

# Bodemkundige informatie voor precisie landbouw

J. Bouma

Hoogleraar Bodemkunde Landbouwniversiteit  
Wetenschappelijk Directeur C.T. de Wit Onderzoeksschool Productie Ecologie.  
Vakgroep Bodemkunde en Geologie, LUW  
Postbus 37 6700 AA Wageningen  
Tel.0317-484438; FAX 0317-482419  
Email: johan.bouma@bodlan.beng.wau.nl.

## Inleiding

Het is geen eenvoudige zaak om in deze tijd als agrarisch ondernemer een goed inkomen te realiseren. Het reduceren van bedrijfskosten is een belangrijk element in de moderne bedrijfsvoering, waarin naast de productie van land- en tuinbouwproducten in toenemende mate aandacht wordt gevraagd voor de beïnvloeding van het milieu. Ongeveer tien jaar geleden is aan de Universiteit van Minnesota in de Verenigde Staten voor het eerst aandacht besteed aan de zgn. locatie specifieke teelt ("Site Specific Management": "SSM"). Daarbij wordt bij het plannen van teeltmaatregelen niet uitgegaan van de gemiddelde toestand van een perceel, maar worden deze maatregelen gebaseerd op de waargenomen verschillen. Zoals hierna zal worden toegelicht, kan dit betekenen dat het rendement van bijv. toegediende mest en biociden toeneemt terwijl milieuschade, volgend op uitspoeling naar het grondwater, aantoonbaar afneemt.

Op een internationaal congres in 1994 in Minnesota over SSM toonden een aantal boeren zich een groot voorstander van dit systeem, vooral vanwege de kostenbesparing en het hogere rendement van gebruikte hulpbronnen, zoals kunstmest en biociden (Macy, 1995). Nu gaat SSM uit van verschillen binnen een perceel, bijvoorbeeld in termen van bodemopbouw die vaak samenhangen met verschillen in waterhuishouding en nutriëntengehalten. Teeltmaatregelen worden aangepast op basis van deze verschillen. De term "Precisie Landbouw" is echter ook van toepassing

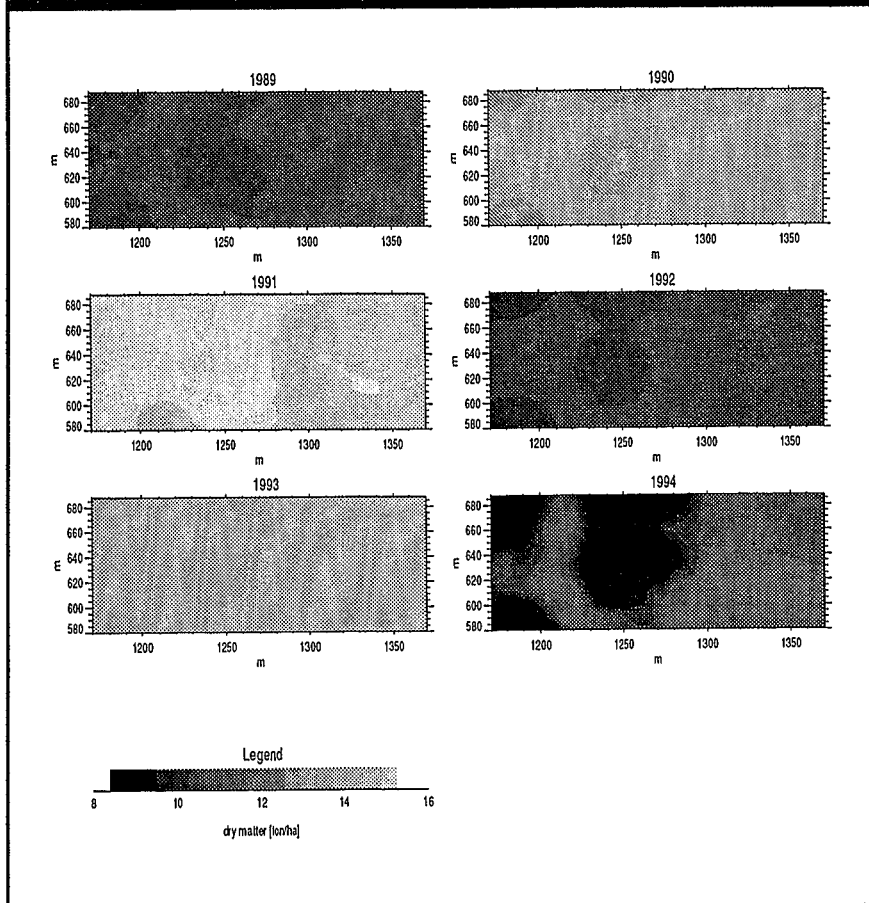
wanneer een perceel volstrekt homogeen zou zijn. Dit begrip sluit aan op een interessant artikel van Pierce en Gilliland (1996) waarin deze de toepassing van moderne technieken voor kwaliteitscontrole in de autoindustrie bespreken en deze vergelijken met teeltmaatregelen in de landbouw. Deze technieken worden samengevat onder de term "Dynamic Quality Control" en gaan uit van een voortdurende kwaliteitscontrole van het productieproces tijdens de productie. Kritieke grenswaarden worden gedefinieerd voor indicatoren die belangrijk zijn voor productie en milieukwaliteit, in het kader van toepassingen in de landbouw. Zodra deze waarden dreigen te worden overschreden, wordt corrigerend ingegrepen. Dit impliceert dat het eindproduct per definitie goed is en dat eindcontroles nauwelijks meer nodig zijn. In feite wordt in de tuinbouw al op deze wijze gewerkt in kassen, waar nutriënten, biociden en water worden toegediend op het meest optimale moment. Daarbij speelt de techniek een cruciale centrale rol, zowel op het punt van de hard- als van de software. Precisie Landbouw ambieert hetzelfde te doen voor teelten in de volle grond, waarbij de onvoorspelbaarheid van het weer en de veel kleinere bedrijfseconomische marges duidelijk extra problemen opleveren. In een volstrekt homogeen veld (een hypothetische, niet realistische veronderstelling) kan precisie landbouw uitstekend worden toegepast. Het betreft dan het tijdig toedienen van water, mest en biociden en het, bijvoorbeeld, tijdig toepassen van de meest effectieve vorm van groundbewerking. In percelen die heterogeen zijn (en dat zijn alle percelen), is sprake

van locatie specifieke vormen van precisie landbouw. We zullen in dit artikel aandacht schenken aan enkele praktische voorbeelden, aan vragen rond de operationalisering en aan implicaties voor het bodemkundig onderzoek.

## Precisie landbouw: enkele voorbeelden

Tot nu toe is de aandacht vooral gevestigd op de aanpassing van anorganische bemesting. Traditioneel wordt een perceel bemonsterd door een groot aantal monsters te nemen en die te mengen. Op basis van de chemische analyse van het mengmonster wordt een bemestingsadvies gegeven voor het gehele perceel. Als er vrij grote verschillen zijn binnen het perceel, betekent dit dat lokaal te weinig kunstmest wordt toegediend en lokaal teveel. In het eerste geval is de productie sub-optimaal, in het tweede geval wordt kunstmest niet effectief gebruikt en kan uitspoeling optreden. In een gedetailleerd voorbeeld uit de USA (Reetz and Fixen, 1995) bleek dat het site specifiek bemesten een financieel voordeel van \$ 18 per acre inhield, waarbij alle kosten in aanmerking zijn genomen, inclusief gebruik van strooiapparatuur die gebruik maakt van GPS (Global Positioning System) en van gedigitaliseerde kaarten met daarop de variatie van de bemestingstoestand. Het feit dat SSM bedrijfseconomisch aantrekkelijk is terwijl het tevens voldoet aan moderne milieunormen is een aantrekkelijke combinatie: het permanente conflict tussen economie en milieu wordt hiermee doorbroken. Gegevens uit Denemarken en Engeland wijzen in dezelfde

**Figuur 1 – Verschillen in aardappelopbrengsten binnen een perceel in de Wieringermeer in het groeiseizoen 1994.**



richting (Olesen, 1995). Onderzoek in Nederland (Verhagen et al, 1995) heeft zich in eerste instantie toegespitst op een perceel in de Wieringermeer, waar grote verschillen in aardappelopbrengsten, vochtlevierantie en N-voorziening werden waargenomen. Zie Figuur 1 waarin de aardappelopbrengsten voor 1994 staan weergegeven.

Precisie landbouw heeft een veel bredere scope dan alleen maar toepassing van locatie-specifieke bemesting. Er wordt al gewerkt met het inzaaien van verschillende gewasvariëteiten binnen een perceel, het variabel mixen van mengmeststoffen, het variëren van de grondbewerking en het toedienen van biociden. Het toekomstperspectief is dan ook het continu bijhouden van de plantengroei en de nutriëntstromen tijdens het groeiseizoen en het, als dat technisch mogelijk is, onmiddellijk corrigerend optreden met teeltmaatregelen wanneer grenswaarden van strategisch gekozen indicatoren worden overschreden. Het zal nog wel even duren voor deze systemen operationeel zijn, maar dat het ooit zover zal komen staat voor mij vast.

### **Operationalisering: het hanteren van informatiestromen**

De kern van precisie landbouw wordt gevormd door verschillende condities van bodem en gewas binnen percelen gedurende het groeiseizoen, en het op basis daarvan formuleren van locatie-specifieke teelttechnieken. Er zijn twee manieren waarop deze verschillen kunnen worden waargenomen:

- 1 door het voortdurend monitoren van bodem-, weer- en gewascondities met in-situ sensoren en remote sensing, en
- 2 door het maken van kaarten van percelen met relatief homogene deelgebieden waarbinnen een bepaalde teelttechniek kan worden toegepast.

In het eerste geval worden problemen onderkend wanneer zij reeds zijn optreden (zie bv. Booltink et al, 1995). Bijvoorbeeld, een locale verlaging van de LAI (Leaf Area Index) die via remote sensing is vastgesteld, of er wordt een laag vochtgehalte gemeten. Meestal is er dan al enige schade opgetreden, en het zou beter zijn

wanneer potentiële schade eerder zou kunnen worden vastgesteld, zodat maatregelen tijdig genomen kunnen worden. Daarvoor biedt de tweede methodiek mogelijkheden.

Met behulp van goed geteste simulatiemodellen worden gewasproducties en nutriëntstromen berekend voor een lange reeks van jaren, waarbij de simulatie van het vochtregime van de bodem centraal staat. Bij deze simulaties wordt gebruik gemaakt van bodemkundige puntgegevens, die via interpolatietechnieken vlakdekkend worden geïnterpreteerd. (Verhagen et al, 1995). Als gevolg van verschillende weersomstandigheden verschillen de patronen sterk tussen de jaren, zoals getoond wordt in Figuur 2.

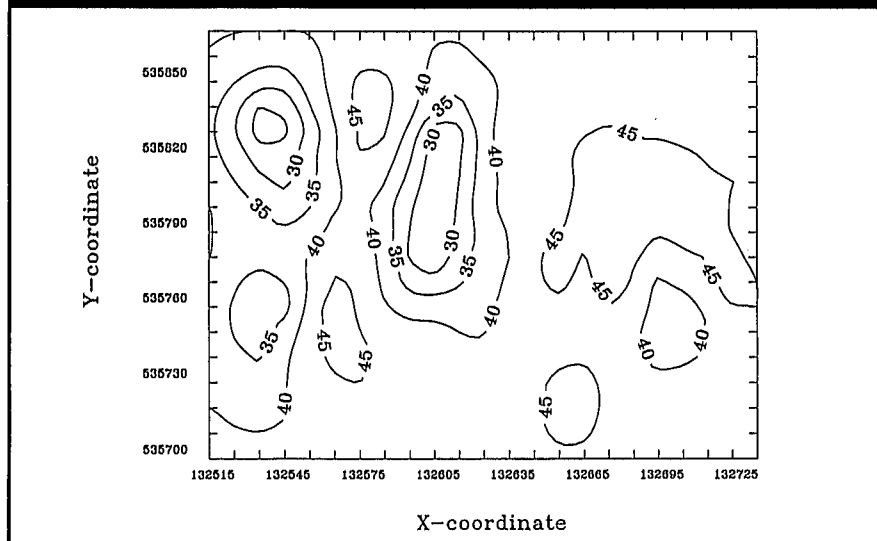
De aldus verkregen beelden van het perceel worden vergeleken en steeds terugkerende patronen vormen de basis voor een kaart die voor precisie landbouw kan worden gebruikt. Bij de praktische uitwerking van het locatie-specifiek werken, kunnen opnieuw een aantal benaderingen worden gevolgd, die momenteel worden onderzocht:

- 1 een simulatiemodel wordt op basis van middellange weersvoorspellingen predictief gerund: mogelijke knelpunten worden tijdig geconstateerd.
- 2 voor iedere eenheid op de kaart worden berekeningen gemaakt van gewasopbrengsten, vochtregimes en nutriëntstromen voor een groot aantal jaren en deze zijn via een database die is verbonden aan een beslissing-ondersteunend systeem, beschikbaar om te vergelijken met actuele condities (Van Uffelen et al, 1996).

Actuele condities dienen met behulp van monitortechnieken te worden vastgesteld en dit illustreert de noodzaak beide hierboven genoemde procedures met elkaar te integreren.

Hoewel de uiteindelijke vorm van een beslissingsondersteunend systeem op dit moment nog niet duidelijk is, is het wel duidelijk dat informatiestromen een centrale rol spelen in het te ontwerpen systeem. Monitorgegevens verkregen via

**Figuur 2 – Met behulp van simulatie berekende aardappelproducties in de jaren 1989 tot en met 1994 voor een proefperceel in de Wieringermeer, waarmee het effect van de weersomstandigheden op de variatie van de productie wordt weergegeven (uit: Bouma en Verhagen, 1996).**



in-situ sensoren, veldwaarnemingen en gegevens verkregen via remote sensing, bodemkundige basisgegevens en resultaten van simulatieberekeningen, moeten allen worden geïntegreerd op een operationeel aantrekkelijke manier. Een centrale rol dus voor de informatica.

### Implicaties voor bodemkundig onderzoek

In de klassieke bodemkartering worden eenheden onderscheiden op basis van bodemkundige criteria, die in het veld moeten kunnen worden toegepast. Vlakken op de bodemkaart worden gekarakteriseerd door zgn. "representatieve" bodemprofielen, waarvan impliciet wordt aangenomen dat ze betrekking hebben op het gehele vlak: de mate van interne variatie komt niet aan de orde. De in het kader van precisie landbouw gevolgde procedure gaat echter uit van puntgegevens, waarvoor berekeningen worden gemaakt, die vervolgens naar vlakken toe worden geïnterpoleerd (Finke, 1993; Verhagen et al, 1995). Bij de gebruikelijke landevaluatie wordt gesproken over relatieve geschiktheden van een grond voor een aantal relevante landgebruikstypen. Bij precisie landbouw is dit echter niet interessant en ligt het accent op het aangeven van producties en nutriëntstromen die mogelijk zijn binnen een bepaalde bodemeenheid als functie van verschillende teeltmaatregelen (Bv. Bouma, 1994). Iedere bodem heeft een karakteristiek "traject" van mogelijke

eigenschappen en dit "traject", met daarbij de teeltmaatregelen die nodig zijn om condities binnen dit traject te realiseren, is van belang in het kader van de precisie landbouw. Daarbij speelt de simulatie een belangrijke rol omdat het ondoenlijk is alle varianten experimenteel op proefvelden te onderzoeken.

Ook voor de bemestingsleer geeft de precisie landbouw nieuwe impulsen. Het huidige bemestingsadvies is gebaseerd op proefveldgegevens waarbij de relatie tussen bemesting enerzijds en opbrengst anderzijds, centraal staat. Voor precisie landbouw is een veel gevoeliger systeem nodig, waarin tegelijkertijd aandacht wordt geschonken aan milieukwaliteit en aan effecten van veranderende weersomstandigheden. Was het oude systeem vooral gericht op het bemesten van arme gronden, nu moet ook steeds meer rekening worden gehouden met reeds zwaar bemeste gronden en hun nutriëntendynamiek. Bij het toekomstige bemestingsonderzoek dient de aandacht zich dan ook te richten op het gedrag van het gehele dynamische systeem van: bodem-plant-atmosfeer. Simulatie berekeningen kunnen ook hier een belangrijke rol spelen.

De introductie van precisie landbouw betekent al met al een sterke vanuit de vraagkant geformuleerde impuls voor het bodemkundig onderzoek.

## Literatuur

- Booltink, H.W.G., J.Verhagen, G.F.Epema and J.Bouma. 1995.  
Remote sensing for optimal agrochemical use at farm level. Final Report BCRS -Project 3.2/TO-08. Dept. Soil Science and Geology. Agric. Univ. Wageningen, the Netherlands.
- Bouma, J. 1994.  
Sustainable land use as a future focus of pedology. Guest Editorial Soil Sci. Soc. Amer. J.: 58: 645-646.
- Bouma, J. and J.Verhagen. 1996.  
Modeling soil variability. In: Pierce et al (Eds). The State of Soil Specific Management for Agriculture. Soil Sci.Soc. Amer. Spec.Publ. (in press).
- Finke, P.A. 1993.  
Field scale variability of soil structure and its impact on crop growth and nitrate leaching in the analysis of fertilizing scenarios. Geoderma 60: 89-109.
- Uffelen, C.G.R.van, J.Verhagen and J.Bouma. 1996.  
Comparison of simulated crop yield patterns as a basis for site specific management. Eur. J.of Soil Sci (in press).
- Macy, T. 1995.  
Panel of producers who have adopted site-specific management in their current operations. In: P.C.Robert, R.H.Rust and W.E.Larsen (Eds.). Site Specific Management for Agricultural Systems. ASA-CSSA-SSSA, Madison, Wis. USA.: 959-963.
- Olesen, S.E. (Ed). 1995.  
Proceedings of the seminar on site specific farming, Aarhus, March 1995. SP Report 26. Danish Institute of Plant and Soil Science. Tjele, Denmark.
- Pierce, F.J. and D.C.Gilliland. 1996.  
Soil quality control. In: E.G.Grogovich and M.R.Carter (Eds). Soil Quality for Crop Production. developments in Soil Science. Elsevier Publ. Co. Amsterdam (in press).
- Reetz, H.F. and P.E.Fixen. 1995.  
Economic analysis of site-specific nutrient management systems. In: P.C.Robert, R.H.Rust and W.E.Larsen (Eds). Site Specific Management for Agricultural Systems. ASA-CSSA-SSSA, Madison, Wis, USA: 743-753.
- Verhagen, J., H.W.G.Booltink and J.Bouma. 1995.  
Site specific management: balancing production and environmental requirements at farm level. Agricult. Systems 49: 369-384.