

Visueel meteooren waarnemen 2

DMS-meteorenenexpedities

- **Meteoorzwermen ontstaan doordat kometen stofsporen in hun baan achterlaten, die de baan van de aarde kunnen kruisen.**
- **In de loop der jaren heeft de DMS verschillende succesvolle expedities georganiseerd om met name de Leoniden en Perseiden te observeren.**
- **Data-analyse van Leoniden- en Perseidenpieken uit de periode 1998-2002 en 2018-2021 door onder meer de auteur heeft geleid tot verschillende publicaties in de (vak)literatuur.**

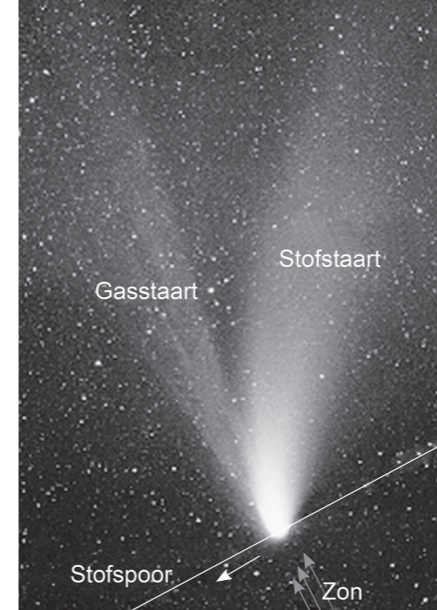


Figuur 1. Compositie van opnamen tijdens de Perseidenuitbarsting van 12 augustus 2016 tussen 2:15 en 2:25 UT. Zeer oude stofsporen zorgden toen voor veel heldere Perseiden, zie Figuur 9 bij zonslengte 139,62. Bij de Perseidenvuurbol van magnitude -8 is ook het verwaaiende nalichtende spoor te zien. (Koen Miskotte)

In de loop der jaren hebben waarnemers van onder meer de Dutch Meteor Society expedities georganiseerd om enkele bijzondere meteorenzwermen en -stormen te observeren. In dit tweede artikel over het visueel waarnemen van meteoren een bespreking van deze resultaten. Maar eerst meer over het ontstaan van meteorenzwermen.

Door Koen Miskotte (Dutch Meteor Society)

Meteorenzwermen vinden hun oorsprong in kometen: 'vuile sneeuwballen', bestaande uit ijs, stof en steentjes die meestal elliptische banen rond de zon beschrijven. Wanneer ze de zon naderen 'verdamp't (sublimeert) het ijs, waarbij een gasvormige coma rondom de komeetkern ontstaat. Bij dat proces komen ook stofdeeltjes vrij. Onder invloed van de zonnwind en de stralingsdruk van de zon vormen zich een gas- en stofstaart. De stofdeeltjes zijn kleiner dan 0,5 mm en worden door de stralingsdruk uit de coma naar 'achteren' geblazen. Zij zijn zwaarder dan de gasdeeltjes en bewegen daardoor langzamer van de komeet weg, waarbij ze



Figuur 2. De staarten en het stofspoor van een komeet. De pijl geeft de bewegingsrichting van de komeet aan. (NASA Ames Research Center/K. Jobse, P. Jenniskens; bewerking Mat Drummen)

(gekromde) banen volgen volgens de wetten van Kepler. De gasstaart staat onder invloed van de zonnwind en wijst altijd recht van de zon af.

Stofsporen

De stofsporen in de komeetbaan bevatten grotere deeltjes (> 0,5 mm), die weinig invloed van de zonne-

wind ondervinden en daardoor in de baan van de komeet blijven bewegen. Op opnamen van de infraroodsatelliet IRAS zijn inderdaad



Figuur 3. Waarnemers met apparatuur, klaar voor de eerste Leonidenexpeditie van de DMS in 1995. Op de voorgrond de grote Canon-camerabatterijen, de Honda-aggregaten en rechts op statief de videosystemen.

Meteoorzwermen

De Boötiden geven soms indrukwekkende meteorenshows waarbij de ZHR kan oplopen tot 140, zoals in 1995 en 2009. Meestal is de ZHR wat bescheidener: rond de 80. Het maximum duurt maar enkele uren, zodat het waarneemtijdstip nauw luistert. Een maximum laat in de nacht is erg gunstig; de radiant staat dan hoog waardoor veel meteoren zichtbaar zijn. Valt het maximum in de avond dan blijft de activiteit door de lage radiantstand beperkt tot 10 per uur. Als de radiant dan later in de nacht hoog staat, is de activiteit zo sterk gedaald dat er slechts enkele tientallen Boötiden per uur zichtbaar zijn. Voor exacte maximum tijdstippen van deze en andere zwermen, raadpleeg de jaarlijkse IMO Meteorshower Calendar (referentie [1] op blz. 25).

De ZHR-maxima van de Lyriden liggen meestal rond de 10-15, maar in sommige jaren kan dat wel 30 zijn. Het beste waar te nemen in het tweede deel van de nacht als de radiant hoog staat.

De eta Aquariiden vormen een mooie zwerm met veel activiteit. Maar de radiant komt in Nederland pas laat in de nacht op, vlak voor de schemering. Met wat geluk zijn dan tijdens de schemering enkele eta Aquariiden te zien.

Hetzelfde geldt voor de zuidelijke delta Aquariiden in juli. Door de lage radiantstand in Nederland kun je er maximaal 5 per uur verwachten. Op Kreta liggen de aantallen hoger, daar kun je ongeveer 20 meteoren per uur waarnemen; op La Palma en in Namibië nog meer.

Kies voor de Perseiden niet één datum, maar reserveer een periode. De hoogste activiteit is tussen 10 en 14 augustus.

De Draconiden laten jaarlijks een zeer lage activiteit zien, maar om de 13 of 7 jaar kan de zwerm flink opleven.

De Zuidelijke en Noordelijke Tauriden vertonen gedurende 2,5 maanden een lage activiteit. In sommige jaren is er een vuurbol-component actief die dan relatief veel heldere meteoren oplevert.

De Leoniden laten om de 33 jaar flinke activiteit zien als komeet 55P/Tempel-Tuttle in de buurt van het perihelium komt. De laatste keer was dat in 1998. Omdat de baan van de komeet relatief dicht bij de aarde ligt, is er jaarlijks wel kans op een opleving van de zwerm. Dat kan dagen eerder of later dan het maximum zijn.

De Geminiden zijn een zeer actieve zwerm. Helaas is december een slechte waarneemaand met slecht 10 procent kans op een heldere nacht. Ook de nachten 12/13 en 14/15 december kunnen rijk zijn aan Geminiden. Vooral 14/15 december staat bekend om de heldere Geminiden-vuurbollen.

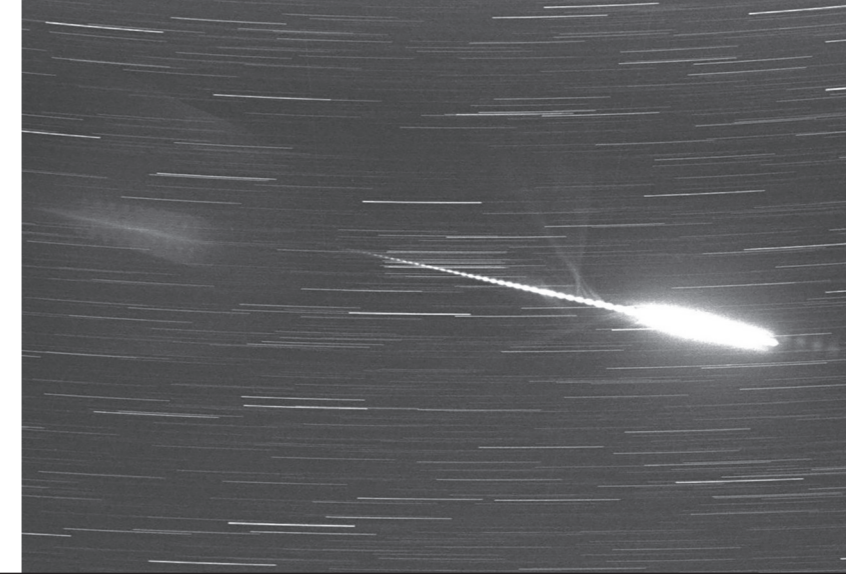
Zwerm	Afkorting	Km/s	Periode	Maximum	ZHR	Moederlichaam	Opmerkingen
Boötiden	QUA	41	25 dec-15 jan	3 of 4 januari	80-150	2003 EH1	Kortstondig maximum
Lyriden	LYR	49	15-25 april	21/22 april	10-20	Comet C/1861 G1 (Thatcher)	
eta Aquariiden	ETA	66	15 april-25 mei	3-6 mei	60-100	1P/Halley	Lage radiantstand en schemering!
Capricorniden	CAP	23	1 juli-15 aug	Eind juli	5	169P/NEAT?	
Zuidelijke delta Aquariiden	SDA	41	5 juli -	28/29 juli - 10 aug	25	96P/Machholz	Lage radiantstand
Perseiden	PER	59	15 juli-30 aug	12/13 aug	90	109P/Swift-Tuttle	10-15 aug altijd veel te zien
kappa Cygniden	KCG	25	25 juli-25 aug	18/19 aug	1	2008 ED69	Periodieke zwerm
Draconiden	DRA	20	1-10 okt	8 okt	1	21P/Giacobini-Zinner	Uitbarstingen in 1933, 1946, 1985, 1998, 2011, 2018
Orioniden	ORI	66	1 okt-10 nov	22 okt	20-30	1P/Halley	
Tauriden noord/zuid	NTA, STA	28	1 okt-20 dec	Begin november	5	2P/Encke complex	Periodiek rijk in vuurbollen
Leoniden	LEO	72	1-30 nov	17 nov	15	55P/Tempel-Tuttle	Regelmatig uitbarstingen in november
Geminiden	GEM	35	1-20 dec	13/14 dec	120	3200 Phaethon	Direct na maximum meer heldere meteoren
Ursiden	URS	33	15-30 dec	22 dec	Var.	8P/Tuttle	



Figuur 4. De Sino Dutch Leonid Expedition 1998. De groep DMS-waarnemers met begeleiders en apparatuur op de radiosterrenwacht nabij Delingha, deel uitmakend van het beroemde Purple Mountain Observatory. De witte bol herbergt een 13,7 meter grote radiotelescoop.



Figuur 5. Vanuit Ulan werd deze Leonide van magnitude -8 vastgelegd, inclusief verwaide nalichtende sporen. Linksonder de vuurbol is nog een nalichtend spoor te zien van een vuurbol die tien minuten eerder verscheen. In het midden een -2-Leonide. (Casper ter Kuile)



Figuur 6. De helderste Leonide (magnitude -15!) die werd vastgelegd vanuit het XingLong Observatory en Lin Tin Kou. Deze opname is vanuit Lin Tin Kou. Naast de verwaide nalichtende sporen zijn ook spookreflecties zichtbaar, zowel voor als achter het meteoorspoor. Uit dit soort opnamen bleek ook dat de helderste Leoniden-vuurbollen op uitzonderlijk hoge hoogten oplichtten, tot bijna 200 km! (Jaap van 't Leven)

stofsporen op grote afstand van kometen waargenomen, bijvoorbeeld bij 2P/Encke en 65P/Gunn. Ze bevinden zich zowel voor- als achter de komeet. Uiteindelijk ontstaat er iets als een gesloten ring, waarbij de dichtheid van de deeltjes het hoogst is in de omgeving van de komeet. Na verloop van tijd worden de deeltjes in deze stofsporen verspreid door onder andere de zwaartekracht van de planeten en kruisen ze uiteindelijk ook de aardbaan. Zo ontstaan meteorenzwermen. De lichte deeltjes worden het eerste uit hun oorspronkelijke baan geduwd; bij de zwaardere deeltjes duurt dat langer. Oude stofsporen laten daarom meer heldere meteoren (zwaardere deeltjes) zien dan jonge stofsporen waarin de zwakke meteoren (lichtere deeltjes) de boventoon voeren. De stofsporen zijn overigens astronomisch gezien erg nauw: ongeveer 250.000 km. Daarom worden ze ook makkelijk gemist door de aarde. Bij de periheliumdoorgang van de komeet ontstaat een nieuw, 'vers' stofspoor en begint het hele proces opnieuw. Bij sommige meteorenzwermen komt de komeet dicht in de buurt van de aarde, zoals de 'moederkomeet' van de Leoniden: 55P/Tempel-Tuttle. De aarde kan dan dicht langs of dwars door zo'n jong stofspoor bewegen. Er is dan kans op een meteorenstorm (blz. 23). Meteorenstormen duren meestal kort: de aarde heeft hoogstens enkele uren nodig om door de dichtste delen van een stofspoor te trekken.

Meteorstormen

Een meteorenstorm is een van de spectaculairste astronomische verschijnselen. DMS-waarnemers waren in de afgelopen 40 jaar viermaal getuige van een meteorenstorm waarbij de ZHR's opliepen van 2200 tot 4000. Soms kruist de aarde ook wel eens een stofspoor als de komeet zich ver van zijn perihelium bevindt. De dichtheid van zo'n stofspoor is dan wel een stuk minder, waardoor er vaak geen meteorenstorm optreedt maar er wel sprake is van een flink hoge activiteit. De posities van planeten in ons zonnestelsel ten opzichte van de zon kunnen ook invloed hebben op het verschijnen van periodieke zwermen. Zo ontdekte de Nederlands-Amerikaanse astronoom Peter Jenniskens dat de ligging van het barycentrum oftewel het massamiddelpunt van ons zonnestelsel er soms voor zorgt dat meteorenzwermen periodiek actief zijn. Het barycentrum ligt soms in de zon, maar meestal net daarbui-

Voor satellieten is een meteorenstorm geen pretje.

ten. Zo ontdekte hij in 1995 dat, wanneer de kleine meteorenzwerm de alpha Monocerotiden uitbarst, het barycentrum zich globaal steeds op dezelfde positie bevindt ten opzichte van de zon.

Satellieten

Voor satellieten is een meteorenstorm geen pretje. Inslaanende meteoroiden kunnen storingen veroorzaken in de elektronica, een satelliet uit balans brengen of compleet vernietigen. Op 12 augustus 1993, tijdens het hoogtepunt van een flinke Perseïdenuitbarsting, ging een Pegasus-satelliet verloren, vermoedelijk door de inslag van een meteoroïde. Bij NASA had men in die tijd geen flauw idee van het gevaar van dichte wolken van meteoroiden voor satellieten. Toen men hoorde van een mogelijke Perseïdenuitbarsting in 1993 werd op het laatste moment een lancering van een spaceshuttle uitgesteld.

Tegenwoordig heeft NASA hiervoor een speciaal bureau: het Meteoroid Environment Office, geleid door de astronoom Bill Cooke. Het bureau maakt gebruik van data van videonetwerken, radio-, radar- en visuele waarnemingen. Bij een verhoogd inslagrisico door meteorenzwermen kunnen de minder kwetsbare delen van de satelliet zo gedraaid worden dat eventueel inslaande deeltjes amper schade aanrichten, of dat het kleinste oppervlak van de satelliet gekeerd is in de richting waar de meteoroiden vandaan komen. Meteorwaarnemingen, ook

visuele, zijn voor dit soort voorzorgsmaatregelen van groot belang. Tussen 1999 en 2002 werden vijf Leonidenstormen waargenomen als gevolg van de periheliumdoorgang van komeet 55P/Tempel-Tuttle in februari 1998. De visuele waarnemingen waren vooral belangrijk voor het bepalen van de activiteit van de zwerm: het ZHR-profiel.

China

In 1995, 1996, 1997 werden door DMS enkele succesvolle Leonidenexpedities georganiseerd die fraaie resultaten opleverden. De maximale ZHR van de Leoniden bereikte in die jaren respectievelijk 100 (1994), 35 (1995), 170 (1996) en 120 (1997). Op 28 februari 1998 ging de moederkomeet van de Leoniden, 55P/Tempel-Tuttle, door het perihelium en haalde magnitude 8,0. Voor dat jaar werd voor de nacht 17/18 november een meteorenstorm voorspeld met ZHR's tussen de 800 en 8000. Meteorenstormen duren kort, dus moet je reizen naar een locatie waar het maximum goed waarneembaar is. Ook klimatologische omstandigheden zijn bepalend voor het vaststellen van de waarnemingslocatie. DMS organiseerde dat jaar een expeditie met 18 waarnemers naar China. Een officiële overeenkomst tussen de KNAW, DMS, en CAS (Chinese Academy of Sciences) zorgde onder andere voor logistieke ondersteuning in China. Ook was er financiële en materiële ondersteuning van de KNAW, NASA, het Kerkhoven Boscha Fonds en enkele bedrijven zoals Honda, Shell en Canon. Een tweetal posten werden opgezet vanaf het XingLong Observatory, de grootste optische sterren-

wacht van China (150 km noordoost van Beijing). Een buitenpost werd opgezet in het gehucht Lin Tin Kou. Een tweede groep waarnemers reisde vanuit Beijing nog eens 2000 km westwaarts. Daar werd op een radiosterrenwacht nabij de kleine stad Delingha in de provincie Xinghai een fotografische, video- en visuele post ingericht op 3000 meter hoogte. Een buitenpost werd gevonden in het piepkleine gehucht Ulan. Dit alles aan de zuidrand van de immense Gobiwoestijn. Beide groepen hadden te maken met extreem lage temperaturen tot -23 °C.

1998: vuurbollenregen

De nacht van 16 op 17 november werd er proefgedraaid met de apparatuur. Zodra de radiant opkwam verschenen er heldere Leoniden-*earthgrazers*. Doordat de radiant dan nog laag staat, komen de meteoroiden scherend de dampkring binnen, waardoor het langer duurt voordat ze opgebrand zijn. De meteoren trekken dan zeer lange sporen aan de sterrenhemel, een prachtig gezicht! De activiteit nam toe tot een ZHR van 250 waarbij de ene na de andere vuurbol verscheen, sommige zo helder als de volle maan! Op elk moment waren er minimaal drie nalichtende sporen te zien, soms meer. Sommige bleven 30 minuten zichtbaar en verplaatsten zich, door hoge winden, over behoorlijke hoekafstanden aan de hemel. Voor iedereen die getuige was van deze Leoniden-vuurbollenregen is deze nog steeds de meest fraaie verschijning van de reeks 1998-2002. De vuurbollenregen bereikte zijn maximum boven Europa, toen het weer licht werd in China, en doofde boven Amerika uit.

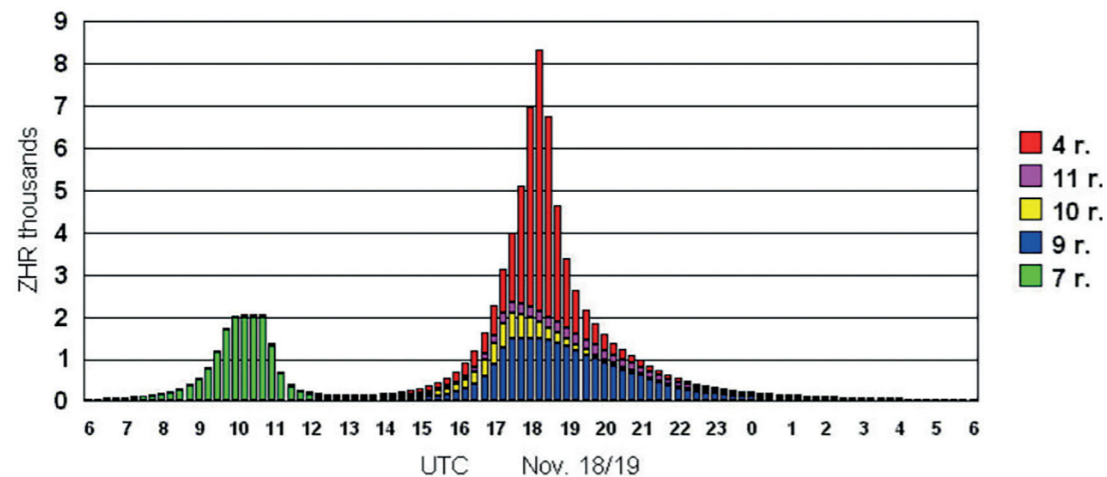
De nacht erna viel het maximum op het voorspelde tijdstip, maar met een ZHR van 200 viel de activiteit wel tegen. Nog een verschil met de vorige nacht was dat het bijna allemaal zwakke Leoniden waren. Fotografisch en visueel was de expeditie een enorm succes en er werden ruim 13.500 meteoren gezien.

1999 en 2000

Voor 18 november 1999, even na 2 UT, werd een Leonidenstorm voorspeld met een ZHR van 7000, zichtbaar vanuit het Midden-Oosten en Europa. De aarde zou dan het stofspoor uit 1899 dicht naderen (3 omlopen terug van komeet 55P/Tempel-Tuttle), evenals het stofspoor uit 1965 (2 omlopen terug). DMS zette een succesvolle expeditie op naar Zuid-Frankrijk en Spanje. Daar werd een meteorenstorm met een ZHR van 4000 waargenomen van voornamelijk zwakke Leoniden. Op het hoogtepunt telden waarnemers tot 50 meteoren per minuut. Soms was een aantal seconden niets te zien, dan weer 3 tot 5 Leoniden tegelijk. Een bijzonder indrukwekkend verschijnsel, waarbij je soms de indruk had met hoge snelheid richting sterrenbeeld Leeuw te reizen. In totaal werden in deze nacht door DMS-waarnemers bijna 20.000 meteoren gezien.

Geen meteorenstormen in 2000, maar wel twee flinke pieken in de nacht 17/18 november door de nabijheid van een tweetal stofsporen uit 1733 (8 omlopen terug van komeet 55P/Tempel-Tuttle) en 1866 (4 omlopen). DMS organiseerde een vooral fotografische expeditie naar Spanje. Een team visuele waarnemers vloog *last minute* naar Portugal

Figuur 7. Leonidenvoorspelling voor 2001 door astronoom Esko Lyytinen. De stofsporen uit eerdere omlopen van komeet 55P/Tempel-Tuttle zijn met kleuren aangegeven. Het 7 r-spoor zou zichtbaar moeten zijn boven Amerika, en boven Azië een combinatie van meerdere stofsporen.



vanwege een enorm front met slecht weer over West- en Noord-Europa. Beide groepen waren getuige van meerdere Leonidenpieken met ZHR's tussen de 200 en 400. Boven Amerika volgde nog een flinke piek met een ZHR van 700. Vanuit Europa was het relatief oude stofspoor van 1733 'zichtbaar', met relatief veel heldere Leoniden.

2001 en 2002

Voor 2001 werden maar liefst twee meteorenstormen voorspeld op 18/19 november. Eén zou plaatsvinden boven Amerika, veroorzaakt door het 7 omlopen oude spoor uit 1667, de andere zou zichtbaar zijn vanuit Oost-Azië, veroorzaakt door meerdere stofsporen uit 1866 (4 omlopen), 1699 (9 omlopen), 1666 (10 omlopen) en uit 1633 (11 omlopen). DMS organiseerde daarom expedities naar beide continenten. In het westen van Amerika waren meerdere DMS-teams getuige van een meteorenstorm met een ZHR van 2000. Zij zagen veel heldere Leoniden omdat het een relatief oud stofspoor betrof en met maximale minutentellingen rond de 40. In Azië moest het toen nog allemaal gebeuren. DMS had een drietal posten opgezet op de sterrenwacht van Xinglong, een hotel nabij het gehucht PanShan en op de radiosterrenwacht nabij Miyun. Ook nu was er ondersteuning vanuit de CAS en waarnemers zagen een meteorenstorm met een ZHR van 3400. Opvallend was dat er naast veel zwakke Leoniden (afkomstig van het relatief jonge 4 omlopen-stofspoor) ook een flink aantal (zeer) heldere Leoniden werd waargenomen, afkomstig uit oudere stofsporen. Eén van de

waarnemers merkte op: 'Het was de perfecte meteorenstorm: de aantallen van 1999 en de helderheid van 1998'. In totaal werden ruim 26.000 meteoren gezien. De auteur telde in deze nacht ruim 4000 meteoren, een persoonlijk record. Ook in 2002 waren twee Leoniden-meteorstormen zichtbaar, één in Europa en één in Amerika. DMS had een viertal grote posten ingericht in Zuidoost-Spanje en was het 's avonds op alle locaties nog helder. Helaas trok een storing sneller dan verwacht Spanje in. Enkel een team nabij de Calar Alto-sterrenwacht had een flinke opklaring rond het maximum, waarbij de ZHR opliep naar 2200. Veel resultaten van deze unieke expedities zijn terug te vinden in het standaardwerk van de meteoren-astronomie *Meteorshowers and Their Parent Comets* van Peter Jenniskens. Daarnaast zijn er ook een 20-tal artikelen in wetenschappelijke bladen gepubliceerd. De hier beschreven visuele waarnemingen worden op het moment van dit schrijven ook gebruikt voor een nieuwe analyse van Peter Jenniskens om de toekomstige uitbarsting

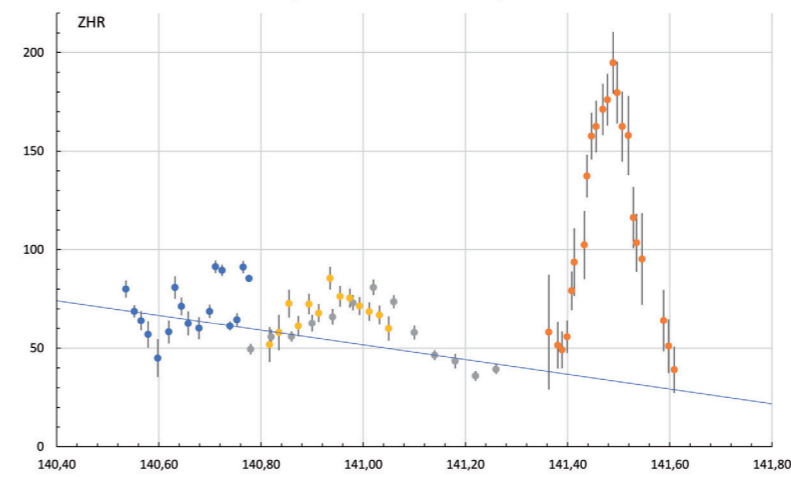
De grote klapper van de Perseïden viel echter in 2021.

gen van de komende Leonidenreeks (2028-2035) beter te voorspellen. Qua tijdstippen zijn de voorspellingen redelijk goed, maar qua activiteit zitten ze er nogal eens naast. Meer informatie en fraaie foto's van deze expedities en wetenschappelijke artikelen met de resultaten zijn te vinden op www.dutch-meteor-society.nl/leoniden-2/.

Perseïden 2018-2021

In 2018 zat een klein team DMS-ers in de Provence om de Perseïden waar te nemen. De zwerm had toen haar maximum op 12 augustus rond 20 UT. De nacht erna werd de groep verrast door een relatief hoge Perseïdenactiviteit. Een analyse door de auteur van de beschikbare Europese data liet zien dat er sprake was van een activiteitspiek met een ZHR van 85, bijna 30 uur na het jaarlijkse maximum. De zwerm liet vooral wat zwakkere Perseïden zien. Normaal ligt de ZHR rond de 50. In 2019 werd deze piek weer waargenomen, ditmaal door radiowaarnemers (*Zenit* maart 2019, blz. 16-19). Deze piek vertoonde exact dezelfde structuur als die van 2018. Er zijn wel enkele visuele waarnemingen die de radiodata ondersteunen, maar helaas werden die gestoord door bewolking of rook van bosbranden. Ook in 2020 werd verhoogde activiteit waargenomen, maar ditmaal was er sprake van drie kortere pieken met ZHR's tot 90 en in tegenstelling tot twee voorgaande jaren meer heldere Perseïden. De grote klapper viel echter in 2021. De Canadese meteorwaarnemer Pierre Martin zag onder zeer donkere omstandigheden op 14 augustus tussen 6 en 9 UT tot zijn verbazing

Perseïds 2018-2021
Four years of outbursts around λ_{\perp} 141

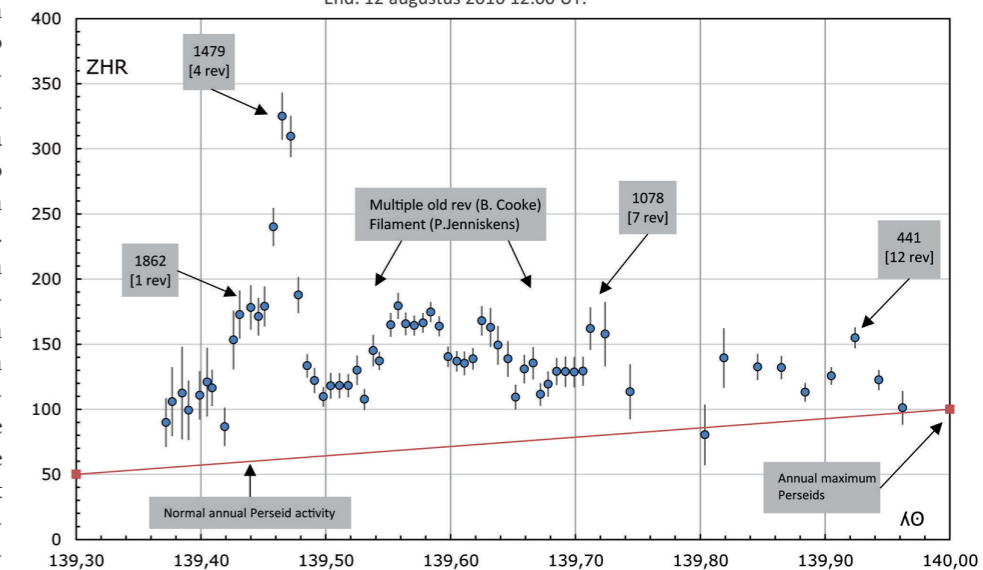


Figuur 8. In de periode 2018-2021 werden steeds rond zonnelengte 141 graden uitbarstingen van de Perseïden waargenomen.

de Perseïdenactiviteit ontploffen met veelal zwakke meteoren. Na het melden van zijn bevindingen aan de auteur liet een snelle check op de website van Japanse radiowaarnemers inderdaad een flinke activiteitspiek zien. Nadat Pierre zijn data had uitgewerkt, kon de auteur op basis van 10 minuten-tellingen een maximale ZHR van 240 berekenen. Peter Jenniskens kon uit data van het Amerikaanse Camera's for All-sky Meteor Surveillance-project een fraaie activiteitscurve construeren die vrijwel identiek was aan de visuele curve. In totaal hebben 6 visuele waarnemers in Noord-Amerika de uitbarsting goed waargenomen. Dit resulteerde onder andere in een bericht van het Central Bureau for Astronomical Telegrams en publicaties in de tijdschriften *Radiant* en *MeteorNews*. Dit is een fraai voorbeeld van mooie resultaten, tot stand gekomen door een samenwerking tussen amateurs en professionals, en het combineren van visuele met video- en radiodata. Zonder de melding van Pierre Martin was de uitbarsting misschien niet eens opgemerkt, anders dan dat er veel Perseïden te zien waren. Helaas is vooralsnog de oorzaak van de uitbarstingen van 2018, 2019 en 2021 nog onbekend. De in Figuur 8 weergegeven uitbarstingen vonden 20-30 uur na het traditionele maximum plaats. Die van 2018 (visueel) en 2019 (alleen via radiowaarnemingen) lijken qua hoogte en breedte op elkaar. De grote uitbarsting van 2021 is qua breedte ook vergelijkbaar met die uit 2018/2019. Opvallend is ook de verschuiving in zonnelongte van 2018, 2019 en 2021, elke uitbarsting viel later in de tijd. Het lijkt erop dat deze uitbarstingen

Perseïd 2016 Zenital Hourly Rate

Start: 11 augustus 2016 20:30 UT
End: 12 augustus 2016 12:00 UT.



Figuur 9. In de nacht 11/12 augustus 2016 trok de aarde door een aantal stofsporen van komeet 109P/Swift-Tuttle. Dit werd veroorzaakt door zwaartekrachtstoringen van de planeet Jupiter op het stof van de Perseïdenzwerm. Dit leverde vijf activiteitspieken op met ZHR's tot boven de 300. De grafiek geeft de ZHR-pieken weer met daarbij het jaar van de periheliumdoorgang van de komeet waarin dat stofspoor ontstond en het aantal komeetomlopen (rev) geleden. Horizontaal staat de zonnelengte weergegeven. (Koen Miskotte, *MeteorNews*)

werden veroorzaakt door dezelfde structuur in de Perseïdenzwerm. Ook de gemiddelde helderheid van de meteoren van de pieken uit 2018 en 2021 was iets lager dan het jaarlijks gemiddelde. De uitbarsting van 2020 wijkt duidelijk af ten opzichte van 2018, 2019 en 2021 en ligt ook dichterbij het jaarlijkse maximum. In 2022 werd geen activiteitspiek gezien. De blauwe lijn in Figuur 8 geeft de normale gemiddelde jaarlijkse activiteit van de Perseïden weer. Duidelijk is in ieder geval dat ook de nacht 13/14 augustus mooie Perseïdenactiviteit kan opleveren. Overigens heeft Pierre de uitbarsting heel fraai vastgelegd met zijn camera,

zie de voorplaat van deze *Zenit* of online als APOD: <https://apod.nasa.gov/apod/ap210924.html> Meer over deze expedities en wetenschappelijke artikelen met de resultaten zijn te vinden op <https://www.dutch-meteor-society.nl/perseïden/>

Tot slot

Mocht je belangstelling voor het visueel waarnemen van meteoren opgewekt zijn, neem gerust contact op met DMS. Het is gaaf om te zien hoe meteorenzwermen zich ontwikkelen. Het waarnemen van een mooi Geminidenmaximum, een heldere vuurbol of een meteorenstorm is schitterend! ●