

Project

Kennisdeling bodemverzilting Noordelijke Kleischil

Datum: 25 juli 2025

Opgesteld door SALTA; Arjen de Vos, Minou Hegge, Sjoerd van der Meulen, Tjeerd Hoekstra, Peter Prins

Samenvatting

In 2024 en 2025 zijn 14 unieke locaties bezocht in Friesland en Groningen om daar de mate van bodemverzilting in kaart te brengen. Op twee van deze locaties zijn meerdere percelen bemonsterd, en bij de meeste locaties is er ook in de tijd gemonitord om de dynamiek van de verzilting verder in kaart te brengen. Op twee van deze locaties is ook berekend met brak water en het effect van deze berekening is ook in kaart gebracht. In totaal zijn 114 grondmonsters verzameld en doorgemeten, volgens een protocol die door SALTA is opgesteld. Dit protocol kijkt niet alleen naar de bovenste 30 cm van de bodem (wat algemeen is voor standaard bemonstering van de grond), maar ook naar de diepere lagen (30-60 en 60-90) om zo een beter beeld te krijgen van de mogelijke verzilting van de bodem boven de drainagebuizen. Naast de grondmonsters zijn ook watermonsters van de omliggende sloten en lopende drainage doorgemeten.

De resultaten laten zien dat op veel locaties de sloten en het grondwater (gemeten als lopende drainage en/of gemeten aan grondmonsters van de bodemlaag onder de drainage) behoorlijk zout is, met EC-waardes van groter dan 4 dS/m en meerdere sloten waarbij de EC-waardes hoger dan 10 dS/m zijn. Als we echter naar de bodem kijken, dan blijft de bodemzoutconcentratie op nagenoeg alle locaties laag. Op een enkele hotspot in Friesland na, lijkt de bodem dus zoet te blijven, ook al is het slootwater en het grondwater op een perceel soms erg zout. Optrekkend zout grondwater lijkt dus niet snel op te treden op deze locaties, met de belangrijke kanttekening dat 2024 een erg nat jaar was en de bodemonsters in 2025 maar tot begin juli zijn verzameld. Het is dus aan te bevelen om deze monitoring door te zetten in de tijd, en op aanvullende locaties, om zo een nog beter beeld te krijgen van de mogelijke verzilting door ondiep zout grondwater in droge periodes. Op twee locaties is ook berekend met brak water (EC 3,5-3,9 dS/m). Alhoewel de gemeten EC-waardes in de grondmonsters relatief laag bleven, zijn de natrium concentraties van de lab analyses wel duidelijk verhoogd. Ook de grondmonsters die in februari van het jaar daarop zijn verzameld laten nog aanzienlijke zoutconcentraties zien, dus uitspoeling lijkt niet in één winterseizoen gegarandeerd. Verzilting door berekening met brak water kan dus een serieuze vorm van bodemverzilting zijn, alhoewel het niet bekend is hoe algemeen dergelijke brakke berekening is.

De resultaten zijn met een breed publiek op meerdere momenten gedeeld.

Introductie

Provincie Groningen heeft in 2024 opdracht verleent aan SALTA om kennis te delen t.a.v. de bodemverzilting in de Noordelijke Kleischil. Alhoewel er een redelijk beeld is van de mate van verzilting van het oppervlaktewater, en ook van de gebieden die gevoelig zijn voor verzilting door ondiep zout grondwater, is er tot op heden weinig bekend van de mate van verzilting van de bodem zelf. Aan de hand van een nieuwe opgesteld protocol voor het bepalen van de mate van verzilting op perceelsniveau, hebben de praktijkcoaches van SALTA in de Noordelijke Kleischil in Friesland en Groningen metingen in de bodem uitgevoerd bij diverse agrariërs. Hierbij is zowel gekeken naar verzilting van onderaf (zoute kwel) als van bovenaf (berekening met brak water). Ook is gekeken naar het verloop van de verzilting in de diverse seizoenen, waarbij de verwachting was dat de piek van de verzilting samenvalt met de piek van het neerslagtekort. Ook is op diverse locaties gekeken of de mogelijke verzilting weer snel afneemt tijdens een neerslagoverschot (herfst en winter). Via diverse bijeenkomsten zijn de resultaten gedeeld met teeltadviseurs en boeren, en is er nauw samengewerkt met het lab Eurofins gedurende het proces.

Doelstellingen

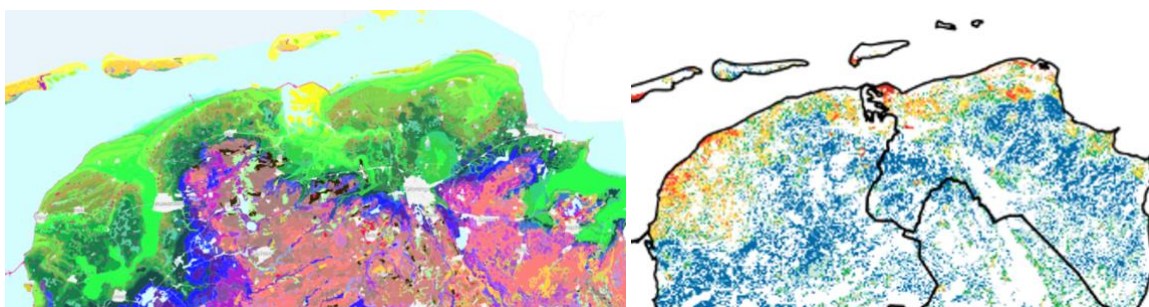
De doelstellingen of verwachte resultaten waren als volgt geformuleerd:

- De Praktijkcoaches, teeltadviseurs en stagiaires zijn geïnstrueerd en geëquipt om met de nodige instrumenten (grondboeren, betrouwbare sensoren) hun werk in het veld te doen.
- Boeren en tuinders krijgen zicht op de feitelijke situatie in het veld, zowel in de zomer als in de winter. Informatie zal vooral gericht zijn op de onverzadigde zone, maar ook de EC van het water zal worden bepaald.
- De bodemverzilting wordt op een uniforme wijze bepaald en zal leiden tot een aangepaste werkwijze van de bodemlabs.
- Inzicht in historische trends in verzilting door de samenwerking met Eurofins
- Het netwerk van bemonsterde locaties zal het begin vormen van een database die uiteindelijk de hele Nederlandse kust zal omvatten.
- Met enkele gerichte bijeenkomsten voor telers zullen de methodiek en de eerste resultaten worden gedeeld. Ook zullen richtlijnen worden gedeeld over het interpreteren van de data en de mogelijke handelingen om een bodem te bufferen en te herstellen.
- De sector zal via de agrarische vakbladen worden geïnformeerd over de aanpak en resultaten van het project.

Overzicht resultaten

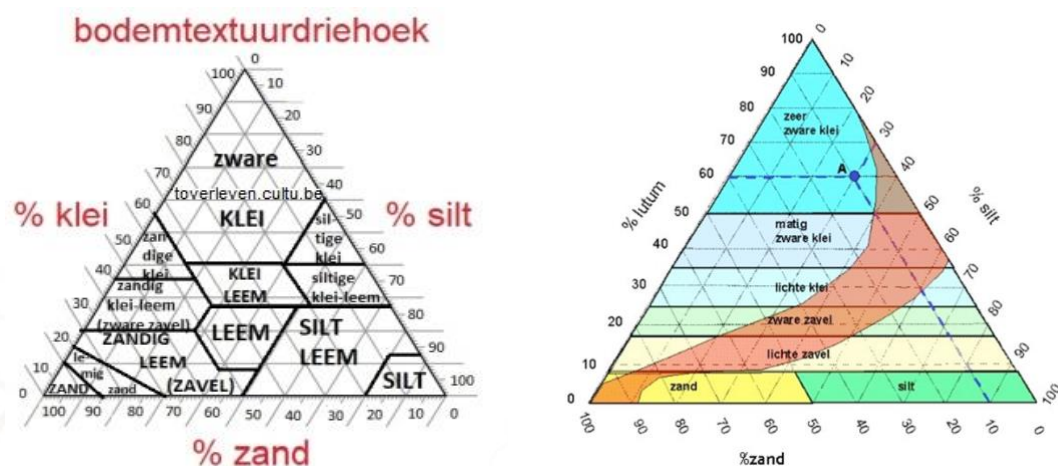
De locaties

De Noordelijke Kleischil is een landbouwgebied met voornamelijk akkerbouw en in mindere mate melkveehouderij, en loopt grofweg van het Friese Harlingen tot aan het Groningse Termunten. Het is o.a. een belangrijk gebied voor de teelt van poot aardappelen en uien. Op basis van de bodemkaart Nederland (zie afbeelding 1, links) bestaat de Noordelijk Kleischil (met name het groene gedeelte van figuur 1, links) uit lichte zavel tot zware klei, maar het grootste gedeelte waar de risico's op verzilting het hoogst zijn (figuur 1, rechts; de oranje en rode gebieden) bestaat met name uit lichte en zware zavel.



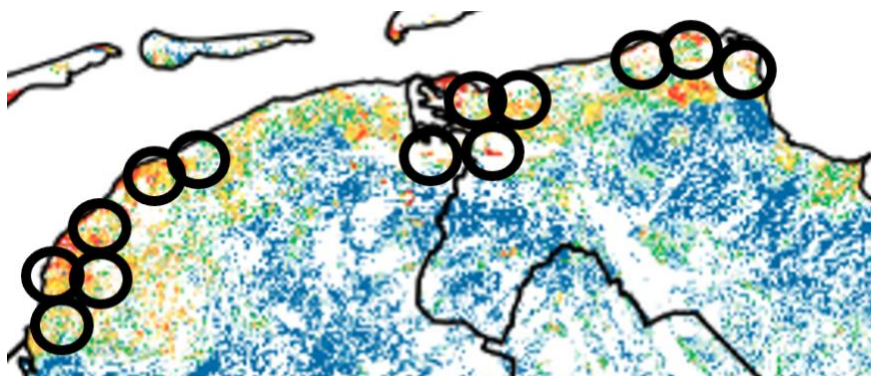
Afbeelding 1. Indicatie van de aanwezige grondsoorten in de Noordelijke Kleischil (afbeelding links, o.b.v. de bodemkaart Nederland (<https://bodemdata.nl/basiskaarten>), waar de groene gebieden langs de kust hoofdzakelijk uit lichte en zware zavel bestaat. Rechts is de verziltingsrisicokaart voor noordelijk Nederland weergegeven (bron: Kennisprogramma Zeespiegelstijging, Spoor 2, 2022), waarbij met name de oranje en rode gebieden gevoelig zijn voor verzilting.

De classificatie van de verschillende grondsoorten laat soms wat verschillen zien, maar SALTA gaat uit van de volgende indeling op basis van het percentage lutum (klei): 0-8% (siltig) zand, 8-18% lichte zavel, 18-25% zware zavel, 25-35% lichte klei en >35% lutum is (zware) klei. Bij de presentatie van de resultaten zal SALTA dus deze indeling aanhouden. In afbeelding 2 is aangegeven dat dit op zich een versimpeling is van de hoeveelheid bodemtypes conform de textuurdriehoek (zie afbeelding 2, links), maar vanuit praktisch oogpunt is toch voor deze versimpeling gekozen.



Afbeelding 2. De bodemtextuurdriehoek en bijbehorende bodemtypes (links).

Afbeelding 3 laat de gebieden zien van de bemonsterde locaties. Op deze locaties zijn 100 grondmonsters genomen die allemaal zijn doorgemeten door SALTA op de zoutconcentratie. Het aantal bezochte locaties is lager dan de ambitie was aan het begin van het project. Dit komt mede doordat het uitgebreide protocol erg tijdrovend is, met name omdat er per perceel op drie of vier dieptes wordt gemeten aan de zoutconcentratie. Ook zijn er studenten getraind en gemobiliseerd om extra locaties te bezoeken, maar door matige begeleiding vanuit de scholen zijn deze studenten uiteindelijk niet naar aanvullende locaties geweest. Daarnaast zijn van deze locaties in totaal twintig (historische) lab analyses beschikbaar.



Afbeelding 3. Overzicht van de gebieden van de bemonsterde locaties. In sommige cirkels zijn meerdere bemonsterde locaties aanwezig.

Aanleveren toolkit, training en protocol

De praktijkcoaches van Friesland en Groningen hebben een toolkit gekregen, alsmede een training (door Arjen de Vos, Wetenschappelijk Directeur SALTA) over hoe ze de toolkit moeten gebruiken. Ook zijn studenten van Terra MBO Groningen en studenten van de Hanze Hogeschool Groningen getraind door een praktijkcoach getraind, in het gebruik van het SALTA protocol. In Friesland heeft de praktijkcoach studenten van Aeres Leeuwarden getraind in het veld. Ook is door SALTA dus een protocol ([klik hier voor link](#)) opgesteld die stap voor stap beschrijft hoe verzilting op perceelsniveau kan worden gemeten. Diverse organisaties en labs hebben al interesse getoond in dit protocol, en dit zal dus bijdragen aan een uniforme wijze om bodemverzilting in kaart te brengen. In het kort; volgens het protocol worden de watergangen en lopende drains gemeten om zo een eerste indicatie te krijgen van de verziltingsdruk, vervolgens worden per perceel twee profielboringen gedaan om ook onder het drain-niveau in de grond te meten, en wordt de onverzadigde zone van de bodem sowieso in drie lagen bemonsterd (0-30, 30-60 en 60-90 cm diep) om zo ook een goed beeld te krijgen van de invloed van de zoute kwel.



Afbeelding 4. Impressie van de diverse trainingen over het gebruik van de toolkit en het protocol van SALTA.

Resultaten lab analyses

Grondsoort, natrium en structuur van de bovengrond

In totaal zijn er van zestien unieke locaties lab analyses beschikbaar (analyse door Eurofins) om zo een impressie te krijgen van de grondsoort. Deze resultaten zijn vermeld in tabel 1. Op basis van deze resultaten is het merendeel van de locaties te omschrijven als lichte tot zware zavel. Van dezelfde monsters zijn in tabel 2 ook de hoeveelheden natrium, magnesium en boor/borium vermeld. Alhoewel verzilting vaak als EC wordt aangeduid (EC= elektrische conductiviteit, in dS/m (= mS/cm), kan er dus in dit soort lab analyses ook gekeken worden naar natrium, maar ook magnesium. De EC is namelijk de som van natrium, magnesium, kalium en calcium. In de praktijk zien we door verzilting dus een toename van natrium én magnesium, en dus wordt er in tabel 2 dus naar die 2 zouten gekeken. Ook bevat zeewater dus boor/borium wat in de praktijk ook vaak tot verhoogde waardes leidt en daarom is ook boor vermeld in tabel 2. Deze drie elementen geven dus een goede indicatie van (mogelijke problemen met) verzilting.

Tabel 1. De percentages klei, silt en zand (en ook die van organische stof en kalk) en de classificatie van de grondsoort o.b.v. het kleipcentage.

locatie	% klei	% silt	% zand	% org. stof	% kalk	grondsoort
Friesland 1	20	46	29	2,7	2,2	zware zavel
Friesland 2	15	36	45	1,7	2	lichte zavel
Friesland 3	11	22	63	2,1	1,6	lichte zavel
Friesland 4	15	38	44	1,5	1,7	lichte zavel
Friesland 5	10	25	53	5,2	7,2	lichte zavel
Groningen 1	7	15	71	1,9	5,3	siltig zand
Groningen 2	11	24	56	1,8	7,7	lichte zavel
Groningen 3	25	36	28	3,1	8,4	lichte klei
Groningen 4	20	35	35	2,7	7,0	zware zavel
Groningen 5	29	44	21	5,1	1,3	lichte klei
Groningen 6	8	32	57	2,5	0,3	lichte zavel
Groningen 7	9	31	55	2,3	3,2	lichte zavel
Groningen 8	10	24	60	2,5	3,6	lichte zavel
Groningen 9	7	25	60	1,8	6,7	lichte zavel
Groningen 10	13	26	52	1,7	7,8	lichte zavel
Groningen 11	20	42	26	3,4	8,2	zware zavel

De streefwaardes (maximale hoeveelheden waarbij aannemelijk is dat er geen negatieve reacties optreden) verschillen per grondsoort/perceel, maar liggen rond de 110-140 kg/ha voor natrium (zowel beschikbare fractie als bodemvoorraad), 450-500 kg/ha voor beschikbaar magnesium en 650-1300 kg/ha voor de bodemvoorraad magnesium. Voor boor/borium ligt dit rond de 900-100 g/ha. Voor natrium en magnesium worden deze hoeveelheden maar zelden overschreden in tabel 2. Voor boor worden de streefwaardes in tabel 2 veel vaker overschreden.

Tabel 2. De hoeveelheden natrium (Na), magnesium (Mg) en boor/borium (B) in de grondmonsters, waarbij er voor natrium en magnesium ook onderscheid wordt gemaakt in de beschikbare fractie en de bodemvoorraad. Deze resultaten zijn van Eurofins lab analyses.

locatie	grondsoort	datum	in kg/ha				in g/ha
			Na beschikbaar	Na voorraad	Mg beschikbaar	Mg voorraad	B
Friesland 1	zwarte zavel	sept. 2024	147	179	395	830	1930
Friesland 2	lichte zavel	aug. 2024	95	<115	365	445	1840
Friesland 3	lichte zavel	sept. 2024	219	<101	365	215	1415
Friesland 4	lichte zavel	sept. 2024	30	86	345	395	1130
Friesland 5	lichte zavel	oct. 2024	106	112	450	535	2695
Groningen 1	siltig zand	maart 2022	45	70	150	160	445
Groningen 2	lichte zavel	maart 2022	65	75	210	280	765
Groningen 3	lichte klei	jan. 2022	60	70	215	400	
Groningen 4	zwarte zavel	feb. 2018	70	55	235	330	1270
Groningen 5	lichte klei	feb. 2018	115	120	505	1285	1445
Groningen 6	lichte zavel	sept. 2023	126	76	365	465	700
Groningen 7	lichte zavel	oct. 2020	35	65	200	285	735
Groningen 8	lichte zavel	sept. 2016	13		56		248
Groningen 9	lichte zavel	sept. 2020	45	45	160	125	
Groningen 10	lichte zavel	sept. 2020	70	65	180	220	
Groningen 11	zwarte zavel	maart 2023	74	129	255	395	1580

In tabel 3 worden de resultaten weergegeven van de percentages van calcium (Ca), magnesium, kalium (K) en natrium in het klei-humus complex. Ook hier gelden streefwaardes voor een optimale bodemstructuur, met 80-90% calcium, 6-10% magnesium, 2-4% kalium en maximaal 1 tot 1,5% natrium als optimaal. Op basis van de resultaten in tabel 3 vallen alle monsters binnen de genoemde streefwaardes en is de bodemstructuur ook goed tot optimaal.

Tabel 3. De bezettingspercentages van calcium, magnesium, kalium en natrium in het klei-humus complex (CEC).

locatie	CEC %				structuur
	Ca	Mg	K	Na	
Friesland 1	88	8,6	2,8	1	optimaal
Friesland 2	90	6,6	3,6	<0,1	optimaal
Friesland 3	91	5,9	2,8	<0,1	optimaal
Friesland 4	86	6,6	3,5	0,8	goed/optimaal
Friesland 5	91	5,9	2,1	0,7	optimaal
Groningen 1	87	5,6	5,7	1,3	goed/optimaal
Groningen 2	87	6,8	5,7	0,9	goed/optimaal
Groningen 3	91	5,4	2,8	0,5	optimaal
Groningen 4	92	5,3	2,4	0,5	
Groningen 5	82	14	3,3	0,7	
Groningen 6	82	10	2,7	0,9	goed
Groningen 7	89	6,5	3,8	0,8	optimaal
Groningen 8					
Groningen 9	91	4,4	4,8	0,8	goed/optimaal
Groningen 10	89	5,5	4,2	0,9	goed/optimaal
Groningen 11	91	5,2	2,8	0,9	goed/optimaal

In het kort kan er dus gesteld worden dat de meeste monsters als lichte tot zware zavel kunnen worden geclassificeerd, waarbij maar enkele monsters een licht verhoogde natrium of magnesium concentratie laten zien in de bovenste 30 cm, maar alle grondmonsters tonen een optimale bodemstructuur op basis van de CEC-bezetting.

SALTA en Eurofins hebben daarnaast de ambitie om meer historische data uit te werken. Tot nu toe zijn er dus lab analyses beschikbaar die tot 2016 teruggaan (Tabel 2). Er is in de looptijd van het Noordelijke Kleischil project geen geschikte student gevonden om meer data uit te werken. Maar door het contact tussen SALTA en Eurofins zijn wel stappen gezet om dit op korte termijn alsnog te doen zodra een geschikte student gevonden wordt.

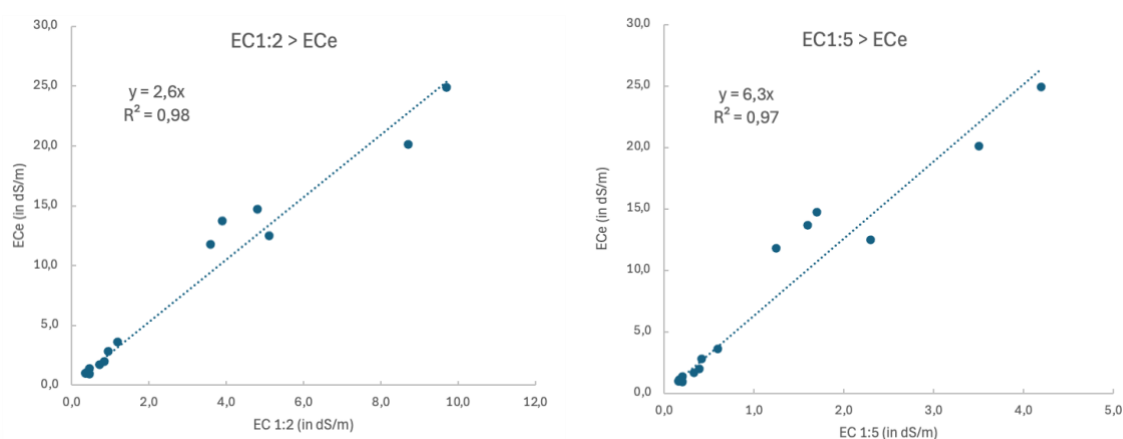
Ook is een goed begin gemaakt in het inzichtelijk maken van de bodemzoutconcentraties, en de effecten van droogte, capillaire opstijging en brakke beregening (zie “resultaten metingen verzilting SALTA”). Daarnaast worden nu ook metingen verricht in Noord-Holland en zijn er contacten met agrariërs in Flevoland en Zeeland die met regelmaat hun gewassen beregenen met brak water. De metingen in de Noordelijke Kleischil zijn in dat opzicht zeker het begin van een database die langzaam maar zeker de hele Nederlandse kust (inclusief Flevoland) omvatten. Monitoring tussen jaren (er zijn meerdere droge jaren nodig om een goede database op te bouwen), en tussen percelen met brakke beregening, is essentieel om de effecten van zoute kweldruk en brakke beregening te doorgronden. Aanvullend daarop is het sterk aan te bevelen om ook de gewasopbrengsten op de diverse percelen nauwkeurig bij te houden. Dit kan een schat aan informatie t.a.v. gewas zouttolerantie opleveren.

Resultaten metingen verzilting SALTA

De praktijkcoaches van SALTA voor Friesland en Groningen hebben aan de hand van het opgestelde protocol diverse locaties in beide provincies bezocht. Hiervoor zijn de EC-waardes van de watergangen van het perceel en van lopende drains bepaald om zo een eerste indicatie van de mate van verzilting

te krijgen. Vervolgens zijn per perceel minimaal twee profielboring gedaan. Deze profielboringen vinden plaats in de buurt van de (lopende) drains, om zo een indicatie te krijgen van de hoogste verziltingsdruk, waarbij er dus nadrukkelijk naar de diepere bodemlagen wordt gekeken. Aan de hand van deze eerste resultaten wordt dan bepaald welke bodemlagen worden bemonsterd, maar dat is minimaal drie lagen: 0-30, 30-60 en 60-90 cm diep. Zo kan een goed beeld ontstaan van de verzilting van de diepere bodemlagen, en kan bij frequente monitoring worden vastgesteld in welke mate het zout omhoog beweegt.

In het SALTA protocol, en bij de meeste labs wereldwijd, wordt gebruik gemaakt van een zogenoemde 1:2 of 1:5 methode om grondmonsters door te meten t.a.v. verzilting. Dit is een snelle methode om grondmonsters door te meten. Maar de internationale standaard van bodemzoutconcentratie, en deze standaard wordt ook gebruikt om de zouttolerantie van gewassen weer te geven, is de “soil saturated paste” methode. Dit is een arbeidsintensieve methode waarvoor een grondmonster eerst verzadigd wordt met water om vervolgens met behulp van een vacuümpomp een waterextract uit dit verzadigde monster te trekken. De EC-waarde van dit extract wordt ook wel weergegeven als ECe. Als men gebruikt maakt van een 1:2 of 1:5 methode, dan moeten de resultaten altijd worden omgerekend naar deze ECe. Deze omrekenfactor kan per bodemsoort verschillen (zand/zavel/klei/...). Dit is voor de Noordelijke Kleischil gedaan aan de hand van vijftien verzamelde grondmonsters om zo de omrekening te kunnen maken van EC1:2 en EC1:5 naar ECe. Van deze vijftien monsters zijn ook vier grondmonsters van een verzilt perceel op Texel gebruikt. Alle vijftien monsters zijn als lichte tot zware zavel te classificeren en de gepresenteerde data is dus met name representatief voor deze lichte tot zware zavelgronden.



Figuur 1. Gemeten EC-waardes van de 1:2 methode uitgezet tegen de gemeten ECe waardes (links). Rechts zijn de gemeten 1:5 waardes uitgezet tegen de gemeten ECe (in dS/m). Metingen zijn verricht in lichte en zware zavelgronden.

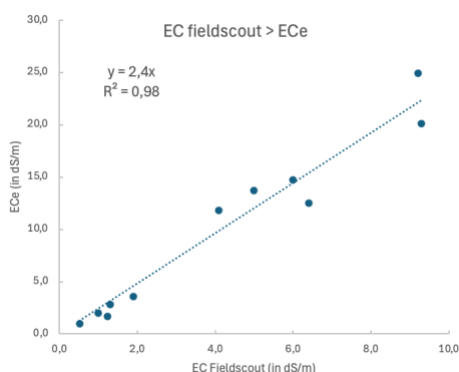
De resultaten uit figuur 1 kunnen dus gebruikt worden om de metingen van een 1:2 en/of 1:5 methode om te rekenen naar ECe. Op basis van deze eerste metingen in de Noordelijke Kleischil zijn voor de (lichte en zware) zavelgronden de waardes dus als volgt om te rekenen:

Voor resultaten van de 1:2 methode naar ECe (in dS/m): $ECe = 2,6 * EC_{1:2}$

Voor resultaten van de 1:5 methode naar ECe (in dS/m): $ECe = 6,3 * EC_{1:5}$

Zoals gezegd is deze omrekening nu gebaseerd op een 15-tal grondmonsters en het is aan te bevelen om meer grondmonsters door te meten, met name rond de waardes van 5-10 dS/m voor de ECe.

De praktijkcoaches maken ook gebruik van een Fieldscout sensor. Deze kan een eerste, snelle indicatie geven van de bodemzoutconcentratie in het veld. Hiervoor moet de bodem wel tegen veldcapaciteit aanzitten (waterverzadigde bodem), aangezien de meting erg gevoelig is voor het vochtpercentage van de bodem. Hiervoor kan bv handmatig wat water worden toegevoegd aan de bodem om zo een vergelijkbaar vochtpercentage van de verschillende bodemlagen/grondsoorten te realiseren. Figuur 2 geeft de verhouding weer van de metingen van de Fieldscout (in een waterverzadigde bodem). Op basis van deze eerste metingen lijkt dus de volgende formule op te gaan: $ECe = EC_{\text{Fieldscout}} * 2,4$. Dit type meting is o.a. verricht in de bodemlaag onder de drain (100-150 cm diep) om zo een eerste indicatie te krijgen van de mogelijke verschillen tussen en dicht bij de drainagebuizen.



Figuur 2. Gemeten EC-waardes van de Fieldscout sensor uitgezet tegen de gemeten ECe waardes.

Daarnaast zijn er dus zo'n 114 grondmonsters verzameld en doorgemeten in de Noordelijke Kleischil. Deze resultaten staan vermeld in tabel 4. Op elk perceel zijn eerst de watergangen rondom het perceel doorgemeten (met de laagste en hoogste gemeten EC in tabel 4; hoogste en laagste waarde kan ook het verschil in waterlagen in dezelfde sloot zijn, dit is ook gemeten (mogelijke stratificatie)). Indien mogelijk, zijn ook lopende drains doorgemeten. De grondmonsters zijn dus op verschillende dieptes gemeten. Op alle locaties zijn in ieder geval de lagen 0-30, 30-60 en 60-90 cm diepte bemonsterd. Op meerdere locaties is daarnaast dus ook gekeken naar de diepere laag, van 100 tot 150 cm diepte. In de meeste gevallen ligt deze diepste laag onder het drainniveau. Op meerdere locaties (met name Friesland 2, 3 en 4) zie je een aanzienlijk hogere EC net onder de drainage, terwijl de bodem boven de

drainage (0-90 cm) in de meeste gevallen een lage EC laat zien. Op deze percelen lijkt het zoute grondwater (wat dus gemeten wordt als diepere bodemlaag (100-150 cm) of als lopende drains) dus niet te zorgen voor een hogere EC in de bodemlaag boven de drains. Ook de vaak hoge EC-waardes van de sloten zorgen niet (direct) voor hogere EC-waardes in de grond op het perceel. Hierbij moet wel vermeld worden dat 2024 een erg nat jaar was, met een minimaal neerslag tekort. De metingen in 2025 lopen tot ongeveer juli door en tot nu toe is 2025 een stuk droger (piek half juli rond de 180 mm neerslagtekort) dan 2024 (piek eind augustus, rond de 60 mm neerslagtekort). Het is dus ook aan te raden om de monitoring door te zetten om zo een goed beeld te krijgen van de mogelijke bodemverzilting in een droog jaar (waarbij de piek van het neerslagtekort meestal rond augustus ligt).

Op locatie 5 in Friesland worden wel verhoogde EC-waardes in de bodem gemeten. Dit is een perceel waarbij een deel zelfs al buiten gebruik is genomen vanwege de slechte bewerkbaarheid en groei op dat perceel (perceel 2), wat door de boer zelf aan verzilting wordt toegewijd. Perceel 1 grenst direct aan perceel 2, en op dit stuk worden nog wel gewassen ingezaaid. Perceel 3 ligt net aan de andere kant van de sloot en dient als extra referentie. Alle drie de percelen liggen nagenoeg aan dezelfde sloten, waarbij de zoetste sloot een EC van rond de 2 dS/m laat zien (deze sloot wordt doorgespoeld), terwijl de sloot waar de drainage van het verzilte perceel uitkomt een EC van rond de 22 dS/m laat zien. Dit is dus al een goede indicatie dat er een sterke zoute kwel aanwezig is op het perceel. Dit zie je ook terug in de diepere metingen van perceel waarbij de EC van de bodem rond de 10 dS/m ligt. De bodem EC-waardes liggen op 13 mei aanzienlijk hoger dan op 3 juli. Dit kan mogelijk verklaard worden door de hoeveelheid neerslag tussen deze twee metingen in, en het voorjaar tot aan 13 mei was uitzonderlijk droog. Deze resultaten zijn dus een indicatie dat het verloop van de bodemverzilting sterk reageert (op deze locatie) op droogte en neerslag, en het is aan te bevelen dit intensiever te monitoren.

Op basis van de bodemclassificatie van tabel 6 is een bodem met een EC_e waarde tussen de 2 en 4 dS/m te classificeren als licht zout waarbij gevoelige gewassen en zaailingen last van de verzilting kunnen krijgen. Op basis van de resultaten van tabel 4, voor de bodemlaag 0-30 cm, wordt deze waarde maar op enkele locaties overschreden, en voor de meeste locaties geldt dit ook voor de diepere lagen tot 90 cm.

Tabel 4. Gemeten zoutconcentraties van de sloten en eventueel lopende drains, en ook de zoutconcentratie van de bodem. De data van zowel water als bodem wordt weergegeven als EC, in dS/m). De grondmonsters zijn als 1:2 methode doorgemeten (0-90 cm dieptes), terwijl de 100-150 met de Fieldscout sensor is gemeten. Alle gronddata is omgerekend naar ECe, conform de eerdergenoemde omrekeningsfactor voor EC1:2 naar ECe en EC Fieldscout naar ECe. Indien er bij de data van de sloot twee waardes staan dan is dit de laagste en hoogste gemeten EC per locatie. De nummering van de locaties correspondeert in de meeste gevallen niet met de nummer van tabel 2 en 3.

locatie	datum	water		grond (in cm (diepte))			
		sloot	lopende drains	0-30	30-60	60-90	100-150*
Friesland 1	27-07-2024	4,3-9,0	3,9-5,7	2,0	2,4	4,8	1,8-5,0
	21-09-2024	4,9-5,9		1,1	1,1	1,1	
Friesland 2	03-08-2024	3,3-4,2		0,9	0,7	0,7	4,3
	12-09-2024**			1,2	0,9	0,9	
	08-02-2025	2,4		0,9	0,7	0,9	
Friesland 3	04-05-2024	3,2-4,9	1,9-4,5	1,1	0,7	0,8	5,4-13,5
	07-09-2024***	3,7-3,8		1,2	0,7	0,7	
Friesland 4	09-05-2024	3,3-4,2		0,8	0,7	0,5	3,0-5,8
	07-09-2024	3,5-3,8		0,5	0,5	0,5	
Friesland 5, perceel 1	24-10-2024			2,5	1,5	2,7	
	08-04-2025	2,1-21,0		1,8	1,4	1,1	
	13-05-2025	2,2-22,5		3,1	2,4	3,1	
Friesland 5, perceel 2	03-07-2025	1,5-23,1		2,9	1,9	2,5	
	08-04-2025			1,8	4,7	7,6	
	13-05-2025			3,8	5,5	11,2	
Friesland 5, perceel 3	03-07-2025			2,4	3,8	10,7	
	08-04-2025			1,8	1,4	3,4	
	13-05-2025			4,1	3,8	8,9	
	03-07-2025			0,9	1,1	4,1	
Friesland 6	27-05-2025	9,3-17,5		2,1	1,8	1,8	
Groningen 1	13-05-2024	0,9-6,1	2,6-3,9	0,8	0,5	0,5	
	09-07-2024	2,8-8,6	3,1-4,0	0,8	0,6	0,5	
Groningen 2	15-05-2024	1,9-2,3		0,5	0,4	0,5	
	09-07-2024	1,4-1,9		0,4	0,5	0,8	
Groningen 3	16-07-2024	4,0-9,7	8,2-9,5	0,6	1,1	2,0	
Groningen 4	24-06-2025****	1,6-2,3		0,9	0,4	0,5	1,0-2,0
Groningen 5	13-05-2025	12,2-16,5		0,4	0,3	0,5	0,5-1,2
Groningen 6	25-04-2025	4,9-5,8		0,9	1,6	2,7	2,4-2,5
Groningen 7	15-05-2025	5,1-5,6		0,5	0,4	0,4	0,8-1,2
Groningen 8, perceel 1	07-05-2025			0,9	0,6	0,5	0,9
Groningen 8, perceel 2	07-05-2025	2,3-6,7		0,7	0,4	0,4	1,2
Groningen 8, perceel 3	07-05-2025	2,3-6,7		0,8	1	1,9	2,5

* indien twee waardes vermeld staan dan is dit de meting in de buurt van de drainage en de andere meting juist tussen twee drainagebuizen in

** berekend met 60 mm met een EC van 3,9 dS/m

*** berekend met 60 mm met een EC van 3,5 dS/m

**** slootwater met EC 2,3 wordt gebruikt voor berekening

Op de locatie van Friesland 2 en Friesland 3 is in 2024 ook berekend met een EC van rond de 3,5 (Friesland 3) en 3,9 dS/m (Friesland 2). Dit was in totaal maar zo'n 60 mm aangezien het alleen rond augustus enigszins droog was. Bij beide locaties laten de resultaten tussen begin mei (Friesland 3) of augustus (Friesland 2) en begin september het effect zien van deze 60 mm beregening. In beide gevallen is dus in EC-waarde dus maar een minimale toename. Van beide locaties zijn ook grondmonsters naar het lab gestuurd (Eurofins) om ook te kijken naar de concentraties van natrium, magnesium en boor. Deze resultaten staan vermeld in tabel 5. Van Friesland 2 zijn er dus ook metingen gedaan voordat de beregening begon, wat dus 95 kg/ha natrium was. Na de beregening loopt dit op naar 144 kg/ha en in februari was dit nog een vergelijkbare hoeveelheid (153 kg/ha). In dit geval lijkt er dus een minimale uitspoeling van natrium te zijn geweest. Er is een kleine toename van natrium het klei-humus complex (CEC), maar deze waarde blijft onder de streefwaarde (max 1,5%). Bij Friesland 3 is geen nulmeting van natrium beschikbaar, maar na irrigatie was deze 219 kg/ha en in het voorjaar van 2025 was dit teruggelopen naar 154 kg/ha. Deze 154 kg/ha is relatief hoog in vergelijking met de meeste metingen in tabel 2, maar dit zit maar net boven de gemiddelde streefwaarde van maximaal 140 kg/ha. In beide gevallen zie je dus wel een aanzienlijk toename van natrium na beregening, en dit spoelt maar in beperkte mate uit op basis van de metingen in februari 2025.

Als we de zoutconcentratie van tabel 4 bekijken, dan lijkt er op de bemonsterde locaties maar beperkte opstijging van de zouten uit de diepere bodemlagen op te treden (met uitzondering van de hotspot van locatie Friesland 5), maar dit dient nader vast gesteld te worden in drogere jaren. Op basis van tabel 5 lijkt beregening met brak water echter wel snel tot verhoogde zoutconcentraties te leiden. Het is aan te bevelen dit op meer locaties te monitoren, zeker in de drogere jaren waarbij aanzienlijk meer wordt beregend. Bodemverzilting door beregening met brak water kan mogelijk een grotere drijvende kracht zijn dan de capillaire opstijging van zout grondwater. Maar dit dient dus meerdere jaren op meerdere percelen gemonitord te worden voordat dit met meer zekerheid te zeggen valt.

Tabel 5. Gemeten concentraties van natrium (alleen beschikbaar, bodemvoorraad was verwaarloosbaar), magnesium (beschikbaar en bodemvoorraad) (in kg/ha), de CEC-bezetting van natrium en magnesium (als %), en de concentratie boor (in g/ha).

locatie	datum	Na beschikbaar	Na CEC	Mg beschikbaar	Mg voorraad	Mg CEC	Boor
Friesland 2	03-08-2024	95	<0,1	365	445	6,6	1840
	12-09-2024*	144	<0,1	405	460	7,1	2015
	08-02-2025	153	0,8	425	445	6,5	2075
Friesland 3	07-09-2024**	219	<0,1	365	215	5,9	1415
	19-02-2025	154	<0,1	310	420	5,8	1410

* beregend met 60 mm met een EC van 3,9 dS/m

** beregend met 60 mm met een EC van 3,5 dS/m

Classificatie en richtlijnen

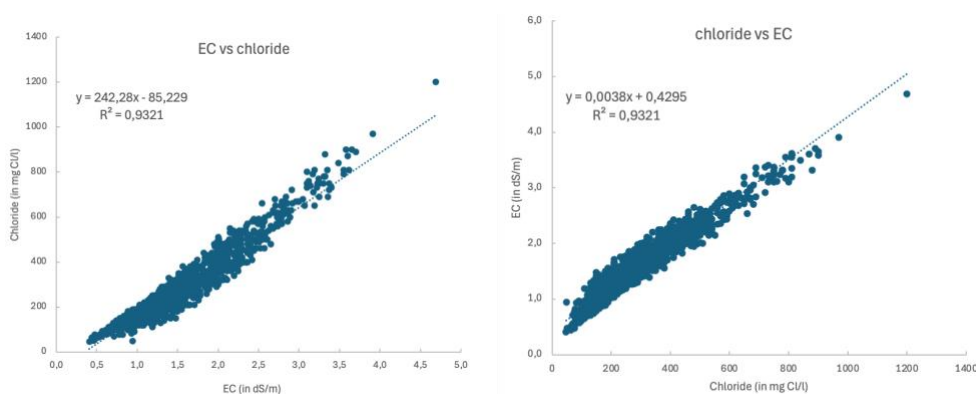
Voor het classificeren van de zoutconcentratie van water en bodem zijn verschillende grenswaardes in omloop. In het recente rapport "[Afwegingskader zoet-zout dynamiek](#)" uit 2025 wordt uitgegaan van onderstaande tabellen (zie tabel 6 voor classificatie water en tabel 7 voor classificatie bodem). Een extra uitdaging in Nederland t.a.v. richtlijnen is dat veel data over verzilting wordt uitgedrukt als

chloride i.p.v. als EC. Dit is met name bij de waterschappen zo, en daar is een chloridenorm vaak meer gangbaar dan een EC-norm. Het is dus belangrijk dat we deze concentraties (chloride vs EC) kunnen vergelijken. In het recente rapport "[Afwegingskader zoet-zout dynamiek](#)" uit 2025 is gekeken naar deze correlatie. De conclusie was dat verschillende bronnen tot verschillende resultaten leidden en dat met name bij lage EC-waardes de correlatie zwak is (met name omdat een lage EC ook vaak door andere stoffen/zouten wordt beïnvloed en dat pas vanaf een EC van rond de 3 dS/m de correlatie tussen EC en chloride betrouwbaarder is. In het rapport wordt uitgegaan van de volgende formule:

Chloridegehalte = $165 * EC^{1,3438}$ (bron: rapport "[Afwegingskader zoet-zout dynamiek](#)")

Via het SALTA netwerk hebben we ook data ontvangen van Wetterskip Fryslân, die naast chloride ook de EC meten. Deze data is door SALTA uitgewerkt en weergegeven in figuur 3. Op basis van deze data volgt de formule:

Chloridegehalte = $242 * EC - 85$ (bron: data Wetterskip Fryslân, figuur 3)



Figuur 3. Gemeten EC-waardes in water uitgezet tegen gemeten chloride concentraties, met n=1346, gemeten in de periode 2015-2025 op 11 verschillende locaties (data: Wetterskip Fryslân).

Op basis van figuur 3 lijkt er dus toch een sterk verband bij lagere zoutconcentraties (<3 dS/m) te zijn tussen chloride en EC, en bij deze lagere EC-waardes laten beide formules ook vergelijkbare uitkomsten zien. Bij hogere EC-waardes (>4 dS/m) lijken de uitkomsten van de formule uit figuur 3 tot een stuk lagere chloride concentraties te leiden dan de formule uit de eerdergenoemde rapportage. In dat opzicht is het aan te bevelen om meer data te verzamelen van EC-waardes hoger dan 3,5 dS/m en daarvan dus ook de chloride concentraties te bepalen. Voor nu, heeft de formule "Chloridegehalte = $165 * EC^{1,3438}$ " de voorkeur voor EC-waardes die groter dan 3 dS/m zijn.

Tabel 6. Globale classificatie van (irrigatie)water op basis van de zoutconcentratie (EC-waarde en chloride concentratie) en de mogelijke effecten op gewas en bodem.

Zoutconcentratie (EC - dS/m)	Zoutconcentratie (mg Cl/L)	Classificatie	Mogelijke effecten op gewassen	Mogelijke effecten op de bodem
<0.7	100*	Zoet	geen negatieve effecten te verwachten	geen negatieve effecten te verwachten
0.7 - 1.5	100 - 300*	Zoet tot licht brak	alleen zeer gevoelige gewassen kunnen last krijgen	bij veelvuldig gebruik kan zoutophoping in de bodem plaatsvinden
1.5 - 3.0	300 - 750	Licht brak	gevoelige gewassen kunnen last krijgen, ook bij kortdurende irrigatie	zoutophoping in de bodem kan plaatsvinden, mogelijke structuurschade van klei bodems
3.0 - 7.5	750 - 2.400	Brak	alleen tolerante gewassen geschikt	alleen geschikt voor zandige bodems en sommige zavelgronden, hoge mate van uitspoeling noodzakelijk
>7.5	>2.400	Sterk brak	alleen zeer tolerante gewassen geschikt	alleen geschikt voor zandige bodems en sommige zavelgronden, hoge mate van uitspoeling noodzakelijk

Tabel 7. Globale classificatie van de bodem op basis van de zoutconcentratie (gemeten als ECe, in dS/m) en de mogelijke effecten op gewassen.

Zoutconcentratie (ECe, in dS/m)	Zoutconcentratie (in mg Cl/l)	Classificatie	Mogelijke effecten op gewassen
<2,0	<400	zoet	kleine kans op negatieve effecten te verwachten
2,0 - 4,0	400 - 1.100	licht zout	gevoelige gewassen en zaailingen kunnen last krijgen
4,0 - 8,0	1.100 - 2.600	matig zout	alleen matig tolerante gewassen geschikt, bij gevoelige gewassen zal schade optreden
8,0 - 12,0	2.600 - 4.250	sterk zout	alleen zouttolerante gewassen geschikt
12,0 - 16,0	4.250 - 6.000	zeer sterk zout	beperkt aantal zeer tolerante gewassen geschikt
>16,0	>6.000	extreem zout	alleen halofyten geschikt voor teelt

Bijeenkomsten telers, teeltadviseurs en artikelen

Tijdens de diverse veldbezoeken hebben de praktijkcoaches aan de telers uitleg gegeven over de werkwijze en in een later stadium zijn de resultaten gedeeld en besproken. Via diverse bijeenkomsten zijn telers en teeltadviseurs geïnformeerd. Zo was SALTA op 27 juni 2024 aanwezig bij SPNA Kollumerwaard om tijdens de themabijeenkomst “fertigatie, irrigatie en verzilting” voorlichting te geven over verzilting en een demonstratie te verzorgen over het nemen en doormeten van grondmonsters t.a.v. zout. Op 7 oktober 2024 was SALTA aanwezig bij een bijeenkomst van LTO Noord, afdeling het Hogeland, om te spreken over de impact van verzilting en beperkt zoetwater voor de praktijk. Hieronder volgt een overzicht van de diverse bijeenkomsten in Groningen:

Bijeenkomsten

- 26 – 27 juni 2024 – Zoet Zout tweedaagse in Groningen – breed publiek ook agrarische bestuurders
- 27 juni 2024 – Themabijeenkomst Verziltzing SPNA – veldtraining voor adviseurs en agrarische ondernemers + **ongeveer 15 ondernemers/adviseurs**
- 7 oktober 2024 – LTO afdeling het Hogeland, thema Verziltzing + **ongeveer 35 ondernemers**
- 26 november 2024 – SALTA on Tour, bijeenkomst Termunterzijl daarna excursie bij Jaap Slim (bestuurders, agrarische ondernemer, waterschap, provincie en andere geïnteresseerde) + **ongeveer 20 aanwezigen**

Gesprekken agrarische ondernemers:

- Met alle ondernemers waar de praktijkcoach langskomt voor metingen is zowel telefonisch als live contact over de metingen en andere vraagstukken rondom verziltzing en zoetwaterbeschikbaarheid waar de ondernemer vragen over heeft. Als het mogelijk is gaat de ondernemer ook mee in het veld als er voor de eerste keer metingen worden gedaan.

Instructie protocol door praktijkcoach Groningen

- 10 april 2025 – Instructie protocol docenten Hanze Hogeschool
- 29 april 2025 – Instructie protocol onderzoekers RUG – Dubbele Dijk

Ook zijn via een aantal webinars van SALTA de resultaten gedeeld met een groter publiek. Deze specifieke webinars gingen dus over de eerste resultaten van de praktijkcoaches (30 oktober 2024 – meetresultaten 2024, [zie link hier](#)) en over het interpreteren van Eurofins analyses t.a.v. verziltzing (18 maart 2025, verzorgd door Eurofins, [zie link hier](#)). Ook hebben we via een webinar van Groenkennisnet de resultaten en methodiek verder onder de aandacht gebracht ([zie link hier](#)). Ook heeft SALTA een workshop verzorgd op de Landelijke Bodemteamdag van DAW (Deltaplan Agrarisch Waterbeheer) op 26 juni 2025.

Ook zijn diverse artikelen verschenen in de vakliteratuur. Zo heeft Nieuwe Oogst [een artikel](#) geplaatst over de methodiek en eerste resultaten van de zoutmetingen. Ook is [een artikel](#) verschenen op de website van H2O, en via o.a. Akkerwijzer is via [een artikel](#) gewezen op de mogelijk hoge zoutconcentratie in de sloten ondanks de overvloedige neerslag op dat moment.



Afbeelding 5. Impressie van een aantal verschenen artikelen van SALTA in de vakliteratuur voor de landbouw.



Afbeelding 6. Impressie van de diverse bijeenkomsten die door SALTA zijn georganiseerd om telers en andere stakeholders te informeren.