BIRA•IASB

KONINKLIJK BELGISCH INSTITUUT
VOOR RUIMTE-AERONOMIE (BIRA)

JAARVERSLAG 2017-2018

"Science and everyday life
cannot and should not
be separated."

Rosalind Franklin

COLOFON

Koninklijk Belgisch Instituut voor Ruimte-Aeronomie (BIRA)
Ringlaan 3, 1180 Brussel - België
www.aeronomie.be

Verantwoordelijke uitgever
Martine De Mazière
Coördinatie en eindredactie
Karolien Lefever
Vertaling
Lucie Lamort
Concept en realisatie
C-company
Wettelijk Depot
D/2019/678/2
Publicatiedatum
September 2019

INHOUDSTAFEL

Voorwoord 4
Ruimtefysica 6
Chemische samenstelling en klimaat 12
Luchtkwaliteit 18
Stratosferisch ozon 22
Zonnestraling 24
Planetaire aeronomie 26
Ontwikkeling ruimtemissies 28
Ondersteunende diensten 30
Belgian User Support and Operations Centre 34
Publicaties 36
Mensen en cijfers 38
Boekhouding 44

MARTINE DE MAZIÈRE
ALGEMEEN DIRECTEUR A.I.

> “Al onze activiteiten hebben één doel gemeenschappelijk: de verruiming van onze kennis over de atmosferen van hemellichamen... om antwoorden te vinden voor de maatschappelijke uitdagingen die verband houden met onze natuurlijke leefomgeving.”

Voorwoord

In de loop der jaren is aeronomie een wetenschappelijke discipline geworden die een ontzettende verscheidenheid aan onderwerpen bestrijkt. En het Koninklijk Belgisch Instituut voor Ruimte-Aeronomie (BIRA) is mee geëvolueerd met deze tendens. Dat maakt het bij iedere uitgave van dit activiteitenrapport moeilijker om een representatieve keuze te maken uit alle onderzoeksonderwerpen en de daaruit voortvloeiende diensten die in het Instituut aan bod komen. Tot de hoogtepunten uit de afgelopen periode behoort zeker het welslagen van de observaties van de Marsatmosfeer door het NOMAD-instrument waarvan de Principal Investigator een wetenschapper van het BIRA is. Ook de lancering van de eerste atmosferische Sentinel-missie (S5P) die informatie levert over ozon, luchtkwaliteit en klimaat en waarin het BIRA een sleutelrol speelt, is het vermelden waard. En het succes van de Opendeurdagen mag in de verf gezet worden: ze werden georganiseerd in samenwerking met onze partnerinstellingen in Ukkel tijdens het laatste weekend van september 2018, en trokken ongeveer 10.000 bezoekers!

Maar al die verschillende activiteiten hebben één doel gemeenschappelijk: de verruiming van onze kennis over de atmosferen van hemellichamen, als bijdrage aan het wetenschappelijk patrimonium van ons land, en om antwoorden te vinden op de maatschappelijke uitdagingen die verband houden met onze natuurlijke leefomgeving. Uitdagingen waarmee we vandaag geconfronteerd worden, niet enkel in België maar ook op wereldschaal. Die uitdagingen betreffen o.a. de impact van emissies op de klimaatveranderingen en de luchtkwaliteit, het herstel van de ozonlaag die ons beschermt tegen de sterke UV-straling van de Zon, de impact van ruimteweer op de luchtvaart, …

Zoals blijkt uit een aantal voorgestelde projecten speelt het Instituut een vooraanstaande rol in de internationale onderzoeksgemeenschap, binnen het Europees ruimtevaartprogramma dat door België wordt ondersteund, en binnen het Copernicus initiatief. Copernicus is het Aardobservatieprogramma van de Europese Unie dat tot doel heeft alle Europese burgers te voorzien van informatie en diensten betreffende onze planeet en haar omgeving, gebaseerd op satelliet- en andere, zogenaamde in-situ, observaties. Het Instituut is tevens een belangrijke partner van de Belgische industrie en verzorgt of verleent medewerking aan opleidingen aan de Belgische universiteiten. Het verzorgt tentoonstellingen en voordrachten voor scholen en het publiek. Het is enigszins bedroevend om vast te stellen dat, ondanks de internationale erkenning en waardering door het publiek, de ondersteuning van het Instituut door de federale overheid afneemt (net zoals die afneemt voor alle federale wetenschappelijke instellingen) met moeilijke werkomstandigheden als gevolg. Daarmee komt de internationale uitstraling van het federaal onderzoek in het gedrang en zal binnen afzienbare tijd de competitiviteit van de instelling als partner in internationale projecten verminderen.

Vandaag is het een enorme troef van het Koninklijk Belgisch Instituut voor Ruimte-Aeronomie dat het kan rekenen op een groot aantal dynamische medewerkers: wetenschappers die gepassioneerd zijn door de vele facetten van het onderzoek in de aeronomie en zijn belang voor de maatschappij, evenals administratieve en technische medewerkers die zich blijven inzetten voor de ondersteuning van de wetenschap en de goede werking van de instelling: ik ben hen daarvoor uitermate dankbaar. Ten gevolge van de moeilijke werkomstandigheden en onzekere toekomstperspectieven bestaat echter het risico dat bekwame onderzoekers hun heil zoeken in het buitenland of dat medewerkers hun motivatie verliezen.

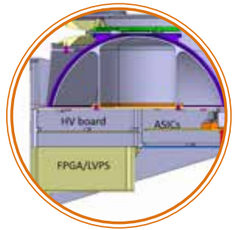
Toch blijf ik hopen dat wij samen ook in de toekomst nog de kans krijgen om onze troeven uit te spelen om innovatief werk te doen, om mee te bouwen aan de kennismaatschappij, en de burger te dienen met wetenschappelijke informatie en diensten van hoge kwaliteit.

De voorbeelden van onze bijdragen aan bovengenoemde doelstellingen zijn talrijk: u kan ze ontdekken in dit beknopt rapport of in het uitgebreidere online activiteitenverslag, op www.aeronomie.be/jaarverslag.

Ik nodig u uit op een leerrijke en boeiende reis door dit rapport.

Martine De Mazière
Algemeen Directeur a.i.
14 december 2018

RUIMTEFYSICA



De zonnewind meten: beter, sneller

In de context van het THOR-ruimtemissievoorstel hebben IRAP (Toulouse) en het BIRA het snelste en meest nauwkeurige instrument voor zonnewindmetingen ontworpen. Het BIRA bedacht de “beam tracking”-strategie die dit instrument zo innovatief maakt. Simulaties demonstreren dat deze strategie toelaat om snel (< 100 ms) gegevens te verkrijgen van snelheidsverdelingen van de deeltjes in de zonnewind met een hoge hoek- (1.5°) en energieresolutie (<7%), zonder de deeltjesbundel uit het oog te verliezen. Spijtig genoeg werd THOR uiteindelijk niet geselecteerd voor implementatie. Het instrument blijft voorlopig nog een droom.

Halogeenhoudende stoffen op Chury!

Van de zoo van neutrale gassen die ROSINA op komeet 67P/Churyumov-Gerasimenko ontdekte was één ‘diersoort’ zeer moeilijk te vinden: de halogeenhoudende stoffen. Deze groep bevat de waterstofhalogeniden HF, HCl en HBr. Ze worden voorgesteld als zeevissen omdat ze aan zeezout gerelateerd zijn. Het was bijzonder moeilijk om deze ‘vissen’ in de ROSINA-spectra te ontdekken omdat sommigen zich verstopten achter andere stoffen die meer voorkomen. Waterstofhalogeniden lijken vooral vanop het komeetstof vrij te komen en niet rechtstreeks uit de komeetkern!

Beschermt het magnetisch veld van de Aarde onze atmosfeer?

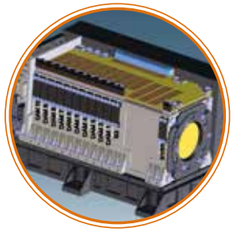
Tot in het recente verleden was men van mening dat een sterk intrinsiek magnetisch veld noodzakelijk was om een planeet te beschermen tegen de zonnewind die anders zijn atmosfeer zou wegblazen. Soms werd gezegd dat dit de reden is waarom Mars, dat geen (sterk) magnetisch veld bezit, het merendeel van haar atmosfeer verloren is, terwijl de gemagnetiseerde Aarde dit probleem niet heeft. Ons onderzoek heeft aangetoond dat dit beeld niet klopt. De snelheid waarmee een hypothetische, niet-gemagnetiseerde Aarde haar atmosfeer zou verliezen, zou ongeveer dezelfde zijn, of zelfs iets trager, dan voor de gemagnetiseerde planeet waarop we leven.

Een meteorenradar in aanbouw in Dourbes

Sinds 2010 heeft het BIRA het BRAMS-netwerk (Belgian RAdio Meteor Stations) ontwikkeld om meteoroïden die in de aardatmosfeer terechtkomen te detecteren en te karakteriseren. BRAMS steunt op een techniek die “voorwaartse verstrooiing” wordt genoemd, wat betekent dat de zender en de ontvangers zich niet op dezelfde locatie bevinden. Dit brengt een aantal voordelen, maar ook een aantal complicaties met zich mee. Teneinde de BRAMS-resultaten te kunnen vergelijken met die verkregen door de meer traditionele “achterwaartse verstrooiing”-techniek, wordt momenteel een eigen meteorenradar gebouwd bij het Geofysisch Centrum in Dourbes. Naar verwachting zal die in 2019 zijn eerste golven uitzenden.

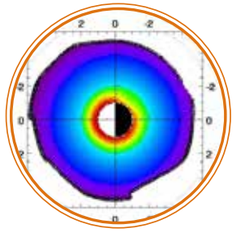
Ontwikkeling en validatie van SLP

De Sweeping Langmuir Probe (SLP), ontwikkeld door het BIRA, is één van de twee instrumenten die zullen meevliegen aan boord van de ESA-CubeSat PICASSO in 2019. SLP zal de elektrische stroom meten die opgevangen wordt door vier cilindrische sondes waarvan de elektrische potentialen variëren, zodat de volgende belangrijke parameters van de ionosfeer afgeleid kunnen worden: de ladingsdichtheid, de elektronentemperatuur, de ionentemperatuur en de potentiaal van het ruimtetuig t.o.v. de omgeving. De hoofddoelstelling van SLP is inzicht krijgen in de magnetosfeer-ionosfeer koppeling en in het poollicht.



Vijf jaar EPT-waarnemingen

De Energetic Particle Telescope (EPT) werd op 7 mei 2013 aan boord van de ESA-satelliet PROBA-V gelanceerd naar een LEO-polaire satellietbaan op een hoogte van 820 km. Het instrument levert nu al 5 jaar waarnemingen die sterke variaties aantonen, in het bijzonder van het aantal elektronen tijdens geomagnetische stormen, die ook geassocieerd worden met injecties in de binnenste stralingsgordel. EPT werd ontworpen om elektronen, protonen en helium-ionen goed van elkaar te onderscheiden, zodat het onmiddellijke en ondubbelzinnige hoge kwaliteitsmetingen kan uitvoeren in de stralingsgordels, vooral in de binnenste zone, ondanks de intense protonenflux aldaar.



Dynamisch model van de plasmasfeer vergeleken met satellietwaarnemingen

Het dynamisch 3D-model van de plasmasfeer ontwikkeld door het BIRA staat nu ter beschikking op de SSA (Space Situational Awareness)-website van ESA. Vergelijkingen met CLUSTER-, CRRES- en THEMIS-waarnemingen bevestigen dat de plasmapauze (de buitengrens van de plasmasfeer) zich aan de nachtzijde vormt tijdens geomagnetische stormen, wat de veronderstellingen van het model rechtvaardigt. Een statistische studie van de geobserveerde positie van de plasmapauze als functie van de Magnetic Local Time-sector bevestigt de uitstekende overeenkomst met modelresultaten. MAGION-5 satellietgegevens worden gebruikt om de dikte van de plasmapauze te bepalen.

Kappa-verdelingen in ruimteplasma's

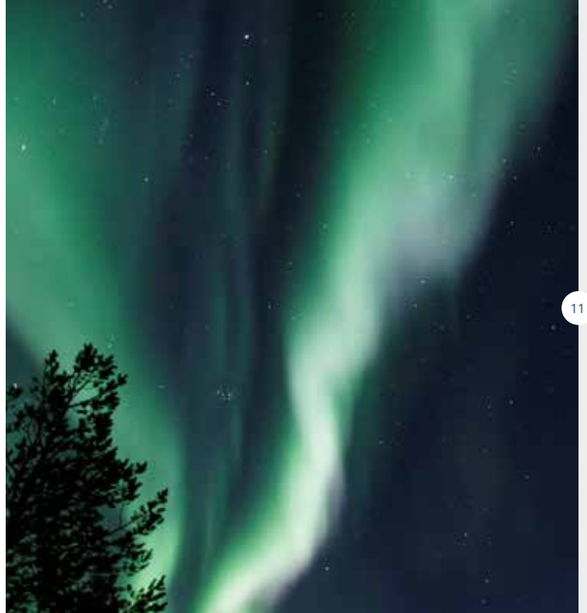
Ruimteplasma's zijn in wezen gassen zonder interne botsingen, die uit thermisch evenwicht zijn en waarin grotere hoeveelheden aan suprathermale deeltjes waargenomen worden. De typische verdelingen worden over het algemeen beter beschreven door Kappa-verdelingen dan door Maxwell-verdelingen, vooral voor elektronen. Dit heeft grote gevolgen aangezien elektronen door hun kleine massa een belangrijke rol spelen in het plasma-energietransport. Suprathermale elektronen vervullen een kritische functie bij de opwarming en versnelling van plasmas, in het bijzonder in de zonnecorona en zonnewind.

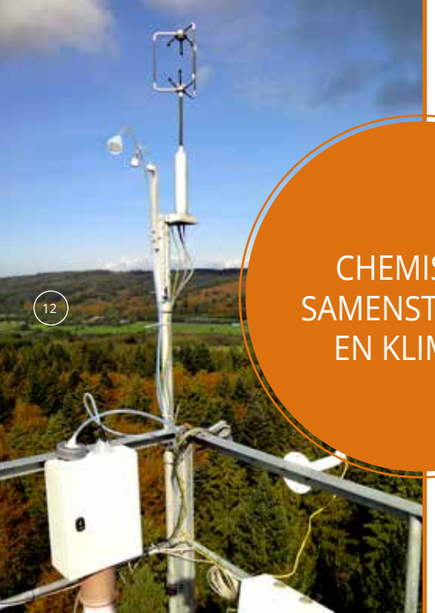
ALF-radio-uitbarstingen: vroege tekenen van plasmagolven in zonnevlammen

Zonnevlammen en coronale massa-ejecties in de zonne-atmosfeer hebben een grote invloed op het ruimteweer nabij de Aarde. Tijdens de observatie van zonneradio-emissies met de grote Oekraïense radiotelescoop URAN-2 hebben wetenschappers van het BIRA (in samenwerking met Oekraïense collega's) een nieuw type zonneradiopuls geïdentificeerd die gerelateerd is aan zonnevlammen: ALF-uitbarstingen. Waarnemingen van ALF-uitbarstingen leveren unieke informatie over de beginstadia van zonnevlammen. Theoretische modellering van ALF-pulsen laat toe om de aanwezigheid van kinetische Alfvén-golven vast te stellen, alsook hun amplitude in de "vlammende" zonne-atmosfeer.

PECASUS – Pan-Europees consortium voor luchtvaart-ruimteweerdiensten

Het ruimteweer kan nefaste gevolgen hebben voor de luchtvaart als oorzaak van ernstige storingen in radio-/satellietcommunicatie en navigatie, het uitvallen van boordapparatuur, en een verhoogd stralingsrisico voor vliegtuigbemanning en passagiers. Luchtvaart is een wereldwijd gebeuren en omgaan met de invloed van ruimteweer vereist internationale samenwerking. De Raad van de Internationale Burgerluchtvaartorganisatie (ICAO) heeft het PECASUS-consortium aangewezen als een van de drie centra voor het leveren van een globale ruimteweerdienst. De groep Ruimteweer van het BIRA is verantwoordelijk voor de coördinatie van de activiteiten binnen de PECASUS-expertgroep rond straling, en voor de wetenschappelijke ondersteuning van de dienstdoende operatoren.





CHEMISCHE SAMENSTELLING EN KLIMAAT

Grazende koeien beïnvloeden de emissies van organische verbindingen

Niettegenstaande het feit dat grasland op wereldschaal de helft van de landbouwoppervlakte uitmaakt, is er tot op heden geen informatie beschikbaar omtrent emissies van vluchtige organische stoffen (VOS) als gevolg van het grazen van het vee. Onderzoekers van het BIRA hebben daarom de uitwisseling van VOS tussen een door koeien begraasd weiland en de atmosfeer onderzocht in een Waalse ICOS-meetsite in Dorinne. Emissies als gevolg van grazen bleken sterk te verschillen van die van niet-begraasd grasland en duurden gemiddeld 2 tot 3 dagen. Ze waren typisch 1 tot 2 grootte-ordes lager dan emissies van VOS als gevolg van het oogsten.

VOS-metingen in de tropische mariene atmosfeer

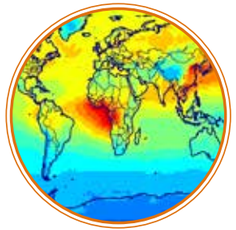
Hoewel vluchtige organische stoffen (VOS) een grote impact hebben op de oxiderende capaciteit van de atmosfeer zijn hun bronnen en verliezen niet goed gekend. Dit is in het bijzonder het geval in tropische mariene gebieden. In het kader van het BRAIN-be project OCTAVE heeft het BIRA lange-termijn metingen van VOS opgestart op het hooggelegen Maïdo observatorium op Île de la Réunion in de Indische oceaan. Deze zijn nodig voor het identificeren en kwantificeren van bronnen en verliezen van VOS op het eiland, en van hun seizoensvariatie, met behulp van multivariate statistische analyse, backtrajectory berekeningen en driedimensionale modellering.

Klimaat-chemie interacties waargenomen vanuit de ruimte

Een belangrijke feedback tussen het klimaat en de atmosferische chemie bestaat erin dat biogene emissies naar de atmosfeer afhankelijk zijn van de weersomstandigheden. Hoewel de kortetermijnrespons van biogene emissies op het weer relatief goed gekend is, kon de langetermijnrespons tot voor kort nog niet geëvalueerd worden door een tekort aan langdurige waarnemingen van biogene emissies. Wij zijn erin geslaagd om voor het eerst de variabiliteit van koolwaterstofemissies te bestuderen aan de hand van 11 jaar aan formaldehydegegevens verzameld vanuit de ruimte, in combinatie met modelsimulaties.

Drastische toename van isopreenemissies in het toekomstig klimaat

Isopreen is de belangrijkste koolwaterstof die in de atmosfeer wordt uitgestoten. Het speelt een sleutelrol in de atmosferische samenstelling omwille van zijn invloed op troposferisch ozon en zijn bijdrage tot de vorming van fijnstof. Isopreenemissies zijn gevoelig voor veranderingen in temperatuur en zonnestraling en worden daardoor sterk beïnvloed door het opwarmend klimaat. Wij hebben het MEGAN-MOHYCAN biogene emissiemodel gebruikt om hoge resolutie schattingen te maken van isopreenemissies boven Europa in de voorbije 35 jaar, en voor verscheidene klimaatscenario's tot het einde van de 21e eeuw.

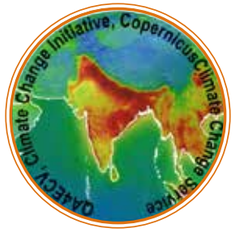


Nieuwe evaluatie van de globale koolstofmonoxidebron

De hydroxylradicaal (OH) is het voornaamste zuiveringsmiddel in de atmosfeer. Het OH-gehalte houdt de concentraties aan koolstofmonoxide (CO), een belangrijke vervuiler, onder controle. Als gevolg hiervan hangen de koolstofmonoxide-emissies, die berekend worden door middel van inverse modellering op basis van satellietmetingen, sterk af van de OH-niveaus in de modellen. We combineerden observationele beperkingen op OH-niveaus met satellietgegevens van CO van de IASI-sensor en met het atmosferisch model IMAGES om wereldwijde schattingen van CO-emissies te verbeteren.

Kwaliteitsgarantie voor de Copernicus Klimaatdiensten

Ter ondersteuning van de Dienst Klimaatverandering van het EU Copernicus-programma heeft het project "Kwaliteitsverzekering voor Essentiële Klimaatvariabelen" (QA4ECV) een prototype ontwikkeld van een algemeen systeem voor de implementatie en evaluatie van kwaliteitsindicatoren voor klimaatgegevens afgeleid uit satellietmetingen. Het project demonstreerde het systeem op zes nieuwe lange-termijn datasets met kwaliteitsgegevens voor klimaatvariabelen: atmosferisch stikstofdioxide (NO_2), formaldehyde (HCHO), koolstofmonoxide (CO), het oppervlakte albedo, de bladoppervlakte-index, en de fractie van fotosynthetisch geabsorbeerde actieve straling.



Langdurige datasets voor de studie van luchtkwaliteit en klimaatverandering

Veranderingen op Aarde veroorzaakt door menselijke activiteit en hun impact op het leven en de natuurlijke omgeving zijn waarschijnlijk de grootste milieu-uitdagingen van de 21e eeuw. Om beleidsmakers te informeren over de beperking van en de aanpassing aan de klimaatverandering moet het globale klimaatsysteem systematisch opgevolgd worden. In deze context kan men het belang van nauwkeurige waarnemingen op alle relevante schalen in ruimte en tijd niet overschatten. Het BIRA was betrokken bij meerdere belangrijke initiatieven wat betreft het waarnemen van de atmosfeer.

3D-stofverdeling gemeten door satellieten

Stofdeeltjes worden in woestijngebieden de lucht in geblazen door sterke winden. Dit stof kan tot wel duizenden kilometers ver reizen, bijvoorbeeld vanuit Noord-Afrika over de Middellandse Zee tot in Europa. Stofdeeltjes hebben een rechtstreekse invloed op het klimaat doordat ze de aardse energiebalans kunnen veranderen (afkoelen of opwarmen, afhankelijk van de omstandigheden), en onrechtstreeks door hun impact op windpatronen, wolken en regen. Deze effecten zijn zeer onvoorspelbaar en afhankelijk van de 3D-verdeling van de deeltjes in de lucht. Op het BIRA gebruiken we satellietmetingen om voor het eerst de globale 3D-verdeling van deze stofdeeltjes te bekomen.

Atmosferische gassen uitgestoten door het Amazonewoud

Het Amazonewoud is een grote bron van biogene gassen en van biomassa-verbrandingsproducten die de luchtkwaliteit en het globaal klimaat beïnvloeden. Om deze verschillende gassen te monitoren heeft het BIRA in juli 2016 een 'Fourier transform infrared' (FTIR) spectrometer geïnstalleerd in Porto Velho, Brazilië. Na één jaar aan metingen hebben we de seizoensgebonden cycli van meerdere biomassaverbrandingsgassen waargenomen die allemaal een maximum aangeven in juli-oktober wanneer bosbranden het meest intens zijn. Deze gegevens zijn cruciaal voor het valideren van satellietmetingen, maar ook voor het verbeteren van onze kennis van de stoffen die het Amazonewoud uitstoot door te vergelijken met de meest recente modellen.

Naar Europese onderzoeksinfrastructuren

Voor de validatie van satellietgegevens en voor gebruik in modellen zijn waarnemingen vanaf de grond heel belangrijk. Om hun kwaliteit, consistentie en beschikbaarheid te garanderen op lange termijn, is het van belang om onderzoeksinfrastructuren zoals ICOS (voor broeikasgassen) te ontwikkelen en onderhouden. Het BIRA was recentelijk sterk betrokken bij de opzet van een nieuwe EU-onderzoeksinfrastructuur voor aerosolen, wolken en spoorgassen (ACTRIS), waar het de leiding heeft over het Thematisch Centrum voor Teledetectie van Spoorgassen. Momenteel probeert men grondgebonden teledetectietechnieken in het ICOS-netwerk te integreren (de focus ligt er nu voornamelijk op in-situ metingen).

Aerosolgegevens voor betere klimaatmodellen

Stratosferische aerosolen zijn belangrijk voor het klimaat omdat ze de verstrooiing en absorptie van zonlicht beïnvloeden. Daarom moeten klimaatmodellen er zo goed mogelijk rekening mee houden. Dit is een uitdaging want de aerosoldeeltjes hebben een variërende grootte en samenstelling, wat het moeilijk maakt om hun karakteristieken vast te leggen. Een belangrijk vraagstuk bij het voorspellen van de evolutie van het klimaat is het optimaal benutten van de informatie die door satellieten wordt aangeleverd. Enkel wanneer men de beperkingen en onvolmaaktheden van de meettechniek begrijpt, kan men de metingen vertalen naar betrouwbare en nauwkeurige gegevens die gemakkelijk te gebruiken zijn in klimaatmodellen.

Leren uit vorige experimenten om toekomstige missies beter voor te bereiden

Het GOMOS-experiment vloog van 2002 tot 2012 aan boord van de ENVISAT-satelliet en voerde metingen uit van de samenstelling van de atmosfeer. Die tijd lijkt lang vervlogen maar dit instrument, een pionier door zijn innoverende meettechniek (sterbedekking), blijft een uitdaging voor wie de gegevens ervan wil analyseren. Ondanks het feit dat het gebruik van sterren meer waarnemingskansen biedt dan wanneer men naar onze ene Zon kijkt, produceren sterren zulke zwakke signalen dat het heel wat principes van de gegevensverwerkingsmethodes in vraag stelt. Dit wordt best opgelost ter voorbereiding van toekomstige missies!

LUCHTKWALITEIT

De samenstelling van de lucht boven Kinshasa

De atmosfeer boven Kinshasa is bijzonder interessant omdat de emissies van het tropisch woud zich daar vermengen met stedelijke vervuiling. Het BIRA startte een samenwerking met de Universiteit van Kinshasa om een aantal belangrijke atmosferische componenten te kwantificeren. Een compact teledetectie-instrument werd bij de universiteit geïnstalleerd en wordt bediend in samenwerking met Congolese collega's. Er worden slechts enkele lokale metingen uitgevoerd in Afrika en daarom zal ons instrument waardevol zijn voor de validatie van satellietgegevens en van atmosferische modellen, die op het BIRA ontwikkeld worden.

Opstart van Sentinel-5P TROPOMI: de eerste atmosferische Sentinel

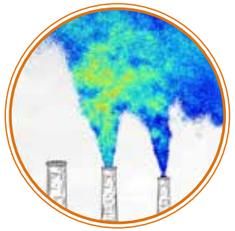
Op 13 oktober 2017 lanceerde ESA de Sentinel-5 Precursor-satelliet (S5P), de eerste in de reeks Sentinel-missies gewijd aan onderzoek naar de atmosferische samenstelling, als onderdeel van het Europees Copernicus-Aardobservatieprogramma. Aan boord bevindt zich het TROPOMI-instrument dat dagelijks en op globale schaal metingen uitvoert, en de informatie in bijna reële tijd levert. Het BIRA heeft een belangrijke rol gespeeld in de ontwikkeling van enkele TROPOMI level-2-algoritmes en het beheer van de operationele validatiedienst, en heeft eveneens bijgedragen aan de exploitatie van de wetenschappelijke data.

TROPOMI – het dagelijks in kaart brengen van atmosferische gassen met een ongeziene resolutie

Met een ruimtelijke resolutie van 3.5x7 km², (minstens) een factor 15 beter dan eerdere ruimte-instrumenten, is TROPOMI in staat om met een opmerkelijk detailniveau atmosferische spoorgassen te meten, op dagelijkse basis en op wereldschaal. TROPOMI biedt waardevolle informatie over natuurlijke en antropogene emissies en over atmosferische processen met betrekking tot luchtkwaliteit, de ozonlaag, klimaatverandering en natuurlijke gevaren zoals bosbranden en vulkaanuitbarstingen.

FRM4DOAS: het eerste gecentraliseerde verwerkingssysteem voor MAX-DOAS luchtkwaliteitsmetingen

Om te verzekeren dat de producten geleverd door luchtkwaliteitsensoren aan boord van satellieten voldoen aan de vereisten in termen van nauwkeurigheid en toepasbaarheid, is het van belang om robuuste validatiestrategieën te ontwikkelen. Deze steunen op gevestigde en traceerbare referentiemetingen. BIRA coördineert het ESA-project FRM4DOAS dat de ontwikkeling beoogt van een gecentraliseerd verwerkingssysteem dat MAX-DOAS-metingen van vervuilende stoffen zoals NO_2 en HCHO in bijna reële tijd ter beschikking stelt. Dergelijke geharmoniseerde datasets van grondwaarnemingen zijn cruciaal voor de validatie van huidige en toekomstige satellietmissies zoals de atmosferische Sentinels (S5P, S4, S5) in Europa, GEMS in Azië, en TEMPO in de VS.



De NO_2-camera

De NO_2-camera is een nieuw en uniek instrument dat uit de ALTIUS-missie ontstaan is. Net als ALTIUS registreert het beelden (bv. van schoorsteenpluimen, stedelijke skylines) in verschillende relevante golflengten die geabsorbeerd worden door een schadelijk nevenproduct van elk verbrandingsproces (motoren, verwarming): NO_2. Het uiteindelijke doel van de camera is om toezicht te houden op de NO_2-uitstoot van fabrieken, alsook de achtergrondniveaus in stedelijke omgevingen. Zodoende zou de NO_2-camera de kloof kunnen overbruggen tussen satellietinstrumenten die met een lage resolutie (enkele km²) het hele aardoppervlak observeren en het officiële netwerk van slechts enkele meetstations die de luchtkwaliteit opvolgen.

STRATOSFERISCH OZON

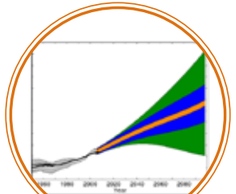
LOTUS: bevestiging van langetermijn ozontrends voor het 2018 WMO/UNEP ozon-evaluatierapport

Het Montreal-protocol, een internationaal verdrag ondertekend in 1987, verbiedt de productie van chemische stoffen verantwoordelijk voor de aantasting van de ozonlaag. Tegen 2006 werd duidelijk dat de verdere afbraak van dit beschermend UV-schild halverwege de jaren negentig gestopt was. Het duurde echter tot 2018 vooraleer met zekerheid vastgesteld werd dat de ozonconcentraties in de stratosfeer weer langzaam toenemen. Dit werd reeds decennia geleden voorspeld. De bevestiging hiervan is dan ook van groot wetenschappelijk en maatschappelijk belang, en werd mogelijk gemaakt door onderzoekers van het BIRA die de internationale onderzoeksactiviteit LOTUS initieerden en coördineerden, onder toezicht van het World Climate Research Programme.

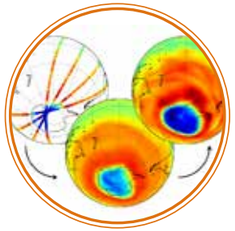
De Copernicus-Dienst voor Atmosfeermonitoring is nu operationeel met grote bijdragen van het BIRA

Copernicus is het Aardobservatieprogramma van de Europese Unie, dat onze planeet en haar omgeving in het oog houdt ten dienste van alle Europese burgers. Het biedt zes informatiediensten op basis van gegevens afkomstig van aardobservatiesatellieten en in-situ metingen. Hiertoe behoort de Copernicus Dienst voor Atmosfeermonitoring (CAMS) die in bijna reële tijd gegevens aanlevert over de luchtkwaliteit en de ozonlaag, zowel wereldwijd als met een focus op Europa. Het BIRA werkte samen met internationale consortia om drie competitieve aanbestedingen te winnen, en draagt nu bij aan dit vlaggenschip van de Europese Unie door productvalidatie en modelontwikkeling.

Modellering van voorbije en huidige klimaatverandering in de stratosfeer



Klimaatverandering heeft een impact op de hele atmosfeer, van het aardoppervlak tot de thermosfeer. De veranderende temperaturen en winden in de stratosfeer beïnvloeden de snelheid waarmee de ozonlaag zich herstelt. Klimaatmodellen worden wereldwijd ontwikkeld om ons inzicht in klimaatveranderingen in het verleden te verbeteren en de toekomstige staat van de atmosfeer volgens verschillende scenario's te voorspellen, maar dit vereist zorgvuldige validatie ten opzichte van datasets gebaseerd op waarnemingen, zoals die door het BIRA aangemaakt zijn. Om deze onderwerpen terdege te kunnen aanpakken, heeft het Instituut recent onderzoek opgestart met het Whole Atmosphere Community Climate Model (WACCM).



De samenstelling van de stratosfeer sinds 2004

Het BIRA ontwikkelt een data-assimilatiesysteem dat gewijd is aan de samenstelling van de stratosfeer. Het combineert lokale observaties met het globaal beeld van een model om globale analyses van de stratosfeer te verkrijgen. We hebben deze techniek voor het eerst toegepast op een satellietinstrument dat ozon en ozongerelateerde atmosferische bestanddelen 14 jaar lang continu heeft gemeten. De resultaten zullen vooral door de Wereld Meteorologische Organisatie (WMO) worden gebruikt om het Ozonrapport op te maken dat de chemische toestand van de stratosfeer boven Antarctica tijdens het ozongatseizoen beschrijft.

ZONNESTRALING

Onze kennis van de Zon verbeteren tijdens de kalibratie van onze instrumenten

Het zonnespectrum kan je best meten van boven de atmosfeer, zodat absorptie door de atmosfeer de metingen niet kan vertekenen. Dat doen wetenschappers die willen weten hoeveel zonne-energie de planeet bereikt. Toch kunnen we met grondinstrumenten vanuit hooggelegen observatoria gekend voor hun uitstekende atmosferische condities de kwaliteit van ruimtemetingen benaderen, met het bijkomend voordeel dat we de prestatie van het instrument continu kunnen opvolgen. De beoordeling van radiometrische prestaties van zowel ruimte- als grondgebonden instrumenten gebeurt in de radiometrische laboratoria van het BIRA.

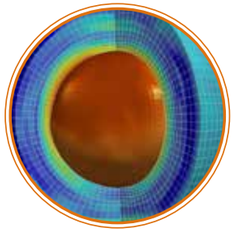
Zon, hier komen we!

De mens weet wat hij de Zon verschuldigd is. Leven op Aarde, de wieg van de mensheid! De laatste eeuwen wou de mens dan ook alles weten over de fysica en chemie die achter deze geprivilegieerde Zon-Aarde link schuil gaat. Nu, dankzij de opkomst van de wetenschap en ruimtevaarttechnologieën, hebben we instrumentatie ontwikkeld om de spectrale verdeling van het zonlicht te meten. Het BIRA heeft bijgedragen tot deze zoektocht met het SOLAR/SOLSPEC-instrument aan boord van het Internationaal Ruimtestation ISS. In samenwerking met het Frans laboratorium LATMOS werd een nieuw en accuraat referentie-zonnespectrum gepubliceerd, SOLAR-ISS genaamd. Dit is cruciaal voor modellering in zonnefysica en atmosferische wetenschappen!

PLANETAIRE AERONOMIE

NOMAD aan boord van de ExoMars Trace Gas Orbiter: de eerste resultaten

NOMAD is een instrument aan boord van de ExoMars Trace Gas Orbiter dat ontworpen en gebouwd is bij het BIRA. Na een lange aerobraking-fase van de Orbiter rond Mars, gevolgd door een reeks technische testen, begon NOMAD begin april 2018 met de wetenschappelijke waarnemingen. Observaties van H_2O, HDO, CO, CO_2 en O_3 worden nu routinematig uitgevoerd in nadir- en zonne-occultatiemodus. Toevallig viel de start van de wetenschappelijke waarnemingen samen met het begin van een globale stofstorm op Mars, een fenomeen dat vrij zeldzaam is en nog steeds niet volledig begrepen wordt. NOMAD zal ons inzicht verschaffen in wat er met de Marsatmosfeer gebeurt tijdens deze buitengewone fenomenen.



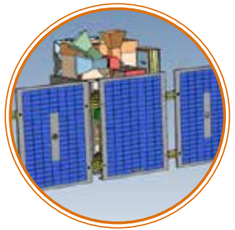
Simulatie van het weer, klimaat en atmosferische chemie op Mars

Het BIRA heeft een weer- en klimaatmodel voor Mars ontwikkeld, gelijkaardig aan weersvoorspellingsmodellen op Aarde, om de atmosferische chemie op Mars te simuleren. De vernietiging van de veel voorkomende koolstofdioxide- (CO_2) en waterdamp- (H_2O) moleculen in de Marsatmosfeer door zonlicht leidt tot de vorming van minderheidsbestanddelen zoals zuurstof (O_2), koolstofmonoxide (CO), ozon (O_3) en waterstofperoxide (H_2O_2). BIRA's model is in staat om de concentraties en variaties van deze moleculen te simuleren met hoge nauwkeurigheid. Het model zal de gegevensanalyse van het NOMAD-instrument aan boord van de ExoMars Trace Gas Orbiter ondersteunen.

ONTWIKKELING RUIMTEMISSIES

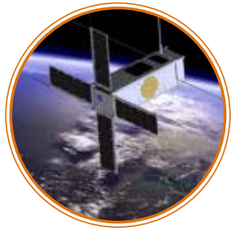
MAJIS: op verkenning naar Jupiters ijsmanen

Wetenschappers bestuderen al heel lang en uitgebreid de relatie tussen de zonnestraling en de biosfeer van de aarde. Met de opkomst van de astronomie werden een hele reeks nieuwe planeten en manen ontdekt, waardoor de onverzadigbare nieuwsgierigheid van de wetenschappers werd geprikkeld. Na de beroemde sprong naar de Maan zal de mensheid nu een 'magische' sprong maken naar Jupiter en drie van haar ijsmanen! MAJIS is een ruimtevaartproject waarbij het BIRA, de Koninklijke Sterrenwacht van België en het Institut d'Astrophysique Spatiale uit Frankrijk betrokken zijn. Het BIRA ontwikkelt een laboratoriumfaciliteit voor de karakterisering van de detector van de VIS (zichtbaar)- en NIR (nabij-infrarood)-kanalen van dit instrument, dat met de JUICE-missie zal meevliegen.



ALTIUS: Atmospheric Limb Tracker for the Investigation of the Upcoming Stratosphere

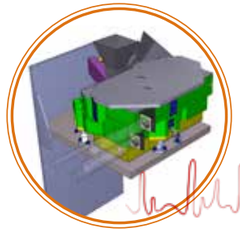
Stratosferische ozondepletie en klimaatverandering door broeikasgassen vertegenwoordigen twee grote uitdagingen voor ons huidige en toekomstige bestaan op Aarde, en de noodzaak om de evolutie van deze gassen op te volgen wordt algemeen erkend. ALTIUS is een satellietinstrument van het BIRA dat als oplossing wordt voorgesteld voor het toekomstige gebrek aan instrumenten die in staat zijn om op globale schaal hoogteprofielen voor de concentratie van een aantal atmosferische chemische soorten te meten. Het project geniet van meerdere connecties met Belgische universiteiten en andere internationale onderzoeksgroepen. De lancering is gepland voor 2022.



PICASSO: PICo-satellite for Atmospheric and Space Science Observations

PICASSO is een ESA CubeSat-demonstratiemissie opgestart door het BIRA. De ambitie is om met deze miniatuursatelliet de ozonverdeling in de stratosfeer, het temperatuurprofiel tot aan de mesosfeer en de elektronendichtheid en -temperatuur in de ionosfeer te bepalen. De satelliet zal gedurende 2 jaar metingen uitvoeren vanuit een polaire baan op 500 km hoogte. Aan boord bevinden zich een geminiaturiseerde beeldspectrometer (VISION) en een Langmuir-sonde met vier naalden (Sweeping Langmuir Probe, SLP). De integratie en laatste tests van de CubeSat zullen naar verwachting in 2019 plaatsvinden ter voorbereiding van een VEGA-lancering.

ONDERSTEUNENDE DIENSTEN



De radiofrequentie-hartslag van ALTIUS

ENGINEERING

In 2022 zou ALTIUS rond de Aarde moeten cirkelen, zijn blik permanent gericht op haar zonverlichte rand om de hoeveelheid ozon in onze lucht in het oog te houden. Diep verborgen in de ALTIUS-spectrometer zit een elektronische module die de hartslag van dit unieke instrument creëert. Pulserend op een ritme miljoenen keer sneller dan ons eigen hart laat het, met behulp van radiofrequentie-signalen, de ogen van ALTIUS (de akoesto-optische afstembare filters) toe om licht te registreren afkomstig uit om het even welk deel van het spectrum.

AI fietsend de luchtkwaliteit bepalen

ENGINEERING

Monitoring van de samenstelling van de troposfeer, de atmosfeerlaag waarin we leven, is een vooraanstaand thema geworden in de Aardobservatie vanuit de ruimte. De Sentinel-5P satelliet, met TROPOMI als enig instrument, is de recentste inspanning van ESA in dat domein. Metingen uit de ruimte kunnen echter alleen betrouwbaar worden geïnterpreteerd als er parallel vanop de grond validatiemetingen worden uitgevoerd. Validatienetwerken met Differentiële Optische Absorptiespectrometers (DOAS) worden wereldwijd voor dit doel ingezet. Dus waarom geen DOAS op de bagagedrager van uw fiets vastmaken en al fietsend de luchtkwaliteit bepalen?

Van data naar inzicht: IT-diensten voor onderzoek

IT

Bovenop de standaard IT-diensten biedt het Aeronomie IT-team specifieke ondersteuning voor de onderzoeksactiviteiten van het Instituut. Gespecialiseerde teamleden leveren consultancy inzake databeheer en opslag, supercomputing en de ontwikkeling van gespecialiseerde websites en online diensten. Deze specifieke competenties worden ingezet om een aangepaste werkomgeving te creëren die de onderzoeker zoveel mogelijk ontlast van ondersteuningstaken, en om de uitvoering te vergemakkelijken van onderzoeksactiviteiten, samenwerkingen en wetenschappelijke outreachactiviteiten.

Enkele duizenden bezoekers ontdekken de aeronomie

COMMUNICATIE

Tijdens het weekend van 29 en 30 oktober 2018 opende het plateau van Ukkel zijn deuren voor het grote publiek. Bij deze gelegenheid hebben de drie wetenschappelijke instituten hun krachten gebundeld om een leuk en leerzaam weekend voor jong en oud aan te bieden. De presentatie van het BIRA was toegespitst op haar voornaamste onderzoeksthema's: luchtkwaliteit, klimaat, ozon, planetaire aeronomie, engineering, zonnestraling en ruimtefysica, zonder de ondersteunende diensten en het B.USOC te vergeten. Het weekend begon met een exclusieve preview voor scholen en een bezoek gereserveerd voor partners, politici en de pers.

Educatie en public outreach

COMMUNICATIE

Het BIRA draagt graag haar steentje bij in de wetenschappelijke ontwikkeling van jongeren binnen de boeiende context van de aeronomie. BIRA-wetenschappers geven college over atmosferische chemie, ruimteweer of technieken voor dataverwerking aan maar liefst 6 universiteiten verspreid over België (KULeuven, UGent, VUB, ULB, ULiège en UCLouvain). In de afgelopen 2 jaar begeleidden zij 8 doctoraten. Via een brede waaier aan public outreach activiteiten (tentoonstellingen, voordrachten, STEM-activiteiten,...) probeert het BIRA haar kennis en expertise ook tot bij het grote publiek te brengen.

Digitalisering van historisch wetenschappelijk erfgoed

DOCUMENTATIE

Het documentatiecentrum engageert zich om de publicaties van het Instituut te digitaliseren en publiek toegankelijk te maken via ORFEO, de Federal Open Access Repository (http://orfeo.kbr.be). De *Aeronomica Acta*, een voormalig tijdschrift uitgegeven door het Instituut, werd volledig gedigitaliseerd. Deze unieke collectie bestaat uit meer dan 400 publicaties, die baanbrekend wetenschappelijk onderzoek vertegenwoordigen. ORFEO geeft momenteel toegang tot meer dan 3100 BIRA-publicaties vanaf 1959 en waarborgt op die manier hun bewaring en toegankelijkheid. Door deel te nemen aan DIGIT-04 zal BIRA het huidige project uitbreiden naar foto's, negatieven en film.

Repositories en de Open Science uitdaging

DOCUMENTATIE

De Open Science-beweging transformeert in hoog tempo het landschap van het beheer en de verspreiding van wetenschappelijke onderzoeksgegevens en artikels, een belangrijke output van het Instituut. De H2020 Open Research Data Pilot, het FAIR Data Actions Plan en de European Open Science Cloud (EOSC) zijn slechts enkele recente initiatieven die de noodzaak benadrukken om te voldoen aan de evoluerende vereisten voor institutionele repositories. Het documentatiecentrum van het BIRA blijft zich inspannen om te voldoen aan de normen vastgesteld door beleidsmakers en financierende instanties, en past de institutionele Data Repository (http://repository.aeronomie.be) en publicatie repository (https://orfeo.kbr.be) overeenkomstig aan.

BELGIAN USER SUPPORT AND OPERATIONS CENTRE

Negen jaar “Sun tracking” vanaf het ISS

Op 15 februari 2017 heeft B.USOC (Belgian User Support and Operations Centre) het externe platform SOLAR aan boord van het Internationaal Ruimtestation uitgeschakeld na negen jaar succesvolle operaties (tot nu toe het langstlopende experiment van de Columbus-module). De SOLAR-operaties verzamelden 12 000 “Sun tracking”-momenten gedurende 106 opportuniteitsvensters waarin de Zon zichtbaar was, waarvoor 35 120 uur aan consoletijd en 30 150 uur voorbereiding nodig waren. Om SOLAR toe te laten volledige 27-daagse zonnerotaties waar te nemen veranderde NASA, op verzoek van B.USOC, vier keer de oriëntatie van het hele ISS. SOLAR bestond uit drie instrumenten (SOLSPEC, SOL-ACES en SOVIM) gewijd aan de studie van het zonnespectrum.

De jacht op elves, sprites, blue jets en aardse gammaflitsen vanop het ISS

Op 13 april 2018 ontvingen de B.USOC-operatoren de eerste telemetrie van de Atmosfeer-Ruimte Interacties Monitor (ASIM) na diens succesvolle installatie aan de buitenkant van de Europese Columbus-module van het Internationaal Ruimtestation. Met zijn twee instrumenten, MMIA die infrarood- en ultraviolette beelden vastlegt en MXGS die de bronnen van X- en gammastraling detecteert, geeft ASIM inzicht in de lichtverschijnselen die plaatsvinden boven zware onweersbuien (elves, sprites, blue jets en aardse gammaflitsen). Sindsdien opereert B.USOC ASIM continu en stuurt het de data door naar de wetenschappers.

Studie van geschudde korrelstalen in microzwaartekracht

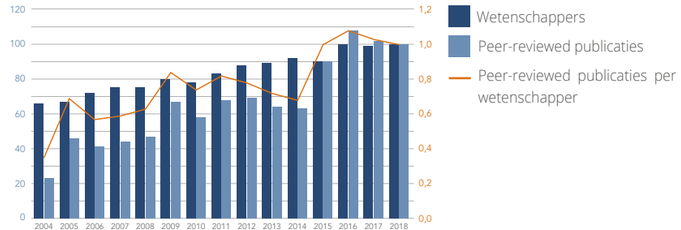
Op 19 juli 2018 installeerde ESA-astronaut Alexander Gerst de Soft Matter Dynamics experimentcontainer in het Fluid Science Laboratory aan boord van het Internationaal Ruimtestation. De container werd geladen met vier CompGran-staaleenheden om de dynamiek van korrelig materiaal onder microzwaartekrachtomstandigheden te bestuderen. De B.USOC-operatoren waren verantwoordelijk voor de operaties van de lading en voerden in 2018 ongeveer 800 keer het experiment uit, waarbij bolvormige korrels van verschillende dichtheden werden geschud en hun beweging werd waargenomen door een techniek die bekend staat als dynamische lichtverstrooiing.

PUBLICATIES

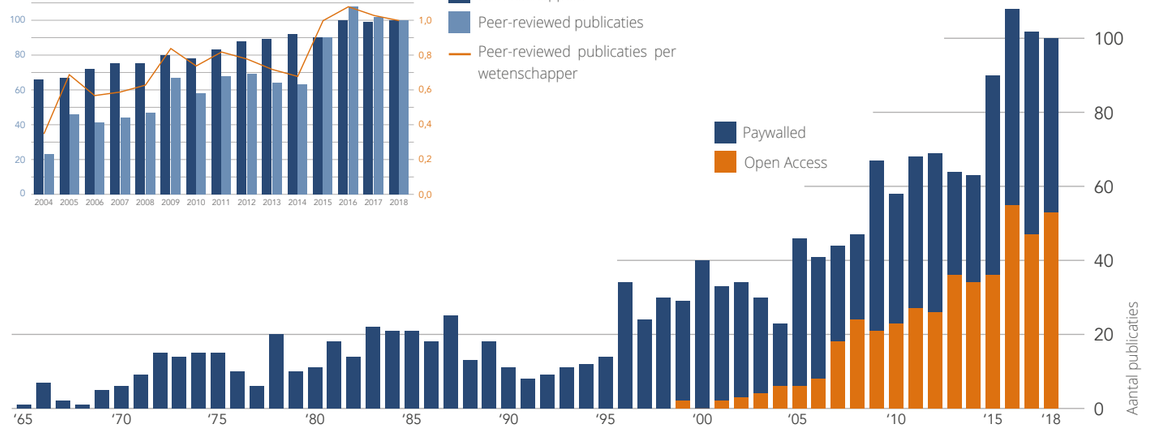
Het BIRA publiceert onderzoeksresultaten in Open Access (OA) sinds het begin van de beweging in de jaren negentig. In 2007 overschreed het aantal OA peer-reviewed publicaties voor het eerst de drempel van 40%. De toename van OA-publicaties is een universele trend. Het OA-percentage bij het BIRA is echter uitzonderlijk hoog in vergelijking met andere onderzoeksinstellingen en universiteiten. In 2012 begon het documentatiecentrum van het BIRA met het benadrukken van het belang van het publiceren in OA, en communiceerde met onderzoekers over verschillende OA-opties, resulterend in een constant OA-percentage van gemiddeld 50% vanaf 2013. Het jaargemiddelde van peer-reviewed publicaties per onderzoeker is aanzienlijk toegenomen. We hebben één publicatie per onderzoeker per jaar bereikt.

Woordwolk gebaseerd op de titels van BIRA-publicaties van 2017 en 2018. De grootte van de woorden weerspiegelt het aantal herhalingen in de publicatietitels.

Peer-reviewed publicaties per wetenschapper



Evolutie van peer-reviewed publicaties en publicaties in Open Access

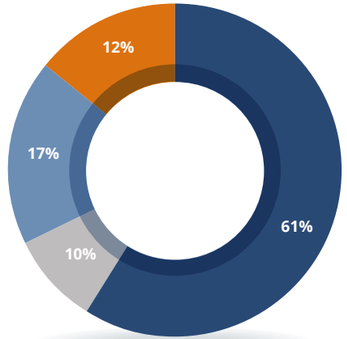


MENSEN EN CIJFERS

De vorige hoofdstukken van dit activiteitenverslag illustreren de grote verscheidenheid aan resultaten die door de wetenschappers van het BIRA verkregen zijn. Hun activiteiten steunen sterk op de ondersteuning van diensten zoals engineering, IT, communicatie, administratie en infrastructuur. Dit niet-wetenschappelijk personeel vormt bijna 40% van de 161 medewerkers die eind 2018 deel uitmaken van het Instituut. In wat volgt geven we wat meer inzicht in de profielen van de mensen die bij het BIRA werken.

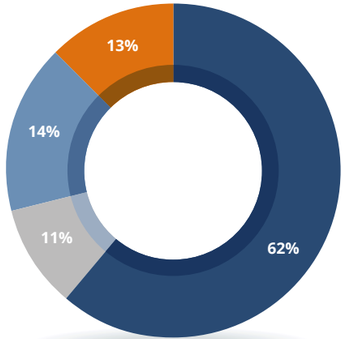
PERSONEEL 2016

100% = 163



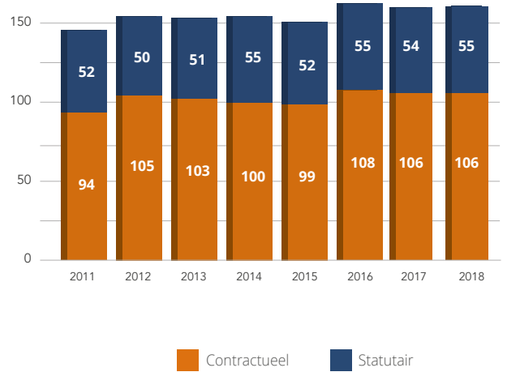
PERSONEEL 2018

100% = 161



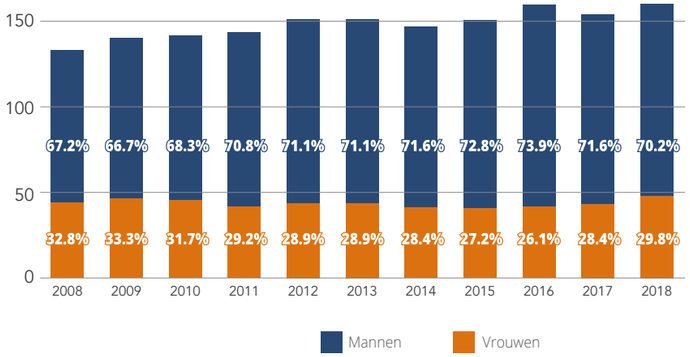
EVOLUTIE PERSONEEL

Vergelijking statuut

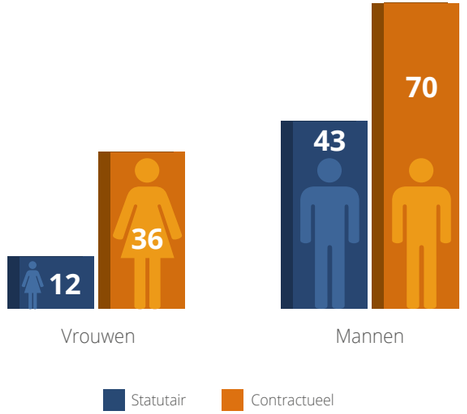


GENDERDISTRIBUTIE OP DE WERKPLEK

De laatste tijd is gender regelmatig onderwerp van debat op alle gebieden van de samenleving. Wetenschappelijke omgevingen ontsnappen niet aan de regel en worden vaak bestempeld als een mannenwereld. De totale man-vrouw verhouding bij het BIRA in 2018 was 70% mannen en 30% vrouwen en is nauwelijks veranderd in het afgelopen decennium. De oorzaak van die verhouding ligt bij het feit dat 90% van het personeel deel uit maakt van STEM-disciplines (wetenschap, technologie, engineering en wiskunde), waar we dezelfde verdeling vinden. Het BIRA bereikt de aanbevolen ratio van ten minste een derde vrouwelijk personeel.

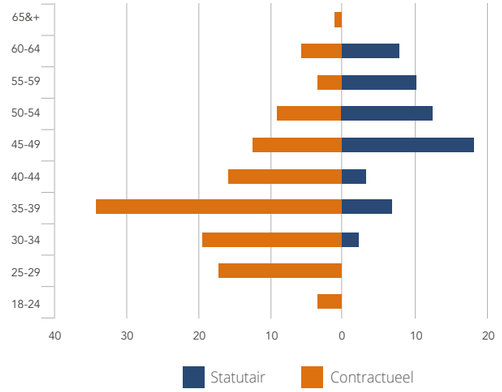


GENDER EN STATUUT - 2018

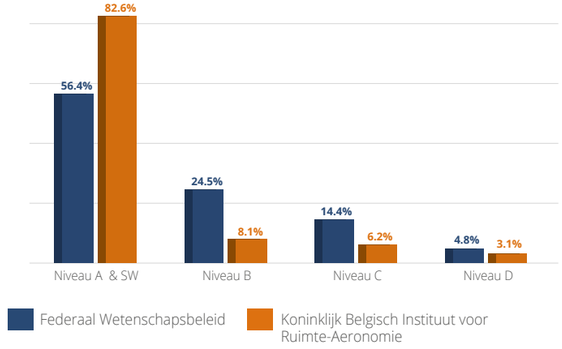


Slechts 25% van de vrouwelijke werknemers is statutair, in tegenstelling tot 38% van de mannelijke werknemers. Een groot deel van de statutaire vrouwen is echter teamleider, en vormt zo 25% van alle teamleiders van het Instituut. Dit betekent dat statutaire vrouwen minstens evenveel kans hebben als statutaire mannen om op te klimmen tot een leidinggevende positie.

LEEFTIJDSPIRAMIDE EN STATUUT - 2018



VERDELING VOLGENS NIVEAU - 2018



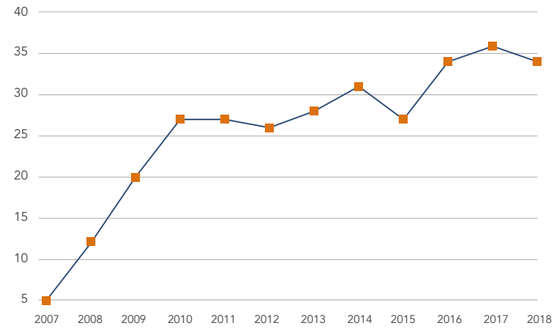
Het BIRA bezit een hoger percentage personeel met een masterdiploma (A-niveau of wetenschappelijke master) dan het Federaal Wetenschapsbeleid. De oorzaken hiervoor liggen zowel bij de onderzoeksactiviteiten van het Instituut, als bij het feit dat andere wetenschappelijke instellingen ook een belangrijke publieke rol vervullen (bijvoorbeeld museumtentoonstellingen of publiek toegankelijk maken van documenten).

DIVERSITEIT

Nationaliteit personeel 2018

België	Frankrijk	Nederland	Italië
Griekenland	Spanje	Portugal	Verenigd Koninkrijk
Duitsland	Tsjechië	Roemenië	Oekraïne
Kroatië	Cyprus	Zweden	Denemarken
Japan	China	Mexico	Verenigde Staten

Evolutie van niet-Belgen aan het BIRA



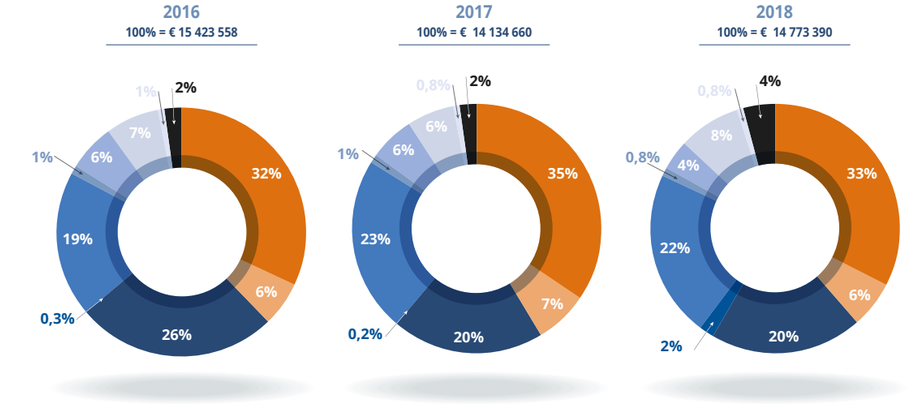
Eind 2018 werkten in totaal 34 niet-Belgen (21% van het personeel) bij het Instituut. Dit maakt samen 20 verschillende nationaliteiten (België inbegrepen) over 3 continenten.

BOEKHOUDING

De dienst boekhouding beheert de financiën van het Instituut, onder toezicht van het directiecomité van het Instituut, het Federaal Wetenschapsbeleid, en het Rekenhof. Vergeleken met andere federale wetenschappelijke instituten komt een groot deel van het budget van het BIRA (56%) uit competitieve projectfinanciering door externe organisaties, zoals ESA, EUMETSAT, de Europese Commissie en (in mindere mate) nationale onderzoeksfondsen. ESA en PRODEX (ESA), met een bijdrage van meer dan 70% van de externe project-financiering, en het Europese Copernicus-programma zijn belangrijke bronnen van inkomsten voor het Instituut.

INKOMSTEN PER BRON

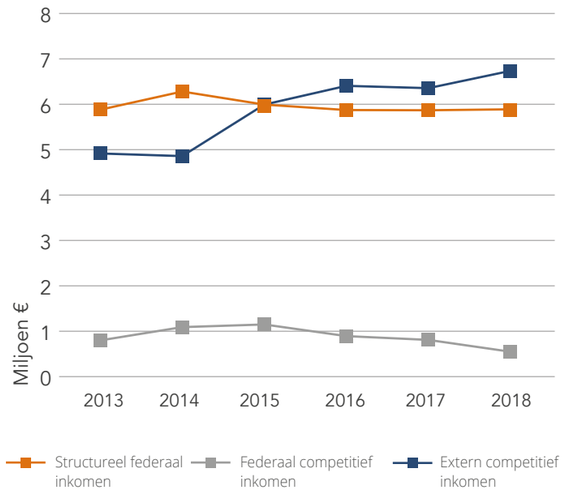
- Dotatie
- STCE
- ESA
- FNRS & FWO
- PRODEX
- Commercieel inkomen
- Federale subsidie
- Europese Unie
- Eumetsat
- ECMWF-subsidie



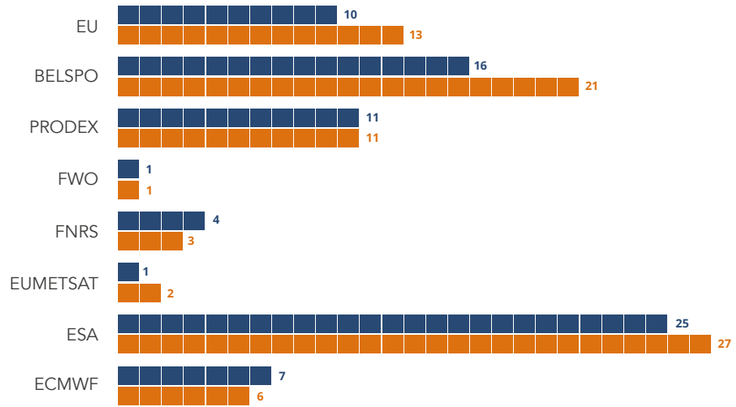
De cijfers voor de dotatie zijn inclusief de personeelsenveloppe.

EVOLUTIE VAN VERSCHILLENDE SOORTEN INKOMSTEN

Het BIRA wordt op structurele basis ondersteund door het Federaal Wetenschapsbeleid via de dotatie, het Solar-Terrestrial Centre of Excellence (STCE) en de personeelsenveloppe. Rekening houdend met de indexverandering is ons effectief structureel inkomen met 16% gedaald tussen 2012 en 2018, dit is ongeveer -2,7% per jaar. Het federale, niet-structurele, competitieve inkomen (bijvoorbeeld BRAIN, FED-tWIN, ...) neemt gestaag af sinds 2015 omdat er steeds minder opportuniteiten zijn. We merken echter een sterke stijging van het externe competitieve inkomen, wat duidt op actieve inzet binnen het instituut om dit te compenseren door te zoeken naar externe financiering met intensieve concurrentie.



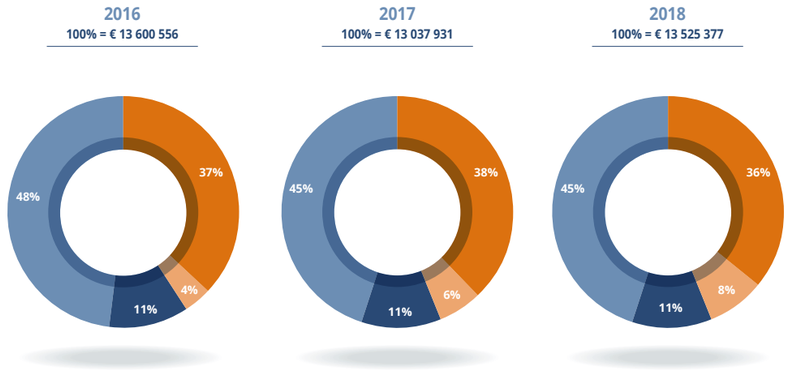
LOPENDE PROJECTEN PER FINANCIERINGSBRON



Er waren in totaal 75 lopende projecten in 2017 en 84 in 2018. Het BIRA was de coördinator voor ongeveer de helft daarvan. Dit zijn echter vaak projecten van korte duur die weinig geld opleveren. Daarentegen vereisen ze wel veel werk van de dienst Contract Management: een team van twee personen dat, in samenwerking met de wetenschappelijke managers, voor het financiële, contractuele en administratieve beheer van alle projecten zorgt.

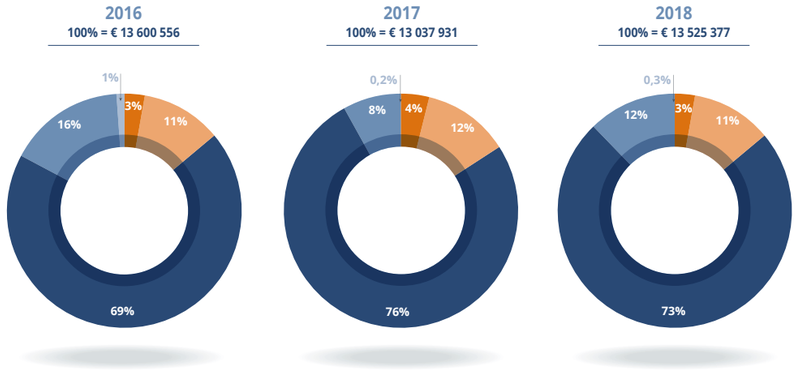
UITGAVEN PER SECTIE

- Dotatie (inclusief personeelsenveloppe)
- Commerciële opbrengsten en "overheads"
- STCE-dotatie, subsidies van Belgische overheidsinstanties (bijvoorbeeld Belspo, Nationale Loterij, FNRS, FWO, ...) en Gemeenschappen
- Andere bronnen (bijvoorbeeld ESA, Europese Unie, privé-sector)



UITGAVEN PER CATEGORIE

- Uitrusting
- Functioneren
- Personeel
- Overdracht naar partners
- Overdracht naar de Pool Ruimte

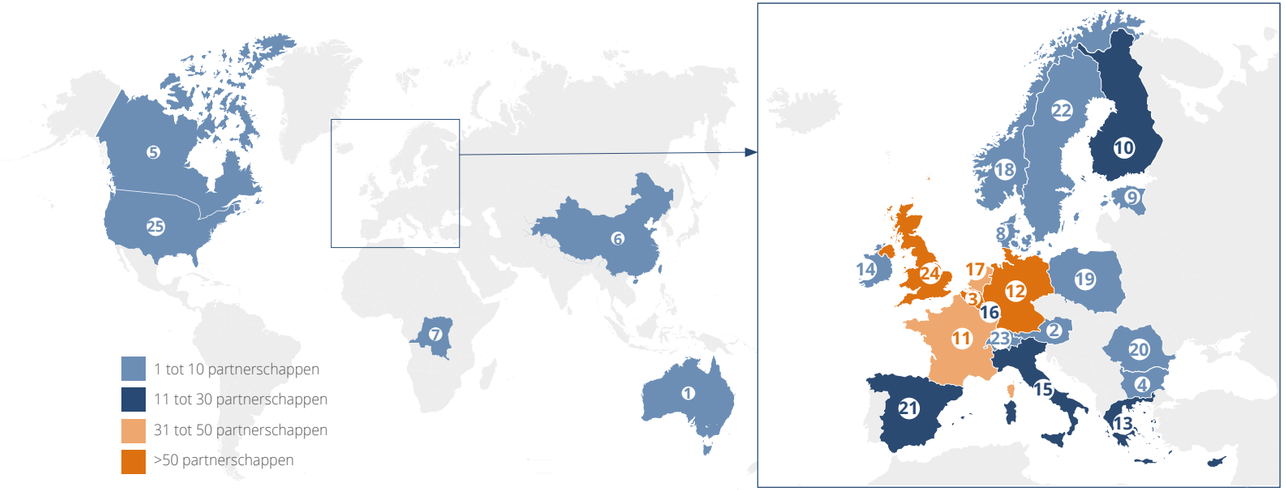


AANTAL PARTNERSCHAPPEN EN PARTNERS PER LAND IN 2017-2018

Het aantal partners in de tabel hiernaast staat voor de verschillende (onderzoeks)instellingen binnen elk land waarmee we in projectverband samenwerken. De partnerschappen geven het aantal samenwerkingen weer met partners uit deze landen, over alle projecten heen.

Land	Partnerschappen	Partners
1. AUSTRALIE	1	1
2. OOSTENRIJK	9	8
3. BELGIË	91	25
4. BULGARIJE	1	1
5. CANADA	5	2
6. CHINA	1	1
7. CONGO	1	1
8. DENEMARKEN	7	4
9. ESTLAND	1	1
10. FINLAND	24	6
11. FRANKRIJK	35	19
12. DUITSLAND	85	27
13. GRIEKENLAND	18	10

Land	Partnerschappen	Partners
14. IERLAND	2	2
15. ITALIË	21	9
16. LUXEMBURG	1	1
17. NEDERLAND	36	9
18. NOORWEGEN	10	4
19. POLEN	2	1
20. ROEMENIË	4	3
21. SPANJE	13	9
22. ZWEDEN	5	3
23. ZWITSERLAND	9	7
24. VERENIGD KONINKRIJK	60	30
25. VERENIGDE STATEN	1	1



Team Building 2018

DANK U

Onze sponsors:
Belspo, ESA, EU, EUMETSAT, ECMWF, FWO&FNRS, PRODEX.

En alle collega's die bij het BIRA gewerkt hebben in 2017-2018:

Amelynck Crist
Anciaux Michel
Aoki Shohei
Baker Noel
Bauwens Maite
Beeckman Bram
Berkenbosch Sophie
Bevernaegie Jessica
Bingen Christine
Bogaerts Brigitte
Bolsée David
Bonnewijn Sabrina
Borremans Kris
Botek Edith
Brenot Hugues
Brouckmans Kristien
Brun Nicolas
Bulcke Johan
Calders Stijn
Calegaro Antoine
Callewaert Sieglinde
Cambier Pascale
Camy-Peyret Claude
Cardoen Pepijn
Cessateur Gael
Chabanski Sophie
Chabrillat Simon
Christophe Yves
Cierkens Jana
Cisneros Miriam
Clairquin Roland
Compernolle Steven
Counerotte Frédéric
Crosby Norma
Da Pieve Fabiana
Daerden Frank
Danckaert Thomas
Darrouzet Fabien
Debosscher Jonas
De Donder Erwin
De Keyser Johan
De Mazière Martine
De Pauw Samuel
De Ridder Sven
De Rudder Anne
De Smedt Isabelle
De Wachter Evelyn
de Wergifosse Marc
Dekemper Emmanuel
Demoulin Philippe
Depiesse Cédric
Dhooghe Frederik
Dierckxsens Mark
Dils Bart
Dimitropoulou Ermioni
Echim Marius
Egerickx Tom
Equeter Eddy
Errera Quentin
Erwin Justin Tyler
Fayt Caroline
Fedullo Leonardo
Ferriere Olivier
Fonteyn Dominique
Fourneau Thierry
Franssens Ghislain
Fratta Stéphanie
Friedrich Martina
Fussen Didier
Gaffé Dominique
Gamby Emmanuel
Gerard Pierre
Geunes Yves
Granville José
Gunell Herbert
Haumont Etienne
Hamdaoui Mohamed
Helderweirt Anuschka
Hemerijckx Geert
Hendrick François
Hermans Christian
Hetey Laszlo
Heymans Carine
Hizette Christiane
Hrsak Dalibor
Hubert Daan
Iterbeke Philippe
Jacobs Lars
Kalb Nathalie
Keppens Arno
Koubi Ismail
Kruglanski Michel
Kumps Nicolas
Lambert Jean-Christopher
Lamort Lucie
Lamy Hervé
Langerock Bavo
Leclere Fabienne
Lefebvre Arnaud
Lefever Karolien
Lerot Christophe
Letocart Vincent
Liber Corentin
Lopez Rosson Graciela
Maes Jeroen
Maes Lukas
Maggiolo Romain
Mahieux Arnaud
Marcourt Loïck
Martinez Tarin Ana
Martins Pais Ana Cristina
Massano Santos Cristina
Mateshvili Nina
Merlaud Alexis
Messios Neophytos
Michel Alice
Middernacht Michael
Minganti Daniele
Minion Jean Louis
Moreau Didier
Mozaffar Ahsan
Muller Alexis
Muller Christian
Müller Jean-François
Nay Maïté
Neary Lori
Neefs Eduard
Noel Christian
Ooms Tim
Pauwels Dirk
Pereira Dos Santos Nuno
Piccialli Arianna
Pieck Gerry
Pieroux Didier
Pierrard Viviane
Pinardi Gaia
Queirolo Claudio
Ranvier Sylvain
Rasoanaivo Hobimalala Andoniaina
Rasson Olivier
Ristic Bojan
Robert Séverine
Robert Charles
Santos Branca Claudia
Sathiyananthan Viththakhan
Sayyed Umar
Schoon Niels
Scolas Francis
Sha Kumar Mahesh
Sluse Dominique Gilles
Somerhausen André
Somers Tim
Soumaré Ablaye
Stavrakou Trissevgeni
Tack Frederik
Tetard Cédric
Theys Nicolas
Thoemel Jan
Thomas Ian
Trompet Loic
Van den Wyngaert Guido
Van Gent Jeroen
Van Opstal Albert
Van Roozendael Michel
Vandaele Ann Carine
Vandenbussche Sophie
Vanhamel Jurgen
Vanhellemont Philip
Verbracke Fabian
Verhoelst Tijl
Verreyken Bert
Vigouroux Corinne
Viscardy Sebastien
Vlietinck Jonas
Voytenko Yuriy
Willame Yannick
Wilquet Valérie
Yu Huan
Zhou Minqiang
Zychova Lenka

Afbeeldingen in dit jaarverslag werden aangeleverd door:

De Europese Ruimtevaartorganisatie (ESA)
De National Aeronautics and Space Administration (NASA)
Het Koninklijk Belgisch Instituut voor Ruimte-Aeronomie (BIRA)
Getty Images
Reuters

Dit boekje geeft in een oogopslag weer bij welke fascinerende projecten het BIRA betrokken was in 2017-2018. We nodigen je uit om dieper in te gaan op deze topics, en het Instituut verder te leren kennen op onze website:

Ce rapport annuel est également disponible en français.
This annual report is also available in English.

www.aeronomie.be/jaarverslag

- BIRA_IASB Aeronomy
- @bira_iasb
- @BIRA.IASB
- @BIRA_IASB