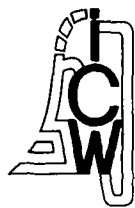


212.1
84 RE

26



mededelingen
nieuwe serie

**Remote sensing hulpmiddel
bij wateroverlast en droogte**

G.J.A. Nieuwenhuis en J.M.M. Bouwmans

uit: Landbouwkundig Tijdschr. 96, 2, 1984

212.1-84RE-6799

In 1981 zijn de reeksen Mededelingen (eerste serie) en de Nederlandstalige Verspreide Overdrukken van het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding overgegaan in de reeks **MEDEDELINGEN (nieuwe serie)**.
De **JAARVERSLAGEN** van het ICW worden als aparte reeks voortgezet.

Te verkrijgen MEDEDELINGEN (nieuwe serie):

1. LOCHT, L.J. 1980. Berekening van investeringstrappen als middel bij de selectie van cultuurtechnische plannen.
2. OOSTERBAAN, G.A. 1980. De ontwerp-Landinrichtingswet en het onderzoek.
3. BOONTJES, J. en C. PLOEGMAN. 1981. Zout beregeningswater en de bolproductie bij lilies.
4. IJKELENSTAM, G.F.P. 1981. Kosten van winning en transport van zand als criterium bij plaatsbepaling van zandwinobjecten.
5. OOSTERBAAN, G.A. 1981. Onderzoek voor beleidsvoorbereiding en praktijk.
6. HOEKS, J. en J. OOSTHOEK. 1981. Gaswinning uit afvalstortterreinen.
7. ALDERWEGEN, H.A. VAN. 1981. Keuze normdag bij behoefte-ramingen openluchtrecreatie.
8. BOHEEMEN, P.J.M. VAN. 1981. Berekening aanvoer-behoefte peilbeheer van enkele Zuidhollandse hoogheemraadschappen.
9. BEUVING, J. 1981. Invloed van conusafmeting op de penetrometerweerstand van grond.
10. OOSTERBAAN, G.A. 1982. Waterhuishouding en landbouw.
11. STOL, Ph.Th. 1982. Een analytisch model voor het bepalen van de correlatiefunctie tussen neerstagstations op onderling toenemende afstanden. I. Het probleem en de hulpmiddelen ter oplossing. II. Toepassing op buimodellen.
12. BIJKERK, C. 1982. De landinrichting voor land- en tuinbouw in Nederland.
13. ALDERWEGEN, H.A. VAN. 1982. Inrichting van het landelijk gebied, ook voor de recreant.
14. HOEKS, J. en P.E. RIJTEMA. 1982. Milieuaspecten bij transport via ondergrondse pijpleidingen.
15. BOHEEMEN, P.J.M. VAN en H. HUMBERT. 1982. Bepaling onttrekkingsdebiet door een beregenings- of bevochtigingsinstallatie.
16. BAKKER, J.G. 1982. Forse groei autoverkeer in boswachterijen.
17. WILDE, J.G.S. DE. 1982. Aandacht voor de laser in de cultuurtechniek.
18. HOMMA, F. 1982. Meting van overstorthoogte en verschildruk met behulp van drukopnemers.
19. KEMMERS, R.H. 1982. Hydrologische bufferzones; werking en de relatie tot hun ruimtelijke positie in het landschap.
20. PLOEGMAN, C. 1983. Een steeds terugkerende zouttoename in de grond.
21. BAKKER, J.G. 1983. Ontwikkelingen van visgedrag en kenmerken.
22. SCHOTHORST, C.J. en D. HETTINGA. 1983. Grondverbetering: alternatief voor beregening van grasland op lichte zandgrond?
23. TOORN, A. VAN DEN. 1983. Het nemen van grondwatermonsters met een drukmethode.
24. GILS, J.B.H.M. VAN. 1983. VAZAL: een systeem van verwerking van onderzoeksgegevens.
25. STEENVOORDEN, J.H.A.M. en T.J. HOEIJMAKERS. 1983. Bepaling van stikstof- en fosfaatvrachten in oppervlaktewater.
26. NIEUWENHUIS, G.J.A. en J.M.M. Boumans. 1984. Remote sensing hulpmiddel bij wateroverlast en droogte.

LIBRARY, INTERNATIONAL DISTRICTIONE
CENTRE FOR COOPERATION IN WATER SUPPLY
AND LAND RECLAMATION
FAO, 1000, RUE DE LA PAIX, THE HAGUE
TEL. (378) 31-2111 ext. 141/142
no: 6799
LO: 212.1 84 RE

zie ook blz 3 van kaart

Remote sensing hulpmiddel bij wateroverlast en droogte

Remote sensing technieken kunnen een belangrijk hulpmiddel zijn bij het vaststellen van de effecten van bepaalde maatregelen, die de vochtvoorziening van landbouwgewassen beïnvloeden. In dit artikel worden aan de hand van opnamen in het Brabantse Peelgebied enkele mogelijkheden van die technieken geïllustreerd.

Voor de landbouw was 1983 een uitzonderlijk jaar. In het voorjaar traden op veel plaatsen grote problemen op door wateroverlast, waardoor het zaaien van mais en het poten van aardappelen pas in de loop van juni kon worden uitgevoerd. Op het natte voorjaar volgde een droge zomer. In die periode hadden de landbouwgewassen op de droogtegevoelige gronden grote behoefte aan extra water. Kunstmatige beregning werd dan ook op uitgebreide schaal toegepast.

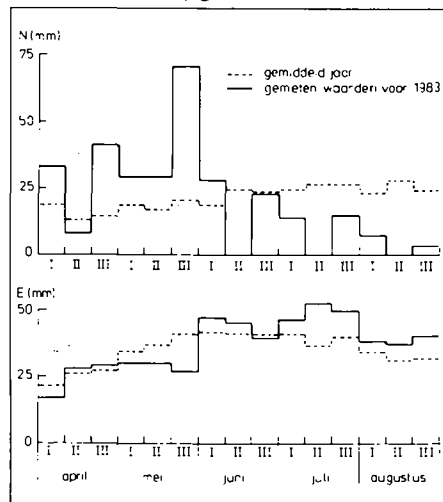
In Landbouwkundig Tijdschrift 5 van mei 1983 werd op bladzijde 5 e.v. uiteengezet dat met remote sensing (bepaalde luchtopnametechnieken) onder meer de toestand van het gewas op een bepaald moment kan worden vastgelegd. De afgelopen twee jaar zijn voor dit doel boven een aantal gebieden in Nederland diverse vluchten uitgevoerd. Dit betrof voornamelijk vluchten voor het Remote Sensing Studieproject Oost-Gelderland, dat onder andere tot doel heeft de operationele toepassingsmogelijkheden van remote sensing met betrekking tot het watergebruik en de produktie van landbouwgewassen te onderzoeken. In dit project werken samen het Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek, de Stichting voor Bodemkartering, de Landbouwhogeschool, het Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium, het Rijksinstituut voor Natuurbeheer, de Meetkundige Dienst van de Rijkswaterstaat en het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding. Vooruitlopend op de resultaten van dit basisonderzoek zijn in de zomer van 1982 en 1983 ook in de Gronings-Drentse veenkoloniën en in westelijk en oostelijk Noord-Brabant remote sensing opnamen gemaakt. De opna-

ir. G.J.A. Nieuwenhuis
ICW Wageningen

ing. J.M.M. Bouwmans
Landinrichtingsdienst Utrecht

men van de veenkoloniën worden gebruikt bij een onderzoek van het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding (ICW) naar de invloed van het peilbeheer en de verbetering van het bodemprofiel op de vochtvoorziening van landbouwgewassen. In opdracht van de Landinrichtingsdienst ten behoeve van het Technisch Secretariaat van de Commissie Grondwaterwet Waterleidingbedrijven (CoGro-Wa) is in 1983 een gebied opgenomen

1. Neerslag (N) en open water verdamping (E), beide in mm volgens het KNMI voor het meteorologisch station Eindhoven per decade (I, II, III) voor de periode 1 april tot 1 september 1983. Tevens zijn per decade de gemiddelde waarden over de jaren 1951 tot 1980 opgenomen

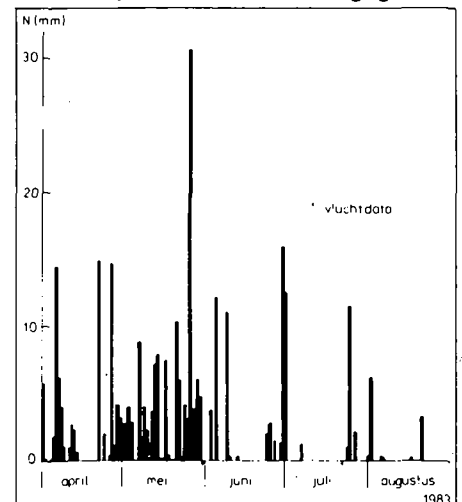


men van de veenkoloniën worden gebruikt bij een onderzoek van het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding (ICW) naar de invloed van het peilbeheer en de verbetering van het bodemprofiel op de vochtvoorziening van landbouwgewassen. In opdracht van de Landinrichtingsdienst ten behoeve van het Technisch Secretariaat van de Commissie Grondwaterwet Waterleidingbedrijven (CoGro-Wa) is in 1983 een gebied opgenomen

in de omgeving van Rucphen in westelijk Noord-Brabant. Deze opnamen worden gebruikt bij het vaststellen van droogteschade als gevolg van een grondwateronttrekking voor de openbare drinkwatervoorziening. In oostelijk Noord-Brabant ten slotte zijn opnamen gemaakt voor het onderzoek 'Optimalisatie Regionaal Waterbeheer' dat wordt uitgevoerd door het ICW in de zuidelijke Peel (een gebied globaal begrensd door de Midden-Peelweg, de Noordervaart, de Zuid-Willemsvaart en de lijn Helmond-Milheeze). De remote sensing opnamen worden onder meer gebruikt bij het vaststellen van de invloed van geologische storingen in de ondergrond op de grondwaterstroming. Deze opnamen worden eveneens gebruikt door het Technisch Secretariaat van de CoGro-Wa bij een onderzoek naar droogteschade als gevolg van enkele grondwateronttrekkingen in dit gebied.

Uit het voorgaande blijkt duidelijk dat er van verschillende kanten grote belangstelling bestaat voor de toepassing van moderne luchtopnametechnieken. In dit artikel worden aan de hand van opnamen in het Brabantse Peelgebied enkele mogelijkheden van die technieken geïllustreerd. In enkele aparte ka-

2. Neerslag (N) in mm per dag voor de periode 1 april tot 1 september 1983, tevens zijn de vluchtdata aangegeven



De remote sensing opnamen en de kleurenreproducties in dit artikel waren mogelijk in het kader van en dank zij financiële bijdragen van de Begeleidingscommissie voor Remote Sensing (BCRS). De BCRS is een interdepartementale commissie die de remote sensing activiteiten binnen Nederland coördineert en stimuleert. In de BCRS zijn de ministeries van Verkeer en Waterstaat, van Landbouw en Visserij, van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu en van Economische Zaken vertegenwoordigd.

ders wordt nader ingegaan op de relatie tussen thermografie en gewasverdamping.

Beschikbare luchtopnamen

Door het natte voorjaar van 1983 (fig. 1) deden zich in de loop van mei zichtbare problemen voor in de landbouw. Door het ICW werd besloten om in de zuidelijke Peel te proberen de actuele situatie van bodem, gewas en vegetatie vanuit de lucht vast te leggen. Voor dit doel waren nog niet eerder opnamen gemaakt. Uiteindelijk kon op 31 mei 1983 – de tweede dag in mei zonder neerslag (fig. 2) – vrijwel de gehele Peel onder goede weersomstandigheden worden vastgelegd op gewone kleurenfoto's.

Met name de tweede decade van juli was uitzonderlijk droog (fig. 1). Gelijktijdig lag door het mooie zomerweer in deze periode de verdamping op een relatief hoog niveau. Door de geringe hoeveelheid neerslag in juni en juli en de sterke verdamping verander-

tabel I. Relatie tussen de kleuren op het warmtebeeld en de temperatuur aan het oppervlak

kleur	temperatuur (°C)
blauwzwart	<22
donkerblauw	22-24
blauw	24-26
donkergroen	26-28
groen	28-30
geelbruin	30-32
geel	32-34
purper	34-35
roodpaars	35-36
gelig rood	36-37
helder rood	37-39
wit	<39

de in een korte tijd de situatie in het veld van uitzonderlijk nat in zeer droog. Op het moment dat in het veld de eerste droogteverschijnselen duidelijk waarneembaar waren, werd besloten warmtebeelden (thermografie) op te nemen. Daarnaast werden 'false colour'-foto's opgenomen als hulpmiddel voor de gewasclassificatie en het schatten van de bedekkingsgraad (zie hiervoor de aparte kaders). Deze vlucht werd uitgevoerd tussen 12.00 en 13.00 uur zomertijd op 22 juli 1983 door de firma Eurosense. Vanaf vier kilometer hoogte werden van de zuidelijke Peel diverse warmtebeelden en false colour-opnamen gemaakt.

Veldwaarnemingen

Tijdens de periode van wateroverlast zijn in de zuidelijke Peel geen waarnemingen in het veld verricht. Na het beschikbaar komen van het fotomateriaal zijn enkele opnamen geselecteerd, en wel van een gebied rondom het dorp Vlierden, ten zuidwesten van Deurne (fig. 3A) (In dit gebied vindt namelijk grondwateronttrekking plaats ten behoeve van de drinkwatervoorziening; er werd verwacht dat zich hier verschillende situaties zouden kunnen voordoen op betrekkelijk korte afstand van elkaar). Als ondersteuning bij de interpretatie van de foto's is in dit gebied nadien ook een aantal veldwaarnemingen verricht. Hierbij is vastgelegd of er al dan niet gewassen werden verbouwd, en of op reeds ingezaaide percelen directe schade door wateroverlast waarneembaar was.

Op de vluchtdag in juli zijn wel direct metingen in het veld uitgevoerd. Voor een goede ijking van de warmtebeelden werden op het tijdstip van de opnamen gewastemperaturen gemeten op een aantal percelen. Op een twintigtal percelen met gras en mais werden bodemvochtmonsters genomen, zodat voor die percelen direct de uit warmtebeelden afgeleide gewas temperatuur kon worden gekoppeld aan de voor het gewas beschikbare bodemvochtvoorraad. Ook werden de in bedrijf zijnde beregeningsinstallaties geïnventariseerd. Bovendien werd van een aantal percelen de situatie van het gewas op dia vastgelegd.

Bovengenoemde waarnemingen werden speciaal uitgevoerd voor de interpretatie van de luchtopnamen. Daarnaast staan nog diverse andere informatiebronnen ter beschikking, zoals grondwaterstanden, die in het kader van het reeds genoemde ICW-onderzoek zijn verzameld, bodemkaarten, en dergelijke.

Bespreking luchtopnamen

De kleurenfoto van 31 mei 1983 van het gebied rondom het dorp Vlierden bij Deurne (fig. 3B) toont de wateroverlast als gevolg van de grote hoeveelheid neerslag in het voorjaar. Daar de akkerbouwgewassen (voornamelijk mais) eind mei niet of nauwelijks boven de grond stonden, is een duidelijk onderscheid waarneembaar tussen percelen met akkerbouw en die met grasland. Rondom de bebouwing liggen de droge hogere gronden (licht op de foto). Natte plekken zijn herkenbaar aan de donkere kleur.

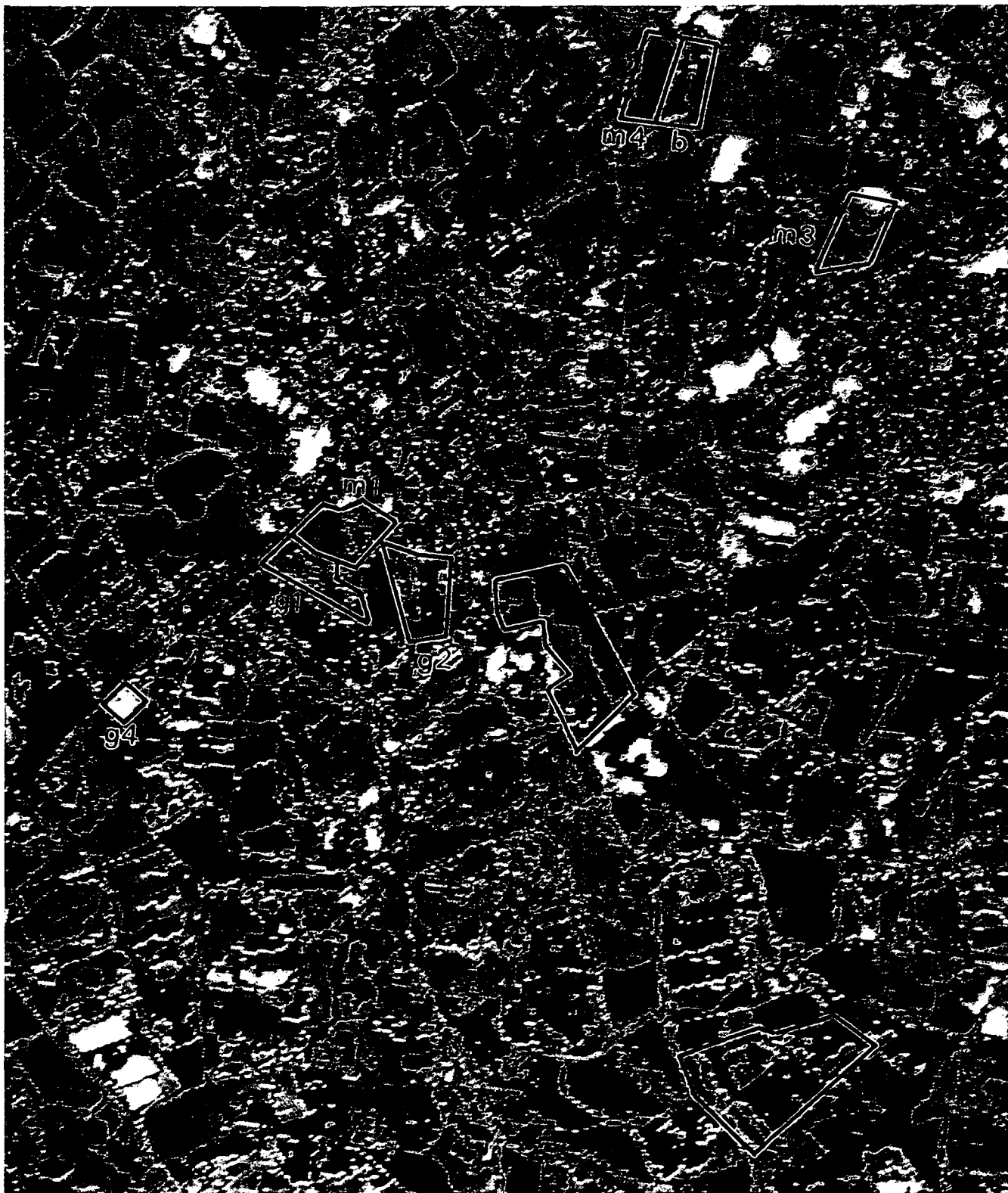
Behalve de kleurenfoto zijn een false colour foto (fig. 3C) en een warmtebeeld (fig. 3D) van hetzelfde gebied afgedrukt. Deze zijn opgenomen op 22 juli 1983, dus na een relatief droge periode. Op de false colour foto (fig. 3C) duidt een roodachtige kleur op groene

4. Perceel mais in verdrogingsstadium



Tekeningen behorende bij artikel 'Remote
Sensing hulpmiddel bij bepalen
wateroverlast en droogte'
G.J.A. Nieuwenhuis J.M.M. Bouwmans





Achtergrondinformatie

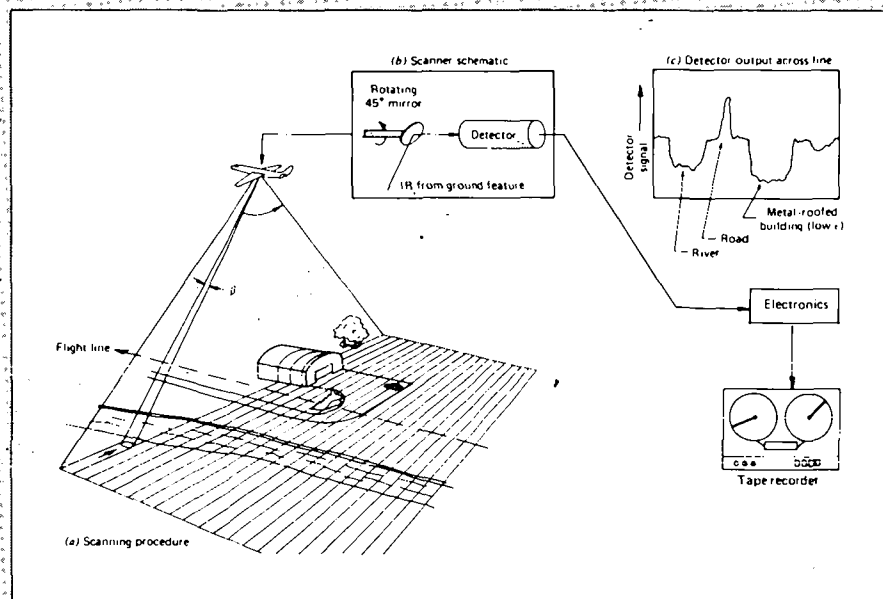
Het menselijk oog is slechts gevoelig in het golflengtegebied van 0,4 tot 0,7 μm en met fotografische materialen kan slechts straling worden geregistreerd in het golflengtegebied van circa 0,4 tot 1,1 μm . Langs elektronische weg kan de door de aarde uitgezonden straling in het golflengtegebied van 8 tot 14 μm — verder warmtestraling genoemd — echter wel worden geregistreerd. Deze registratie gebeurt via een thermische scanner. Het principe van thermische scanning is gegeven in figuur a. Vanuit een vliegtuig of satelliet wordt het aardoppervlak loodrecht op de vliegrichting lijn voor lijn afgetast.

de verwerking van de opname worden de pixels één voor één en lijn voor lijn afgebeeld op een TV-scherm. Het verschil in signaalsterkte wordt tot uitdrukking gebracht in een verschil in grijswaarde of een verschil in kleur. De afbeelding van het aardoppervlak die op deze wijze wordt verkregen en die desgewenst fotografisch kan worden vastgelegd, wordt een warmtebeeld genoemd. De verschillen in grijswaarde of kleur op het warmtebeeld worden namelijk veroorzaakt door verschillen in temperatuur en emissiecoëfficiënt. Warmtebeelden zijn in het verleden

aardoppervlak kan een relatie tussen de gewastemperatuur en de gewasverdamper worden afgeleid. De netto energie die het aardoppervlak ontvangt van de zón wordt voor een zeer klein deel gebruikt voor een aantal biochemische processen, waaronder de fotosynthese. Gedurende de dag wordt nog een deel van de zonne-energie gebruikt voor opwarming van de bodem, maar gesteld mag worden dat 80 à 90 procent van de netto zonnestraling weer direct wordt afgevoerd. Bij begroeide oppervlakken die in ruime mate van water zijn voorzien, gebeurt deze afvoer van energie voornamelijk door verdamping van het door de planten uit de bodem opgenomen water.

Als er een tekort aan water ontstaat in de wortelzone zal de verdamping lager worden. Hierdoor stijgt de temperatuur van het gewas. Er wordt een nieuw evenwicht bereikt doordat nu meer energie wordt afgevoerd door middel van voelbaar warmte-transport tussen het gewas en de lucht boven het gewas. Op theoretische gronden kan worden afgeleid dat een vrijwel lineair verband bestaat tussen de gewastemperatuur en de gewasverdamper.

Om de gewasverdamper te kunnen berekenen, moeten behalve de temperatuur van het gewas ook gegevens beschikbaar zijn over de luchttemperatuur, de windsnelheid, de aërodynamische ruwheid van het gewas (een soort gemiddelde afstand tussen de gewaselementen als bladeren en stengels), de netto straling en de bodemtemperatuur. De bodemtemperatuur is ook van belang om uit de oppervlaktetemperatuur en de bedekkingsgraad de gewastemperatuur te bepalen. Bij de bespreking van de opnametechniek is naar voren gekomen dat in een pixel het gemiddelde signaal van een grondoppervlakte is weergegeven. Dit signaal is opgebouwd uit straling die zowel afkomstig is van het gewas als van de kale grond. Behalve van het gewas en de kale grond is er ook nog een bijdrage van warmtestraling van deeltjes die zich in de atmosfeer bevinden. Voor het elimineren van de bijdrage van deze laatste factor moet een correctie worden uitgevoerd.



a. Principe van het opnemen van warmtebeelden. Bron: Lillesand and Kiefer: Remote sensing and Image Interpretation. John Wiley & Sons, New York 1979, 612 p.

Door middel van een roterend spiegelsysteem wordt de warmtestraling die afkomstig is van een klein oppervlak van de scanlijn afgebeeld op een detector. De detector geeft als gevolg hiervan een elektrisch signaal af, waarbij de signaalsterkte bepaald wordt door de totale hoeveelheid ontvangen straling. Dit signaal wordt analoog of digitaal opgeslagen op magneetband.

De afmetingen van het grondoppervlak die in een afzonderlijk signaal of liever pixel (samenvoeging van picture element) worden vastgelegd, hangen af van de vlieghoogte en de openingshoek β van de scanner. Bij

vaak gebruikt voor het opsporen van koelwaterlozingen en het controleren van de isolatie van gebouwen. In het navolgende wordt ingegaan op het gebruik van warmtebeelden bij het bepalen van de verdamping van landbouwgewassen.

Thermografie en gewasverdamper

In het voorgaande is uiteengezet dat met waarnemen in het golflengtegebied van 8 tot 14 μm de temperatuurverdeling aan het aardoppervlak kan worden vastgelegd. Door het opstellen van een energiebalans aan het

vegetatie, terwijl een blauwachtige kleur duidt op kale grond. De kleurtint van de percelen m1, m2 en m3 is karakteristiek voor mais. In combinatie met de voorjaarsopname (fig. 3B), waarmee akkerbouwgewassen van grasland kunnen worden onderscheiden, kan mais vrij eenvoudig worden geïdentificeerd. Verder valt op de false colour foto het kleurverschil tussen loofbossen (meer rood) en naaldbossen (meer blauw) op.

Het warmtebeeld (fig. 3D) geeft een druk kleurenpatroon te zien. In tabel I zijn de kleuren en hun bijbehorende temperaturen aan het oppervlak vermeld. Stedelijke bebouwing, wegen en kale grond zijn warm, dat wil zeggen rood/wit op het warmtebeeld. Bossen en mais zijn in het algemeen koud wat te zien is aan de blauwe kleur. Verder vertonen akkerbouwgewassen (andere dan mais) en grasland temperaturen tussen de genoemde extremen.

Een hoge temperatuur als zodanig zegt niets. Daar elk gewas specifiek reageert, moet de waargenomen temperatuur worden beschouwd in relatie tot de aanwezige vegetatie (soort, mate van grondbedekking). Een goed verdampend grasland is aanzienlijk warmer (wel tot 5 °C) dan een goed verdampend maisgewas. Het temperatuurverschil is vooral afhankelijk van de ruwheid van het oppervlak, die mede bepalend is voor het gemak waarmee warmte kan worden afgevoerd. Hoge ruwe gewassen, zoals mais en bossen, zijn daardoor relatief koud. Aan de hand van de omkaderde percelen, aangegeven op figuur 3, wordt op enkele details ingegaan.

Graslandpercelen

Perceel g1 toont de opwarming van grasland afhankelijk van de beschikbaarheid van bodemvocht (fig. 3C, D). Het betreft een beregend perceel. Door een onregelmatige verdeling van het beregeningswater over het perceel treden plaatselijk binnen het perceel grote verschillen op in de vochtvoorziening. Het gevolg is dat op het warmtebeeld (3D) de temperatuur varieert van 24 °C (blauw) tot 39 °C (rood). Voor drie plaatsen op perceel g1 is de relatie vastgelegd tussen de in het veld gemeten oppervlaktetemperatuur en



5. Verdrogende mais; door het oprollen van de bladeren neemt de bodembedekking af

het door bemesting bepaalde gewichtspercentage bodemvocht in de wortelzone (tabel II). Hieruit blijkt dat het gewas bij verdroging verscheidene graden opwarmt.

Graslandperceel g2 is ook beregend, wat duidelijk te zien is aan de cirkelvormige patronen op de false colour foto (3C). Door de beregening is het gewas fris groen (rood op de false colour foto). Toch heeft een deel van perceel g2 een hoge temperatuur (purper op het warmtebeeld) wat duidt op verdroging. Door de diepe grondwaterstand, mede als gevolg van een op korte afstand gelegen onttrekking voor de drinkwatervoorziening, is het gewas volledig aangewezen op de aanvoer van water door neerslag of kunstmatige beregening. Uit luchtopnamen van 17 juli – opgenomen 5 dagen voor de luchtopnamen van 22 juli – bleek dat het verdrogende deel van het perceel toen reeds was beregend. Gezien het warme weer is een beregeningsgift van ongeveer 25 mm echter in 5 à 6 dagen verdwenen. Vandaar dat op 22 juli op het desbetreffende perceel ondanks beregening toch verdroging viel waar te nemen.

Het effect van de gewashoogte op de temperatuur aan het grondoppervlak wordt getoond aan de hand van de percelen grasland aangegeven met g3. Doordat de percelen op verschillende tijdstippen zijn gemaaid, treden binnen het aangegeven blok grote verschillen in gewashoogte op. Op het warmtebeeld zijn duidelijk de daarbij optredende verschillen in temperatuur

te zien. Hieruit blijkt dat voorzichtigheid is geboden bij de interpretatie van warmtebeelden.

Behalve een onderscheid naar gewassoort dient ook het groeistadium in ogenschouw te worden genomen. Het graslandperceel g4 toont een zeer hoge temperatuur op het warmtebeeld (wit op fig. 3D). Dit wordt veroorzaakt door de geringe bodembedekking. Ook uit de blauwgrijze kleur op de false colour foto is de geringe bodembedekking af te leiden. De temperatuur van droge kale grond is relatief gezien erg hoog. Bij een geringe bodembedekking duidt een hoge temperatuur dus niet noodzakelijkerwijs op een vochttekort in de wortelzone.

Akkerbouwpercelen

Aan de hand van perceel m1 wordt ingegaan op de verdroging van mais. De optredende verdroging was in het veld waarneembaar door het krullen van de bladeren (fig. 4). De temperatuur van de mais loopt op het desbetreffende perceel op tot 29 °C (groen op het warmtebeeld, fig. 3D). Dit is 4 °C hoger dan de temperatuur van goed verdampende maispercelen (blauw). Bij extreme verdroging kan in dit geval de temperatuur van mais oplopen tot 35 °C. Hierbij speelt mee dat bij sterke verdroging door het gewas heen kale grond wordt waargenomen (fig. 5). De mogelijkheden om verdroging van mais waar te nemen, worden nog eens geïllustreerd aan de hand van de situatie die op perceel m2 wordt aangetroffen. Gaande van het beekdal aan de rechterkant naar de bosrand aan de linkerkant van het perceel loopt de temperatuur van de mais op van 25 °C (blauw op het warmtebeeld) tot 35 °C (purper).

Perceel m3 toont in één opname zowel het effect van shade door droogte als door wateroverlast. Op de false colour foto (3C) is aan de bovenkant van het desbetreffende maisperceel een grote

tabel II. Relatie tussen oppervlaktetemperatuur (°C) en gewichtspercentage bodemvocht in wortelzone

plaats	°C	gew. %
1	25	10–15
2	34	ca. 5
3	38	ca. 3

Kleurweergave van de false colour film

Een kleureninfrarood of false colour film is in feite een normale kleurenfilm, waarvan de kleurgevoeligheid van de verschillende emulsielagen is verschoven. Figuur b geeft dit schematisch weer. De kleurweergave wordt daardoor bij gelijke reflectie in de verschillende golflengtebanden als volgt:

Groene vegetatie reflecteert over het algemeen veel nabij infrarode straling. De roodtinten overheersen daardoor op de false colour foto. Uit de kleurtint en de textuur van het gewas kan de gewassoort worden afgeleid. De roodintensiteit geeft een indruk van de gewasbedekking. Meer vegetatie en een vollediger bodembedekking resulteren in een rodere kleur.

kale plek zichtbaar. Op de voorjaarsopname (3B) wordt op dezelfde plaats een donkere kleur aangetroffen. Aangenomen mag dan ook worden dat op die plaats de schade is veroorzaakt door wateroverlast. In het onderste deel van het genoemde maisperceel is een slechte toestand van het maisgewas zichtbaar door een lichtrode kleur op de false colour foto (3C). Op de voorjaarsopname komt op deze plaats een lichte baan voor, duidend op een lichtere, meer droogtegevoelige grond. De op die plaats voorkomende lichtere tint op de false colour foto en de hogere temperatuur op het warmtebeeld, duiden dan ook op droogteschade. Voor zover er eind juli gevolgen van wateroverlast zichtbaar zijn, manifesteert zich dit meestal met scherpe overgangen. Het is het verschil tussen kale grond en goed gewas. Daarentegen tonen droogtepatronen een veel geleidelijker overgang met de omgeving.

Ten slotte wordt ingegaan op de situatie op het maisperceel m4 en het bietenperceel b. De voorjaarsopname (fig. 3B) laat wateroverlast zien op het linkerdeel van het bietenperceel. Op de false colour foto en het warmtebeeld zijn de gevolgen hiervan duidelijk zichtbaar. Op het deel met wateroverlast in het voorjaar is in de zomer vrijwel geen gewas aanwezig (blauw op fig. 3C). Hier worden dan ook relatief hoge temperaturen aangetroffen. De mais op het aangrenzende perceel m4 heeft in zijn geheel geleden onder de wateroverlast. Dit is vooral te zien op de false colour foto. De blauwgrijze kleur duidt op een relatief kale grond. Op het desbetreffende perceel stond de mais er zeer slecht bij.

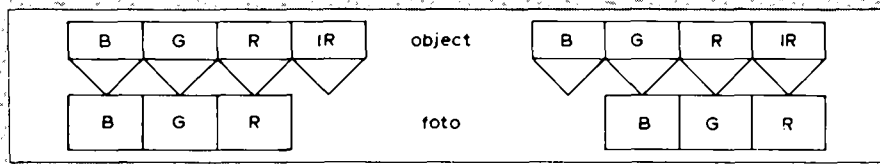
Samenvatting en conclusies

Remote sensing technieken kunnen worden gebruikt om de toestand van het gewas op een bepaald tijdstip vast te leggen.

Gewastemperaturen kunnen worden afgeleid uit warmtebeelden (thermografie), opgenomen vanuit vliegtuigen of satellieten. Deze temperaturen geven informatie over het optreden van wateroverlast en verdroging. Bij de interpretatie van warmtebeelden is echter aanvullende informatie over de

kleur object	kleur op false colour foto indien geen IR-reflectie	kleur op false colour foto indien wel IR-reflectie
zwart	zwart	rood
rood	groen	geel
geel (= groen + rood)	blauwgroen (cyan)	wit
groen	blauw	purper (magenta)
blauw	zwart	rood
wit	blauwgroen (cyan)	wit

b. Weergave van de kleuren bij een normale foto (links) en bij een false colour foto (rechts), B = blauw, G = groen, R = rood en IR = infrarood.



aanwezige vegetatie noodzakelijk, zoals gewassoort en groeistadium. Voor dit doel zijn false colour opnamen gemaakt.

Aan de hand van enkele voorbeelden is getoond hoe de desbetreffende opnamen geïnterpreteerd moeten worden. Het blijkt dat de gevolgen van wateroverlast zich onderscheiden van droogteschade door veel scherpere overgangen met de omgeving. Het spreekt voor zich dat het herkennen van dergelijke verschijnselen sterk afhankelijk is van de ervaring van degene die de opnamen interpreteert. Voor een betrouwbare interpretatie is aanvullende informatie echter noodzakelijk. Hiervoor kunnen bestaande kaarten (topografische kaart, bodemkaart, en dergelijke) worden gebruikt. Daarnaast dienen veldwaarnemingen te worden verricht. De remote sensing beelden kunnen dan worden gebruikt voor extrapolatie van plaatselijk waargenomen situaties.

Met warmtebeelden worden vaak dynamische processen bestudeerd zoals beregening en verdroging. Het trekken van conclusies aan de hand van één opname is in dit geval riskant. Een geringe verdroging gedurende een korte tijd hoeft niet maatgevend te zijn voor het gehele groeiseizoen. Met opnamen van

verschillende tijdstippen wordt een beter inzicht verkregen in dergelijke processen. Het belang van de kleurenfoto's van eind mei 1983 voor de interpretatie van de opnamen gemaakt in juli is hiervan een duidelijke illustratie.

In hoeverre het verkregen resultaat maatgevend is voor andere jaren kan slechts worden vastgesteld met behulp van simulaties met modellen. Met thermografie in combinatie met false colour fotografie wordt een beeld verkregen van lokale gewasverdamping en daarmee van het optreden van reducties in gewasproductie. Remote sensing technieken kunnen dan ook een belangrijk hulpmiddel zijn bij het vaststellen van de effecten van bepaalde maatregelen, die de vochtvoorziening van landbouwgewassen beïnvloeden. Enkele voorbeelden hiervan zijn: grondwateronttrekkingen, wateraanvoer, beregening en profielverbetering door bijvoorbeeld diepploegen. Behalve de in dit artikel genoemde toepassingen zijn nog vele andere toepassingen met remote sensing mogelijk. Bij het gebruik van remote sensing technieken wordt het succes echter in belangrijke mate bepaald door de weersomstandigheden zowel tijdens de vlucht als in de periode voorafgaand aan de vlucht. □

Gedeeltelijke lijst van verkrijgbare publikaties in:

MEDEDELINGEN (eerste serie)

130. IJKELENSTAM, G.F.P. 1971. Bedrijfsontsluiting in graslandgebieden met strokenverkaveling.
131. HAAN, F.A.M. DE en J. BEUVING. 1971. Structuurverbetering langs kunstmatige weg.
133. OOSTROM, C.G.J. VAN en L.W. VINK. 1971. Invloed van kavelgrootte en -breedte op de bedrijfsresultaten van bedrijven met glastuinbouw in het Westland.
134. Jaarverslag 1970.
135. Jaarverslag 1971.
136. STOL, Ph.Th. 1972. Berekening met grondwaterstandswaarnemingen bij bronbemalingen in gebieden onder getijde invloed (zoals toegepast bij de bouw van de Benelux-tunnel en het Wilton-Feijenoord dok).
137. COUWENHOVEN, T. 1972. De verzilting en het gebruik van sproeiwater in de akkerbouw.
138. KESTER, J.A., J.B. SPRIK en J.W. RIGHOLT. 1972. Rentabiliteit van enige alternatieve kavelinrichtingsplannen voor een klei-graslandgebied met mozaïekverkaveling.
139. VINK, L.W. 1971. Vestigingsmogelijkheden van groenteteeltbedrijven in het zuidwestelijk zandgebied.
140. BLOEMEN, G.W. 1972. Een apparaat voor het registreren van de verdamping van een vrij wateroppervlak.
142. BON, J. 1972. Hydrologische veldkenmerken langs de westflank van de Peelhorst.
143. REINDS, G.H. 1972. Kosten-baten verhouding van een aantal kavelinrichtings-alternatieven in de Veenkoloniën.
144. SPRIK, J.B. en J.A. KESTER. 1972. Kantverliezen op rechthoekige en onregelmatig gevormde akkerbouwpercelen.
145. HELLINGS, A.J. 1971. Eisen inzake de kwaliteit van sproeiwater voor vollegrondsgroentegewassen.
146. REES VELLINGA, E. VAN. 1971. Enkele chemische eigenschappen van het diepe grondwater in het Kromme-Rijng gebied en omgeving.
148. RIGHOLT, J.W. 1973. Agrarische gebruiksmogelijkheden van de grond in gebieden met natuurbeheer.
150. Jaarverslag 1973.
151. SCHOTHORST, C.J. 1975. Het zakkingsproces bij opgespoten veendepots.
153. Jaarverslag 1975.
154. Jaarverslag 1976.
155. Jaarverslag 1977.
156. Jaarverslag 1978.
158. Jaarverslag 1980.

VERSPREIDE OVERDRUKKEN

237. BEUVING, J. en A.L.M. VAN WIJK. 1979. Het gedrag van de toplaag van sport- en recreatieterreinen.
238. ALDERWEGEN, H.A. VAN. 1979. Ontwikkeling en toepassing van een model voor de berekening van het toekomstig ruimtelijk spreidingspatroon van dagrecreanten.
239. HEIJDEN, Th.G.C. VAN DER. 1979. Visuele verkeers-tellingen in zuidwest-Friesland.
241. OOSTERBAAN, G.A. 1979. Optimaal waterbeheer.
242. OOSTERBAAN, G.A. 1979. Landbouwkundige aspecten van drinkwatervoorziening.
243. KEMMERS, R.H. 1979. Invloed van het grondwaterregime op de vegetatie van een komgrondenreservaat.
244. HARMSEN, J., H. VAN DRUMPT en J.M. MUYLAERT. 1979. Een snelle methode voor de bepaling van bicarbonaat in grond-, oppervlakte- en afvalwater.
245. BLOEMEN, G.W. 1979. Berekening capillaire doorlatendheid uit granulaire samenstelling en humusgehalte.
246. WIEBING, R. en G.P. WIND. 1979. Bodemverbeteringsonderzoek in de Veenkoloniën.
247. REINDS, G.H. 1980. Berekening en bevoeiing op land- en tuinbouwbedrijven in relatie tot de bedrijfsstructuur.
249. TOUSSAINT, G.C. en T. BOOGAARD. 1980. Chloride-, stikstof- en fosfaatbelasting van oppervlaktewater door gas- en koelbronnen.
250. STEENVOORDEN, J.H.A.M., B.A.J. BEUNDERS en J.Th. HOEKSTRA. 1980. Defosfateren in het stroomgebied van de Barneveldse Beek?
251. SLOTHOUWER, D. en B. STEINMETZ. 1980. Sportvisserij in het Grevelingenmeer.
252. BLOEMEN, G.W. 1980. Berekening van de capillaire opstijging in niet-homogene bodemprofielen.
253. NIEUWENHUIS, G.J.A. 1980. Remote sensing en het onderzoek naar de waterhuishouding van landbouwgewassen.
254. KEMMERS, R.H. en P.C. JANSEN. 1980. Half-natuurlijke vegetaties in relatie tot waterhuishouding en waterkwaliteit.
255. WIJK, C. VAN. 1980. Inventarisatie van terreinkenmerken.
256. ALDERWEGEN, H.A. VAN. 1980. Normen voor sociale capaciteit van recreatievoorzieningen.
257. HELLINGS, A.J. 1980. Berekeningseffecten bij enkele akkerbouwgewassen.
258. HEIJDEN, Th.G.C. VAN DER. 1980. Visuele verkeerswaarnemingen in Midden-Brabant.
259. VINK, L.W. 1980. Methode voor de evaluatie van landinrichtingsplannen voor gebieden met intensieve vollegrondsgroenteteelt.
260. WIEBING, R. 1980. Opbrengstverhoging bij fabrieksaardappelen door verbetering van de vochtvoorziening in de Veenkoloniën.
261. RIGHOLT, J.W. 1981. Landbouw, natuur en landschap: een drie-eenheid?

Complete lijsten op aanvraag. Beide series zijn in 1981 overgegaan in **MEDEDELINGEN (nieuwe serie)**, zie blz 2 van kft

INSTITUUT VOOR CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISHOUDING
STARINGGEBOUW POSTBUS 85, 6700 AA WAGENINGEN TEL. 08370 - 19100