



## Rapport

# Resultaatvergelijking van conventionele pH bepaling met het systeem van The Soil Company

ing. Weijnand Saathof  
Dr. ir. Daan Goense



# Rapport

juli 2011



# Rapport

titel	Resultaatvergelijking van conventionele pH bepaling met het systeem van The Soil Company.
opdrachtgever	Productschap Akkerbouw
auteur	ing. Weijnand Saathof
HLB-project	2766
HLB-rapprt	704
Rapport gereed	1 november 2010
geprint op	21 July 2011
Rapportage check	ing. Winda Veldman

## Index

---

Samenvatting .....	5
1. Inleiding.....	6
1.1. Probleemstelling .....	6
1.2. Meten van chemische bodemparameters .....	8
1.3. Nieuwe technieken voor pH meting .....	8
1.4. Doelstellingen van het project.....	8
1.5. Gelieerde projecten .....	9
2. Materiaal en methode .....	10
2.1. Inventarisatie en validatie .....	10
3. Resultaten .....	11
3.1. Variatie in pH waarden binnen percelen .....	11
3.2. relatie tussen pH waarden en organische stofgehalten .....	12
3.2.1 .....	12
3.3. Validatie pH metingen van de Soil Company .....	12
3.3.1 relatie tussen conventionele pH-meting en het systeem van TSC op basis van de metingen in alle percelen.....	12
3.3.2 relatie tussen conventionele pH-meting en het systeem van TSC voor individuele percelen. ....	14
3.4. Oriëntatie op alternatieve pH meetsystemen .....	26
4. Conclusies .....	28
5. Literatuur .....	29

## Samenvatting

---

Bij de teelt van Suikerbieten blijkt de pH van de bodem vaak een belangrijke beperkende factor. Er treedt productie beperking op als de pH lager is dan 5.0, de optimale pH is 5.5. Zetmeelaardappelen zijn gebaat bij een pH lager dan 5.0, als er sprake is van aardappelmoetheid zelfs lager dan 4.7. In een bouwplan met zowel suikerbieten als zetmeelaardappelen is het dus zaak om naar een pH van 5.0 te streven.

Binnen percelen kan de zuurgraad ongeveer 1.4 pH punten verschillen. Voor een scherpe sturing bij het toedienen van kalkmeststoffen is het dus van belang om de plaatselijke verschillen in pH te kennen en aan de hand daarvan de dosering vast te stellen en met behulp van precisietechnologie te realiseren.

The Soil Company brengt bodems van percelen voor wat betreft een groot aantal fysische en chemische eigenschappen in kaart, waaronder de pH.

In dit onderzoek is nagegaan of de op deze manier geschatte pH voor oppervlakken van 20 x 20 m overeenstemmen met de pH zoals die gemeten is volgens de conventionele methode van bemonsteren en laboratorium analyse. Hiervoor zijn een tiental percelen gescanned en is aan de hand daarvan een pH kaart opgesteld. Binnen die percelen zijn 24 aansluitende oppervlakken van 20 x 20 meter uitgezet op een deel van het perceel waar aan de hand van de pH kaart een redelijke variatie in pH mag worden verwacht. De pH waarden van deze oppervlakken, volgens de conventionele methode en op basis van de bodemscan, zijn middels een lineaire regressie analyse met elkaar vergeleken.

Op negen van de tien percelen is geen significante relatie gevonden tussen conventionele pH bepaling en die van de bodem scan. Eén perceel heeft een relatie met een overschrijdingskans van tien procent, maar deze relatie is negatief; hoe hoger de pH gebaseerd op een bodemscan, des te lager de conventioneel gemeten pH.

De conclusie op basis van dit onderzoek is dat het schatten van de pH op basis van het meten van de radioactieve achtergrondstraling geen zin heeft. Tegelijkertijd tonen de metingen volgens de conventionele methode wel aan dat er behoorlijke variatie binnen percelen optreedt en dat het wel degelijk zin heeft naar een betrouwbare methode om de pH in kaart te brengen.

Een voorbeeld van een dergelijke methode zou de sensor van Veris Technologies kunnen zijn. Voor het bepalen van de sampling dichtheid met deze sensor of eventuele te ontwikkelen alternatieven, is het van belang om inzicht te hebben in de ruimtelijke variatie van de pH.

# 1. Inleiding

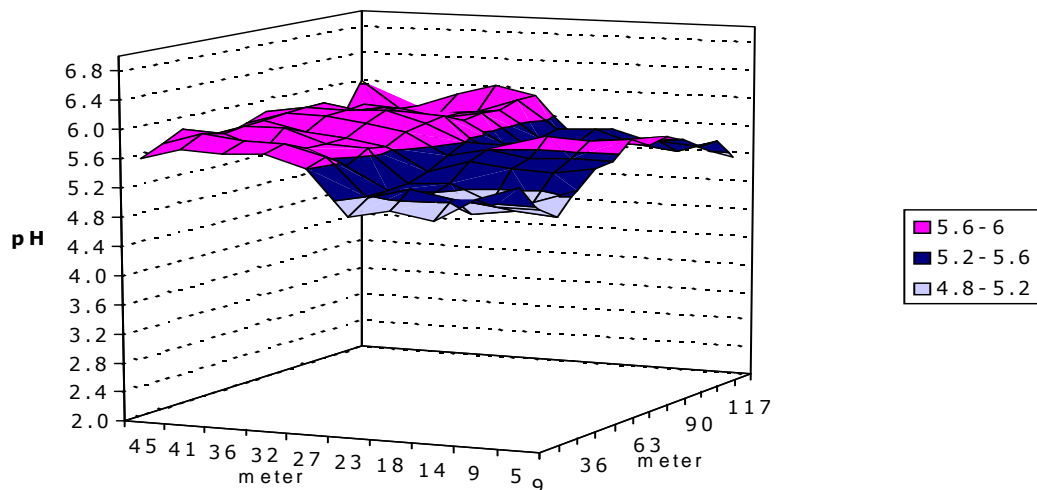
## 1.1. Probleemstelling

In de bietenteelt op de noordoostelijke zand- en dalgronden worden regelmatig teeltproblemen geconstateerd, waarvan de oorzaken tot dusver moeilijk zijn te achterhalen. Vooral in het begin van het groeiseizoen is er regelmatig sprake van groeistagnatie. Een groep akkerbouwers die met deze problemen te kampen hebben, zijn verenigd in een stichting. De stichting zet zich in voor het bedenken van oplossingen voor genoemde problematiek. De stichting werkt samen met de twee suikerindustrieën, Suikerunie en CSM, en de onderzoeksinstituten HLB en IRS.

De afgelopen jaren is veel energie gestoken in het achterhalen van de oorzaak van slecht groeiende bietengewassen. Hiertoe heeft de stichting een inventarisatie laten uitvoeren. De resultaten van deze inventarisatie gaven aan dat er voor wat betreft de tegenvallende groei van de suikerbieten een relatie is met:

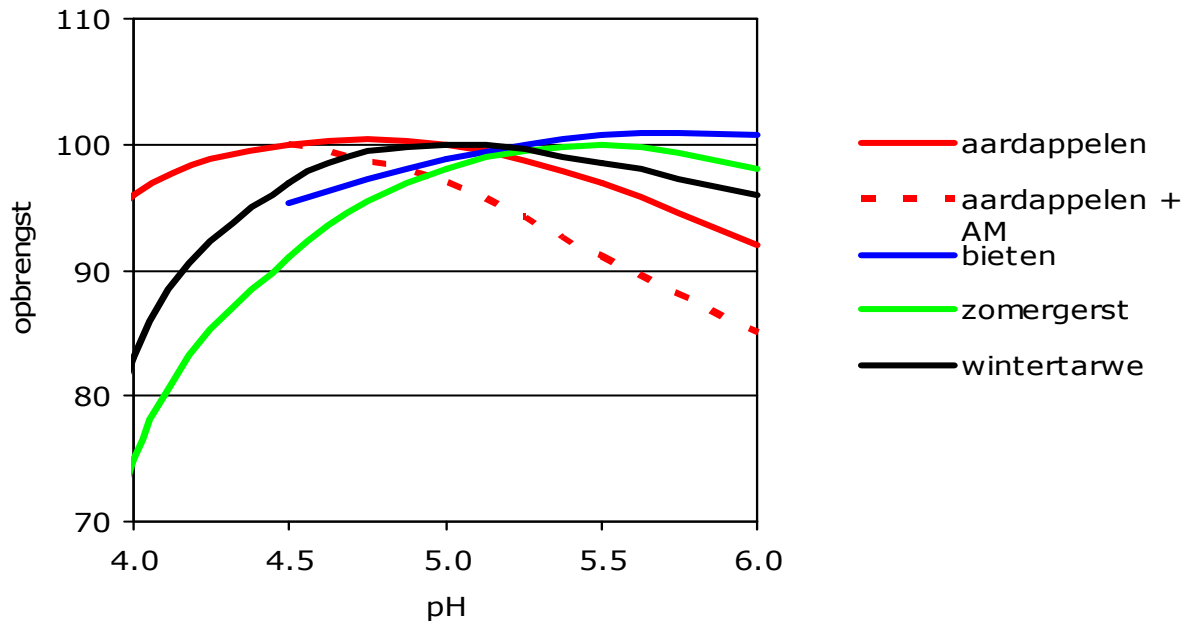
een aantasting door de schimmelziekten *Aphanomyces* en *Rhizoctonia*  
een aantasting door *Trichodoriden* (aaltjes)  
lage pH van de grond

Met name de laatste oorzaak was opvallend. Van de helft van de monsters die deel uitmaakten van de inventarisatie was de pH lager dan 4,8, terwijl een pH van iets boven de 5,0 optimaal is voor de groei van suikerbieten. Waarschijnlijk is de pH gemiddeld over het perceel niet eens zo slecht, maar zijn er grote verschillen binnen het perceel. Al in de jaren negentig heeft HLB onderzoek uitgevoerd naar pH verschillen binnen een perceel. Hiertoe is een perceelsgedeelte verdeeld in kleine veldjes. Vervolgens is van elk veldje de pH bepaald. In figuur 1 zijn de resultaten daarvan weergegeven.



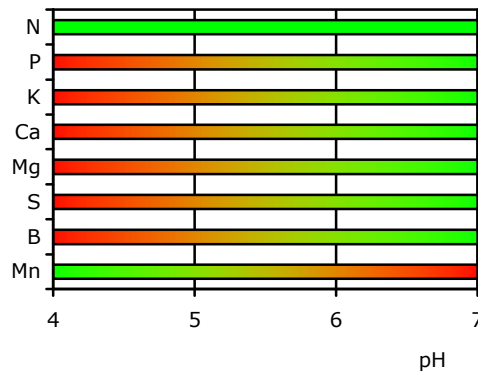
**Figuur 1.** Ruimtelijke verdeling van de pH van een praktijkperceel.

Suikerbieten hebben over het algemeen baat bij een wat hogere pH. Dit geldt echter niet voor alle gewassen in het bouwplan. Zetmeelaardappelen groeien bij voorkeur bij een lagere pH. Zeker als er sprake is van aardappelmoehed (AM) heeft een hoge pH nadelige invloed op de opbrengst. In figuur 2 is het effect van de pH op de opbrengst van de belangrijkste in Noord Nederland geteelde gewassen weergegeven.



**Figuur 2.** Het effect van de pH van de grond op de opbrengst. (bron XXXXXX)

Zoals uit bovenstaande figuur blijkt is de pH waarde van groot belang voor het behalen van de optimale opbrengst. Behalve effect op opbrengst heeft de pH ook grote invloed op de beschikbaarheid van belangrijke voedingselementen. In figuur 3 is dit grafisch weergegeven.



**Figuur 3.** De relatie tussen de beschikbaarheid van voedingselementen en de pH van de grond.  
■ = slecht beschikbaar; ■ = goed beschikbaar

Van nature heeft de pH de neiging te dalen in de loop van de tijd. Om de pH te verhogen kunnen kalkhoudende meststoffen (bijv. Dolokal of Betacal Flow) worden gebruikt. Voor het verlagen hiervan is geen praktische teeltmaatregel voorhanden. Niet alleen in bieten zijn er negatieve ervaringen met de grote pH verschillen binnen het perceel. Ook in zetmeelaardappelen is dit het geval. Hier zorgen hoge pH-waarden juist voor problemen. Regelmatig wordt HLB gevraagd naar de oorzaak van pleksgewijs achterblijvende aardappelgewassen. In veel gevallen speelt een hoge pH in combinatie met aardappelmoetheid (AM) een rol. Regelmatig worden pH-waarden hoger dan 6 gemeten.

Kenmerkend voor alle problemen die voorkomen en een relatie hebben met pH, is dat ze zeer pleksgewijs voorkomen. Tot op heden is het voor akkerbouwers lastig om een ho-

mogene pH op het perceel te realiseren. Enerzijds omdat de meeste akkerbouwers niet inzichtelijk hebben hoe het met de pH-verschillen binnen de percelen gesteld is. Anderzijds staat de techniek waarmee plaatsafhankelijk kalkmeststoffen kunnen worden toegediend nog in de kinderschoenen.

Samenvattend zijn de gevolgen van grote pH-verschillen binnen akkerbouwpercelen:  
een niet optimale opbrengst van suikerbieten;  
grotere kans op schade door AM in aardappelen en andere alen;  
pleksgewijze verminderde beschikbaarheid van voedingselementen.

## 1.2. Meten van chemische bodemparameters

Er zijn enkele methoden om verschillen in pH binnen een perceel in kaart te brengen: elektrochemisch in het laboratorium, elektrochemisch in het veld en radiometrisch. Voor het vastleggen van verschillen van andere bodemparameters dan de pH binnen het perceel is meer meetapparatuur beschikbaar. Apparatuur gebaseerd op geleidbaarheid komt het meest voor. Deze is echter niet geschikt voor het vastleggen van pH-verschillen binnen percelen. De elektrochemische methode in het laboratorium aan de hand van grondmonsters is de methode waarop tot op heden de pH van de grond wordt vastgesteld. Aan de grond wordt een hoeveelheid KCl-oplossing toegevoegd. In deze vloeistof wordt, met behulp van een elektrode de pH gemeten: dit is de pH-KCl. In plaats van de KCl-oplossing kan ook in water gemeten worden: dan wordt dit met pH-H<sub>2</sub>O aangeduid. Deze laatste methode werd tot ongeveer 40 jaar geleden wel toegepast, maar is destijds vervangen door de pH-KCl meting vanwege de stabielere waarden gedurende het groeiseizoen. De constructie van de elektroden is tegenwoordig zodanig dat ook rechtstreeks in de grond gemeten kan worden.

## 1.3. Nieuwe technieken voor pH meting

Sinds kort zijn er ook technieken beschikbaar die zijn gebaseerd op metingen van gammastraling die de bodem van nature vrijgeeft. The Soil Company in Groningen heeft de beschikking over deze techniek. Met behulp van een aantal ijkpunten kan op relatief eenvoudige en betaalbare wijze de pH binnen een perceel inzichtelijk worden gemaakt. Van elke meetplek kan een inschatting worden gemaakt van de pH en het organische stof gehalte van de grond. Zowel de techniek van het rechtstreeks in de grond meten van de pH als de techniek om pH door metingen van gammastraling vast te stellen zijn relatief nieuw en worden in dit project nader gevalideerd. Alle gegevens kunnen in kaart worden gebracht. Zodoende kan een pH-kaart worden verkregen. Als van de meetgegevens een pH-kaart kan worden gemaakt, wordt het ook mogelijk om via deze kaart plaatsafhankelijke toediening van kalkmeststoffen te realiseren. In Noord Nederland is sinds kort dergelijke apparatuur beschikbaar, maar het gebruik ervan bevindt zich nog in een experimentele fase.

Correcties van de pH kunnen worden uitgevoerd met kalk of schuimaarde. Schuimaarde is afkomstig van de suikerindustrie en komt vrij bij de raffinage van suiker en is dus een nevenstroom.

## 1.4. Doelstellingen van het project

Doelstelling van het project is het verbeteren van de duurzaamheid van de suikerbieten-teelt in Noordoost Nederland en het verhogen van de rentabiliteit van de teelt, door:

- het in kaart brengen van pH-verschillen binnen praktijkpercelen;
- na te gaan of aan de hand van metingen van gammastraling of door pH meting rechtstreeks in de grond de pH voldoende nauwkeurig plaatsspecifiek vastgesteld kan worden;



## 1.5. Gelieerde projecten

HLB begeleidt een studiegroep in het waterwingebied van de Waterleiding Maatschappij Drenthe (WMD). Doelstelling van de studiegroep is het verminderen van uitspoeling van meststoffen en het optimaliseren van de gewasgroei. Het bereiken van de doelstelling vindt onder andere plaats door teeltbegeleiding. In het kader hiervan zijn problemen met grote pH verschillen binnen percelen aan het licht gekomen.

In de teelt van zetmeelaardappelen wordt een project opgestart om de schade door Trichodoriden (een voor de aardappel- en suikerbietenteelt schadelijk aaltje) in kaart te brengen. De schade treedt vooral plaatselijk op. Met dezelfde op gamma straling gebaseerde techniek, zoals eerder beschreven, wordt ook geprobeerd aan te geven waar binnen het perceel schade door het aaltje ontstaat. De in kaart gebrachte verschillen binnen het perceel kunnen ook gebruikt worden voor plaats specifieke bekalking.

In Friesland loopt het project van de Stichting Precisielandbouw Noord Nederland; SPINOF. Doel van dit project is na te gaan wat de mogelijkheden zijn van precisielandbouw voor de noordelijke akkerbouw. In het kader van dit project wordt samengewerkt met veelal lokale bedrijven die in de ketens van de verschillende teelten opereren.

Agrifirm is bezig met het N-sensor project. De N-sensor van Yara is tot nu toe vooral ingezet in de teelt van brouwgerst. Doel van het project is om met behulp van de N-sensor techniek de kwaliteit van de brouwgerst te verhogen.

In Oost Drenthe is in 2005 het project Precisielandbouw Oost Drenthe van start gegaan. Ook in dit project wordt gekeken naar de mogelijkheden van precisielandbouw. Onderzocht wordt of met precisietoepassingen de kwantiteit en de kwaliteit van de hoofdgewassen kunnen worden verbeterd. Het project is een initiatief van de Stichting Precisielandbouw Oost Drenthe en bestaat uit akkerbouwers in de betreffende regio. HLB in Wijster en The Soil Company begeleiden de stichting.

Op het gebied van nevenstromen liep het project met SuikerUnie, Nedmag, R&H Minerals en de provincie Groningen. Doel van dit project was na te gaan of het grondstoffengebruik en de CO<sub>2</sub>-uitstoot kan worden verminderd, door nevenstromen van twee industrieën te combineren tot een hoogwaardige meststof.

## 2. Materiaal en methode

---

### 2.1. Inventarisatie en validatie

Het project moet inzicht geven in de praktische mogelijkheden om pH-verschillen binnen percelen in kaart te brengen en in de nauwkeurigheid waarmee dit gebeurt. De inventarisatie geeft tevens meer informatie over de mate waarin percelen met grote variatie in pH voorkomen.

De problematiek speelt vooral op de zand- en dalgrond in Noordoost-Nederland. In deze regio werd bij 12 akkerbouwers een perceel gekozen, waarop in 2007 of 2008 bieten werden geteeld. Voorafgaand aan de teelt werd van deze percelen de variatie van de pH binnen het perceel vastgelegd.

Dit gebeurde op:

- de conventionele manier;
- met de apparatuur van The Soil Company (TSC);
- met behulp van real-time pH-metingen in het bodemvocht.

Conventionele manier.

De meting op conventionele manier gebeurde aan de hand van grondmonsters. Deze monsters werden genomen in vlakken van 20 x 20 m. Binnen elk vlak werden ca 40 prikken genomen met een graslandboor ( $\varnothing$  25 mm) tot op een diepte van 0.25 m. De monsters hebben hiermee voldoende omvang om, indien nodig, hieraan gedurende het project of in samenwerking met andere projecten nadere bepalingen te kunnen doen, zoals aaltjesbesmettingen, organische stofgehaltenes of andere bodemvruchtbaarheidparameters.

De pH metingen zijn uitgevoerd aan submonsters volgens de standaard laboratorium methode voor bepaling van pH, NEN 5750. Er is zowel een pH KCl als een pH water bepaald.

Metingen door The Soil company.

Door the soil company worden metingen naar de achtergrondstraling van de bodem uitgevoerd door in banen over het perceel te rijden. Deze bananen hebben een nonderlinge afstand van ca. 6 meter en binnen de banen wordt elke seconde een meting uitgevoerd. Aan de hand van de de ruimtelijke verschillen in achtergrondstraling wordt het perceel in een aantal gebieden ingedeeld. Binnen die gebieden wordt op een locatie een grondmonster genomen en dit wordt op alle relevante bodemparameters, waaronder pH, geanalyseerd. Vervolgens wordt een relatie gelegd tussen de achtergrondstraling op de verschillende locaties en de gemeten bodemparameters. Deze relatie, aangevuld met kennis van The Soil Company wordt gebruikt om voor alle punten waar de achtergrondstraling is gemeten een schatting van de bodemparameters te maken. Vervolgens wordt door interpolatie een schatting gemaakt voor alle locaties binnen het perceel.

Real time pH meting in het bodemvocht.

De real-time pH metingen In het bestaande bodemvocht zijn uitgevoerd aan de hand van de monsters die voor de conventionele manier zijn verzameld.

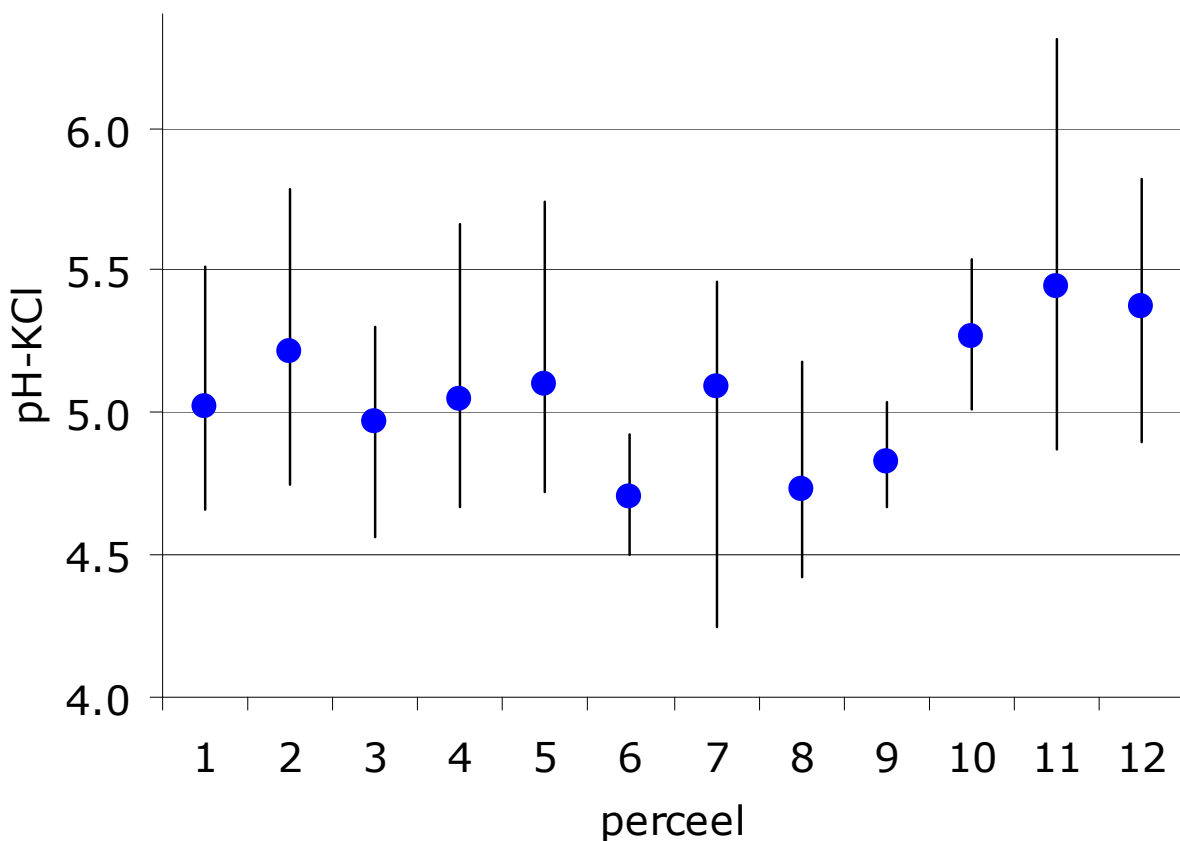
In een submonster van deze grotere monsters is de pH bepaald door een Hanna HI99121 pH elektrode rechtstreeks in het monster te plaatsen. De pH waarde kan op het beeldscherm van het instrument worden afgelezen.

### 3. Resultaten

---

#### 3.1. Variatie in pH waarden binnen percelen

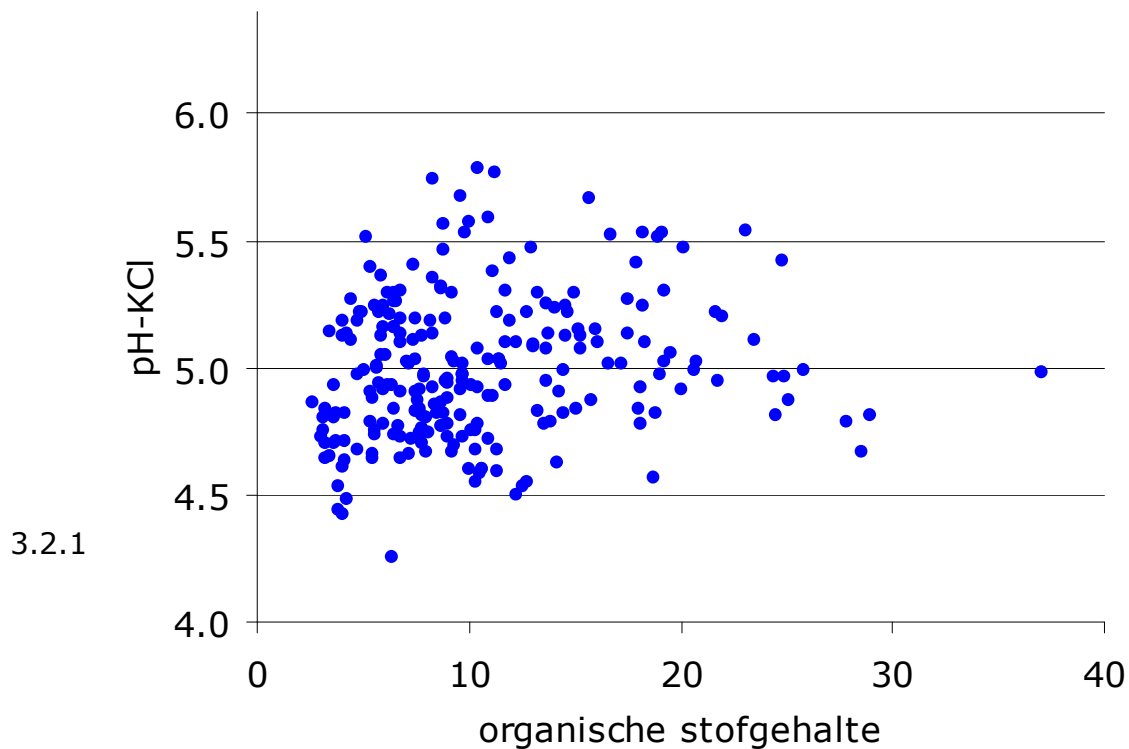
In onderstaande figuur zijn de gemiddelde pH waarden en de variatie in pH weergegeven van de 12 bemonsterde akkerbouwpercelen. De waarden zijn vastgesteld door het analyseren van een groot aantal grondmonsters volgens de conventionele pH-KCl methode. Figuur 4 laat zien dat de pH tussen de percelen varieert van 4.7 tot 5.4, i.e. 0.7 pH punten, maar dat variaties binnen een perceel 1.4 pH punten uiteen kan lopen.



**Figuur 4.** Gemiddelde pH-KCl van een twaalftal percelen en de variatie in pH binnen die percelen.

### 3.2. relatie tussen pH waarden en organische stofgehalten

In onderstaande figuur zijn de pH waarden en de organische stofwaarden weergegeven, die zijn gemeten op de 12 akkerbouwpercelen, uitgevoerd volgens de conventionele pH-KCl methode en de standaard gloeiverliesmethode voor het bepalen van het organische stof gehalte.



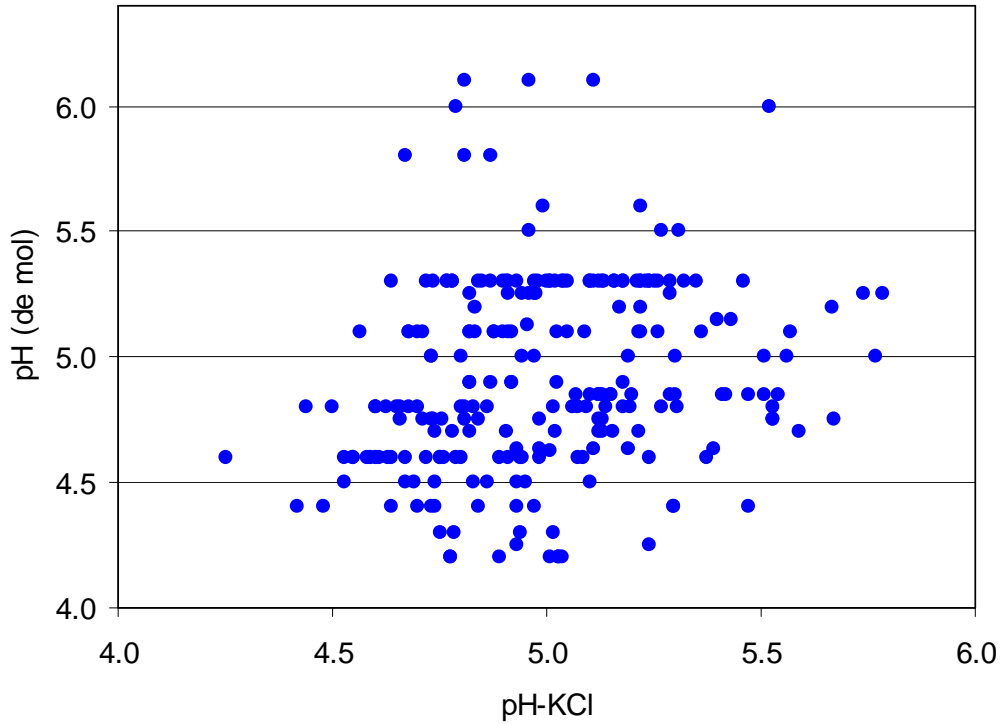
**Figuur 5.** pH als functie van het organische stof gehalte (procenten)

### 3.3. Validatie pH metingen van de Soil Company

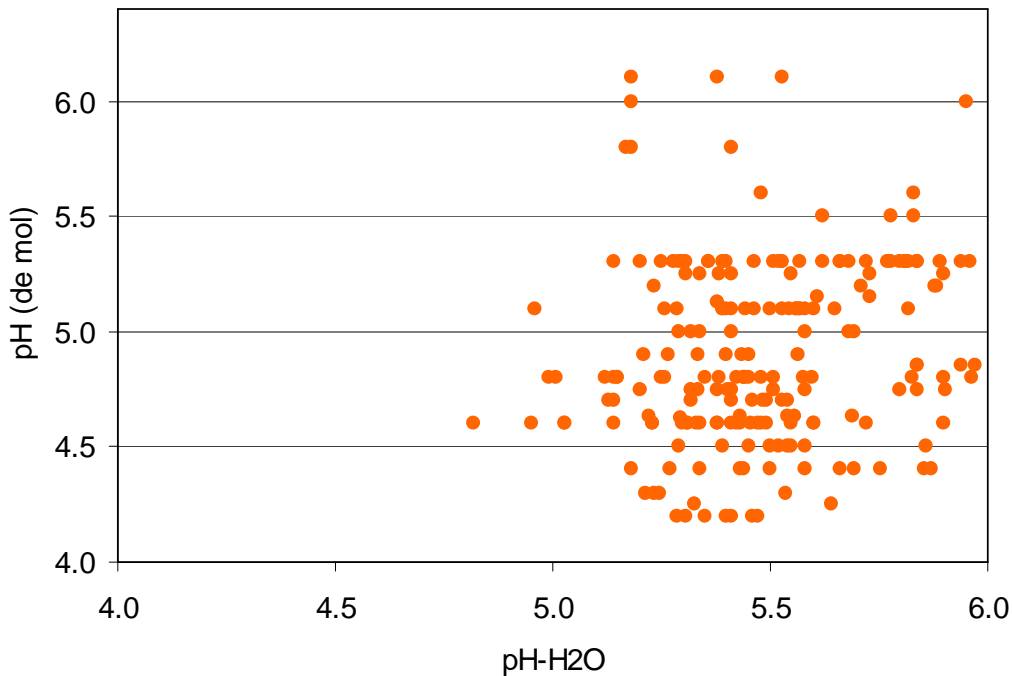
Door het vergelijken van de uitkomsten van de standaard pH meting die zijn verkregen door het nemen van standaard pH monsters (pH-KCl) van een groot aantal oppervlaktes binnen het perceel, met de uitkomsten van de metingen van The Soil Company (TSC) voor dezelfde oppervlaktes, kan een indruk worden verkregen van de betrouwbaarheid van het TSC systeem. Daarbij zijn de onderliggende pH waarden van de kaart van TSC en de voor de validatie gebruikte standaard pH-monsters gebruikt. Op deze waarden is vervolgens een regressieanalyse verricht.

#### 3.3.1 relatie tussen conventionele pH-meting en het systeem van TSC op basis van de metingen in alle percelen.

In figuur 6 zijn de pH waarden van de conventionele monster- en meetmethode en de meetwaarden afkomstig van het systeem van TSC (de Mol) naast elkaar weergegeven. De gegevens zijn afkomstig van de 12 bemonsterde akkerbouwpercelen. In de figuren 6a en 6b zijn de uitkomst van de pH-KCl en de pH-water beide weergegeven.



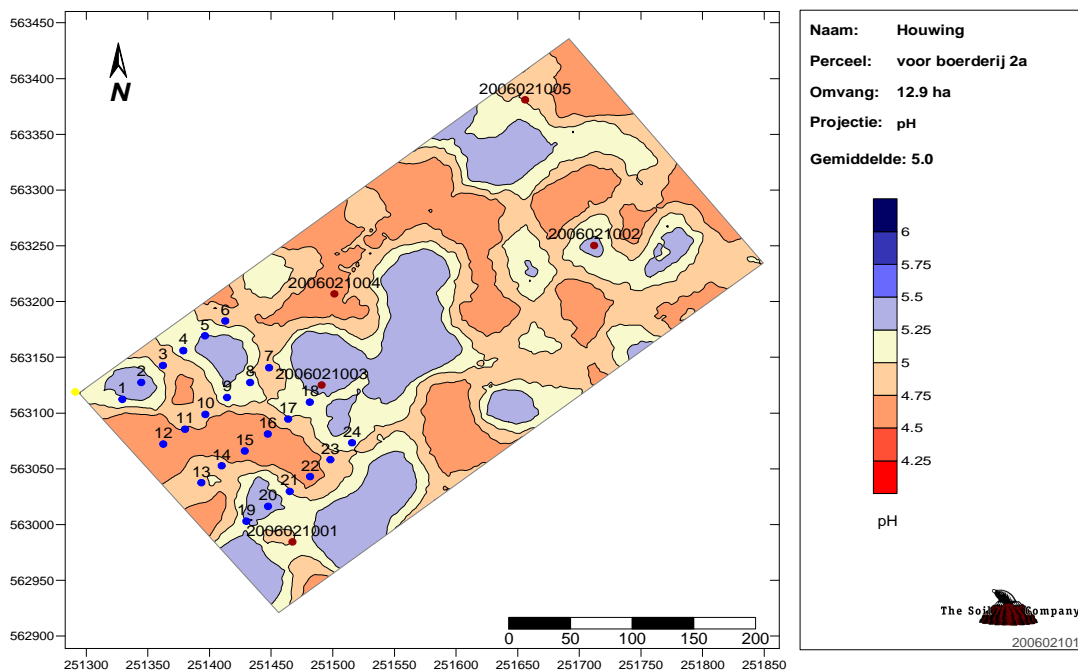
**Figure 6a.** pH gebaseerd op metingen met deMol van de SoilCompany als functie van pH-KCL volgens de conventionele meetmethode.



**Figure 6b.** pH gebaseerd op metingen met deMol van de SoilCompany als functie van pH-H2O volgens de conventionele meetmethode.

### 3.3.2 relatie tussen conventionele pH-meting en het systeem van TSC voor individuele percelen.

Figuur 7 geeft weer op welke wijze de monsterneming op een van de percelen heeft plaatsgevonden. Aan de hand van de kaarten van TSC zijn op de perceelsgedeelten ook een aantal conventionele pH monsters gestoken, die met behulp van de pH-KCl zijn geanalyseerd.

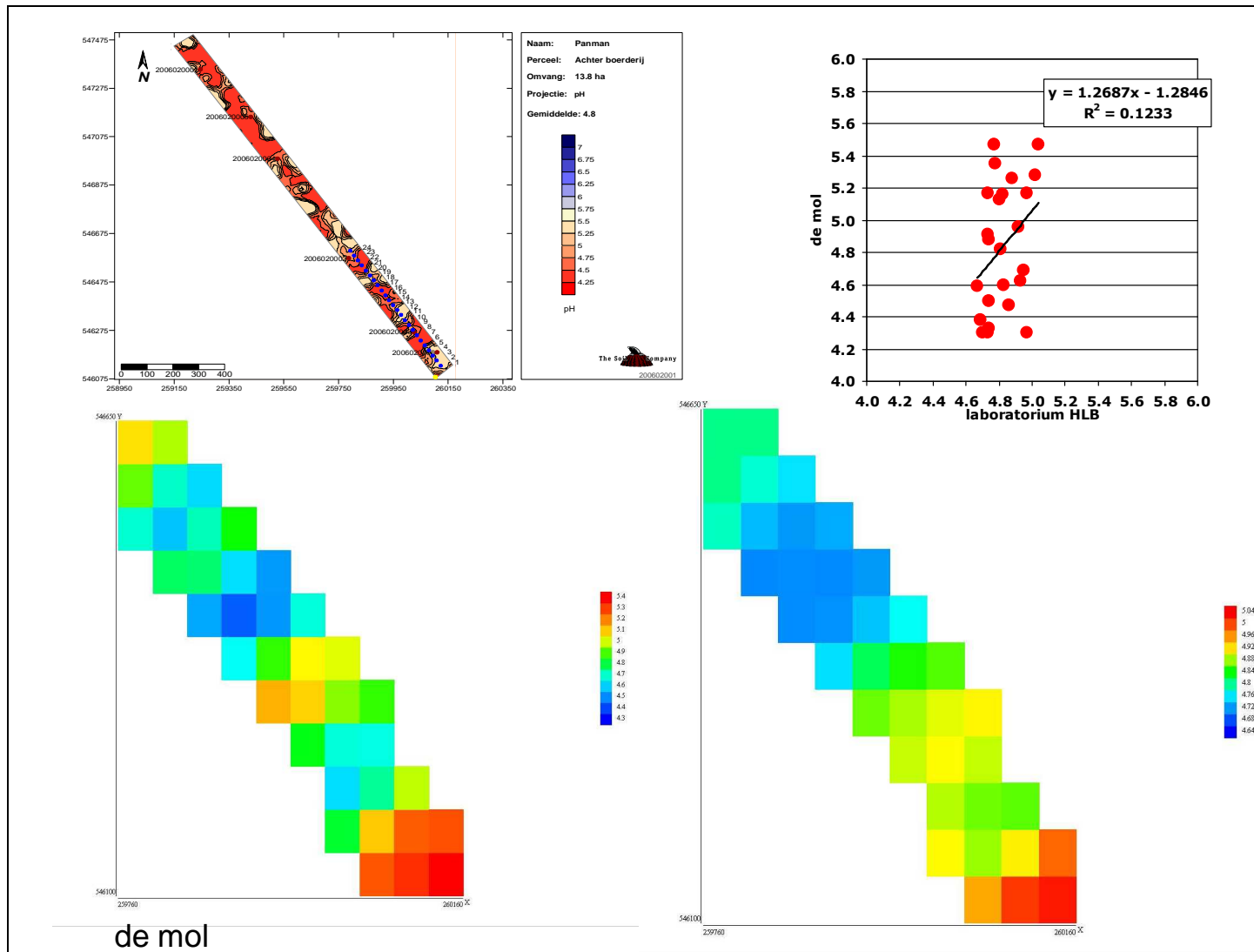


**Figuur 7.** Voorbeeld van de manier waarop locaties voor conventionele pH bepaling zijn gekozen op basis van een pH kaart van The Soil Company.

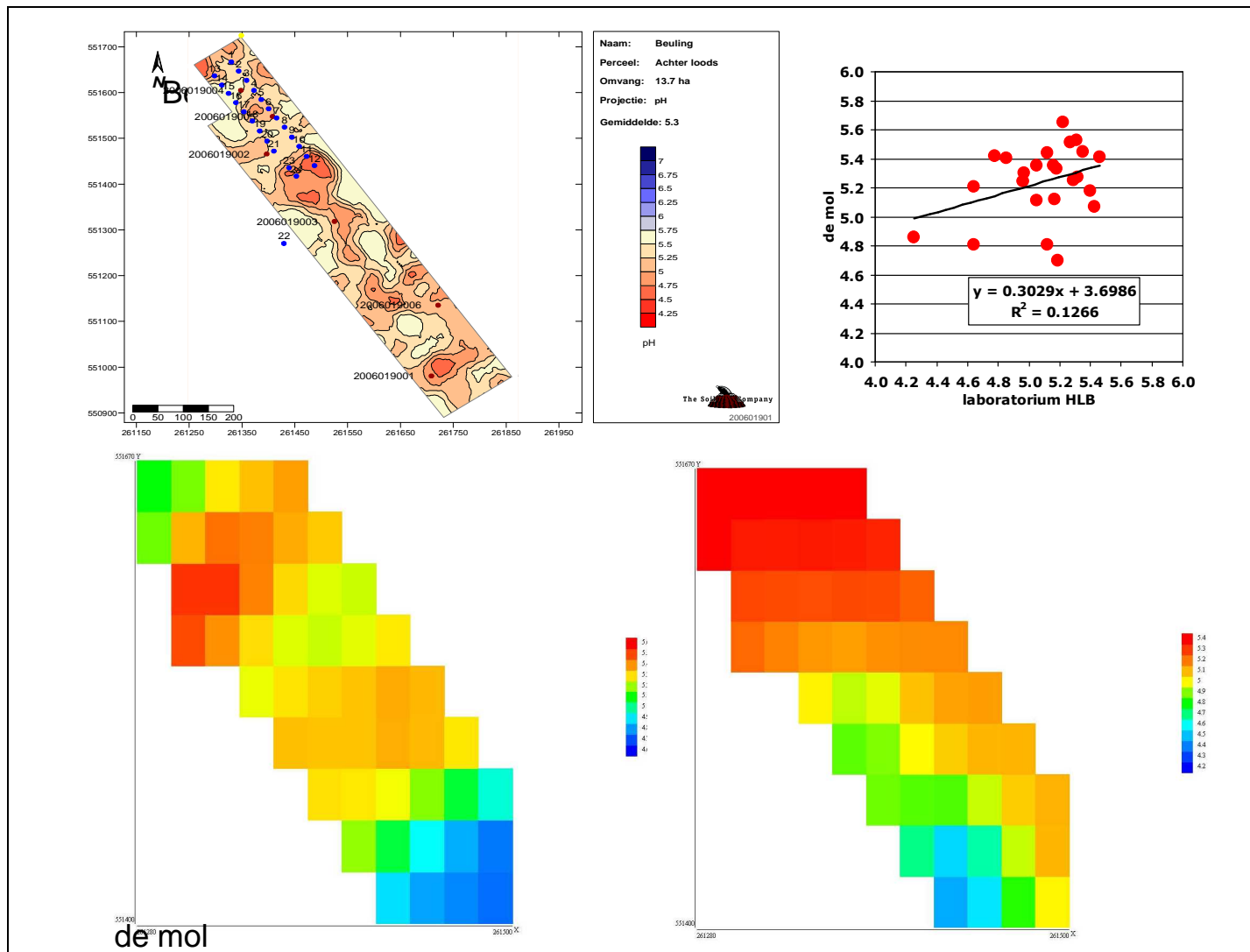
De figuren 8a t/m 8j geven weer hoe de pH verdeling was volgens de conventionele meetmethode en volgens de meetmethode van TSC. In elke figuur wordt klokwijs vanaf links boven getoond: a) de pH kaart van het perceel volgens The Soil Company, b) De relatie tussen pH bepaald volgens de conventionele methode en die volgens de soil company, c) een schatting van de pH voor blokken van 20 x 20 meter volgens de conventionele methode en d) een schatting van de pH voor dezelve blokken van 20 x 20 meter volgens de methode van de soil company.

Ondanks het feit dat de locaties voor de pH bepalingen zijn gebaseerd op de pH kaarten van The Soil Company, en er daarmee is gezorgd dat punten met een zo groot mogelijke range zijn meegenomen, is de relatie tussen conventioneel bepaalde pH waarden en die gebaseerd op soil scans niet aanwezig.

De hoogste correlatie wordt gevonden op het perceel van Mencke, figuur 8h, met een  $R^2$  van 0.351. Een dergelijke  $R^2$  op 24 waarnemingen is weliswaar net significant bij een overschrijdingskans van 10 procent, maar de richtingscoëfficiënt is negatief! Een hogere pH uit het laboratorium correspondeert met een lagere pH gebaseerd op de meting van de Mol. De op een na beste correlatie ( $R^2 = 0.2067$ ) op hert perceel van Roosjen, figuur 8d, laat ook een negatieve relatie zien.

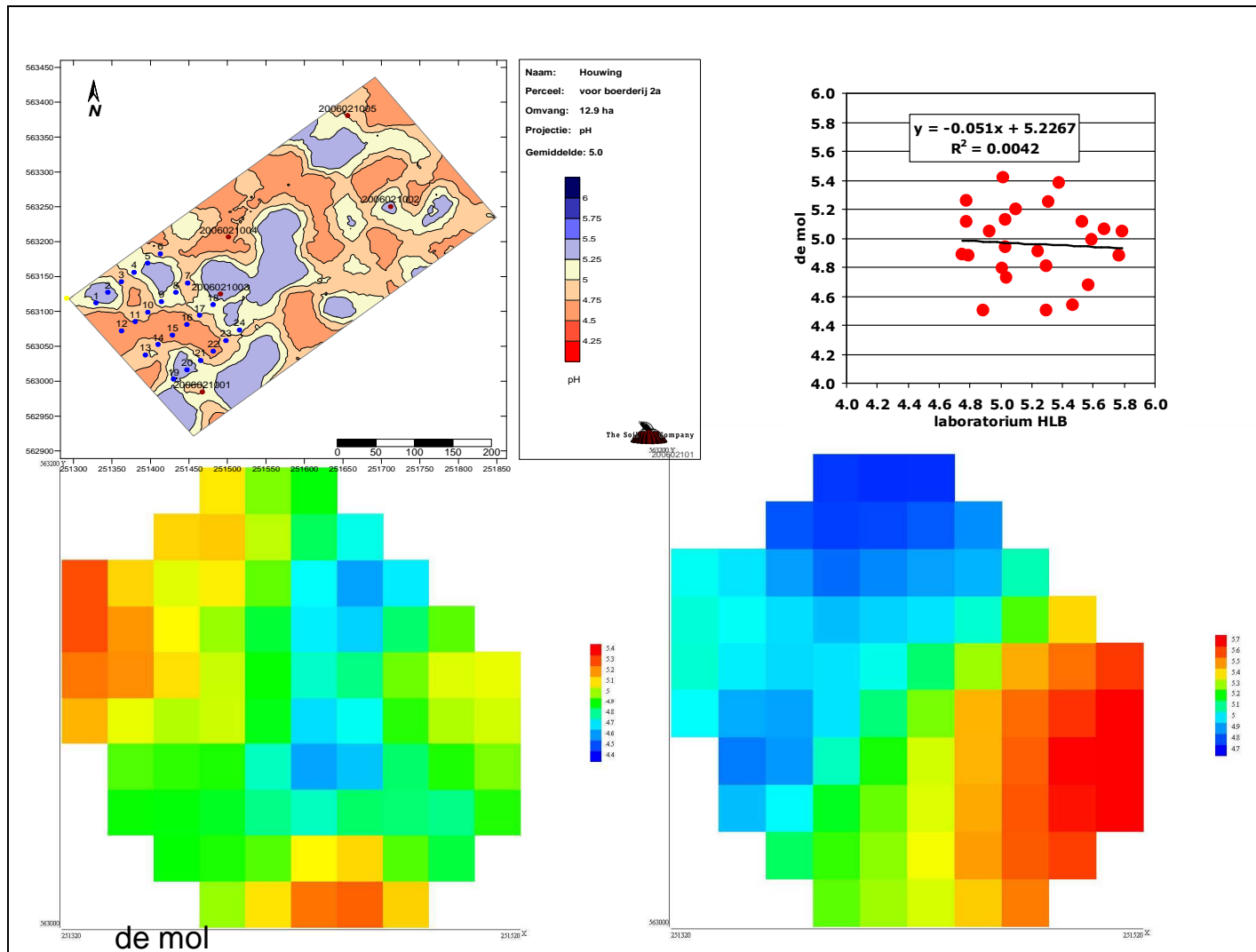


**Figuur 8a.** Perceelkaart met geschatte bodem pH volgens the Soil Company, relatie tussen gemeten pH(x-as) en deze schatting (y-as) en een ruimtelijke weergave van pH volgens bijde methodes op een perceel van Panman.

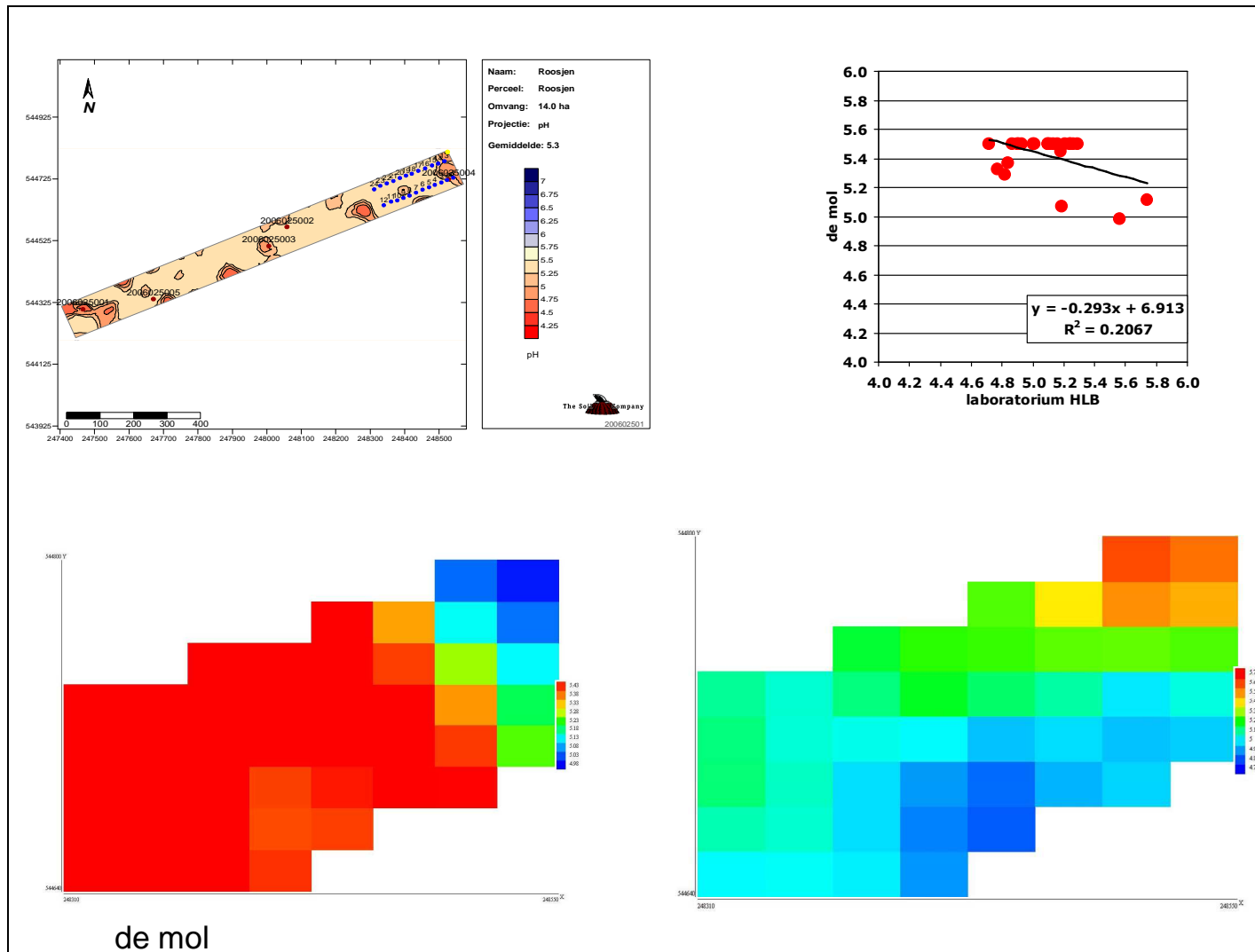


**Figuur 8b.** Perceelkaart met geschatte bodem pH volgens the Soil Company, relatie tussen gemeten pH(x-as) en deze schatting (y-as) en een ruimtelijke weergave van pH volgens bijde methodes op een perceel van Beuling.

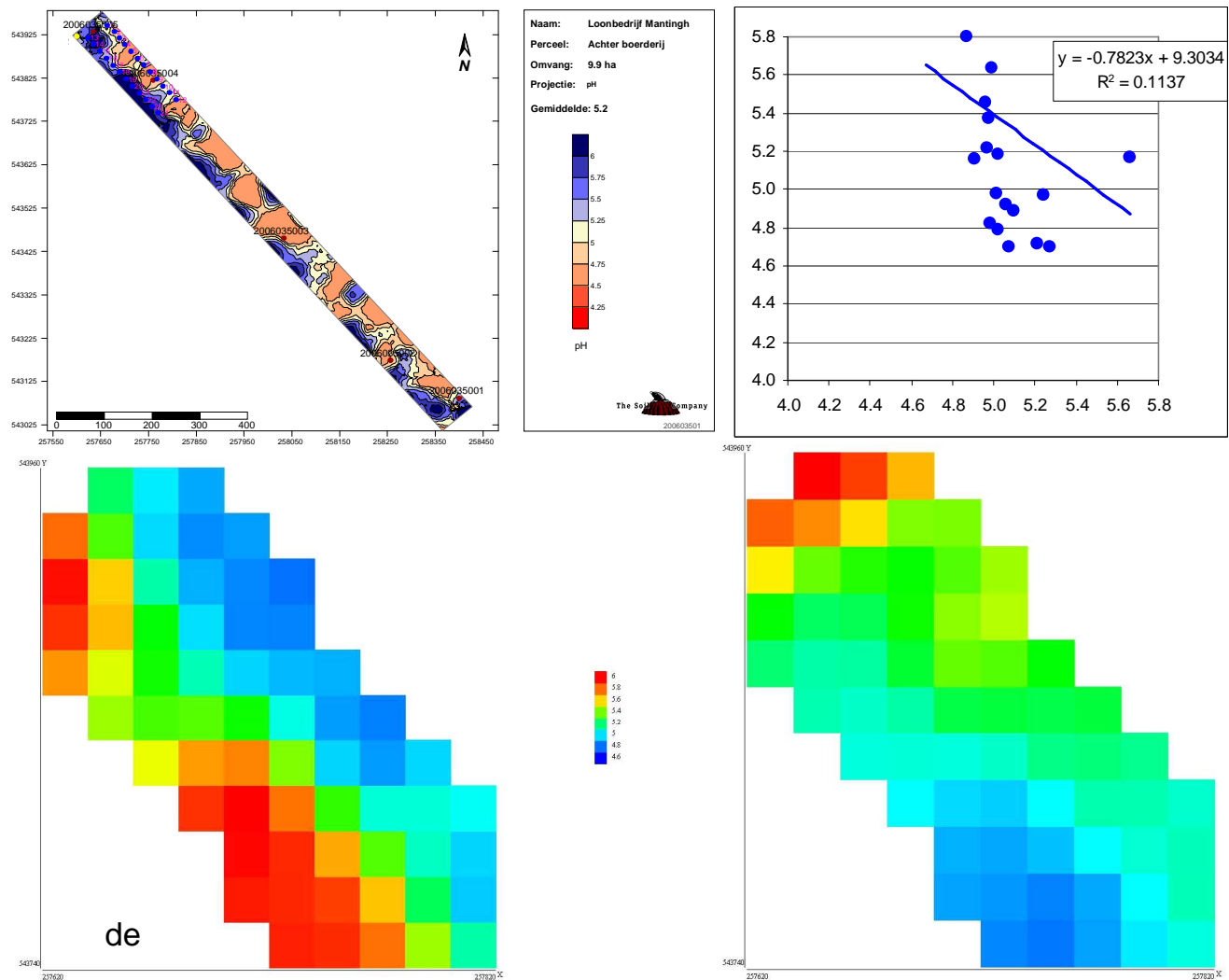




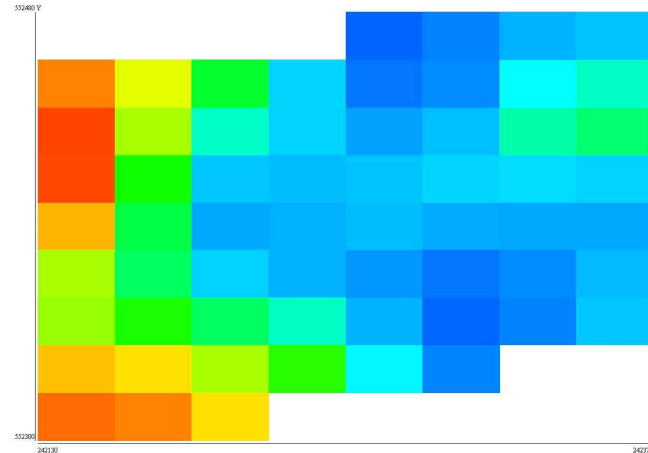
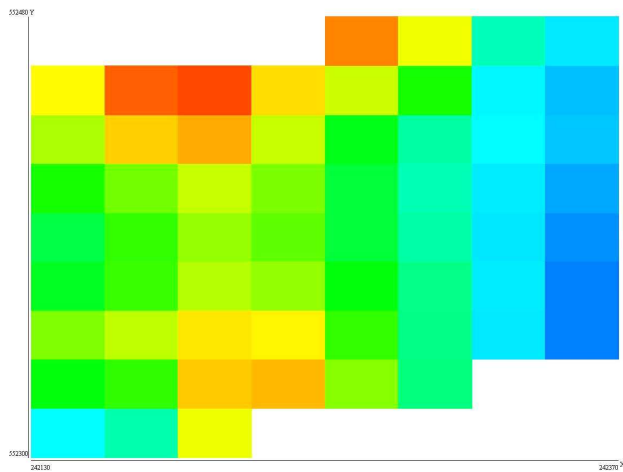
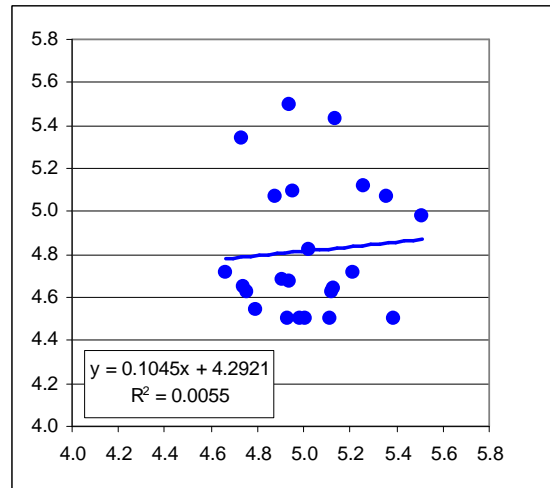
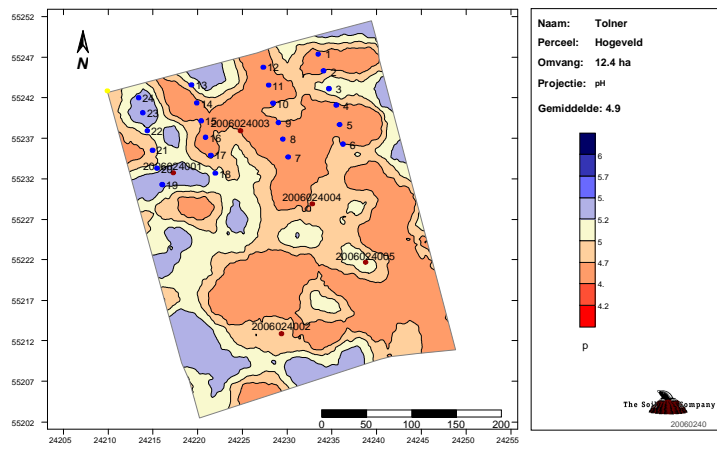
**Figuur 8c.** Perceelkaart met geschatte bodem pH volgens the Soil Company, relatie tussen gemeten pH(x-as) en deze schatting (y-as) en een ruimtelijke weergave van pH volgens beide methodes op een perceel van Houwing.



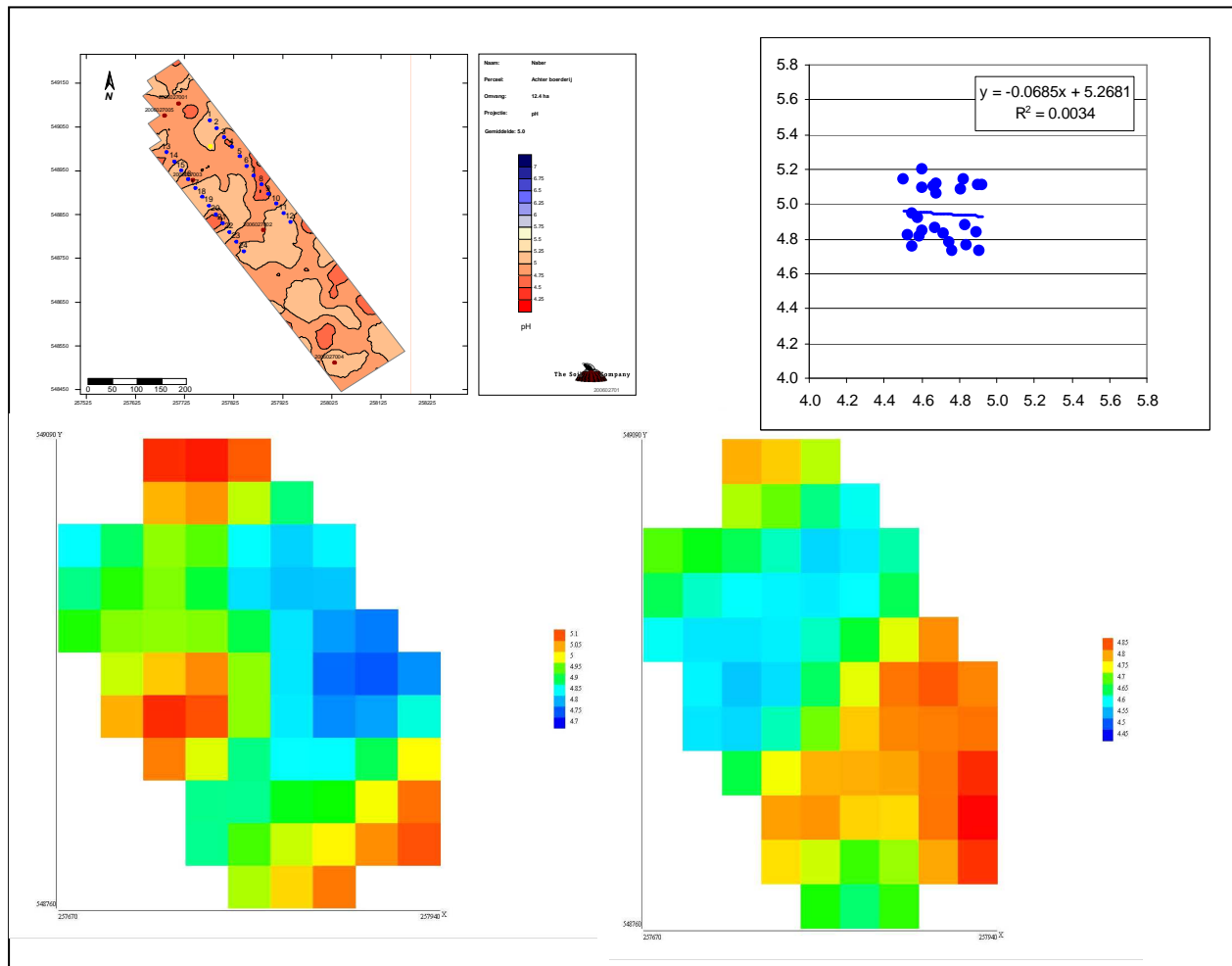
**Figuur 8d.** Perceelkaart met geschatte bodem pH volgens the Soil Company, relatie tussen gemeten pH(x-as) en deze schatting (y-as) en een ruimtelijke weergave van pH volgens bijde methodes op een perceel van Roosjen.



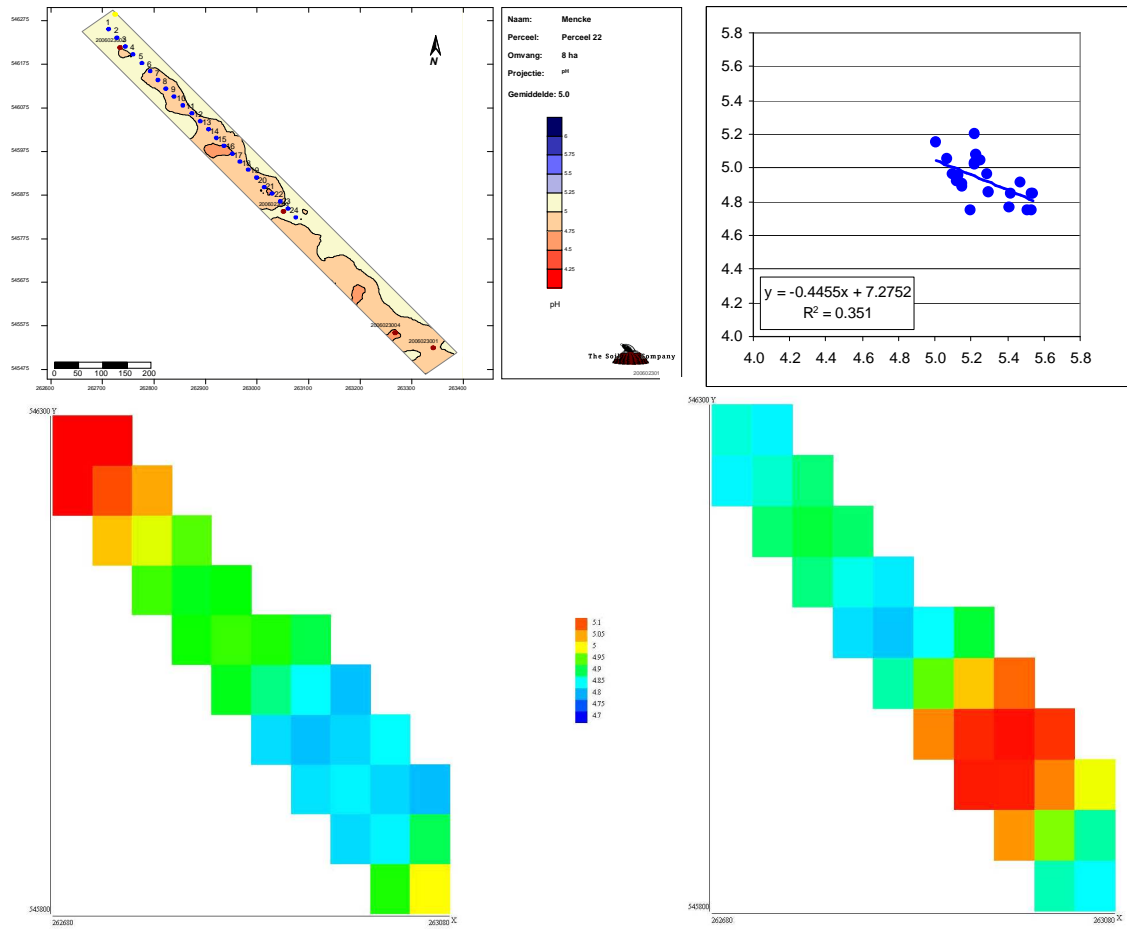
**Figuur 8e.** Perceelkaart met geschatte bodem pH volgens the Soil Company, relatie tussen gemeten pH(x-as) en deze schatting (y-as) en een ruimtelijke weergave van pH volgens bijde methodes op een perceel van Mantingh.



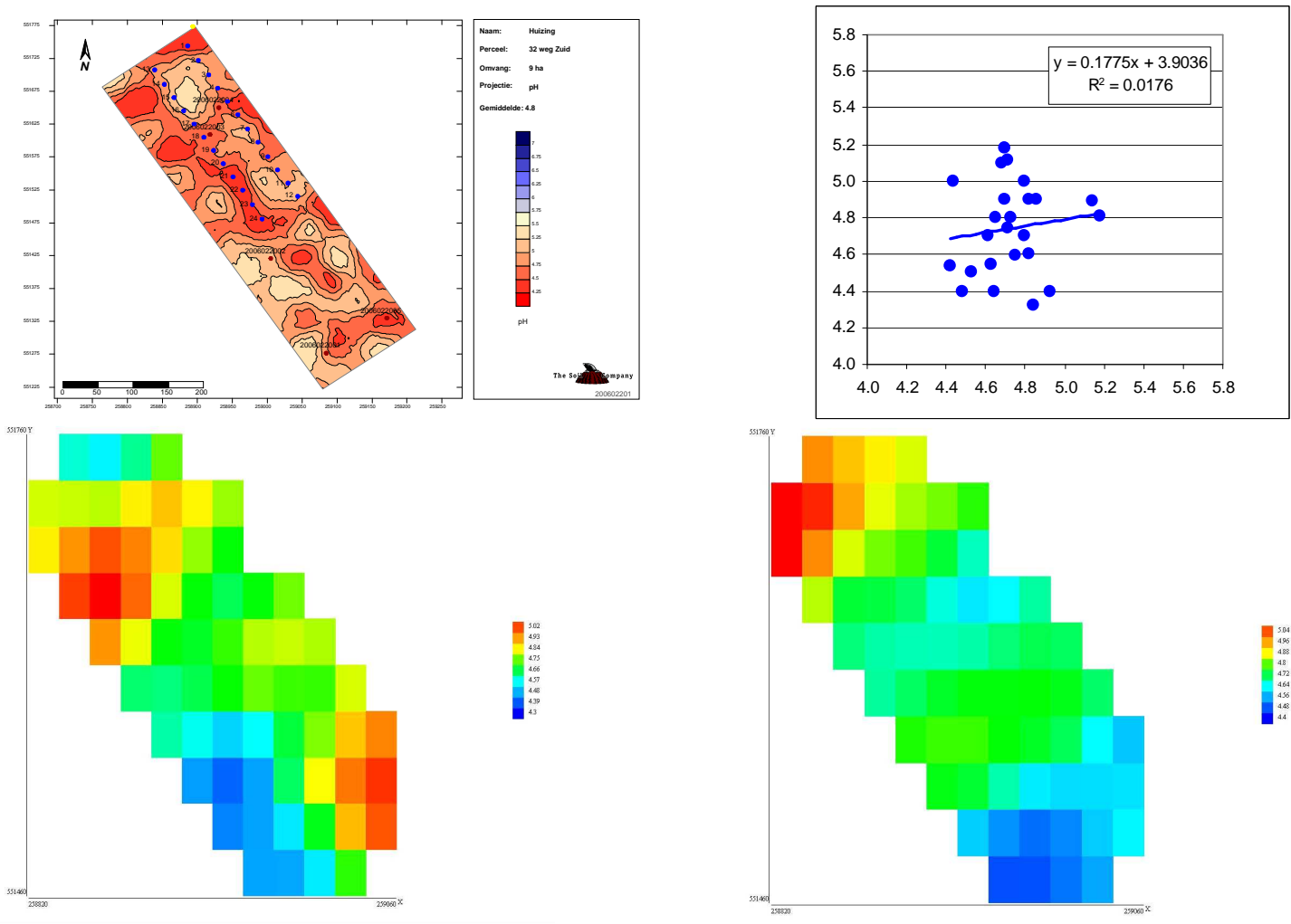
**Figuur 8f.** Perceelkaart met geschatte bodem pH volgens the Soil Company, relatie tussen gemeten pH(x-as) en deze schatting (y-as) en een ruimtelijke weergave van pH volgens bijde metyhodes op een perceel van Tolner.



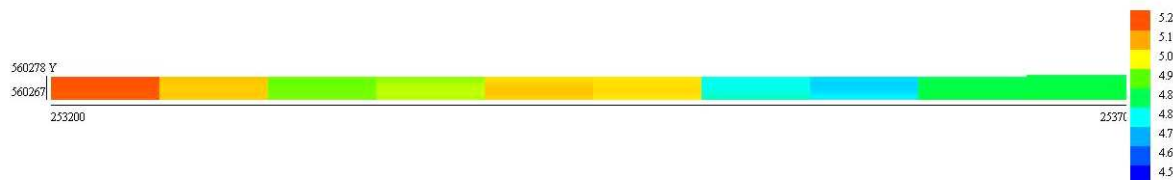
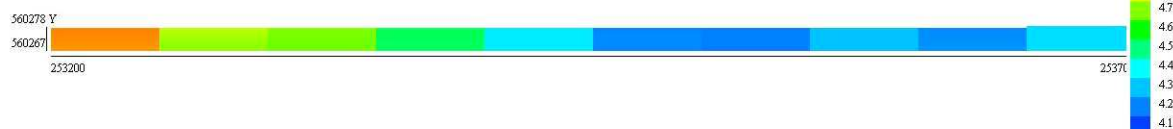
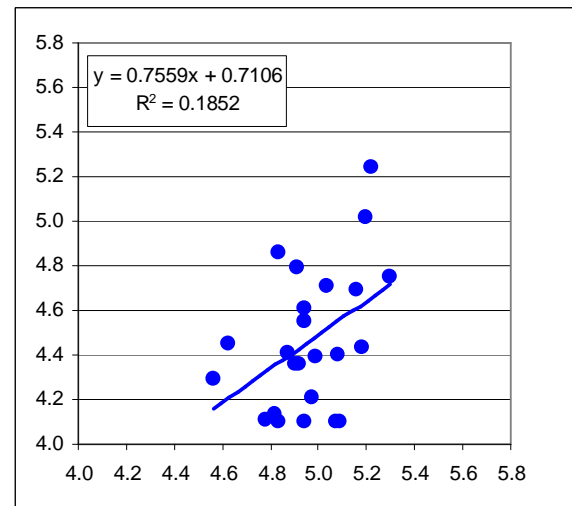
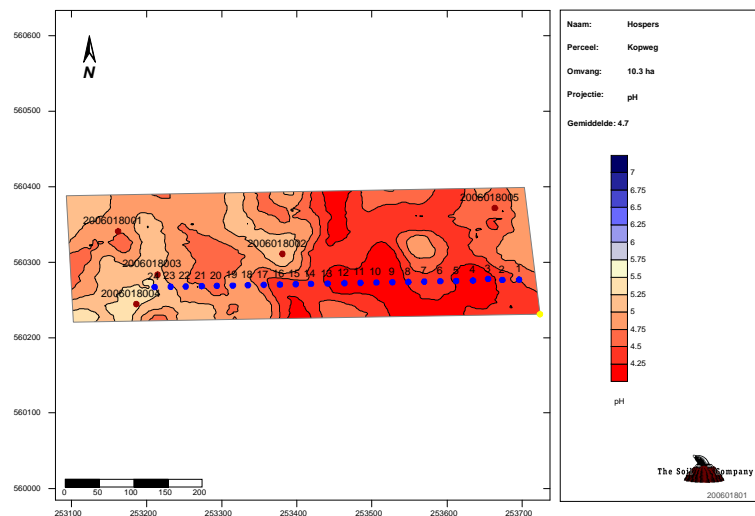
**Figuur 8g.** Perceelkaart met geschatte bodem pH volgens the Soil Company, relatie tussen gemeten pH(x-as) en deze schatting (y-as) en een ruimtelijke weergave van pH volgens beide methodes op een perceel van Naber.



**Figuur 8h.** Perceelkaart met geschatte bodem pH volgens the Soil Company, relatie tussen gemeten pH(x-as) en deze schatting (y-as) en een ruimtelijke weergave van pH volgens bijde methodes op een perceel van Mencke.



**Figuur 8i.** Perceelkaart met geschatte bodem pH volgens the Soil Company, relatie tussen gemeten pH(x-as) en deze schatting (y-as) en een ruimtelijke weergave van pH volgens bijde methodes op een perceel van Huizing.



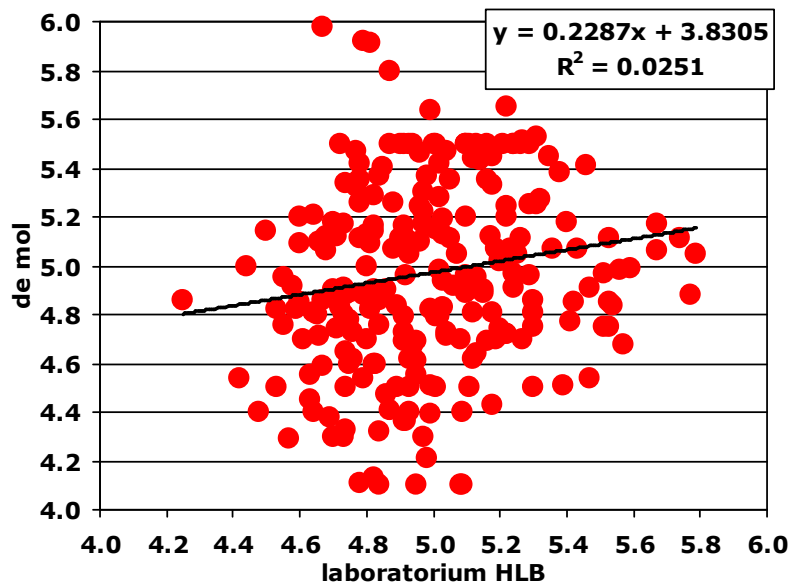
**Figuur 8j.** Perceelkaart met geschatte bodem pH volgens the Soil Company, relatie tussen gemeten pH(x-as) en deze schatting (y-as) en een ruimtelijke weergave van pH volgens bijde metodyodes op een perceel van Hospers.





In figuur 9 is de pH op basis van conventionele bemonstering weergegeven tegen de schatting op basis van de metingen van de Soil Company voor alle 240 punten over de tien deelnemende bedrijven. Net zoals voor de individuele percelen is er geen significante relatie aanwezig.

De relatie tussen de conventionele pH-bepaling en de mol



**Figuur 9.** De relatie tussen de conventioneel bepaalde pH waarden en die gebaseerd op de schatting aan de hand van metingen van The Soil Company.

### 3.4. Oriëntatie op alternatieve pH meetsystemen

#### **ISFET-elektrodes**

In de loop van de uitvoering van het project is een bezoek gebracht aan Sentron Europe in Roden. Het is een bedrijf dat zich gespecialiseerd heeft in pH- en drukelektrodes. Het verschil van hun pH elektrode met conventionele elektrodes is dat deze van rvs gemaakt zijn i.p.v. glas. Voor het meten wordt een chip gebruikt. De elektrodes zijn heel nauwkeurig, duurzaam en degelijk. Rechtstreek in de grond meten is echter geen optie. De elektrode zou hierdoor te snel slijten en snel minder betrouwbaar worden. Bij het rechtstreeks meten met deze elektrode in de grond komen dezelfde problemen naar voren als bij de glaselektrode. Het daadwerkelijke meetoppervlak is slechts enkele vierkante millimeters en daarom minder representatief. Ook Sentron gaf aan dat rechtstreeks in de grond geen optie is.

#### **Agritip**

Verder is er kort contact geweest met Agritip in America, Limburg. Zij leveren diensten ten behoeve van precisiebemesting. Tot nu toe zijn de kaartjes die zij produceren, gemaakt op basis van conventionele meetmethoden, i.e. bemonsteren en analyse van de monsters in een laboratorium. Agritip is bezig met de ontwikkeling van een real-time grondbemonstering analyse systeem. Er moet nog overleg plaatsvinden over de mogelijkheden om met dit systeem verschillen van pH binnen percelen in kaart te brengen.

#### **Veris.**

De Amerikaanse firma Veris Technologies heeft een meetinstrument op de markt gebracht waarmee de pH in kaart kan worden gebracht. Veris is bekend om zijn sensor systeem voor het meten van de geleidbaarheid van de bodem. De pH meting kan gekocht worden als een uitbreiding op het genoemde meetsysteem, maar ook als stand allone.

Het principe is dat een mechanisch gedeelte op regelmatige afstanden al rijdende een bodemonster neemt. Dit monster wordt omhoog gebracht en tegen een pH gevoelige elektrode aangedrukt. Details over het type elektrode en het gebruik van welke soort vloeisof zijn ons niet bekend.

**THE VERIS MOBILE SENSOR PLATFORM**  
**ONE MACHINE – TWO VALUABLE SETS OF INFORMATION**

**The pH Manager uses on-the-go sensors to map pH variability accurately and affordably.**

**Problem:** With typical 2.5 acre (1 ha) grid sampling, samples are taken 15M (100 m) apart. Computer software fills in the values between these samples, based on the pH at the sample points. Unfortunately, in many fields, the pH between the sample locations is completely different. Separating the samples closer together using conventional soil sampling and analysis methods would result in a squeeze to the pocketbook as well.

**Solution:** On-the-go pH mapping from Veris Technologies delivers approximately 10 times the number of samples — resulting in a pH map that is both accurate and affordable.

**How where pH varies**  
 When grid sample sites are overlaid on a Soil pH Manager map, it's evident that there is more variability than grid samples will be able to capture. Software may outline the grid spots into a pretty map, but it can't accurately map what wasn't measured.

**Put lines where it belongs**  
 The advantages of more detailed sampling is evident from the line application maps generated by each method. Inadequate sampling causes significant errors in line application on most fields. Results from validation sampling shows the pH Manager delivers an average improvement in line application accuracy of more than 700 lbs./acre.

**Push-type or 3-point mounted**  
 The Veris pH Manager sits at your feet in a variety of configurations. Fans and sensors are designed to fit row crops — extending your mapping window into the early growing season.

**Automatic cleaning of electrodes between measurements is provided by tap water in 100 gallon (378 l) tank**

**Entire process is controlled electronically.**

**Choser option minimizes soil disturbance.**

**Sampler shoe creates soil core.**

**Soil core is held against non-selective pH electrodes.**

**EC Surveyor module employs simple, dependable arrays using copper electrodes that are in direct contact with the soil.**

**Soil EC is sound science . . .**  
 "Soil EC is a measurement that correlates to soil properties affecting crop productivity, including soil texture, cation exchange capacity (CEC), drainage conditions, organic matter (O.M.) level, salinity and sodium characteristics." Site-Specific Management Guideline: FSSMG-30 Potash and Phosphate Inclusion (PPI)  
 "... soil electrical conductivity (EC) has quickly become a favorite tool in mapping soil variability within fields." *Agronomy Journal* May-June 2003

**Maps from the Soil EC Surveyor 3150 show precisely where soil texture changes.**

**Here's how it works:** As the EC Surveyor is pulled through the field, one pair of copper electrodes inserts a known voltage into the soil, while the other copper electrodes measure the drop in that voltage. Smaller soil grains such as clay conduct more current than larger grains such as silt and sand.

**Here's why EC is important:** The amount of clay in the soil plays a large role in water and nutrient holding capacity. Mapping soil texture precisely allows you to develop management plans, set yield goals, and vary population and nitrogen. Using EC to map soil texture — a key factor in its pH buffering capacity — helps create precise line applications from the pH Manager.

**Start with EC Surveyor . . . add pH Manager module later.**

**Figuur 10.** De pH sensor van Veris Technologies.

## 4. Conclusies

---

Uit de getoonde resultaten per perceel kan worden geconcludeerd dat de waarden van het TSC systeem weinig tot geen overeenkomsten vertoont met de op conventionele methode bepaalde pH-waarden. Hiervoor is een lineaire regressie analyse uitgevoerd. De afwijkingen ten opzichte van de regressielijn geven geen aanleiding om andere, non-lineaire, regressie vergelijkingen toe te passen.

De variatie tussen de herhalingen van de laboratorium analyses zijn zodanig laag, dat de in het lab bepaalde pH als uitgangspunt genomen kan worden. Op basis van het aantal prikken binnen de oppervlakken van 20 x 20 meter moet het monster ook als representatief worden gezien.

Er is bij het uitvoeren van de proef met GPS ontvangers gewerkt met een mogelijke afwijking van 2-5 meter. Op oppervlakken van 20 x 20 meter zal de verschuiving van het conventioneel bemonsterde vlak t.o.v. het vlak waarvoor de pH op basis van de scan is berekend beperkt zijn.

Op basis van dit onderzoek moet geconcludeerd worden dat er geen relatie aanwezig is tussen de geschatte pH op basis van het meten van de radioactieve achtergrondstraling en de pH bepaald met bemonstering en laboratorium analyse. Er van uitgaande dat de conventionele methode betrouwbaar is moet worden geconcludeerd dat de pH kaarten van The Soil Company niet bruikbaar zijn.

De metingen volgens de conventionele methode geven wel aan dat er behoorlijke variatie van pH binnen percelen optreedt en dat het wel degelijk zin heeft naar een betrouwbare methode te zoeken om de pH in kaart te brengen. Als naar een pH van 5.0 wordt gestreefd is een kaart met de actuele pH waarden essentieel.

Een voorbeeld van een sensor om de pH in kaart te brengen zou de sensor van Veris Technologies kunnen zijn.

Voor het bepalen van de sampling dichtheid met deze sensor, of eventuele te ontwikkelen alternatieven, is het van belang om inzicht te hebben in de ruimtelijke variatie van de pH. Hiervoor moet niet de pH van oppervlakken worden bepaald zoals in deze proef is gebeurd, maar moeten puntmetingen op variërende onderlinge afstanden worden uitgevoerd. Aan de hand van dergelijke metingen kan met geo-statistische technieken de ruimtelijke variatie in pH worden bepaald.

## 5. Literatuur

---

XXXXX bron voor effect van pH op gewasgroei.