

# Winter 1990 : Geminiden, Monocerotiden en $\sigma$ -Hydrusiden

Peter Jenniskens \*

19 november 1991

## ENGLISH SUMMARY

Results from the 1990 Geminid campaign are analyzed. 10 Observers contributed 156 hours of net observing time and 9225 meteors. The characteristic decrease of mean magnitude before and after maximum is confirmed. The shape and strength of the activity curve is comparable to other years. A large number of Geminids enabled us to derive a probability function for Southern France conditions. Values agree very well with [12]. We do not agree with the conclusion [11] that the Geminids peaked later than in other years, nor that the Geminids are significantly weaker in activity.

Visual data for the Monocerotids and  $\sigma$  Hydrusids result in peak rates less than ZHR=3 (tables 5 and 6). Classification uncertainties limit the accuracy of the rate determinations. Mean magnitude of the Monocerotids is close to that of the sporadics, while  $\sigma$  Hydrusids tend to be somewhat brighter (table 4)

### 1. Inleiding

Wie verre reizen doet, kan veel verhalen. Over de winteraktie van 1990 is veel verteld. Niet alleen bij het knapperend haardvuur in Le Thouron en niet alleen aan tafel tijdens de daaropvolgende kerstdagen. Maanden later waren de Geminiden van 1990 –voor de betrokkenen– aanleiding tot lange telefoongesprekken, enthousiasme in Radiant, genoeglijke uurtjes achter de uitmeettafel en presentaties op conferenties. Toen de bomen hun bladeren al weer bijna lieten vallen, verzuchtte een zekere illustere waarnemer, dat het tijd werd om zijn energie in een andere hobby te gaan steken. Overdaad schaadt. Maar wat is overdaad? Bovendien: Afwisseling van spijs doet eten. Voor de zuid Frankrijk gangers van toen was het duidelijk afwisseling van spijs: Glasheldere nachten, zodiacaal licht, de Geminiden in vol ornaat. En wat is er gegeten: De eerste gang, het visuele waarnemen, is inmiddels verteerd. Het DMS lijf is weer een beetje gegroeid. Lees erover in dit artikel!

### 2. De omstandigheden

*Nederland*: 'Even leek het erop...'; 'In de vroege voormiddag van de 13e december begon in het westen van het land de bewolking te breken...'. Tussen 22<sup>h</sup> en 1<sup>h</sup> UT is te Leiden en Oostkapelle aktie mogelijk. Het midden en westen van het land werpt knarsetandend 'een blik op de monitor boven de afzuigkap in de keuken...' '... Je weet immers nooit'. 'Er was zelfs geen ster te bekennen, erger nog, het werd steeds bewolker en bewolker.' Op de volharding van de waarnemers was inderdaad niets aan te merken.

*Frankrijk*: 'Ssst! De aktie aller tijden...' DMS organiseerde een fotografische campagne met een post in Le Thouron en dropposten in Quinson (13/14 december) en Barrême (14/15 december). CKB was gast in Lardiers. Op eigen initiatief verbleef in Cereste een groep Duitsers onder leiding van Bernhard Koch uit Ulm. Figuur 1 toont de

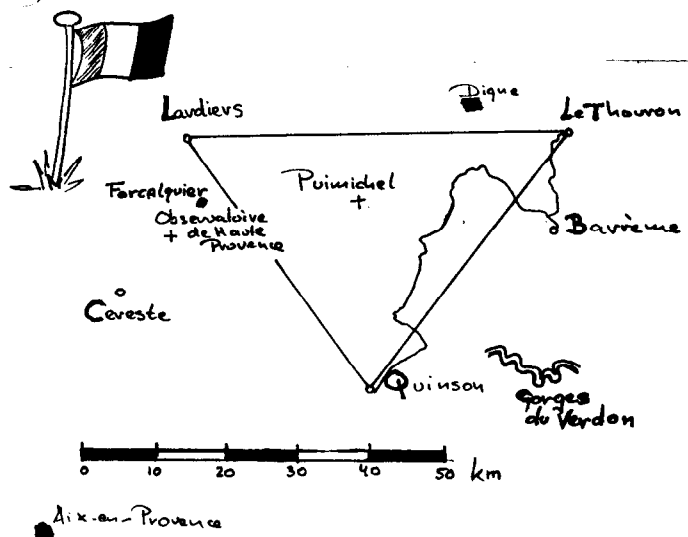


Figure 1: De gekozen waarnemingslokaties lagen in een perfecte gelijkzijdige driehoek. Noord is boven op deze figuur.

lokatie van de posten in de Haute Provence: In het noorden begrensd door de Montagne de Lure en in het oosten door de Franse Alpen. Die zijn soms goed voor een flinke bries: de mistral. Begin december bracht sneeuwstormen over heel Europa. Achter de DMS caravaan sneeuwden de wegen dicht. De eerste paar dagen was post Le Thouron afgesneden van de buitenwereld. De bewolking verdween op de elfde. De mistral sloeg hard toe op 12/13. Casper noteerde '...de camerabatterijen bleven als een rots in de branding staan. Op zeker moment blies een enorme windvlaag de sektor van de hoge batterij het Franse knollenveld in. Dat werd dus zoeken...'

In Le Thouron zakte het kwik tot  $-10^{\circ}\text{C}$ . De barre omstandigheden beperkten het aantal uren effectieve waarnemingstijd. De vier glasheldere nachten van 11/12 tot 14/15

\*Lijtweg 704, 2341 HD Oegstgeest

Obs.	Name	Location	$T_{\text{eff}}$	$N_{\text{Gem}}$	$N_{\text{spo}}$	$N_{\text{oth.}}$	$L_m$	$C_p$	Techn.
SSC	Siegfried Stapf	Cereste	29.49	789	264	62	6.1	1.2	R
BKU	Bernhard Koch	Cereste	27.73	945	352	95	6.5	1.1	R
MLM	Marc de Lignie	Le Thouron	19.02	921	335	49	6.6	1.1	R
RVL	René Veldwijk	Le Thouron	17.99	1020	244	–	6.2	1.3	O
PJM	Peter Jenniskens	Quinson	17.72	843	192	72	6.7	1.0	P
MOL	Mark Olie	Le Thouron	17.71	890	215	–	6.3	1.5	O
PVE	Paul van der Veen	Le Thouron	17.66	1228	374	–	6.5	2.1	O
KJO	Klaas Jobse	Oostkapelle	4.41	221	51	–	6.4	1.1	R
HBE	Hans Betlem	Leiden	2.49	51	9	–	6.0(*)	0.6	R
MLV	Marco Langbroek	Leiden	2.18	38	5	0	6.1(*)	0.3(**)	P
10 observers			156.40	6946	2001	278			

Table 1: Observers statistics. Others= $\sigma$ -Hydr,  $\chi$ -Ori, CBE.

Techn.: R=Recording ; O=Öpik ; P=Plottings. (\*)=Interfering citylights. (\*\*)=Obstruction 40%.

december gaven een goed venster op de zwerm der zwermen: De Geminiden. De nacht van 13/14 was ideaal. De wind was wat gaat liggen, de hele nacht glashelder (grensmagnitude 6.7) en tegen de ochtend klom een klein maansikkeltje boven de heuvels uit. Het kon niet beter...

### 3. De resultaten

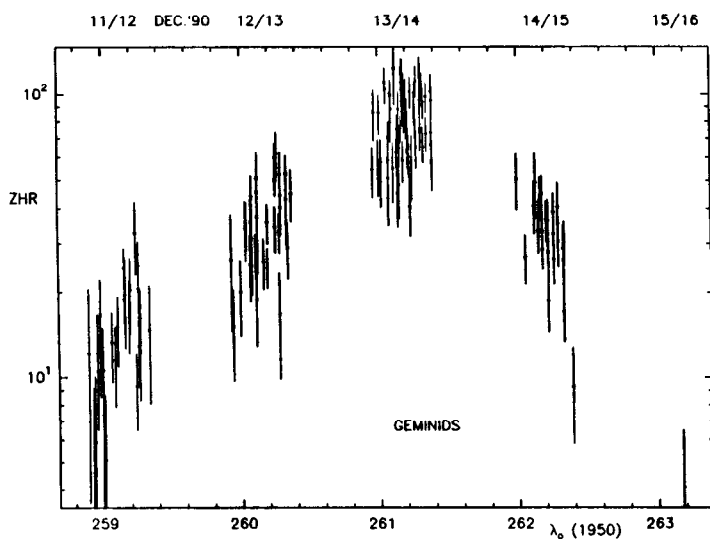


Figure 2: ZHR resultaten Geminiden 1990.

Voor het bepalen van de activiteit van de Geminiden beschikken we over de waarnemingen in tabel 1. In totaal werden 9225 meteoren gezien in 156.4 uur tijd door 10 waarnemers.

Behalve Siegfried Stapf (SSC) zijn het allen ervaren waarnemers. De grensmagnitude schattingen komen goed overeen. Er was nauwelijks een variatie in grensmagnitude gedurende de vier heldere nachten in Frankrijk. In Nederland was het, tussen de wolken door, ook goed helder. De waarnemings-techniek varieerde echter van waarnemer tot waarnemer.

Zie tabel 1.

Voor het berekenen van de ZHR's werd de volgende strategie gevolgd. Eerst werden de gemiddelde sporadische uurfrequenties (HR) berekend. Daaruit werd een relatieve persoonlijke correctie berekend, gelijk aan de HR om 0<sup>h</sup> UT,

Night	$\lambda_{\odot}$ (1950.0)	ZHR	HR (spo)	ZHR [2]	N (obs)
11/12	259°.14	16.3±0.8	11.4±0.6	15±3	8
12/13	260°.19	38.0±1.1	12.2±0.6	30±5	8
13/14	261°.20	77.8±1.3	11.7±0.5	60±5	10
14/15	261°.23	31.4±1.1	11.4±0.6	20±5	8
15/16	263°.18	4.1±2.4	13.1±4.1	4±2	1

Table 2: ZHR waarden voor vijf verschillende nachten.

gedeeld door 10. Vervolgens werd gecontroleerd of de hiermee berekende Geminide ZHR's systematische verschillen lieten zien tussen de waarnemers onderling. Hierbij werd gevonden, dat PVE 20% lagere ZHR's geeft dan bv. MOL en RVL en dus naar verhouding meer meteoren als sporadisch klassificeert. Dit is een niet al te ernstig effect en het is verder zo gelaten. Opvallender was, dat de groep Loosdrecht in de nacht 12/13 60% hogere ZHR's vond dan de andere waarnemers. Dat vertekent de ZHR curve iets. De oorzaak is onbekend.

Ook klassificeerde PJM een wat grotere fractie tot één der kleine zwermen; als enige zuid Frankrijk ganger uit intekeningen. Hierdoor vielen de sporadische frequenties 50% lager uit. Dit werd gecorrigeerd.

Tenslotte werden de zo verkregen persoonlijke correcties vergeleken met die uit voorgaande jaren tijdens de Perseïden-akties. Gemiddeld werden 19% hogere getallen gevonden. Deze weerspiegelden, dat de sporadische uurfrequenties in december ruwweg 19% hoger liggen in vergelijking met augustus. De definitieve correcties staan in tabel 1.

ZHR's werden berekend met  $\gamma=1.0$  en met  $r$ -waarden zoals gegeven in het DMS Visueel Handboek [2]. Figuur 2 geeft een overzicht van de ZHR curve en de figuren 3a - 3d geven de getallen voor elke nacht afzonderlijk. Dit zijn gemiddelden per uur en per waarnemer. De nacht gemiddelde ZHR's staan in tabel 2.

### 4. De Geminiden

Er is geen enkele aanwijzing voor submaxima in de data. De ZHR stijgt in de nachten 11/12 en 12/13. In de nacht van 13/14 is een zeer lichte stijging tot het maximum, dat

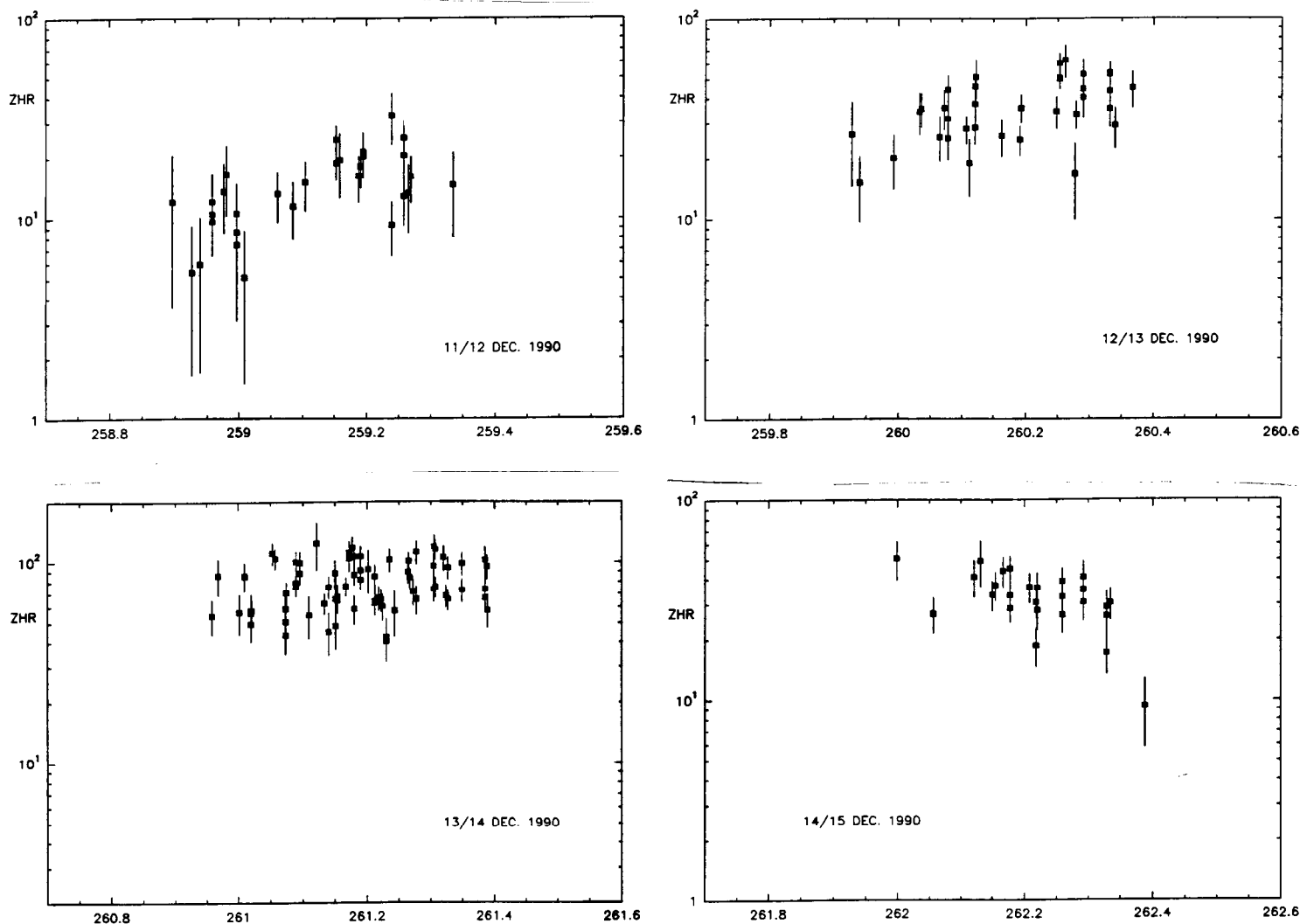


Figure 3: ZHR resultaten Geminiden 1990, uitgesplitst per nacht.

rond  $\lambda_{\odot} = 261^{\circ}.3$  zou moeten liggen. Er is geen aanwijzing voor een dubbel maximum tussen  $261^{\circ}.0$  en  $261^{\circ}.4$ . Een dubbel maximum zoals dat eerder gevonden werd [3] met een submaximum rond  $261^{\circ}.7$  kon hier niet gezien worden omdat de data ontbreken (valt overdag). De lage ZHR aan het einde van de nachten 11/12 en 14/15 zijn mogelijk beïnvloed door een dalende grensmagnitude (schemering). Over het geheel genomen zijn de gevonden ZHR's zo'n 30% hoger dan in voorafgaande jaren werd gevonden (tabel 2 [2]). Het is niet duidelijk of dat verschil significant is.

Het is bekend, dat de gemiddelde magnitude van de Geminiden varieert tijdens de gang van de aarde door de zwerm. Figuur 4 geeft de gemiddelde magnituden uit gegevens van MLM, PJM en BKV. Het verloop komt overeen met de resultaten uit voorgaande jaren [2]. De verschillen in de eerste drie nachten zijn niet zo groot omdat de piek van zwakke gemiddelde helderheid rond  $260^{\circ}.8$  overdag viel. Het is mogelijk dat tijdens het maximum wat meer heldere meteoren verschenen. Uit de verhouding  $N(\text{Gem})/N(\text{spo})$  per magnitude voor PJM en MLM blijkt geen duidelijk verschil, wat

aangeeft, dat de onzekerheid in  $\bar{m}$  groot is, zelfs bij grote aantallen.

## 5. De kansfunctie

Voor het omrekenen van ZHR's naar massa influx is de kansfunctie nodig. Die geeft aan welk percentage van alle meteoren gezien wordt, en hangt af van de helderheid van de meteoren, de afstand tot het gezichtscentrum én de richting waar de meteor verscheen. Dat laatste wordt meestal gemakshalve maar verwaarloosd. Ten onrechte!

Tijdens het hoogtepunt van de Geminiden werd door PJM een tijd lang (tussen  $0^{\text{h}}$  UT en  $3^{\text{h}}$  UT) genoteerd waar elke Geminide verscheen. De radiant stond toen vrijwel in het zenit en er werd op de radiant gekeken. Van elke Geminide werd helderheid, DCV én uurhoek genoteerd. Een meteor bij de voeten verschijnt op zes uur, één boven de radiant op 12 uur. Rechts van de radiant op 3 uur enz. De aantallen per hokje van  $10^{\circ}$  in DCV en 1 uur in richting staan gegeven in figuur 6. Merk op, dat het gebied waar de meeste meteoren worden opgemerkt asymmetrisch is. De waarnemer

m	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5
P(m)	0.72	0.72	0.72	0.58	0.33	0.21	0.046	0.0051
P(m) [12]	0.73	0.57	0.48	0.42	0.34	0.23	0.064	0.008

Table 3: Kansfunctie van PJM voor de Geminiden. ( $R=2.7$ ) tijdens de maximum nacht. De standaard Tsjechische kansfunctie is gegeven.

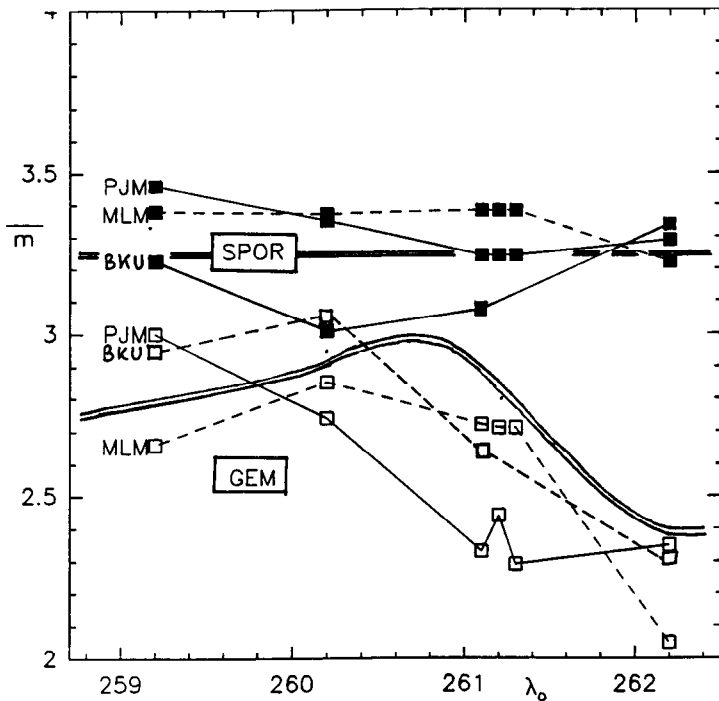


Figure 4: Gemiddelde magnituden voor de afzonderlijke waarnemers uitgezet.

kijkt niet met de ogen recht vooruit, maar heeft de voorkeur voor een hoog punt in het gezichtsveld. Dat heeft te maken met de wens om gemakkelijk te kunnen intekenen. Daarbij wordt een 30° opgerichte houding aangenomen. Het centrum van het beeldveld ligt bij 60° hoogte, het blikcentrum bij 90° (meestal bij ca. 80°). Ook valt op, dat het veld een vlinderpatroon is met een insnoering bij zes uur. Dit zal een algemeen kenmerk zijn bij kansfuncties maar wordt versterkt bij brildraggers. Iedereen zou zo zijn eigen aantallenverdeling eens moeten maken. Een geschikte gelegenheid is bv. tijdens de komende Leonidenregens. De kansfunctie die uit deze gegevens komt, is gegeven in tabel 3. Deze kansfunctie is geldig tot  $D=35^\circ$  voor  $m \leq 2$ . Aangenomen is ook een  $r$  van 2.7. Opnieuw lijkt een fit aan de heldere meteoren een lagere  $r$  te geven nl.  $r=1.1$  [4]. Merk op, dat de getallen nu wel verbazingwekkend veel lijken op de standaard curve.

### 6. De Monocerotiden

Terug naar de zwermen. Er waren naast de Geminiden na-

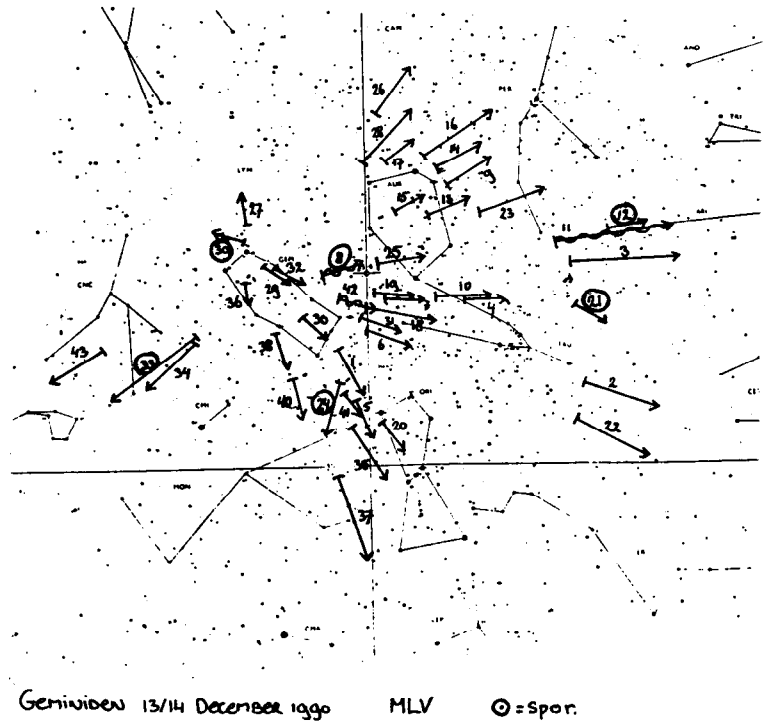


Figure 5: Geplotte Geminiden. Kaartje van Marco Langbroek (waarnemingen vanuit Voorschoten).

tuurlijk ook andere zwermen actief. De optimale waarnemingsomstandigheden maakten het mogelijk om ook eens te letten op de december Monocerotiden (MON), de  $\sigma$  Hydriden (SHY) en de  $\chi$  Orioniden (late Tauriden) en snelle meteoren uit de richting Leeuw-Coma Berenices. Al deze zwermen bleken een bijzonder lage activiteit te vertonen. Alleen de eerste twee gaven voldoende aantallen om wat over de activiteit te kunnen zeggen. De grens van dit soort bepalingen ligt bij klassifikatie onzekerheden.

De Monocerotiden komen waarschijnlijk van komeet P/Grigg-Melish en zijn herkenbaar als een vrij diffuse radiant in lijsten van gefotografeerde meteoren. Met  $V_\infty = 42$  km/s lijken ze vrijwel even snel als de Geminiden (36 km/s) en daar komt nog bij, dat de radianten maar zo'n 20° van elkaar verwijderd zijn aan de hemel. Lastig klassificeren dus. Figuur 7 toont de door PJM ingetekende mogelijke Monocerotiden in de nachten 11/12 - 13/14 december. Van de andere waarnemers zijn geen intekeningen beschikbaar. De Monocerotiden radiant ligt bij de voeten van de Tweelingen. Met een getrokken lijn is het gebied aangegeven waar klassifikatie mogelijk is wanneer de richtingsnauwkeurigheid van de intekening  $\pm 10^\circ$  bedraagt. Buiten de 8-vormige figuur is de klassifikatie erg onzeker. Dit is zo voor 13 van de 37 meteoren. Met dit in het achterhoofd zal het niet verbazen,

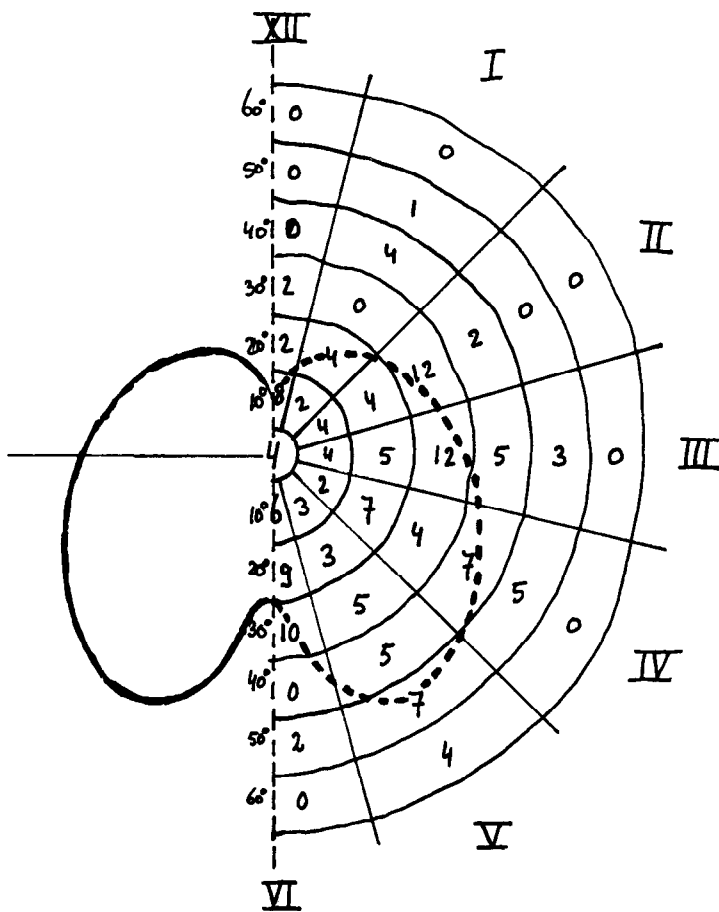


Figure 6: Aantallen Geminiden, waargenomen door PJM in aangegeven richting en op aangegeven richting van de radiant (=centrum blikveld)

dat de individuele waarnemers afwijkende resultaten vinden voor de ZHR's. Uit tabel 4 blijkt, dat de Monocerotiden gemiddeld even zwak zijn als de sporadische meteoren. We nemen aan, dat  $r = r_s = 3.4$  en vinden de ZHR's van tabel 5 (met  $\gamma = 1$  en minimale radianthoogte  $10^\circ$ ). Het maximum zou wel eens in de nacht 12/13 gevallen kunnen zijn. Om in de toekomst betere resultaten te verkrijgen kunnen we misschien proberen de vlinder van figuur 6 te laten vallen over het optimale gebied in figuur 7. Dus met de neus langs de verbindinglijn van de radianten kijken. Het neusje van de zalm op het gebied van meteor waarnemingstechnieken!

### 7. de $\sigma$ Hydrusiden

Een goed herkenbare zwerm van snelle meteoren ( $V_\infty = 60$  km/s!) De meteoren zijn gemiddeld helderder dan de sporadische achtergrond maar minder helder dan de Geminiden. Tijdens de actie viel ons op, dat zelfs de zwakke meteoren een nalichtend spoor nalieten. Eén exemplaar is gefotografeerd (Quinson); helaas niet simultaan. Figuur 9 geeft de intekeningen van PJM. Opnieuw blijkt de klassifikatie niet straight forward. Of de radiant is diffuus, of sporadische meteoren vervuilen het beeld. In sommige gevallen zal

Observer	$M_{spo}$	$M_{Gem}$	$M_{Mon}$	$M_{shy}$
MLM	3.36	2.61	3.31	3.13
PJM	3.34	2.47	3.49	3.15
BKU	3.12	2.69	3.79	3.05
SSC	3.32	2.76	3.45	2.80
MLV	3.0	1.61	-	-
HBE	2.4	1.76	-	-
KJO	3.35	2.87	-	-

Table 4: Gemiddelde magnituden voor de verschillende zwermen, per waarnemer uitgesplitst.

ook de intekening wel te wensen overlaten. De ZHR's (tabel 6) blijven onder de 4. Wellicht is een opleving op 14/15 december significant. Deze opleving werd zowel door MLM als PJM onafhankelijk opgemerkt. Op verzoek onderzocht Immo Holvan (München) zijn data uit de nachten 13/14 en 14/15 december 1983. Hij voerde alle intekeningen in in een computerprogramma en berekende daaruit mogelijke radianten. Slechts 10 van de 352 meteoren op 14/15 (ca. 4-5%) kwamen van verdichtingen bij  $RA=122^\circ; -16^\circ$  en  $RA=162^\circ; -9^\circ$ . De  $\sigma$  Hydrusiden radiant ligt bij  $RA=127^\circ; +2^\circ$  (op 11 december). Het is een vrij scherpe radiant. Tabel 7 geeft de baanelementen van de gefotografeerde leden van de zwerm in het Harvard project [6]. In alles een typische kometaire zwerm, maar met een frustrerend lage activiteit!

### 8. En in de rest van de wereld?

De Geminiden van 1990 waren voor meer groepen een succes. Jürgen Rendtel van de Duitse AKM vluchtte met Rainer Alt in de avond voor het maximum naar de Noordzee kust bij Schleswig-Holstein [7], [8]. Beiden zagen in 6.3 uur effectief 391 en 264 meteoren respectievelijk, waarvan 272 en 197 Geminiden. Vijf Geminiden werden gefotografeerd. In Zuid Duitsland was men minder fortuinlijk: "Wenn am Berg der Regen prasselt, ist das Maximum vermässelt..." [9]. 'Tja', schreef Hans Georg Schmidt: 'de meteorenwaarnemer van de jaren '90 gaat niet meer naar Sudefeld of naar Zuid Tirol. Nee, het moet al minstens Zuid Frankrijk zijn ...' In Engeland had men meer geluk. Een groot deel van 13/14 was helder, zoals aan onze westkust, wat leidde tot 54 gefotografeerde Geminiden waarvan 32 gefotografeerd door Steve Evans. Geen simultanen helaas. Visueel werd door door 23 waarnemers gewerkt in de nachten 11/12 tot en met 14/15 [10]. In 109 uur effectief werden 2576 meteoren vastgelegd. Een uitwerking volgt nog.

Paul Roggemans en Ralf Koschack [11] verzamelden hun Geminidewaarnemingen voornamelijk uit de VS, Australië, Japan en Spanje en combineerden die met de Duitse waarnemingen van Jürgen en Rainer en Pauls waarnemingen uit Zuid Frankrijk. In totaal 83 waarnemers droegen 16312 meteoren aan in 405 uur effectief. De resultaten zijn vergelijkbaar met die hier beschreven zijn (9225 stuks in 156 uur door tien waarnemers). De data van BKU en SSU zitten echter in beide samples.

Figuur 8 geeft de magnitude ratio voor de verschillende tijdstippen, afgeleid uit de magnitude verdelingen en na een forse smoothing (gemiddeld over  $1^\circ$  zonslengte). Het verloop komt goed overeen met dat van de gemiddelde magnitude in

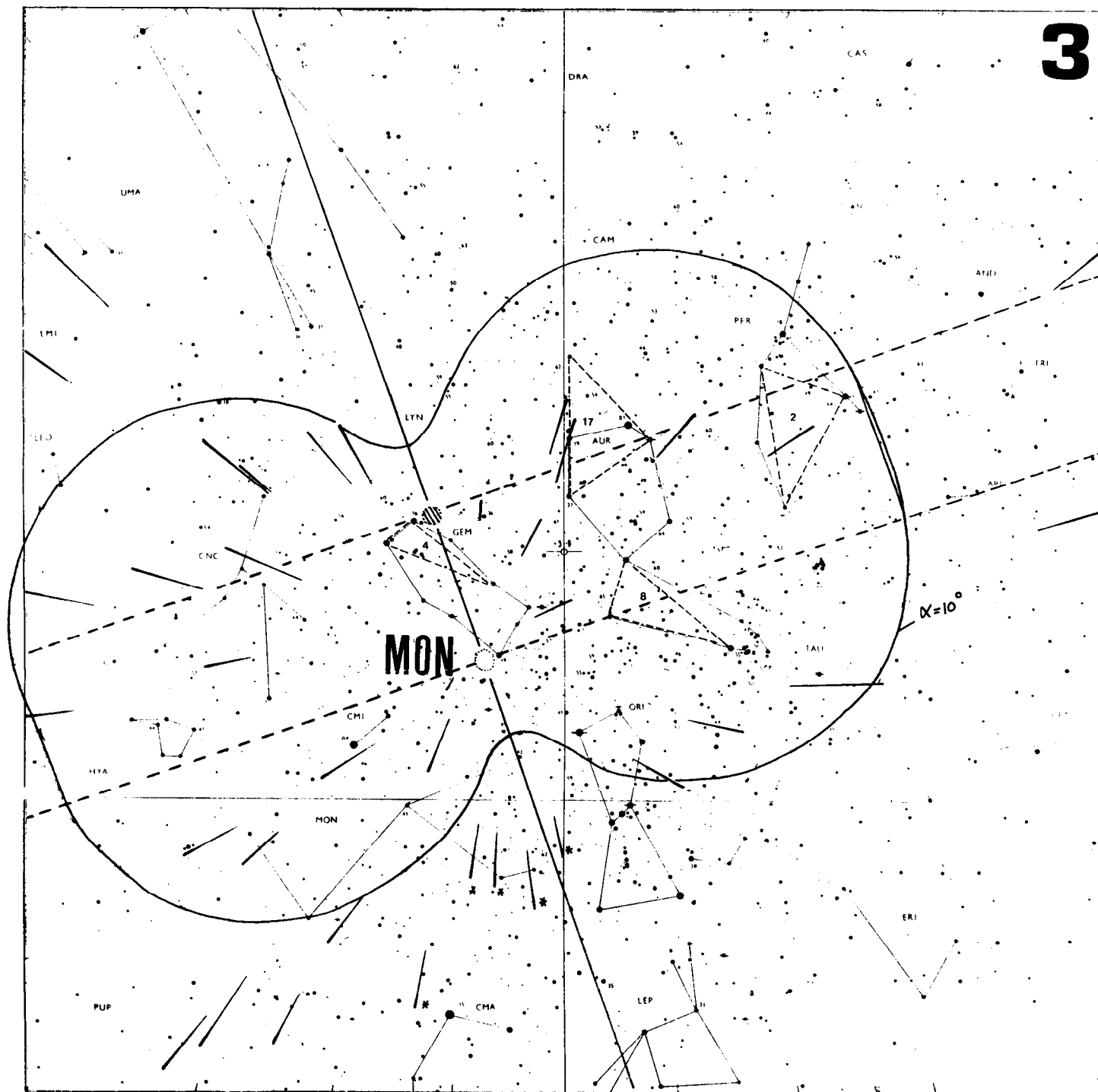


Figure 7: Monocerotiden op 11/12 en 13/14 december 1990, ingetekend door PJM.

onze data (figuur 4). De 'omslag' is rond  $\lambda_{\odot}=261^{\circ}.5$ , net na het maximum. De ZHR curve staat in figuur 10. Over het geheel genomen komen de getallen goed overeen met onze waarden. De waarden zijn iets hoger, maar het is onduidelijk hoe de getallen genormeerd zijn. Bovendien leggen de auteurs bij hun bespreking grote nadruk op structuur zoals de piek bij  $\lambda_{\odot}=261^{\circ}.56$  die volgens mij komt door onzorgvuldig aan elkaar plakken van Europese, Amerikaanse en Japanse waarnemingen. Vooral de scherpe toename van de ZHR op het moment dat in Europa de schemering inzet (gestreepte lijn) doet zulks vermoeden.

De conclusie in [11] dat de Geminiden later zouden pieken

dan voorgaande jaren en dat de Geminiden 10% (...) lager in activiteit zouden zijn dan 'normaal', mist elke grond van zekerheid. Opnieuw geldt, dat méér niet altijd beter hoeft te zijn. Met dit argument nodig ik de coördinatoren van nationale organisaties om toch vooral zelf analyses te blijven doen.

### 9. Dankwoord

Aan het succes van de Geminidenactie 1990 is ook door veel mensen bijgedragen, die niet de gelegenheid hadden om stromen Geminiden aan het firmament te zien oplichten. Ook hun bijdrage was onmisbaar!

Obs	11/12	12/13	13/14	14/15	$\Sigma N$	$\Sigma T_{\text{eff}}$
PJM*	1.9±0.7	7.0±1.6	3.1±0.9	0.5±0.5	40	13.3
MLM	1.4±0.6	1.4±0.6	0.9±0.4	0.4±0.4	16	17.2
BKU	0.0±1.0	1.0±0.4	2.0±0.6	0.0±0.2	17	22.8

Table 5: ZHR values *Monocerotids*. \*=From plottings of likely non-Geminids. Uit intekeningen van mogelijke niet Geminiden

Obs	11/12	12/13	13/14	14/15	$\Sigma N$	$\Sigma T_{\text{eff}}$
PJM*	1.9±0.7	7.0±1.6	3.1±0.9	0.5±0.5	40	13.3
MLM	1.4±0.6	1.4±0.6	0.9±0.4	0.4±0.4	16	17.2
BKU	0.0±1.0	1.0±0.4	2.0±0.6	0.0±0.2	17	22.8

Table 6: ZHR values  $\sigma$ -Hydrusids. \*=From plottings of likely non-Geminids. Uit intekeningen van mogelijke niet Geminiden.

	$\Omega$	a	e	q	$\omega$	i	$\alpha$	$\delta$	$V_{\infty}$
HV9411	72	56.66	1.00	0.28	116	129	122	+3	60.3
HV5707	80	4.37	0.96	0.18	132	128	128	+4	57.5
HV9659	81	$\infty$	1.00	0.25	120	128	129	+2	60.0
HV9660	81	11.18	0.98	0.12	124	125	128	+1	58.6
Hv9666	81	5.74	1.06	0.32	109	145	134	+4	64.7
HV8648	83	11.87	0.98	0.12	124	125	130	+1	58.5
HV8649	83	9.30	1.03	0.25	119	129	130	+2	61.0

Table 7: Baanelementen van de  $\sigma$ -Hydrusiden uit Harvard simultaandata.

## Referenties

- [1] *Radiant* **13** (1991) , 4 'Geminiden 1990'
- [2] Jenniskens, P.: DMS Handboek (1988) pg. 140.
- [3] Jenniskens, P.: *Radiant* **8** (1986) , 58
- [4] Jenniskens, P.: *Radiant Letters* **1** (1989) , 3
- [5] Koch, B.: *Radiant* **10** (1988) , 69
- [6] McCrosky, R.E. ; Posen, E. :  
*Smits. Contr. Ap.* **4** (1961) , 15
- [7] Rendtel, J. *MM* **119** (1990)
- [8] Rendtel, J. *MM* **120** (1991)
- [9] Schmist, H.G. : *Blick ins All* **35** (1991) , 1
- [10] Spalding, G. : *BAA Newsletter* **39** (1991)
- [11] Roggemans, P.; Koschack, R.: *WGN* **19** (1991) , 184
- [12] Krésaková, M. : *Contr. Astron. Inst. Skalnaté Pleso* **3** (1966) , 75

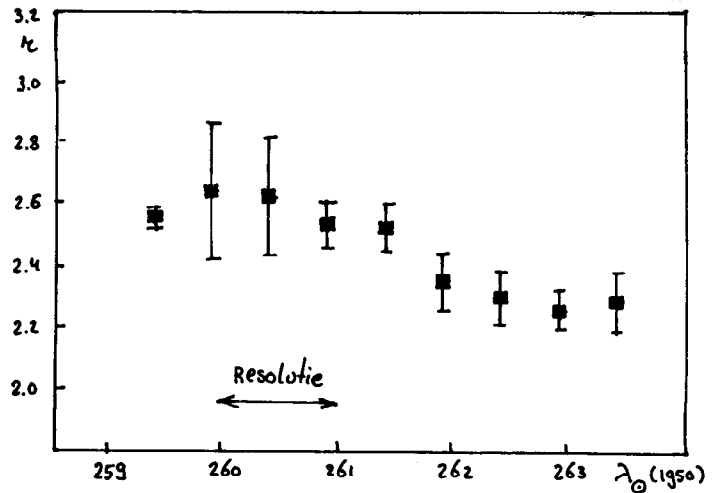


Figure 8: Magnitude distribution index of Geminids 1990. From [11]. Compare with figure 4.