/2023>
- Van Eekeren, N., De Boer, H., Bloem, J., Schouten, T., Rutgers, M., De Goede, R., & Brussaard, L. (2009). Soil biological quality of grassland fertilized with adjusted cattle manure slurries in comparison with organic and inorganic fertilizers. *Biology and Fertility of Soils* 2009 45:6, 45(6), 595–608. <https://doi.org/10.1007/S00374-009-0370-2>
- Van Vliet, P. C. J., & de Goede, R. G. M. (2006). Effects of slurry application methods on soil faunal communities in permanent grassland. *European Journal of Soil Biology*, 42(SUPPL. 1), S348–S353. <https://doi.org/10.1016/J.EJSOBI.2006.09.004>