

# ENVISAT, in het belang van de aarde

Henk H.F. Smid  
*ribs Space Consultancy & Insurance*

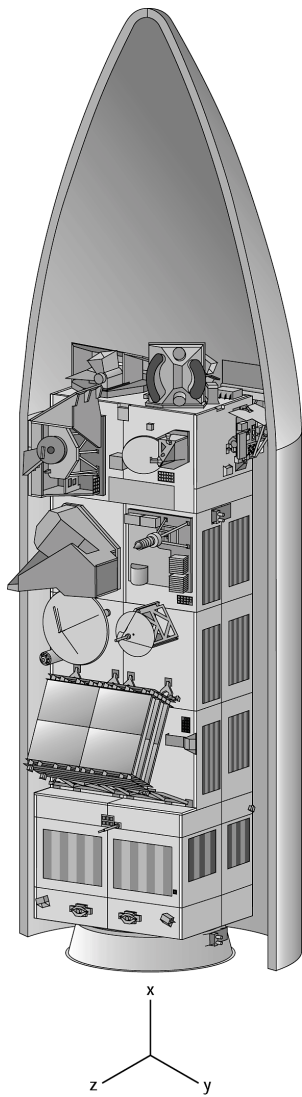
In 1988 werd aan de leden van het Europese ruimtevaartagentschap (ESA) een aard-observatiestrategie voorgelegd. Een serie elkaar aanvullende satellieten, in polaire en geostationaire omloopbanen, zouden het aardse milieu en bronnen van bestaan moeten gaan bestuderen. Eveneens zouden meteorologische waarnemingen niet alleen worden gecontinueerd maar tevens verbeterd. Gebaseerd op dit scenario besloten twee ESA *councils* op ministerieel niveau (München 1991 en Granada 1992) dat er een programma met twee missies moest komen. De ENVISAT-1 missie en het voorbereidingsprogramma voor de METOP-1 missie. Terwijl METOP-1 primair een operationele meteorologische satelliet is, is ENVISAT-1 een satelliet die specifiek voor de bestudering van de aarde en van het milieu van de atmosfeer is bestemd. ENVISAT-1 is een multidisciplinaire missie die zowel wetenschappelijke als toepassingsgerichte doelstellingen heeft. De missie beoogt de voortzetting en uitbreiding van de ERS 1 en ERS 2 doelstellingen en het opbouwen van een samenhangend Europees aardobservatieprogramma. Dit artikel beoogt een globaal overzicht van missie, ruimtevaartuig en instrumenten te geven.

## Inleiding

De activiteiten van de mensheid hebben waarschijnlijk de grootste invloed op het milieu van de aarde gedurende het begin van het derde millennium. De daarmee samenhangende ecologische veranderingen zijn van invloed op de hele aarde. Binnen een eeuw zullen klimaatveranderingen, die door de mensheid worden veroorzaakt, meer invloed hebben dan in de afgelopen 10 000 jaren het geval was. Het broeikas effect, zure regen, het gat in de ozonlaag en de systematische vernietiging van tropische regenwouden leiden tot grote debatten. Hierbij ontstaat een nieuw bewustzijn; milieu- en klimaatveranderingen beïnvloeden onze hele planeet. Wetenschappelijk en politiek bewustzijn heeft er inmiddels voor gezorgd dat men het er over eens is dat in ieder geval de complexe interacties tussen de atmosfeer van de aarde, oceanen, poolgebieden en landmassa's geanalyseerd en begrepen moeten worden. Hiertoe zal in het Envisatconcept een aantal aardobservatietechnieken worden samengevoegd om de aarde wereldomvattend te kunnen waarnemen.

## De missie

Het hoofddoel van ENVISAT is het verzamelen van gegevens om daarmee de aarde en het milieu te kunnen waarnemen. Dit wordt bereikt door gebruikmaking van een tiental aardobservatie instrumenten op het Polar Platform en een grondstationfunctie om de gegevens te ontvangen, te verwerken en te verspreiden. In de tabel wordt een overzicht van deze instrumenten gegeven. De missie van ENVISAT moet voortborduren op metingen die door ERS-1 en ERS-2 zijn gemaakt, waarbij rekening wordt gehouden met de eisen die zijn gerelateerd aan mondiale studies van de aarde en het milieu zoals door internationale programma's noodzakelijk wordt geacht. Deze programma's zijn ondermeer het *International Geosphere and Biosphere Programme* en het *World Climate Research Programme*. De missie is zo een essentieel onderdeel in het veiligstellen van een doorlopende gegevensproductie ten aanzien van milieu- en klimatologische onderwerpen. Van belang in de ENVISAT-missie is het gelijktijdig kunnen uitvoeren van totaal verschillende metingen aan verschillende parameters en de combinaties van elkaar ondersteunende en corri-



ENVISAT-1 zoals deze in de neuskegel van de Ariane 5 draagraket wordt geplaatst. [ESA]

gerende instrumenten. De combinatie SCIAMACHY-MIPAS-GOMOS is daar een goed voorbeeld van. Hiermee kan een gedegen doorlichting van de chemische samenstelling van de atmosfeer worden ontwikkeld. Niet in de laatste plaats zal de missie het gebruik van de gegenereerde gegevens (toepassing van remote sensing) moeten bevorderen.

ENVISAT zal medio 2001 door een Ariane 5 draagraket in de ruimte worden gebracht. Het totale gewicht van het ruimtevaartuig bij de lancering bedraagt 8138 kg – waarvan ruim twee ton aan aardobservatie instrumenten – en dat valt ruim binnen de tien ton die de Ariane 5 naar de ENVISAT-omloopbaan kan brengen. ENVISAT zal in een 800 km hoge cirkelvormige ruimtebaan over de polen vliegen die het ruimtevaartuig ‘zonsynchroon’ maakt. In dit geval betekent dat, dat ENVISAT elke dag om 10.00 uur ( $\pm 1$  minuut) lokale zonnetijd op dezelfde breedtegraad (van noord naar zuid) over zal komen. De vliegsnelheid van het ruimtevaartuig bedraagt 7,45 km/s zodat hij 100,59 minuten over een omloop doet (14 omlopen per dag). Na 35 dagen is er een complete cyclus doorlopen en begint ENVISAT aan exact hetzelfde patroon. Hiermee wordt voldaan aan een aantal van de missievereisten: volledige bedekking van de aarde, hoge herhalingsfrequentie, continuïteit van metingen gedurende de seizoenen en jaren, en stabiliteit.

Het ruimtevaartuig zal worden gecontroleerd en bestuurd vanuit het *Flight Operations Segment* (FOS) in Darmstadt (Duitsland) waarbij gebruik wordt gemaakt van het S-band grondstation in Kiruna (Zweden). Het FOS regelt de (huishoud)werkzaamheden van het ruimtevaartuig en de programmering van de instrumenten. De gegevens die door de instrumenten worden gegenereerd, worden via een X-band naar ESA grondstations in Kiruna en Fucino (Italië) gestuurd en worden verwerkt door het Payload Data Segment (PDS) dat wordt gecontroleerd vanuit ESRIN in Frascati (Italië). Het ruimtevaartuig zal eveneens gebruik maken van de ARTEMIS *Data Relay Satellite* van ESA waarbij gegevens via de Ka-band worden verstuurd. Deze opgeschijnd geïmplementeerde verbindingen

moeten zorgdragen dat gegevens niet verloren gaan en de continuïteit wordt gewaarborgd.

## Polar Platform

ENVISAT is het grootste, vrij vliegende ruimtevaartuig dat ooit door Europa werd gebouwd en bestaat uit tien instrumenten die zijn gemonteerd op het z.g. Polar Platform. De vorm van het ruimtevaartuig werd voornamelijk bepaald door de noodzaak zoveel mogelijk instrumenten op het *Payload Module* te kunnen bevestigen die allemaal naar de aarde gericht moesten zijn. Het meest veeleisende instrument qua massa, volume en vermogen, is de ASAR waarvan alleen de antenne al 700 kg weegt. Zes andere instrumenten wegen ook nog eens tussen de 100 en 300 kg. De vorm werd mede bepaald door de ervaring die men had opgedaan bij de plaatsing van instrumenten bij het ERS-ontwerp. Tenslotte moet het ruimtevaartuig ook passen binnen de neuskegel van de Ariane 5 draagraket.

Het uiteindelijke ontwerp van het Polar Platform is modulair van opbouw en heeft voldoende naar de aarde gericht oppervlak om de instrumenten te bevestigen. De splitsing in *Service Module* en *Payload Module* zorgt voor een handige fysieke en functionele scheiding waardoor bovendien beide modules parallel konden worden ontwikkeld.

Het *Service Module* zorgt voor de voornaamste ondersteuningsfuncties voor het ruimtevaartuig en is gebaseerd op het concept en de ontwikkeling van de SPOT Mk II *Service Module* waarbij een aantal nieuwe ontwikkelingen – met name op het gebied van het mechanische ontwerp – zijn doorgevoerd. Ook op de gebieden van standregeling en omloopcontrole, reactiecontrole, vermogensdistributie, en opslag en verwerking van data, zijn verbeteringen aangebracht. Op een aantal gebieden zijn totaal nieuwe ontwikkelingen doorgevoerd omdat er geen bestaande ontwerpen waren die aan de eisen voldeden. Zo is het enkelvleugelig zonnepaneel een nieuwe ontwikkeling. Het 70 m<sup>2</sup> grote zonnepaneel wordt geleverd door Fokker Space en maakt daarmee deel uit van de belangrijke

Nederlandse industriële bijdrage aan ENVISAT-1. Het paneel bestaat uit een primair ontvouwmecanisme en arm waarmee een set van veertien stijve panelen kunnen worden uitgevouwen. Wanneer het paneel eenmaal is ontvouwen, wordt het continu in de richting van de zon gehouden door middel van een motormechanisme dat aan de basis van het *Service Module* is bevestigd. De *Dual Mode Transponder* is een andere totaal nieuwe ontwikkeling vergeleken met SPOT-4. Hij zorgt voor een 2000 bit/s (heen) en een 4096 bit/s (terug) S-bandverbinding.

Het *Payload Module* of *Payload Carrier* draagt zorg voor de voornaamste structurele ondersteuning van de benodigde elektronica voor de instrumenten en de van buiten gemonteerde (nadir-kant) instrumenten en antennes. Ook is op dit module, aan de zenitkant, het optische gedeelte van de sterrensensoren geplaatst omdat vanaf dat punt een onbelemmerd uitzicht op de sterren mogelijk is. Ook zijn de mechanische gyroscopen hier, vlakbij de sterrensensoren, aangebracht om zo min mogelijk last te hebben van uitlijningsproblemen. Verder zijn er overal kleine stuurkaketjes op de *Payload Module* aangebracht zodat de krachten die vrijkomen bij het gebruik hiervan voor standcontrole, evenredig worden verdeeld rond het massazwaartepunt van het ruimtevaartuig. Verder zijn in/op het *Payload Module* nog een aantal subsystemen ondergebracht. Hiervan worden genoemd:

- Het data verwerkingssubstelsysteem dat de beschikking heeft over een hoge snelheid multiplexer die instrumentgegevens kan selecteren en samenvoegen tot één continue gegevensstroom en vier 30 Gbit bandrecorders voor tussentijdse opslag van de multiplexer gegevensstroom gedurende de periode dat er geen grondstation binnen bereik is.
- Het X-band subsysteem met drie 100 Mbit/s verbindingen naar grondstations waarvan de vaste antenne zich bevindt aan de nadir-kant van het *Payload Module*.
- Het Ka-band subsysteem met eveneens drie 100 Mbit/s verbindingen via de ARTEMIS satelliet naar grondstations waarvan de stuurbare antenne zich aan de zenitkant van het *Payload Module* bevindt.

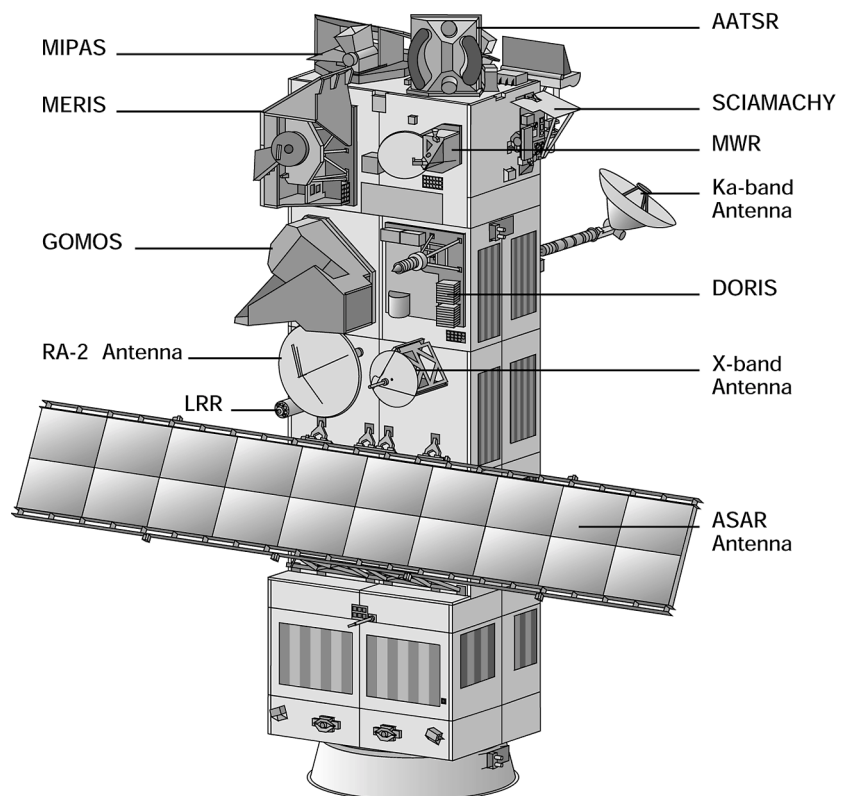
## Instrumenten

Het waarnemen van een complex systeem als het milieu van de aarde vergt een specifieke set multidisciplinaire instrumenten die elkaar aanvullen. Het vertalen van de missiedoelstellingen naar fysieke en technische parameters resulteerde in een set van tien individuele instrumenten. Hierbij werd gekeken naar meeteisen op de gebieden van atmosfeer, biosfeer, hydrosfeer en geosfeer. De ruimtelijke resolutie (mondiale en regionale gegevens), spectraalbereik en -resolutie, en radiometrische resolutie, worden bereikt door gebruikmaking van twee radars, drie typen spectrometers die verschillende karakteristieken meten, twee radiometers (een breedband en een smalle band), de eerste hoge resolutie interferometer in de ruimte voor langdurige observatie en twee afstand metingsinstrumenten.

Er zijn twee soorten instrumenten als wordt gekeken naar ontwikkeling en verwerving:

- Door ESA binnen het ENVISAT-1 programma ontwikkelde instrumenten; *ESA Development Instruments (EDI)*.
- *Announcement of Opportunity Instruments (AOI)* die door nationale of multinationale instituties worden bijgedragen.

*De locaties van de tien ENVISAT-instrumenten en antennes op het Polar Platform. [ESA]*



In het volgende gedeelte van dit artikel worden de tien instrumenten, op alfabetische volgorde, aan een nadere beschouwing onderworpen.

### **AATSR – Advanced Along Track Scanning Radiometer**

De oppervlaktetemperatuur van het zeewater (*Sea Surface Temperature – SST*) is een van de meest stabiele van verschillende geofysische variabelen die, indien op mondiale schaal gemeten, bijdragen aan de karakterisering van het aardse klimatologische systeem. De nauwkeurige meting van kleine veranderingen in de SST geeft aanwijzingen over belangrijke veranderingen in de warmte-uitwisseling tussen de oceanen en de atmosfeer, met name in de tropen. Het is bovendien bekend dat kleine afwijkingen die in specifieke gebieden voorkomen, geassocieerd worden met grote atmosferische verstoringen die leiden tot wijdverspreide en schadeloebrengende veranderingen in het mondiale weersysteem (El Nino).

Het primaire wetenschappelijke doel van AATSR is het zekerstellen van de continuïteit van SST-metingen van de ATSR-1 & -2 op de ERS satellieten zodat deze unieke gegevens tien jaren achtereenvolgend zullen worden gemeten. De tweede doelstelling is het uitvoeren van kwantitatieve metingen van landoppervlaktes aan vegetatie (biomassa, vochtgehalte, gezondheid en fase in de groei). Met de kanalen in het visuele spectrum worden wolke-eigenschappen gemeten zoals het onderscheid tussen water en ijs, en de verdeling van de grootte van deeltjes in die wolken.

Voor de SST doelstelling wordt gebruik gemaakt van thermisch infrarood kanalen (1,6 $\mu$ m; 3,7 $\mu$ m; 10,85 $\mu$ m en 12 $\mu$ m), gelijk aan die van de ATSR-1 & -2. Bij deze radiometers is reeds aangetoond dat een mondiale nauwkeurigheid van minder dan 0,5° K bereikbaar is.

De belangrijkste kanalen in het visuele spectrum zijn gecentreerd rond 0,865 $\mu$ m en 0,67 $\mu$ m en zullen meetgegevens produceren over de vegetatie index. AATSR meet mondiaal met een resolutie van 1\*1km in nadir. Een ander visueel kanaal op 0,55 $\mu$ m wordt gebruikt voor chlorofylmetingen en indica-

ties omtrent de mate van groei en gezondheid van de vegetatie.

De AATSR is een AOI en werd ontwikkeld onder leiderschap van MMS-B. Het is de Brits/Australische bijdrage aan de ENVI-SAT-1 missie.

### **ASAR – Advanced Synthetic Aperture Radar**

De ASAR is een hoge resolutie beeldradar (5,331 GHz) die niet alleen gebruikt kan worden voor specifieke onderzoeken in een klein gebied, maar eveneens voor grootschalige bewaking van landmassa's, zee-ijs en oceanen. Het grote voordeel van een SAR voor dit soort observaties is de onafhankelijkheid van de meteorologische omstandigheden, bewolking en beschijning door de zon.

Het primaire wetenschappelijke doel van ASAR is het bewaken van het milieu van de aarde en informatie verzamelen met betrekking tot:

- (golf)eigenschappen van de oceanen,
- mate van zee-ijs en de beweging daarvan,
- mate van sneeuw- en ijsdikte,
- oppervlakte topografie,
- eigenschappen van landoppervlakten,
- mate van vochtigheid van de grond en van moerasgebieden,
- ontbossing en de mate van woestijnvorming,
- rampenbewaking.

ASAR is ontworpen om in een vijftal modes te werken. Elke mode heeft zijn specifieke parameters op het gebied van breedte van het grondspoor, resolutie, polarisatie van de radarbundel en het meten van verstrooiingsenergie die door zeeoppervlak wordt teruggekaatst en dat door de golven wordt veroorzaakt.

Vergeleken met de radars van ERS-1 & -2, is de ASAR een zeer geavanceerd instrument waarbij een aantal nieuwe technologische ontwikkelingen worden toegepast (onder andere het toepassen van een actieve *phased array* antennetechnologie en meervoudige polarisatie van de radarbundel). De ASAR is ontwikkeld onder leiderschap van MMS-UK en is een EDI.

### **DORIS – Doppler Orbitography and Radio-positioning Integrated by Satellite**

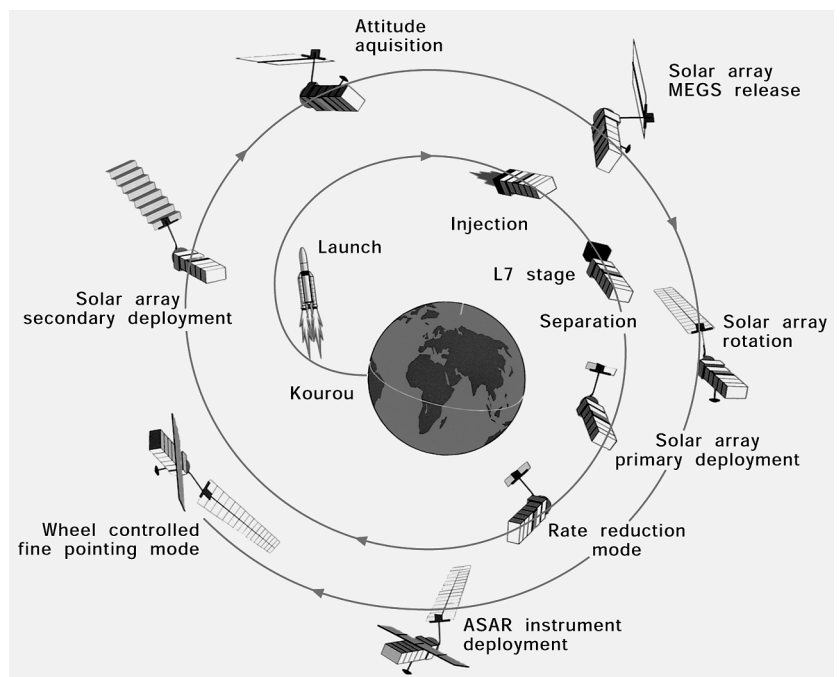
DORIS is een microgolf Dopplervolgsysteem dat wordt gebruikt voor nauwkeurige, in de orde van grootte van centimeters, omloopbepaling. In samenwerking met de radarhoogtemeter draagt DORIS bij aan het verbeteren van de nauwkeurigheid van de metingen van oceanvariabelen – zowel in ruimtelijke zin als gemeten in de tijd – en de variaties in ijsbedekking. Bovendien kan met de meetgegevens de kennis op het gebied van aardkorstbewegingen worden verbeterd, gletsjers, landverschuivingen en vulkanen worden bewaakt, en kan het model van het aardse zwaartekrachtsveld en van de ionosfeer worden verbeterd.

DORIS is gebaseerd op het nauwkeurig meten van de Dopplerverschuiving van radarsignalen die van de grond worden verstuurd en aan boord van het ruimtevaartuig worden opgevangen. Er worden twee frequenties gebruikt: 2,03625 GHz voor de Dopplermetingen en 401,25 MHz voor een correctiesignaal. Dopplermetingen worden elke 7 tot 10 seconden uitgevoerd. De resulterende radiale snelheidswaarden (in orde van grootte van 0,4 mm/s) worden op de grond gecombineerd met een dynamisch model van het traject van het ruimtevaartuig. Omloopbepaling wordt zo met een nauwkeurigheid van minder dan vijf centimeter in hoogte uitgevoerd.

DORIS (een AOI) is een Franse (CNES) bijdrage aan het ENVISAT-1 programma.

### **GOMOS – Global Ozone Monitoring by Occultation of Stars**

Ozonvermindering in de stratosfeer wordt gezien als een zeer kritische ons milieu beïnvloedende factor. Nauwkeurige middelen om dit te bewaken en als gevolg daarvan het begrijpen van de relevante chemische processen in de atmosfeer van de aarde, zijn noodzakelijk. Het GOMOS-instrument vliegt daarom mee op ENVISAT-1. GOMOS zorgt voor gelijktijdige meting van ozon en andere gassen alsmede van aërosol- en temperatuurverdelingen in de stratosfeer tussen de 20 en 100 km. Ook ondersteunt GOMOS de analyse van atmosferische turbulenties. De algehele prestaties van het instrument (qua bedekking, ruimtelijke en spectrale resolutie en

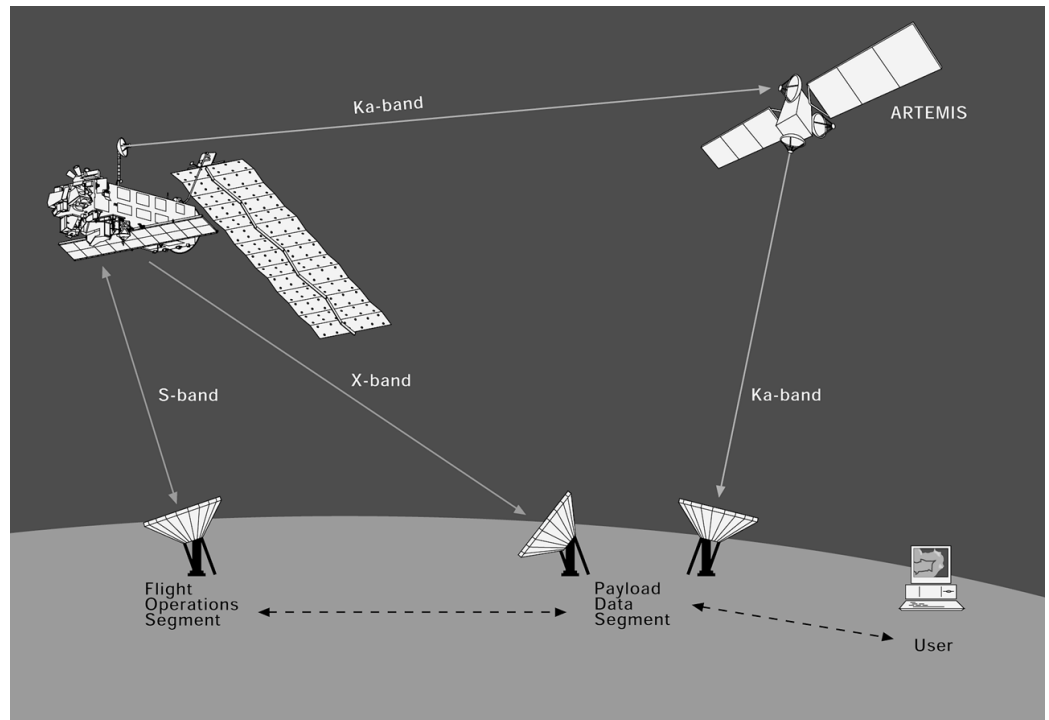


nauwkeurigheid) overtreffen verre die van eerdere instrumenten zoals SAGE-I/II en dragen daarmee bij aan een belangrijke verbetering van de mondiale bewaking van ozon in de stratosfeer.

*Het lanceerverloop van ENVISAT-1. [ESA]*

Het GOMOS-instrument herbergt een Ultraviolet-zichtbaar licht spectrometer en een infrarood spectrometer die beide worden gevoed door een enkele telescoop die, via een bestuurbare spiegel, opgelijnd staat met een ster die als doel fungeert. Het instrument volgt de ster en observeert deze als die achter de atmosfeer van de aarde verdwijnt. Additionele metingen door twee snelle fotometers zorgen voor een correctie van de spectrale gegevens van de hoge frequentie component in het signaal dat wordt veroorzaakt door atmosferische trillingen. De 930 nm band van de nabij-infrarood- spectrometer maakt het mogelijk een verticaal profiel van waterdamp in de atmosfeer te meten. Dit is een belangrijke stratosferische component. Uit de 760 nm band spectrometergegevens kan een verticaal temperatuurprofiel worden afgeleid waarmee uiteindelijk een ozonprofiel en de lange termijn trend daarvan, kan worden vastgesteld. Door op deze manier te werken – routinematig zijn per omloop zo'n 25 sterren te volgen – levert het GOMOS-instrument evenveel gegevens op als 360 grondstations.

Het EDI GOMOS-instrument is ontwikkeld onder leiderschap van MMS-F.



### **LRR – Laser Retro-Reflector**

Aan de nadir-kant van het *Payload Module* wordt een laserreflector bevestigd die de afstandmeting tot de satelliet ondersteunt en de meting van de radarhoogtemeter kalibreert. De LRR is een passief instrument en wordt gebruikt om hoogvermogen gepulseerde laserenergie van grondmeetstations te reflecteren. De afstand tot het ruimtevaartuig wordt bepaald door de tijd te meten die de laserpuls er over doet om naar de satelliet en terug te komen.

De LRR bestaat uit symmetrisch onder hoeken geplaatste siliciumdioxide spiegels die de invallende laserpuls onder een nagenoeg parallel pad (binnen een paar boogseconden) terugkaatsen. Er worden twee specifieke golflengten gebruikt: 694 nm en 532 nm.

De LRR is een EDI en werd door Aerospaiale ontworpen.

### **MERIS – Medium Resolution Imaging Spectrometer**

MERIS richt zich op drie disciplines: primair is dat oceanografie en secundair observaties van de atmosfeer en landmassa's. MERIS werkt samen met de RA-2 en de AATSR. Tezamen vormen ze een unieke synergische missie voor biofysische en geofysische ka-

rakterisering van de oceanen, kustzones en landmassa's waarbij voor de aangeleverde gegevens voornamelijk toepassingen worden gevonden in klimatologische en mondiale milieustudies.

Het MERIS-instrument meet overdag, door de atmosfeer heen, de door het oppervlak van de aarde en wolken gereflecteerde zonnestraaling, in het nabije-infrarood en zichtbaar licht gebied. Het 1150 km brede grondspoor wordt door vijf identieke camera's afgedekt die elk 14° van de totale zichthoek voor hun rekening nemen. Het product van MERIS is, uiteindelijk, gelijktijdige ruimtelijke en spectrale informatie. De gegevens worden eerst aan boord van het ruimtevaartuig bewerkt en later op de grond waarbij spectrale beelden van de aarde ontstaan die zijn gecorrigeerd voor de invloed van de atmosfeer. Uiteindelijk worden met deze gegevens kaarten gemaakt die informatie verstrekken over pigmentconcentraties in de oceanen, wolken en waterdamp, en hoe de vegetatie er bij staat.

MERIS is ontwikkeld onder leiderschap van Aerospaiale en is een EDI.

### **MIPAS – Michelson Interferometer for Passive Atmospheric Sounding**

MIPAS is een hoge resolutie Infrarood spectrometer die ontworpen is om op een mondia-

le basis concentratieprofielen te meten van verschillende atmosferische samenstellingen. Het zal atmosferische uitstoot aan de horizon van de aarde waarnemen in het midden infrarood gebied (4,15  $\mu\text{m}$  - 14,6  $\mu\text{m}$ ) en zodoende zorgen voor observaties van fotochemisch gerelateerde gassen in de midden atmosfeer, tropopauze en bovenste troposfeer. Deze gegevens zullen zorgen voor een beter begrip van:

- Stratosferische chemie; mondiaal ozonprobleem.
- Mondiale klimatologie; mondiale verspreiding van klimaatgerelateerde samenstellingen.
- Atmosferische dynamica; uitwisselingen tussen troposfeer en stratosfeer.
- Bovenste troposferische chemie; correlatie tussen gasverdeling en menselijke activiteiten.

Het instrument is ontworpen om meer dan 20 verschillende gassen tegelijk te kunnen meten. Van de MIPAS waarnemingen kunnen ook de atmosferische temperatuur, verdeling van aërosoldeeltjes, troposferische cirrus wolken en stratosferische ijswolken worden afgeleid. De gegevens worden over heel de wereld verzameld, gedurende alle seizoenen en onafhankelijk van de lichtcondities. De atmosferische uitstoot wordt gemeten tussen de 5 en 150 km hoogte [het instrument kijkt naar die kolom aan de horizon van de aarde].

MIPAS (een EDI) is ontwikkeld onder leiderschap van Dornier Satellitensystemen GmbH.

#### **MWR – Microwave Radiometer**

Het hoofddoel van de MWR is het meten van de atmosferische vochtigheid met welke gegevens een correctie op het troposferische

pad van het radarhoogtemetersignaal kan worden uitgevoerd. Dit signaal wordt namelijk beïnvloed door waterdamp en vloeibaar water. Bovendien kan uit de MWR-metgegevens het stralingsvermogen van het aardoppervlak en de grondvochtigheid worden bepaald. Hiermee kan dan weer van het oppervlak het energiebudget worden bepaald en bovendien ondersteunt het het onderzoek van de atmosfeer en ijsvorming.

Het MWR instrument aan boord van ENVISAT-1 is een afgeleide van de radiometers die op ERS-1 & -2 worden gebruikt. Het instrument werkt op twee frequentiekanalen. Door in deze twee kanalen (23,8 GHz en 36,5 GHz) te meten kan de uitstraling (schittering) van de aarde, die die metingen ongunstig beïnvloeden, worden geëlimineerd.

De MWR is ontwikkeld onder leiding van Alenia Aerspazio en is een EDI.

#### **RA-2 – Radar Altimeter 2**

De radarhoogtemeter RA-2 is een twee frequentie (Ku-band en S-band) hoogtemeter die is afgeleid van de radarhoogtemeters die op ERS-1 & -2 worden gebruikt. RA-2 heeft verbeterde meetresultaten en nieuwe mogelijkheden. Het hoofddoel van de RA-2 is met grote precisie de hoogte te meten tussen het ruimtevaartuig en de aarde en dus de tijdvertraging van alle signalen.

De hoogtemeter zendt elektromagnetische pulsen uit naar de aarde en meet de tijd die het duurt totdat die pulsen bij de antenne terugkomen. Daar de snelheid van voortplanting van deze pulsen bekend is, kan de hoogte worden uitgerekend. Bovendien kan uit de hoogte en vorm van de echopulsen worden bepaald van welk soort oppervlak de pulsen

AATSR	Advanced Along Track Scanning Radiometer
ASAR	Advanced Synthetic Aperture Radar
DORIS	Doppler Orbitography and Radio positioning Integrated by Satellite
GOMOS	Global Ozone Monitoring by Occultation of Stars
LRR	Laser Retro-Reflector
MERIS	Medium Resolution Imaging Spectrometer
MIPAS	Michelson Interferometer for Passive Atmospheric Sounding
MWR	Microwave Radiometer
RA-2	Radar Altimeter 2
SCIAMACHY	Scanning Imaging Absorption Spectrometer for Atmospheric Cartography

*De tien instrumenten die deel uitmaken van ENVISAT. [ESA]*

zijn gereflecteerd. Zo is het bijvoorbeeld mogelijk dat de topografie van de oceanen wordt bepaald waarmee onderzoeken ondermeer op het gebied van stromingen, bathymetrie (zee-diepten) en zwaartekrachtafwijkingen worden ondersteund. Ook kan met de gegevens van RA-2 het ijs van de poolkap en in de oceanen in kaart worden gebracht. Boven land wordt de hoogte van het aardoppervlak bepaald en kunnen de geologische structuur en oppervlakte karakteristieken zichtbaar worden gemaakt.

De hoogtemetingen die door RA-2 in de frequentie van 13,575 GHz worden gedaan, worden beïnvloed door variaties in de ionosferische karakteristieken. Door tevens in een tweede kanaal te meten (3,2 GHz) wordt een foutsignaal gegenereerd waarmee deze beïnvloeding ongedaan gemaakt wordt. Al de gemeten gegevens worden naar de aarde verzonden voor verwerking.

De EDI RA-2 is onder leiding van Alenia Aerospazio ontwikkeld.

#### ***SCIAMACHY – Scanning Imaging Absorption Spectrometer for Atmospheric Cartography***

Het wetenschappelijke hoofddoel van SCIAMACHY is het mondiaal meten van verschillende gassen in de troposfeer en stratosfeer. Deze meetgegevens worden onttrokken aan het instrument door het observeren van de straling van de atmosfeer (uitgezonden, gereflecteerd of achtergrondstraling) in de golflengten tussen 240 nm en 2400 nm. Het grote bereik in golflengten, verdeeld in acht kanalen, is bovendien ideaal voor het waarnemen van aërosolen en wolken. Doordat SCIAMACHY zowel nadir kijkt als naar de horizon (rand) van de aarde, is het mogelijk zowel totale kolommen te bepalen als profielen van gassen en aërosolen in de stratosfeer. Dit zorgt er tevens voor dat er goede mondiale schattingen kunnen worden gemaakt van gassen en hoeveelheid en verdeling van aërosolen in de lagere stratosfeer en troposfeer.

De metingen van SCIAMACHY maken het onderzoek mogelijk van een heleboel fenomenen die de atmosferische chemie beïnvloeden:

- In de troposfeer: de verbranding van biomassa, vervuiling, arctische mist, bosbranden, stofstormen, industriële rookkolommen;
- In de stratosfeer: ozon chemie, vulkanische gebeurtenissen en proton gebeurtenissen als gevolg van de zon.

Om de verschillende wetenschappelijke doelstellingen te bereiken, worden zoals vermeld, metingen verricht waarbij onder verschillende invalshoeken naar de atmosfeer wordt gekeken. Indien nadir wordt gekeken, kan de mondiale verdeling (in de onderliggende kolom) van gassen en aërosolen worden waargenomen. Ook worden zo wolkenmetingen verricht. In deze mode van opereren kijkt het instrument dwars op de vliegrichting met een veegbreedte (de breedte van het onderliggende pad op de grond dat door het instrument wordt waargenomen) van zo'n 500 km. Om hoogteverdelingen van gassen te verkrijgen, kijkt SCIAMACHY naar de rand van de aarde tot 100 km hoogte boven de aarde, met een resolutie van 3 km. Te beginnen aan de horizon wordt de atmosfeer tangentieel afgetast over een breedte van 1000 km. Na elke azimuth zoekslag wordt de elevatie verhoogd totdat de hoogte van 100 km is bereikt.

SCIAMACHY is een AOI en werd ontwikkeld door Duitsland, Nederland en België (DLR, NIVR en OSTC) waarbij Dornier Satellitensysteme GmbH en Fokker Space als leidinggevende bedrijven optreden.

Voor geïnteresseerden is via het internet het boekwerk "ENVISAT-1 Mission & System Summary" te downloaden als pdf-bestand (84 pagina's, 2Mb). In deze samenvatting wordt meer gedetailleerd ingegaan op velerlei aspecten van dit fascinerende ruimtevaartuig. [http://envisat.estec.esa.nl/support-docs/pdf/mis\\_sys.pdf](http://envisat.estec.esa.nl/support-docs/pdf/mis_sys.pdf)