

eRadiant

Jaargang 14, nr.2
Mei 2018

Elektronisch e-zine voor meteoren waarnemers uitgegeven door de Dutch Meteor Society



In dit nummer:

- Verslag CAMS dag op VSB
 - De zeer heldere vuurbol van 24 februari 2018
 - CAMS BeNeLux: januari, februari en maart 2018
 - Leoniden 2017, een analyse
 - CAMS BeNeLux: de xi Herculiden
-

Colofon

Redactie eRadiant

Kometen
Meteoren
Samenstelling
Correcties
Verspreiding

Jaap van 't Leven
Carl Johannink
Koen Miskotte
Jaap van 't Leven
Arnold Tukkers

eRadiant is een elektronisch tijdschrift van en voor meteorenwaarnemers. Het blad wordt uitgegeven door de Dutch Meteor Society. Het is kosteloos te downloaden vanaf de website:

www.vallendesterren.info



Voorplaat

Op de voorplaat ditmaal een compositie opname gemaakt door Kai Frode Gaarder tijdens het Leoniden maximum 2017. Op de foto een tweetal heldere Leoniden van respectievelijk magnitude -3 en -2. De Leoniden vertoonden een mogelijke uitbarsting op 17 november 2017. Lees ook de uitgebreide analyse op pagina 72.

Redactioneel

Het eerste kwartaal van 2018 zit er alweer op als u dit leest. En nummer 2 van de eRadiant ligt voor u! Wederom een erg dik nummer. Het voorjaar wordt door de meeste meteoren waarnemers beschouwd als een rustige periode. Dat is wel zo qua aantallen meteoren, maar er worden nog steeds interessante zaken vastgelegd. In het kwartaal overzicht van de CAMS waarnemingen van 2018 staan enkele van deze interessante waarnemingen vermeld. Verder vinden we in dit nummer een analyse van de zeer heldere vuurbol van 24 februari 2018 op basis van CAMS en all sky data, een tweetal artikelen over een klein zwerpje actief rond 12 maart (xi Herculiden), een analyse van de Leoniden van 2017 en last but not least een verslagje van de zeer geslaagde CAMS bijeenkomst in Bussloo.

In het volgende nummer wellicht wat verslagen en resultaten van de geslaagde Lyriden actie. Iedereen weer veel leesplezier toegewenst. Blijf schrijven, dan blijft eRadiant bestaan.

Redactie eRadiant

Inhoud eRadiant 2018-1

Blz.	Artikel	Auteur(s)
49	Voorplaat	Kai Frode Gaarder
50	Colofon, redactioneel, inhoud	Redactie
51	CAMS meeting 11 March 2018	Paul Roggemans
59	24 Februari 2018 00:11 UT: een zeer heldere vuurbol boven België!	Paul Roggemans, Carl Johannink & Jean Marie Biets
68	Overzicht resultaten CAMS BeNeLux in het eerste kwartaal 2018	Carl Johannink
73	De Leoniden in het off season deel 1: 2017	Koen Miskotte
79	De Xi Herculiden (#346 XHE)	Carl Johannink
86	x Herculids (346-XHE)	Paul Roggemans & Peter Campbell-Burns

CAMS meeting 11 March 2018

Paul Roggemans

Intro

The annual CAMS BeNeLux meeting took place in Bussloo, Netherlands on 11 March 2018 and was attended by about 25 people. Recent CAMS results were presented and various hardware and software aspects were considered. A summary is presented of the different presentations.

Introduction

The CAMS BeNeLux network is managed by a team of 20 volunteers operating more than 90 cameras at 22 CAMS stations. The greatest distance between two CAMS stations is about 400 km (for instance Grapfontaine-Terschelling is 395 km or Zillebeke-Burlage, 400 km) and although the most northern stations are operated with remote control, a CAMS meeting requires a long ride for several participants. Nevertheless the network participants are very eager to meet each other to share experience and to discuss all aspects of their CAMS activities.

For the March 2018 meeting the gathering was hosted by Volkssterrenwacht Bussloo, near Apeldoorn in the Netherlands. About 25 people attended the meeting, most of them camera operators, but also some meteor observers interested to hear about CAMS.

6th anniversary and the 100000th orbit

The first orbits of the network were registered in the night of 14–15 March 2012 by Klaas Jobse and Piet Neels and this date marks the birthdate of the CAMS BeNeLux network.

But this was not the only reason for a celebration. A few weeks before the meeting, the network had obtained its 100000th orbit. Koen Miskotte (Ermelo, 351, 352, 353 and 354) surprised his colleagues with a delicious cake which he prepared especially for this occasion (see Figure 1 and 2). Paul and Adriana Roggemans (Mechelen, 383, 384, 388, 389, 399 and 809) offered some bottles of Romanian wine to help celebrate the event.



Figures 1 and 2. Koen Miskotte presenting the delicious CAMS cake, not to be confused with space cake.

Welcome and CAMS developments

Carl Johannink, the CAMS BeNeLux Network coordinator, opened the meeting at 11 o'clock and introduced the program for the day. 2017 has been a very busy year for CAMS BeNeLux. Carl presented an overview of the main achievements of 2017:

- 35591 orbits were collected in 2017;
- 13 papers were published in eRadiant;
- 14 papers were published in eMeteorNews;
- 2 papers were published in WGN;
- 1 contribution was made to the IAU Working List of meteor streams (#228 OLY);
- Activity recorded of #281 OCT;
- 1 orbit of #246 AMO recorded 22/23 Nov.;
- Activity of #523 AGC registered;
- Tau Herculids detected on 30/31 May.

While December 2017 and January 2018 brought exceptionally bad weather, February 2018 was a once in a lifetime exceptional good month with as many as 4147 orbits. This total is exceptional for February, but about the same number of orbits as what we had in the normal month of October 2017 while meteor activity is much higher in October than in February. This gives some idea about the number of orbits we may have if we once get an exceptional clear month of October.

In the night of 13-14 February 2018 Dr. Peter Jenniskens draw Carl's attention to a possible outburst for which CAMS BeNeLux had a number of orbits. The new shower got listed as #1032 FCM ($\alpha = 124^\circ$, $\delta = 2^\circ$, $\lambda\Omega = 324^\circ$, $v_g = 16.5$ km/s) and was also detected by LO CAMS (Arizona). More orbits of this shower were meanwhile found in the period 9-16 February as well as in previous years.

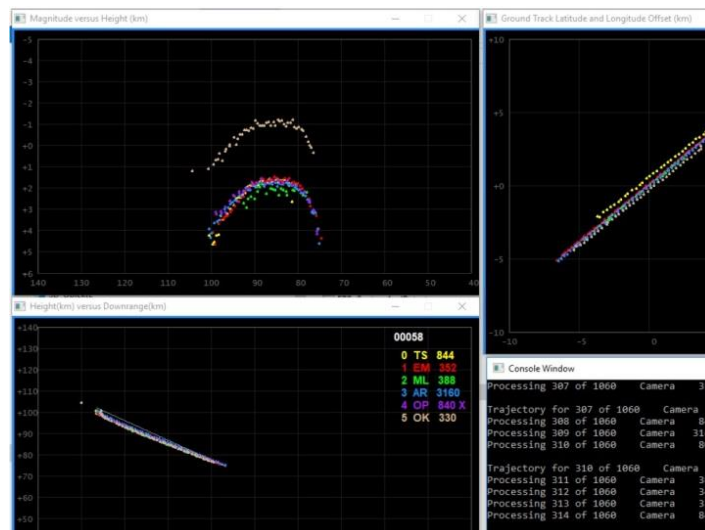


Figure 3. One of the examples with anomalies presented by Carl Johannink.

Next Carl described a number of points that require attention from all camera operators. For example:

- The name of the FtpDetectInfo.txt should always refer to the day that the night started. With other words this must be adapted manually if the capture session was started after midnight UT.
- All detectfiles must refer to the most recent Cal-files and these Cal-files must be sent with the detectinfo.
- If no Cal file could be obtained, then it should be carefully checked why. In case that the camera was moved, be sure to recalibrate manually and do not send data unless you have a valid Cal-file.
- Always double check what you send (correct date, correct cal-files, correct detectinfo, etc.).
- Verify if your time synchronization functions correctly. Check D4 and do not just trust it blindly.

In practice mistakes and unexpected errors do occur and most of these catch the attention when the data of all stations is merged and analyzed on double station events by the program Coincidence. Carl presented a number of situations where he has to interpret the possible source of some anomaly in order to decide which camera is at the origin of the problem. In most cases a valid trajectory and orbit can be obtained if the camera data of the source of the anomaly is rejected. Unfavorable geometrics or too poor accuracy in certain detection cases are among different possible explanations.

The weird meteor of 2018 February 16

In the morning of 16 February at 4h55m UT a remarkable long meteor trail passed through several cameras and confused some camera operators whether or not this should be confirmed as a meteor or not. As many as 18 cameras captured this unusual long trail: 313 (Gronau, Germany), 324 (Hengelo, Netherlands), 331 and 334 (Oostkapelle, Netherlands), 342 and 343 (Ooltgenplaat, Netherlands), 352 (Ermelo, Netherlands), 380 (Wilderen, Belgium), 389, 807 and 808 (Mechelen, Belgium), 804 (Zoersel, Belgium), 814 and 815 (Grapfontaine, Belgium), 844 (Terschelling, Netherlands), 3160, 3166 and 3167 (Alphen aan de Rijn, Netherlands).

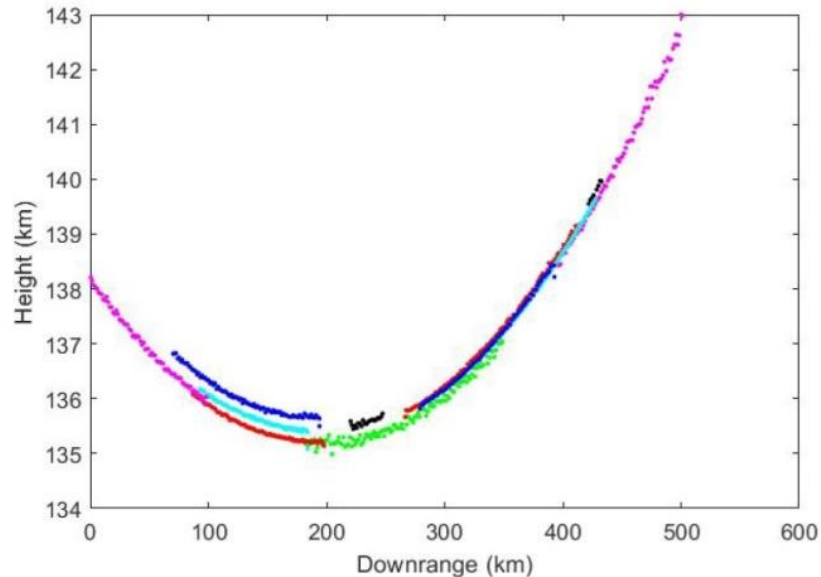


Figure 4. A plot of the variation in height along the trajectory.

This meteor was in more than one way peculiar as it was an earth grazer with an exceptional long trajectory of over 500 km which occurred at an exceptional high elevation with an even more remarkable high entrance velocity. The standard analyses with the CAMS app Coincidence could not handle this case. All the data was transferred to the CAMS headquarters in California where Dr. Peter Jenniskens investigated the data. Pete Gural could apply some ad hoc analyzing techniques to get more information from the available images. The first preliminary results indicate that this could be a most remarkable appearance. Carl presented some of the first results and browsed the lists with questions and requests for additional investigations. The case is still under investigation and more will be published as soon as the final results and conclusions are ready.

Minor showers and D-criteria

Paul Roggemans gave a presentation how minor showers can be detected within a huge number of orbits. The CAMS project generated a large number of newly discovered minor showers. In about 10 years an impressive working list with concentrations of orbits has been compiled which recalls bad memories of the radiant catalogues of 40 years ago which were mainly based on single station work. Most minor showers from the past proved to a large extent fake. How real are the many minor showers that are currently being listed?

Amateurs tend to overlook that even the most sophisticated video observing techniques still have error margins on their measurements. Most people assume there is a solid methodology to analyze and to define orbit concentrations and therefore tend to believe all reported minor showers are real. However this is not how science works, nobody should believe anything. The most common way to try to detect clusters of similar orbits are the so called discrimination criteria, (Roggemans and Johannink, 2018). With some practical examples the relative significance of these criteria was shown. The famous D-criteria only indicate a degree of similarity between orbits but do not prove any physical relationship between the orbits. When searching worlds' major orbit datasets of CAMS, EDMOND and SonotaCo, clusters of similar orbits should be considered with great care and caution. Random dust concentrations in the solar system explain why in some regions the 'contamination' with random distributed sporadic orbits includes similar orbits that fulfill the D criteria. In these cases the D criteria are rather misleading as many of these pure sporadic orbits will fulfil the D-criteria within a high threshold.

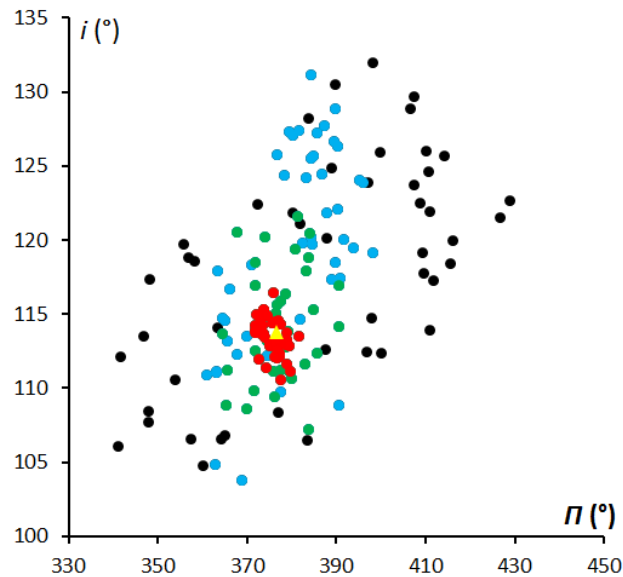


Figure 5 – An example of a statistical significant concentration of December alpha Bootids in a diagram of inclination i against length of perihelion π .

The complex nature of the shower association based on orbits with a rather accurately determined radiant position and velocity raises questions about the reliability of single station meteor work. For visual observations the focus is to count the number of meteors and their magnitudes for a limited number of meteor showers known as major showers with statistical significant numbers of meteors. These observations make statistically sense as the dominant activity of such visually observed shower is far above the sporadic contamination of the sample. The problem is more with single station video work that pretends to detect minor shower radiants from backwards produced trails, assuming that any concentration of intersection points indicates a shower radiant. This assumption will work for a number of minor showers, but the sporadic contamination of the sample will be rather problematic in many cases. Radio work does not allow detecting any shower association and can be considered as of no use in the challenge to study minor showers.

Fireball EN240218

Jean-Marie Biets presented an overview of the results obtained for the fireball of 24 February at 00h11m31s UT, such a disturbing bright event for CAMS and such a delight for the All-sky cameras.



Figure 6. Jean-Marie Biets during his presentation.

The fireball was recorded by 5 all-sky stations: Ermelo (Koen Miskotte), Benningbroek (Jos Nijland), Wilderen (Jean-Marie Biets), Niederkruechten (Hans Schremmer) and Oostkapelle (Klaas Jobse). The fireball was also captured on several CAMS cameras. Jean-Marie presented an overview of all the images collected for this fireball and compared the results obtained from the all-sky data provided by Dr. Pavel Spurný with the results provided by Carl Johannink based on the CAMS data. Based on the all-sky data the fireball started at 97 km height and ended at 33.5 km after a trajectory of 157.3 km. No need to make any field searches for meteorites as there isn't any chance for anything that could have hit the surface of the Earth.



Figure 7. The projected ground trajectory of the fireball.

Hardware issues of CAMS

The volunteers of Volkssterrenwacht Bussloo offered soup, coffee and tea during lunchtime, a perfect time for socializing and informal contacts. After the lunch Robert Haas explained a number of technical aspects that interfere. With several posts attempting to operate more cameras on a single PC combined with Auto CAMS, the demands on the hardware and the software configuration caused quite a bit of technical problems. The weak point in the CAMS configuration turns out to be the EzCap 116 dongles and their interaction with the USB ports. Problems with the dongles, some call these EzCrap, are responsible for various, sometimes unexpected malfunctioning.



Figure 8. Typical CAMS hardware configuration.

Robert explained the characteristics of the different Watec models and how resolution and contrast are defined. Some examples were given to modify the settings. Typical problems like hot pixels, video smear, and different kinds of erroneous interferences in the video images were discussed. The problems with dongles, USB capacity and connections got detailed attention. The differences between Watec 902H Ultimate and the Watec 902H were discussed in detail. A number of practical advices were given as how to obtain a new calibration file.

CAMS 2.2 and CamsGUI

Steve Rau presented the new Auto CAMS (based on CAMS 2.2) and CamsGui. All participants received a printed copy of the 113 pages thick CAMS manual with a lot of information about CAMS, practical tips, detailed descriptions of all the different CAMS programs, the manual procedures to operate CAMS and the details about AutoCAMS and CamGui.

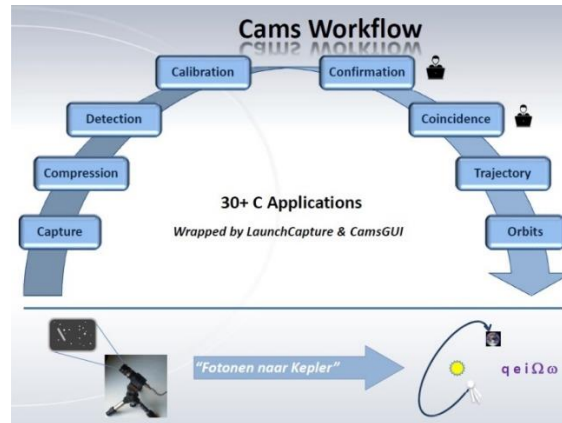


Figure 9. The CAMS workflow.

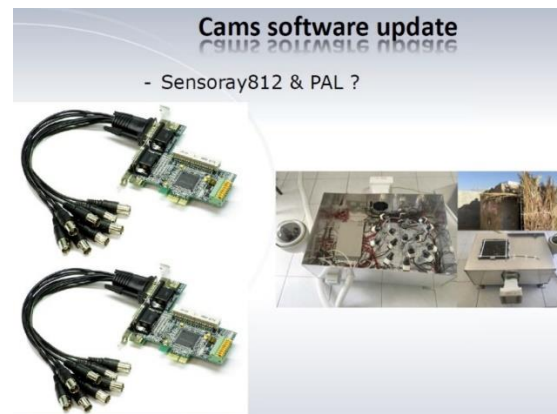


Figure 10. The CAMS installation in the United Arab Emirates.

The workflow of CAMS consists of a sequence of procedures that have been automated to a large extent. Human intervention is only required at two steps in the loop. The confirmation requires on sight decision which detection is most likely a real meteor and which are obvious false detections. Coincidence requires visual quality control of the obtained trajectory and orbit. Also these aspects have been automated at the CAMS headquarters, applying AI technology. Step by step Steve went through the procedures demonstrating the advantages of the tools.

Steve described how to install the new CAMS software version, which parameter files that had to be adapted. The use of CAMSGui.exe was explained and information was provided about the use of the Sensoray 812 with Pal which functions perfectly at the CAMS stations in the United Arab Emirates (Figure 11).

A live demo was giving and since the CAMS station in the United Arab Emirates were already capturing towards the end of the CAMS day in the BeNeLux, everybody could watch the ongoing CAMS session live via TeamViewer.

Steve summarized some frequently reported problems and provided his advices what to do in case these problems do occur. Log files are helpful to identify most problems. Some CAMS stations were confronted with so called sectorized meteor trails, which make the determination of the correct duration and thus velocity impossible. The reason for this is that the number of cameras exceeds the capacity of the PC used for CAMS. Other system processes may interfere, USB capacity may be exceeded, the hard disk may be too slow to handle the storage of the data, etc.

Camera fields optimization

Paul Roggemans gave an overview of the current orientation of all the camera fields compared to the situation as presented at the previous CAMS day of 12 March 2017. The number of cameras has increased with about

50% since last meeting. Most stations have pointed their cameras in function of an optimal coverage of the atmosphere above 80 km, taking into account that the variable weather circumstances require multiple instead of double station coverage. The large number of cameras and the occurrence of many multiple station meteors during perfect clear nights feed the perception that the camera network got saturated and that no new posts or cameras should be admitted. However, the number of perfectly clear nights for the network remains rather rare, at best once or twice a month. The bulk of the orbits collected by the network are being harvested during partial clear nights, often under very unfavorable circumstances. This success despite mediocre weather conditions is due to two factors: the organization of the camera fields with multiple overlap combined with AutoCAMS at 2/3 of the CAMS stations.

CAMS Benelux with more than 90 cameras is about the 3rd camera network after SonotaCo with ~100 cameras in Japan and EDMOND which unites many networks with in total 311 cameras. We are about the only network that so far does not struggle with delay in reduction. With 1/3 of our network functioning only occasionally according to the weather we are the only network that does not operate all cameras all nights.

The technical problems that occurred in 2017 had a serious impact on the final harvest of orbits. More supervision of automated stations is required to anticipate on erroneous data, e.g. when clock synchronization problems ruin identification of coincidence.

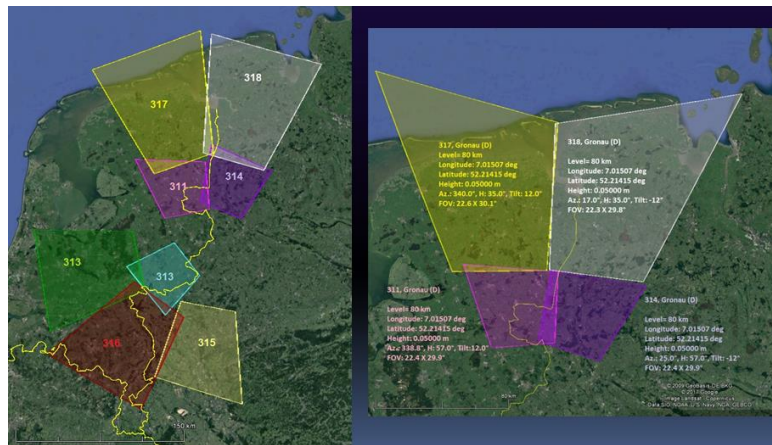


Figure 11. Camerafields should be oriented in such a way that a large block of the sky is being monitored.

Finally a comparison was made between CAMS 1.3, 1.6 and 2.2 for the number of false detections. Based on the data of the capture sessions, it appeared that the number of false detections was reduced by a factor of 3 comparing version 1.6 to 1.3, and reduced by a factor of 30 comparing version 2.2 to 1.3. Everybody is highly recommended to upgrade to version 2.2 a.s.a.p.



Figure 12. The positions of the CAMS stations in March 2018.

Closing of the CAMS day

Before the meeting was closed, Paul Roggemans took a moment to thank Carl Johannink and Martin Breukers for their efforts as coordinators to provide regular feedback to the camera operators, a considerable amount of work which is essential for the motivation of all. A bottle of Romanian wine was offered to Carl and Martin with a sincere warm applause from the audience.

Carl closed the CAMS meeting a bit past 17h, later than initially planned. Reactions from the participants were very positive. We already look forward to a next CAMS meeting! Many thanks to the team of the Volkssterrenwacht Bussloo for their hospitality and support to have this meeting.



Figure 14 – The CAMS team with the camera operators present at the meeting. From Left to right: Paul Roggemans and Adriana Roggemans (Mechelen, 383, 384, 388, 389, 399 and 809), Ian Rau, Robert Haas (Alphen aan de Rijn, 3160, 3161, 3162, 3163, 3164, 3165, 3166 and 3167; Burlage, 801, 802, 821 and 822; Texel, 811, 812, 813 and 814). Tim Polfliet (Gent, 396), Steve Rau (Zillebeke, 3151 and 3152), Luc Gobin (Mechelen, 390, 391, 807 and 808), Carl Johannink (Gronau, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317 and 318), Piet Neels (Ooltgenplaat, 340, 341, 342, 343, 344, 345, 349 and 840; Terschelling, 841, 842, 843 and 844), Hans Betlem (Leiden, 371, 372 and 373), Erwin van Ballegoij (Heesch, 347 and 348), Jos Nijland (Benningbroek, 358 and 359), Jean-Marie Biets (Wilderden, 380, 381 and 382), Martin Breukers (Hengelo, 320, 321, 322, 323, 324, 325, 326, 327) and Koen Miskotte (Ermelo, 351, 352, 353 and 354).

Not in this picture: Felix Bettonvil (Utrecht, 376 and 377), Bart Dessooy (Zoersel, 397, 398, 804, 805 and 806), Franky Dubois (Langemark, 386), Jean-Paul Dumoulin & Christian Wanlin (Grapfontaine, 814 and 815), Klaas Jobse (Oostkapelle, 330, 331, 332, 333, 334, 337, 338 and 339), Hervé Lamy (Dourbes, 394 and 395; Humain, 816, Ukkel, 393) and Hans Schremmer (Niederkruechten, 803) (Photo Carl Johannink).

24 Februari 2018 00:11 UT: een zeer heldere vuurbol boven België!

Paul Roggemans, Carl Johannink & Jean Marie Biets

Abstract

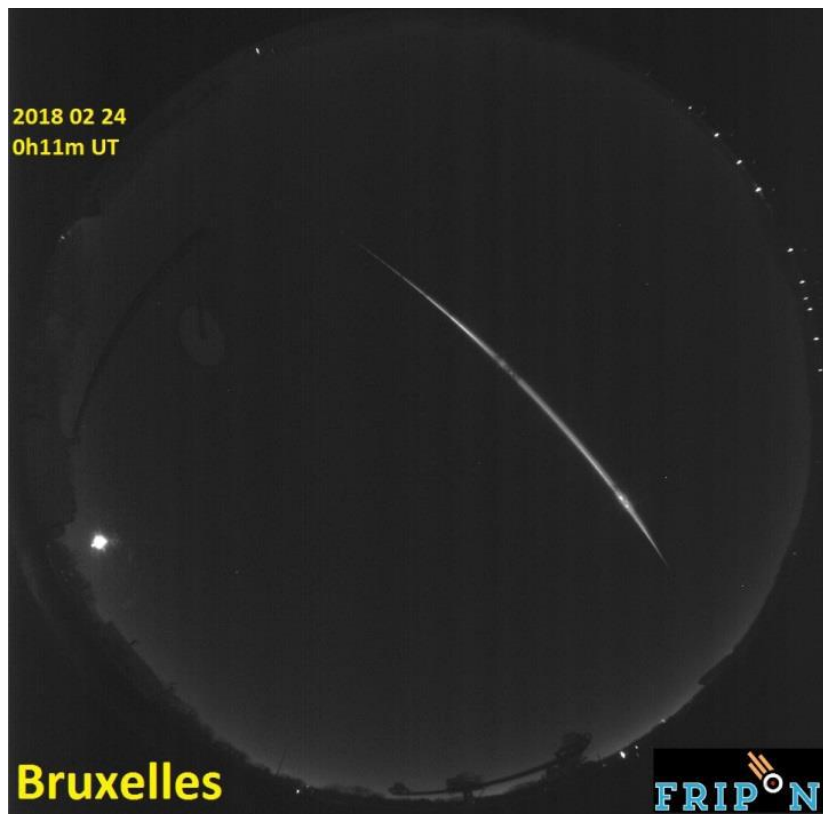
A -10 magnitude fireball was recorded by several all-sky stations and CAMS stations in the BeNeLux. The fireball started at an elevation of 105 km and ended at 33.5 ± 0.7 km. The radiant position at R.A. 133° and Decl. -17° with a geocentric velocity of 17.6 km/s indicates a sporadic event.

Introductie

Ongeveer anderhalf uur na de verschijning van een heldere vuurbol meldde de Franse astronoom François Collas dat een zeer heldere vuurbol was geregistreerd om 0h11m33s UT door 10 FRIPON camera's waarvan de meeste gestationeerd in Frankrijk: Arras, Wimereux, Lille, Noordwijk (Nederland), Bruxelles (België, figuur 1), Charleville, Cappelleagrande, Hochfelden, Maubeuge en Oostkapelle (Nederland).

Galerij met foto's van de vuurbol

De volgende dag begonnen de eerste CAMS waarnemers met het confirmeren van de detecties van afgelopen nacht. Verschillende stations vonden de vuurbol terug in hun data. CAMS 815 (beheerd door Jean-Paul Dumoulin en Christian Wanlin) hadden het begin van de vuurbol (figuur 2) op twee opeenvolgende frames. Paul Roggemans vond het einde van de vuurbol terug op zijn CAMS 384, terwijl de vuurbol ook de rand van zijn CAMS 383 passeerde die volledig overbelicht was. Alle 6 camera's werden wit overbelicht op het moment van de helderste flare (figuur 3). Bart Dessoy had de vuurbol op CAMS 804, en voor één keer biedt de anders vervelende reflectie op het glas van de camerabehuizing een mooi miniatuurbeeld van de vuurbol. De videoversie van CAMS 804 zorgt voor verwarring. Wanneer een overbelichte detectie plaatsvindt, verlaagt CAMS de helderheid, wat resulteert in een rare wolk van sneeuw die door de foto beweegt. Op een bepaald moment zie je het zwarte silhouet van de vuurbol als een negatief beeld in de video. Luc Gobin (Mechelen) kreeg de vuurbol op CAMS 807 en 808 (Figuur 5). Jean-Marie Biets (Wilderen) legde de vuurbol vast op CAMS 380 (figuur 6) en zijn all-sky camera (figuur 9). Al snel verschenen er berichten in de meteoren nieuwsgroepen en op Facebook. Hieronder een overzicht van de foto's die we hebben verzameld van deze fraaie vuurbol van CAMS en van de all-sky camera's. Koen Miskotte legde de vuurbol vast vanuit Ermelo (EN98, figuur 7), Klaas Jobse vanuit Oostkapelle (EN97, figuur 10) en Jos Nijland vanuit Benningbroek (EN95, figuur 8).



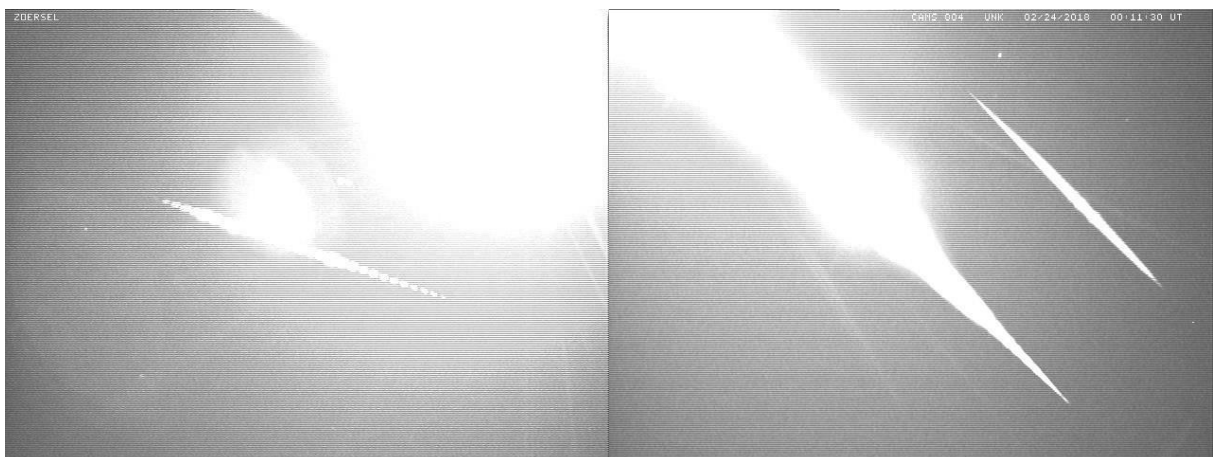
Figuur 1. Opname van de vuurbol met de FRIPON camera nabij Brussel.



Figuur 2. Compositie opname met het begin van de vuurbol in het sterrenbeeld Auriga, van CAMS 815 in Grapfontaine (OCA, Observatorium Centrum Ardennen) geconfirmeerd door Jean-Paul Dumoulin.



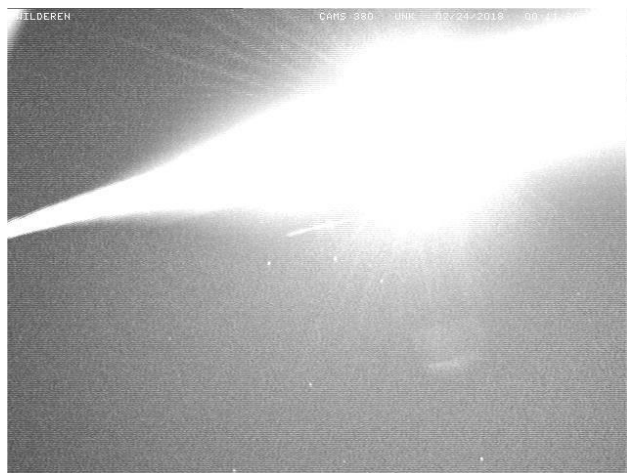
Figuur 3. Het laatste deel van de vuurbol werd vastgelegd met CAMS 384 in Mechelen (Paul Roggemans).



Figuur 4. Links de flare van de vuurbol op een CAMS opname uit Zoersel, rechts het beeld van het einde van de vuurbol op CAMS 804 in Zoersel (Bart Dessoy). Door de overbelichting produceert de reflectie van de vuurbol op het glas van de camerabehuizing een mooi miniatuurbeeld van de vuurbol.



Figuur 5. Het begin van de vuurbol zoals die werd vastgelegd door CAMS 807 vanuit Mechelen (Luc Gobin).



Figuur 6. De vuurbol zoals die geregistreerd werd door CAMS 380 te Wilderen (Jean Marie Biets).



Figuur 7. Opname van de vuurbol van 24 februari 2018 00:11 UT met de all sky camera te Ermelo. Camera: Canon EOS 6D met een Sigma 8mm f/3.5 Ex Dg Circular Fisheye en een ingebouwde LCD shutter die zorgt voor 10 breaks per seconde. Helaas bewoog de vuurbol zowat in de richting van Ermelo waardoor de sector onderbrekingen zijn dicht gelopen (Koen Miskotte).



Figuur 8. De vuurbol zoals gefotografeerd vanuit Benningbroek met de all sky camera van Jos Nijland. Camera: Canon EOS 400D met een Sigma 4.5mm F2.8 Ex Dc HSM Circular Fisheye.



Figuur 9. Spectaculaire opname van de vuurbol met de all sky camera te Wilderen (B) door Jean Marie Biets. Camera: Canon EOS 40D met een Sigma 4.5mm F2.8 Ex Dc HSM Circular Fisheye objectief.



Figuur 10. Fraaie opname van de vuurbol vanuit Oostkapelle (Klaas Jobse). Op de opname is ook de FRIPON camera zichtbaar waarvan de reflectie van de vuurbol in het bolle afdekvenster zichtbaar is.

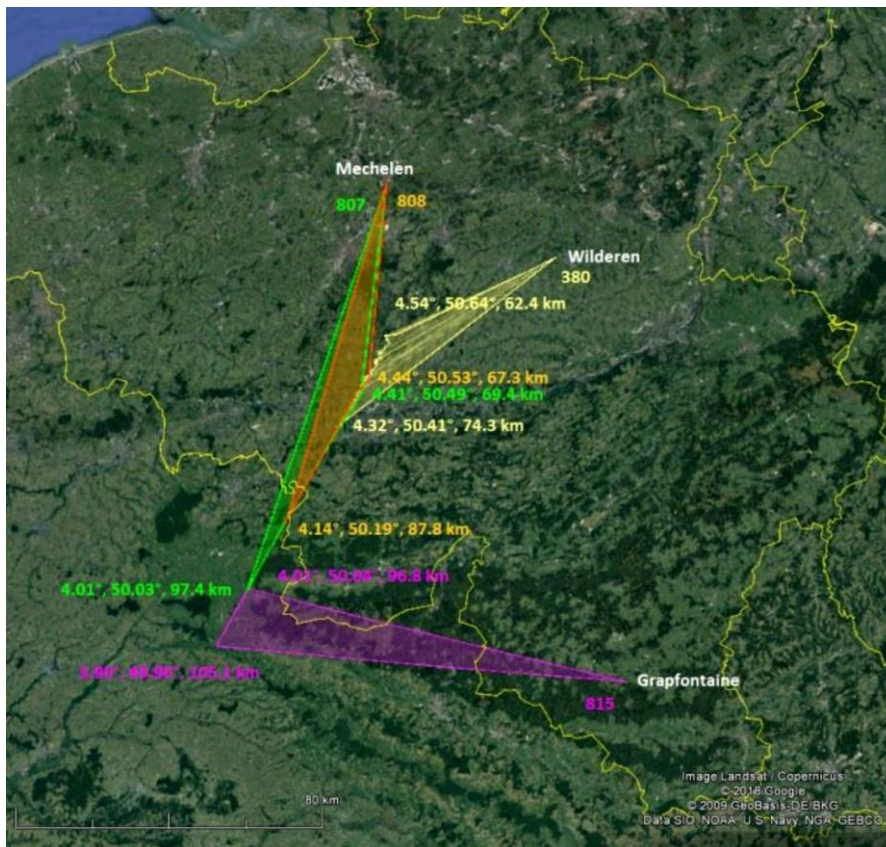
Traject van de vuurbol

Pavel Spurný gebruikte de all-sky opnamen van Koen Miskotte, Jos Nijland en Jean-Marie Biets voor de berekeningen. De all-sky camera EN95 (Jos) maakt gebruik van een mechanische sluiters terwyl de all-sky camera's EN92 (Jean-Marie) en EN98 (Koen) zijn uitgerust met een Liquid Crystal Shutter (LCS). De opnamen vanuit Benningbroek en Ermelo laten een verzadigd vuurbolspoor zien waardoor er amper of geen onderbrekingen zichtbaar zijn. Dit is het gevolg van de helderheid van de vuurbol en de compactheid van het traject door de grote afstand tussen de vuurbol en de geografische posities van de stations. De opname van Jean-Marie Biets laat ook geen sectorbreuken zien door een technisch probleem met de LCS in die nacht. Alleen de door Jos verkregen opname laat nog enige sector onderbrekingen zien welke gebruikt konden worden voor snelheids bepalingen.

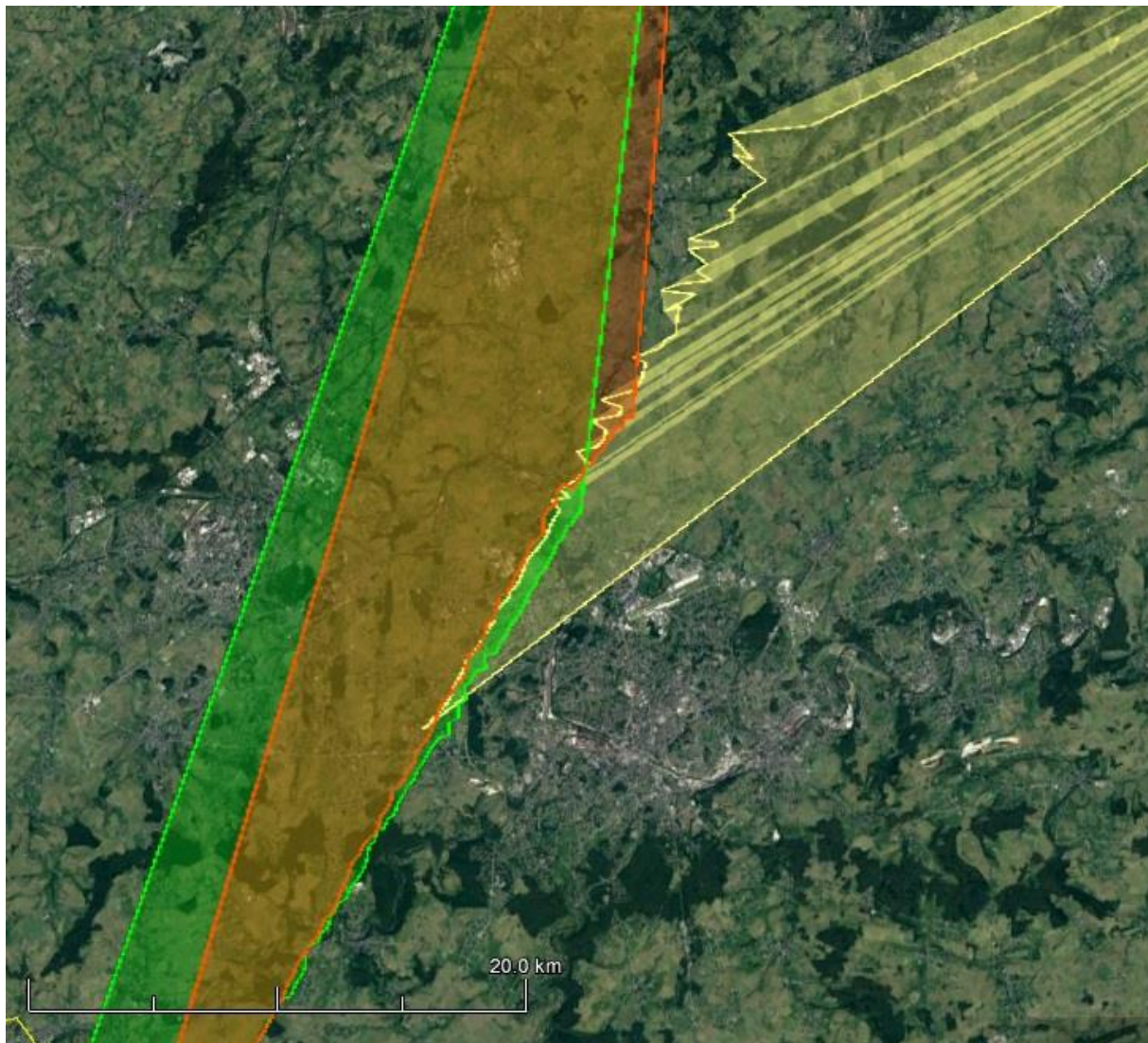
Pavel sloot een meteoriet dropping uit door de eindhoogte van meer dan 30 km. Inderdaad, niet elke heldere vuurbol resulteert in het vallen van een meteoriet. Pavel Spurný leverde ook de baanelementen samen met een kaart van het atmosferische traject (figuur 11). Op basis van de all-sky data had de vuurbol een initiële snelheid $v_{\infty} = 20.9 \pm 0.9$ km/s, een invalshoek van 34.1 ± 0.8 ° en een totale lengte van 157.3 km. Deze gegevens kunnen worden vergeleken met de resultaten die onafhankelijk van de CAMS-gegevens zijn verkregen. CAMS 815 detecteerde de vuurbol een beetje hoger voordat de all-sky camera hem te pakken hadden. Het traject is ongeveer identiek in positie, maar de overbelichting op de CAMS-camera's resulteert in een zichtbare spreiding van de individuele meetpunten voor CAMS 807 en 808. Deze verstrooiing wordt erg groot op de posities van CAMS 380, waar de vuurbol tussen de 75 en 60 km hoogte werd vastgelegd (figuur 12 en 13).



Figuur 11. Grondtraject van de vuurbol van 24 februari 2018 berekend door Pavel Spurný.



Figuur 12. Het grondtraject van de vuurbol op basis van de beelden van CAMS 807 en 808 in Mechelen (Luc Gobin), CAMS 380 in Wilderen (Jean-Marie Biets) en CAMS 815 in Grapfontaine (Jean-Paul Dumoulin).



Figuur 13. Close-up van de grond projectie van de individuele gemeten punten van de CAMS-data. De helderheid van de vuurbol verzadigde het CAMS-beeld dermate dat er aanzienlijke verstrooiing op de trajectbepaling ontstond, goed zichtbaar in de felle fluctuaties op de geprojecteerde meetpunten.

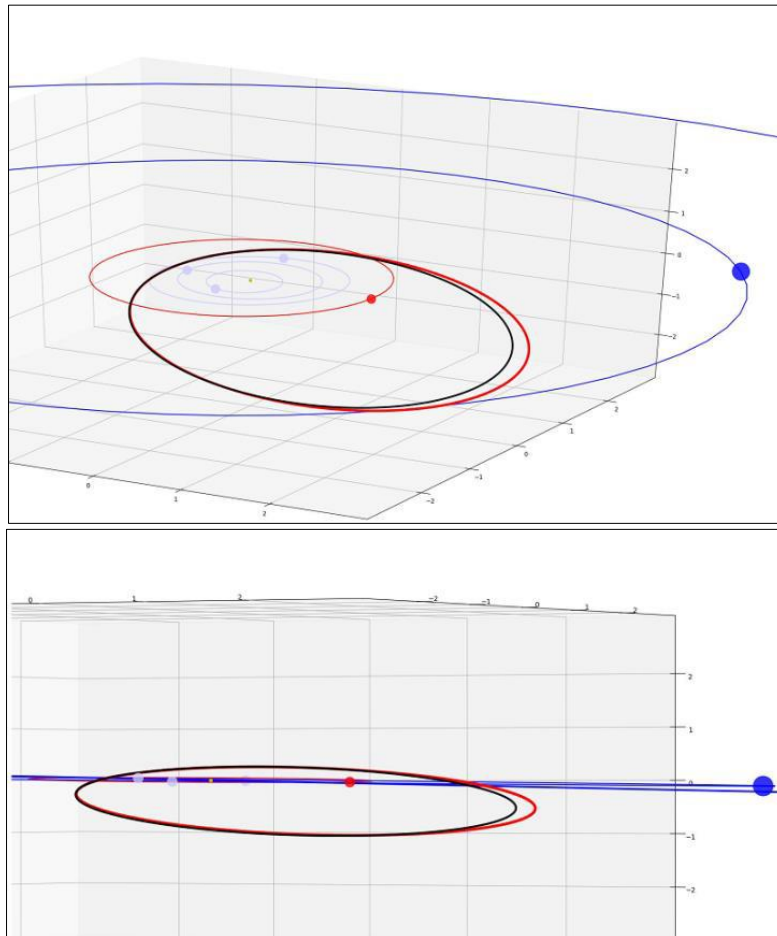
Traject van de vuurbol

Het is interessant om de berekende trajecten tussen de all-sky en CAMS te vergelijken. Het CAMS-project verzamelt gegevens voor meteoren in het magnitudebereik van -3 tot +5, terwijl alles in het magnitudebereik van -4 tot -20 past bij het all-sky-cameraproject. De resultaten voor beide zijn vermeld in tabel 1.

	CAMS	All-sky
$\lambda\Theta$ (°)	335.085	
α (°)	133.03 ± 0.02	137.0 ± 0.3
δ (°)	-16.68 ± 0.07	-12.2 ± 0.3
vg (km/s)	17.1	
a (A.U.)	2.39	2.3
e	0.658	0.65
q (A.U.)	0.816	0.81
i (°)	15.83	16.5
ω (°)	56.10	57.9
Ω (°)	155.08	155.09

Tabel 1. De radiant- en baan gegevens zoals verkregen uit CAMS-data (Carl Johannink) en verkregen uit All-sky-data (Pavel Spurný).

De baan bevindt zich in de buurt van de ecliptica met een aphelium in de asteroïdengordel, ruim binnen de baan van Jupiter in een gebied dat zeer rijk is aan stof (figuren 14a en b).



Figuren 14a en 14b. De banen verkregen voor deze vuurbol, de rode voor CAMS de zwarte voor de All-Sky. Boven: een 3D-weergave met de binnenplaneten, planeet Mars in rood en Jupiter in blauw. Onder: de banen zoals te zien in het ecliptica vlak. Merk op dat het aphelium zich in de asteroïdengordel bevindt. Deze plots werden aangeleverd door Peter Campbell-Burns.

Zwerm of sporadische vuurbol?

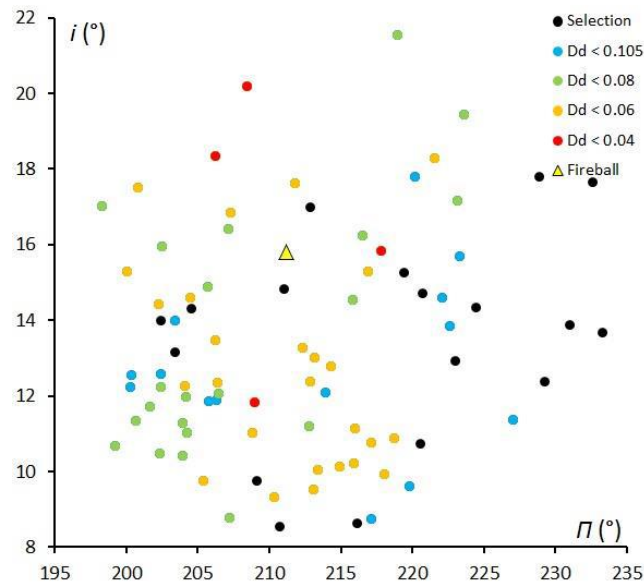
De berekende baan van de vuurbol werd vergeleken met de 1776 referentiebanen van meteoronzwermen in de IAU-lijst. Deze lijst bevat 1031 meteoronzwermen, waarvan er 64 zijn verwijderd en waarvan er 967 zijn overgebleven. Daarvan moeten de meeste nog worden bevestigd. De baan van de vuurbol kwam niet overeen met een van de 1776 referentiebanen, zelfs niet bij toepassing van de zwakke discriminatiedrempel met $D_{SH} < 0,25$, $D_D < 0,105$ en $D_H < 0,25$.

Er is ook een poging gedaan om uit te zoeken of deze vuurbol afkomstig kan zijn van een tot dusver onbekende meteoronzwerm. Daarom hebben we de 483449 banen van EDMOND gebruikt (Kornos et al., 2014) en SonotaCo (SonotaCo, 2009). We selecteerden alle banen die uit hetzelfde gebied aan de hemel leken te komen met een vergelijkbare snelheid in dezelfde maand ($\alpha \pm 10^\circ$, $\delta \pm 10^\circ$, $\lambda\Theta \pm 15^\circ$, $v_g \pm 5$ km / s). Voor een niet simultane waarnemer lijken al deze meteorieten tot dezelfde meteoronzwerm te behoren.

We vonden 83 banen binnen deze criteria die enigszins overéénkomstige banen hadden. We hebben de vuurbolbaan als referentie baan genomen en alle 83 banen vergeleken op basis van de discriminatie criteria van Southworth en Hawkins (1963), Drummond (1981) en Jopek (1993). De resultaten bevestigen de aanwezigheid van verschillende mooi vergelijkbare banen, en dit rekening houdend met verschillende begrenzingen gaande van zwak, gemiddeld zwak, tot gemiddeld sterk en sterk:

- $DSH < 0,25$ & $DD < 0,105$ & $DH < 0,25$, 65 banen;
- $DSH < 0,2$ & $DD < 0,08$ & $DH < 0,2$, 51 banen;
- $DSH < 0,15$ & $DD < 0,06$ & $DH < 0,15$, 30 banen;
- $DSH < 0,1$ & $DD < 0,04$ & $DH < 0,1$, 4 banen.

Hoewel de D-criteria de aanwezigheid van een aanzienlijk aantal vergelijkbare banen aangeeft vertoont de laatste test met de inclinatie i versus lengte van perihelium II (Figuur 15) helemaal geen concentratie!



Figuur 15. De inclinatie i versus lengte van perihelium II. De kleuren geven de verschillende gradaties van overeenkomst aan volgens de D-criteria.

Als we de vuurbol negeren en de mediaanwaarden voor de 83 geselecteerde banen berekenen en deze mediaanwaarden als referentie baan nemen om de D-criteria toe te passen, krijgen we een nog betere score op onze criteria van vergelijkbaarheid tussen de banen:

- DSH < 0,25 & DD < 0,105 & DH < 0,25, 67 banen;
- DSH < 0,2 & DD < 0,08 & DH < 0,2, 53 banen;
- DSH < 0,15 & DD < 0,06 & DH < 0,15, 36 banen;
- DSH < 0,1 & DD < 0,04 & DH < 0,1, 13 banen.

Ook hier toont de plot van de inclinatie i ten opzichte van de lengte van perihelium Π een willekeurig mengsel van banen met lage en hoge drempel D-criteria zonder enige indicatie voor een bepaalde concentratie van banen. Met andere woorden, al deze banen zijn niet meer dan vergelijkbare sporadische banen, allemaal met een korte periodiciteit dicht bij het ecliptica-vlak. Als sommige van deze banen effectief fysiek gerelateerd zijn, dan is het uiterst moeilijk, zo niet onmogelijk om een dergelijke relatie te bepalen. De enige mogelijkheid is om de evolutie van de banen te reconstrueren om een gemeenschappelijke oorsprong te vinden, tenminste als er een echte gemeenschappelijke oorsprong zou zijn. We kunnen concluderen dat de vuurbol een sporadische meteoroïde was uit een gebied met een dichte populatie van sporadische deeltjes met vergelijkbare korte banen bij de ecliptica (zie figuur 15).

Dankwoord

De auteurs danken Dr. Pavel Spurný van het Astronomical Institute, Czech Academy of Sciences, voor de berekeningen en het delen van de resultaten van deze vuurbol.

Referenties

- Drummond J. D. (1981). "A test of comet and meteor shower associations". *Icarus*, 45, 545–553.
- Jopek T. J. (1993). "Remarks on the meteor orbital similarity D-criterion". *Icarus*, 106, 603–607.
- Kornoš L., Matlovič P., Rudawska R., Tóth J., Hajduková M. Jr., Koukal J., and Piffel R. (2014). "Confirmation and characterization of IAU temporary meteor showers in EDMOND database". In Jopek T. J., Rietmeijer F. J. M., Watanabe J., Williams I. P., editors, *Proceedings of the Meteoroids 2013 Conference*, Poznań, Poland, Aug. 26–30, 2013. A.M. University, pages 225–233.
- SonotaCo (2009). "A meteor shower catalog based on video observations in 2007–2008". *WGN, Journal of the International Meteor Organization*, 37, 55–62.
- Southworth R. R. and Hawkins G. S. (1963). "Statistics of meteor streams". *Smithson. Contrib. Astrophys.*, 7, 261–286.

Overzicht resultaten CAMS BeNeLux in het eerste kwartaal 2018

Carl Johannink

Summary

The first three months of 2018 showed rather inconstant weather in the BeNeLux. January was a mostly cloudy month. After February 4th, weather changed rather dramatically. A cold period with many clear and mostly transparent nights lasted until early March.

March itself was more or less an unsettled month, but nevertheless with the highest number of orbits of all months March since the start of our network.

The goal to collect 100 orbits with our network for every night, is now achieved for nearly 80% of all nights.

CAMS BeNeLux bestond in maart 2018 precies zes jaar. In die tijd hebben we ruim 100000 banen van meteoren vast kunnen leggen. Een resultaat wat de stoutste verwachtingen ver overtrof. In figuur 1 is het aantal vastgelegde banen per nacht weergegeven.

TOTAAL	01-01	02-01	03-01	04-01	05-01	06-01	07-01	08-01	09-01	10-01	11-01	12-01	13-01	14-01	15-01	16-01	17-01	18-01	19-01	20-01	21-01	22-01	23-01	24-01	25-01	26-01	27-01	28-01	29-01	30-01	31-01	TOTAAL
Januari	39	374	590	312	386	181	333	290	69	172	75	21	191	155	159	186	224	308	378	472	387	131	5	57	197	234	55	73	204	51	113	6.416
Februari	76	158	151	140	316	395	135	192	32	59	107	606	569	142	594	181	299	181	86	193	358	314	436	566	234	246	359	150	80		7.355	
Maart	34	101	147	127	90	81	194	98	194	178	254	304	193	61	145	180	94	0	29	7	118	158	77	129	187	148	198	74	75	43	93	3.811
April	123	63	74	101	91	151	42	188	110	159	118	55	167	94	98	97	227	212	357	300	106	146	230	30	92	73	151	122	95	119		3.990
Mai	114	36	136	110	186	94	57	229	158	147	40	134	133	223	64	54	127	50	99	155	122	55	115	134	146	142	44	78	17	104	123	3.426
Juni	111	31	70	130	91	100	73	57	233	142	141	81	165	154	153	105	164	139	92	93	131	46	60	29	72	147	90	22	108	112		3.141
Juli	165	237	248	129	319	220	85	220	151	85	126	217	140	251	50	89	394	408	185	286	192	148	185	200	249	67	298	42	205	437	375	6.403
Augustus	388	308	434	666	1.122	1.198	438	392	510	641	584	3.852	1.173	897	841	474	415	594	394	353	248	685	379	517	535	420	592	602	344	268	641	21.006
September	505	730	284	151	258	315	364	372	937	324	388	375	363	561	304	465	318	245	297	364	470	570	680	782	532	812	435	637	332	628		13.798
Oktober	487	448	378	525	404	144	131	321	181	459	370	309	562	652	622	152	488	585	337	528	391	395	137	50	217	552	403	120	710	598	834	12.530
November	722	380	176	73	414	745	322	48	17	393	296	295	468	39	6	392	205	339	162	75	215	554	150	695	461	218	537	791	406	44		9.642
December	52	384	420	635	430	236	592	326	433	393	467	786	1.096	565	281	438	48	140	407	242	3	88	111	101	107	226	418	370	502	28	270	10.595
																																102.113

Figuur 1. Overzicht aantal banen / nacht vastgelegd met CAMS mrt. 2013 t/m feb. 2018.

Het streven was ooit om voor elke nacht in het jaar 100 banen te vergaren. We zien dat dat voor heel veel nachten al gelukt is. Figuur 2 geeft een samenvatting. Daaruit blijkt dat we al in bijna 80% van de nachten meer dan honderd banen hebben verzameld.

0 orbits:	1
<100 orbits:	365
>100 orbits:	280
>500 orbits:	55
>1000 orbits:	5

Figuur 2. Aantal banen in groepen.

Er was in die zes jaar nog maar 1 nacht over (18/19 maart; zie figuur 1) waarin geen banen waren vastgelegd. Dat is in maart 2018 rechtgezet: in die nacht werden ruim 100 banen toegevoegd aan het totaal. We zien in figuur 1 heel duidelijk dat het voorjaar de minst productieve tijd is: in maart t/m juni blijft het totaal aantal banen in die periode van 6 jaar onder de 5000. Daarna volgt vanaf augustus een forse stijging met aantallen die het drie- tot zesvoudige zijn van de aantallen in het voorjaar.

Niet geheel onverwacht natuurlijk. Het voorjaar is traditioneel de periode met de minste meteoractiviteit. Maar, zoals we zullen zien in dit overzicht, dat wil niet zeggen dat er geen bijzonderheden opgemerkt kunnen worden. We geven hieronder een korte samenvatting van de behaalde resultaten.

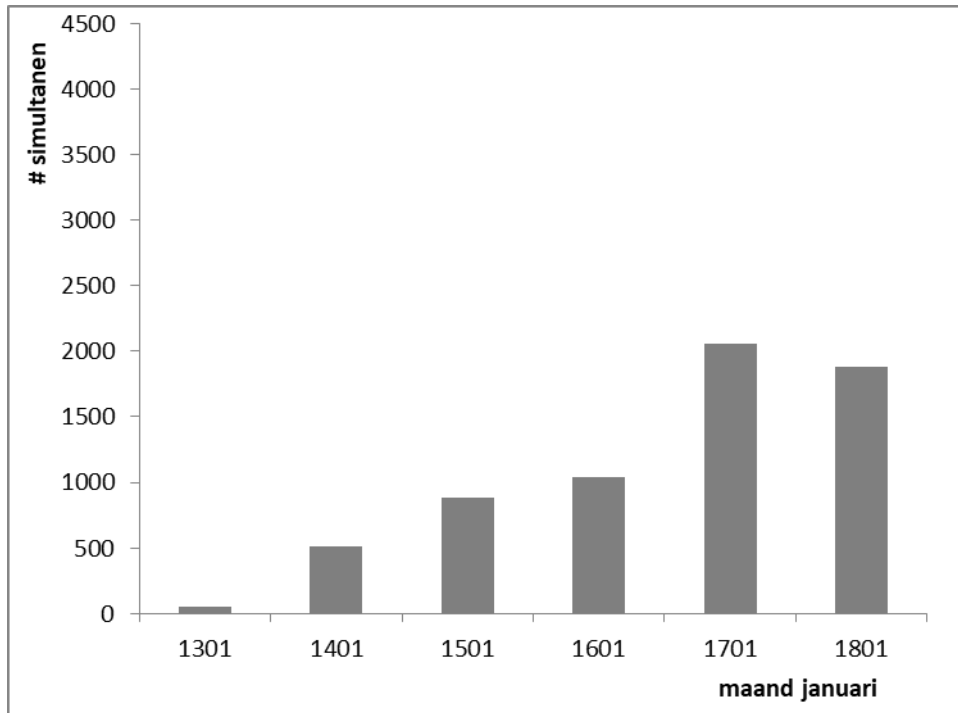
Januari 2018

De eerste maand van 2018 liet zich overwegend van zijn bewolkte kant zien. Maar liefst 6 nachten leverden helemaal geen simultanen op (9/10, 11/12, 12/13, 21/22, 23/24 en 28/29 januari). Daarnaast waren er nog 8 nachten waarin het aantal simultanen echt beperkt bleef. In de hele maand werden in totaal toch nog 1878 banen vastgelegd. Vooral in de nachten 7/8, 8/9, 20/21 en 29/30 januari. Die vier nachten zorgden voor ruim 40% van de maandscore!

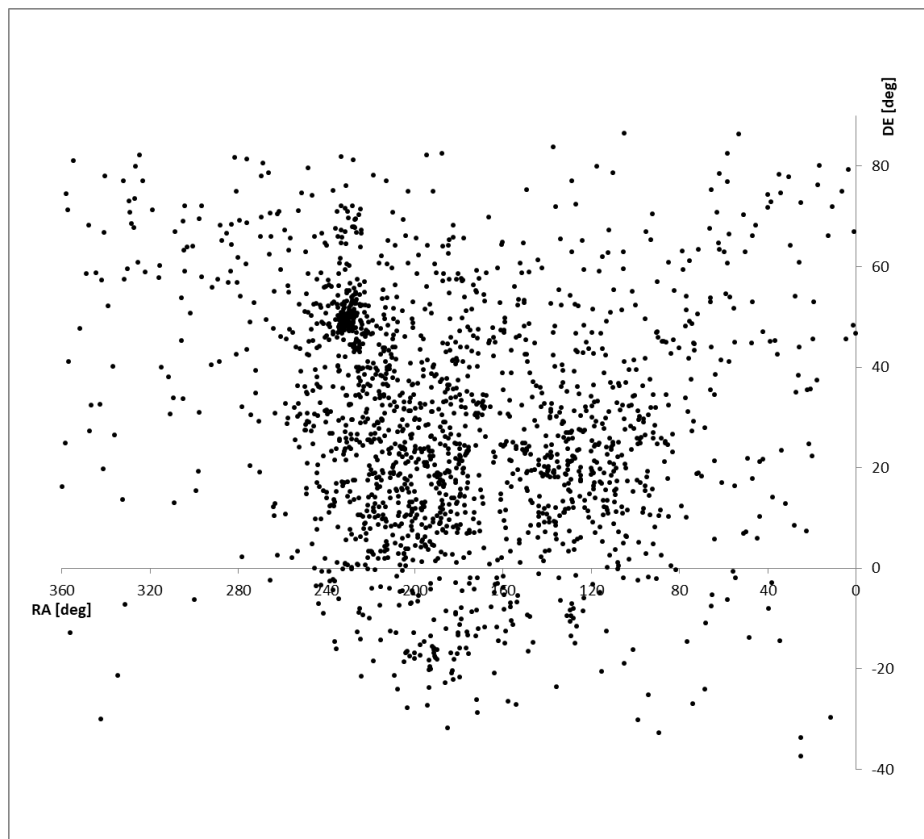
De score in januari 2018 was hoog, maar toch iets minder hoog dan in januari 2017. Figuur 3 geeft een overzicht van onze januari-resultaten. Figuur 4 laat de verdeling van de gevonden radianten zien in deze maand.

Natuurlijk valt de concentratie aan radianten op nabij de Quadrantiden-radiant (RA \sim 230 graden / DE \sim 49 graden). We zien echter ook een kleine concentratie net onder deze radiant. Een aantal banen hiervan zijn duidelijk te matchen aan #900 BBO, de beta Boötiden.

In de ochtend van 14 januari pakten we een aantal van deze meteoren boven de BeNeLux. Ze onderscheiden zich van de Quadrantiden door hun iets hogere snelheid en in de baanelementen door een iets hogere inclinatie. Hun maximale activiteit is rond 9 januari te verwachten volgens de gegevens in de IAU database. Verder werden in deze maand weinig bijzonderheden vastgelegd.



Figuur 3. Aantal banen vastgelegd in de maand januari (periode 2013 – 2018).



Figuur 4. Radiantplot van de 1878 banen welke in januari 2018 zijn vastgelegd met ons netwerk.

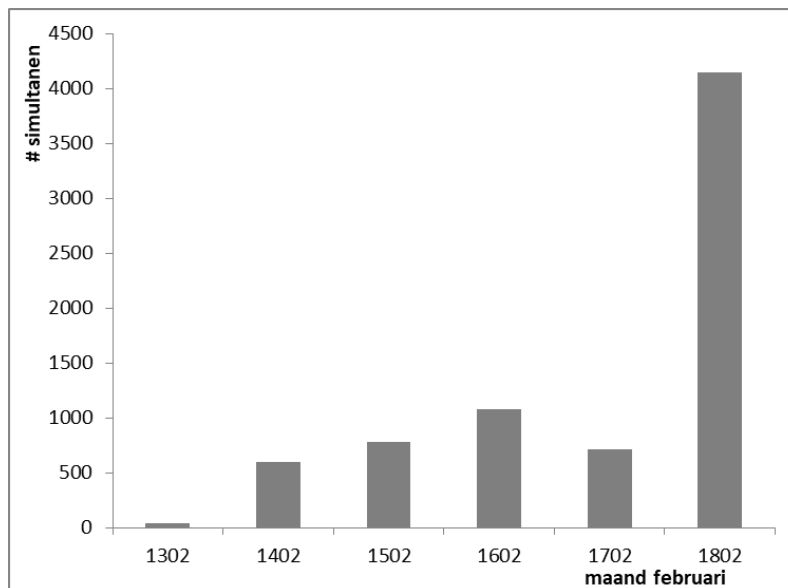
Februari 2018

Hoe anders verliep deze maand. Vanaf 4 februari kenmerkte deze maand zich door een overschakeling naar zonnig en koud weer met talloze heldere en vaak ook hele transparante nachten. Het aantal meteoren wat werd vastgelegd was dan ook enorm hoog. Het aantal simultanen eveneens. In totaal werden 4147 banen vastgelegd, een ruime verdubbeling t.o.v. de totale februari-oogst in de jaren 2013–2017. Alleen de nachten 3/4 en 14/15 februari bleven 'simultaanloos'.

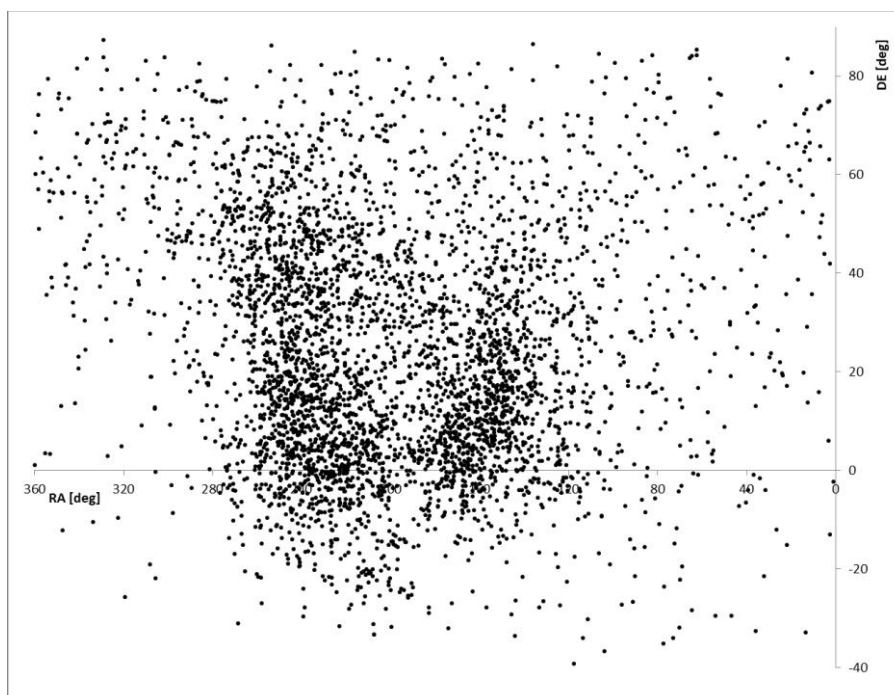
In figuur 5 zien we een overzicht van onze resultaten in de februari-maanden. Bijzonderheden waren er ook genoeg. Te denken valt aan de bijzondere meteor in de ochtend van 16 februari om 04:55 UT en de vuurbol boven België van 24 februari om 00:11:31 UT [1].

Maar dat was niet het enige. In de nacht 13/14 februari legden de netwerken LO-CAMS (Arizona) en CAMS BeNeLux banen vast van een onbekend zwerpje waarvan de radiant nog juist in de Waterslang lag. Wij legden 4 exemplaren vast met een radiant nabij $RA \sim 124$ graden en $DE \sim 1$ graad [2].

Op 18 februari 2018 om 03:48:43 UT legden de stations Mechelen (camera 384; P. Roggemans) en Oostkapelle (camera 337; K. Jobse) de 100000^e baan vast van het CAMS BeNeLux netwerk. Het was een vrij zwakke meteor met een radiant op $RA=255,2$; $DE=34,5$ en een geocentrische snelheid van 46,3 km/s.



Figuur 5. Aantal banen vastgelegd in de maand februari (periode 2013 – 2018).

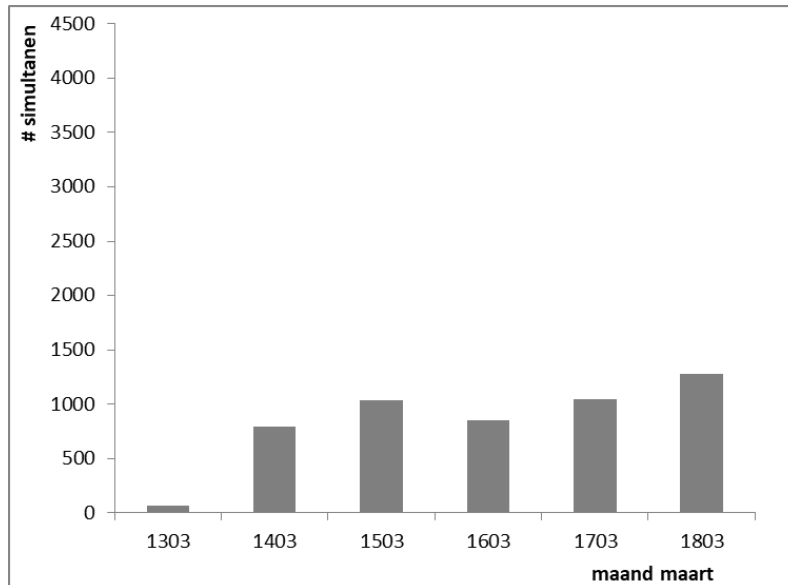


Figuur 6. Radiantplot van de 4147 banen welke in februari 2018 zijn vastgelegd met ons netwerk.

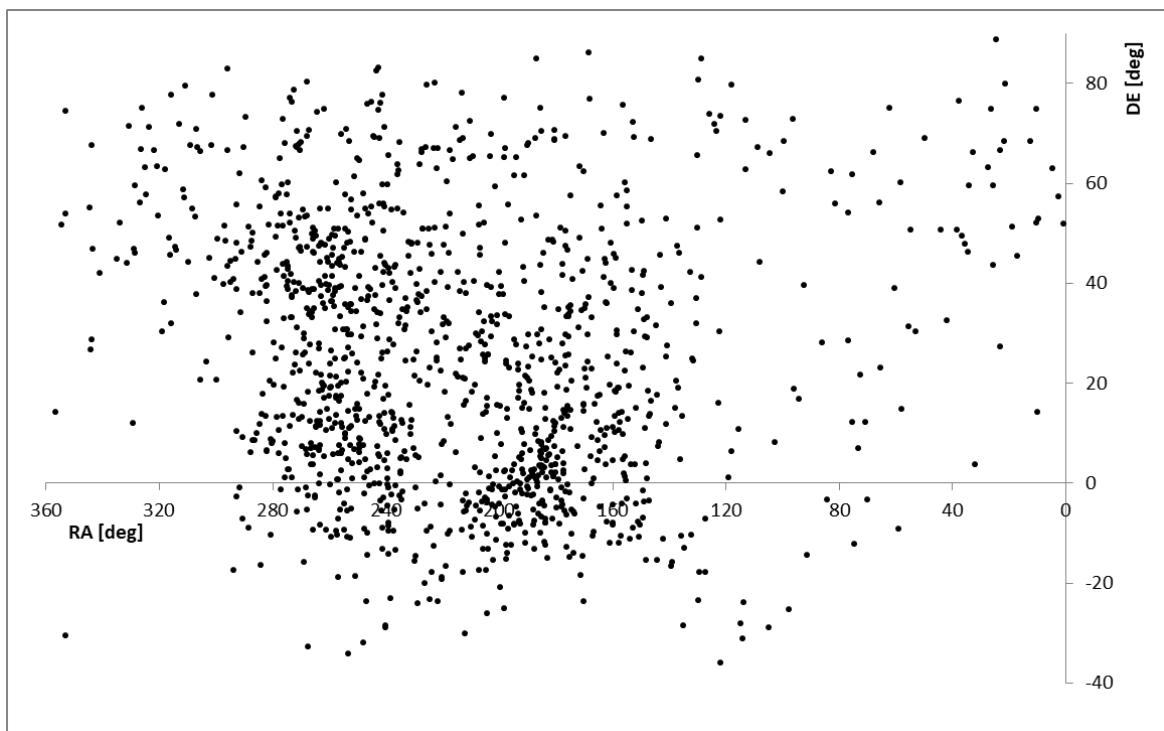
Maart 2018

De maand maart tapte weer uit een wisselvalliger vaatje. We legden 1280 banen vast met ons netwerk. Figuur 7 laat zien dat dat voor de maand maart een nieuw record is. Alleen gedurende de periode van 18 t/m 20 maart was het min of meer helder boven de hele BeNeLux.

Juist in die periode werd een belangrijk deel van de oogst in deze maand bijeen geraapt. Maar liefst 6 nachten bleven zonder simultanen (9/10, 12/13, 16/17, 22/23, 27/28 en 31 mrt/1 apr). 11/12 Maart leverde een leuke activiteit op van de x Herculiden (#346 HER). Daarover is elders al in detail het e.e.a. over geschreven [3,4]



Figuur 7. Aantal banen vastgelegd in de maand maart (periode 2013 – 2018).



Figuur 8. Radiantplot van de 1280 banen welke in maart 2018 zijn vastgelegd met ons netwerk.

Dankwoord

Het CAMS BeNeLux netwerk is in maart 2018 aan zijn zesde jaar begonnen. Dankzij de inzet van onderstaande mensen is dit netwerk momenteel het op een na grootste netwerk van het hele CAMS project. Alle mensen die nacht na nacht de moeite nemen om de waarnemingen te verwerken en op te sturen zijn we veel dank verschuldigd.

Martin Breukers te Hengelo [NL] (camera 320–327), Klaas Jobse te Oostkapelle [NL] (camera 330–339), Piet Neels te Ooltgensplaat [NL] (camera 3040–3049), Koen Miskotte te Ermelo [NL] (camera 351–354), Jos Nijland te Benningbroek [NL] (camera 358–359), Robert Haas te Alphen aan de Rijn [NL] (camera 3160–3167), Hans Betlem te Leiden [NL] (camera 371–373), Felix Bettonvil te Utrecht [NL] (camera 376–377), Jean Marie Biets te Wilderen [B] (camera 380–382), Paul Roggemans te Mechelen [B] (camera 383,384,388,389,399,809), Franky Dubois te Langemark [B] (camera 385), Steve Rau te Zillebeke [B] (camera 3850,3852) , Luc Gobin te Mechelen [B] (camera 390,391,807,808), Hervé Lamy te Brussel en Dourbes (camera 393–395), Tim Polvliet te Gent [B] (camera 396), Bart Dessoy te Zoersel [B] (camera 397,398,804,805,806), Robert Haas/Edwin van Dijk te Burlage [D] (camera 801,802,821 en 822), Hans Schremmer te Niederkrüchten [D] (camera 803), Robert Haas op Texel [NL] (camera 810–813), Christian Wanlin/Jean Paul Dumoulin te Grapfontaine [B] (camera 814-815), Piet Neels op Terschelling [NL] (camera 841–844).

Referenties

- [1] Roggemans, P., Johannink C., Biets J.M., 24 Februari 2018 00:11 UT: een zeer heldere vuurbol boven België!, eRadiant 2018 2, p. 59-67
- [2] P. Jenniskens, C. Johannink, N. Moskovitz , ϕ 3 Hydrids outburst (IAU#1032, PHY),(to be published in WGN)
- [3] Johannink C., De Xi-Herculiden (#346 XHE), eRadiant 2018-2, p. 79-85
- [4] Roggemans P., Campbell-Burns P., x Herculididen (346-XHE)XHE, eRadiant p. 86-97
- [5] P. Jenniskens , P.S. Gural, L. Dynneson, B.J. Grigsby, K.E. Newmane, M. Borden, M. Koop, D. Holman, MS: Cameras for Allsky Meteor Surveillance to establish minor meteor showers, ICARUS 216 (2011), p. 40 – 61

De Leoniden in het off season deel 1. 2017: een kleine uitbarsting!

Koen Miskotte

Abstract

A comprehensive analysis of the Leonids 2017 based on visual observational data sent to the International Meteor Organisation and to the author. During the night of 16 to 17 November, some increased activity of the Leonids with bright meteors has been observed over Europe. Also during the night of 19/20 November, possible increased activity of the Leonids was observed over North America. This article zooms in on these two possible small outbursts of the Leonids observed by Kai Frode Gaarder from Norway and George Gliba from the US.

Inleiding

Het is alweer 15 jaar geleden dat we de laatste grote uitbarsting konden waarnemen van de Leoniden. In de periode hierna zijn nog wel enkele uitbarstingen geweest, zoals in 2006, 2008 en 2009. Daarna keerde de rust echt terug. Maar zo nu en dan laat de zwerm nog wat verrassingen zien. Zo ook in 2017. Op 17 november 2017 kreeg de auteur een enthousiast Facebook berichtje van de Noorse waarnemer Kai Gaarder:

"I had great fun watching the Leonids tonight! I got 3,5 hours of observations, and both activity level and magnitude distribution changed a lot during the watch. First half of the period many bright Leonids were seen, and there was a complete lack of faint meteors. Then things suddenly changed. The bright meteors disappeared, and the faint ones started to show up. A short time activity level was quite good, before activity dropped to almost nothing at the end of the watch with the radiant high in the sky".

Een uitgebreider Engelstalig verslag van zijn waarneemactie staat beschreven in MeteorNews [1].

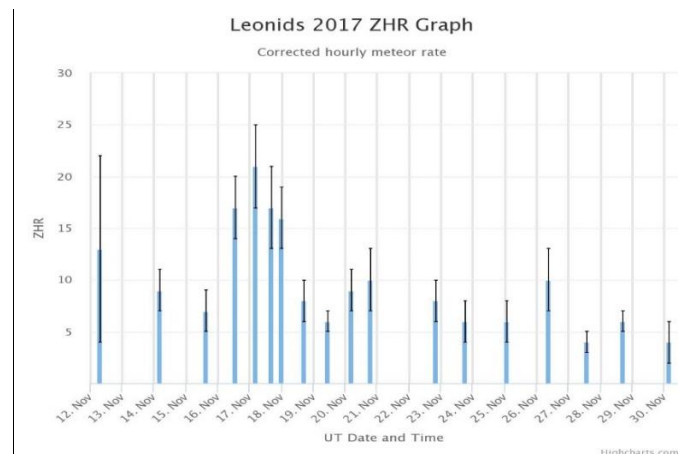
Dit berichtje bleef in mijn achterhoofd spoken, zeker na het vastleggen van twee heldere Leoniden in de nacht van 18 op 19 november 2017 met mijn all-sky camera: het betrof hier Leoniden van resp. -8 en -3. De helderste Leonide werd ook uitgebreid vastgelegd door andere all-sky en CAMS posten [2 & 3]. Was hier iets gek aan de hand?

Deze vraag bleef door andere werkzaamheden een beetje liggen, totdat ik begin april een email ontving van de Amerikaanse waarnemer George Gliba over mooie Leoniden activiteit op 20 november, zijn actie staat uitgebreid beschreven in The Valley Skywatcher van de Chagrin Valley Astronomical Society [4]. Hij schreef:

"I was rewarded by seeing what was probably part of an older dust trail that was not predicted. I was also able to get in a good hour with clear LM = 6.5 skies. From 9:42 to 10:42 UT I was able to see 11 Leonids. The average Leonid was a relatively bright 1.6 magnitude and left a train. I also saw 3 NTA, 3 STA, 1 NOO, 1 AMO, and 9 SPO meteors. There were also seen a beautiful -2, a very nice -1, and two good 0 magnitude Leonids. It was cold out with a 6° F wind chill, but it was well worth it. I'm glad I didn't go back to sleep after I put that last log on the fire (which I almost did)".

Naar aanleiding van beide verslagen besloot ik alsnog een analyse te maken van de Leoniden 2017. De resultaten worden in dit verslag beschreven.

Data verzamelen



Figuur 1. ZHR Leoniden 2017 "on the fly" grafiek op de IMO website.
http://www.imo.net/members/imo_live_shower?shower=LEO&year=2017

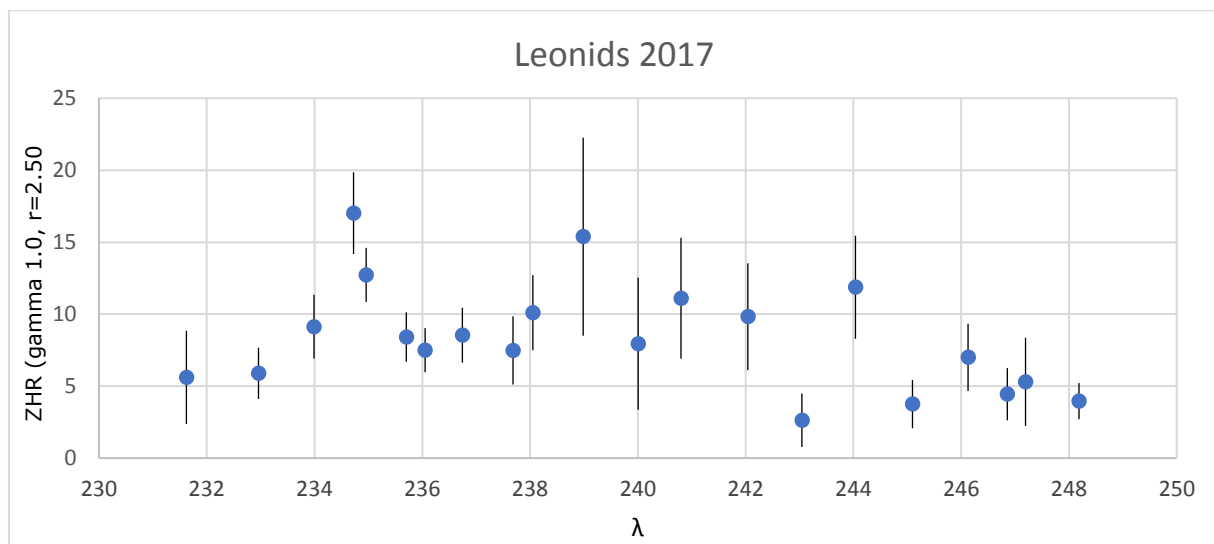
Helaas is er van de Leoniden 2017 erg weinig data beschikbaar. Op de IMO site is te zien dat 21 waarnemers data hebben ingestuurd met waarnemingen gedaan tussen 12 en 30 november. In totaal werden 272 Leoniden gerapporteerd. Figuur 1 geeft een beeld van de "on the fly" curve op basis van aan IMO gerapporteerde data. Duidelijk is daarop zichtbaar dat de hoogste activiteit volgens deze curve viel in de nacht van 16/17 november boven Europa. Verder blijkt ook dat het hier alleen om de data van Kai Gaarder gaat, het weer was voor de meeste Europese meteorwaarnemers slecht die nacht. De auteur verkreeg ook data van waarnemers die niet aan IMO rapporteerden.

Bij het invullen van het ZHR spreadsheet bleek al wel dat er tussen de waarnemingen weinig overlap is. Dat is erg jammer, want zo kun je goed zien of er gekke uitbijters zijn. Het feit dat maar weinig waarnemers actief waren in november 2017 heeft wellicht te maken met het feit dat we nu in het off season zitten voor wat betreft de Leoniden en dat het weer ook amper meewerkte in 2017.

De data die werd opgenomen in het spreadsheet voldeed aan de volgende bekende eisen: de grensmagnitude mag niet lager zijn dan afgerond 5.9, de minimale radianthoogte is 25 graden en alleen data van waarnemers met een betrouwbare CP bepaling zijn gebruikt. Uiteindelijk belanden er 306 Leoniden in het ZHR spreadsheet.

Leoniden 2017: ZHR

De ZHR werd bepaald via de methode van Peter Jenniskens zoals beschreven in [5 & 6] waarbij de gamma op 1.0 i.p.v. 1.4 werd gezet om een vergelijking te kunnen doen met de IMO curve. Omdat er maar heel weinig data beschikbaar was is er uitgegaan van een aangenomen r waarde van 2.50 [7]. De uitkomst is gepresenteerd in figuur 2.

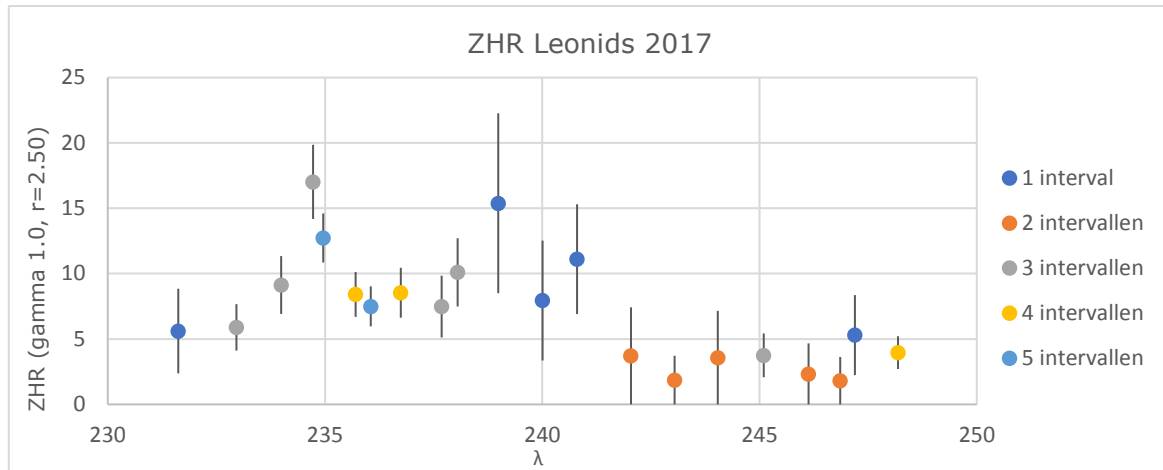


Figuur 2. ZHR Leoniden in 2017, gebaseerd op 257 Leoniden.

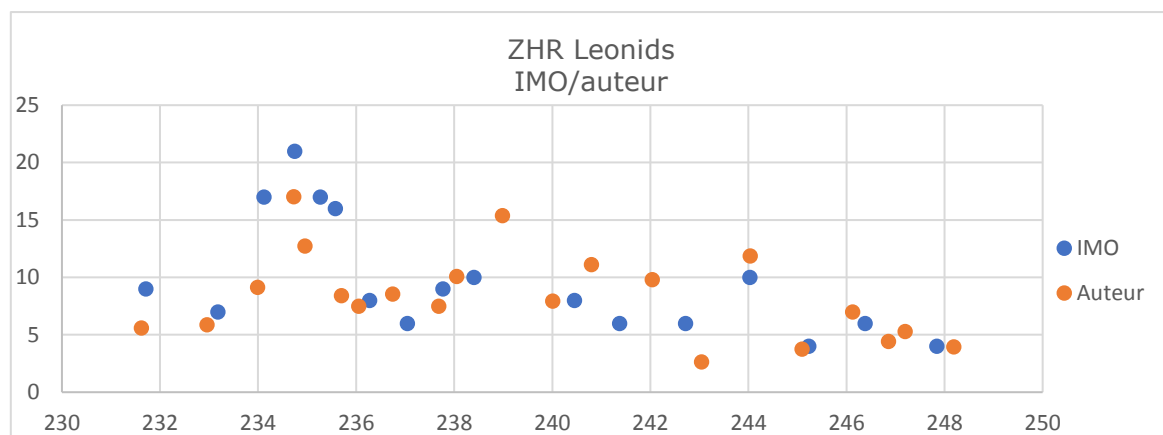
De volgens de IMO 2017 Meteor Shower Calendar [7] werd het nodale maximum van de Leoniden voorspeld op λ 235,27 (17 november 2017 om 16:30 UT) met een ZHR van 10. Dit tijdstip is zeer ongunstig omdat het maximum boven de Pacific valt. Inderdaad, helaas is er geen data van beschikbaar tussen de periode van 17 november 2017 van 10:00 tot 20:05 UT op de IMO site.

Het maximum in de gevonden grafiek van figuur 2 valt op 17 november in de nacht. Dit is geheel en alleen gebaseerd op de data van Kai Gaarder. Verder is er een relatief hoge activiteit zichtbaar nabij λ 239, maar dit ZHR punt heeft een grote deviatie en is wellicht een uitbijter veroorzaakt door een relatief lage radiantstand (30 graden in dit geval) en data van 1 waarnemer. Daar hebben de punten na deze datum ook enigszins last van. Verder wordt nogmaals benadrukt dat de ZHR grafiek op basis van weinig data werd samengesteld. Grafiek 3 is dezelfde grafiek als in figuur 2, maar nu geven de kleuren van de ZHR punten aan hoeveel tel perioden er zijn gebruikt zijn voor dat ZHR punt. Zo krijgen we een beetje inzicht hoe betrouwbaar de ZHR punten zijn. Het is duidelijk dat een ZHR punt op basis van 3 of meer perioden betrouwbaarder is dan een grafiek punt gebaseerd op slechts 1 periode.

In figuur 4 een vergelijking met de "on the fly" curve van de IMO. Let op, de parameters van de IMO curve zijn anders dan die de auteur heeft gebruikt. De belangrijkste is wel dat de IMO een minimale grensgrootte van 5,0 gebruikt tegenover de 5,9 die de auteur hanteert. Daardoor valt een deel van de data af die wel in de IMO curve wordt gebruikt. Daarnaast wordt bij de curve van de auteur ook rekening gehouden met de CP. Als gevolg daarvan vallen de ZHR waarden van de auteur wat lager uit dan die van de IMO. En tot slot rapporteerden er drie waarnemers alleen aan de auteur.



Figuur 3. Dezelfde grafiek uit figuur 2, maar nu zijn de ZHR punten aangegeven in verschillende kleuren om het verschil in aantal perioden per ZHR punt aan te geven.



Figuur 4. Vergelijking tussen de ZHR curve van de auteur en de "on the fly" curve van de IMO.

De fraaie waarneming van Kai Gaarder

Omdat Kai in zijn verslag in [1] melding maakt van veel heldere Leoniden en later juist meer zwakke Leoniden heeft de auteur zijn data nog eens uitgebreid geanalyseerd. Zijn data staat in de tabellen 1 en 2.

Datum	Periode UT	SHO	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	Totaal	Lm	m
17-11-2017	01:45-02:50	LEO	~	~	2	3	1	1	2	1	~	10	6,15	1,10
17-11-2017	02:50-03:55	LEO	1	1	1	~	~	3	3	1	1	11	6,15	1,64
17-11-2017	03:55-05:15	LEO	~	1	~	~	~	2	2	7	3	15	6,13	3,40

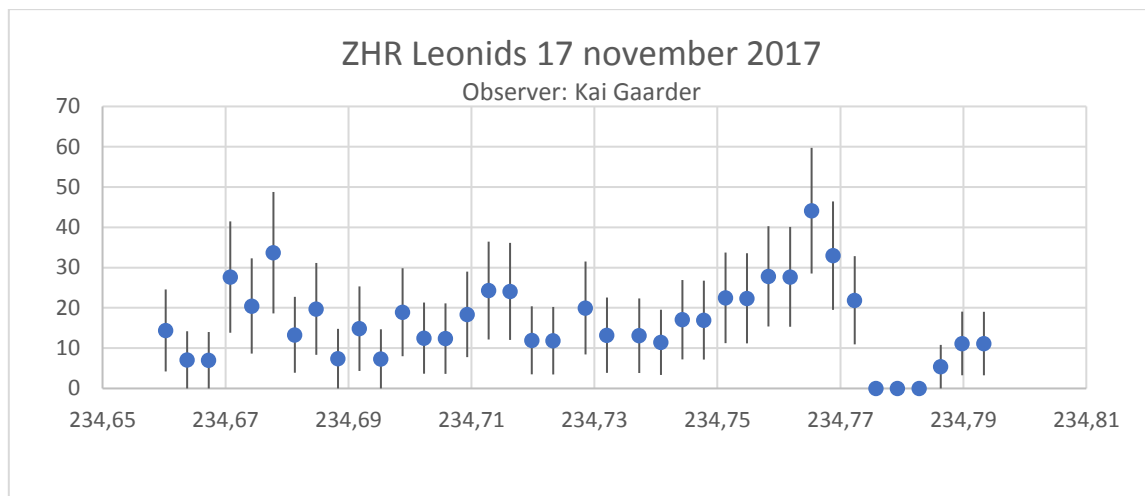
Tabel 1. Magnitude distributie Kai Gaarder op 17 november 2017 tussen 01:45 en 05:15 UT.

Jaar	Maand	Dag	t/m	Lm	λ	ZHR	Dev
2017	11	17	2,29	6,15	234,678	17,35	5,49
2017	11	17	3,375	6,15	234,723	16,78	5,06
2017	11	17	4,58	6,13	234,774	16,93	4,37

Tabel 2. Gevonden ZHR waarden gedestilleerd uit de data van Kai Gaarder.

Opvallend is de magnitude distributie en de (ongecorrigeerde) gemiddelde magnitude. Deze daalt in het laatste uur in één klap met 2 magnituden. Hier is dus inderdaad sprake van een vreemd verschijnsel. Kai Gaarder meldt ook in zijn verslag dat de laatste heldere Leonide van -2 vrijwel direct aan het begin van zijn laatste periode verschijnt, gevolgd door een toename van zwakke Leoniden. Deze activiteit gaat er ook uit aan het einde van zijn sessie aldus Gaarder. Een ZHR van 17 in deze nacht is dus aan de hoge kant, zeker ook rekening houdend met het feit dat het maximum 14 uur later zou plaatsvinden waarbij de ZHR rond de 10 ligt. In tabel 2 is ook te zien dat er een constante ZHR lijkt te zijn met een ZHR van 16/17 voor de hele periode. Omdat Kai Gaarder het heeft over een wisselende activiteit is er besloten om in kleinere intervallen een ZHR analyse te doen. Op verzoek van de auteur stuurde Kai zijn data in 5 minuten intervallen. Hiervan werden 15 minuten

tellingen gemaakt en in een ZHR spreadsheet geklopt. Om de 5 minuten is vervolgens een ZHR bepaling gedaan op basis van de 15 minuten tellingen. Als r waarde werd nu 2.00 aangehouden, dit i.v.m. de heldere Leoniden. Het resultaat is ondanks het feit dat het hier om een kleine hoeveelheid data gaat erg interessant! In figuur 5 het resultaat.



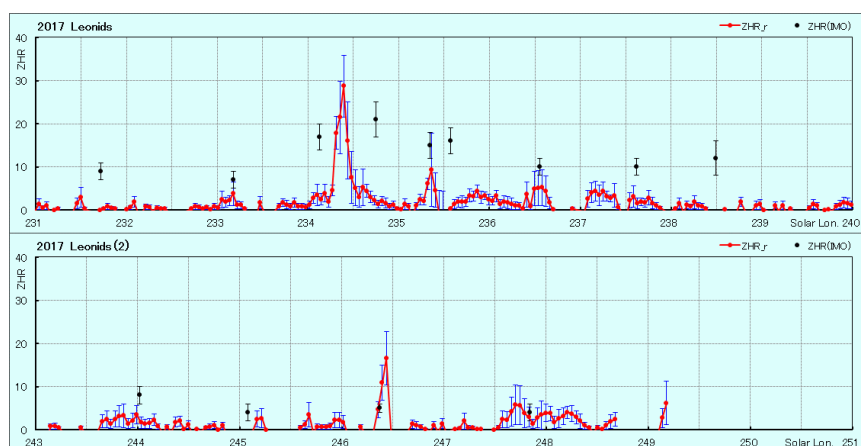
Figuur 5. ZHR Leonids november 17, 2017 based on visual data from Kai Gaarder.

Een voorzichtige conclusie is dat er een maximum lijkt te zijn rond λ 234.68 (17 november 2017 02:18 UT) met een ZHR van 34 (~ 15). Deze piek bestaat meestal uit heldere Leoniden tussen magnitude -2 en +3. Een tweede piek wordt gezien rond λ 234.77 (17 november 2017 04:22 UT) en bestaat uit meer zwakke Leoniden van magnituden tussen de +2 en +5. Tussen de 2 pieken in zwabbert de ZHR tussen de 8 en 23 met nog steeds heldere Leoniden, maar dat neemt snel af naarmate de 2de piek nadert. Na de 2de piek stort de activiteit razendsnel in. Opgelet: de hoeveelheid data is niet zo heel groot en kan een negatief effect hebben op deze analyse.

Een mogelijke oorzaak van deze opleving geeft Mikhail Maslov [7 & 8]: een oud stofspoor van komeet 55P Tempel-Tuttle uit 1300. Het maximum daarvan voorspelde hij op 16 november 17:07 UT (λ 234.292) met een ZHR van 10 en heldere meteoren. Het lijkt erop dat Gaarder (een deel van) deze opleving heeft gezien. Het optreden van de piek met zwakkere meteoren past dan weer niet in Maslov's verhaal. Duidelijk is ook niet hoe breed deze piek zou zijn, er staat niets over vermeld in de 2017 Meteor Shower Calendar [7] of in een publicatie van Maslov uit 2007 [8]. Ook in het boek van Peter Jenniskens [9] is er niets terug te vinden voor 2017 v.w.b. verwachte stofsporen en het filament.

Kijken we naar de bekende radio waarnemingsgrafieken van de Japanners gebaseerd op wereldwijde radiodata van de RMOB (figuur 3) dan zien we inderdaad de hoogste (radio) activiteit van de Leoniden in 2017 dicht op Maslov's tijdstip vallen. De piek waargenomen door Kai Gaarder valt wat later dan de radiopiek.

De radio data wordt omgerekend naar een visuele ZHR, maar hoe dat precies gedaan wordt is niet duidelijk. De dichtstbijzijnde visuele waarneming bij het tijdstip van Maslov is naast die van Kai Gaarder ook die van Terrence Ross (Texas, USA) die loopt van 16 november 2017 van 07:53 tot 10:00 UT (λ 233,905 tot 233,994). Opvallend is dat de helft van de 8 waargenomen Leoniden van magnitude 0 en -1 zijn.



Figuur 6. Activiteits curve van de Leoniden 2017 gebaseerd op radio data van de RMOB.

De fraaie waarneming van George Gliba

In de vroege ochtend van 20 november 2017 was George Gliba vanuit Mathias, West Virginia, US, getuige van een mooie Leoniden activiteit. Hij zag tussen 09:42 en 10:42 UT 11 Leoniden (resultierend in een ZHR van 12) waaronder een aantal heldere exemplaren. Dit vond plaats rond λ 238,038. De radiocurve laat amper Leoniden activiteit zien rond die zonnelongte.

Vervolgens is nog in detail gekeken naar data van andere waarnemers die in dezelfde nacht actief waren, dit waren Robert Lunsford (vanuit El Cajon, California, US) en Terrence Ross (vanuit Alpine, Texas, US). In tabel 3 een overzicht van hun data (met die van George Gliba).

Date	Period UT	Obs	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	Tot	lm
20-11-2017	08:16-09:30	ROSTE	1				1		3	1	1		7	6,36
20-11-2017	09:42-10:42	GLIBA			1	1	2	1	2	1	2	1	11	6,50
20-11-2017	11:00-13:00	LUNRO						1	2	2	1		6	5,69

Tabel 3. Data van 3 waarnemers uit de nacht 20 november 2017 (UT).

Noot: in de ZHR berekening is alleen de data van Robert Lunsford meegenomen uit de periode 12:00-13:00 UT.

Helaas valt de periode van George Gliba precies tussen die van Terrence Ross en Robert Lunsford. De data van Terrence Ross laat wel een tweetal heldere Leoniden zien op een totaal van 7. Tot slot geef ik in tabel 4 de individuele ZHR waarden. Deze liggen aardig dicht bij elkaar.

Jaar	Maand	Dag	t/m	Lm	Obs	λ	ZHR	Dev
2017	11	20	8,88	6,36	ROSTE	237,982	12,67	4,79
2017	11	20	10,2	6,50	GLIBA	238,038	12,19	3,68
2017	11	20	12,5	5,89	LUNRO	238,135	8,00	4,00

Tabel 4. Individuele ZHR waarden op 20 november 2017 (US only).

Bij elkaar genomen laat de waarneemdata een hint zien van verhoogde activiteit, zeker met in het achterhoofd dat het op 20 november waargenomen is. Noch in het artikel van Maslov [8] en noch in het boek van Peter Jenniskens [8] vinden we iets terug wat deze mogelijke ervaring veroorzaakt kan hebben.

Conclusies en aanbevelingen

De Leoniden van 2017 zijn maar matig waargenomen. Het nodale maximum dat boven de Pacific viel is niet waargenomen. De waarneming van Kai Gaarder uit de nacht van 16/17 november 2017 laat een verhoogde activiteit zien met mooi heldere Leoniden tot -3. De oorzaak zou volgens Maslov [7 & 8] een oud stofspoor van komeet 55P Tempel-Tuttle uit 1300 kunnen zijn. De radio data van RMOB sluit wat beter aan op de voorspelling van Maslov dan de waarneming van Kai Gaarder.

Er is mogelijk ook wat verhoogde activiteit waargenomen door George Gliba en Terrence Ross op 20 november 2017 om \sim 10 UT. Wat dit veroorzaakt heeft is niet bekend. De activiteit wordt niet bevestigd door de RMOB radiodata. Het is bekend dat er vaker mooie Leoniden activiteit is waargenomen rond en na 20 november. Een mooi voorbeeld is 22/23 november 2015 toen er enige activiteit werd waargenomen afkomstig van een stofspoor uit 636. De waarnemingen van Gliba en Ross laten daarom goed zien dat de periode (ver) na het Leoniden maximum wellicht nog vol met onverwachte verrassingen kan zitten. De modelleers zouden eens moeten kijken naar oude stofsporen van komeet 55P Tempel-Tuttle na 18 november.

Aan de waarnemers het advies om dus ook (ver) na het Leoniden maximum te blijven waarnemen. Ga waarnemen vanaf een donkere locatie waarbij de grensmagnitude minimaal 5.9 is. Kijk bij voorkeur in de laatste uren van de nacht als de Leoniden-radiant hoog staat. Zorg er ook voor dat er voldoende sporadische data is uit de periode 25 juli tot eind augustus tussen 0 en 4 uur lokale tijd. Dan kan er een betrouwbare CP berekend worden en worden de analyses robuuster.

Dankwoord

Een woord van dank gaat uit naar alle waarnemers die de Leoniden van 2017 hebben waargenomen. Dit zijn: Pierre Bader, Kavita Bandivadekar, Katie Demetriou, Kai Gaarder, George Gliba, Prayang Gore, Gabriel Hickel, Glenn Hughes, Paul Jones Khaty Prajakta, Pete Kozich, Sneha Kulkarni, Robert Lunsford, Meghan Mohite, Ina Rendtel, Jurgen Rendtel, Terrence Ross, Talekar Dnyaneshwari, Shigeo Uchiyama, Roland Winkler, Michel Vandeputte, Frank Wächter, Sabine Wächter en Geng Zhao

Speciale dank aan Kai Frode Gaarder en George Gliba voor het sturen van aanvullende Leoniden data en hun heads-up over deze twee events. En last but not least een woord van dank aan Michel Vandeputte, Paul Roggemans en Carl Johannink voor het kritisch lezen van dit artikel.

Referenties

- [1] Gaarder K.F., Leonids 2017 from Norway – A bright surprise!, MeteorNews 3:1 (januari 2018), p. 28-30
<https://www.meteornews.net/2017/11/23/leonids-2017-norway-bright-surprise/>
- [2] Roggemans P., Johannink C., Biets J.M., Breukers M., Haas R., Jobse K., Leonid fireball above the BeNeLux 2017 November 19, 02h29m UT, MeteorNews 3:1 (januari 2018) p. 21-25.
<https://www.meteornews.net/2017/12/11/results-for-the-leonid-fireball-2017-november-19/>
- [3] Roggemans P., Johannink C., Biets J.M., Breukers M., Haas R., Jobse K., Heldere Leonide vuurbol boven de BeNeLux (19 november 02:29 UT), eradiant 2017-6 p. 130-139.
- [4] <http://cvas.cvas-north.com/documents/The%20Valley%20Skywatcher%20Winter%202018%20Vol%2055-1.pdf>
- [5] Jenniskens P., Meteor Stream activity 1. The annual streams, [Astron. Astrophys. 287, 990-1013 \(1994\)](#)
- [6] Miskotte K., Johannink C., Miskotte K. & Johannink C., eRadiant 1/1 (Feb 2005), Analyse Perseïden & Geminiden 2004, p. 9–12 & 14–19
- [7] Rendtel J., 2017 Meteor Shower Calendar, IMO
- [8] Maslov M., Leonid predictions for the period 2001-2100, WGN, Journal of the International Meteor Organization, vol. 35, no. 1, p. 5-12
- [9] Jenniskens P., Meteor showers and their Parent Comets, 2006

De Xi-Herculiden (#346 XHE)

Carl Johannink

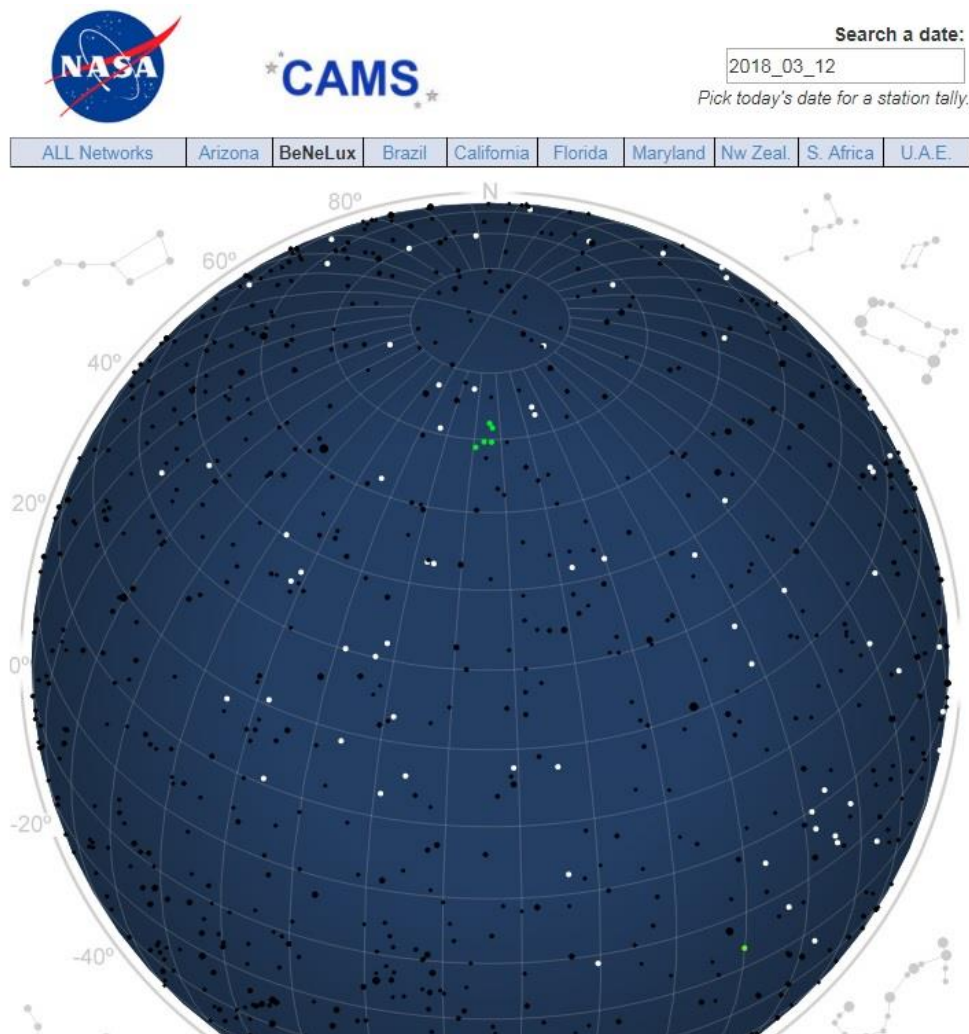
Abstract

During routine CAMS BeNeLux observations on March 11/12 2018 a handful of meteors appeared from a radiant near RA=250 / DE=48 degrees.

These meteors belonged to the #346 XHE - shower, first mentioned by Molau & Kac in 2009 [1]. We've detected low level activity in every year our network was active.

Inleiding

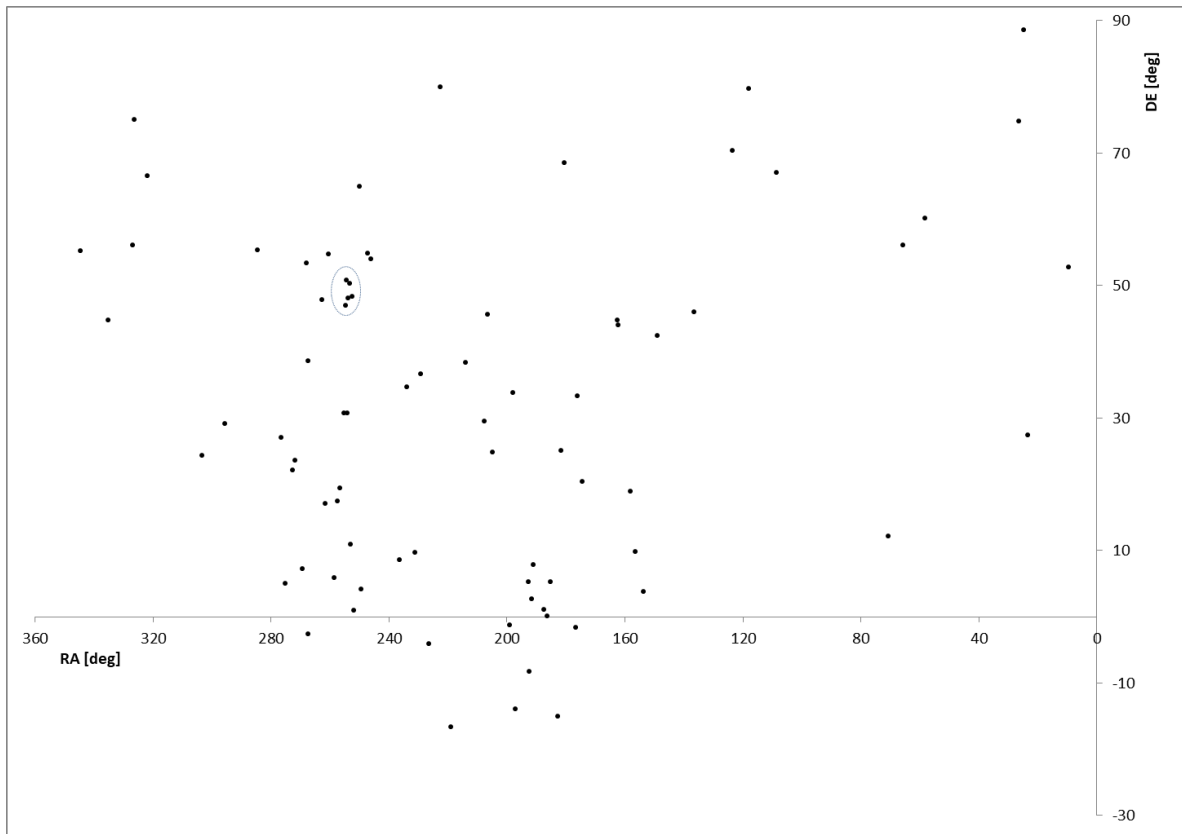
De resultaten van de CAMS BeNeLux stations gaan na verwerking sinds halverwege 2017 rechtstreeks naar een server bij Peter Jenniskens. Onze data is, net als de data van alle andere CAMS-netwerken, voor elke nacht apart te bekijken via de site <http://cams.seti.org/FDL/>. Zo ook de data voor de nacht 11/12 maart 2018. In figuur 1 het aanzicht van de resultaten voor de nacht 11/12 maart. De concentratie van meteoren, aangegeven door de groene puntjes was aanleiding voor nader onderzoek.



Figuur 1. Plot van CAMS BeNeLux resultaten op cams.seti.org/FDL/ voor 11/12 maart 2018

De nacht 11 op 12 maart 2018

De nacht 11/12 maart 2018 bood boven vrijwel de hele BeNeLux een heldere hemel, zodat in totaal 82 camera's in de BeNeLux actief waren. Figuur 2 toont een plot van alle gevonden radiantposities in deze nacht. Opvallend is de concentratie van 5 meteoren met nagenoeg identieke baanelementen nabij RA=250 / DE=48 graden.



Figuur 2. Plot van radiantposities uit de nacht 11/12 maart 2018.

In tabel 1a zijn de radiantpositie en geocentrische snelheid van deze vijf meteoren weergegeven.

Date	Time (UT)	RA geo	+/-	DECgeo	+/-	Vgeo	+/-	stations
11.03.2018	19:35:24.31	254,637	0,08	47,002	0,07	35,091	0,043	_000389_000331_000342
11.03.2018	23:27:54.97	253,692	0	48,072	0	34,671	0	_000822_000399
12.03.2018	01:47:44.53	253,31	0,231	50,291	0,233	36,528	0,055	000339_000390_000338
12.03.2018	03:38:10.52	252,424	0,551	48,324	0,787	35,313	0,626	000840_000844
12.03.2018	04:35:43.97	254,267	0,039	50,769	0,059	35,045	0,038	_000345_000804_000395

Tabel 1a. Radiantpositie en geocentrische snelheid van de in figuur2 omcirkelde meteoren.

Tabel 1b toont de bijbehorende baanelementen van deze meteoren.

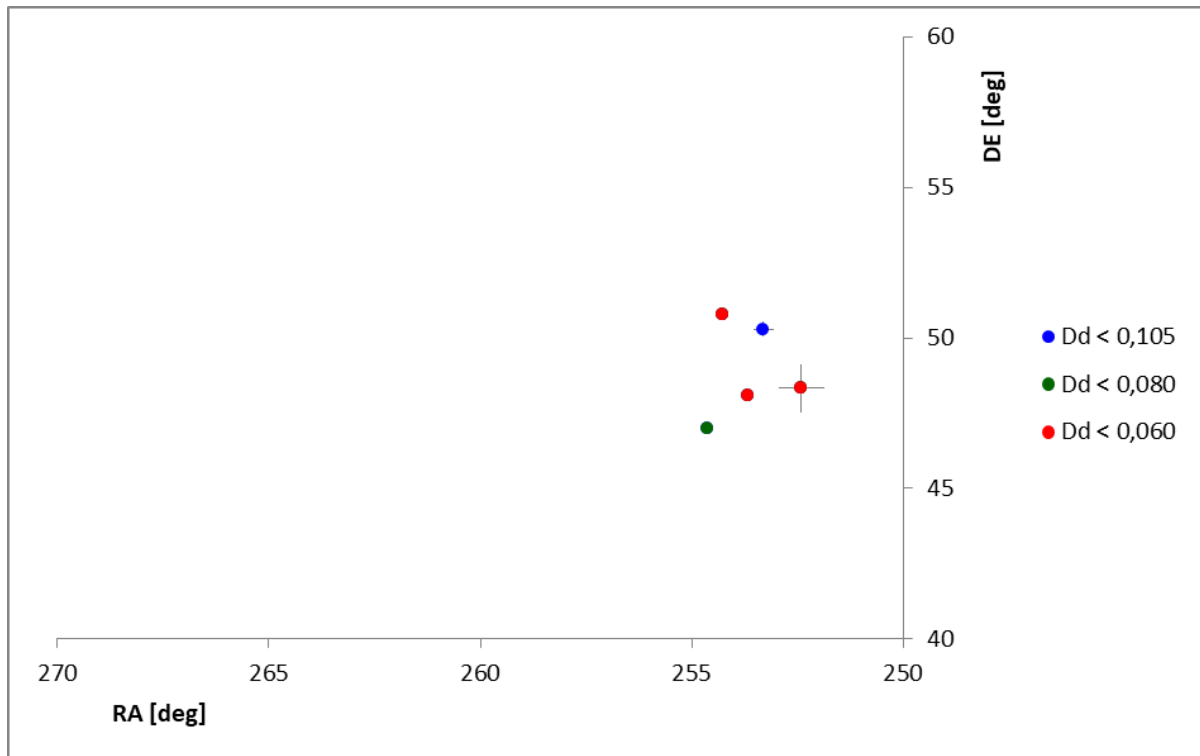
Date	Time (UT)	q (AE)	+/-	e	+/-	i	+/-	ω	+/-	Ω	+/-	Π	+/-
11.03.2018	19:35:24.31	0,97797	0,0002	0,5933	0,0036	60,98	0,07	196,678	0,1	350,925	0,0001	187,603	0,1
11.03.2018	23:27:54.97	0,97607	0	0,6144	0	59,757	0	197,51	0	351,0878	0	188,598	0
12.03.2018	01:47:44.53	0,97827	0,0007	0,8103	0,0096	60,359	0,156	195,094	0,368	351,1856	0	186,28	0,368
12.03.2018	03:38:10.52	0,97252	0,00262	0,6657	0,0464	60,182	0,816	198,765	1,436	351,2629	0,0009	190,028	1,436
12.03.2018	04:35:43.97	0,98064	0,00011	0,7372	0,0027	58,585	0,061	194,256	0,065	351,3031	0,0001	185,56	0,065

Tabel 1b. Baanelementen behorende bij de meteoren uit tabel 1a.

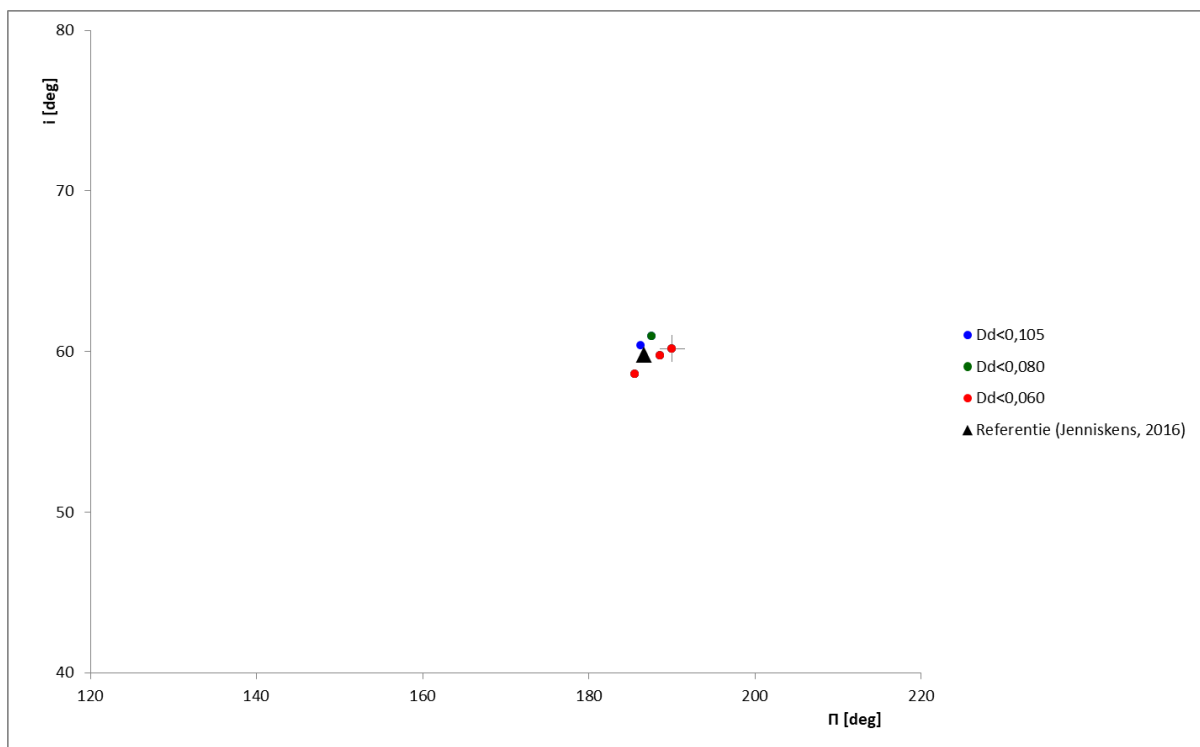
Als mogelijke zwerm uit de IAU database kwamen, vanwege de overeenkomst in de baanelementen van deze vijf meteoren, de x Herculiden (#346 XHE) in aanmerking. Deze zwerm werd voor het eerst opgemerkt in de waarnemingen van het IMO Video Meteor Network in 2009 door Molau & Kac [1].

Om na te gaan of deze meteoren echt toebehoorden aan dit zwermpje, werd het D-criterium van Drummond [2] toegepast. Drie van de vijf kandidaten hadden $D_d < 0,06$, een sterke link dus met de baanelementen van de XHE's. Als referentiebaan werden de gegevens gebruikt die Jenniskens in [3] had gevonden.

In figuur 3 is ingezoomd op de radiantposities, en in figuur 4 zien we een plot van $PI < i >$ voor deze 5 XHE-kandidaten.



Figuur 3. Ingezoomd op radiantposities van de vijf mogelijke #346 XHE's.



Figuur 4. Plot $PI < i$ voor de vijf #346 XHE-kandidaten.

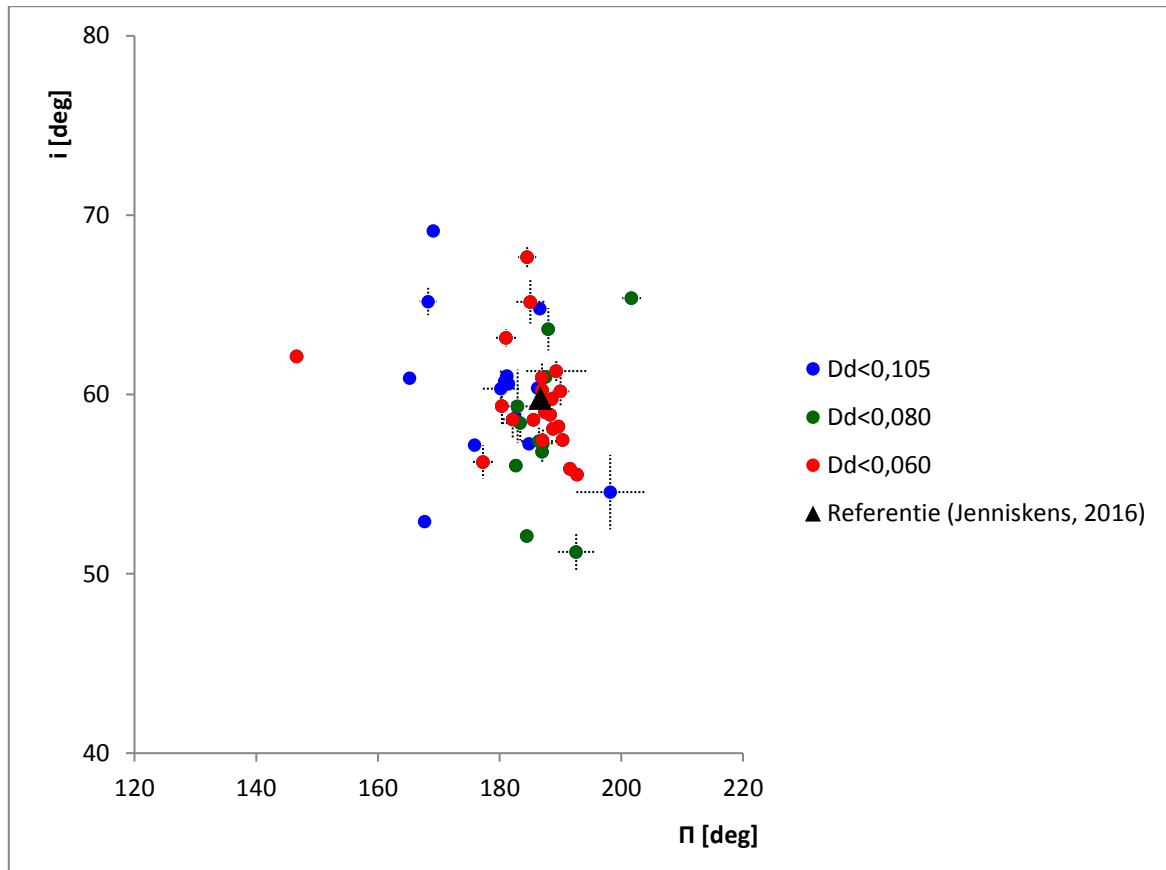
Activiteit in de jaren 2013-2018

Hoe bijzonder is het dat we in elk geval 5 zekere XHE's hebben vastgelegd in de nacht van 11/12 maart 2018? Daarvoor werd de hele database van CAMS BeNeLux voor de jaren 2013–2018 doorgelicht. We beperkten ons daarbij tot die meteoren met de volgende 'kengetallen': voor de zonslengte de periode van 345 tot 358 graden (dat is ruwweg de periode van 5 maart tot 18 maart, zijnde een week voor en een week volgend op deze nacht).

Voor rechte klimming het gebied tussen 243 en 268 graden, voor declinatie het gebied tussen 43 tot 55 graden. Tenslotte werd de geocentrische snelheid beperkt tot het interval tussen 30 en 40 km/s.

Op die manier werden in totaal 76 meteoren geselecteerd die in de jaren 2013–2018 met ons netwerk waren vastgelegd. Na het toepassen van het Drummond criterium ($Dd < 0,105$) bleven 45 meteoren over uit de jaren 2014–2018. In 2013 was één kandidaat gevonden op basis van de gekozen intervallen bij zonslengte, RA, DE en Vg, maar deze meteor van 15 maart 2013 om 01:03:05 UT voldeed niet aan het Drummond criterium. Hierbij wel de kanttekening dat het netwerk in 2013 een nog veel bescheidener omvang had dan in de jaren daarna.

Van de 45 meteoren die wél aan het Drummond criterium voldeden, waren er 31 met $Dd < 0,080$ en nog altijd 20 met $Dd < 0,060$. In figuur 5 vinden we de plot van PI versus i voor alle 45 meteoren, opgedeeld in groepen ' $Dd < 0,105$ ', ' $Dd < 0,080$ ', en ' $Dd < 0,060$ '. Ook zijn de waarden uit de referentie (Jenniskens, 2016) [3] weergegeven.



Figuur 5. Plot $PI < i$ voor alle in CAMS BeNeLux vastgelegde kandidaten voor #346 XHE.

We zien een plaatje met toenemende concentratie naar de gebruikte referentiewaarden. De 45 meteoren die aan het D-criterium voldoen, zijn mooi verdeeld over de jaren 2014–2018. De twintig banen met $Dd < 0,06$ werden ook gebruikt om de radiantdrift van dit zwermpje te bepalen.

In tabel 2 zijn de mediaan waarden van de geocentrische snelheid, de mediaan van de baanelementen en de gevonden radiantdrift weergegeven.

	CAMS BeNeLux	ref. Jenniskens (2017)
Vg	34,8	34,7
a	2,91	2,74
q	0,977	0,982
e	0,666	0,642
i	59,02	59,4
ω	196,27	191,1
Ω	351,14	352,4
ΔRA	1,11	---
ΔDE	-0,54	---

Tabel 2. Baanelementen en radiantdrift-waarden voor de 20 XHE's met $Dd < 0,06$ (CAMS BeNeLux) en uit Jenniskens (2017) [4].

Hoe bijzonder is 2018?

De zwerm lijkt dus een jaarlijkse (bescheiden) activiteit te hebben. Is de activiteit in 2018 bijzonder, is de volgende vraag. Daarvoor werd opnieuw gekeken naar de 45 meteoren welke tussen 2014 en 2018 aan het D-criterium voldeden.

In 2015 lijkt er een soortgelijk fenomeen als in 2018 te zijn opgetreden. In tabel 3a,b staan radiantpositie, geocentrische snelheid en baanelementen van deze meteoren.

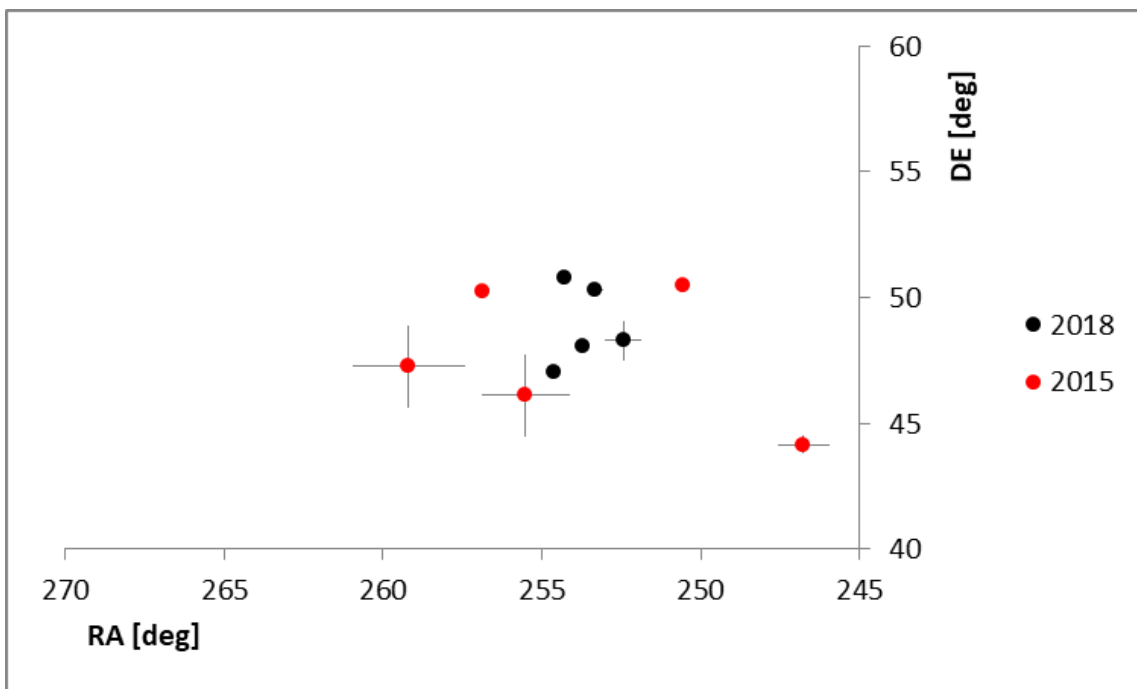
Date	Time (UT)	RA geo	+/-	DECgeo	+/-	Vgeo	+/-	stations
12.03.2015	00:41:13.39	250,537	0,146	50,493	0,133	32,735	0,079	343_382_337
12.03.2015	02:52:57.86	256,872	0,125	50,252	0,199	36,458	0,127	323_356
12.03.2015	03:09:17.68	255,543	1,381	46,099	1,62	38,328	0,6	323_356
12.03.2015	03:36:30.42	259,198	1,761	47,257	1,645	34,43	0,436	313_347
12.03.2015	22:13:42.78	246,774	0,788	44,143	0,327	38,511	0,407	388_381

Tabel 3a. Radiantpositie en geocentrische snelheid van de op 12 maart 2015 vastgelegde XHE's.

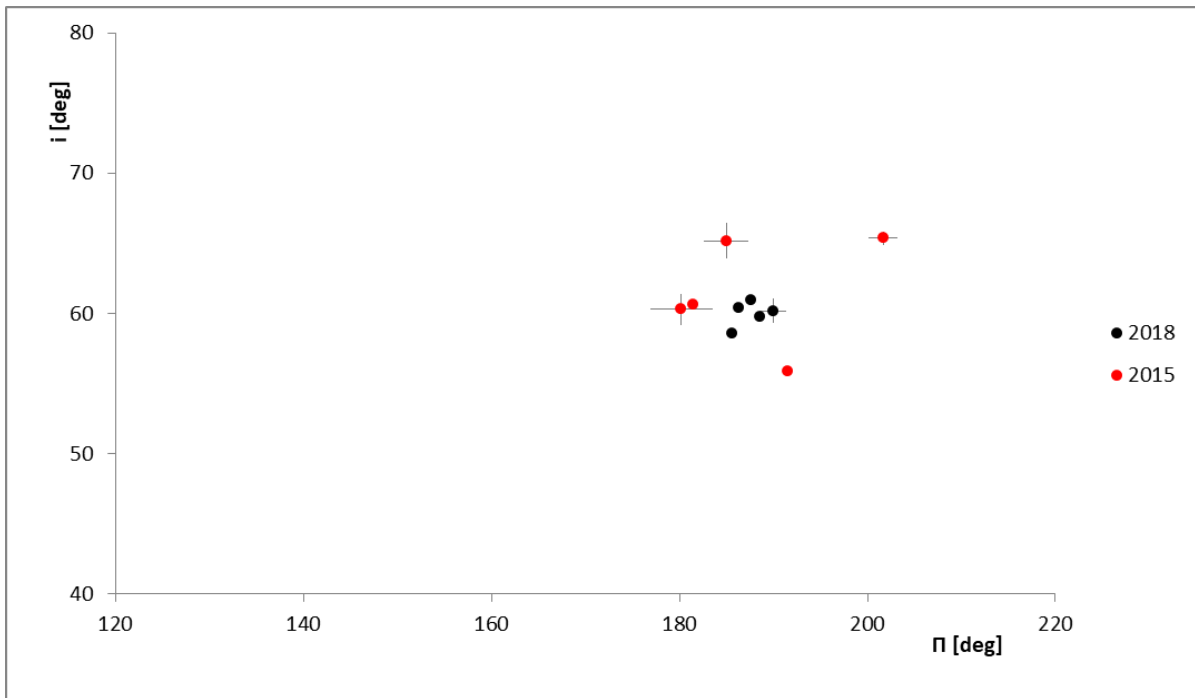
Date	Time (UT)	q (AE)	+/-	e	+/-	i	+/-	ω	+/-	Ω	+/-	Π	+/-
12.03.2015	00:41:13.39	0,96931	0,00067	0,6083	0,006	55,862	0,109	200,664	0,324	350,9069	0	191,571	0,324
12.03.2015	02:52:57.86	0,98614	0,00027	0,795	0,0095	60,596	0,205	190,498	0,202	350,9989	0,0002	181,497	0,201
12.03.2015	03:09:17.68	0,98084	0,0042	0,743	0,079	65,166	1,214	194,047	2,39	351,0101	0,0009	185,057	2,39
12.03.2015	03:36:30.42	0,98894	0,00328	0,5577	0,0676	60,325	1,085	189,193	3,294	351,0294	0,0007	180,223	3,294
12.03.2015	22:13:42.78	0,93791	0,0053	0,7302	0,0252	65,374	0,456	209,901	1,552	351,8014	0,0003	201,702	1,552

Tabel 3b. Baanelementen van de op 12 maart 2015 vastgelegde XHE's.

Om de data van 2015 te kunnen vergelijken met die van 2018 zijn de resultaten van beide jaren in figuur 6 en figuur 7 weergegeven.



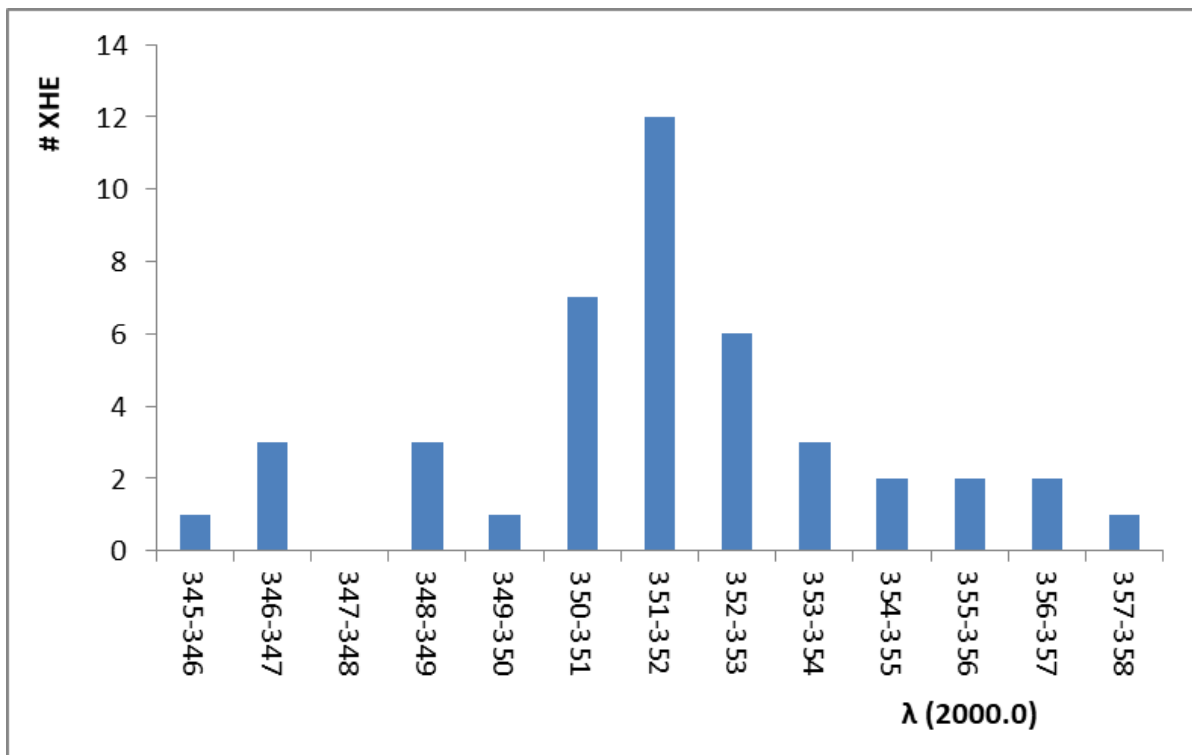
Figuur 6. Radiantposities van de XHE's uit tabel 1a en tabel 3a.



Figuur 7. Plot van PI versus i van de XHE's uit tabel 1b en tabel 3b.

Opvallend is dat zowel in 2015 als in 2018 een clustertje XHE's voorkomt op 12 maart, zij het dat zowel de radiantposities als de baanelementen in 2015 een wat diffuser beeld tonen. Qua zonslengte verscheen het vijftal XHE's van 2018 ook geconcentreerder in de tijd: tussen zonslengte 351,1 graden en 351,3 graden. Het vijftal van 2015 verscheen tussen 350,9 graden en 351,8 graden. Zou er sprake zijn van een maximum van dit zwermpje rond zonslengte 351 graden?

In figuur 8 zien we een histogram van alle gevonden XHE's in de jaren 2014–2018 in stappen van 1 graad zonslengte.



Figuur 8. Histogram van de XHE-activiteit in 2014 – 2018 in stappen van 1 graad zonslengte.

Voor het zonslengte 350–353 graden hebben we de data nog verder opgesplitst in intervallen van 0,5 graden.

λ	# XHE
350,0 - 350,5	1
350,5 - 351,0	6
351,0 - 351,5	8
351,5 - 352,0	4
352,0 - 352,5	3
352,5 - 353,0	3

Tabel 4 : aantallen XHE's op $\lambda=[350;353]$,
in stappen van 0,5 graad zonslengte.

Conclusies

De x Herculiden lijken een zwerm te zijn met een jaarlijkse, zij het bescheiden, activiteit. Hoewel zeker in de eerste jaren het netwerk nog niet zo omvangrijk was, en ook de vaak wisselvallige weersomstandigheden in de BeNeLux in aanmerking moeten worden genomen, lijkt het er op dat het maximum van de activiteit zeer waarschijnlijk rond zonslengte 351 graden valt. Dit is in goede overeenstemming met de waarden die Jenniskens vond in 2016 en 2017 [3, 4]. De waargenomen activiteit in 2015 en 2018 lijkt daarmee een goede afspiegeling van de jaarlijkse activiteit.

Dankwoord

Een woord van dank aan Reinder Bouma voor waardevolle adviezen en het kritisch doorlezen van dit artikel. En natuurlijk een woord van dank aan alle CAMS posten voor hun stevige inzet en vlotte verwerking.

Referenties:

- [1] S. Molau , J. Kac , Results of the IMO Video Meteor Network - March 2009, WGN 37:3, p. 92-93.
- [2] Drummond J. D. (1981). "A test of comet and meteor shower associations". Icarus 45, p. 545-553
- [3] P. Jenniskens et.al., The established meteor showers as observed by CAMS, ICARUS 266 (2016) p. 331 - 354
- [4] Jenniskens P., Baggaley J., Crumpton I., Aldous P., Pokorny P., Janches D., Gural P.S., Samuels D., Albers J., Howell A., Johannink C., Breukers M., Odeh M., Moskovitz N., Collison J., and Ganjuag S. (2017). "A survey of southern hemisphere meteor showers". Planetary Space Science, 154, 21-29.
- [5] P. Jenniskens , P.S. Gural, L. Dynneson, B.J. Grigsby, K.E. Newmane, M. Borden, M. Koop, D. Holman, CAMS: Cameras for Allsky Meteor Surveillance to establish minor meteor showers, ICARUS 216 (2011), p.40 - 61

x Herculiden (346-XHE)

Paul Roggemans & Peter Campbell-Burns

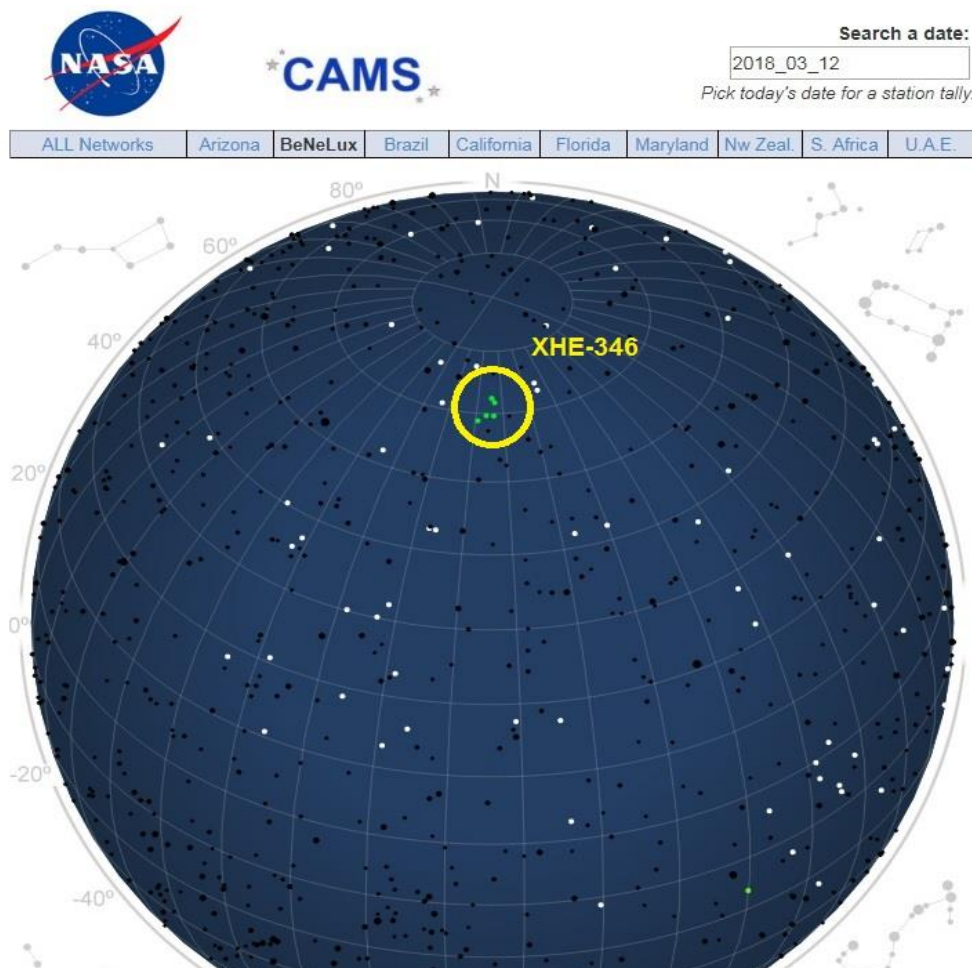
Abstract

A small but remarkable number of orbits of the x Herculids were recorded by the CAMS BeNeLux network on 12 March 2018. An independent search was made among ~686000 public available video meteor orbits. One photographic orbit obtained in 1954 and 6 radar orbits obtained between 1961 and 1969 qualify as possible members of this stream.

The 180 video meteors that fit the minimal similarity D criterion with $D < 0.105$ (Drummond criterion), radiated from R.A. 255.7° and Decl. $+48.8^\circ$ with a geocentric velocity of 34.4 km/s in a time lapse between 339° and 6° in solar longitude with a rather sharp peak around $351.5 \pm 0.4^\circ$. The orbital elements match perfectly with previously published results. There is no indication for any periodicity in the shower displays from year to year. The XHE-meteors are remarkably rich in bright meteors and rather deficient in faint meteors and belong probably to an old remnant of a dust trail produced by a comet of the Jupiter-family. The distinct concentration of the orbits confirms this minor shower as an established meteor stream.

Inleiding

Het CAMS BeNeLux netwerk legde een aantal meteoren vast in de nacht van 11-12 maart 2018 waarvan de banen geïdentificeerd werden als behorende tot de x Herculiden (XHE-346). Het aantal banen is helemaal niet indrukwekkend maar de radiantpunten vallen erg op aan de anders lege hemelkaart rond deze tijd van het jaar. Er is nog steeds weinig bekend van dit inmiddels als "established" erkende zwermje. De auteurs besloten daarom de voor het publiek beschikbare baangegevens te doorzoeken in een poging om deze zwerm beter te documenteren.



Figuur 1. Het beeld van de CAMS radianten kaart voor de nacht van 12 maart 2018 met de merkwaardige concentratie van XHE-346 radianten.

XHE (346) historiek

Een zoektocht naar eerder geregistreerde banen die gelijkenis vertonen met deze zwerm in een catalogus met 4873 nauwkeurige fotografische banen uit de periode 1936 tot 2008 resulteerde in slechts één vergelijkbare baan. Deze meteor werd op 6 maart 1954 gefotografeerd (Jacchia et al., 1967) en voldoet met de hoge drempelwaarde van $DD < 0.04$ aan de vergelijking.

De Harvard radar banen catalogoog 1961-1965 en 1968-1969 (Hawkins, 1963) bevat slechts 6 banen met een zwakke drempelwaarde van $DD < 0.105$ en 3 met $DD < 0.08$.

Het eerder pover aantal beschikbare banen verklaart waarom deze zwerm nooit eerder werd gedetecteerd. De XHE (346) zwerm moest wachten tot er voldoende video meteorbanen beschikbaar waren om te worden ontdekt. We hebben geen enkele data uit niet-simultane radiant analyses geconsulteerd omwille van de hoge graad van pollutie van het radiantgebied met sporadischen in dergelijke statistieken op basis van niet simultaan video werk.

De beschikbare baan data

Twee van de grootste datasets werden heel recent nog bijgewerkt met 2016 en 2017 data en het loont de moeite om te kijken wat we daarin terug kunnen vinden omtrent de XHE (346) zwerm. We hadden de volgende data, status tot maart 2018, beschikbaar voor ons onderzoek:

- EDMOND EU+wereld met 317830 banen (tot 2016). EDMOND verzamelt data van verschillende Europese netwerken die allen samen 311 camera's bedienen (Kornos et al., 2014).
- SonotaCo met 257010 banen (2007-2017). SonotaCo is een amateur video netwerk met meer dan 100 camera's in Japan (SonotaCo, 2009).
- CAMS met 111233 banen (Oktober 2010 – Maart 2013), (Jenniskens et al., 2011). Voor alle duidelijkheid, de CAMS BeNeLux banen voor april 2013 – maart 2018 werden niet in deze analyse beschouwd omdat deze data nog steeds onder embargo staat.

Dit alles bij elkaar is goed voor 686073 video meteor banen.

Eerste benadering en selectie

De aanleiding voor deze analyse zijn de 6 XHE banen die door CAMS BeNeLux werden verschalkt in de nacht van 12 maart 2018. De auteurs volgden de procedure om mogelijke XHE banen te identificeren, beschreven in een eerdere gelijkaardige analyse (Roggemans & Johannink, 2018). Uitgaande van een aantal bekende parameters kunnen we een dataset selecteren om het aantal banen te beperken in tijd en ruimte tot een gebied waar de gezochte banen zich mogelijk kunnen bevinden.

In een eerste poging werden banen geselecteerd in een periode van 1 week voor en 1 week na 12 maart. De lengte van de intervallen werd in kleine stapjes verhoogd tot geen extra kandidaatbanen meer gevonden werden. Uiteindelijk werden alle banen binnen onderstaand interval geselecteerd:

- Tijds interval: $335^\circ < \lambda_0 < 8^\circ$;
- Radiant gebied: $242^\circ < \alpha < 273^\circ$ en $+39^\circ < \delta < +59^\circ$;
- Snelheid : $31.7 \text{ km/s} < v_g < 38.7 \text{ km/s}$.

In totaal werden 377 banen gevonden. Deze 377 banen werden gevonden met alle meteoren die uit de richting van de radiant met de verwachte hoeksnelheid verschenen zodat een niet simultane waarnemer ze allemaal als de XHE zwerm zou associëren. De bedoeling van een analyse op basis van de baanelementen is om te achterhalen hoeveel er van deze banen sporadischen zijn die het radiant gebied contamineren en of er voldoende vergelijkbare banen zijn om een concentratie te vormen die de aanwezigheid van een kleine zwerm aantoont.

Alhoewel we uitgaan van het bekende tijdstip, radiant positie en snelheid als basis om een voorselectie van banen te maken, zullen we geen gebruik maken van bekende baanelementen uit eerder onderzoek als referentiebaan om XHE kandidaten te vinden. Als eerste stap bekijken we of en hoe de mediaan waarden van de geselecteerde dataset zich laten vergelijken met de waarden uit de literatuur. Indien onze dataset een concentratie aan XHE banen bevat dan moeten de mediaanwaarden vergelijkbaar zijn. We bekijken dit voor de hele dataset en ook per sub-dataset voor CAMS, EDMOND en SonotaCo.

De resultaten staan samengevat in tabel 1. Alle combinaties resulteren in een baan die mooi te vergelijken is met de literatuur hetgeen een eerste aanwijzing is dat er een significant aantal banen van de zwerm aanwezig moet zijn. De mediaanwaarden die hier worden opgegeven bevatten eveneens de vervuiling met sporadischen omdat er nog niets gefilterd werd met de discriminatie criteria.

	CAMS	SonotaCo	Edmond	Alles	Referentie (2017)
α_g	256.7°	254.8°	258.8°	256.8°	257.8°
δ_g	+49.1°	+49.0°	+49.0°	+49.0°	+48.7°
v_g	35.6	34.9	34.5	34.8	34.7
a	3.17	2.76	2.70	2.75	2.74
q	0.983	0.979	0.985	0.983	0.982
e	0.692	0.647	0.636	0.645	0.642
ω	191.04°	195.02°	190.16°	192.07°	191.1°
Ω	350.87°	351.67°	351.74°	351.66°	352.4°
i	60.0°	59.1°	59.0°	59.1°	59.4°
N	42	128	207	377	86

Tabel 1. De mediaan waarden voor elke subset van banen, CAMS, SonotaCo en EDMOND, vergeleken met de referentie baan uit de literatuur (Jenniskens et al., 2017).

We passen drie discriminatie criteria toe om de vergelijkbaarheid van de individuele banen te toetsen aan de mediaan waarden als referentie baan. De gebruikte D-criteria zijn deze van Southworth en Hawkins (1963), Drummond (1981) en Jopek (1993). We beschouwen ook 4 verschillende drempelwaarden:

- Zwak: $DSH < 0.25$ & $DD < 0.105$ & $DH < 0.25$;
- Gemiddeld zwak: $DSH < 0.2$ & $DD < 0.08$ & $DH < 0.2$;
- Gemiddeld sterk: $DSH < 0.15$ & $DD < 0.06$ & $DH < 0.15$;
- Sterk: $DSH < 0.1$ & $DD < 0.04$ & $DH < 0.1$.

	CAMS	SonotaCo	Edmond	Alles	Referentie (2017)
α_g	254.8°	255.2°	257.2°	256.4°	257.8°
δ_g	+48.7°	+48.8°	+48.8°	+48.8°	+48.7°
v_g	35.1	34.5	34.2	34.5	34.7
a	2.69	2.63	2.54	2.58	2.74
q	0.981	0.981	0.985	0.983	0.982
e	0.642	0.626	0.613	0.618	0.642
ω	195.01°	194.82°	192.31°	194.05°	191.1°
Ω	351.88°	351.75°	351.88°	351.86°	352.4°
i	60.6°	59.1°	59.0°	59.2°	59.4°
N	18	67	97	182	86

Tabel 2. De mediaan waarden voor elk onderdeel, CAMS, SonotaCo en EDMOND met $DD < 0.105$, vergeleken met de referentie baan uit de literatuur (Jenniskens et al., 2017).

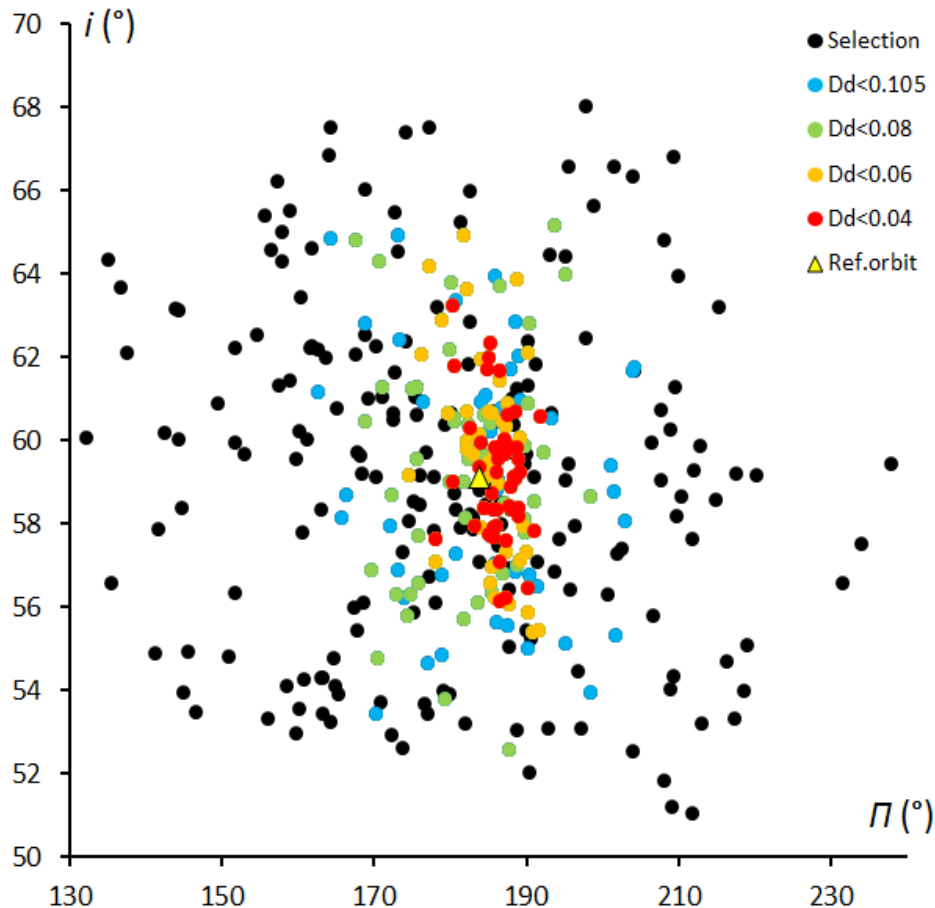
In Tabel 2 selecteren we de banen die tenminste aan de zwakste drempelwaarde voldoen om zo de sporadische contaminatie uit de selectie te elimineren. De mediaan waarden voor elke subset verschillen niet veel met deze uit tabel 1, maar de onderlinge vergelijking wordt beter. In tabel 3 vergelijken we de mediaan waarden voor de banen volgens de 4 hogerstaande drempelwaarden. Opnieuw is er weinig verschil te merken tussen de resultaten. Of we nu de dataset als een geheel, of per netwerk, met of zonder D-criteria beschouwen, allen resulteren in ongeveer dezelfde mediaanwaarden.

	Zwak	Gemiddeld zwak	Gemiddeld sterk	Sterk	Referentie (2017)
α_g	256.4°	255.5°	254.8°	254.1°	257.8°
δ_g	+48.8°	+48.8°	+48.9°	+49.2°	48.7°
v_g	34.5	34.5	34.5	34.6	34.7
a	2.58	2.64	2.66	2.68	2.74
q	0.983	0.981	0.980	0.979	0.982
e	0.618	0.627	0.631	0.635	0.642
ω	194.05°	194.49°	195.42°	196.19°	191.1°
Ω	351.86°	351.69°	351.47°	351.18°	352.4°
i	59.2°	59.3°	59.4°	59.1°	59.4°
N	182	137	89	47	86
S	52%	64%	76%	88%	

Tabel 3. De mediaan waarden volgens de verschillende discriminatie niveaus, vergeleken met de referentie baan uit de literatuur (Jenniskens et al., 2017).

Tabel 3 toont het percentage (S) van banen die falen in het D-criterium en bijgevolg als sporadische vervuiling van het radiant gebied moeten worden beschouwd. Dit is tevens een aanwijzing voor de aanwezigheid van een stof concentratie in deze selectie.

De aanwezigheid van een cluster van sterk vergelijkbare banen komt mooi tot uiting wanneer we de inclinatie i ($^{\circ}$) uitzetten tegenover de lengte van perihelium Π ($^{\circ}$) (figuur 2).



Figuur 2. De grafiek met de inclinatie i ($^{\circ}$) in functie van de lengte van perihelium Π ($^{\circ}$) voor de 377 voorgeselecteerde banen. De kleuren geven de verschillende discriminatie niveaus weer met de mediaan waarden van de volledige dataset als referentie baan.

Definitieve baan selectie

In de verkennende voorstudie maakten we gebruik van de mediaanwaarden gebaseerd op de volledige dataset met inbegrip van de natuurlijke contaminatie met sporadischen als een referentie baan om een cluster van gelijkwaardige banen te benaderen. In deze uiteindelijke benadering gebruiken we de mediaan waarden gebaseerd op de 47 banen die aan het sterke discriminatie criterium of hoge drempelwaarde voldoen, als nieuwe referentie baan om alle D criteria voor de 377 geselecteerde banen opnieuw te berekenen.

Voor de volledigheid herhalen we de procedure uit sectie 4, maar dit keer gebaseerd op de referentiebaan bekomen uit de 47 banen die aan het sterkste criterium voldoen.

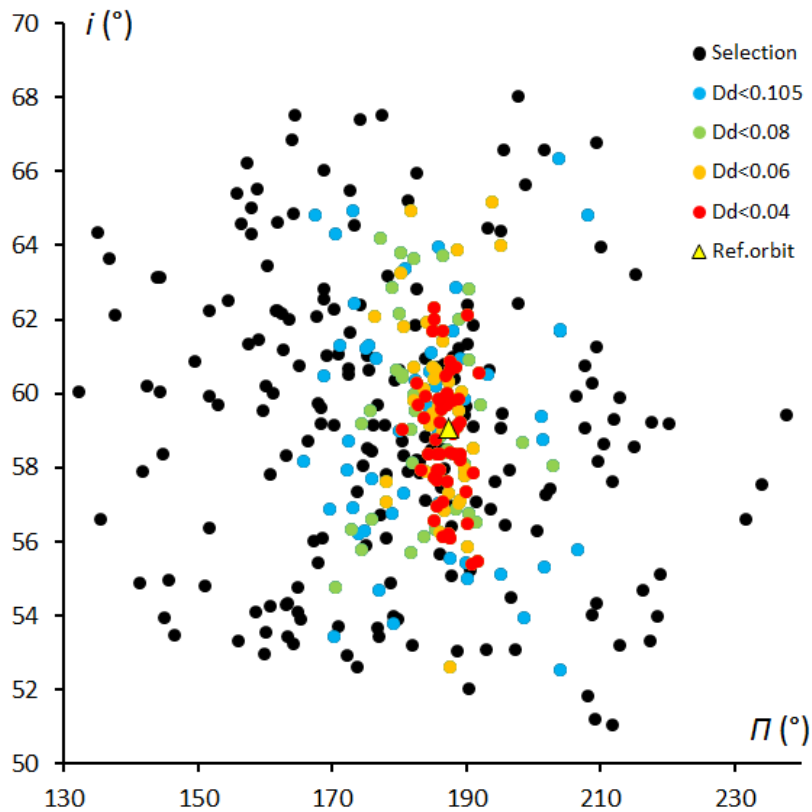
Tabellen 4 en 5 tonen aan dat het uiteindelijk resultaat weinig verschilt ongeacht we de verschillende netwerken afzonderlijk of de verschillende discriminatie niveaus bekijken. We komen telkens uit op een baan die mooi overeenstemt met deze uit de literatuur, behalve voor een klein verschil in argument van perihelium (mogelijk een typefout in de literatuur?). Figuur 3 toont duidelijk de sterke concentratie van de banen nabij de referentie baan met een opvallende spreiding in de inclinatie. De zwarte stippen zijn banen die niet aan het discriminatie criterium voldeden, ruim 52% van onze selectie blijkt sporadische 'vervuiling'. De blauwe stippen vertonen ook nog vrij veel spreiding met banen die maar net aan het zwakste criterium voldoen.

	CAMS	SonotaCo	Edmond	All	Reference (2017)
a_g	255.4°	254.8°	256.7°	255.7°	257.8°
δ_g	+48.6°	+48.8°	+48.8°	+48.8°	+48.7°
v_g	35.1	34.5	34.2	34.4	34.7
a	2.68	2.63	2.54	2.57	2.74
q	0.981	0.980	0.983	0.981	0.982
e	0.641	0.626	0.613	0.618	0.642
ω	195.17°	195.14°	193.29°	194.42°	191.1°
Ω	351.84°	351.70°	351.91°	351.80°	352.4°
i	60.6°	59.1°	59.0°	59.1°	59.4°
N	17	67	96	180	86

Tabel 4. De mediaan waarden voor elk onderdeel, CAMS, SonotaCo en EDMOND met $DD < 0.105$, op basis van de baan uit tabel 3 met de sterkste D criteria als referentiebaan, vergeleken met de referentie baan uit de literatuur (Jenniskens et al., 2017).

	Low	Medium low	Medium high	High	Reference (2017)
a_g	255.7°	254.8°	254.2°	253.4°	257.8°
δ_g	+48.8°	+48.8°	+48.9°	+49.2°	48.7°
v_g	34.4	34.4	34.5	34.5	34.7
a	2.57	2.57	2.64	2.67	2.74
q	0.981	0.980	0.979	0.978	0.982
e	0.618	0.617	0.627	0.633	0.642
ω	194.42°	195.17°	196.13°	196.35°	191.1°
Ω	351.80°	351.65°	351.28°	351.05°	352.4°
i	59.1°	59.1°	59.2°	58.9°	59.4°
N	180	127	92	53	86
S	52%	66%	76%	86%	

Tabel 5. De mediaan waarden volgens de verschillende discriminatie niveaus, op basis van de baan uit tabel 3 met de sterkste D criteria als referentiebaan, vergeleken met de referentie baan uit de literatuur (Jenniskens et al., 2017).



Figuur 3. De grafiek met de inclinatie i (°) in functie van de lengte van perihelium Π (°) voor de 377 voorgeselecteerde banen. De kleuren geven de verschillende discriminatie niveaus weer op basis van de baan uit tabel 3 met de sterkste D criteria als referentiebaan.

Case study XHE 346: de resultaten

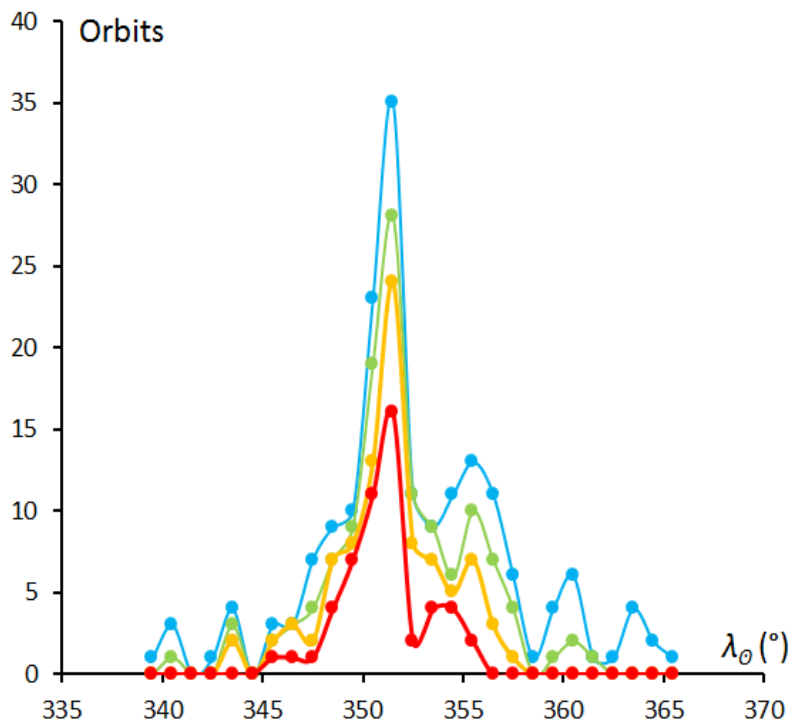
De uiteindelijke selectie van 180 mogelijke XHE-346 banen omvatten 17 CAMS banen (van de 42), 96 EDMOND banen (van de 207) en 67 SonotaCo banen (van de 128). Alhoewel 48% van de voorgeselecteerde banen voldoen als mogelijke XHE-346 zwermliden, slechts 14% voldoen aan het strengste D criterium hetgeen wijst op een sterke aanwezigheid van sporadische banen in dit gebied.

Aktiviteitsperiode en profiel

De eerste XHE-346 baan werd gedetecteerd rond $\lambda\odot = 339.5^\circ$, de laatste omstreeks $\lambda\odot = 5.3^\circ$. Dit komt overeen met een aktiviteitsperiode van ruwweg 28 februari tot 26 maart. De belangrijkste aktiviteit stellen we vast in de tijdsspanne van $347^\circ < \lambda\odot < 358^\circ$, of 8 tot 18 maart, met de piek XHE aktiviteit op 12 maart rond $\lambda\odot = 351.5 \pm 0.4^\circ$ (Figuur 4). Er is geen indicatie voor enige jaarlijkse variatie in de XHE aktiviteit. De variatie in het aantal banen van jaar tot jaar weerspiegelt het totaal aantal banen verzameld door de verschillende cameranetwerken (zie Tabel 6). Aangezien het onmogelijk is om uurfrequenties voor dit soort kleine zwermpjes te berekenen biedt het aantal banen per graad zonnelongte een mooi alternatief om een aktiviteitsprofiel te bepalen. De aktiviteitsperiode waarin XHE meteoren kunnen gepakt worden situeert zich tussen $\lambda\odot > 339^\circ$ en $\lambda\odot < 6^\circ$. Dit profiel wordt weergegeven in figuur 4. Let op de erg scherpe piek bij $\lambda\odot_{\max} = 351.5 \pm 0.4^\circ$, omstreeks 12 maart.

Jaar	Banen	Jaar	Banen
2006	0	2012	18
2007	6	2013	26
2008	4	2014	27
2009	17	2015	28
2010	7	2016	17
2011	23	2017	7

Tabel 6. Het aantal XHE 346 banen per jaar ($DD < 0.105$).



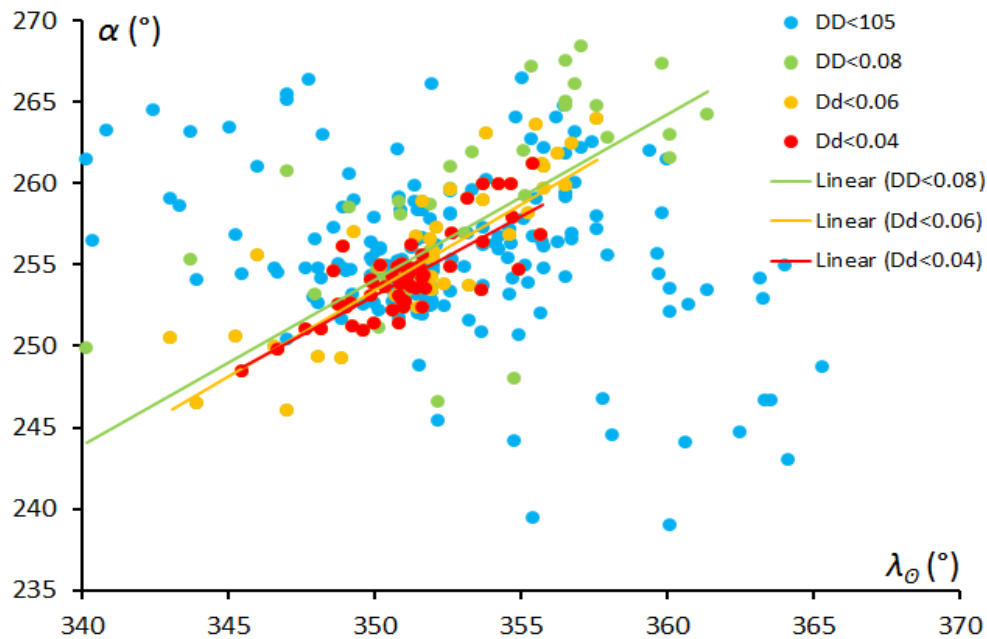
Figuur 4. Het aantal XHE-346 banen verzameld per graad in zonnelongte $\lambda\odot$ gedurende de periode 2007–2017 met blauw voor $DD < 0.105$, groen voor $DD < 0.08$, oranje voor $DD < 0.06$ en rood voor $DD < 0.04$.

Radiant positie, drift en diameter

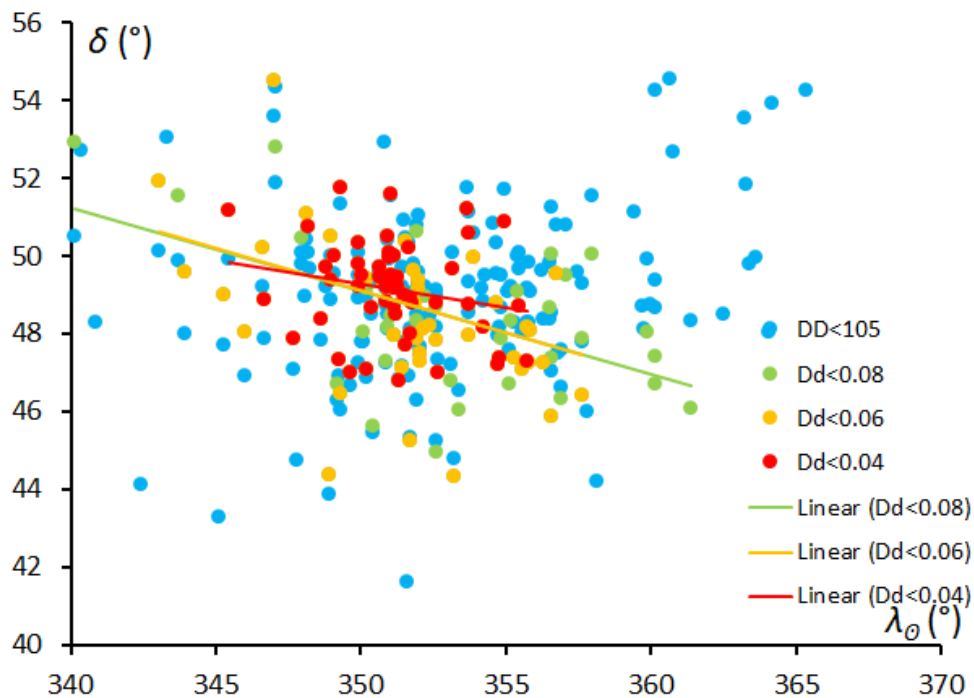
Met een radiant positie op $\alpha = 355.7^\circ$ en $\delta = +48.8^\circ$, geldig voor $\lambda\odot = 351.5^\circ$ moet de radiant drift vrij eenvoudig te bepalen zijn. De radiant posities van de banen die slechts aan het zwakste D criterium voldoen vertonen te veel spreiding. Dit wijst er wellicht op dat dit niveau te zwak is om alle sporadische banen te elimineren. De gemiddeld zwakke en gemiddeld sterke drempelwaarden dekken een representatieve tijdspanne met een aanvaardbare spreiding op de posities. Het strengste D-criterium is minder geschikt omdat het een te

bepaalde periode in tijd omvat. Als compromis gebruiken we de posities van het gemiddeld sterke niveau ($DD < 0.06$) om de radiant drift te bepalen (zie Figuren 5 en 6). Dit resulteert in de volgende radiant drift:

$$\Delta\alpha = 1.05^\circ / \lambda\Theta \text{ en } \Delta\delta = -0.22^\circ / \lambda\Theta.$$



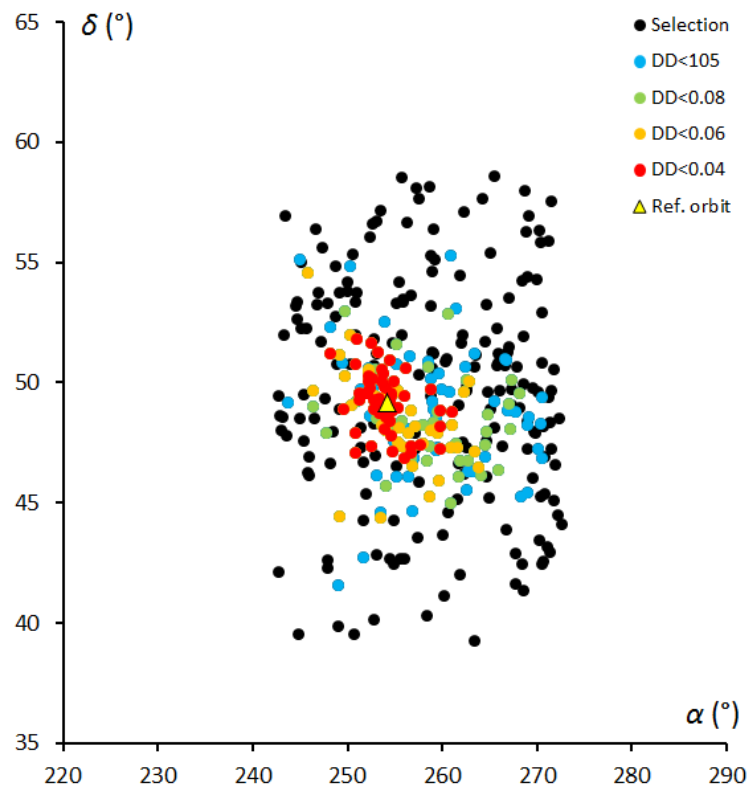
Figuur 5. Radiant drift in Rechte Klimming α in functie van de zonnengte $\lambda\Theta$. De verschillende kleuren geven de 4 verschillende niveaus van de D-criteria gaande van zwak tot sterke overeenkomst.



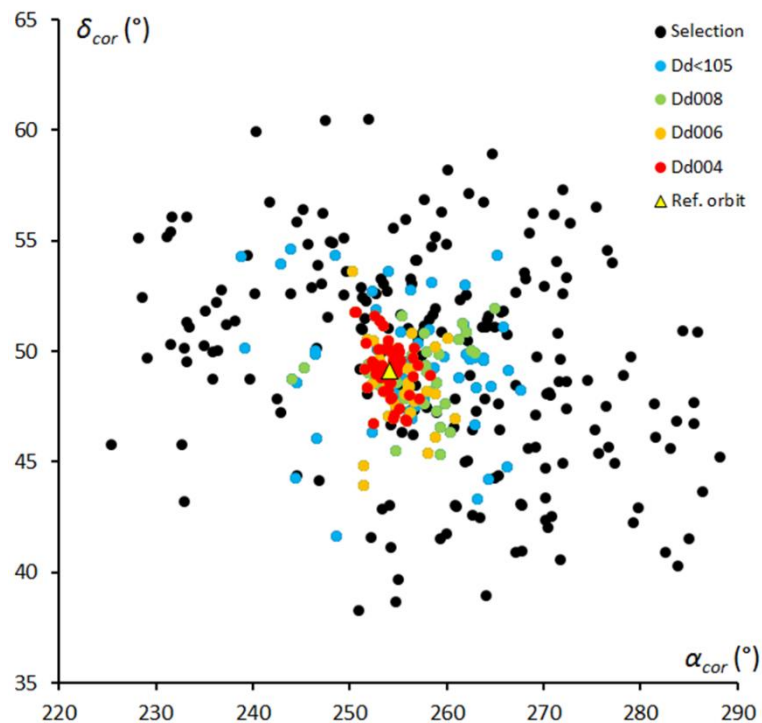
Figuur 6. Radiant drift in declinatie δ in functie van de zonnengte $\lambda\Theta$. De verschillende kleuren geven de 4 verschillende niveaus van de D-criteria gaande van zwak tot sterke overeenkomst.

Vervolgens passen we de radiantdrift toe om een idee te krijgen van de omvang van de radiant (figuur 8). Hieruit ontstaat een beeld van een vrij compacte radiant enigszins uitgetrokken in declinatie. Als we de radiantgecorrigeerde kaart vergelijken met de originele posities (Figuur 7) dan zien we dat de radianten waarvoor de banen niet aan het D criterium voldeden aanzienlijk sterker verspreid geraken, ook sommige radianten van de banen met het zwakste D criterium (blauw) worden meer uitgesmeerd hetgeen erop wijst dat

dit waarschijnlijk sporadischen zijn. Hoe sterker het D criterium, hoe sterker de samentrekking van de radianten in de compacte XHE radiant.



Figuur 7. Kaart met de radiant posities zoals geselecteerd. De verschillende kleuren geven de 4 verschillende niveaus van de D-criteria gaande van zwak tot sterke overeenkomst.



Figuur 8. Kaart met de radiant posities gecorrigeerd voor de radiant drift. De verschillende kleuren geven de 4 verschillende niveaus van de D-criteria gaande van zwak tot sterke overeenkomst. Bemerkt hoe de spreiding van de zwarte en sommige blauwe punten toeneemt terwijl de groene en vooral oranje en rode punten samentrekken binnen een compacte radiant diameter.

Andere zwerm karakteristieken

De X Herculids (346) zijn vooral rijk in gemiddeld heldere meteoren en weinig zwakke, hetgeen er op kan wijzen dat het om een overblijfsel gaat van een oude meteorenzwerm. Met een geocentrische snelheid van 34.4 km/s, zijn de XHE-346 net iets sneller dan de Geminiden (GEM-4) met 33.8 km/s en trager dan de Quadrantiden (QUA-10) met 40.7 km/s. De mediaan waarden voor de beginhoogte met 96.2 ± 4.2 km en een eind hoogte van 84.4 ± 6.0 km zijn mooi vergelijkbaar met de waarden die we voor de Geminiden hebben gevonden (Roggemans, 2017).

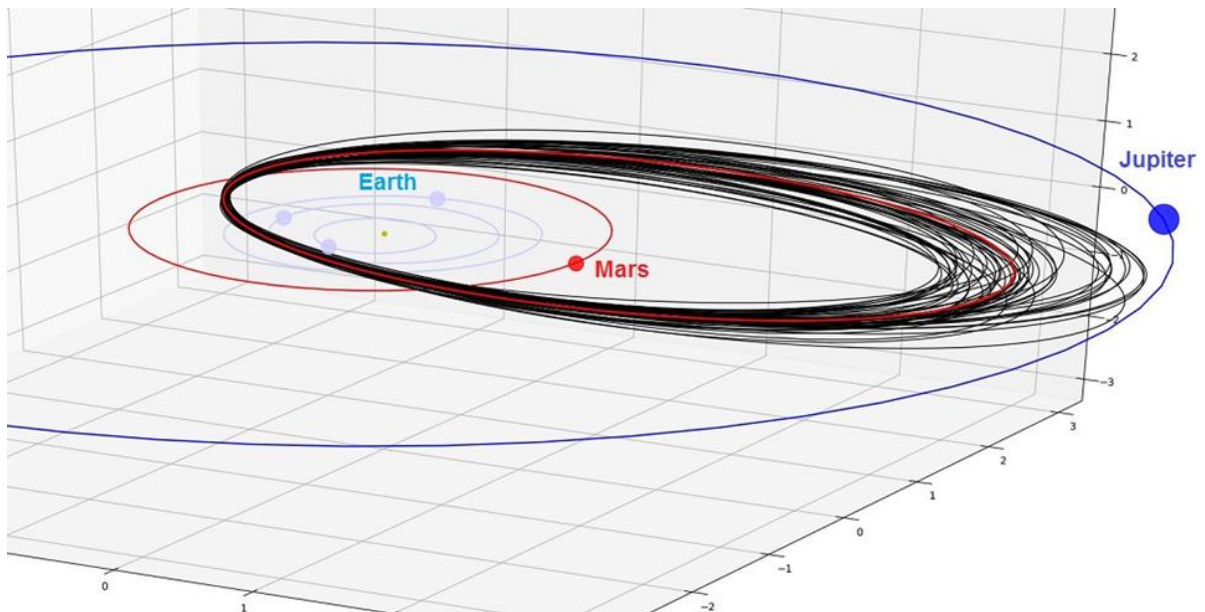
Dr. Peter Jenniskens (Jenniskens et al., 2016) plaatste deze zwerm in de groep van de Jupiter familie kometen, alhoewel de inclinatie vrij hoog is vergeleken met andere zwermen in deze groep.

De uiteindelijke banen die we in deze analyse vinden staan samengevat in tabel 7 en zijn goed vergelijkbaar met de enige twee betrouwbare referenties voor de x Herculids tot dusver. De resultaten komen perfect overeen met de literatuur waarden. Teneinde de distributie van de 53 individuele banen ($DD < 0.04$) ruimtelijk voor te stellen hebben we deze weergegeven in figuur 8 en vergeleken met de baan op basis van de mediaan waarden weergegeven in rood. De 3D weergave toont mooi de spreiding op de banen. Gezien vanuit een positie in het ecliptica vlak wordt de spreiding nabij de het aphelium beter zichtbaar met een inclinatie van ongeveer 59° ten opzichte van dit ecliptica vlak (figuur 10). Figuur 11 toont het beeld gezien vanuit een positie in het baanvlak van de XHE zwerm en toont de spreiding in inclinatie beter.

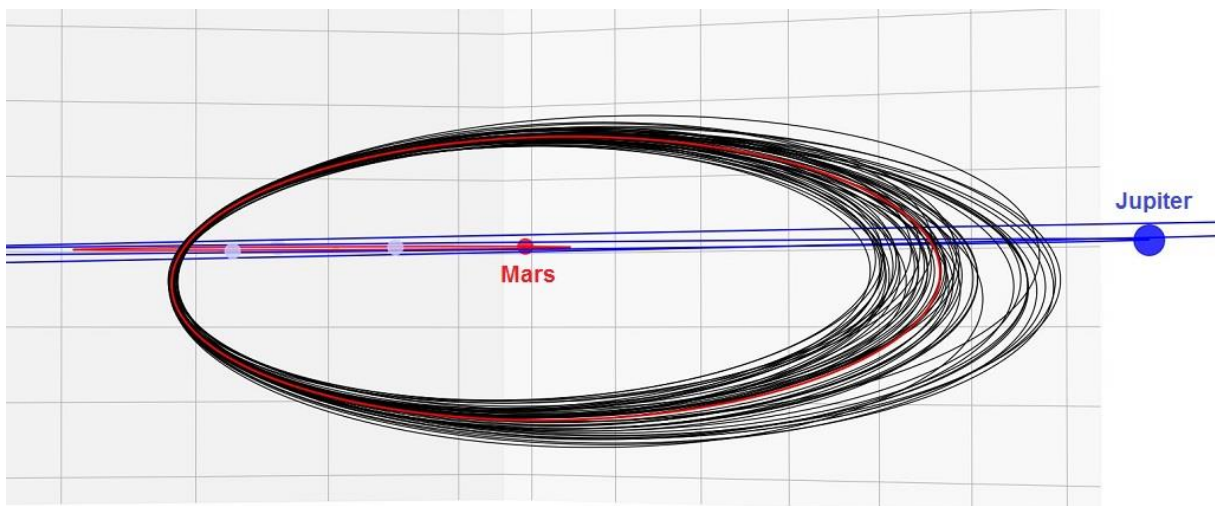
Het is duidelijk dat de gravitatie kracht van de planeet Jupiter een groot aandeel heeft in de baan evolutie van het stofspoor dat ooit werd geproduceerd door een komeet van de Jupiter familie. De spreiding in inclinatie die we ook in figuur 3 merken is waarschijnlijk een resultaat van deze gravitationele krachten.

λ_o ($^\circ$)	a_g ($^\circ$)	δ_g ($^\circ$)	Δa ($^\circ$)	$\Delta \delta$ ($^\circ$)	v_g km/s	a AE	q AE	e	ω ($^\circ$)	Ω ($^\circ$)	i ($^\circ$)	N	Bron
350	253.0	+49.2	+0.48	- 0.10	35.2	2.99	0.975	0.673	196.7	350.0	59.8	5	Jenniskens et al. (2016)
352.4	257.8	+48.7	-	-	34.7	2.74	0.982	0.642	191.1	352.4	59.4	86	Jenniskens et al. (2017)
351.8	255.7 ± 5.7	+48.8 ± 2.1	-	-	34.4 ± 1.4	2.57 ± 0.46	0.981 ± 0.011	0.618 ± 0.058	194.4 ± 7.1	351.8 ± 4.7	59.1 ± 2.6	180	Deze analyse $D_D < 0.105$
351.6	254.8 ± 4.7	+48.8 ± 1.7	+1.02	- 0.22	34.4 ± 1.2	2.57 ± 0.32	0.980 ± 0.009	0.617 ± 0.043	195.2 ± 5.4	351.6 ± 3.5	59.1 ± 2.3	127	Deze analyse $D_D < 0.08$
351.3	254.2 ± 3.6	+48.9 ± 1.6	+1.05	- 0.22	34.5 ± 1.1	2.64 ± 0.27	0.979 ± 0.007	0.627 ± 0.037	196.1 ± 3.8	351.3 ± 2.8	59.2 ± 2.1	92	Deze analyse $D_D < 0.06$
351.1	253.9 ± 2.6	+49.2 ± 1.2	+0.97	- 0.12	34.5 ± 0.9	2.67 ± 0.20	0.978 ± 0.005	0.633 ± 0.026	196.4 ± 2.7	351.1 ± 2.1	58.9 ± 1.7	53	Deze analyse $D_D < 0.04$

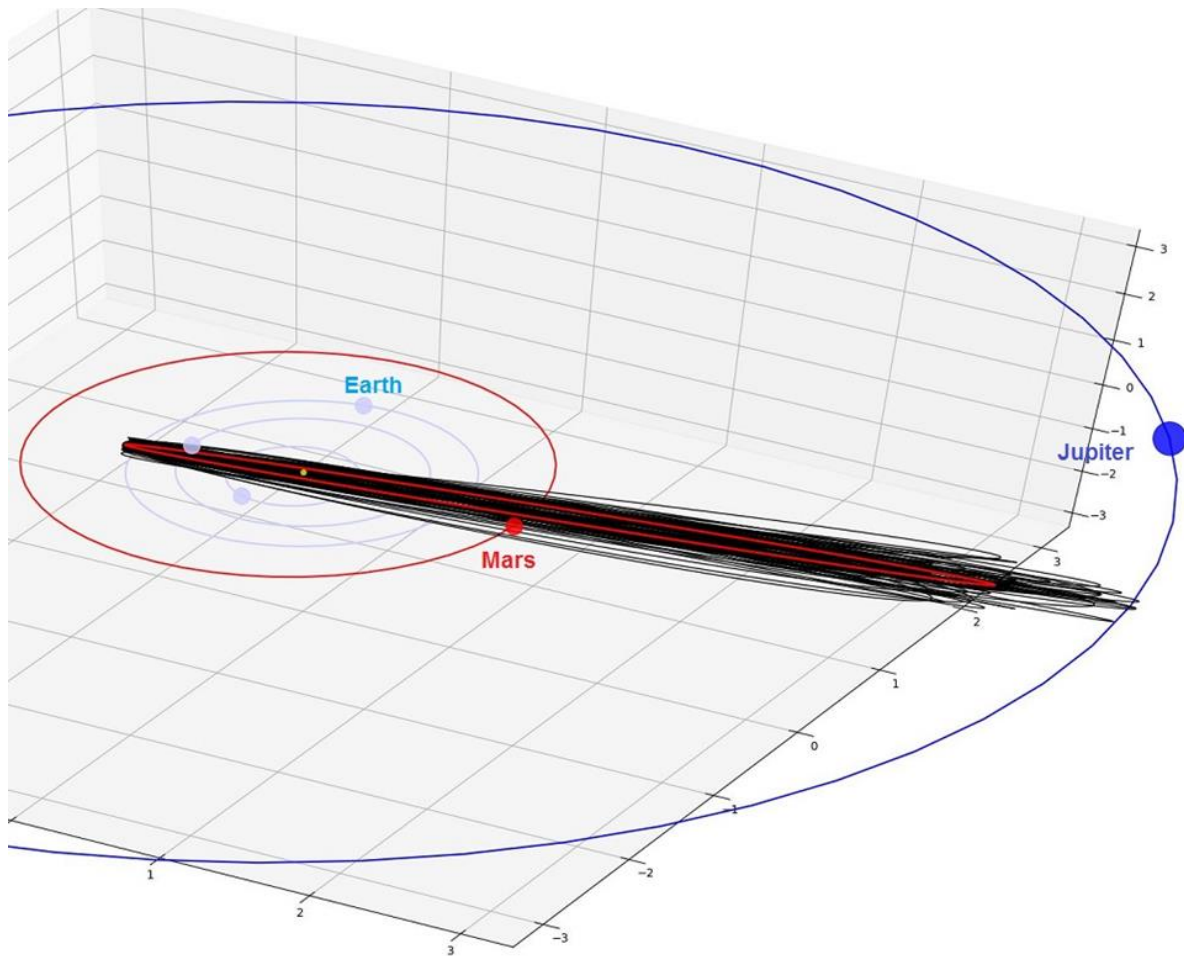
Tabel 7. De baangegevens van de X Herculids (XHE-346) allen J2000, de standaard deviatie σ is als \pm vermeld waar beschikbaar.



Figuur 9. Een 3D weergave van de 53 banen die voldoen aan het sterke D criterium $DSH < 0.1$ & $DD < 0.04$ & $DH < 0.1$. met de finale baan gebaseerd op de mediaanwaarden voor de x Herculids (#346) in deze case study. (Auteur Peter Cambell-Burns).



Figuur 10. Een kijk vanuit een positie in het ecliptica vlak op de concentratie van de 53 x Herculids banen (zwart) en de resulterende referentie baan (rood), met een inclinatie van $58.9 \pm 1.7^\circ$ ten opzichte van het ecliptica vlak. (Auteur Peter Cambell-Burns).



Figuur 11. Een blik vanuit een positie in het baanvlak van de x Herculids zwerm met de 53 x Herculids banen (zwart) en de resulterende baan (rood) . (Auteur Peter Cambell-Burns).

Conclusies

Een onderzoek aan baangegevens van de grootste video camera netwerken ter wereld, goed voor ~686000 banen (status maart 2018), resulteerde in 180 kandidaat XHE-banen. 53 banen voldoen aan het strengste D criterium met $DD < 0.04$. Een analyse van de beschikbare banen levert een onafhankelijk bewijs voor de aanwezigheid van een duidelijke concentratie van gelijkaardige banen. De nieuwe resulterende referentie baan is perfect vergelijkbaar met de eerder gepubliceerde banen.

Er werden elk jaar sinds 2007 leden van deze zwerm gedetecteerd in een tijdspanne tussen 339° en 6° in zonnelongte met een eerder scherp maximum omstreeks $\lambda_0 = 351.5 \pm 0.4^\circ$. Er is geen enkele aanwijzing voor een periodiciteit in de zwerm activiteit. De uitgesmeerde vorm van deze zwerm en de dominantie van gemiddeld heldere meteoren en het gebrek aan zwakker spul wijzen in de richting van een oud stofspoor waarschijnlijk ooit geproduceerd door een komeet van de Jupiter familie.

Dankwoord

De auteurs bedanken Jakub Koukal voor het bijwerken van de EDMOND dataset met de meest recente data, het SonotaCo Network (Simultaneously Observed Meteor Data Sets SNM2007-SNM2017), CAMS (2010-2013) en aan alle camera operatoren die zich inzetten in deze cameranetwerken.

Literatuur

- Drummond J. D. (1981). "A test of comet and meteor shower associations". *Icarus*, 45, 545–553.
- Hawkins G. S. (1963). "The Harvard radio meteor project". *Smithsonian Contributions to Astrophysics*, 7, 53–62.
- Jacchia L., Verniani F. and Briggs R. E. (1967). "An Analysis of the Atmospheric Trajectories of 413 Precisely Reduced Photographic Meteors". *Smithsonian Contributions to Astrophysics*, 10, 1–139.
- Jenniskens P., Gural P. S., Grigsby B., Dynneson L., Koop M. and Holman D. (2011). "CAMS: Cameras for Allsky Meteor Surveillance to validate minor meteor showers". *Icarus*, 216, 40–61.
- Jenniskens P., Nénon Q., Albers J., Gural P.S., Haberman B., Holman D., Morales R., Grigsby B.J., Samuels D., Johannink C. (2016). "The established meteor showers as observed by CAMS". *Icarus*, 266, 331–354.
- Jenniskens P., Baggaley J., Crumpton I., Aldous P., Pokorny P., Janches D., Gural P.S., Samuels D., Albers J., Howell A., Johannink C., Breukers M., Odeh M., Moskovitz N., Collison J., and Ganjuag S. (2017). "A survey of southern hemisphere meteor showers". *Planetary Space Science*, 154, 21–29.
- Jopek T. J. (1993). "Remarks on the meteor orbital similarity D-criterion". *Icarus*, 106, 603–607.
- Kornoš L., Matlovič P., Rudawska R., Tóth J., Hajduková M. Jr., Koukal J., and Piffel R. (2014). "Confirmation and characterization of IAU temporary meteor showers in EDMOND database". In Jopek T. J., Rietmeijer F. J. M., Watanabe J., Williams I. P., editors, *Proceedings of the Meteoroids 2013 Conference*, Poznań, Poland, Aug. 26–30, 2013. A.M. University, pages 225–233.
- Roggemans P. (2017). "Variation in heights of CAMS meteor trajectories". *eMN*, 2, 80–86.
- Roggemans P. and Johannink C. (2018). "A search for December alpha Bootids (497)". *eMN*, 3, 64–72.
- SonotaCo (2009). "A meteor shower catalog based on video observations in 2007–2008". *WGN, Journal of the International Meteor Organization*, 37, 55–62.
- Southworth R. R. and Hawkins G. S. (1963). "Statistics of meteor streams". *Smithson. Contrib. Astrophys.*, 7, 261–286.