

Basis
8-11



lespakket

IS OZON GOED OF SLECHT?

De ontdekking van het in de ozonlaag van Antarctica

docentenhandleiding
en werkbladen voor leerlingen



Overzicht	pagina 3
Samenvatting van de activiteiten	pagina 5
Climate from Space	pagina 7
Ozon in de atmosfeer: achtergrondinformatie	pagina 8
Activiteit 1: WAAROM IS OZON BELANGRIJK?	pagina 11
Activiteit 2: HOE GOED IS MIJN ZONNEBRANDCRÈME?	pagina 13
Activiteit 3: HET GAT IN DE OZONLAAG	pagina 18
Leerlingen werkblad 1	pagina 20
Leerlingen werkblad 2	pagina 21
Leerlingen werkblad 3	pagina 23
Informatieblad 1	pagina 24
Informatieblad 3	pagina 25
Links	pagina 26
Bijlage: WIST JE DAT?	pagina 27

Lespakket in het kader van het klimaatveranderingsinitiatief – IS OZON GOED OF SLECHT? <https://climate.esa.int/nl/educate/>

Activiteit concepten ontwikkeld door de Universiteit Twente (NL) en het Nationaal Centrum voor Aardobservatie (VK)

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

Geproduceerd door het ESA-klimaatbureau
Copyright © Europese Ruimtevaartorganisatie 2020

IS OZON GOED OF SLECHT? Overzicht

De ontdekking van het gat in de ozonlaag van Antarctica

Korte feiten

Vakken: Aardrijkskunde, Wetenschap, Aardwetenschappen

Leeftijdsgroep: 8–11 jaar

Type: lezen, praktische activiteit

Complexiteit: eenvoudig tot gemiddeld

Benodigde lestijd: 3 uur

Kosten: laag (5–20 euro)

Locatie: binnen/buiten

Inclusief het gebruik van: zonnebrandcrème, UV kralen, Internet

Trefwoorden: ozon, het ozongat, ultraviolet (UV) licht, broeikasgas, vervuilende stof, experiment, satelliet

Korte beschrijving

In deze reeks activiteiten leren de leerlingen over ozon en de effecten - goede en slechte - die het heeft op het leven op aarde.

De eerste activiteit geeft een overzicht van deze effecten, schetst hoe ozon wordt gemeten en introduceert het verhaal van het gat in de ozonlaag van Antarctica.

Er is een praktische activiteit waarbij de effectiviteit van zonnebrandcrème wordt onderzocht.

In de laatste activiteit gebruiken de leerlingen echte satellietgegevens om na te gaan hoe de ozonconcentratie de afgelopen decennia over de hele wereld is veranderd.

Beoogde leerresultaten

Na het doorlopen van deze activiteiten zullen de leerlingen in staat zijn om:

Samen te vatten welke effecten ozon in verschillende delen van de atmosfeer heeft op het leven op aarde.

Het verhaal van het gat in de ozonlaag van Antarctica schetsen, met inbegrip van de rol van satellietwaarnemingen om het herstel ervan in de gaten te houden.

De onderdelen van een experimenteel model relateren aan de reële situatie die het voorstelt.

De doeltreffendheid van een experimentele methode evalueren.

Een praktische activiteit uitvoeren volgens instructies en de resultaten systematisch noteren.

De Climate from Space web applicatie gebruiken om veranderingen in de mondiale ozonconcentraties te onderzoeken.

Selecteren van belangrijke informatie uit een reeks bronnen om een beknopte samenvatting van onafhankelijk onderzoek te presenteren.

Samenvatting van de activiteiten

	Titel	Beschrijving	Resultaat	Eerder leren	Tijd
1	Waarom is ozon belangrijk?	Begripsoefening op basis van een verhaal over ozonmeting in het echte leven	Samenvatten welke effecten ozon in verschillende delen van de atmosfeer heeft op het leven op aarde. Het verhaal van het gat in de ozonlaag van Antarctica schetsen, met inbegrip van de rol van satellietwaarnemingen om het herstel ervan in de gaten te houden.	Geen	30–60 minuten
2	Hoe goed is mijn zonnebrandcrème?	Praktische activiteit met UV-kralen om het beschermende effect van verschillende soorten zonnebrandmiddelen te onderzoeken	De onderdelen van een experimenteel model relateren aan de werkelijke situatie die het voorstelt. De doeltreffendheid van een experimentele methode evalueren. Een praktische activiteit uitvoeren volgens instructies en de resultaten systematisch noteren.	Geen	60–90 minuten
3	Het gat in de ozonlaag	Onderzoeksactiviteit met behulp van de Climate from Space web applicatie	Gebruik de Climate from Space web applicatie om veranderingen in de mondiale ozonconcentraties te onderzoeken. Selecteer belangrijke informatie uit een reeks bronnen om een beknopte samenvatting van onafhankelijk onderzoek te presenteren.	Een inleiding tot het onderwerp, bv. Activiteit 1	30-60 minuten + tijd voor onderzoek (thuisstudie) en feedback

De opgegeven tijden gelden voor de belangrijkste oefeningen, uitgaande van volledige IT toegang en/of dat herhalende berekeningen en grafieken door de klas worden verspreid. De tijd voor het delen 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 activiteit 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 gekopieerd.

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, maar kunnen worden hergebruikt.

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

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

Ter ondersteuning van de **beoordeling** zijn werkbladantwoorden en voorbeeldresultaten voor praktische activiteiten 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 activiteit.

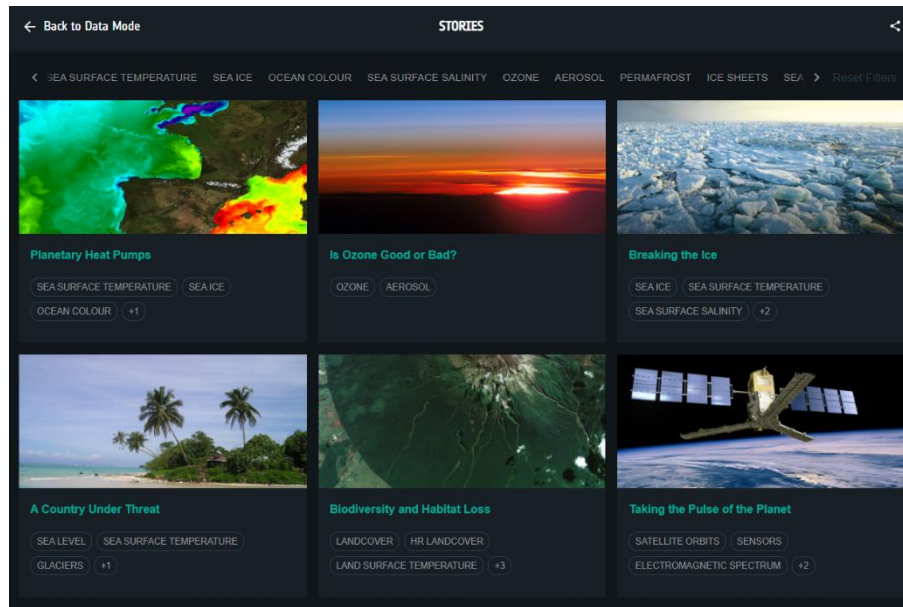
Gezondheid en veiligheid

Bij alle activiteiten zijn wij ervan uitgegaan dat u uw gebruikelijke procedures zult blijven volgen met betrekking tot het gebruik van gemeenschappelijke apparatuur (met inbegrip van 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 tenuitvoerlegging ervan aanzienlijk verschillen, hebben wij ze niet telkens opgesomd. In plaats daarvan hebben we de gevaren belicht die specifiek zijn voor een bepaalde praktische activiteit, zodat u uw risicobeoordeling mede daarop kunt baseren.

Bij sommige van deze activiteiten wordt gebruik gemaakt van de Climate from Space web applicatie. Het is mogelijk om van hieruit naar andere delen van de ESA Climate Change Initiative-site en vandaar naar externe websites te navigeren. Als u de pagina's die de leerlingen kunnen bekijken niet kunt - of wilt - beperken, herinner hen dan aan de lokale veiligheidsregels voor internet

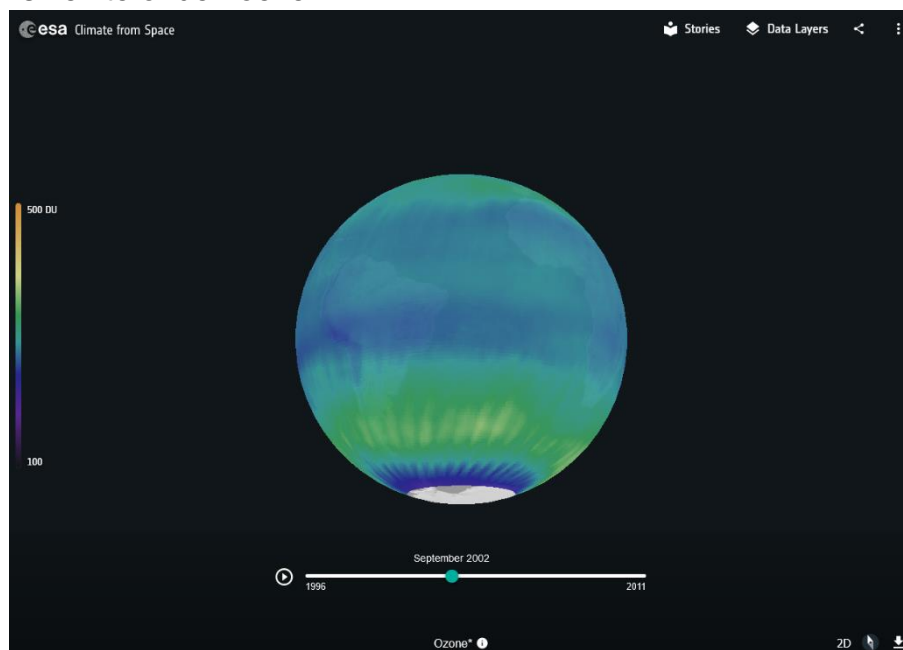
Climate from Space

ESA-satellieten spelen een belangrijke rol bij het monitoren van de klimaatverandering. Climate from Space (cfs.climate.esa.int) is een online-informatiebron die aan de hand van geïllustreerde verhalen een overzicht geeft van de manieren waarop onze planeet verandert en het werk van ESA-wetenschappers.



Figuur 1: Verhalen in Climate from Space (Bron: ESA CCI)

Het ESA klimaatveranderingsinitiatief produceert betrouwbare wereldwijde registraties van een aantal belangrijke aspecten van het klimaat die bekend staan als essentiële klimaatvariabelen (EKV's). Met de Climate from Space web applicatie kunt u meer te weten komen over de gevolgen van klimaatverandering door deze gegevens zelf te onderzoeken.



Figuur 2: Verkenning van de ozonniveaus in de Climate from Space web applicatie (Bron: ESA CCI)

Ozon in de atmosfeer: achtergrondinformatie

Broeikasgassen

Licht van de zon komt door onze atmosfeer en verwarmt de aarde. De aarde straalt op haar beurt warmte uit naar de ruimte. Broeikasgassen in de atmosfeer laten zonlicht door, maar houden de warmte vast, waardoor het afkoelingseffect afneemt (Figuur 3). Ozon (O_3), een vorm van zuurstof, is zo'n broeikasgas.

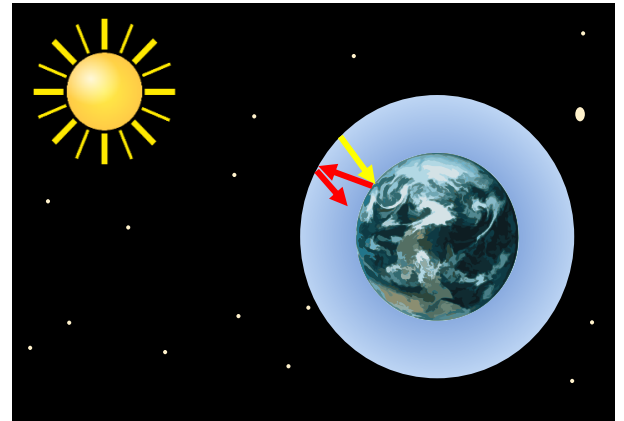
Ozon en ultraviolet licht

Onzichtbaar ultraviolet (UV) licht van de zon veroorzaakt zonnebrand en huidbeschadiging. Het wordt ingedeeld in UVA (lage energie), UVB (gemiddelde energie) en UVC (hoogste UV-energie). Ozon hoog in de atmosfeer (20-50 km) absorbeert alle UVC-straling maar laat wel wat UVA en UVB door.

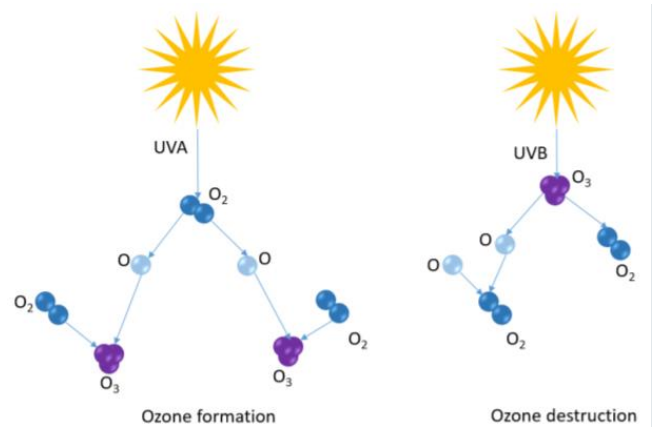
UVA creëert ozon door zuurstofmoleculen (O_2) op te splitsen in afzonderlijke atomen die snel reageren met andere zuurstofmoleculen om ozon (O_3) te vormen. UVB vernietigt ozon door het op te splitsen in een zuurstofmolecuul en een individueel atoom die paren om meer zuurstofmoleculen te vormen (Figuur 4).

Deze twee processen houden elkaar normaal gesproken in evenwicht, maar andere chemische stoffen, zoals die vrijkomen bij de verbranding van fossiele brandstoffen, kunnen van invloed zijn op de snelheid waarmee ozon wordt aangemaakt en vernietigd. Dit leidt tot een vermindering van de hoeveelheid ozon hoog in de atmosfeer en laat een hogere ozonconcentratie dicht bij de oppervlakte achter (Figuur 5). Ozon op grondniveau kan ademhalingsmoeilijkheden en zelfs longschade veroorzaken, vooral bij mensen die al aandoeningen zoals astma hebben.

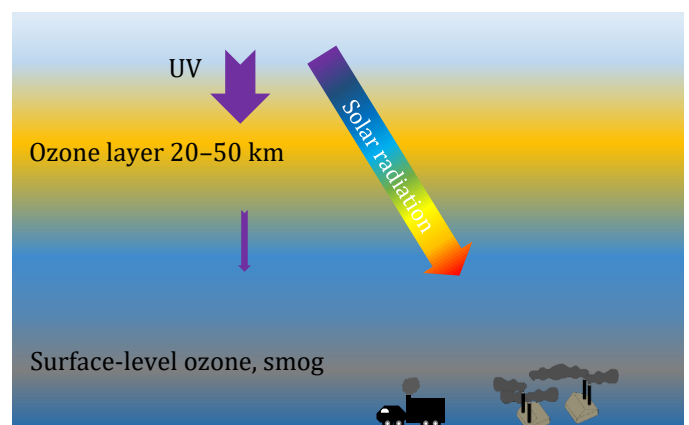
Het is belangrijk te bedenken dat "goed" ozon in de hogere atmosfeer en "slecht" ozon lager in de atmosfeer beide dezelfde stof zijn.



Figuur 3: Het broeikaseffect (Bron: Suhyb Salama, Universiteit Twente)



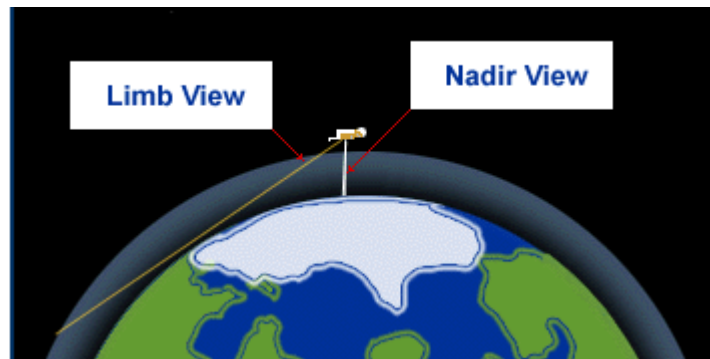
Figuur 4: Natuurlijke aanmaak en vernietiging van ozon (Bron: Suhyb Salama, Universiteit Twente)



Figuur 5: "Goede" en "slechte" ozon (Bron: Suhyb Salama, Universiteit Twente)

Ozonmetingen

Wij kunnen instrumenten om ozon te meten plaatsen op grondniveau (b.v. in weerstations), in de lucht (aan boord van vliegtuigen of ballonnen) of op satellieten. Met behulp van satellieten kunnen wij elke dag over de hele wereld ozon meten met behulp van UV-gevoelige camera's: hoe zwakker het UV-gehalte, hoe meer ozon er in de atmosfeer aanwezig is.



Figuur 6: Nadiraanzicht versus Limb aanzicht (Bron: ESA)

Als de camera recht naar beneden kijkt (nadir-beeld in Figuur 6) meet hij de totale hoeveelheid ozon in de atmosfeer. Dit wordt in de Climate from Space web applicatie weergegeven als 'totale ozon'. Zijwaarts door de atmosfeer kijken (limb-beeld in Figuur 6) geeft informatie over de ozonconcentratie op verschillende hoogtes - een ozonprofiel - dat we kunnen gebruiken om 'goede' en 'slechte' ozon te vergelijken.

Het ozongehalte in de atmosfeer wordt gemeten in Dobson-eenheden. 100 Dobson-eenheden is een concentratie die overeenkomt met een één millimeter dikke laag ozon aan het aardoppervlak (bij standaardtemperatuur en -druk). De eenheid is genoemd naar Gordon Dobson, een onderzoeker van de Universiteit van Oxford, die het eerste instrument bouwde om de ozonconcentratie vanaf de grond te meten.

Het gat in de ozonlaag

In 1979 ontvingen ingenieurs de eerste gegevens van een nieuw instrument op een Amerikaanse satelliet. De sensor registreerde ozonconcentraties boven Antarctica die zo laag waren dat ze werden afgedaan als instrumentfouten. Niet lang daarna publiceerde een team van Britse wetenschappers op een onderzoeksstation op Antarctica resultaten op de grond die vergelijkbare ozonwaarden te zien gaven. De lage waarden die door satellieten waren geregistreerd, bleken dus toch niet fout te zijn.

Het "gat" in de ozonlaag trok al snel de aandacht van de media en beleidsmakers, terwijl wetenschappers probeerden te achterhalen wat de oorzaak was. Zij identificeerden een groep gassen, chloorfluorkoolwaterstoffen (CFK's) genoemd, die in die tijd op grote schaal werden gebruikt in spuitbussen, brandblusapparaten, koelkasten en airconditioners. Hoewel ze op grondniveau meestal onschadelijk zijn, laten CFK-moleculen chlooratomen los wanneer ze hoog in de atmosfeer door zonnestraling worden getroffen - en één chlooratoom kan vele ozonmoleculen splitsen. De ozonconcentraties daalden wereldwijd en, dankzij de luchtverplaatsing op aarde, vooral boven Antarctica.

In 1987 werd op een intergouvernementele conferentie in Montreal overeenstemming bereikt over strenge beperkingen van de CFK-emissies. De gassen zijn grotendeels vervangen door veiliger alternatieven en de ozonlaag is zich

aan het herstellen. Maar dit is een langzaam proces: CFK's blijven zeer lang in de atmosfeer aanwezig, zodat de ozonconcentratie naar verwachting pas in 2030-2060 weer het niveau van 1980 zal bereiken. Het Protocol van Montreal is een geslaagd voorbeeld van de manier waarop satellietgegevens over het klimaat informatie kunnen opleveren waarop wereldleiders een internationale overeenkomst kunnen baseren om het milieu wereldwijd te beschermen.

Activiteit 1: WAAROM IS OZON BELANGRIJK?

Het verhaal in deze activiteit introduceert ozon als een onzichtbaar gas dat het leven op aarde beschermt als het hoog in de lucht is, maar dat de gezondheid van mensen aantast zodra het dicht bij de oppervlakte is. Zelfverzekerde lezers kunnen het verhaal misschien zelf lezen, misschien als voorbereiding op de les. In de klas kunt u de tekst aanvullen met materiaal uit het gerelateerde Climate from Space verhaal.

Benodigheden

- Informatieblad 1
- Leerlingen werkblad 1
- Climate from Space web applicatie: *Is Ozon Goed of Slecht?* verhaal (optioneel)

Oefening

1. Bespreek met de leerlingen hoe ze zich op verschillende manieren gedragen op verschillende plaatsen, zoals het klaslokaal en de speelplaats. Leg uit dat ze gaan luisteren naar of lezen van een verhaal over een gas dat hetzelfde doet. Ze moeten luisteren/op zoek gaan naar informatie over wat het waar doet.
2. Lees het verhaal op informatieblad 1 voor of met de klas, waarbij u op de juiste plaatsen pauzeert om te controleren of de klas de tekst goed begrijpt. U zou de tekst als volgt kunnen illustreren met materiaal uit het gelijknamige Climate from Space verhaal:
 - De tweede galerijfoto op dia 2 toont de zon zoals wij die zien en hoe zij eruit zou zien als wij ultraviolet licht konden zien.
 - De animatie op dia 3 toont ozonmetingen. Merk op dat het "gat" te zien is als een onregelmatig donkerblauw of paars gebied (lage concentratie). De scherp omliggende cirkels met de zee in grijs en het continent Antarctica in wit zijn tijden en plaatsen waarvoor we geen gegevens hebben (zie volgende bulletpoint).
 - Het gedeelte van de video op dia 4 van 0:18 tot 0:33 laat zien hoe een satelliet gedurende een aantal dagen informatie verzamelt voor de hele aarde en waarom er een gebrek aan gegevens is op de polen.
 - Het volgende deel van deze video (tot ongeveer 1:20) laat zien hoe ozon zich over de planeet verplaatst, wat nuttig kan zijn als leerlingen vragen waarom ozonemissies een probleem veroorzaken op een plaats waar niet veel mensen wonen en niemand een koelkast nodig heeft.
 - De eerste galerij-afbeelding op dia 5 is een doorsnede van de atmosfeer met ozon in blauw. Als u snel doorgaat naar Activiteit 3 is het misschien beter om dit niet te laten zien, omdat de kleur die gebruikt wordt om ozon weer te geven in dit plaatje overeenkomt met de kleur die in de webapplicatie gebruikt wordt om een vrij lage concentratie weer te geven.
3. Vraag de leerlingen de tabel op leerlingenblad 1 in te vullen, individueel of in groepjes. Degenen die deze taak snel afronden, kunnen een of meer van de volgende dingen doen:
 - De aanvullende berekening uit te voeren

- Een lijst maken van andere feiten die zij zich uit het verhaal herinneren en/of dingen die zij willen vragen
 - Zoek in de tekst naar informatie over aanvullende begripsvragen zoals: Wat heeft het gat in de ozonlaag boven Antarctica veroorzaakt? Wat hebben mensen gedaan om het te repareren? Hoe meten satellieten ozon in de atmosfeer?
4. Controleer als klas de ideeën die de leerlingen in de tabel hebben gezet en bespreek eventuele extra, ontbrekende of verkeerd geplaatste punten. U kunt de sessie afsluiten door de leerlingen te laten stemmen over de vraag of zij denken dat ozon meer goed dan slecht of meer slecht dan goed is, en sommigen te vragen hun redenering toe te lichten.

Werkblad antwoorden

Is ozon goed of slecht?

	Ozon hoog in de atmosfeer	Ozon aan het aardoppervlak
Hoe ze verschillen	Goed Op natuurlijke wijze ontstaan Beschermt ons tegen UV-straling	Slecht Veroorzaakt door vervuiling Veroorzaakt longproblemen
Hoe ze hetzelfde zijn	Hetzelfde gas Kan worden gemeten door satellieten.	

Het meten van ozon

300 Dobson-eenheden komt overeen met een ozonlaag van 3 mm aan het aardoppervlak.

Activiteit 2: HOE GOED IS MIJN ZONNEBRANDCRÈME?

Een experiment met UV-gevoelige kralen om na te gaan welke bescherming een zonnebrandmiddel biedt tegen schadelijke ultraviolette straling.

Benodigheden

- UV-gevoelige kralen bij voorkeur paars of donkerroze, omdat deze een duidelijker scala aan tinten geven - 5 of 6 voor elke groep (verschillende groepen kunnen verschillende kleuren gebruiken, maar alle kralen die door een groep worden gebruikt, moeten dezelfde kleur hebben)
- Petrischaaltje of een andere platte open schaal - één per groep
- UV-zaklamp - één per groep (optioneel)*
- Kleurpotloden (dezelfde kleur als de kralen) voor elke leerling
- Een selectie van zonnebrandcrèmes met verschillende beschermingsfactoren (bijvoorbeeld SPF 20, 30 en 50) of/en waterbestendigheid - elke groep heeft een kleine hoeveelheid van één type nodig in een klein bakje
- Bekers met water - één per groep
- Sharpie of een andere fijne permanente marker - zie voorbereiding, hieronder
- Koord en kleefetiketten (optioneel) - zie voorbereiding, hieronder
- Handdoeken voor natte handen en om eventueel gemorste vloeistoffen op te ruimen
- Een kopie van werkblad 2 (2 pagina's) voor elke leerling, eventueel met extra kopieën in geval van morsen

*Met UV-zaklampen (blacklight) kan het experiment binnenshuis of bij slecht weer worden uitgevoerd en kan men de hoeveelheid licht waaraan de korrels worden blootgesteld controleren. Zij hebben over het algemeen een te laag vermogen om het gezichtsvermogen te schaden en zijn daarom veilig in het gebruik - maar volg wel de veiligheidsinstructies hieronder op en raadpleeg de bijsluiters van de fabrikant. Behalve dat ze de kosten van het experiment verhogen, is de gesimuleerde situatie verder gesimplificeerd. Mede daarom is het beter om waar mogelijk natuurlijk licht te gebruiken.

Vorbereiding

Elke groep heeft een manier nodig om de afzonderlijke kralen te identificeren. U kunt genummerde segmenten op de te gebruiken schalen markeren, of elke kraal aan een touwtje rijgen en de nummers met plakbandjes aanduiden, zoals getoond in Figuur 7 in het onderstaande deel met voorbeelden van resultaten. Deze laatste methode kan het voor de leerlingen gemakkelijker maken de kralen te hanteren.

Gezondheid en veiligheid

Als er buiten gewerkt wordt, zorg er dan voor dat de leerlingen beschermd zijn tegen de zon met petjes en zonnebrandcrème.

Instrueer de leerlingen om niets - ook hun vingers niet! - in hun mond te steken.

De leerlingen mogen niet rechtstreeks in de zon kijken of met UV-lampen naar elkaar schijnen.

Ga van tevoren na of ouders op de hoogte zijn van allergieën van hun kind voor een bepaald merk of ingrediënt van de zonnebrandcrème en kies/verdeel de monsters overeenkomstig.

Zorg ervoor dat er materiaal beschikbaar is om gemorst product op te ruimen.

Oefening

1. Deel de UV-kralen uit en laat de leerlingen ze mee naar buiten nemen om te kijken wat er gebeurt. (Een zonnige vensterbank is soms voldoende.) Hoe lang duurt het voor de kralen vandaag een sterke kleur ontwikkelen?
2. Leg uit dat UV-licht van de zon de kralen van kleur doet veranderen, net zoals het onze huid donkerder kan maken of verbranden (maar dan veel sneller!). We kunnen de kleuren gebruiken om een schaal te maken waarmee we kunnen meten hoeveel UV-licht een bepaalde plaats bereikt. Vraag de leerlingen dit te doen aan de hand van de instructies voor het maken van een kleurschaal aan het begin van werkblad 2.1.
3. Schets het experiment: we gaan deze kralen gebruiken om verschillende soorten zonnebrandcrème te vergelijken. Hoe goed blijven ze zitten? Welk type geeft de meeste bescherming?
4. Deel de potjes zonnebrandcrème en de bekertjes water uit. Afhankelijk van de leeftijd en de vaardigheden van de leerlingen kunt u hen de instructies geven of hen de informatie laten gebruiken die onderaan Leerlingenwerkblad 2.1 staat. De lege regel is bedoeld voor leerlingen die zelf een opstelling bedenken. (Bij de voorbeeldresultaten in Figuur 7 werd kraal 6 met zonnebrandcrème ingesmeerd, in het water gedompeld en vervolgens afgeveegd - vergelijkbaar met het gebruik van een handdoek na een zwembeurt).
5. Terwijl de leerlingen hun setje kralen in de zon laten liggen, bespreken ze hoe het experiment model staat voor situaties uit het echte leven. Vraag hen de oefening onderaan Leerlingenwerkblad 2.1 in te vullen, waarbij ze pijlen trekken om elke opstelling te koppelen aan een overeenkomstige beschrijving. Als er tijd voor is, kunt u ook het concept van een controle bespreken.
6. Wanneer de kralen lang genoeg in de zon hebben gelegen - lang genoeg om kraal 1 zo donker mogelijk te laten worden is goed - vraag dan aan de leerlingen om de kleur van elke kraal te beoordelen en die te noteren in de resultatentabel op leerlingenwerkblad 2.2. Daarna moeten ze de aanwijzingen op het werkblad gebruiken om een conclusie te schrijven. Misschien kunt u een discussie op gang brengen over wat het betekent om te zeggen dat een zonnebrandmiddel goed werkt.
7. Combineer de groepen of verzamel de resultaten van de hele klas, zodat de leerlingen hun resultaten kunnen vergelijken met die van andere groepen die een ander zonnebrandmiddel hebben gebruikt. Vraag waarom het belangrijk is bij het invullen van de tweede tabel kralen te vergelijken die op dezelfde

manier zijn behandeld. U kunt de leerlingen eventueel een passende grafiek laten maken van hun resultaten en/of van de gecombineerde resultaten, waarbij de SPF wordt afgezet tegen een getal met een kleurenschaal.

- Het laatste deel van leerlingenwerkblad 2.2 bevat vragen die de basis kunnen vormen van een klassikale discussie. U kunt de leerlingen vragen een folder over zonneveiligheid te maken waarin de resultaten van hun onderzoek worden gebruikt om mensen te helpen de juiste zonnebrandcrème te kiezen en uit te leggen hoe ze die goed kunnen gebruiken.

Voorbeeld resultaten

Maak een kleurenschaal

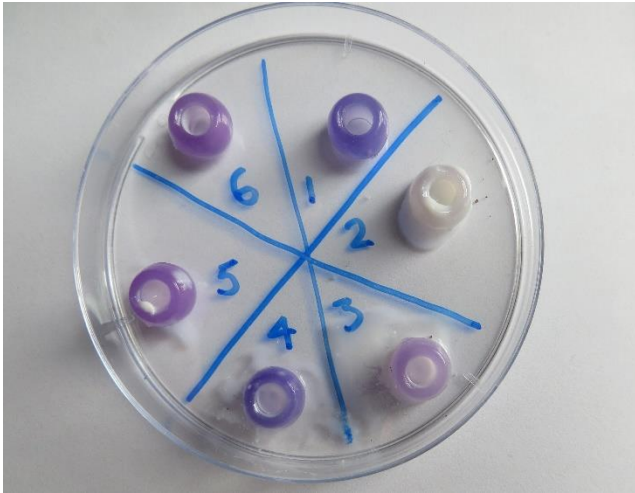
Op leerlingenblad 2.1 staat een voorbeeld van een ingevulde kleurenschaal.

Het opzetten van uw experiment

Kraal	Wat doe je ermee?	Deze kraal is als ...
1	Niets (het is de controle)	ik als ik een tijdje buiten heb gezeten (de zonnebrandcrème is er een beetje afgesleten)
2	Bedek het met zonnebrandcrème	ik zonder zonnebrandcrème
3	Bedek het met zonnebrandcrème, dompel het 1 seconde in het water	ik na een het zwemmen
4	Bedek het met zonnebrandcrème, dompel het 5 seconden in het water	ik als ik in de zon heb rondgelopen (behoorlijk zweterig geworden!)
5	Bedek het met zonnebrandcrème, spoel het 5 seconden in het water	ik met zonnebrandcrème op
6	Beschrijving van wat de leerlingen hebben gedaan	Beschrijving door de leerlingen van wat hun acties vertegenwoordigen

Resultaten

De onderstaande resultaten zijn verkregen met paarse UV-korrels die ongeveer 30 seconden aan het licht van een UV-brander zijn blootgesteld (het kan enkele minuten duren voordat de korrels bij zwak zonlicht soortgelijke kleuren krijgen). Het gebruikte zonnebrandmiddel was SPF 15 en nominaal waterbestendig. Kraal 6 werd met zonnebrandcrème ingesmeerd, in het water gedompeld en vervolgens afgeveegd - vergelijkbaar met het gebruik van een handdoek na het zwemmen.



Figuur 7: Twee verschillende methoden voor het labelen van UV-gevoelige korrels (Bron: ESA CCI)

Kraal	Wat we ermee deden	Kleur schaal nummer
1	Niets (het is de controle)	10
2	Bedekte het met zonnebrandcrème	2
3	Bedekte het met zonnebrandcrème, dompelde het in het water voor 1 seconde	4
4	Bedekte het met zonnebrandcrème, dompelde het in het water voor 5 seconden	5
5	Smeerde hem in met zonnebrandcrème, zwiepte hem 5 seconden in het water	6
6	Smeerde het in met zonnebrandcrème, zwiepte het 5 seconden in het water en veegde het af.	8

Conclusie

De antwoorden op deze vragen zullen afhangen van de criteria die de leerlingen hanteren voor "goed werken". Een redelijke maatstaf zou zijn dat als bij de kralen 4 en 5 een relatief laag cijfer wordt gegeven, omdat dit erop wijst dat het zonnebrandmiddel waarschijnlijk bescherming biedt na enige tijd rondlopen en na het zwemmen.

Bij de bespreking van deze conclusies is het goed erop te wijzen dat regelmatig opnieuw zonnebrandcrème moet worden aangebracht en dat dit nog belangrijker is als je actief bent geweest of hebt gezwommen.

De leerlingen kunnen een extra experiment uitvoeren om te testen hoe lang de bescherming blijft, door de bolletjes opnieuw te belichten en de kleur met tussenpozen van bijvoorbeeld een uur te noteren zonder nog een zonnebrandmiddel aan te brengen. Bedenk bij de bespreking van de resultaten dat de korrels niet zo poreus zijn als de huid.

Vergelijking van SPF's

De getoonde resultaten zijn een vergelijking van korrel 4 voor drie verschillende lotions. Zij leveren enig bewijs dat een hogere SPF meer bescherming biedt, maar er blijkt geen verschil te zijn tussen SPF 30 en SPF 50.

SPF	Kleurschaal nummer
15	5
30	4
50	4

Als er slechts drie soorten zonnebrandcrème worden gebruikt, is het natuurlijk waarschijnlijk dat elk daarvan door verschillende groepen is getest. Door het gemiddelde te nemen van de resultaten door van alle groepen die respectievelijk SPF 15, SPF 30 en SPF 50 gebruiken, kan een dergelijk probleem worden opgelost.

Niettemin kan de bespreking van mogelijke redenen hiervoor (verschillende hoeveelheden zonnebrandcrème aangebracht door verschillende groepen, verschillende manieren om 5 seconden te meten, variatie in kleurschaal tussen groepen, of verschillende kralen) leiden tot een vruchtbare evaluatie van de gebruikte methode en kan dit suggesties opleveren om het experiment in de toekomst te verbeteren.

Activiteit 3: HET GAT IN DE OZONLAAG

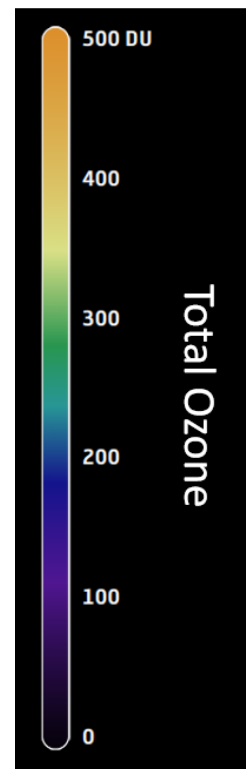
In deze activiteit gebruiken de leerlingen de Climate from Space web applicatie om satellietmetingen van ozon over de hele wereld in de loop van de tijd te bekijken en de veranderingen in het gat in de ozonlaag van Antarctica in de afgelopen twee decennia te onderzoeken.

Benodigheden

- Internet toegang
- Climate from Space web applicatie
- Leerlingen werkblad 3
- Informatieblad 3 in kleur (kan één per paar leerlingen zijn)
- Presentatiesoftware zoals PowerPoint

Oefening

1. Bespreek de rol van ozon in de atmosfeer. U kunt de leerlingen ondervragen over wat ze uit vorige activiteiten hebben geleerd.
U kunt eventueel de ESA-video 'Het monitoren van ozon' (2:38 - zie Links) laten zien, hoewel deze geen vertelling bevat en de gedetailleerde bijschriften hem ongeschikt kunnen maken voor jongere of minder vaardige groepen.
2. Vraag de leerlingen de Climate from Space web applicatie te openen en naar de gegevenslaag over ozon te gaan. Bespreek wat de kleuren in de visualisatie betekenen: blauw betekent minder ozon; oranje betekent meer ozon (zie Figuur 8). Merk op dat deze kleurenschaal enigszins verschilt van de schaal die gebruikt wordt in de afbeeldingen op informatieblad 3. U kunt ook de Dobson-eenheid introduceren als de leerlingen er in Activiteit 1 nog niet mee in aanraking zijn gekomen.
3. Geef de leerlingen wat tijd om de ozongegevens te onderzoeken. De Climate from Space web applicatie spreekt voor zich, maar u kunt misschien de gegevenslaag tonen die ze nodig hebben en/of de bediening demonstreren.
4. Vraag de leerlingen de vragen op leerlingwerkblad 3 te beantwoorden met behulp van informatie uit de web applicatie en/of informatieblad 3. Misschien moeten ze ook een onlinekaart of -atlas raadplegen om de plaatsen met hoge en lage ozonconcentraties te kunnen aanwijzen/noemen.
5. Geef elke leerling of elk paar leerlingen een van de vragen aan het einde van werkblad 3.1. om online te onderzoeken. Je kunt de leerlingen ook zelf een van deze of een soortgelijke vraag laten kiezen. Ze kunnen het onderzoek uitvoeren in de klas of als huiswerkopdracht.
6. Daag de leerlingen uit hun bevindingen aan de rest van de klas te presenteren aan de hand van één dia of/en een beperkte hoeveelheid tekst - zeg honderd woorden.



Figuur 8: Totale ozon kleurenschaal (Bron: ESA CCI)

Werkblad antwoorden

Ozonconcentraties in de wereld

Er zijn veel antwoorden mogelijk, zie hieronder enkele voorbeelden:

Hoge ozonconcentraties: April 1998, Europa, > 400 DU; maart 2001, Japan, > 400 DU; maart 2007, Alaska, > 400 DU

Lage ozonconcentraties: Oktober 1997, Antarctica, < 100 DU; december 2001, Stille Oceaan, 100 DU; november 2011, Antarctica, 100 DU

Ozon in Antarctica

Het gat in de ozonlaag van Antarctica was het grootst aan het eind van de jaren 1990 en het begin van de jaren 2000.

De waarnemingen tonen een aanhoudend herstel vanaf ongeveer 2010.

Lees meer

De leerlingen kunnen de gegeven vragen in verschillende richtingen gebruiken of hun eigen vragen ontwikkelen om te onderzoeken. De aantekeningen hieronder bevatten enkele kernpunten en een plaats waar leerlingen die vastzitten kunnen beginnen met een van de voorgestelde vragen.

- **Is er een gat in de ozonlaag boven de Noordpool?**
Een gat in de ozonlaag boven de Noordpool komt niet vaak voor. Uit satellietgegevens blijkt echter dat de ozonconcentratie boven het Noordpoolgebied in maart 2020 op ongebruikelijke wijze is gedaald als gevolg van een winter waarin koude lucht was opgesloten in een "poolwervel". Zie bijvoorbeeld: [esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-5P/Unusual_ozone_hole_opens_over_the_Arctic](https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-5P/Unusual_ozone_hole_opens_over_the_Arctic)
- **Wat zijn CFK's?**
CFK's zijn chloorfluorkoolwaterstoffen: een groep niet-giftige, niet-ontvlambare chemische stoffen die atomen van koolstof, chloor en fluor bevatten. Zij worden gebruikt bij de vervaardiging van spuitbussen, blaasmiddelen voor schuim en verpakkingsmateriaal, als oplosmiddelen en als koelmiddelen. Zie: [esrl.noaa.gov/gmd/hats/publicatn/elkins/cfcs.html](https://www.esrl.noaa.gov/gmd/hats/publicatn/elkins/cfcs.html)
- **Wat is het Protocol van Montreal?**
Het Protocol van Montreal is een internationaal verdrag waarin is overeengekomen geleidelijk een einde te maken aan het gebruik van stoffen (meestal CFK's) die de ozonlaag afbreken. Zie bijvoorbeeld: <https://nl.wikipedia.org/wiki/Montrealprotocol>
- **Welke ESA-satellieten hebben instrumenten die ozon kunnen meten?**

Satelliet	Instrument	Lanceerdatum
ERS-2	GOME	1995
Envisat	MIPAS	2002
Envisat	GOMOS	2002
Envisat	SCIAMACHY	2002
Sentinel-5	TROPOMI	2017

Werkblad 1: WAAROM IS OZON BELANGRIJK?

Is ozon goed of slecht?

Gebruik ideeën uit het verhaal om de tabel in te vullen.

	Ozon hoog in de atmosfeer	Ozon aan het aardoppervlak
Hoe ze verschillend zijn		
Hoe ze hetzelfde zijn		

Het meten van ozon

Ozon wordt gemeten in **Dobson-eenheden**. Eén Dobson-eenheid komt overeen met een ozonlaag van $\frac{1}{100}$ mm dik aan het aardoppervlak. De gemiddelde ozonconcentratie in de atmosfeer is 300 Dobson-eenheden. Als al dit ozon zich aan het aardoppervlak zou bevinden, hoe dik zou de laag dan zijn?

Werkblad 2: HOE GOED IS MIJN ZONNEBRANDCRÈME?

Wat je nodig hebt

- 6 UV-gevoelige korrels
- Zonnebrandcrème
- Een bekerglas met water
- Een kleurenschaal

Een kleurenschaal maken

Je hebt een schaal zoals deze nodig om de kleur van je kralen te vergelijken.

geen UV licht						→ veel UV licht				
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Kleur in dit vakje de donkerste kleur van je kraal. _____

geen UV licht						→ veel UV licht				
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Laat dit vakje wit om de kleur van de kraal te laten zien als hij een tijdje in het donker of binnen heeft gelegen. Kleur de tussenliggende vakjes van licht naar donker om je schaal te maken.

Het opzetten van je experiment

Teken pijlen van elke kraal naar het vakje dat het best beschrijft wat hij voorstelt. De pijl voor kraal 3 is al voor je gemaakt.

Kraal	Wat doe je ermee?
1	Niets (het is de controle)
2	Bedek het met zonnebrandcrème
3	Bedek het met zonnebrandcrème, dompel het 1 seconde in water
4	Bedek het met zonnebrandcrème, dompel het 5 seconden in water
5	Bedek het met zonnebrandcrème, spoel het 5 seconden in water
6	

Deze kraal is net als ...
ik als ik een tijdje buiten heb gezeten (de zonnebrandcrème is er een beetje afgesleten)
ik zonder zonnebrandcrème
ik na het zwemmen
ik als ik in de zon heb rondgelopen (behoorlijk zweterig geworden!)
ik met zonnebrandcrème op

Gezondheid en veiligheid

- Draag een pet en zonnebrandcrème als je op een zonnige dag naar buiten gaat.
- Niets proeven. Hou je handen uit de buurt van je mond.
- Was je handen na het gebruik van de zonnebrandcrème.
- Kijk niet rechtstreeks in de zon.

Resultaten

Welke zonnebrandcrème heb je gebruikt? SPF _____ Type _____

Kraal	Wat we ermee deden	Kleurschaal nummer
1	Niets (het is de controle)	
2	Bedekt met zonnebrandcrème	
3	Bedekt met zonnebrandcrème, doopte het in het water voor 1 seconde	
4	Bedekt met zonnebrandcrème, doopte het in het water voor 5 seconden	
5	Bedekt met zonnebrandcrème, zwiepte het gedurende 5 seconden in het water	
6		

Conclusie

Denk je dat de zonnecrème die je getest hebt goed werkte? _____

Waarom denk je dat? _____

Vergelijking van SPF's

Vergelijk nu je resultaten met die van de andere groepen. Je moet ervoor zorgen dat je de resultaten gebruikt voor kralen die op dezelfde manier zijn behandeld.

We vergelijken de resultaten voor kraal nummer _____

Noteer de SPF's en de kleurnummers in deze tabel.

Wat zegt deze tabel over de SPF op een fles zonnebrandcrème?

Verbaast een van de resultaten je? Waarom (of waarom niet)?

SPF	Colour-scale number

Werkblad 3: HET GAT IN DE OZONLAAG

Open de web applicatie Climate from Space (cfs.climate.esa.int).

Klik op het symbool Gegevenslagen (rechtsboven) en kies Ozon uit de lijst.

Speel de animatie een paar keer af om te zien of u begrijpt hoe de knoppen op het scherm u helpen om beter te kijken naar bepaalde plaatsen of tijden.

Ozonconcentraties in de wereld

De hoeveelheid ozon in de atmosfeer verandert in de loop van de tijd en is op verschillende plaatsen verschillend.

Stap door de animatie en beweeg over de werldebol tot je een plaats en tijd vindt waar de ozonconcentratie zeer hoog was.

Datum _____

Plaats _____

Geschat totaal ozon _____ Dobson eenheden

Zoek nu een plaats en tijd waar de ozonconcentratie erg laag was.

Datum _____

Plaats _____

Geschat totaal ozon _____ Dobson eenheden

Ozon in Antarctica

In de jaren 80 ontdekten wetenschappers dat de atmosfeer boven Antarctica heel weinig ozon bevatte. De plaatjes op informatieblad 3 tonen de ozonconcentraties van 1996 tot 2012. Gebruik deze gegevens of/en de Climate from Space web applicatie om uit te vinden wanneer het gat in de ozonlaag van Antarctica is ontstaan:

was het grootst _____

begon te herstellen _____

Lees meer

Gebruik het Internet om onderzoek te doen naar ozon in de atmosfeer.

Je zou een of meer van deze vragen kunnen onderzoeken:

- Is er een gat in de ozonlaag boven de Noordpool?
- Wat zijn CFK's?
- Wat is het Montreal Protocol?
- Welke ESA-satellieten hebben instrumenten die ozon kunnen meten?

Wees bereid om je bevindingen aan de anderen in de klas te presenteren.

Informatieblad 1: IS OZON GOED OF SLECHT?

Ben woont met zijn ouders op een boerderij in Australië. Elke ochtend staan zijn ouders om vier uur op, zodat ze de koeien kunnen melken als het buiten nog koel is. De bus die Ben naar school brengt, haalt hem pas om acht uur op, dus hij mag uitslapen. Hij heeft zijn ouders of een wekker niet nodig om hem wakker te maken. De felle zon die in zijn slaapkamer schijnt, doet dat wel. Na het ontbijt rent Ben naar buiten om op de bus te wachten.

Zijn moeder staat in de tuin. Heb je je ingesmeerd met zonnebrandcrème?' roept ze.

Geïrriteerd antwoordt Ben: 'Ja, mam!'

Maar hij liegt.

Als Ben die middag thuiskomt, huilt hij. 'Mijn gezicht doet pijn!' zegt hij. Hij is verbrand door de zon.

Zijn moeder leeft mee, maar is ook boos. 'Heb je je vanmorgen ingesmeerd met zonnebrandcrème?' vraagt ze streng.

'Nee, dat heb ik niet gedaan,' geeft Ben toe.

Tegen etenstijd is zijn gezicht nog steeds rood en pijnlijk, dus besluit hij uit te zoeken hoe de zon zijn huid heeft verbrand.

Het blijkt dat er een soort zonlicht is dat we met onze ogen niet kunnen zien, maar dat wel heel sterk is - sterk genoeg om ons te verbranden. Dit wordt ultraviolet licht genoemd - afgekort UV-licht.

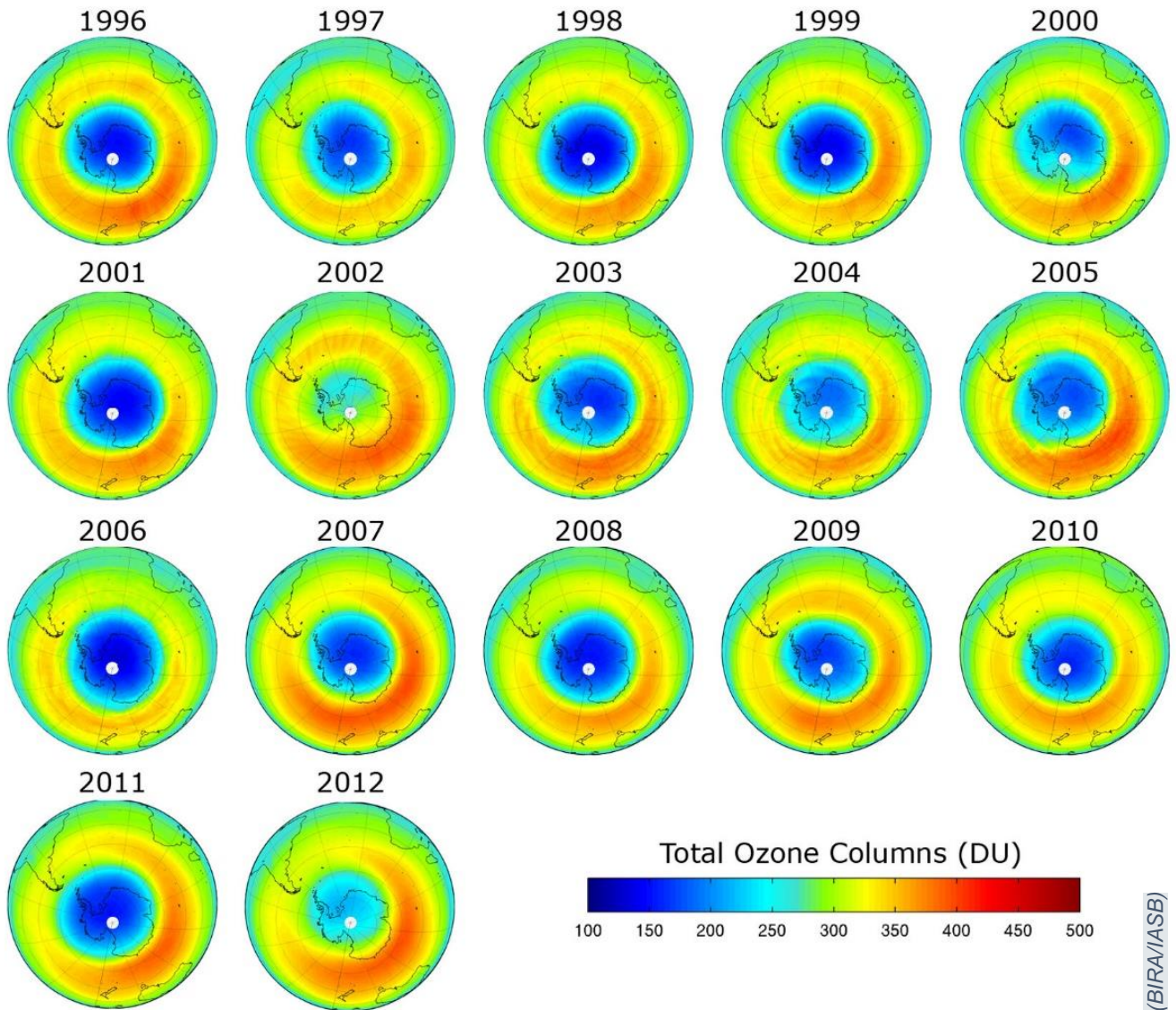
De atmosfeer rond onze planeet bevat een gas dat ozon heet. Een laag ozon hoog in de lucht neemt ultraviolet licht op en verandert het in warmte, waardoor wij beschermd zijn tegen de meest schadelijke effecten van het ultraviolette licht. Ben ontdekt echter ook dat luchtvervuiling ozon creëert lager in de atmosfeer. Wanneer ozon dicht bij de grond is, beschermt het ons niet. In feite kan het onze longen beschadigen.

Honderd jaar geleden begonnen mensen gassen genaamd CFK's te gebruiken in koelkasten en spuitbussen. Maar toen toonden satellieten aan dat er een gat zat in de ozonlaag boven Antarctica, en realiseerden wetenschappers zich dat CFK's ozon vernietigen. De leiders van alle landen in de wereld waren geschokt door het nieuws en kwamen overeen de gassen niet meer te gebruiken. Maar CFK's gaan lang mee, dus ook al is het gat sinds 2000 aan het slinken, het zal nog vele jaren duren voordat het gedicht is.

Ben is nieuwsgierig naar de satellieten. Hoe zien zij de ozon? Hij ontdekt dat sommige satellieten ultravioletcamera's hebben die kunnen meten hoeveel ozon er in de lucht is en hoe hoog het zich bevindt. Deze camera's kunnen het verschil zien tussen 'goede' en 'slechte' ozon.

Nu Ben op de hoogte is van het gat in de ozonlaag, zal hij nooit meer vergeten zonnebrandcrème op te smeren.

Informatieblad 3: HET GAT IN DE OZONLAAG



Bron: (BIRA/IASB)

Links

ESA bronnen

Climate from Space web applicatie

<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

Het monitoren van ozon

http://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2017/11/Monitoring_ozone

ESA space projects

ESA Klimaatbureau

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

Ruimte voor ons klimaat

http://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Space_for_our_climate

ESA's Aardobservatiemissies

www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/ESA_for_Earth

Earth Explorers

http://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/The_Living_Planet_Programme/Earth_Explorers

Copernicus Sentinels

https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Overview4

Copernicus Sentinel-5P - TROPOMI

https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-5P/Copernicus_Sentinel-5P_ozone_boosts_daily_forecasts

Extra informatie

Het ozongat zal zich sluiten

https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-5P/Ozone_hole_set_to_close

Video's over de aarde vanuit de ruimte

http://www.esa.int/ESA_Multimedia/Sets/Earth_from_Space_programme

ESA Kids

https://www.esa.int/kids/en/learn/Earth/Climate_change/Climate_change

Bijlage: WIST JE DAT?

Een selectie van interessante feiten in verband met het onderwerp die je op verschillende manieren kunt gebruiken. U kunt er een les mee inleiden, kaarten toevoegen aan uitstallingen van leerlingenwerk, een punt uitkiezen om een discussie op gang te brengen, de stellingen gebruiken in een waar/onwaar-quiz ...

- Er is een aantal broeikasgassen in de atmosfeer die volledig door de mens worden veroorzaakt.
- Ozon op grondniveau is het belangrijkste bestanddeel van smog, dat ontstaat uit chemische reacties van verontreinigende stoffen met gassen in de lucht.
- In 1920 bouwde Gordon Dobson, een onderzoeker van de universiteit van Oxford, als eerste een instrument om de ozonconcentratie vanaf de grond te meten.
- We hebben wat ultraviolet licht nodig om gezond te blijven: ons lichaam gebruikt het om vitamine D aan te maken.
- UVB is schadelijker dan UVA.
- Zonnebrandcrèmes hebben verschillende zonbeschermingsfactoren (SPFs), maar je moet er zeker een kopen die je tegen UVA én UVB beschermt.
- De ozonlaag absorbeert alle UVC van de zon die onze planeet bereikt, maar lastoortsen genereren UVC op aarde.
- Veel aardobservatiesatellieten bevinden zich in banen die betekenen dat ze geen metingen direct boven de Noord- of Zuidpool kunnen verrichten - hoewel ze wel overal elders op aarde kunnen "zien".