

Nederlandse videowaarnemingen van de Ursidenuitbarsting 2000

Marc de Lignie¹ en Carl Johannink²

¹ Steve Bikostraat 298, 3573 BH Utrecht, Nederland [m.c.delignie@xs4all.nl]

² Schiefestrasse 36, 48599 Gronau, Duitsland [cjohannink@netside.de]

English summary

Orbits and trajectories are presented of 28 sporadic meteors observed during the Ursid campaigns of 1997 and 2000 in the USA and of 2000 in The Netherlands. For the latter campaign data on the Ursids are provided as well. Remaining Ursid data were published in [3]. The large size of the Ursid radiant area and the lack of a central condensation is supposed to be related to the dynamic origin of the Ursid outbursts as described in [3]. The sample of sporadic data is too small for a minor shower analysis. Nevertheless, some groupings are noticed and a possible Coma Berenecid member (no. 97624) is indicated.

Voorspelling

Begin december 2000 kwamen Peter Jenniskens en Esko Lyytinen met de voorspelling dat de Ursiden zwerm dat jaar een verhoogde activiteit zou laten zien [1]. De voorspelling was gebaseerd op een computermodel dat voor de Leoniden is ontwikkeld en voor die zwerm heel succesvol is gebleken. Het model laat tot ver in het verleden de moederkomeet bij elke perihelionpassage een wolk stof uitstoten. Uit een wolk worden een groot aantal individuele testdeeltjes door de jaren en eeuwen gevolgd, waarbij rekening wordt gehouden met verstoringen door planeten en door niet-gravitationele effecten zoals stralingsdruk en ontgassing. Om te kijken of een meteorzwerm in een jaar, bovenop de jaarlijkse activiteit, verhoogde activiteit laat zien, wordt voor de korte periode dat de Aarde dat jaar door de zwerm kruist gekeken of er van een wolk veel testdeeltjes in de buurt zijn.

Inderdaad voorspelde het model voor de Ursiden 2000 een verhoogde activiteit. De stofwolken uit 1392 en 1405 zouden hiervoor verantwoordelijk zijn en tussen 7 en 9 uur UT het best zichtbaar moeten zijn.

Het genoemde model is ook op de moederkomeet van de Ursiden van toepassing, omdat deze komeet net als

de moederkomeet van de Leoniden van het Halley type is, d.w.z. een kortperiodieke komeet waarvan de evolutie wordt gedomineerd door het zwaartekrachtsveld van Jupiter. Wel was de voorspelling speciaal in de zin dat in de periode van 1400 tot heden de stofdeeltjes zo'n 6.5 jaar achterop waren geraakt ten opzichte van de komeet. Omdat de periode van de komeetbaan circa 13 jaar bedraagt zou de komeet ten tijde van de uitbarsting in het aphelion staan!

Waarnemingen

Aangespoord door deze voorspellingen hielden de Nederlandse waarnemers de weersvoorspellingen extra goed in de gaten. Toen de vooruitzichten voor de nacht van 21/22 december inderdaad meer dan hoopvol werden, organiseerde Casper ter Kuile snel een simultaannetwerk voor de Nederlandse videocamera's. Klaas Jobse opereerde vanuit Oostkapelle, Romke Schievink vanuit de Volkssterrewacht Twente te Lattrop, Robert Haas vanuit Alphen a/d Rijn, terwijl ook Casper zelf zijn thuislocatie in De Bilt tot video-observatorium bombardeerde.

De Nederlandse waarnemers kregen een prima blik op de Ursiden 2000, maar van hoge activiteit was geen sprake omdat even na 6 uur UT de

waarnemingen afgebroken moesten worden vanwege de schemering. Wel was gedurende de nacht een gestaag klimmende ZHR te zien in het bereik 10-20 [2]. Gebaseerd op de Nederlandse waarnemingen en op video- en radio waarnemingen vanaf de USA westkust concludeert Peter Jenniskens dat de ZHR rond 8 uur UT een waarde van rond de 90 moet hebben bereikt [2].

Ondanks de weinig spetterende indruk die de zwerm op de visuele waarnemers maakte, waren de Nederlandse videowaarnemingen een groot succes. De aantallen treffers waren respectievelijk 42 in Oostkapelle, 30 in De Bilt, 7 in Lattrop en 16 in Alphen a/d Rijn. Vooral laat in de nacht bestond een groot deel van de treffers uit Ursiden. Het belang van het succes van deze video-actie wordt nog vergroot door het feit dat er geen fotografische waarnemingen van deze uitbarsting beschikbaar zijn. Dit had enerzijds te maken met de geringe gemiddelde helderheid van de Ursiden, maar anderzijds is deze keer er ook minder moeite gestoken in de fotografie, hetgeen natuurlijk jammer is.

Dataverwerking

In vergelijking met de Leoniden 1998 en 1999 was de verwerking van de videowaarnemingen van de Ursiden

2000 relatief een peuleschil. Wel was de klus groter dan blijkt uit bovenstaand waarnemingsverslag, omdat we ook de videowaarnemingen uit de USA hebben verwerkt, in totaal zo'n 40 Ursiden simultaansets.

Uiteindelijk leverden de Nederlandse videowaarnemingen 18 bruikbare Ursiden simultaansets op en 10 sporadische. Een drietal van deze sets was zelfs waargenomen vanuit drie stations, hetgeen een nog nauwkeuriger controle op de resultaten mogelijk maakt. De resultaten zijn te zien in tabellen 1 en 2. In deze tabellen staan ook de Amerikaanse sporadischen uit december 1997 en 2000. De Amerikaanse Ursiden uit 1997 en 2000 zijn uitgebreid beschreven in [3] en daarom hier niet opnieuw opgenomen.

Ursiden

Een plotje van het radiantgebied geeft een goede eerste indruk van de banen van de Ursiden (zie figuur 1). In deze figuur zijn zowel de Nederlandse als de Amerikaanse waarnemingen verwerkt. Een aantal zaken valt op:

- er is een separate groep van radiantpunten met een rechte klimming kleiner dan 215 graden
- het radiantgebied is behoorlijk uitgestrekt
- het radiantgebied heeft geen duidelijke centrale verdichting maar is redelijk uniform gevuld met datapunten
- het radiantgebied is iets breder in declinatie dan in rechte klimming (houd er rekening mee dat vijf graden in rechte klimming circa 1,3 graden aan de hemel bestrijken)

Wat betreft de grootte van het radiantgebied kunnen we een vergelijking maken met de videowaarnemingen aan de uitbarstingen van de Leoniden 1998 en Alfa-Monocerotiden 1995. Deze waarnemingen leverden een radiantgebied op van slechts een halve graad diameter. Hierbij gaat het echter om zwermen met een zeer hoge geocentrische snelheid, waarbij verschillen in heliocentrische baanrichting

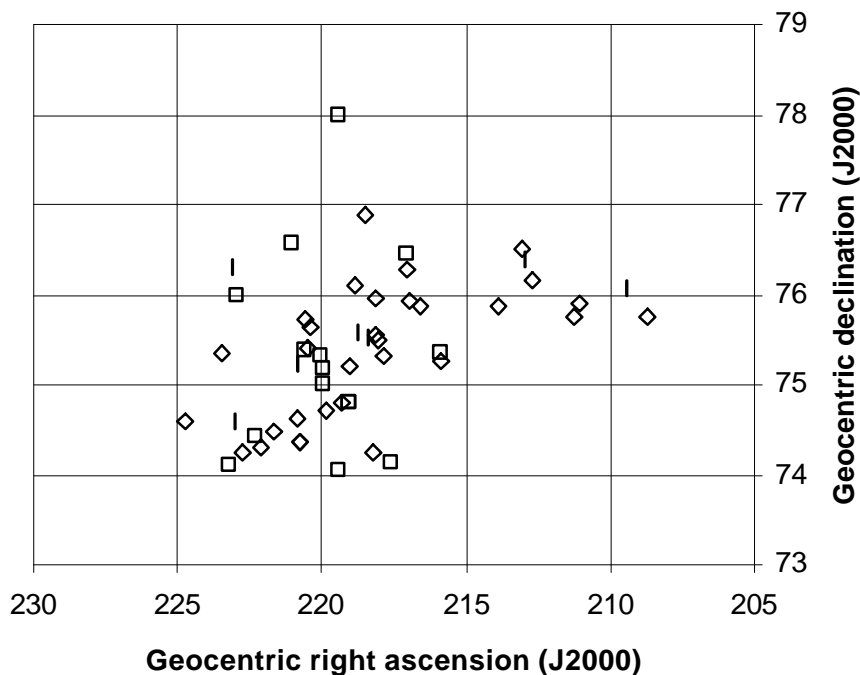


Figure 1: The radiant area for the 2000 Ursids based on double-station video observations. Squares are based on observations in The Netherlands [this work], diamonds on observations in the USA [3].

relatief worden verkleind door het optellen van een constante snelheid van de Aarde. Bij de Ursiden met een geocentrische snelheid van slechts 33 km/s worden verschillen in baanrichting juist uitvergroot door het corrigeren voor de snelheid van de Aarde. Niettemin blijft het radiantgebied opvallend groot als je het bijvoorbeeld vergelijkt met het radiantgebied van de Geminiden, met een diameter van circa 1,5 graden en een identieke geocentrische snelheid. We zien hierin wellicht de signatuur van de dynamische geschiedenis van de Ursiden-deeltjes. Inderdaad blijkt uit het model van Lyytinen dat de oude stofwolken van de Ursiden door planeetstoringen op zeer grillige wijze uit elkaar zijn getrokken. Een zwerm als de Geminiden heeft door zijn korte baanperiode juist een relatief beschermde positie.

Bovenstaande beschrijving van planeetstoringen verklaart wellicht ook het ontbreken van een centrale condensatie in het radiantgebied. Door de planeetstoringen wordt enerzijds het radiantgebied vergroot, maar zijn er

anderzijds vrij scherpe grenzen waarbinnen de deeltjes nog in een zogenaamde baanresonantie met Jupiter blijven, een voorwaarde voor een stofwolk om al die eeuwen bij elkaar te blijven en niet over de hele baan verspreid te raken.

De asymmetrie van het radiantgebied (breder in declinatie dan in rechte klimming) zou te maken kunnen hebben met de mogelijkheid dat in 2000 deeltjes van twee stofwolken zijn gezien (namelijk die uit 1392 en 1405 [3]). Inderdaad geven Jenniskes en Lyytinen aan dat de radianten van deze twee stofwolken 0,3 graad in declinatie verschillen, terwijl de rechte klimming dezelfde is [3].

De aparte groep van Ursiden radiantpunten met een rechte klimming kleiner dan 215 graden is een beetje een raadsel. Deze punten verschijnen in tijd vrij uniform over de Amerikaanse waarneemperiode, maar komen niet voor in de Nederlandse waarnemingen. Anderzijds bestaan de Amerikaanse waarnemingen uit twee sets verkregen met separate camera's en in die sets komen deze aparte radiantpunten

gelijkelijk voor. Jenniskens merkt in [3] ook op dat deze meteoren gemiddeld een hogere geocentrische snelheid hebben dan de overige Ursiden. Hij speculeert dat ze niet tot het 1392/1405 stof behoren maar wellicht afkomstig zijn van nog oudere omlopen van de komeet, waarvoor het model onvoldoende voorspellende waarde meer heeft.

Een andere interessante observatie uit [3] is dat de waargenomen Ursiden hoger in de atmosfeer oplichten en uitdoven dan andere meteoren uit de video database met vergelijkbare snelheden. De Ursiden lichten gemiddeld op bij 106 km en doven uit bij 96 km, terwijl voor andere meteoren met dezelfde snelheid deze waarden typisch 100 en 90 km bedragen. Dit is een extra aanwijzing - naast het activiteitsprofiel en de modelvoorspellingen - dat de waargenomen deeltjes nog de signatuur dragen van een relatief kort verblijf in de ruimte na de ejectie uit de komeet. Daardoor bestaan de deeltjes wellicht nog voor een groter deel uit vluchtige bestanddelen of hebben ze anderszins een lossere structuur, waardoor ze bij botsing met de aardatmosfeer makkelijk uit elkaar vallen en eerder oplichten dan deeltjes die al duizenden jaren vrij in de ruimte rondzweven.

Sporadischen

Het aantal waargenomen sporadische meteoren is te klein om echt naar nieuwe kleine zwermpjes te gaan zoeken. Niettemin valt er nog wel het een en ander op te merken aan de set van sporadischen. Ten eerste is nummer 97624 een mogelijke Coma Berenicide. De rechte klimming van de radiant is echter zo'n 7 graden kleiner dan je zou verwachten, hetgeen een onwaarschijnlijk kleine waarde voor de periheliumafstand q oplevert. Daarom houden we het op een sporadische meteor.

Ook opvallend zijn de nummers 20516 en 20522, die zeer sterk op elkaar lijken. We moeten dit echter toeval noemen, zolang we geen vier soortgelijke banen vinden in dezelfde

waarneemperiode. Daarom gaan ook deze meteoren de database in met het predikaat sporadisch.

De interessantste groep van meteoren wordt gevormd door de groep met nummers 97608, 97609, 97617, 97629 en 20530. De meteoren zijn snel en bestrijken een vrij groot radiantgebied, dus qua karakteristieken zijn ze sterk vergelijkbaar met de Perseiden in augustus. De radiant ligt precies rond de ecliptica, zodat het groepje uit twee noordelijke en drie zuidelijke meteoren bestaat. In aanvulling op deze vijf meteoren rond 22 december zijn tijdens de Bootiden van 1995 ook nog eens drie andere meteoren met videosystemen waargenomen, die een sterk vergelijkbare baan hebben (nummers 95035, 95059 en 95069). Het gaat hier om drie noordelijke meteoren. Ondanks de schijnbare gelijkenis van de banen levert het klassieke D-criterium een ander beeld op. T.o.v. het gemiddelde ligt de waarde van het D-criterium zo rond de 0.35 (onafhankelijk van het feit of de meteoren uit januari worden meegenomen). Voor de andere bekende en nieuwe met video waargenomen zwermen ligt deze waarde steeds beneden de 0.2 [4]. We concluderen dus vooralsnog dat we niet te maken hebben met een nieuwe zwerm, maar dat het een toevallige groepering van sporadischen is. Voor de visuele waarnemers is het overigens wel een relevant gegeven dat rond dit gebied veel sporadische meteoren verschijnen, omdat het slechts 20 graden van de Coma Bereniciden radiant af ligt.

Conclusies

Eens te meer bewijzen videowaarnemingen hun waarde ten opzichte van fotografische waarnemingen. In dit geval waren er dus alleen videowaarnemingen. De Ursidenuitbarstingen blijken een interessante verdeling aan banen op te leveren, die lijkt terug te voeren op de dynamische oorsprong van de waargenomen stofwolken. De waarnemingen aan de sporadische meteoren geven meer inzicht in het karakter van de sporadische achtergrond in deze tijd van het jaar.

Referenties

- [1] P. Jenniskens en E. Lyytinen, "Possible Ursid outburst on December 22, 2000", *WGN* **28** (2000) 221-226.
- [2] P. Jenniskens, "2000 Ursid outburst confirmed", *WGN* **29** (2001) 41-45.
- [3] P. Jenniskens *et al.*, "Dust trails of 8P/Tuttle and the unusual outbursts of the Ursid shower", submitted to *Icarus* (2001).
- [4] M. de Lignie, "Detection of minor streams by double-station TV observations", *IMC* 1998, 5-8.

Tabel 1. *Orbital elements of 18 Ursids and 28 sporadic meteors. Nst is the number of stations.*

| code | day | Nst | str | Mv | q | tol | a | 1/a | tol | e | tol | i | tol | ω | tol | node | π | tol |
|-------|---------|-----|-----|----|-------|-------|-------|--------|------|-------|-------|-------|------|----------|------|-------|-------|------|
| 20502 | 22.1453 | 2 | Urs | 4 | 0.941 | 0.002 | 3.9 | 0.259 | 0.04 | 0.756 | 0.034 | 56.8 | 0.6 | 206.1 | 0.6 | 270.6 | 116.6 | 0.6 |
| 20506 | 22.1551 | 2 | Urs | 2 | 0.949 | 0.004 | 6.4 | 0.157 | 0.04 | 0.851 | 0.035 | 54.0 | 0.6 | 202.5 | 1.5 | 270.6 | 113.1 | 1.5 |
| 20513 | 22.1796 | 2 | Urs | 4 | 0.939 | 0.002 | 6.7 | 0.149 | 0.05 | 0.860 | 0.046 | 52.1 | 0.8 | 205.5 | 0.6 | 270.6 | 116.2 | 0.6 |
| 20515 | 22.1879 | 2 | Urs | 4 | 0.940 | 0.002 | 3.3 | 0.304 | 0.05 | 0.714 | 0.043 | 51.5 | 0.9 | 206.7 | 0.8 | 270.6 | 117.3 | 0.8 |
| 20518 | 22.2007 | 2 | Urs | 4 | 0.941 | 0.002 | 5.2 | 0.192 | 0.06 | 0.819 | 0.057 | 53.5 | 1.1 | 205.3 | 0.8 | 270.6 | 115.9 | 0.8 |
| 20520 | 22.2018 | 2 | Urs | 4 | 0.954 | 0.002 | 3.9 | 0.257 | 0.03 | 0.755 | 0.033 | 55.9 | 0.6 | 201.8 | 0.6 | 270.6 | 112.4 | 0.6 |
| 20521 | 22.2070 | 2 | Urs | 3 | 0.939 | 0.002 | 2.8 | 0.355 | 0.06 | 0.667 | 0.057 | 51.5 | 1.3 | 207.6 | 1.0 | 270.6 | 118.2 | 1.0 |
| 20525 | 22.2190 | 2 | Urs | 2 | 0.946 | 0.001 | 3.3 | 0.303 | 0.12 | 0.714 | 0.116 | 51.3 | 2.5 | 204.8 | 1.5 | 270.7 | 115.5 | 1.5 |
| 20526 | 22.2222 | 2 | Urs | 3 | 0.943 | 0.002 | 4.7 | 0.214 | 0.06 | 0.798 | 0.056 | 51.3 | 1.1 | 205.0 | 0.8 | 270.7 | 115.6 | 0.8 |
| 20527 | 22.2306 | 2 | Urs | 5 | 0.945 | 0.002 | 7.5 | 0.133 | 0.03 | 0.875 | 0.030 | 55.2 | 0.5 | 203.9 | 0.6 | 270.7 | 114.5 | 0.6 |
| 20528 | 22.2324 | 2 | Urs | 5 | 0.940 | 0.002 | 2.9 | 0.340 | 0.08 | 0.680 | 0.077 | 50.4 | 1.8 | 207.0 | 1.2 | 270.7 | 117.6 | 1.2 |
| 20531 | 22.2360 | 2 | Urs | 2 | 0.906 | 0.013 | 3.6 | 0.280 | 0.06 | 0.747 | 0.053 | 54.5 | 1.0 | 215.4 | 3.3 | 270.7 | 126.1 | 3.3 |
| 20532 | 22.2384 | 2 | Urs | 3 | 0.941 | 0.003 | 4.2 | 0.241 | 0.14 | 0.774 | 0.130 | 52.0 | 2.6 | 205.9 | 1.7 | 270.7 | 116.6 | 1.7 |
| 20536 | 22.2461 | 2 | Urs | 4 | 0.934 | 0.002 | 4.3 | 0.233 | 0.06 | 0.782 | 0.055 | 51.4 | 1.1 | 207.9 | 0.8 | 270.7 | 118.6 | 0.8 |
| 20537 | 22.2479 | 2 | Urs | 5 | 0.941 | 0.002 | 4.1 | 0.243 | 0.05 | 0.771 | 0.044 | 51.8 | 0.9 | 205.7 | 0.7 | 270.7 | 116.4 | 0.7 |
| 20539 | 22.2489 | 3 | Urs | 3 | 0.934 | 0.006 | 3.4 | 0.295 | 0.10 | 0.725 | 0.088 | 51.6 | 1.9 | 208.4 | 2.3 | 270.7 | 119.1 | 2.3 |
| 20540 | 22.2492 | 2 | Urs | 4 | 0.933 | 0.002 | 5.8 | 0.172 | 0.05 | 0.840 | 0.048 | 50.5 | 0.9 | 207.5 | 0.7 | 270.7 | 118.1 | 0.7 |
| 20542 | 22.2601 | 3 | Urs | 2 | 0.941 | 0.000 | 4.5 | 0.221 | 0.02 | 0.792 | 0.023 | 52.5 | 0.5 | 205.6 | 0.3 | 270.7 | 116.3 | 0.3 |
| 97601 | 22.3555 | 2 | Spo | 4 | 0.084 | 0.003 | 1.1 | 0.894 | 0.02 | 0.925 | 0.004 | 5.9 | 0.7 | 334.7 | 0.4 | 270.6 | 245.3 | 0.4 |
| 97602 | 22.3589 | 2 | Spo | 5 | 0.323 | 0.006 | 1.3 | 0.758 | 0.06 | 0.755 | 0.023 | 37.9 | 2.0 | 304.1 | 1.1 | 270.6 | 214.7 | 1.1 |
| 97607 | 22.4005 | 2 | Spo | 5 | 0.668 | 0.028 | 4.1 | 0.243 | 0.23 | 0.838 | 0.146 | 74.0 | 3.8 | 252.8 | 7.4 | 270.6 | 163.4 | 7.4 |
| 97608 | 22.4102 | 2 | Spo | 6 | 0.828 | 0.046 | 2.6 | 0.380 | 0.07 | 0.685 | 0.064 | 176.0 | 2.1 | 232.3 | 7.7 | 270.6 | 142.9 | 7.7 |
| 97609 | 22.4204 | 2 | Spo | 6 | 0.962 | 0.005 | 33.8 | 0.030 | 0.13 | 0.972 | 0.120 | 178.9 | 0.8 | 17.4 | 2.1 | 90.6 | 108.0 | 2.1 |
| 97614 | 22.4328 | 2 | Spo | 6 | 0.981 | 0.004 | 1.5 | 0.645 | 0.18 | 0.367 | 0.173 | 9.2 | 5.8 | 172.4 | 8.0 | 270.6 | 83.0 | 8.0 |
| 97615 | 22.4340 | 2 | Spo | 5 | 0.026 | 0.007 | 1.0 | 0.980 | 0.11 | 0.974 | 0.004 | 112.6 | 11.1 | 166.5 | 2.4 | 90.6 | 257.1 | 2.4 |
| 97616 | 22.4345 | 2 | Spo | 6 | 0.305 | 0.020 | 2.0 | 0.494 | 0.10 | 0.849 | 0.023 | 96.5 | 2.5 | 300.2 | 4.2 | 270.6 | 210.8 | 4.2 |
| 97617 | 22.4351 | 2 | Spo | 5 | 0.850 | 0.010 | -1.8 | -0.556 | 0.11 | 1.473 | 0.100 | 173.3 | 0.8 | 39.5 | 1.9 | 90.6 | 130.1 | 1.9 |
| 97620 | 22.5056 | 2 | Spo | 5 | 0.984 | 0.000 | 10.0 | 0.100 | 0.06 | 0.902 | 0.059 | 127.5 | 0.7 | 180.2 | 2.5 | 270.7 | 90.9 | 2.5 |
| 97624 | 22.5106 | 2 | Spo | 3 | 0.612 | 0.097 | 1.7 | 0.582 | 0.29 | 0.644 | 0.125 | 147.8 | 2.0 | 268.0 | 20.8 | 270.7 | 178.7 | 20.8 |
| 97626 | 22.5164 | 2 | Spo | 4 | 0.393 | 0.005 | 6.2 | 0.161 | 0.06 | 0.937 | 0.023 | 44.1 | 1.2 | 283.9 | 1.0 | 270.7 | 194.7 | 1.0 |
| 97627 | 22.5187 | 2 | Spo | 5 | 0.185 | 0.015 | 1.4 | 0.690 | 0.06 | 0.873 | 0.007 | 159.3 | 1.4 | 318.0 | 2.7 | 270.7 | 228.7 | 2.7 |
| 97629 | 22.5332 | 2 | Spo | 5 | 0.871 | 0.013 | 2.4 | 0.412 | 0.09 | 0.641 | 0.072 | 173.6 | 0.9 | 45.1 | 4.1 | 90.7 | 135.8 | 4.1 |
| 97630 | 22.5415 | 2 | Spo | 2 | 0.550 | 0.018 | 5.0 | 0.199 | 0.07 | 0.891 | 0.036 | 149.1 | 0.7 | 93.7 | 3.2 | 270.7 | 4.4 | 3.2 |
| 97631 | 22.5428 | 2 | Spo | 3 | 0.851 | 0.016 | 10.9 | 0.092 | 0.17 | 0.922 | 0.141 | 178.1 | 0.6 | 136.0 | 4.6 | 270.7 | 46.7 | 4.6 |
| 97632 | 22.5458 | 2 | Spo | 4 | 0.671 | 0.034 | 2.9 | 0.346 | 0.16 | 0.768 | 0.096 | 122.1 | 1.6 | 254.4 | 7.8 | 270.8 | 165.2 | 7.8 |
| 20501 | 22.1373 | 2 | Spo | 5 | 0.614 | 0.014 | 4.6 | 0.218 | 0.06 | 0.866 | 0.033 | 146.8 | 0.7 | 79.0 | 2.6 | 90.6 | 169.6 | 2.6 |
| 20510 | 22.1638 | 2 | Spo | 5 | 0.599 | 0.022 | 1.4 | 0.706 | 0.05 | 0.577 | 0.019 | 156.6 | 0.6 | 273.9 | 4.4 | 270.6 | 184.5 | 4.4 |
| 20511 | 22.1688 | 2 | Spo | 4 | 0.519 | 0.039 | 2.0 | 0.493 | 0.13 | 0.744 | 0.047 | 164.1 | 0.7 | 96.2 | 7.7 | 90.6 | 186.8 | 7.7 |
| 20514 | 22.1816 | 2 | Spo | 3 | 0.294 | 0.020 | 2.0 | 0.494 | 0.07 | 0.855 | 0.012 | 164.6 | 0.7 | 121.4 | 3.6 | 90.6 | 212.1 | 3.6 |
| 20516 | 22.1912 | 2 | Spo | 4 | 0.981 | 0.001 | 8.7 | 0.115 | 0.10 | 0.888 | 0.099 | 138.3 | 0.6 | 173.4 | 1.0 | 270.6 | 84.0 | 1.0 |
| 20517 | 22.1928 | 2 | Spo | 4 | 0.982 | 0.002 | 1.8 | 0.555 | 0.07 | 0.455 | 0.068 | 60.2 | 1.6 | 185.8 | 2.8 | 270.6 | 96.4 | 2.8 |
| 20522 | 22.2093 | 2 | Spo | 4 | 0.984 | 0.000 | 2.1 | 0.481 | 0.05 | 0.527 | 0.050 | 134.0 | 0.5 | 179.5 | 1.2 | 270.6 | 90.2 | 1.2 |
| 20530 | 22.2354 | 3 | Spo | 3 | 0.938 | 0.013 | 3.8 | 0.261 | 0.25 | 0.755 | 0.236 | 174.9 | 0.9 | 206.8 | 6.1 | 270.7 | 117.5 | 6.1 |
| 20533 | 22.2426 | 2 | Spo | 4 | 0.887 | 0.014 | -3.9 | -0.257 | 0.07 | 1.228 | 0.064 | 130.7 | 1.0 | 214.8 | 2.6 | 270.7 | 125.5 | 2.6 |
| 20538 | 22.2486 | 2 | Spo | 4 | 0.544 | 0.016 | -24.0 | -0.042 | 0.08 | 1.023 | 0.041 | 160.3 | 1.0 | 83.3 | 2.8 | 90.7 | 174.0 | 2.8 |
| 20724 | 22.2960 | 2 | Spo | 3 | 0.981 | 0.000 | 12.8 | 0.078 | 0.04 | 0.923 | 0.042 | 51.5 | 0.6 | 174.2 | 0.5 | 270.7 | 84.9 | 0.5 |

Tabel 2. Trajectory data of 18 Ursids and 28 sporadic meteors.

| code | VG | VH | VINF | <V> | tol | HB | HM | HE | RA | tol | DE | tol | RAG | DEG | cos Z | Qmax |
|-------|------|------|------|------|-----|-------|-------|-------|--------|------|-------|------|--------|-------|-------|------|
| 20502 | 34.6 | 39.7 | 36.4 | 36.1 | 0.4 | 104.4 | - | 91.9 | 211.80 | 0.67 | 71.26 | 0.66 | 213.87 | 71.68 | 0.829 | 63 |
| 20506 | 33.9 | 40.8 | 35.8 | 35.5 | 0.4 | 107.0 | - | 99.4 | 220.38 | 2.77 | 73.70 | 0.50 | 223.20 | 74.11 | 0.811 | 47 |
| 20513 | 33.1 | 40.9 | 35.0 | 34.7 | 0.7 | 103.7 | - | 94.7 | 218.37 | 0.98 | 75.97 | 0.29 | 221.02 | 76.57 | 0.840 | 79 |
| 20515 | 31.6 | 39.2 | 33.6 | 33.3 | 0.7 | 103.0 | - | 94.6 | 216.79 | 0.94 | 74.15 | 0.47 | 219.02 | 74.80 | 0.856 | 82 |
| 20518 | 33.5 | 40.4 | 35.4 | 35.0 | 0.9 | 102.9 | - | 92.4 | 217.33 | 0.72 | 74.15 | 0.60 | 219.01 | 74.79 | 0.864 | 74 |
| 20520 | 34.1 | 39.7 | 35.9 | 35.6 | 0.5 | 105.0 | - | 92.8 | 219.08 | 0.58 | 70.54 | 0.47 | 220.44 | 71.07 | 0.868 | 60 |
| 20521 | 31.2 | 38.6 | 33.2 | 32.9 | 1.0 | 104.3 | - | 92.5 | 215.90 | 0.71 | 73.42 | 0.43 | 217.56 | 74.13 | 0.873 | 59 |
| 20525 | 31.5 | 39.2 | 33.4 | 33.1 | 2.1 | 111.3 | - | 81.4 | 220.64 | 0.43 | 73.71 | 0.27 | 222.29 | 74.41 | 0.874 | 85 |
| 20526 | 32.2 | 40.2 | 34.1 | 33.8 | 0.9 | 103.6 | - | 95.6 | 221.24 | 1.16 | 75.24 | 0.44 | 222.98 | 75.98 | 0.866 | 55 |
| 20527 | 34.8 | 41.1 | 36.5 | 36.2 | 0.4 | 104.1 | - | 96.3 | 218.61 | 0.94 | 73.41 | 0.48 | 219.42 | 74.05 | 0.888 | 88 |
| 20528 | 30.8 | 38.8 | 32.8 | 32.4 | 1.4 | 104.9 | - | 93.3 | 218.72 | 0.62 | 74.20 | 0.31 | 219.95 | 74.99 | 0.885 | 79 |
| 20531 | 33.7 | 39.4 | 35.5 | 35.1 | 0.7 | 106.9 | - | 90.4 | 201.00 | 5.09 | 74.00 | 0.98 | 200.56 | 74.71 | 0.912 | 19 |
| 20532 | 32.3 | 39.9 | 34.2 | 33.9 | 2.2 | 104.7 | - | 95.3 | 219.08 | 1.14 | 74.57 | 0.54 | 220.00 | 75.33 | 0.886 | 81 |
| 20536 | 32.2 | 40.0 | 34.1 | 33.8 | 0.9 | 102.2 | - | 93.8 | 216.49 | 0.90 | 75.66 | 0.48 | 217.08 | 76.46 | 0.890 | 88 |
| 20537 | 32.2 | 39.9 | 34.1 | 33.8 | 0.7 | 103.7 | - | 95.3 | 219.85 | 0.83 | 74.61 | 0.48 | 220.61 | 75.38 | 0.890 | 81 |
| 20539 | 31.8 | 39.3 | 33.7 | 33.4 | 1.5 | 108.0 | - | 91.5 | 215.51 | 3.33 | 74.54 | 0.99 | 215.88 | 75.33 | 0.897 | 87 |
| 20540 | 32.2 | 40.6 | 34.1 | 33.8 | 0.8 | 104.3 | - | 95.2 | 218.62 | 0.90 | 77.15 | 0.45 | 219.41 | 78.00 | 0.878 | 68 |
| 20542 | 32.7 | 40.1 | 34.6 | 34.3 | 0.4 | 108.2 | - | 87.1 | 219.64 | 0.04 | 74.42 | 0.01 | 219.93 | 75.18 | 0.898 | 87 |
| 97601 | 34.5 | 31.8 | 36.4 | 36.1 | 0.4 | 100.8 | 85.2 | 76.9 | 125.20 | 0.20 | 21.98 | 0.24 | 125.21 | 21.66 | 0.883 | 57 |
| 97602 | 30.9 | 33.6 | 32.9 | 32.6 | 1.3 | 95.0 | 89.7 | 78.9 | 126.45 | 0.31 | 46.62 | 0.21 | 126.54 | 47.05 | 0.923 | 63 |
| 97607 | 44.1 | 39.9 | 45.6 | 45.3 | 3.3 | 107.3 | 104.0 | 99.8 | 162.14 | 1.49 | 59.18 | 0.93 | 162.66 | 59.65 | 0.786 | 39 |
| 97608 | 67.4 | 38.3 | 68.6 | 68.4 | 0.7 | 103.3 | 101.9 | 92.9 | 170.59 | 2.22 | 6.57 | 0.80 | 170.72 | 6.33 | 0.547 | 7 |
| 97609 | 72.2 | 42.2 | 73.4 | 73.3 | 1.3 | 111.7 | 103.8 | 99.0 | 175.69 | 0.50 | 1.39 | 0.45 | 175.81 | 1.13 | 0.479 | 18 |
| 97614 | 7.2 | 35.1 | 13.2 | 12.2 | 3.9 | 50.4 | 47.7 | 46.2 | 331.60 | 0.57 | 65.44 | 0.70 | 321.84 | 39.83 | 0.243 | 67 |
| 97615 | 44.8 | 30.6 | 46.2 | 45.9 | 2.1 | 92.9 | 89.2 | 85.8 | 138.81 | 0.42 | 7.90 | 0.38 | 138.50 | 7.48 | 0.858 | 76 |
| 97616 | 49.3 | 36.9 | 50.7 | 50.4 | 1.5 | 104.3 | 100.0 | 96.0 | 152.62 | 0.68 | 40.53 | 0.43 | 152.45 | 40.67 | 0.934 | 54 |
| 97617 | 76.5 | 47.9 | 77.5 | 77.4 | 1.1 | 116.3 | 108.0 | 102.9 | 165.77 | 0.54 | 2.15 | 0.42 | 165.74 | 1.95 | 0.643 | 22 |
| 97620 | 64.5 | 41.4 | 65.7 | 65.5 | 0.7 | 99.7 | 93.3 | 89.1 | 193.90 | 0.95 | 27.56 | 0.20 | 193.90 | 27.55 | 0.806 | 26 |
| 97624 | 61.3 | 35.9 | 62.4 | 62.2 | 3.9 | 101.2 | 98.4 | 90.0 | 169.82 | 0.29 | 21.28 | 0.29 | 169.57 | 21.18 | 0.935 | 84 |
| 97626 | 37.7 | 40.8 | 39.2 | 38.9 | 0.9 | 102.8 | 98.5 | 90.4 | 120.81 | 0.47 | 50.62 | 0.28 | 119.16 | 50.53 | 0.878 | 55 |
| 97627 | 55.8 | 34.5 | 56.9 | 56.6 | 0.8 | 96.6 | 95.5 | 90.0 | 153.53 | 0.49 | 18.22 | 0.43 | 153.10 | 18.04 | 0.947 | 80 |
| 97629 | 67.3 | 37.9 | 68.3 | 68.1 | 1.0 | 99.9 | 96.4 | 91.0 | 170.76 | 0.27 | 0.59 | 0.49 | 170.49 | 0.34 | 0.799 | 69 |
| 97630 | 64.5 | 40.3 | 65.7 | 65.5 | 0.8 | 110.2 | 99.4 | 95.4 | 208.65 | 0.34 | 3.71 | 0.28 | 208.69 | 3.44 | 0.619 | 27 |
| 97631 | 70.6 | 41.5 | 71.6 | 71.5 | 1.8 | 101.5 | 96.9 | 91.0 | 192.52 | 0.22 | -3.91 | 0.34 | 192.39 | -4.19 | 0.672 | 50 |
| 97632 | 58.9 | 38.7 | 60.0 | 59.8 | 2.1 | 110.4 | 102.7 | 95.7 | 172.37 | 0.27 | 34.52 | 0.24 | 171.98 | 34.52 | 0.996 | 90 |
| 20501 | 64.5 | 40.1 | 65.5 | 65.4 | 0.7 | 113.8 | - | 105.5 | 154.18 | 0.25 | -5.90 | 0.31 | 153.98 | -6.36 | 0.530 | 77 |
| 20510 | 61.1 | 34.3 | 62.1 | 61.9 | 0.7 | 122.8 | - | 105.0 | 169.48 | 0.35 | 16.90 | 0.23 | 169.28 | 16.63 | 0.803 | 50 |
| 20511 | 62.9 | 37.0 | 63.9 | 63.7 | 1.6 | 116.1 | - | 103.2 | 158.09 | 0.21 | 1.96 | 0.22 | 157.83 | 1.56 | 0.648 | 88 |
| 20514 | 59.9 | 37.0 | 60.8 | 60.6 | 0.9 | 119.3 | - | 99.9 | 151.47 | 0.22 | 6.15 | 0.20 | 151.13 | 5.74 | 0.694 | 84 |
| 20516 | 66.9 | 41.3 | 68.0 | 67.8 | 1.1 | 115.7 | - | 103.3 | 192.73 | 0.26 | 21.15 | 0.26 | 192.63 | 20.97 | 0.793 | 66 |
| 20517 | 33.8 | 36.2 | 35.7 | 35.3 | 1.1 | 90.4 | - | 85.3 | 222.25 | 1.36 | 59.62 | 1.16 | 223.41 | 59.81 | 0.844 | 52 |
| 20522 | 62.1 | 37.1 | 63.2 | 63.0 | 0.6 | 116.9 | - | 101.6 | 191.65 | 0.26 | 23.12 | 0.22 | 191.50 | 22.92 | 0.842 | 53 |
| 20530 | 69.5 | 39.6 | 70.4 | 70.2 | 2.8 | 110.2 | - | 100.0 | 176.10 | 0.56 | 5.25 | 0.49 | 175.83 | 4.94 | 0.688 | 73 |
| 20533 | 68.0 | 45.1 | 68.9 | 68.8 | 0.7 | 114.6 | - | 101.0 | 180.23 | 1.07 | 31.29 | 0.57 | 179.92 | 31.15 | 0.938 | 29 |
| 20538 | 67.6 | 42.9 | 68.3 | 68.2 | 0.8 | 112.7 | - | 105.3 | 154.05 | 0.33 | 1.51 | 0.49 | 153.68 | 1.13 | 0.555 | 32 |
| 20724 | 32.9 | 41.6 | 34.7 | 34.4 | 0.6 | 108.6 | - | 101.6 | 251.96 | 0.27 | 64.31 | 0.28 | 253.75 | 61.76 | 0.171 | 41 |