

# VELDSPECTROMETER VOOR CENTRUM Geo-Informatie (WUR)

**Harm Bartholomeus, Michael Schaeppman**

**Eind 2003 is door de leerstoelgroep Geo-Informatie en Remote Sensing (GIRS) een veldspectrometer (ASD Fieldspec Pro FR) aangeschaft. Gezien de achtergrond en expertise van deze groep, was de aanschaf van een ASD spectrometer een logische stap om de positie op het gebied van spectro-directionele veldmetingen te verstevigen. Het geringe aantal veldspectrometers dat er wereldwijd bestaat, geeft aan dat dit een unieke kans voor de leerstoelgroep om internationaal competitief te opereren op dit terrein.**

De veldspectrometer is aangeschaft op initiatief van Michael Schaeppman, die in oktober als hoogleraar Remote Sensing bij de leerstoel is begonnen. Schaeppman werkte voorheen bij het RSL in Zurich, waar hij zich bezig hield met radiatieve transfer modeling en de toepassing van Remote Sensing bij het voorspellen van oogst. Daarbij werkt hij aan de conceptuele fase en ontwikkeling van sensoren als SPECTRA en APEX.

## Wat meet een veldspectrometer?

Een veldspectrometer meet straling die door de zon wordt uitgezonden en gereflecteerd wordt door het aardoppervlak. Deze straling kan veel informatie geven over de objecten die de straling reflecteren. Van alle straling die op een object valt wordt een gedeelte geabsorbeerd, een gedeelte getransmitteerd en de rest wordt gereflecteerd. Dit is direct één van de basisprincipes van remote sensing. Het meten van deze gereflecteerde straling gebeurt in het veld, maar ook vanuit vliegtuigen en satellieten. Hiermee kunnen grote gebieden in korte tijd worden bestudeerd.

Het bijzondere van de veldspectrometer is dat straling wordt gemeten met een bandbreedte van slechts enkele nanometers. Hierdoor kunnen zeer smalle absorptiekenmerken, bijna op moleculair niveau, in kleine golflengte intervallen gemeten worden. Een voorbeeld hiervan is het bepalen van de chlorofylabsorptie van planten. Planten vertonen een sterke toename van reflectie tussen het rode deel van het spectrum (600-700 nm) en het nabij infrarode deel van het spectrum (700-1050 nm). Deze overgang noemen we de Red-Edge. Wanneer een plant onder stress komt te staan of rijpt verschuift de Red-Edge met enkele nanometers richting een lagere golflengte. Dit is met name afhankelijk van het chlorofylgehalte en de Leaf Area Index (Zarco *et al.*, 2003). Het op de nanometer nauwkeurig bepalen van de Red-Edge positie is bijvoorbeeld nuttig voor het bepalen van het groeistadium van planten of het bepalen van vochttekorten.

Een ander voorbeeld: veel stoffen die in planten aanwezig zijn hebben specifieke absorptiekenmerken. Zo zorgt de aanwezigheid van tannine voor een dip bij 1460 nm. De hoeveelheid tannine bepaalt of bepaalde herbivoren een plant wel of niet eten en kan dus gebruikt worden om het voorkomen van herbivoren te voorspellen. (Owen-Smith, 1993) Hiervoor is het noodzakelijk metingen te doen op bladniveau (Jacquemond *et al.*, 2000) (Sims & Gamon, 2002).

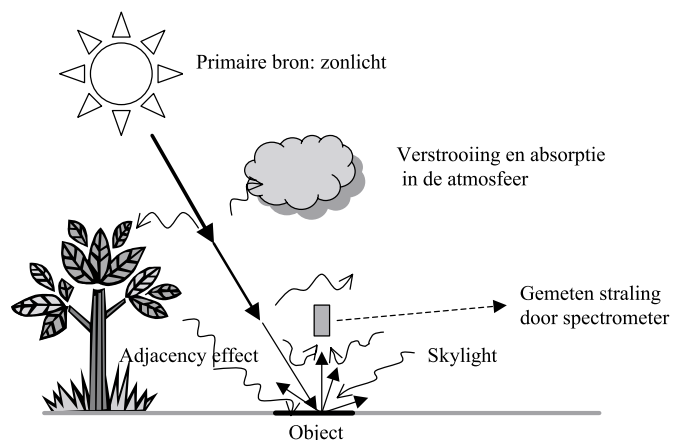
Eén van de voordelen van het meten van de reflectie in het veld, is het ontbreken van het verstoringseffect van de atmosfeer. In de luchtlagen die zich tussen de sensor en het object bevinden vinden namelijk ook absorptie en verstrooiing van straling plaats. Het is lastig te achterhalen welke kenmerken bij het te bestuderen object horen en wat het gevolg is van processen in de atmosfeer.

Een tweede voordeel is dat het mogelijk is objectspecifiek te meten. Binnen een pixel, zoals deze wordt opgenomen door een satelliet, kunnen zich meerdere objecten bevinden, waardoor er een menging van spectrale eigenschappen optreedt.

Tenslotte biedt het 'on the spot' meten voordelen. Met name planten reageren snel op veranderende omstandigheden, waardoor latere analyse in het laboratorium vaak niet wenselijk of zelfs niet mogelijk is (Ceccato *et al.*, 2001).

## Hoe wordt de spectrometer gebruikt?

Met de veldspectrometer kunnen puntwaarnemingen worden gedaan. Het is dus geen beeldvormende spectrometer, zoals in vliegtuigen of satellieten wordt gebruikt. Geplaatst in een rugzak en voorzien van een laptop is het apparaat



Figuur 1. De verschillende bronnen die bijdragen aan de hoeveelheid straling die door de spectrometer gemeten wordt.



Figuur 2. Metingen in het veld. De spectrometer zit in de rugzak. Met de 'pistol-grip' wordt op het object gericht. De laptop zorgt voor de aansturing van het apparaat en de dataopslag.

door één persoon in het veld te bedienen. Doordat het draagbaar is, is het geschikt om veel metingen in een kort tijdsbestek te doen.

Door een GPS aan de spectrometer te koppelen, kan de locatie van het gemeten spectrum direct bepaald en opgeslagen worden. Hierdoor zijn de spectrale gegevens goed te combineren met andere geo-informatie, zoals de bodemkaart of Landgebruikkaart (LGN). Bovendien kan op deze manier eenvoudig 'ground-truth' verzameld worden om remote sensing beelden te corrigeren en valideren. Zo zal de spectrometer gebruikt worden bij een veldcampagne in de Millingerwaard (Gelderse Poort, nabij Nijmegen), waar begin juni een vlucht met een beeldvormende spectrometer (Hy-Map) gepland is.

Naast de spectrometer zelf is ook de randapparatuur het vermelden waard. Met name de contact probe maakt het mogelijk stabiele en ongestoorde metingen te verrichten. Deze is uitgerust met een eigen lichtbron, waardoor fluctuaties in series metingen door veranderingen van het in-

vallende licht tot het verleden behoren. Bovendien is het hierdoor ook mogelijk om goede metingen te doen wanneer de weersomstandigheden niet optimaal zijn. De contact probe kan worden voorzien van een leafclip, waardoor nauwkeurige metingen op bladniveau mogelijk zijn.

Daarnaast kan de spectrometer worden uitgerust met een Cosine Receptor, welke het mogelijk maakt de totale inkomende straling ('solar irradiance') te meten.

## Projecten

Om een idee te geven van de praktische toepassingen binnen het agrarische onderzoek volgen hieronder een drietal korte beschrijvingen van projecten waarbij het instrument ingezet zal worden. Dit is slechts een greep uit de projecten, meer informatie is te vinden op [www.geo-informatie.nl](http://www.geo-informatie.nl).

In het eerste project wordt onderzoek gedaan naar de 'radiative transfer' door het bladerdak. Een goede beschrijving van de manier waarop de straling zich gedraagt geeft informatie over fysische variabelen zoals fotosynthese. Een belangrijke input voor de modellen zijn de optische eigenschappen van individuele bladeren, welke met de spectrometer nauwkeurig gemeten kunnen worden (Strub *et al.*, 2003).

Een tweede project richt zich op straling in kassen. De kassen zorgen voor een goede temperatuur en gecontroleerde omstandigheden, maar tegelijkertijd houdt het glas een gedeelte van de door de zon uitgezonden straling tegen. Hoe groot het gedeelte tegengehouden straling is en wat hiervan de gevolgen zijn voor de groei van gewassen is echter amper bekend. Doel van het onderzoek is een goed inzicht te krijgen in welke golf lengten essentieel zijn voor een goede plantengroei en te bepalen welke glassoort het beste zou zijn voor het gebruik in kassen. Daarnaast wordt er ook gekeken naar de invloed van beschikbaar stikstof op de groei van de planten (Zhao *et al.*, 2003).

Tevens wordt er onderzoek gedaan naar de bepaling van verschillende bodemeigenschappen met behulp van veldspectroscopie. In samenwerking met het ISRIC\* wordt geprobeerd kwantitatieve relaties te vinden tussen de spectrale eigenschappen van de bodem en organisch stof gehalte, ijzergehalte en textuur. Bepaling hiervan geeft informatie over de erosiegevoeligheid en vruchtbaarheid van de bodem.

Ook de ondersteuning van calibratie van satelliet instrumenten en de monitoring van de kwaliteit van satelliet data



Contact probe met leafclip



Cosine receptor



Pistol grips met diverse lenzen

wordt uitgevoerd met deze spectrometer (Kneubühler *et al.*, 2003; Schaepman & Dangel, 2000; Schaepman *et al.*, 2003)

### Hoe uniek is deze veldspectrometer?

Gecombineerd met de geplande uitbreiding van meetapparatuur in de nabije toekomst, wordt het mogelijk de totale spectro-radiometrische eigenschappen en een karakteristiek van de structuur van planten gemeenschappen, zowel op blad- als kroonniveau met een compacte meetopstelling te bepalen.

\* ISRIC: International Soil and Reference Information Centre, Wageningen

Binnen Nederland is GIRS de enige leerstoelgroep die een dergelijke spectrometer met veldopstelling en rand-apparatuur beschikbaar heeft. Dit gecombineerd met de apparatuur en expertise van andere vakgroepen, levert goede mogelijkheden voor uitgebreid en gedetailleerd onderzoek naar de interactie van licht met vegetatie en bodem.

Voor informatie:

Drs. Harm Bartholomeus, Harm.Bartholomeus@wur.nl  
 Prof. Dr. Michael Schaepman, Michael.Schaepman@wur.nl  
 WUR – Centrum Geo-Informatie

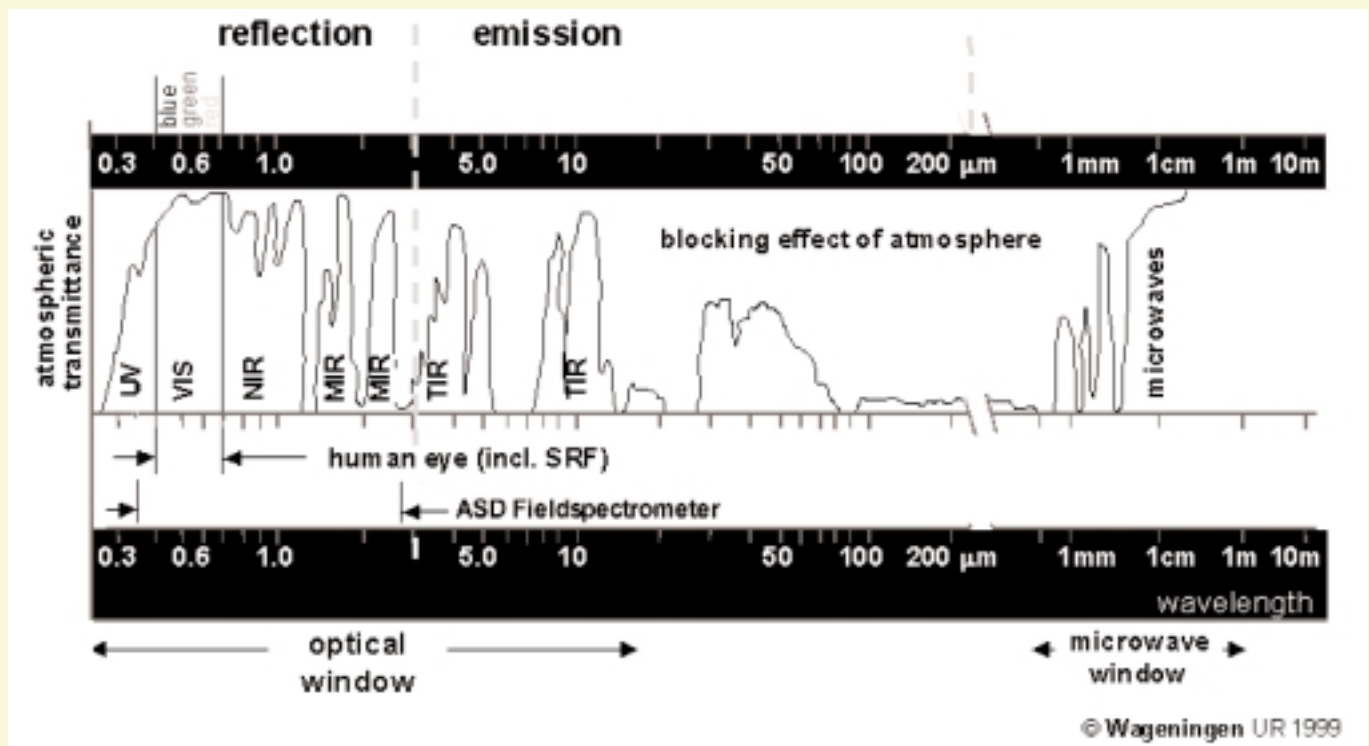
### De techniek

Veldspectrometers voor remote sensing meten het zonlicht wat gereflecteerd wordt door bodems, vegetatie en andere objecten in vele spectrale banden. Dit is ook wel bekend onder de naam reflectance spectroscopy.

In principe bestaat de veldspectrometer uit drie kleinere spectrometers die elk een bepaald deel van het spectrum bestrijken. Het zichtbare en nabij-infrarode (VNIR) deel van het spectrum van 350 tot 1050 nm, wordt gemeten met een 512-kanaals silicon (Si) CCD-array, waarover een scheidingsfilter is geplaatst. Deze techniek is te vergelijken met een digitale camera, met het verschil dat een camera beeldvormend is en slechts drie spectrale banden onderscheidt. Met de ASD spectrometer worden dus enkel puntwaarnemingen gedaan. De spectrale resolutie in dit bereik bedraagt circa 3 nm, met een sample interval van 1,4 nm. De hogere golflengten (SWIR, 1000-2500 nm) worden gemeten met een tweetal scanning

spectrometers, die bestaan uit een concave holografische tralie en een InGaAs (Indium Gallium Arsenide) detector. Aangezien er gebruik wordt gemaakt van een roterende spiegel worden de verschillende golflengtes achter elkaar gemeten. Een volledig spectrum wordt binnen 100 milliseconden gemeten. De spectrale resolutie van de twee SWIR-detectoren varieert tussen 10 en 12 nm, afhankelijk van de scanhoek en de golflengte. Het sample interval bedraagt 2 nm. (Analytical Spectral Devices, 2002).

Het licht wordt opgevangen door een bundel optische fibers. De ruimtelijke resolutie is afhankelijk van de afstand tot het object en de kijkhoek van het instrument. Deze is 25° voor de standaard optische kabel, maar kan door het gebruik van lenzen worden aangepast tot 8° of 1°. Hierdoor kan de grootte van het "Instantaneous Field of View" (IFOVV) gevarieerd worden. Bij een afstand van 1 meter tot het object bedraagt de diameter van het IFOV 22 cm zonder gebruik van lenzen en minder dan 1 cm bij het gebruik van de 1° opzetlens.



Figuur 4. Het spectrum van de elektromagnetische straling die het aardoppervlak bereikt. De atmosfeer absorbeert straling. Het spectrale bereik van de ASD spectrometer ligt tussen 350 en 2500 nm.

## Literatuur:

- Analytical Spectral Devices, 2002. FieldSpec® Pro, User's Guide. 136 pages.
- Ceccato, P., Flasse, S., Tarantola, S., Jacquemoud, S., & Gregoire, J.M. (2001) Detecting vegetation leaf water content using reflectance in the optical domain. *Remote Sensing of Environment*, 77, 22-33.
- Jacquemoud, S., Bacour, C., Poilve, H., & Frangi, J.P. (2000) Comparison of four radiative transfer models to simulate plant canopies reflectance: Direct and inverse mode. *Remote Sensing of Environment*, 74, 471-481.
- Kneubühler, M., Schaepman, M., Thome, K., and Schläpfer, D., 2003: MERIS ENVISAT Vicarious Calibration over Land, Proc. SPIE 5234, Remote Sensing 2003, Barcelona, in print
- Owen-Smith, N. 1993. Woody plants, browsers and tannins in Southern African savannas. *South African Journal of Science*. Vol. 89, Issue 10, 505-510.
- Schaepman, M.E. & Dangel, S. (2000) Solid laboratory calibration of a nonimaging spectroradiometer. *Applied Optics*, 39, 3754-3764.
- Schaepman, M., Kneubühler, M., Koetz, B., Schläpfer, D., Morsdorf, F., Meier, E., Allgöwer, B., and Itten, K., 2003: Validation and calibration of ENVISAT/MERIS Level 1 and 2 products over land, Proc. EARSeL Intl. Symposium, Ghent, in print
- Sims, D.A. & Gamon, J.A. (2002) Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages. *Remote Sensing of Environment*, 81, 337-354.
- Strub, G., Schaepman, M.E., Knyazikhin, Y., & Itten, K.I. (2003) Evaluation of spectrodirectional Alfalfa canopy data acquired during DAISEX '99. *Ieee Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 41, 1034-1042.
- Zarco-Tejada, P.J., Pushnik, J.C., Dobrowski, S., & Ustin, S.L. (2003) Steady-state chlorophyll a fluorescence detection from canopy derivative reflectance and double-peak red-edge effects. *Remote Sensing of Environment*, 84, 283-294.
- Zhao, D.L., Reddy, K.R., Kakani, V.G., Read, J.J., & Carter, G.A. (2003) Corn (*Zea mays* L.) growth, leaf pigment concentration, photosynthesis and leaf hyperspectral reflectance properties as affected by nitrogen supply. *Plant and Soil*, 257, 205-217.