

Rob's Nieuwsbrief - 55

over sterrenkunde en het heelal

Een dubbeldik nummer

Cursus bijna klaar!

In november waren de laatste vier lessen van mijn cursus 'Leer het heelal begrijpen', afgezien van de twee lessen van de hoogleraren Ed van den Heuvel en Henny Lamers, in december. Maar mijn werk zit er dus op! Deze pagina is te klein voor meer zakelijk nieuws, dat vind je in het kader van pagina 3.

Les 7: van alles!

Na de inleidende lessen over het zonnestelsel (5 en 6) is les 7 een buitenbeentje: die gaat over materie, straling en hoe de kernenergie van de zon ons als zichtbaar licht bereikt. De les, feitelijk mijn populaire **Lezing van Alles**, zit op deze plek, omdat zaken als materie en straling in de lessen erna veel aan bod komen. Vorig jaar was les 6 te lang. Door nu een flink deel over het magneetveld van de zon, en de daardoor veroorzaakte verschijnselen in, op en boven het zonsoppervlak, naar les 7 te verplaatsen (die vorig jaar wat kort was), waarin de zon ook wordt behandeld, kreeg ik twee lessen van perfecte lengte! Ik ben er blij mee.

Ontstaan en evolutie zonnestelsel

In de achtste les heb ik het echt over een van mijn favoriete onderwerpen: het ontstaan en de evolutie van het zonnestelsel. Ook een van de heftigste perioden uit de geschiedenis van het zonnestelsel komt aan bod: het *Grote Oerbombardement*, 4,1 tot 3,8 miljard jaar geleden. Dat leidde tot de ontelbare kraters, in alle soorten en maten, die we nu op alle leden van het zonnestelsel met een vast oppervlak zien. Ik heb dan een speciale 'kraterbak' mee (een bak met een dikke laag bloem, met daaroverheen een laagje cacaopoeder). Met knikkers kun je dan kratervorming simuleren, inclusief ejecta (uitgeworpen materiaal, hier dus bloem) dat je goed kunt zien op het donkere cacaopoeder. Altijd een enorme hit. Ik eindig dan met die ene 'bonker' die ik heb achtergehouden. Die maakt een erg grote krater, en strooit materiaal tot 75

cm van de inslag: een stralenpatroon zoals wij dat kennen van 'stralenkraters' op bijvoorbeeld de maan.

Les 9: Sterren

Deze les is ook erg leuk, onder andere door het grote Sterrenmodel. In deze les behandel ik de helderheid en 'kleur' (spectraalklasse) van sterren. Die kleur geeft aan hoe heet een ster is aan de buitenkant. Daarna vertel ik over de grootten en massa's van sterren.

Na de pauze was het weer tijd voor de klapper van deze les: mijn grote schaalmodel van (ca. 80) sterren. Het model is erg spectaculair en zeer verhelderend. Ik kan er ook de stereolutie op een bijzondere manier mee uitleggen.

Les 10: sterrenstelsels in het heelal

Deze les gaat weer een stap verder in het heelal: via sterren in de buurt (binnen 12 lj, met fysiek schaalmodel), het Melkwegstelsel, de Lokale Groep van sterrenstelsels in onze buurt gaan we naar steeds grotere structuren, zoals superclusters, en uiteindelijk naar de grens van het zichtbare heelal. Ik zou Rob Walrecht niet zijn als ik in die les geen schaalmodellen had verwerkt, maar op de schaal van het heelal is dat niet gemakkelijk. Ik gebruik twee fysieke schaalmodellen, een waarbij het Melkwegstelsel zo groot is als een ouderwetse LP (in vitrinekastje) en een met een flipflo als Melkwegstelsel (om afstanden binnen de Lokale Groep te illustreren). Maar ik gebruik verder vooral een fictief schaalmodel, waarbij het Melkwegstelsel zo groot is als een klaslokaal, en de kern zo groot als een geplette Fiat 500 (dat zijn de beste!). Zo kom ik in een aantal stappen uiteindelijk bij de grens van het zichtbare heelal, op 13,8 miljard lichtjaar afstand – op de schaal van de klaslokaal-Melkweg is dat 1210 km.

Zie voor verslagen van de cursus onze website: www.walrecht.nl/nl/nieuws/cursus-sterrenkunde-najaar-2018/verslagen-van-de-cursus-2017 (2018 volgt nog).

december 2018
januari 2019

Deze nieuwsbrief verschijnt circa tien maal per jaar en bevat:

- * De sterrenhemel van de maand
- * Nieuws en leuke weetjes over het heelal;
- * Leuke en leerzame lesactiviteiten voor scholen;
- * Nieuws over Rob Walrecht Productions;
- * Speciale aanbiedingen.

Je kunt je aan- of afmelden via www.walrecht.nl.

Sterbedekkingen

Sterrenkijken is leuk, maar sterbedekkingen 'doen' is topsport. Daarbij verdwijnt een veelal zwakke ster opeens achter de maan, om een tijdje later weer even plots te verschijnen. Wat is daar de lol aan?

Nou, in de jaren '70 en '80 was dit belangrijk voor de navigatie op zee. Door nauwkeurig de tijden van verdwijnen en weer verschijnen van een 'vaste' ster achter de bewegende maan nauwkeurig te bepalen kon men bijvoorbeeld de maanbaan nauwkeuriger vaststellen, en daarmee eb en vloed beter voorspellen. Die gegevens moesten regelmatig bijgesteld worden en werden jaarlijks gepubliceerd in de *Nautical Almanac*, voor de scheepvaart. Bij dat monnikenwerk kwamen de amateurs in beeld, want de beroepsastronomen hebben daar geen tijd voor.

Ik heb zelf enkele keren met onze club Zenit, in Den Helder, meegedaan aan sterbedekkingsacties, maar mijn broer Hans deed dat vaak, met behulp van een ingenieuze manier om de juiste tijdstippen vast te leggen. Zijn verhaal lees je op zijn site: www.hansonline.eu/service/sterbedekking.htm

Linksonder: les 8, over het ontstaan en de evolutie van het zonnestelsel, bevat een erg leuke activiteit: zelf 'kraters' maken! Foto: Lindia.

Inzet: de resultaten, fraaie inslagkraters. Foto: Lindia

Rechtsonder: in les 9 gaat het over sterren. Daarbij behandel ik natuurlijk ook de afmetingen van sterren, maar dat gekoppeld aan hun massa's. Hier leg ik de 'massa-fiches' bij de stermodellen. Foto: Djiwan.



De Ster van Barnard

Proxima is een kleine, lichte, koele ster, een rode dwerg, en deel van een drievoudig stelsel dat verder bestaat uit de zonachtige sterren Alfa Centauri A en B.

De volgende in afstand is de Ster van Barnard, vernoemd naar de astronoom Edward Emerson Barnard die in 1916 ontdekte dat de ster een zeer grote **eigenbeweging** heeft: de beweging die ontstaat omdat zowel de zon als de ster door het Melkwegstelsel zich door de ruimte verplaatsen. De eigenbeweging is groter naar mate een ster dichterbij staat. De Ster van Barnard beweegt met 140 km/s door de ruimte, ten opzichte van de sterren in de buurt (de zon doet dat met 20 km/s). Daarom is de eigenbeweging van Barnard, dus de beweging die wij vanaf Aarde zien, de grootste van alle sterren! Voor de werkelijke beweging in de ruimte moet je het Doppler effect bepalen (de roodverschuiving). Daarmee zie je ook het heen en weer 'wiebelen' van een ster dat wordt veroorzaakt door de aantrekkingskracht van een planeet.

Linksonder: zo zou het oppervlak van Barnard b eruit kunnen zien. Foto ESO/Kornmesser.

Rechtsonder: een artist impression van Barnard b en de Ster van Barnard, een rode dwerg op 6 lichtjaar afstand. Foto ESO/Kornmesser.

Rechtsboven: een artist impression van 'Vulcan', de planeet bij de ster 40 Eri A (rechts te zien; naam Keid), die Gene Roddenberry had voorspeld... Illustratie Don Davis.

Inzet: de man met de punten, Dr. Spock zelf. Foto: Star Trek: The Original Series.

Exoplaneten nieuws

Ster van Barnard heeft Super-Aarde!

Na Proxima Centauri heeft men nu ook een planeet ontdekt bij een andere rode dwerg: de Ster van Barnard. Deze ster staat op 5,96 lj en is daarmee de op drie na meest nabije ster van de zon, en de meest nabije enkele ster. Het dichtstbij staat Proxima Centauri, waarbij in 2016 een planeet werd ontdekt (zie kader en Rob's Nieuwsbrief 34, van september 2016). Dat gebeurde met het Pale Red Dot project (waaraan ook de ESO meedoet, en waarmee Proxima Centauri b werd ontdekt) en het CARMENES-project. Hierbij worden meerdere telescopen gebruikt, over de hele wereld. Het doel is vooral aardachtige exoplaneten te ontdekken.

Nu is dus ook bij de Ster van Barnard (met 99% zekerheid) een planeet ontdekt. Dat nieuws kwam naar buiten op 14 november en ik las het terwijl ik op mijn cursisten zat te wachten (les 8). Ik had het onderdeel exoplaneten al eerder behandeld, maar kon met een leuk nieuwtje de les beginnen. Dit is immers de op één na meest nabije exoplaneet!

De planeet Barnard b

De planeet zou een massa kunnen hebben van minstens 3,2 maal die van de aarde: een Super-Aarde! Zijn omlooperperiode is ongeveer 233 dagen, wat betekent dat zijn afstand tot de ster zo'n 60 miljoen km is: de afstand Zon-Mercurius. Maar waar Mercurius aan de dagzijde wordt gebakken (daar wordt het 430°C), is het op (de Ster van) Barnard b -170°! Water is daar bevroren en de kans op leven is dus nihil. Dat komt omdat Barnard een rode ster is: een zwak, koel sterretje, dat veel minder energie uitstraalt dan de zon. De planeet ontvangt slechts 2% van de energie die de aarde van de zon krijgt. Super-Aardes vormen het meest voorkomende type planeten bij sterren met een kleine massa.

De Ster van Barnard is waarschijnlijk tweemaal zo oud als de zon. Rode dwergen gaan heel lang mee, honderden miljarden jaren, juist omdat ze zo zuinig zijn met hun energie. De ster vertoont ook relatief weinig activiteit. Men

denkt nu dat de 'vorstlijn', de afstand tot een ster waar water bevriest, de ideale locatie is voor de vorming van dit type planeten.

Meer onderzoek is nodig om de ontdekking 100% te krijgen.

Planet Vulcan

Het is bijzonder hoeveel elementen van de beroemde tv-serie Star Trek werkelijkheid zijn geworden: communicators (mobiele telefoons), replicators (3D printers), tricorders... En nu is de planeet Vulcan ook nog ontdekt!

In 1991 schreef Gene Roddenberry (de maker van Star Trek) samen met enkele astrofysici een brief naar het blad Sky & Telescope. Daarin stelden ze dat de ster Keid, of 40 Eridani A, een ster op 16 lichtjaar afstand, de ideale ster zou zijn voor de thuisplaneet van Mr. Spock (al in 1968 werd de ster in een Star Trek boek aan Vulcan gekoppeld!). In de brief stellen zij: 'Vulcan beweegt om de hoofdster terwijl twee compagnons aan de hemel op Vulcan schitteren'. En zij blijken nu gelijk te krijgen: Eri A heeft een planeet!

Stelsel 40 Eridanus

Keid is een drievoudige ster: 40 Eridanus A, B en C in het sterrenbeeld Eridanus - de Rivier. De ster is op een heldere avond met het blote oog te zien en staat dus in de planisfeer (magn. 4,4), in de nieuwste uitvoering met de naam Keid erbij. Zie het kaartje op pag. 3.

Eridanus A is een oranje K1-ster, wat koeler en



lichter dan de zon. Hij is ongeveer even oud als de zon (ca. 4 miljard jaar) en heeft een magnetische cyclus van 10,1 jaar (de Zon: 11,6 jaar). Zoals een van de onderzoekers opmerkte: 'De ster zou een ideale gastster zijn voor een hoge beschaving'.

Eri B is een witte dwerg (het hete overblijfsel van een zonachtige ster), Eri C is een erg actieve rode dwerg (een 'vlamster'). Ze bewegen om elkaar heen op 35 AE afstand, en 400 AE van de hoofdstar. Voordat Eri B een witte dwerg werd was het de zwaarste van de drie sterren.

De planeet Eridanus A b

De planeet Eridanus A b (zie kader) is $8,5 (\pm 0,5)$ maal zo zwaar (heeft dus 8,5 maal zoveel massa) als de aarde. Vandaar dat 'super-aarde', hoewel hij op de grens tussen die klasse planeten en mini-Neptunussen zit. De planeet heeft een omlooppriode van 42 dagen en staat op 33,7 miljoen km van de ster: aan de binnenkant van de leefbare zone. Hij krijgt daar negen maal zoveel energie van zijn ster als de aarde van de zon: meer dan Mercurius. Het is er dus zeker warm! Het is een van de meest nabije super-aardes, en de meest nabije in een meervoudig stelsel.

Voor het onderzoek is gebruik gemaakt van de data van de Dharma Planet Survey, met twee kleinere telescopen (in 2014-15 een 2 m en in 2016-18 een 1,25 m telescoop) die geheel beschikbaar waren voor het bepalen van de radiële snelheden (zie kader pag. 2) van sterren. Het doel van de surveys is het vinden van 'super-aardes' en zelfs 'aardes' in de leefbare zones van sterren.

Exomaan!

Er is ook voor het eerst (vermoedelijk!) een maan ontdekt in een ander 'zonnestelsel'! En geen kleintje ook: hij is mogelijk groter dan Neptunus! De exoplaneet waaromheen deze

exomaan beweegt, Kepler-1625b, is dan ook gigantisch! De ontdekking werd eerst gedaan door de Kepler ruimtetelescoop en met de Hubble Space Telescope werd de dip in het sterlicht gemeten, die ontstond toen de planeet voor de ster langs trok.

De enorme gasreus hoort bij Kepler-1625, een ster op 8000 lj afstand, in de richting van het sterrenbeeld Zwaan. Het is een zonachtige ster, volgens bepaalde metingen iets zwaarder en 1,8 maal zo groot als de zon, en volgens andere metingen ongeveer 0,85 de grootte en massa van de zon (zie verder). Hij is met 4,36 miljard jaar 'iets' jonger dan de zon.

De planeet Kepler-1625b

Kepler-1625b is wat groter en twaalf maal zwaarder dan Jupiter. Dat maakt hem net te licht voor **deuteriumfusie**, de vroegste vorm van kernfusie. Daarvoor moet een object 13 maal de massa van Jupiter hebben, de massa van een **bruine dwerg**, een mislukte ster. Het is een gasreus, dus hij bestaat voornamelijk uit waterstofgas en helium. Zijn zwaartekracht is groot: een liter water zou aan het 'oppervlak' 22 kg wegen.

De reuzenplaneet ligt in de leefbare zone, op bijna 122 miljoen km van de ster (iets verder dan Venus staat van de zon), en heeft een omlooppriode van 287 dagen. De temperatuur zou er 77°C zijn, maar zonder vast oppervlak kan vloeibaar water daar niet voorkomen.

Volgens het model waarin de ster kleiner en lichter is dan de zon is de planeet maar zes maal zo groot als de aarde, en ligt hij middenin de leefbare zone, met temperaturen zoals op Aarde.

Kepler-1625b I

De reuzenmaan Kepler-1625b I (Romeinse '1') werd ontdekt tijdens de 19 uur dat de planeet voor de ster langs bewoog: 3,5 uur later zag men een tweede dip. Dat wordt dus uitgelegd als een maan die op dat moment achter de planeet aan bewoog. Helaas was de kostbare Hubble-tijd toen om.

De ontdekking kan, indien het wordt bevestigd, leiden tot veranderingen in de theorieën over de vorming van natuurlijke satellieten (manen).

De zaak

Wij moeten natuurlijk vooral bestaan van de verkoop van onze producten. Daarbij zijn maatwerkorders (dus gepersonaliseerde planisferen) erg interessant: je ontwerpt, produceert en levert ze, en dan wordt er betaald. Alles wat we zelf in voorraad hebben ligt eerst een tijd voordat het iets oplevert (als het dat al doet, want niet alles loopt goed).

Zo kon in november een grote partij planisferen voor onze grootste (Duitse) klant op weg. Ruim op tijd, want ze wilden het begin december hebben. We hebben dit jaar ruim 6000 planisferen geproduceerd, alleen maatwerkorders. Het is geen groot aantal, maar we zijn er erg blij mee. Toch zouden het er volgend jaar mogen best meer zijn.

Het schiet niet op met wat klussen die al een lange tijd wachten op afronding, vooral door wat gezondheidsdingetjes (what else is new...?). Ik hoop die klussen in december af te hebben, zodat ik volgend jaar de ruimte heb voor het eerste van de twee nieuwe boeken die ik wil gaan maken, **Zelf sterrenkijken** (nog een werktitel; om het nu weer Genieten van het zelf sterrenkijken te noemen...).

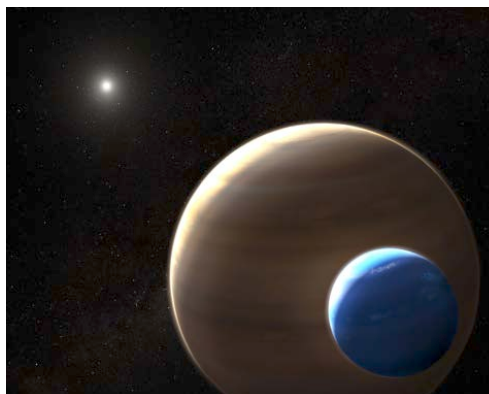
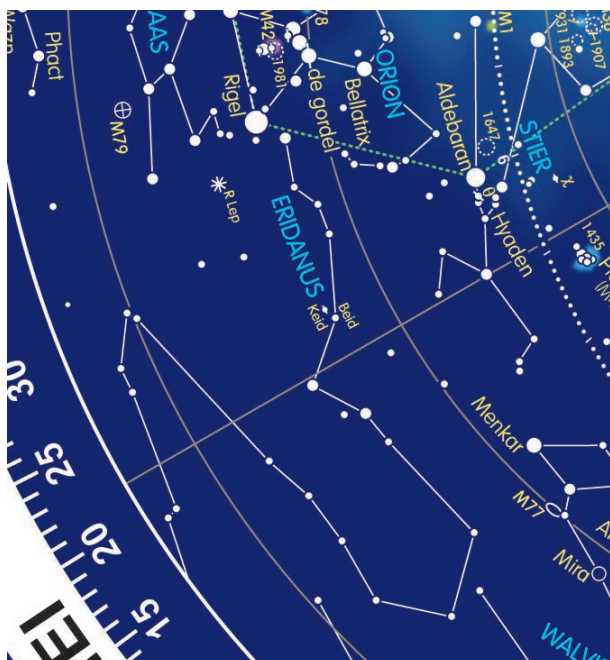
Het tweede boek zal **Kleine werelden van het zonnestelsel** gaan heten.

Nummering exoplaneten

Bij een meervoudige ster, zoals een dubbelster, krijgen de afzonderlijke sterren een hoofdletter: A, B, C enzovoort. Planeten bij sterren krijgen een kleine letter, vanaf b. De 'a' is voor de ster zelf. Volgende exoplaneten worden vanaf c verder genummerd. Diverse exoplaneten hebben inmiddels ook namen gekregen!

Linksonder: een stukje van mijn planisfeer, met in het centrum de ster Keid, in het sterrenbeeld Eridanus - de Rivier. Hij heeft duidelijk het symbool voor een dubbel- of meervoudige ster: een streepje door de witte stip voor een ster van magnitude 4.

Midden, onder: het stelsel Kepler 1625: de grote zonachtige ster, de enorme gasreus en de Neptunus-achtige 'maan'. Illustratie: Dan Durda.



Astronomische Eenheid

De Astronomische Eenheid (AE) is een eenheid voor afstanden die we binnen het zonnestelsel en in andere planeetstelsels gebruiken. 1 AE is gelijk aan de afstand van de zon tot de aarde: ca. 149,6 miljoen km.



Venus in benedenconjunctie

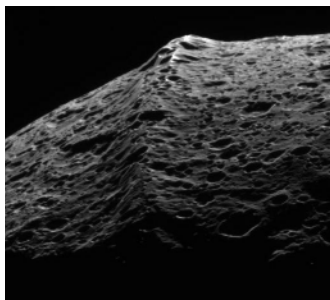
Op 26 oktober bewoog Venus precies tussen de zon en de aarde in. Dat noemen we een benedenconjunctie. Deze foto werd op 20 oktober gemaakt door Shahrin Ahmad, in Kuala Lumpur. Je ziet een sikkelvorm, maar zes dagen later zag je een ring, door het zonlicht dat ons via de dampkring van Venus bereikte. Uiteraard is het niet gemakkelijk Venus tijdens een conjunctie te fotograferen, vanwege het felle licht van de zon.

Linksboven: de Saturnusmaan Japetus heeft een vreemde heuvelrug langs zijn equator.

Linksonder: de banen van de drie nu bekende sednoïden, waaronder Sedna zelf.

Rechtsonder: een illustratie van de sednoïde 'The Goblin'.

Inzet: een van de foto's die voor de ontdekking van 2015 TG387 werden gebruikt.



Kleine zonnestelselobjecten

Er was de laatste tijd weer veel nieuws over de kleine zonnestelselobjecten: manen, kometen, planetoïden en ijsdweren.

'Goblin' versterkt zaak Planet Nine

Er is weer een heel ver zonnestelselobject ontdekt, een object in de binnenste Oortwolk, een gigantische wolk van ijsdweren en kometen die we voorbij de Kuipergordel tegenkomen. Neptunus heeft geen invloed in dit gebied, zodat we ze wel 'ongebonden' objecten noemen (detached objects). De beroemdste is de vermoedelijke dwergplaneet Sedna, die een erg langgerekte baan heeft, van zijn perihelium op 50 AE (zie kader), tot zijn aphelium op 936 AE (gemiddeld 500 AE). Er zijn nu met zekerheid twee objecten met een soortgelijke baan: 2012 VP113 en nu ook 2015 TG387 (omdat hij tegen Halloween werd ontdekt, en door die 'TG', wat met de datum van de ontdekking in 2015 te maken heeft, heeft hij als bijnaam 'The Goblin' gekregen). We noemen deze drie objecten **sednoïden**. De ontdekking werd gedaan door een bekend team van ijsdwerenjagers: Scott Sheppard, Chadwick Trujillo en David Tholen. Het waren deze objecten en een wat grotere groep andere objecten met banen die wat verschillen van die van Sedna (maar onderling identiek), die leidden tot de hypothese van Planet Nine: een negende planeet, groter en zwaarder dan de aarde, op een enorme afstand van de zon. 'The Goblin' ondersteunt die hypothese dus, hoewel hij hem niet kan bewijzen. Zie ook Rob's Nieuwsbrief van januari-februari 2016, over Planet Nine.

Meer over The Goblin

2015 TG387 komt nooit dicht bij de zon dan 65 AE en verwijderd zich in de loop van zijn omlooperperiode van 32.000 jaar tot maar liefst 2037 AE! Op de schaal van mijn favoriete Planetenpad (in kaartjes) zijn die waarden resp. 970 m en 30,5 km. Het is het object met het verste aphelium dat wij kennen! Nu is het 'slechts' 80 AE verwijderd van de zon (1200 m). Het object is mogelijk 300 km groot. De afmetingen op deze enorme afstanden, waar het zonlicht nauwelijks kracht heeft, zijn moeilijk definitief te bepalen.

Het team ontdekkers schat, op basis van de drie bekende sednoïden, dat er in dit verre, grotendeels onbekende gebied minstens 2 miljoen ijsobjecten moeten zijn van minstens 40 km diameter. Vergelijkbaar met de Kuiper-gordel!

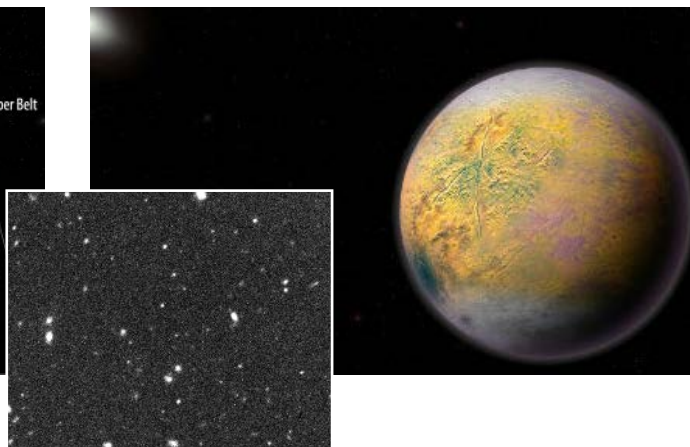
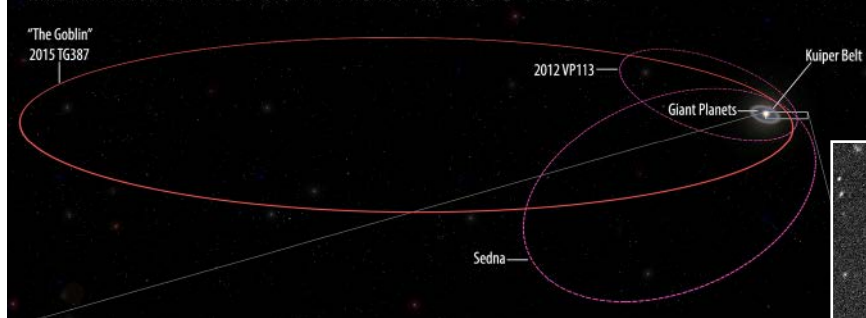
Sommige manen hebben mogelijk manen

Vier natuurlijke satellieten – manen – in het zonnestelsel en één mogelijke exomaan hebben misschien zelf miljarden jaren lang een maan gehad. Ik geef toe, dat is verwarrend: planeten bewegen om sterren en manen om planeten. Er zijn nu echter twee wetenschappers die zich afvragen waarom een grote maan geen kleiner maantje, een submaan, kan hebben. De grote maan zou dan wel een baan moeten hebben die ver genoeg van zijn planeet ligt, en groot (zwaar) genoeg moeten zijn. De maan en submaan oefenen getijdenkrachten op elkaar uit, waardoor hun banen veranderen. Een planeet die te dichtbij staat zou dat met zijn zwaartekracht erg ingewikkeld maken. Er moet een zone zijn rond een maan waarin een submaan een stabiele baan heeft: dichtbij en hij crasht op de hoofdmaan, verder weg en hij raakt gravitationeel ongebonden.

Men berekende hoe groot een maan moest zijn om een submaan van ca. 10 km diameter in een baan te houden gedurende de 4,6 miljard jaar dat het zonnestelsel bestaat. De resultaten lopen uiteen. Hoe groter de maan, bijvoorbeeld, des te kleiner de afstand tot de planeet mag zijn.

Men maakte een lijstje van manen in het zonnestelsel die aan die eisen voldoen: onze eigen maan, Jupiters Callisto en twee manen van Saturnus: Japetus en Titan. Ook de uit de kluiten gewassen satelliet Kepler 1625b I (zie pag. 3) zou een submaan kunnen hebben, hoewel de grote baanheiling van 1625b I een probleem is. Submanen in andere planetenstelsels zullen klein zijn, de grootste nauwelijks groter dan Ceres. Overigens is wel eens geopperd dat de vreemde richel op het oppervlak van Japetus (zie foto) bestaat uit de restanten van een kleiner object dat te dicht bij Japetus kwam, uiteen gerukt werd door diens zwaartekracht, en over het oppervlak 'regende'.

New Extreme Dwarf Planet: 2015 TG387



Mysterieuze strepen op Dione

De manen van ons zonnestelsel zijn stuk voor stuk bijzonder, met unieke oppervlakken. Soms duurt het even voordat kenmerken opvallen. Op foto's van de ruimtesonde Cassini, gemaakt in 2004-2017, heeft men nu pas vreemde rechte strepen op het oppervlak van de maan Dione gevonden. Ze worden **liniaire virgae** genoemd (meervoud van **virga**: een gekleurde streep of veeg) en tot nu toe waren ze alleen bekend op Titan, ook een maan van Saturnus. Men weet niet hoe die virgae zijn ontstaan, maar waarschijnlijk is dat gebeurd door materiaal dat op het oppervlak is gedeponeerd. Dat materiaal kan afkomstig zijn van de ringen van Saturnus, een passerende komeet of de maantjes Helene en Polydeuces, die in dezelfde baan als Dione bewegen. Een andere maan van Saturnus, Rhea, heeft soortgelijke strepen.

De virgae bevatten de bewijzen van de vroegere baanveranderingen en inslagprocessen binnen het Saturnusstelsel. En interactie van

Dione's oppervlak met extern materiaal heeft implicaties voor de eventuele leefbaarheid en hoe de ingrediënten kunnen worden afgezet die kunnen bijdragen aan de leefbaarheid van oceaanwerelden in het algemeen.

Dione's liniaire virgae lopen parallel aan elkaar en aan de equator, bevinden zich alleen op lagere breedten, zijn tien tot honderden km lang, minder dan 5 km breed en helderder dan het terrein in de buurt. Ze lopen over andere features, zoals kraters en heuvelruggen, heen en worden niet beïnvloed door de topografie. Ze behoren dus vermoedelijk tot de jongste oppervlaktevormingen op Dione.

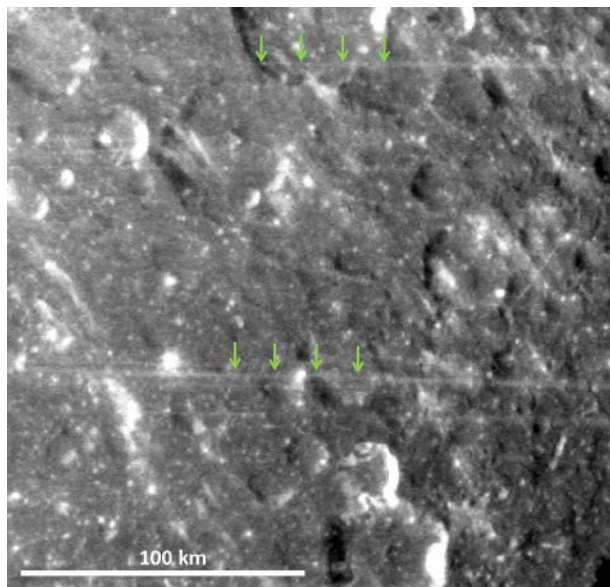
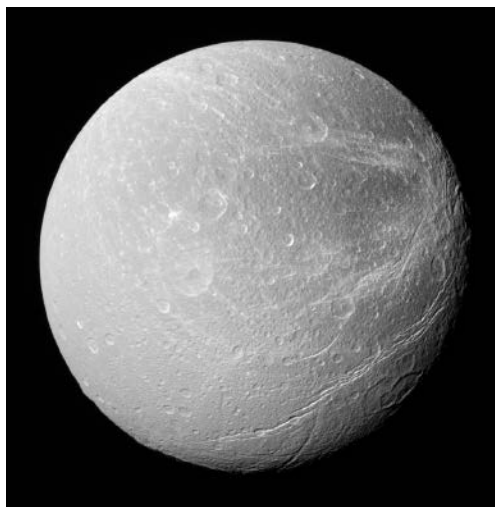
Komeet van het jaar

Astronomen noemen de komeet 46P/Wirtanen de 'komeet van het jaar'. Op 16 december zal de 1 km grote bal ijs, stof en gruis (een 'vuile sneeuwbal') binnen 11,5 miljoen km van de aarde komen: 30 maal de afstand Aarde-Maan! Dat maakt het een van de tien dichtste naderingen van een komeet in het tijdperk van de ruimtevaart! Zie de foto hieronder.

Het gaat om een periodieke komeet, die elke 5,4 jaar bij de zon terugkeert. De komeet was ooit het favoriete doel van de Rosetta-missie, maar men heeft uiteindelijk een andere komeet gekozen. Het is een erg actieve komeet, die relatief helder kan zijn.

Zijn baan is erg elliptisch en het perihelium is op 12 december, op 1,06 AE van de zon. Waarschijnlijk kun je hem wekenlang zien, dus ook in de kerstvakantie. Rond 17 december is de helderheid vermoedelijk +5,0, en dan zou hij net zichtbaar zijn met het blote oog. Ik raad wel aan op zijn minst een verrekijker (of telescoop) mee te nemen.

Tot half januari is de komeet helderder dan magnitude 8 (magnitude 8 is niet zichtbaar met het blote oog, maar met een verrekijker op een donkere plek lukt het wel). Je ziet hem dan 's avonds en 's nachts en ik beschrijf in het kader (rechts) de route die hij maakt tegen de achtergrond van de sterrenhemel. Gebruik de planisfeer!



Komeet 46P/Wirtanen

Hij staat begin december in het sterrenbeeld Oven, ongeveer ten zuiden van Mira (Walvis), en ten westen (dus rechts) van de meest westelijke ster van Eridanus. Daarna beweegt hij rond 11 december oost van Menkar (Walvis); op 12 december oost van de meest westelijke sterren van de Stier; rond de 16e staat hij ten oosten van de Pleiaden en 24 december gaat hij langs Capella (Voerman). Die laatste twee situaties moeten mooie foto's opleveren!

Na Capella beweegt hij naar het sterrenbeeld Lynx, waar hij op 1 januari het op één na meest westelijke sterretje zal passeren (rechte klimming: 6u 55m – zie buitenste 'urencirkel'). Bij de meest westelijke ster van de Grote Beer buigt hij dan af naar het zuidoosten en wordt de helderheid ook rap minder.

Linksboven: Dione, met 1121 km de op twee na grootste maan van Saturnus. Rechts is het leidende halfmond, dat altijd vóór gaat in de beweging om de planeet. Dat is hevig bekraterd en zeer helder. Het (in zijn baan om Saturnus) volgende halfmond is doorsneden met een netwerk van breuklijnen en heldere ijsklippen. Het zijn enorme valleien die van gematigde breedten naar de zuidpool (onder) lopen. De oorzaak van de tektonische breuken ligt waarschijnlijk in wat er onder de 100 km dikke korst zit: een 65 km diepe oceaan van vloeibaar water (de genoemde waarden zijn erg onzeker). De oceaan is ontstaan door de getijdenwarmte, en die interne warmte maakt ook dat de korst bij de polen dunner is.

Linksonder: de groene pijlen geven de liniaire 'virgae' aan.

Rechtsonder: de komeet 46P/Wirtanen op 26 november 2018. De coma (een soort atmosfeer van gas, die groene 'wolk' op de foto) is nu aan de hemel bijna zo groot als twee volle manen. Hij had in november al een zwakke staart (loopt hier naar de hoek linksboven). Foto, met 12" telescoop: Gerald Rhemann, Namibia.

Voyager 2 er bijna uit!

De planeetverkenner Voyager 2 werd ruim 40 jaar geleden gelanceerd voor een reis langs de vier reuzenplaneten. De sonde is nu ruim 17,8 miljard km van de zon (op de schaal van mijn Planetenpad 178,2 m) en men denkt dat zij nu snel het zonnestelsel zal verlaten. Het gaat dan om de **heliosfeer**. Dat is de enorme bel die de zon met zijn zonne-wind (geladen deeltjes) in de ruimte heeft geblazen. Die bel beschermt ons tegen de veel gevaarlijkere kosmische straling. Dat is geen echte straling maar bestaat ook uit geladen deeltjes, maar die zijn sneller en bevatten veel meer energie. Kosmische straling komt vooral van buiten ons zonnestelsel, van bijvoorbeeld supernova's. Voyager 2 heeft sinds eind augustus een verhoging (5%) van die kosmische deeltjes uit het heelal gemeten, een teken dat de grens van de heliosfeer, de **heliopauze**, in zicht komt. Men zit daar al een tijdje op te wachten. Voyager 1, die veel verder is dan haar zustersonde (21,54 miljard km, op schaal 215,4 m), merkte in mei 2012 de toename van kosmische straling. Drie maanden later ging ze door de heliopauze en betrad ze als eerste door de mens gemaakte object de interstellair ruimte.

Toch is de meting van verhoogde kosmische straling geen definitief bewijs van het naderen van de heliopauze. Voyager 2 zit in een ander gebied dan haar zus, en er kunnen verschillen zijn in de timeline van de 'exit'. Spannend!

Linksonder: de Voyagers 1 en 2 verlaten op andere plekken de heliosfeer.

Rechtsboven: 'Oumuamua zou er zo uit kunnen zien, maar we zullen het nooit zeker weten.

Rechtsonder: wel weten we binnenkort hoe Ultima Thule er precies uitziet!

'Oumuamua wat beter begrepen

In oktober 2017 werd een vreemd object ontdekt met de Pan-STARRS 1 telescoop op Haleakala, Hawaï, tijdens de survey naar Near Earth Asteroids (NEA's), planetoïden die in de buurt van de aardbaan kunnen komen. Latere waarnemingen gaven aan dat het object erg langwerpig is (dat blijkt uit helderheidsvariaties), ontzettend snel bewoog en dat het van buiten het zonnestelsel afkomstig was, uit de richting van Wega (Lier). De bezoeker gaat ook weer snel ons zonnestelsel verlaten. In september 2017 kwam het object het dichtst bij de aarde.

De maanden na de ontdekking richtte men onder andere de Spitzer infrarood-ruimtetelescoop op het object, dat inmiddels de naam 'Oumuamua had gekregen ('O-moewa-moewa'; Hawaïaans voor *boodschapper of verkenner*). Spitzer... kon hem niet zien! Deze 'non-detectie' geeft de limiet van hoe groot het object kan zijn. In infrarood zie je de 'warmte' die planetoïden en kometen uitstralen (alles met een temperatuur boven het absolute nulpunt straalt energie uit, koude zonnestelselobjecten doen dat in infrarood). Die gedetecteerde infraroodstraling geeft meer informatie over de grootte van het object dan waarnemingen in het zichtbaar licht dat het object reflecteert. Vandaar dat de 'non-detectie' iets vertelt over de maximale grootte. Maar het zegt niets over de vorm, de grootte-limiten worden gegeven alsof het een bolvormig object is. Drie verschillende modellen komen op waarden van 440 m, 140 m en 100 m, aanmerkelijk kleiner dan typische kometen in het zonnestelsel.

Helderder dan een komeet

Een nieuwe studie geeft aan dat het oppervlak van 'Oumuamua misschien tienmaal meer licht reflecteert dan dat van kometen (het reflecterend vermogen van een oppervlak noem je het **albedo**). Een sterk reflectief oppervlak absorbeert minder zonnewarmte en is dus kouder dan een donkerder oppervlak (denk aan een wit en een zwart T-shirt in de zon). Het albedo van een komeet verandert in de loop der tijd: als hij in de buurt van de zon komt warmt het ijs op en verdwijnt dan als gas de ruimte in, stof en gruis met zich meeslepend. Zo ontstaan

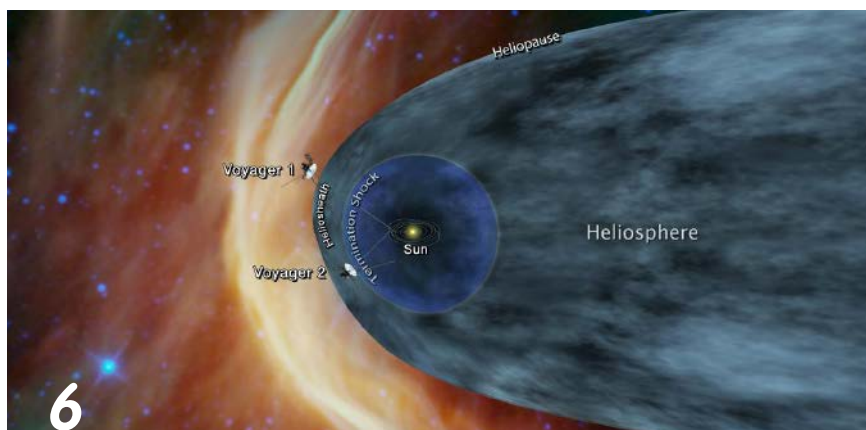
'jets' van gas en stof en komt de onderlaag van schoon ijs bloot te liggen (dat zien we ook bij 'onze eigen' kometen). Wat is er dan gebeurd met 'Oumuamua? Die beweegt al miljoenen jaren door de interstellair ruimte, en heeft al lang geen ster ontmoet om hem op te warmen. Mogelijk heeft de zon dat gedaan toen het object vijf weken voor de ontdekking op 'slechts' 38 miljoen km onze ster passeerde. De jets hebben dan het oppervlak schoon geblazen. Jets werken ook als 'stuurraketten', waardoor het object kleine wisselingen in snelheid en koers vertoonde (zie ook de video op <https://www.walrecht.nl/nl/links>).

De astronomen willen graag nog meer leren over 'Oumuamua, maar men krijgt geen tweede kans, zoals met normale kometen. Hij spoedt nu het zonnestelsel uit en is nu ter hoogte van de baan van Saturnus! 'Gone forever...'

New Horizons op koers naar Ultima Thule

De sonde die in juli 2015 langs Pluto en zijn manen scheerde, nadert nu met ruim 1 miljoen km per dag een ander object van de Kuipergordel: de KBO (Kuiper Belt Object) **2014 MU69**, bijgenaamd *Ultima Thule*. Dat is Latijn voor 'voorbij de verste grenzen', want dit zal het verste object zijn dat we ooit met een ruimtesonde hebben bezocht. *NH* zal op 1 januari 2019 langs dit tweede doel vliegen.

Ultima Thule heeft een bijna cirkelvormige baan op 6,65 miljard km van de zon, in een bijzonder gebied dat men de **koude klassieke gordel** noemt. De meeste objecten in de Kuipergordel werden gevormd tussen de grote planeten en



werden later in het geweld van planeetvorming weggeslingerd naar hun huidige banen. Maar de objecten in de koude klassieke gordel zijn op hun huidige plek ontstaan! Dat maakt Ultima zo interessant: hij is nog precies hetzelfde als toen hij 4,6 miljard jaar geleden ontstond! Het is een monster van de zonnenevel waaruit het zonnestelsel werd gevormd.

Ultima is maar 25 tot 30 km groot, een orde groter en duizendmaal dichter dan typische komeetkernen in de Kuipergordel. Dat is weer interessant omdat het informatie kan opleveren over de accretie, de vorming van planeten: Ultima behoort tot de bouwstenen van grotere KBO's en protoplaneten.

Tweede missie voorzien

Alan Stern, de wetenschappelijk leider van het NH-team, op de Sky & Telescope site van 5 november 2018: 'Toen NASA in 2001 opriep voorstellen in te dienen om het Pluto-stelsel te onderzoeken moest elk team met zo'n voorstel aantonen dat hun ruimtesonde en instrumenten in staat waren na Pluto door te gaan met de ontdekking van de Kuipergordel. Nu zijn we werkelijk bezig die tweede missie uit te voeren.' Tot 1 januari zijn er twee belangrijke activiteiten. Het eerste is de gevoeligste camera van de NH (LORRI, Long Range Reconnaissance Imager) te gebruiken om foto's te maken van het verre object, dat tegen de achtergrond van de sterren van het sterrenbeeld Boogschutter beweegt. Die beelden worden wekelijks naar Aarde gezonden en daar gebruikt voor het nauwkeuriger bepalen van de baan van Ultima en daarmee te berekenen welke kleine koerswijzigingen nodig zijn om de sonde bij zijn doel te brengen. Dat is erg belangrijk omdat de sonde voor de geplande flyby binnen enkele tientallen km van het richtpunt, en een paar honderd seconden van een geplande 'time of arrival' moet arriveren. Alleen dan kan men Thule goed in kaart brengen.

De navigatiebeelden worden ook gebruikt om te zoeken naar manen of ringen rond Ultima, die een mogelijk gevaar opleveren voor de

sonde. Als dat gebeurt moet men de stuurra-ketjes gebruiken om NH een veiliger traject te geven, verder van Thule dan de nu geplande **closest approach** van 3500 km. Tot nog toe is er niets gevaarlijks waargenomen.

Onderzoek Kuipergordel

De andere belangrijke activiteit die al plaatsvindt is het gebruik van de twee instrumenten om geladen deeltjes (plasma) en stofdeeltjes in het deel van de Kuipergordel te onderzoeken waar Ultima zich bevindt. Dat vertelt ons straks, als de hi-res foto's en de spectrometerdata binnen zijn, meer over de subtiele manier waarop de Kuipergordel-omgeving het oppervlak van Ultima heeft gevormd, zoals de samenstelling, reflectiviteit en andere kenmerken.

Ondertussen zijn op Aarde de flight controllers, technici en wetenschappers bezig met de finishing touches van de volgorde van de negen dagen van activiteiten die leiden tot de *close approach* op 1 januari. In die negen dagen zal Ultima uitgroeien van een punt tot een wereld die we kunnen onderzoeken.

Drukke op Ryugu

Het is de laatste tijd een grote drukte op en rond de 1 km grote planetoïde 162173 Ryugu: de Hayabusa-2 is sinds 27 juni bij het object. Op 21 september landden twee 1,1 kg zware 'rovertjes', die over het oppervlak 'hoppen' (zie Rob's Nieuwsbrief 53). Op 3 oktober kwam de Duits-Franse Mobile Asteroid Surface Scout (MASCOT) neer, 10 kg zwaar en zo groot als een schoenendoos. Een vierde ding, Rover-2 (bijna 10 kg) moet in juli 2019 landen. Zo wordt de slechts 1 km grote planetoïde uitgebreid bestudeerd.

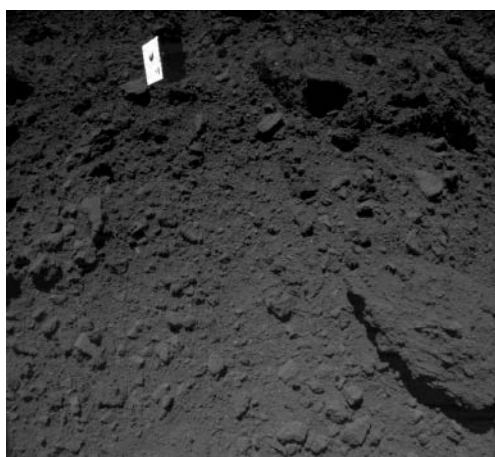
Hij is misschien klein, maar hij behoort tot *Potentially Hazardous Asteroids*, PHA's, objecten die ooit een gevaar voor de aarde kunnen opleveren. Het gaat immers wel om 450 miljoen ton puin... Het is een planetoïde van een zeldzaam type en heeft al een economische waarde voor de mijnbouw: 83 miljard dollar!

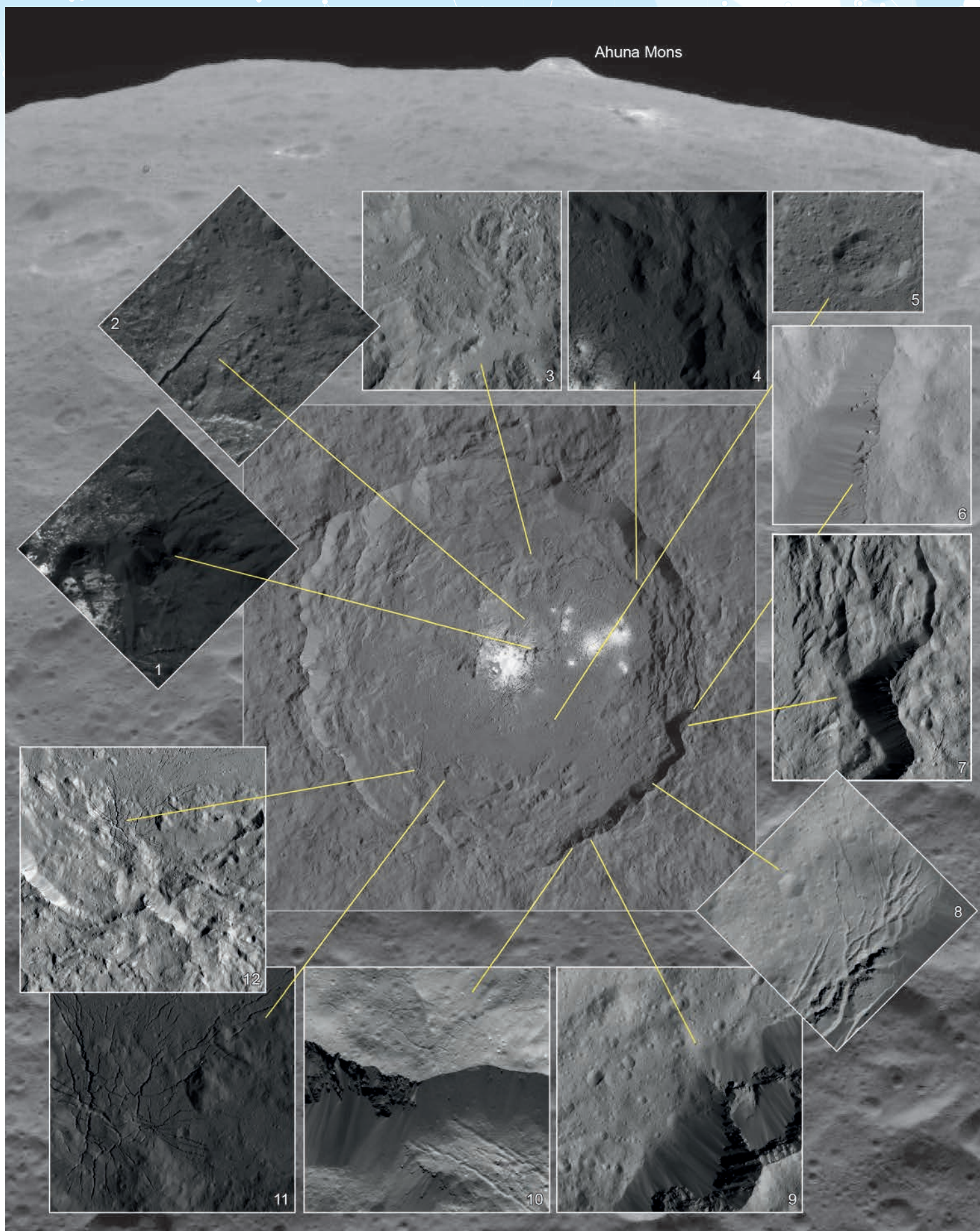
Linksonder: Hayabusa-2 heeft net MASCOT losgelaten. Die is nu onderweg naar het oppervlak van Ryugu.

Rechtsboven: de Hayabusa-2 fotografeerde de eigen schaduw.

Rechts, midden: links zie je de MASCOT lander zich afscheiden van het moederschip, Hayabusa-2; rechts de landing op het oppervlak van Ryugu.

Rechtsonder: de kleine MASCOT lander nam deze foto tijdens de landingsprocedure, op 3 oktober 2018. Je ziet het rotsachtige, pokdalige terrein van Ryugu. MASCOT werd van slechts 51 m hoogte losgelaten door Hayabusa, en de lander had 20 minuten nodig om het oppervlak te bereiken! Op het moment van de landing was de planetoïde zo'n 300 miljoen km van de aarde.





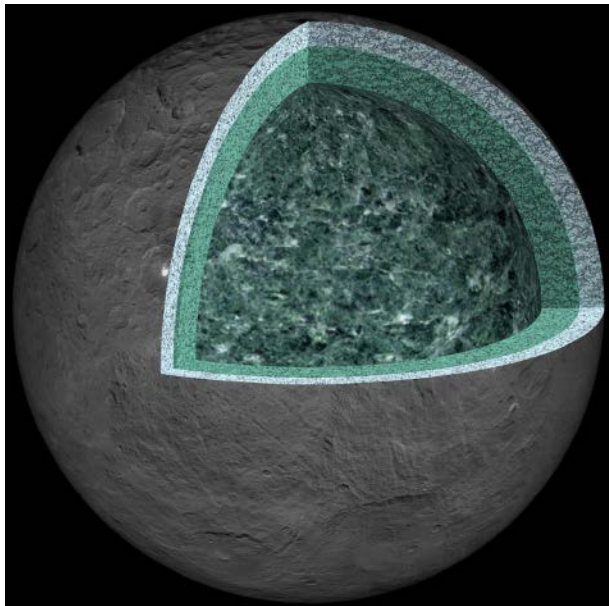
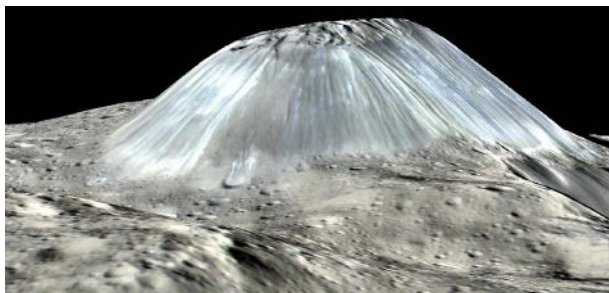
Ceres

Laatste nieuws

De laatste maanden zijn er steeds nieuwe beelden vrijgekomen, allemaal gemaakt op korte afstand van Ceres, dus bijzonder gedetailleerd. Daaronder veel van de opvallende krater Occator (92 km) en minder van de grote krater Urvara (163 km). Dat is het goede nieuws... het slechte nieuws is dat die stoere ruimtesonde *Dawn* is uitgevallen.

Op 31 oktober kwam zij niet in de lucht voor de geplande communicatiesessie met Aarde. Een dag later, na het elimineren van alle andere mogelijke oorzaken, moest men concluderen dat de hydrazine (de brandstof voor de stuurraketten van de standregeling) op was, en dat *Dawn* niet meer haar radioantenne naar de aarde kon richten, noch de zonnepanelen naar de zon. De sonde werd 11 jaar geleden gelanceerd en bezocht langdurig de twee grootste planetoïden, Vesta (2011-2012) en Ceres (vanaf maart 2015). Ze zal tientallen jaren een satelliet van Ceres blijven. Twee weken later viel overigens een andere beroemde ruimtesonde, *Kepler*, ook uit. Zie verder in deze nieuwsbrief.

Ik heb ervoor gekozen om de foto's te concentreren rond Occator, zoals NASA dat ook heeft gedaan. Zie de plaat op de vorige pagina (voor beschrijving: kader rechts). Verder wel nieuws over Ahuna Mons en het vulkanisme op Ceres (zie ook foto op pag. 8, bovenin).



Vulkanisme

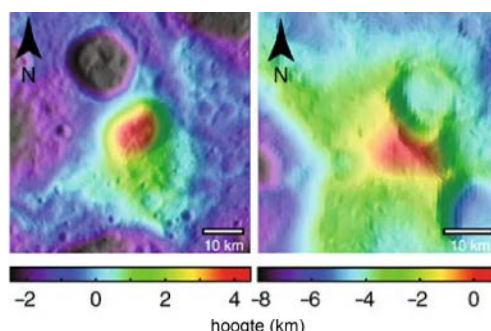
Het werd verwacht maar het is nu wel zeker: Ceres heeft een actieve geschiedenis, of is misschien nog steeds geologisch actief. Op Aarde denk je dan aan vulkanen die vloeibaar gesteente (magma) uit de mantel door de aardkorst spuwen, waarna dat stolt als lava. Zoiets zie je ook op werelden die voor een groot deel uit waterijs bestaan, zoals Ceres. Alleen bestaat het magma hier uit water of relatief warm, 'vloeibaar' ijs en de lava uit keihard ijs. We noemen dat **cryovulkanisme**.

Het is erg koud aan het oppervlak van Ceres, zo'n -100°C, dus waar komt dat water vandaan? Uit onderzoek van de topografie en de zwaartekrachtverdeling van Ceres' oppervlak blijkt dat de dwergplaneet gedifferentieerd is, dus verdeeld is in enkele duidelijke lagen: een kern, een mantel en een korst. De illustratie linksonder laat zien hoe Ceres er vermoedelijk inwendig uitziet. Je ziet de misschien 40 km dikke, harde korst (lichtblauw), die voornamelijk uit waterijs, zouten en gehydrateerde mineralen bestaat. De korst kan het bevroren restant van een zoutwateroceaan zijn. Daaronder bevindt zich de dikke mantel, van gehydrateerde (kleiachtige) gesteenten (donkergroen). De mantel kan allerlei verbindingen bevatten die als antivries werken, zoals ammoniak, methaan en zouten, die het vriespunt verlagen. Tussen de twee in is een laag die wat vloeistof kan bevatten die rijk is aan zouten, een soort pekkel dus (lichtgroen). Die laag is minstens 100 km dik (dieper kon men met de Dawn-waarnemingen niet 'zien'; de hier weergegeven laag is 60 km, de tekenaar is misschien wat terughoudender). Het is dus niet te zeggen of er op grotere diepten meer vloeibaar materiaal is, of een metaalrijke kern.

Onderzoek domes

Waar dat materiaal de korst opduwt, of uit de korst breekt, ontstaan ijsbergen zoals Ahuna Mons en lage ijsheuvels, 'domes' (tholus). De vraag is alleen: waarom zien we er daar zo weinig van?

Men onderzocht van 22 domes (zowel montes als tholi) van meer dan 10 km diameter, hun hoogte-diameter verhouding (ten opzichte van de omringende vlakke) en de verspreiding naar 'geografische' breedte. Men ging er daarbij



Foto's pagina 8:

1. Helder materiaal en heuvelruggen in het midden van de krater Occator (hoogte 55 km).
 2. Breuklijnen in de bodem van de krater; uit die scheuren zou waterdamp uit het inwendige kunnen wegstromen (h: 116 km).
 3. Lobvormige stromen bestaan uit puin, vermengd met water, dat van steile klippen of kraterwanden naar diepere delen is weggestroomd. Ze hebben wat weg van gletsjers. Hier zie je van die stromen in de bodem van Occator (h: 107 km).
 4. Het gebied tussen Vinalia Faculae (het heldere gebied in het oosten van de krater) en de noordoostelijke kraterwand (h: 135 km).
 5. Een 'dome', een lage, koepelvormige heuvel, die waarschijnlijk is veroorzaakt door cryovulkanisme (zie hoofdstuk; h: 51 km).
 6. De oostelijke kraterwand van Occator, met puin dat is afgebrokkeld, zoals je op meer foto's ziet (h: 48 km).
 7. De kraterwand vertoont 'Mass Wasting', lawines van zand, puin en rotsblokken (h: 210 km).
 8. Een netwerk van breuklijnen in Occator (h: 36 km).
 9. Lawines hebben het landschap bij de zuidoostelijke kraterwand veranderd (h: 76 km).
 10. Meer mass wasting in dat gebied (h: 43 km).
 11. Breuken in de bodem van Occator Crater (h: 152 km).
 12. Twee elkaar kruisende sets breuklijnen in het zuidwesten van de krater. Een serie loopt NW-ZO, de andere NO-ZW. Ze zijn onderdeel van een veel groter netwerk van breuken in de bodem van de krater. Ze worden gezien als bewijs voor relatief warm materiaal dat uit het binnenste kwam en een 'dome' vormde: **cryovulkanisme**. Een andere hypothese is dat het ijsmagma-reservoir is uitgezet door het bevroren (ik heb ooit een fles champagne in de vriezer laten liggen... en die was wel kapot!). De breuken bij de kraterwand staan los van het netwerk (h: 385 km).
- Linksboven:** Ahuna Mons is een 4 km hoge en 20 km brede berg of vulkaan, hooguit 240 miljoen jaar oud.
- Linksonder:** het inwendige van Ceres. Zie de hoofdstuk.
- Rechtsonder:** hoogtekaarten van Ahuna Mons en Yamor Mons (rechts). Die laatste is iets kleiner dan Ahuna maar mogelijk 2 miljard jaar oud.

Kerstvlucht Apollo 8

Op 24 december is het exact 50 jaar geleden dat de beroemde kerstvlucht van de Apollo 8 plaatsvond. Het bekendste daaraan is dat de bemanning op kerstavond, tijdens een speciale tv-uitzending, een stuk uit de Bijbel voorlas (het stuk dat begint met 'In the beginning...'). Daarvoor was men uiteraard niet naar de maan gegaan.

Apollo 8 was de eerste bemanning van de maan, maar had geen maanlander bij zich. Het was een van de testvluchten: Apollo 7 was de eerste test van de Apollo Command and Service Module (CSM) in een baan om de aarde. Apollo 8 deed datzelfde in een baan om de maan, gedurende 20 uur (20 'baantjes'). Apollo 9 testte daarna in maart 1969 de Lunar Excursion Module (LEM) in een aardbaan. Apollo 10 deed dat weer in een baan om de maan (mei 1969). En je weet waarschijnlijk wel dat Apollo 11 tenslotte op 20 juli 1969 de eerste landing op de maan uitvoerde, met de LEM.

ISS bestaat 20 jaar

Op 20 november werd de eerste module van het ISS, Zarya, gelanceerd met een Russische Proton raket. Pas in 2000 was het ruimtestation ver genoeg om astronauten te ontvangen. Sindsdien is het 18 jaar en 52 dagen bemand geweest (per 1 dec 2018). Tot nu toe gaat het om 227 astronauten en cosmonauten. Het project is een voorbeeld voor goede internationale samenwerking. Daarom vindt onze André Kuipers dat 'het ISS de Nobelprijs voor de vrede verdient'. Ik ook!

Linksonder: het ISS, op 28 juli 2009.

Midden, boven: de Apollo-8 crew, met v.l.n.r. Bill Anders, Jim Lovell en Frank Borman.

Rechtsboven: op kerstavond 1968 zat men voor de buis te kijken naar beelden uit de Apollo 8.

Rechtsonder: Goodnight, Kepler!

vanuit dat ze begonnen zijn als grote bergen ijslava, zoals de jonge Ahuna Mons, maar later onder het gewicht zijn ingezakt (ijs is plastisch) tot plattere, bredere heuvels, en in voorspelbare proporties. Het bleek zo dat domes op hogere breedten relatief hoger waren: het is daar kouder en het ijs is dus harder. Yamor Mons is veel ouder dan Ahuna Mons, maar heeft dezelfde verhoudingen.

Ook berekende men dat er gemiddeld elke 50.000 jaar een eruptie is, die gemiddeld 500.000 m³ zilte blubber uitstoot: zoveel als vier Olympische zwembaden. Maar het valt in het niet bij aardse vulkanen die jaarlijks meer dan een miljard m³ gesmolten gesteente uitspuwen. De meest logische motor achter het cryovulkanisme op Ceres is radioactief verval in de rotsachtige kern, maar vroegere grote inslagen kunnen ook de uitbarstingen hebben veroorzaakt.

Lichte plekken

Erg fascinerend en typisch voor Ceres zijn de lichte plekken, **faculae** genoemd, die bestaan uit vers ijs. Je ziet ze overal, maar vooral in kraters en de flanken van Ahuna Mons. Ze waren de eerste aanwijzingen voor cryovulkanisme op de dwergplaneet. De leider van het onderzoeksteam, Michael Sori, zegt: 'We hebben kunnen aantonen dat Ceres bijna zijn hele bestaan actief cryovulkanisme had. De relatief jonge Ahuna Mons is daarom geen uniek verschijnsel, een enige in zijn soort in de geschiedenis van Ceres. Vulkanisme was belangrijk op Ceres, maar niet zo dominant en belangrijk als het was op rotsplaneten als Aarde of Mars'. De Dawn-data kunnen nog veel opleveren, maar de sonde zal dus geen nieuwe gegevens meer leveren.



Goodnight, Kepler

Op 15 november werd het allerlaatste commando naar Kepler ruimtetelescoop gestuurd: het 'goodnight' commando dat een eind maakt aan een bijna tien jaar durende jacht van NASA's eerste planetenjachtmissie. De sonde werd in maart 2009 gelanceerd; ik heb dat zelfs aangekondigd in mijn boek *Genieten van het zonnestelsel*, dat in januari van dat jaar uitkwam.

De missie kende problemen, zoals toen de tweede van vier vliegwielen, nodig voor de standregeling, in mei 2013 uitviel. Met een slimme truc, door gebruik te maken van de zonnwind als extra stabilisator, wist men er een vervolg aan te geven: de K2 missie. Uiteindelijk stopte het project doordat de brandstof voor de stuurraketten oprakte. De TESS (Transiting Exoplanet Survey Satellite), die begin 2018 werd gelanceerd, en de James Webb Space Telescope (2021) moeten het stokje overnemen.

De lijst met verrichtingen van Kepler is indrukwekkend: 530.506 sterren waargenomen, 2662 exoplaneten ontdekt (tweederde van de 3874 nu bekende exoplaneten), 678 GB data verzameld en zelfs 61 supernova's gedocumenteerd. De ontdekkingen geven aan dat 20 tot 50% van de sterren van de Melkweg kleine, rotsachtige planeten hebben in de leefbare zone (waar vloeibaar water mogelijk kan zijn). Kepler toonde ook aan dat het meest voorkomende type planeet, de superaarde (massa tussen die van Aarde en Neptunus in), in ons zonnestelsel ontbreekt. Kepler zal niet snel vergeten worden, ook omdat er veel data onderzocht moeten worden.



Illustration

InSight geland op Mars

Touchdown!

Op 26 november landde, voor ons om bijna 20:53 uur, de nieuwste Marsbezoeker InSight met succes op de rode planeet. De lander was zeven maanden onderweg geweest en heeft daarbij 458 miljoen km afgelegd. InSight zal twee jaar lang het inwendige van de rode planeet onderzoeken, om ons meer te leren over de opbouw, vorming en evolutie van rotsplaneten, zoals de aarde en Mars, én de evolutie van exoplaneten. InSight is de eerste missie die zich puur richt op het onderzoek van het inwendige van Mars, waaronder het meten van Marsbevingen. De komende maanden worden besteed aan het testen van alle instrumenten en systemen, pas in het voorjaar verwacht men de eerste resultaten.

Twee zo verschillende planeten

Dat onderzoek geeft ons hopelijk antwoord op de vraag: als de aarde en Mars uit hetzelfde materiaal zijn 'gemaakt', waarom zijn ze dan zo verschillend geworden? Bruce Banerdt, de Principal Investigator van InSight: 'Onze metingen zullen ons helpen de klok terug te draaien en begrijpen wat een groene Aarde en een troosteloze Mars opleverde'.

Heel lang geleden stopte Mars met evolueren, terwijl Aarde doorging. Zo ontwikkelde de aarde een soort geologische 'lopende band': **tektonische platen**. Daardoor ververste de aardkorst zich met regelmaat en leverde de aarde enkele van de belangrijkste grondstoffen voor leven: stoffen als water, kooldioxide en methaan

(vluchtige verbindingen, ofwel stoffen die vrij gemakkelijk overgaan in gasvorm; in bevroren vorm noemen we die stoffen **ijzen**).

Dat Mars geen tektoniek heeft geeft aan dat de korst van de rode planeet nooit meer vernieuwd is nadat de eerste oppervlakken zich vormden. Daarom konden de vulkanen er ook zo groot worden. Kan het ontstaan van leven afhankelijk zijn van tektonische platen, door daarmee vluchtige stoffen te laten ontsnappen?

Landingsgebied

Aangezien het om de binnenkant van Mars gaat is de geologie van het landingsgebied niet belangrijk en was de landing op de vlakke, stabiele oppervlak van Elysium Planitia, een enorme vlakte rond en net ten noorden van de equator. Het ligt ten zuiden van de vulkanische 'provincie' Elysium, na Tharsis het grootste vulkanische gebied op Mars.

De landing moest plaatsvinden in een gebied gecentreerd rond 4,5°N en 135,9°O; dat is ongeveer 600 km van de Gale krater (154 km), waar de Curiosity actief is. Het is zo'n 2500 km ten zuiden van waar de Viking 2 lander staat (die landde in 1976) en eenzelfde afstand ten WNW van waar Spirit is stidgevallen.

ESA ondersteunt de InSight missie met haar netwerk van grondstations en de Trace Gas Orbiter van de ExoMars missie stuurt enkele keren per dag InSight data door (data relay). De Mars Express kan in geval van nood de Amerikanen ook helpen.

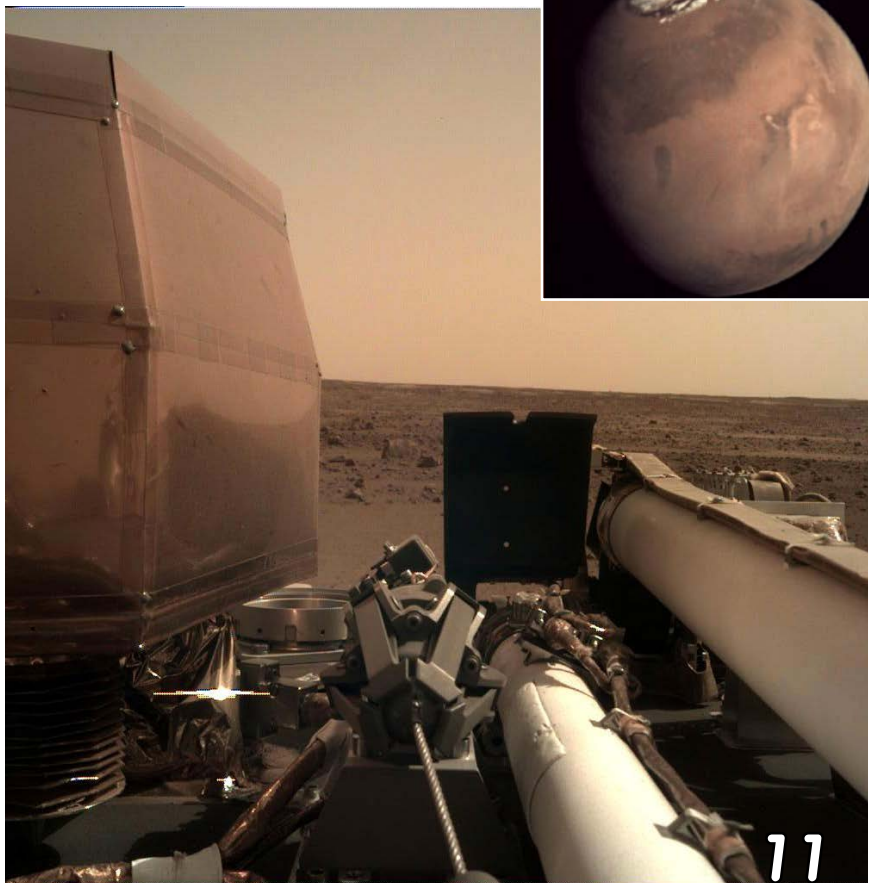
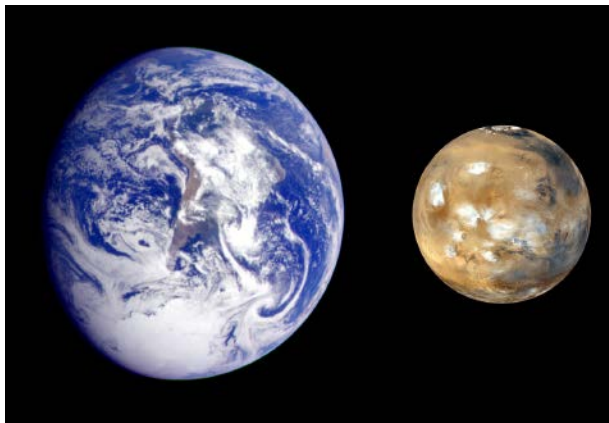
Zie ook Rob's Nieuwsbrieven 52 en 54.

Linksboven: de eerste foto die InSight meteen na touchdown maakte liet alleen maar opgeworpen stof zien dat op de lensdop is gaan zitten. Die dop zal pas later, als het veilig is, worden afgeworpen.

Linksonder: Aarde en Mars ontstonden uit hetzelfde materiaal, maar zijn toch zo verschillend geworden.

Rechtsonder: de eerste foto van Mars door de op een robotarm geplaatste camera van InSight, gemaakt op de dag van de landing. De transparante lensdop zit hier nog steeds op de lens, om te voorkomen dat er stofjes op de lens komen. De opname werd doorgestuurd (relayed) door de **2001 Mars Odyssey** die al sinds 2001 vanuit haar baan onder andere bewijzen zoekt voor het voorkomen van water en ijs. Die missie werd opgedragen aan Arthur C. Clarke en de naam is een knipoog naar de film 'A Space Odyssey'.

Inzet: Mars, gekiekt door de Europese Mars Express, op 29 februari 2016. Elysium Planitia is hier tussen het donkere gebied onderaan (met de Gale krater in die rechter donkere uitloper) en de heldere boog rechts van het midden. Daar is de vulkaan Elysium Mons (15 km). Je ziet ook de ijskap van de noordpool.



Linksboven: sedimenten van de Medusae Fossae formatie hebben een 13 km grote krater grotendeels gevuld.

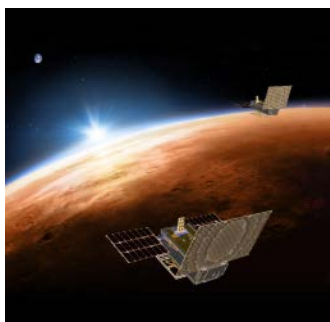
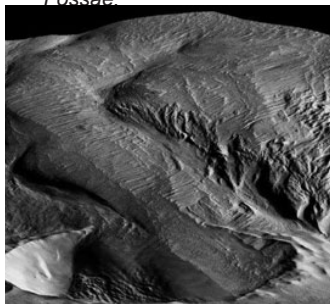
Daaronder: met InSight kwamen ook twee kleine, meegeleefde sondes ter grootte van schoenenendozen aan bij Mars: de MarCO's (zie Nieuwsbrief 50, van juni, pag. 5).

Linksonder: een topografische kaart van dit deel van Mars.

Midden: een fotomosaïek van het gebied van Medusae Fossae - in donkerrood aangegeven. De grote vulkanen Olympus Mons en Elysium Mons zijn op beide kaarten aangegeven, Apollinaris Mons en de Gale krater kun je vast wel vinden.

Rechtsboven: een 'perspective view' van Medusae Fossae, naar het zuidoosten kijkend. Opname van de Mars Express (ESA) uit maart 2005.

Rechtsonder: deze opname van de Mars Reconnaissance Orbiter (NASA) van maart dit jaar toont een schijnbaar gebroken systeem van ruggen in het gebied van Medusae Fossae.



Meer over Mars

Stofstorm fataal voor Opportunity?

Opportunity, de overgebleven Marsrover van NASA's Mars Exploration Rover-project (de andere was Spirit, die in maart 2010 de geest gaf), had voor het laatste contact met Aarde op 10 juni, doordat de enorme stofstorm de rode planeet verduisterde. Op 12 juni ging het toestel automatisch in 'winterslaap', om energie te sparen: de zonnepanelen konden hun werk niet meer doen! Men had gehoopt de rover te rebooten zodra de atmosfeer weer helder was geworden (dat was begin oktober 2018), maar er gebeurde niets. De rover heeft óf een 'catastrophic failure' gehad, óf de zonnepanelen zitten onder een te dikke laag stof. Men heeft nog stille hoop: ergens in deze periode (november-januari 2019) kunnen er winden opsteken die de boel schoon kunnen blazen. Dat is eerder gebeurd.

Waar komt stof vandaan?

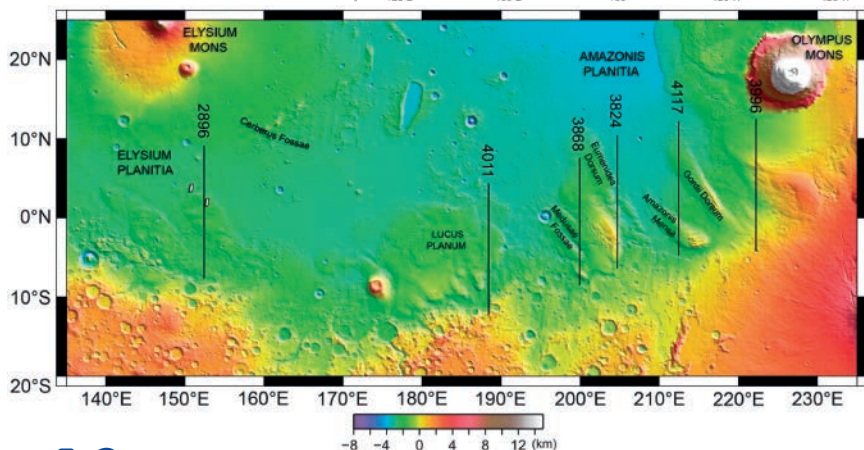
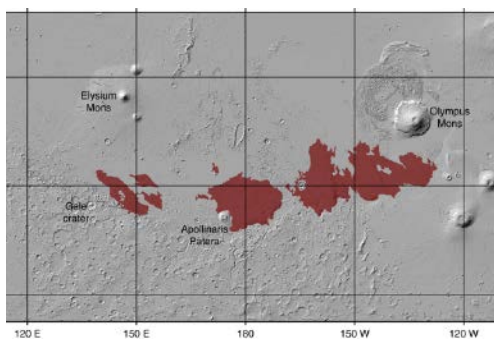
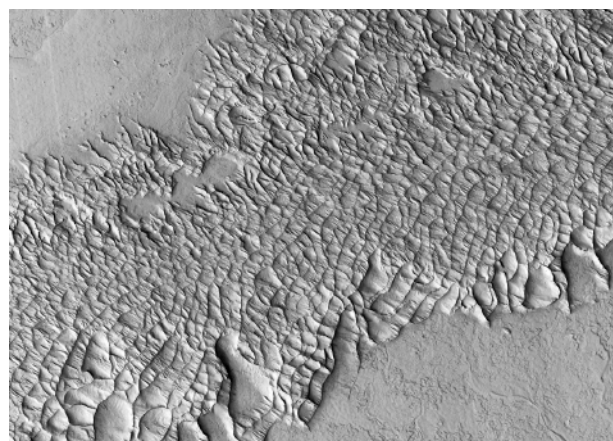
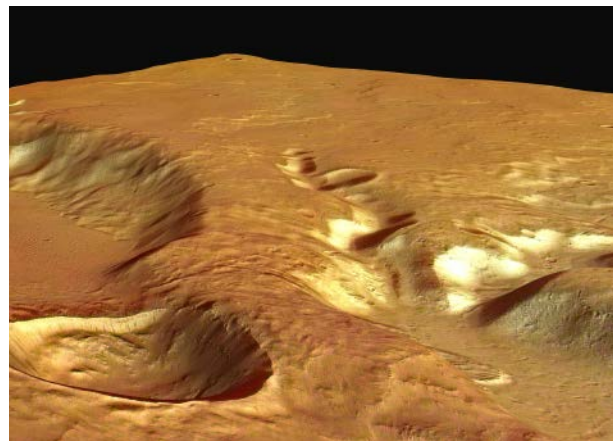
De Marsatmosfeer is erg ijl, de gemiddelde 'luchtdruk' op Mars is 0,6% van die van de aarde. Hoe kunnen winden in die ijle dampkring al het stof opwerpen dat nodig is voor een mondiale stofstorm? Dat komt onder andere doordat het stof heel fijn is, na miljarden jaren van erosie: zoiets als talkpoeder.

Aarde heeft ook veel stof en zand, als gevolg van 4 miljard jaar lang erosie door wind, water, gletsjers, vulkanen en meteorietinslagen. Op Mars zijn die processen al heel lang niet gaande. Hoe komt Mars aan al dat stof? Men heeft nu ook ontdekt dat dat komt door één 'stofreservoir'! Het gaat om een enkele, 5000 km lan-

ge, onderbroken (dus niet continue) geologische formatie die langs de equator van de rode planeet loopt en zo groot is als Groenland.

Dit gebied heeft als naam Medusae Fossae. Fossae (Latijn voor 'loopgraven'; enkelvoud: 'fossa') zijn lange, smalle valleien, of slenken, ontstaan door breuken of verzakkingen. De Medusae Fossae formatie is waarschijnlijk van vulkanische oorsprong. Een groot deel van het gebied is glad en vriendelijk golvend terrein, maar hier en daar heeft de wind ruggen en dalen gemaakt. Radarbeelden wijzen uit dat de bodem poreus gesteente (bijvoorbeeld van vulkanische as) of diepe lagen gletsjerachtige afzettingen bevat; die afzettingen zijn dan in de orde van die op de zuidpoolkap van Mars. Als het om as gaat zou dat afkomstig kunnen zijn de vulkanen Apollinaris Mons, Arsia Mons en mogelijk Pavonis Mons, allemaal in de buurt (de laatste twee op Tharsis). De radarbeelden geven ook aan dat het materiaal daar erg fijn is: er komt nauwelijks signaal terug! Uit de chemische samenstelling van het materiaal hier kan men opmaken dat Medusae Fossae de bron is van het stof op Mars, en dat van de grote stofstormen.

Het hele gebied is in het 'Amazonian' ontstaan, het jongste tijdperk in de Martiaanse geologische geschiedenis, dat overigens 3 miljard jaar geleden begon.

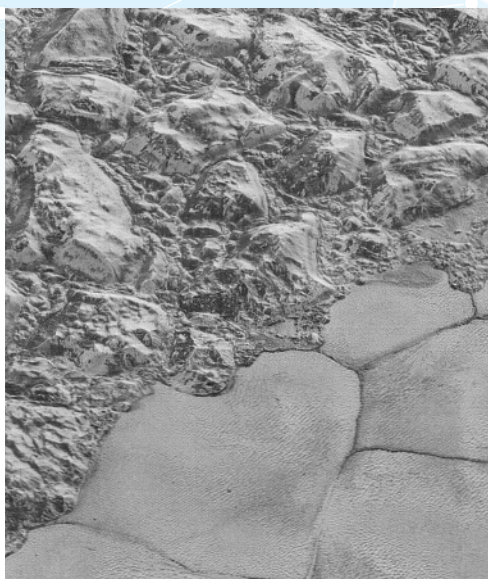


Duinen op Pluto

Methaankorrels

Er is al heel lang geen foto van Pluto meer gepubliceerd, maar deze kwam in juni 2018. Je ziet (foto hiernaast) een divers gebied, met bergen en duinen van methaanijs. Die eerder dit jaar ontdekte duinen vertellen ons dat de geologie en atmosfeer veel dynamischer zijn dan verwacht. De winden in de ijle, gelaagde dampkring helpen mee het landschap vorm te geven. Die duinformaties vind je vooral bij de berggebieden rond Sputnik Planitia, dat witte 'hart' op Pluto, en zijn geologisch erg jong, in de orde van tientallen of honderden jaren. De duinen lijken te bestaan uit 'methaankorrels', methaanijsdeeltjes zo groot als zandkorrels, die door de wind zijn meegevoerd en tot duinen zijn gevormd. Nu is de wind op Pluto niet sterk genoeg om dat alleen te doen. Het proces van sublimatie, waarbij ijs rechtstreeks in gas overgaat ('droogvriezen') kan echter ook deeltjes oplichten en zou materiaal kunnen losmaken zodat het door de wind kan worden meegevoerd.

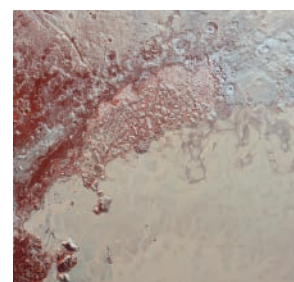
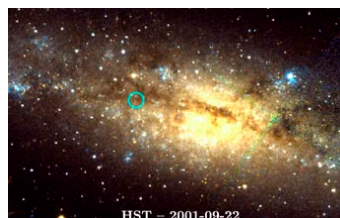
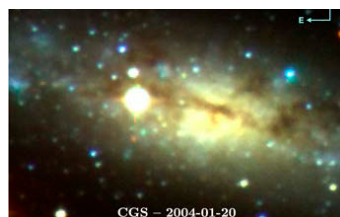
Het erg levendige, jonge oppervlak van Pluto leidt tot veel discussie in de wetenschappelijke wereld. 'Meer onderzoek helpt ons de oorsprong te vinden', zegt Jeffery Moore, een van de onderzoekers van het NASA's Ames Research Center. 'Wat ze ook zijn, het is duidelijk dat Pluto een van de meest wonderbaarlijke en complexe werelden in ons zonnestelsel is'.



Kattenpootnevel

NGC 6334, of de Cat's Paw Nebula (Kattenpootnevel, kijk eens of je dat erin herkent) is een 80-90 lj groot stervormingsgebied in het Melkwegstelsel, op 4200 tot 5500 lj afstand, in de richting van het sterrenbeeld Schorpioen. Het is een opname van NASA's Spitzer Space Telescope, en dat verklaart de vreemde kleuren: het is een infraroodtelescoop! Infrarood, dat in tegenstelling tot licht wel door stofwolken heen gaat, zie je niet. Dus kleuren worden altijd door de mens ingevuld. De groene gebieden zijn plekken waar de straling van hete sterren botst met grote moleculen van *polycyclische aromatische koolwaterstoffen* (PAKs), die daardoor 'licht' gaan uitzenden (net zoals geïoniseerd waterstof rood licht, H-alfa, uitzendt). Op Aarde zijn we niet blij met die PAKs, zoals benzeen, omdat ze kankerverwekkend zijn.

Nadat gas- en stofwolken in de nevel zijn ingestort om sterren te vormen, gaan die sterren branden. Met hun hitte laten ze het overgebleven gas uitzetten, waardoor er bellen ontstaan: de rode structuren. Soms kan zo'n bel zelfs openbarsten.



Links: het gebied op Pluto met duinen van methaanijs (onder) en bergen van waterijs. Een structuur heeft toevallig ook een hartvorm. Zie ook mijn Pluto Special (onder Nieuwsbrieven), o.a. op pagina 23.

Rechtsboven: het betreffende gebied linksboven in Pluto's 'hart' (zie je het?), met in het vierkant de foto daaronder.

Hierboven: de uitvergroting van het vierkant erboven, met precies in het midden de hartvormige structuur op de foto die beschreven wordt in de tekst.

Linksboven: NGC 1892, waarin in 2004 een supernova was, die pas in 2018 werd ontdekt! Zie hieronder. Foto Hubble.

Linksonder: NGC 6334, een opname van de Spitzer.

Supernova toevallig ontdekt

Er zijn nu zo'n 50.000 supernova's waargenomen, maar soms mist men er een. Begin 2017 maakte de Braziliaanse amateurastronoom Jorge Stockler de Moraes een foto van NGC 1892. Toen hij die wilde vergelijken met een van de Carnegie-Irvine Galaxy Survey (CGS) zag hij een verschil: op zijn foto miste een heldere ster! Na lang onderzoek van foto's uit verschillende jaren bleek dat geen enkele foto de ster toonde, behalve die CGS-opname van januari 2004 (kleine foto boven). Ter vergelijking een Hubble-foto van het stelsel uit september 2001 (kleine foto onder). De supernova, CSG2004A, is van het type IIP, als een ster van 8 tot 50 zonsmassa explodeert.

Ultima Thule Happening

Op pagina 6 schreef ik dat New Horizons op 1 januari, naar verwachting om 18:33 u MET, langs een tweede doel vliegt: Ultima Thule.

Ik heb nu het plan opgevat om ergens in die periode mijn **Planetenpad** in mijn eigen straat in Amersfoort op te stellen, voor geïnteresseerde lezers, burens en vrienden.

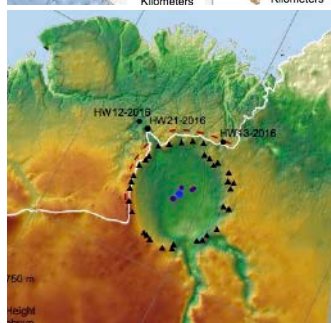
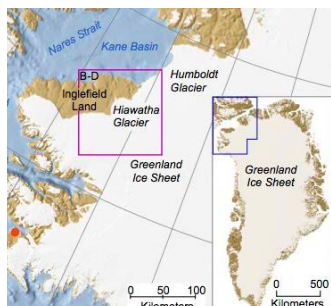
Houd hiervoor onze home page in de gaten: www.walrecht.nl.

Krater in Groenland?

Onderzoek aan de ijskap van Groenland, van 1997 tot 2014, heeft een onverwacht resultaat opgeleverd: aanwijzingen voor een 31 km grote, 300 m diepe en 12.000 jaar oude inslagkrater! Bij een ronde structuur in het oppervlak denk je al snel aan een krater, maar het duurde toch lang voordat iemand dacht: 'Hé, een krater?'. Men heeft daarna drie jaar onderzoek gedaan om uit te vinden of het echt zo is. Men vond inderdaad kenmerken van een beschadigde korst, zoals geschopte kwarts en glasachtige deeltjes, die je bij een inslagkrater verwachten kan.

Hieronder: overzichtskaartje van het gebied in Groenland, en daaronder een detail van de krater.

Linksonder: 'perspective view' van de krater, met rechtsboven de zee.



Hemel van december 2018

Overzicht

De zichtbaarheid van de heldere planeten en de fasen van de maan voor deze periode, informatie afkomstig uit de **Sterrengids** (zie hiernaast).

Maanfasen december 2018

Nieuwe maan	7 dec, 8:20 u MET
Eerste kwartier	15 dec, 12:49 u MET
Volle maan	22 dec, 18:49 u MET
Laatste kwartier	29 dec, 10:34 u MET

Apogeum:	12 dec, 13 u MET, 405.177 km
Perigeum:	24 dec, 11 u MET, 361.062 km

Op 21 december, om 23:23 u MET, begint de astronomische (dus echte!) **winter**. Op die dag bereikt de zon in het zuiden zijn laagste maximale hoogte boven het zuiden, is de dag het kortst en de nacht het langst. Van 30 december tot 1 januari beweegt de maan van boven Spica tot Venus.

Planeten

Voor de planeten geven we het sterrenbeeld waarin ze halverwege deze periode staan, plus de **rechte klimming** (RA, in astronomische uren) waarmee je de locatie van de planeet in de buurt van de ecliptica kan opzoeken. De **declinatie** is dan niet echt nodig.

planeet	sterrenbeeld	RA
Mercurius	Weegsch./Schorp./OPH*	16:08 u
Venus	Maagd/Weegschaal	14:33 u
Mars	Waterman/Vissen	23:23 u
Jupiter	Schorpioen/OPH*	16:27 u
Saturnus	Boogschutter	18:41 u
Uranus	Vissen	1:47 u
Neptunus	Waterman	23:01 u

* *Ophiuchus, Slangendrager (13e stb. dierenriem)*

De planeten

Mercurius bereikt de 15e zijn grootste westelijke elongatie en is dan 's ochtends in het ZO zichtbaar. Mercurius is veel zwakker dan Venus, die eerder opkomt. Hij staat van 20-23 december vlakbij Jupiter: een **samenstand**, of **conjunctie**, in het ZO. Antares is ook dichtbij. **Venus** is prachtig te zien, 's morgens in het ZO. Eind van de maand komt zij zelfs 4 uur vóór de zon op! Haar grootste elongatie moet zelfs nog komen: op 6 januari. Op de 5e staat de maan-sikkel dichtbij, en Mercurius.

Mars zie je als een oranje 'ster', in het zuiden, later in de maand in het ZW. Hij wordt langzaam minder helder, nu de afstand steeds meer toeneemt.

Jupiter wordt de helft van de maand weer zichtbaar, 's morgens in het ZO. Eind van de maand komt de planeet ruim 2 uur vóór de zon op. Het is een heldere planeet, maar Venus (westelijker) is veel helderder!

Saturnus staat nu te dicht bij de zon. Op 2 januari is hij in conjunctie met de zon.

Uranus is 's avonds en tot na middernacht te zien, met een verrekijker. Half december staat hij rond 21:00 uur hoog in het zuiden.

Neptunus is begin december tot middernacht, eind van de maand tot 22 u te zien.

Hemel van januari 2019

Overzicht

De **Sterrengids** is een interessante jaargids en een must voor wie de verschijnselen aan de hemel van dag tot dag wil volgen: www.sterrengids.nl.

Maanfasen januari 2019

Nieuwe maan	6 jan, 2:28 u MET
Eerste kwartier	14 jan, 7:45 u MET
Volle maan	21 jan, 6:16 u MET
Laatste kwartier	27 jan, 22:10 u MET

Apogeum:	9 jan, 5 u MET, 406.117 km
Perigeum:	21 jan, 21 u MET, 357.343 km

1-2 januari: Venus en maan-sikkel in **conjunctie** (de 1e staat de maan ten W van de planeet, de 2e ten oosten. Op de 3e bezoekt de maan Jupiter: weer een samenstand (hoekafstand 2°). Die dag is de aarde in het **perihelium**. Ook conjuncties van de maan met Jupiter (30e) en Venus (31e). Bekijk het in de ochtendschemering).

planeet	sterrenbeeld	RA
Mercurius	OPH*/Boogsch./Steenbok	-
Venus	Weegsch/Schorp./OPH	16:53 u
Mars	Vissen	0:48 u
Jupiter	Slangendrager (OPH* dus)	16:57 u
Saturnus	Boogschutter/Steenbok	18:58 u
Uranus	Vissen	1:46 u
Neptunus	Waterman	23:04 u

De planeten

Mercurius is begin 2019 nog te zien, op de grens van Slangendrager (OPH) en Boogschutter, 's morgens boven het ZO. Daarna staat hij te dicht bij de zon: op 30 januari is hij in **bovenconjunctie**. **Venus** is nu 'morgenster': zij komt begin januari 4 uur voor de zon op. Op 6 januari is ze in **grootste elongatie**, dan is de hoekafstand met de zon het grootst. De 22e passeert ze Jupiter, ten noorden ervan, een **conjunctie** op ruim 2°.

Mars staat 's avonds begin van de maand in het zuiden, later in het ZW. Mars is ongeveer zo helder als Aldebaran (Stier), die iets oostelijker staat, en heeft dezelfde kleur.

Jupiter staat 's ochtends in het ZO. Hij komt nu steeds vroeger op, maar verwar hem niet met de veel helderdere planeet Venus. Beide planeten zijn 22 januari in **conjunctie**.

Saturnus is op 2 januari in **conjunctie** met de zon en is dan natuurlijk niet te zien: de zon staat in dezelfde richting. Eind van de maand verschijnt hij weer, laag aan de ochtendhemel (ZO).

Uranus staat nu vlakbij de ster Omicron van de Vissen: de ster tussen Alrescha en M74. Met een goede verrekijker (en goed weer...) kun je hem wel zien. Hij staat begin van de avond hoog (47°) in het zuiden, en rond middernacht in het westen.

Neptunus staat in het oostelijke deel van de Waterman en met een kleine telescoop of stevige verrekijker moet hij te zien zijn. Begin van de avond staat hij al in het ZW en gaat dus al snel onder: begin januari om 22:24 u, eind van de maand om 20:31 u.