

# SCIENCE connection

HET MAGAZINE VAN HET FEDERAAL WETENSCHAPSBELEID

# 66

januari - februari  
2022



[www.scienceconnection.be](http://www.scienceconnection.be)  
verschijnt viermaal per jaar  
afgiftekantoor:  
Gent X / P409661  
ISSN 1780-8448

Naast de Algemene directie 'Onderzoek en Ruimtevaart' en de Ondersteunende diensten omvat het Federaal Wetenschapsbeleid Federale wetenschappelijke instellingen en Staatsdiensten met afzonderlijk beheer.

## Federale wetenschappelijke instellingen



Algemeen Rijksarchief  
 en Rijksarchief in de Provinciën  
[www.arch.be](http://www.arch.be)



Koninklijke Bibliotheek van België  
[www.kbr.be](http://www.kbr.be)



Koninklijke Musea  
 voor Schone Kunsten van België  
[www.fine-arts-museum.be](http://www.fine-arts-museum.be)



Koninklijke Musea voor Kunst  
 en Geschiedenis  
[www.kmkg.be](http://www.kmkg.be)



Koninklijk Instituut  
 voor het Kunstpatrimonium  
[www.kikirpa.be](http://www.kikirpa.be)



Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurweten-  
 schappen / Museum voor Natuurwetenschappen  
[www.natuurwetenschappen.be](http://www.natuurwetenschappen.be)



Koninklijk Museum voor Midden-Afrika  
[www.africamuseum.be](http://www.africamuseum.be)



[www.belnet.be](http://www.belnet.be)



Koninklijke Sterrenwacht van België  
[www.astro.oma.be](http://www.astro.oma.be)



Koninklijk Meteorologisch  
 Instituut van België  
[www.meteo.be](http://www.meteo.be)

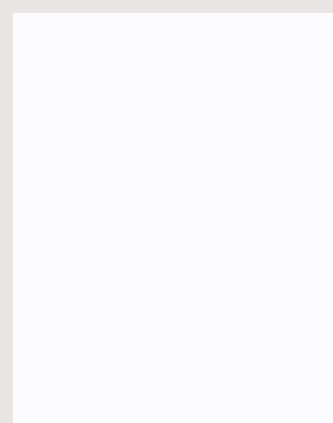
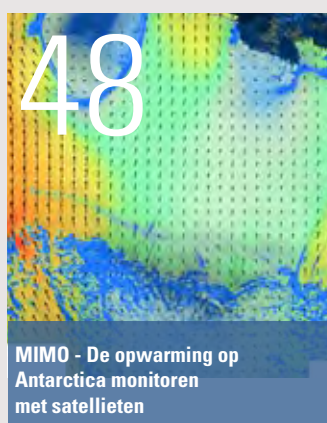
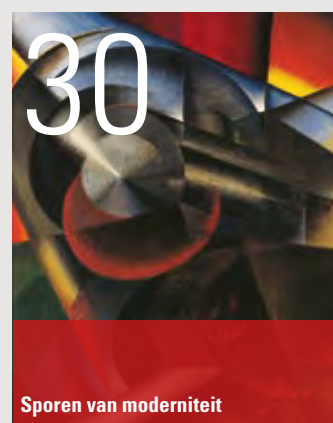
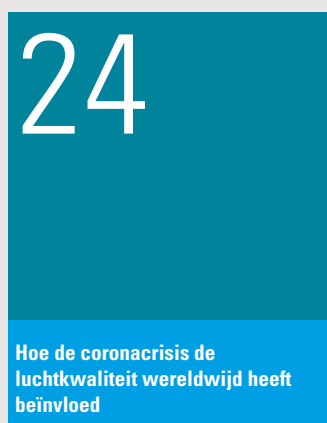
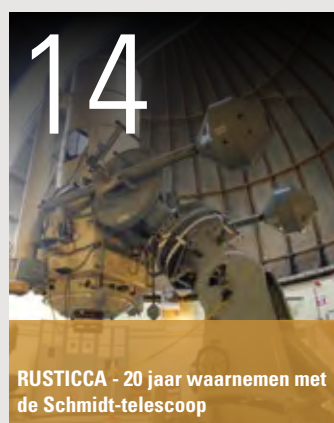
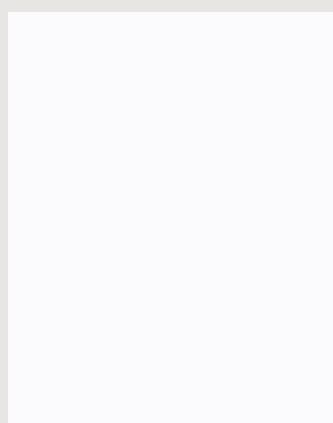
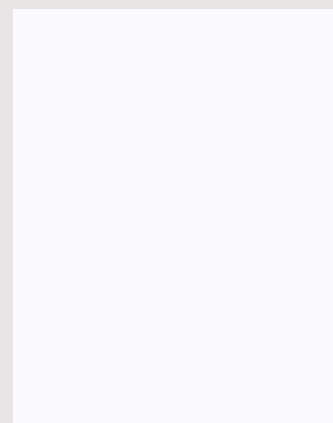


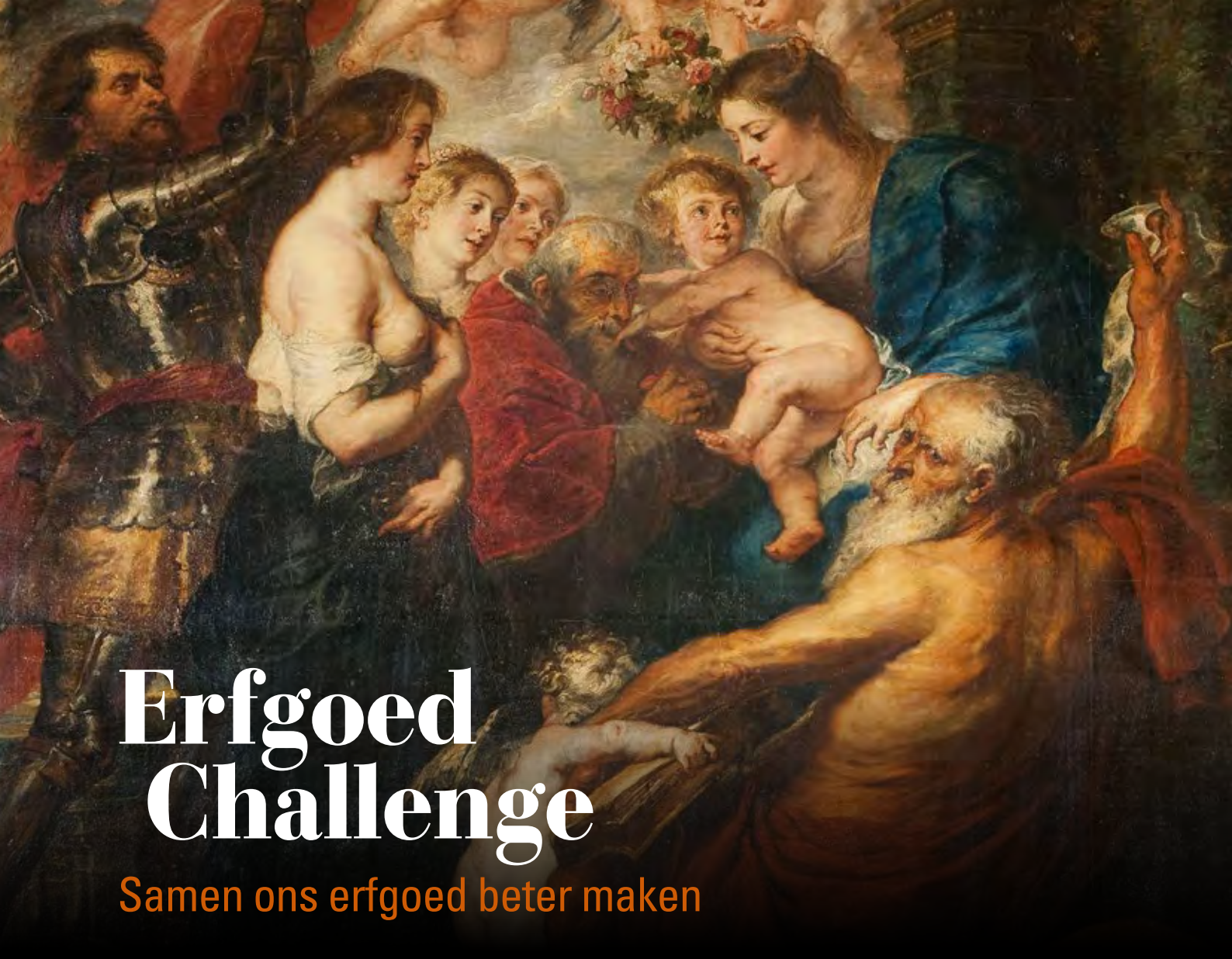
Koninklijk Belgisch Instituut  
 voor Ruimte-Aeronomie  
[www.aeronomie.be](http://www.aeronomie.be)



Planetarium van de  
 Koninklijke Sterrenwacht van België  
[www.planetarium.be](http://www.planetarium.be)

# INHOUD





# Erfgoed Challenge

Samen ons erfgoed beter maken

Het interieur van de grafkapel van Peter Paul Rubens en zijn familie, Sint-Jacobskerk, Antwerpen, 2de helft 17de eeuw  
Pieter Paul Rubens, *O.-L.-Vrouw met Kind omringd door heiligen*, ca. 1630, olieverf op paneel, 220 x 193 cm, Sint-Jacobskerk, Antwerpen.  
© KIK-IRPA, Bruxelles

**H**et Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonium (KIK) lanceert de Erfgoed Challenge, een krachtig initiatief om kunstschaten en monumenten uit ons verleden onder de aandacht te brengen en via brede participatie een betere zorg te bieden. De kerk in je geboortedorp, een schilderij dat je niet meer loslaat, die vuurtoren waar je zo graag naartoe wandelt, dat café met zijn prachtige interieur... erfgoed is overal om ons heen, in het straatbeeld, in musea, op onverwachte plaatsen. Om dat erfgoed vandaag te laten schitteren en zo door te geven aan de volgende generaties, nodigde het KIK een eerste keer iedereen uit om te stemmen op zijn of haar favoriete erfgoed. In de aanloop naar 2030, de 200ste verjaardag van België, zullen we zo elk jaar een erfgoedchat restaureren én in het hart van de mensen brengen. Zo maken we samen ons erfgoed, beter, best.

## Zes unieke erfgoedsschaten

Het KIK selecteerde voor deze eerste editie zes erfgoedparels uit heel verschillende periodes en plaatsen in België. Elk met hun unieke verhaal, opbouw, stijl en noden belichamen ze samen de rijkdom en variatie van ons erfgoed. Stuk voor stuk verdienen ze de beste zorgen.

Iedereen kon vanaf 20 oktober een maand lang stemmen op zijn of haar favoriete kandidaat. Uit de top 3 van de publieksstemming (één per regio) koos een commissie van erfgoedliefhebbers de winnaar. Dit jaar was de eerste laureaat van het initiatief de grafkapel van Peter Paul Rubens. Deze erfgoedparel zullen de experts van het KIK opnieuw laten schitteren door haar de beste zorgen te bieden: een duurzame restauratiebehandeling, het optimaliseren van de bewaaromgeving, een gedroomde publieksopstelling...

Hilde De Clercq, algemeen directeur a.i. van het KIK: 'Erfgoed, dat zijn prachtige kunstwerken, objecten en gebouwen met een innige betekenis voor individu en samenleving. Kostbare geschenken uit het verleden die we in al hun schittering willen doorgeven aan

## De genomineerden van de Erfgoed Challenge 2021

- De Merovingische sarcofaag van Chrodoara in Amay (ca. 730): een verborgen parel, de enige ter wereld met een menselijke afbeelding en een opschrift
- Het interieur van de grafkapel van Peter Paul Rubens in de Antwerpse Sint-Jacobskerk (17de eeuw): een adembenemend barok ensemble met schilder- en beeldhouwkunst
- Art-nouveauwoningen in Brussel (eind 19de-begin 20ste eeuw): unieke totaalkunstwerken die eens het jonge België internationaal op de kaart zetten
- De theaterkostuums van James Ensor in het Mu.ZEE in Oostende (ca. 1911-1932): kleurrijke kostuums door Ensor ontworpen voor zijn ballet *Gamme d'Amour*
- De gipsotheek van Constantin Meunier (Elsene, 2de helft 19de-begin 20ste eeuw): een verzameling fragiele gipsen beelden die het creatieproces van de meester tonen
- De schatten van de kathedraal van Doornik (7de-20ste eeuw): een uitzonderlijk rijke collectie West-Europese kunstwerken en sierobjecten

Sarcofaag van de heilige Chrodoara, Collegiale kerk van Sint-Joris-en-Sint-Oda, Amay, ca. 730  
Sarcofaag van Chrodoara (detail), ca. 730, Savonnières-steen, 184 x 57 x 71 cm, Collegiale kerk van Sint-Joris-en-Sint-Oda, Amay.  
© KIK-IRPA, Brussel



de volgende generaties. Mijn hart breekt als ik zie hoe groot de noden zijn en hoe beperkt de aandacht en middelen. Met de Erfgoed Challenge willen we hier verandering in brengen.'

Wie stemde voor het winnende project, maakte bovendien kans op 'Het Eeuwiggeldend Toegangsticket'. Dat geeft 100 jaar lang gratis toegang tot het winnend erfgoedobject en kan door de winnaar overgedragen worden van generatie op generatie. Zo willen we het symbolische eeuwige karakter van erfgoed aantonen in de vorm van een unieke prijs.

### Een commissie met een hart voor erfgoed

De Erfgoed Challenge wordt begeleid door een commissie van Belgen met een heel diverse achtergrond, maar allen met een groot hart voor erfgoed. Zij ondersteunen de campagne en selecteren samen het winnend project uit de top drie van de publiekstemming. Daarbij houden ze rekening met de urgentie van een behandeling, de betekenis van het project voor de gemeenschap, de lokale betrokkenheid en de populariteit van de erfgoedschat in de stemcampagne.

### Een erfgoedparel laten schitteren

Zodra het winnende project op 2 december werd bekendgemaakt, is het interdisciplinaire team van het KIK aan de slag gegaan. Ze brengen de specifieke noden gedetailleerd in kaart en stellen een concreet plan van aanpak voor aan de beheerder van het erfgoed en aan de bevoegde overheden. Tegelijk richten ze een vriendenkring op om de lokale gemeenschap te verbinden rond het project. Vervolgens zet het team al zijn expertise in voor het eigenlijke onderzoek, een duurzame conservatie-restauratiebehandeling, het optimaliseren van de bewaaromgeving, een gedroomde publieksoptelling... Dat hele proces wordt in beeld gebracht en breed gecommuniceerd om zo de fascinatie voor erfgoed én de finesses van de zorg te delen. Het einde van de werken wordt beklonken met een groot feest voor de lokale gemeenschap en alle liefhebbers. En na hen zullen nog vele generaties kunnen genieten van hún erfgoedparel!

>>



Balletkostuums van *La Gamme d'Amour* door James Ensor, Mu.ZEE, Oostende, ca. 1911-1932 (?)  
Rok, katoen beschilderd met waterverf, Mu.ZEE, Oostende.  
© Mu.ZEE, foto Danny de Kievith



De schatten van de Onze-Lieve-Vrouwekathedraal van Doornik, 7de-20ste eeuw  
*Wandtapijt met Ecce Homo*, Brussel, 1534, 112 x 87,5 cm, Onze-Lieve-Vrouwekathedraal, Doornik.  
© KIK-IRPA, Brussel

## Tien erfgoedschatten in tien jaar tijd

In de aanloop naar 2030 zal jaarlijks een nieuw erfgoedproject worden gestart. Vanaf de volgende editie, in 2022, kunnen erfgoedbeheerders ook zelf projecten voordragen. Na een voorselectie in overleg met de bevoegde administraties, maakt het KIK jaarlijks een nieuwe lijst bekend voor de publieke stemcampagne. Deze voorselectie houdt rekening met de urgentie van behandeling, het bovenlokaal belang van het erfgoed, of het past binnen de competentie en de capaciteit van het KIK en of er een mogelijkheid is tot innovatie en kennisontwikkeling. De looptijd van de behandeling zal telkens afhangen van de gekozen erfgoedschat en haar specifieke noden.

Het KIK draagt al het erfgoed een warm hart toe en wil zoveel mogelijk erfgoedschatten helpen. In functie van de maatschappelijke inbreng hoopt het KIK om meerdere projecten per jaar te kunnen uitvoeren. Zo wil de Erfgoed Challenge uitgroeien tot een duurzaam kader voor brede participatie en filantropie in de erfgoedzorg.

## Een krachtig initiatief

De Erfgoed Challenge is een initiatief van het Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonium (KIK, Brussel). Deze federale wetenschappelijke instelling speelt sinds 1948 een pioniersrol in de erfgoedzorg. Hun interdisciplinair team van wetenschappers, restaurateurs, kunsthistorici, fotografen en specialisten in beeldvorming bestudeert onze Belgische erfgoedschatten, geeft ze een duurzame behandeling en brengt ze dichterbij alle liefhebbers.

De gipsotheek van Constantin Meunier, Meuniermuseum, Elsene, tweede helft 19de-begin 20ste eeuw

Constantin Meunier, *De buildrager* (detail), gepatineerd gips, 220 x 124,7 x 93,5 cm, Meuniermuseum (KMSKB), Elsene.  
© KMSKB/CedricVerhelst

Het KIK is vooral gekend als uitvoerder van toprestauraties zoals die van het Lam Godsveelluik van de gebroeders Van Eyck, maar coördineert evengoed noodhulp aan erfgoed of bewaart het collectief visueel geheugen in de online databank BALaT, met meer dan 1 miljoen foto's van het cultureel erfgoed ([balat.kikirpa.be](http://balat.kikirpa.be)).

De Nationale Loterij is de eerste Founding Partner van de Erfgoed Challenge, met dank aan al haar spelers. De financiering van de behandeling van het winnende project wordt verder aangevuld door een fondsenwervingscampagne bij bedrijven, fondsen en het grote publiek. Erfgoed is van iedereen. Door mensen op directe wijze te betrekken bij de zorg ervoor, wordt het belang voor individu en samenleving vergroot. Dat is cruciaal om het Belgische erfgoed de zorgen te bieden die het verdient. (Bron: KIK)

## Meer

Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonium  
[www.kikirpa.be](http://www.kikirpa.be)



# T. rex

Tentoonstelling in het Museum voor Natuurwetenschappen

**O**bserveer, analyseer en speel om alle geheimen van deze beroemde dinosaurus te ontdekken. Stap in de schoenen van een paleontoloog en kom te weten wat zijn onderzoek ons kan vertellen over dit mythische dier. Een tentoonstelling met 12 doe-activiteiten om deze dino spelenderwijs te leren kennen: een elektrospel, een microscoop, video's, een quiz en andere uitdagingen. Word een echte T. rexpert! De tentoonstelling werd ontworpen voor kinderen vanaf 5 jaar, maar zal álle dinofans plezier doen. *T. rex* is een tentoonstelling ontworpen door Naturalis (Leiden) en werd aangepast door het Museum voor Natuurwetenschappen.

Zodra je binnenkomt, sta je oog in oog met een vrouwelijke *T. rex* van 67 miljoen jaar oud. Haar naam is Trix en ze verwelkomt je... in aanvalspositie. Haar skelet is absoluut verbluffend. Paleontologen groeven haar op in Montana (VS) en onderzochten haar gefossiliseerde botten. Haar skelet is 70% compleet. Het is een van de meest volledige en best bewaarde skeletten van het dertigtal exemplaren dat in Noord-Amerika bekend is. Trix maakt deel uit van de collectie van Naturalis Biodiversity Center in Leiden, waar ze voor het eerst werd tentoongesteld tijdens de expo

*T. rex in town* van 2016 tot 2017. Daarna reisde ze door Europa, via Salzburg, Lissabon, Parijs, Barcelona en Glasgow, om uiteindelijk haar weg terug te vinden naar Naturalis.

In de expo zie je een 3D-print van Trix' skelet, op basis van een scan van hoge wetenschappelijke kwaliteit. Neem de tijd om haar skelet van dichtbij te bekijken en ontdek wat het ons kan vertellen over haar verleden. Onderzoek net zoals een wetenschapper haar gefossiliseerde botten en het gesteente waarin ze

Puzzel © Museum voor Natuurwetenschappen







Baby dino © Museum voor Natuurwetenschappen

gevonden zijn. 5 doe-activiteiten laten je al spelend en al luisterend ontdekken in welk tijdperk Trix leefde, wat ze at, hoe haar hersenen werkten, hoe ze haar verwondingen opliep en hoe oud ze was toen ze stierf.

Maar daar houdt de expo niet op. Er valt nog veel meer te ontdekken over het leven van deze toproofdieren uit het krijttijdperk. Hoe snel konden ze lopen? Hoeveel aten ze? En welke verleidingsmoves gebruikten ze? Duik dieper in de expo en ga op zoek naar antwoorden! Spring op de fiets en probeer een woeste *T. rex* voor te blijven, of grijp een spuitbus en kleur er eentje in! Toon je beste dinodans en verleid Trix! Ben je ondertussen een echte *T. rex*per? Klim op het platform en test je kennis in een hilarische quiz.

## Het beroep van paleontoloog Pascal Godefroit en Koen Stein

### Paleontologie, een breed vakgebied

Dinosauriërs zijn echte sterren. Ze fascineren jong en oud in films, videospelletjes, kinderspeelgoed en musea. Het beroep van paleontoloog wordt vaak geassocieerd met de studie van deze bijzondere dieren. Maar in werkelijkheid omvat paleontologie veel meer dan alleen deze groep. Paleontologie is de studie van alle dieren en planten die in het verre verleden op deze planeet leefden. Paleontologen bestuderen de geschiedenis van het leven op aarde, vanaf het verschijnen van (bacterieel) leven 3 miljard jaar geleden tot ongeveer 10.000 jaar geleden. Onze Galerij van de Evolutie vat die gigantische geschiedenis samen.

Maar hoe doen ze dat? Welke technieken gebruiken ze en wat onderzoeken ze precies? We vertellen je meer over het onderzoek van de paleontologen van ons Instituut voor Natuurwetenschappen.



© Museum voor Natuurwetenschappen

### De opgravingsites

Het begint allemaal op een opgravingsite. Om gefossiliseerde planten of dieren te bestuderen, moeten ze natuurlijk eerst worden gevonden. Paleontologen zoeken daarom naar plaatsen waar nieuwe fossielen te vinden zijn. Enkele basisvoorwaarden zijn:

- een site die dateert uit het tijdperk dat je wil bestuderen (die dus niet nadien is ontstaan of gevormd);
- marien of stedelijk terrein is uitgesloten - logistiek te ingewikkeld;
- de voorkeur gaat uit naar woestijnachtig terrein, omdat het vrij is van vegetatie en klaar is om te worden afgegraven.

Vaak bepaalt het toeval of een interessante site wordt gevonden. Als er één fossiel is ontdekt, is de kans groot dat er nog andere in de buurt verborgen liggen. Paleontologen trekken er dan heen om de bodem af te graven. Ondanks de vele vindplaatsen, zijn er nog

>>

ontelbare onontdekt en onontgonnen. Zelfs België moet ons nog geheimen prijsgeven.

Onze paleontologen zijn er geweest:

- In Rusland, China (in Binnen-Mongolië) en Roemenië, in de voetsporen van de verwanten van de Iguanodons van Bernissart en om gevederde dinosauriërs te ontdekken (Pascal Godefroit, Thierry Smith)
- In Wyoming, waar complete skeletten van *Diplodocus* en *Allosaurus* zijn bovengehaald (Pascal Godefroit, Koen Stein)
- In Peru, om voorouders van walvissen op te graven (Olivier Lambert)
- In India, China en Wyoming, waar de oudste moderne zoogdieren zijn gevonden (Thierry Smith)
- In de buurt van Dinant, waar primitieve vissen zijn ontdekt (Sébastien Olive)
- In Ierland, om oeroude zaadplanten te verzamelen (Cyrille Prestianni)

## Extreme omstandigheden

Opgravingen kunnen maanden en zelfs jaren duren! Omdat de vindplaatsen afgelegen zijn, zijn de werkomstandigheden soms extreem. Onze paleontoloog Pascal Godefroit vertelt ons bijvoorbeeld hoe hij met zijn team in een tank moest stappen om een site in Siberië te bereiken. Het terrein was extreem ruig en onbrijdbaar met een 'gewone' 4X4! Koen Stein, een van onze paleontologen, herinnert zich een site in een woestijn in Nevada waar er geen water of elektriciteit was. De wetenschappers moesten vanuit hun kamp 200 meter verticaal klimmen om de plek te bereiken. Met behulp van een pick-uptruck vulden ze om de twee weken hun watervoorraad aan om te drinken, zich te wassen en gipsafgietsels te maken van opgegraven fossielen. Sommige specimens waren te zwaar en te groot om door de teams te worden gedragen, en moesten per helikopter naar beneden worden gebracht.

© Museum voor Natuurwetenschappen



Fossielen zoeken © Museum voor Natuurwetenschappen

De onderzoekers werken nauw samen met lokale teams, op vaak erg afgelegen locaties, en brengen talloze anekdotes mee over de plaatselijke cultuur, de uitdagingen van het werkterrein en ontmoetingen met wilde dieren. Van een avontuurlijke job gesproken...

## Het prepareren van fossielen

Fossielen zijn van onschatbare waarde, omdat ze ons het vroegere leven op aarde kunnen helpen begrijpen. Een belangrijke stap om ze te kunnen bestuderen is ze 'prepareren'. In het veld worden ze gewoonlijk in gips ingepakt om ze tijdens de reis te beschermen. Gespecialiseerde technici moeten deze laag gips zorgvuldig verwijderen, samen met de sedimentlaag waarin de fossielen nog zitten. Dit is een uiterst tijdrovende klus die zorgvuldig moet gebeuren, om het fossiel niet te beschadigen en geen waardevolle informatie verloren te laten gaan. Soms wordt het gesteente of de grond waarin het fossiel is gevonden zelf ook bestudeerd. Elk element dat uit de bodem wordt gehaald, is waardevol.

## State-of-the-arttechnologie

De fossielen worden vervolgens bestudeerd met de modernste technologieën, die voortdurend evolueren:

- microscopisch onderzoek van 1 micrometer dikke botschijfjes om de botcellen te observeren;
- analyse van DNA-moleculen;
- 3D-scans om een bot vanuit alle hoeken te bekijken en een 3D-model op schaal of op ware grootte te maken.

Nieuwe technologieën onttrekken nieuwe informatie aan hetzelfde fossiel, en leveren ons dus voortdurend nieuwe kennis op.

## Gespecialiseerde vakken met universele toepassingen

Omdat paleontologie enorm breed is, moeten onderzoekers zich specialiseren. Koen Stein is een expert in osteohistologie, of de studie van gemineraliseerde weefsels, zoals tanden, beenderen of schelpen. Door die weefsels te analyseren is het mogelijk sleutelementen te bestuderen, zoals de grootte van de botcellen,

de evolutie van de eischaaldikte of groeilijnen. Wetenschappers verkrijgen zo belangrijke informatie om de grote tendensen in de evolutie van bepaalde soorten, hun ontstaan of uitsterven, maar ook de veranderingen in de ecosystemen van die tijd, de biodiversiteit en het klimaat te begrijpen.

## Onopgeloste mysteries rond de *T. rex*

Hoewel de *T. rex* de meest bestudeerde dinosauriër ter wereld is, roept hij nog veel vragen op. Vier mysteries over *T. rex*:

### Veren?

Lange tijd bleef het uiterlijk van dinosauriërs een blinde vlek in het paleontologisch onderzoek. Sinds enkele jaren hebben we een iets beter zicht op hun fysieke verschijning door gefossiliseerde huidfragmenten met schubben of veren, of de aanwezigheid van melanosomen (die op kleur kunnen wijzen) op epidermale structuren zoals haar en veren.

Er is bewijs dat veel vleesetende dinosaurussen veren hadden! Maar we weten niet of *T. rex* een van hen was. Onze paleontoloog Pascal Godefroit bestudeert het ontstaan van veren bij dinosauriërs en hoe ze daarmee konden zweven of vliegen. Hij voert dit onderzoek uit op de fossielen van Aziatische dino's die in dezelfde tijd leefden als de Iguanodonts van Bernissart.

### Zichtbare hoektanden?

Paleokunst zijn artistieke voorstellingen van dinosauriërs zoals ze er zouden hebben uitgezien in hun natuurlijke omgeving. Paleoartisten maken hypothesen over hun uiterlijk, gebaseerd op wetenschappelijk onderzoek. Sommige beelden tonen *T. rex* met zichtbare tanden die uit de lippen steken. Andere tonen ze met het hele gebit bedekt in de mond. Paleontologen zijn er nog niet zeker van welke van deze voorstellingen juist is.

### Jonge *T. rex*

Wetenschappers hebben nog geen skeletten gevonden van een jonge *T. rex*. Ze kunnen dus niet weten hoe de jongen eruitzagen of hoe ze opgroeiden. In het verleden dachten wetenschappers jonge *T. rex* te hebben gevonden, maar dat bleken skeletten van andere dinosoorten, die kleiner zijn dan *T. rex* maar vergelijkbare proporties hadden. Het is echter heel goed mogelijk dat juveniele *T. rex* andere verhoudingen hadden dan volwassen exemplaren, zoals bijvoorbeeld bij de mens het geval is.

### Het sociale gedrag van *T. rex*

Paleontologen weten niet hoe *T. rex* zich gedroeg. Leefden deze dieren in groep of alleen? Vochten ze om hun territorium te beschermen of om een vrouwelijke soortgenoot te veroveren? Tandafdrukken op de bot-

ten van *T. rex* bewijzen dat ze vochten met hun soortgenoten, maar de reden en context van deze confrontaties is nog niet bekend.

(Bron: KBIN)

### Meer

Tentoonstelling *T. rex* tot 7 augustus 2022 in het Museum voor Natuurwetenschappen (Vautierstraat 29, 1000 Brussel).

Info, tarieven en reservatie op [www.natuurwetenschappen.be](http://www.natuurwetenschappen.be), per e-mail ([reservaties@naturalsciences.be](mailto:reservaties@naturalsciences.be)) of telefonisch (02/627.42.34, op weekdays van 9 tot 13 uur en van 14 tot 16.30 uur)

Graffiti © Museum voor Natuurwetenschappen



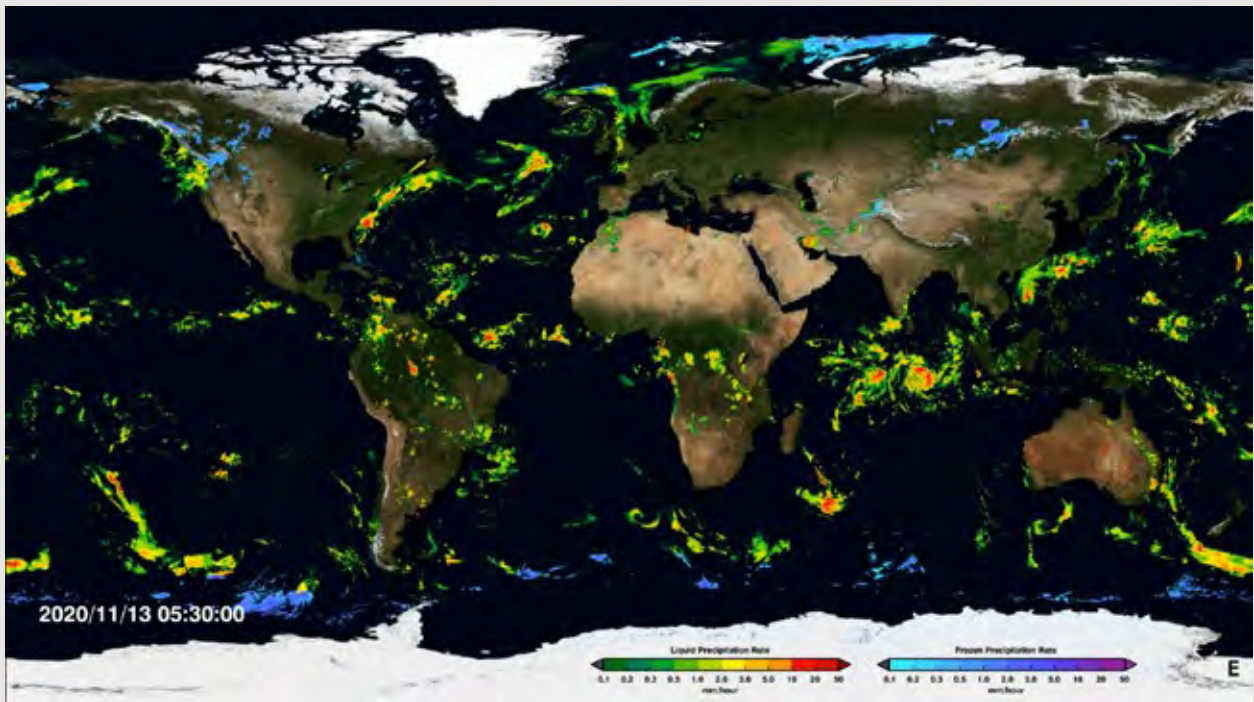
# RESIST

## In het spoor van de regens die aardverschuivingen veroorzaken

**D**e regio Noord-Tanganyika-Kivuslenk in de Oost-Afrikaanse Slenk is een van de kwetsbaarste plaatsen voor aardverschuivingen. Elk regenseizoen veroorzaakt aardverschuivingen in deze dichtbevolkte tropische omgeving. Ondanks het feit dat deze aardverschuivingen vaak rampzalige gevolgen hebben, is er zeer weinig bekend over de neerslagpatronen die ermee verband houden. Bovendien ontbreken instrumenten en methoden voor een passende beoordeling van het gevaar van aardverschuivingen die zijn aangepast aan de gegevensschaarste van een dergelijke regio.

Het RESIST-project (REmote Sensing and In Situ detection and Tracking of geohazards) werd gefinancierd door het STEREO III-onderzoeksprogramma en geleid door het laboratorium Natuurlijke risico's en cartografie van het Koninklijk Museum voor Midden-Afrika. Het was gericht op het karakteriseren van de mechanismen achter deze aardverschuivingen teneinde de precursorsignalen te kunnen detecteren. Het projectteam combineerde hiervoor historische opmetingen, terreingegevens van grondinstrument-arrays en aardobservatiegegevens, inclusief InSAR-tijdreeksen en gegevens van de TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission - <https://trmm.gsfc.nasa.gov/>).

Verskillende aardverschuivingen (onbegroeide littekens in de achtergrond) als gevolg van intense regenval op 6 mei 2018 in Rwanda. 18 mensen verloren als gevolg hiervan het leven, en tientallen huizen werden verwoest.



De waterkringloop vormt de kern van ons klimaatstelsel. Neerslag en de warmte die het afgeeft, helpen bij het aanjagen van de wereldwijde atmosferische circulatie die zowel het weer als het klimaat vormt. TRMM is een NASA-satellietmissie die is ontworpen om ons begrip van de verspreiding en variabiliteit van neerslag in de tropen te verbeteren. Van 1997 tot 2015 leverde het kritische neerslagmetingen in

de tropen en subtropen van onze planeet met behulp van een radarinstrument (Precipitation Radar) dat de neerslagkolom scant om de structuur en intensivering van tropische stormen beter te begrijpen, en van een TRMM Microwave Imager die de microgolfenergie meet die wordt uitgezonden door de aarde en haar atmosfeer om waterdamp, wolkenwater en de intensiteit van neerslag in de atmosfeer te kwantifice-

ren. TRMM-neerslagmetingen hebben een essentiële bijdrage geleverd aan voorspellingen van tropische cyclonen, numerieke weersvoorspellingen en neerslagklimatologieën. De GPM-satelliet (Global Precipitation Measurement Core Observatory - <https://gpm.nasa.gov/missions/GPM>) neemt het nu over door metingen te doen over de hele planeet.

Het project bracht onderzoekers samen van het KMMA, het Koninklijk Belgisch Instituut voor Ruimte-Aeronomie, NASA en het Luxemburgs Nationaal Natuurhistorisch Museum, die nauw samenwerkten met lokale universiteiten en onderzoeksinstituten in Burundi, DR Congo, Rwanda en Oeganda. Samen stelden ze een regionale inventaris op van aardverschuivingen en een niet eerder gezien register van neerslaggegevens voor validatie van schattingen van satellietneerslag. Ze verzamelden aardverschuivingen gedurende bijna 50 jaar, van 1968 tot 2016, en de gegevens, vrij van royalty's, worden vermeld in de NASA's Global Landslide Catalog (<https://gpm.nasa.gov/landslides>).

De analyse van al deze gegevens maakte het mogelijk om de eerste regionale neerslagdrempels voor Centraal-Afrika te kalibreren: fundamentele hulpmiddelen om het risico op aardverschuivingen te karakteriseren. Daartoe werd een nieuwe statistische benadering van drempels ontwikkeld op basis van de relatie tussen neerslag en de ruimtelijke spreiding van aardverschuivingen.

Dit onderzoek legt de basis voor de ontwikkeling van een vroegtijdig waarschuwingssysteem voor aardverschuivingen op basis van bijna-realtime satelliet-neerslaggegevens. Een dergelijk systeem moet uiteindelijk de risico's gelinkt aan aardverschuivingen in de regio verminderen.



Seizoensgebonden regenval en spreiding van de gedateerde aardverschuivingen in de afgelopen twee decennia. De maandelijkse regenval is gebaseerd op de dagelijkse neerslaggegevens van 2000-2019 van IMERG (Integrated Multi-satellitE Retrievals for GPM), uitgemiddeld over het studiegebied.

## Meer

STEREO-project RESIST (REmote Sensing and In Situ detection and Tracking of geohazards): <https://eo.belspo.be/resist>  
Sentinel Success Story op ESA-website:

<https://sentinels.copernicus.eu/web/success-stories/-/copernicus-sentinel-1-used-to-better-understand-active-volcanic-areas-and-landslide-mechanisms>

Dit artikel werd geschreven met de hulp van Olivier Dewitte, onderzoeker aan het Koninklijk Museum voor Midden-Afrika, afdeling Natuurlijke risico's en cartografie.



# Het project RUSTICCA

## 20 jaar waarnemen met de Schmidt-telescoop van de Koninklijke Sterrenwacht van België

Thierry Pauwels en Peter De Cat

### De voorgeschiedenis

De Koninklijke Sterrenwacht van België heeft een lange traditie van uitstekende astrometrie van hemellichamen uit ons zonnestelsel, in het bijzonder asteroïden en kometen. Astrometrie is de plaatsbepaling van de objecten aan de hemel. Voor objecten uit ons zonnestelsel is die plaatsbepaling nodig om banen te kunnen berekenen en efemeriden te kunnen opstellen, zodat de astronoom weet waar hij zijn telescoop moet richten om een bepaald object waar te nemen. Asteroïden en kometen zijn kleine objecten, die, net als de planeten, in een baan rond de zon draaien. De diameters variëren van een paar duizend kilometer voor de grootste, tot enkele meters voor de kleinste die met de huidige apparatuur kunnen waargenomen worden. Het belang van deze objecten is dat zij ons iets leren over het ontstaan van het zonnestelsel. Maar ook praktischer, is het van belang om een complete lijst te hebben van de banen van deze objecten. Zo kan er tijdig gewaarschuwd en eventueel ingegrepen worden indien zou blijken dat één ervan zich op een ramkoers met de aarde bevindt, en aldus een bedreiging zou kunnen vormen voor de mens op aarde.

De astrometrische waarnemingen van deze objecten in Ukkel begonnen in 1924, eerst aan de Triplet, een fotografische telescoop met groot beeldveld, maar met optiek van vrij matige kwaliteit, en later, vanaf 1933, aan de zogenaamde Dubbele Astrograaf, met veel betere optiek en een nog groter beeldveld. De meest markante ontdekkingen met de Dubbele Astrograaf waren de asteroïde (2101) Adonis door Eugène Delporte in 1936 en komeet Arend-Roland in 1956, die in 1957 met het blote oog een mooie verschijning werd. Adonis is een van de eerst ontdekte aardscheerders, en werd door Hergé in 1953 ten tonele gebracht in het Kuifje-album *Mannen op de Maan*.

>>

De Schmidt-telescoop, waarin de CCD-camera van het RUSTICCA-project gemonteerd werd. De CCD-camera bevindt zich midden in de buis ongeveer ter hoogte van de cirkelvormige opening op halve hoogte van de buis.

Daar waar in de beginjaren met belichtingstijden van een uur de hemelachtergrond op de fotografische platen nog perfect doorzichtig was, ging door de toenemende openbare verlichting de kwaliteit van de hemel na de Tweede Wereldoorlog snel achteruit, waardoor de belichtingstijden moesten ingekort worden om de hemelachtergrond op de platen niet over te belichten. Niet alleen konden op die manier geen zwakke objecten meer waargenomen worden, ook de nauwkeurigheid van de gemeten posities ging eronder lijden. Immers, de platen werden nog met het oog onder een microscoop opgemeten, en door het verminderde contrast tussen de hemelachtergrond en het te meten object, werd het steeds moeilijker om de exacte locatie van het midden van het beeld in te schatten. Ondertussen werden elders in de wereld op donkere locaties meer performante telescopen gebouwd, en werd er systematisch naar asteroïden gespeurd, waardoor alle objecten die nog in het bereik lagen van de Dubbele Astrograaf al ontdekt waren, en de gekende objecten elders veel nauwkeuriger werden waargenomen. De astronomen van de Koninklijke Sterrenwacht gingen dan ook elders waarnemen, zoals in La Silla in Chili, de Observatoire de Haute Provence, of Rozhen in Bulgarije. Voor het laatst werd een asteroïde vanuit Ukkel ontdekt in 1965, en hoewel er nog sporadisch waargenomen werd tot in de eerste helft van de jaren 1990, leek Ukkel uitgeteld als waarnemingsplaats van asteroïden.

## RUSTICCA wordt opgestart in 1993

De kentering kwam in 1993, toen een Lotto-budget verkregen werd om een CCD-camera aan te kopen. Waarnemen met zulk een camera met een elektronische detector in plaats van de traditionele fotografische plaat, opent een wereld van nieuwe mogelijkheden. Doordat het signaal elektronisch is, kan het met software bewerkt worden. De hemelachtergrond kan van het beeld afgetrokken worden en het contrast vergroot worden met een simpele muisklik, waardoor veel meer details en zwakkere objecten zichtbaar worden. Nog beter wordt het als men verschillende beelden na elkaar neemt en bij elkaar optelt, zodat de signaal-ruisverhouding nog toeneemt en er nog zwakkere objecten tevoorschijn komen. Ook het feit dat een pixel van een CCD-chip 30 000 grijswaarden kan aannemen, terwijl een korrel op een fotografische plaat alleen maar wit of zwart kan zijn, leidt tot veel meer nuances in het beeld. En tenslotte, doordat de respons van een CCD-camera lineair is in de hoeveelheid licht, is niet alleen astrometrie mogelijk, maar ook nauwkeurige fotometrie van de objecten aan de hemel, d.i. de bepaling van de schijnbare helderheid van het object.

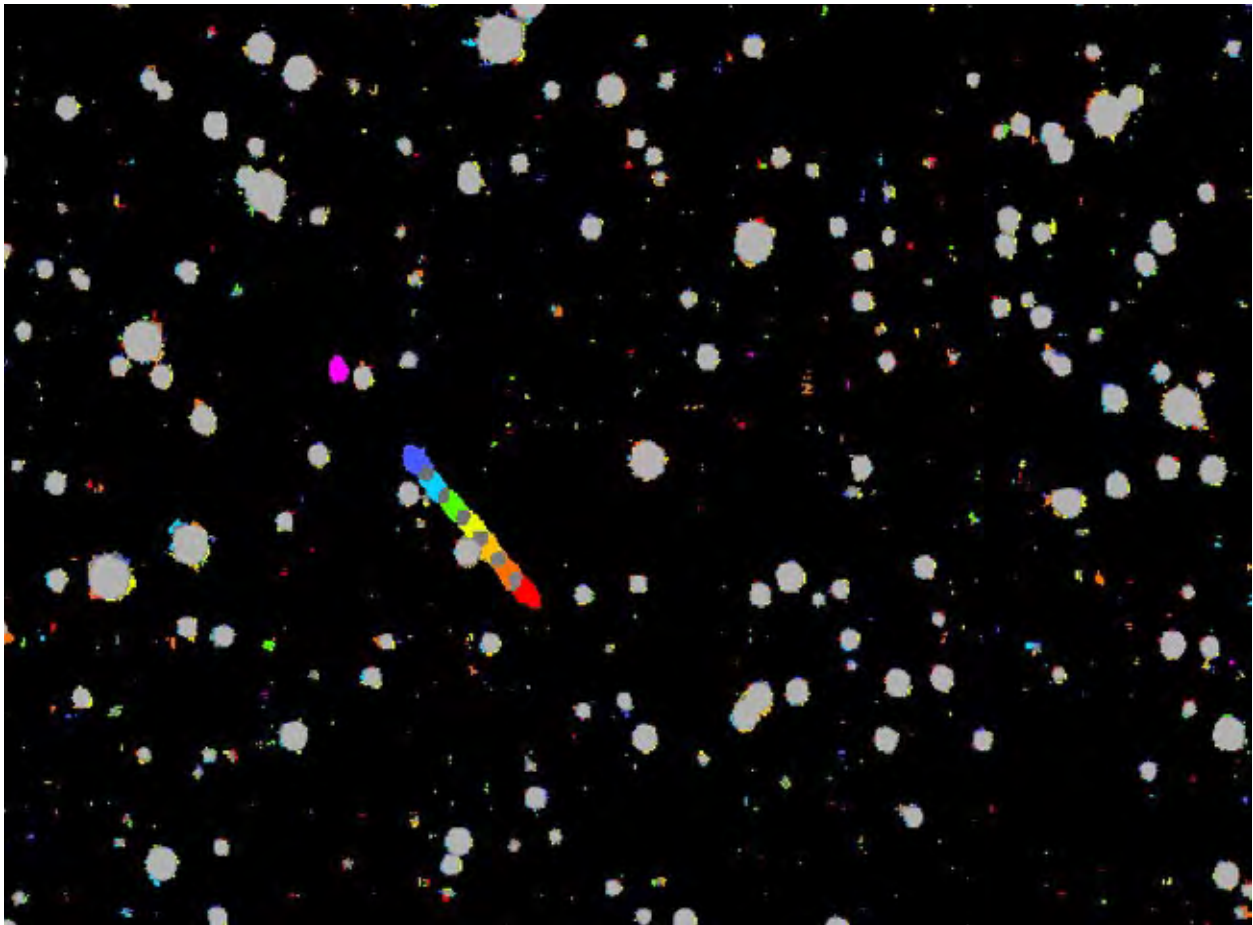
De CCD-camera werd niet meer op de Dubbele Astrograaf gemonteerd. De optiek ervan was immers volledig geoptimaliseerd om redelijk scherpe beelden in blauw licht te produceren, de kleur waarin de toenmalige fotografische platen gevoelig waren, terwijl een CCD-chip vooral in het rood gevoelig is, waardoor CCD-beelden genomen aan de Dubbele Astrograaf volledig onscherp zouden geweest zijn. Echter, de Schmidt-telescoop was toen niet in gebruik, en de CCD-camera kon daarop gemonteerd worden. Doordat het hoofdelement van een Schmidt-telescoop een spiegel

is en geen lens, heeft een Schmidt-telescoop geen problemen met kleureffecten. Ook produceert het ontwerp van een Schmidt-telescoop veel scherpere beelden dan een astrograaf. Met een hoofdspiegel van 1,2 meter doorsnede, gediafragmeerd tot 85 cm, is het lichtvergarend vermogen van de Schmidt-telescoop meer dan viermaal zo groot is als die van de Dubbele Astrograaf, en is de acquisitie van de beelden ook meer dan viermaal zo snel.

De Dubbele Astrograaf, die gebruikt werd tussen 1933 en 1995, en waarmee komeet Arend-Roland ontdekt werd.







Asteroïden laten zich op de ruwe beelden niet onderscheiden van sterren. Beide zijn puntbronnen. Alleen hun beweging aan de hemel verraadt dat het geen sterren maar asteroïden zijn. Daarom worden verschillende beelden na elkaar genomen, over elkaar gelegd, en dan ingekleurd met een kleurcode die bewegende objecten doet opvallen. Sterren verschijnen hier als grijze bollen, asteroïden als een pelsnoer in regenboogkleuren.

De keuze, de bestelling en levering van de camera, het opnieuw in gebruik nemen van de telescoop, de installatie van de camera en alles weer operationeel krijgen, duurde nog even, maar in de loop van 1996 kon met echte waarnemingen begonnen worden. De eerste tests na de opstart van het project waren dan ook veelbelovend. De eerste testbeelden toonden objecten die meer dan 200 maal zwakker waren dan wat met de Dubbele Astrograaf kon waargenomen worden. Ook waren de posities van heldere asteroïden 20 maal zo nauwkeurig. Daar waar posities gemeten op fotografische platen van de Dubbele Astrograaf gemakkelijk fouten tot 2 boogseconden konden vertonen, haalden we nu een nauwkeurigheid tot 0,1 boogseconde, wat opnieuw kon wedijveren met de waarnemingen die routinematig elders in de wereld verricht werden.

Ook nieuwe ontdekkingen werden weer mogelijk. Er waren midden de jaren 1990 ongeveer 20 000 asteroïden gekend, waarvan hooguit enkele duizenden helder genoeg waren om met de Dubbele Astrograaf te worden waargenomen. Maar een kleine extrapolatie leerde dat ongeveer 300 000 asteroïden waarneembaar moesten zijn met de nieuwe opstelling. Dat betekende dat er voor

elke gekende asteroïde in beeld, ongeveer 15 nieuwe te ontdekken waren.

Het project werd 'RUSTICCA' genoemd, wat staat voor 'Revalorising the Ukkel Schmidt Telescope by Installing a Ccd CAmera', en het logo ervan is volledig met de letters van het woord RUSTICCA opgebouwd en stelt schematisch de telescoop en de CCD-camera voor.

>>



Het logo van RUSTICCA is volledig opgebouwd uit de letters van het woord RUSTICCA en stelt de telescoop en de camera voor: R = zuil van de montering, U = de CCD-camera, S = de correctieplaat (in werkelijkheid heeft die de vorm van een dubbele S), T = rechterwand van de buis van de telescoop en staaf van de montering, I = linkerwand van de buis van de telescoop, C = tegengewicht, C = spiegel, A = ingangsvenster en convergerende lichtstralen naar de camera.

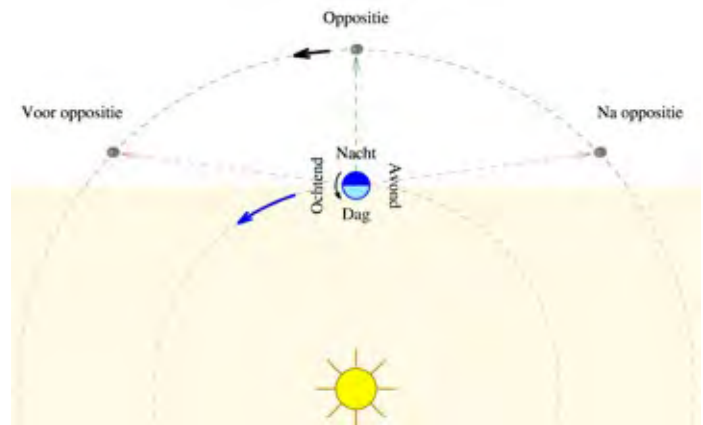


Luchtfoto van de site van Ukkel met de koepels van de Dubbele Astrograaf (1) en de Schmidt-telescoop (2). © Regie der Gebouwen

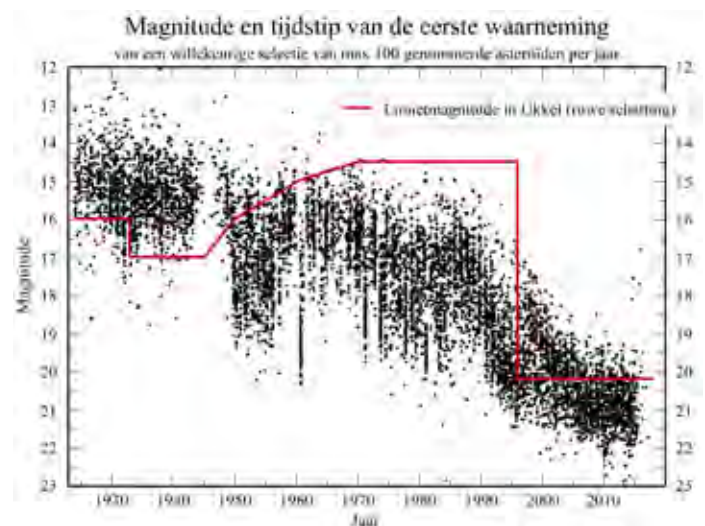
## RUSTICCA op kruissnelheid

Vrij snel na de eerste operationele waarnemingen werden al nieuwe asteroïden gedetecteerd. Onmiddellijk na de detectie van nieuwe objecten volgde het moeizaam volgen ervan. Immers, om efemeriden te kunnen opstellen, moet een baan kunnen berekend worden, en daarvoor zijn er voldoende waarnemingen nodig. Wordt een onbekend object niet binnen de paar dagen opnieuw waargenomen, dan wordt de onzekerheid op de positie snel groter, en raakt men het spoor ervan kwijt, tot het bij toeval weer eens herontdekt wordt. Hoewel het beeldveld aan de hemel van de CCD-camera van RUSTICCA slechts  $0,75^\circ \times 0,5^\circ$  bedraagt (tegen  $8^\circ \times 8^\circ$  voor de fotografische platen aan de Dubbele Astrograaf), was het in de beginjaren van het project niet ongewoon dat er op een enkel beeld 10 nieuwe asteroïden te vinden waren. Die moesten allemaal gevolgd worden, maar doordat ze elk hun eigen baan aan de hemel hadden, pasten ze een paar dagen later niet meer in hetzelfde beeldveld, en moesten er verschillende beelden genomen worden, waar dan weer andere nieuwe objecten het beeldveld binnengekomen waren, waardoor een steeds toenemend aantal beelden nodig was om alle nieuwe objecten te volgen. Deze vicieuze cirkel eindigde pas toen het gros van die nieuwe detecties uit het zicht verdween. Het Belgische bewolkte weer, en het feit dat de zwakkere objecten rond volle maan niet waarneembaar zijn, maakte de uitdaging om alles te volgen, nog groter.

Immers, asteroïden zijn het best waarneembaar als ze zich in oppositie bevinden, dat is diametraal tegenover de zon aan de hemel, dat is ook wanneer ze het dichtst bij de aarde staan en dus het helderst zijn. De gunstige periode bedraagt ongeveer twee maanden rond de oppositie, waarna ze ongeveer 14 maanden moeilijk of niet waarneembaar zijn. Ze staan dan ver van de aarde, zijn zwak, en staan aan de hemel te dicht bij de zon. Tijdens die gunstige periode zijn ze eerst in de tweede helft van de nacht waarneembaar, daarna worden ze helderder en worden in het midden van de nacht waarneembaar, om tenslotte weer te verzwakken en in het begin van de nacht waarneembaar te zijn. Objecten die in de tweede helft van de nacht gevonden worden, kunnen dus langer gevolgd worden dan objecten die voor middernacht gevonden worden. Het komt er dus op neer in die twee maanden rond oppositie voldoende waarnemingen te verrichten om het object na 14 maanden nog te kunnen terugvinden, bij de volgende oppositie. Pas als het object gedurende minstens 4 opposities waargenomen is, en als de baan voldoende nauwkeurig is (in sommige gevallen pas na 20 jaar), wordt het officieel als ontdekt aangekondigd, krijgt het een volgnummer toegekend en wordt vastgesteld wie de ontdekker is. Men zegt dan 'dat de asteroïde genummerd is'. Wie als eerste een asteroïde gedetecteerd heeft, maar gefaald heeft om het object te volgen, komt niet in aanmerking om als ontdekker erkend te worden. Dit om potentiële ontdekkers aan te moedigen de nieuw gedetecteerde objecten goed op te volgen en te vermijden dat onze catalogi vol objecten zouden zitten waarvan men het spoor kwijt is.



De aarde en de asteroïde bevinden zich beide in een baan rond de zon. Asteroïden uit de hoofdgordel bevinden zich verder van de zon dan de aarde, en bewegen daardoor minder snel om de zon dan de aarde. De aarde zal de asteroïde dus inhalen. Voor oppositie krijgen we dus de situatie met de asteroïde links in de figuur. De asteroïde bevindt zich nog redelijk ver van de aarde (de rode pijl) en is dus relatief zwakker. Ze is te zien aan de ochtendhemel. Enkele maanden later heeft de aarde de asteroïde ingehaald, en krijgen we de situatie met de asteroïde bovenaan. De asteroïde bevindt zich dicht bij de aarde (de groene pijl) en is dus helderder. Ze bevindt zich aan de overkant van de zon en is bijna de hele nacht waarneembaar. Nog enkele maanden later heeft de aarde de asteroïde verder ingehaald, en is de asteroïde achter op de aarde, d.i. rechts in de figuur. De asteroïde bevindt zich weer verder van de aarde en is weer zwakker. Ze is waar te nemen aan de avondhemel, en geleidelijk aan zal ze in de avondschemering verdwijnen, als ze ondertussen al niet te zwak geworden is om met onze apparatuur nog gedetecteerd te worden. In heel het gebied met gele achtergrond is de asteroïde moeilijk of niet waarneembaar, en is het wachten tot de aarde een omwenteling meer om de zon gedaan heeft om de asteroïde weer aan de ochtendhemel te zien verschijnen.



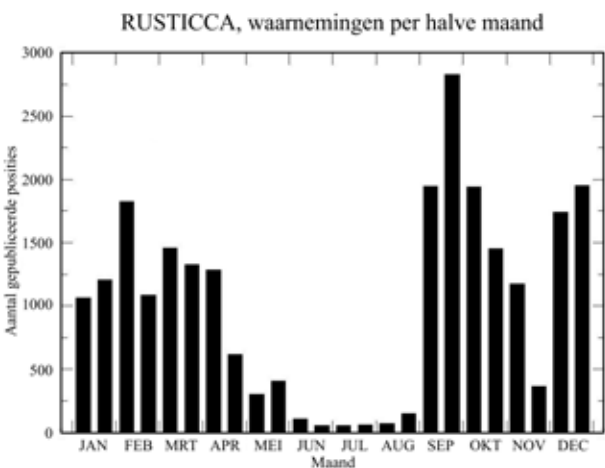
Deze figuur toont voor een selectie van asteroïden de helderheid op het ogenblik van hun eerste waarneming. Per jaar werden 100 willekeurige asteroïden geselecteerd, wat betekent dat voor de periode 1930-1940 elk punt staat voor ongeveer 1 asteroïde, daar waar in de periode 2000-2010 elk punt 100 of meer asteroïden vertegenwoordigt, dit om de figuur niet te overladen. Nieuw ontdekte asteroïden worden steeds maar zwakker, enerzijds doordat de heldere al ontdekt zijn, anderzijds omdat de telescopen steeds performanter worden. De rode lijn is een ruwe schatting van de grenzen van de uitrusting in Ukkel, eerst de Triplet, daarna de Dubbele Astrograaf en tenslotte RUSTICCA. Tot 1950 lagen de nieuwe asteroïden voor het rapen, daarna ging het snel achteruit. Met de RUSTICCA-uitrusting waren nieuwe ontdekkingen weer mogelijk tot rond 2015.

>>

## Enkele markante feiten en hoogtepunten

De meest productieve periode van RUSTICCA was 1999-2005. Voor 1999 was er nog het leerproces hoe de waarnemingen zo optimaal mogelijk te laten verlopen. Ook moest de software nog geschreven worden om de waarnemingen te verwerken, dit is uit de ruwe beelden nauwkeurige posities van de asteroïden bepalen, en dit op computers die toen nog lang niet zo performant waren als nu. In de beginjaren werden er vaak 3 tot 5 computers in parallel gebruikt, en die hadden elk 18 uur nodig om samen de waarnemingen van een nacht te verwerken. In een latere fase werd maar met een enkele pc gewerkt, en die kon de waarnemingen dubbel zo snel verwerken als ze toekwamen.

De waarnemingen waren duidelijk niet gelijkmatig over het jaar verspreid. Dat juli en augustus de slechte maanden zijn, zal iedereen wel inzien. Mei en juni zijn ook niet interessant, niet alleen vanwege de korte nachten, maar ook doordat de asteroïden zich dan laag aan de hemel bevinden en dus moeilijk waarneembaar zijn. Immers, we nemen asteroïden over het algemeen waar aan de overkant van de zon, in de zomer dus daar waar de zon in de winter aan de hemel staat. Maar dat de maanden januari tot april duidelijk minder goed scoren dan september tot december is minder evident. Daar is nochtans een eenvoudige verklaring voor. We hebben al aangehaald dat nieuwe objecten het liefst gevonden worden in de tweede helft van de nacht. En in september tot december bevindt de ecliptica, de gordel aan de hemel waar de zon, de planeten maar ook de asteroïden zich concentreren, zich in de tweede helft van de nacht hoog aan de hemel, zodat asteroïden gemakkelijk te detecteren zijn. Bovendien worden de nachten langer zodat nieuwe objecten ook langer kunnen gevolgd worden. Vanaf januari doet zich het omgekeerde voor. De ecliptica bevindt zich in de eerste helft van de nacht hoog aan de hemel, maar in de tweede helft van de nacht laag aan de hemel.



Aantal gepubliceerde posities binnen RUSTICCA per halve maand. Het aantal fluctueert sterk over de loop van het jaar. Zie de tekst voor meer uitleg.

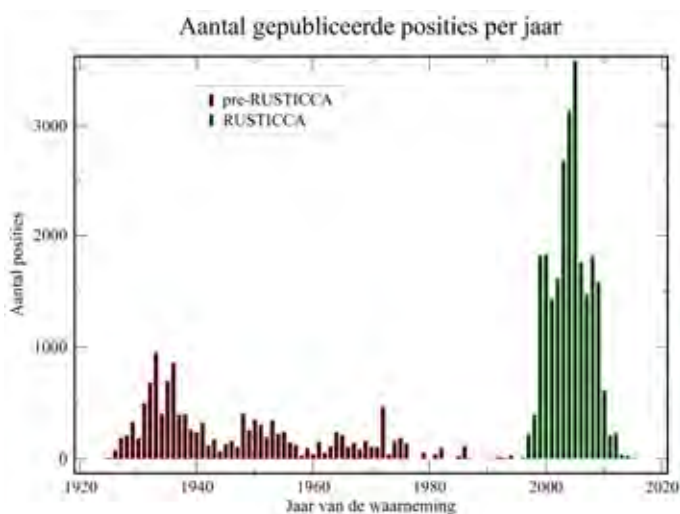
Bovendien worden de nachten korter. Nieuwe objecten zijn dus ofwel moeilijk te detecteren, ofwel moeilijk te volgen. Dit verklaart waarom de beste maanden voor astrometrische waarnemingen van asteroïden de maanden september tot december zijn. Waarom er in november zoveel minder waarnemingen zijn, kunnen we niet verklaren, tenzij dat in november het aantal heldere nachten misschien systematisch lager zou zijn.

Een van de hoogtepunten van het project was de ontdekking in 2005 van (314082) Dryope, een zogenaamde PHA, een 'potentially hazardous asteroid', die de aarde voldoende dicht kan naderen en voldoende zwaar is om een bedreiging te kunnen vormen voor de mensheid en die men maar best in het oog houdt. Deze ontdekking was een echte thriller en zou niet mogelijk geweest zijn zonder de samenwerking van alle waarnemers van het team. En hoewel het object in 2005 ontdekt is, werd de ontdekking pas officieel in 2012.

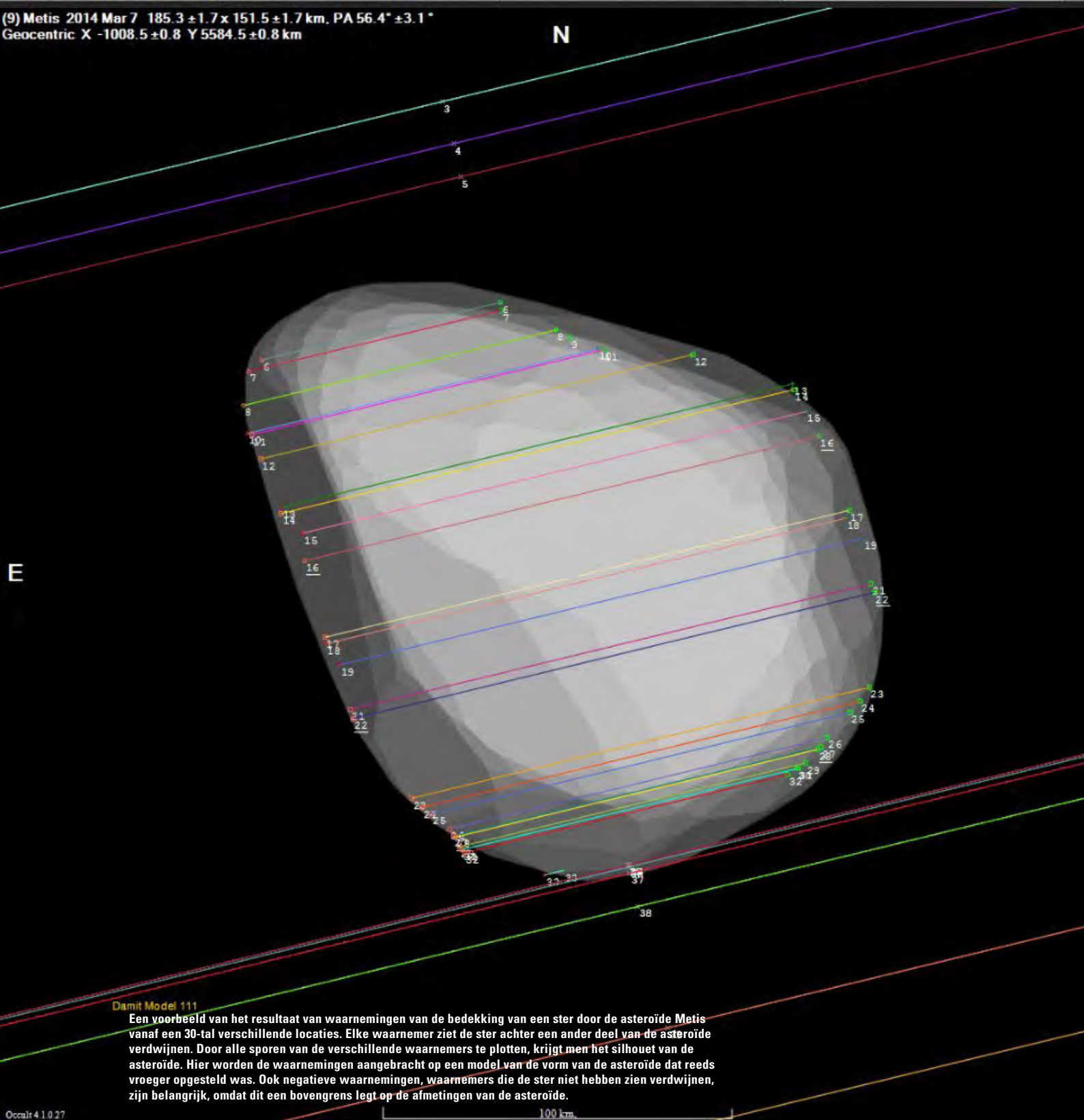
## Andere types waarnemingen

Hoewel astrometrie van asteroïden het oorspronkelijke doel was van het project, en de hele opstelling geoptimaliseerd werd voor dit type waarnemingen, werden er ook nog andere waarnemingen verricht in de loop van het project RUSTICCA. Zo werden op het einde van de jaren 1990 onder impuls van Henri Boffin enkele fotometrische waarnemingen van cataclysmische variabelen verricht.

Vanaf 1997 werden, onder impuls van Pierre Vingerhoets, zogenaamde PHEMU-verschijnselen waargenomen, waarbij een van de grote satellieten van Jupiter een andere bedekt of verduistert (PHÉnomène MUTuel). De fotometrie van zulk een verschijnsel laat toe om de positie van de satellieten met een ongekende nauwkeurigheid te bepalen. Deze verschijnselen hebben plaats tijdens 'seizoenen' die elk ongeveer een jaar duren, en zich om de 6 jaar voordoen. Met het project RUSTICCA werden verschijnselen waargenomen van de seizoenen van 1997, 2003, 2009 en 2015. Deze waarnemingen bleken niet eenvoudig, want noch de



Het aantal gepubliceerde posities per jaar vanaf de site van Ukkel. De CCD is duidelijk veel efficiënter dan de fotografische techniek.



**Damit Model 111**

Een voorbeeld van het resultaat van waarnemingen van de bedekking van een ster door de asteroïde Metis vanaf een 30-tal verschillende locaties. Elke waarnemer ziet de ster achter een ander deel van de asteroïde verdwijnen. Door alle sporen van de verschillende waarnemers te plotten, krijgt men het silhouet van de asteroïde. Hier worden de waarnemingen aangebracht op een model van de vorm van de asteroïde dat reeds vroeger opgesteld was. Ook negatieve waarnemingen, waarnemers die de ster niet hebben zien verdwijnen, zijn belangrijk, omdat dit een bovengrens legt op de afmetingen van de asteroïde.

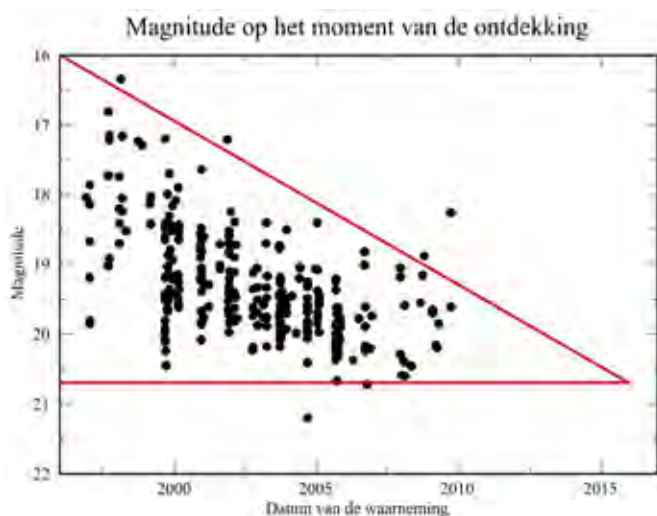
Occult 4.1.0.27

opstelling, noch de verwerkingssoftware waren geoptimaliseerd voor dit type waarnemingen, en er moest vaak creatief gewerkt worden om deze waarnemingen tot een goed einde te brengen.

Waarnemingen van sterbedekkingen door asteroïden daarentegen zijn iets eenvoudiger. Bij zulke verschijnselen zal de ster gedurende enkele seconden 'verdwijnen'. Niet alleen kan de waarneming van dergelijke verschijnselen de positie van de asteroïde heel nauwkeurig bepalen, als er voldoende waarnemers een bepaald verschijnsel waargenomen hebben vanuit verschillende plaatsen op aarde, krijgt men als het ware het silhouet van

de asteroïde, en kunnen de afmetingen en de vorm ervan gereconstrueerd worden. Doordat veelal de onzekerheid op de positie van een asteroïde groter is dan haar diameter, is de plaats op aarde waar het verschijnsel te zien zal zijn, vaak moeilijk nauwkeurig te voorspellen, en heeft een waarnemer a priori vaak maar een kleine kans om effectief in het bedekingsgebied te zitten. Ondanks dat, konden we in de periode 2003-2016 van acht verschijnselen nauwkeurige tijdstippen bepalen voor het verdwijnen en opnieuw verschijnen van de ster, en dit op een totaal van 82 zulke verschijnselen die waargenomen werden binnen het project RUSTICCA.

>>



De magnitude (helderheid) van de asteroïden die in de loop van RUSTICCA ontdekt zijn als functie van het tijdstip van ontdekking. De magnitude-schaal is logaritmisch, wat betekent dat als de magnitude met 1 toeneemt het object ongeveer 2,5 maal zwakker is. De onderste horizontale lijn is de limiet van wat waarneembaar is met de RUSTICCA-uitrusting. Objecten die zich onder deze lijn bevinden, zijn te zwak en maken maar weinig kans om met onze uitrusting gedetecteerd te worden. De bovenste diagonale lijn is de volledigheidsgrens. Objecten die zich boven deze lijn bevinden, zijn waarschijnlijk al ontdekt, behalve de enkele die door de mazen van het net geglipt zijn. Beide lijnen snijden elkaar rond 2016. Maar reeds in 2010 zien we een abrupte afname van de ontdekkingen.

## De nadagen van RUSTICCA

RUSTICCA was een lagekostupgrade van een bestaande telescoop, die anders toch werkloos zat te verkommeren. Het was echter vanaf het begin duidelijk dat met het weer en de lichte-hinder in België dit instrument nooit dezelfde productie zou kunnen halen als een moderne telescoop op een donkere locatie boven op een berg in een woestijn. Ook het feit dat RUSTICCA in een tijdspanne van slechts iets meer dan 10 jaar dubbel zoveel posities opleverde dan 40 jaar fotografische waarnemingen, was onvoldoende om competitief te zijn. In het begin van het RUSTICCA-project was Ukkel nog de 17de site wereldwijd, gerangschikt naar het aantal ontdekte asteroïden. Toch kon het RUSTICCA-project niet beletten dat Ukkel geleidelijk aan dieper in de lijst wegzonk, tot Ukkel verdween uit de lijst van 50 sites met de meeste ontdekte asteroïden. Niettemin kon Ukkel een ander record enige tijd aanhouden. Met ontdekkingen begonnen in 1924 en die doorgingen tot in de jaren 2000, was Ukkel de enige locatie ter wereld waar asteroïden ontdekt werden over een tijdspanne van bijna 80 jaar. Maar toen Heidelberg-Königstuhl, waar asteroïden ontdekt waren van 1891 tot 1962, opnieuw actief werd in 2003, verloor Ukkel ook dat record.

Na 2005 begon de productiviteit af te nemen. We schatten dat er ongeveer 300 000 asteroïden binnen het bereik liggen van de RUSTICCA-apparatuur. Toen het project opgestart werd midden de jaren 1990, waren er nog maar 20 000 van gekend. Tegenwoordig zijn er al meer dan 500 000 asteroïden die een heel nauwkeurige baan hebben, en we kunnen dus stellen dat zo goed als alles wat binnen het bereik van onze apparatuur ligt, al ontdekt is. Ook de nauwkeurigheid van de positiebepaling is wereldwijd aan het toenemen, en vooral de satelliet Gaia (zie verder) zal de nieuwe norm zetten, typisch 100 maal zo nauwkeurig als wat met RUSTICCA mogelijk is.

In 2012 was er een laatste hoogtepunt voor het project, toen we voor de laatste keer een onbekend object detecteerden. Dat object werd bovendien gedetecteerd in omstandigheden die gelijkaardig waren aan die waarin Gaia zou waarnemen. Er was ondertussen een netwerk opgericht van waarnemers die de onbekende asteroïden zouden opvolgen die in de Gaia-data gevonden zouden worden. En bijna twee jaar voor de lancering van Gaia diende zich dus een unieke gelegenheid aan om een algemene repetitie van het netwerk te organiseren, wat met succes gebeurde.

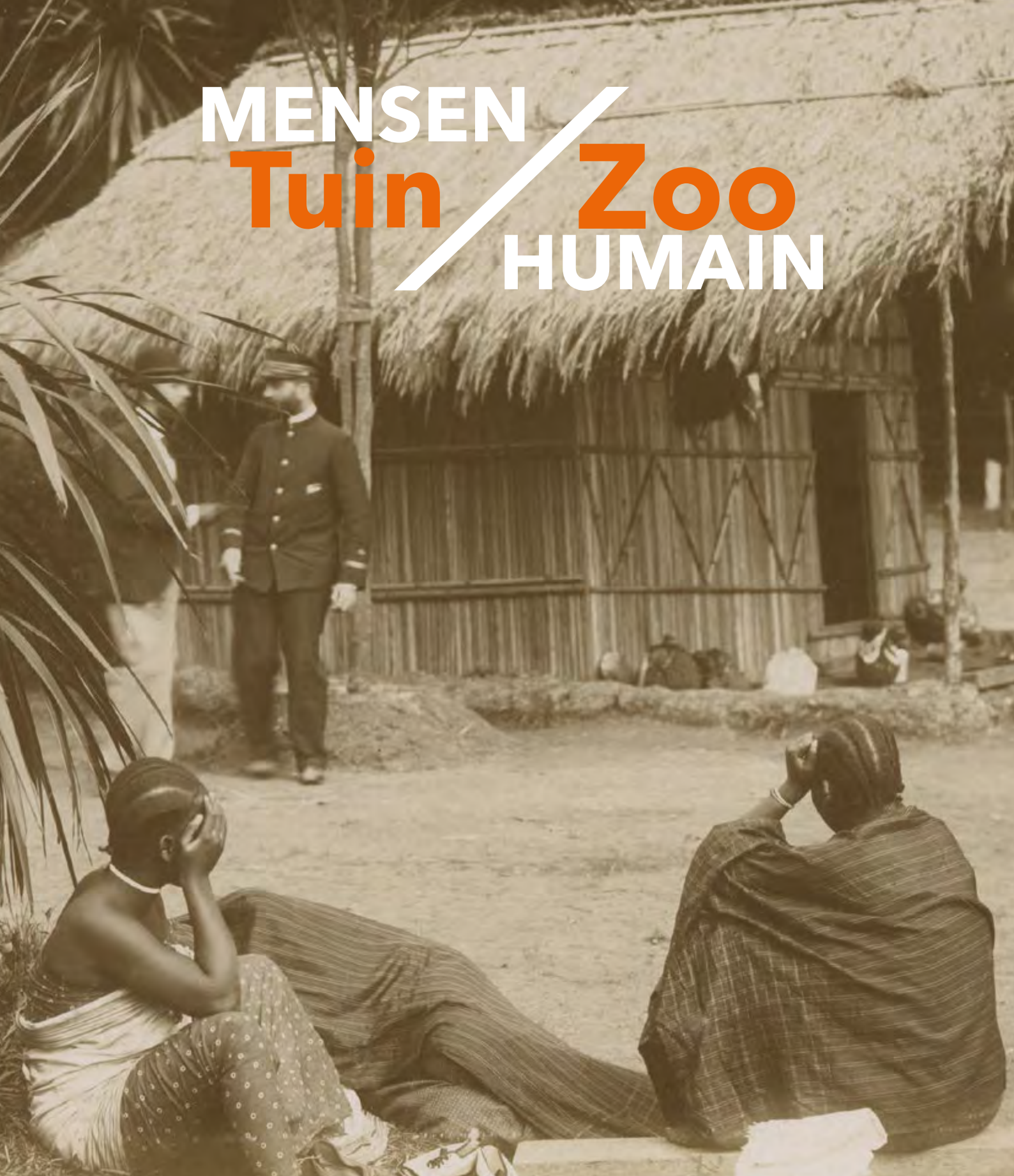
De doodsteek werd gegeven in 2017 toen de telescoop gedurende een vol jaar buiten gebruik was voor renovatie van de koepel. De waarnemers verloren de routine, het instrument werd niet meer onderhouden, en toen de werken voorbij waren, werd de telescoop niet meer opnieuw in gebruik genomen. Waarnemingen van sterbedekkingen door asteroïden zouden als enige nog wel nuttig kunnen zijn, maar de geringe wetenschappelijke resultaten wegen niet meer op tegen de kosten van het bedrijfsklaar houden van het instrument.

Toch bleek het hele project heel nuttig in het kader van de Gaia-missie. Gaia is een satelliet van de ESA, die onze Melkweg heel nauwkeurig in kaart brengt, en dit in drie dimensies. Maar doordat Gaia de hemel systematisch afspeurt, komen ook asteroïden in beeld, en er is een ploeg binnen DPAC (het Data Processing and Analysis Consortium van Gaia) die zich bezighoudt met de verwerking van de waarnemingen van asteroïden. Daarbij bleek de ervaring die opgedaan is tijdens het RUSTICCA-project heel nuttig, zodat een lid van de RUSTICCA-ploeg DU-leider kon worden van DU454 (development unit) 'Astrometric reduction of Solar System Objects'. En zo heeft de Koninklijke Sterrenwacht ook nu nog steeds een belangrijke taak in de astrometrie van asteroïden.

### De auteurs

Thierry Pauwels en Peter De Cat zijn sterrenkundigen bij de Koninklijke Sterrenwacht van België.

# MENSEN Tuin / Zoo HUMAIN



Koloniale tentoonstellingen wereldwijd  
Au temps des exhibitions coloniales

EXPO 09/11/2021 - 06/03/2022

AFRICA  
museum

[www.africamuseum.be](http://www.africamuseum.be)



loterie nationale 6 nationale loterij



HANGART

# Hoe de coronacrisis de luchtkwaliteit wereldwijd heeft beïnvloed

Maite Bauwens, Jenny Stavrakou en Jean-François Müller





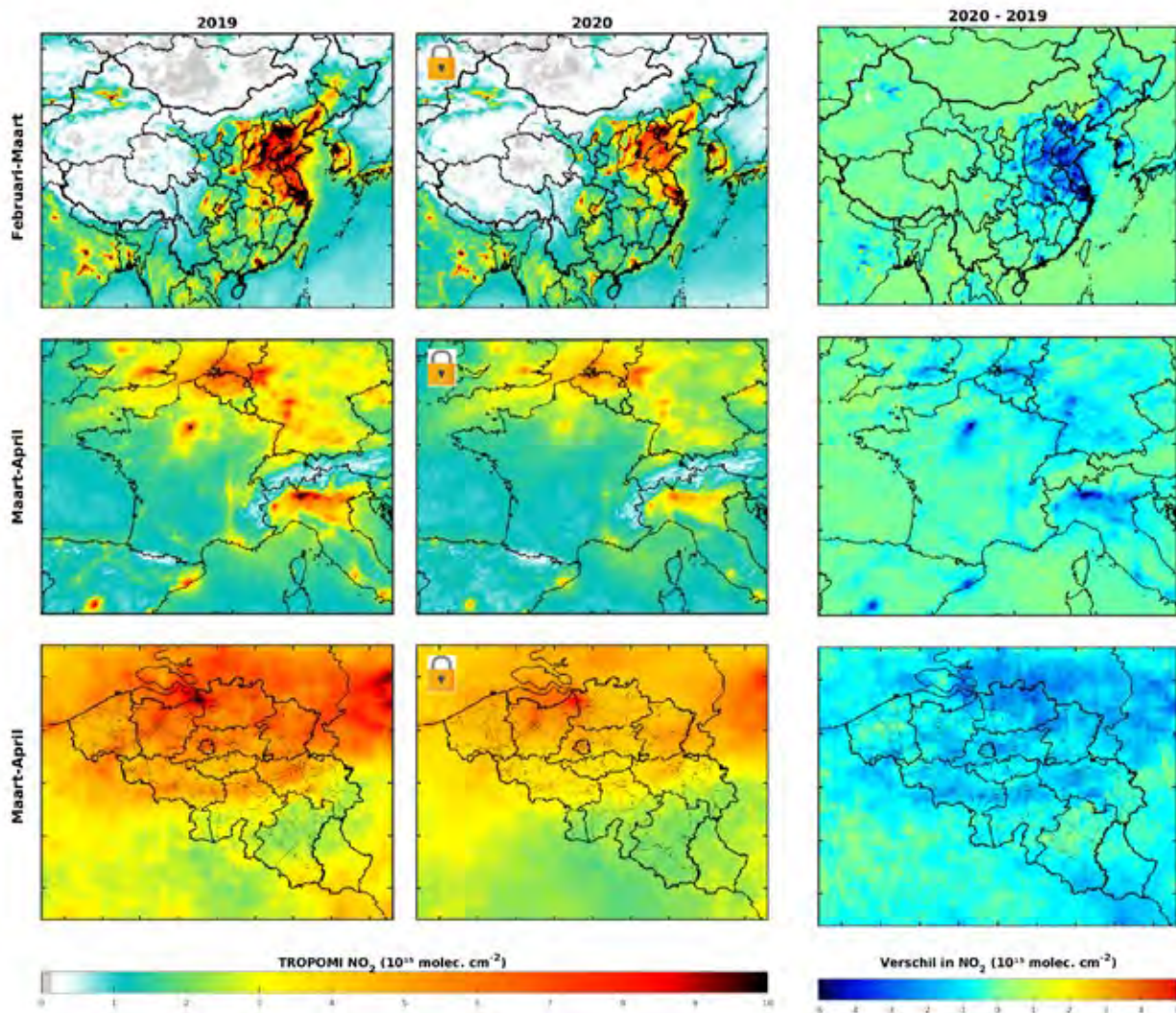
## Een uitzonderlijk jaar

De COVID-19-pandemie heeft al bijna twee jaar de hele wereld in haar macht. Gezaghebbers zagen zich wereldwijd genoodzaakt om maatregelen te treffen om de verspreiding van het virus in te dijken. Overal ter wereld werd het leven in en buiten de steden in meer of mindere mate lamgelegd. Zelf na het versoepelen van de meest strikte maatregelen bleef de dreiging van het virus ons gedrag beïnvloeden. 'Zoveel mogelijk thuisblijven' en 'je zo weinig mogelijk verplaatsen' hebben 2020 gekenmerkt. Omdat het autoverkeer in stedelijke omgeving de voornaamste bron is van luchtvervuiling verwachten we dat deze gedragsveranderingen een positieve impact op de luchtkwaliteit hebben. Nooit eerder werden simultaan overal ter wereld dergelijke inspanningen geleverd die de luchtkwaliteit in die mate beïnvloedden. Wetenschappers van het Koninklijk Belgisch Instituut voor Ruimte-Aeronomie (BIRA-IASB) hebben de atmosferische situatie sinds het begin van de crisis op de voet gevolgd door gebruik te maken van de satellietwaarnemingen van NO<sub>2</sub>.

## Wat zegt NO<sub>2</sub> over de luchtkwaliteit?

Hoge concentraties aan stikstofdioxiden (NO<sub>2</sub>) kunnen de luchtwegen aantasten, vooral mensen met chronische longaandoeningen (bijv. met astma). Uiteraard is NO<sub>2</sub> niet de enige parameter die de luchtkwaliteit beïnvloedt. In Europa worden de concentraties van 6 stoffen gemonitord om de luchtkwaliteitsindex te berekenen: NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, CO en fijnstof. NO<sub>2</sub> is erg reactief en zal de atmosferische samenstelling sterk beïnvloeden. De vorming van ozon (O<sub>3</sub>) en fijnstof (PM<sub>10</sub> en PM<sub>2,5</sub>), allebei nog schadelijker voor de menselijke gezondheid, zullen bijvoorbeeld sterk beïnvloed worden door de concentraties aan NO<sub>2</sub>. Ook is het goed te weten dat andere schadelijke stoffen zoals fijnstof, SO<sub>2</sub> en CO in een stedelijke context gedeeltelijk dezelfde vervuilingbronnen hebben als NO<sub>2</sub>. In die zin kan de NO<sub>2</sub>-concentratie als een indicator dienen voor de algehele luchtkwaliteit, en bieden hoge resolutie NO<sub>2</sub>-waarnemingen van het recent gelanceerde satelliet-instrument TROPOMI een unieke dataset om de luchtkwaliteit wereldwijd te monitoren.

>>



Figuur 1: Links: TROPOMI NO<sub>2</sub>-concentraties (in 10<sup>15</sup> moleculen per cm<sup>2</sup>) boven China, West-Europa en België in 2019 en in 2020 voor de maanden die overeenstemmen met het begin van de coronacrisis-maatregelen. Rechts: Absoluut verschil in NO<sub>2</sub>-concentratie tussen 2019 en 2020.

## Luchtkwaliteitsmonitoring uit de ruimte

Op 13 oktober 2017 werd een nieuwe satelliet, de Sentinel-5-precursor, op een hoogte van 824 km in een zonsynchrone baan, de ruimte in geschoten. Aan boord van de satelliet vindt men het meetinstrument TROPOMI dat onder andere NO<sub>2</sub>-concentraties meet. Rond de lokale tijd van (ongeveer) 13.35 uur scant het instrument iedere dag opnieuw het volledige aardoppervlak in een hoge ruimtelijke resolutie tot 3,5 x 5,5 km<sup>2</sup>. Het opmeten van NO<sub>2</sub>-concentraties met satellieten is niet nieuw. Maar in vergelijking met zijn voorgangers (SCIAMACHY, GOME-2 en OMI) is de ruimtelijke resolutie die TROPOMI biedt ronduit indrukwekkend. Het TROPOMI-instrument stelt ons voor het eerst in staat om van dag op dag luchtvervuiling op stedelijke schaal wereldwijd te monitoren vanuit de ruimte. Dankzij de 'near-real-time' beschikbaarheid van deze hoge resolutie data waren we in staat om de NO<sub>2</sub>-concentraties sinds het begin van de coronacrisis op de voet op te volgen en tot op stedelijk niveau te zien hoe 'stay-at-home-orders' overal ter wereld voor lagere NO<sub>2</sub>-concentraties hebben gezorgd.

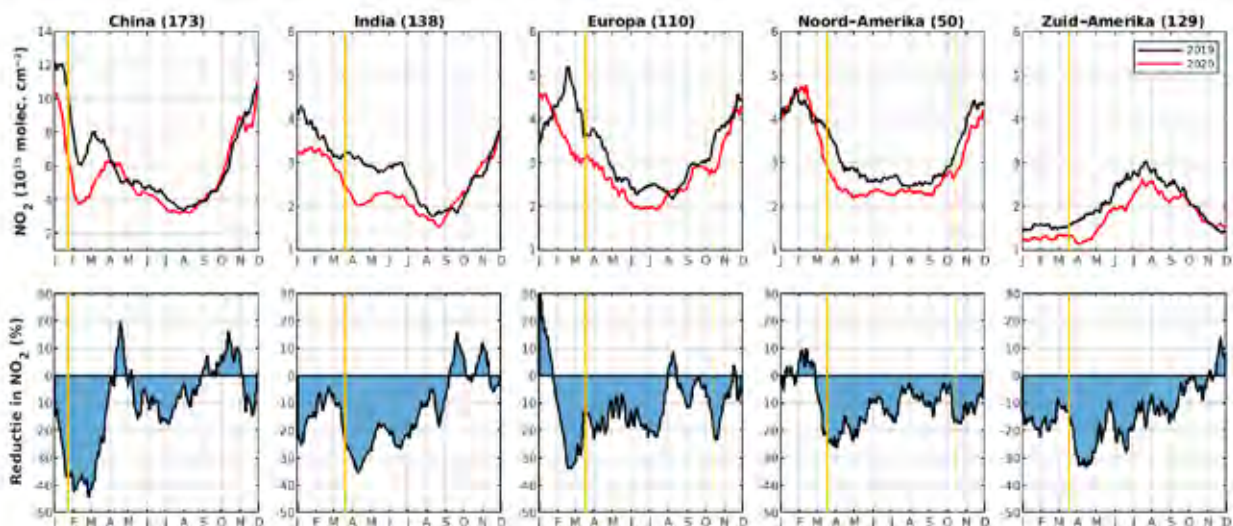
## De coronacrisis in (satelliet)beeld

Figuur 1 toont hoe de NO<sub>2</sub>-concentraties in het drukbevolkte noordoosten van China bij het begin van de crisis in februari en maart 2020 tot 50% lager lagen dan in dezelfde periode in 2019. Een gelijkaardige situatie zien we een maand later boven Europa, waar we over alle grote steden sterke dalingen in de NO<sub>2</sub>-concentraties kunnen waarnemen. De satellietmetingen laten duidelijk zien dat zowel in China als in Europa de drukst bevolkte en meest vervuilde gebieden de sterkste NO<sub>2</sub>-daling ondervinden. Dit komt doordat in deze gebieden de belangrijkste bron van NO<sub>2</sub>

van menselijke oorsprong is (vooral verkeer en industrie). In rurale gebieden is dit meestal niet het geval en verwachten we dus een veel kleinere impact van de crisis op de NO<sub>2</sub>-concentraties. Ter illustratie zoomen we in figuur 1 ook in op ons eigen land, waar we eveneens duidelijk zien dat de sterkste dalingen in NO<sub>2</sub> waar te nemen zijn boven de grote verkeersassen en boven industriële gebieden. Zo zien we NO<sub>2</sub>-reducties van ongeveer 20-30% boven de E42 tussen Bergen en Luik en boven de haven van Antwerpen, terwijl er nauwelijks reducties te zien zijn boven de rurale gebieden als de Polders en de Ardennen.

Figuur 2 illustreert hoe de gemiddelde NO<sub>2</sub>-concentraties in verschillende grote gebieden evolueerden in 2020. Hiervoor werden enkel satellietwaarnemingen geselecteerd in een gebied van ongeveer 25 x 25 km<sup>2</sup> rondom stadscentra met meer dan 300 000 inwoners, dit met de bedoeling om te focussen op stedelijke gebieden waar we de grootste impact van de crisis verwachten. De onderste panelen van figuur 2 tonen de relatieve reductie van NO<sub>2</sub> in 2020 ten opzichte van de waarnemingen over dezelfde periode in 2019, over dezelfde gebieden. Men kan opmerken dat op het hoogtepunt van de crisis gemiddelde NO<sub>2</sub>-reducties tot 50% waargenomen werden boven Chinese steden, terwijl in India, Europa, Noord- en Zuid-Amerika de NO<sub>2</sub>-reducties varieerden tussen 20 en 35% in de eerste weken na de crisis. Gedeeltelijke versoepelingen van de COVID-19-maatregelen leidden tot een geleidelijke toename in NO<sub>2</sub>. In China duurde het gemiddeld slechts 2 maanden om de NO<sub>2</sub>-niveaus van 2019 te bereiken, terwijl in de andere regio's de gemiddelde NO<sub>2</sub>-concentraties meer dan 4 maanden lager bleven dan in 2019. In Europa en Noord-Amerika hebben de opkomst van een tweede COVID-19-golf en de daaropvolgende aanscherping van de restricties in oktober 2020 geleid tot nieuwe NO<sub>2</sub>-reducties, die echter relatief zwak zijn in vergelijking met de eerste pandemiegolf.

Figuur 2: De bovenste figuren tonen de 28-daagse lopende gemiddelden van NO<sub>2</sub>-concentraties waargenomen door TROPOMI in een cel van 25 x 25 km<sup>2</sup> rond alle steden met een bevolking van meer dan 300 000 inwoners. Het aantal steden gebruikt om de gemiddelden te berekenen wordt voor elke regio tussen haakjes weergegeven. De onderste panelen geven de relatieve afname van NO<sub>2</sub> in 2020 ten opzichte van 2019. De oranje lijnen geven het begin van een periode van strengere restricties aan; merk op dat die datum vaak niet voor alle steden binnen een regio hetzelfde is, en dat de lijn dus een benadering is.



## Stedelijk niveau

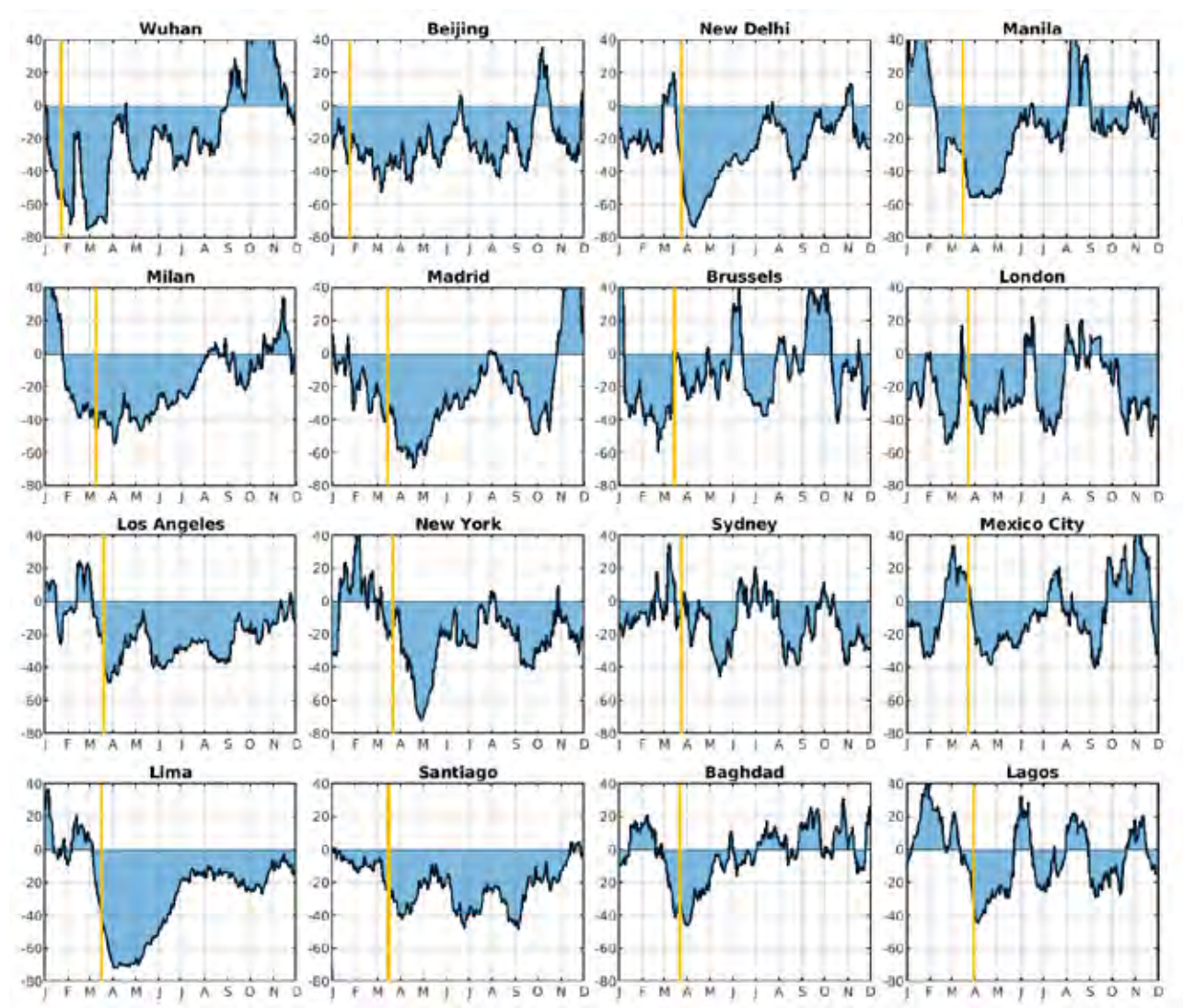
Het is interessant om in te zoomen op enkele individuele steden, om zo de kracht van de hoge ruimtelijke resolutie van het TROPOMI-instrument te illustreren. Figuur 3 laat de relatieve reductie van NO<sub>2</sub>-concentraties zien over 16 grote steden over de hele wereld. Op de figuur staat aangeduid op welk ogenblik de meest strikte maatregelen werden ingevoerd. Het is duidelijk dat het aankondigen van 'stay-at-home-orders' overal ter wereld een impact hadden op de NO<sub>2</sub>-concentraties. Wel is te zien dat er sterke verschillen zijn tussen verschillende steden. In steden waar heel strikte maatregelen werden opgelegd zoals in Wuhan, New Delhi, Manila, Lima en Madrid zien we onmiddellijk na de aankondiging van een lockdown een zeer sterke daling in de NO<sub>2</sub>-concentraties van 60 tot 80%. Anderzijds zien we in steden waar de eerste golf van de pandemie minder voelbaar was, zoals bijvoorbeeld in Sydney, Bagdad en Lagos een meer bescheiden daling van ongeveer 40%, gevolgd door een zeer snelle nivellering van de concentraties. In de meeste steden ziet men echter een daling in de

NO<sub>2</sub>-concentraties van 40 tot 50%, gevolgd door een lange periode waarin de concentraties lager lagen dan in 2019. Uiteindelijk zien we in steden zoals Brussel en Londen dat de NO<sub>2</sub>-daling die volgt op de aankondiging van 'stay-at-home-orders' in dezelfde grootteorde ligt dan de natuurlijke variaties die ook in de rest van het jaar voorkomen. Dit is niet enkel het gevolg van minder strikte maatregelen maar ook van specifieke weersomstandigheden, wat illustreert dat het interpreteren van satellietbeelden niet altijd eenvoudig is.

## Satellietwaarnemingen interpreteren, niet zo eenvoudig

De verleiding is groot om de verschillen in de NO<sub>2</sub>-observaties tussen 2019 en 2020 enkel te verklaren als een gevolg van de coronacrisis. Maar in werkelijkheid worden de NO<sub>2</sub>-concentraties door vele factoren beïnvloed: meteorologische en chemische processen en lokale politieke en maatschappelijke beslissingen. >>

Figuur 3: Relatieve afname van TROPOMI NO<sub>2</sub> in 2020 ten opzichte van 2019 over grote steden. De oranje lijnen geven het begin van een periode van strengere restricties aan.



Hieronder wordt de complexiteit van de atmosferische chemie geïllustreerd aan de hand van een aantal concrete voorbeelden, die aantonen dat voor een correcte interpretatie van satellietmetingen chemische transportmodellen noodzakelijk zijn. Enkel deze computermodellen brengen alle gekende chemische reacties in rekening en houden simultaan rekening met de uitstoot van precursoren, de samenstelling van de atmosfeer, en de meteorologische variabelen.

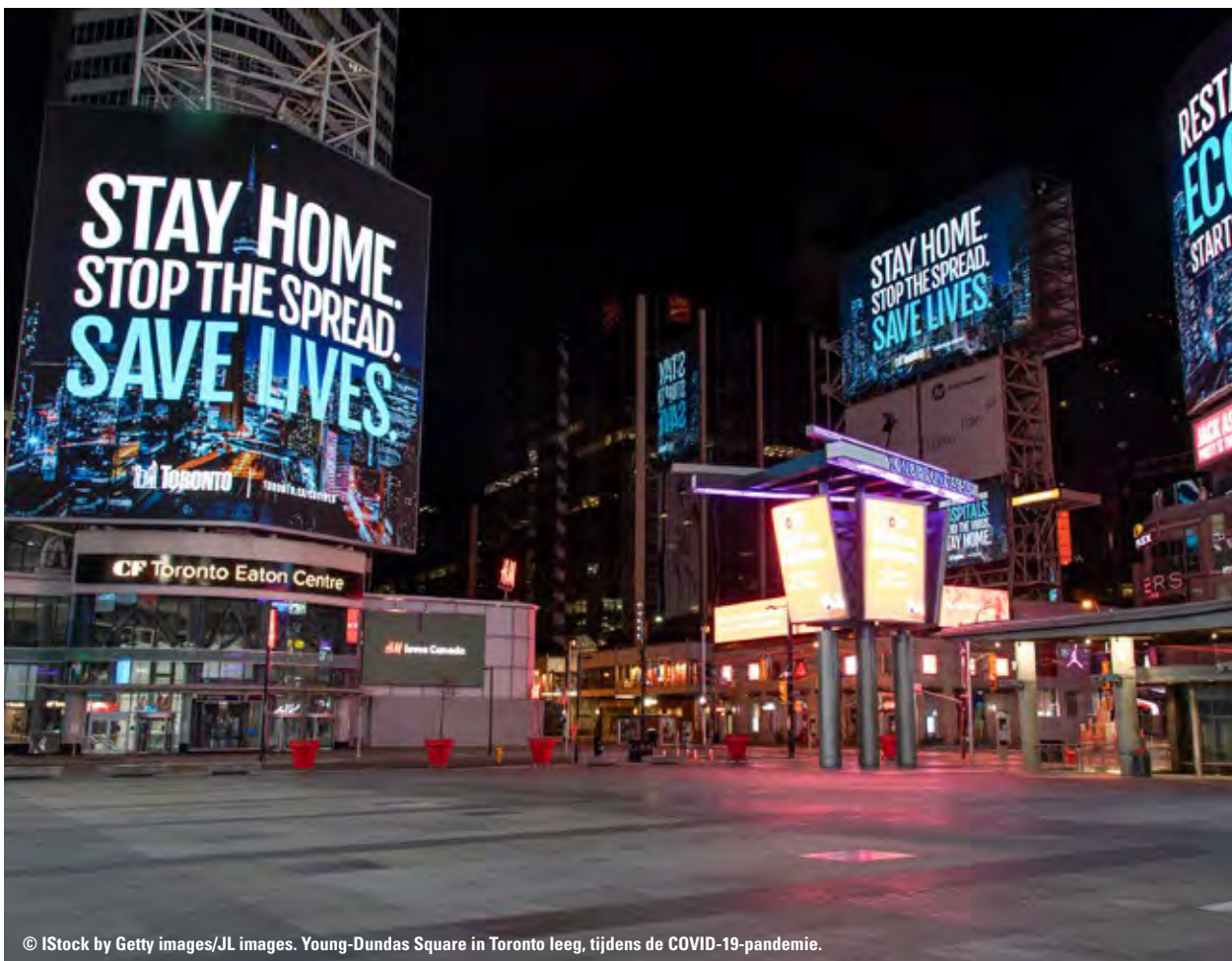
## Het weer

Wie goed naar figuur 2 kijkt ziet in Europa al een sterke reductie in  $\text{NO}_2$ , twee maanden *vóór* de crisis begon. In figuur 3 zien we dat dit het geval is in Brussel, Londen en Milaan. De waargenomen  $\text{NO}_2$ -reductie is hier niet het gevolg van gedragsveranderingen. De lagere  $\text{NO}_2$ -concentraties hadden we te danken aan een erg zonnige periode in een groot deel van Europa tussen januari en maart 2020. Omdat zonlicht verschillende chemische reacties stimuleert die leiden tot de afbraak van  $\text{NO}_2$ , is er gedurende zonnige perioden minder accumulatie van  $\text{NO}_2$ , en zijn er bijgevolg lagere concentraties. Het zijn ook deze fotochemische reacties die verantwoordelijk zijn voor de seizoenscyclus die je in figuur 2 kan zien waarbij de  $\text{NO}_2$ -concentraties overal ter wereld in de zomer

merkbaar lager liggen dan in de winter. Naast zonlicht hebben ook andere weersomstandigheden een impact. De wind zorgt voor een verplaatsing en verdunning van de concentraties. Temperatuurveranderingen beïnvloeden ook de concentraties. Zeker als we individuele steden bestuderen zoals in figuur 3 kunnen lokale meteorologische parameters voor sterke variaties in de  $\text{NO}_2$ -concentraties zorgen, die niet altijd eenvoudig te interpreteren zijn. In Europa zou naar schatting 10 tot 20% van de  $\text{NO}_2$ -schommelingen het gevolg zijn van natuurlijke variaties. Het is dus belangrijk te beseffen dat zeker de kleinere en lokale schommelingen in de  $\text{NO}_2$ -concentraties niet verklaard moeten worden door veranderingen in de  $\text{NO}_2$ -emissies.

## A war on air pollution

Daarnaast moet men ook in het achterhoofd houden dat dalingen van de  $\text{NO}_2$ -emissies niet altijd het gevolg zijn van de coronacrisis. Politieke en maatschappelijke inspanningen om de luchtkwaliteit te verbeteren hebben uiteraard ook een impact op de  $\text{NO}_2$ -uitstoot. De impact van deze inspanningen werd al eerder gekwantificeerd op basis van 10 jaar  $\text{NO}_2$ -waarnemingen van de eerder gelanceerde satelliet OMI. In Noord-Amerika en in Europa, waar men al enkele decennia de luchtkwaliteit tracht te verbeteren,



© IStock by Getty images/JL images. Young-Dundas Square in Toronto leeg, tijdens de COVID-19-pandemie.

leren deze satellietobservaties ons dat de jaarlijkse reducties in  $\text{NO}_2$ -concentraties in de grootteorde van 2% per jaar liggen, en dus klein zijn in vergelijking met de reducties van 20-40% die werden waargenomen tijdens de eerste periode van de coronacrisis. Als gevolg van de Chinese 'war on air pollution' zijn de jaarlijkse  $\text{NO}_2$ -reducties in China sinds 2011 ongeveer tweemaal zo sterk dan in Europa. Ook hier draagt de jaarlijkse reductie van ongeveer 4% als gevolg van het beleid om de luchtkwaliteit te verbeteren dus slechts voor een klein deel bij tot de 50-80% lagere  $\text{NO}_2$ -concentraties die in de figuren te zien zijn.

## $\text{NO}_2$ en luchtkwaliteit, toch niet zo eenvoudig

Ook al is  $\text{NO}_2$  een goede indicator voor de algehele luchtkwaliteit, toch kan men niet veronderstellen dat alle pollutanten in dezelfde richting evolueren als  $\text{NO}_2$ . Vooral voor zogenaamde secundaire pollutanten zoals ozon en fijnstof, die niet rechtstreeks worden uitgestoten maar die ontstaan na chemische reacties in de atmosfeer, is voorzichtigheid geboden. Vele van deze chemische reacties zijn namelijk niet lineair van aard en worden door meerdere parameters tegelijk beïnvloed.

Zo deed zich in het begin van de coronacrisis in het noorden van China een boeiend en contra-intuïtieve situatie voor. Ondanks de sterke reductie van menselijke emissies en de 50% lagere  $\text{NO}_2$ -concentraties (figuur 1 en 2) werden in dezelfde periode in het noorden van China ozonconcentraties geobserveerd die tot 2 maal hoger lagen dan in de periode voor de lockdown. Om dit te begrijpen moet men inzien dat ozon gevormd wordt door verschillende chemische reacties. Welke reactie domineert, hangt af van de samenstelling van de atmosfeer. In een  $\text{NO}_2$ -gelimiteerde atmosfeer, zoals in minder vervuilde steden, zal de concentratie aan  $\text{O}_3$  afnemen met dalende  $\text{NO}_2$ -concentraties. In een  $\text{NO}_2$ -gesatureerde omgeving daarentegen zoals in noord China, zullen andere bijkomende reacties leiden tot stijgende ozonconcentraties. De ozon-chemie wordt al sinds het begin van de jaren 50 bestudeerd en is relatief goed begrepen, bijgevolg waren de observaties in China geen verrassing voor specialisten.

Net als ozon is fijnstof meestal een secundaire pollutant. De vorming van fijnstof daarentegen is veel complexer. Fijnstof is dan ook een verzamelnaam voor verschillende soorten aerosolen waaronder sulfaten, nitraten en organische aerosolen elk gevormd door verschillende chemische processen. Deze processen worden beïnvloed door onderlinge interacties, en door meteorologische variabelen waarbij transport een grotere rol speelt aangezien vele van de betrokken chemische stoffen minder snel worden afgebroken. Het onderzoek rond fijnstof is nog in volle ontwikkeling.

## De coronacrisis als grootschalig atmosferisch experiment

De bovenstaande voorbeelden leren ons dat de coronacrisis overal ter wereld sterke dalingen heeft geïnduceerd in de  $\text{NO}_2$ -emissies. We zagen echter ook dat deze inspanningen niet rechtstreeks resulteerden in een evenredige daling in secundaire pollutanten zoals  $\text{O}_3$  en fijnstof. Als we in de toekomst maatregelen willen treffen om de luchtkwaliteit in haar geheel te verbeteren is een goede kennis van de atmosferische chemie cruciaal. Chemische transportmodellen kunnen op dit ogenblik met succes al heel wat observaties simuleren en dus verklaren. Sommige inconsistenties tussen modelresultaten en waarnemingen duiden op hiaten in ons begrip van atmosferische chemie, waarvan we hopen dat ze op een dag onze kennis zullen vergroten en modellen zullen verbeteren. In zekere zin kan de coronacrisis als een grootschalig atmosferisch experiment gezien worden dat, dankzij de satelliet en *in situ*-waarnemingen van de luchtkwaliteit, een schat aan data heeft opgeleverd. Dit zijn cruciale data die heel waarschijnlijk nieuwe inzichten zullen opleveren, en dusdanig zullen leiden tot betere maatregelen om de luchtkwaliteit te verbeteren. Noodzakelijk, wetende dat in Europa naar schatting jaarlijks meer dan 400 000 vroegtijdige overlijdens het gevolg zijn van een slechte luchtkwaliteit...

## Dankwoord

Dit onderzoek werd gefinancierd door het Federaal Wetenschapsbeleid (Belspo) in het kader van het PRODEX-programma (TROVA- en TROVA-E2-projecten), en door ESA in het kader van het COVAC-project. Wij danken onze internationale partners van het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI) en de Duitse Ruimtevaartorganisatie (DLR) voor het ter beschikking stellen van de TROPOMI  $\text{NO}_2$ -data op <https://scihub.copernicus.eu>. TROPOMI  $\text{NO}_2$ -data zijn eveneens publiek beschikbaar op <https://viewer.terrascope.be>.


### Meer

Bauwens, M. et al., Impact of coronavirus outbreak on  $\text{NO}_2$  pollution assessed using TROPOMI and OMI observations. *Geophysical Research Letters*, <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1029/2020GL087978>, 47(11), e2020GL087978, 2020.

Kroll, J. et al.: The complex chemical effects of COVID-19 shutdowns on air quality, *Nat. Chem.*, 12, 777-779, <https://www.nature.com/articles/s41557-020-0535-z>, 2020.

# Sporen van moderniteit

Europalia Trains & Tracks



Claude Monet (1840-1926), *Aankomst van de Normandische trein, Gare Saint-Lazare*, 1877  
Olieverf op doek, 60,3 x 80,2 cm  
The Art Institute of Chicago, Mr. and Mrs. Martin A. Ryerson Collection, 1933.1158  
© 2021. The Art Institute of Chicago / Art Resource, NY / Scala, Florence

De tentoonstelling *Sporen van moderniteit* in de Koninklijke Musea voor Schone Kunsten van België biedt nog tot 13 februari 2022 een artistiek en historisch parcours rond het thema van de trein, aan de hand van het werk van sleutelfiguren uit de 19de en 20ste eeuw - onder wie Monet, Caillebotte, Spilliaert, Boccioni, Severini, Léger, De Chirico, Mondriaan, Servranckx, Cavigliani, Delvaux en Magritte.

Meer dan 120 werken uit het MoMA, de National Gallery, het Musée d'Orsay, het Centre Pompidou en een dertigtal andere bruikleengevers zijn samengebracht voor deze fascinerende tentoonstelling. Tien thema's verkennen hoe zowel angst als fascinatie voor het nieuwe stalen ros verschillende generaties kunstenaars heeft geïnspireerd. Er is een uitgebreid activiteiten aanbod in het kader van de tentoonstelling en in een unieke co-creatieve ruimte kan het publiek deelnemen aan een artistiek en participatief experiment.

In het begin was de trein het ultieme symbool van moderniteit. Hij was een belangrijk instrument van de industriële revolutie, bracht hoop op vooruitgang en rijkdom maar ontketende ook gevoelens van angst en weerstand tegen verandering. In de jaren 1820 werden in Groot-Brittannië de eerste spoorlijnen aangelegd om de mijnbouw te stimuleren. België was het eerste land dat dit voorbeeld volgde en in 1835 huldigde Leopold I een spoorlijn in tussen Brussel en Mechelen.

De trein zorgde voor diepgaande maatschappelijke hervormingen. Hij herschikte de relaties met tijd en ruimte en ontwikkelde zich almaar verder: in steden waar stations, spoorwegen en stalen bruggen steeds meer de urbane omgeving bepaalden én op het platteland waar het landschap verscheurd werd door de trein. Hij werd ook ingezet voor het opkomende toerisme, gepromoot op affiches en onderverdeeld in drie klassen - een onuitputtelijke bron voor karikaturisten als Daumier.

Aan het einde van de 19de eeuw verkenden de impressionisten moderne onderwerpen waaronder het thema van de trein. Stoomwolken, bewegende treinen, wisselende seinlichten in stations of langs spoorlijnen werden motieven die Monet, Caillebotte, De Nittis of Ottmann poogden weer te geven. In dezelfde periode maakten de gebroeders Lumière *L'arrivée d'un train en gare de La Ciotat*. Film en fotografie gingen ook dieper in op de trein.

De moderne maatschappij - gekenmerkt door haar snelheid, sensatie en geweld - wist ook de futuristen te fascineren. Severini, Carrà, Russolo, Baldessari of Sant'Elia deelden deze fascinatie, terwijl Boccioni een van de eersten was die zich interesseerde voor de psychologische aspecten van het reizen.

De surrealisten keerden zich naar de reiziger: de psychologische dimensies kwamen meer op de voorgrond dan de fixatie op het moderne. Freuds onderzoek, dat gericht was op de effecten van de trein op de reiziger, voedde hun inspiratie. Max Ernst verdiepte



Marianne Stokes (1855-1927), *De voorbijrijdende trein*, 1893  
Olieverf op doek, 61 x 76,2 cm  
Privéverzameling

zich in de microkosmos van de treincoupé, terwijl Blaise Cendrars de reis als een introspectief proces zag. De Chirico, Delvaux of Magritte creëerden alternatieve werkelijkheden getypeerd door tijdloze en roerloze treinen in vaak bevreemdende en verontrustende omgevingen.

Hoewel het enthousiasme voor de trein vanaf 1950 bij kunstenaars afnam, komt hij vandaag opnieuw centraal te staan. We leven in een tijd waar de moderniteit zich aan de omgeving moet aanpassen. Kunstenaar Fiona Tan presenteert een installatie gerelateerd aan deze thematiek.

## Tentoonstellingsparcours

### Inleiding

In deze tentoonstelling ontdekken we de wereld van het spoor. Sinds zijn verschijning begin 19de eeuw tot het midden van de 20ste eeuw kan het thema van de trein op heel wat belangstelling rekenen bij kunstenaars. Hun beelden vertolken de verschillende gevoeligheden van dit tijdperk. Ze tonen de angst en het enthousiasme voor een nieuwe industriële wereld wiens snelle opmars niet meer te stuiten is. Kunstenaars focussen op het station, op de stad die zich herinricht en alle plekken die te maken hebben met die nieuwe sensatie van het reizen. Ze zijn gefascineerd door het lichtspel, de stoomwolken, de snelheid en almacht van motoren die van hen ware technologieadepten maken. Zo benadrukken ze de plastische schoonheid van gebogen profielen, zuigermotors en het wonder van de mechanica. Ze tonen ons zowel het werktuig als de droom, met de voeten op de grond of het hoofd op hol gebracht door reizen en innerlijke avonturen. *Sporen van moderniteit* laat u deze wereld ontdekken doorheen werken van vooraanstaande kunstenaars uit de 19de en 20ste eeuw maar ook aan de hand van meer vertrouwelijke stukken die het thema vanuit hun specifieke invalshoek belichten.

>>

Paul Delvaux (1897-1994), *Avondtrein*, 1957  
Olieverf op hout, 110 x 170 cm  
KMSKB, Inv. 6797

© KMSKB, Brussel/Foundation Paul Delvaux, Sint-Idesbald - SABAM  
Belgium, foto: J. Geleyns - Art Photography



### Een uitvinding die evenveel fascineert als beangstigt

De eerste spoorlijnen verschijnen in Groot-Brittannië in de jaren 1820. Op het continent is België de eerste om dit voorbeeld te volgen. In 1835 huldigt Leopold I - die zijn jonge land op de internationale kaart wil zetten - een openbare spoorlijn in tussen Brussel en Mechelen. De trein is op dat ogenblik het ultieme symbool van de moderniteit en een belangrijke schakel in de industriële revolutie en de transformatie van de westerse samenleving. De trein wordt met open armen ontvangen en brengt hoop op nooit voor mogelijk geachte realisaties en ontwikkelingen. Toch zorgt de trein ook voor angsten en stoot hij tegen de borst van mensen die de verandering liever niet zien gebeuren. De spoorwegen veranderen de relatie tot tijd en ruimte. Verre bestemmingen worden dichterbij gebracht. Reizen is niet langer een verre droom, daar waar het vroeger een avontuur was dat slechts weinigen durfden en konden aangaan. De zonnetijd - de plaatselijke tijd waarop de klokken luiden en die van stad tot stad enkele minuten verschilt - verdwijnt geleidelijk, ten gunste van het comfort en de veiligheid van de reiziger en een wereld waarin alles sneller gaat.

### De trein eist zijn plaats op

De trein verandert de maatschappij snel op een ingrijpende manier. Hij weeft zijn web in de steden waar stations, metalen bruggen en spoorlijnen zich steeds meer in het stedelijke landschap vastbijten. Het platteland blijft niet achter. De trein eist zijn plaats op, het landschap verscheurend met zijn beddingen en vluchtige verschijningen. De trein botst met de traditionele samenleving. 'Jullie waren dezelfde mensen die in een dorp woonden, / Jullie kenden niets dan jullie eigen gewoonten, / En nu rolt de hele wereld over jullie heen / Haar tumult en haar beroering', schreef Emile Verhaeren (*L'Or*).

Anoniem, 22 oktober 1895, de Granville-Parijs Express hangend voor het station Montparnasse, 1895

Albuminedruk gelamineerd op karton, vintage print, 16,5 x 12,2 cm  
Coll. Musée de la Photographie à Charleroi, MPC 2009/1075  
© Musée de la Photographie à Charleroi



Aan het einde van de 19de eeuw richten de impressionisten zich op moderne onderwerpen. Ook de trein speelt hierin een aanzienlijke rol. Stoomwolken, snelheid, beweging en het veranderend licht van het station zijn allemaal beelden die de schilders proberen vast te leggen. In Italië stopt Giuseppe de Nittis snelheid en beweging in zijn schilderijen, zonder zelfs maar de trein erbij te betrekken. Even later, in Brussel, schildert Henri Ottmann het Luxemburgstation, met zijn verstrengelde rails en de rook van de treinen.

### Film en fotografie

Treinen zijn bijzonder cinematografisch en de zevende kunst heeft er vanaf het begin een prominente plaats aan gegeven. Denken we bijvoorbeeld aan de film van de gebroeders Lumière uit 1897, *L'arrivée d'un train en gare de La Ciotat* (De aankomst van een trein in het station van La Ciotat) of *La Roue* (Het Wiel), geregisseerd door Abel Gance in 1923, waarin alles draait rond het spoor. De trein vormt vaak een overgang in het verhaal, tussen twee steden, tussen twee werkelijkheden. Maar is de eerste cinematografische ervaring niet die van de reiziger in de 19de eeuw, nog vóór er sprake was van film? Aan boord van de trein experimenteert de reiziger met de 'beweeglijke blik': hij traint zijn oog om beelden in volle snelheid en voortdurende beweging te kunnen interpreteren. De trein creëert een nieuwe manier van perceptie. Net als de impressionisten en andere kunstenaars na hen, spelen de fotografen met treinen en de grafische kwaliteiten van stoom, seinen of stations. De band met de industrie, de uitdrukking van de mechanische almacht en de poëzie van de spoorweglandschappen zijn terug te vinden in hun foto's.

### Moderniteit, snelheid en sensatie

'Wij verklaren dat de pracht van de wereld zich heeft verrijkt met een nieuwe schoonheid: de schoonheid van de snelheid. (...) Tijd en Ruimte zijn gisteren gestorven,' zei Filippo Tommaso Marinetti in 1909 in zijn *Manifest over het futurisme*. Het is de moderne maatschappij - haar snelheid, haar geweld en de sensaties die ze opwekt - die de futuristen interesseert. De trein, hoewel hij niet langer het technologisch meest geavanceerde vervoermiddel was, krijgt desalniettemin een cruciale symbolische plaats in het werk van diegenen die 'de veelkleurige en veelstemmige vloedgolven van de revoluties in de moderne hoofdsteden; (...) de onverzadigbare stations, verslinders van rokende slangen; de fabrieken, opgehangen aan de wolken met hun kringelende rooksluizen; (...) locomotieven met brede borst die op de rails stampen als met buizen bespannen paarden, en de glijdende vlucht der vliegtuigen' willen bezingen.





Victor Servranckx (1897-1965), *Opus 11*, 1920  
Gouache op papier, 30 x 30 cm  
Privéverzameling  
© SABAM, Belgium, foto: Cedric Verhelst

### Ten goede en ten kwade

De trein is een symbool van vrijheid, maar kan ook de belichaming zijn van oorlog, onderdrukking en uitbuiting. Aan het einde van de 19de eeuw leggen de landen in het Westen spoorwegnetten aan onder het mom van hun 'beschavingsmissie'. In werkelijkheid wordt het spoor gebruikt om de grondstoffen en rijkdommen van de koloniën efficiënter te kunnen benutten. 'Zonder de spoorwegen zou Congo geen stuiver waard zijn,' zei Stanley die het land koloniseerde voor Leopold II. In Congo is het aanleggen van spoorwegen een gigantische taak. Het terrein is bijzonder uitdagend, de arbeiders moeten in extreme omstandigheden werken en het verlies aan mensenlevens is aanzienlijk. De financiële belangen en ongelijkheden die de spoorwegen met zich meebrengen, staan ook centraal in de eisen van de Franse spoorwegarbeiders. In 1910 gaan ze over tot een grotestaking. Jules Grandjouan, een activistische affichekunstenaar, plaatst spoormannen en managers, zij die risico's nemen en zij die rijkdom hebben, tegenover elkaar in zijn werken. De Eerste Wereldoorlog, die de futuristen naar beelden vertalen, heeft ongetwijfeld geleid tot een breder besef van de macht van de spoorwegen en de soms schadelijke

>>

Ivo Pannaggi (1901-1981), *Rijdende trein*, 1922  
Olieverf op doek, 100 x 120 cm

Fondazione Cassa di Risparmio della Provincia di Macerata - Museo Palazzo Ricci, inv. X.2011.903  
© Archivio fotografico Fondazione Cassa di Risparmio della Provincia di Macerata



doelen waarvoor ze gebruikt kunnen worden. De massadeportaties naar concentratiekampen tijdens de Tweede Wereldoorlog zijn het bekendste en meest dramatische voorbeeld.

### Luxe- en massatoerisme

Het toerisme is ontstaan in de 18de eeuw en voorbehouden aan de elite: jonge mannen van adel en de hogere middenklasse - de Engelse in het bijzonder - moeten hun opleiding afronden met een reis naar het Europese continent. Die reis, de zogenaamde 'Grand Tour' leidt in 1800 tot het ontstaan van de term *tourist*. Pas met de ontwikkeling van het spoorwegnet is het echte vrijetijdstoerisme ontstaan. Ook dat is aanvankelijk voorbehouden aan de elite, zij die tijd en geld hadden. Ze kunnen genieten van de paleizen, badplaatsen en kuuroorden van het einde van de 19de eeuw. De minderbedeelden trekken op zondag soms naar de kust in overvolle 'pleziertreinen'. Pas in de jaren dertig van de vorige eeuw en met de komst van betaalde vakanties verandert het - aanvankelijk binnenlandse - toerisme van gezicht. Voor het eerst wordt

de beschikbare tijd niet alleen gebruikt om op krachten te komen maar ook om tijd voor zichzelf te maken. Dankzij de verlaagde tarieven voor vakantiegangers kunnen duizenden gezinnen eropuit trekken en bloeit het toerisme.

### Esthetiek van de machine

In het diagram dat hij in 1936 publiceert voor de tentoonstelling *Cubism and Abstract Art* in het Museum of Modern Art in New York, noemt Alfred Barr, de beroemde oprichter en eerste directeur van het instituut, de 'esthetiek van de machine' als een van de belangrijkste invloeden die tot de abstracte kunst hebben geleid, naast invloeden van buitenaf zoals Afrikaanse beeldhouwkunst en Japanse prenten. Hoewel het diagram van Barr met de nodige terughoudendheid moet worden bekeken, omdat het de abstracte kunst als een hoogtepunt lijkt voor te stellen, is het niettemin illustratief voor het belang van de visuele woordenschat die voortkomt uit de nieuwe belangstelling voor de machine. Die belangstelling begint zich in het midden van de jaren 1910

Leo Marfurt (1894-1977), *Flying Scotsman*, 1928  
Steendruk op papier, 101,5 x 126 cm  
KMSKB, Inv. 8328

© SABAM, Belgium / KMSKB, Brussel, foto: J. Geleyns-Art Photography





Fernand Léger (1881-1955), *De spoorwegovergang (schets)*, 1919  
 Olieverf op doek, 54,1 x 65,7 cm  
 The Art Institute of Chicago, Joseph Winterbotham Collection; gift of Mrs. Patrick Hill in memory of Rue Winterbotham Carpenter, 1953.341  
 © 2021, The Art Institute of Chicago / ArT Resource, NY / Scala, Florence



Leon Spilliaert (1881-1946), *De vrouw in de trein*, 1908  
 Gewassen zwarte en bruine Oost-Indische inkt,  
 rood en blauw krijt, blauwe gouache op papier,  
 518 x 415 mm  
 Geschonken door mevr. Madeleine Spilliaert, dochter  
 van de kunstenaar, Brussel, 1984  
 KMSKB, Inv. 10223  
 © KMSKB, Brussel, foto: J. Geleyns-Art Photography

>>



Giorgio de Chirico (1888-1978), *Verontrustende ochtend*, 1912  
 Olieverf op doek, 81 x 65 cm  
 Mart, Museo di arte moderna e contemporanea di Trento e Rovereto  
 Collezione VAF-Stiftung  
 © MART-Archivio Fotografico e Mediateca Mart

te ontwikkelen. Tot dan is de machine geen geliefd onderwerp van de avant-garde. De avant-gardeschilders focussen zich op andere thema's zoals landschappen, het plattelandsleven en de zoektocht naar het primitieve, hoewel de industrialisatie aan een opmars bezig was. Vanaf de jaren 1910 wordt de machine echter een deel van het dagelijks leven: auto's, fietsen, naaimachines, typemachines en elektriciteit dringen de straten en huizen binnen. Sommige kunstenaars gebruiken de technologie nu als hulpmiddel voor hun kunst. Enkelen gingen de technologie zelfs bewonderen en in hun werk gebruiken.

### De coupé

In de literatuur en in de beeldende kunst nemen treincoupés een bijzondere plaats in. Ze zijn zowel openbaar als gedeeltelijk privé. Vaak wordt een coupé geassocieerd met seksualiteit, zoals in de film *The Kiss in the Tunnel* (George Albert Smith, 1899). De trein wordt een seksueel symbool. Hij rijdt de tunnel en de duisternis in en creëert de perfecte omstandigheden voor een kus. Alfred Hitchcock gebruikt hetzelfde procedé zestig jaar later in *North by Northwest*. In deze film bereikt de freudiaanse symboliek van de trein zijn hoogtepunt wanneer Cary Grant en Eva Marie Saint op de slaapbank gaan liggen als de trein de tunnel binnenrijdt.

De coupé wordt ook vaak geassocieerd met misdaadscènes, met gevaar, zoals in de vreemde en decadente coupés van Max Ernst waarin angst, dreiging en geweld heersen. Een treincoupé kan ook intimiteit bieden, een eenzaamheid die soms tot introspectie en bezinning leidt.

### Vreemdheid en introspectie

Bij de surrealisten wordt het verband tussen beweging en gevoel belangrijk. Ze zijn geïnteresseerd in het standpunt van de reiziger: psychologische aspecten hebben voorrang op de aantrekkingskracht van moderniteit en technologie, waarvoor ze weinig belangstelling tonen. Mogelijk heeft de Eerste Wereldoorlog het enthousiasme wat getemperd. Freuds onderzoek naar de trein en de effecten op de passagiers is de voedingsbodem voor het werk van de surrealisten. De trein en zijn coupés vormen een ware microkosmos. Ze groeien uit tot een instrument om het onderbewuste te onderzoeken en de burgerlijke maatschappij te bekritisieren. Blaise Cendrars ziet in zijn gedicht *Proza van de transsiberische spoorlijn* de reis als een introspectief proces waarin de gedachte ontsnapt en evolueert. Giorgio de Chirico en Paul Delvaux bieden ons beelden van alternatieve werkelijkheden, met roerloze bewegingen en tijdloze treinen die een vreemde, zelfs verontrustende wereld bewonen.

### En wat erna?

Is het de recente hegemonie van de auto of de toename van het luchtvervoer? In ieder geval verliest de trein in de tweede helft van de 20ste eeuw wat van zijn glorie. Kunstenaars keren zich geleidelijk af van het thema. Maar de moderniteit van de machine komt vandaag weer op de voorgrond, met name door ecologische overwegingen. Paradoxaal genoeg wordt de trein, die vroeger werd geassocieerd met de versnelling van de samenleving, nu gezien als een manier om wat gas terug te nemen. De trein maakt het mogelijk om terug te keren naar een minder hectische manier van reizen en leven.

(Bron: KMSKB)

### Meer

Tentoonstelling *Sporen van moderniteit* in de Koninklijke Musea voor Schone Kunsten van België in het kader van het festival *Europalia Trains & Tracks* tot 13 februari 2022.  
[www.fine-arts-museum.be](http://www.fine-arts-museum.be)

# Social Sciences and Digital Humanities Archive

# SODHA

**Het *Social Sciences and Digital Humanities Archive* (SODHA) is nieuw in het Belgische datalandschap. SODHA richt zich op het ontsluiten van Belgische onderzoeksdata uit de sociale en humane wetenschappen, maar het is niet louter een digitale archiefkast. Het is veel meer. Dit hightech-onderzoekplatform bruist van mogelijkheden voor Belgische wetenschappers én betekent ook een nieuwe kans tot aansluiting bij de *European Open Science Cloud* (EOSC).**

**S**ODHA is een initiatief van het Belgisch Algemeen Rijksarchief, de Vrije Universiteit Brussel, de Université catholique de Louvain en het Belgisch Federaal Wetenschapsbeleid (BELSPO). SODHA biedt veilige archivering van onderzoeksgegevens uit de sociale en humane wetenschappen aan via het onlineplatform [www.sodha.be](http://www.sodha.be). Deze website maakt het mogelijk om datasets te beschrijven en de onderzoeksgegevens te deponeren. SODHA garandeert de vindbaarheid, toegankelijkheid en interoperabiliteit en maakt het hergebruik van deze databronnen mogelijk. Met de realisatie van SODHA beantwoordt België aan de noden van onderzoekers. Al sinds de jaren 1960 konden buitenlandse collega's uit de sociale wetenschappen een beroep doen op nationale data-archieven voor de bewaring van datagegevens. In België werden in 1969 de *Belgian Archives for Social Sciences* (BASS) opgericht maar deze instelling diende in 1998 haar activiteiten te staken zonder opvolging door een nieuwe infrastructuur. Tot voor kort was de noodzaak in de humane wetenschappen voor een data-archief minder acuut, vermits onderzoekers vooral gebruikmaakten van de collecties beschikbaar in een breed scala

aan publieke, private, meer algemene en gespecialiseerde instellingen zoals, bibliotheken, musea of overheden.

De nationale data-archieven van de sociale wetenschappen waren de eerste die het initiatief namen om de krachten te bundelen op Europees niveau. Dit gebeurde in 1976 met de oprichting van het *Consortium of European Social Science Data Archives* (CESSDA). Dankzij de ontwikkelingen op vlak van Europese data- en technologie-uitwisseling werd CESSDA erkend als European Research Infrastructure Consortium (ERIC). De deelname aan CESSDA laat nationale data-archieven toe om technologische kennis en praktische ervaringen te delen en zo hun interne werking te verbeteren. Daarnaast werken de nationale data-archieven samen om de verdere uitbouw van de onderzoeksinfrastructuur te realiseren. Deze integratie van nationale data-archieven

>>

Het SODHA-projectteam. Van links naar rechts: Freya De Schampelaere (Algemeen Rijksarchief - AR), Rolande Depoortere (AR), Aziz Naji (BELSPO), Johan Surkyn (Vrije Universiteit Brussel) en Jean-Paul Sanderson (Université catholique de Louvain). © Social Sciences and Digital Humanities Archive - SODHA



biedt een aantal voordelen voor onderzoekers en hun discipline. CESSDA informeert onderzoekers niet alleen over veilige databewaring, efficiënt datamanagement en open-datamogelijkheden. Europese onderzoekers kunnen met een muisklik een overzicht krijgen van relevante datasets in de nationale data-archieven en hun mogelijkheden tot hergebruik. Dit voorkomt overbodig en dubbel werk op vlak van dataverzameling en faciliteert internationale samenwerking tussen onderzoekers. De verhoogde zichtbaarheid van onderzoek(ers) kan dus de internationale competitiviteit en financieringsmogelijkheden vergroten.

Lange tijd werden onderzoeksgegevens louter beschouwd als een eenvoudig middel om een studiedoelstelling te bereiken en niet als een wetenschappelijke verwezenlijking met een eigen potentieel. Met de realisatie van SODHA zet België opnieuw een belangrijke stap op vlak van het deelnemen aan internationale samenwerkingsplatformen. Het delen en hergebruiken van gegevens is kostenbesparend, en laat bovendien ook innovatief onderzoek toe door schaalvergroting, door het creëren van meer mogelijkheden voor historisch, comparatief en transdisciplinair onderzoek en door de mogelijkheid om data opnieuw te analyseren aan de hand van nieuwe inzichten en nieuwe technieken. Via het onlineplatform [www.sodha.be](http://www.sodha.be) kunnen onderzoekers nu makkelijk een overzicht krijgen van databronnen uit de sociale en humane wetenschappen. SODHA maakt het mogelijk om vrij toegang te krijgen tot de open-datasets of informatie te verkrijgen over de procedure tot machtigingsaanvragen. Dankzij de financiering door BELSPO, bewaart SODHA de gegevens gratis op lange termijn aan de hand van moderne archiveringsmethoden. De onderzoeker behoudt alle controle over de data en beslist zelf hoe open de data gedeponeed worden. De gedeponeerde (meta)data krijgen erkenning als volwaardige onderzoeksoutput d.m.v. een *digital object identifier* (DOI). Open-datasets kunnen meteen gedownload worden via de website. Bij meer gevoelige data fungeert SODHA als intermediair orgaan tussen de onderzoeker en mogelijke datagebruikers.

## Een uitdaging

De ontwikkeling van een dergelijk platform is echter niet zo evident, noch op technisch noch op inhoudelijk vlak. De ontwikkelde tool laat toe onderzoeksgegevens te deponeren en te valoriseren en beantwoordt aan strenge eisen inzake gebruiksvriendelijkheid en technische mogelijkheden. Het is evolutief met het oog op toekomstige noden. De juridische aspecten, zoals de vraag naar de intellectuele eigendom van de gearhiveerde gegevens, de mogelijkheden tot hergebruik en de bescherming van persoonsgegevens werden ook in rekening gebracht.

## Een eenvoudig en gebruiksvriendelijk onlineplatform

De infrastructuur SODHA maakt gebruik van de software Dataverse, een gratis en *open source* webtoepassing ontwikkeld door het *Institute for Quantitative Social Sciences (IQSS)* van de Harvard Universiteit voor het beheer en de valorisatie van onderzoeksgegevens. Met dit doel voor ogen wordt de software op dit ogenblik in heel Europa gebruikt. Deze software beschikt over een intuïtieve en ergonomische interface, gericht op de twee belangrijkste diensten die SODHA biedt: een *data repository* enerzijds, het zoeken en downloaden van herbruikbare gegevens anderzijds. Het SODHA-platform is te vinden op [www.sodha.be](http://www.sodha.be). De homepage van Dataverse biedt de gebruiker een lijst met de nieuwste publicaties, een zoekmachine en tools voor navigatie (zie hiernaast).

Gebruikers kunnen bladeren door de gepubliceerde datasets, eventueel door de volgorde van presentatie te wijzigen (van A naar Z of vice versa, van de meest recente naar de oudste en vice versa). Ze kunnen ook trefwoorden invullen in de zoekbalk om gegevenssets te vinden die verband houden met het eigen onder-

## Belgian Archives for Social Sciences (BASS)

SODHA is niet het eerste archief voor onderzoeksgegevens in de sociale wetenschappen. In 1969 richtte een groep onderzoekers de *Belgian Archives for Social Sciences* (BASS) op. De BASS waren een intern orgaan van de UCLouvain verbonden aan de Faculteit Economische, Sociale en Politieke Wetenschappen, met als doel de gegevens die worden verzameld door UCLouvain-onderzoekers te bewaren, net zoals gegevens die verworven werden via partnerinstellingen. De BASS waren actief van 1969 tot 1998, het ogenblik waarop de dienst wegens gebrek aan financiële middelen werd beëindigd. Op deze datum bevatten de BASS maar liefst 478 verschillende datasets bestaande uit gegevens verzameld door UCLouvain-onderzoekers, gegevens

verkregen van verschillende Belgische overheden (voornamelijk van het Nationaal Bureau voor de Statistiek, nu StatBelgium) en gegevens verkregen, of zelfs gekocht, bij buitenlandse instanties. Gelukkig zijn alle data, die werden verzameld tijdens het 30-jarige bestaan van de BASS, niet volledig verloren. Ze werden in bewaring gegeven aan de archiefdienst van de UCLouvain. De ervaring met de BASS benadrukt het belang en de rol van een specifiek archief voor onderzoeksgegevens. Enerzijds, en dit is een essentiële rol, moeten we rekening houden met de evolutie van gegevensdragers. In 1969 werden de meeste datasets bewaard op ponskaarten; in de jaren negentig werden de meeste van deze overgedragen en opgeslagen op magnetische banden;

tegenwoordig worden deze bewaard op een beveiligde server. Anderzijds is het essentieel om de opgeslagen gegevens goed te documenteren om hergebruik ervan mogelijk te maken. Dit was zonder twijfel een van de zwakke punten van de BASS vermits geen archivariissen betrokken waren, wel computerwetenschappers en specialisten in data-analyse. Momenteel worden de gegevens van de voormalige BASS in overleg met de UCLouvain gedeponeed in het SODHA-platform en wordt de nodige documentatie opnieuw opgebouwd. Uiteindelijk leert de ervaring met de BASS ons het belang om de duurzaamheid van de infrastructuur gecreëerd door SODHA te verzekeren met een rigoureuus businessmodel en de vrijwillaristische ondersteuning door BELSPO.

The screenshot shows the SODHA homepage with a search bar at the top. On the left, there are filters for 'Dataverses (2)', 'Datasets (42)', and 'Files (192)'. Below these are filters for 'Dataverse Category', 'Publication Year', 'Author Name', 'Subject', and 'Keyword Term'. The main area displays '1 to 10 of 44 Results' with a list of datasets including 'School Identity and Society Survey', 'State Archives Leuven / Rijksarchief Leuven', 'Belgian Archives for Social Sciences', and 'State Archives of Belgium'.

Homepage van het SODHA-platform met focus op de lijst van de laatst gepubliceerde datasets, de zoekbalk en een geavanceerde zoekfunctie.

The screenshot shows a dataset page for 'EOSC and SSHOC - the Belgian Link'. It includes the title, version (1.0), author (Van der Eycken, Johan), and a description of the dataset. There are also sections for 'Subject' and 'Keyword', and a 'Files' section showing a PDF file with a download button.

Voorbeeld van een webpagina met een op SODHA gepubliceerde dataset.

zoekwerk. Er is ook een geavanceerde zoekfunctie beschikbaar. Ten slotte is het mogelijk om de resultaten snel te verfijnen of te sorteren (bijvoorbeeld alle datasets gepubliceerd in 2019 uit de sociale en humane wetenschappen).

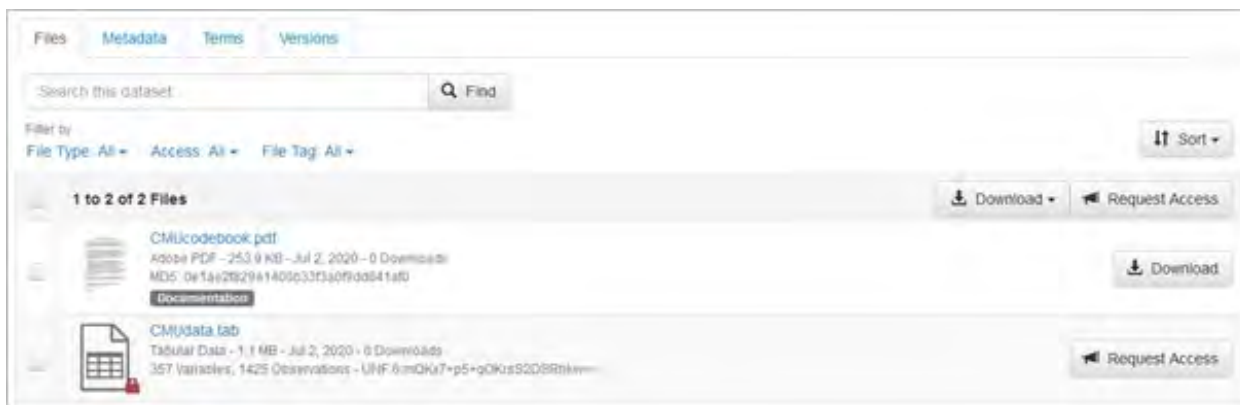
Aan datasets gepubliceerd in SODHA wordt een DOI toegewezen (*digital object identifier*) die de zichtbaarheid van de dataset online sterk verhoogt. De software genereert automatisch een bi-

bliografische verwijzing met alle noodzakelijke informatie over de dataset (in het blauwe frame). Op deze wijze kunnen onderzoekers deze eenvoudig in hun publicatie toevoegen aan de bronnenlijst (zie hierboven).

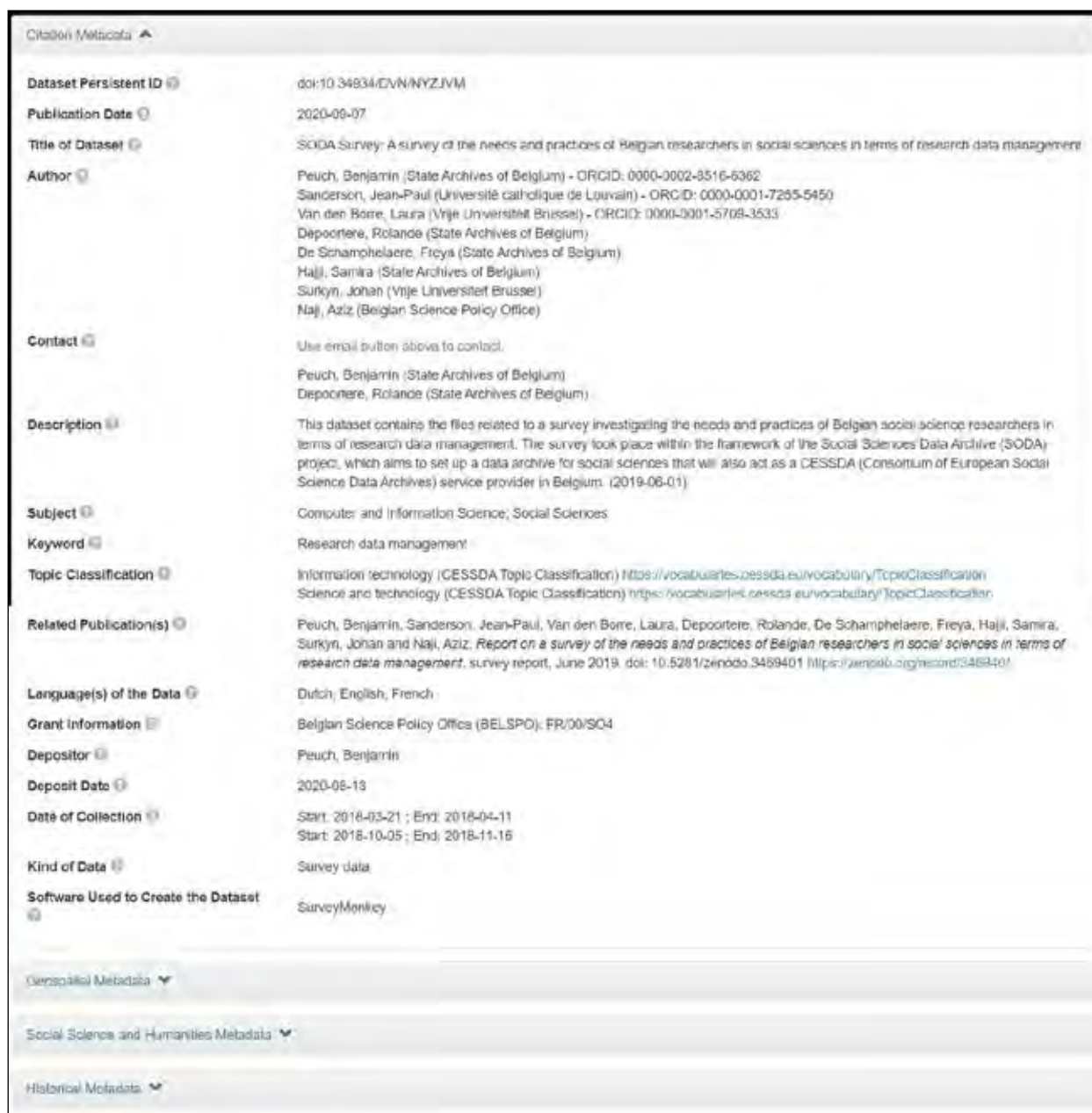
Het tabblad *Files* bevat een lijst met gegevensbestanden van een dataset. Het is mogelijk om de toegang tot gedeponeerde bestanden te beperken, bijvoorbeeld wanneer onderzoekers toekomstige

>>

hergebruikers willen vragen om een formulier in te vullen voordat ze toegang krijgen tot de gegevens (zie hieronder).



Voorbeeld van het luik *Files* van een op SODHA gepubliceerde dataset.



Metadata van een op SODHA gepubliceerde dataset m.b.t. een enquête over de behoeften van onderzoekers in de sociale wetenschappen.



Het tabblad *Metadata* bevat alle gegevens met betrekking tot de dataset, met de mogelijkheid om alle aspecten van het onderzoek te documenteren. Hier vind je een voorbeeld van een dataset betreffende een bevraging inzake de praktijken en behoeften van sociale wetenschappers bij het beheer van onderzoeksgegevens (*research data management*) (zie pagina hiernaast, onderaan).

Het tabblad *Terms* bevat alle informatie over de voorwaarden voor toegang en hergebruik van datasets en het tabblad *Versions* geeft alle gepubliceerde versies van de dataset weer. Verschillende versies kunnen naast elkaar bestaan, afhankelijk van de behoeften van de onderzoekers. Voor het in bewaring geven van gegevens, volstaat het zich te registreren op het platform en vervolgens een formulier met metadata in te vullen met het oog op het documenteren van de onderzoeksdata met basisinformatie (zie hieronder).

>>

The screenshot shows a 'Citation Metadata' form with the following sections:

- Title of Dataset \***: A text input field with a placeholder 'Enter title' and a button 'Add "Replication Data for" to Title'.
- Author \***: Fields for Name (Smith, John), Affiliation (Maskeatonic University), Identifier Scheme (Select), and Identifier.
- Contact \***: Fields for Name (Smith, John), Affiliation (Maskeatonic University), and E-mail (john.smith@meska.edu.com).
- Description \***: A text area with a note 'This field supports only certain HTML tags', a 'Text \*' label, and a 'Date of Description' field with a placeholder 'YYYY-MM-DD'.
- Subject \***: A dropdown menu.
- Language(s) of the Data \***: A dropdown menu.

Formulier voor het deponeren van gegevens op het SODHA-platform.

The screenshot shows a file upload interface with the following elements:

- Upload with HTTP via your browser**: A header with a dropdown arrow.
- Select files or drag and drop into the upload widget**: A text instruction.
- + Select Files to Add**: A button to initiate file selection.
- Drag and drop files here.**: A large rectangular area for dropping files.
- 1 File**: A list of uploaded files. The first file is shown with details: File Name (Strategie\_monitoring\_indices\_activite\_v02\_2), File Path, File Type (MS Excel Spreadsheet), MD5 hash (ea7df7212dccc9e32a04d722e12242a), and Description (Add file description).
- Edit** buttons: Small edit icons next to the file name and description.
- Tags**: A text input field for adding tags to the file.

Interface voor het uploaden van gegevens op het SODHA-platform.

Onderzoekers kunnen vervolgens hun gegevensbestanden downloaden en er trefwoorden (tags) en een beschrijving aan toevoegen (zie vorige pagina onderaan).

Het is echter niet verplicht om gegevens te deponeren: de creatie van een melding op het SODHA-platform over het bestaan van een dataset - die bijvoorbeeld niet onmiddellijk kan worden overgedragen vanwege een embargo, omdat de studie nog loopt of de dataset nog niet is afgerond - wordt sterk aangemoedigd. SODHA wil hét Belgische informatieplatform voor onderzoeksgegevens worden, ongeacht de plaats waar ze worden opgeslagen.

De informatie over de datasets, die op het SODHA-platform worden gepubliceerd, worden automatisch geëxporteerd naar de *CESSDA Data Catalogue*, een portaal dat de gegevens van de Europese data-archieven in sociale wetenschappen verzamelt op Europees niveau. Een uitbreiding naar andere portalen (Google Scholar, Web of Science, ...) is voorzien.

## Een platform dat onderzoekers alle juridische garanties biedt

Het overdragen van onderzoeksgegevens in SODHA is in juridische context een bewaargeving, een gekende praktijk binnen andere archieven van onderzoeksgegevens. SODHA wordt geen eigenaar van de onderzoeksgegevens. Op het ogenblik dat onderzoeksgegevens geaccepteerd worden, heeft SODHA de plicht deze te bewaren en terug te bezorgen op vraag van de onderzoekers en onderzoekscentra die ze in bewaring hebben gegeven (artikel 1915 van het Burgerlijk Wetboek). De juridische omkadering van deze bewaargeving wordt gespecificeerd in een bewaargevingsovereenkomst, aangegaan tussen de deposant enerzijds en SODHA, een dienst van het Rijksarchief, anderzijds. In die zin vervult SODHA een intermediaire rol tussen de deposanten en de hergebruikers.

In deze overeenkomst worden de rol, de verantwoordelijkheid, de juridische en technische verplichtingen van SODHA helder gedefinieerd, met het oog op de langetermijnbewaring van deze gegevens en het vrijwaren van de rechten van de deposanten. Daarnaast legt de bewaargevingsovereenkomst ook een aantal regels vast wat betreft de toegang en het hergebruik van de gedeponeerde datasets. SODHA volgt hierbij het principe *'as open as possible, closed as necessary'*, overeenkomstig artikel 10 van de federale wet van 2016 inzake hergebruik van overheidsinformatie en de Europese richtlijn PSI. Concreet betekent dit dat de onderzoeksgegevens gedeponneerd in de SODHA-infrastructuur in principe zonder beperkingen toegankelijk zijn voor raadpleging en hergebruik, maar dat voor bewaargevers de mogelijkheid bestaat om de toegang tot hun onderzoeksgegevens te beperken. Onderzoekers kiezen vrij de voorwaarden voor raadpleging en hergebruik van hun gedeponeerde datasets. SODHA levert eveneens advies met betrekking tot de bescherming van persoonsgebonden gegevens en rechtmatige handelsbelangen waaronder overeenkomsten met derde partijen. SODHA is niet verantwoordelijk voor specifieke voorwaarden vastgelegd door de deposant.

SODHA biedt drie *'access and reuse regimes'* aan met verschillende opties op vlak van auteursvermelding, toegang tot de data en hergebruik van de data. Bewaargevers kunnen zelf de specifieke voorwaarden tot toegang en hergebruik bepalen. Bij een gelimiteerde toegang stelt SODHA de gegevensbestanden, of delen daarvan, enkel ter beschikking van gebruikers als de deposant hiervoor toestemming heeft verleend. Deze kan een embargo op het raadplegen en hergebruiken van de gegevens plaatsen voor een vaste periode van een jaar, bijvoorbeeld in het kader van een publicatie. Deze termijn kan op aanvraag van de deposant hernieuwd worden. Ook andere beperkingen kunnen worden vastgelegd, zoals de verplichting om de auteurs van de dataset te vermelden, wat bijdraagt aan de wetenschappelijke transparantie en de erkenning van het geleverde onderzoek. In dit geval kan gekozen worden voor een *Creative Commons Attribution 4.0* licentie. Op deze manier wordt de potentiële hergebruiker de voorwaarde tot naamsvermelding juridisch opgelegd. Indien het hergebruik van onderzoeksgegevens niet aan bijzondere beperkingen is onderworpen zal een *Creative Commons 0 1.0* licentie van toepassing zijn. Voor de bewaargever is het ook mogelijk om het hergebruik te beperken tot enkel wetenschappelijk onderzoek. In dit geval zal een specifieke licentie *Attribution Scientific Purposes* van toepassing zijn. Kortom de drie regimes voor toegang en hergebruik zijn: *CC-BY*; *Scientific Purpose Only*; *CC-0*. De onderzoeker wordt een boomstructuur ter beschikking gesteld zodat deze de juiste keuze kan maken.

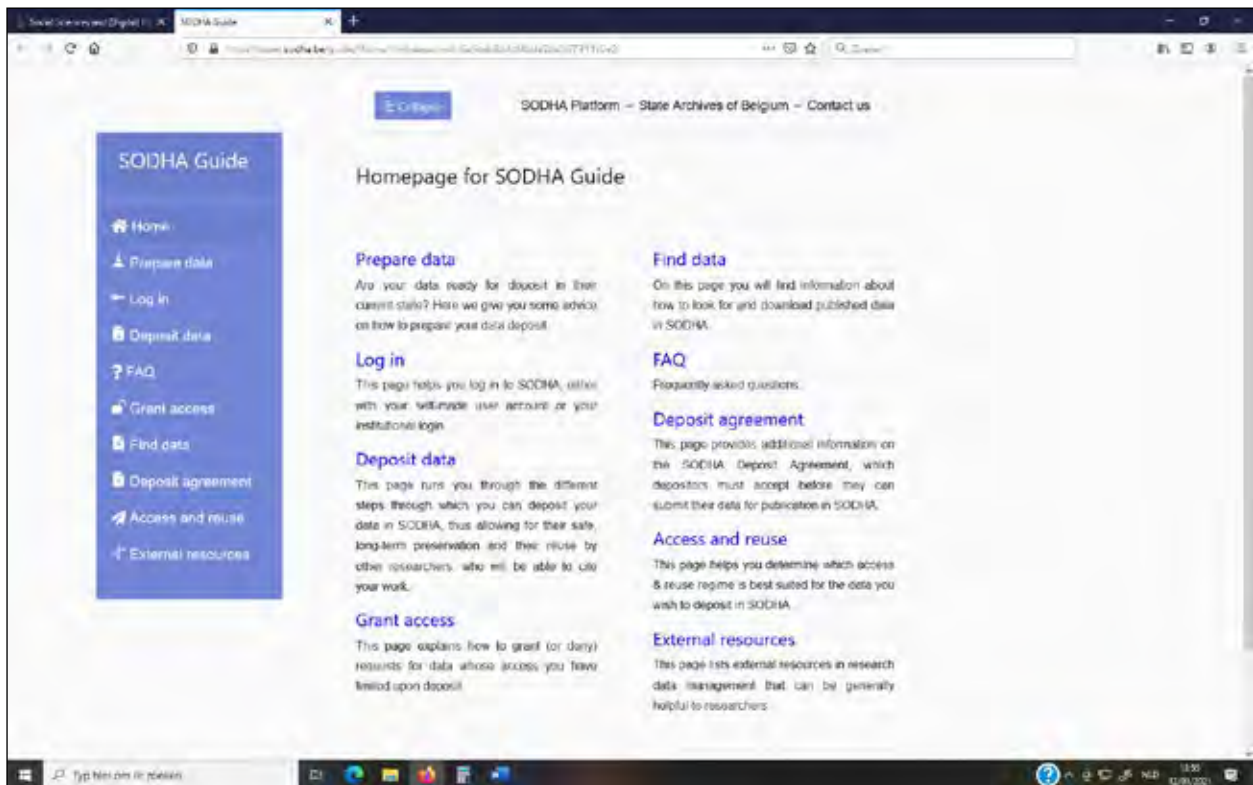
## SODHA komt tegemoet aan de vereisten van de AVG

Als verwerkingsverantwoordelijke biedt SODHA deposanten alle garanties inzake de bescherming van hun persoonlijke gegevens zowel met betrekking tot de gegevens van de gebruikers van het platform als wat betreft de gedeponeerde onderzoeksgegevens. De verantwoordelijkheid om de aanwezigheid van persoonlijke gegevens in een dataset te signaleren ligt bij de onderzoeker. We raden aan bij voorkeur geanonimiseerde of gepseudonimiseerde data te deponeren. Indien dit niet mogelijk is, dient de toestemming van de desbetreffende personen duidelijk te worden vermeld. Een afzonderlijke procedure is voorzien voor het deponeren van onderzoeksgegevens met gevoelige persoonsgebonden informatie. De beschrijvende metadata kunnen in Dataverse worden ingevoerd, maar de datasets zelf worden overgedragen via de klassieke beveiligde e-depot-procedure van het Rijksarchief voor de collectie van digitale archieven van overheidsdiensten.

Een uitgebreide handleiding is beschikbaar via een onlinегids ([www.sodha.be/guide/Home.html](http://www.sodha.be/guide/Home.html)). Deze wordt steeds geactualiseerd, zodat de gebruiker altijd over de recentste informatie kan beschikken.

## SODHA, built for the future

Nu het SODHA-platform operationeel is, raden we onderzoekers aan het maximaal te gebruiken. De geboden garanties dienen de vrees voor misbruik van hun onderzoeksgegevens te temperen. Hoewel instellingen die onderzoek financieren de bewaargeving van da-



Homepage van de SODHA Guide, de handleiding voor het SODHA-platform.

tasets in beveiligde data-archieven stimuleren, dient er nog veel te gebeuren om onderzoekers te informeren en te sensibiliseren over het belang van het delen van onderzoeksgegevens en de rol die een platform zoals SODHA op dit vlak kan spelen.

Tevens wordt gewerkt aan een verdere integratie van SODHA in nationale en internationale onderzoeksinfrastructuren en services. Eerst en vooral is een integratie in de zoekrobot van het Algemeen Rijksarchief voorzien, wat het mogelijk maakt de metadata van de gedeponeerde datasets in SODHA ook via *Archives Portal Europe*, *Europeana* en *European Holocaust Infrastructure* (EHRI) te valoriseren. Hiermee krijgen onderzoekers en hun gedeponeerde datasets een Europese vitrine aangeboden via SODHA. Er wordt tevens onderzocht om automatische uitwisseling van gegevens mogelijk te maken met initiatieven die gegevens met betrekking tot individuele onderzoekers verzamelen, zoals bijvoorbeeld het Vlaamse FRIS-portaal. Hiermee vergroten we de zichtbaarheid van zowel de gedeponeerde onderzoeksgegevens als de onderzoeker in internationale rankings. De veiligheid van de gedeponeerde gegevens wordt gegarandeerd door de integratie in het e-depot van het Rijksarchief en het door het Federaal Wetenschapsbeleid gefinancierde *Long Time Preservation*-platform. Via het BRAIN-be-project BISHOPS ondersteunt het Federaal Wetenschapsbeleid de verdere finetuning van SODHA in functie van de specifieke eisen van de humane wetenschappen. Een eventuele uitbreiding naar andere disciplines is evenzeer voorzien.

SODHA zal op termijn een onderdeel vormen in een brede Belgische en Europese *Open Science Cloud* en zo een belangrijke bijdrage leveren aan wetenschappelijk onderzoek op Belgisch, Europees en zelfs mondiaal niveau.

## Conclusie

Sinds 2020 beschikt België over een duurzaam platform voor de veilige bewaring van onderzoeksgegevens in de sociale en humane wetenschappen. Hiermee krijgen Belgische onderzoekers en instellingen de kans hun moeizaam vergaarde gegevens op een veilige manier te deponeren, voor de toekomst veilig te stellen en voor hergebruik ter beschikking te stellen aan collega-onderzoekers. SODHA voldoet aan alle technische vereisten om de gedeponeerde gegevens op een duurzame wijze voor lange termijn te bewaren. In tegenstelling tot sommige commerciële platformen is SODHA volledig transparant en ingebed in een juridisch kader dat zowel aan de gebruikers als aan de bewaargevers de nodige garanties biedt.

Rest ons nog je uit te nodigen te surfen naar [www.sodha.be](http://www.sodha.be) om jouw waardevolle onderzoeksgegevens veilig te stellen en voor hergebruik ter beschikking te stellen.

SODHA organiseert geregeld webinars waarin je leert hoe data te vinden, te downloaden en te deponeren. Meer informatie via onze website, twitter: @SODHA\_BE of linked-In: Social Sciences and Digital Humanities Archive - SODHA ([www.linkedin.com/company/social-sciences-and-digital-humanities-archive-%E2%80%93-sodha](https://www.linkedin.com/company/social-sciences-and-digital-humanities-archive-%E2%80%93-sodha)).



## De auteurs

Rolande Depoortere, Freya de Schamphelaere, Laura Van den Borre, Benjamin Peuch, Jean-Paul Sanderson en Johan Van der Eycken

# HEKSEN AVANT LA LETTRE

## Een nieuwe selectie handschriften in het KBR museum

Het KBR museum in Brussel toont tot 24 april 2022 een nieuwe selectie handschriften uit de prestigieuze bibliotheek van de Bourgondische hertogen. Helemaal nieuw is ook de (tijdelijke) thematische focus *Heksen avant la lettre*. Miniaturen, verhalen en getuigenissen onthullen de - soms verrassende - facetten van vrouw-zijn op het einde van de middeleeuwen. Want wat blijkt: de heksenjacht zoals wij die vandaag kennen, is helemaal geen middeleeuws fenomeen.

### Geen middeleeuwse heksenjacht

De titel *Heksen avant la lettre* legt de vinger op een anachronisme in onze verbeelding. De heksenjacht zoals wij die vandaag kennen, de systematische vervolging van vrouwen onder het voorwendsel dat ze zich met de duivel inhouden, is namelijk geen middeleeuws fenomeen. Het woord 'heks' bestond zelfs nog niet in de middeleeuwen. Het komt pas vanaf de 16de eeuw voor in de Nederlandse taal. In de middeleeuwen werd ketterij dan ook niet specifiek geassocieerd met vrouwen.

Pas op het einde van de 15de eeuw duikt de sombere figuur van de heks op, onder invloed van traktaten over demonologie. Deze traktaten hebben tot doel hekserij te herkennen en fysiek te elimineren. De obsessie van de clerus voor duivelsverering wordt geleidelijk groter. Vanaf de 16de eeuw organiseren tribunalen van de Inquisitie of wereldlijke tribunalen duizenden processen waarvan de grote meerderheid tegen vrouwen is gericht.

De echte piek komt er in de 17de eeuw. Parallel met de renaissance, de zogenaamde moderne tijd dus, waarin men humanisme, rede en wetenschap predikt, worden op grote schaal brandstapels ontstoken. Het zal tot de 18de eeuw duren voor de laatste vlammen in Europa worden gedoofd.

De middeleeuwen komen dus vóór de 'heksenjacht' en de stoet van argwaan en vooroordelen waaronder vrouwen gebukt gaan. Met haar miniaturen, verhalen en getuigenissen biedt de collectie Bourgondische handschriften een bevoorrechte kijk op de manier waarop de vrouwelijke conditie en magie werden gezien en beleefd net vóór de periode met een duizelingwekkende toename van processen en veroordelingen. Er werd gekozen voor de titel heksen 'avant la lettre' omdat sommige vrouwen - 'als pioniers, vooruit op hun tijd' - anticiperen op de strijd waarvan de bezieling vandaag nog terug te vinden is in feministische stromingen.



Figuur 1: Jean Tinctor, *Invectives contre la secte de vauderie* (Gescheld op de sekte der Waldenzen). Zuidelijke Nederlanden (Brugge), tussen 1460 en 1467, ms 11209, fol. 3r. Hekserijtafereel: Waldenzen aanbidden een bok, belichaming van de duivel. Aan het firmament voeren twee demonen aanbidders en aanbidsters van Satan om getuige te zijn van hekserijen. © KBR

De handschriften die in het museum te zien zijn reiken denksporen aan om dieper na te denken over de oorsprong van de heksenvervolgingen. 'Avant la lettre' verwijst dus ook naar de toestand voorafgaand aan de finale, definitieve staat van het stereotype. Op deze basissen ontwikkelt er zich een beeld dat uiteindelijk zal wegen op de vrijheid van alle vrouwen.

## Een periode van groeiend wantrouwen

De betuigeling van hekserij, een geduchte vorm van ketterij, had tijdens de 15de eeuw betrekking op mannen en vrouwen die als 'heksen' werden aanzien. In de hemel van het *Traité contre la secte de vauderie* vliegen mannen en vrouwen naar de sabbat, terwijl ze demonen berijden.

Op het einde van de eeuw wordt de panische angst voor een satanistencomplot steeds groter. Er ontstaat een regelgeving rond bijgelovige praktijken die tot die tijd met een zekere vaagheid waren omgeven. Waarzeggerij en kaartleggen - praktijken die daarvoor nog werden geduld, zoals uit de handschriften blijkt - worden veroordeeld omdat ze voortaan worden geassocieerd met het Kwade.

Parallel daarmee eist de geïnstitutionaliseerde wetenschap, een mannenbastion, haar medische autoriteit opnieuw op. Het wantrouwen tegenover vrouwen die kennis hebben van natuurlijke remedies en formules voor verzorging verankert zich in de samenleving. De religieuze, staats- en academische autoriteiten leggen stap voor stap het kader van de heksenjacht vast. Ze zijn bepalend voor het verlies van heel wat sociale rechten en vele levens.

## Sterke vrouwen: een geschiedenisles

De handschriften uit de prestigieuze bibliotheek van de Bourgondische hertogen tonen een genuanceerd portret van vrouw-zijn op het einde van de middeleeuwen. De tentoongestelde handschriften richten de schijnwerpers op briljante, sterke, gecultiveerde, onverwachte maar even goed jammerlijk vergeten vrouwen. Ze leven in de Zuidelijke Nederlanden, tot ze worden verzwolgen door de vloedgolf van beschuldigingen en processen. Deze vrouwen vormen de diverse facetten van een breed spectrum. Ze leven in gemeenschappen in begijnhoven, werken, genieten relatieve onafhankelijkheid en dragen als mecenasen bij aan de bloei van de kunsten. Ze nemen de wapens op en weigeren een secundaire rol te spelen op het politieke schaaqbord. Ze bezitten kennis en genieten gezag op geneeskundig vlak als genezeressen en vroedvrouwen. Ze bestellen, lezen en verzamelen verlichte handschriften. Ze schrijven zelf of nemen zelf het penseel ter hand.

Natuurlijk genieten niet alle vrouwen deze privileges op dezelfde manier. Sommigen blijven gebukt gaan onder het gewicht van hun sociale afkomst. Afbeeldingen van vrouwen uit achtergestelde klassen blijven dan ook zeldzaam en vertekend.

Figuur 2: Jacobus de Voragine, *Legenda aurea* (Franse vertaling door Jean de Vignay). Frankrijk, begin 15de eeuw, ms. 9228, fol. 48v. *Heilige Agnes* © KBR

## 'In de geschiedenis is 'anoniem' meestal synoniem van 'vrouw' - Virginia Woolf

Er zijn genoeg archiefstukken die getuigen van de aanwezigheid van leermeisjes en beoefenaarsters die ingeschreven waren bij het gilde van de boekambachten. Kopiïsten zijn er bedrijvig naast perkamentmaaksters, vrouwelijke verluchters (het Franse woord 'enlumneresse' komt voor vanaf de 13de eeuw) en boekbindsters. Met uitzondering van recente studies bleef hun werk echter grotendeels in de schaduw staan. Wanneer we de lange lijst met namen overlopen die werden toegekend aan 'anonieme meesters', is de kans groot dat onder hen heel wat 'meesteressen' waren...



## Prooien en projecties van de middeleeuwse verbeelding

Fictieve personages die middeleeuwse voorstellingen van het vrouw-zijn illustreren, staan in werken die meestal door mannen zijn geschreven. Sommige van deze figuren, die min of meer bo-

vennatuurlijke krachten hebben, doen ons nadenken over hoe we de macht en het lichaam van vrouwen bekijken. Tussen angst en aantrekking, zegening en controle.

We zien sibillen, zieneressen en tovenaresses naast Bijbelse profeten. Heiligenlevens tonen de moed en het martelaarschap van



Figuur 3: *Bundel vrome verhalen*. Zuidelijke Nederlanden (Brabant), eerste helft 14de eeuw, ms. 9229-30, fol. 43r. *Wonder van Maria die een bedlegerige monnik de borst geeft*. © KBR



Figuur 4: Christine de Pizan, *La Cité des dames* (De stad der vrouwen). Zuidelijke Nederlanden, 1460-70, ms. 9235-37, fol. 3r. Christine de Pizan leest in haar werkkamer. © KBR



Figuur 5: Christine de Pizan, *Le Livre de la Cité des dames* (Het boek van de stad der vrouwen). Frankrijk (Parijs), begin 15de eeuw, ms 9393, fol. 3r. Verschijning van drie gekroonde vrouwen, Eerlijkheid, Rede en Recht, aan Christine de Pizan en bouw van de Stad. © KBR

vrouwen die weigeren in het huwelijk te treden. Hun overtuiging wordt kracht bijgezet door spectaculaire magische gebeurtenissen zoals het plotse verschijnen van reddende haargroei (bijvoorbeeld in het verhaal over de Heilige Agnes). De Maagd Maria, belichaming van de moeder, wordt ook voorgesteld als een godin met lactatie als superkracht of als een vrouwelijke krijger die de duivel verslaat.

Voorbeelden van misogynie zijn er ook in overvloed. De spanning rond de rol en de status van vrouwen is zo groot dat ze aanleiding geeft tot het eerste geschreven literair debat in de Franstalige geschiedenis, over de waarden die worden beschreven in de beroemde *Roman de la Rose*. Aan dit 'debat van de vrouwen' (Querelle des femmes) nemen geestelijken, schrijvers en intellectuelen deel. Aan het hoofd van de 'Champions' van de vrouwen staat schrijfster Christine de Pizan, die het in haar hele oeuvre opneemt voor de vrouw. Ze werpt zich op als verdedigster van de deugden van de vrouw en haar plaats in de wereld en neemt positie in tegen de heersende misogynie.

## De middeleeuwen: verbazend actueel

De thematieken in de handschriften zijn ook vandaag nog steeds razend actueel. Denk maar aan het concept van wederzijdse toestemming, de rol van de vrouw in de samenleving, de relatie met de natuur of de genderproblematiek. In de komende maanden brengt een reeks lezingen, activiteiten en workshops de nodige nuance aan bij de stereotypen die nog leven rond de figuur van de heks. U vindt het programma op [www.kbr.be/nl/agenda](http://www.kbr.be/nl/agenda).

### Meer

U vindt deze themafocus binnen het algemene parcours van het museum, als aanvulling op de tentoonstelling *Witches* in het Vanderborghtgebouw in Brussel. De focus is inbegrepen in uw ticket voor het museum.

Van de 160 tentoongestelde werken hebben er een veertigtal een link met het bewuste thema.

*Heksen avant la lettre* in het KBR museum, Kunstberg 28, 1000 Brussel. Open van dinsdag tot zondag tussen 10.00 en 17.00 uur. Gesloten op maandag en op sommige feestdagen, info en tickets op [www.kbr.be/nl/museum](http://www.kbr.be/nl/museum)

# De opwarming op Antarctica monitoren met satellieten

De polen spelen een sleutelrol in het klimaatsysteem en zijn zowel actoren als bijzonder gevoelig voor de effecten van de opwarming van de aarde. Het is derhalve van fundamenteel belang om ze van nabij op te volgen. Het enkele maanden geleden voltooide STEREO-project MIMO (Monitoring melt where Ice Meets Ocean) had tot doel de monitoring van de Antarctische ijskap te verbeteren in de context van een veranderende wereld. Met gebruikmaking van SAR-satellietbeelden (Synthetic Aperture Radar) heeft het project grote vooruitgang geboekt bij de kwantificering van parameters die in modellen worden gebruikt om het gedrag van ijskappen te voorspellen.

## Fossiele energie, een dure luxe

Het gebruik van fossiele brandstoffen markeerde het begin van het Antropoceen. Hoewel hernieuwbare energiebronnen volop in ontwikkeling zijn, zijn fossiele brandstoffen, die broeikasgassen uitstoten, nog steeds goed voor meer dan 80% van het wereldwijde energieverbruik.

Met een bevolking van bijna 8 miljard (die nog steeds toeneemt) en een jaarlijkse CO<sub>2</sub>-uitstoot (of equivalent) van ongeveer 6-7 ton per hoofd van de bevolking (stabiel sinds 1970), laat de mensheid een enorme voetafdruk na. De opwarming als gevolg van de toename van broeikasgassen, die nu al 125 jaar bekend is, is al lang niet meer alleen een theorie; wij nemen deze waar en ondervinden haar dagelijks.

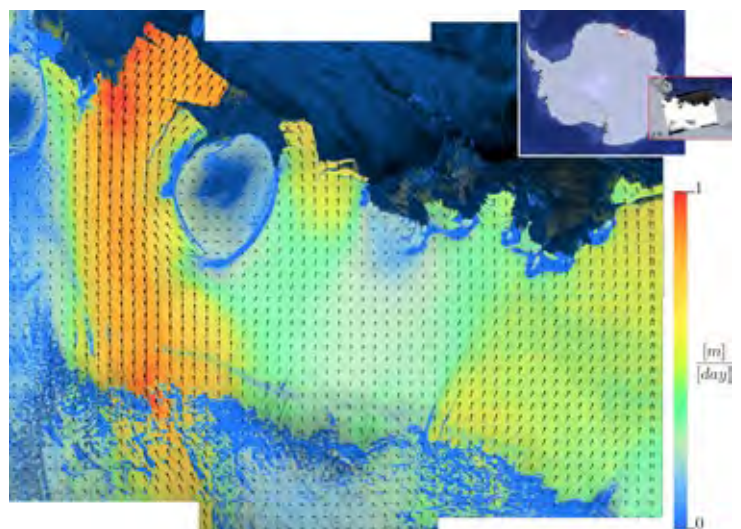
## Overtollige ijsnelheden gemonitord door interferometrie

Verscheidene technieken die gebruik maken van SAR-beelden kunnen worden gebruikt om de verplaatsingen van ijsoppervlakken in kaart te brengen en hun snelheden te bepalen. Een van die technieken is interferometrie. Elke pixel van een SAR-beeld bevat amplitude-informatie, die verband houdt met de reflectiviteit van de grond, en fase-informatie, die verband houdt met de afstand tussen de satelliet en de grond. Een interferogram wordt verkregen door de fase van twee op verschillende tijdstippen genomen beelden af te trekken. Een verplaatsing zal een faseverschuiving in het interferogram veroorzaken.

De oceanen absorberen een groot deel van de opwarming en een van de meest zichtbare en directe gevolgen daarvan is de stijging van de zeespiegel, die verwoestend is omdat de meeste grote steden in kustgebieden liggen. De opwarming wordt nog versterkt in de poolgebieden en het passeren van kritieke omslagpunten zou kunnen leiden tot het onomkeerbaar smelten van de ijskappen (Groenland en Antarctica), waardoor de zeespiegel in de komende eeuwen verschillende meters zou kunnen stijgen.

## Antarctica, een dam klaar om in te storten

Antarctica is de grootste ijsmassa op aarde, rustend op een rotsachtig continent. Onder invloed van de zwaartekracht verplaatst deze massa zich naar de oceaan. Wanneer het ijs in contact komt met de oceaan, begint het te drijven en vormt het een drijvende ijsberg. Deze platforms, die 70% van Antarctica omringen, spelen een belangrijke rol bij de stabiliteit van de ijskap. Zij worden beschouwd als de veiligheidsgordel en reguleren de ijsstroom door een zogenaamd steuneffect uit te oefenen (via plaatselijke spanningen in een baai of via topografische kenmerken).



Ijsverplaatsingssnelheden op de Koning Boudewijn-ijsplaat op basis van interferometrie.



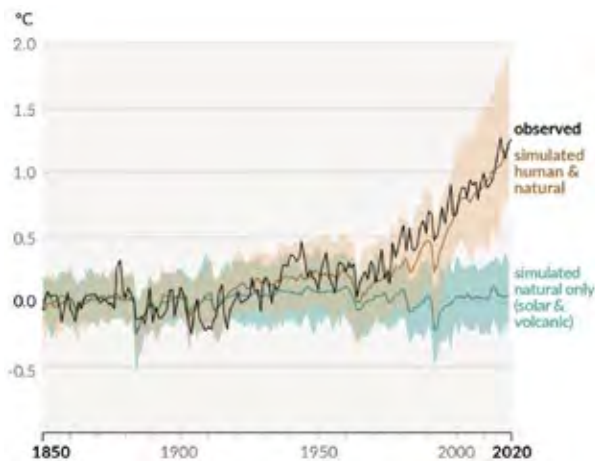
In evenwicht wint een ijsberg evenveel ijs als hij verliest. Als gevolg van factoren zoals toegenomen smelting aan de basis en afkalving door opwarming, komt deze stabiliteit in een toenemend aantal gebieden rond Antarctica in het gedrang. Het dunner worden of beschadigen van ijsplaten leidt tot een versnelling van de ijsstroming en een terugtrekking van de ankerlijn, de grens tussen drijvend ijs en ijs op het land.

Antarctica verliest steeds meer ijs, van 40 Gt/jaar in de jaren '80 tot 250 Gt/jaar in het laatste decennium. Antarctica is de grootste potentiële veroorzaker van zeespiegelstijging. Haar bijdrage, die 7% bedroeg voor de periode 1971-2011, is sinds 2016 opgelopen tot 14%.

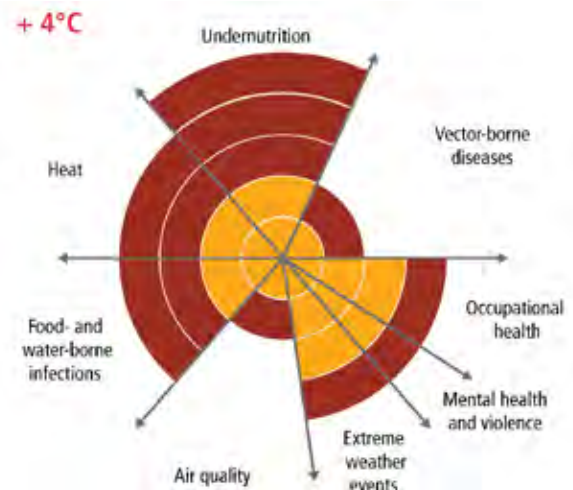
In tegenstelling tot andere ongunstige gebeurtenissen die door de opwarming van de aarde worden veroorzaakt, is de stijging van de zeespiegel op lange termijn onomkeerbaar en zal zij waarschijnlijk een volledige verschuiving in de geografische spreiding van de wereldbevolking teweegbrengen. Inzicht verkrijgen in de mechanismen van het gedrag van ijsplaten is dan ook van cruciaal belang voor het bestuderen van de effecten van klimaatverandering. Het MIMO-project is uit dit perspectief geboren.

## SAR-teledetectie, een Zwitsers zakmes voor het monitoren van ijsplaten

De ijsplaten zijn onderhevig aan talrijke geofysische verschijnselen die hun gedrag bepalen en bijdragen tot hun destabilisatie. Sommige modellen trachten hun bewegingssnelheid en dikte te schatten op basis van visuele waarnemingen van schade in plaats van kwantitatieve metingen. Evenzo is de integratie van de voortplanting van crevassen niet gekoppeld aan waarnemingen. Veldcampagnes zijn inderdaad moeilijk op Antarctica; ze zijn beperkt tot de zomerperiodes door de koude en donkere winter, hun ruimtelijke dekking is vaak beperkt en hun resolutie puntsgewijs.



Waargenomen verandering van de mondiale oppervlaktetemperatuur, simulatie op basis van zowel menselijke als natuurlijke elementen en simulatie op basis van uitsluitend natuurlijke elementen. Bron: IPCC, 2021.



De gevolgen van de opwarming van de aarde zijn ontelbaar. Hierboven, een grafiek met de beoordeling van de risico's in verband met de opwarming van de aarde. Bron: IPCC AR5-rapport, 2014.

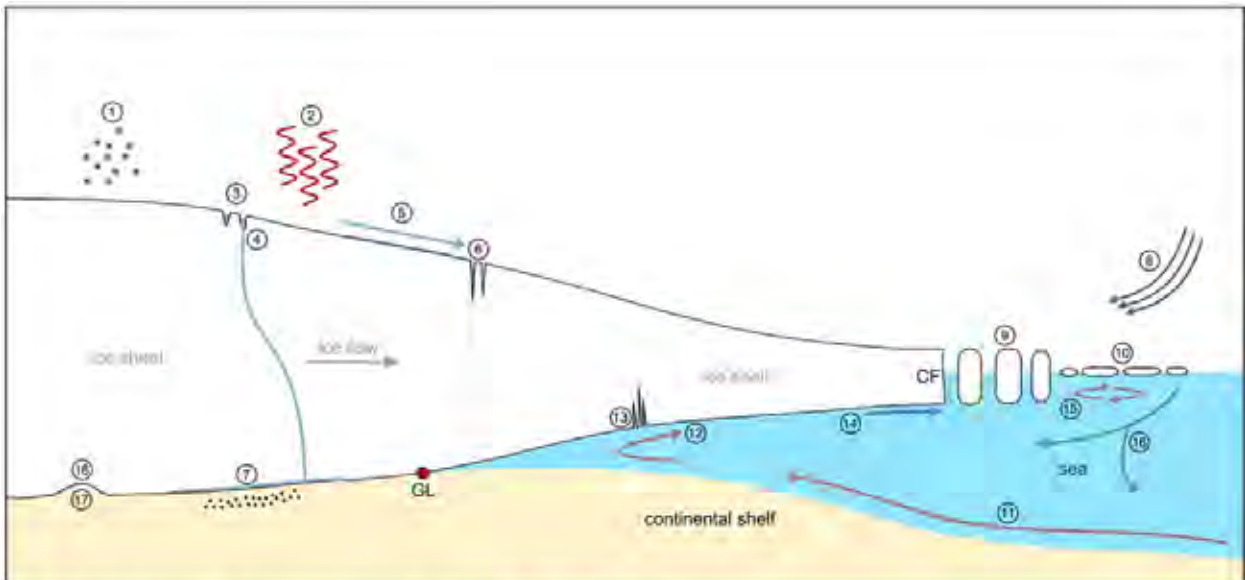
Dankzij het MIMO-onderzoek is het nu mogelijk om SAR-producten voor teledetectie te combineren met technieken die oorspronkelijk voor medische beeldvorming werden ontwikkeld en zo automatisch scheuren op te sporen en de plaats van het afkalvingsfront te monitoren (de grens tussen een ijsplaat en een ijsberg).

De techniek werd getest op de Pine Island-gletsjer, die te kampen heeft met een sterke dynamiek, grote ijsafkalvingen en een algemene terugtrekking van de ijsplaat. Het team gebruikte bijna 200 SAR-acquisities van de Sentinel-1 satelliet, van 2016 tot 2020, met een periode van 6 dagen tussen twee opeenvolgende beelden. De methode vereist een eerste stap die een robuuste reeks voorbewerkingen omvat met beeldkalibratie, log-transformatie om het contrast te verbeteren, speckle-filtering (ruisonderdrukking) en polaire stereografische projectie. Vervolgens wordt de SATO-filter, die wordt gebruikt bij medische 3D-beeldvorming en door het team is aangepast aan satellietgegevens, gebruikt om de pixels te detecteren die overeenkomen met beschadigde structuren. Door deze methode toe te passen op voorbewerkte beelden, konden uiteindelijk de plaats van scheuren en het afkalvingsfront bepaald worden, en werd het mogelijk om belangrijke gebeurtenissen te identificeren.

De techniek die door het MIMO-projectteam werd ontwikkeld is dan ook een belangrijke stap voorwaarts voor de monitoring van breuken en opent de deur naar kwantitatieve resultaten.

Als conclusie kan worden gesteld dat het MIMO-project heeft bijgedragen tot een beter begrip van de invloed van klimatologische factoren op de monitoring van de ijskappen. De studie van kleinschalige veranderingen (in ruimte en tijd) op ijsplaten is nu mogelijk dankzij de SAR-beelden en de ontwikkelde technieken.

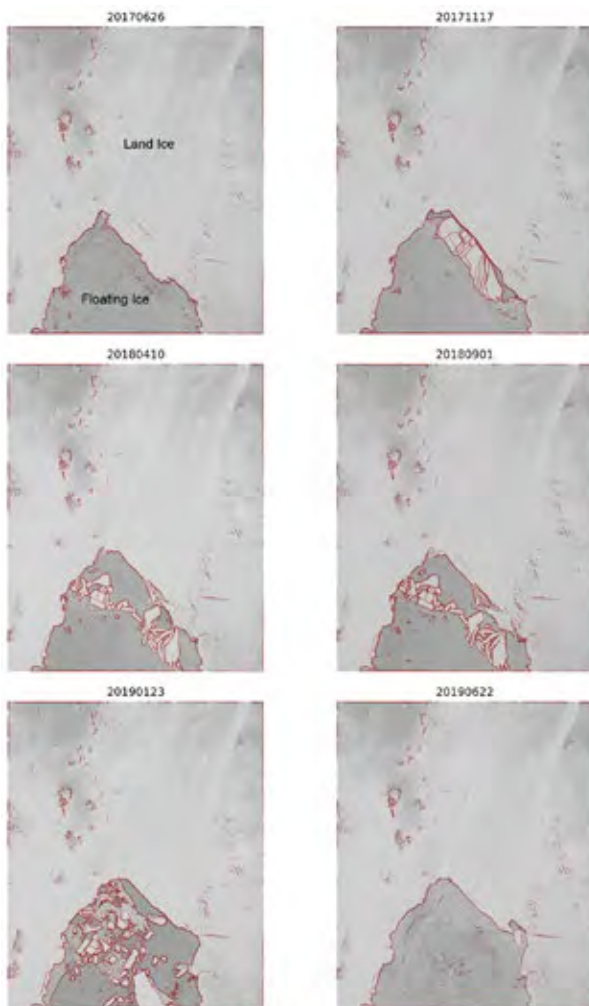
>>



**Processes and features of an ocean-terminating outlet glacier system**

- |                       |                    |                    |                       |                     |                         |
|-----------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|---------------------|-------------------------|
| ① Snow accumulation   | ⑤ Surface melting  | ⑨ Iceberg presence | ⑬ Basal crevassing    | ⑰ Bedrock geometry  | Disintegration scenario |
| ② Atmospheric warming | ⑥ Hydrofracturing  | ⑩ Sea ice presence | ⑭ Basal refreezing    | ⑱ Glacier geometry  |                         |
| ③ Supraglacial lakes  | ⑦ Basal conditions | ⑪ CDW upwelling    | ⑮ Tidal mixing        | GL = Grounding line |                         |
| ④ Moulins             | ⑧ Wind conditions  | ⑫ Basal melting    | ⑯ High-salinity water | CF = Calving front  |                         |

Voorbeelden van geofysische processen die van invloed zijn op ijsplaten: afkalven, hydrofracturing, crevassen, neerslag, oppervlakte-/basis-smelt, circumpolaire opwelling, katabatische wind, getijdenmenging, migratie van grondlijnen, enz. Bron: Dirscherl, M. et al (2020 - [www.mdpi.com/2072-4292/12/7/1203](http://www.mdpi.com/2072-4292/12/7/1203)).



Detectie van scheurgroei en afkalvingsfront uit de tijdreeks 2017-2020.

De resultaten die in het kader van het MIMO-project verkregen werden, dragen bij tot een beter algemeen begrip van de natuurwetenschappelijke aspecten van klimaatverandering. De wetenschappelijke publicaties die uit dit onderzoek zijn voortgevloeid, zijn reeds gebruikt bij de opstelling van officiële documenten, zoals het recente IPCC AR6-rapport, dat nodig is voor het uitwerken van technische documenten die de beleidsmakers helpen de juiste beslissingen te nemen met betrekking tot de Overeenkomst van Parijs.

## Meer

Het STEREO-project MIMO (Monitoring melt where Ice Meets Ocean):

<https://eo.belspo.be/mimo>

Dit artikel kwam tot stand met de hulp van Quentin Glaude, doctoraatsassistent in het Laboratoire de Glaciologie van de Université libre de Bruxelles (ULB) en het Centre Spatial de Liège (CSL).

# SCIENCE connection

SCIENCE CONNECTION IS HET GRATIS MAGAZINE VAN HET FEDERAAL WETENSCHAPSBELEID (BELSPO)

## Verantwoordelijke uitgever:

Pierre Bruyere  
WTC III  
Simon Bolivarlaan 30 bus 7  
B-1000 Brussel

## Coördinatie:

Patrick Ribouville  
scienceconnection@belspo.be  
www.scienceconnection.be

## Werken mee aan dit nummer:

Maite Bauwens (Koninklijk Belgisch Instituut voor Ruimte-Aeronomie), Joëlle Bertrand (Federaal Wetenschapsbeleid), Laurence Burnotte (Federaal Wetenschapsbeleid), Peter De Cat (Koninklijke Sterrenwacht van België), Rolande Depoortere (Algemeen Rijksarchief), Freya de Schamphelaere (Algemeen Rijksarchief), Stéphanie Fratta (Koninklijk Belgisch Instituut voor Ruimte-Aeronomie), Hanna Huysegoms (Koninklijke Bibliotheek van België), Robrecht Janssen (Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonium), Eglantine Lebacqz (Koninklijke Bibliotheek van België), Jacques Lust (Federaal Wetenschapsbeleid), Jean-François Müller (Koninklijk Belgisch Instituut voor Ruimte-Aeronomie), Thierry Pauwels (Koninklijke Sterrenwacht van België), Lê Binh San Pham (Koninklijke Sterrenwacht van België), Benjamin Peuch (Algemeen Rijksarchief), Patrick Ribouville (Federaal Wetenschapsbeleid), Jean-Paul Sanderson (Algemeen Rijksarchief), Jenny Stavrou (Koninklijk Belgisch Instituut voor Ruimte-Aeronomie), Martine Stélandre (Federaal Wetenschapsbeleid), Laura Van den Borre (Algemeen Rijksarchief) en Johan Van der Eycken (Algemeen Rijksarchief).

De auteurs zijn verantwoordelijk voor de inhoud van hun bijdragen.

Foto voorpagina: Art-nouveauwoningen Brussel, eind 19de-begin 20ste eeuw, genomineerd voor de eerste Erfgoed Challenge. *Aanzet van de eretrap*, hout en verguld ijzersmeedwerk, Hotel Solvay, Brussel, Victor Horta (architect), 1894-1903. © KIK-IRPA, Brussel

## Oplage:

12.000 exemplaren in het Nederlands en in het Frans

## Abonnement:

[www.scienceconnection.be](http://www.scienceconnection.be)

Science Connection staat in pdf-formaat op [www.belspo.be](http://www.belspo.be)

Fout in uw naam? Onvolledig adres? Verkeerde postcode? Meld het ons per e-mail of stuur het omslagetiket verbeterd terug.

## Lay-out en druk:

Gevaert Graphics

Gedrukt met plantaardige inkt op een papier geproduceerd met respect voor het milieu.

Het Federaal Wetenschapsbeleid (Belspo) heeft als opdracht het wetenschappelijk en cultureel potentieel van België maximaal te benutten ten behoeve van de beleidsmakers, de industrie en de burgers: 'een beleid voor en door de wetenschap'. Het reproduceren van uittreksels uit deze publicatie is toegestaan voor zover daar geen commerciële bedoelingen mee gepaard gaan en voor zover het past in de opdrachten van het Federaal Wetenschapsbeleid. De Belgische Staat kan niet aansprakelijk worden gesteld voor eventuele schade die voortvloeit uit het gebruik van gegevens die in deze publicatie zijn opgenomen.

Het Federaal Wetenschapsbeleid noch enige andere persoon die in zijn naam optreedt is verantwoordelijk voor het gebruik dat zou kunnen worden gemaakt van de informatie in deze publicatie of voor eventuele fouten die er, ondanks de uiterste zorg bij de voorbereiding van de teksten, nog in zouden staan.

Het Federaal Wetenschapsbeleid heeft alle nodige moeite gedaan om te voldoen aan de wettelijke voorschriften inzake auteursrechten en om contact op te nemen met de rechthebbenden. Elke persoon die benadeeld meent te zijn en zijn rechten wil laten gelden wordt verzocht zich bekend te maken.

© Federaal Wetenschapsbeleid 2022  
Reproductie is toegelaten mits bronvermelding.

Mag niet worden verkocht.

# WE ARE STARS



**NEW**

## NOUS SOMMES DES ÉTOILES

Bienvenue dans le chapiteau du temps pour découvrir l'histoire de l'Univers, la formation des étoiles et des planètes, les premières formes de vie et l'évolution des espèces vivantes jusqu'à aujourd'hui.

**NEW**

## WE ARE STARS

Welkom in onze Tijdtent voor een reis doorheen tijd en ruimte: het ontstaan van sterren en planeten, van het eerste leven op Aarde en de evolutie tot op heden.

**NEW**

## WE ARE STARS

Welcome on a journey through time and space : explore the secrets of our cosmic chemistry, and our explosive origins. Connect life on Earth to the evolution of the Universe.

[WWW.PLANETARIUM.BE](http://WWW.PLANETARIUM.BE)



.be