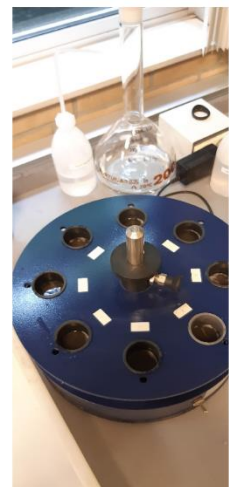


De invloed van zout op de bodem



Naam: A.M. Born

De invloed van zout op de bodem

De Invloed van zoutwater op de aggregaatstabiliteit en de nutriëntenbeschikbaarheid

Naam student: A.M. Born
Opleiding: Aeres Hogeschool Dronten
Agrarisch ondernemerschap Tuin- en Akkerbouw
Plaats: Dronten
Datum: Zondag 3 juli 2022
Afstudeerdocent: K. Pepers

DISCLAIMER

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

Voorwoord

Voor u ligt mijn afstudeerwerkstuk in de vorm van een onderzoeksverslag; ‘de invloed van zout op de bodem’. Het onderzoek voor dit afstudeerwerkstuk is uitgevoerd bij de Stichting Proefboerderijen Noordelijke Akkerbouw (SPNA) in het Friese Kollumerwaard.

Mijn naam is Marvin Born, ik ben tweeëntwintig jaar oud en ik zit in het vierde jaar van de opleiding Agrarisch Ondernemerschap Tuin- en Akkerbouw aan de Aeres Hogeschool Dronten. De keuze voor deze opleiding is gemaakt omdat het gericht is om het familiebedrijf op een goede manier over te nemen. Verder ook om kennis te vergaren, werkervaring op te doen, door middel van stages, en het maken van connecties.

Dit afstudeerwerkstuk zal voornamelijk de interesse wekken van agrarisch ondernemers, waterschappen, provincies en kennisinstellingen. Deze partijen willen door kennisontwikkeling meer inzicht krijgen in de invloed van zout op de bodem. Het uiteindelijke doel is om gepaste maatregelen te kunnen nemen om de invloed van zout zoveel mogelijk te beperken.

Ik wil Aeres Hogeschool Dronten bedanken, waaronder specifiek Karin Pepers als afstudeerdocent, en daarnaast ook Martin Duijkers en Gera van Os voor het meedenken over de onderzoeksopzet. Verder wil ik ook Arjen de Vos van The Salt Doctors hiervoor bedanken. Tot slot wil ik Carina Rietema van de SPNA bedanken voor haar ondersteunende functie.

Marvin Born
Dronten, 3 juli 2022

Samenvatting

Er is sprake van verzilting wanneer de bodem, het grondwater en het oppervlaktewater te zout zijn voor een bepaald doel, bijvoorbeeld landbouw of drinkwaterwinning. Verzilting is wereldwijd een groot probleem. In totaal is er één miljard hectare grond verzilt, dit is 7 procent van het totale landoppervlak, en daar komt iedere dag ongeveer 4000 hectare bij. Verzilting treedt vaak op in droge gebieden door een neerslagtekort en hoge verdamping. Dit komt in Nederland niet voor omdat hier een neerslagoverschot is. De grootste oorzaak van verzilting in Nederland is zout grondwater wat naar boven komt, wat zoute kwel wordt genoemd.

Water met een te hoge zoutconcentratie kan invloed hebben op het gewas, de beschikbaarheid van nutriënten in de bodem en de bodemstructuur. Het kan van onderaf invloed hebben door kwel in de wortelzone of van bovenaf door beregening of inundatie.

Bij proefboerderij SPNA is behoefte aan een proef, waarmee de effecten van verzilting worden gesimuleerd. De proef dient om meer inzicht te krijgen in verziltingseffecten op de bodemstructuur en de nutriëntenbeschikbaarheid. Meer inzicht in verziltingseffecten op kleibodems is nodig vanwege de toenemende verziltingsrisico's voor de akkerbouw op de Noordelijke klei door opkomend zout kwelwater.

De hoofdvraag luidt als volgt;

Wat is de invloed van zout water op de aggregaat stabiliteit en nutriëntenbeschikbaarheid, op de lichte kleigrond van de proefvelden van de SPNA – Kollumerwaard in Munnekezijl?

De hoofdvraag wordt beantwoord middels twee (van de drie) deelvragen. De eerste deelvraag gaat over de relatie (in de tijd) tussen het zoutgehalte en de aggregaatstabiliteit. Hiervoor is gebruik gemaakt van de natte zeefmethode. De tweede deelvraag gaat over de relatie tussen het zoutgehalte en de nutriëntenbeschikbaarheid in de bodem. De grond is op nutriëntenbeschikbaarheid geanalyseerd door Fertilab. De derde deelvraag geeft antwoord op hoe de visuele beoordeling, beoordeeld door experts, zich verhoudt tot de gemeten beoordeling van de aggregaatstabiliteit.

Het verband (relatie) tussen het zoutgehalte en de aggregaatstabiliteit is sterk. Het verband tussen het zoutgehalte en de aggregaatstabiliteit in de tijd is matig.

Er is een statistisch verband tussen het zoutgehalte (EC van 20 dS/m) en de nutriëntbeschikbaarheid in de tijd aangetoond voor de volgende nutriënten: Magnesium (Mg), Zwavel (S), Natrium (Na), Chloor (Cl), Magnesium (aan het CEC) en Natrium (aan het CEC).

Er is een sterk verband aangetoond tussen de nutriëntbeschikbaarheid en de reeks zoutgehaltes (EC 2-5-10-20 dS/m) na een maand voor de volgende nutriënten: Kalium (K), Magnesium (Mg), Zwavel (S), Natrium (Na), Calcium (Ca(aan het CEC)) en Natrium (Na(aan het CEC)) en de geleidbaarheid en de zuurgraad.

In totaal is er één grondmonster op de juiste plek beoordeeld door de experts, in vergelijking met de resultaten van de natte zeefmethode. Dit komt uit op: $((1/15) * 100\%) = 6,67$ procent.

Hieruit kan geconcludeerd worden dat het moeilijk is om de aggregaatstabiliteit visueel te beoordelen ten opzichte van meten.

Voor deelvraag 1 is bij vervolgonderzoek aan te bevelen om een schudzeef te gebruiken om ervoor te zorgen dat de kluitjes van gelijke grootte zijn. Het is ook aan te bevelen om vier gram zo nauwkeurig mogelijk af te wegen omdat het lijkt alsof het percentage stabiele breukdeel hier heel erg van afhankelijk is, namelijk des te meer gram des te hoger. Tot slot, om iets statistisch aan te kunnen tonen zijn er meer metingen nodig. Het is daarom aan te bevelen minder variabelen te hebben en meer metingen per variabel (minstens 40). Voor deelvraag 2 geldt dit laatste punt ook. Voor deelvraag 3 wordt aanbevolen om bij vervolgonderzoek, de kluitjes van dezelfde grootte te laten zijn. Dit is mogelijk door de mengmonsters eerst (licht) te verkruimelen en daarna door de schudzeef te halen.

Summary

Salinization occurs when the soil, groundwater and surface water are too salty for a specific purpose, for example agriculture or drinking water extraction. Salinization is a major problem worldwide. In total, one billion hectares of land has been salinized, this is 7 percent of the total land area, and about 4000 hectares are added every day. Salinization often occurs in dry areas due to a rainfall deficit and high evaporation. This does not occur in the Netherlands because there is a precipitation surplus here. The biggest cause of salinization in the Netherlands is salt groundwater that comes up, which is called salty seepage.

Water with a too high salt concentration can affect the crop, the availability of nutrients in the soil and the soil structure. It can be influenced from below by seepage in the root zone or from above by irrigation or inundation.

At experimental farm SPNA there is a need for a trial, with which the effects of salinization are simulated. The test serves to gain more insight into salinization effects on soil structure and nutrient availability. More insight into salinization effects on clay soils is needed because of the increasing salinization risks for arable farming on the Northern clay due to rising salt seepage water.

The main question is as follows;

What is the influence of salt water on the aggregate stability and nutrient availability, on the light clay soil of the experimental fields of the SPNA – Kollumerwaard in Munnekezijl?

The main question is answered by means of two (of the three) sub-questions. The first sub-question is about the relationship (on time) between salinity and the aggregate stability. The wet sieve method was used for this. The second sub-question concerns the relationship between salinity and nutrient availability in the soil. The soil has been analysed for nutrient availability by Fertilab. The third sub-question provides an answer to how the visual assessment, assessed by experts, relates to the measured assessment of aggregate stability.

The relationship (relationship) between salinity and aggregate stability is strong. The relationship between salinity and aggregate stability over time is moderate.

A statistical relationship between salinity (EC of 20 dS/m) and nutrient availability over time has been demonstrated for the following nutrients: Magnesium (Mg), Sulphur (S), Sodium (Na), Chlorine (Cl), Magnesium (at the CEC) and sodium (at the CEC).

A strong relationship has been demonstrated between nutrient availability and the range of salinity levels (EC 2-5-10-20 dS/m) after one month for the following nutrients: Potassium (K), Magnesium (Mg), Sulphur (S), Sodium (Na), Calcium (Ca(at the CEC)) and Sodium (Na(at the CEC)) and conductivity and acidity.

In total, one soil sample was assessed in the right place by the experts, compared to the results of the wet sieve method. This comes out to: $((1/15) * 100\%) = 6.67$ percent.

From this it can be concluded that it is difficult to visually assess the aggregate stability in relation to measurement.

For sub-question 1, it is recommended to use a shaking sieve for follow-up research to ensure that the lumps are of equal size. It is also recommended to weigh four grams as accurately as possible because it seems as if the percentage of stable fracture part is very much dependent on this, namely the more grams the higher. Finally, in order to be able to demonstrate something statistically, more measurements are needed. It is therefore recommended to have fewer variables and more measurements per variable (at least 40). This last point also applies to sub-question 2. For sub-question 3, it is recommended that in follow-up research, the lumps should be of the same size. This is possible by first (lightly) crumbling the mixing samples and then passing them through the shaking sie

Inhoudsopgave

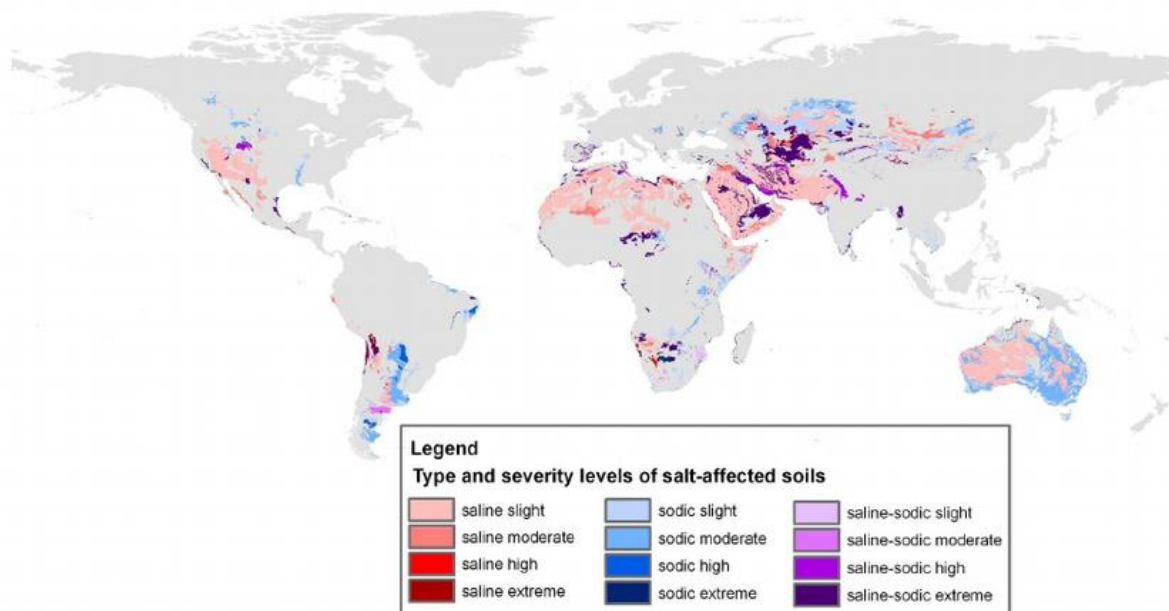
1. Inleiding.....	7
1.1 Verzilting wereldwijd	7
1.2 Klimaatverandering	8
1.3 Oorzaken van verzilting	8
1.4 De oorsprong van verzilting in Nederland	11
1.5 Gevolgen van verzilting voor de akkerbouw in Nederland	12
1.6 Verzilting bij SPNA	18
1.7 Hoofdvraag en deelvragen.....	18
1.8 Doelstelling	18
2. Materiaal en Methode	19
3. Resultaten	22
3.1 Aggregaatstabiliteit.....	22
3.2 Nutriëntenbeschikbaarheid	25
3.3 Visuele beoordeling aggregaatstabiliteit	30
4. Discussie	31
4.1 Aggregaatstabiliteit.....	31
4.2 Nutriëntenbeschikbaarheid	32
4.3 Visuele beoordeling aggregaatstabiliteit	32
5. Conclusies.....	33
6. Aanbevelingen.....	35
Bronnenlijst	37
Bijlagen.....	40
Bijlage A: Overzicht zouttolerantie gewassen	40
Bijlage B: Interacties tussen nutriënten.....	41
Bijlage C: Locatie ringmonsters steken	42
Bijlage D: Procedure ringmonsters steken	43
Bijlage E: Gebruiksaanwijzing luchtgedroogde grond (NEN5751)	44
Bijlage F: Gebruiksaanwijzing natte zeef methode.....	45
Bijlage G: Voorbeeldrapport BD05	47
Bijlage H: Ringmonster overzicht.....	49
Bijlage I: Indeling bakken	49
Bijlage J: Metingen Wet Siever en berekeningen stabiele breukdeel	52
Bijlage K: Beschikbaarheid nutriënten (in mg/l) van factor 2: EC reeks	56
Bijlage L: Grafieken nutriëntenbeschikbaarheid (in mg/l) factor 2: EC reeks	57
Bijlage M: (Willekeurige) Nummering bakjes	64

1. Inleiding

1.1 Verzilting wereldwijd

Er is sprake van verzilting wanneer de bodem, het grondwater en het oppervlaktewater te zout zijn voor een bepaald doel, bijvoorbeeld landbouw of drinkwaterwinning. Verzilting is wereldwijd een groot probleem; het is één van de grote bedreigingen voor de landbouwsector. In totaal is er één miljard hectare grond verzilt, dit is 7 procent van het totale landoppervlak, en daar komt iedere dag ongeveer 4000 hectare bij. In totaal is 20 procent van alle landbouwgrond verzilt en 30 procent van alle geïrrigeerde landbouwgrond, dit is ongeveer zeventig miljoen hectare. Elk jaar komt hier naar schatting 250 tot 500 duizend hectare verzilte landbouwgrond bij.

Gebieden waar dit het meeste speelt, zoals te zien in figuur 1.1.1, zijn: Het Aralmeer in Centraal-Azië, de Gangesvallei in India, de Indusvallei in Pakistan, de Gele rivier in China, Amerika en Australië. In Europa is er twee miljoen hectare verzilt, waarvan het merendeel in Spanje en Hongarije (Hopmans et al., 2021 ; Salt Farm Foundation, 2022 ; The Salt Doctors, 2021 ; Universiteit van de Verenigde Naties, 2014 & WUR, 2015).



Figuur 1.1.1 Type verzilting met verschillende gradaties (FAO, z.d.). Hoe hoger de concentratie zout; licht, matig, hoog en extreem, hoe donkerder de kleur.

Er zijn twee vormen van verzilting, namelijk saline en sodic. Bij Saline bevat het bodemvocht hoge natriumconcentraties waarbij zeewaterzout (natriumchloride) de bron is, in Nederland komt dit het meeste voor. Bij sodic kan natriumcarbonaat een bron van verzilting zijn als gevolg van verwerking van gesteenten, dit komt meestal voor in binnenlandse gebieden. Bij deze vorm is de bodemzoutconcentratie heel laag omdat er veel natrium is gebonden aan het CEC. Dit geeft problemen met de pH of de bodemstructuur. Het carbonaat zorgt namelijk voor een hoge pH (achtenhalf tot negen), wat negatieve effecten heeft op de beschikbaarheid van nutriënten. Saline is dus een hoge mate van opgelost zout, sodic is een hoge mate van geadsorbeerd zout. (The Salt Doctors, 2021).

Verzilting treedt vaak op in droge gebieden door een neerslagtekort en hoge verdamping. Hierdoor blijven variabele hoeveelheden oplosbare bestanddelen achter nadat het water uit de bodem is verdampt. Deze bodems zijn geclassificeerd op basis van hun dominante bestanddelen. Een Solonchak bevat bijvoorbeeld een hoge concentratie oplosbare zouten, zoals weergegeven in figuur 1.1.2, en een Solonetz een hoog gehalte aan uitwisselbare natrium- en/of magnesiumionen (Mantel S., 2018). Deze soorten bodems komen niet in Nederland voor omdat hier een neerslagoverschot is.

De grootste oorzaak van verzilting in Nederland is zout grondwater wat naar boven komt, wat zoute kwel wordt genoemd.



Figuur 1.1.2 Solonchak (Researchgate, 2018).

1.2 Klimaatverandering

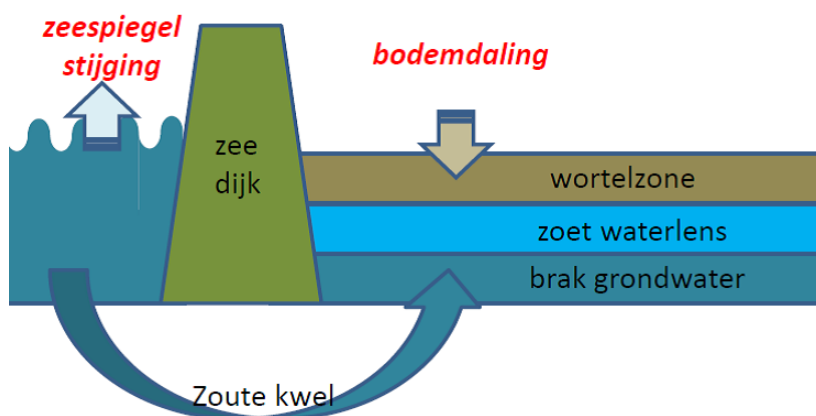
Een veranderend klimaat komt tot uiting in een zeespiegeldaling of-stijging; het smelten of groter worden van ijskappen, maar ook extreem natte of droge weersomstandigheden. Door meer uitstoot van broeikasgassen, zoals koolstofdioxide (CO₂), wordt het broeikasgaseffect versterkt, waardoor er meer warmte op aarde vastgehouden wordt. Dit heeft tot gevolg dat de temperatuur op aarde stijgt (Bijnagte, L., 2019).

Het stijgen van de temperatuur op aarde leidt tot een zeespiegelstijging, die veroorzaakt wordt door een toename van de hoeveelheid water in de oceanen. Een oorzaak hiervan is het smelten van gletsjers en ijskappen in Groenland en Antarctica. De andere en tevens belangrijkste oorzaak is dat zeewater uitzet naarmate het warmer wordt. De zeespiegel kan uiteindelijk enkele meters stijgen (Hier.nu, 2017).

Een ander gevolg van klimaatverandering zijn de weersextremen die verder uit elkaar gaan liggen. Hierdoor komen er vaker periodes van droogte of van wateroverlast voor. Een periode van droogte kwam in de jaren 2018, 2019 en 2020 in Nederland voor. Door onvoldoende aanvoer van smeltwater uit de alpen, zakten de rivierpeilen.

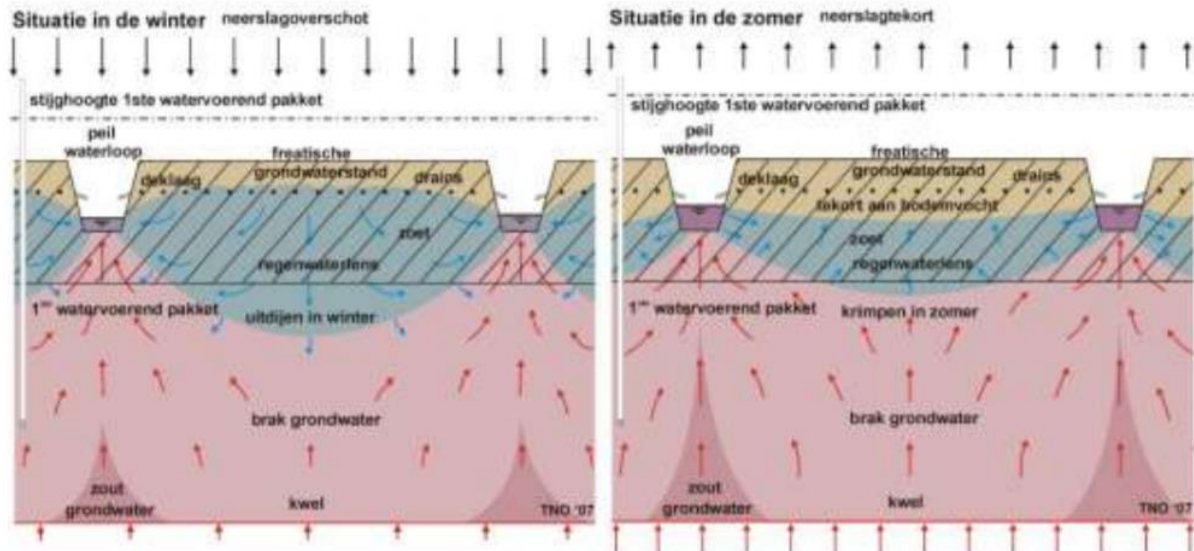
1.3 Oorzaken van verzilting

Verzilting heeft interne en externe oorzaken. Interne verzilting treedt op wanneer zout grondwater als kwelwater omhoog stroomt en aan het oppervlak komt. Door het stijgen van de zeespiegel, dat in hoofdstuk 1.2 beschreven is, in combinatie met bodemdaling en toenemende onttrekkingen zal dit proces in de kuststreken alleen maar versnellen. Dit proces is schematisch weergegeven in figuur 1.3.1.



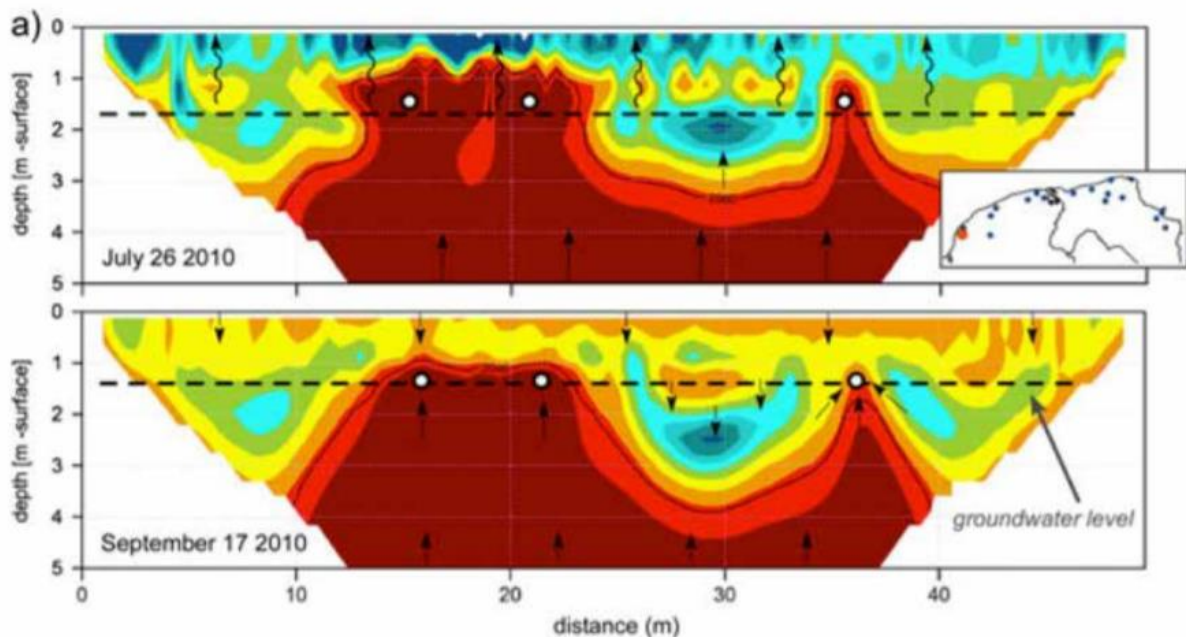
Figuur 1.3.1 Toename van zoute kwel door zeespiegelstijging en bodemdaling (Rijke Waddenzee, z.d.).

Het dunner worden van de zoet regenwaterlens draagt hier ook aan bij door het vaker voor komen van periodes van droogte en is schematisch weergegeven in figuur 1.3.2. Interne verzilting kan ook ver van de kust af voorkomen, vooral in diepe poldergebieden en droogmakerijen die vaak wat lager liggen als gevolg van ontwatering en bodemdaling (Van Baaren et al., 2009).



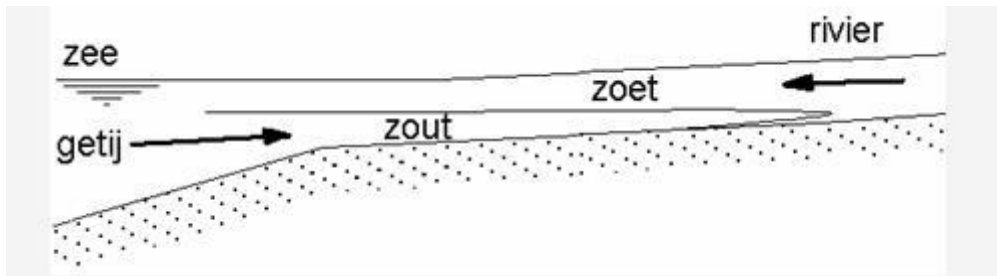
Figuur 1.3.2 Schematische weergave van de seizoensdynamiek in een neerslaglens onder een perceel tussen twee sloten (Van Baaren et al., 2009).

Verder kan drainage (zout) grondwater aanzuigen. Dit is vooral het geval wanneer de drains wat dichter op elkaar liggen. Hierdoor vormt zich namelijk geen zoetwaterlens tussen de drains. Dit is weergegeven in figuur 1.3.3 waarbij de rode kleur het zoute grondwater representeert en de witte stippen de drains. Ondanks dat de drainage zorgt voor aanzuiging van zout grondwater, voorkomt het indringing in de wortelzone. Uiteindelijk komt het zoute water via de drains wel in de sloot terecht (Saline Agriculture Worldwide, 2015).



Figuur 1.3.3 Aanzuiging van (zout) grondwater door drains (Velstra et al., 2011).

Externe verzilting treedt op wanneer oppervlaktewater zout water met zich meevoert. Zout water heeft een grotere dichtheid dan zoet water en dringt dan als een 'tong' binnen in zoet rivierwater, zoals weergegeven in figuur 1.3.4. Hoe ver de zouttong kan binnendringen hangt van de rivierafvoer en de zeewaterstand af. Bij een hoge zeewaterstand en lage rivierafvoer komt de zouttong verder landinwaarts. Zout water kan ook binnendringen via spui- en schutsluizen of via vispassages op een zoet-zoutovergang.



Figuur 1.3.4 Zout zeewater dat binnendringt als een tong in zoet rivierwater (Helpdeskwater, 2022).

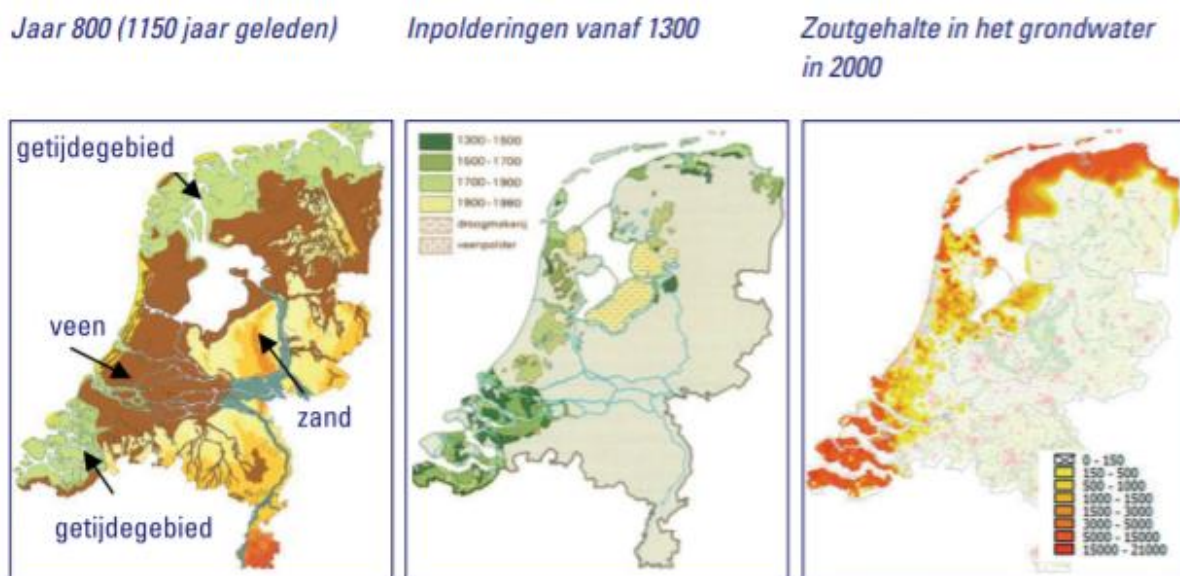
Externe verzilting bestaat uit twee vormen, namelijk passieve en actieve. Passieve externe verzilting vindt stroomafwaarts van de zone met zoute kwel plaats. Bij actieve externe verzilting wordt er (in droge periodes) bewust zout water in polders ingelaten vanuit buitenwateren (Helpdeskwater, 2022 ; Paulissen et al., 2011 ; Satijn, H.M.C. & Leenen, J.M.J., 2009).

Naast de drie voornaamste oorzaken van verzilting in Nederland, die hierboven beschreven zijn, zijn er ook andere oorzaken. Deze oorzaken, die onderstaand zijn opgesomd, treden wereldwijd meer op en in Nederland vooral lokaal of met relatief lage zoutgehalten (Boer, H. d., & Radersma, S., 2011):

- 1. Verdamping**
Door verdamping van water neemt de concentratie ionen in de bodem toe.
- 2. Verstuiving van zeezout**
Het zout van opgedroogd zeewater kan verstuiven.
- 3. Landbouwkundige activiteiten**
Het verdampen van water (zie 1. Verdamping) door het telen van gewassen en het gebruik van zoute meststoffen (kunstmest).
- 4. Lokale bodemverontreiniging**
Het gebruik van wegzout en onvoldoende ontzilt ophoogzand, een riolering die lekt of het overmatig gebruik van kunstmest in tuinen.
- 5. Infiltratie van oppervlaktewater via waterlopen**
Lozing van riool- en industriewater in rivieren.
- 6. Sedimentatie**
Mariene sedimenten die in het verleden zijn afgezet en het water dat hierin is achtergebleven (poriewater).
- 7. Menging van zoet met zout water**
Wanneer zoet en zout water mengen, verandert het in brak water.
- 8. Opkegeling bij drinkwaterwinning**
Bij het winnen van zoet drinkwater uit ondiepe grondwaterlagen wordt zout water mee omhooggetrokken. Door diffusie mengt dit waardoor grondwater verzilt.
- 9. Oplossing van steenzout (haliet)**
Het grootste gedeelte van steenzout bestaat uit haliet, wat op zijn beurt weer bestaat uit zuivere natriumchloride. Haliet is in het Perm afgezet en kan op sommige plekken 150 – 400 meter onder het maaiveld liggen.

1.4 De oorsprong van verzilting in Nederland

In Nederland zijn er naast klimaatverandering ook andere oorzaken van verzilting, namelijk geologische processen of/en menselijk ingrijpen in het watersysteem. Tijdens het holoceen, ongeveer tienduizend jaar terug, begon het wereldwijd warmer te worden. Het gevolg was dat 2500 jaar later de zee het land overspoelde langs de kust, waardoor een waddensysteem ontstond. Ongeveer tweeduizend jaar later begon de kust te sluiten door sedimentatie, waardoor dit waddensysteem langzaam dicht slibde. Er begon veen te groeien en het water in Groningen, Zuid-Friesland, Drenthe en West-Nederland werd zoeter, terwijl in het noorden van de provincies Friesland, Groningen en Noord-Holland en in Zeeland nog zoutwater infiltratie plaatsvond, dit heeft tot het jaar achthonderd geduurd. In deze laatstgenoemde gebieden wordt een hoge chlorideconcentratie (>1000 mg/l) op geringe diepte in het zoute grondwater aangetroffen. Dit heeft een grote overeenkomst met tot waar het getij gekomen is, zoals te zien is in figuur 1.4.1 links en rechts. De andere gebieden met een hoog zoutgehalte in het grondwater laten overeenkomst zien met de gebieden die sinds 1300 zijn ingepolderd, zie figuur 1.4.1 midden.



Figuur 1.4.1 Links; Nederland 1150 jaar geleden, midden; inpolderingen sinds 1300 en rechts; het zoutgehalte tot ca. 20m diepte (Satijn, H.M.C. & Leenen, J.M.J., 2009).

Tussen het jaar vijfhonderd en duizend overspoelde de zee nog regelmatig delen van het land. Daardoor spoelde in grote gebieden het veen weg. Op deze manier kreeg, tussen het jaar 1000 en 1500, het IJsselmeer vorm. Er ontstonden duinen langs de kust en de mens kreeg invloed op het landschap door ontginning en afgraving van veengebieden, bedijking en inpoldering. Op deze manier is het huidige polderlandschap ontstaan met ieder zijn eigen kunstmatig gehandhaafd polderpeil en grondwaterstanden.

Het inklinken van klei en het oxideren van veen heeft bodemdaling tot gevolg. Om tot de gewenste drooglegging te komen daalt het polderpeil mee. Het verlagen van het polderpeil heeft weer bodemdaling tot gevolg. Uiteindelijk resulteert dit in een toename van kwel. Het zoute water werd tevens constant omhooggetrokken door het bemalen van polders en droogmakerijen. Door het optreden van het bovenstaande proces is het zoute grondwater langzaam in beweging gekomen (Satijn, H.M.C. & Leenen, J.M.J., 2009 ; Paulissen et al., 2011).

1.5 Gevolgen van verzilting voor de akkerbouw in Nederland

Algemeen

Water met een te hoge zoutconcentratie kan invloed hebben op het gewas, de beschikbaarheid van nutriënten in de bodem en de bodemstructuur. Het kan van onderaf invloed hebben door kwel in de wortelzone of van bovenaf door beregening of inundatie (Van de Craats, et al., 2016).

‘Wanneer water zoet of zout is, hangt af van de hoeveelheid zouten die aanwezig is. Dit wordt gemeten in de vorm van *electric conductivity* of ook wel EC-waarde (geleidbaarheid). Dit getal geeft het aandeel zouten, zoals chloride en natrium, in het water aan’ (Bijnagte, 2019, p. 3). In tabel 1.5.1 is de globale classificatie van water op basis van het zoutgehalte weergegeven.

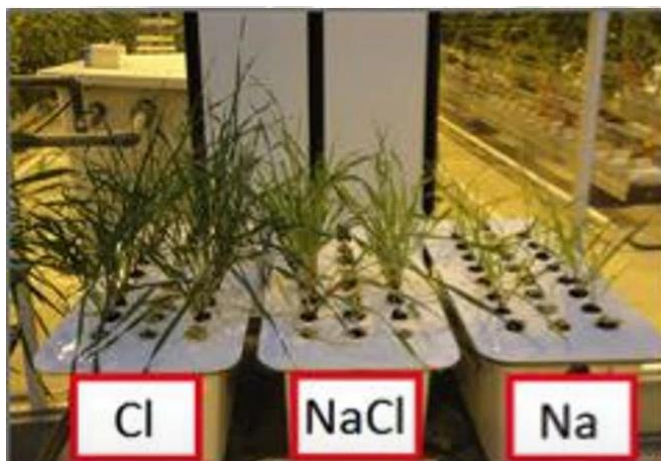
Tabel 1.5.1 Globale classificatie van water op basis van het zoutgehalte, uitgedrukt in geleidbaarheid (EC in dS/m (Decisiemens per meter)), millimolair NaCl (mM NaCl), parts per thousand (ppt), parts per million (ppm) en mg CL⁻ per liter (Saline Agriculture Worldwide, 2015).

classificatie	dS/m	mM NaCl	ppt*	ppm	mg CL ⁻ / L	toepassing
Zoet	0,8	8	0,5	500	280	Drinkwater
Grens landbouw	1,7	17	1	1.000	600	irrigatie
Licht brak	1,7 – 8	17-80	1 – 5	1.000 – 5.000	600 – 2.800	-
Brak	8 – 25	80 – 250	5 – 15	5.000 – 15.000	2.800 – 9.000	-
Sterk brak	25 – 58	250 – 580	15 – 35	15.000 – 35.000	9.000 – 18.000	-
Zeewater**	58	580	35	35.000	18.000	-
“pekel”	> 58	> 580	> 35	> 35.000	> 18.000	-

* 1 ppt ≈ 1 PSU (Practical Salinity Unit), 1 ppt = 0,1 % ** Waddenzeewater ≈ 40 dS/m

Aanname is dat Cl 1:1 t.o.v. Na⁺ aanwezig is in het water. Andere aanname is dat zouten in het water nagenoeg geheel uit NaCl bestaat, zoals het geval is voor zeewater.

In Nederland kijken waterschappen naar chloride (Cl⁻) als zout, maar moeten eigenlijk naar natrium (Na⁺) kijken voor zowel het effect op het gewas, zie figuur 1.5.1, als de bodemstructuur.



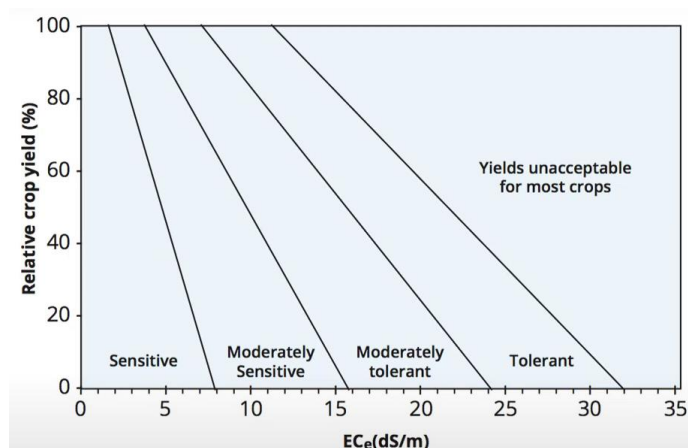
Figuur 1.5.1 Effect van Cl, NaCl en Na op het gewas (The Salt Doctors, 2021).

Op het gewas

Er is een algemene, internationale grens voor 'veilige' irrigatie tot een EC van 1,7 dS/m. Hogere EC's worden ook gebruikt, van drie tot acht dS/m, maar alleen voor gewassen/rassen die tolerant zijn. Hierbij is wel zorgvuldig management nodig, waaronder uitspoelen. Irrigeren met water dat hogere concentraties chloride bevat is acceptabel omdat de zoutschade maar minimaal is ten opzichte van de droogteschade die op had kunnen treden. Irrigeren met zout water, in de vorm van beregenen over het gewas, kan bladverbranding veroorzaken. Het water verdampt waardoor de zoutconcentratie op het blad hoog op kan lopen. Hierdoor kan het osmotische potentiaal zo sterk toenemen dat er water uit het blad wordt onttrokken, dit leidt tot verbranding. De mate van verbranding is afhankelijk van bladeigenschappen zoals; leeftijd, vorm, oppervlak en plek aan de plant. Naast de algemene grens, is er een schadedrempel per gewas voor het maximale zoutgehalte (chloridegehalte of EC (chloride + andere ionen)) waarbij nog geen schade optreedt. (Satijn, H.M.C. & Leenen, J.M.J., 2009 ; The Salt Doctors, 2021 ; Stuyt et al., 2016)

De tolerantie tegen zout kan per groeistadium heel erg veranderen. Een voorbeeld is dat de suikerbiet tijdens de kieming heel erg gevoelig is, maar het grootste deel van zijn leven tolerant. Dit in tegenstelling tot gerst, tarwe en tomaat die zouttolerant zijn tijdens de kieming en daarna alleen maar gevoeliger. De schade aan de groei kan bij fluctuerende zoutgehalten even groot of zelfs groter zijn dan bij constante zoutgehalten. Uiteindelijk wordt de schade aan het gewas niet alleen bepaald door het zoutgehalte van irrigatiewater maar ook door omgevingsfactoren (bodemtype, omgevingstemperatuur, vochtgehalte van de bodem en pH) en gewassenmerken. Dit maakt het een ingewikkelde materie en moeilijk voorspelbaar. Om het werkbaar te houden wordt er aanbevolen om met een grove indeling in zouttolerantieclassen (gevoelig, matig gevoelig, matig tolerant en tolerant) te werken en niet met schadedrempels (Satijn, H.M.C. & Leenen, J.M.J., 2009 ; Stuyt et al., 2016 ; Van Bakel et al, 2018; Van Bakel, P.J.T. & Stuyt, L.C.P.M., 2011).

De zouttolerantie wordt meestal uitgedrukt met behulp van een drempel en een helling, zoals weergegeven in figuur 1.5.2. Een zoutgevoelig gewas heeft een lage drempel en een steile helling. Een lage drempel wil zeggen dat bij een lage zoutconcentratie de groei al afneemt. Een steile helling wil zeggen dat bij een kleine verhoging van de zoutconcentratie, de groei hard kan afnemen. Bij een zouttolerant gewas is dit andersom, deze heeft namelijk een hoge drempel en een flauwe helling. Hierbij is een hoge zoutconcentratie nodig voordat de groei begint af te nemen en bij hogere zoutconcentraties neemt deze groei geleidelijk (langzamer) af. Het verschil maakt dat, bij blootstelling aan constant één zoutgehalte, gevoelige planten sneller ionen ophopen dan tolerante planten (Satijn, H.M.C. & Leenen, J.M.J., 2009 ; The Salt Doctors, 2021).



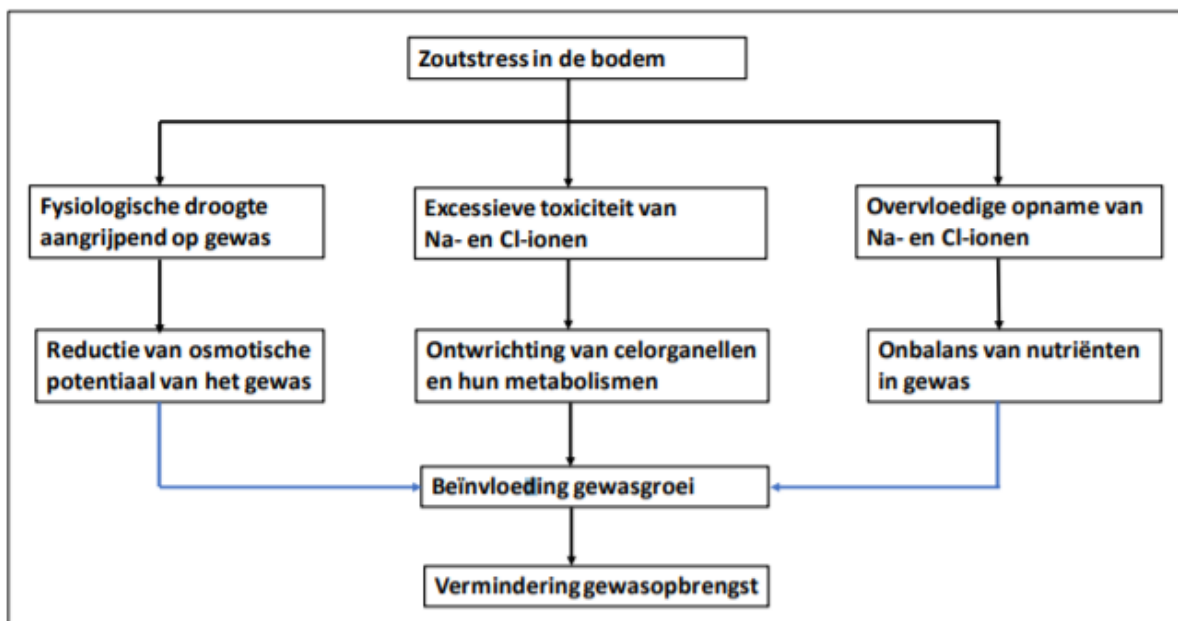
Figuur 1.5.2 Division for classifying crop tolerance to salinity (Maas and Hoffman, 1977).

Bijlage A geeft de zouttolerantie van verschillende gewassen weer.

Wanneer het bodemvocht waarin een plant zich bevindt zouter is dan de concentratie in de plant, zal de plant per tijdseenheid meer water afgeven aan het bodemvocht dan dat het opneemt. Hierdoor stijgt de concentratie zout in de plant net zo lang totdat de plant en het bodemvocht dezelfde waarde hebben. Dit verschijnsel heet osmose en kan bij een plant osmotische stress veroorzaken. Dit komt doordat de plant de effecten van droogte ervaart, terwijl de bodem voldoende vocht bevat, door een hoge zoutconcentratie in het bodemvocht. Een hoge zoutconcentratie in het bodemvocht verhoogt ook de osmotische potentiaal van het bodemvocht, waardoor plantenwortels moeilijker water en nutriënten uit een zoute bodem op kunnen nemen.

Planten zouden de osmotische stress makkelijk op kunnen lossen door meer zout op te nemen. Dit veroorzaakt weer een ander probleem, het optreden van toxische effecten door het toenemen van natrium en chloride (en borium) in de plant. Natrium verdrijft kalium uit de cellen waardoor de fotosynthese en andere belangrijke processen verstoord raken door eiwitten die niet meer goed functioneren. Door de overvloedige opname van natrium en chloride ontstaat er een onbalans van nutriënten in het gewas. De gewasgroei kan door deze manieren beïnvloed worden en dat leidt tot opbrengstverlies, in figuur 1.5.3 is dit overzichtelijk weergegeven. Naast deze directe effecten zijn er ook nog indirecte effecten (Biologielessen, 2022 ; Satijn, H.M.C. & Leenen, J.M.J., 2009 ; Van Bakel et al., 2018 ; WUR, 2015).

Natrium heeft ook een negatieve invloed op de structuur van de bodem. Dit is weer van invloed op de ontkieming en beworteling van gewassen. Dit hangt samen met de bodemopbouw, temperatuur en het groeistadium van het gewas hoewel dit sterk kan verschillen tussen gewassen en rassen (van de Craats, et al., 2016).



Figuur 1.5.3 Effecten van zoutstress in de bodem op plantengroei (Van Bakel et al., 2018).

Op de nutriëntenbeschikbaarheid

De beschikbaarheid van nutriënten voor de plant kan minder zijn in een zoute bodem. Oorzaken die hieraan ten grondslag liggen volgens (Choudhary & Yaduvanshi, 2016) zijn: Neerslag – oplossing reacties, adsorptie, desorptie en transformaties van nutriënten. Bij de wortels concurreren tweewaardig positief geladen ionen (Calcium (Ca^{2+}) Magnesium (Mg^{2+}) en Mangaan (Mn^{2+}), Koper (Cu^{2+}), ijzer (Fe^{2+}) en zink (Zn^{2+}) met natrium. Het eenwaardig ion kalium (K^{+}) kan vaak gewoon worden opgenomen omdat planten dit prefereren boven opname van natrium. Onder invloed van zout lijkt het zelfs beter beschikbaar te komen. Voor de plantgroei is de beschikbaarheid van zwavel (S) en fosfaat (P) vaak beperkend (Stuyt et al., 2006 ; Van Dam et al., 2007).

Stikstof (NO_3^-) kan beperkt worden opgenomen door uitspoeling en een antagonistische werking van chloride en sulfaat (SO_4^{2-}). Natrium heeft ook een antagonistische werking op de opname van ammonium (NH_4^+). Daarnaast heeft het een negatief effect op de populatie rhizobiumbacteriën waardoor er minder stikstofknobbels aan de wortels gevormd kunnen worden en de stikstoffixatie dus minder is. Het laatste punt is dat er verminderde nitrificatie optreedt door een giftig effect van chloride op de microbiële activiteit (Choudhary & Yaduvanshi, 2016 ; Fageria et al., 2011).

De beschikbaarheid van fosfaat voor de plant neemt af door het neerslaan van ionen (neerslagreactie), het achterblijven van oplosbaar fosfaat en een antagonistische werking van chloride en sulfaat op de opname van fosfaat. Dit is afhankelijk van het type plant, zoutgehalte en de concentratie fosfaat, wat op zijn beurt weer afhankelijk is van bodemeigenschappen. (Choudhary & Yaduvanshi, 2016 ; Hopmans et al., 2021). Volgens (Fageria et al., 2011) wordt de concentratie fosfaat in bodemvocht ook beïnvloed door sorptie processen en de lage oplosbaarheid van $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ mineralen.

De opname van kalium kan belemmerd worden door natrium. Dit is vooral het geval bij een hoge kaliumconcentratie. Daarnaast blijkt de hoeveelheid aanwezig calcium hier ook van invloed op doordat het de opnameverhouding verschuift ten gunste van kalium en ten koste van natrium. De vorm waarin stikstof (N) aanwezig is in het bodemvocht, is van invloed op de kalium concentratie in planten die onder zoutstress lijden. Door nitraat (NO_3^-) zal de kalium opname verhogen en door ammonium (NH_4^+) zal de kalium opname verminderen. Dit heeft te maken met negatieve interacties tussen kalium en ammonium (Fageria et al., 2011).

Een verhoogde zoutconcentratie in het bodemvocht zorgt voor een hogere behoefte aan calcium voor de plant. De beschikbaarheid van calcium wordt verhinderd door ion interacties, neerslagreacties en een toename van de ionsterkte waardoor er verminderde activiteit van calcium is. Calcium zorgt tevens voor verminderde natrium en/of chloride opname en accumulatie. In welke mate dit voor natrium plaatsvindt hangt af van het gewas, de calcium concentratie en de bron waar het natrium vandaan komt. (Fageria et al., 2011).

Calcium concurreert met magnesium bij de opname door de wortels. De wortels hebben de voorkeur voor calcium over het sterk gehydrateerde magnesium. Wanneer de verhouding magnesium/calcium groter dan één is, heeft dit een negatief effect op de groei van mais (Fageria et al., 2011).

De beschikbaarheid van micronutriënten is afhankelijk van: Concentratie in het bodemvocht, de pH van de bodem, organisch stofgehalte, gewas en ras, zoutgehalte en zoutsamenstelling. Door deze factoren en hun interacties, maakt dit het erg complex. De micronutriënten ijzer, mangaan en zink laten hetzelfde inconsistente patroon zien, naarmate de zoutconcentratie hoger wordt neemt de concentratie van het nutriënt in het ene gewas af en in het andere op. Bij de micronutriënt Molybdeen hadden onderzoekers tegengestelde resultaten over een toename van de concentratie. Wel is duidelijk dat een hoge concentratie van calcium invloed heeft op de opname van Borium (B). Er is ook een sterk verband met een verlaging van de pH en de verhoogde opname van micronutriënten (Fageria et al., 2011).

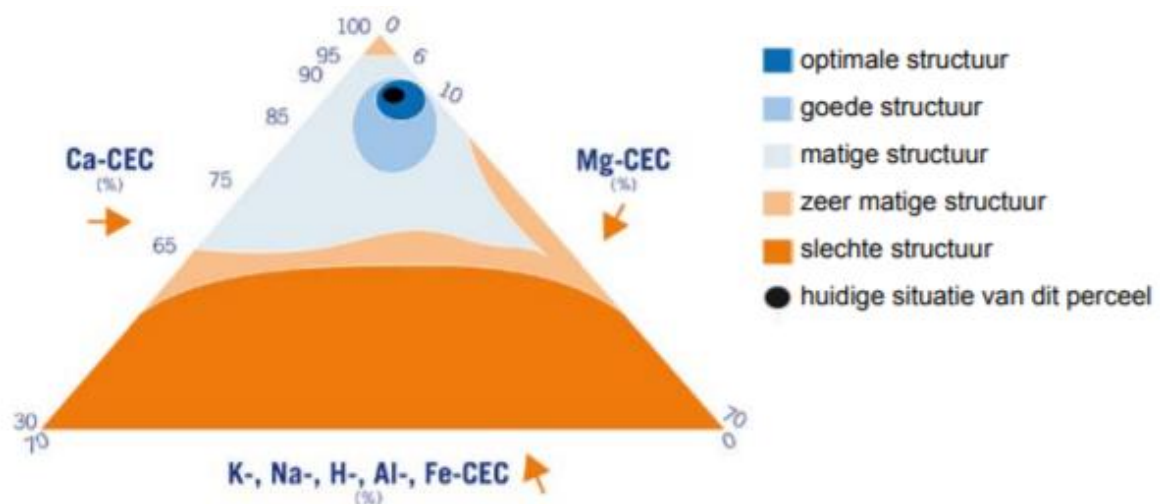
Als samenvatting is in bijlage B de interacties tussen verschillende nutriënten weergegeven.

Op de bodemstructuur

Het klei-humus complex of de CEC (Cation Exchange Capacity) bestaat uit klei- en humusdeeltjes. Deze kleideeltjes zijn plaatvormig en hebben van oorsprong meestal een positieve lading aan de randen, en een negatieve lading aan de plaatszijde. Opgeloste kleideeltjes stoten elkaar onderling af door de overheersende negatieve lading. Kationen (positieve ionen) maken het mogelijk om de negatieve lading te neutraliseren, hierdoor kunnen de plaatjes naar elkaar toekomen (Stuyt et al., 2016).

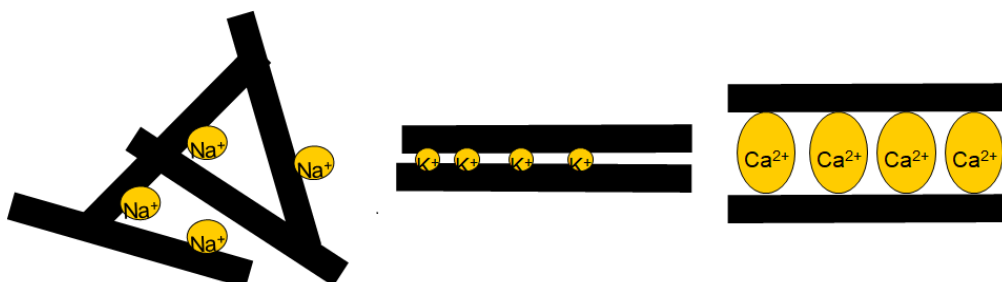
De overheersend negatieve lading maakt het mogelijk dat water en positief geladen ionen zich aan het CEC kunnen binden. In volgorde van de bezetting (doorgaans) zijn dit; calcium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}), kalium (K^{+}), natrium (Na^{+}), waterstof (H^{+}), aluminium (Al^{3+}) en ijzer (Fe). De binding van deze nutriënten aan het CEC vermindert uitspoeling, hierdoor kunnen deze nutriënten in het groeiseizoen weer beschikbaar komen voor het gewas. Op zandgronden is de CEC minder hoog omdat zanddeeltjes geen nutriënten kunnen binden, de CEC bestaat daar voornamelijk uit organische stof (Nutrinorm, 2021).

De CEC is daarnaast ook belangrijk voor de structuur, met name de verhouding tussen calcium, magnesium, kalium en natrium. Dat is hieronder weergegeven in de structuurdriehoek van Eurofins.



Figuur 1.5.4 Structuurdriehoek Eurofins

Veel calcium aan de kleiplaatjes zorgt voor een mooie afstand tussen de kleiplaatjes, een luchtige structuur en goede binding van de kleiplaatjes. Veel magnesium aan de kleiplaatjes is vergelijkbaar met calcium maar geeft minder binding. In tegenstelling tot calcium en magnesium, zorgt veel kalium aan de kleiplaatjes voor het dicht op elkaar zitten van de kleiplaatjes en daarmee voor een slechte en dichte structuur. Hetzelfde geldt voor veel natrium aan de kleiplaatjes, dit zorgt voor een slechtere binding en daarmee een instabiele structuur (Aeres Hogeschool Dronten, 2018). Dit is vereenvoudigd weergegeven in figuur 1.5.5.



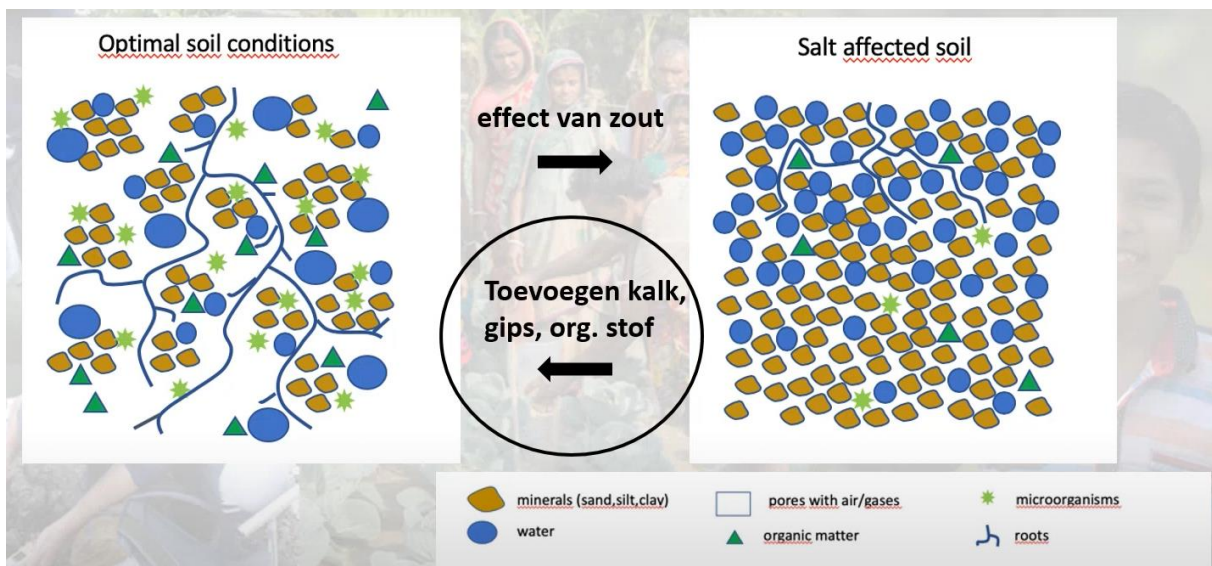
Figuur 1.5.5 Binding van natrium, kalium of calcium aan kleiplaatjes. Aangepast overgenomen van (Aeres Hogeschool Dronten, 2018).

Zout water dat door beregening of zoute kwel in contact komt met een zavel- of kleigrond kan een negatief effect op de structuur hebben. Dit is het geval wanneer het zoute water een hoge EC met een relatief hoge uitwisselbare natriumconcentratie bevat, zeewater bijvoorbeeld. Eenwaardige natriumionen adsorberen minder sterk aan kleiplaatjes dan tweewaardige calcium en magnesium ionen. In een sterk geconcentreerde natrium oplossing kunnen natriumionen, door hun grote watermantel, minder dicht het negatieve oppervlak van de kleideeltjes naderen dan calcium- en magnesiumionen. Op deze manier zijn de calcium- en magnesiumionen van het CEC vervangen door natriumionen. Hierdoor kan niet alle negatieve lading worden geneutraliseerd en stoten de kleideeltjes elkaar onderling af. Het effect van een zoute kleigrond op de bezetting van het CEC is weergegeven in tabel 1.5.2.

Tabel 1.5.2 Bezetting van het CEC (Stuyt et al., 2006).

	% Kalium	% Natrium	% Calcium	% Magnesium
Normale zeekleigrond	4	1	85	10
Zoute zeekleigrond	7	18	44	31

Dit zorgt ervoor dat bodemaggregaten uiteenvallen in individuele bodemdeeltjes en dus zwevend in het bodemvocht komen, dit is weergegeven in figuur 1.5.6. Dit proces wordt versneld door het uitzetten van de bodem. Door neerslag kan de zoutconcentratie in het bodemvocht dalen en dan treedt peptisatie op. Hierdoor kan poriewater in de tussenlagen van de kleideeltjes worden gedrukt. Het uiteenvallen van bodemaggregaten veroorzaakt verstopping van interstitiële porieruimten (verslumping) en het mogelijk kunnen optreden van korstvorming en verharding onder droge omstandigheden. Onder natte omstandigheden kunnen deze gronden ondoorlatend worden voor water en lucht. Deze structuurproblemen kunnen leiden tot wateroverlast, afspoeling (zoals erosie) en zuurstofgebrek. Uiteindelijk leidt dit tot schadelijke gevolgen voor grondbewerking en gewasgroei (Hopmans et al., 2021 ; Stuyt et al., 2006 ; Van Dam et al., 2007).



Figuur 1.5.6 Effect van zout (natrium) op de bodemstructuur (The Salt Doctors, 2021).

1.6 Verzilting bij SPNA

Bij proefboerderij SPNA is behoefte aan een proef, waarmee de effecten van verzilting worden gesimuleerd. De proef dient om meer inzicht te krijgen in verziltingseffecten op de bodemstructuur en de nutriëntenbeschikbaarheid. Meer inzicht in verziltingseffecten op kleibodems is nodig vanwege de toenemende verziltingsrisico's voor de akkerbouw op de Noordelijke klei door opkomend zout kwelwater (Hoogland et al, 2019). Partijen die behoefte hebben aan meer inzicht in verziltingseffecten zijn boeren, waterschappen, provincies en kennisinstellingen. Met deze kennis en inzichten is het doel om maatregelen te nemen om verzilting zoveel mogelijk te beperken, om in de toekomst gelijke opbrengsten te halen (Nieuwe oogst, 2021).

Volgens (Hopmans et al., 2021) is er bij de recentste publicaties, die over het zoutgehalte van de bodem gaan, nauwelijks nieuwe informatie toegevoegd. De recentste publicaties verwijzen naar publicaties van de vorige eeuw. Er wordt benoemd dat de huidige kennis van saline en sodic op bodemfysische eigenschappen beperkt is, en er behoefte is aan meer fundamenteel onderzoek. Een concreet punt dat benoemd wordt is: 'Verbeterde benaderingen en modellen voor het weergegeven van interacties tussen monovalente en bivalente kationen in bodemoplossing en CEC, en hun impact op de kleifractie in relatie tot het uiteenvallen van kluitjes wanneer deze in contact komen met water, dispersie en zwelling' (Hopmans et al., 2021).

Tot slot zijn er 2 verschillende theorieën over welke nutriënten door welke nutriënten worden vervangen aan het CEC door invloed van zout. De ene theorie is dat natrium, calcium en magnesium vervangt. De andere theorie is dat natrium en magnesium, calcium vervangt.

1.7 Hoofdvraag en deelvragen

De hoofdvraag luidt als volgt;

Wat is de invloed van zout water op de aggregaat stabiliteit en nutriëntenbeschikbaarheid, op de lichte kleigrond van de proefvelden van de SPNA – Kollumerwaard in Munnekezijl?

De deelvragen luiden als volgt;

1. Hoe is de relatie (in de tijd) tussen het zoutgehalte en de aggregaatstabiliteit?
2. Hoe is de relatie tussen het zoutgehalte en de nutriëntenbeschikbaarheid in de bodem?
3. Hoe verhoudt de visuele beoordeling zich tot de gemeten beoordeling van de aggregaatstabiliteit?

1.8 Doelstelling

De doelstelling van dit afstudeerwerkstuk is dat het duidelijk wordt welk zoutgehalte de meeste invloed heeft op de aggregaatstabiliteit en de nutriëntenbeschikbaarheid. Daarnaast het effect van de tijd, hoe is de aggregaatstabiliteit en nutriëntbeschikbaarheid na een dag, een week en een maand? Samengevat; om meer inzicht te krijgen in verziltingseffecten op de bodemstructuur en de nutriëntenbeschikbaarheid.

Meer inzicht in verziltingseffecten op kleibodems is nodig vanwege de toenemende verziltingsrisico's voor de akkerbouw op de Noordelijke klei door opkomend zout kwelwater. Partijen die behoefte hebben aan meer inzicht in verziltingseffecten zijn boeren, waterschappen, provincies en kennisinstellingen. Met deze kennis en inzichten is het doel om maatregelen te nemen om verzilting zoveel mogelijk te beperken, om in de toekomst gelijke opbrengsten te halen.

2. Materiaal en Methode

Deelvraag 1: Hoe is de relatie (in de tijd) tussen het zoutgehalte en de aggregaatstabiliteit?

Deze deelvraag bestaat uit 2 factoren:

Factor 1: Verloop in de tijd

Er is onderzoek gedaan naar de aggregaatstabiliteit bij één zoutgehalte, uitgedrukt in EC, van 20 dS/m (waddenzeewater) na één dag, twee dagen, één week, twee weken en één maand.

Factor 2: EC reeks

Er is onderzoek gedaan naar de aggregaatstabiliteit bij een zoutgehalte, uitgedrukt in EC, van 2, 5, 10 en 20 dS/m na een maand.

Methode

Er is grond verzameld van de proefvelden van de SPNA – Kollumerwaard in Munnekeziel. Specifiek, op één plek, in het wintertarwe perceel naast het verziltingsproefveld, te vinden in bijlage C.

Het verzamelen van grond heeft plaatsgevonden door het steken van ringmonsters, waarvan de procedure is bijgevoegd in bijlage D. In plaats van het boren zoals vermeld in de eerste twee stappen, is er een plateau gemaakt op 29 cm onder het maaiveld waarna de ring tot 35 cm in de grond is gedrukt. Het stuk van 29-30 cm is vervolgens afgesneden zodat er grond van 30-35 cm in de ring zat. Voor de betrouwbaarheid is elke variabele vijf keer herhaald. Daarnaast is er ook nog een 0-meting met alleen demi-water voor het bepalen van de uitgangssituatie. Dit betekent dat er 50 ringmonsters voor factor 1 en 25 ringmonsters voor factor 2 gestoken zijn, dus 75 in totaal.

In het laboratorium zijn in kunststof bakken de verschillende EC-oplossingen gemaakt door middel van Instant Ocean (Spectrum Brands, 2022) en demiwater daar aan toegevoegd. Volgens De Vos, A. (Persoonlijke communicatie, 18 februari 2022) is 35 gram/liter aan zeewaterzout $\approx$ een EC van 50. In tabel 2.1 is de benodigde hoeveelheid zeewaterzout in gram/liter omgerekend voor de EC's die gebruikt gaan worden.

Tabel 2.1 Benodigde hoeveelheid zeewaterzout

EC in dS/m	50	20	10	5	2
Gram/liter aan zeewaterzout	35	14	7	3,5	1,4

In elke kunststof bak stonden 5 ringmonsters. Aan de (onder)kant waar het ringmonster de grond is ingegaan, was kaasdoek bevestigd door een elastiek. Door capillaire werking is het zoute water door het ringmonster omhooggetrokken. Nadat de beoogde doeltijd voor een bak met ringmonsters verstreken was, werden de ringmonsters uit de bak gehaald en ontdaan van het kaasdoek.

Er is getracht om de ringmonsters zo goed mogelijk te ontdoen van de ring om het grondmonster intact te houden. Het voorwerp dat hiervoor gebruikt is, is een staaf die qua doorsnee net iets kleiner is dan de ring (53 mm), zodat het grondmonster eruit gedrukt kon worden. Het (rechttopstaande) grondmonster is verticaal in drie (voor iedere deelvraag een deel) gelijke delen gesneden.

De grond is vervolgens luchtdroog gemaakt volgens de gebruiksaanwijzing in bijlage E.

Luchtgedroogde grond is een vereiste van de natte zeef methode (wet sieving apparatus) die gebruikt is, de gebruiksaanwijzing is bijgevoegd in bijlage F. Voor de betrouwbaarheid van de meting zijn er meerdere kluitjes gebruikt van het grondmonster.

Materiaal

- Schop
- Rolmaat
- 50 monsterringen met bijbehorende koffers en beschermkappen
- Steekset met gesloten ringhouder
- Terugslagvrije slaghamer
- Gekarteld zaagje
- Tien Kunststof bakken
- Kaasdoek met elastieken
- 10 kilo Instant Ocean
- Demiwater
- Natte zeef apparaat (methode)
- Plantenspuit
- Kunststof bakjes
- Weegschaal
- Kunststof staaf

Deelvraag 2: Hoe is de relatie tussen het zoutgehalte en de nutriëntenbeschikbaarheid in de bodem?

Methode

Per variabele van 'Verloop in de tijd' en 'EC reeks' is een mengmonster van de 5 herhalingen gemaakt door van elk gedroogd grondmonster een derde gebruikt te hebben. Door Fertilab is dit geanalyseerd op opneembare bodemvoorraad van de volgende nutriënten; NO₃-N, NH₄-N, (Cl), Ca, K, Mg, Na, P, S, (Si), (B), (Mn), (Cu), (Fe), (Mo), (Zn), (pH-KCL), (pH-H₂O), EC, (OS) en CEC (Ca, Mg, K en Na). Een voorbeeldrapport is in bijlage G weergegeven.

Materiaal

- Bakjes
- Pen en papier
- Watervaste stift

Deelvraag 3: Hoe verhoudt de visuele beoordeling zich tot de gemeten beoordeling van de aggregaatstabiliteit?

Methode

Er heeft een visuele beoordeling door experts plaatsgevonden van de grondmonsters met 'Verloop in de tijd' en 'EC reeks'. De experts hebben de grond blind beoordeeld, waarbij ze niet wisten welke grond, welke behandeling heeft gehad. De experts mochten de grond bekijken, aanraken en voelen en moesten door middel van hun kennis en ervaring, raden/beoordelen welke grond het meest instabiel was. De uiteindelijk concrete opdracht was om de grond in volgorde te zetten van stabiel naar instabiel. Per variabele van 'verloop in de tijd' en 'EC reeks' is er een mengmonster van de vijf herhalingen gemaakt door van elk gedroogd grondmonster een derde te gebruiken. Dit is vervolgens in een bakje, door middel van een lepel, gemengd. Elk bakje, vijftien stuks in totaal, heeft vervolgens een willekeurig nummer gekregen om niet dezelfde volgorde als van de proef aan te houden en daarmee mogelijk (zichtbare) patronen te voorkomen.

Materiaal

- Luchtgedroogde grond, behandeld door 'Verloop in de tijd' of 'EC reeks'.
- Lepel
- Bakjes
- Pen en papier
- Experts
- Plantenspuit

Bij alle deelvragen is het juist noteren van gegevens noodzakelijk. Als hulpmiddel hierbij is tabel 2.2 gemaakt zodat elk monster het juiste nummer krijgt.

Tabel 2.2 Nummering grondmonsters

Nummer	EC (dS/m)	Tijd
Factor 1		
1 t/m 5	0	Na één dag
6 t/m 10	0	Na twee dagen
11 t/m 15	0	Na één week
16 t/m 20	0	Na twee weken
21 t/m 25	0	Na één maand
26 t/m 30	20	Na één dag
31 t/m 35	20	Na twee dagen
36 t/m 40	20	Na één week
41 t/m 45	20	Na twee weken
46 t/m 50	20	Na één maand
Factor 2		
51 t/m 55	0	Na één maand
56 t/m 60	2	Na één maand
61 t/m 65	5	Na één maand
66 t/m 70	10	Na één maand
71 t/m 75	20	Na één maand

3. Resultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten van het onderzoek overzichtelijk per deelvraag weergegeven.

Allereerst zijn op 29 en 30 maart 2022, 75 ringmonsters gestoken van de proefvelden van de SPNA – Kollumerwaard in Munnekeziel. In bijlage H is overzichtelijk weergegeven op welke dag, welke ringmonsterdoos en welke ring(nummer) gestoken zijn. De ringmonsters zijn in herhaling van vijf in kunststofbakken met demiwater geplaatst met ieder zijn eigen behandeling qua zoutgehalte en duur, dit is overzichtelijk weergegeven in tabel 2.2. Bij het plaatsen van de ringmonsters in de kunststofbakken is een combinatie van ringmonsters uit verschillende ringmonsterkisten genomen. Dit heeft als doel om de variëteit binnen een herhaling zo groot mogelijk te maken. De precieze indeling van de ringmonsters, de inzetdatum, gebruikte hoeveelheid demiwater en Instant Ocean zijn weergegeven in bijlage I. Na de behandeling is ieder ringmonster in drie gelijke stukken gesneden, voor elke deelvraag één. Ten behoeve van deelvraag 1 moest de grond eerst luchtgedroogd worden. Vervolgens zijn er gegevens verzameld door middel van de natte zeef methode. Bij deelvraag 2 is de verse grond, die net uit de ring kwam, geanalyseerd door Fertilab op beschikbaarheid van nutriënten. Bij deelvraag 3 hebben experts een visuele en fysieke beoordeling van de grond gedaan. De opdracht was om de grond in volgorde te zetten van stabiel naar instabiel. Deze resultaten worden vergeleken met die van de Wet Siever en daarmee het vermogen van experts om de aggregaatstabiliteit in te schatten.

3.1 Aggregaatstabiliteit

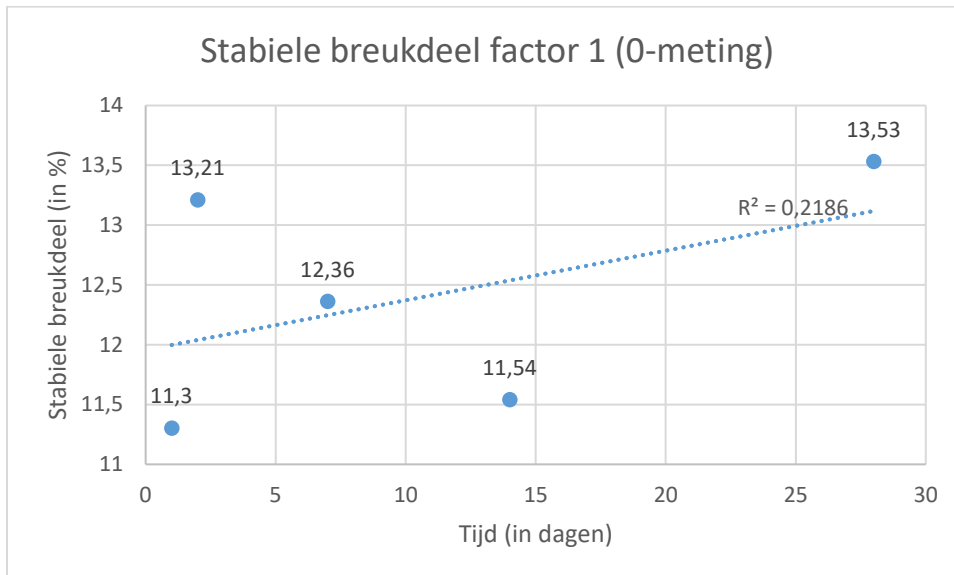
In tabel 3.1.1 is het percentage stabiele breukdeel per sectie van nummers weergegeven. Door onzorgvuldigheid (en gebrek aan capaciteit) zijn er maar twee resultaten van de sectie 46 t/m 50. Hierdoor komt het percentage stabiele breukdeel hoger uit, er is daarom gekozen om deze weg te laten en het percentage stabiele breukdeel van 71 t/m 75 te gebruiken (zelfde EC en tijd). De metingen en berekeningen om tot het percentage stabiele breukdeel te komen, zijn weergegeven in bijlage J.

Tabel 3.1.1 Percentage stabiele breukdeel

Nummer	EC (dS/m)	Tijd	% Stabiele breukdeel
Factor 1			
1 t/m 5	0	Na één dag	11,30
6 t/m 10	0	Na twee dagen	13,21
11 t/m 15	0	Na één week	12,36
16 t/m 20	0	Na twee weken	11,54
21 t/m 25	0	Na één maand	13,53
Gemiddeld			12,39
26 t/m 30	20	Na één dag	12,51
31 t/m 35	20	Na twee dagen	12,44
36 t/m 40	20	Na één week	9,65
41 t/m 45	20	Na twee weken	10,21
46 t/m 50	20	Na één maand	(8,37)
Gemiddeld			10,64
Factor 2			
51 t/m 55	0	Na één maand	9,04
56 t/m 60	2	Na één maand	9,73
61 t/m 65	5	Na één maand	9,49
66 t/m 70	10	Na één maand	8,20
71 t/m 75	20	Na één maand	8,37
Gemiddeld			8,97

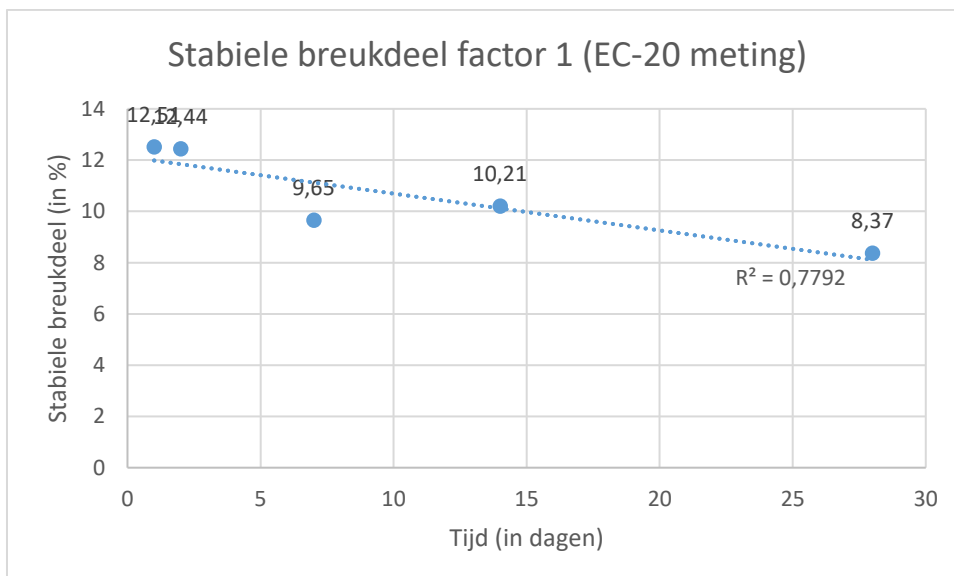
Er zit een verschil in het % stabiele breukdeel tussen de secties 21 t/m 25 (13,53%) en 51 t/m 55 (9,04%), dit is opvallend omdat deze dezelfde EC en tijd hebben.

Het gemiddelde van de 0-meting (12,39%) ligt hoger dan de EC-20 meting van factor 1 (10,64%). In figuur 3.1.1 is de trend van het percentage stabiele breukdeel van factor 1 (0-meting) weergegeven. De trendlijn is licht stijgend en heeft een R-kwadraat waarde van 0,2186. Hoe dichter de R-kwadraat bij de 1 zit, des te sterker het verband. Andersom geldt dit ook; hoe dichter de R-kwadraat bij de 0 zit, des te zwakker het verband.



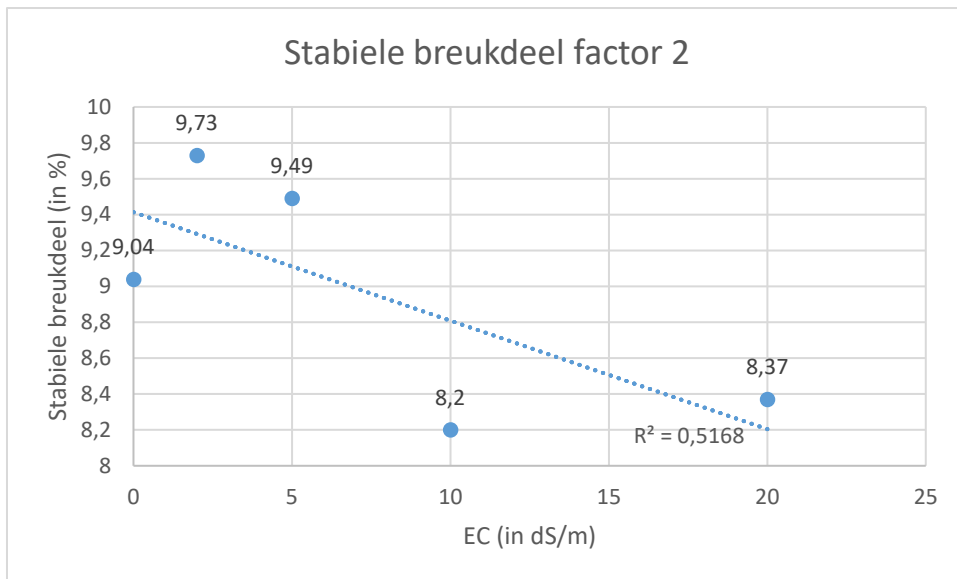
Figuur 3.1.1 percentage stabiele breukdeel factor 1 (0-meting)

In figuur 3.1.2 is de trend van het percentage stabiele breukdeel van de EC-20 meting van factor 1 weergegeven. De R-kwadraat waarde is 0,7792.



Figuur 3.1.2 percentage stabiele breukdeel factor 1 (EC-20 meting)

In figuur 3.1.3 is de trend van het percentage stabiele breukdeel van factor 2 weergegeven. De R-kwadraat waarde is 0,5168.



Figuur 3.1.3 Stabiele breukdeel factor 2

Het gemiddelde van het percentage stabiele breukdeel ligt bij factor 2 hoger (8,97%) dan bij de EC-20 meting van factor 1 (10,64%).

3.2 Nutriëntenbeschikbaarheid

In tabel 3.2.1 is de beschikbaarheid van nutriënten (in mg/l) van factor 1: Verloop in de tijd weergegeven, het betreft de 0-meting.

Tabel 3.2.1 Nutriëntenbeschikbaarheid (in mg/l) Factor 1: Verloop in de tijd (0-meting)

	Eén dag (1 t/m 5)	Twee dagen (6 t/m 10)	Eén week (11 t/m 15)	Twee weken (16 t/m 20)	Eén maand (21 t/m 25)
N03-N	3,8	4,6	1,7	2,1	1,9
NH4-N	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
P	0,9	1,6	1,2	0,9	0,3
K	41,2	55,7	53,0	64,4	54,7
Mg	45,0	44,7	41,4	50,6	41,7
S	5,5	4,9	4,6	10,2	5,7
Ca	1965	1929	1956	1860	1952
B	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Cu	1,3	1,3	1,0	1,5	1,2
Fe	19,3	22,6	17,2	37,1	48
Mn	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	4,1
Mo	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Zn	9,8	10,7	7,3	10,0	7,4
Na	31,9	33,6	31,5	46,5	29,8
Cl	4,9	12,5	0,3	0,7	13,4
Si	32,6	40,2	30,9	42,1	29,6
Geleidbaarheid (mS/cm)	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Zuurgraad (pH-KCl)	7,2	7,3	7,3	7,3	7,4
Organische stof (%)	5,0	5,0	5,0	5,2	4,9
CEC (mmol*/kg)	473	483	445	451	485
CEC-bezetting (%)	100	100	100	100	100
- Calcium (Ca ²⁺)	96	96	96	96	96
- Magnesium (Mg ²⁺)	2,1	2,0	2,1	2,1	2,0
- Kalium (K ⁺)	1,1	1,4	1,2	1,2	1,3
- Natrium (Na ⁺)	0,8	0,5	0,6	0,4	0,5
- Waterstof (H ⁺)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
- Overige (o.a. Al ³⁺ , Fe ²⁺)	0,1	< 0,1	< 0,1	0,1	0,2

In tabel 3.2.2 is de beschikbaarheid van nutriënten (in mg/l) van factor 1: Verloop in de tijd weergegeven, het betreft de EC 20 meting.

Tabel 3.2.2 Nutriëntenbeschikbaarheid (in mg/l) Factor 1: Verloop in de tijd (EC 20)

	Eén dag (26 t/m 30)	Twee dagen (31 t/m 35)	Eén week (36 t/m 40)	Twee weken (41 t/m 45)	Eén maand (46 t/m 50)
N03-N	3,3	4,7	2,6	1,7	2,7
NH4-N	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
P	0,9	1,8	1,1	0,8	0,9
K	55,9	84,8	43,9	71,5	72,7
Mg	54,2	62,6	66,9	100	93,9
S	21,9	32,1	44,5	57,6	57,7
Ca	1976	2001	2026	1841	1925
B	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7
Cu	1,1	1,3	0,9	1,5	1,0

Fe	17,3	25,1	17,0	24,1	21,1
Mn	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Mo	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Zn	8,0	9,6	7,2	11,6	7,5
Na	232	352	468	870	844
Cl	385	678	193	1369	264
Si	27,7	30,9	31,3	36,5	27,1
Geleidbaarheid (mS/cm)	2,2	2,8	3,6	3,8	5,3
Zuurgraad (pH-KCl)	7,4	7,4	7,4	7,3	7,5
Organische stof (%)	4,7	5,0	4,9	5,1	4,9
CEC (mmol*/kg)	417	495	479	476	497
CEC-bezetting (%)	100	100	100	100	100
- Calcium (Ca ²⁺)	92	92	90	89	88
- Magnesium (Mg ²⁺)	2,7	2,8	3,2	3,3	3,3
- Kalium (K ⁺)	1,4	1,2	1,1	1,1	1,1
- Natrium (Na ⁺)	3,4	4,1	5,7	6,4	7,6
- Waterstof (H ⁺)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
- Overige (o.a. Al ³⁺ , Fe ²⁺)	< 0,1	< 0,1	0,1	< 0,1	0,1

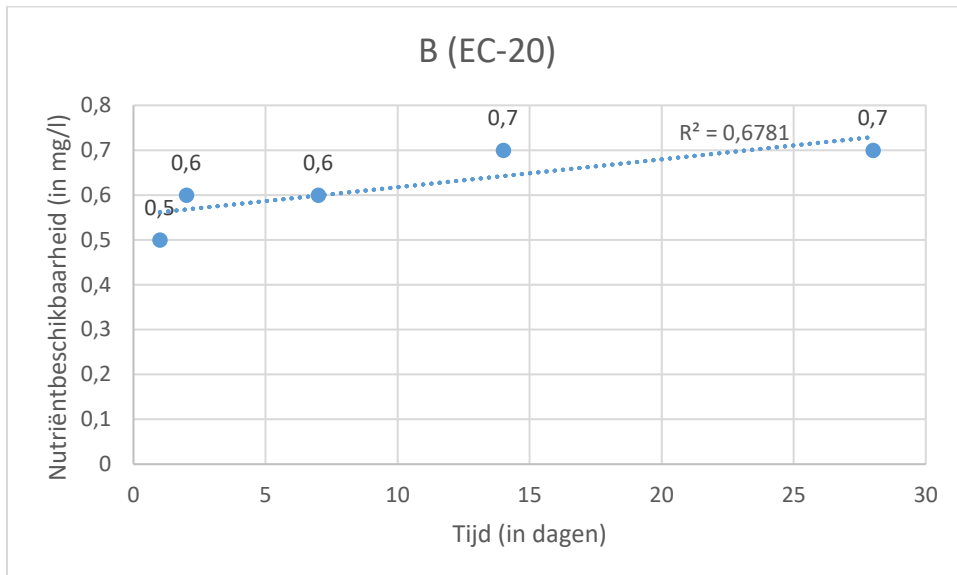
Doormiddel van een statistisch rekenprogramma (JASP) is er onderzocht of er een statistisch verband is tussen de 0-meting en de EC 20 meting (tabel 3.2.1 en 3.2.2). De 'Independent Samples T-Test' is hiervoor gebruikt, de vorm is Mann-Whitney omdat deze betere waarden geeft bij een laag aantal metingen. Bij alle uitspraken in de statistiek hoort een betrouwbaarheid. Meestal wordt hiervoor 95% genomen, de uitspraken zijn dan 5% onbetrouwbaar. Dit is de onbetrouwbaarheidsdrempel(α). Bij een P-waarde kleiner dan 0,05(α) is er een statistisch verband, bij een P-waarde groter dan 0,05(α) is er geen statistisch verband. In tabel 3.2.3 is per nutriënt (en de geleidbaarheid, zuurgraad, organische stof en CEC) de P-waarde gegeven.

Tabel 3.2.3 P-waarde per nutriënt (en de geleidbaarheid, zuurgraad, organische stof en CEC)

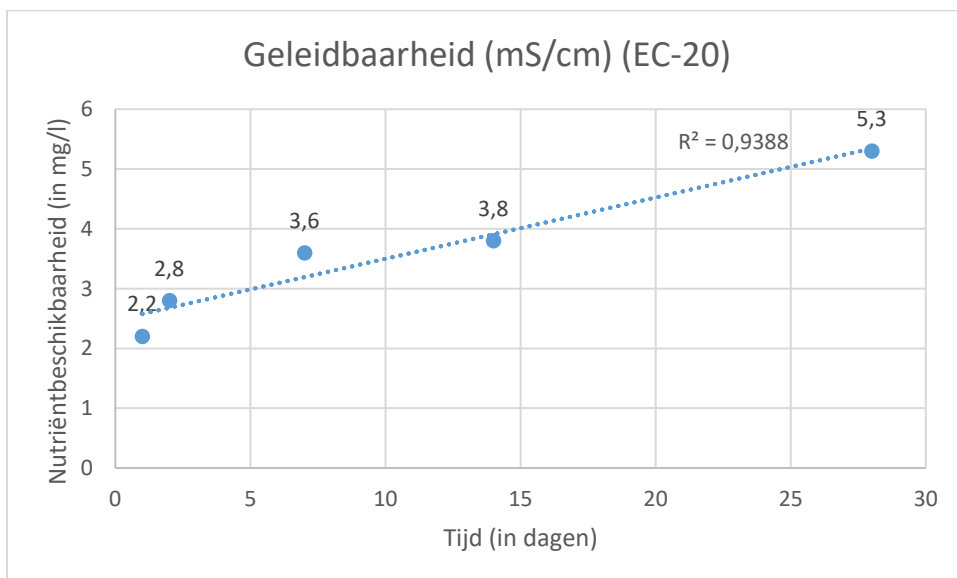
Nutriënt	P-waarde	Nutriënt	P-waarde	Nutriënt	P-waarde	Nutriënt	P-waarde
N03-N	0,753	B	-	Cl	0,008	CEC-bezetting (%)	-
NH4-N	-	Cu	0,523	Si	0,249	- Calcium (Ca ²⁺)	-
P	1,000	Fe	0,548	Geleidbaarheid (mS/cm)	-	- Magnesium (Mg ²⁺)	0,011
K	0,151	Mn	-	Zuurgraad (pH-KCl)	0,075	- Kalium (K ⁺)	0,381
Mg	0,008	Mo	-	Organische stof (%)	0,326	- Natrium (Na ⁺)	0,012
S	0,008	Zn	0,841	CEC (mmol*/kg)	0,548	- Waterstof (H ⁺)	-
Ca	0,548	Na	0,008			- Overige (o.a. Al ³⁺ , Fe ²⁺)	-

De nutriënten Mg, S, Na, Cl, Mg (CEC) en Na (CEC) hebben een P-waarde onder de 0,05. De nutriënten K, Si, en K (CEC) en de zuurgraad en organische stof hebben een P-waarde tussen de 0,05 en 0,50.

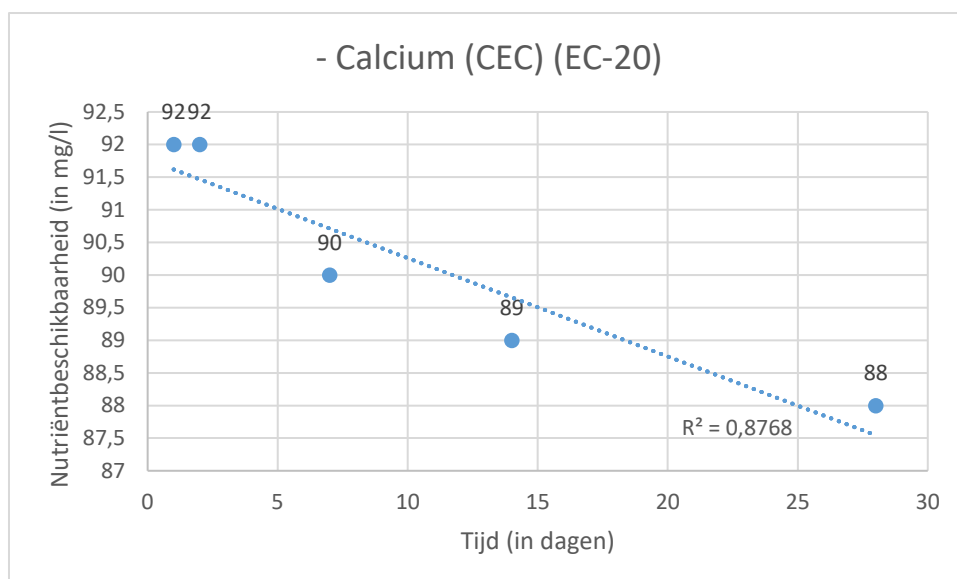
De nutriënten N03-N, P, Ca, Cu, Fe en Zn en de CEC hebben een P-waarde tussen de 0,50 en 1,0. De overige nutriënten (en geleidbaarheid) hebben geen P-waarde omdat bij de 0-meting en/of de EC-20 meting de waarden hetzelfde zijn, er is dan zeker geen verschil tussen de getallen. Voor deze laatste groep is er een grafiek gemaakt om te onderzoeken of er een lineair verband is, mits de waarden bij de 0-meting en EC-20 meting niet hetzelfde zijn. Dit geldt dus voor B, de geleidbaarheid en Ca (CEC). Deze zijn weergegeven in de figuren 3.2.1, 3.2.2 en 3.2.3. Hoe dichters de R-kwadraat bij de 1 zit, des te sterker het verband. Andersom geldt dit ook; hoe dichters de R-kwadraat bij de 0 zit, des te zwakker het verband.



Figuur 3.2.1 Nutriëntbeschikbaarheid (in mg/l) van B bij de EC-20 meting



Figuur 3.2.2 Nutriëntbeschikbaarheid (in mg/l) van Geleidbaarheid (mS/cm) bij de EC-20 meting



Figuur 3.2.3 Nutriëntbeschikbaarheid (in mg/l) van Calcium (CEC) bij de EC-20 meting

De R-kwadraat bij B is 0,6781, bij de geleidbaarheid 0,9388 en bij Ca (CEC) 0,8768.

In tabel 3.2.4 is de beschikbaarheid van nutriënten (in mg/l) van factor 2: EC reeks weergegeven. Van de twee EC 0 en EC 20 metingen is het gemiddelde genomen, de tabel met afzonderlijke resultaten van EC 0 en EC 20 is weergegeven in bijlage K.

Tabel 3.2.4 Nutriëntenbeschikbaarheid (in mg/l) Factor 2: EC reeks

	EC 0 (21 t/m 25) (51 t/m 55)	EC 2 (56 t/m 60)	EC 5 (61 t/m 65)	EC 10 (66 t/m 70)	EC 20 (46 t/m 50) (71 t/m 75)
N03-N	1,75	2,2	2,7	2,5	2,65
NH4-N	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
P	0,65	1,2	0,8	1,1	1,1
K	48,05	68,3	70,2	96,7	92,85
Mg	40,9	53,5	60,6	74,0	93,2
S	5,45	9,7	23,6	35,0	60,2
Ca	1958,5	1933	1926	1926	1938
B	0,45	0,6	0,6	0,7	0,7
Cu	1,1	1,3	1,5	1,4	1,1
Fe	34,05	28,1	189	33,6	21,2
Mn	4,1	< 0,1	0,3	< 0,1	< 0,1
Mo	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Zn	7,2	9,2	9,3	10,3	8,5
Na	30,3	134	304	559	875,5
Cl	8,35	156	422	954	287,5
Si	26,9	39,9	35,1	34,9	28,85
Geleidbaarheid (mS/cm)	0,6	1,1	1,7	2,8	5,05
Zuurgraad (pH-KCl)	7,4	7,4	7,4	7,5	7,5
Organische stof (%)	4,9	4,9	4,8	5,1	4,95
CEC (mmol*/kg)	472	474	484	499	495,5
CEC-bezetting (%)	100	100	100	100	100
- Calcium (Ca ²⁺)	96	95	93	90	88
- Magnesium (Mg ²⁺)	2	1,2	2,7	3,0	3,35

- Kalium (K ⁺)	1,2	1,2	1,2	1,4	1,15
- Natrium (Na ⁺)	0,55	1,4	2,9	5,1	7,65
- Waterstof (H ⁺)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
- Overige (o.a. Al ³⁺ , Fe ²⁺)	0,15	0,1	0,1	0,3	0,1

Voor elke nutriënt uit tabel 3.2.4 is een grafiek gemaakt om te onderzoeken of er een lineair verband is, deze zijn weergegeven in bijlage L. Hierbij is gebruik gemaakt van een trendlijn en de R-kwadraat. Hoe dichter de R-kwadraat bij de 1 zit, des te sterker het verband. Andersom geldt dit ook; hoe dichter de R-kwadraat bij de 0 zit, des te zwakker het verband. In tabel 3.2.5 is de R-kwadraat per nutriënt (en de geleidbaarheid, zuurgraad, organische stof en CEC) overzichtelijk weergegeven.

Tabel 3.2.5 R-kwadraat per nutriënt (en de geleidbaarheid, zuurgraad, organische stof en CEC)

Nutriënt	R-kwadraat	Nutriënt	R-kwadraat	Nutriënt	R-kwadraat	Nutriënt	R-kwadraat
N03-N	0,4675	B	0,6453	Cl	0,1303	CEC-bezetting (%)	-
NH4-N	-	Cu	0,0486	Si	0,0706	- Calcium (Ca ²⁺)	0,9341
P	0,2215	Fe	0,0483	Geleidbaarheid (mS/cm)	0,997	- Magnesium (Mg ²⁺)	0,6598
K	0,6911	Mn	0,2834	Zuurgraad (pH-KCl)	0,7544	- Kalium (K ⁺)	0,0012
Mg	0,9669	Mo	0	Organische stof (%)	0,1577	- Natrium (Na ⁺)	0,9771
S	0,9896	Zn	0,0551	CEC (mmol*/kg)	0,7003	- Waterstof (H ⁺)	0
Ca	0,0881	Na	0,9818			- Overige (o.a. Al ³⁺ , Fe ²⁺)	0,0029

De nutriënten P, Ca, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn, Cl, Si, K (CEC), H (CEC) en Overige (CEC) en de organische stof hebben een R-kwadraat waarde tussen de 0 en 0,33.

De nutriënten N03-N, B en Mg (CEC) hebben een R-kwadraat waarde tussen de 0,33 en 0,66.

De nutriënten K, Mg, S, Na, Ca (CEC) en Na (CEC) en geleidbaarheid en zuurgraad hebben een R-kwadraat waarde tussen de 0,66 en 1.

De nutriënt NH4-N en de CEC-bezetting hebben geen R-kwadraat waarde omdat de waarden hetzelfde blijven.

3.3 Visuele beoordeling aggregaatstabiliteit

De grond is op aggregaatstabiliteit beoordeeld door de volgende experts; Karin Pepers, Svenja Hagedoorn en Martin Duijkers. De experts zijn als volgt te werk gegaan: Eerst is de luchtdroge grond nat gemaakt door middel van een plantenspuit. Toen hebben de experts de grond beoordeeld op grond van de hardheid en hoe deze uit elkaar viel. Hierbij werd eerst een onderverdeling gemaakt in de categorieën zacht, middel en hard. Tot slot is per categorie de definitieve volgorde tot stand gekomen. Elk bakje heeft een willekeurig nummer gekregen om niet dezelfde volgorde als van de proef aan te houden en daarmee mogelijk (zichtbare) patronen te voorkomen, de (willekeurige) nummering van de bakjes is weergegeven in bijlage M. In tabel 3.3.1 is voor het gemak de nummering in volgorde neergezet. In de vijfde kolom van deze tabel is het resultaat weergegeven van de aggregaatstabiliteit (% stabiele breukdeel) bepaald door de Wet Siever.

Tabel 3.3.1 Nummering grondmonsters

Nummer	EC (dS/m)	Tijd	Nummering	% Stabiele breukdeel
Factor 1				
1 t/m 5	0	Na één dag	1	11,30
6 t/m 10	0	Na twee dagen	2	13,21
11 t/m 15	0	Na één week	3	12,36
16 t/m 20	0	Na twee weken	4	11,54
21 t/m 25	0	Na één maand	5	13,53
26 t/m 30	20	Na één dag	6	12,51
31 t/m 35	20	Na twee dagen	7	12,44
36 t/m 40	20	Na één week	8	9,65
41 t/m 45	20	Na twee weken	9	10,21
46 t/m 50	20	Na één maand	10	(8,37)
Factor 2				
51 t/m 55	0	Na één maand	11	9,04
56 t/m 60	2	Na één maand	12	9,73
61 t/m 65	5	Na één maand	13	9,49
66 t/m 70	10	Na één maand	14	8,20
71 t/m 75	20	Na één maand	15	8,37

In tabel 3.3.2 is de volgorde van stabiel naar instabiel, bepaald door de Wet Siever en de experts, met elkaar vergeleken.

Tabel 3.3.2 Vergelijking beoordeling stabiele breukdeel tussen Wet Siever (WS) en experts (E).

WS	5	2	6	7	3	4	1	9	12	8	13	11	15	(10)	14
E	5	11	3	12	15	9	7	6	10	1	2	13	14	4	8

In totaal is er één grondmonster op de juiste plek beoordeeld door de experts, in vergelijking met de resultaten van de Wet Siever. Dit komt uit op: $((1/15) * 100\%) = 6,67$ procent.

4. Discussie

De doelstelling van dit afstudeerwerkstuk is dat het duidelijk wordt welk zoutgehalte de meeste invloed heeft op de aggregaatstabiliteit en de nutriëntenbeschikbaarheid. Daarnaast het effect van de tijd, hoe is de aggregaatstabiliteit en nutriëntbeschikbaarheid na een dag, een week en een maand? Samengevat; om meer inzicht te krijgen in verziltingseffecten op de bodemstructuur en de nutriëntenbeschikbaarheid.

4.1 Aggregaatstabiliteit

Het gemiddelde van de 0-meting (12,39%) ligt hoger dan de EC-20 meting van factor 1 (10,64%). De trend van het percentage stabiele breukdeel van factor 1 (0-meting) heeft een R-kwadraat waarde van 0,2186. De trend van het percentage stabiele breukdeel van factor 1 (EC-20 meting) heeft een R-kwadraat waarde van 0,7792. De trend van het percentage stabiele breukdeel van factor 2 heeft een R-kwadraat waarde van 0,5168. Het gemiddelde van het percentage stabiele breukdeel, ligt bij factor 2 hoger (8,97%) dan bij factor 1 (EC 20 meting) (10,64%).

Door de minimale beschikbaarheid van het laboratorium in combinatie met het beperkt aantal beschikbare RVS bakjes en zeefjes, is het niet gelukt om binnen de gestelde termijn klaar te zijn. Om dezelfde reden is het ook niet gelukt om meerdere kluitjes van het grondmonster te gebruiken. Halverwege het onderzoek zijn er nog bakjes en zeefjes bijbesteld waardoor de capaciteit is verhoogd van 8 naar 32 monsters per twee dagen. Daarnaast was het de bedoeling om in elke kunststof bak vijf ringmonsters te plaatsen, uiteindelijk zijn dit er meer geworden om efficiënter met tijd, ruimte en materiaal om te gaan.

Het uitvoeren van het onderzoek is goed verlopen. Het was lastig om kluitjes van de gewenste grootte te krijgen (één tot twee millimeter). Het is aan te bevelen om bij een volgende keer een schudzeef te gebruiken. Het is ook aan te bevelen om vier gram zo nauwkeurig mogelijk af te wegen omdat het lijkt alsof het percentage stabiele breukdeel hier heel erg van afhankelijk is, namelijk des te meer gram des te hoger het stabiele breukdeel percentage.

Om het statistisch aan te kunnen tonen zijn er meer metingen nodig. Bij een vervolgonderzoek is het aan te bevelen om minder variabelen te hebben en meer metingen per variabele.

Er zit een groot verschil in het percentage stabiele breukdeel tussen de secties 21 t/m 25 (13,53%) en 51 t/m 55 (9,04%), terwijl deze dezelfde EC en tijd hebben. Dit zou te verklaren kunnen zijn door het verschil in grootte van de kluitjes. Bij sectie 21 t/m 25 is er namelijk bij de eerste keer zeven (demiwater) veel meer grond door de zeven gevallen.

De bodem met haar grond kan door verscheidene factoren worden beïnvloed en is niet uniform, het kan per millimeter verschillen. Bij het steken van de ringmonsters is er getracht om zoveel mogelijk variatie te beperken.

Tot slot, de resultaten komen overeen met de gevonden literatuur. Bodemaggregaten vallen uit één in individuele bodemdeeltjes onder invloed van zoutwater. Dit is te herleiden uit het percentage stabiele breukdeel van de 0-meting (12,39%) ten opzichte van factor 1 (EC-20 meting) (10,64%) en bij factor 2 (in de tijd) (8,97%).

4.2 Nutriëntenbeschikbaarheid

Tussen de 0-meting en de EC-20 meting hebben de nutriënten Mg, S, Na, Cl, Mg (CEC) en Na (CEC) een P-waarde onder de 0,05. De nutriënten K, Si, en K (CEC) en de zuurgraad en organische stof hebben een P-waarde tussen de 0,05 en 0,50. De nutriënten N03-N, P, Ca, Cu, Fe en Zn en de CEC hebben een P-waarde tussen de 0,50 en 1,0. De overige nutriënten (en geleidbaarheid) hebben geen P-waarde omdat bij de 0-meting en/of de EC-20 meting de waarden hetzelfde zijn, er is dan zeker geen verschil tussen de getallen. Hiervoor geldt een R-kwadraat van 0,6781 bij B, 0,9388 bij de geleidbaarheid en 0,8768 bij Calcium (Ca²⁺).

Voor factor 2 EC reeks geldt dat de nutriënten P, Ca, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn, Cl, Si, K (CEC), H (CEC) en Overige (CEC) en de organische stof een R-kwadraat waarde tussen de 0 en 0,33 hebben.

De nutriënten N03-N, B en Mg (CEC) hebben een R-kwadraat waarde tussen de 0,33 en 0,66.

De nutriënten K, Mg, S, Na, Ca (CEC) en Na (CEC) en geleidbaarheid en zuurgraad hebben een R-kwadraat waarde tussen de 0,66 en 1.

De nutriënt NH₄-N en de CEC-bezetting hebben geen R-kwadraat waarde omdat de waarden hetzelfde zijn, er is dan zeker geen verschil tussen de getallen.

Het onderzoek is goed verlopen. Fertilab was erg flexibel met het ontvangen van de grondmonsters, zelfs tot in de avond.

Elk verzadigd ringmonster werd in drieën gesneden, voor elke deelvraag één. Dit was qua volume grond niet voldoende om een analyse mee uit te voeren. Daarom is er gekozen om een mengmonster te maken van vijf grondmonsters die dezelfde behandeling zijn ondergaan. Het gevolg is dat er maar één resultaat per vijf grondmonsters is. Dit zijn onvoldoende resultaten om het statistisch aan te kunnen tonen en een betrouwbare conclusie te kunnen trekken.

Bij een vervolgonderzoek is het aan te bevelen om minder variabelen te hebben en meer metingen per variabele.

De grondmonsters zijn bij Fertilab geanalyseerd volgens een vast protocol. Bij een goede uitvoering van dit protocol kan er geen variatie in de resultaten ontstaan. Variatie in de resultaten kan wel ontstaan bij het steken van de ringmonsters, de bodem kan namelijk door zoveel factoren worden beïnvloed en is dus niet uniform, het kan per millimeter verschillen.

4.3 Visuele beoordeling aggregaatstabiliteit

In totaal is er één grondmonster op de juiste plek beoordeeld / in de juiste volgorde gezet door de experts, in vergelijking met de resultaten van de Wet Siever. Dit komt uit op: $((1/15) * 100\%) = 6,67$ procent.

Door middel van een plantenspuit werd de grond eerst bevochtigd door de experts. Doordat de kluitjes van verschillende groottes waren maakte dit het erg lastig. De kleinere kluitjes werden namelijk sneller vochtig dan de grotere. Dit zorgde er uiteindelijk voor dat de kleinere kluitjes zachter werden beoordeeld dan de grotere. Het is dus aan te bevelen om bij vervolgonderzoek, de kluitjes van dezelfde grootte te laten zijn. Dit is mogelijk door de mengmonsters eerst (licht) te verkruiden en daarna door de schudzeef te halen.

5. Conclusies

De doelstelling van dit afstudeerwerkstuk is dat het duidelijk wordt welk zoutgehalte de meeste invloed heeft op de aggregaatstabiliteit en de nutriëntenbeschikbaarheid. Daarnaast het effect van de tijd, hoe is de aggregaatstabiliteit en nutriëntbeschikbaarheid na een dag, een week en een maand? Samengevat; om meer inzicht te krijgen in verziltingseffecten op de bodemstructuur en de nutriëntenbeschikbaarheid.

Deelvraag 1: Hoe is de relatie (in de tijd) tussen het zoutgehalte en de aggregaatstabiliteit?

Het gemiddelde van het percentage stabiele breukdeel van de 0-meting (12,39%) ligt hoger dan die van de EC-20 meting (10,64%) van factor 1, en factor 2 (8,97%). Zout heeft dus een negatieve invloed op de aggregaatstabiliteit.

De R-kwadraat waarde bij de 0-meting is 0,2186, dit duidt op een zwak verband. Er is dus minimale invloed van het demiwater op de aggregaatstabiliteit. De trendlijn is zelfs (licht) stijgend, dit betekent dat de grond er stabielere van wordt.

De R-kwadraat waarde bij de EC-20 meting is 0,7792, dit duidt op een sterk verband. Naarmate de tijd vordert, wordt de grond instabieler.

De R-kwadraat waarde bij factor 2 is 0,5168. Dit duidt op een matig verband, mede door de wisselende resultaten.

Het verband (relatie) tussen het zoutgehalte en de aggregaatstabiliteit is sterk. Het verband tussen het zoutgehalte en de aggregaatstabiliteit in de tijd is matig.

Deelvraag 2: Hoe is de relatie tussen het zoutgehalte en de nutriëntenbeschikbaarheid in de bodem?

Factor 1: Verloop in de tijd

De volgende nutriënten hebben een P-waarde onder de 0,05: Mg, S, Na, Cl, Mg (CEC) en Na (CEC). Daarmee is aangetoond dat er bij deze nutriënten een statistisch verband is tussen het zoutgehalte (EC van 20 dS/m) en de nutriëntbeschikbaarheid, in de tijd.

De volgende nutriënten hebben een P-waarde tussen de 0,05 en 0,50: K, Si en K (CEC) en de zuurgraad en organische stof. Dit geeft geen statistisch verband aan, maar wel een sterk (0,05) tot matig (0,50) verband tussen het zoutgehalte (EC van 20 dS/m) en de nutriëntbeschikbaarheid in de tijd.

De volgende nutriënten hebben een P-waarde tussen de 0,50 en 1,0: NO₃-N, P, Ca, Cu, Fe, Zn en de CEC. Dit geeft geen statistisch verband aan maar wel een matig (0,50) tot zwak/geen (1,0) verband tussen het zoutgehalte (EC van 20 dS/m) en de nutriëntbeschikbaarheid in de tijd.

De overige nutriënten (NH₄-N, B, Mn, Mo en Ca (CEC)) en geleidbaarheid hebben geen P-waarde omdat bij de 0-meting en/of de EC-20 meting de waarden hetzelfde zijn, er is dan zeker geen verschil tussen de getallen. Voor deze laatste groep is er een grafiek gemaakt om te onderzoeken of er een lineair verband is, mits de waarden bij de 0-meting en EC-20 meting niet hetzelfde zijn. Dit geldt voor B, de geleidbaarheid en Ca (CEC). De R-kwadraat bij B is 0,6781, bij de geleidbaarheid 0,9388 en bij Ca (CEC) 0,8768. Dit geeft een sterk verband aan tussen het zoutgehalte (EC van 20 dS/m) en de nutriëntbeschikbaarheid in de tijd. Voor B en de geleidbaarheid is dit een toename van de nutriënt(beschikbaarheid), voor Ca (CEC) een afname.

Factor 2: EC reeks

De volgende nutriënten hebben een R-kwadraat waarde tussen de 0,66 en 1: K, Mg, S, Na, Ca (CEC) en Na (CEC) en de geleidbaarheid en de zuurgraad. Dit geeft een sterk verband aan tussen de nutriëntbeschikbaarheid en de reeks zoutgehaltes (EC 2-5-10-20 dS/m) na een maand. In tegenstelling tot de andere nutriënten (en de geleidbaarheid en de zuurgraad), is er bij Ca (CEC) een afname van de nutriëntbeschikbaarheid.

De volgende nutriënten hebben een R-kwadraat waarde tussen de 0,33 en 0,66: NO₃-N, B en Mg (CEC). Dit geeft een matig verband aan tussen de nutriëntbeschikbaarheid en de reeks zoutgehaltes (EC 2-5-10-20 dS/m) na een maand.

De volgende nutriënten hebben een R-kwadraat waarde tussen de 0 en 0,33: P, Ca, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn, Cl, Si, K (CEC), H (CEC) en overige (CEC) en de organische stof. Dit geeft een zwak verband aan tussen de nutriëntbeschikbaarheid en de reeks zoutgehaltes (EC 2-5-10-20 dS/m) na een maand. De nutriënt NH₄-N en de CEC-bezetting hebben geen R-kwadraat waarde omdat de waarden hetzelfde blijven.

Verbanden factor 1 en 2

Bij de volgende nutriënten zit er één classificering (zwak, matig of sterk verband) verschil tussen factor 1 en 2: NO₃-N, K, B, Si, Mg (CEC) en K (CEC) en de zuurgraad en het organische stof. Voor Cl is dit zelfs 2 classificeringen.

Deelvraag 3: Hoe verhoudt de visuele beoordeling zich tot de gemeten beoordeling van de aggregaatstabiliteit?

In totaal is er één grondmonster op de juiste plek beoordeeld door de experts, in vergelijking met de resultaten van de Wet Siever. Dit komt uit op: $((1/15) * 100\%) = 6,67$ procent. Hieruit kan geconcludeerd worden dat het moeilijk is om de aggregaatstabiliteit visueel te beoordelen ten opzichte van meten.

De hoofdvraag is als volgt;

Wat is de invloed van zout water op de aggregaat stabiliteit en nutriëntenbeschikbaarheid, op de lichte kleigrond van de proefvelden van de SPNA – Kollumerwaard in Munnekezijl?

Zout water heeft een negatieve invloed op de aggregaatstabiliteit doordat calcium- en magnesiumionen door natriumionen van het CEC vervangen worden. Hierdoor kan niet alle negatieve lading worden geneutraliseerd en stoten de kleideeltjes elkaar onderling af. Dit zorgt ervoor dat bodemaggregaten uiteenvallen in individuele bodemdeeltjes en dus zwevend in het bodemvocht komen. Het verband (relatie) tussen het zoutgehalte en de aggregaatstabiliteit is sterker dan het verband tussen het zoutgehalte en de aggregaatstabiliteit in de tijd.

Door invloed van zout water neemt de nutriëntbeschikbaarheid van de volgende nutriënten toe; Mg, S, Na, Cl, Mg (CEC) en Na (CEC). Daarnaast is er een sterk verband aangetoond voor de nutriënten: K, B, Ca (CEC) en Na (CEC) en de geleidbaarheid en de zuurgraad. In tegenstelling tot de andere nutriënten is er bij Ca (CEC) een afname van de nutriëntbeschikbaarheid.

6. Aanbevelingen

Deelvraag 1: Hoe is de relatie (in de tijd) tussen het zoutgehalte en de aggregaatstabiliteit?

Zout heeft een negatieve invloed op de aggregaatstabiliteit. Het uiteenvallen van bodemaggregaten veroorzaakt verstopping van interstitiële porieruimten (verslemping) en het mogelijk kunnen optreden van korstvorming en verharding onder droge omstandigheden. Onder natte omstandigheden kunnen deze gronden ondoorlatend worden voor water en lucht. Deze structuurproblemen kunnen leiden tot wateroverlast, afspoeling (zoals erosie) en zuurstofgebrek. Uiteindelijk leidt dit tot schadelijke gevolgen voor grondbewerking en gewasgroei.

Boeren kunnen hier op inspelen door bewuster om te gaan met kunstmest, door bijvoorbeeld net voor een bui te strooien, of (meer) gebruik te maken van de zoutvrije varianten. Er kan ook voor gekozen worden om de drains verder uit elkaar te leggen omdat de drainage (zout) grondwater kan aanzuigen. Het laatste punt is het voorkomen van bodemdaling door bijvoorbeeld met lichtere machines te werken of zo min mogelijk grondwater te gebruiken voor het beregenen. Bodemdaling en toenemende onttrekkingen versnellen namelijk het proces van interne verzilting in de kuststreken.

De rol van het waterschap is om in te spelen op (aanstaande) droge periodes en het peil tijdig te verhogen zodat er geen actieve externe verzilting (het (in droge periodes) bewust binnenlaten van zoutwater in polders vanuit buitenwaters) hoeft plaats te vinden. Daarnaast heeft het waterschap het beheer van de nationale en regionale waterprogramma's voor oppervlaktelichamen. Dit is onderdeel van het kaderrichtlijn water waar per oppervlaktelichaam (watertype en status) ecologische doelen zijn vastgesteld, waaronder het zoutgehalte.

De provincie kan zorgen voor (gesubsidieerde) projecten; om verzilting tegen te gaan of te zorgen voor bewustwording bij boeren. Bij dit laatste punt kan een kennisinstelling dan weer een hele belangrijke rol spelen.

Bij vervolgonderzoek is het aan te bevelen om een schudzeef te gebruiken om ervoor te zorgen dat de kluitjes van gelijke grootte zijn. Het is ook aan te bevelen om vier gram zo nauwkeurig mogelijk af te wegen omdat het lijkt alsof het percentage stabiele breukdeel hier heel erg van afhankelijk is, namelijk des te meer gram des te hoger. Tot slot, om iets statistisch aan te kunnen tonen zijn er meer metingen nodig. Het is daarom aan te bevelen minder variabelen te hebben en meer metingen per variabel (minstens 40).

Deelvraag 2: Hoe is de relatie tussen het zoutgehalte en de nutriëntenbeschikbaarheid in de bodem?

Door invloed van zout water neemt de nutriëntbeschikbaarheid van de volgende nutriënten toe; Mg, S, Na, Cl, Mg (CEC) en Na (CEC). Daarnaast is er een sterk verband aangetoond voor de nutriënten: K, B, Ca (CEC) en Na (CEC) en de geleidbaarheid en de zuurgraad. In tegenstelling tot de andere nutriënten is er bij Ca (CEC) een afname van de nutriëntbeschikbaarheid.

Boeren die te maken hebben met zoute kwel kunnen rekening houden met de bemesting van bovenstaande elementen. Doordat de nutriëntbeschikbaarheid toeneemt zal deze makkelijker opneembaar zijn voor het gewas en minder snel een tekort ontstaan. Het nadeel is dat deze nutriënten wel gevoeliger zijn voor uitspoeling.

Voor deze deelvraag geldt ook dat er meer metingen nodig zijn om iets statistisch aan te kunnen tonen. Het is daarom aan te bevelen minder variabelen te hebben en meer metingen per variabel (minstens 40).

Deelvraag 3: Hoe verhoudt de visuele beoordeling zich tot de gemeten beoordeling van de aggregaatstabiliteit?

Het is aan te bevelen om bij vervolgonderzoek, de kluitjes van dezelfde grootte te laten zijn. Dit is mogelijk door de mengmonsters eerst (licht) te verkruimelen en daarna door de schudzeef te halen.

Bronnenlijst

- Aeres Hogeschool Dronten. (2018). *POTA04: GEWASGEZONDHEID 1; ONDERDEEL BEMESTING; LES 1 + 2; Semester 1 2017-2018*. [PowerPoint] Geraadpleegd op 8 februari 2022.
- Aeres Hogeschool Dronten. (2018). *POTA04: GEWASGEZONDHEID 1; ONDERDEEL BEMESTING; LES 1 + 2; Semester 1 2017-2018*. [Afbeelding] Geraadpleegd op 8 februari 2022.
- Akkerwijzer. (2018). *SPNA Kollumerwaard gaat zich toeleggen op verziltingsonderzoeken*. Geraadpleegd op 13 januari 2022 van <https://www.akkerwijzer.nl/artikel/143195-spna-kollumerwaard-gaat-zich-toeleggen-op-verziltingsonderzoeken/>
- Baaren, E. van, G. Oude Essink en P. de louw. (2009). *Kwetsbaarheid regenwaterlenzen in landbouwgebieden voor klimaatverandering en zeespiegelstijging*. [Afbeelding]. Geraadpleegd op 20 januari 2022.
- Bijnagte, L. (2019). *Zoet water in Zeeland*. Geraadpleegd op 13 & 31 januari 2022 van <https://hbo-kennisbank.nl/details/aereshogeschool:oai:www.greeni.nl:VBS:2:146185?has-link=yes&c=0&q=bijnagte>
- Biologielessen. (2022). *Cellen*. Geraadpleegd op 28 januari 2022 van <https://biologielessen.nl/index.php/dna-3/582-diffusie-en-osmose>
- Boer, H. d., & Radersma, S. (2011). *Verziltin in Nederland: oorzaken en perspectieven*. Lelystad: Wageningen UR Livestock Research.
- Choudhary, O.P. & Yaduvanshi, N.P.S. (2016). *Nutrient management in Salt-affected soils*. Geraadpleegd op 18 februari 2022 van https://www.researchgate.net/profile/Nps-Yaduvanshi/publication/311352979_Nutrient_Management_in_Salt_affected_Soils/links/59f45048a6fdcc075ec371d3/Nutrient-Management-in-Salt-affected-Soils.pdf
- Craats, van de D., Nikkels, M., Stuyt, L. (2016). *Ontzilting; een oplossing voor verziltin in de vollegronds landbouw?* Geraadpleegd op 28 januari 2022 van https://www.researchgate.net/publication/309702026_Ontzilting_een_oplossing_voor_verziltin_in_de_vollegronds_landbouw
- Eijkelkamp. (2009). *07 steeksets voor grondmonsterringen*. GEBRUIKSAANWIJZING. Geraadpleegd op 26 januari 2022 van <https://www.eijkelkamp.com/files/media/Gebruiksaanwijzingen/NL/m1-07nsteekringsets.pdf>
- Eijkelkamp. (2018). *Natte zeef methode*. HANDLEIDING. Geraadpleegd op 26 januari 2022 van <https://www.eijkelkamp.com/producten/laboratorium-apparatuur/natte-zeef-methode.html>
- Fageria, N.K., Gheyi, H.R. & Moreira, A. (2011). *NUTRIENT BIOAVAILABILITY IN SALT AFFECTED SOILS*. Journal of Plant Nutrition. Geraadpleegd op 18 & 21 februari 2022 van <http://dx.doi.org/10.1080/01904167.2011.555578>
- FAO. (z.d.). Geraadpleegd van <https://www.fao.org/home/en/>
- Fertilab. (2022). *vbnl_BD05* [Afbeelding]. Overgenomen op 22 maart 2022.
- Google Earth. (2022). *Proefboerderij Kollumerwaard* [Afbeelding]. Aangepast overgenomen op 22 maart 2022 van <https://earth.google.com/web/search/SPNA+Kollumerwaard+Bio,+Hooge+Zuidwal,+Munnek+ezijl/@53.33064012,6.28156138,0.62597552a,602.94512919d,35y,-49.36694404h,45.00001568t,0r/data=Cp0BGnMSbQoIMHg0N2M5YjZiODQxMzVmYjZ0B4YT BkOWE4NzA4ZTZlMzBlZBmm3DMBdapKQCZfFgUGyAZQCoyU1BOQSBLb2xsdW1lcndhYXJkI>

[EJpbywgSG9vZ2UgWnVpZHdhbCwgTXVubmVrZXppamwYAIAbliYKJAIOH138ewFMQBefywu7-dBIQBk2JCOosxysyQCH-xPA5MzoWwA](https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/water-ruimte/waterkwantiteit/verzilting/)

- Helpdeskwater. (2022). *Verzilting*. [Afbeelding]. Geraadpleegd op 19 januari 2022 van <https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/water-ruimte/waterkwantiteit/verzilting/>
- Helpdeskwater. (2022). *Verzilting*. Geraadpleegd op 19 januari 2022 van <https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/water-ruimte/waterkwantiteit/verzilting/>
- Hier.nu. (2017). *Zeespiegelstijging: water zet uit en ijs smelt*. Geraadpleegd op 13 januari 2022 van <https://www.hier.nu/themas/klimaatwoordenboek/zeespiegelstijging-water-zet-uit-en-ijs-smelt>
- Hoogland, F., Roelandse, A., La Loma Gonzalez de, B., Velstra, J., Schaap, J., Broere, A.J., & Venhuizen, A. (2019). *Vooronderzoek proefveld verzilting Kollumerwaard (Nr. 190938)*. Acacia Water. Geraadpleegd op 11 januari 2022.
- Hopmans, Jan W., Qureshi, A.S., Kisekka, I., Munns, R., Grattan, S.R., Rengasamy, P., Ben-Gal, A., Assouline, S., Javaux, M., Minhas, P.S., Raats, P.A.C., Skaggs, T.H., Wang, G., De Jong van Lier, Q., Jiao, H., Lavado, R.S., Lazarovitch, N., Li, B. & Taleisnik, E. (2021). *Critical knowledge gaps and research priorities in global soil salinity*. [PDF]. Geraadpleegd op 9, 18 & 21 februari 2022.
- Journal of Environmental & Agricultural Sciences. (2017, 10 juli). *Mulder's chart allows us to see how nutrients in the soil can influence the availability and uptake of each other* [Afbeelding]. Facebook. Geraadpleegd op 21 februari 2022 van <https://www.facebook.com/journal.environmental.agricultural.sciences/posts/1412332642177760>
- Maas, E.V. & Hoffman, G.J. (1977). CROP SALT TOLERANCE - CURRENT ASSESSMENT. Geraadpleegd op 2 februari 2022 van https://www.ars.usda.gov/arsuserfiles/20360500/pdf_pubs/P572.pdf
- Mantel, S. (2018). *Bodems van de wereld. De unieke collectie van het ISRIC World Soil Museum. Ontdek de veelzijdige wereld van onze bodems*. Geraadpleegd op 26 januari 2022 van <https://dx.doi.org/10.17027/isric-wdcsoils.20170004>
- Nieuwe Oogst. (2021). *Noord-Nederlandse boeren gaan verzilting te lijf met Zoet op Zout*. Geraadpleegd op 14 januari 2022 van <https://www.nieuweoogst.nl/nieuws/2021/07/08/noord-nederlandse-boeren-gaan-verzilting-te-lijf-met-zoet-op-zout>
- Nutrinorm. (2021). *CEC*. Geraadpleegd op 8 februari 2022 van <https://nutrinorm.nl/bodem/wat-levert-de-bodem-op/cec/>
- Paulissen, M.P.C.P., van Rooij, S.A.M., van der Gaast, J.W.J., Arts, G.H.P., Massop, H.Th.L. & Slim, P.A. (2011). *Klimaatgedreven verzilting: betekenis voor natuur en mogelijkheden voor klimaatbuffers*. Alterra: Research Instituut voor de Groene Ruimte Geraadpleegd op 19 & 26 januari 2022 van <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/175714>
- Researchgate. (2018). *SCIONA: Biodiversity scoping trip* [Afbeelding]. Geraadpleegd op 26 januari 2022 van https://www.researchgate.net/publication/341277993_SCIONA_Biodiversity_scoping_trip
- Rijke Waddenzee. (z.d.). *Zoutadaptie*. Geraadpleegd op 31 januari 2022 van <https://rijkwaddenzee.nl/project/zoutadaptatie/>
- Saline Agriculture Worldwide. (2015). *Zilt Perspectief* [Tabel]. Geraadpleegd op 31 januari, 2 & 7 februari 2022 van https://www.salineagricultureworldwide.com/uploads/file_uploads/files/Zilt%20Perspectief%20Eindverslag%20Waddenfondsproject%20Stichting%20Zilt%20Perspectief.pdf

- Salt Farm Foundation. (2022). *Zilte landbouw*. Geraadpleegd op 17 januari 2022 van <https://www.salineagricultureworldwide.com/zilte-landbouw>
- Satijn, H.M.C. & Leenen, J.M.J. (2009). *Overzicht huidige kennis omtrent interne verzilting*. Geraadpleegd op 20 en 26 januari & 1 en 2 februari 2022 van <https://edepot.wur.nl/50376>
- Satijn, H.M.C. & Leenen, J.M.J. (2009). *Overzicht huidige kennis omtrent interne verzilting* [Afbeelding]. WUR. Geraadpleegd op 26 januari van <https://edepot.wur.nl/50376>
- Spectrum Brands. (2022). *Instant Ocean® Sea Salt*. Geraadpleegd op 25 februari 2022 van <https://www.instantocean.com/Products/Sea-Salt-Mixes/sea-salt-mixture.aspx>
- SPNA. (z.d.). *SPNA-verziltingsproefveld* [Afbeelding]. Overgenomen op 22 maart 2022.
- Stuyfzand, P.J. (2007). *Oorzaken van verzilting, hun herkenning en de risikofactoren voor de drinkwatervoorziening*. In: *Verzilting in Nederland* (Ed. P. de Louw). Nederlandse Hydrologische Vereniging (NHV), Utrecht.
- Stuyt, L.C.P.M., Blom-Zandstra, M. en Kselik, R.A.L. (2016). *Inventarisatie en analyse zouttolerantie van landbouwgewassen op basis van bestaande gegevens*. WUR. Geraadpleegd op 31 januari & 1, 9 en 10 februari 2022 van <https://edepot.wur.nl/391931>
- Stuyt, L.C.P.M., Van Bakel, P.J.T., Kroes, J.G., Bos, E.J., van der Elst, M., Pronk, B., Rijk, P.J., Clevering, O.A., Dekking, A.J.G., van der Voort, M.P.J., de Wolf, M. & Brandenburg, W.A. (2006). *Transitie en toekomst van deltalandbouw; indicatoren voor de ontwikkeling van de land- en tuinbouw in de Zuidwestelijke Delta van Nederland*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1132. Geraadpleegd op 10,18 & 25 februari 2022 van <https://edepot.wur.nl/94880>
- The Salt Doctors. (2021). *Webinar: Invloed van verzilting op nationale én mondiale schaal* [Video]. Geraadpleegd op 14 januari, 1, 11 & 15 februari 2022 van <https://www.niscoo.nl/video/webinar>
- Universiteit van de Verenigde Naties. (2014). *Verzilting kost elke dag 2000 hectare landbouwgrond*. Geraadpleegd op 18 januari 2022 van <https://www.duurzaamnieuws.nl/verzilting-kost-elke-dag-2000-hectare-landbouwgrond/>
- Van Bakel, P.J.T. & Stuyt, L.C.P.M. (2011). *Actualisering van de kennis van de zouttolerantie van landbouwgewassen*. WUR. Geraadpleegd op 8 februari 2022 van <https://edepot.wur.nl/173791>
- Van Bakel, P.J.T., Blom-Zandstra, M. en Stuyt, L.C.P.M. (2018). *Zouttolerantie van gewassen afhankelijk van het groeistadium?* WUR. Geraadpleegd op 1 februari 2022 van <https://www.stowa.nl/sites/default/files/assets/NIEUWS/niewsdocs%202018/WENR-rapport%20droogte%20%26%20groeistadium.pdf>
- Van Dam, A.M., Clevering O.A., Voogt, W., Aendekerk, Th.G.L. & Van der Maas, M.P. (2007) *Zouttolerantie van gewassen*. WUR. Geraadpleegd op 10 & 18 februari 2022 van <https://edepot.wur.nl/27637>
- Velstra J., Groen J., De Jong K. (2011). *Observations of salinity patterns in shallow groundwater and drainage water from agricultural land in the northern part of The Netherlands*. Irrigation and drainage 60, 51-58. Geraadpleegd op 7 februari 2022 van https://www.salineagricultureworldwide.com/uploads/file_uploads/files/Zilt%20Perspectief%20Eindverslag%20Waddenfondsproject%20Stichting%20Zilt%20Perspectief.pdf
- WUR. (2015). *Groeien op zout water*. Geraadpleegd op 18 & 28 januari 2022 van <https://edepot.wur.nl/336462>

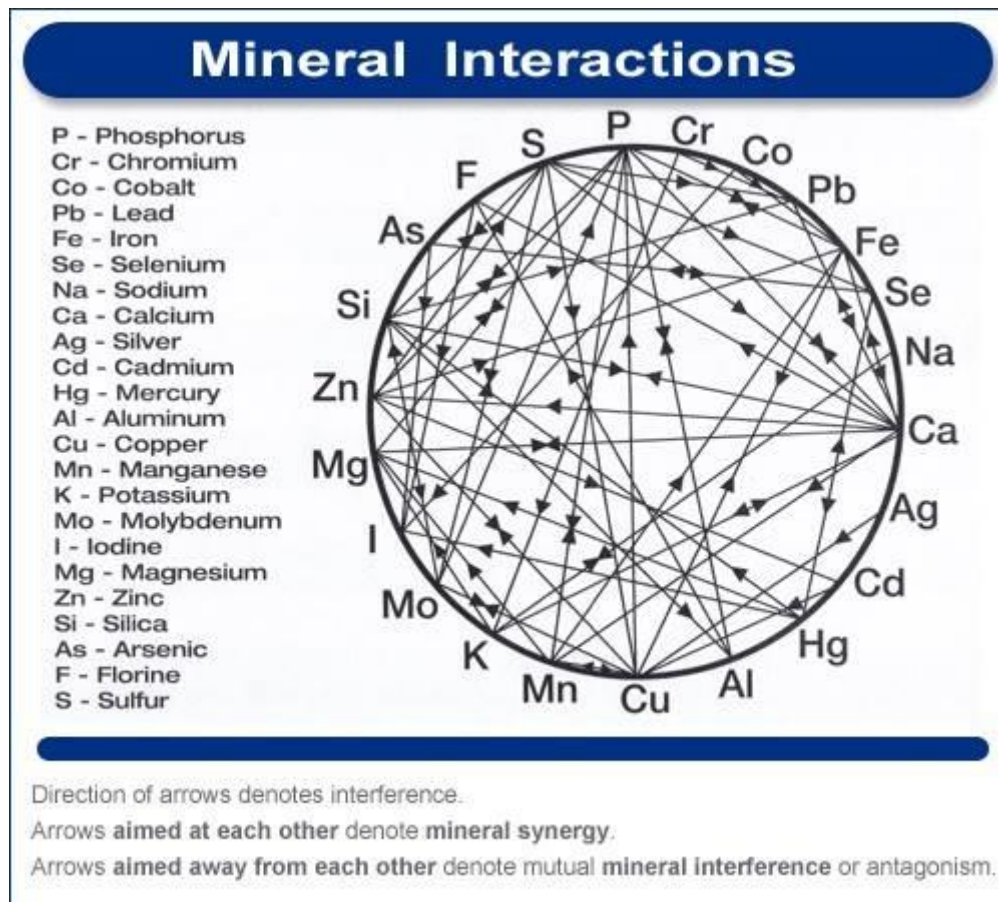
Bijlagen

Bijlage A: Overzicht zouttolerantie gewassen

		Zouttolerantie	Zouttolerantie	
Gewas	Latijnse naam	Volgens FAO referentie	Zilt proefbedrijf	Opmerkingen
Zeekool	<i>Crambe maritima</i>	geen data	tolerant	geen halofyt
Strandbiet	<i>Beta maritima</i>	geen data	halofyt	groeit zelfs op zeewater
Lucerne	<i>Medicago sativa</i>	matig gevoelig	matig tolerant / tolerant	
Honingklaver	<i>Melilotus officinalis</i>	matig tolerant	tolerant	
Selderij	<i>Apium graveolens</i>	matig gevoelig	tolerant	
Witlof	<i>Cichorium sp</i>	geen data	tolerant	
Wortel	<i>Daucus carota</i>	gevoelig	tolerant	verschil tussen rassen waargenomen
Gerst	<i>Hordeum vulgare</i>	tolerant	tolerant	verschil tussen rassen waargenomen
Ui	<i>Allium cepa</i>	gevoelig	matig tolerant	verschil tussen rassen waargenomen
Kool	<i>Brassica oleracea</i>	matig gevoelig	tolerant	verschil tussen rassen waargenomen
Aardappel	<i>Solanum tuberosum</i>	gevoelig	tolerant	verschil tussen rassen waargenomen
Aardbei	<i>Fragaria sp.</i>	gevoelig	tolerant	
Radijs	<i>Raphanus sativus</i>	matig gevoelig	tolerant	
Sla	<i>Lactuca sp.</i>	matig gevoelig	tolerant	
Wilde rucola	<i>Diploaxis tenuifolia</i>	geen data	tolerant	
Koolzaad	<i>Brassica napus</i>	matig tolerant	tolerant	
Suikerbiet	<i>Beta vulgaris</i>	tolerant	tolerant	
Spinazie	<i>Spinacia oleracea</i>	matig gevoelig	gevoelig	

(Saline Agriculture Worldwide, 2015).

Bijlage B: Interacties tussen nutriënten



(Journal of Environmental & Agricultural Sciences, 2017)

Bijlage C: Locatie ringmonsters steken



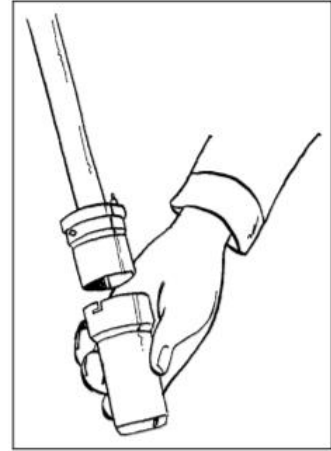
Aangepast overgenomen van (Google Earth, 2022).



SPNA verziltingsproefveld (SPNA, 2022).

Bijlage D: Procedure ringmonsters steken

1. Draai het onderstuk met Edelmanboor aan het bovenstuk met slagkop, gebruikmakend van beide steeksleutels.
2. Boor met de Edelman- en/of Riversideboor tot op de gewenste diepte (zie paragraaf 5.4). Met de Riversideboor wordt een vlak horizontaal boorprofiel gemaakt. (Zie figuur pagina 8)
3. Verdraai de steekhuls (10) zodanig in de bajonetsleuf dat deze rechtstandig afgeschoven kan worden.
4. Plaats de monsterring in de steekhuls (10). De scherpe kant van de monsterring komt aan de scherpe kant van de steekhuls.
5. Schuif de steekhuls met monsterring over de bevestigingspennen van de ringhouder en draai de steekhuls zo dat de steekhuls niet afgeschoven kan worden.
6. Laat de ringhouder met de bevestigde handgreep zakken tot op de bodem van het monstergat. Plaats een referentieteken op het verlengstuk zodat gemakkelijk bepaald kan worden tot welke diepte de ringhouder in de grond gedrukt moet worden.
7. Druk de ringhouder rechtstandig in de grond, zodat de gehele monsterring gevuld wordt. Druk echter niet te ver door zodat de grond in de monsterring niet wordt samengeperst. Eventueel kan de ringhouder in de grond geslagen worden met de terugslagvrije hamer.



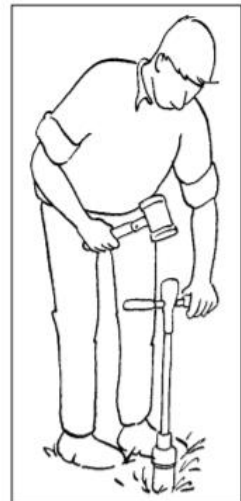
Gebruik, indien slagkracht nodig is, altijd de terugslagvrije slaghamer. Dit is veiliger en voorkomt beschadiging van apparatuur. Gebruik nooit een niet-terugslagvrije (metalen) hamer. Hierdoor beschadigt de apparatuur en kunnen verwondingen worden opgelopen door het terugspringen van de hamer.

8. Draai de ringhouder een kwart slag (90°) om het monstermateriaal in de monsterring los te maken van de grond.
9. Haal de ringhouder licht draaiend omhoog.
10. Verdraai de steekhuls (10) zo dat deze rechtstandig afgeschoven kan worden.
11. Neem de monsterring uit en verwijder met een zaagje de uitpuilende grond van de monsterring. (zie figuur pagina 7)



Let op dat het monster tijdens het verwijderen van de uitpuilende aarde niet beschadigd door versmering of door te veel materiaal te verwijderen.

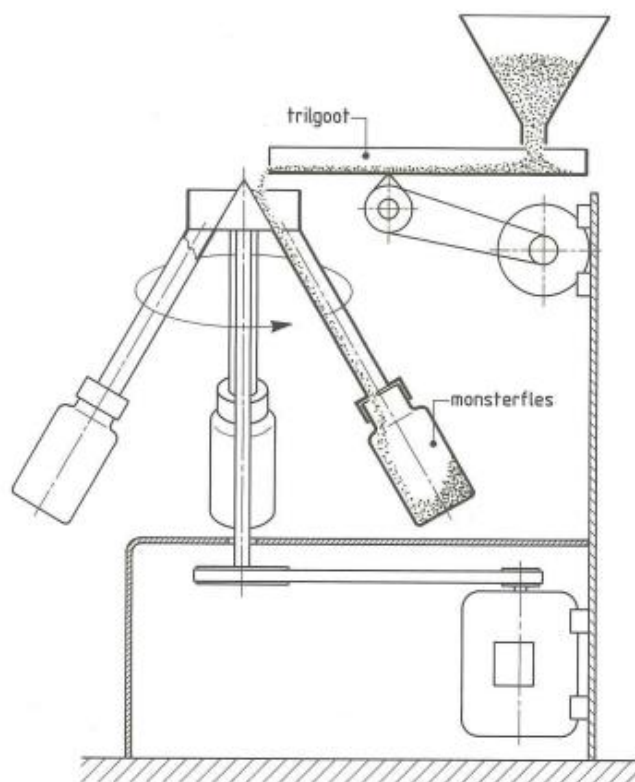
12. Plaats de beschermkappen over de monsterringen, noteer gegevens, en berg de monsterringen op in de bijbehorende koffer.
13. Maak na elke bemonstering de monsterringhouder goed schoon met de draadborstel, dit voorkomt het vast gaan zitten van de ringen.
14. Maak na gebruik de boren, de monsterringhouder en de overige onderdelen schoon en droog voor bewaring.



(Eijkelkamp, 2009)

Bijlage E: Gebruiksaanwijzing luchtgedroogde grond (NEN5751)

NEN 5751 – Blz. 4



Figuur 4 – Monsterverdeler

5.1 Drogen

Droog het monster aan de lucht of in een droogstoof waaruit de vochtige lucht wordt afgevoerd. Ook een vriesdroger mag worden toegepast. Droog zo lang totdat het massaverlies van het grondmonster niet groter is dan 5 % (m/m) per 24 h.

Volg, afhankelijk van de gekozen droogmethode, de werkwijze bij 5.1.1, 5.1.2 of 5.1.3.

5.1.1 Aan de lucht

Spreid het gehele grondmonster in een dunne laag uit op een ondergrond die zo min mogelijk (bodem)vocht absorbeert en geen verontreiniging afgeeft.

Opmerking

Direct zonlicht moet worden vermeden.

5.1.2 In een droogstoof

Spreid het gehele grondmonster in een dunne laag uit op een ondergrond die zo min mogelijk (bodem)vocht absorbeert en geen verontreiniging afgeeft. Leg het monster in een bak en droog het in de droogstoof (4.1) bij ten hoogste 40 °C.

5.1.3 Vriesdrogen

Droog het gehele grondmonster in de vriesdroger (4.1) volgens de beschikbare voorschriften.

Opmerkingen

1. Voor of tijdens het droogproces aan de lucht of in de oven is het aan te bevelen grote kluiten te verkleinen ten einde het drogen te versnellen en de delen groter dan 2 mm (voornamelijk grinddelen) gemakkelijk te herkennen. Vriesdrogen heeft het voordeel dat het monster nauwelijks in kluiten opdroogt; het valt meestal in fracties uiteen.
2. De droogtijd hangt af van de aard van het grondmonster, van de dikte van de laag, van het vochtgehalte van het monster en de lucht en van de luchtventilatie. In een droogstoof is de droogtijd voor zandgronden over het algemeen 24 h, voor kleigronden langer dan 48 h en voor gronden met veel vers organisch materiaal (plantenwortels e.d.) 72 – 96 h.
3. Bij een te hoge droogtemperatuur in de droogstoof kunnen een aantal eigenschappen van het monster door oxidatie-processen of door kitting worden veranderd.

Bijlage F: Gebruiksaanwijzing natte zeef methode (Eijkelkamp, 2018)

4. Procedure

Het bepalen van de aggregaatstabiliteit met behulp van de natte zeefmachine:

1. Weeg 4,0 gram luchtgedroogd aggregaat van 1 tot 2 mm af en plaats dit op de zeven.
2. Bevochtig van tevoren de aggregaten. Laat de monsters 5-10 minuten staan (afhankelijk van het monster) voordat ze worden ondergedompeld
3. Plaats de zeven in de zeefhouder.
4. Plaats de afgewogen (genummerde) bekertjes.
5. Plaats de zeefhouder op de ingebouwde stop.
6. Giet voldoende gedestilleerd water in de bekertjes om de aarde te bedekken. Het water kan in de bekertjes worden gegoten via de speciale vulgaten in de zeefhouder. Het is belangrijk dat de monsters tijdens het zeven onder water worden bewogen (voeg dus voldoende water toe).

Ingebouwde stop

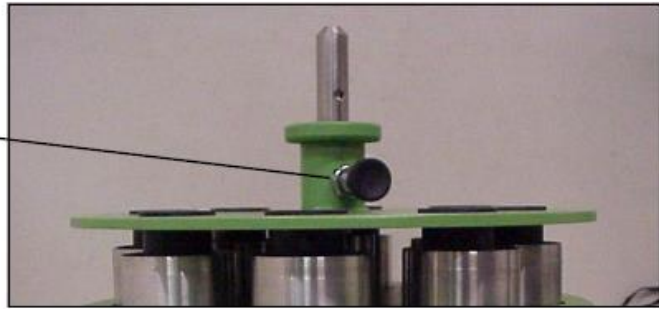


Vulgaten



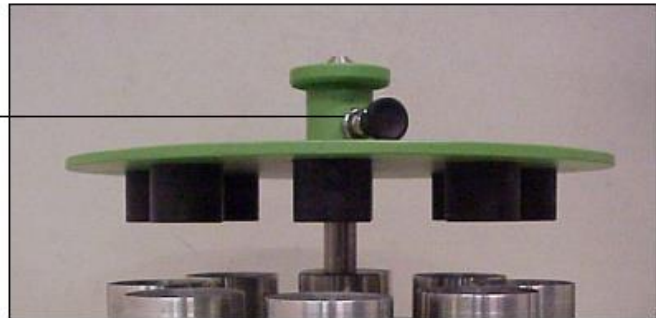
7. Zet de zeefhouder in de bedrijfsstand door de houder in het tweede gat op de schacht te plaatsen.

Tweede gat op de schacht



8. Controleer of de schakelaar in de "Off"-stand staat
9. Steek de adapter in een wandcontact
10. Start de motor door de schakelaar in de "3 min" stand te zetten, waarna de zeefhouder gedurende drie minuten op en neer wordt bewogen. ± 5 takt (takt = 1,3 cm, bij ca. 34 keer/min). Na afloop hiervan stopt de motor automatisch.
11. Til de zeefhouder uit het water en zet hem in de uitlekstand door de houder in het eerste gat op de schacht te plaatsen.

Eerste gat op de schacht



Als er geen water meer uit de zeven lekt, zet dan de (genummerde) bekens (met daarin de partikels en aggregaatfragmenten die van de aggregaten zijn losgekomen en door de zeef zijn gedrongen) op een blad.

12. Vervang deze bekens door een nieuwe set gewogen (genummerde) bekens
13. Vul de bekens met een dispergeeroplossing (met daarin 2 g natriumhexametafosfaat/L) voor bodems met $\text{pH} > 7$ of 2 g NaOH/L voor bodems met $\text{pH} < 7$. (zie voor de vulprocedure stap 4 en 5)
14. Plaats de zeefhouder in de bedrijfsstand
15. Start de motor door de schakelaar op "Continue" te zetten en ga verder met zeven totdat er alleen zanddeeltjes (en wortelfragmenten) op de zeef achterblijven. Als bepaalde aggregaten stabiel blijven na 5 tot 8 min zeven in de dispergeeroplossing, stop de zeef dan door de schakelaar in de "Off" stand te zetten en wrijf de aggregaten over de zeef m.b.v. een staaf met een rubberen uiteinde totdat ze volledig zijn opgelost.
16. Blijf zeven totdat al het materiaal dat kleiner is dan de mazen door de zeef is gedrongen.



Het dispergeren van de aggregaten kan enige tijd in beslag nemen (hoe hoger het kleigehalte, des te langer zal het duren); er is geen standaard reactietijd. Gebruik van de dispergeeroplossing in combinatie met het wassen is de beste methode om te bereiken dat alle aggregaten opgelost worden.,

17. Til de zeefhouder op en zet hem in de uitlekstand.
Wanneer er geen dispergeeroplossing uit de zeven meer lekt, zet dan de (genummerde) bekens op een afzonderlijk blad. Deze bekens bevatten de materialen van de aggregaten die stabiel waren, behalve de zanddeeltjes die te groot waren om door de zeef te dringen.
18. De beide reeksen bekens worden in een convectieoven met een temperatuur van 110 °C geplaatst totdat het water is verdampt.
19. Het gewicht van de materialen in iedere beker wordt bepaald door de beker samen met de inhoud te wegen, en hier vervolgens het gewicht van de beker af te trekken. In de bekens die met dispergeeroplossing gevuld waren, bevindt zich nog 0,2 g dispergeeroplossing in de aarde. Er moet dus nog 0,2 g van het gewicht van de inhoud worden afgetrokken om het gewicht van de bodem te kunnen bepalen.
20. Het stabiele breukdeel is gelijk aan het gewicht van de bodem in de bekens met dispergeeroplossing gedeeld door de som van de gewichten in de bekens met dispergeeroplossing en de bekens met gedestilleerd water.

Bijlage G: Voorbeeldrapport BD05

ANALYSERAPPORT BD05 | FERTILYSE PLUS VOORBEELDRAPPORT



FERTILAB B.V.
Houtwijk 16
8251 GD DRONTEN

ONDERZOEK Rapportnummer: AR-18SR1000-00

Monsternummer	: 18SR1000	Datum rapportage	: 17 augustus 2021
Datum ontvangst	: 12 augustus 2021	Ordernummer	:

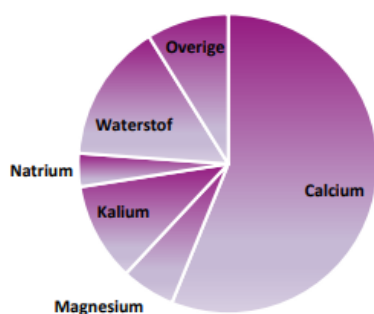
MONSTER en TEELT zoals opgegeven door opdrachtgever

Monsteraanduiding	: VOORBEELDRAPPORT
Grondsoort	: Niet bekend
Teelt	: Niet bekend

ANALYSERESULTATEN

Parameter	Analyseresultaat		Streeftraject	Waardering			Opneembare bodemvoorraad
				laag	streef	hoog	
Nitraat-N	24.9	mg/l	40 - 100				71.1 kg N/ha
Ammonium-N	3.6	mg/l	< 5.0				
Fosfor	5.0	mg/l	3.0 - 6.0				28.7 kg P ₂ O ₅ /ha
Kalium	54.6	mg/l	75 - 100				164.5 kg K ₂ O/ha
Magnesium	10.0	mg/l	50 - 75				41.5 kg MgO/ha
Zwavel	25.3	mg/l	10 - 15				158.1 kg SO ₂ /ha
Calcium	136	mg/l	250 - 2250				474 kg CaO/ha
Borium	0.1	mg/l	0.30 - 0.50				0.3 kg B/ha
Koper	3.3	mg/l	2.0 - 8.0				8.3 kg Cu/ha
Ijzer	188	mg/l	30 - 150				470 kg Fe/ha
Mangaan	4.6	mg/l	1.0 - 3.0				11.4 kg Mn/ha
Molybdeen	< 0.1	mg/l	0.10 - 0.30				- kg Mo/ha
Zink	9.8	mg/l	1.0 - 10.0				24.4 kg Zn/ha
Natrium	12.8	mg/l	< 50				31.9 kg Na/ha
Chloride	0.7	mg/l	< 40				1.7 kg Cl/ha
Silicium	3.3	mg/l	6.0 - 23.0				8.4 kg Si/ha
Geleidbaarheid	0.4	mS/cm	0.60 - 1.20				
Zuurgraad, pH-KCl	3.8		> 5.8				
Organische stof	3.7	%	2.0 - 5.0				
Klei-humuscomplex, CEC	16	mmol ⁺ /kg	150 - 250				

BODEMSTRUCTUUR



	Bezetting	laag	goed	hoog
Calcium (Ca ²⁺)	56 %			
Magnesium (Mg ²⁺)	5.8 %			
Kalium (K ⁺)	11 %			
Natrium (Na ⁺)	3.6 %			
Waterstof (H ⁺)	15 %			
Overige (o.a. Al ³⁺ , Fe ²⁺)	8.9 %			
Basebezetting		76%		

TOEGEPASTE METHODES

Parameter	Toegepaste norm(en) of richtlijn
Extractie	Eigen methode; extractie; WV-HAC
Nitraat-N	Gelijkwaardig aan NEN-EN-ISO 13395; fotometrie (SFA); WV-NO3
Ammonium-N	Gelijkwaardig aan NEN-EN-ISO 11732; fotometrie (SFA); WV-NH4
Chloride	Gelijkwaardig aan NEN-EN-ISO 15682; fotometrie; WV-CL
Fosfor, Kalium, Magnesium, Zwavel, Calcium, Mangaan, Borium, Natrium, Silicium	Conform NEN 6966; AES-ICP; WV-ICPOES
Extractie	Gelijkwaardig aan NEN-EN 13651; extractie; WV-CAT
Koper, IJzer, Molybdeen, Zink	Conform NEN 6966; AES-ICP; WV-ICPOES
Zuurgraad, pH-KCl	Gelijkwaardig aan NEN 5750; potentiometrie; WV-PHB
Zuurgraad, pH-H ₂ O	Gelijkwaardig aan NEN 5750; potentiometrie; WV-PHB
Geleidbaarheid	Gelijkwaardig aan NEN 5749; conductometrie; WV-ECB
Organische stof	Conform VDLUFA (I) A.4.1.3.1; droge verbranding; WV-TC
Klei-humuscomplex, CEC	Eigen methode; extractie; WV-NH4OAC7

Alle analyses zijn in de periode van 12 augustus 2021 tot 17 augustus 2021 uitgevoerd door Fertilab B.V., De Hunze 5, 8253 PX Dronten.

KWALITEITSWAARBORGING

Het laboratorium van Fertilab werkt volgens de internationale standaard voor testlaboratoria, NEN-EN-ISO/IEC 17025:2018. Dit houdt ondermeer in dat, binnen het laboratorium, richtlijnen worden gebruikt om de kwaliteit in de keten van monsterneming tot analyse te verhogen. Het aangeboden monster (18SR1000) is volgens deze richtlijnen behandeld.

MONSTERNAME

zoals opgegeven door opdrachtgever

Datum monsternamen : 11 augustus 2021
Monsternamen door : Derden

Bemonsterde laag : 25 cm

(Fertilab, 2022)

Bijlage H: Ringmonster overzicht

29-mrt										30-mrt					
Ringmonsterkist blanco									Ringmonsterkist 1						
(Eerste 5 ringen genomen waar zich blauwe grond en onverteerde gewasresten bevonden)															
Ringnummer:									Ringnummer:						
X14		X05	X24	X13	X07				I19	D231	D136	19	78	D059	
X19		X22	X18	X09	X15				D051	D089	7	D066	86	D065	
X02		X08	X06	X11	X21				22	D092	87A	D081	D074	D054	
X17		X20	X23	X03					91	D080	D095	D086	83	D067	
X10															
Ringmonsterkist 164									Ringmonsterkist 3						
Ringnummer:									Ringnummer:						
U19	U15	9+	U10	U14	U11				84	D236	84C	21	10	D013	
U12	U22	U18	U24	D193	D156				D125	70B	D210	71B			
D108	U13	U09	U02	U01	U17										
U20	106	D043	U16	U21	U23										

Bijlage I: Indeling bakken

Bak 1

Inzet:	31-mrt	5-apr								
Hoeveelheid demi water:	2,5 liter	0,5 liter								
31-03 - 15-4			31-03 - 29-04			31-03 - 29-04				
Nummer	Ringnummer	koffernummer	nummer	ringnummer	koffernummer	Nummer	Ringnummer	Koffernummer		
20	84	3	25	D051	1	55	D125	3		
19	I19	1	24	U12	164	54	22	1		
18	U19	164	23*	X22	B	53	D108	164		
17	X05	B	22	X24	B	52	X08	B		
16	X14	B	21	X19	B	51	X02	B		
			23*	Viel uit elkaar						
22-04 - 29-04										
Nummer	Ringnummer	Koffernummer								
15	D095	1								
14	87A	1								
13	U10	164								
12	D043	164								
11	X03	B								

Bak 2

Inzet:	31-mrt	5-apr								
Hoeveelheid demi water:	1 liter	1 liter	0,5 liter	0,5 liter						
Aantal gram zout:	13,997	14,009	7,003	7,007						
31-03 - 15-4			31-03 - 29-04			31-03 - 29-04				
Nummer	Ringnummer	Koffernummer	Nummer	Ringnummer	Koffernummer	Nummer	Ringnummer	Koffernummer		
45	D236	3	50	70B	3	75	84C	3		
44	91	1	49	D231	1	74	D089	1		
43	U20	164	48	U15	164	73	U13	164		
42	X20	B	47	X18	B	72	U22	164		
41	X17	B	46	X10	B	71	X06	B		
22-04 - 29-04										
Nummer	Ringnummer	Koffernummer								
40	D081	1								
39	D066	1								
38	19	1								
37	U24	164								
36	X12	B								

Bak 3

Inzet:	31-mrt		5-apr
Hoeveelheid demi water:	2 liter	1 liter	0,5 liter
Aantal gram zout:	2,799	1,401	0,709
31-03 - 29-04			
Nummer	Ringnummer	Koffernummer	
60	21	3	
59	D080	1	
58	D092	1	
57	106	164	
56	X23	B	

Bak 4

Inzet:	31-mrt		5-apr
Hoeveelheid demi water:	2 liter	1 liter	0,5 liter
Aantal gram zout:	7,019	3,507	1,759
31-03 - 29-04			
Nummer	Ringnummer	Koffernummer	
65	D210	3	
64	D136	1	
63	9+	164	
62	X09	B	
61	X13	B	

Bak 5

Inzet:	31-mrt		5-apr
Hoeveelheid demi water:	3 liter		0,5 liter
Aantal gram zout:	20,997		3,498
31-03 - 29-04			
Nummer	Ringnummer	Koffernummer	
70	10	3	
69	7	1	
68	U09	164	
67	U18	164	
66	X11	B	

Bak 6

Inzet:	25-apr	
Hoeveelheid demi water:	3,5 liter	
Aantal gram zout:	(EC 0)	
25-04 - 28-04		
Nummer	Ringnummer	Koffernummer
10	78	1
9	D086	1
8	U16	164
7	U02	164
6	X16	B
28-04 - 29-04		
Nummer	Ringnummer	Koffernummer
5	71B	3
4	83	1
3	D074	1
2	U21	164
1	X04	B

Bak 7

Inzet:	25-apr	28-apr
Hoeveelheid demi water:	3 Liter	1 liter
Aantal gram zout:	42,014	14,019
25-04 - 28-04		
Nummer	Ringnummer	Koffernummer
35	86	1
34	U01	164
33	D193	164
32	U14	164
31	X01	B
28-04 - 29-04		
Nummer	Ringnummer	Koffernummer
30	D065	1
29	D059	1
28	D156	164
27	U11	164
26	X07	B

Bijlage J: Metingen Wet Siever en berekeningen stabiele breukdeel

Nummer	Nummer RVS bakje	Gewicht RVS bakje	Gewicht zeef	Gewicht grond	Gewicht weegschaal	Correctie	Gewicht grond na correctie	Gewicht RVS bakje + grond na drogen	Netto grond	Stabiele breukdeel
<i>Demiwater</i>										
1	3	187,44	16,22	4,05	-16,19	0,03	4,02	189,25	1,81	
2	4	187,29	16,16	4,03	-16,15	0,01	4,02	188,94	1,65	
3	5	187,42	16	4,06	-16	0	4,06	188,89	1,47	
4	6	190,22	15,99	4,26	-15,98	0,01	4,25	191,9	1,68	
5	7	187,37	16,17	4,03	-16,17	0	4,03	188,84	1,47	
							Totaal		8,08	
<i>Dispergeeroplossing (Natriumhexametafosfaat)</i>										
1	11	187,32						189,35	1,83	0,0985
2	12	187,24						189,49	2,05	0,1103
3	13	187,27						189,74	2,27	0,1222
4	14	187,63						190,1	2,27	0,1222
5	15	188,07						190,35	2,08	0,1119
							Totaal		10,5	
								Gemiddeld		0,1130
								Percentage		11,30

Nummer	Nummer RVS bakje	Gewicht RVS bakje	Gewicht zeef	Gewicht grond	Gewicht weegschaal	Correctie	Gewicht grond na correctie	Gewicht RVS bakje + grond na drogen	Netto grond	Stabiele breukdeel
<i>Demiwater</i>										
6	8	187,28	16,96	4,07	-16,96	0	4,07	189,2	1,92	
7	1A	185,35	16,13	4,08	-16,13	0	4,08	186,21	0,86	
8	2A	185,49	16,17	4,31	-16,17	0	4,31	186,3	0,81	
8	3A	184,6	16,13	4,3	-16,09	0,04	4,26	186	1,4	
10	4A	185,33	16,24	4,15	-16,23	0,01	4,14	186,6	1,27	
							Totaal		6,26	
<i>Dispergeeroplossing (Natriumhexametafosfaat)</i>										
6	16	186,88						188,89	1,81	0,0982
7	9A	185,67						188,5	2,63	0,1426
8	10A	184,04						187,21	2,97	0,1611
9	11A	184,79						187,37	2,38	0,1291
10	12A	183,9						186,49	2,39	0,1296
							Totaal		12,18	
								Gemiddeld		0,1321
								Percentage		13,21

Nummer	Nummer RVS bakje	Gewicht RVS bakje	Gewicht zeef	Gewicht grond	Gewicht weegschaal	Correctie	Gewicht grond na correctie	Gewicht RVS bakje + grond na drogen	Netto grond	Stabiele breukdeel
<i>Demiwater</i>										
11	5A	184,18	16,21	4,13	-16,19	0,02	4,11	185,66	1,48	
12	6A	184,82	16,18	4,16	-16,15	0,03	4,13	186,52	1,7	
13	7A	184,1	16,25	4,04	-16,25	0	4,04	185,89	1,79	
14	8A	184,06	16,23	4,35	-16,21	0,02	4,33	185,29	1,23	
15	1B	184,23	16,21	4,27	-16,19	0,02	4,25	185,23	1	
							Totaal		7,2	
<i>Dispergeeroplossing (Natriumhexametafosfaat)</i>										
11	13A	184,51						186,98	2,27	0,1204
12	14A	188,31						190,56	2,05	0,1087
13	15A	190,58						192,66	1,88	0,0997
14	16A	185,39						188,17	2,58	0,1368
15	9B	184,88						187,96	2,88	0,1527
							Totaal		11,66	
								Gemiddeld		0,1236
								Percentage		12,36

Nummer	Nummer RVS bakje	Gewicht RVS bakje	Gewicht zeef	Gewicht grond	Gewicht weegschaal	Correctie	Gewicht grond na correctie	Gewicht RVS bakje + grond na drogen	Netto grond	Stabiele breukdeel
<i>Demiwater</i>										
16	1	187,34	16,01	4,07	-16	0,01	4,06	189,06	1,72	
17	2	189	15,99	4,23	-15,96	0,03	4,2	190,7	1,7	
18	3	187,44	16	4,16	-15,98	0,02	4,14	189,24	1,8	
19	4	187,29	16,16	4,24	-16,15	0,01	4,23	189,19	1,9	
20	5	187,42	16,22	4,11	-16,21	0,01	4,1	188,44	1,02	
							Totaal		8,14	
<i>Dispergeeroplossing (Natriumhexametafosfaat)</i>										
16	9	189,54						191,76	2,02	0,1050
17	10	189,79						192,22	2,23	0,1159
18	11	187,33						189,54	2,01	0,1045
19	12	187,23						189,53	2,1	0,1091
20	13	187,27						190,21	2,74	0,1424
							Totaal		11,1	
								Gemiddeld		0,1154
								Percentage		11,54

Nummer	Nummer RVS bakje	Gewicht RVS bakje	Gewicht zeef	Gewicht grond	Gewicht weegschaal	Correctie	Gewicht grond na correctie	Gewicht RVS bakje + grond na drogen	Netto grond	Stabiele breukdeel
<i>Demiwater</i>										
21	2B	184,54	16,2	4,21	-16,17	0,03	4,18	185,86	1,32	
22	3B	183,72	16,19	4,03	-16,17	0,02	4,01	184,91	1,19	
23	4B	183,79	16,24	4,02	-16,22	0,02	4	185,04	1,25	
24	5B	184,24	16,2	4,3	-16,19	0,01	4,29	185,33	1,09	
25	6B	183,97	16,21	4,06	-16,17	0,04	4,02	185,1	1,13	
								Totaal	5,98	
<i>Dispergeeroplossing (Natriumhexametafosfaat)</i>										
21	10B	184,89						187,42	2,33	0,1260
22	11B	184,36						186,94	2,38	0,1287
23	12B	184,9						187,57	2,47	0,1336
24	13B	184,71						187,79	2,88	0,1558
25	14B	184,64						187,29	2,45	0,1325
								Totaal	12,51	
									Gemiddeld	0,1353
									Percentage	13,53

Nummer	Nummer RVS bakje	Gewicht RVS bakje	Gewicht zeef	Gewicht grond	Gewicht weegschaal	Correctie	Gewicht grond na correctie	Gewicht RVS bakje + grond na drogen	Netto grond	Stabiele breukdeel
<i>Demiwater</i>										
26	7B	185,55	16,2	4,13	-16,18	0,02	4,11	186,35	0,8	
27	8B	183,78	16,24	4,09	-16,24	0	4,09	184,77	0,99	
28	1C	184,24	16,1	4,26	-16,03	0,07	4,19	186,04	1,8	
29	2C	185,46	16,12	4,16	-16,09	0,03	4,13	187,7	2,24	
30	3C	185,45	16,24	4,06	-16,21	0,03	4,03	186,7	1,25	
								Totaal	7,08	
<i>Dispergeeroplossing (Natriumhexametafosfaat)</i>										
26	15B	190,34						193,49	2,95	0,1561
27	16B	185,71						188,48	2,57	0,1360
28	9C	183,74						186,07	2,13	0,1127
29	10C	184,83						186,67	1,64	0,0868
30	11C	184,94						187,67	2,53	0,1339
								Totaal	11,82	
									Gemiddeld	0,1251
									Percentage	12,51

Nummer	Nummer RVS bakje	Gewicht RVS bakje	Gewicht zeef	Gewicht grond	Gewicht weegschaal	Correctie	Gewicht grond na correctie	Gewicht RVS bakje + grond na drogen	Netto grond	Stabiele breukdeel
<i>Demiwater</i>										
31 4C		184,63	16,23	4,17	-16,22	0,01	4,16	186,26	1,63	
32 5C		184,7	15,36	4,14	-15,34	0,02	4,12	186,36	1,66	
33 6C		184,47	16,14	4	-16,12	0,02	3,98	185,87	1,4	
34 7C		184,8	16,14	4,07	-16,13	0,01	4,06	185,81	1,01	
35 8C		184,7	16,13	4,05	-16,12	0,01	4,04	185,97	1,27	
								Totaal	6,97	
<i>Dispergeeroplossing (Natriumhexametafosfaat)</i>										
31 12C		185,88						188,22	2,14	0,1160
32 13C		185,58						187,92	2,14	0,1160
33 14C		183,66						186,08	2,22	0,1203
34 15C		187,9						190,74	2,64	0,1431
35 16C		185,59						188,13	2,34	0,1268
								Totaal	11,48	
									Gemiddeld	0,1244
									Percentage	12,44

Nummer	Nummer RVS bakje	Gewicht RVS bakje	Gewicht zeef	Gewicht grond	Gewicht weegschaal	Correctie	Gewicht grond na correctie	Gewicht RVS bakje + grond na drogen	Netto grond	Stabiele breukdeel
<i>Demiwater</i>										
36	5A	184,18	16,22	4,06	-16,22	0	4,06	186,04	1,86	
37	6A	184,82	16,14	4,27	-16,13	0,01	4,26	187,24	2,42	
38	7A	184,1	16,18	4,32	-16,17	0,01	4,31	185,88	1,78	
39	8A	184,06	16,2	4,46	-16,18	0,02	4,44	185,89	1,83	
40	1	187,35	16,14	3,98	-16,11	0,03	3,95	189,65	2,3	
								Totaal	10,19	
<i>Dispergeeroplossing (Natriumhexametafosfaat)</i>										
36	13A	184,53						186,08	1,35	0,0686
37	14A	190,58						192,91	2,13	0,1082
38	15A	190,34						192,84	2,3	0,1168
39	16A	185,4						187,92	2,32	0,1178
40	9	189,55						191,15	1,4	0,0711
								Totaal	9,5	
									Gemiddeld	0,0965
									Percentage	9,65

Nummer	Nummer RVS bakje	Gewicht RVS bakje	Gewicht zeef	Gewicht grond	Gewicht weegschaal	Correctie	Gewicht grond na correctie	Gewicht RVS bakje + grond na drogen	Netto grond	Stabiele breukdeel
<i>Demiwater</i>										
41	6	190,23	16,18	4,16	-16,16	0,02	4,14	192,16	1,93	
42	7	187,38	16,97	4,23	-16,96	0,01	4,22	188,87	1,49	
43	8	187,28	16,15	4,37	-16,16	-0,01	4,38	189,12	1,84	
44	1	187,35	15,99	4,19	-15,99	0	4,19	189,64	2,29	
45	2	189	16,15	4,02	-16,15	0	4,02	190,97	1,97	
								Totaal	9,52	
<i>Dispergeeroplossing (Natriumhexametafosfaat)</i>										
41	14	187,64						189,84	2	0,1029
42	15	188,07						190,5	2,23	0,1147
43	16	186,87						189,53	2,46	0,1265
44	9	189,55						191,25	1,5	0,0772
45	10	189,81						191,74	1,73	0,0890
								Totaal	9,92	
									Gemiddeld	0,1021
									Percentage	10,21

Nummer	Nummer RVS bakje	Gewicht RVS bakje	Gewicht zeef	Gewicht grond	Gewicht weegschaal	Correctie	Gewicht grond na correctie	Gewicht RVS bakje + grond na drogen	Netto grond	Stabiele breukdeel
<i>Demiwater</i>										
46										
47										
48										
49	8	187,28	16,78	4,27	-16,75	0,03	4,24	189,32	2,04	
50	2	189	16,01	4,24	-16	0,01	4,23	191,23	2,23	
								Totaal	4,27	
<i>Dispergeeroplossing (Natriumhexametafosfaat)</i>										
46										
47										
48										
49	16	186,88						189	1,92	0,2427
50	10	189,82						191,74	1,72	0,2174
								Totaal	3,64	
									Gemiddeld	0,2301
									Percentage	23,01

Nummer	Nummer RVS bakje	Gewicht RVS bakje	Gewicht zeef	Gewicht grond	Gewicht weegschaal	Correctie	Gewicht grond na correctie	Gewicht RVS bakje + grond na drogen	Netto grond	Stabiele breukdeel
<i>Demiwater</i>										
51	1C	184,24	15,37	4,08	-15,34	0,03	4,05	186,41	2,17	
52	2C	185,47	16,12	4,12	-16,09	0,03	4,09	187,6	2,13	
53	3C	185,45	16,23	4,02	-16,24	-0,01	4,03	187,16	1,71	
54	4C	184,63	16,14	4,04	-16,09	0,05	3,99	186,65	2,02	
55	5C	184,71	16,25	4,04	-16,21	0,04	4	186,88	2,17	
								Totaal	10,2	
<i>Dispergeeroplossing (Natriumhexametafosfaat)</i>										
51	9C	183,74						185,49	1,55	0,0832
52	10C	184,83						186,73	1,7	0,0913
53	11C	184,95						187,15	2	0,1074
54	12C	185,87						187,7	1,63	0,0875
55	13C	185,58						187,32	1,54	0,0827
								Totaal	8,42	
									Gemiddeld	0,0904
									Percentage	9,04

Nummer	Nummer RVS bakje	Gewicht RVS bakje	Gewicht zeef	Gewicht grond	Gewicht weegschaal	Correctie	Gewicht grond na correctie	Gewicht RVS bakje + grond na drogen	Netto grond	Stabiele breukdeel
<i>Demiwater</i>										
56	3B	183,72	16,25	4,1	-16,23	0,02	4,08	185,63	1,91	
57	4B	183,8	16,21	4,22	-16,19	0,02	4,2	185,58	1,78	
58	5B	184,24	16,23	4,07	-16,23	0	4,07	186,08	1,84	
59	6B	183,97	16,01	4,07	-15,98	0,03	4,04	186,2	2,23	
60	7B	185,55	16,13	4,18	-16,12	0,01	4,17	187,6	2,05	
								Totaal	9,81	
<i>Dispergeeroplossing (Natriumhexametafosfaat)</i>										
56	11B	184,36						186,43	1,87	0,0979
57	12B	184,9						187,21	2,11	0,1104
58	13B	184,72						186,85	1,93	0,1010
59	14B	184,64						186,34	1,5	0,0785
60	15B	188,32						190,41	1,89	0,0989
								Totaal	9,3	
									Gemiddeld	0,0973
									Percentage	9,73

Nummer	Nummer RVS bakje	Gewicht RVS bakje	Gewicht zeef	Gewicht grond	Gewicht weegschaal	Correctie	Gewicht grond na correctie	Gewicht RVS bakje + grond na drogen	Netto grond	Stabiele breukdeel
<i>Demiwater</i>										
61	6C	184,47	16	3,99	-15,99	0,01	3,98	186,47	2	
62	7C	184,8	16,17	4,02	-16,16	0,01	4,01	186,9	2,1	
63	8C	184,7	16,25	4,07	-16,19	0,06	4,01	186,82	2,12	
64	1B	184,23	16,2	4,08	-16,17	0,03	4,05	186,09	1,86	
65	2B	184,55	16,21	4,11	-16,18	0,03	4,08	186,13	1,58	
								Totaal	9,66	
<i>Dispergeeroplossing (Natriumhexametafosfaat)</i>										
61	14C	183,65						185,5	1,65	0,0897
62	15C	187,91						189,68	1,57	0,0854
63	16C	185,59						187,32	1,53	0,0832
64	9B	184,88						186,97	1,89	0,1028
65	10B	184,89						187,18	2,09	0,1136
								Totaal	8,73	
									Gemiddeld	0,0949
									Percentage	9,49

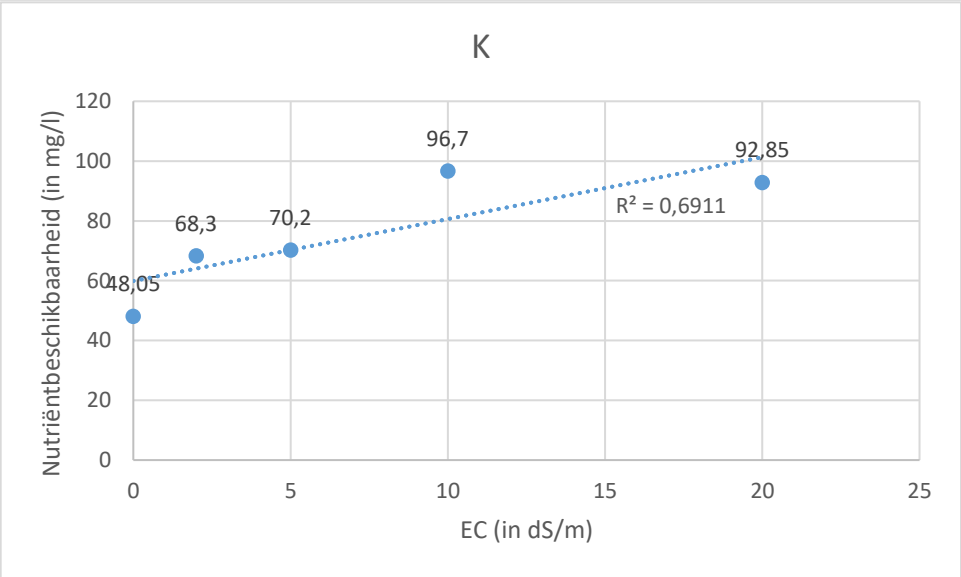
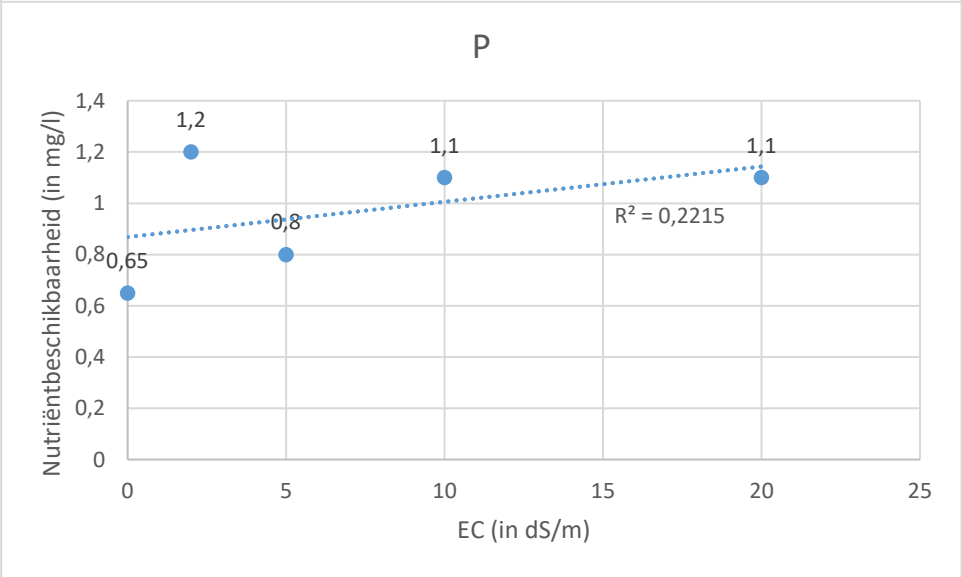
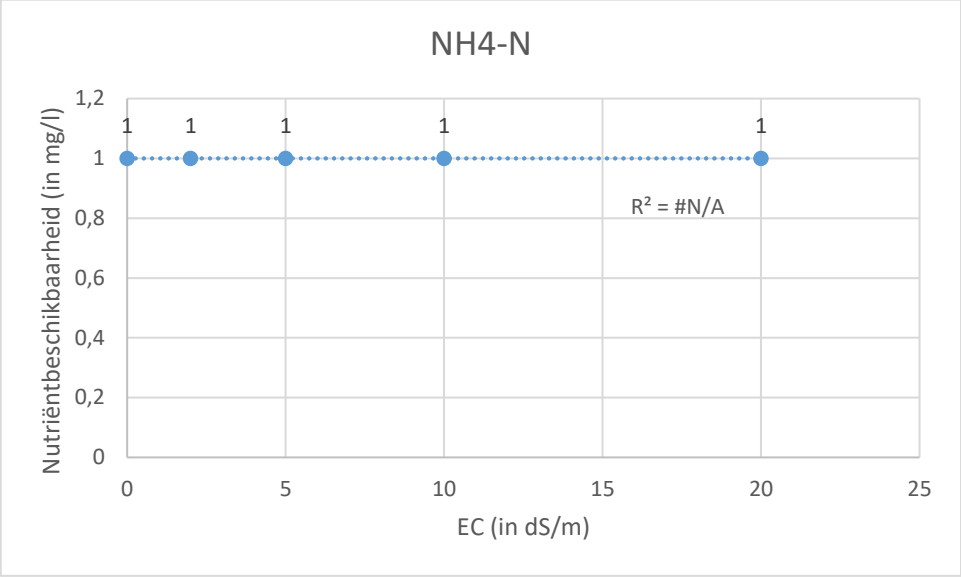
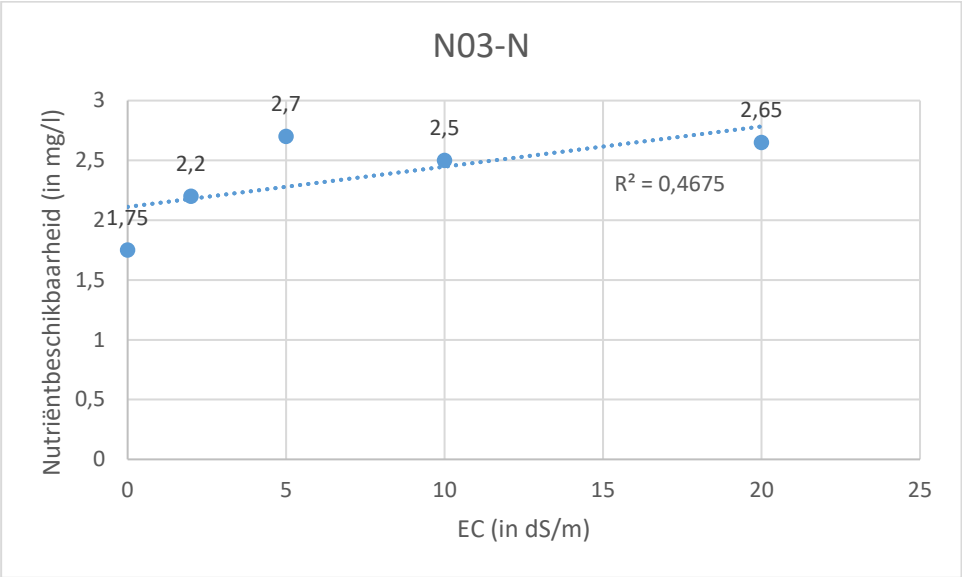
Nummer	Nummer RVS bakje	Gewicht RVS bakje	Gewicht zeef	Gewicht grond	Gewicht weegschaal	Correctie	Gewicht grond na correctie	Gewicht RVS bakje + grond na drogen	Netto grond	Stabiele breukdeel
<i>Demiwater</i>										
66	8B	183,78	16,16	4,14	-16,15	0,01	4,13	185,98	2,2	
67	1A	185,35	16,2	4,16	-16,19	0,01	4,15	187,27	1,92	
68	2A	185,48	16,16	4,04	-16,16	0	4,04	188,06	2,58	
69	3A	184,6	16,23	4,08	-16,22	0,01	4,07	187,11	2,51	
70	4A	185,33	16,2	4,15	-16,19	0,01	4,14	187,5	2,17	
								Totaal	11,38	
<i>Dispergeeroplossing (Natriumhexametafosfaat)</i>										
66	16B	185,71						187,5	1,59	0,0824
67	9A	185,69						187,87	1,98	0,1026
68	10A	184,05						185,48	1,23	0,0638
69	11A	184,8						186,33	1,33	0,0689
70	12A	183,9						185,88	1,78	0,0923
								Totaal	7,91	
									Gemiddeld	0,0820
									Percentage	8,20

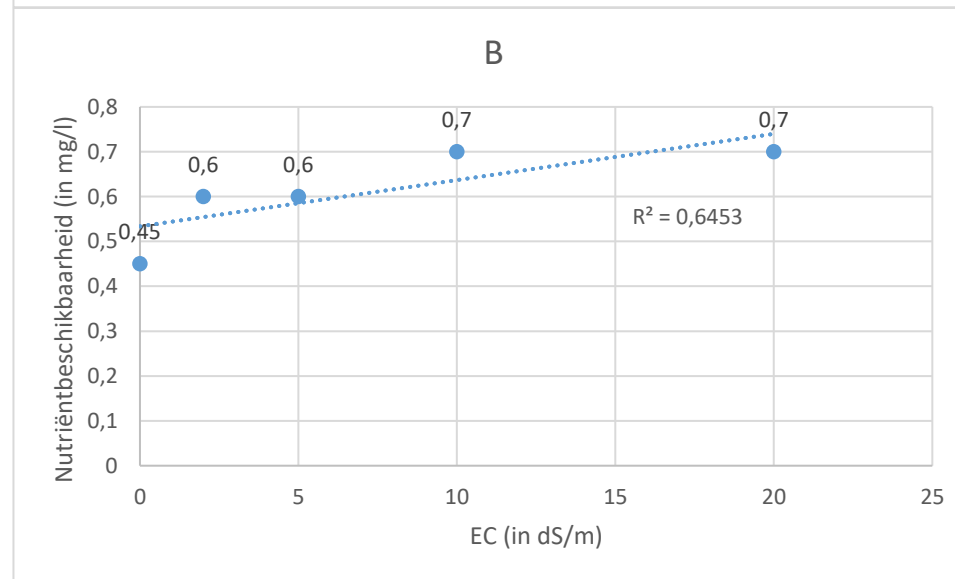
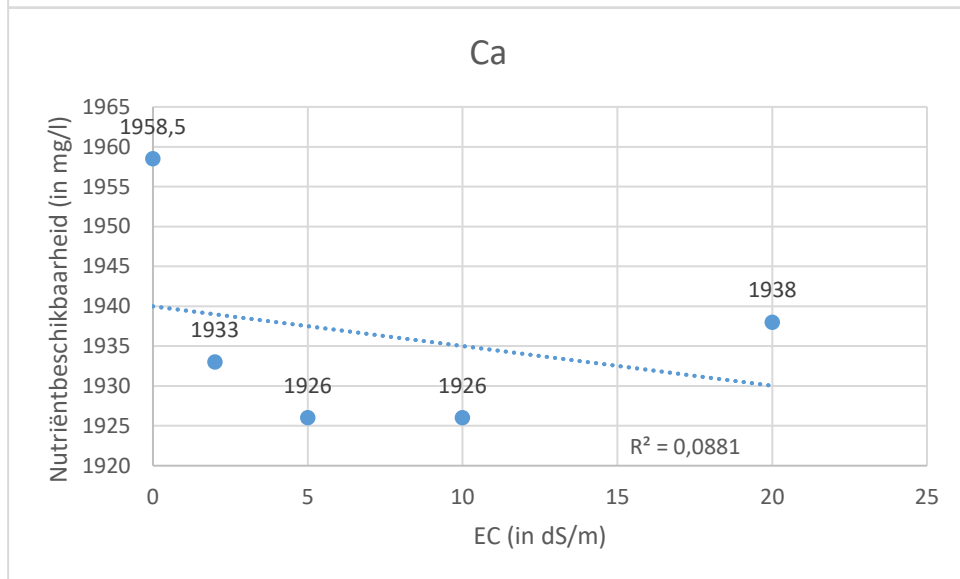
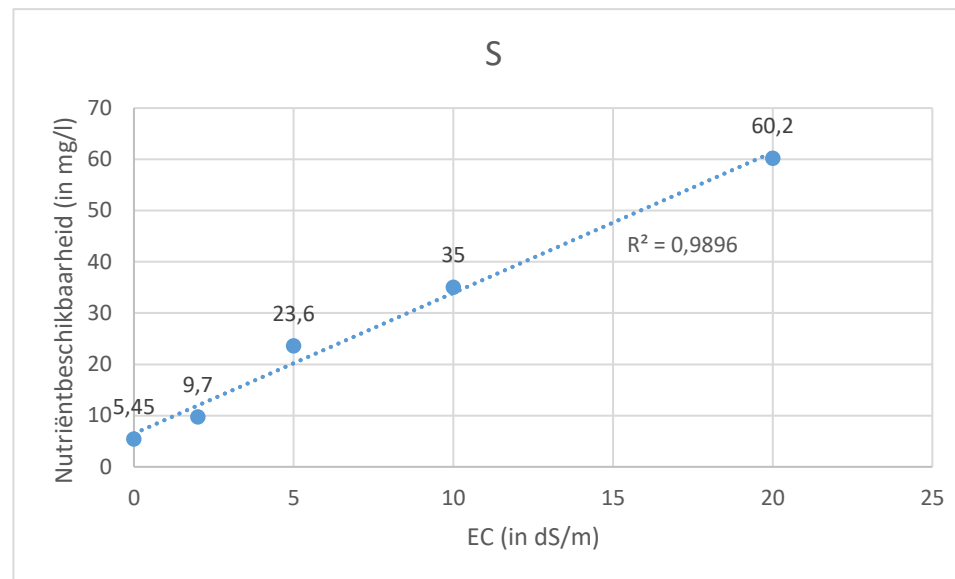
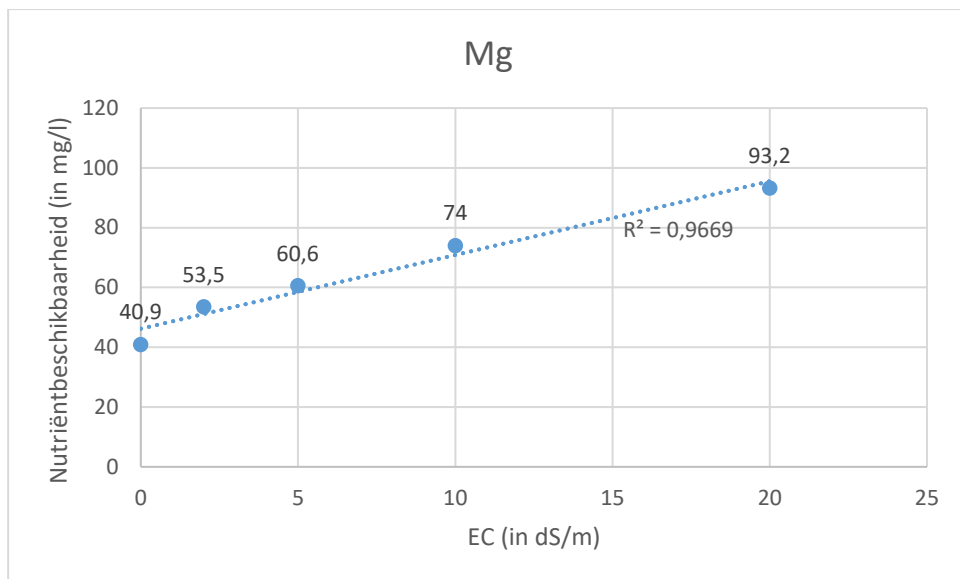
Nummer	Nummer RVS bakje	Gewicht RVS bakje	Gewicht zeef	Gewicht grond	Gewicht weegschaal	Correctie	Gewicht grond na correctie	Gewicht RVS bakje + grond na drogen	Netto grond	Stabiele breukdeel
<i>Demiwater</i>										
71	3	187,45	16,76	4,01	-16,72	0,04	3,97	189,89	2,44	
72	4	187,3	16,1	4,08	-16,07	0,03	4,05	189,48	2,18	
73	5	187,44	15,96	4,1	-15,95	0,01	4,09	189,81	2,37	
74	6	190,23	16,95	4,08	-16,94	0,01	4,07	192,79	2,56	
75	7	187,38	15,89	4,23	-15,89	0	4,23	189,12	1,74	
								Totaal	11,29	
<i>Dispergeeroplossing (Natriumhexametafosfaat)</i>										
71	11	187,33						188,89	1,36	0,0700
72	12	187,24						189,07	1,63	0,0839
73	13	187,26						188,96	1,5	0,0772
74	14	187,64						189,22	1,38	0,0711
75	15	188,09						190,55	2,26	0,1164
								Totaal	8,13	
									Gemiddeld	0,0837
									Percentage	8,37

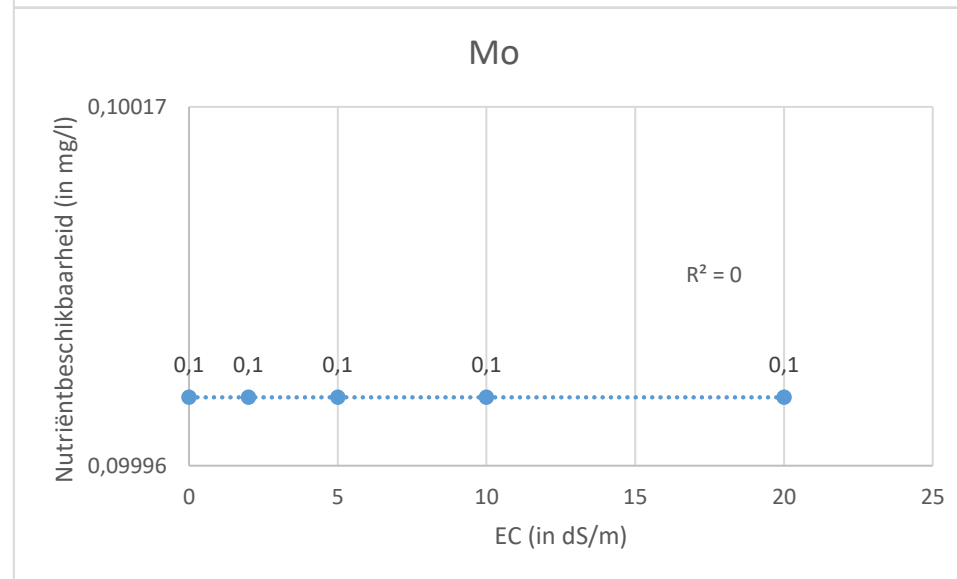
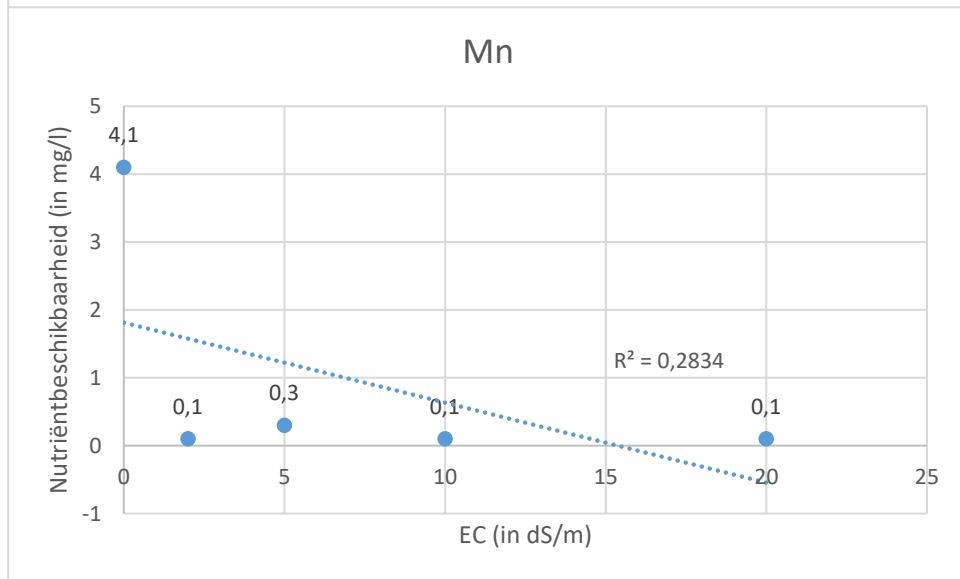
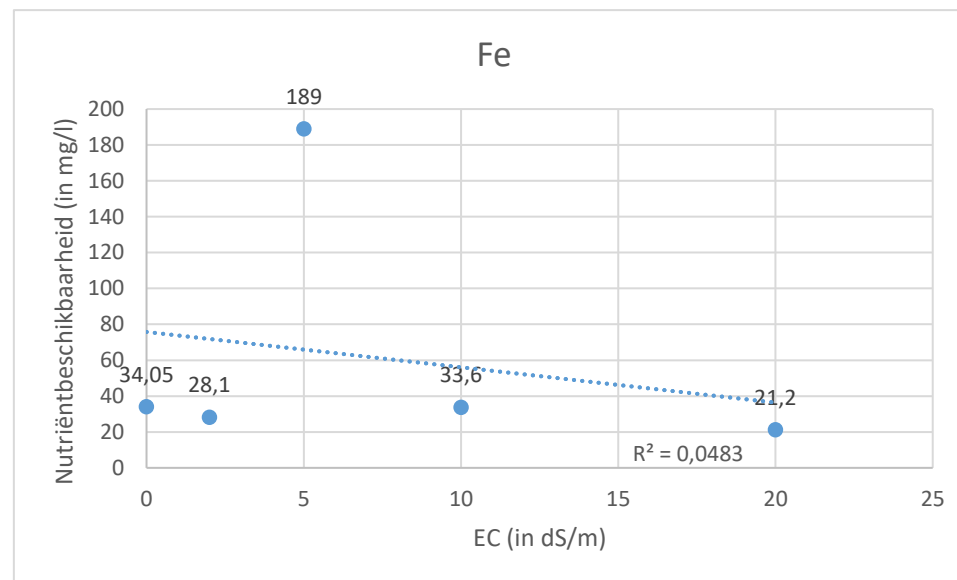
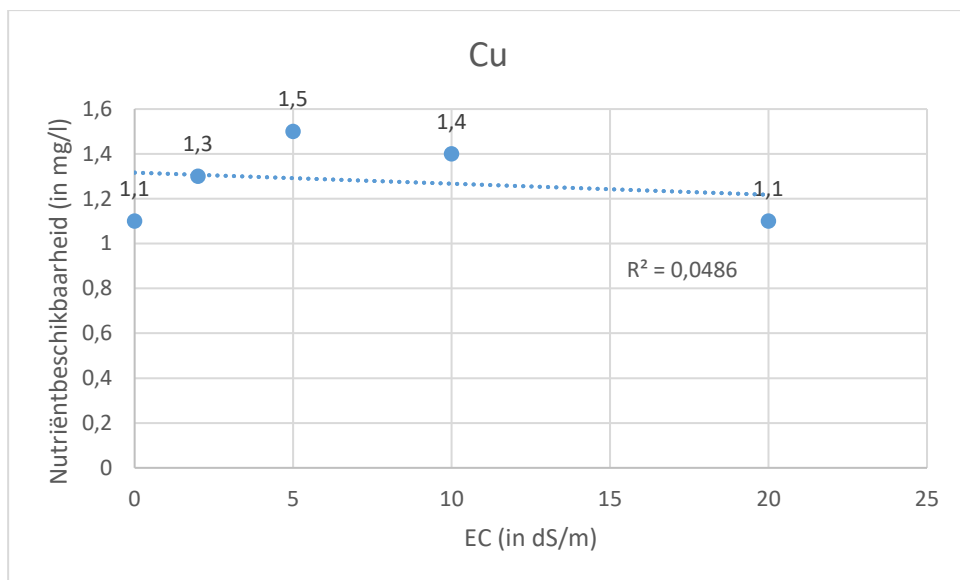
Bijlage K: Beschikbaarheid nutriënten (in mg/l) van factor 2: EC reeks

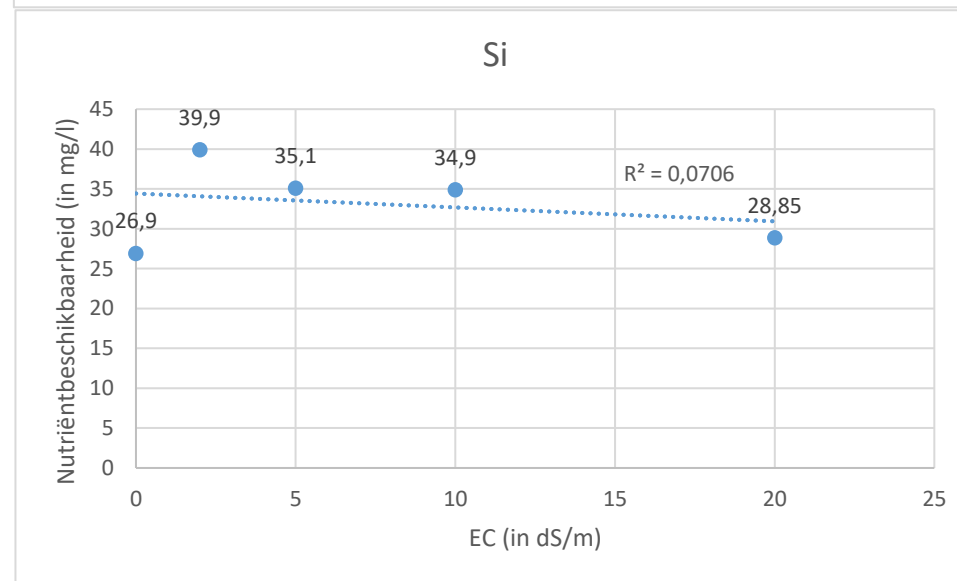
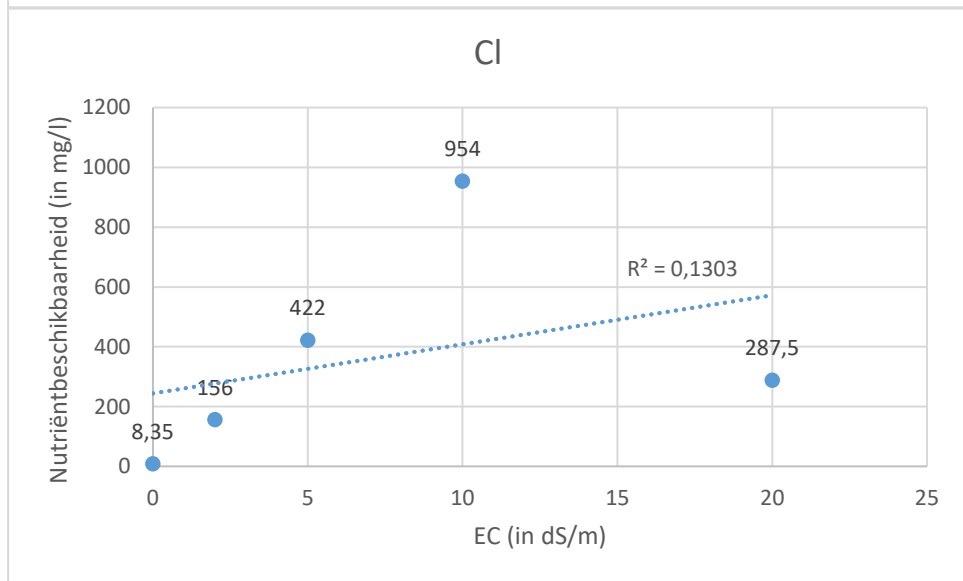
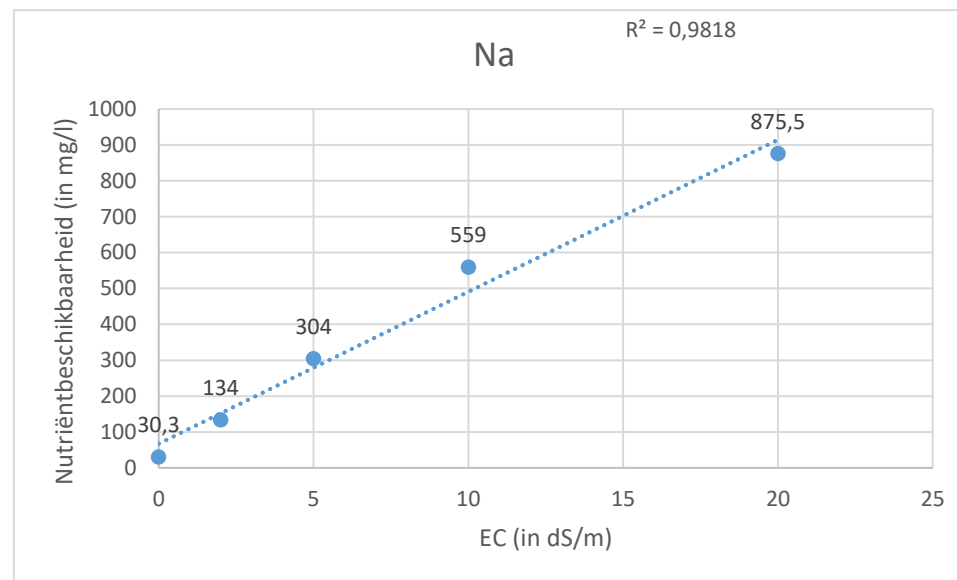
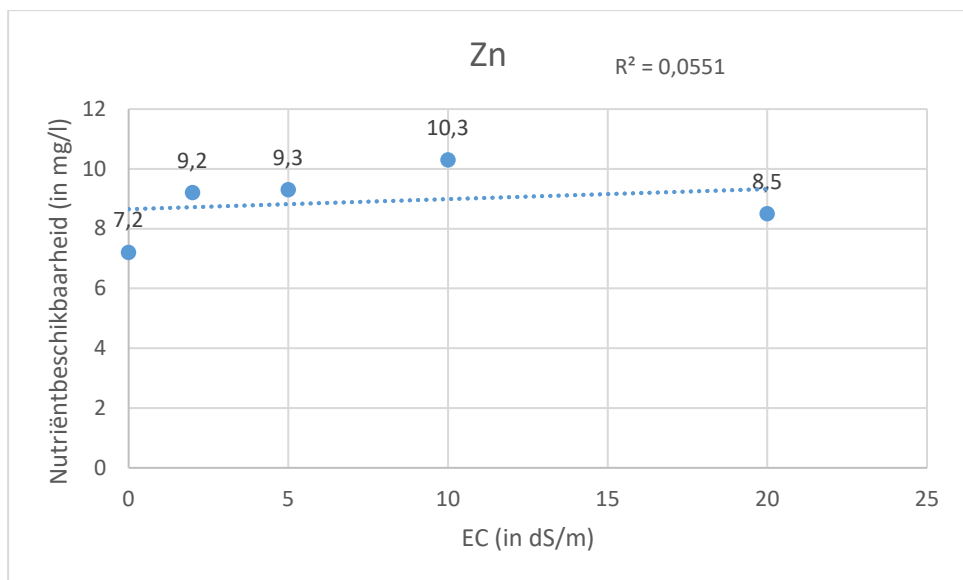
	EC 0	EC 0	EC 2	EC 5	EC 10	EC 20	EC 20
	(21 t/m 25)	(51 t/m 55)	(56 t/m 60)	(61 t/m 65)	(66 t/m 70)	(71 t/m 75)	(46 t/m 50)
NO ₃ -N	1,9	1,6	2,2	2,7	2,5	2,6	2,7
NH ₄ -N	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
P	0,3	1	1,2	0,8	1,1	1,3	0,9
K	54,7	41,4	68,3	70,2	96,7	113	72,7
Mg	41,7	40,1	53,5	60,6	74	92,5	93,9
S	5,7	5,2	9,7	23,6	35	62,7	57,7
Ca	1952	1965	1933	1926	1926	1951	1925
B	0,5	0,4	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7
Cu	1,2	1	1,3	1,5	1,4	1,2	1
Fe	48	20,1	28,1	189	33,6	21,3	21,1
Mn	4,1	< 0,1	< 0,1	0,3	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Mo	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Zn	7,4	7	9,2	9,3	10,3	9,5	7,5
Na	29,8	30,8	134	304	559	907	844
Cl	13,4	3,3	156	422	954	311	264
Si	29,6	24,2	39,9	35,1	34,9	30,6	27,1
Geleidbaarheid (mS/cm)	0,6	0,6	1,1	1,7	2,8	4,8	5,3
Zuurgraad (pH-KCl)	7,4	7,4	7,4	7,4	7,5	7,5	7,5
Organische stof (%)	4,9	4,9	4,9	4,8	5,1	5	4,9
CEC (mmol*/kg)	485	459	474	484	499	494	497
CEC bezetting (%)	100	100	100	100	100	100	100
- Calcium (Ca ²⁺)	96	96	95	93	90	88	88
- Magnesium (Mg ²⁺)	2	2	1,2	2,7	3	3,4	3,3
- Kalium (K ⁺)	1,3	1,1	1,2	1,2	1,4	1,2	1,1
- Natrium (Na ⁺)	0,5	0,6	1,4	2,9	5,1	7,7	7,6
- Waterstof (H ⁺)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
- Overige (o.a. Al ³⁺ , Fe ²⁺)	0,2	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1	0,1

Bijlage L: Grafieken nutriëntenbeschikbaarheid (in mg/l) factor 2: EC reeks

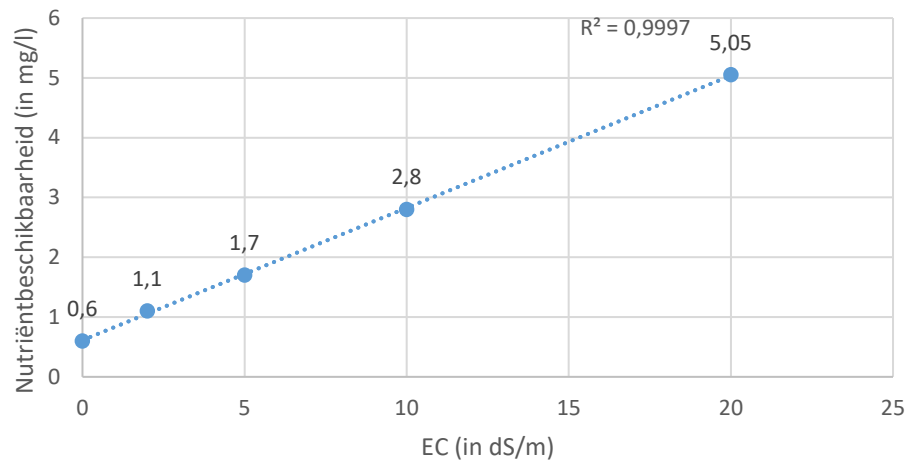




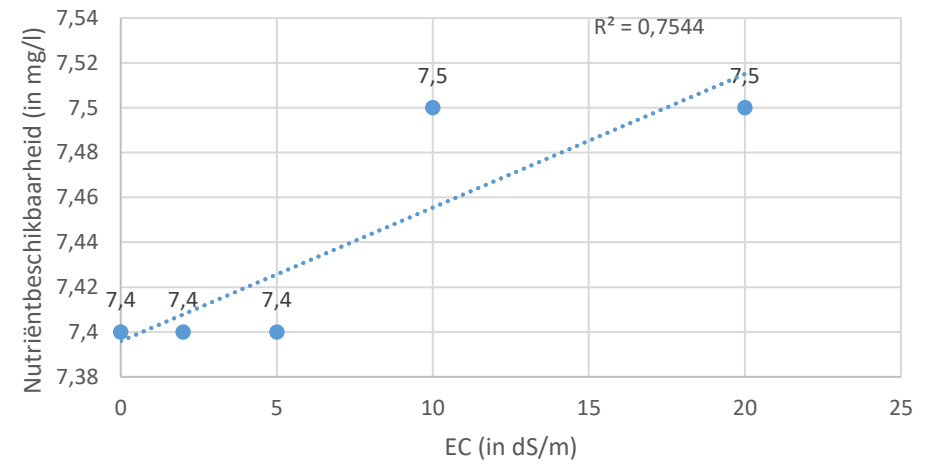




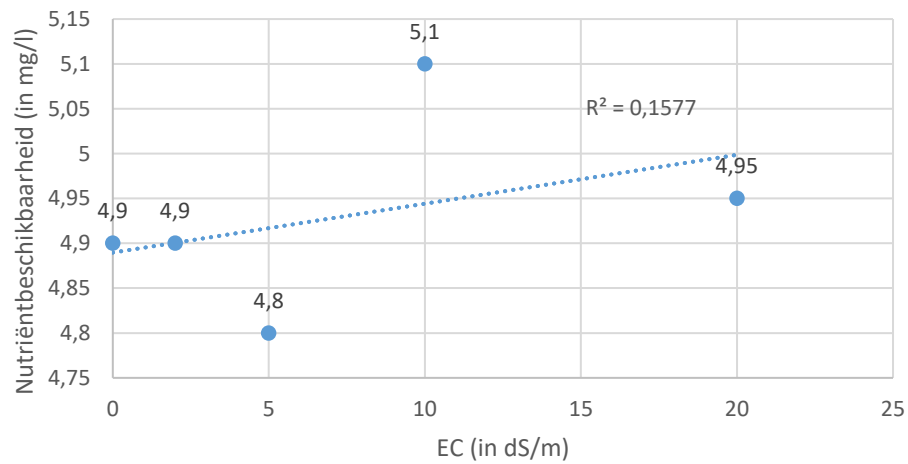
Geleidbaarheid (mS/cm)



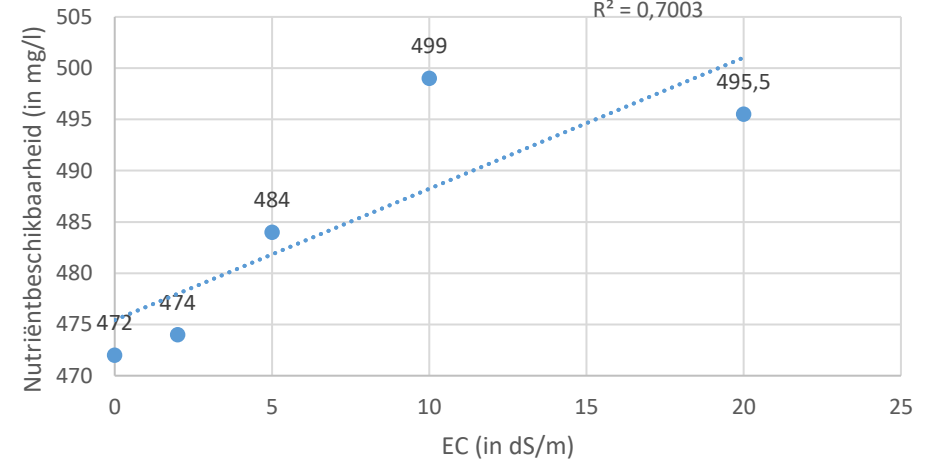
Zuurgraad (pH-KCl)

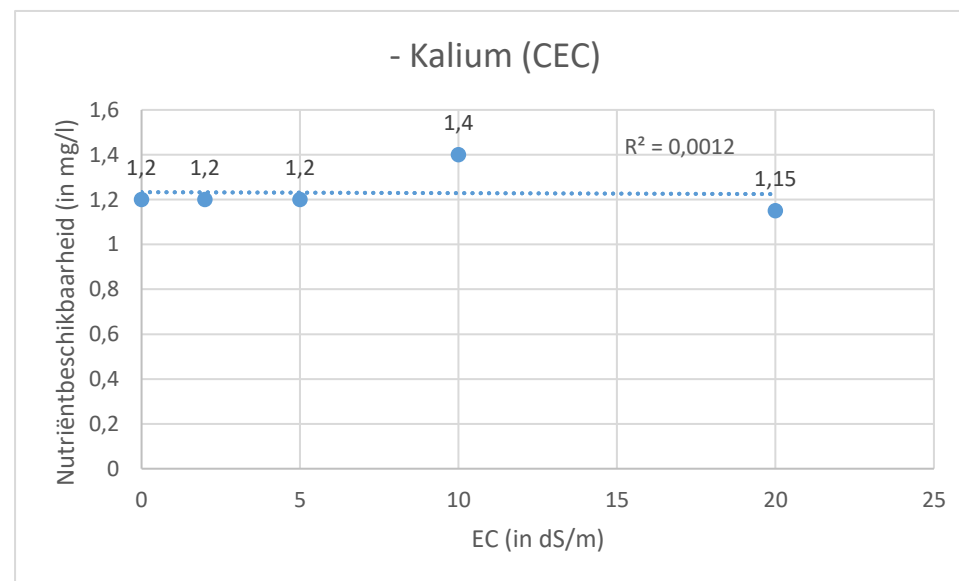
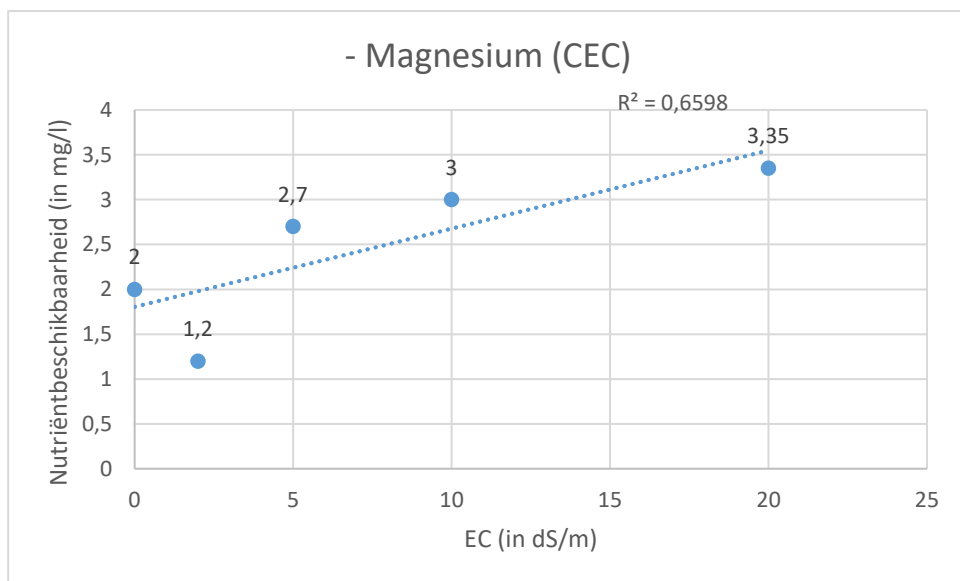
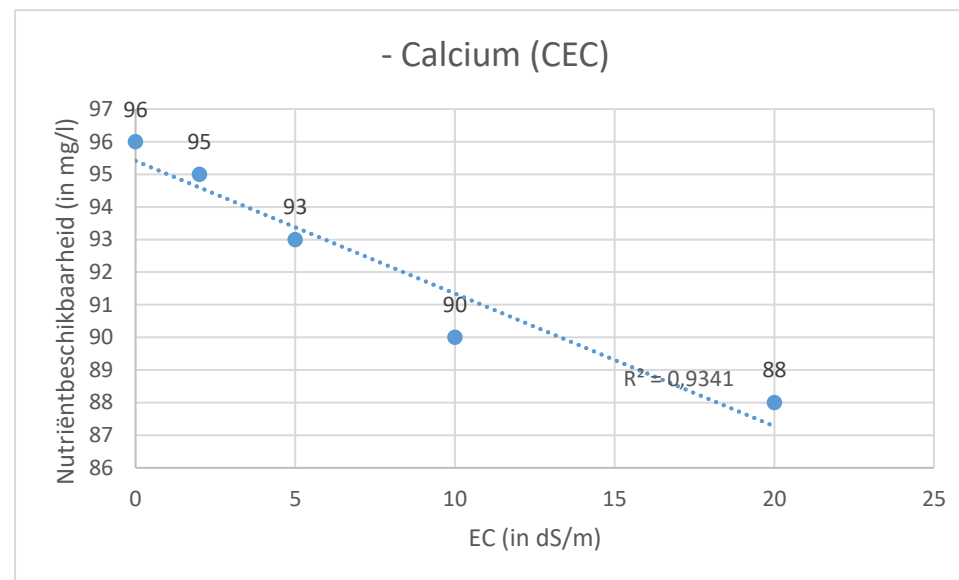
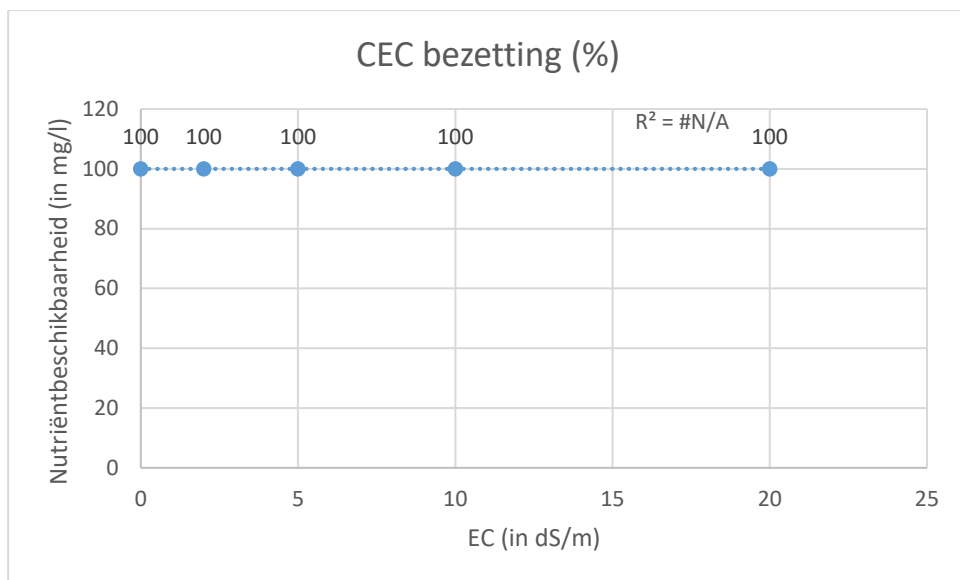


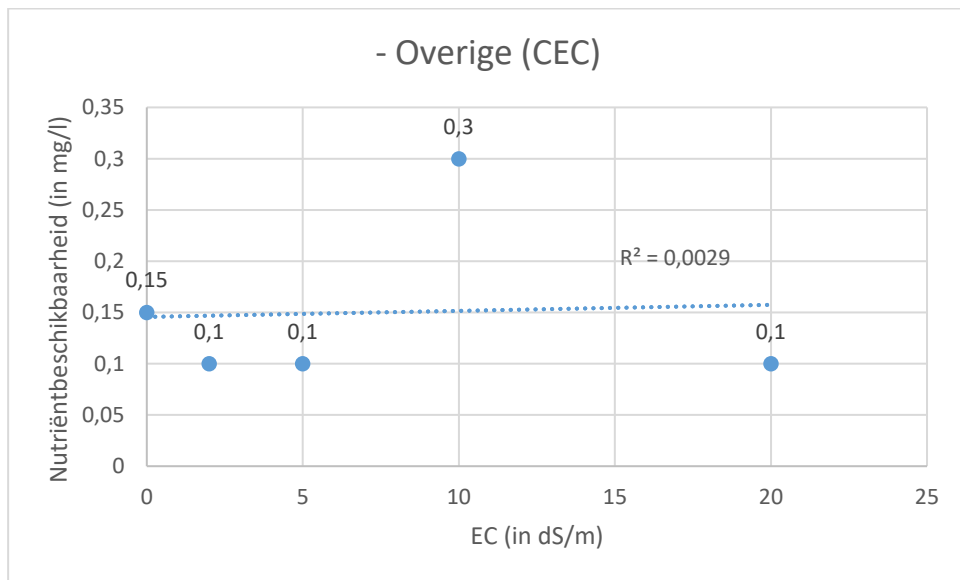
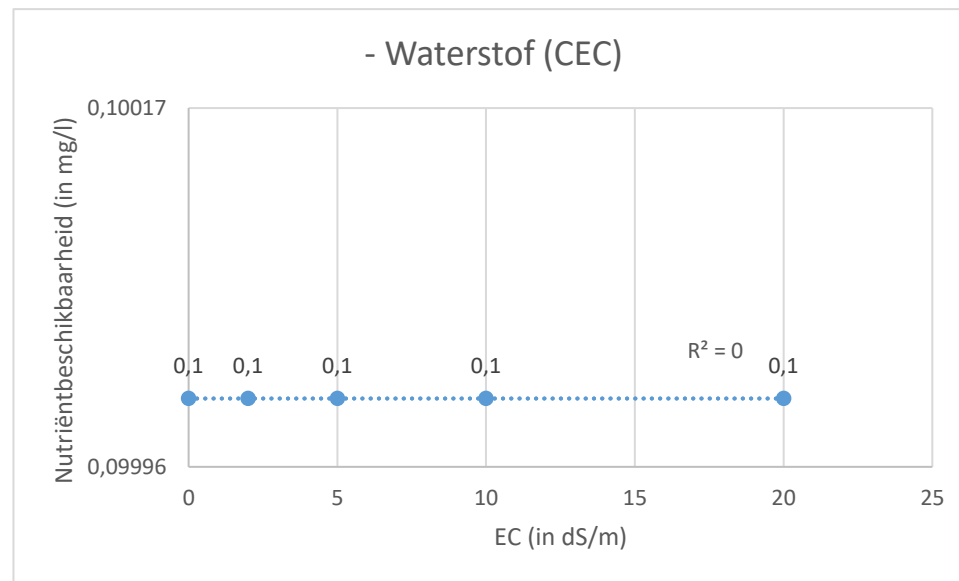
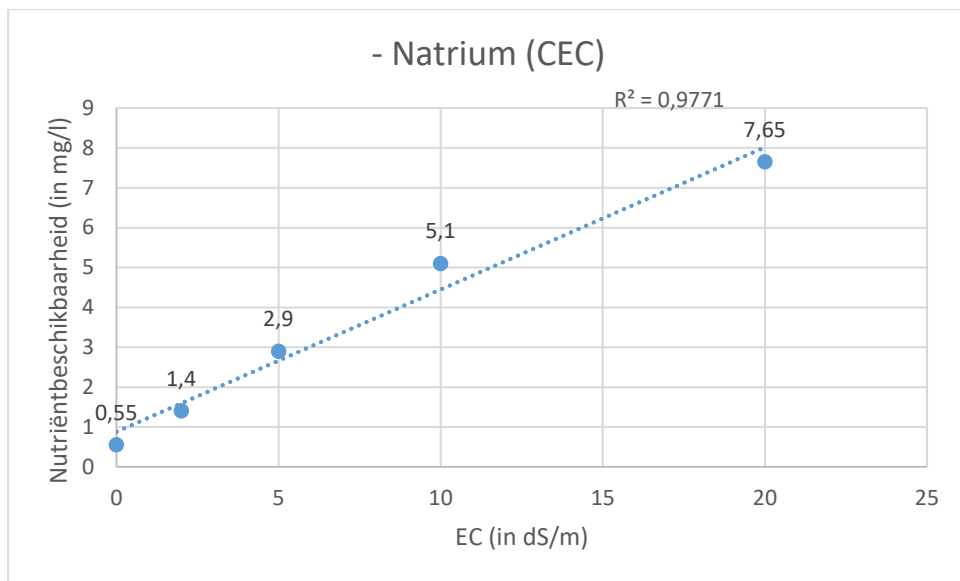
Organische stof (%)



CEC (mmol*/kg)







Bijlage M: (Willekeurige) Nummering bakjes

Nummer	EC (dS/m)	Tijd	Nummer bakje
Factor 1			
1 t/m 5	0	Na één dag	4
6 t/m 10	0	Na twee dagen	12
11 t/m 15	0	Na één week	7
16 t/m 20	0	Na twee weken	8
21 t/m 25	0	Na één maand	6
26 t/m 30	20	Na één dag	1
31 t/m 35	20	Na twee dagen	9
36 t/m 40	20	Na één week	10
41 t/m 45	20	Na twee weken	14
46 t/m 50	20	Na één maand	3
Factor 2			
51 t/m 55	0	Na één maand	11
56 t/m 60	2	Na één maand	13
61 t/m 65	5	Na één maand	2
66 t/m 70	10	Na één maand	5
71 t/m 75	20	Na één maand	15