

Boötiden 1995 : Fotografische resultaten

Hans Betlem ¹

1. Lederkarper 4, 2318 NB Leiden

English summary

The night of January 3/4 1995 was clear in the Netherlands. There was no moonlight and temperatures dropped to -8°C . Despite the cold several observing teams of the Dutch Meteor Society were present all night to cover the 1995 Quadrantids visual, photographically and by video. Impressions of the observations were given earlier [2].

This article deals with the photographic results. 56 Meteors were photographed from two or more stations. Out of these data 39 new high precision Quadrantids orbits could be computed, almost tripling the world total obtained in 40 years during one night !

The average values of the orbital elements compare very well with the values obtained in de mid fifties (Harvard) but the accuracy is better due to a greater number of meteors and a better individual accuracy per meteor.

No shift in radiant position as found by Japanese investigators [4] is found in 1995 but the wings of our distribution cover the corresponding orbital elements. An intense Quadrantid campaign in 1999, despite the full moon, is recommended to investigate a suspected orbital perturbation of the Quadrantids near aphelion by Jupiter.

Inleiding

Al weer ruim een jaar geleden : Die roemruchte Boötidenaktie in de nacht van 3 op 4 januari 1995. Een zeldzaam combinatie van een heldere januarinacht, geen maanlicht en een gunstig vallend Boötidenmaximum voor Europa.

De visuele resultaten zijn al eerder in Radiant gepresenteerd [1].

In dit artikel aandacht voor de fotografische resultaten.

De waarnemingsakties zelf zijn, voorzien van het nodige fotomateriaal, al in alle toonaarden beschreven in Radiant [2]. De waarnemingen zijn onder bijzonder moeilijke omstandigheden gedaan. Tijdens de heldere januarinacht daalde de temperatuur op de posten in het oosten van het land tot zo'n -8°C . Dankzij de nodige technische voorzorgen hebben overal de camera's perfect gewerkt en hebben ze uitstekende, vlijmscherpe opnamen afgeleverd.

Tabel 1 geeft aan hoe de aantallen gefotografeerde meteoren zijn verdeeld over de posten.

In totaal leverde de nacht 3/4 januari 1995 56 n-multaansets op.

Photographic Quadrantid radiants.

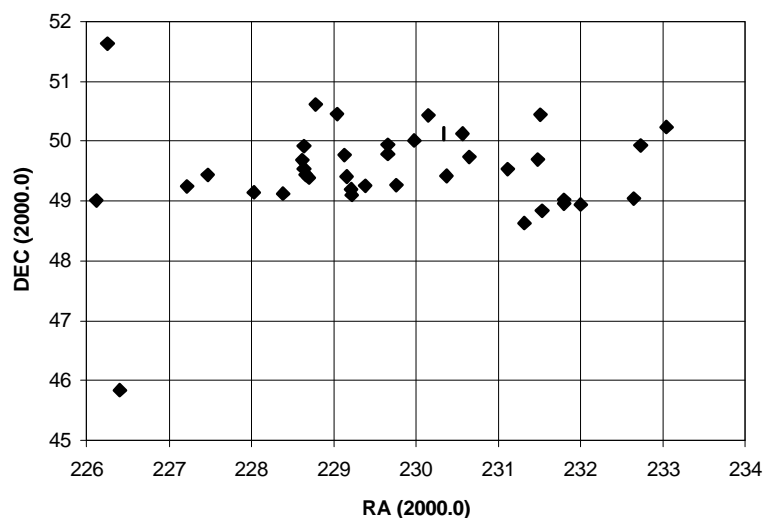


Figure 1 : Photographic multi-station radiants. Quadrantids 1995.

Biddinghuizen	Casper ter Kuile cs.	109 meteors
Rha	Hans Betlem cs.	105 meteors
Oostkapelle	Klaas Jobse cs.	70 meteors
Bosschenhoofd	Jaap van 't Leven	18 meteors
Benningbroek	Jos Nijland (All-Sky)	4 meteors

Table 1 : Numbers of photographed meteors DMS stations. January 3/4 1995.

Table 1 : Orbital and trajectory data of 39 photographic Quadrantids. January, 1995.

Code	Dag	q	a	e	i	omega	kl knoop	pi	RA	DEC	V inf	V g	V h	H beg	H end	Q max
95001	3,906900	0,974	3,23	0,698	70,77	167,78	283,1239	90,90	231,51	50,44	42,4	40,9	39,1	98,2	90,9	43
95002	3,921300	0,978	3,51	0,721	73,64	170,40	283,1385	93,54	228,62	49,69	44,0	42,4	39,4	100,8	85,6	3
95004	3,924340	0,983	3,29	0,701	72,64	176,48	283,1417	99,62	226,25	51,63	43,3	41,8	39,2	98,4	83,8	21
95005	3,942900	0,976	2,77	0,648	71,08	168,50	283,1606	91,66	229,98	50,01	42,2	40,6	38,5	98,1	88,1	21
95006	3,951481	0,979	3,39	0,711	72,19	171,97	283,1694	95,14	228,78	50,62	43,2	41,6	39,3	101,5	82,1	63
95007	3,960000	0,979	2,96	0,669	73,96	171,21	283,1780	94,39	227,22	49,25	43,7	42,1	38,8	98,2	89,5	32
95010	4,011270	0,977	3,21	0,695	71,01	169,53	283,2303	92,76	230,34	50,12	42,6	41,0	39,1	99,6	84,6	59
95013	4,017800	0,978	3,05	0,680	71,93	170,43	283,2369	93,67	229,13	49,77	42,9	41,3	38,9	96,6	88,4	49
95014	4,064810	0,977	3,25	0,699	70,76	170,02	283,2849	93,30	230,57	50,12	42,5	40,9	39,1	93,4	71,3	24
95016	4,076700	0,980	3,13	0,687	71,17	172,73	283,2970	96,03	229,04	50,45	42,6	41,0	39,0	100,9	70,8	90
95018	4,084500	0,977	3,40	0,713	72,40	170,07	283,3049	93,38	229,76	49,27	43,4	41,8	39,3	98,5	84,3	56
95019	4,087600	0,979	3,37	0,710	72,89	171,55	283,3081	94,85	228,70	49,39	43,6	42,0	39,3	93,5	78,2	45
95020	4,096220	0,976	3,05	0,680	70,66	168,68	283,3169	91,99	231,12	49,53	42,3	40,7	38,9	94,5	76,7	6
95022	4,118495	0,979	2,96	0,669	71,02	171,64	283,3396	94,98	229,66	49,94	42,4	40,7	38,8	93,4	76,7	69
95023	4,126042	0,980	3,10	0,684	73,28	172,56	283,3473	95,91	228,03	49,14	43,6	41,9	39,0	95,6	80,9	35
95027	4,140393	0,979	3,61	0,729	72,12	172,05	283,3619	95,41	229,66	49,79	43,4	41,8	39,5	93,9	82,2	23
95028	4,142360	0,976	5,99	0,837	71,59	169,61	283,3640	92,97	232,73	49,93	44,0	42,4	40,7	93,7	84,5	45
95029	4,144710	0,980	3,74	0,738	73,31	173,07	283,3663	96,44	228,64	49,54	44,0	42,4	39,6	95,2	83,7	60
95032	4,151168	0,980	3,13	0,687	72,56	172,56	283,3729	95,93	228,66	49,44	43,3	41,6	39,0	100,5	77,4	49
95033	4,144688	0,975	3,56	0,726	71,60	168,39	283,3765	91,77	231,80	48,96	43,1	41,5	39,4	91,5	73,3	14
95034	4,156200	0,973	4,03	0,759	71,40	167,75	283,3780	91,13	232,65	49,04	43,3	41,7	39,8	99,3	84,3	73
95036	4,016223	0,979	3,05	0,679	72,39	171,51	283,3842	94,89	229,21	49,19	43,1	41,5	38,9	94,1	77,5	87
95039	4,172800	0,981	2,68	0,633	71,13	173,45	283,4950	96,84	228,64	49,92	42,2	40,5	38,4	93,0	81,4	42
95040	4,184548	0,982	2,69	0,635	72,57	174,42	283,4070	97,82	227,47	49,44	42,8	41,2	38,4	97,3	74,0	27
95041	4,186157	0,975	3,03	0,678	71,56	168,25	283,4086	91,66	231,32	48,63	42,7	41,1	38,9	99,7	67,6	21
95043	4,193100	0,980	3,39	0,711	71,02	173,22	283,4157	96,63	230,15	50,43	42,7	41,1	39,3	98,5	68,6	86
95045	4,196000	0,976	3,72	0,738	71,84	169,03	283,4186	92,45	231,80	49,02	43,3	41,7	39,6	94,9	81,5	85
95047	4,196480	0,982	3,23	0,696	75,02	175,92	283,4191	99,34	226,12	49,01	44,4	42,8	39,1	96,7	82,9	25
95048	4,196600	0,979	3,02	0,676	72,49	171,81	283,4192	95,22	229,22	49,10	43,1	41,5	38,9	98,7	84,8	59
95050	4,201968	0,979	4,45	0,780	72,98	171,68	283,4247	95,10	230,37	49,43	44,2	42,6	40,1	98,9	89,1	58
95051	4,203100	0,975	3,83	0,746	71,91	168,72	283,4259	92,14	232,00	48,94	43,4	41,8	39,7	93,8	82,8	89
95052	4,203125	0,981	3,10	0,684	73,27	173,16	283,4259	96,59	228,39	49,12	43,5	41,9	39,0	96,5	83,6	25
95054	4,210100	0,980	3,36	0,709	72,83	172,34	283,4330	95,77	229,38	49,26	43,5	41,9	39,3	101,9	68,9	44
95058	4,222900	0,978	3,39	0,712	71,05	170,77	283,4461	94,21	231,48	49,70	42,7	41,1	39,3	101,3	81,1	47
95059	4,223550	0,979	3,09	0,683	71,12	171,61	283,4468	95,06	230,65	49,73	42,5	40,9	38,9	94,3	80,2	31
95060	4,230718	0,976	2,99	0,673	71,28	168,86	283,4541	92,32	231,53	48,83	42,5	40,9	38,8	95,9	71,9	16
95061	4,232700	0,978	4,07	0,760	70,21	170,49	283,4560	93,94	233,04	50,24	42,7	41,1	39,8	92,1	82,9	68
95062	4,237950	0,980	3,01	0,674	72,41	173,04	283,4614	96,50	229,16	49,41	43,0	41,4	38,9	92,6	58,0	23
95063	4,240509	0,976	1,87	0,477	74,93	167,88	283,4614	91,34	226,40	45,84	42,5	40,9	36,5	92,8	60,3	8
mean :		0,978	3,32	0,697	72,10	171,11		94,45	229,72	49,52	43,1	41,5	39,1			
st. dev.:		0,002		0,05	1,1	2,2		2,2	1,8	0,9	0,6	0,6	0,6			

Table 2 : Orbital and trajectory data of 18 photographic Quadrantids. Source : IAU photographic meteor database, Lund.

Year	Day	Mph	q	a	e	i	omega	asc.node	pi	Vinf	Vg	Vh	H beg.	H max.	H end	RA Geo	DE Geo
1951	3,35930	-0,8	0,974	3,42	0,715	73,8	167,90	282,2	90,0	44,1	42,4	39,3	99,4	94,2	91,8	230,20	48,00
1954	3,42157	0,4	0,970	3,05	0,682	68,6	165,20	282,5	87,6	41,5	39,7	38,9	101,8	95,8	93,7	234,80	49,30
1954	3,45659	0,4	0,978	2,91	0,664	72,7	170,30	282,5	92,8	43,2	41,5	38,7	100,6	95,4	89,9	229,40	48,80
1954	3,45699	0,7	0,983	3,12	0,685	72,6	180,40	282,5	102,9	43,3	41,6	39,0	104	100,5	94,2	225,30	51,50
1954	3,48882	-1,0	0,978	3,00	0,674	72,5	170,40	282,5	92,9	43,1	41,5	38,8	104,8	91,7	86,3	229,60	49,00
1954	3,49569	-1,3	0,977	3,00	0,675	72,4	169,60	282,5	92,1	43,1	41,4	38,8	102,4	89,2	87,2	230,10	48,80
1954	3,50371	-0,4	0,975	3,07	0,683	70,8	168,30	282,5	90,8	42,4	40,7	38,9	101,1	91,6	87,5	231,90	49,20
1954	3,52012	1,1	0,980	3,27	0,701	73,4	172,80	282,6	95,4	43,7	42,1	39,1	100,6	94	88,7	228,40	49,30
1954	4,45827	0,4	0,975	3,17	0,692	72,5	168,60	283,5	92,1	43,3	41,6	39,0	103	96,5	90,2	231,20	48,30
1954	2,37141	0,0	0,983	2,88	0,659	72,1	177,20	281,3	98,5	42,8	41,1	38,7	102	98,7	94,8	226,20	51,10
1954	3,36061	0,7	0,979	3,05	0,679	70,0	171,50	282,3	93,9	42,1	40,3	38,9	100,9	99,4	97,8	231,00	50,50
1954	3,36219	0,9	0,977	2,89	0,662	71,7	170,10	282,3	92,5	42,7	41,0	38,7	101	99,4	96,9	230,10	49,20
1954	3,47494	-0,2	0,981	2,73	0,640	71,0	174,10	282,5	96,7	42,2	40,5	38,4	100,2	95,3	93	228,70	50,40
1954	3,50625	0,6	0,977	2,96	0,670	73,1	169,60	282,5	92,1	43,4	41,7	38,8	99,6	96,6	93,4	229,50	48,40
1960	4,92400	-4,1	0,979	1,49	0,343	65,2	169,00	282,4	91,4	37,2	35,3	34,8	84,5	79,5	75,7	228,90	49,80
1960	4,87700	-5,7	0,976	1,53	0,361	65,4	166,30	282,5	88,8	37,4	35,5	35,0	92,9	68,6	67,8	229,90	49,30
1979	8,15525	-14	0,978	3,30	0,700	71,2	170,90	286,9	97,8	42,7	41,1	39,1	96,3	64	62	233,10	48,80
1980	4,71368	-6,1	0,976	3,10	0,680	71,4	168,70	283,1	91,8	42,4	41,0	38,9	92,3	86,8	85,3	231,60	48,90
mean :			0,978	2,89	0,643	71,1	170,6		93,3	42,2	40,5	38,4				230,0	49,4
stdev.			0,00		0,11	2,47	3,7		3,7	1,9	2,0	1,3				2,2	1,0

Van de aanvankelijk geregistreerde 64 sets bleken er acht achteraf niet simultaan of (deels) onverwerkbaar vanwege te kleine convergentiehoeken.

De uiteindelijk uitgemeten en doorge-rekende n-multaansets leverden uiteindelijk 43 heliocentrische banen op. Dat is een bijzonder hoog percentage. Veel meteoren leveren vaak geen baan omdat er te weinig of te zwakke sektoronderbrekingen zijn of omdat de convergentiehoeken ongunstig liggen. De kwaliteit van de gebruikte optiek schroeft uiteindelijk het aantal tot baanelementen te verwerken simultaanopnamen fors op.

Onder de 43 berekende heliocentrische banen bevinden zich 4 sporadische meteoren en 39 Boötiden.

Dat betekent een zeer significante bijdrage in het wereldtotaal aan goede Boötidenbanen. In de IAU fotografische meteorodatabase [3] bevinden zich maar 18 redelijk nauwkeurig berekende Boötidenbanen !

Resultaten

Tabel 2 geeft trajectgegevens en baanelementen voor de 39 n-multane DMS opnamen uit 1995 met gemiddelden en standaard deviaties. De nauwkeurigheid van het materiaal is als gebruikelijk bij fotografisch materiaal en er zijn geen opvallende uitschieters in de baanelementen.

Figuur 1 geeft de radiantposities grafisch weer. De spreiding in rechte klimming lijkt ongeveer twee maal zo groot als de spreiding in declinatie. Rekening houdend met de declinatie van de radiant vinden we voor $\Delta RA(\cos DEC) = 1.1^\circ$ waarmee we de radiant als een cirkelvormig gebiedje kunnen vastleggen. Het feit dat er geen noemenswaardige uitschieters in de rechte klimming van de radiant zijn geeft aan, dat de verschijningsstijdstippen van de meteoren nauwkeurig geklokt zijn.

Year	Day	q	a	e	i	omega	Asc.node
1987	3,7978	0,982	3,01	0,672	72,4	175,8	283,1
	0,0286	0,001		0,021	0,8	1,6	

Table 3 : Japanese photographic *Quadrantid* orbits based on 6 records. [4]

Vergelijking met ouder Bootiden materiaal

Op zoek gaan naar goede Boötidenbanen in de IAU fotografische database en in oudere publikaties is een weinig vreugdevolle aangelegenheid. De betreffende zwerm is niet alleen in ons land maar ook wereldwijd bijzonder slecht waargenomen.

In de IAU fotografische database [3] treffen we 18 Boötidenbanen, grotendeels verkregen in 1954 (Harvard, 13 banen). Ook zijn er nog 6 Japanse banen uit 1987 [4]. Tezamen brengt dit het wereldtotaal op 24 nauwkeurig gereduceerde Boötidenbanen. In één nacht legde DMS daar 39 nieuwe banen bij. Welliswaar heeft de faktor geluk (heldere nacht) daarbij een rol gespeeld, maar er is in die nacht en de dagen daarvoor dan ook wel een gigantische inspanning geleverd door velen.

In de IAU database zitten naast de eerder genoemde 18 banen nog eens 16 grafisch gereduceerde banen. Deze meteorsporen zijn niet uitgemeten maat met sjablonen overgezet op sterrenkaarten en daarna gereduceerd. Omdat de nauwkeurigheid van dit materiaal (alles uit 1954) veel geringer is, is het verder buiten beschouwing gelaten.

Tabel 3 geeft een overzicht van het bruikbare IAU materiaal met de gemiddelden en standaard deviaties.

Een paar zaken vallen op. De nauwkeurigheid van de gemiddelden van het het DMS materiaal is ongeveer een faktor 2 beter. Dat is ook niet zo verwonderlijk gezien het grotere aantal banen. Maar ook de individuele nauwkeurigheden van de DMS banen zijn aanzienlijk beter. De per baan berekende standaard deviaties zijn vaak veel beter dan de standaard deviaties in de gemiddelden met andere woorden :

we leggen reële spreidingen in de individuele banen vast. Deze gegevens zijn in de IAU database niet te achterhalen omdat er minder cijfers gegeven worden. De waarden van de klimmende knoop zijn bij voorbeeld gegeven op tienden van een graad wat overeenkomt met een nauwkeurigheid in het verschijningsstijdstip van enkele uren !! Individuele standaard deviaties in het IAU materiaal zijn niet bekend.

De gemiddelden van de beide datasets komen goed overeen. De IAU waarde voor a lijkt wat aan de kleine kant, maar die wordt waarschijnlijk veroorzaakt door twee uitschieters uit 1960 (foutief gereduceerd?). Laten we die weg, dat wordt $a = 3.1$ AU gevonden. Ook de gemiddelde waarden voor e en i (die resp. 0.679 en $71^\circ.8$ worden) lijken door de twee 1960 uitschieters zijn te beïnvloed.

Concluderend mogen we zeggen, dat de 1995 terugkeer van de Boötiden hetzelfde beeld van de banen uit de jaren '50 maar dat de nauwkeurigheid beter is. Het 1995 sample is het best te gebruiken als toekomstig referentiemateriaal.

Japanse banen uit 1987

In 1987 werden 6 Boötiden fotografisch simultaan gefotografeerd door Japanse waarnemingsteams. De gemiddelden van deze zes banen zijn in 1993 gepubliceerd [5] maar de individuele banen zijn niet gegeven.

De gemiddelde resultaten zijn gegeven in tabel 4. De in 1987 waargenomen Boötiden waren in 1984 in het aphelium van hun baan op een afstand van 0,21 AU van Jupiter. Omdat het aphelium van de Boötidenbaan in de buurt van de Jupiterbaan ligt, kunnen Boötiden in hun aphelium door Jupiter gestoord worden, een situatie die zich eens in de twaalf jaar (omloopstijd van

Jupiter) voor zal doen. Deze planeetstoring (indien significant) zou zich kunnen uiten in veranderingen in de baanelementen van de in 1987 waargenomen Boötiden.

De auteurs [4] claimen dat deze veranderingen in hun sample significant aanwezig zijn. Echter, het sample telt slechts zes meteoren. De gevonden radiantpositie ligt 2.5 graad lager in RA (in positie dus ruim 1 graad) dan in de IAU en DMS samples. Deze wijziging in radiantpositie leidt tot een hogere waarde van ω in de gevonden baanelementen (176° tegen 171° DMS/IAU). Uitschieters in de DMS en IAU data bereiken deze waarden ook.

Het lijkt te vroeg om de door de Japanners gesuggereerde Jupiter storing naar het rijk der fabelen te verwijzen maar voor een goede bevestiging ervan vereist zeker meer (toekomstig) waarnemingsmateriaal.

Het lijkt zinvol om in 1999 ondanks een sterk storende, bijna volle maan, een grote waarnemingscampagne rond de Boötiden op te zetten. 1999 past in de genoemde 12 jarige Jupiter cyclus en zou dan vergelijkbare baanstorings op moeten leveren. En dan liefst systematisch zichtbaar in een groot sample. Wellicht kunnen video technieken uitkomst bieden bij deze actie omdat het primair gaat om de nauwkeurige radiantbepaling.

Conclusie

De tevredenheid na de geslaagde Boötiden campagne 1995 is alleszins gerechtvaardigd. Het wereldtotaal aan goede Boötidenbanen, in veertig jaar verkregen, hebben we in één nacht verdrievoudigd. Significante veranderingen in de Boötidenbaan hebben zich in die periode niet voorgedaan. De door het Japanse team gesignaleerde storings op de Boötidenbanen in 1987 zijn gering en komen ook in de uitschieters van het DMS materiaal voor. Een grote (video)campagne in 1999 zal hierin uitsluitel moeten geven.

Referenties

- 1] Van Vliet, M. : Radiant **17** (1995) pg. 117
 - 2] diverse auteurs : Radiant **17** (1995) pg. 16 ev.
 - 3] Lindblad, B.A. (1991) in (eds.) A.C.Levasseur-Regourd and H.Hasegawa, Origin and Evolution of Interplanetary Dust. Kluwer Acad. Publishers, pp. 311-314
 - 4] Katsuhito Ohtsuka, Makoto Yoshikawa, Jun-ichi Watanabe in (eds.) J.Stohl and I.P.Williams, Meteoroids and their parent bodies. Astron. Inst. Slovak. Acad. Sci., Bratislava, 1993 pp. 73-76.
-