

# Toepassing van Bodemscans voor Smart Farming

Vergelijking van bodemscans in Ens maakt bodemeigenschappen inzichtelijk



Sylvan Nysten  
Corne Kempenaar

28 januari 2019  
Definitief



# Samenvatting

Vanuit de ondernemers van Nationale Proeftuin Precisie Landouw kwam de vraag wat de verschillen tussen de verschillende bodemscans zijn wat betreft betrouwbaarheid en de mogelijke toepassingen van de betreffende scans. Er zijn op het moment diverse leveranciers van deze scans, maar wat er precies mogelijk is, is niet altijd duidelijk voor de praktijk. Door op één perceel een aantal bodemscans te vergelijken is getracht om dit in een praktijksituatie inzichtelijk te maken. Hierbij zijn de volgende bodemscans meegenomen:

- Passieve Gamma Bodemscanner – E.H. Loonstra
- EM38 – LoonwerkGPS
- Veris scan – Vantage Agrometius
- SoilXplorer - CNH
- Bioscope

Om de betrouwbaarheid van de bodemscans te analyseren zijn er op een perceel in Ens bij akkerbouwbedrijf Sturm in augustus 2018 een aantal bodemscans uitgevoerd. Daarbij is gevraagd om, indien mogelijk, kaarten van de pH, het organische stofgehalte en het lutumgehalte op te leveren. In dezelfde periode zijn op het perceel grondmonsters genomen ter referentie van de kaarten. Door de kaarten van de bodemscans te vergelijken met de referentiemonsters is er per kaart een RMSE en een  $R^2$  van de spreidingsgrafiek bepaald.

De variatie in het perceel bleek na analyse van de grondmonsters, zeker in de bovengrond, erg beperkt. Het o.s.-gehalte heeft een spreiding van 2,1% tot 3,6%, maar het merendeel van de monsters heeft een waarde lager dan 3%. De pH varieert van 7,2 tot 7,6 waarbij de meeste monsters rond de 7,4 zitten. Het lutumgehalte is voor het gehele perceel rond de 10% en heeft een standaarddeviatie van slechts 1%.

De pH, o.s. en lutum kaarten van zowel de Passieve Gamma Bodemscanner (E.H. Loonstra), de EM38 sensor (LoonwerkGPS) en de Veris scan (Vantage Agrometius) scoorden allen vrij lage waarden wat betreft de RMSE. Dit betekent dat de betrouwbaarheid van deze kaarten in orde is. De scores zijn echter niet beter dan bij een mengmonster het geval geweest zou zijn. De toegevoegde waarde van de bodemscans is voor dit perceel daarom beperkt. De oorzaak daarvan kan zijn dat de grond op dit perceel vrij homogeen is. In die zin hebben de bodemscans wel goede resultaten geleverd door de homogeniteit inzichtelijk te maken. Ook uit de spreidingsgrafieken van de scans met de referentiemonsters blijkt dat de kleine aanwezige ruimtelijke variatie moeilijk in kaart te brengen is met deze scans. De  $R^2$  is over het algemeen zeer laag met uitzondering van de lutumkaarten van E.H. Loonstra en de Veris-scan die een  $R^2$  van ruim 0,3 hebben en daarmee de ruimtelijke variatie aan lutumgehalte binnen het perceel redelijk inzichtelijk maken. Wanneer er duidelijkere patronen met grotere variatie in de grond aanwezig zijn bieden de scans mogelijk meer kansen. Overigens is het vaststellen met behulp van een bodemscan dat er weinig ruimtelijke variatie binnen het perceel aanwezig is op zichzelf ook een toegevoegde waarde. De betrouwbaarheid van de SoilXplorer is niet geanalyseerd, omdat deze geen pH, o.s. of lutum kaarten hebben opgeleverd. Hetzelfde geldt voor de kaart van Bioscope.

De mogelijkheden die de bodemscans met bijbehorende kaarten bieden voor preciselandbouwtoepassingen zijn zeer divers. Te denken valt o.a. aan variabele bemesting, compost, bekalking, pootafstand e.d. Hierbij is het van belang dat de ondernemer van te voren bedenkt wat hij wil en welke bodemscan daar het beste bij past.

# Inhoud

## Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>4</b>
1.1.	Bodem & Precisielandbouw	4
1.2.	Bodemscans & metingen	4
1.3.	Onderzoeksvraag	5
<b>2</b>	<b>Materiaal en methode</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Resultaten</b>	<b>8</b>
3.1.	Passieve Gamma Bodemscanner – E.H. Loonstra	12
3.2.	EM38 – LoonwerkGPS	16
3.3.	Veris scan – Vantage Agrometius	21
3.4.	SoilXplorer – CNH	24
3.5.	Bioscope	27
<b>4</b>	<b>Discussie</b>	<b>29</b>
4.1.	Passieve Gamma Bodemscanner – E.H. Loonstra	29
4.2.	EM38 – LoonwerkGPS	30
4.3.	Veris scan – Vantage Agrometius	30
4.4.	SoilXplorer – CNH	31
4.5.	Bioscope	31
<b>5</b>	<b>Conclusie</b>	<b>33</b>

## Bijlage

Bijlage 1	Passieve Gamma Bodemscanner (E.H. Loonstra)
Bijlage 2	EM38 (LoonwerkGPS)
Bijlage 3	Veris (Vantage Agrometius)

# 1 Inleiding

De Nederlandse landbouw sector is een van de meest productieve en efficiënte wereldwijd. Om op dit niveau te blijven probeert men op allerlei manieren de efficiëntie van de teelt te verbeteren en te verduurzamen door de groeiomstandigheden te optimaliseren. De ontwikkelingen rondom precisielandbouw spelen daarbij momenteel een belangrijke rol. Naar verwachting is er met nieuwe toepassingen zoals variabel bemesten, variabel toepassen van bodemherbiciden of variabel loofdoden nog veel winst te behalen. Middels projecten zoals Nationale Proeftuin Precisie Landbouw wordt hier dan ook op ingespeeld en ervaringen mee opgedaan.

## 1.1. Bodem & Precisielandbouw

Een belangrijke factor binnen precisielandbouw is de bodem. Veel van de variatie in opbrengst komt voort uit verschillen in de bodem en hier kan met bijvoorbeeld de bemesting rekening mee gehouden worden. Van oudsher wordt de bodem geanalyseerd door mengmonsters van een perceel te nemen, waarbij circa 1 monster per 5 ha gestoken wordt (afhankelijk van de situatie en regelgeving). Voor precisielandbouw levert dit echter niet voldoende informatie op en zijn er in principe meer monsters nodig. Door het perceel in kleinere blokken op te delen (zogenaamde grid bemonstering) kan het perceel gedetailleerder in kaart gebracht worden, maar de kosten nemen op deze manier snel toe. Om met zo min mogelijk kosten toch zo veel mogelijk informatie te krijgen over de variatie binnen een perceel, zijn er wel andere oplossingen. Een voorbeeld daarvan is het gebruik maken van management zones. Daarbij worden percelen opgedeeld in kleinere zones met min of meer homogene eigenschappen. Op die manier kan met minder grondmonsters toch een goed beeld van de variatie verkregen worden. Deze management zones kunnen op basis van verschillende informatiebronnen tot stand komen. De bodemkaart van Nederland (1:50.000) geeft land dekkend een goed beeld van de bodemopbouw in een gebied, maar is door het schaalniveau niet betrouwbaar genoeg om variatie binnen het perceel inzichtelijk te maken. Wanneer de bodemkaart echter gecombineerd wordt met kennis van de boer, kunnen er in principe al management zones ingedeeld worden. Hoewel de betrouwbaarheid beperkt is, kunnen ondernemers op basis van hun ervaring een redelijke inschatting geven van de variatie binnen het perceel (Heijting et al., 2010). Daarnaast geven hoogtekarten een goede indruk van verschillen binnen het perceel. Onder andere de vochtuithouding en belangrijke processen in de bodem worden gestuurd door de hoogteligging. Hoogtekarten zijn in Nederland gratis beschikbaar, waardoor dit een interessante bron van informatie kan zijn. Ook satellietbeelden, en meer recent de opkomst van dronebeelden, kunnen gebruikt worden om zones binnen het perceel te identificeren.

## 1.2. Bodemscans & metingen

Een andere recente ontwikkeling is de opkomst van diverse bodemscans, waarvan de Veris-scan in de praktijk wellicht de meest bekende is. Dit soort scans kunnen helpen om inzicht te krijgen in de variatie binnen een perceel. In dit geval worden er niet per se management zones gemaakt, maar kaarten met eigenschappen van de bodem zoals pH en organische stofgehaltenes.

Vanuit de ondernemers van Nationale Proeftuin Precisie Landbouw kwam de vraag wat de verschillen tussen de verschillende bodemscans zijn wat betreft betrouwbaarheid en de mogelijke toepassingen van de betreffende scans. Er zijn op het moment diverse leveranciers van deze scans, maar wat er precies mogelijk is, is niet altijd duidelijk voor de praktijk. Door op één perceel een aantal bodemscans met elkaar te vergelijken willen we dit in een praktijksituatie inzichtelijk maken. Hierbij is het uitgangspunt dat de “bodemkaarten” die door de verschillende scans gemaakt worden, gebruikt moeten kunnen worden voor toepassingen zoals variabel bemesten, variabel toepassen van herbiciden en variabel loofdoden.

Hieronder is een lijst te vinden met de verschillende bodemscans die vergeleken zijn binnen het project:

- Passieve Gamma Bodemscanner – E.H. Loonstra
- EM38 – LoonwerkGPS
- Veris scan – Vantage Agrometius
- SoilXplorer - CNH
- Bioscope

### 1.3. Onderzoeksvraag

In dit project is er gekozen om te focussen op informatie over de variatie binnen het perceel op het gebied van organische stof, pH en lutumgehalte. De informatie van de verschillende bodemscans moet als basis kunnen dienen voor variabele toepassingen in toekomstige jaren. De daarbij behorende onderzoeksvraag is als volgt:

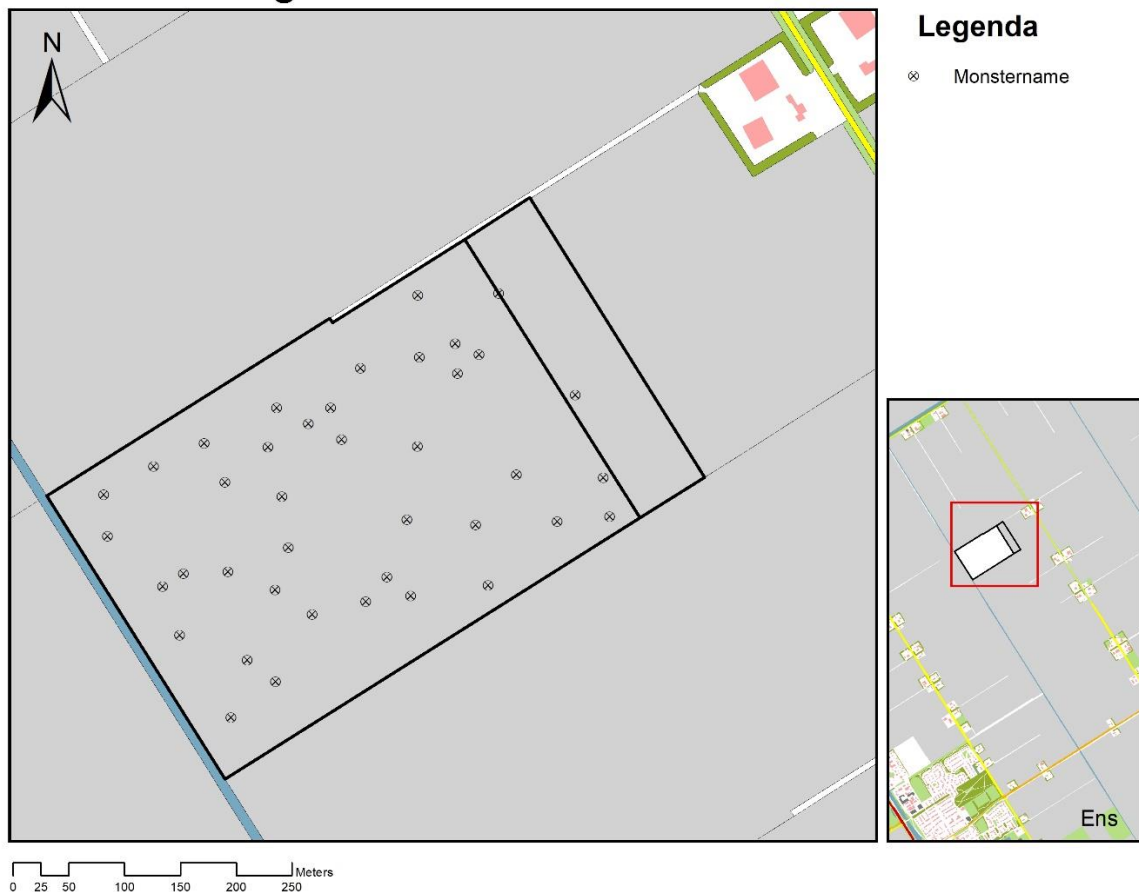
- *Welke bodemscan levert de meest betrouwbare en bruikbare informatie voor precisielandbouw?*

Per bodemscan is er een analyse uitgevoerd naar de betrouwbaarheid van de kaarten en is uiteengezet wat de mogelijkheden zijn van de kaarten voor precisielandbouwtoepassingen.

## 2 Materiaal en methode

Om de betrouwbaarheid van de bodemscans te analyseren zijn er op een perceel, circa 14 ha groot, in Ens bij akkerbouwbedrijf Sturm in augustus 2018 een aantal bodemscans uitgevoerd. Door de zeer droge omstandigheden in de zomer moest de Verisscan van Agrometius in het najaar opnieuw uitgevoerd worden, omdat de kwaliteit van de meting onder deze omstandigheden niet gegarandeerd kon worden. In dezelfde periode zijn op het perceel grondmonsters genomen ter referentie van de kaarten. De ligging van het perceel en de locatie van monsternamen zijn te zien in figuur 2.1. De monster locaties zijn met een RTK-gps in het veld bepaald en de monsters zijn in een straal van 1 tot 2 meter rondom het punt gestoken (mengmonster van circa 20 steken tot 25 cm diep).

### Bemonstering locaties



**Figuur 2.1: Ligging van het onderzoeksperceel met de locaties van de grondmonsters ter referentie van de betrouwbaarheid van de verschillende bodemscans.**

In het gebied waar dit perceel gelegen is komt jonge zeeklei voor met wisselende kleigehalten. Daarnaast kan in het gebied ook veen en keileem in de ondergrond voorkomen wat de grond in deze regio vrij heterogeen maakt. Op de bodemkaart van Nederland wordt de bodem aangeduid met de code Mn15A. Dit wijst erop dat de grond vooral bestaat uit lichte zavel, kalkrijk is en een homogene profielopbouw heeft. Via bodemdata.nl is een recente beschrijving van de bodemopbouw opgevraagd van een perceel in de buurt van het onderzoeksperceel (zie tabel 2.1). Hieruit valt af te lezen dat de veenlaag hier vrij diep in de ondergrond aanwezig is en weinig invloed zal hebben op de eigenschappen van de bodem. Verder wordt bevestigd dat het gebied vooral bestaat uit lichte zavelgronden met 2 á 3 % o.s. en een kalkrijke bovengrond.

Tabel 2.1: Profielbeschrijving van een boorpunt in de buurt van het onderzochte perceel.

boorpunt	laag nr	boven-grens	onder-grens	hor. code	geo info	veen-soort	org. stof %	lutum %	leem %	M50	kalk	rijping
		cm-mv	cm-mv							um		
BPK.3312 63 jaar: 2017 X - Y: 185910 - 519011	1	0	35	Ap	Marien		2.5	18			kalkrijk	gerijpt
	2	35	65	Cu	Marien		0.5	10			kalkrijk	gerijpt
	3	65	95	Cg	Marien		0.5	18			kalkrijk	gerijpt
	4	95	130	Cgr	Marien		1	12			kalkrijk	gerijpt
	5	130	170	Cr	Marien		8	12			kalkarm	gerijpt
	6	170	305	Cr	Moerig	Overig veen	50	12			kalkloos	
	7	305	310	Cr	Eolisch en Fluvio-periglacial		1	4	6	140	kalkloos	

bodemdata.nl

Door diverse leveranciers zijn bodemscans of remote-sensing beelden van het betreffende perceel gemaakt. Daarbij is gevraagd om, indien mogelijk, kaarten van de pH, het organische stofgehalte en het lutumgehalte op te leveren.

De kaarten zullen in het hoofdstuk resultaten per leverancier toegelicht worden, waarbij ingegaan wordt op de bruikbaarheid van de kaarten en de mogelijke toepassingen. Daarnaast zijn de kaarten, voor zover mogelijk, geanalyseerd op betrouwbaarheid ten aanzien van de pH, het o.s.-gehalte en het lutumgehalte. Dit is gedaan door de kaarten van de bodemscans te vergelijken met de 40 referentiemonsters (figuur 2.1) en de RMSE te bepalen. De RMSE is een maat voor de gemiddelde fout van de kaart ten opzichte van een referentiemonster waarvan de waarde bekend is. De locatie van de referentiemonsters is bepaald aan de hand van 'simple random sampling'. De monsters zijn geanalyseerd door Eurofins-Agro in Wageningen.

### 3 Resultaten

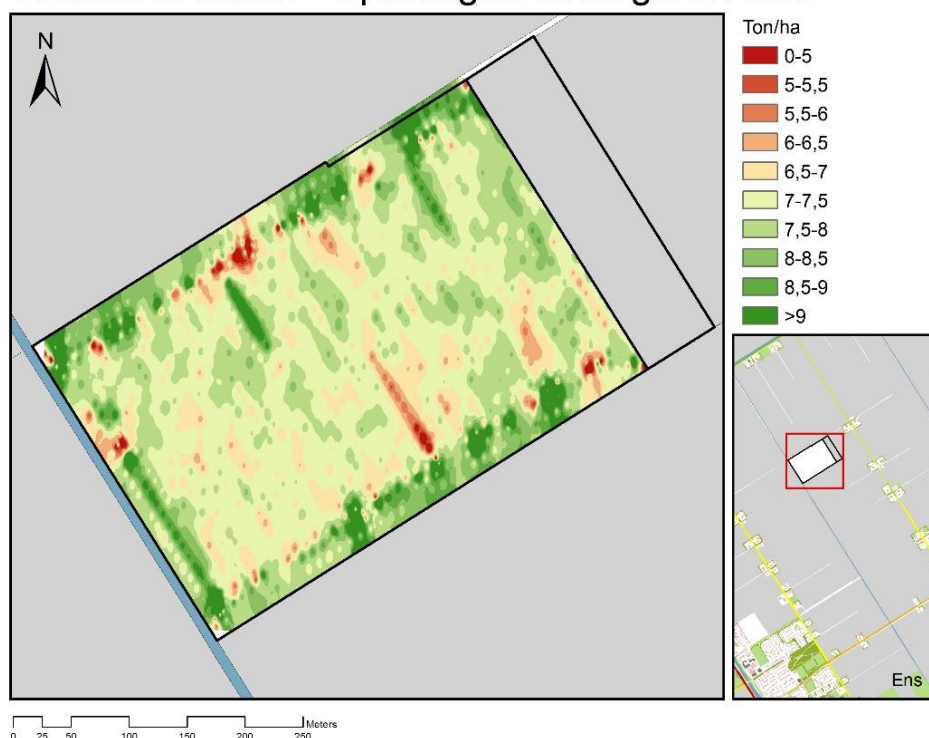
Voordat er ingegaan wordt op de diverse kaarten van de bodemscans zal hieronder eerst een algemeen beeld gegeven worden van de variatie van de grond binnen het perceel. Deze gegevens zijn gebaseerd op de 40 grondmonsteranalyses die gebruikt zijn voor de validatie van de kaarten. In tabel 3.1 zijn een aantal statistische gegevens te vinden van de grondanalyses binnen het perceel t.a.v. pH, o.s. en lutumgehalte. Opvallend is dat de variatie in het perceel niet erg groot is. Alleen het o.s.-gehalte heeft een noemenswaardige spreiding van 2,1% tot 3,6%, maar het merendeel van de monsters heeft een waarde lager dan 3%. De pH varieert van 7,2 tot 7,6 waarbij de meeste monsters rond de 7,4 zitten. De spreiding van het lutumgehalte is met een standaarddeviatie van ruim 1% erg klein en benaderd waarschijnlijk de meetfout. De verwachte heterogeniteit, zoals in hoofdstuk 2 aangegeven, blijkt in de bovengrond dus toch erg mee te vallen.

**Tabel 3.1: Algemene gegevens van de grondanalyses.**

	pH	OS	Lutum
Gemiddelde	7,39	2,46	9,45
Standaard dev.	0,08	0,30	1,09
Mediaan	7,40	2,40	9,00
Max.	7,6	3,60	11,00
Min.	7,2	2,10	6,00

In figuur 3.1 is de opbrengstkaart van het perceel te zien zoals die gemeten is met de combine voorafgaand aan de uitvoering van de bodemscans. Deze opbrengstkaart kan helpen om de verschillen binnen het perceel te duiden.

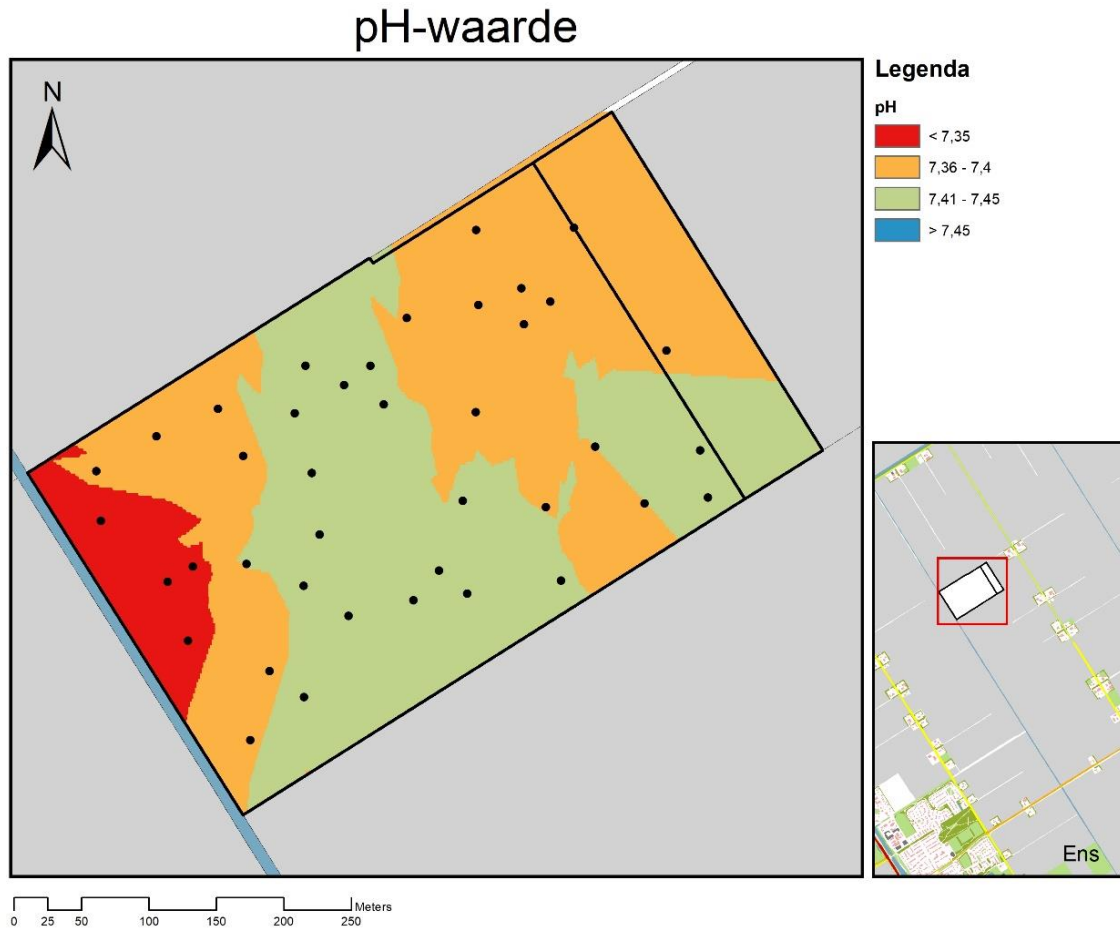
#### Huiskavel Sturm - Opbrengst Zomergerst 2018



**Figuur 3.1: Opbrengstkaart van het perceel gemeten door de combine vlak voor de uitvoering van de bodemscans.**

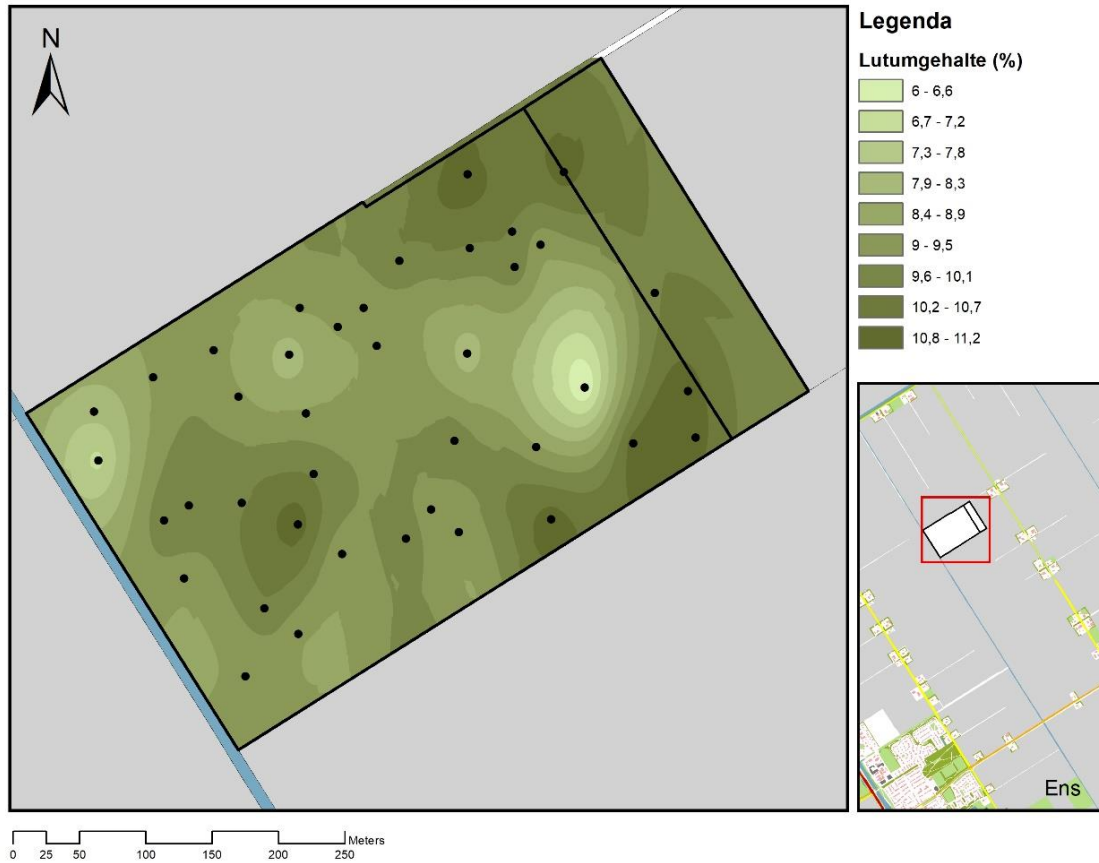


In afbeeldingen 3.2, 3.3 en 3.4 zijn de waarden van de referentiemonsters geïnterpoleerd (standaard Kriging methode) voor de pH-waarde, het o.s.-gehalte en het lutumgehalte. Deze kaartjes geven een schatting van de werkelijke waardes binnen het perceel op basis van de 40 referentiemonsters. Op zekere afstand van de referentiemonsters neemt de betrouwbaarheid van de schatting echter af en bovendien is er altijd sprake van een bepaalde achtergrondvariatie die onvoorspelbaar is. De verwachte variantie van de geïnterpoleerde waarde is voor het o.s.-gehalte en het lutumgehalte in een aparte kaart weergegeven. Die waarde geeft aan hoe betrouwbaar de schatting op een bepaalde locatie is (hoge waarden zijn hierbij minder betrouwbaar). De variantie van de pH interpolatie kaart is voor de gehele kaart kleiner dan 0,01.

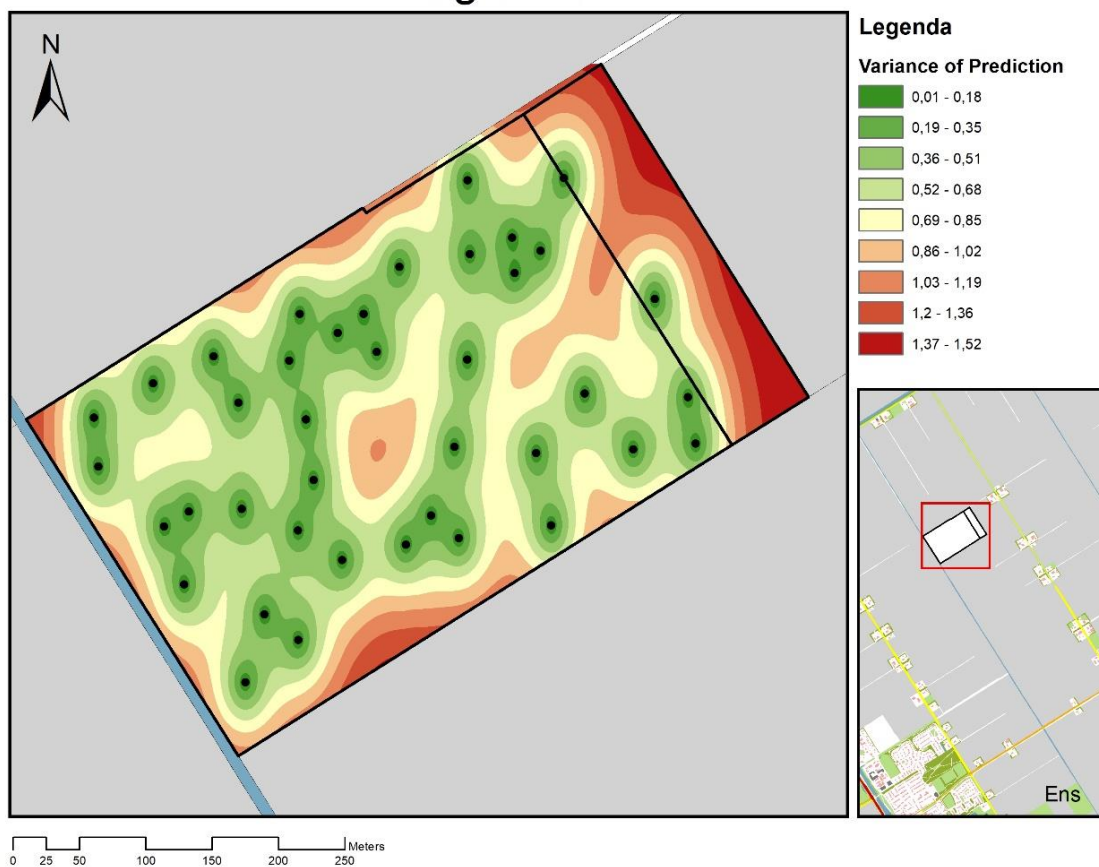


**Figuur 3.2: Berekende pH-waarde op basis van de 40 referentiemonsters middels Kriging.**

## Lutum-gehalte

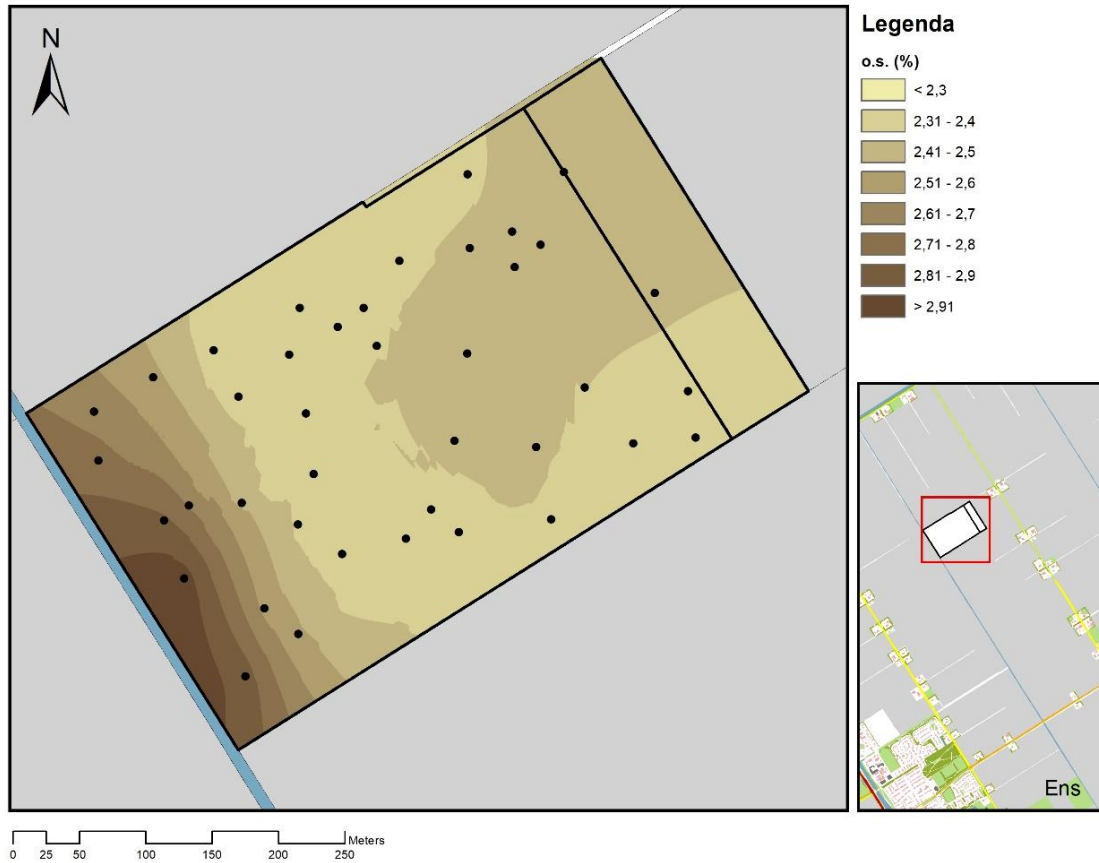


## Lutum-gehalte

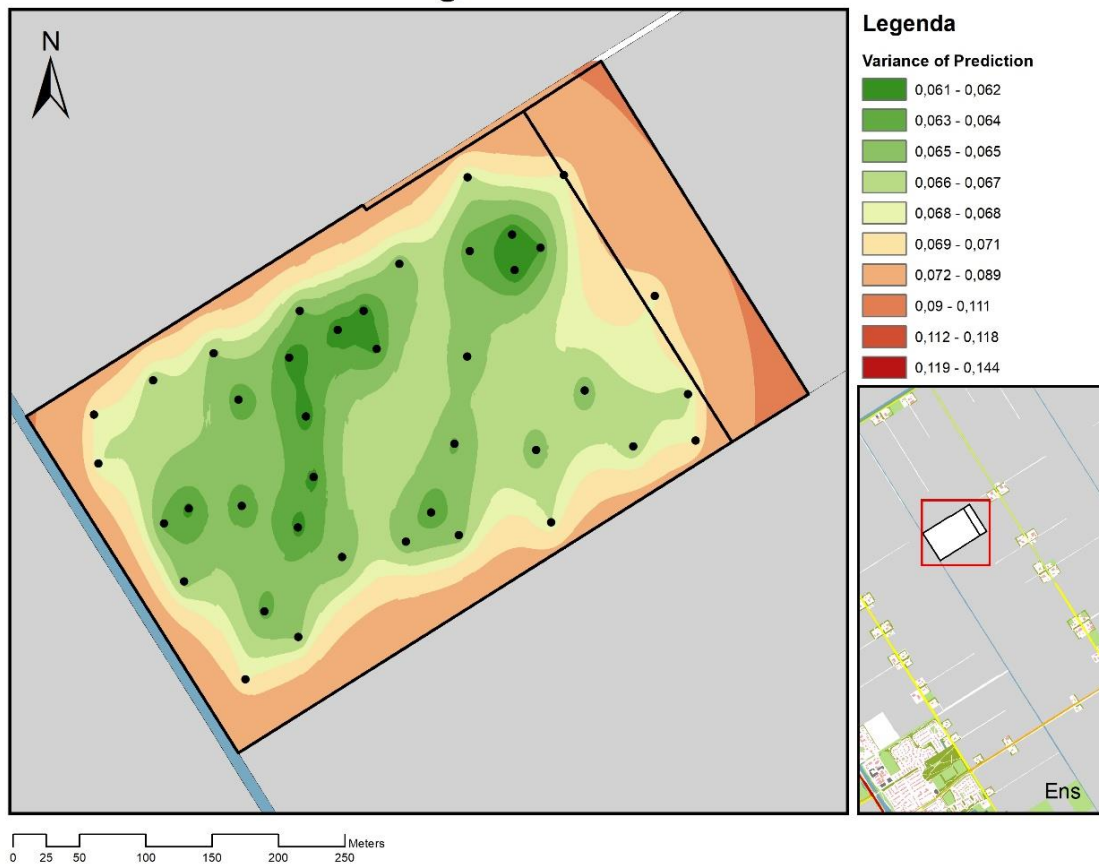


**Figuur 3.3: Berekend lutumgehalte op basis van de 40 referentiemonsters middels Kriging (bovenste kaart) en verwachte variantie (onderste kaart).**

## O.S.-gehalte



## O.S.-gehalte

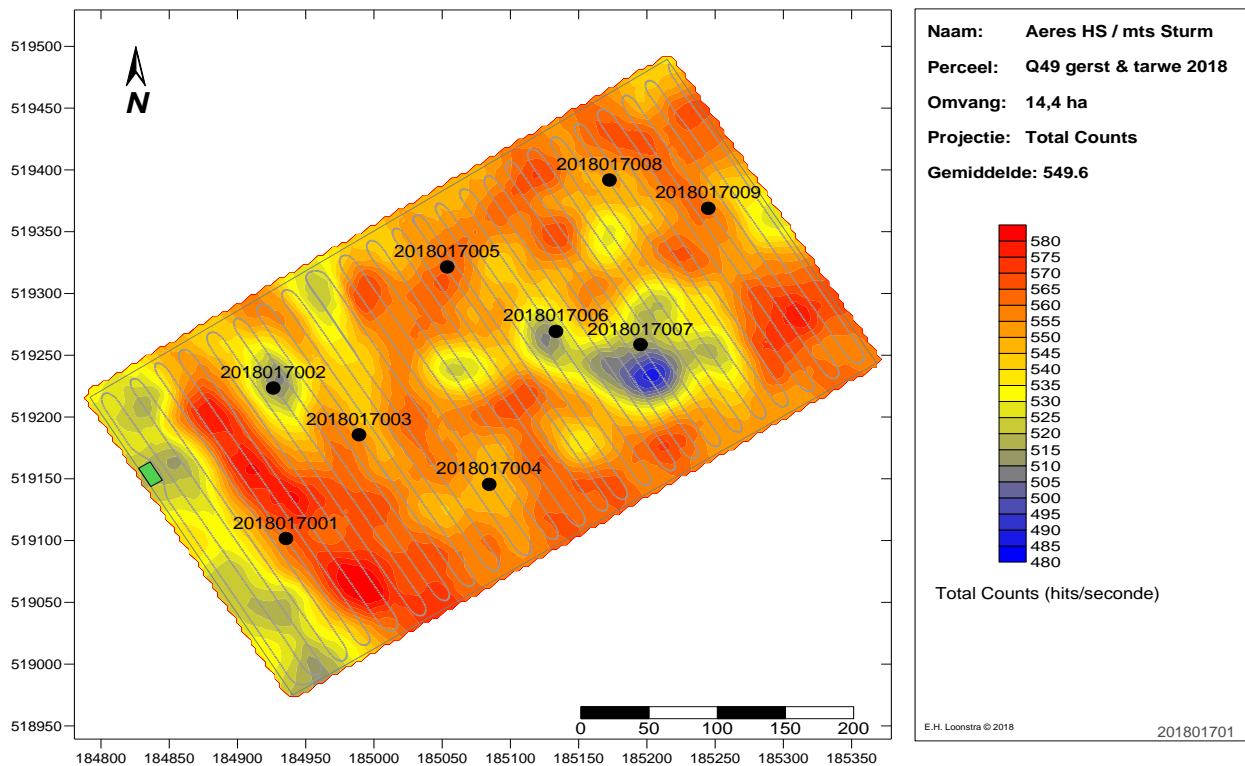


**Figuur 3.4: Berekend o.s.-gehalte op basis van de 40 referentiemonsters middels Kriging (bovenste kaart) en verwachte variantie (onderste kaart).**

### 3.1. Passieve Gamma Bodemscanner – E.H. Loonstra

E.H. Loonstra gebruikt een passieve gamma sensor in combinatie met grondmonsters om diverse kaarten van een perceel te produceren. De scantechniek is een voortzetting van de bodemscanner de Mol zoals die in 2001 door The Soil Company is ontwikkeld. De scanner meet de gammastraling afkomstig van de bodem in het bereik van 0-3MeV. In bijlage I is de gehele rapportage voor dit perceel terug te vinden. De rapportage bestaat uit een aantal algemene kaarten van het perceel met de hoogteligging, de grondsoort en de gemeten gammastraling, een aantal nutriënten kaarten, textuur kaarten en risico kaarten.

De gammastraling kaart “Total Counts” (optelsom van alle gemeten gammadeeltjes) is weergegeven in figuur 3.5 en geeft de variatie in bodemsamenstelling in het perceel weer. De gemeten gammadeeltjes (radionucliden genaamd) zijn gerelateerd aan de geologische oorsprong en leeftijd van de bodem en de ontstane samenstelling van de bodem als gevolg van verwerking. Met de Total Counts kaart worden locaties voor referentie grondmonsters geselecteerd. Door de uitslagen van de grondmonsters te relateren aan de verschillende pieken in het gammaspectrum kunnen diverse afgeleide kaarten opgesteld worden. Zo zijn er in de rapportage kaarten te vinden van N-totaal, Pw, K-getal, magnesium en CaCO<sub>3</sub>. Naast deze nutriëntenkaarten zijn er nog een aantal kaarten te vinden die betrekking hebben op de textuur van de bodem zoals het zand en kleigehalte of de bulkdichtheid. Aan het eind zijn een aantal kaarten te vinden gericht op risico's voor de bodem zoals uitspoeling of slempgevoeligheid van de grond. De scan levert op deze manier dus een breed inzicht in de eigenschappen van de bodem.

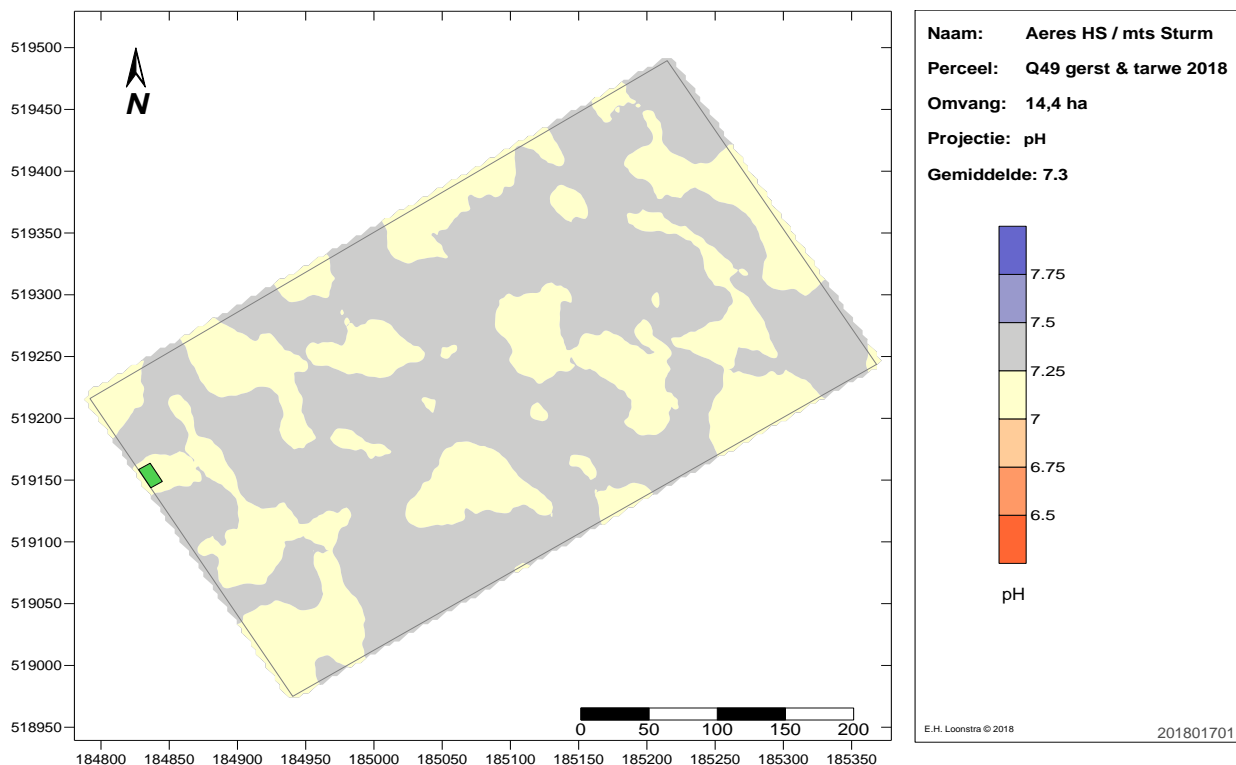


**Figuur 3.5: Kaart van de gemeten gammastraling op het perceel.**

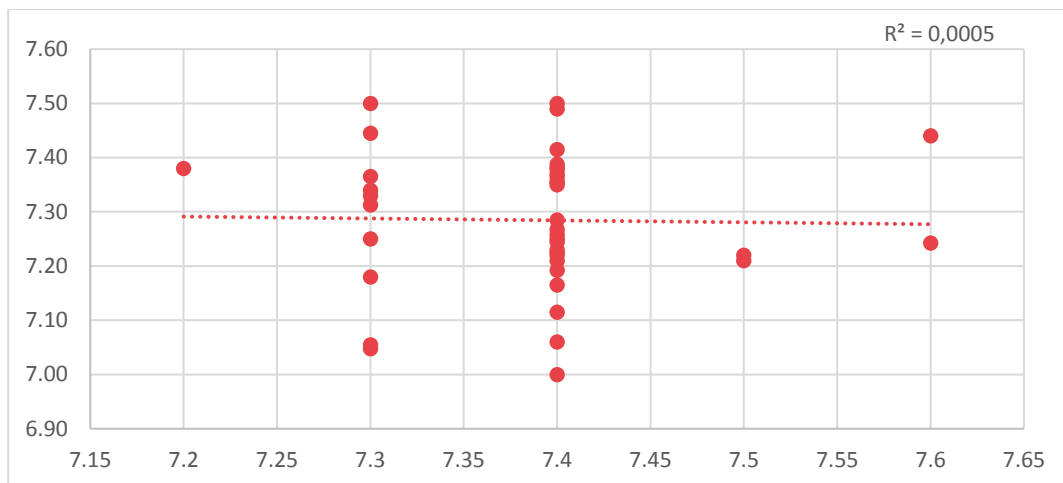
In dit onderzoek is de betrouwbaarheid van de kaarten met de pH, het o.s.-gehalte en het lutumgehalte geanalyseerd en hieronder zijn per kaart de resultaten beschreven.

3.1.1. 3.1.1 pH-kaart

Hieronder is de pH-kaart van de bodemscan van E.H. Loonstra weergegeven met daaronder een spreidingsgrafiek waarbij de waarden van de 40 referentiemonsters zijn uitgezet tegen de waarden op de kaart van de bodemscan. De pH-waarden volgens de bodemscan hebben een minimum van 7,0 en een maximum van 7,5 (op de locatie van de referentiemonsters). De RMSE is in dit geval **0,178**.



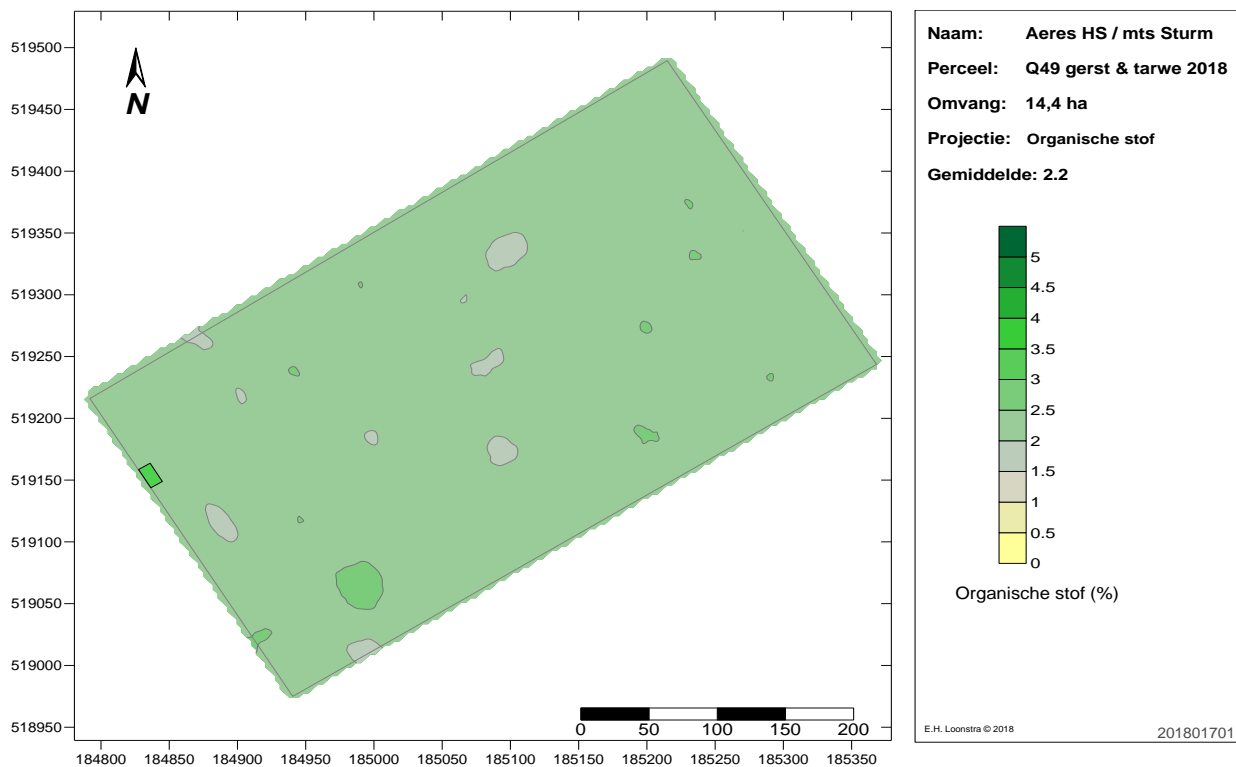
Figuur 3.6: pH-waardes van het perceel op basis van de bodemscan van E.H. Loonstra.



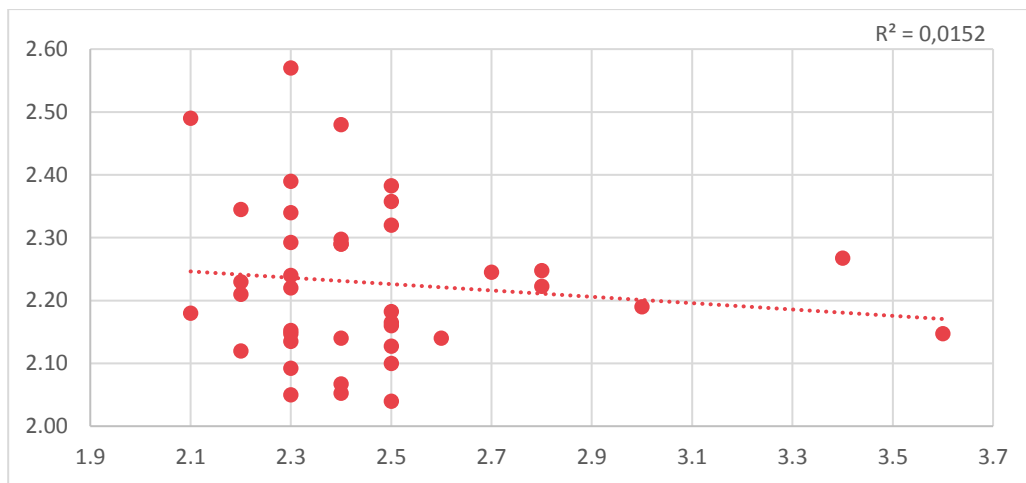
Figuur 3.7: Spreidingsgrafiek van de waarden van de pH volgens de referentiemonsters (x-as) tegen de waarden van de bodemscan kaart (y-as).

3.1.2. 3.1.2 O.S.-kaart

Hieronder is de o.s.-kaart van de bodemscan van E.H. Loonstra weergegeven met daaronder een spreidingsgrafiek waarbij de waarden van de 40 referentiemonsters zijn uitgezet tegen de waarden op de kaart van de bodemscan. De o.s.-waarden volgens de bodemscan hebben een minimum van 2,04 en een maximum van 2,57 (op de locatie van de referentiemonsters). De RMSE is in dit geval **0,413**.



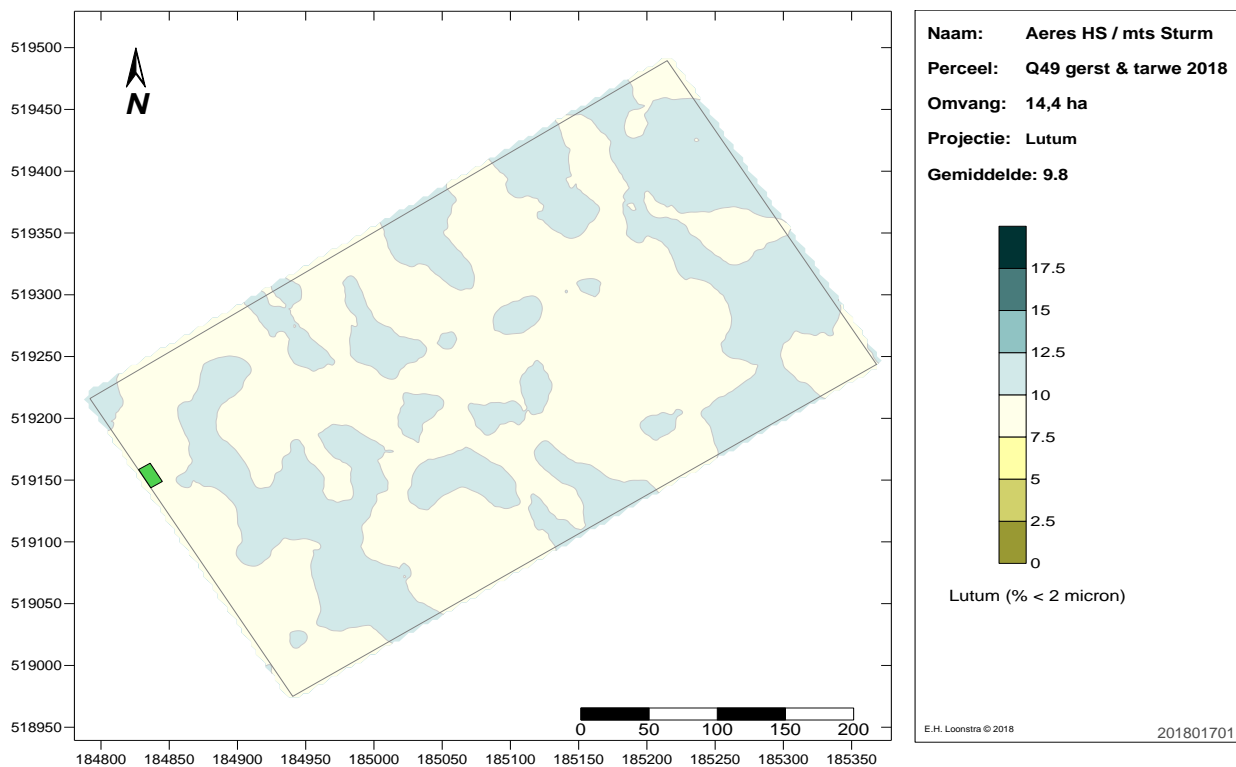
Figuur 3.8: O.S.-gehalten van het perceel op basis van de bodemscan van E.H. Loonstra.



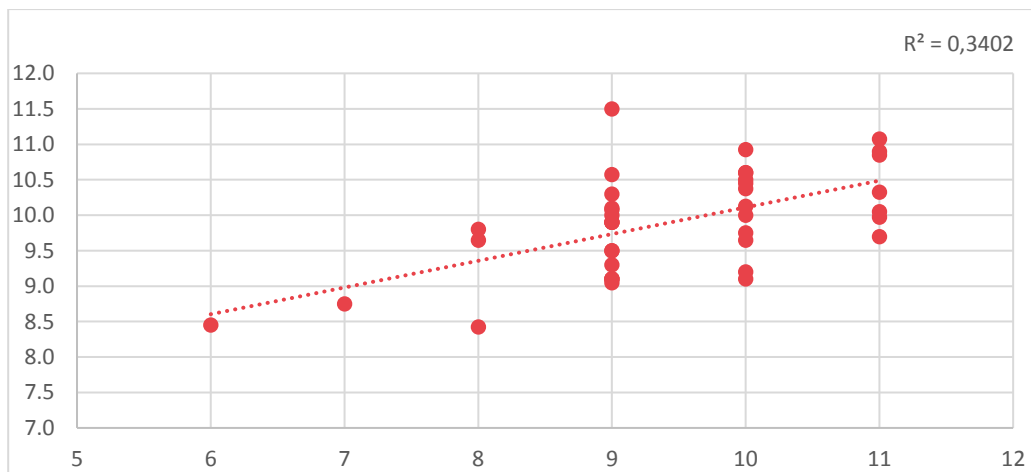
Figuur 3.9: Spreidingsgrafiek van de waarden van het o.s.-gehalte volgens de referentiemonsters (x-as) tegen de waarden van de bodemscan kaart (y-as).

### 3.1.3. 3.1.3 Lutum-kaart

Hieronder is de lutum-kaart van de bodemscan van E.H. Loonstra weergegeven met daaronder een spreidingsgrafiek waarbij de waarden van de 40 referentiemonsters zijn uitgezet tegen de waarden op de kaart van de bodemscan. De lutum-waarden volgens de bodemscan hebben een minimum van 8,4 en een maximum van 11,5 (op de locatie van de referentiemonsters). De RMSE is in dit geval 1,000.



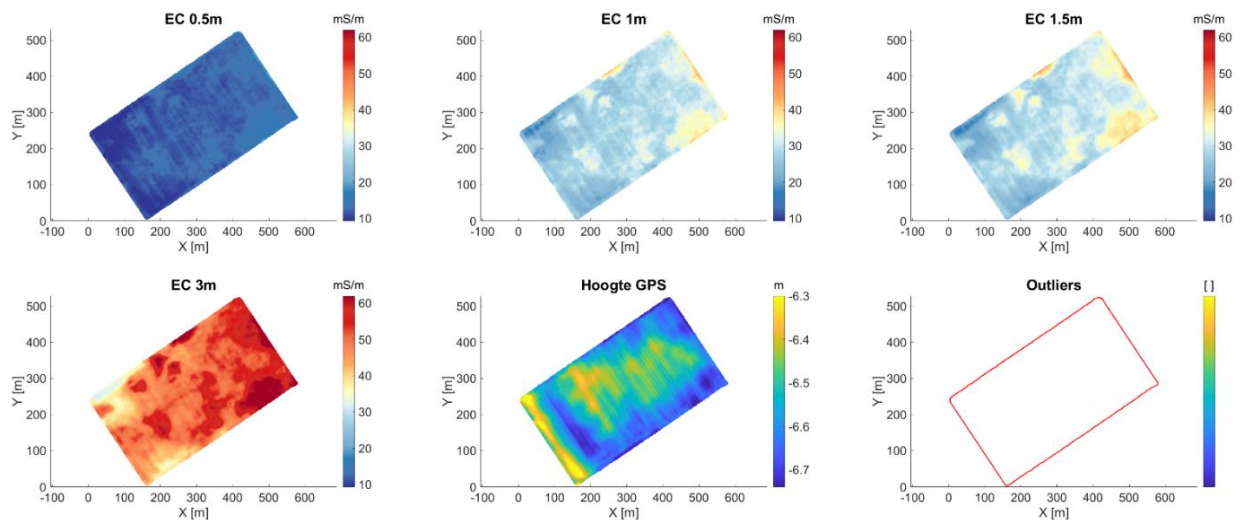
Figuur 3.10: Lutumgehalten van het perceel op basis van de bodemscan van E.H. Loonstra.



Figuur 3.11: Spreidingsgrafiek van de waarden van het lutumgehalte volgens de referentiemonsters (x-as) tegen de waarden van de bodemscan kaart (y-as).

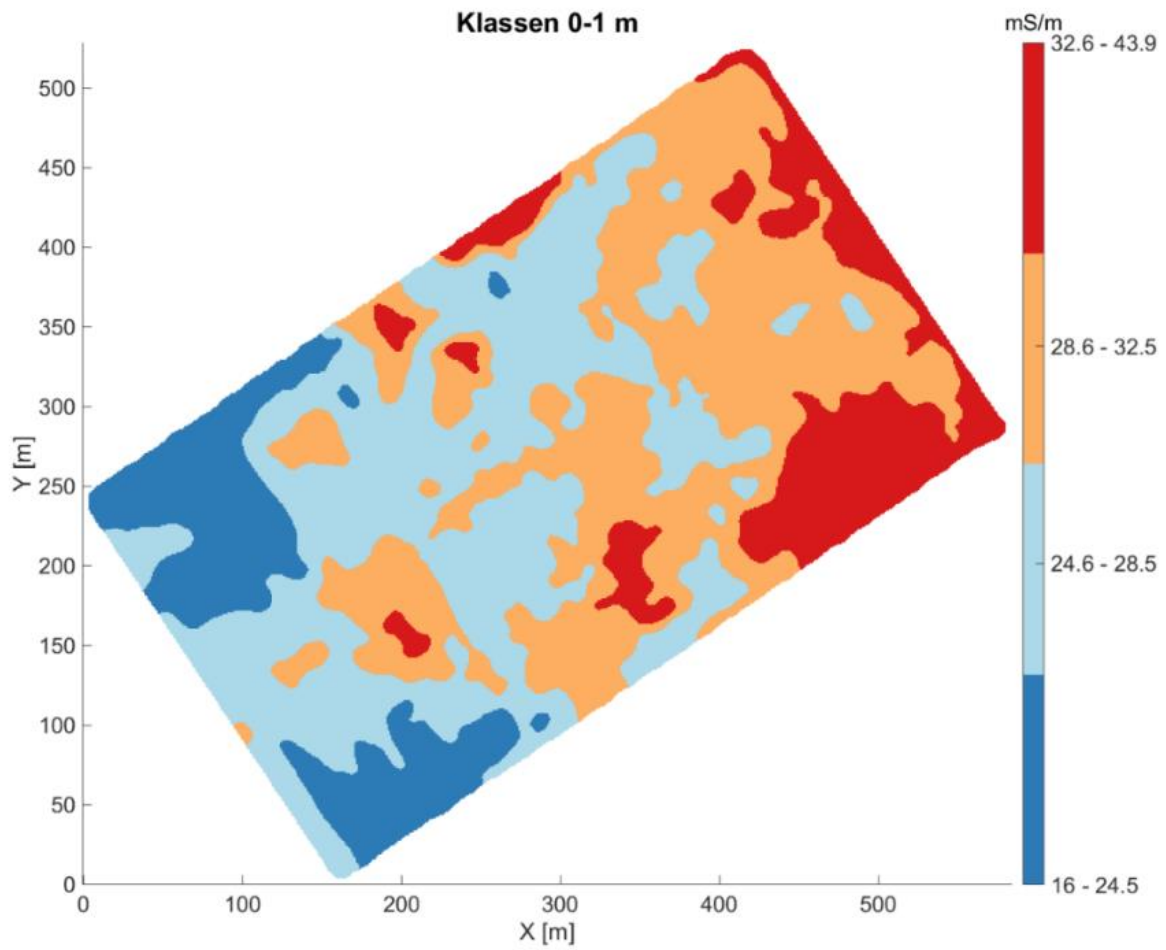
### 3.2. EM38 – LoonwerkGPS

De bodemscan van LoonwerkGPS is uitgevoerd met behulp van een DUALEM-21S sensor. In bijlage II is de gehele rapportage te vinden inclusief een toelichting op de werking van de scan. In het kort komt het er op neer dat deze scan de bodemgeleidbaarheid meet over 4 verschillende dieptes (0-0.5m, 0-1m, 0-1.5m en 0-3m). De geleidbaarheid van de grond is afhankelijk van een aantal factoren in de bodem. Over het algemeen is de geleidbaarheid hoger naarmate er meer klei, vocht, o.s. en/of zouten in de grond zitten. In figuur 3.12 is een overzicht te vinden van de geproduceerde bodemgeleidbaarheidskaarten voor de verschillende bodemdieptes, aangevuld met de hoogtkaart. Daarnaast wordt standaard een kaart geleverd van de hoogtkaart met afstroomlijnen van het water om inzicht te krijgen in de vochthuishouding op het perceel en een kaart met een klassenverdeling van de geleidbaarheid (zie figuur 3.13). Deze laatste kaart kan gebruikt worden om locatie specifiek, per zone, grondmonsters te nemen of een profielkuil te graven. Voor dit project zijn op basis van deze kaart grondmonsters genomen en door vertaald naar kaarten voor de pH, het o.s.-gehalte en het lutumgehalte. In dit onderzoek is de betrouwbaarheid van deze kaarten geanalyseerd en in de volgende paragrafen zijn per kaart de resultaten beschreven.



Figuur 3.12: Kaarten van de bodemscan van LoonwerkGPS zoals standaard opgenomen in de rapportage.

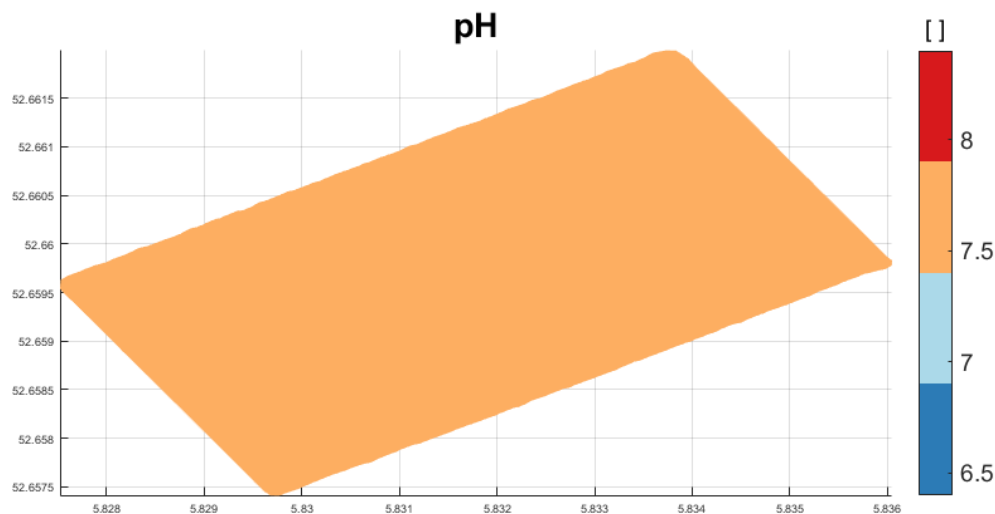




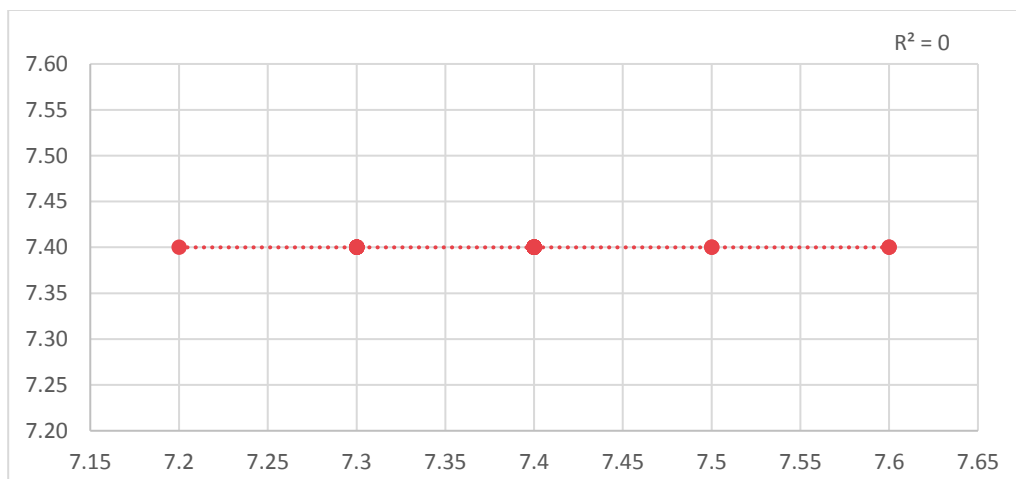
**Figuur 3.13:** Kaart met de klassenverdeling op basis van de geleidbaarheid van de grond.

### 3.2.1. 3.2.1 pH-kaart

Hieronder is de pH-kaart van de bodemscan van LoonwerkGPS weergegeven met daaronder een spreidingsgrafiek waarbij de waarden van de 40 referentiemonsters zijn uitgezet tegen de waarden op de kaart van de bodemscan. De pH-waarden volgens de bodemscan hebben allemaal een waarde van 7,4 (op de locatie van de referentiemonsters). De RMSE is in dit geval **0,077**.



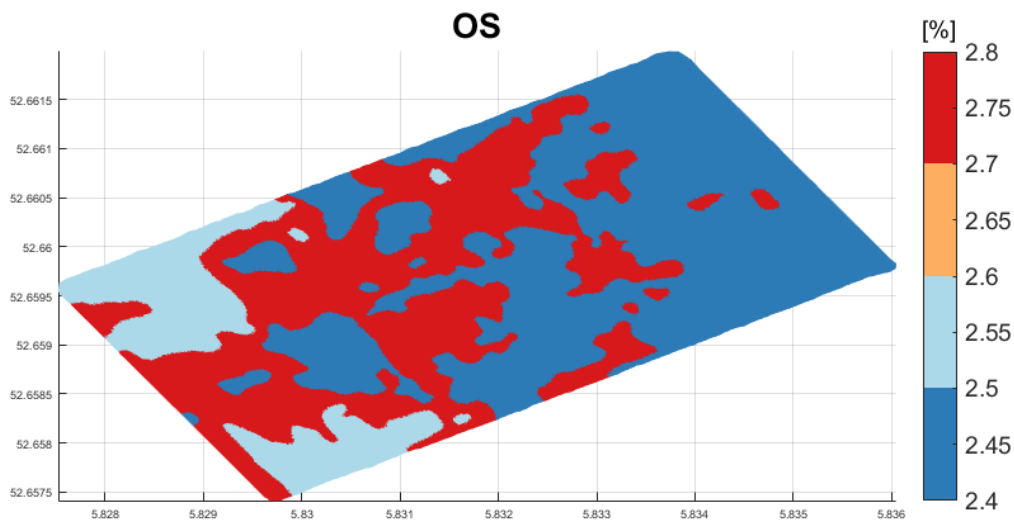
Figuur 3.14: pH-waardes van het perceel op basis van de bodemscan van LoonwerkGPS.



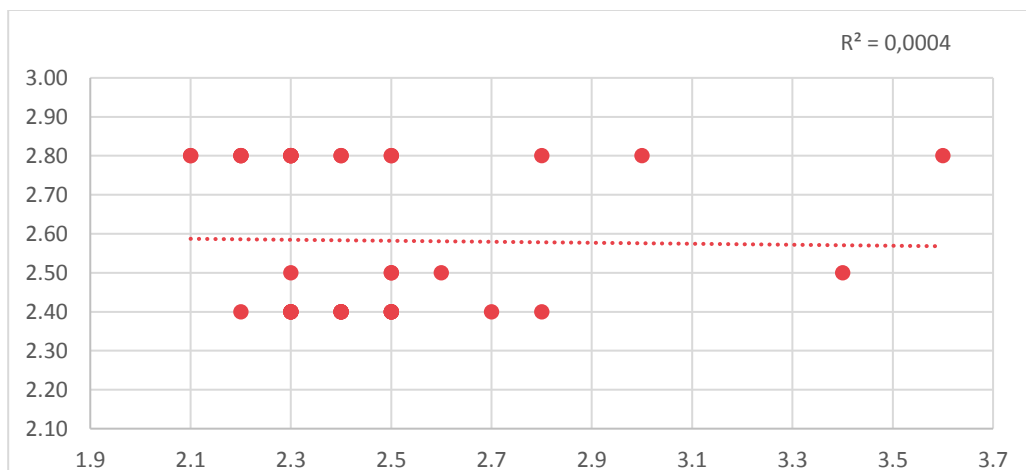
Figuur 3.15: Spreidingsgrafiek van de waarden van de pH volgens de referentiemonsters (x-as) tegen de waarden van de bodemscan kaart (y-as).

### 3.2.2. 3.2.2 O.S.-kaart

Hieronder is de o.s.-kaart van de bodemscan van LoonwerkGPS weergegeven met daaronder een spreidingsgrafiek waarbij de waarden van de 40 referentiemonsters zijn uitgezet tegen de waarden op de kaart van de bodemscan. De o.s.-waarden volgens de bodemscan hebben een minimum van 2,4 en een maximum van 2,8 (op de locatie van de referentiemonsters). De RMSE is in dit geval **0,379**.



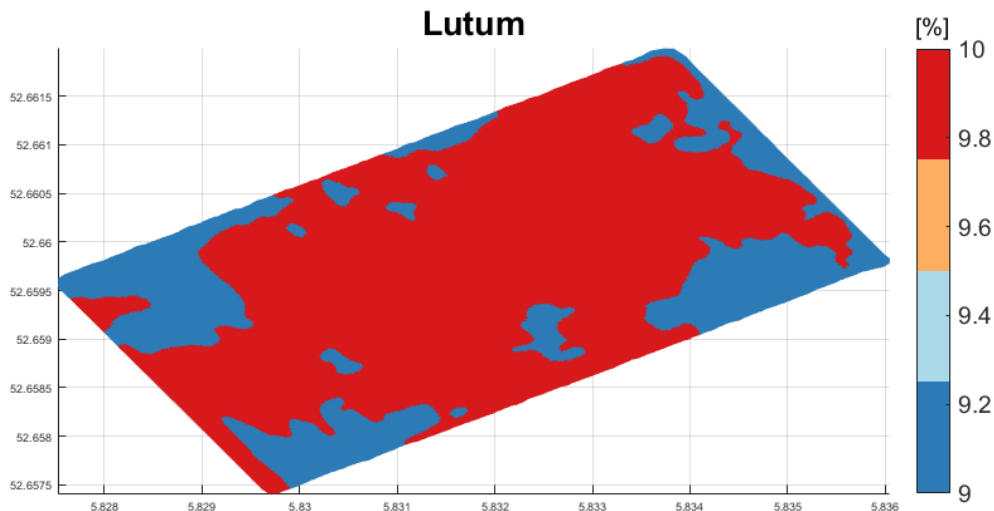
**Figuur 3.16: O.S.-gehaltes van het perceel op basis van de bodemscan van LoonwerkGPS.**



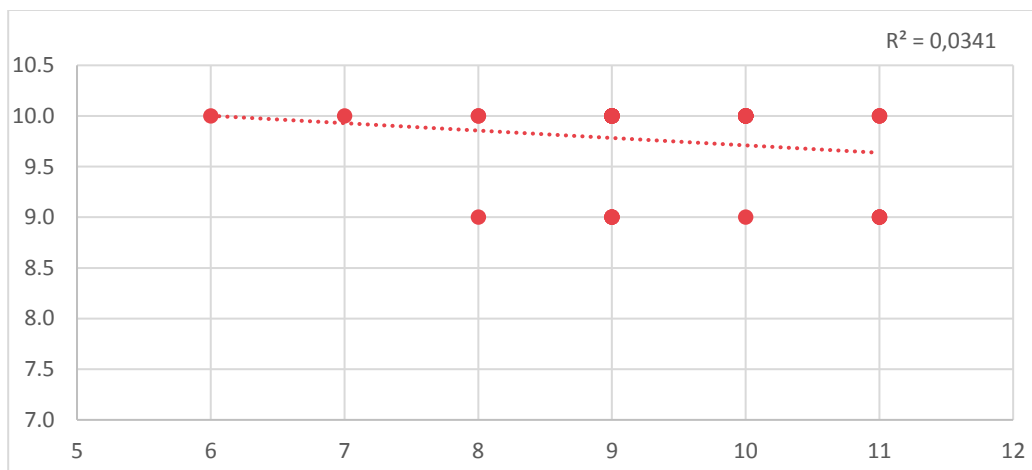
**Figuur 3.17: Spreidingsgrafiek van de waarden van de o.s.-gehaltes volgens de referentiemonsters (x-as) tegen de waarden van de bodemscan kaart (y-as).**

### 3.2.3. 3.2.3 Lutum-kaart

Hieronder is de lutum-kaart van de bodemscan van LoonwerkGPS weergegeven met daaronder een spreidingsgrafiek waarbij de waarden van de 40 referentiemonsters zijn uitgezet tegen de waarden op de kaart van de bodemscan. De lutum-waarden volgens de bodemscan hebben een minimum van 9,0 en een maximum van 10,0 (op de locatie van de referentiemonsters). De RMSE is in dit geval **1,285**.



**Figuur 3.18:** Lutumgehalten van het perceel op basis van de bodemscan van LoonwerkGPS.



**Figuur 3.19:** Spreidingsgrafiek van de waarden van de lutumgehalten volgens de referentiemonsters (x-as) tegen de waarden van de bodemscan kaart (y-as).

### 3.3. Veris scan – Vantage Agrometius

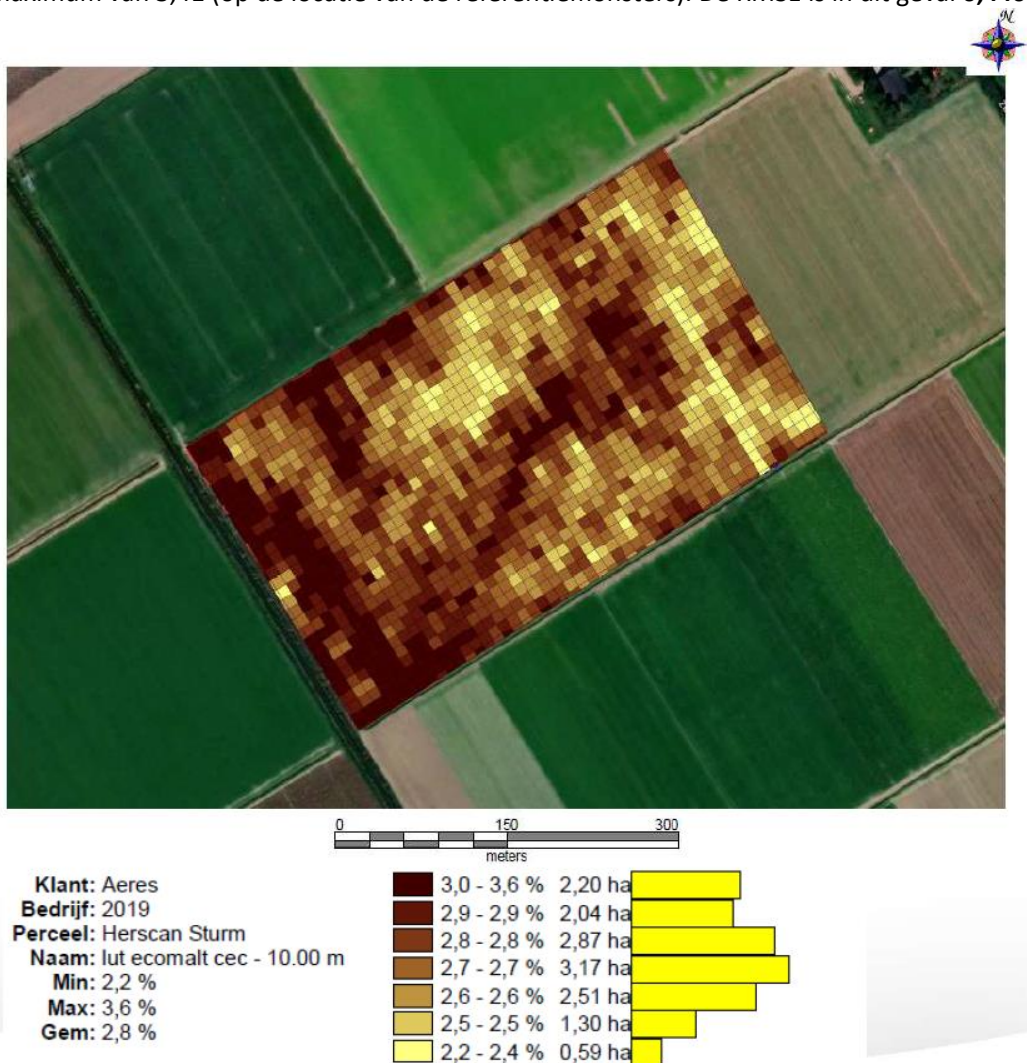
De Veris-scan meet de geleidbaarheid in de grond op de dieptes 0-30 cm en 0-90 cm. De geleidbaarheid van de grond is afhankelijk een aantal factoren in de bodem. Over het algemeen is de geleidbaarheid hoger naarmate er meer klei, vocht, o.s. en/of zouten in de grond zitten. Daarnaast is de Veris-scan uitgerust met extra sensoren om de pH (alleen op zand) en o.s.-gehalte te meten.

Op basis van de scan en een aantal grondmonsters worden verschillende kaarten voor het perceel geleverd. Op kleigronden zijn dat kaarten met het o.s.-gehalte, lutumgehalte, CEC, EC 0-30 cm en EC van 0-90 cm, aangevuld met een hoogtekaart. In bijlage III is de gehele rapportage terug te vinden. In dit onderzoek is de betrouwbaarheid van de kaarten met het o.s.-gehalte en het lutumgehalte geanalyseerd en in de volgende paragrafen zijn per kaart de resultaten beschreven.

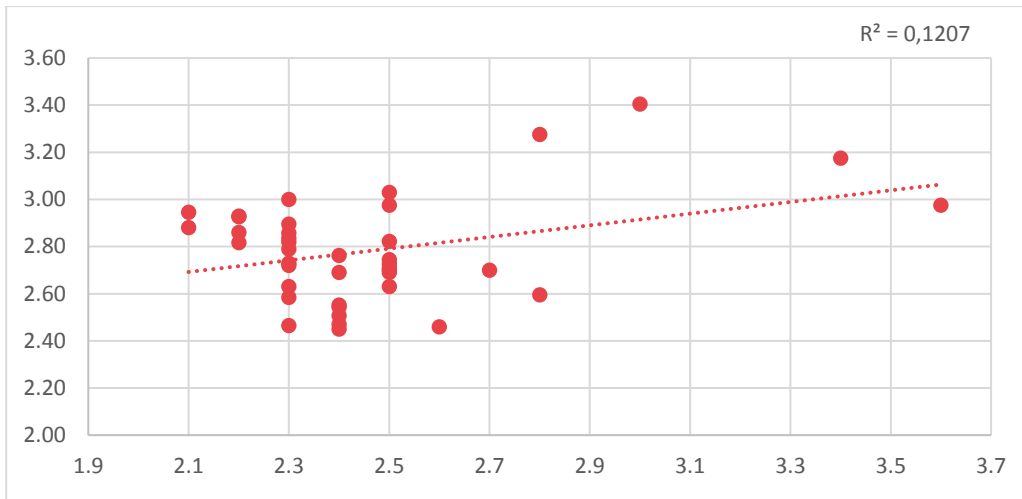
Naast het scannen van de bodem en het leveren van de resultaten worden de resultaten samen met Agrifrim besproken op het bedrijf, rekening houdend met het bouwplan wordt er op maat geadviseerd. De adviezen worden omgezet in taakkaarten (op maat voor het beschikbare GPS systeem) en gebruikers van deze taakkaarten worden ondersteund bij het inlezen van deze taakkaarten en het instellen van GPS systeem en machine.

#### 3.3.1. 3.2.1 O.S.-kaart

Hieronder is de lutum-kaart van de bodemscan van Veris weergegeven met daaronder een spreidingsgrafiek waarbij de waarden van de 40 referentiemonsters zijn uitgezet tegen de waarden op de kaart van de bodemscan. De o.s.-waarden volgens de bodemscan hebben een minimum van 2,45 en een maximum van 3,41 (op de locatie van de referentiemonsters). De RMSE is in dit geval **0,440**.



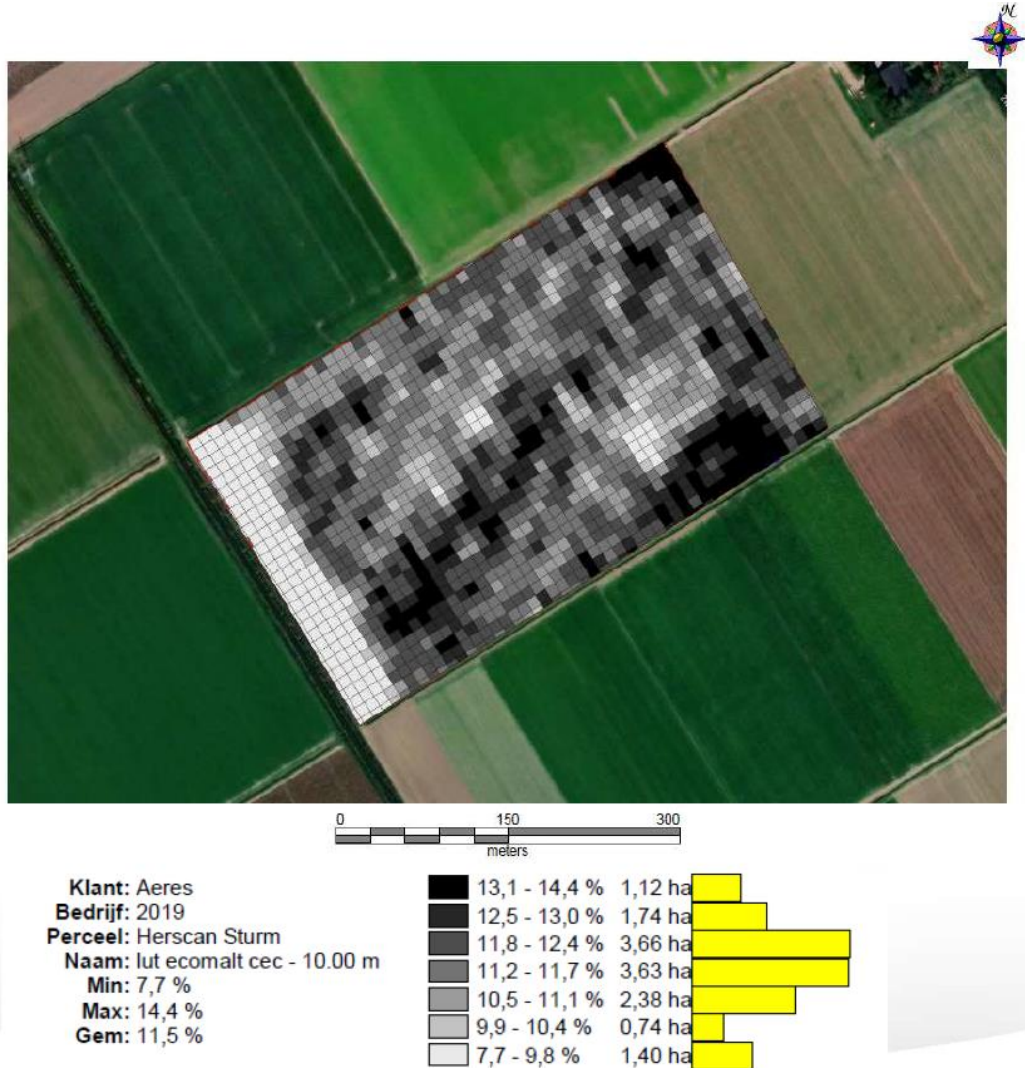
Figuur 3.20: O.S.-gehaltes van het perceel op basis van de bodemscan van Veris.



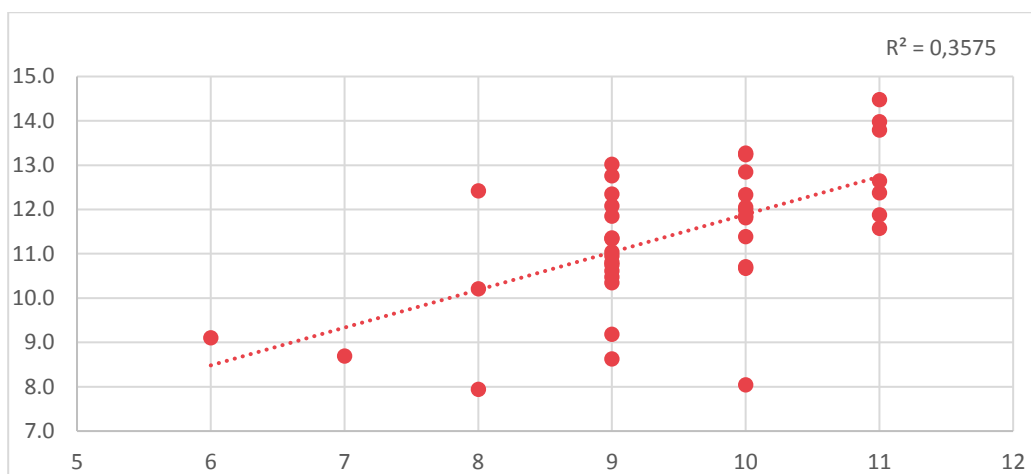
**Figuur 3.21: Spreidingsgrafiek van de waarden van de o.s.-gehalten volgens de referentiemonsters (x-as) tegen de waarden van de bodemscan kaart (y-as).**

3.3.2. 3.2.3 Lutum-kaart

Hieronder is de lutum-kaart van de bodemscan van Veris weergegeven met daaronder een spreidingsgrafiek waarbij de waarden van de 40 referentiemonsters zijn uitgezet tegen de waarden op de kaart van de bodemscan. De lutum-waarden volgens de bodemscan hebben een minimum van 7,9 en een maximum van 14,5 (op de locatie van de referentiemonsters). De RMSE is in dit geval **2,339**.



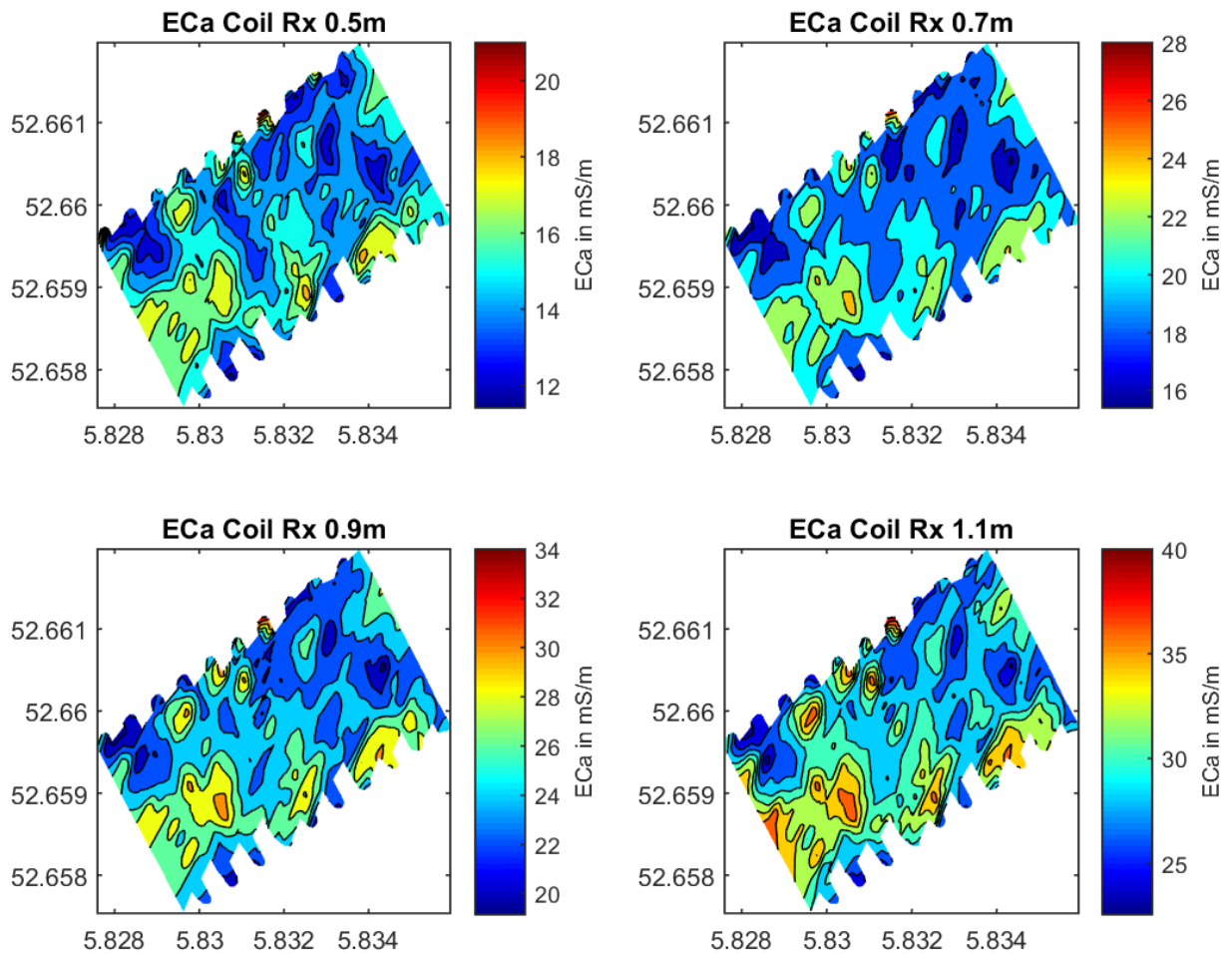
Figuur 3.22: Lutumgehalten van het perceel op basis van de bodemscan van Veris.



Figuur 3.23: Spreidingsgrafiek van de waarden van de lutumgehalten volgens de referentiemonsters (x-as) tegen de waarden van de bodemscan kaart (y-as).

### 3.4. SoilXplorer – CNH

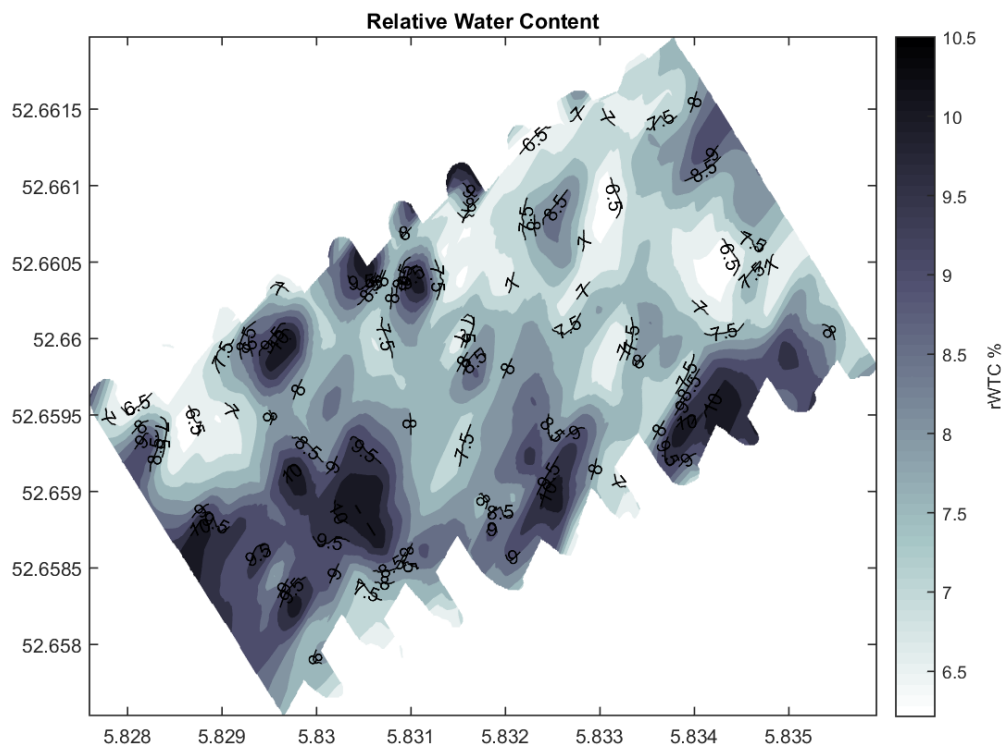
De SoilXplorer van CNH meet de geleidbaarheid van de bodem op de dieptes 0-0.5, 0-0.7, 0-0.9 en 0-1.1m. Over het algemeen is de geleidbaarheid hoger naarmate er meer klei, vocht, o.s. en/of zouten in de grond zitten. De kaarten voor de geleidbaarheid zijn hieronder in figuur 3.24 weergegeven.



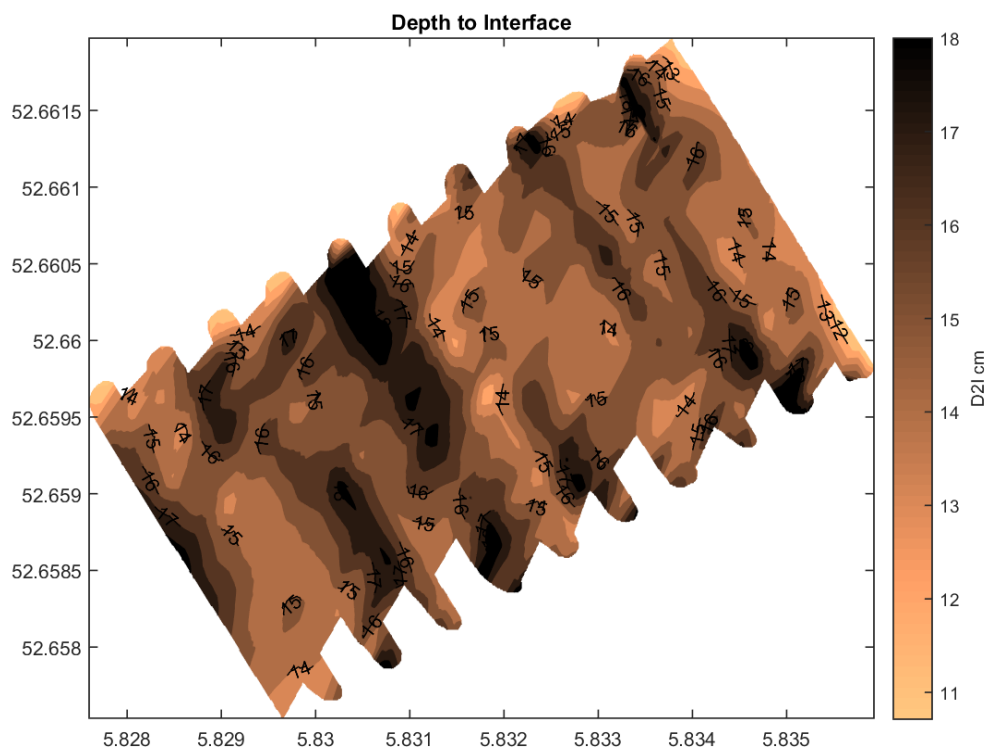
**Figuur 3.24:** Kaarten van de bodemscan van CNH zoals standaard opgenomen in de rapportage.

Naast de kaarten van de geleidbaarheid worden er aanvullend kaarten geleverd met het “Relative Water Content”, “Depth to Interface” en “Tillage”. Deze kaarten zijn hieronder in de figuren 3.25, 3.26 en 3.27 weergegeven. De betrouwbaarheid is bij deze kaarten niet geanalyseerd.





**Figuur 3.25:** Kaart met 'Relative Water Content' op basis van de CNH-bodemscan.



**Figuur 3.26** Kaart met 'Depth to Interface' op basis van de CNH-bodemscan.

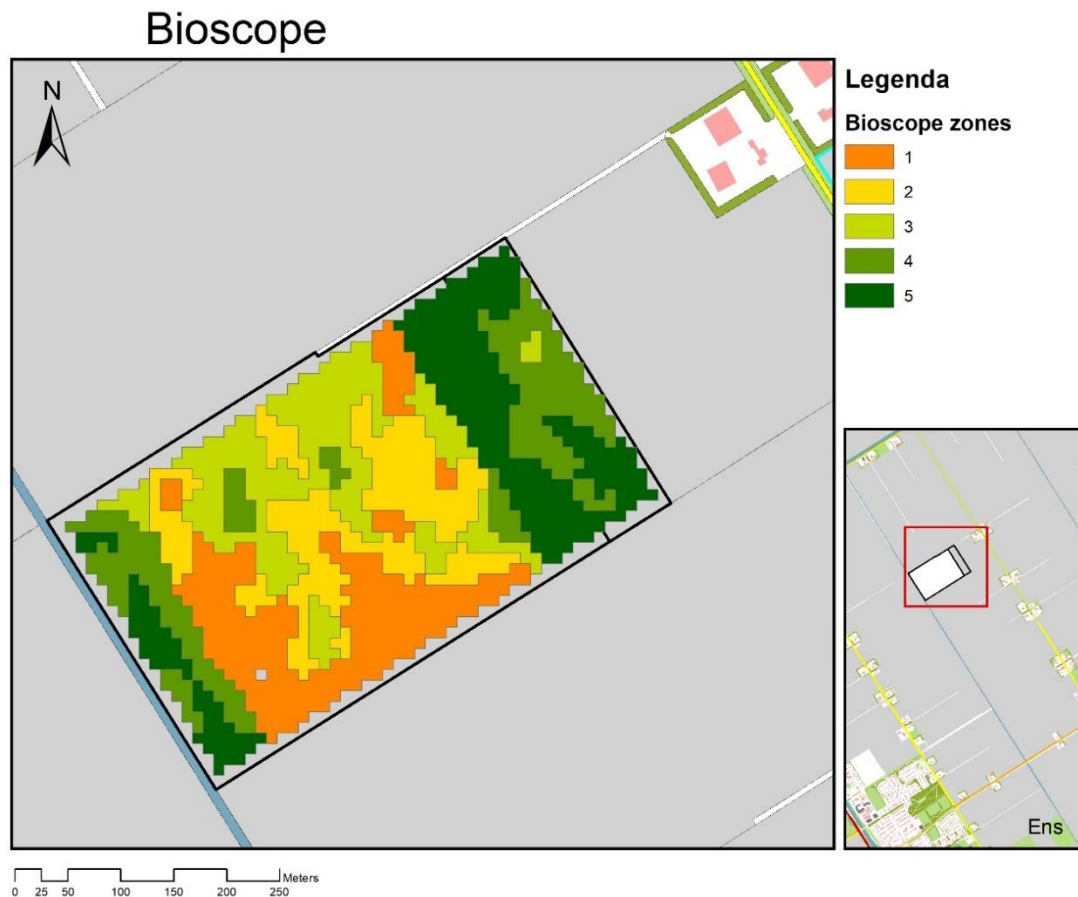


### 3.5. Bioscope

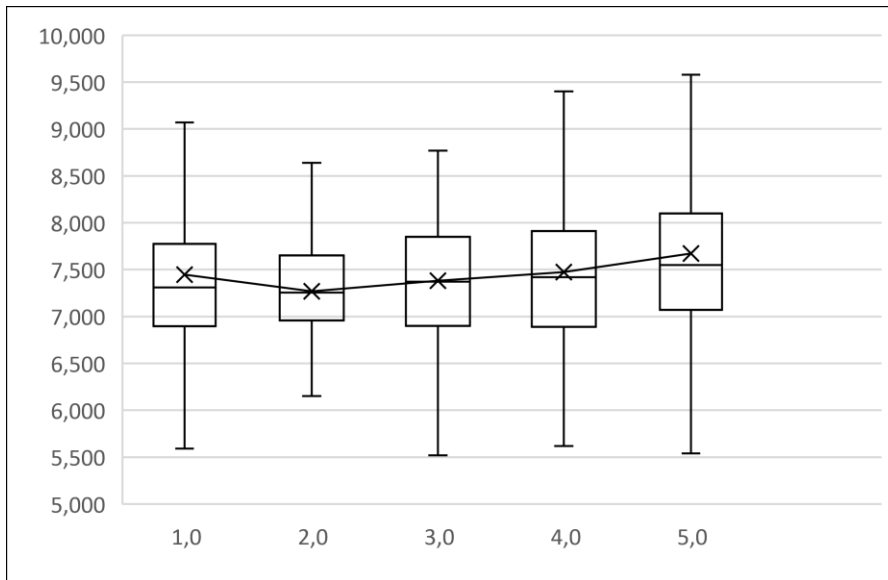
Bioscope levert een seizoen lang informatiekaarten voor een perceel gebaseerd op satelliet en dronebeelden. Onderdeel van de Bioscope service is een bodemzone kaart. Op basis van een selectie aan winterbeelden (satellieten) van de kale bodem wordt o.a. met infrarood een analyse van de bodem gemaakt die vervolgens bewerkt worden tot bodemzonekaarten. In figuur 3.28 is de bodemzonekaart voor het perceel te vinden.

Deze bodemzone kaart kan gebruikt worden om locatie specifiek, per zone, grondmonsters te nemen of een profielkuil te graven. Dit gebeurt in overleg met de klant. Voor dit project zijn op basis van deze kaart echter geen grondmonsters genomen.

De bodem zone kaart zoals die geleverd is geeft inzicht in de variatie in bodemstructuur binnen het perceel en kan daarmee gebruikt worden voor variabele dosering van bodem gerelateerde behandelingen als herbicide spuiten, compost toe dienen of plaats specifiek zaaien en poten. Zonder bodembemonstering zijn de klasse niet direct te koppelen met bodemeigenschappen en om die reden is er hier gekeken naar de opbrengsten die er in de verschillende bodemzones voorkomen. Bodem verschillen zijn vaak een verklarende factor voor verschillen in de gewas groei. Het resultaat daarvan is te zien in figuur 3.29, waar de opbrengsten binnen het perceel uitgezet zijn tegen de verschillende bodemzones.



**Figuur 3.28: Bodemzonekaart op basis van bewerkte satellietbeelden.**



**Figuur 3.29: Opbrengst in kg/ha (y-as) per bodemzone (x-as) zoals gemeten met de combine voor het gewas zomergerst.**

## 4 Discussie

Als er geen bodemscan gebruikt wordt om het perceel te karteren, zou het gehele perceel geanalyseerd kunnen worden door zoals gebruikelijk een mengmonster te nemen. Hiermee wordt een gemiddelde waarde voor o.a. de pH, het o.s.-gehalte en het lutumgehalte verkregen. Op sommige plekken in het perceel zullen die waardes iets te hoog zijn, op andere te laag. Door het gemiddelde van alle referentiemonsters te nemen en vervolgens wederom de RMSE te bepalen van dit gemiddelde ten opzichte van de losse referentiemonsters, kan bepaald worden of de bodemscan een toegevoegde waarde heeft ten opzichte van een standaard mengmonster. De RMSE zou door de bodemscan namelijk kleiner moeten worden dan bij een mengmonster het geval is. De waardes van de RMSE voor het “mengmonster” zijn in tabel 4.1 te vergelijken met de RMSE van de verschillende bodemscans. Hier valt op dat alleen de kaart van het lutumgehalte op basis van de scan van E.H. Loonstra een kleinere RMSE heeft dan een mengmonster zou hebben. De overige kaarten scoren iets slechter dan een mengmonster, maar de waarden van de RMSE zijn bij alle kaarten relatief klein.

De  $R^2$  van de spreidingsgrafieken van de bodemscan kaarten ten opzichte van de referentiemonsters zijn samengevat in tabel 4.2. Hieruit valt op te maken dat de correlatie tussen de bodemkaarten en de grondmonsters over het algemeen vrij laag is. Alleen de lutumkaarten van E.H. Loonstra en de Veris-scan scoren relatief hoog wat betreft de  $R^2$ .

Tabel 4.1: Waarden van de RMSE voor de verschillende bodemscans in vergelijking met een ‘mengmonster’.

	pH	O.S.	Lutum
<b>Mengmonster</b>	0,076	0,301	1,094
<b>Loonstra</b>	0,178	0,413	1,000
<b>LoonwerkGPS</b>	0,077	0,379	1,285
<b>Veris</b>	-	0,440	2,339

Tabel 4.2: Waarden van de  $R^2$  voor de verschillende bodemscans in vergelijking met referentie grondmonsters.

	pH	O.S.	Lutum
<b>Loonstra</b>	0,00	0,02	0,34
<b>LoonwerkGPS</b>	0,00	0,00	0,03
<b>Veris</b>	-	0,12	0,36

### 4.1. Passieve Gamma Bodemscanner – E.H. Loonstra

De bodemscan van E.H. Loonstra levert diverse kaarten die gebruikt kunnen worden voor variabele toepassingen op het perceel. De algemene kaarten met o.a. de meting van gammastraling geeft inzicht in variatie in de bodemsamenstelling binnen het perceel.

De nutriënten kaarten laten zien waar mogelijk een tekort aan bepaalde voedingsstoffen in het perceel zijn. Hiermee zou een taakkaart voor variabele bemesting gemaakt kunnen worden. Van deze kaarten is in dit project overigens niet de betrouwbaarheid geanalyseerd.

De textuur- en risicokaarten geven inzicht in onder meer de bulkdichtheid, de samenstelling van de grond, de vochthuishouding, de slempgevoeligheid en risico voor Trichodorus. Deze kaarten kunnen de basis vormen voor taakkaarten voor bijvoorbeeld compost, variabel poten of variabel herbiciden spuiten.

De kaarten van de pH, het o.s.-gehalte en het lutumgehalte zijn beoordeeld op betrouwbaarheid. Zoals in hoofdstuk 3 en tabel 4.1 samengevat zijn de absolute fouten (RMSE) van deze kaarten relatief klein. De

pH-waarde zit gemiddeld genomen 0,178 onder of boven de waarde van het referentiemonster. Voor de praktijk maakt dat op dit perceel niet veel uit, het is namelijk een kalkrijke kleigrond waar de pH overal ruim boven de streefwaarde van 6,2 zit.

Het o.s.-gehalte is gemiddeld genomen 0,413% hoger of lager dan de waarde van het referentiemonster, terwijl de o.s.-gehaltes uiteenlopen van 2,1-3,6%. De spreidingsgrafiek laat daarnaast een licht negatieve trend zien tussen de waarden van de kaart en de referentiemonsters met een zeer lage  $R^2$ . De betrouwbaarheid van deze kaart is daarmee beperkt, hoewel de absolute fouten dus relatief klein zijn.

Het lutumgehalte is gemiddeld genomen 1,000% hoger of lager dan de waarde van het referentiemonster, terwijl de lutumgehaltes uiteenlopen van 6-11%. De spreidingsgrafiek heeft een  $R^2$  van 0,34 en laat zien dat met name de lage lutum waarden (volgens het referentiemonster) iets te hoog ingeschat worden. De betrouwbaarheid van deze kaart is op basis van de RMSE iets hoger dan een mengmonster, het verschil is echter minimaal en valt bovendien waarschijnlijk binnen de meetfout in het lab.

#### 4.2. EM38 – LoonwerkGPS

De bodemscan van LoonwerkGPS levert als basis alleen EC-kaarten die op 4 verschillende dieptes gemeten worden, aangevuld met een hoogtekaart. Op basis van deze kaarten kan met behulp van extra grondboringen of het graven van een profielkuil verschillen in gewasgroei verklaard worden. Hierbij valt te denken aan storende lagen in de ondergrond of verschillen in vochtlevering voor het gewas.

Daarnaast kunnen op basis van deze kaarten grondmonsters gericht en locatie specifiek genomen worden en specifieke kaarten opgesteld worden afhankelijk van de vraag. In dit geval is de grond bemonsterd op pH, o.s.-gehalte en lutumgehalte, maar andere eigenschappen kunnen op deze manier ook in kaart gebracht worden. De bodemscan kan dus afhankelijk van de wensen van de ondernemer voor diverse variabele toepassingen gebruikt worden.

De kaarten van de pH, het o.s.-gehalte en het lutumgehalte zijn beoordeeld op betrouwbaarheid. Zoals in hoofdstuk 3 en tabel 4.1 samengevat zijn de absolute fouten (RMSE) van de kaarten relatief klein. De pH-waarde zit gemiddeld genomen 0,077 onder of boven de waarde van het referentiemonster en scoort daarmee vrijwel net zo goed als één mengmonster voor het hele perceel. Voor de praktijk maakt dat op dit perceel niet veel uit, het is namelijk een kalkrijke kleigrond waar de pH overal ruim boven de streefwaarde van 6,2 zit.

Het o.s.-gehalte is gemiddeld genomen 0,379% hoger of lager dan de waarde van het referentiemonster, terwijl de o.s.-gehaltes uiteenlopen van 2,1-3,6%. De spreidingsgrafiek laat in dit geval geen verband zien tussen de waarden in de kaart en de referentiemonsters met een  $R^2$  van nagenoeg 0. De betrouwbaarheid van deze kaart is daarmee beperkt, hoewel de absolute fouten dus relatief klein zijn.

Het lutumgehalte is gemiddeld genomen 1,285% hoger of lager dan de waarde van het referentiemonster, terwijl de lutumgehaltes uiteenlopen van 6-11%. De spreidingsgrafiek laat wederom zien dat er geen verband is tussen de waarden in de kaart en de referentiemonsters met een  $R^2$  van nagenoeg 0. De betrouwbaarheid van deze kaart is op basis van de RMSE iets lager dan een mengmonster, het verschil is echter minimaal en valt bovendien waarschijnlijk binnen de meetfout in het lab.

#### 4.3. Veris scan – Vantage Agrometius

De bodemscan van Veris levert diverse kaarten die gebruikt kunnen worden voor variabele toepassingen op het perceel. De EC-kaarten geven inzicht in variatie in de bodemopbouw binnen het perceel. Op basis van deze kaart kan met behulp van extra grondboringen of het graven van een profielkuil verschillen in gewasgroei verklaard worden. Hierbij valt te denken aan storende lagen in de ondergrond of verschillen in vochtlevering voor het gewas.

De CEC-kaart geeft weer wat de natuurlijke bodemvruchtbaarheid is. Een hoge CEC betekent dat er meer bindingcapaciteit in de grond aanwezig is om voedingsstoffen uit te wisselen met de plant. Deze kaart zou daarom gebruikt kunnen worden voor variabele toepassing van bemesting of compost. Op zandgronden wordt bij de Veris-scan een kaart de pH geleverd. Op kleigronden echter niet, omdat de pH op kleigronden

doorgaans vrij hoog is en daardoor niet relevant. Ook op dit perceel gaat het om een kalkrijke kleigrond waar de pH overal ruim boven de streefwaarde van 6,2 zit en zo'n kaart inderdaad niet relevant is.

De kaarten van het o.s.-gehalte en het lutumgehalte zijn beoordeeld op betrouwbaarheid. Zoals in hoofdstuk 3 en tabel 4.1 samengevat zijn de absolute fouten (RMSE) van de kaarten relatief klein.

Het o.s.-gehalte is gemiddeld genomen 0,440% hoger of lager dan de waarde van het referentiemonster, terwijl de o.s.-gehalten uiteenlopen van 2,1-3,6%. De spreidingsgrafiek laat een licht positieve trend zien tussen de waarden van de kaart en de referentiemonsters met een  $R^2$  van 0,12. De lage waarden van het o.s. worden daarbij in de kaart iets te hoog weergegeven en de hogere waarden iets te laag. De betrouwbaarheid van deze kaart scoort op basis van de RMSE echter wel iets lager dan een mengmonster, hoewel de absolute fouten relatief klein zijn.

Het lutumgehalte is gemiddeld genomen 2,339% hoger of lager dan de waarde van het referentiemonster, terwijl de lutumgehalten uiteenlopen van 6-11%. De spreidingsgrafiek heeft een  $R^2$  van 0,36 en laat zien dat lutum-waarden (volgens het referentiemonster) over het algemeen iets te hoog ingeschat worden, zowel bij de lage als de hoge waarden. De oorzaak hiervan zou de bemonstering kunnen zijn. De grondmonsters voor de Veris-scan zijn namelijk met behulp van een quad mechanisch gestoken. Door deze wijze van bemonsteren in combinatie met de extreem droge omstandigheden kan het zijn dat een deel van de gronddeeltjes uit de guts zijn gevallen voordat deze in het monsteropvangbakje is gedeponeerd. Dit zou een verklaring kunnen zijn voor de hogere lutumgehalten en dus de relatief grote RMSE, maar wel een relatief hoge  $R^2$  in de spreidingsgrafiek. De betrouwbaarheid van deze kaart is dus op basis van de RMSE wel lager dan een mengmonster, het verschil is echter klein en valt waarschijnlijk binnen de meetfout in het lab.

#### 4.4. SoilXplorer – CNH

De bodemscan van CNH levert als basis 4 EC-kaarten die op verschillende dieptes gemeten worden, aangevuld met de kaarten van het "RelativeWaterContent", "Depth to Interface" en "Tillage". Op basis van de EC-kaarten kan met behulp van extra grondboringen of het graven van een profielkuil verschillen in gewasgroei verklaard worden. Hierbij valt te denken aan storende lagen in de ondergrond of verschillen in vochtlevering voor het gewas. Daarnaast kunnen op basis van deze kaarten grondmonsters gericht en locatie specifiek genomen worden. De overige kaarten kunnen gebruikt worden om de bewerkingdiepte van de grond te variëren. De betrouwbaarheid van deze kaarten is in dit project echter niet meegenomen.

#### 4.5. Bioscope

De bodemzonekaart van Bioscope geeft de ondernemer inzicht in verschillen bodem zones binnen zijn perceel. Net als bij de andere technieken zijn bodemmonsters nodig om hier waarden voor bodem eigenschappen aan te hangen. Als relatieve kaart kan de teler deze gebruiken om een inschatting van de bodem variatie te maken en daar maatregelen op te nemen en verschillen in gewas groei / groeipotentie te verklaren. Hoewel hier geen analyse van de betrouwbaarheid gemaakt is zoals bij de andere bodemkaarten, is er wel een verband gezocht tussen de opbrengst en de bodemzones. Hierbij lijken zowel de gemiddelde als de mediaan van de opbrengst licht toe te nemen van zone 2 naar 5 (zone 1 is vergelijkbaar met zone 3). De verschillen in opbrengst zijn echter klein voor dit perceel, maar dat geldt ook voor de organische stof, pH en lutum waarden van de bodemanalyses (zie tabel 3.1). Aangezien de spreiding van de opbrengst binnen de zones groter is dan tussen de zones, zal het lastig zijn om hier met variabele toepassingen op in te spelen.

#### 4.6. Interpretatie door de teler

We hebben de bodemkaarten en de uitkomst van onze analyse voorgelegd aan de eigenaren van het perceel, met de vraag of zij zich herkennen in de basiskaarten die geleverd werden en de doorvertaling daarvan in zone-kaarten, organische-stof kaarten en/of lutum-kaarten. Hieronder de mening van de eigenaren Akkerbouwbedrijf Sturm.

Van het perceel is ons bekend dat er achterop de kavel zich een strook lichte grond bevindt. De oorzaak hiervan is de aanleg van een duurzame oever, bij het aanleggen is ervoor gekozen om de grond hiervan uit te slepen over de eerste circa 2 hectare. Tijdens grondbewerkingen is goed te merken dat de structuur van deze grond compleet anders is ten opzichte van de rest van het perceel. Verder zijn er geen bijzonderheden bekend bij ons.

**Kaarten E.H. Loonstra:** Ik herken me goed in het beeld van de basiskaart gammastraling van Eddie Loonstra (Figuur 3.5). Ik zie aan de linkerzijde van de kaart duidelijk de duurzame oever terug, evenals de blauwe vlek rechts onderin waar de grond lichter van structuur is. Opvallend is dat de verschillen in de bodem minder tot zijn recht komen in de kaarten met betrekking tot OS en Lutum, de parameters die je uiteindelijk echt wil weten.

**Kaarten LoonwerkGPS:** Ik herken me minder goed in het beeld van de basiskaarten EC van LoonwerkGPS (Figuur 3.12). De tochtwal na aanleg van de duurzame oever is niet of minder goed te zien op deze kaarten. Opvallend is dat wanneer je de hoogtekaart vergelijkt met de EC kaart, deze grotendeels overeenkomen. De kaart laat zien dat de geleidbaarheid lager is op de lage plekken, waar het over het algemeen vochtiger zal zijn. Naar mijn idee zijn er te weinig referentiemonsters gebruikt om een realistisch beeld te geven van de verschillen in de grond.

**Kaarten Veris:** Ik herken me zeer goed in het beeld van de organische-stof- en lutum-kaarten (Figuur 3.20 en 3.22). Op deze kaart komen de plekken die bij ons bekend zijn erg duidelijk naar voren. De kleurenkeuze in de kaarten is erg toepasselijk, geel voor plaatsen met minder organische stof en donkerbruin voor de plaatsen met het hoogste percentage organische stof.

**Kaarten TopSoilMapper:** Ik herken me slecht in het beeld van de basiskaart EC van TopSoilMapper (Figuur 3.24). De variatie in deze kaarten is niet terug te herleiden. Helaas is er op deze kaarten geen betrouwbaarheidsonderzoek uitgevoerd omdat TopSoilMapper geen organische-stof of lutum-kaart geeft.

**Kaart Bioscope:** Ik herken me matig in de zoneringskaart (figuur 3.28). Er zijn zones te zien en die komen overeen met het bouwplan uit het verleden. De groene strook achterop de kavel is naar mijn idee niet de tochtwal, maar een perceelscheiding uit oogst 2017. Uitleg bij zones kan wel wat beter naar mijn idee. Om een betrouwbare kaart te krijgen op een methode als deze, moet er meer overleg zijn tussen de leverancier en de boer om dergelijke misverstanden te voorkomen.

Onze mening over bodemkaarten via sensorbedrijven is dat de kosten hoog zijn naar de kwaliteit die in de praktijk zichzelf nog niet altijd heeft bewezen. De hoge kosten zijn een drempel om te beginnen met bodemkaarten in precisielandbouw. Het gebruiksgemak is voldoende. Het aantal verschillende soorten bestanden wat geleverd wordt is wel gigantisch en complex. Dit maakt het weleens lastig. Met de juiste programma's kun je uit de voeten met enkel een csv. bestand, waar andere programma's juist weer een zipbestand met dbf, shp en shx willen hebben. In dit geval kiezen wij voor de bodemkaarten van de Veris-scan; deze data levert in onze ogen de meest betrouwbare parameters op gebied van organische stof en lutum voor ons gevoel. Deze data zijn de input voor de taakkaarten bij het variabel toepassen van bodemherbicide in zaaiuien en variabel planten van consumptieaardappelen. Daarnaast zijn wij in gesprek geraakt met een zesde partij over leveren van een bodempotentie-kaart. De bodempotentiekaart van het perceel via het van Iperen concept ziet er ook veelbelovend uit, maar deze kon nog niet meegenomen worden in het betrouwbaarheidsonderzoek. Ontwikkelingen van kosten-effectieve bodemkaarten gaat gelukkig door.



## 5 Conclusie

De onderzoeksvraag die centraal stond in dit project was: *“Welke bodemscan levert de meest betrouwbare en bruikbare informatie voor precisielandbouw?”*. De belangrijkste conclusie wat betreft de betrouwbaarheid van de kaarten is dat de absolute fouten, zoals bepaald met de RMSE, relatief klein zijn voor de pH, het o.s.-gehalte en het lutumgehalte. De scores zijn echter niet beter dan bij een mengmonster het geval geweest zou zijn. De toegevoegde waarde van de bodemscans is voor dit perceel daarom beperkt. De oorzaak daarvan kan zijn dat de grond op dit perceel vrij homogeen is (zeker de bovengrond) en het daarom lastig is om deze kleine verschillen in kaart te brengen. In die zin hebben de bodemscans wel goede resultaten geleverd door de homogeniteit inzichtelijk te maken en de waardes van de verschillende pH, o.s. en lutum kaarten zitten wel in de goede range.

Ook uit de spreidingsgrafieken van de scans met de referentiemonsters blijkt dat de aanwezige variatie, die dus erg klein is, moeilijk in kaart te brengen is met deze scans. De  $R^2$  (hogere waarden duiden op een sterkere correlatie) is over het algemeen zeer laag met uitzondering van de lutumkaarten van E.H. Loonstra en de Veris-scan die een  $R^2$  van ruim 0,3 hebben en daarmee de ruimtelijke variatie aan lutumgehalte binnen het perceel redelijk inzichtelijk maken. Wanneer er duidelijkere patronen met grotere variatie in de grond aanwezig zijn, zoals bijvoorbeeld op veel zandgronden, bieden de scans mogelijk meer kansen. Overigens is het vaststellen met behulp van een bodemscan dat er weinig ruimtelijke variatie binnen het perceel aanwezig is op zichzelf ook een toegevoegde waarde.

De betrouwbaarheid van de SoilXplorer is niet geanalyseerd, omdat deze geen pH, o.s. of lutumkaarten hebben opgeleverd. Hetzelfde geldt voor de kaart van Bioscope.

De mogelijkheden die de bodemscans met bijbehorende kaarten bieden voor precisielandbouwtoepassingen zijn zeer divers. Indien de betrouwbaarheid hoog genoeg is van de kaarten, kunnen ze voor een breed scala aan variabele toepassingen gebruikt worden. Te denken valt o.a. aan variabele bemesting, compost, bekalking, pootafstand e.d. Hierbij is het wel van belang dat de ondernemer van te voren bedenkt wat hij wil en welke bodemscan daar het beste bij past. Zo levert de Veris-scan en de CNH SoilXplorer een standaardpakket aan kaarten. Bij de Veris-scan zijn dit afhankelijk van de grondsoort kaarten met de EC 0-30 cm, EC 0-90 cm, o.s.-gehalte, lutumgehalte (kleigrond), CEC-waarde (kleigrond) en pH (zandgrond). De SoilXplorer levert standaard kaarten die met name gericht zijn op groundbewerkingen zoals de EC, Relative Water Content, Depth to Interface en Tillage, maar dus geen pH, o.s. of lutum kaarten. LoonwerkGPS levert daarentegen in de basis alleen kaarten van de geleidbaarheid en vervolgens wordt maatwerk geleverd afhankelijk van de vraag van de ondernemer. De bodemscan van E.H. Loonstra biedt standaard een groot aantal kaarten waarbij veel aspecten van de bodem aan bod komen, waarbij de ondernemer keuzes moet maken wat het belangrijkste is en waarop hij wil sturen. De bewerkte satellietbeelden zoals Bioscope levert kunnen helpen om bodemzones in het perceel te herkennen. In principe kunnen van de bodemzones grondmonsters genomen worden om afgeleide kaarten te maken met lutum en o.s.-gehaltes. Dit is in dit project echter niet gebeurd.

Een aanbeveling voor toekomstig onderzoek is om de scans op nog andere grondsoorten te testen met bij voorkeur een grotere variatie in bodemgesteldheid.

# Bijlage 1      Passieve Gamma Bodemscanner (E.H. Loonstra)

# Bijlage 2      EM38 (LoonwerkGPS)

# Bijlage 3 Veris (Vantage Agrometius)

© Copyright 2016, Stichting Aeres Groep. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, en/of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Aeres.



Postbus 374, 8250 AJ Dronten  
De Drieslag 4, Dronten  
088 020 6000  
[aereshogeschool.nl/dronten](http://aereshogeschool.nl/dronten)  
[info.hogeschool.dronten@aeres.nl](mailto:info.hogeschool.dronten@aeres.nl)