

Dr. Ir. G.P. de Loor  
 Fysisch Laboratorium TNO

Earth observation satellites: datastream and data interpretation. A short and very general description is given of the earth observation (remote sensing) satellites now in use (or used) for the three windows in the atmosphere, as LANDSAT, the HCMM, and SEASAT. Their development is determined to a high degree by the experiences obtained in aerial photography and photo-interpretation. Therefore the approach has been an empirical one predominantly in this field. The fact that the physics behind the image is often not well understood, in particular in the new windows (the thermal infrared and the microwaves), has hampered their implementation.

INLEIDING

Er zijn thans een groot aantal satellieten die gebruikt worden voor het waarnemen van het aardoppervlak (Manual of Remote Sensing, 1982). Tabel 1 geeft een overzicht van de Amerikaanse systemen. Van de Russische weten we niet

van de atmosfeer voor het eerste venster. Drie gebieden kunnen daar worden onderscheiden: het zichtbare licht (VIS) met daaraangrenzend gebied waar ook camera's en films kunnen worden gebruikt, het infrarood gebied waar het zonlicht overheerst (NIR, 1-3,5 µm) en het thermisch infrarood (TIR, 3,5 - 14 µm) waar de door het aardopper-

application area	orbit type	research	prototype	operational
meteorology	sun synchronous	TIROS I-X, NIMBUS	TIROS	ESSA, NOAA, DMSP
	geo synchronous	ATS		SMS/GOES
	non specific			
landuse	sun synchronous	LANDSAT, HCMM		LANDSAT
	geo synchronous			
	non specific			
oceanographic	sun synchronous	NIMBUS-7		
	geo synchronous			
	non specific	SEASAT-1, GEOS-3		

Tabel I : Aardobservatiesatellieten van de Verenigde Staten

erg veel, maar we mogen aannemen dat de inspanning in deze richting daar zeker zo groot is als in de Verenigde Staten. Europa (de European Space Agency, ESA), India en Japan werken ook aan dit soort satellieten. Als we de meteorologische en aanverwante satellieten buiten beschouwing laten blijven over (tabel I) de LANDSAT, de HCMM en de SEASAT (de remote sensing satellieten).

Figuur 1 geeft een overzicht van het EM spectrum. Daar de atmosfeer alleen transparant is voor de delen: het ultraviolet tot het thermisch infrarood ( $\lambda = 0,35 - 15 \mu\text{m}$ ), en de microgolven ( $\lambda = 0,1 - 50 \text{ cm}$ ), kan de aarde alleen in deze "vensters" vanuit de ruimte worden waargenomen. Figuur 2 geeft een overzicht van de transmissie

vlak en voorwerpen daarop geëmitteerde straling overheersend is. Ook de detectoren worden in figuur 1 en 2 aangegeven, allen in hun (beperkte) omvang. Tenslotte hebben we het microgolfvenster waar de transmissie door de atmosfeer ordes beter is dan in het eerste venster en zelfs door wolken, regen en mist kan worden heen "gekeken"

De drie bovengenoemde satellieten nemen elk de aarde in een ander venster van de atmosfeer waar: LANDSAT in het VIS en NIR, de HCMM in het TIR en SEASAT in het microgolfvenster. Om ons te beperken zullen we de aardobservatie aan de hand van deze drie systemen behandelen, waarmee we ook meteen elk venster kunnen bespreken.

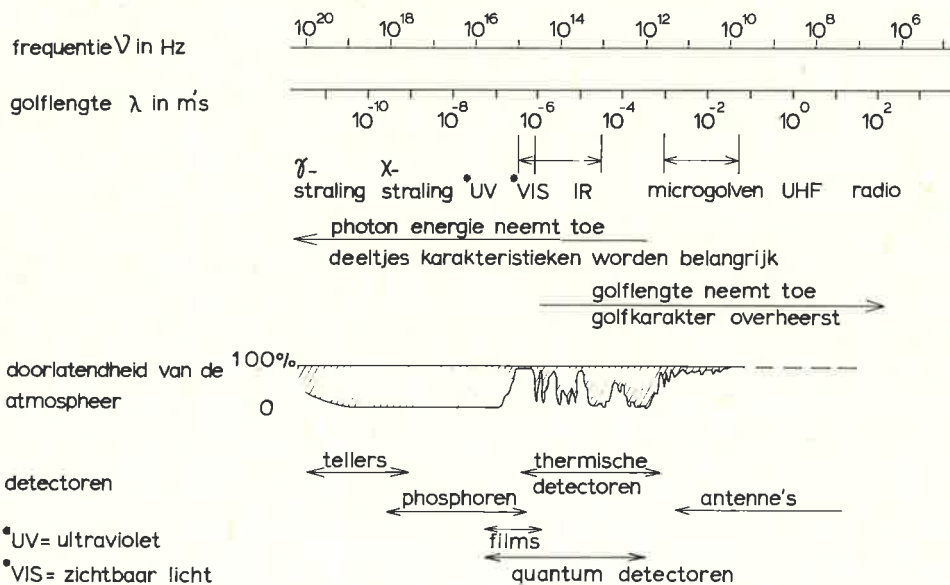


Fig. 1: Het elektromagnetisch spectrum

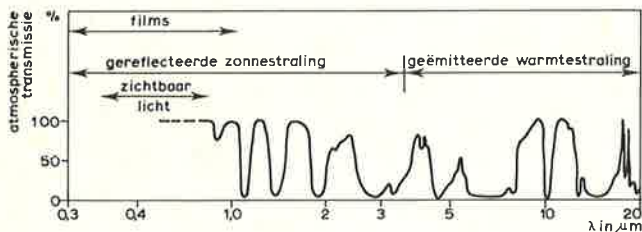


Fig. 2: Het zichtbare licht tot het thermisch infrarood. Doorlatendheid atmosfeer in %.

De ontwikkeling van deze satellieten voor de waarneming van het aardoppervlak (remote sensing) is in hoge mate bepaald door de ervaringen met de luchtfotografie: men heeft de "vlieghoogte" als het ware wat groter gemaakt (Manual of Remote Sensing, 1982). Dit heeft wel zeer nadrukkelijk zijn stempel gezet op de toepassing en het gebruik van deze satellieten: de benadering is sterk empirisch. Immers de in de luchtfotografie gebruikte technieken zijn in hoge mate ervaringstechnieken en vaak wat vaag gedefinieerd. Het gebruikte materiaal (luchtfoto's) is geometrisch goed maar radiometrisch heel moeilijk te definiëren.

De moderne ruimtevaarttechniek heeft juist daar grote veranderingen gebracht. De data, dus ook de beelden, komen niet langer op film maar in numerieke vorm op computertape. Zelfs absoluut werken is in een aantal gevallen mogelijk geworden. Toch blijven velen nog altijd tegen het verkregen materiaal aankijken als foto's, zelfs tegen beelden die opgenomen zijn in het TIR-venster en het microgolvenvenster.

#### HET VENSTER ZICHTBAAR LICHT EN NIR: LANDSAT

In dit venster is LANDSAT werkzaam. Dit is ook de oudste

aardobservatie satelliet. De eerste - toen nog ERTS.1 geheten - werd gelanceerd op 23 juli 1972. Dit systeem heeft vele opnames van de aarde gemaakt en voorbeelden daarvan komen zelfs al voor in de moderne leerboeken voor de middelbare school. Figuur 3 geeft een voorbeeld.

De relatie met de luchtfotografie is voor dit satelliet systeem het duidelijkst. Het bevat 3 return beam vidicons (RBV; 3 kleuren: groen, rood, NIR) en een multispectrale scanner (MSS; 4 spectrale banden: groen, rood en 2 in het NIR). Het RBV was bedoeld als een directe link met de luchtcamera. Net als in een gewone camera wordt het lichtgevoelige materiaal - hier de target plate - kort belicht. Daarna wordt deze plate "langzaam" uitgelezen.

Er zijn echter ook grote verschillen. De camera - film combinatie munt uit doordat er een heel hoog geometrisch scheidend vermogen mee bereikt kan worden. Zij heeft echter een slecht gedefinieerd spectraal en radiometrisch scheidend vermogen. Om de bandbreedte van het transmissiekanaal naar de aarde zo beperkt mogelijk te houden moet men in een satellietcamera een grens stellen aan het geometrisch scheidend vermogen (voor het RBV ongeveer 45 m) terwijl het spectraal- en radiometrisch scheidend vermogen eenvoudig in de hand te houden zijn. Het gevolg is dan ook geweest dat men bij de analyse der beelden meer en meer gebruik is gaan maken van de kleur. Dat is het beste te realiseren met de output van de MSS (geometrisch scheidend vermogen ongeveer 80 m), met als gevolg dat de uitvoer van dat systeem thans het meest gebruikt wordt.

Dit laatste betekende een verschuiving van de visuele interpretatie aan de hand van "foto's" naar een toenemend gebruik van de computer. Voor visuele interpretatie worden de beelden aangeboden als z.g.n. "false - color" beelden, d.w.z. op dezelfde wijze als de beelden op een "false - color" (of camouflage detectie: CD) film



Fig. 3: LANDSAT-beeld 15 augustus 1978

worden vastgelegd: blauw wordt niet weergegeven, groen wordt als blauw, rood als groen en NIR als rood weergegeven. De hoge reflectie van vegetatie in het NIR veroorzaakt de bekende rode kleur van zulke beelden. Door het toenemend gebruik van de computer zijn ook vele andere kleurencombinaties mogelijk.

Door de vroege ontwikkeling van het systeem en het feit dat men vele heren ("gebruikers") meende te moeten dienen, is de keuze van de spectrale banden in LANDSAT nog niet optimaal. Dit geldt met name de scheiding tussen het rode en het eerste NIR-kanal. Ondanks deze beperking worden zeer fraaie resultaten bereikt. In de LANDSAT-D, die dit jaar operationeel moet worden, is een nieuwe scanner opgenomen waarin men hiermede wel rekening gehouden heeft. Bovendien zijn er meer kleurenbanden in opgenomen, waarvan de keuze werd bepaald uit de resultaten van achtergrondsonderzoek op de grond en met behulp van vliegtuigen.

Naast LANDSAT moet een recente Europese ontwikkeling worden genoemd. Frankrijk bouwt momenteel zulk een satelliet (de SPOT; scheidend vermogen 40 m), die binnen afzienbare tijd door een Ariane raket zal worden gelanceerd.

De datastroom verkregen uit deze satellieten is hoog.

Voor LANDSAT zo'n 20 Mbit/s. Voor de ontvangst is over de gehele aarde een net van ontvangers gebouwd. Via een contract met NASA regelt de European Space Agency (ESA) de verspreiding van de boven Europa opgenomen beelden. Dit geschiedt via een z.g.n. National Point of Contact (NPOC). In Nederland is het Nationaal Lucht en Ruimtevaartlaboratorium NLR in Amsterdam zulk een NPOC. De in dit verhaal opgenomen beelden zijn ook via het NLR verkregen.

#### HET TIR-VENSTER: DE HCMM

Vanuit de luchtfotografie gezien is dit een geheel nieuw venster. Er bestaan reeds een aantal jaren scanners voor dit venster voor het gebruik in vliegtuigen. Men neemt hier de warmtestraling waar die de aarde en elk voorwerp daarop emitteert. De hoeveelheid geëmitteerde straling wordt bepaald door de temperatuur en de emissiecoëfficiënt van het waargenomen voorwerp. De temperatuur is weer afhankelijk van de fysische eigenschappen - met name de warmtecapaciteit - en de meteorologische voorgeschiedenis. De fysische problemen rond de waarneming in dit venster zijn zeer complex.

De HCMM (de Heat Capacity Mapping Mission satelliet) is bedoeld om de warmtecapaciteit te meten, met name voor geologische doeleinden. Fig. 4 geeft een voorbeeld van

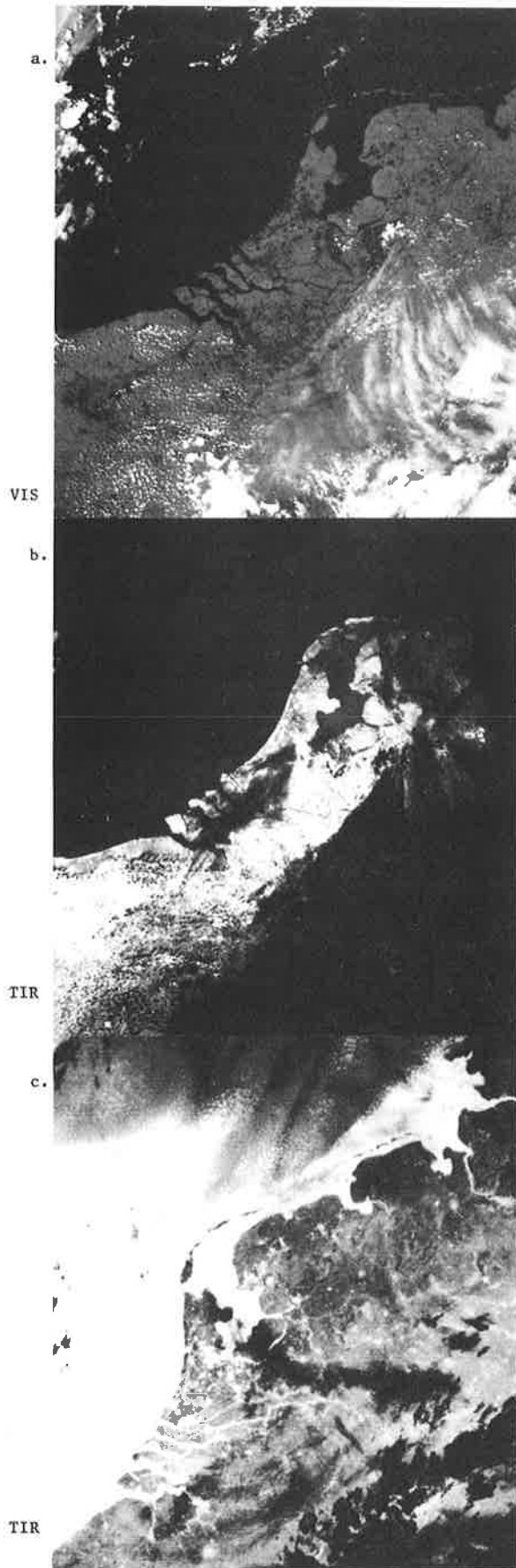


Fig. 4: HCMM-beelden, 20 juni 1978. a en b dagopname, c nachtopname

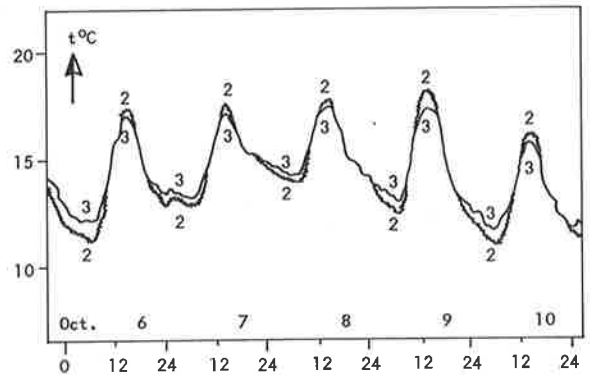


Fig. 5: Temperatuurvariatie van de bodem: 2 boven de zandbaan en 3 er naast; zie tekst

een beeld gemaakt door deze satelliet. Het idee er achter is het volgende: Bij een vaste instraling (door de zon, overdag) zal een lichaam met grote warmtecapaciteit minder opwarmen dan een zelfde lichaam met een geringe warmtecapaciteit. Het omgekeerde gebeurt 's nachts bij warmteafgifte door straling. Fig.5 geeft hiervan een voorbeeld. Het betreft hier metingen bij een ondergrondse zandbaan in een polder, waarbij de verschillen ontstaan door geringe verschillen in bodemeigenschappen van de bodem boven de zandbaan en er naast.

De HCMM realiseert e.e.a. op de volgende wijze. Eens per 5 dagen ongeveer neemt de satelliet overdag een warmtebeeld (venster: 10,5 - 12,5  $\mu\text{m}$ ) en een reflectiebeeld (venster: 0,5 - 1,1  $\mu\text{m}$ ) op. Het reflectiebeeld registreert de albedo (reflectiecoëfficiënt) van de betrokken voorwerpen in het VIS en NIR. Dit is een maat voor de absorptie van het ingestraalde zonlicht (mogelijkheid tot opwarmen). Uit de combinatie van het waargenomen albedo met het waargenomen temperatuurverschil tussen dag en nacht leidt men de warmtecapaciteit af.

Warmtesensoren zijn ook ondergebracht in een aantal andere satellieten, met name de meteorologische. Ook de LANDSAT-D zal in het warmtevenster gaan waarnemen. Door velen wordt dit gebruik in LANDSAT-D echter alleen maar beschouwd als een extra band naast de al aanwezige kleurenbanden (je zou dan dus (sic.) meer informatie krijgen) zonder zich te realiseren dat hier een heel nieuw fysisch terrein wordt aangesproken.

#### HET MICROGOLF VENSTER: SEASAT

Een groot bezwaar van de twee hiervoor besproken vensters is het feit dat bewolking waarnemingen van het aardoppervlak in deze vensters onmogelijk maakt. De LANDSAT kan bovendien 's nachts niet waarnemen. Met name in situaties waar men regelmatige waarnemingen, of waarnemingen op bepaalde, vaste, tijdstippen behoeft, zoals bij oogstvoorspelling (LANDSAT) en de bepaling van de warmtecapaciteit (HCMM), levert dit grote problemen op. Met name in Europa



Fig. 6: Percentage van de tijd in juni dat de bewolking tussen 6/8 en 8/8 is.

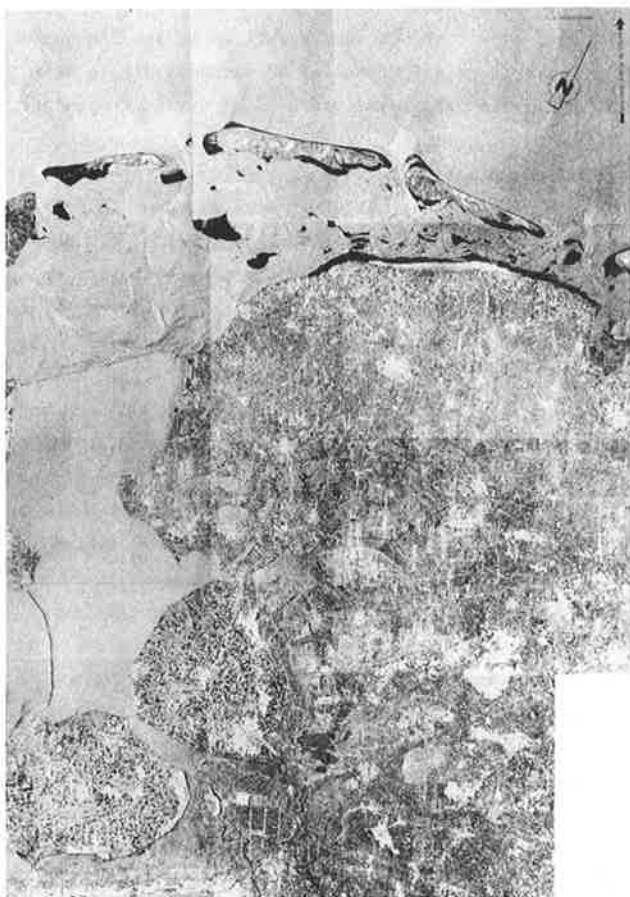


Fig. 7: SAR beeld van SEASAT; baan 1493, 9 oktober 1978

en in de Tropen is dit een groot probleem. Zelfs de bekende mooi weer gebieden kunnen hier nog problemen opleveren zoals in fig. 6 is te zien. In het microgolfvenster heeft men daar veel minder last van en dit is duidelijk door SEASAT gedemonstreerd. De levensduur van deze satelliet was helaas maar kort. Door een technische fout in het voedingssysteem ging hij al na 3 maanden kapot. Toch was hij een groot succes. Immers doordat waargenomen werd in het microgolfvenster kwamen er steeds bruikbare gegevens als de microgolfsensoren bij stonden, met name boven Europa waar door een slechte zomer de bewolking dicht was. Het in fig. 7 gegeven voorbeeld van een beeld van de SAR, het beeldvormende systeem in deze satelliet, werd opgenomen bij een nagenoeg gesloten wolkendeck.

Een ander voordeel is dat in het microgolfvenster actief gewerkt kan worden door radar te gebruiken. Doordat men zijn eigen "licht"-bron meevoert wordt absoluut werken mogelijk. Fig. 8 geeft een voorbeeld van de meting van de reflectiecoëfficiënt (radar cross-section)  $\gamma$  van de zee. De verandering van  $\gamma$  met de windsnelheid maakt het mogelijk om de windsnelheid te bepalen door  $\gamma$  te meten. (de Loor, 1980, 1982) Dit is gerealiseerd in de wind-scatterometer van SEASAT.

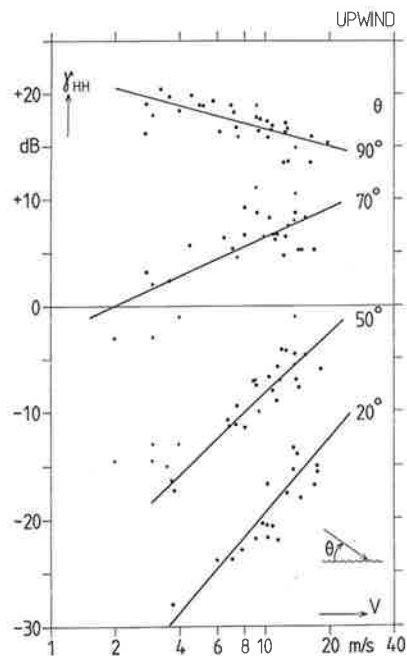


Fig. 8: Radarreflectie van de zee als functie van de windsnelheid

SEASAT-A was een experimentele satelliet voor het waarnemen van de zee en het continentaal plat. Zoals gezegd lag het accent daarbij op waarneming met microgolven om zo onafhankelijk mogelijk te worden van het tijdstip van de dag en van het weer. Toch was er nog een sensor opgenomen die plaatjes maakte (met een laag scheidend vermogen) in het zichtbare licht en nabije infrarood. Naast deze sensor waren de volgende microgolfsensoren opgenomen:



- De radar hoogtemeter. Deze meet de hoogte tot het "sub-satellite point". Met behulp van gecalibreerde baangegevens (onder meer verkregen met behulp van laser afstandsmeters) kan dan zeer nauwkeurig de geoid worden bepaald en verstoringen in de gemiddelde hoogte van het zeeoppervlak, zoals bijvoorbeeld door stromingen en getijden. Voorts kan de golfhoogte worden vastgesteld. Gestreefd werd naar een nauwkeurigheid (standaarddeviatie) van 10 cm voor de hoogte-meting en 50 cm in de golfhoogte-meting ( $H_{1/3}$ ) of 10% voor golfhoogtes tussen 1 en 20 m. Deze nauwkeurigheden zijn gehaald. (SEASAT 1, 1982)
- De microgolf "scatterometer". Met dit systeem wordt de reflectiecoëfficiënt van de zee gemeten als functie van de hoek van inzien. Uit deze meting werden de windrichting (tot op  $20^\circ$ ) en de windsnelheid (tot op 2 m/s) afgeleid voor windsnelheden tussen 4 en 26 m/s (Schroeder, 1982).
- De microgolf radiometer. Deze meet de oppervlakte temperatuur van de zee (tot op  $1^\circ\text{C}$ ) in het microgolfvenster. Uit deze meting kan ook de windsnelheid worden afgeleid (tot op 2 m/s) bij windsnelheden tussen 7 en 30 m/s. De analyse van de vele beschikbare gegevens heeft geleerd dat de nauwkeurigheden waarop gemikt werd ook inderdaad zijn gehaald voor bovengenoemde sensoren (Science, 1979; SEASAT 1, 1982).
- De side-looking radar (SLR). In de satelliet werd een radar van het zogenaamde SAR (Synthetic Aperture Radar) type gebruikt. Alleen met behulp van apertuur synthese is het mogelijk om beelden van het aardoppervlak te maken vanuit de ruimte met voldoende hoog scheidend vermogen. Gestreefd is naar een resolutie van 25 m en dat is ook wel gelukt. Het ontvangen ruwe radar signaal (in Europa stond een ontvanger te Oakhanger, UK) levert een soort hologram dat tot een leesbaar radarbeeld moet worden omgezet (zie fig. 7). De gebruikte radar bekijkt de aarde onder een hoek van  $20^\circ$ . Een strook van 100 km breed liggend aan stuurboordzijde van de satelliet wordt opgenomen. Deze strook ligt tussen 250 en 350 km naast de "sub-satellite track". De gebruikte golflengte ligt in de L-band ( $\lambda = 22$  cm).  
Met name op zee werden een groot aantal verschijnselen waargenomen die voor velen nieuw waren (bodetopografie, interne golven), maar in Nederland ook al met een eenvoudige SLR (de Loor, 1981) werden waargenomen.

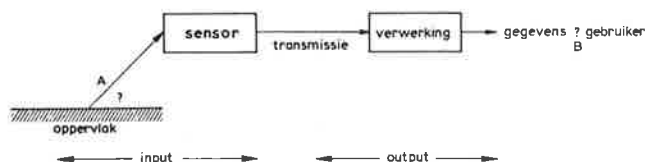


Fig. 9: Overzicht van het remote sensing systeem.

## PROBLEMEN

In fig. 9 wordt een ruwe schets gegeven van het totale aardobservatie (remote sensing) complex. Dit geldt zowel voor aardobservatie met satellieten als met vliegtuigen. Allereerst is er het waarnemingssysteem zelf, tussen de vraagtekens A en B. Dit puur technische systeem zit dus in een vliegtuig of aardobservatiesatelliet. Het neemt het aardoppervlak waar in een van de besproken vensters en transporteert deze waarnemingen naar een verwerkings-eenheid (bijvoorbeeld een computer). Maar er zit nog iets voor en iets achter dit stuk techniek en daar zitten nog heel wat problemen.

Zoals reeds eerder opgemerkt is de interpretatie van afbeeldingen van het aardoppervlak vanuit de ruimte met behulp van satellieten - en het hele satelliet gebruik in dit verband - tot nu toe in hoge mate bepaald geweest door de ervaringen die men had met de luchtfotografie. De daar gebruikte technieken zijn sterk empirisch. De verkregen beelden lijken dan ook erg op luchtfoto's en velen proberen ze dan ook te interpreteren alsof het gewone foto's zijn. Voor een eerste indruk kan dat heel nuttig zijn, maar men moet zich dan wel heel goed realiseren dat men hier te maken heeft met transformaties. Immers de beschreven systemen hebben de in het micron- resp. cm-golfgebied ontvangen signalen voor ons omgezet naar een beeld in het zichtbaar licht. De waargenomen grijstonen betekenen nu heel iets anders dan de grijstonen in een gewone luchtfoto: bijv. temperatuurverschillen in een TIR-opname. Kortom op zo'n omzetting zullen de methodes die in de luchtfotografie gehanteerd worden niet direct toepasbaar zijn.

Bovendien levert de moderne ruimtevaart de data, dus ook de beelden, toe in numerieke vorm waardoor in vele gevallen zelfs absoluut werken mogelijk wordt. Met name de radar biedt wat dat betreft grote perspectieven. We zagen dit al in de toepassing van de meting van de radar doorsnede van de zee als maat voor de windsnelheid in de windscatterometer. Metingen verricht in Nederland hebben aangetoond dat zulk absoluut werken ook toepassingen kan hebben boven land (ROVE programma, de Loor, 1982). De opening van de nieuwe vensters (TIR en microgolven) dwong veel beeld-interpreteurs al om met deze technieken mee te gaan en begrip te ontwikkelen voor de fysische verschijnselen achter de beelden. Toch is in veel gevallen de algemene eerste benadering nog steeds hetzelfde gebleven: je accepteert wat je uit het systeem krijgt zonder je er veel om te bekommeren hoe de informatie er in gekomen is en je gaat ermee aan het werk, al of niet met inschakeling van een computer. Kijkend naar fig. 9 zou je deze aanpak een "a posteriori" (van achteren af) benadering kunnen noemen. Door zo te handelen gebruiken we maar een heel klein deel van het totale systeem: de output. De kwaliteit van deze output wordt echter wel bepaald door de kwaliteit van de input naar het systeem. Wanneer we

vensters	fysisch mechanisme	probleemgebieden
zichtbaar licht en nabij infrarood (0,35 - 2,5 $\mu\text{m}$ )	reflectie $R = f(\lambda)$ ; kleur als kenmerk; polarisatie	belichting kan niet worden geregeld. verhouding directe/diffuse straling. richtingsafhankelijke reflectantie
thermisch infrarood (4 - 14 $\mu\text{m}$ )	emissie $e = f(\lambda)$ ; verschillen in emissie-coëfficiënt. temperatuur verschillen	thermische eigenschappen van de objecten. thermische voorgeschiedenis
microgolven (0,1 - 30 cm) (0,8 - 25 cm)	passief: emissie, $e = f(\lambda)$ ; temperatuur. actief: backscatter, $\gamma = f(\lambda)$ als functie van polarisatie	integratietijd, geometrisch scheidend vermogen. radiometrisch scheidend vermogen.

Tabel II: Fysica van de beeldvorming

de verkeerde gegevens opnemen (bijv. werken in een verkeerde frequentieband of kleur, met een verkeerde polarisatie, enz.) of wanneer we niet alle gewenste informatie opnemen, kan dat nooit meer worden goed gemaakt, niet met de grootste computer, noch met het beste algoritme. Dan maar alles opnemen waar je aan kunt denken lost het probleem ook niet op: het verzadigt alleen maar je transmissiekanaal of maakt dit nodeloos duur. De beste benadering is een "a priori" benadering: het stellen van de juiste vragen direct bij de sensor. Dat vereist kennis van de input kant. En daar ligt het probleem. Wat doet die sensor? De "sensor" neemt een fysische grootheid waar: een reflectie of emissiecoëfficiënt. Zie tabel II. Bovendien is de fysica van elk venster verschillend. De gebruiker van de data is echter in heel wat anders geïnteresseerd. Hij zoekt bijv. naar ziektes in een gewas, naar een bedekkingsgraad (oogstvoorspelling), naar de waterinhoud van de bodem, of hij wil economische grootheden kennen zoals bevolkingsdichtheid, verwachte opbrengst van de oogst, areaal schattingen, enz. (zie tabel III) en dat bij voorkeur in numerieke vorm compleet met de foutengrenzen. Al deze informatie is in een aantal gevallen en onder bepaalde voorwaarden af te leiden uit de waargenomen fysische grootheden waar het technische opname-systeem mee werkt. En nu raken we de kern van het probleem: welke zijn die gevallen en welke zijn die bepaalde voorwaarden? De techniek is daarbij veelal niet het probleem, althans het is een oplosbaar probleem mits de juiste vraagstelling bekend is. Het onderzoek moet dan ook gericht zijn op een juiste vraagstelling. Nodig zijn de transformaties van de gebruikers-grootheden naar de fysische grootheden die de remote sensing systemen kunnen waarnemen (tabel III naar tabel II) en weer terug (tabel II naar tabel III). Pas met deze kennis kan het gehele technische systeem worden geoptimaliseerd: de "sensor" (input) zowel als de output (de juiste data voor de gebruiker).

Meer kennis van deze transformaties is nodig. Dit betekent meer kennis van de object-sensor interactie. Deze aanpak wordt in Nederland gevolgd in de verschillende

#### Meteorologie

fronten  
windsnelheid/richting  
temperatuur

#### Zee

zoutgehalte  
turbiditeit  
oppervlakte temperatuur

#### Golven

hoogte  
richtingsspectra

#### Bodemeigenschappen

draagkracht  
vochtgehalte  
ruwheid  
bedekking

#### Gewassen

kartering  
classificatie  
bedekking  
biomassa  
controle

#### Economische grootheden

oogstopbrengst  
bevolkingsdichtheid

#### Enz., enz.

Tabel III: Grootheden interessant voor een "gebruiker"  
Enkele voorbeelden

wergroepen van de BCRS (Begeleidings Commissie Remote Sensing). Deze interdepartementale commissie coördineert onder voorzitterschap van Rijkswaterstaat alle onderzoek op het gebied der aardobservatie (remote sensing) in Nederland.

#### CONCLUSIES

Omdat de aardobservatie (en dit geldt zowel voor satelliet waarneming als voor waarnemingen vanuit vliegtuigen) is ontstaan uit een stuk empirische discipline als de luchtfotografie, wordt hier meestal een "a posteriori" benadering gebruikt ("plaatjes kijken"). Daarom is er al zeer veel gedaan aan beeldverwerking (de output in fig. 9) en computer apparatuur en algoritmes zijn daarvoor nu ruim aanwezig. Toch wordt de aardobservatie nog maar zeer beperkt operationeel toegepast. Technisch is bijna alles mogelijk. Er ontbreekt echter een juiste vraagstelling: de transformatie van gebruikersparameters naar de fysische

grootheden die aardobservatie systemen opnemen.

Een goed inzicht in de fysica van de verschijnselen die aan de beeldvorming bijdragen is daarom nodig, enerzijds om de sensoren optimaal te dimensioneren en goed in te passen in een volledig waarnemingssysteem, anderzijds ook om zo'n systeem dan weer optimaal in te zetten en te gebruiken.

#### LITERATUUR

- Loor, G.P. de en Hoogeboom P., Radar Backscatter Measurements from Platform Noordwijk in the North Sea; IEEE J. Oceanic Eng., Vol OE-7, nr. 1, jan. 1982, blz. 15 - 20.
- Loor, G.P. de, Hoogeboom P. en Attema E.P.W., The Dutch ROVE Program; IEEE Trans. Geosci. and Remote Sensing, vol. GE-20, nr. 1, jan. 1982, blz. 3 - 11.
- Loor, G.P. de, Radarwaarneming van de zee vanuit de lucht en de ruimte; Ruimtevaart, deel 29, nr. 1, febr. 1980, blz. 94 - 103.
- Loor, G.P. de, The observation of tidal patterns, currents and bathymetry with SLAR imagery of the sea; IEEE J. Oceanic Eng., vol. OE-6, no. 4, okt. 1981, blz. 124 - 129.
- Loor, G.P. de, Remote Sensing; een algemene inleiding; Cultuurtechnisch Tijdschrift, deel 19, nr. 5, febr./maart 1980, blz. 222 - 235.
- Manual of Remote Sensing; uitgegeven door de American Society of Photogrammetry, Falls Church Va, 1982.
- Procs of the IUCRM Colloquium on "Radio Oceanography", Hamburg 29 sept - 6 okt. 1976; special issue of Boundary-Layer Meteorology, vol. 13, nrs. 1 - 4, jan. 1978.
- Sabins, F.F., Remote Sensing, Principles and Interpretation; W.H. Freeman and Cy, San Francisco, 1978.
- Science: Reports on Seasat, vol. 204, no. 4400, 29 June 1979, blz. 1405 - 1424.
- SEASAT 1, Reports in: J. Geophysical Research, vol. 87, no. C5, April 30, 1982, blz. 3173 - 3431.
- Schroeder, L.C., W.L. Grantham, J.L. Mitchell and J.L. Sweet, Sars measurements of the K<sub>u</sub>-band radar signature of the ocean; IEEE J. Oceanic Eng., vol. OE-7, no. 1, jan. 1982, blz. 3 - 14.

Voordracht gehouden op 27 mei 1982 op THD tijdens een gemeenschappelijke vergadering van het NERG (nr. 307), de Sectie Telecommunicatietechniek KIVI en de Benelux Sectie IEEE.