

Een nieuwe blik op de atmosfeer

Midden in de nacht zag een select gezelschap wetenschappers, technici en journalisten in Noordwijk hoe de toekomst van klimaatonderzoek de ruimte in werd geschoten. Met de lancering van Sentinel-5 en de kort daarvoor gelanceerde Sentinel-4 krijgt Europa een nieuw paar ogen op de aarde – en Nederland een sleutelrol in het monitoren van de atmosfeer.

Lancering van de klimaatsatelliet MetOp-SG-A1 aan boord van de Ariane 6-raket vanaf het lanceercentrum van ESA in Frans-Guyana (foto: ESA - S.Corvaja).



In het auditorium van het ESA-onderzoekscentrum verzamelden zich in de nacht van 12 op 13 augustus 2025 tientallen medewerkers van ESA en Copernicus, wetenschappers van onder andere TNO, SRON en het KNMI, en journalisten uit heel Europa en daarbuiten – zelfs uit China. Op de schermen verscheen live beeld uit Frans-Guyana, waar de Ariane 6-raket zich klaarmaakte voor de lancering van de MetOp Second Generation A1 (MetOp-SG-A1), met aan boord het geavanceerde Sentinel-5-instrument. Rond twee uur 's nachts begonnen de laatste presentaties van de mensen die aan het project hadden gewerkt. Daarna werd het stil. Iedereen keek aandachtig naar het scherm toen het aftellen begon. Om 2.37 uur Nederlandse tijd steeg de raket op. Geen luid gejuich, maar een ingetogen applaus toen duidelijk werd dat de satelliet in een stabiele baan om de aarde hing. “We kunnen verder met de volgende stap,” zei iemand van TNO opgelucht. Toch bleef het een bijzonder moment. Ondanks het vertrouwen in de techniek voelde iedereen even die spanning – het besef dat jaren van onderzoek, ontwerp en samenwerking met één knal de ruimte in werden geschoten. Voor de aanwezigen betekende dit het begin van een nieuwe fase in het Europese klimaatonderzoek: de operationele start van Sentinel-4 en Sentinel-5, instrumenten die de chemische samenstelling van onze atmosfeer met ongekende precisie gaan meten.

Europese ogen

Klimaat- en weersvoorspellingen worden steeds belangrijker. Voor betrouwbare voorspellingen moeten wetenschappers weten wat er precies in de atmosfeer gebeurt – van luchtkwaliteit tot de ontwikkeling van stormen. In Nederland speelt het KNMI hierin een sleutelrol. Samen met EUMETSAT, de Europese organisatie voor weersatellieten, werkt het instituut aan betere modellen en het verzamelen van real-time data. Voor dat laatste werden in 2025 twee nieuwe satellieten gelanceerd: op 1



Impressie van de MetOp-SG-A1-satelliet met het Sentinel-5-instrument (beeld: ESA/ATG medialab, CC BY-SA 3.0 IGO).

juli de Meteosat Third Generation Sounder 1 (MTG-S1) en op 12 augustus de MetOp-SG-A1. Aan boord bevinden zich respectievelijk de instrumenten Sentinel-4 en Sentinel-5: de volgende generatie Europese ogen op de aarde. Hun taak is het de lucht die we inademen en de processen die ons weer beïnvloeden tot in detail in kaart te brengen.

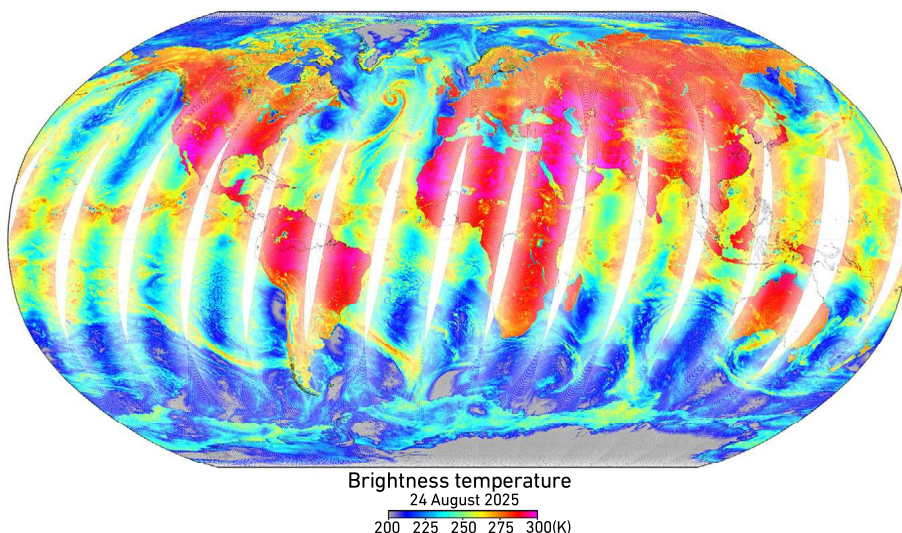
Bijna in real-time

Het idee van atmosferische observatie vanuit de ruimte is niet nieuw. Satellieten zoals Envisat en Aura vormden begin deze eeuw de basis van het moderne klimaatonderzoek. Toen deze satellieten het einde van hun levensduur bereikten, werd in 2017 de Tropomi-satelliet gelanceerd: de Sentinel-5 Precursor. Tropomi – ontwikkeld door onder meer KNMI, TNO, SRON en het voormalige Dutch Space – bracht de atmosfeer met ongekende resolutie in kaart. Van stikstofdioxide boven snelwegen tot methaanlekken bij industriële complexen: wetenschappers konden de bronnen van deze gassen nu in detail volgen. De nieuwe Sentinel-instrumenten bouwen hierop voort. Waar Tropomi de atmosfeer dagelijks in globale dekking observeert, brengt Sentinel-4 veranderingen boven Europa bijna in real-time in beeld. Zo ontstaat een continu meetnetwerk dat atmosferische veranderingen over decennia zichtbaar maakt. “Prototypes van nieuwe satellieten zijn via ESA al sinds 2008 in omloop”, vertelt Joost Carpay, adjunct-directeur van de NSO.

“Om een kwalitatief beeld te krijgen van hoe het klimaat en de samenstelling van de lucht veranderen, moet je over een lange periode kunnen meten. Daarom vullen de nieuwe Sentinel-instrumenten de bestaande satellieten aan en maken zo de dataketen robuuster.”

Eerdere waarschuwingen

Wat maakt Sentinel-4 en Sentinel-5 bijzonder? Beide instrumenten meten gassen zoals stikstofdioxide (NO₂), zwaveldioxide (SO₂), ozon (O₃), koolmonoxide (CO) en methaan (CH₄). Zulke stoffen vertellen veel over de chemische samenstelling van de atmosfeer en klimaatverandering. Maar ook aerosolen zoals stof en roet, die vrijkomen in het verkeer. De kracht van Sentinel-4 ligt in zijn geostationaire positie boven Europa. Daardoor kan het instrument elk uur veranderingen in de luchtsamenstelling volgen – cruciaal bij smogvorming, bosbranden of plotselinge emissies. Sentinel-5 daarentegen vliegt in een polaire baan en biedt dagelijkse wereldwijde metingen, ideaal om wereldwijde trends in kaart te brengen. Samen leveren ze data die onderzoekers en beleidsmakers helpen sneller te reageren. Voor het KNMI betekent dat bijvoorbeeld: luchtkwaliteitswaarschuwingen eerder afgeven en beleid rond uitstoot preciezer evalueren. En door de verandering in de atmosferische samenstelling in kaart te brengen, kunnen weermodellen zowel stormvorming als langetermijnveranderingen in het klimaat beter en nauwkeuriger voorspellen.



Eerste glimp van het temperatuurprofiel van de aarde zoals gemeten met de Microwave Sounder op de MetOp-SG-A1-satelliet, op 24 augustus 2025. Deze opname brengt onder meer convectieve wolken in beeld, zoals stapelwolken, die ontstaan doordat warme lucht opstijgt. De rode werveling die zichtbaar is boven de Noord-Atlantische Oceaan wijst bijvoorbeeld op het diepe convectieve wolkenstelsel van de destijds aanwezige orkaan Erin (beeld: ©EUMETSAT2025).

Beter klimaatbegrip

Voor een dichtbevolkt land als Nederland is snelle en nauwkeurige monitoring van de atmosfeer onmisbaar. De nieuwe satellietdata maken het mogelijk om bijna direct, op het moment zelf, te zien waar luchtvervuiling optreedt, bijvoorbeeld stikstofpieken door verkeer of industrie. Die informatie stroomt direct door naar modellen van het KNMI en het RIVM, waar ze wordt gebruikt voor waarschuwingen aan kwetsbare groepen zoals astmapatiënten of ouderen. Tegelijk helpen de gegevens beleidsmakers bij het evalueren van emissie maatregelen of het bijsturen van milieubeleid.

De samenwerking tussen instellingen als TNO, SRON, KNMI en de NSO laat zien hoe wetenschap, technologie en beleid elkaar versterken. Wat ooit begon als een technisch project in de ruimte, wordt zo een directe bijdrage aan gezondere lucht en beter klimaatbegrip op aarde.

Hoewel Sentinel-4 en -5 zich richten op de atmosfeer, zijn hun metingen ook waardevol voor oceanografisch onderzoek. Stoffen als aerosolen en gassen beïnvloeden immers hoeveel zonlicht de oceaan bereikt. Door die effecten beter in kaart te brengen,

kunnen wetenschappers processen als planktonbloei of mariene opwarming nauwkeuriger bestuderen.

Ook emissies van scheepvaart en offshore-installaties worden nu beter zichtbaar. Dat biedt kansen voor instellingen zoals Rijkswaterstaat en het KNMI, die de nieuwe gegevens kunnen gebruiken voor mariene monitoring en klimaatonderzoek.

De data stroomt binnen

Nog geen maand na de lancering begon MetOp-SG-A1 al data door te sturen, van onder meer de Microwave Sounder (MWS) en de Radio Occultation (RO) Sounder, twee andere instrumenten naast Sentinel-5. De MWS en RO leveren samen temperatuur- en luchtvochtigheidsprofielen. De RO Sounder-metingen worden vergeleken met voorspellingen van het European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF). Hoewel de gegevens nog in de testfase zitten, bevestigen ze al de hoge kwaliteit van de instrumenten.

In een tijd waarin samenwerking cruciaal is, speelt *open science* (het vooropstellen van openheid en samenwerking binnen de wetenschap) een steeds grotere rol. Door data, algoritmen en validatiecases publiek beschikbaar te maken, versnelt

Europa de innovatie. Voor Nederland betekent dit dat onderzoekers van KNMI, TNO en universiteiten direct kunnen bijdragen aan het verbeteren van meetmethodes en modellen.

Klein én immens

De lancering van Sentinel-4 en Sentinel-5, aan boord van MTG-S1 en MetOp-SG-A1, markeert een nieuw hoofdstuk in de Europese ruimtevaart. Deze satellieten vormen de hoekstenen van een geïntegreerd aardobservatiesysteem waarin land, zee, atmosfeer en samenleving met elkaar verbonden zijn. Met hun komst beschikken onderzoekers, beleidsmakers en burgers over een krachtig instrument: een blik op onze planeet die scherper, sneller en toegankelijker is dan ooit. En dat alles begon – midden in de nacht in Noordwijk – met één raket die stilletjes de lucht in schoot en een nieuw tijdperk van klimaatobservatie inluidde. Wanneer ik terugdenk aan die nacht in Noordwijk, zie ik nog steeds dat zachte gloed van het scherm, de stille spanning in de zaal, en het moment waarop de raket loskwam van de aarde. Het voelde klein – een groep mensen in een donkere zaal – maar tegelijkertijd immens. De lancering van Sentinel-4 en -5 laat zien hoe internationale samenwerking, Nederlandse expertise en jaren van toewijding samenkomen in iets dat letterlijk boven ons uitstijgt. En dat is misschien wel het mooiste aan dit project: het herinnert ons eraan dat vooruitgang niet alleen op aarde wordt gemaakt, maar ook daarboven, waar we onze eigen planeet beter leren kennen.

Simon Versmissen studeerde technische natuurkunde aan de Fontys Hogeschool in Eindhoven. Op dit moment doet hij de master experimentele natuurkunde aan de Universiteit Utrecht. Daarnaast is hij lid van de NTvN-studentenredactie.