

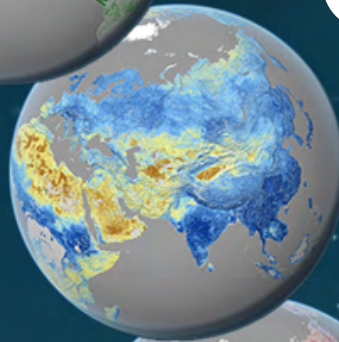
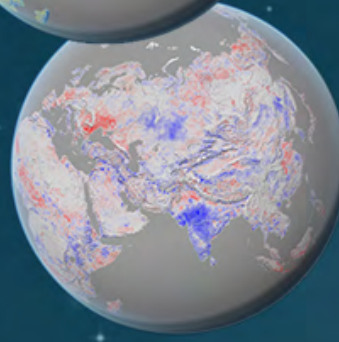
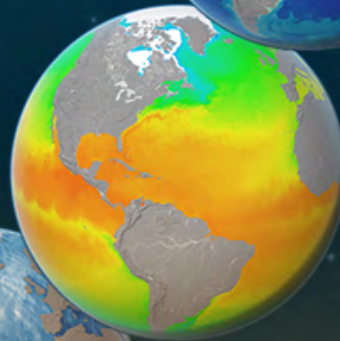
Voortgezet  
**14-16**



onderwijsmiddelenpakket

# HET RITME VAN DE PLANEET OPMETEN

docentenhandleiding en werkbladen  
voor leerlingen



HET RITME VAN DE PLANEET OPMETEN: Overzicht.....	4
Snelle feiten .....	4
Korte beschrijving.....	4
Beoogde leerresultaten .....	4
Samenvatting van de oefeningen .....	6
Praktische aantekeningen voor leraren.....	7
Gezondheid en veiligheid.....	7
Klimaat vanuit de ruimte .....	8
Het observeren van de aarde vanuit de ruimte: achtergrondinformatie.....	9
Aardobservatie en teledetectie.....	9
Het voordeel van de satelliet.....	9
Aardobservatie voor het klimaat .....	9
Oefening 1: HET RITME VAN DE PLANEET .....	11
Oefening 2: WAT KUNNEN WE ZIEN VANUIT DE RUIMTE?.....	14
Oefening 3: EL NIÑO EN LA NIÑA .....	17
Werkblad 1: HET RITME VAN DE PLANEET .....	20
Werkblad 2: WAT KUNNEN WE ZIEN VANUIT DE RUIMTE? .....	22
Werkblad 3: EL NIÑO EN LA NIÑA.....	25
Informatieblad 1: HET RITME VAN DE PLANEET .....	28
Links.....	31
Middelen.....	31
Ruimtevaartprojecten van ESA.....	31
Extra informatie .....	31

Climate Change Initiative Education Resource Pack -  
HET RITME VAN DE PLANET OPMETEN (Hoger secundair onderwijs)  
<https://climate.esa.int/nl/educate/>

Activiteit concepten ontwikkeld door Universiteit Twente (NL) en  
National Centre for Earth Observation (UK)

Het klimaatbureau van het ESA verwelkomt feedback en opmerkingen  
<https://climate.esa.int/nl/helpdesk/>

Geproduceerd door het ESA-klimaatbureau Copyright  
© Europees Ruimteagentschap 2020-2021

# HET RITME VAN DE PLANEET OPMETEN: Overzicht

## Snelle feiten

**Vak(ken):** Aardrijkskunde, Natuur wetenschappen, Aardwetenschappen

**Leeftijdsgroep:** 14-16 jaar

**Type:** wiskundige, IT- en onderzoeksoefeningen

**Complexiteit:** gemiddeld tot gevorderd

**Benodigde lestijd:** 4 uur

**Kosten:** laag (5-20 euro)

**Plaats:** binnen

**Inclusief het gebruik van:** Internet, smartphone/camera, rekenmachine

**Sleutelwoorden:** teledetectie, platform, sensor, satelliet, (geostationaire)baan, polair, zon-synchroon, voetafdruk, resolutie, ruimtelijk, temporeel

## Korte beschrijving

In deze reeks oefeningen zullen de leerlingen leren hoe gegevens door sensoren worden verzameld en hoe de baan van een satelliet van invloed is op de details die hierdoor worden verkregen.

Een op tekst gebaseerde oefening introduceert het concept van teledetectie en bekijkt hoe sensoren en satellieten in verschillende banen kunnen worden afgestemd op de beoogde toepassing.

Dit wordt gevolgd door een wiskundige oefening waarin factoren worden onderzocht die van invloed zijn op de mate van detail die zichtbaar is op een satellietbeeld.

In de laatste oefening gebruiken de leerlingen de webtoepassing Climate from Space om een reeks klimaatvariabelen tijdens El Niño- en La Niña-gebeurtenissen te onderzoeken.

## Beoogde leerresultaten

**Na het doorlopen van deze oefeningen, zullen de leerlingen in staat zijn om:**

De belangrijkste onderdelen van een teledetectie systeem te noemen.

De voor- en nadelen van verschillende satellietbanen voor het monitoren van de aarde en haar klimaat te beschrijven.

Een infographic te maken om onderzoek op een intrigerende manier over te brengen.

Een digitaal beeld te analyseren om de resolutie van het beeld te bepalen.

Na te gaan hoe sensoren worden aangepast voor gebruik op satellietplatforms.

Redenen te geven voor resolutie verschillen van gegevens die door verschillende instrumenten zijn verzameld.

Klimaatgegevens te gebruiken om El Niño en La Niña te identificeren.

Uit te leggen hoe deze gebeurtenissen wereldwijde gevolgen hebben en te onderzoeken wat de menselijke en maatschappelijke gevolgen van één zo'n gebeurtenis zijn.

## Samenvatting van de oefeningen

	Titel	Beschrijving	Resultaat	Voorafgaand leren	Tijd
1	Het ritme van de planeet opmeten	Lezen en onderzoeken van omloopbanen die door teledetectie satellieten worden gebruikt	Noem de belangrijkste onderdelen van een teledetectie systeem. Beschrijf de voor- en nadelen van verschillende satellietbanen voor het monitoren van de aarde en haar klimaat. Maak een infographic om onderzoek op een intrigerende manier over te brengen.	Geen	1½ uur
2	Wat kunnen we zien vanuit de ruimte?	Onderzoek naar de resolutie van beelden met behulp van een camera en de web toepassing Climate from Space	Analyseer een digitaal beeld om de resolutie van het beeld te bepalen. Ga na hoe sensoren worden aangepast voor gebruik op satellietplatforms. Geef redenen voor verschillen in de resolutie van gegevens die door verschillende instrumenten zijn verzameld.	Berekeningen met directe evenredigheid, SI-eenheden	1 uur
3	El Niño en La Niña	Satellietgegevens gebruiken om een klimaatcyclus te onderzoeken	Klimaatgegevens gebruiken om El Niño en La Niña te identificeren. Leg uit hoe deze gebeurtenissen wereldwijde gevolgen hebben en onderzoek de menselijke en maatschappelijke gevolgen van één zo'n gevolg.	Geen	1½ uur

De opgegeven tijden gelden voor de belangrijkste oefeningen, ervan uitgaande dat de computer volledig toegankelijk is en/of dat de repetitieve berekeningen en grafieken over de klas worden verspreid. De tijd die is ingecalculeerd voor het communiceren van de resultaten is meegerekend, maar niet de tijd voor de presentatie van de resultaten, want die varieert naar gelang van de grootte van de klas en de groepen. Alternatieve benaderingen kunnen meer tijd in beslag nemen.



## Praktische aantekeningen voor leraren

**Het materiaal dat nodig is** voor elke oefening staat aan het begin van het desbetreffende hoofdstuk, samen met aantekeningen over de voorbereiding die nodig kan zijn naast het kopiëren van werkbladen en informatiebladen.

**De werkbladen** zijn ontworpen voor eenmalig gebruik en kunnen in zwart-wit worden afgedrukt.

**Informatiebladen** kunnen grotere afbeeldingen bevatten die u in uw presentaties in de klas kunt invoegen, extra informatie voor de leerlingen, of gegevens waarmee zij kunnen werken. Deze hulpmiddelen kunnen het best in kleur worden afgedrukt of gekopieerd, deze mogen worden hergebruikt.

Eventuele **aanvullende spreadsheets, datasets of documenten** die voor de oefening nodig zijn, kunnen worden gedownload door de link naar dit pakket te volgen op: <https://climate.esa.int/educate/climate-for-schools/>

Ideeën voor uitbreiding en suggesties voor **differentiatie** zijn op geschikte plaatsen in de beschrijving van elke oefening opgenomen.

Ter ondersteuning van **de beoordeling** zijn werkblad antwoorden en voorbeeld resultaten voor de praktische oefeningen bijgevoegd. Mogelijkheden om lokale criteria te gebruiken voor de beoordeling van kernvaardigheden zoals communicatie of gegevensverwerking zijn aangegeven in het relevante deel van de beschrijving van de oefening.

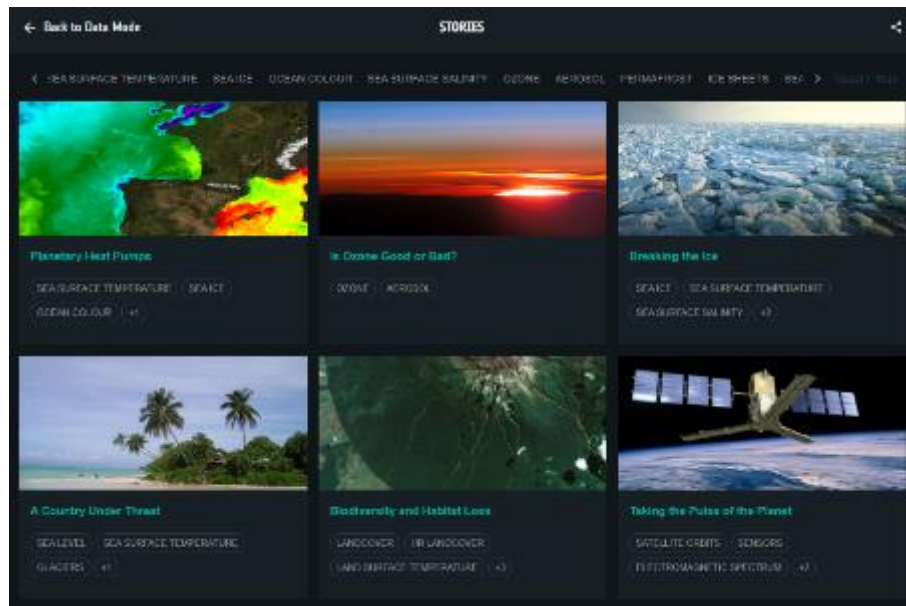
### Gezondheid en veiligheid

Bij alle oefeningen zijn wij ervan uitgegaan dat u uw gebruikelijke procedures zult blijven volgen met betrekking tot het gebruik van gemeenschappelijke apparatuur (ook elektrische apparaten zoals computers), beweging binnen de leeromgeving, struikelen en morsen, eerste hulp, enzovoort. Aangezien de noodzaak van deze procedures universeel is, maar de details van de uitvoering ervan aanzienlijk verschillen, hebben wij ze niet telkens opgesomd. In plaats daarvan hebben we de gevaren belicht die specifiek zijn voor een bepaalde praktische oefening, zodat u zelf een risicobeoordeling kunt vormen.

Sommige van deze oefeningen maken gebruik van de web applicatie *Climate from Space* of andere interactieve website. Het is mogelijk om van daaruit naar andere delen van de ESA Climate Change Initiative-site of die van de gastorganisatie en van daaruit naar externe websites te gaan. Als u de pagina's die de leerlingen kunnen bekijken niet kunt - of wilt - beperken, herinner hen dan aan de plaatselijke veiligheidsregels met betrekking tot internetgebruik.

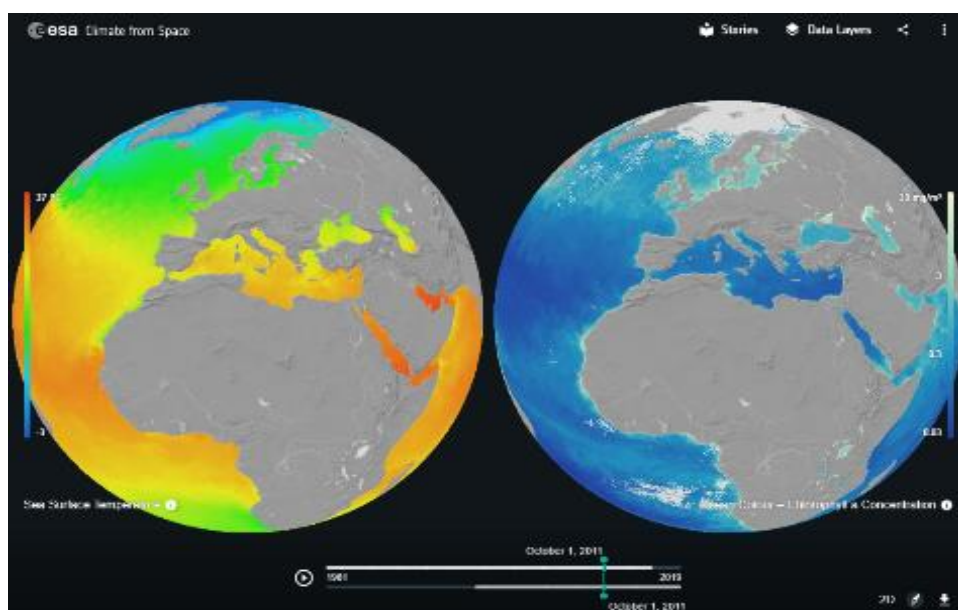
## Klimaat vanuit de ruimte

ESA-satellieten spelen een belangrijke rol bij het monitoren van de klimaatverandering. De web applicatie *Climate from Space* (Klimaat vanuit de ruimte) ([cfs.climate.esa.int](https://cfs.climate.esa.int)) is een online hulpmiddel dat aan de hand van geïllustreerde verhalen een overzicht geeft van een aantal manieren waarop onze planeet verandert en het werk van ESA-wetenschappers belicht.



Figuur 1: Verhalen in de web applicatie *Climate from Space* (Bron: ESA CCI)

Het ESA-programma Climate Change Initiative produceert betrouwbare wereldwijde registraties van een aantal belangrijke aspecten van het klimaat, de zogenaamde essentiële klimaat variabelen ('Essential Climate Variables': ECV's). Met de web applicatie *Climate from Space* kan je meer te weten komen over de gevolgen van klimaatverandering.



Figuur 2: Vergelijking van de temperatuur van het zeeoppervlak en de kleur van de oceaan in de web applicatie *Climate from Space* (Bron: ESA CCI)



## Het observeren van de aarde vanuit de ruimte: achtergrondinformatie

### Aardobservatie en teledetectie

Aardobservatie is het proces van het verzamelen van gegevens over de aarde. Vooral in Europa wordt de term vaak gebruikt om te verwijzen naar het verzamelen van metingen met behulp van sensoren op satellieten. Een andere term die vaak wordt gebruikt voor het op deze manier verzamelen van gegevens is "teledetectie" - het verrichten van metingen op afstand. Aardobservatie wetenschappers gebruiken ook gegevens die zijn verzameld door instrumenten op de grond, op (of in) de zee en in de atmosfeer om de satelliet sensoren te kalibreren en te controleren of ze goed werken.

### Het voordeel van de satelliet

Een belangrijke toepassing van aardobservatie is het toezicht houden op het klimaat. Het klimaatsysteem is ingewikkeld en om het te begrijpen zijn metingen uit de hele wereld nodig. De ruimte is dan ook het ideale gezichtspunt om gegevens te verzamelen: er zou een leger waarnemers op de grond nodig zijn om de informatie in één enkel satellietbeeld te verzamelen. Instrumenten die in de ruimte zijn gestationeerd kunnen ook gegevens verzamelen van afgelegen of ontoegankelijke plaatsen, zoals de poolstreken en het midden van de oceaan. Een ander voordeel van satellieten is dat zij jarenlang metingen kunnen verrichten met regelmatige tussenpozen. Dankzij overlappende metingen van verschillende soorten satelliet instrumenten, beschikken we nu over gedetailleerde en decennialange registraties van de voornoemde ECV's.

De eerste twee oefeningen in dit pakket zijn gericht op de reikwijdte die een satelliet heeft, waarbij de beschikbare soorten omloopbanen worden verkend en wordt gekeken naar het evenwicht tussen de hoogte en de mate van detail die sensoren kunnen meten. De banen worden beschreven op informatieblad 1. Werkblad 2.1 helpt de leerlingen bij het berekenen van de resoluties met behulp van eenvoudige wiskunde en gegevens verkregen via een smartphone. Bij de oefening staan aantekeningen voor de leerkracht die de discussie ondersteunen waarin deze theoretische situatie wordt vergeleken met de realiteit van sensoren in een baan om de aarde.

### Aardobservatie voor het klimaat

Ons klimaat is het product van op elkaar inwerkende variabelen die natuurlijke cycli creëren die zich in de loop van een dag, een jaar, tientallen jaren of duizenden jaren afspelen. Wij observeren de ECV's om ons te helpen begrijpen hoe zij veranderen, op elkaar inwerken en aan deze cycli bijdragen. Aardobservatie gegevens van satellieten leveren een belangrijke bijdrage aan ons begrip van de processen die klimaatverandering veroorzaken. Zij worden gebruikt om modellen van het klimaat te

maken en aan de hand hiervan te beoordelen of maatregelen die overwogen worden de effecten van toekomstige verandering kunnen verzachten..

De laatste oefening in dit pakket geeft leerlingen de kans om de complexiteit van het klimaat te onderzoeken aan de hand van echte satellietgegevens over een van deze natuurlijke cycli: de El Niño en La Niña verschijnselen die zich voordoen in het zuidelijk deel van de Stille Oceaan. Als je niet weet hoe deze ontstaan, bekijk dan de animatie waarnaar verwezen wordt in de toelichting bij de oefening - die is veel gemakkelijker te begrijpen dan statische tekst!

Oefeningen over de sensoren van satelliet platforms zijn te vinden in het begeleidende pakket "*Het ritme van de planeet opmeten*" (*lager secundair onderwijs*), dat ook verkrijgbaar is op <https://climate.esa.int/educate/climate-for-schools/>.

## Oefening 1: HET RITME VAN DE PLANEET

In deze begrips oefening maken de leerlingen kennis met het begrip teledetectie en onderzoeken ze het gebruik van satellieten in verschillende banen om componenten van het klimaatsysteem van de aarde te monitoren. Competente lezers kunnen deze oefening individueel als huiswerk uitvoeren, de uiteindelijke onderzoeksopdracht kan individueel of in tweetallen/groepjes worden uitgevoerd.

### Materialen

- Informatieblad 1 (2 blz.)
- Werkblad 1 voor studenten
- Web applicatie Climate from Space: Het verhaal over *het ritme van de planeet* (optioneel)
- Internettoegang

### Oefening

1. Lees informatieblad 1 voor in de klas of vraag de leerlingen het individueel of in groepjes te lezen. Noteer tijdens het lezen welke vragen de leerlingen willen stellen en vul het deel "Soorten banen" van leerlingenblad 1 in.
  - Een geanimeerde versie van het uiteindelijke beeld is te vinden op het informatieblad op:  
[https://www.esa.int/ESA\\_Multimedia/Videos/2020/11/Sentinel-6\\_orbit/\(lang\)](https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2020/11/Sentinel-6_orbit/(lang))
  - U zou de tekst kunnen aanvullen met materiaal uit het verhaal Climate from Space *Het ritme van de planet opmeten*, met name de galerijen op dia 2 (waarop een reeks historische foto's van de aarde vanuit de ruimte te zien is, waaronder de afbeelding van de blauwe knikker) en dia 3 (waarop een selectie van satellieten te zien is en hoe die met de aarde communiceren).
2. Controleer met de klas de antwoorden op 'Soorten banen' en bespreek eventuele vragen naar aanleiding van het lezen.  
Leerlingen die deze oefening thuis maken, kunnen ook het ESA-artikel raadplegen over types van omloopbanen:  
[https://www.esa.int/Enabling\\_Support/Space\\_Transportation/Types\\_of\\_orbits](https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Transportation/Types_of_orbits).
3. Vraag de leerlingen de resterende vragen op het werkblad te beantwoorden.
  - Als de leerlingen moeite hebben om toepassingen te bedenken, verwijst hen dan naar werk dat zij met dataloggers hebben gedaan, moedig hen aan na te denken over de manier waarop drones kunnen worden gebruikt en na te denken over de manier waarop de migratie van dieren wordt gevolgd.
  - Goede startpunten voor de onderzoekstaak zijn de beschrijving van de Copernicus Sentinel-satellieten op:  
[https://www.esa.int/Applications/Observing\\_the\\_Earth/Copernicus/The\\_Sentinel\\_missions](https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/The_Sentinel_missions) en de uitgebreide lijst van ESA-aardobservaties op:  
[https://www.esa.int/Applications/Observing\\_the\\_Earth/Highlights/Earth\\_observation\\_missions](https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Highlights/Earth_observation_missions)

- U kunt de te onderzoeken satellieten zelf kiezen of u laat de leerlingen zelf een interessante satelliet kiezen.
- U kunt specifieke afmetingen voor het voltooide werk opgeven en/of de leerlingen toestaan interactieve elementen te gebruiken.



Figuur 3: Voorbeeld van een infografiek (Bron: ESA)

- Wellicht kunt u de leerlingen de infografiek in figuur 3 als voorbeeld laten zien. Een versie met een hoge resolutie kan worden gedownload van: [https://www.esa.int/ESA\\_Multimedia/Images/2020/09/Six\\_key\\_facts\\_about\\_Copernicus\\_Sentinel-6#.X8T7Fd3QZQY.link](https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2020/09/Six_key_facts_about_Copernicus_Sentinel-6#.X8T7Fd3QZQY.link)
4. Leerlingen kunnen de resultaten van hun onderzoek aan elkaar presenteren tijdens een postersessie, waarbij de infografieken aan de hand van vooraf overeengekomen criteria worden geëvalueerd.

## Werkblad antwoorden

### Soorten banen

1	Kijkt altijd naar hetzelfde halfrond van de wereldbol	GEO
2	Beweegt over de meeste plaatsen op Aarde	LEO
3	Kan elke dag veel foto's maken van één plaats	GEO
4	Produceert gedetailleerde beelden	LEO
5	Worden gebruikt voor teledetectie	GEO/LEO
6	Helpt bij het monitoren van landbedekking	LEO
7	Ondersteunt weersvoorspellingen	GEO

De bovenstaande antwoorden komen overeen met de informatie in het verhaal op informatieblad 1, maar gegevens van LEO-satellieten kunnen ook worden gebruikt ter ondersteuning van plaatselijke weersvoorspellingen.

### Teledetectie

Er zijn veel antwoorden mogelijk, maar hieronder worden enkele voorbeelden gegeven:

<b>Sensor</b>	<b>Platform</b>	<b>Toepassing</b>
Video camera	Drone	Verkeerstoezicht
Hartslag monitor	Polsband	Atletiek coaching
GPS-sensor	Tag	Volgen van trekvogels
Bewegingssensor	Boei	Golfhoogte/omstandigheden
Temperatuursensor	Muur	Weerstation

### Meer te weten komen

Individuele antwoorden.

## Oefening 2: WAT KUNNEN WE ZIEN VANUIT DE RUIMTE?

Deze oefening daagt leerlingen uit na te denken over factoren die van invloed zijn op de hoeveelheid detail die verkregen kan worden uit gegevens verzameld in de ruimte. Op basis van berekeningen met informatie van een digitale foto die in de klas met een alledaagse camera is genomen, herzien de leerlingen hun wiskundige ideeën over gelijkvormige driehoeken en evenredigheid. Het onderzoek naar de resolutie van gegevensverzamelingen in de webtoepassing Climate from Space introduceert het brede scala van ECV's die vanuit de ruimte kunnen worden gemeten.

### Materiaal

- Werkblad 2 voor de leerlingen (2 blz.)
- Een rolmaat of meetlint
- Smartphone of digitale camera
- Rekenmachine
- Beeldverwerkende software waarmee de leerlingen vertrouwd zijn
- Web applicatie Climate from Space ([cfs.climate.esa.int](https://cfs.climate.esa.int))

### Vorbereiding

Ga naar ESA's Earth observation image of the week collectie ([esa.int/ESA\\_Multimedia/Sets/Earth\\_observation\\_image\\_of\\_the\\_week/\(result\\_type\)/images](https://esa.int/ESA_Multimedia/Sets/Earth_observation_image_of_the_week/(result_type)/images)) en download een afbeelding om de les te introduceren. U kunt de meest recente afbeelding kiezen of een afbeelding die verband houdt met waar u woont of met ander werk dat de leerlingen doen.

### Oefening

1. Laat de leerlingen het beeld van een deel van de aarde vanuit de ruimte zien en bespreek wat het precies laat zien. Hoe gemakkelijk is het om de schaal van het beeld te bepalen? Zijn er bepaalde kenmerken die hierbij helpen? En hoe? Wat is het kleinste kenmerk dat volgens de leerlingen op de afbeelding te zien is?
2. Leg uit dat satellietbeelden nuttiger zijn als we de schaal en de resolutie kennen - de afstand op de grond die overeenkomt met de lengte van een pixel in het beeld - en vraag de leerlingen de instructies en vragen op leerling-werkblad 2 door te nemen.

De leerlingen zullen de informatie over de hoogte van de satellietbanen uit de vorige oefening moeten gebruiken en op moeten letten met de eenheden.

Vraag 13 is optioneel.

### Werkblad antwoorden en voorbeeld resultaten

#### Hoe groot is de foto die je camera kan maken?

De antwoorden op de vragen 1, 2 en 4 hieronder zijn voorbeeld resultaten die zijn verkregen met de camera op een eenvoudige smartphone. U zou deze gegevens



kunnen geven aan leerlingen die het practicum niet zelf kunnen uitvoeren. De antwoorden op de vragen 3, 5 en 6 zijn gebaseerd op de voorbeeldgegevens en dienen dus alleen als leidraad: de suggesties van de leerlingen moeten overeenkomen met de cijfers die ze in hun berekeningen vinden.

(1-) 1.25 m    (2-) 1.5 m

3. a) De voetafdruk is 250 m, dus het object zou bijvoorbeeld een atletiekbaan kunnen zijn.
- b) 8330 m - een kleine stad
- c) 333 km - ongeveer de afstand tussen Londen en Parijs
- d) 583 km - Amsterdam naar Berlijn

### Wat kan je camera zien?

4. 2560 pixels
5.  $4,88 \times 10^{-4}$  m/pixel (d.w.z. ongeveer 0,5 mm/pixel)
6. a) De resolutie is 9,76 cm, zodat het voorwerp bijvoorbeeld rijstrookmarkeringen kunnen zijn.
- b) 3,26 m - auto's
- c) 130 m - grote gebouwen zoals fabrieken
- d) 228 m - velden

### Camera's in de ruimte

7. In principe, ja en absoluut als het een "echte" camera is: de camera's die astronauten in het ISS gebruiken zijn niet anders dan die op aarde. In de praktijk zijn er verschillende beperkingen die leerlingen kunnen bedenken. Deze omvatten:

- Een telefoon camera op een snel bewegend platform heeft mogelijk geen sluitertijd die lang genoeg is om onscherpte te voorkomen.
- Een goedkope sensor vangt misschien niet genoeg licht op om een duidelijk beeld te produceren.
- Grote contrastverschillen kunnen van invloed zijn op de automatische belichtingstijden, wat kan leiden tot beelden die donker of uitgebleekt zijn.
- Eventuele tekortkomingen in de optiek kunnen worden versterkt, wat bijvoorbeeld kan leiden tot afwijkingen aan de randen van het beeld.
- Blootstelling aan kosmische straling kan leiden tot sporen in beelden en "dode" pixels.

Bovendien weten sommige leerlingen misschien dat de sensoren op sommige satellieten gevoelig zijn voor andere delen van het elektromagnetische spectrum dan die welke door normale camera's worden waargenomen.

8. De leerlingen kunnen vermelden dat:

- De structuur in staat moet zijn de stress van de lancering te overleven.

- Alle met lucht gevulde holtes goed moeten worden afgesloten, aangezien de satelliet zich in een vacuüm bevindt.
- Alle onderdelen moeten functioneren binnen het brede temperatuurbereik in een lage baan om de aarde - van ongeveer 120°C in direct zonlicht tot -150°C in de schaduw van de aarde.
- Alle aanpassingen aan de scherpstelling, het diafragma, de sluitertijd, enz. met de afstandsbediening zullen moeten worden uitgevoerd.
- De camera een gegevens zender moet bevatten in plaats van een geheugenkaart.

### Metten van andere hoeveelheden

9. Hoe vaak worden foto's genomen - leerlingen die deze vraag niet kunnen beantwoorden, moeten worden aangemoedigd naar de volgende vraag te gaan en hierop terug te komen nadat ze gegevens in de webtoepassing Climate from Space hebben bekeken.
10. 4 km, maandelijks
11. De resolutie van de gebruikte sensoren kan verschillend zijn.  
De leerlingen kunnen ook opmerken dat we maandelijkse of jaarlijkse gegevens hebben van satellieten die, volgens de informatie in de vorige oefening, om de (+-) tien dagen gegevens verzamelen. Van gegevens kan het gemiddelde worden genomen over een gebied (op dezelfde manier als het gemiddelde over de tijd wordt genomen) om betrouwbaardere metingen te krijgen.
12. Bewolking zal van invloed zijn op veel metingen.  
Het type landbedekking kan ook van invloed zijn op andere metingen: zo is het bijvoorbeeld niet mogelijk om met dezelfde technieken bodemvocht gerelateerde metingen te verrichten in dichtbeboste gebieden als in voor grasland gebieden.

### Uitdaging

13. a) De afstand is  $0,25 \times 2 \times \pi \times 6400 \div 360$  in elke richting dus ongeveer 27,9 km  $\times$  27,9 km.  
b) De grootte van de pixel in noord-zuidrichting blijft gelijk, maar de afstand in oost-west richting wordt kleiner naarmate je verder van de evenaar komt. Een cirkel rond de aarde op breedtegraad  $\theta$  heeft een straal van  $6400 \times \cos \theta$  km.  
Op 40°NB zou een 0.25° pixel ongeveer 21,2 km  $\times$  27,9 km groot zijn.

## Oefening 3: EL NIÑO EN LA NIÑA

In deze oefening verkennen de leerlingen enkele datasets in de web applicatie *Climate from Space* in meer detail ter ondersteuning van het begrip van El Niño- en La Niña-gebeurtenissen en het onderzoek naar de gevolgen daarvan.

### Materialen

- Werkblad 3 voor de leerlingen (2 blz.)
- Internettoegang
- Web applicatie Climate from Space ([cfs.climate.esa.int](https://cfs.climate.esa.int))

### Oefening

1. Vraag de leerlingen waarom weervoorspellers en klimaatwetenschappers bandbreedtes en kansberekeningen geven in plaats van vaste voorspellingen. Leg uit dat er sprake is van natuurlijke variabiliteit, dat het klimaatsysteem van de aarde complex is en dat er natuurlijke cycli van verschillende lengte (dagelijks, seizoensgebonden, meerjarig) zijn waarmee rekening moet worden gehouden. In deze les gaan de leerlingen zien hoe satellietwaarnemingen ons helpen om zo'n cyclus en de gevolgen ervan te volgen.
2. Vraag de leerlingen de instructies voor de eerste opdracht op leerlingenblad 3.1 door te lezen.
3. Laat het begin zien (tot 2:05 minuten) van de ESA El Niño en La Niña animatie, en vraag de leerlingen deze te gebruiken om de opdracht te maken. U kunt hen ook vragen de juiste volgorde van de letters in elk vakje te noteren.  
De animatie is te vinden op dia 7 van het verhaal over *Planetaire warmtepompen* in de webapplicatie Climate from Space of op de ESA-website op:  
[http://www.esa.int/ESA\\_Multimedia/Videos/2018/12/El\\_Nino\\_and\\_La\\_Nina](http://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2018/12/El_Nino_and_La_Nina)
4. Controleer de antwoorden met de klas voor u de leerlingen vraagt om de gegevens te onderzoeken die beschikbaar zijn in de web toepassing *Climate from Space*, zoals beschreven op het werkblad. Naar gelang van de behoeften van de klas, kunnen ze dit individueel, met z'n tweeën of in kleine groepjes doen.  
Misschien wilt u extra informatie geven over sommige van de beschikbare gegevensreeksen - bijvoorbeeld door de term 'anomalie' te definiëren als het verschil met de gebruikelijke of gemiddelde waarde.
5. De leerlingen kunnen meteen doorgaan met het gebruik van de web applicatie om te proberen El Niño en La Niña gebeurtenissen te identificeren, of u kunt hen vragen eerst hun ideeën te delen over hoe elk type gebeurtenis zich zou uiten in gegeven datasets.
6. Zodra de leerlingen de tijd hebben gehad om te zien of ze de gebeurtenissen kunnen identificeren, laat u de rest van de animatie zien. Dit geeft hen de

gelegenheid hun antwoorden te controleren en bovendien geeft het hen materiaal om te beginnen met de mindmap voor de eerste opdracht in het deel 'Effecten van El Niño en La Niña' van leerlingen werkblad 3.2.

7. Het gedetailleerde onderzoek en/of de productie van een podcast zou tot huiswerk kunnen worden gemaakt. Leerlingen die geen toegang hebben tot technologie zouden notities kunnen maken om te gebruiken bij het maken van een opname op school, een script kunnen schrijven, of hun bevindingen in een ander formaat kunnen presenteren.
- U zou de audiobestanden kunnen gebruiken om na te gaan of de leerlingen het fenomeen begrijpen. De segmenten kunnen ook worden gebruikt ter beoordeling (door andere klasgenoten) van wetenschappelijke communicatievaardigheden aan de hand van criteria die door de leerlingen zijn afgesproken.

## Werkblad antwoorden

### Wat veroorzaakt El Niño en La Niña?

Normaal jaar	G E B
El Niño	H I D
La Niña	F C A

### El Niño en La Niña vanuit de ruimte

In de onderstaande tabel staan alleen de punten die in de video worden besproken. Leerlingen kunnen er extra punten aan toevoegen, vooral als ze al een goed inzicht in het onderwerp hebben.

Gegevens laag	El Niño	La Niña
Temperatuur van het zeeoppervlak	Koeler water bij de Zuid-Amerikaanse kust, een stroom van warm water in de Stille Oceaan	Een pluim van koeler water uit Zuid-Amerika in de Stille Oceaan
Oceaan kleur	Hoge chlorofyl concentraties aan de Zuid-Amerikaanse kust van de Stille Oceaan	Lage chlorofyl concentraties, of verminderde hoeveelheid van fytoplankton in dit gebied
Zeespiegel	Zeespiegel hoger dan normaal (positieve anomalieën/rode kleur) in de Stille Oceaan	Een band door de oceanen met zeespiegels lager dan gemiddeld (negatieve anomalieën, blauw)
Wolk	Wolken gordel boven de stroom van warm water	Geen duidelijke wolkenband

## Het identificeren van El Niño en La Niña

Gebeurtenissen zijn geclassificeerd als matig, sterk of zeer sterk vanaf 1990, in afnemende volgorde van sterkte:

El Niño: 2015-16, 1997-98, 1991-92, 2009-10, 2002-03, 1994-95

La Niña: 2010-11, 1999-2000, 2007-08, 1998-99, 2011-12, 1995-96

## Effecten van El Niño en La Niña

Individuele antwoorden.

Leerlingen kunnen de Zuid-Amerikaanse visserij onderzoeken, Australische droogtes, overstromingen of branden, of effecten die verder weg liggen (zie video-animatie).

## Werkblad 1: HET RITME VAN DE PLANEET

### Soorten banen

Zijn de onderstaande beweringen van toepassing op satellieten in een geosynchrone equatoriale baan (Geosynchronous Equatorial Orbit = GEO), op satellieten in een zonsynchrone lage baan om de aarde (Low Earth Orbit = LEO), of op beide? Gebruik ideeën van informatieblad 1 om je te helpen beslissen.

1. Observeert altijd hetzelfde halfrond van de wereldbol  
\_\_\_\_\_
2. Beweegt over de meeste plaatsen op Aarde  
\_\_\_\_\_
3. Kan elke dag veel foto's maken van één plaats  
\_\_\_\_\_
4. Kan gedetailleerde beelden produceren  
\_\_\_\_\_
5. Wordt gebruikt voor teledetectie  
\_\_\_\_\_
6. Helpt bij het monitoren van bodembedekking  
\_\_\_\_\_
7. Ondersteunt weersvoorspellingen  
\_\_\_\_\_

### Teledetectie

Het verhaal op informatieblad 1 gaat over het gebruik van camera's op satellieten om het klimaat op aarde te observeren. Verschillende combinaties van sensoren en platforms kunnen worden gebruikt om enorm veel verschillende dingen in de gaten te houden.

Hoeveel kun je er bedenken? Noteer een aantal ideeën in de tabel hieronder.

Sensor	Platform	Toepassing



## Satelliet onderzoek

Onderzoek een aardobservatiesatelliet en maak er een infografiek over. De infographic moet het volgende bevatten:

- een afbeelding of tekening van de satelliet
- de baan waarin de satelliet beweegt
- wat de sensor(en) op de satelliet detecteert (detecteren) of/en hoe deze wordt (worden) gebruikt om te meten
- wie de satelliet bedient en wat het doel van de missie is
- wanneer de satelliet is gelanceerd en de (verwachte) levensduur is
- andere satellieten die werk verrichten dat verwant is aan dat van deze.

U kunt alle andere informatie opnemen die u wilt - maar vergeet niet dat je infographic aantrekkelijk en gemakkelijk leesbaar moet blijven.

## Werkblad 2: WAT KUNNEN WE ZIEN VANUIT DE RUIMTE?

### Hoe groot is de foto die je camera kan maken?

1. Kies een prikbord of een raam. Hoe breed is het? \_\_\_\_\_
2. Hoe ver moet je er vanaf staan zodat het net op een foto past?

Neem de foto.

De grootte van het object in het beeld is de **voetafdruk** van de camera op deze afstand.

3. Gebruik deze metingen om uit te rekenen wat je zou kunnen fotograferen als je dezelfde camera met dezelfde instellingen zou gebruiken, maar deze monteerd op een:

- a) Een drone die 300 m boven de grond vliegt

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

- b) Een vliegtuig op 10.000 m hoogte

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

- c) Het internationale ruimtestation (ISS) op 400 km hoogte

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

- d) Een satelliet in een lage baan om de aarde.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### Wat kan je camera zien?

Download de foto die je hebt genomen en open hem in beeldbewerkingssoftware.

4. Uit hoeveel pixels breed bestaat de afbeelding?

\_\_\_\_\_

5. Gebruik dit en het antwoord op vraag 1 om de schaal van je afbeelding te bepalen in m/pixel.

\_\_\_\_\_

6. Bereken nu het kleinste voorwerp dat de camera kan zien als het gemonteerd is op een:

a) Een drone

---



---

b) Een vliegtuig

---



---

c) Het internationale ruimte station ISS

---



---

d) Een satelliet in een lage baan om de aarde.

---



---

### Camera's in de ruimte

7. Denk je dat je echt zo ver zou kunnen zien en deze details zou kunnen onderscheiden als je camera zich op deze plaatsen bevond? Waarom?

---



---

8. Wat denk je dat er anders zou kunnen zijn aan de camera's die door satellieten worden gebruikt?  
Welk effect zou dit hebben op de beelden die ze produceren?

---



---

### Metten van andere hoeveelheden

De schaal van het beeld in m/pixel wordt de **ruimtelijke resolutie** genoemd. Als we satellietbeelden gebruiken om veranderingen te monitoren, is ook **de temporele resolutie van belang**.

9. Wat betekent "temporele resolutie" volgens jou? \_\_\_\_\_

Open de web applicatie Climate from Space ([cfs.climate.esa.int](https://cfs.climate.esa.int)).

Klik op het symbool *Data layers* (rechtsboven) en kies Oceaan kleur uit de lijst.

Klik op de knop  naast de titel van de visualisatie (linksonder).

10. Wat zijn de ruimtelijke en temporele resoluties van deze gegevens?

---

11. Onderzoek de ruimtelijke en temporele resolutie van enkele andere datasets.  
Waarom denk je dat er verschillen zijn? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

12. Bij het doornemen van de gegevens is het je misschien opgevallen dat er plaatsen zijn waar de grijze basiskaart zichtbaar is omdat er geen gegevens zijn.  
Waarom denk je dat dit soms gebeurt? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### Uitdaging

13. Voor sommige grootheden wordt de ruimtelijke resolutie in graden aangegeven, in plaats van in meters.  
Als de straal van de aarde 6400 km is, met welke pixelgrootte komt een ruimtelijke resolutie van  $0,25^\circ$  dan overeen:

a) Op de evenaar? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

b) Waar je woont? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## Werkblad 3: EL NIÑO EN LA NIÑA

### Wat veroorzaakt El Niño en La Niña?

De verklaringen A-I beschrijven de beweging van water en lucht over de zuidelijke Stille Oceaan. Sommige beschrijven een normaal jaar, andere een El Niño of een La Niña gebeurtenis. Schrijf de corresponderende letters bij de juiste bewering.

<b>Normaal jaar</b>	
<b>El Niño</b>	
<b>La Niña</b>	

- Een stroom van koud water beweegt zich van oost naar west over het oppervlak van de oceaan.
- Koud, voedingsstofrijk water stijgt op uit de dieptes van de oceaan langs de kust van Zuid-Amerika.
- In de oostelijke Stille Oceaan stijgt het koude water sneller op dan in een normaal jaar.
- Er is meer bewolking in de Stille Oceaan.
- Dit duwt warm oppervlaktewater richting Australië.
- De passaatwinden zijn sterker dan gewoonlijk.
- De passaatwinden waaien van oost naar west.
- De passaatwinden zwakken af.
- Warm water hoopt zich op bij het Amerikaanse continent.

### El Niño en La Niña vanuit de ruimte

Open de web applicatie Climate from Space ([cfs.climate.esa.int](https://cfs.climate.esa.int)).

Klik op het symbool Gegevens lagen (rechtsboven) en bekijk de lijst met opties.

- Welke gegevens lagen zullen volgens jou veranderingen tonen tijdens El Niño en/of La Niña?
- Welke patronen of trends verwacht je in elk geval te zien?

Noteer je gedachten in de tabel hieronder.

<b>Gegevens laag</b>	<b>El Niño</b>	<b>La Niña</b>

## Het identificeren van El Niño en La Niña

Controleer of je begrijpt hoe de besturingselementen in de web applicatie *Climate from Space* je helpen om beter te kijken naar bepaalde plaatsen of tijden.

1. Verken enkele of alle gegevens lagen die naar jouw inzicht veranderingen zouden moeten vertonen.
2. Noem een of meer El Niño en La Niña gebeurtenissen.
3. Schrijf hieronder de jaren waarin ze plaatsvonden. Als een gebeurtenis zich over twee opeenvolgende jaren uitspreidt, vermeld dan beide.


El Niño \_\_\_\_\_

La Niña \_\_\_\_\_

## Effecten van El Niño en La Niña

El Niño en La Niña doen meer dan het veranderen van het neerslagpatroon in de Stille Oceaan.

1. Voer een kort onderzoek uit naar de gevolgen van deze gebeurtenissen voor landen en samenlevingen over de hele wereld. Schets een mindmap om te laten zien wat je ontdekt.



2. Kies één van deze effecten en doe wat gericht onderzoek naar de gevolgen ervan tijdens of na een bepaalde El Niño- of La Niña-gebeurtenis.
3. Neem een verslag over deze gebeurtenis op als onderdeel van een podcast over klimaatcycli. Je segment moet:
  - een audiobestand zijn van maximaal drie minuten lang



- een korte uitleg van wat El Niño of/en La Niña is/zijn
- uitleggen hoe deze klimaat gebeurtenis leidt tot het effect dat je beschrijft
- de gevolgen voor de mens, het milieu en/of de industrie beschrijven.

## Informatieblad 1: HET RITME VAN DE PLANEET



De beroemde 'Blue Marble' afbeelding van de Aarde (Bron: NASA)

*The Blue Marble* is de naam die gegeven is aan de foto van de planeet Aarde die door de bemanning van Apollo 17 werd genomen. Het is een van de meest gereproduceerde foto's aller tijden. Het blauwe water van de zeeën en oceanen domineert het beeld, maar als we beter kijken, zien we veel meer: het gele Saharazand, de donkergroene tropische regenwouden, het wit van de wolken boven de oceanen en het ijs en de sneeuw die Antarctica bedekken. Soortgelijke foto's, genomen door camera's op satellieten in een baan om de aarde, maken nu deel uit van ons dagelijks leven: ze zijn bijvoorbeeld te zien op veel

weerberichten op TV.

Wetenschappers gebruiken de term **teledetectie** om het observeren van objecten op afstand aan te duiden. Een teledetectie systeem heeft een **sensor** nodig (in het bovenstaande voorbeeld is dat de camera) en een **platform** (in dit geval de satelliet). Wetenschappers op **het gebied van aardobservatie** die onze planeet vanuit de ruimte in de gaten houden, gebruiken vele soorten sensoren op verschillende soorten satellieten en combineren die op verschillende manieren, afhankelijk van wat zij willen ontdekken. Hier wordt nagegaan hoe het type satelliet van invloed is op de gegevens die de instrumenten erop kunnen verzamelen.

### Soorten banen

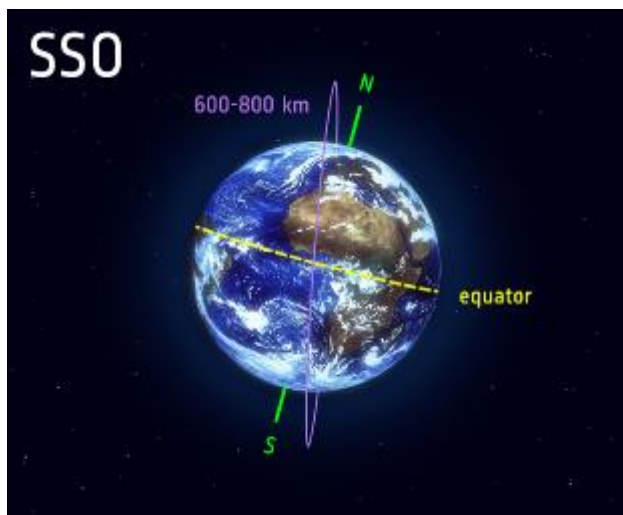


Een geosynchrone equatoriale baan (GEO) (Bron: ESA)

Veel van de beelden in weersvoorspellingen zijn afkomstig van instrumenten die zich ongeveer 36.000 km boven het aardoppervlak bevinden. De satellieten die deze beelden dragen, bewegen in dezelfde snelheid als de planeet roteert en bevinden zich dus altijd boven hetzelfde punt in de wereld. Satellieten in een dergelijke **geosynchrone equatoriale baan (GEO)** worden **geostationaire satellieten** genoemd. Een GEO maakt het mogelijk om elke dag vele

foto's van dezelfde plaats te maken, zodat meteorologen kunnen volgen hoe weersystemen zich ontwikkelen.

Niet alle satellieten zijn geostationair. Andere kunnen de hele aardbol bestrijken door van pool naar pool te reizen. Deze **polaire satellieten** bevinden zich in een **lage baan om de aarde** (LEO) op een hoogte van ongeveer 700 km. Polaire satellieten doen er slechts ongeveer honderd minuten over om de aarde rond te gaan en hun pad kruist de evenaar ongeveer veertien keer per dag.



*Een zonnescychrone baan (SSO) is een speciaal type van een baan om de aarde (LEO) (Bron: ESA)*

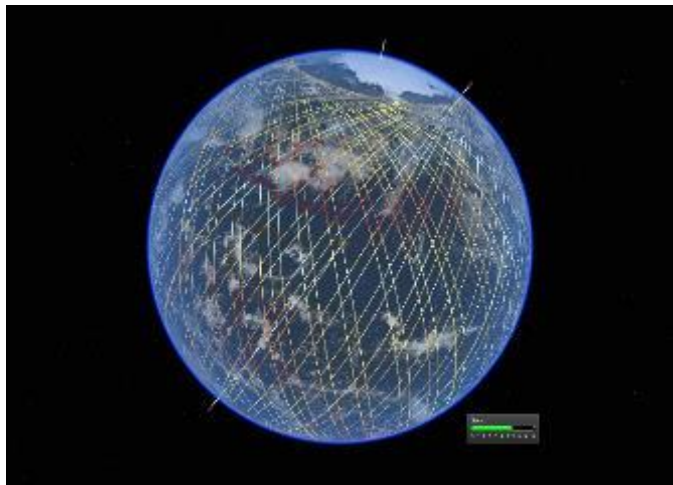
De meeste polaire omloop satellieten volgen een zeer specifieke baan die **zonnescychrone baan** (SSO) wordt genoemd. Zij gaan niet recht over de polen, maar hun baan is licht gekanteld. Daardoor is iedere keer dat zij over een bepaald punt op de evenaar gaan, de plaatselijke tijd ongeveer gelijk.

Voor de meeste plaatsen op aarde kunnen de camera's aan boord van zonnescychrone polaire satellieten slechts één foto per dag nemen. De beelden zijn echter gedetailleerder dan die van geostationaire satellieten

omdat de camera veel dichterbij de aarde staat. Een ander voordeel van het gebruik van een SSO is dat, omdat alle beelden van een bepaalde plaats op hetzelfde tijdstip van de dag worden genomen, de beelden niet worden beïnvloed door de variaties in lichtintensiteit en -richting die zich in de loop van een dag op natuurlijke wijze voordoen. Dit maakt het mogelijk andere veranderingen nauwkeurig te zien, iets wat essentieel is voor het observeren van het klimaat en het meten van grootheden die bekend staan als essentiële klimaat variabelen (ECV's). ECV's geven de gezondheid van onze planeet aan, op dezelfde manier dateen arts, door middel van het meten je polsslag, je iets kan vertellen over je gezondheid.

## Gebruik van satellietwaarnemingen

Het Europees Ruimte-Agentchap, één van's werelds toonaangevende ruimtevaartorganisaties, verzamelt al meer dan veertig jaar satellietgegevens, waarvan het grootste deel gebruik maakt van zonsynchrone polaire omloop satellieten. Deze lange staat van dienst is uiterst waardevol. Het stelt ons bijvoorbeeld in staat te zien wat de opwarming van de aarde met onze planeet heeft gedaan en het is bijzonder nuttig om te laten zien wat er in afgelegen gebieden gebeurt. Dit is belangrijk omdat ontoegankelijke oceanen, bergen, tropische regenwouden, savannen en poolgebieden tot de gebieden behoren die het kwetsbaarst zijn voor klimaatverandering.



*De Copernicus Sentinel 6-satelliet doet er ongeveer honderd minuten over om één baan af te leggen en 'ziet' zo 95% van de ijsvrije oceanen van de aarde ten minste één keer per tien dagen (Bron: ESA)*

## Links

### Middelen

Web applicatie Climate from Space

<https://cfs.climate.esa.int>

Klimaat voor scholen

<https://climate.esa.int/nl/educate/climate-for-schools/>

Onderwijzen met ruimte

[http://www.esa.int/Education/Teachers\\_Corner/Teach\\_with\\_space3](http://www.esa.int/Education/Teachers_Corner/Teach_with_space3)

Onderzoek naar El Niño met LEO Works

[https://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace\\_Weather\\_EN/SEML1PVO1FG\\_0.html](https://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_Weather_EN/SEML1PVO1FG_0.html)

### Ruimtevaartprojecten van ESA

ESA-klimaatbureau

<https://climate.esa.int/>

Ruimte voor ons klimaat

[http://www.esa.int/Applications/Observing\\_the\\_Earth/Space\\_for\\_our\\_climate](http://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Space_for_our_climate)

ESA's missies voor aardobservatie

[www.esa.int/Our\\_Activities/Observing\\_the\\_Earth/ESA\\_for\\_Earth](http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/ESA_for_Earth)

Aarde Ontdekkingsreizigers

[http://www.esa.int/Applications/Observing\\_the\\_Earth/The\\_Living\\_Planet\\_Programme/Earth\\_Explorers](http://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/The_Living_Planet_Programme/Earth_Explorers)

Copernicus Schildwachten

[https://www.esa.int/Applications/Observing\\_the\\_Earth/Copernicus/Overview4](https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Overview4)

### Extra informatie

Soorten banen

[https://www.esa.int/Enabling\\_Support/Space\\_Transportation/Types\\_of\\_orbits](https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Transportation/Types_of_orbits)

El Niño diagrammen

[https://www.esa.int/ESA\\_Multimedia/Images/2018/08/El\\_Nino](https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2018/08/El_Nino)

Meer Aarde vanuit de Ruimte video's

[http://www.esa.int/ESA\\_Multimedia/Sets/Earth\\_from\\_Space\\_programme](http://www.esa.int/ESA_Multimedia/Sets/Earth_from_Space_programme)

ESA Kinderen

[https://www.esa.int/kids/en/learn/Earth/Climate\\_change/Climate\\_change](https://www.esa.int/kids/en/learn/Earth/Climate_change/Climate_change)