

Simultane video Orioniden van 1993

Marc de Lignie¹ en Klaas Jobse²

1. Prins Hendrikplein 42, 2264 SN Leidschendam

2. Duinbeekseweg 22a, 4356 CE Oostkapelle

English summary

This article presents the trajectory data and orbital elements of 58 meteors that were observed with intensified video cameras during the night of 18/19 October 1993. The sample includes 1 ϵ -Geminid, 5 Taurid and 17 Orionid meteors. The results for these streams agree well with literature values. The width of the Orionid radiant along the right ascension axis was found to be somewhat wider than for photographic observations.

It was found impossible to calculate pre-atmospheric velocities V_{inf} from the observed deceleration of the meteoroids. Therefore fixed corrections ranging from 0.2 km/s at 60 km/s and 0.4 km/s at 20 km/s, as derived from photographic observations by DMS, were applied to the observed average velocities. The specified tolerances in the calculated radiant were estimated using the formulae in [1], those in the velocities using equation (2) or (4).

Voorgeschiedenis

1993 was het jaar van de eerste groot-schalige simultaanwaarnemingen met videocamera's in Nederland. In eerdere Radiant artikelen stonden wel al resultaten vermeld van de simultane Geminiden van 1991, maar dit waren slechts enkele exemplaren. Bovendien was de nauwkeurigheid beperkt als gevolg van slechte atmosferische omstandigheden en een te grote afstand tussen de simultaanposten.

Maar ook in 1993 bleek de weg naar de perfecte simultaanwaarnemingen hobbelig. De zomeractie leverde pas de gewenste simultanen op nadat door een misverstand aan het begin van de actie met verkeerde richtpunten was waargenomen. Later in het jaar, één dag na de Orionidenuitbarsting, bleek aan het begin van de nacht de videocamera in Harderwijk opeens niet te werken. Met het nodige doorzettingsvermogen en geluk werd de camera echter toch nog aan de gang gekregen.

Naast de jacht op de perfecte simultaanwaarnemingen werd er de afgelopen jaren ook hard gewerkt aan een efficiënter meetsysteem voor videometeoren. Nu het computerprogramma Astrorecord 2.0 beschikbaar is, staat echter niets de verwerking van grote



Figure 1: Example of the quality of the video images used. Orionid 93285 as seen from Oostkapelle.

aantallen simultane videometeoren meer in de weg. Als bewijs hiervan geeft dit artikel de resultaten uit de nacht van 18/19 oktober 1993 weer. De resultaten van de zomeractie van 1993 houdt u te goed.

De waarnemingen

De video simultaanwaarnemingen uit de nacht van 18/19 oktober staan op naam van de posten *Oostkapelle* en *Harderwijk*. In Oostkapelle werd een Video8 camcorder gebruikt achter een MCP beeldversterker met een 40 mm

fotokathode en F/1.2-85 mm objectief. In Harderwijk was dit een Hi8 camcorder achter een MCP beeldversterker met een fotokathode van 25 mm en een F/1.2-55 mm objectief. De diagonale beeldvelden van beide camera's zijn 30° en 24° respectievelijk. Figuur 1 geeft een idee van de kwaliteit van de videobeelden. Tussen 0:00 en 4:30 uur UT legden deze camera's maar liefst 88 simultaanreffers vast, een aantal dat met fotografische technieken volstrekt onhaalbaar is in een nacht zonder actieve grote zwerm. Van de 88 zijn er uiteindelijk 58 voor bespreking in dit artikel zijn overgebleven. Een aantal meteoren was zo zwak of zat zo dicht bij de rand van het beeldveld dat verwerking niet zinvol was. Verder bleken tijdens de verwerking enkele sets niet simultaan te zijn.

Het uitmeten

Voor het digitaliseren van de videometeor en is de Miro DC1 TV frame grabber kaart gebruikt. Deze kan 25 beeldjes per seconde digitaliseren in een resolutie van 384×288 pixels en 256 grijstinten. Tijdens het digitaliseren worden de individuele videobeeldjes gecompriemd in het MJPEG formaat en als Video for Windows file opgeslagen. In de praktijk blijkt het handig om domweg 3 of 4 seconden bandmateriaal te digitaliseren. Het is dan niet moeilijk om de meteor er op te krijgen.

Ondanks het comprimeren beslaan de digitale videobeelden nog steeds zo'n 400 kbyte per seconde. Theoretisch is het mogelijk om een dergelijk stroom van gegevens meteen tijdens het digitaliseren op de hard disk van de PC op te slaan. De praktijk is echter wat minder meegaand. Een veel snellere RAM-disk van zo'n 1.6 Mbyte lost dit probleem op.

Inmiddels is flink wat ervaring opgedaan met de astrometrie van videometeor en, of liever gezegd van de beelden van een beeldversterkercamera. Voor de astrometrie wordt gebruik gemaakt van het TURNER programma. Op

grond van metingen aan zo'n 25 referentiesternen wordt hiermee een omrekeningsformule van gemeten (X,Y) coördinaten naar equatoriale stercoördinaten bepaald. In wiskundig jargon: een derde orde polynoomfit.

De twee camera's zijn wat betreft nauwkeurigheid mooi in evenwicht. De camera in Harderwijk zou theoretisch iets nauwkeuriger moeten zijn vanwege het iets kleinere beeldveld. In de praktijk zitten door dit kleine beeldveld

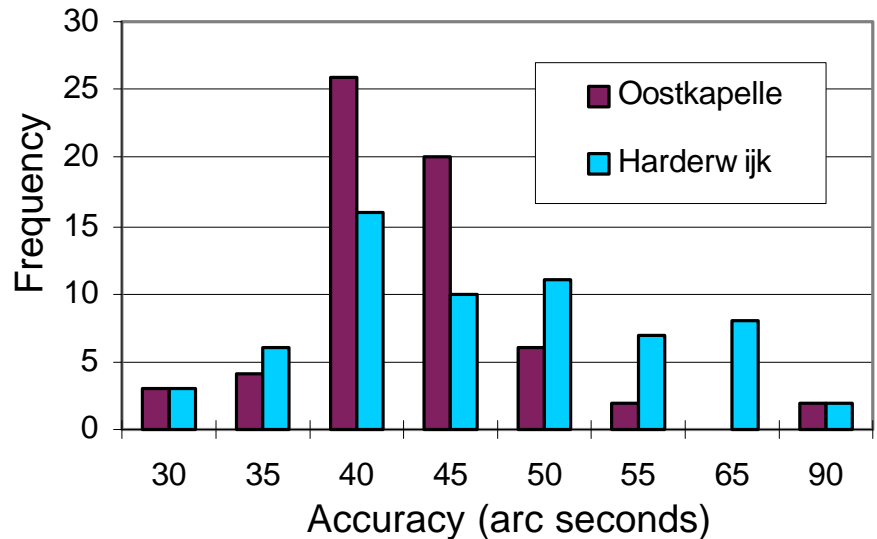


Figure 2: Frequency distribution of the standard deviations from the astrometrical fits for the video cameras in Oostkapelle and Harderwijk.

Het blijkt dat deze fit zeer goed werkt als er sterren rond het midden van het beeld worden uitgemeten. Maar als de meteor aan de rand van het beeld verschijnt, dan moeten hier uiteraard ook referentiesternen worden uitgemeten. Dit gaat goed, zolang de sterren niet té dicht bij de rand van het beeldversterkerbeeld staan en er niet ook randsterren aan de andere kant van het beeldveld worden gemeten (dit geldt overigens ook voor fotografische opnamen, zij het in mindere mate).

Voor beide camera's blijkt de astrometrische nauwkeurigheid zo rond de $45''$ te liggen (zie figuur 2). Dit is twee keer zo nauwkeurig als wat is behaald met het vorige meetsysteem, voornamelijk omdat door het betere gedigitaliseerde beeld een meer optimale set van referentiesternen kan worden uitgekozen. De metingen aan videometeor en zijn nu nog maar een factor drie onnauwkeuriger dan die aan gefotografeerde meteor en.

echter juist meer meteor en aan de rand hetgeen, zoals eerder vermeld, slechtere astrometrische fits oplevert. Maar als de randsterren echt nodig zijn om de meteor netjes met referentiesternen te omringen, dan is het beter om genoeg te nemen met een iets slechtere fit dan om deze randsterren weg te laten en het risico van veel grotere extrapolatiefouten te lopen.

Simultaanberekeningen

Na het uitmeten en de astrometrie is het meeste werk gedaan. Met de Tjechische programma's GEFITS en MORBAR worden nu vervolgens de atmosferische trajecten en de heliocentrische banen berekend. Voor het verwerken van het vele videomateriaal zijn daarom heen echter nog wat hulpprogramma's ontwikkeld die nu kort worden besproken. Dit maakt ook de hele rekenprocedure nog wat duidelijker. Voordat de astrometrische resultaten GEFITS ingaan, worden ze nog een

keer bewerkt in het hulpprogramma SIMTRAIL. Dit programma doet twee dingen:

1. het maakt per meteor een gnomonische plot van alle gemeten meetoerpunten op het beeldscherm. Onder gebruikmaking van het zogenaamde timmermansoog kunnen nu punten die duidelijk niet in een rijtje regelmatige sectoronderbrekingen thuishoren, worden verwijderd.
2. door de punten wordt een grote cirkel gefit (dus een rechte lijn in de gnomonische plot) en het begin- en eindpunt van de meteor worden hier op geprojecteerd. Dit is nodig omdat het GEFITS programma alleen de begin- en eindpunten van de meteor gebruikt voor het bepalen van de snijlijn van de simultaancomponenten.

De laatste procedure zit overigens ook in het REDCON voor astrometrie van fish-eye opnamen, maar ontbreekt in het TURNER programma. De procedure zou ook best voor gefotografeerde meteoren toegepast kunnen worden, maar is vooral voor videometeoren nodig omdat:

- het digitaliseren van videobeelden wat extra scatter tussen de meetoerpunten onderling veroorzaakt.
- bij een slechte fit aan een meteor aan de rand van het beeldveld de punten niet perfect op een grote cirkel liggen. De verbindingslijn tussen begin- en eindpunt is dan parallel verschoven ten opzichte van de beste fit door alle meetoerpunten.

De correcties van SIMTRAIL zijn echter niet dramatisch en liggen in de orde grootte van 0.02° . Grotere waarden zijn een aanwijzing dat er iets mis is.

Waar SIMTRAIL de verbinding vormt tussen TURNER en GEFITS, is er een tweede hulpprogramma dat de verbinding vormt tussen GEFITS en MORBAR. Dit programma heeft de naam MORPREP ontvangen en doet de volgende dingen:

- het verwijdert het laatste punt van de meteor als de snelheid tussen de

twee laatste breaks te ver onder het gemiddelde ligt.

- het berekent door middel van een lineaire fit door de uitkomsten van GEFITS de schijnbare gemiddelde snelheid van de meteor vanuit elk station (elk station heeft zijn eigen sectoronderbrekingen en levert een onafhankelijke snelheidsbepaling op).
- het berekent een overall gemiddelde snelheid van de meteor via een gewogen gemiddelde van de snelheden per station. De weegfactor voor een station hangt af van de scatter in de fit en het aantal sectoronderbrekingen (zie ook de paragraaf over foutschattingen).
- het berekent de pre-atmosferische snelheid V_{inf} door een vast getal bij de gemiddelde snelheid $\langle V \rangle$ op te tellen, afhankelijk van de waarde van $\langle V \rangle$.
- het maakt een invoerfile voor MORBAR aan, uitgaande van een voorbeeldfile voor diezelfde dag en een uitvoerfile van GEFITS.

Net als bij foto's is het voor videometeoren soms moeilijk te zien of de laatste sectoronderbreking nog echt is of dat de meteor vlak daarvoor is uitgedoofd. Bij foto's wordt daarom het laatste punt standaard niet voor snelheidsberekeningen gebruikt. Voor de videometeoren is voor een iets andere

aanpak gekozen. Het laatste punt wordt wél gebruikt tenzij de snelheid tussen het laatste en voorlaatste punt kleiner is dan een bepaalde factor maal de gemiddelde snelheid. Deze factor wordt voor een grote groep meteoren hetzelfde gekozen. Hij wordt zo gekozen dat de gemiddelde snelheid van alle meteoren van de groep tezamen hetzelfde is als in de situatie dat alle eindpunten worden verwijderd. De grap is dat door deze procedure de gemiddelde snelheid van de hele groep niet verandert, maar dat de gemiddelde fout in de gemiddelde snelheid door het extra meetpunt wel kleiner wordt. De bedoelde factor blijkt rond de 0.95 te schommelen.

Het is niet mogelijk gebleken om voor videometeoren V_{inf} echt door GEFITS te laten berekenen. De reden hiervoor is de veel grotere overstraling van videometeoren in vergelijking met gefotografeerde meteoren. Door deze overstraling hangt de positie van de "voor-kant" van de meteor af van zijn helderheid. Omdat de meteor tijdens zijn vlucht in helderheid toeneemt en weer afneemt lijkt de meteor aan het begin van het traject systematisch sneller te gaan dan aan het eind van het traject. De routines uit GEFITS die aan de hand van de vertraging van de meteor een schatting maken van V_{inf} , raken door dit effect behoorlijk in de war en

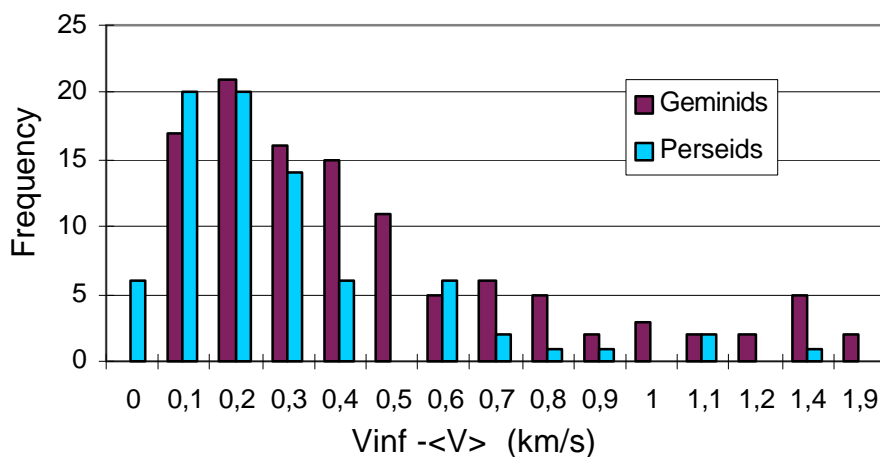


Figure 3 : Frequency distribution of the differences between the calculated values of the pre-atmospheric velocity, V_{inf} , and the average velocity, $\langle V \rangle$, for a large number of Geminid and Perseid meteors photographed by DMS.

voorspellen een veel te grote waarde voor V_{inf} . Merk op dat dit effect ook consequenties heeft voor de gemeten snelheden van videometeoren die het beeld in- of uitvliegen.

Om toch een waarde voor V_{inf} te kunnen bepalen, is gekeken naar de verschillen tussen V_{inf} en $\langle V \rangle$, zoals die voor een groot aantal fotografische Perseiden en Geminiden is gevonden. Figuur 3 vertoont voor beide zwermen een vrij nauwe distributie met wel een lange staart van uitschieters. Voor de Geminiden is de verdeling breder dan voor de veel snellere Perseiden. Het is onduidelijk of de staarten van uitschieters echt zijn of een gevolg van meetfouten. De uitschieters komen zowel voor zwakke als heldere meteoren voor, dus het hangt zeker niet af van de massa van de meteoroïde. Het lijkt onwaarschijnlijk dat de vorm van de meteoroïde zulke grote verschillen in de vertraging kan veroorzaken.

Om ook voor de videometeoren een pre-atmosferische correctie toe te passen, is er voor gekozen om een vaste, maar wel snelheidsafhankelijke, waarde voor $V_{\text{inf}} - \langle V \rangle$ te nemen. Maar om het risico van overcorrectie te vermijden, zijn bij het vaststellen van deze waarden de staarten met uitschieters van de fotografische distributies buiten beschouwing gelaten. Aannemend dat we voor de videometeoren de fotografische waarden mogen gebruiken, resulteert dit in een vast verschil tussen V_{inf} en $\langle V \rangle$ van 0.4 km/s bij $\langle V \rangle = 20$ km/s en 0.2 km/s bij $\langle V \rangle = 60$ km/s. Tussen deze waarden kan worden geïnterpoleerd, afhankelijk van de waarde van $\langle V \rangle$. Voor de Geminiden vinden we zo $V_{\text{inf}} - \langle V \rangle = 0.33$ km/s. Een eventuele fout in de pre-atmosferische correctie valt voor een individuele meteor overigens in het niet in vergelijking met de totale fout in de snelheid. Voor een groot aantal meteoren is het echter wel in het ensemble gemiddelde terug te vinden.

Als uit de invoerfiles, die door MORPREP zijn aangemaakt, de heliocentrische banen door MORBAR zijn berekend, blijft er nog één klus over.

Het invoeren van alle resultaten in de video database. Hiervoor is in Excel een macro geschreven, waarmee in ieder geval het leeuwendeel van het tikwerk uit handen wordt genomen. Classificatie, helderheid, begin- en eindhoogte, radianthoogte en convergentiehoek moeten nog wel even per meteor worden ingetikt.

Foutschattingen

Een belangrijk gegeven bij resultaten van simultaanwerk is een schatting van de fouten. Dit geeft toekomstige gebruikers van de resultaten inzicht in de betrouwbaarheid ervan. Het biedt hen ook een criterium om door selectie de betrouwbaarheid van een groot statistisch sample te vergroten.

Bij simultaanwerk zijn vooral foutschattingen in de radiantpositie en snelheid van belang. Hieruit kunnen dan de fouten in de baanelementen direct berekend worden.

In een eerder artikel werden reeds formules voor de fout in de radiantcoördinaten gegeven [1]. In de formule voor de onzekerheid in de rechte klimming van de radiant stond overigens een fout: hierin moet gedeeld worden door $\cos(\delta_R)$ in plaats van door $\sin(\delta_R)$. Bij het berekenen van de gemiddelde snelheid wordt voor ieder station een schijnbare gemiddelde snelheid berekend door middel van een lineaire fit door de posities van de onderbrekingen in het meteorspoor. Vervolgens wordt overall gemiddelde snelheid berekend uit de aparte waarden per station. Hierbij rijst nogal eens de vraag: welk station moeten we geloven? Gewoon middelen is te simpel, want misschien zijn voor het ene station de metingen veel nauwkeuriger gedaan dan voor het andere. Een gewogen gemiddelde dus, maar met welke weegfactoren? Hierin onderscheiden we twee gevallen:

1. De gemiddelde waarden per station komen binnen de fitfout met elkaar overeen. Ofwel, voor twee stations, $V_1 - V_2 < \sigma_1 + \sigma_2$. De waarden per station kunnen dan als aparte schattingen uit hetzelfde statistische

sample worden beschouwd en er mag een gewogen gemiddelde worden berekend. In formulevorm:

$$\langle V \rangle = \frac{\sum_i V_i}{\sum_i \frac{1}{s_i^2}} \quad (1)$$

$$s_V^2 = s_{i,\text{min}}^2 + \frac{4}{\left(\sum_i \frac{1}{s_i^2}\right)^4} \times \sum_j$$

$$\left(\frac{1}{s_j^2} \left(\sum_i \frac{V_i}{s_i^2} \right) - \frac{V_j}{s_j^2} \left(\sum_i \frac{1}{s_i^2} \right) \right)^2 \quad (2)$$

Hierbij zijn V_i en σ_i de snelheid en standaarddeviatie in de snelheid voor station i , N het aantal stations en $\sigma_{i,\text{min}}$ de kleinste standaarddeviatie van alle stations.

2. De gemiddelde waarden per station stemmen niet overeen. Dit betekent dat er een systematische fout in de snelheidsberekeningen per station zit. Je kan nu niet meer zeggen welk station "beter" is, dus is het niet goed om een gewogen gemiddelde te berekenen. In formulevorm:

$$\langle V \rangle = \frac{1}{N} \sum_i V_i \quad (3)$$

$$s_V^2 = \frac{1}{N(N-1)} \sum_i (V_i - \langle V \rangle)^2 \quad (4)$$

Bovenstaande formules leveren in de meeste gevallen geloofwaardige foutschattingen op. Een enkele keer zijn ze echter te mooi om waar te zijn, vooral gezien het feit dat er niet alleen toevallige fouten in het spel zijn. Denk daarbij aan de eerder genoemde onvolkomenheden in de astrometrische fits. Daarom wordt voor de videometeoren een minimale fout van 0.3° in de radiant en van 1% in de snelheid aangehouden.

Voor de lezer nu gaat zeggen: "je probeert de fouten onder een berg formules weg te moffelen", hier ook enig hard bewijsmateriaal. Video-Orionide 93232 staat namelijk ook genoteerd als foto-Orionide 93014. Het blijkt dat de berekende radiant binnen 0.04° in rechte klimming en 0.01° in declinatie overeenstemt. De snelheden komen

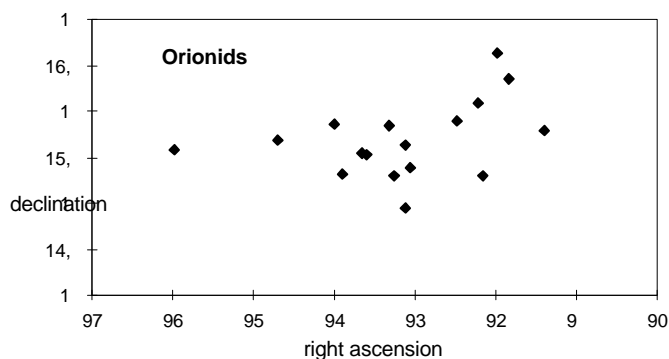


Figure 4: Geocentric radiant points (2000.0) of the Orionid meteors from table 2.

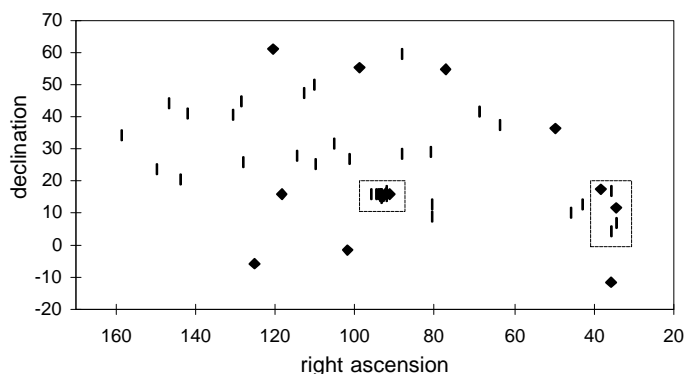


Figure 5: geocentric radiants (2000.0) of most of the observed meteors. The Orionid and Taurid radiants are indicated by dotted squares.

minder mooi overeen. Het verschil van 1.4 km/s valt echter nog wel binnen de gespecificeerde foutenmarge.

Orioniden 1993

De resultaten van al het rekenwerk zijn te vinden in tabel 1 en 2. Van de 58 meteoren blijken er 17 tot de Orionidenzwerm te behoren. Dit is een behoorlijk aantal als we bedenken dat er maar 38 Orioniden in de “high precision” IAU database zitten en 8 in de DMS fotografische database.

De radianten van deze Orioniden staan geplotted in figuur 4. Het is goed te zien dat de Orionidenradiant niet rond is maar relatief ver uitgerekt langs de rechte klimmingsas. Dit effect was al bekend van fotografische waarnemingen [2], maar lijkt voor deze set video Orioniden nog sterker.

De spreiding in declinatie is hetzelfde als voor de fotografische radianten uit de IAU database, maar de spreiding in rechte klimming is 0.9° tegenover 0.7° . Wellicht is deze spreiding massaafhankelijk, maar we moeten bedenken dat het video sample maar klein is, en bovendien bestaat uit Orioniden die vrij ver voor het maximum zijn waargenomen.

Over de baanelementen valt niet veel interessants te melden. In tabel 1 staan de gemiddelde waarden vermeld tezamen met de spreiding binnen het sample en de onzekerheid in de gemiddelde waarde. De gemiddelde waarden ko-

men zeer goed overeen met die vermeld in [2].

Vermeldenswaard in tabel 2 zijn nog de oplicht- en uitdoofhoogten van de Orioniden. De trajecten van de video-Orioniden liggen maar liefst 10 km hoger dan die voor fotografische opnamen, omdat de videocamera's de meteor al bij een geringere helderheid kunnen waarnemen en de kleinere deeltjes sneller zijn verdampt. Merk ook op dat de gemiddelde convergentiehoek voor deze Orioniden door een goede keuze van de richtpunten lekker groot is: 75° . Dit heeft zeker tot de nauwkeurigheid van de resultaten bijgedragen.

Kleine zwermen en sporadischen

Naast bovengenoemde Orioniden bieden de waarnemingen uit tabel 1 en 2 enkele stukjes uit de puzzel “hoe ziet de nabije omgeving van de Aarde er rond 19 oktober uit.” Twee stukjes zijn herkenbaar: de ϵ -Geminide en de vijf Tauriden.

De ϵ -Geminide is speciaal, omdat er hier maar elf van in de IAU database voorkomen, waarvan vier precisiebannen. De sporadische 93287 heeft ook iets weg van een ϵ -Geminide, maar heeft duidelijk andere baanelementen; met name de waarde voor de periheliumafstand (q) geeft aan dat het hier een sporadische meteor betreft.

Het is wel wat teleurstellend dat vier uur simultaan filmen, zo dicht bij het maximum van wat toch te boek staat

als een echte zwerm [3], maar één trefte oplevert. Waarschijnlijk hebben we gewoon pech gehad, hetgeen bij deze kleine aantallen goed mogelijk is. Meer van dit soort selectieve videowaarnemingen kunnen uitwijzen of visuele waarnemers de activiteit van de ϵ -Geminiden wellicht wat overschatten.

De Tauriden zijn minder speciaal, hoewel het leuk is dat ze zover voor hun maximum zijn waargenomen. Opvallend is dat het netjes twee noordelijke en drie zuidelijke Tauriden zijn. In de fotografische database van DMS zijn namelijk de zuidelijken sterk in de meerderheid (10 tegen 1).

En dan blijft de grootste brok aan waarnemingen nog over: de sporadischen. Wat al langer bekend is, blijkt ook hier: bij het kijken naar zwakkere meteoren neemt de verhouding zwerm/sporadisch dramatisch af. Dit heeft als gevolg dat twee videocamera's in vier uur tijd net zoveel sporadischen bij elkaar harken als een serie camerabatterijen in enkele jaren.

Figuur 5 geeft een overzicht van de verdeling van het merendeel van de waargenomen radianten.

De radianten blijken vooral in het zuidoosten te zitten. Verder is de verdeling verrassend homogeen over dit deel van de nachthemel. Overal zijn wel radiantjes te vinden.

Alleen de Orioniden springen er echt uit en de Tauriden zijn nog net herkenbaar.

code	day	stream	Mv	q	tol	a	1/a	tol	e	tol	i	tol	w	tol	node	pi	tol
93219	19,0424	Ori	4	0,616	0,013	12,0	0,084	0,06	0,949	0,04	163,4	0,5	77,6	2,4	25,75	103,3	2,4
93220	19,0451	Ori	2	0,677	0,012	22,7	0,044	0,06	0,970	0,04	164,6	0,5	69,5	2,3	25,75	95,3	2,3
93227	19,0660	Ori	5	0,589	0,014	10,1	0,099	0,06	0,942	0,03	163,7	0,4	80,9	2,5	25,78	106,7	2,5
93232	19,0701	Ori	-1	0,626	0,012	-14,4	-0,070	0,07	1,044	0,04	163,5	0,5	74,2	2,2	25,78	100,0	2,2
93235	19,0736	Ori	5	0,526	0,014	6,1	0,163	0,06	0,914	0,03	163,3	0,5	89,3	2,6	25,78	115,1	2,6
93236	19,0757	Ori	5	0,596	0,021	-14,8	-0,067	0,12	1,040	0,07	163,1	0,6	77,7	4,0	25,79	103,5	4,0
93237	19,0764	Ori	5	0,643	0,018	24,6	0,041	0,10	0,974	0,06	164,5	0,5	73,7	3,6	25,79	99,4	3,6
93239	19,0785	Ori	3	0,567	0,060	5,2	0,192	0,26	0,891	0,13	162,9	0,9	85,0	11,5	25,79	110,8	11,5
93244	19,0819	Ori	4	0,552	0,014	10,8	0,093	0,06	0,949	0,03	164,8	0,5	85,1	2,5	25,79	110,9	2,5
93250	19,0951	Ori	4	0,570	0,013	54,6	0,018	0,06	0,990	0,04	165,6	0,5	81,9	2,4	25,80	107,7	2,4
93254	19,0986	Ori	4	0,620	0,020	-23,8	-0,042	0,11	1,026	0,07	164,5	0,5	75,2	3,7	25,81	101,1	3,7
93256	19,1042	Ori	3	0,567	0,014	13,2	0,076	0,06	0,957	0,03	164,4	0,4	83,2	2,5	25,81	109,0	2,5
93259	19,1097	Ori	2	0,591	0,033	5,2	0,193	0,14	0,886	0,08	164,2	0,5	82,3	6,3	25,82	108,1	6,3
93267	19,1292	Ori	2	0,627	0,012	-9,9	-0,101	0,07	1,064	0,04	162,8	0,4	73,6	2,2	25,84	99,5	2,2
93279	19,1417	Ori	2	0,619	0,014	322,2	0,003	0,07	0,998	0,04	163,9	0,5	76,0	2,5	25,85	101,8	2,5
93285	19,1813	Ori	0	0,613	0,014	24,6	0,041	0,06	0,975	0,04	163,8	0,3	77,3	2,4	25,89	103,2	2,4
93286	19,1840	Ori	4	0,559	0,014	7,4	0,135	0,06	0,925	0,03	163,9	0,4	85,0	2,6	25,89	110,9	2,6
average	19,0973		3,1	0,598		18,89	0,053		0,970		163,9		79,3		25,81	105,1	
st. dev	0,0413		1,8	0,038			0,090		0,052		0,7		5,3		0,04	5,3	
st. error				0,009			0,022		0,013		0,2		1,3		0,01	1,3	

code	day	stream	Mv	q	tol	a	1/a	tol	e	tol	i	tol	w	tol	node	pi	tol
93268	19,1306	e-Gem	4	0,776	0,029	10,0	0,100	0,20	0,922	0,15	173,1	0,3	237,3	6,7	205,83	83,1	6,7
93204	19,0090	S-Tau	5	0,429	0,020	2,1	0,474	0,08	0,797	0,04	9,5	0,5	106,5	0,6	25,72	132,2	0,6
93215	19,0340	S-Tau	4	0,434	0,007	1,5	0,657	0,02	0,715	0,01	2,0	0,2	110,7	0,6	25,73	136,5	0,6
93230	19,0674	S-Tau	4	0,432	0,018	2,0	0,503	0,06	0,783	0,04	6,3	0,3	106,8	0,6	25,77	132,6	0,6
93233	19,0708	N-Tau	3	0,299	0,006	1,8	0,557	0,02	0,834	0,01	2,6	0,3	302,7	0,4	205,79	148,5	0,4
93247	19,0889	N-Tau	5	0,360	0,018	1,7	0,578	0,06	0,792	0,03	2,9	0,4	296,4	0,6	205,81	142,2	0,6
93202	19,0042	Spo	5	0,525	0,015	4,9	0,204	0,08	0,893	0,04	106,4	1,1	270,1	3,0	205,71	115,8	3,0
93203	19,0056	Spo	5	0,192	0,007	1,0	0,982	0,03	0,812	0,01	29,4	1,3	323,3	0,6	205,71	169,0	0,6
93207	19,0146	Spo	2	0,881	0,003	23,9	0,042	0,04	0,963	0,03	72,0	0,5	139,9	0,8	205,72	345,6	0,8
93209	19,0215	Spo	5	0,865	0,007	3,3	0,307	0,05	0,734	0,04	135,0	0,5	46,4	2,1	25,73	72,1	2,1
93210	19,0222	Spo	4	0,556	0,005	6,0	0,168	0,03	0,907	0,02	22,4	0,3	86,0	0,5	25,73	111,7	0,5
93212	19,0243	Spo	5	0,593	0,046	1,5	0,682	0,13	0,596	0,06	99,8	2,7	274,8	9,9	205,73	120,5	9,9
93214	19,0285	Spo	4	0,284	0,011	1,2	0,815	0,03	0,769	0,02	8,7	0,5	130,2	0,7	25,73	155,9	0,7
93216	19,0361	Spo	2	0,924	0,002	3,5	0,284	0,02	0,738	0,02	29,6	0,5	213,8	0,3	205,75	59,6	0,3
93221	19,0486	Spo	4	0,990	0,001	4,2	0,239	0,04	0,764	0,04	61,4	0,6	170,1	0,5	205,76	15,9	0,5
93223	19,0611	Spo	5	0,831	0,028	2,9	0,344	0,13	0,714	0,1	133,1	1,8	127,1	6,6	205,77	332,8	6,6
93226	19,0639	Spo	5	0,926	0,014	-4,8	-0,209	0,39	1,193	0,36	132,4	1,8	209,6	5,0	205,77	55,3	5,0
93228	19,0660	Spo	4	0,120	0,013	4,5	0,223	0,13	0,973	0,01	104,5	4,1	321,6	3,4	205,77	167,4	3,4
93231	19,0688	Spo	4	0,830	0,017	3,7	0,270	0,12	0,776	0,09	163,5	0,5	231,8	4,6	205,78	77,6	4,6
93240	19,0785	Spo	5	0,926	0,014	3,2	0,313	0,19	0,710	0,17	134,3	1,3	213,9	5,7	205,79	59,7	5,7
93243	19,0819	Spo	4	0,184	0,017	2,3	0,430	0,10	0,921	0,01	108,3	3,3	314,5	3,4	205,79	160,3	3,4
93248	19,0896	Spo	3	0,449	0,094	2,7	0,367	0,37	0,835	0,13	123,9	4,5	78,0	18,2	205,80	283,8	18,2
93249	19,0917	Spo	5	0,981	0,001	1,6	0,618	0,01	0,394	0,01	28,0	0,6	199,1	0,4	205,80	44,9	0,4
93251	19,0951	Spo	5	0,235	0,069	2,5	0,397	0,32	0,907	0,05	137,2	4,7	127,4	13,7	25,80	153,2	13,7
93252	19,0951	Spo	4	0,891	0,005	10,3	0,097	0,06	0,914	0,05	136,2	0,5	321,3	1,5	25,80	347,1	1,5
93253	19,0958	Spo	4	0,763	0,025	2,9	0,347	0,11	0,735	0,08	117,5	1,2	243,4	5,4	205,80	89,2	5,4
93258	19,1076	Spo	4	0,202	0,038	2,3	0,428	0,18	0,914	0,02	147,1	2,3	132,0	7,6	25,82	157,9	7,6
93263	19,1139	Spo	5	0,961	0,006	2,2	0,452	0,12	0,566	0,11	141,3	0,8	154,4	3,9	205,82	0,3	3,9
93264	19,1181	Spo	5	0,603	0,057	27,9	0,036	0,29	0,978	0,17	167,5	0,7	101,6	10,9	205,82	307,4	10,9
93266	19,1285	Spo	5	0,989	0,003	2,3	0,432	0,05	0,573	0,05	134,5	0,6	168,5	2,1	205,84	14,3	2,1
93269	19,1306	Spo	3	0,995	0,001	2,1	0,475	0,12	0,527	0,12	171,2	0,5	356,0	1,4	25,84	21,8	1,4
93271	19,1319	Spo	5	0,919	0,015	2,2	0,450	0,14	0,587	0,12	167,4	0,5	142,2	6,2	205,84	348,0	6,2
93272	19,1340	Spo	4	0,361	0,018	1,7	0,573	0,06	0,793	0,01	152,5	0,7	63,8	3,2	205,84	269,6	3,2
93273	19,1382	Spo	5	0,993	0,001	5,0	0,200	0,09	0,802	0,09	48,3	1,7	187,1	0,6	205,85	33,0	0,6
93275	19,1396	Spo	3	0,976	0,002	6,3	0,159	0,07	0,845	0,06	168,5	0,3	197,0	1,2	205,85	42,9	1,2
93277	19,1403	Spo	4	0,970	0,008	6,6	0,152	0,17	0,853	0,16	111,8	1,5	199,3	3,5	205,85	45,2	3,5
93281	19,1701	Spo	5	0,417	0,053	4,3	0,231	0,20	0,903	0,07	168,2	0,7	283,0	9,5	205,88	128,8	9,5
93283	19,1729	Spo	5	0,214	0,026	2,5	0,400	0,11	0,914	0,01	162,8	1,0	310,1	4,9	205,88	156,0	4,9
93284	19,1736	Spo	5	0,236	0,010	2,0	0,500	0,05	0,882	0,02	6,1	0,4	128,9	0,7	25,88	154,8	0,7
93287	19,1840	Spo	4	0,935	0,014	33,7	0,030	0,33	0,972	0,31	174,8	0,5	208,8	5,8	205,89	54,7	5,8
93288	19,1847	Spo	5	0,825	0,021	4,1	0,243	0,16	0,800	0,13	126,1	1,3	127,8	5,9	205,89	333,7	5,9

Table 1 : Orbital elements (2000.0) of 17 Orionids, 1 ϵ -Geminid, 5 Taurids and 35 sporadic meteors.

code	VG	VH	VINF	<V>	tol	HB	HE	RA	tol	DE	tol	RAG	DEG	cos Z	Qmax
93219	66,7	41,3	67,9	67,7	0,7	119,8	95,6	93,85	0,19	15,59	0,24	93,91	15,32	0,619	81,0
93220	67,9	41,7	69,0	68,8	0,7	123,6	94,8	95,92	0,19	15,83	0,23	95,98	15,57	0,615	83,6
93227	66,3	41,2	67,4	67,3	0,7	115,1	101,1	93,15	0,24	15,89	0,19	93,13	15,64	0,690	79,5
93232	68,2	42,9	69,3	69,1	0,7	148,2	87,5	93,30	0,20	15,54	0,23	93,26	15,29	0,693	82,4
93235	65,0	40,5	66,1	65,9	0,7	115,1	99,9	91,45	0,24	16,05	0,20	91,40	15,79	0,718	70,1
93236	67,8	42,9	68,9	68,7	1,3	116,3	97,1	92,21	0,17	15,55	0,25	92,16	15,30	0,709	87,0
93237	67,5	41,8	68,6	68,4	1,1	113,6	98,9	94,74	0,19	15,93	0,24	94,70	15,69	0,702	83,5
93239	65,2	40,1	66,3	66,1	3,0	116,9	99,2	93,11	0,24	15,65	0,19	93,05	15,39	0,714	69,9
93244	66,0	41,2	67,1	66,9	0,7	120,9	95,3	91,92	0,21	16,60	0,22	91,84	16,35	0,736	78,5
93250	66,9	42,0	68,0	67,8	0,7	114,3	97,8	92,09	0,20	16,86	0,23	91,98	16,62	0,761	73,7
93254	68,0	42,6	69,0	68,8	1,2	114,0	99,6	93,43	0,24	16,07	0,20	93,32	15,84	0,753	71,5
93256	66,3	41,4	67,4	67,2	0,7	115,8	97,2	92,35	0,24	16,33	0,20	92,23	16,08	0,769	71,0
93259	65,6	40,1	66,6	66,4	1,6	114,7	94,4	94,13	0,26	16,10	0,16	94,00	15,85	0,768	62,9
93267	68,4	43,3	69,4	69,3	0,7	115,8	94,2	93,30	0,24	15,18	0,19	93,12	14,94	0,781	79,9
93279	67,5	42,2	68,5	68,3	0,8	124,2	92,4	93,79	0,22	15,77	0,21	93,59	15,53	0,795	82,2
93285	67,1	41,8	68,0	67,9	0,7	128,2	90,2	93,93	0,29	15,81	0,11	93,66	15,55	0,808	50,0
93286	65,7	40,8	66,6	66,4	0,7	118,6	99,4	92,77	0,25	16,16	0,18	92,48	15,89	0,808	77,0
average	66,8	41,6	67,9	67,7		119,7	96,2	93,3		15,9		93,2	15,7	0,7	75,5
st. dev	1,1	1,0	1,1	1,1		8,4	3,7	1,1		0,4		1,1	0,4	0,1	9,2
st. error	0,3	0,2	0,3	0,3				0,3		0,1		0,3	0,1		

code	VG	VH	VINF	<V>	tol	HB	HE	RA	tol	DE	tol	RAG	DEG	cos Z	Qmax
93268	68,8	41,1	69,8	69,7	2,2	116,2	93,6	101,64	0,29	26,85	0,16	101,50	26,71	0,866	45,3
93204	26,1	36,9	28,4	28,0	1,7	91,1	75,1	36,21	0,24	6,13	0,18	35,61	4,09	0,696	75,8
93215	23,0	34,6	25,5	25,1	0,4	90,0	83,9	35,59	0,31	13,56	0,23	34,55	11,40	0,774	81,1
93230	25,4	36,5	27,6	27,3	1,4	99,5	91,7	35,66	0,20	8,99	0,23	34,41	6,89	0,691	89,3
93233	28,8	35,9	30,8	30,5	0,5	103,7	86,0	39,42	0,19	18,50	0,24	38,41	17,19	0,800	76,3
93247	26,5	35,6	28,6	28,3	1,5	98,3	88,3	36,83	0,21	18,48	0,23	35,48	16,86	0,765	82,4
93202	54,5	40,0	55,8	55,6	1,0	101,1	87,2	77,17	0,85	54,59	0,16	77,25	54,70	0,903	22,5
93203	29,4	30,2	31,5	31,2	0,8	101,8	89,6	50,08	0,43	36,57	0,29	49,84	36,11	0,945	40,2
93207	43,9	41,8	45,4	45,1	0,5	110,9	84,8	194,75	0,49	61,42	0,19	196,05	60,43	0,420	81,0
93209	62,8	38,8	64,0	63,8	0,7	115,5	104,2	101,73	0,17	-0,92	0,25	101,99	-1,48	0,277	65,4
93210	28,3	40,4	30,4	30,0	0,4	92,5	86,3	36,27	0,16	-9,37	0,26	35,56	-11,84	0,475	72,5
93212	48,5	34,3	49,8	49,6	2,1	110,9	99,5	87,90	2,38	59,53	0,51	88,13	59,71	0,895	19,4
93214	26,0	32,5	28,3	28,0	0,9	93,5	86,5	46,21	0,31	11,62	0,27	45,69	9,83	0,759	86,4
93216	21,1	39,1	23,7	23,3	0,4	96,7	80,5	331,41	0,39	58,79	0,22	326,59	57,03	0,759	87,6
93221	36,5	39,6	38,2	37,9	0,6	105,8	96,8	215,22	0,82	75,32	0,22	217,71	74,17	0,613	85,2
93223	62,0	38,4	63,2	63,0	1,6	109,3	97,8	141,71	1,11	41,36	0,99	142,18	41,20	0,543	9,7
93226	67,6	44,3	68,7	68,5	4,1	113,7	102,0	109,97	0,48	50,13	0,20	110,08	50,19	0,834	54,1
93228	51,6	39,8	52,8	52,6	1,7	95,6	85,9	63,77	0,69	37,44	0,35	63,45	37,29	0,964	31,1
93231	67,1	39,3	68,2	68,1	1,3	112,5	99,9	105,29	0,20	31,70	0,25	105,34	31,60	0,763	89,8
93240	62,9	38,8	64,1	63,9	2,3	111,0	99,8	112,63	0,38	47,45	0,36	112,74	47,48	0,837	72,8
93243	51,0	37,4	52,2	52,0	1,3	95,2	87,8	69,20	1,46	41,64	0,64	68,85	41,55	0,980	18,4
93248	57,3	38,2	58,6	58,4	4,9	117,6	97,0	158,00	0,17	34,40	0,26	158,58	34,06	0,414	16,1
93249	16,7	35,1	20,0	19,6	0,4	93,3	88,1	302,26	0,65	70,37	0,24	295,22	65,67	0,628	84,5
93251	56,3	37,8	57,5	57,3	4,3	112,8	95,3	80,83	0,18	9,59	0,25	80,65	9,16	0,718	85,7
93252	65,5	41,2	66,7	66,5	0,7	117,0	108,2	124,87	0,14	-5,01	0,27	125,09	-5,56	0,253	66,6
93253	57,5	38,4	58,6	58,4	1,4	97,7	86,5	99,03	1,33	55,21	0,34	98,92	55,32	0,945	28,2
93258	56,6	37,4	57,7	57,5	2,4	110,0	94,7	80,85	0,24	13,24	0,19	80,62	12,86	0,772	73,5
93263	63,2	37,2	64,4	64,2	1,5	108,3	96,0	130,33	0,29	40,37	0,20	130,48	40,32	0,768	64,3
93264	67,7	41,8	68,8	68,7	3,2	102,3	92,0	143,34	0,12	21,02	0,28	143,56	20,76	0,492	66,2
93266	62,1	37,4	63,3	63,1	0,6	113,3	102,7	128,36	0,65	44,95	0,25	128,45	44,96	0,841	45,4
93269	66,6	36,9	67,7	67,5	1,5	103,1	96,9	118,12	0,24	16,24	0,23	118,11	15,99	0,682	83,9
93271	66,3	37,2	67,4	67,2	1,7	110,3	100,3	128,08	0,23	26,03	0,21	128,13	25,87	0,717	80,0
93272	58,9	35,7	60,2	60,0	0,8	113,3	97,2	149,42	0,15	24,23	0,27	149,72	23,92	0,527	65,0
93273	30,1	40,1	32,1	31,7	1,5	99,9	93,9	269,55	1,15	75,54	0,39	270,77	73,64	0,610	89,8
93275	69,9	40,5	70,9	70,8	0,7	118,1	99,1	114,73	0,26	28,27	0,19	114,65	28,15	0,833	63,6
93277	58,5	40,6	59,7	59,5	2,1	107,2	92,4	120,40	1,72	60,84	0,18	120,36	61,02	0,926	16,8
93281	63,3	39,7	64,2	64,0	2,4	113,2	106,0	88,69	0,48	28,57	0,22	88,36	28,38	0,915	50,8
93283	58,2	37,8	59,2	59,0	1,4	108,2	99,2	81,58	0,43	29,05	0,25	81,18	28,80	0,907	39,4
93284	31,9	36,6	33,6	33,3	0,9	101,8	94,1	44,45	0,27	14,01	0,19	43,08	12,51	0,571	39,9
93287	71,1	41,9	72,1	71,9	3,5	119,5	98,0	110,12	0,19	25,33	0,24	109,93	25,19	0,882	77,1
93288	61,3	39,6	62,5	62,3	2,0	109,4	97,6	146,46	0,51	44,04	0,15	146,53	44,04	0,848	34,7

Table 2 : Trajectory data (2000.0) of 17 Orionids, 1 ε-Geminid, 5 Taurids and 35 sporadic meteors.

Het feit dat de meeste waargenomen sporadische meteoren een radiant in het zuidoosten hebben hangt direct samen met hun veelal hoge snelheid: 23 van de 34 sporadischen hebben een snelheid groter dan 50 km/s. Na enig nadenken blijkt dit een selectie-effect te zijn. Door de keuze van de richtpunten zijn vooral de meteoren die een traject tussen de 90 en 120 km hoogte hebben simultaan. Dit zijn de snelle meteoren en de meteoren die veroorzaakt worden door kometair materiaal dat gemakkelijk uit elkaar valt. Radianten van snelle meteoren zitten vooral in het zuidoosten omdat zich daar tijdens de waarneemperiode het apex bevindt, de richting waarin de Aarde beweegt. Meteorzwermen met een radiant dichtbij het apex bewegen tegen de voortbewegingsrichting van de Aarde in, hetgeen de hoge relatieve snelheden veroorzaakt.

Omdat de snelle meteoren veelal van kometaire oorsprong zijn – vanwege de retrograde banen – verhoogt dit selectie-effect overigens de kans op het vinden van kleine zwermpjes: al het losse gruis afkomstig uit de asteroidengrodel blijft netjes buiten beeld.

Nauwkeurigheid en conclusie

Een blik op de gespecificeerde foutmarges in tabel 1 en 2 leert dat de radianten van de videometeoren behoorlijk nauwkeurig bepaald kunnen worden, maar dat het meten van de snelheid niet altijd meevalt. In die gevallen waar de geschatte fout oploopt tot boven de 2 km/s ziet het ene station een veel grotere snelheid dan het andere. Dit betekent dat het berekende traject verschoven is ten opzichte van het ware traject, waardoor het te dicht bij het ene station licht (grote snelheid) en te ver van het andere (kleine snelheid). Er kunnen ook verschuivingen optreden waardoor beide stations een te kleine (of te grote) snelheid zien. Dit is de reden dat een minimale onzekerheid van 1% in de snelheid is aangehouden.

Aan de onzekerheid in de snelheid is verder weinig te doen; het is een direct

gevolg van het feit dat de astrometrie aan videometeoren een factor drie onnauwkeuriger is dan die aan gefotografeerde meteoren.

Dit betekent dat videowaarnemingen het best tot hun recht zullen komen bij zwermen die fotografisch nauwelijks waarneembaar zijn, zoals de ϵ -Geminiden. Bedenk daarbij dat uit een flink aantal niet zo nauwkeurige banen wel een nauwkeurig gemiddelde bepaald kan worden; we zien dat al aan het lijstje met Orioniden.

Daarnaast kan het combineren van video en fotografisch materiaal de kans op het vinden van massa-afhankelijke effecten in de verdeling van deeltjes binnen een zwerm flink vergroten, omdat het gezamenlijke magnitudebereik veel groter is. De mogelijkheid hiertoe zal de komende jaren moeten blijken.

Credits

Koen Miskotte had een belangrijke rol bij het totstand komen van het waarneemmateriaal. Hij bediende een van de videocamera's en speurde bovendien de videobanden af naar gefilmde meteoren.

Hans Betlem leverde bereidwillig de benodigde gegevens aan voor de simultaanberekeningen.

Referenties

- [1] M. de Lignie, "Simultane video meteoren volledig verwerkt", *Radiant* **15** (1993) 44.
- [2] L. Kresák en V. Porubcan, "The dispersion of meteors in meteor streams", *BAC* **21** (1970) 153.
- [3] P. Jenniskens, "Meteor stream activity. I. The annual streams.", *Astron. & Astroph.* **287** (1994) 990.

Radiant nummer 100

Dit is een bijzonder nummer van Radiant. De honderdste reguliere uitgave is een feit.

In april 1979 verscheen Radiant voor het eerst. Toen nog een gestencild

blaadje van 6 pagina's. Maar al met ongeveer dezelfde onderwerpen: waarnemingsoproepen, aktieverslagen en buitenlands nieuws. Geen notulen en statuten.

De formule sloeg aan en Radiant groeide. Uitvoering en technische afwerking van het blad veranderden maar met mate. Niet elk jaar een nieuwe kop of lay-out. De huidige voorpagina indeling dateert al weer van eind 1979!

Natuurlijk kon steeds meer met de jaren. Offset druk, fotomateriaal. De computer ging sneller werken mogelijk maken. Een huidige uitvoering van Radiant opmaken en drukklaar maken kost nog maar een fractie van de tijd van wat het tien jaar geleden kostte, zeker wanneer artikelen via diskette of internet worden aangeleverd.

Er is veel aanbod van copy. Er kan scherp geselecteerd worden en vaak gebeurt dat ook. Daarmee blijft de kwaliteit van het blad gewaarborgd.

Het is natuurlijk moeilijk te overzien hoe de wereld er over 15 jaar uit zal zien, wanneer nummer 200 gedrukt gaat worden (als die techniek dan nog bestaat, misschien is er dan alleen nog maar een elektronische vorm van Radiant...)

Maar het lijkt wel duidelijk, dat DMS en Radiant in de afgelopen periode, zowel nationaal als internationaal hun bestaan bewezen hebben. Dat er behoefte is aan meer, dan alleen maar af en toe eens naar meteoren kijken en daar een (jaar)verslagje over maken. Fotografisch en visueel werk vragen om follow-up. Verwerking en analyse. Presentatie. Radiant als eerste (en snelle!) stap om snel de terugkoppeling naar de waarnemers te krijgen. Publicatie in wetenschappelijke bladen kan 5 of 10 jaar duren. Voor de komende jaren zie ik die taak en dus de inhoud van Radiant ongewijzigd.

Maakt U zich ook geen zorgen om de continuïteit van Radiant de komende jaren. Ik maak Radiant 100 met net zo veel plezier als Radiant 1. Wel zou ik een groter auteursaanbod wel leuk vinden. Dus wat let U...

Hans Betlem - redactie