

# De Glanerbrug meteoriet : Baan en traject van de vuurbol (3)

Hans Betlem \*, Jiri Borovicka en Pavel Spurny †

## English summary

Trajectory data, obtained by a straight least squares method without using intersections of planes, for the Glanerbrug meteorite fall are presented. Orbital elements for four radiant positions, obtained by different methods, are given for different velocities. It has been found necessary to recompute the orbital elements as presented in Radiant 1990-3 [1],[3] as they were not computed for the correct date. Finally, the most probable values for the orbit are given. Due to the elongation of the geocentric radiant from apex most of the orbital elements are not so sensitive to the uncertainty in the estimated velocity.

## Inleiding

In het vorige nummer van Radiant (1989-3) zijn baan- en trajectberekeningen van de Glanerbrug meteorietval van verschillende auteurs gepubliceerd. Peter Jenniskens [1] werkte de waarnemingen uit door de hoek, die het spoor van de vuurbol met de horizon maakte uit te zetten tegen de zenitsafstand. Casper ter Kuile [2] werkte een spread-sheet programma uit, waarin de waargenomen azimuth- en hoogterichtingen (met kompas gemeten) werden geoptimaliseerd. Hans Betlem [3] rekende de kompasmetingen door met het FIRBAL programma.

Inmiddels zijn ook in Tsjecho-Slowakije berekeningen uitgevoerd volgens een methode, die nog zal worden gepubliceerd [4]. Hiermee is een vierde onafhankelijk doorgekende radiantpositie beschikbaar gekomen.

Verder is gebleken, dat bij het berekenen van de baanelementen een storende fout is gemaakt, die niet alleen de lengte van de klimmende knoop ( $\Omega$ ) beïnvloedt, maar ook de overige baanelementen wijzigt.

Voor alle vier de gevonden radiantposities geven we hier de opnieuw berekende baanelementen voor verschillende aangenomen snelheden.

Aan de hand van de uiteindelijk gevonden waarden wordt een definitief traject met toleranties vastgelegd.

## Tsjechische baanberekeningen

Voor de Glanerbrug meteorietval werd het traject berekend met behulp van een kleinste kwadratische oplossingsmethode, die, in tegenstelling tot FIRBAL, niet uitgaat van individuele doorsnijdingen van vlakken. De methode zal binnenkort gepubliceerd worden [4].

Indien van slechts één waarnemingspost de richting waarin de meteoriet langs de hemelbol beweegt bekend is, kan er al een traject berekend worden, immers, er is één aanvullende 'nauwkeurige' waarneming beschikbaar: Vanuit de inslagpositie gezien is de vuurbol vertikaal gevallen. Uit de visuele waarnemingen werden afgeleid:

Gegevens traject	
$h(I)$	$19 \pm 4$ km
$\alpha(R)$	$216^\circ \pm 5^\circ$
$\delta(R)$	$45^\circ \pm 9^\circ$
L	$\approx 40$ km. (max.)
geografische coördinaten van het inslagpunt	
$\lambda(I)$	$6^\circ 57' 04''$
$\phi(I)$	$52^\circ 13' 05''$
horizontale coördinaten v.h. traject	
$Az(R)$	$235^\circ$
$Z(R)$	$59^\circ$
geografische coördinaten van het gemiddelde 'eerste punt' van zichtbaarheid	
$\lambda(B)$	$7^\circ 22'$ oost
$\phi(B)$	$52^\circ 23'$ noord
$h(B)$	39 km

Hoogte boven het inslagpunt  $h(I)$ , rechte klimming en declinatie van de radiant  $\alpha(R)$  en  $\delta(R)$  en de lengte van het lichtgevende traject (L). Er zijn 72 visuele waarnemingen beschikbaar, waarvan er 24 duidelijk foutief zijn en terzijde zijn geschoven. Een gedeelte van de waarnemingen is verkregen door kompasmetingen ter plekke. Ook hiervan is 25 % terzijde geschoven. De rest van de waarnemingen werd slechts afgeleid uit beschrijvingen in brieven en was aanzienlijk minder goed. 44 % van deze gegevens bleek onbruikbaar. Derhalve kon gebruik gemaakt worden van 48 waarnemingen uit 28 stations, waarvan de meesten ten westen van het traject gelegen waren.

Tabel 1 geeft de op deze wijze verkregen gegevens voor het meest waarschijnlijke traject.

Zonder gebruik te maken van de aanname, dat het traject overeen komt met de vertikaal door het inslagpunt, worden ongeveer dezelfde resultaten gevonden. Het traject ligt dan 1,3 km verschoven ten opzichte van het inslagpunt en  $\alpha(R)$  en  $\delta(R)$  zijn dan ongeveer dezelfde.

Om de baanelementen uit te kunnen rekenen zijn goede snelheidsgegevens nodig. Hier is dat zeker niet het geval.

\*Lederkarper 4, 2318 NB Leiden, the Netherlands

†Astronomical Institute, 251 65 Ondřejov, Czechoslovakia

	H.Betlem	P.Jenniskens	C.ter Kuile	J.Borovicka P. Spurny	
$\alpha(R)$	193°	193°	180°	216°	
$\delta(R)$	42°	55°	30°	45°	
a	1.8	1.9	2.2	1.2	(18 km/s)
	2.4	2.8	3.6	1.4	(20 km/s)
	3.7	4.9	9.2	1.6	(22 km/s)
e	0.49	0.51	0.61	0.29	(18 km/s)
	0.62	0.65	0.76	0.38	(20 km/s)
	0.76	0.80	0.91	0.47	(22 km/s)
q	0.90	0.95	0.89	0.85	(18 km/s)
	0.89	0.95	0.88	0.85	(20 km/s)
	0.89	0.95	0.87	0.85	(22 km/s)
Q	2.6	2.9	3.6	1.5	(18 km/s)
	3.8	4.6	6.3	1.9	(20 km/s)
	6.4	8.8	17.5	2.4	(22 km/s)
$\omega$	227°	211°	226°	252°	(18 km/s)
	224°	209°	225°	243°	(20 km/s)
	223°	208°	223°	237°	(22 km/s)
$\Omega$	17°.81	17°.81	17°.81	17°.81	(18 km/s)
	17°.81	17°.81	17°.81	17°.81	(20 km/s)
	17°.81	17°.81	17°.81	17°.81	(22 km/s)
i	16°	19°	10°	21°	(18 km/s)
	18°	21°	11°	24°	(20 km/s)
	20°	23°	12°	27°	(22 km/s)

Table 2: *Baanelementen voor radiantposities volgens verschillende methoden en voor drie verschillende snelheden. Orbital elements for different radiant positions and different velocities.*

Uit het feit, dat er materiaal is neergekomen moeten we concluderen, dat de snelheid in elk geval kleiner is geweest dan 25 km/s. Voor gewone chondrieten mag de apheliumafstand niet al te ver van de Marsbaan liggen. Als meest waarschijnlijke snelheid wordt aangenomen  $22 \pm 3$  km/s.

**De baanelementen**

Figuur 1 toont de ligging van de op de verschillende manieren berekende radianten aan de hemel. Voor de vier radiantposities zijn baanelementen berekend voor snelheden van resp. 18 km/s, 20 km/s en 25 km/s. Deze gegevens zijn samengebracht in tabel 2.

Alle berekende radianten hebben een grote elongatie tot het apex. De meeste baanelementen zijn daardoor minder gevoelig voor de onzekerheden in de snelheid. De keuze van de radiantpositie bepaalt nog wel in sterke mate de uiteindelijke baan, maar de onderlinge verschillen zijn minder groot dan bij de aanvankelijk berekende en in Radiant 1990-3 gepubliceerde gegevens.

Het is niet gemakkelijk om op grond van de gegevens in tabel 2 een definitieve baan te bepalen en daarin een tolerantie aan te geven.

Het is duidelijk, dat de aanvankelijk gehanteerde waarde voor de snelheid ( $V_\infty = 28 \pm 8$  km/s) aan de hoge kant is. Bij de drie door DMS berekende radiantposities (Betlem, Jenniskens, ter Kuile) zou deze snelheid leiden tot hyperbolische baanelementen. Uit de snelheidsbepalingen volgens de kompasmetingen volgt  $V = 23 \pm 10$  km/s. [1]. Wanneer we het aphelium niet te ver buiten de Marsbaan willen

situieren ( $a = 1.52$  AE) betekent dat voor een apheliumafstand van 2,5 AE een *bovengrens* aan de snelheid van 17 km/s voor de drie DMS radianten. Voor de Tsjechische radiant ligt deze bovengrens in de buurt van de 25 km/s, meer in overeenstemming met de waarnemingen.

Als meest waarschijnlijke beginsnelheid kunnen we dan aannemen  $V_\infty = 22 \pm 3$  km/s. In combinatie met de eerder in dit artikel gegeven Tsjechische radiant met toleranties levert dit de in tabel 3 gegeven waarden voor de baanelementen.

a (AU)	$1.6 \pm 0.6$
e	$0.47 \pm 0.17$
q (AU)	$0.85 \pm 0.09$
Q (AU)	$2.4 \pm 1.1$
$\omega$	$237^\circ \pm 22^\circ$
$\Omega$	17°.81
i	$27^\circ \pm 5^\circ$

Table 3: *Baanelementen voor de Glanerbrug meteoriet. Orbital elements for the Glanerbrug meteorite.*

Uit de gegevens in de tabellen 2 en 3 mogen voorzichtig enkele conclusies getrokken worden.

- De Nederlandse herziene berekeningen en de Tsjechische berekeningen geven een minimale periheliumafstand van 0,85 AE. De geassocieerde meteoroïde is dus zeker niet van het Apollo type, zoals op de aanvankelijke baanelementen nog vermoed werd.
- De associatie met planetoïde *Midas*, die toch al zeer

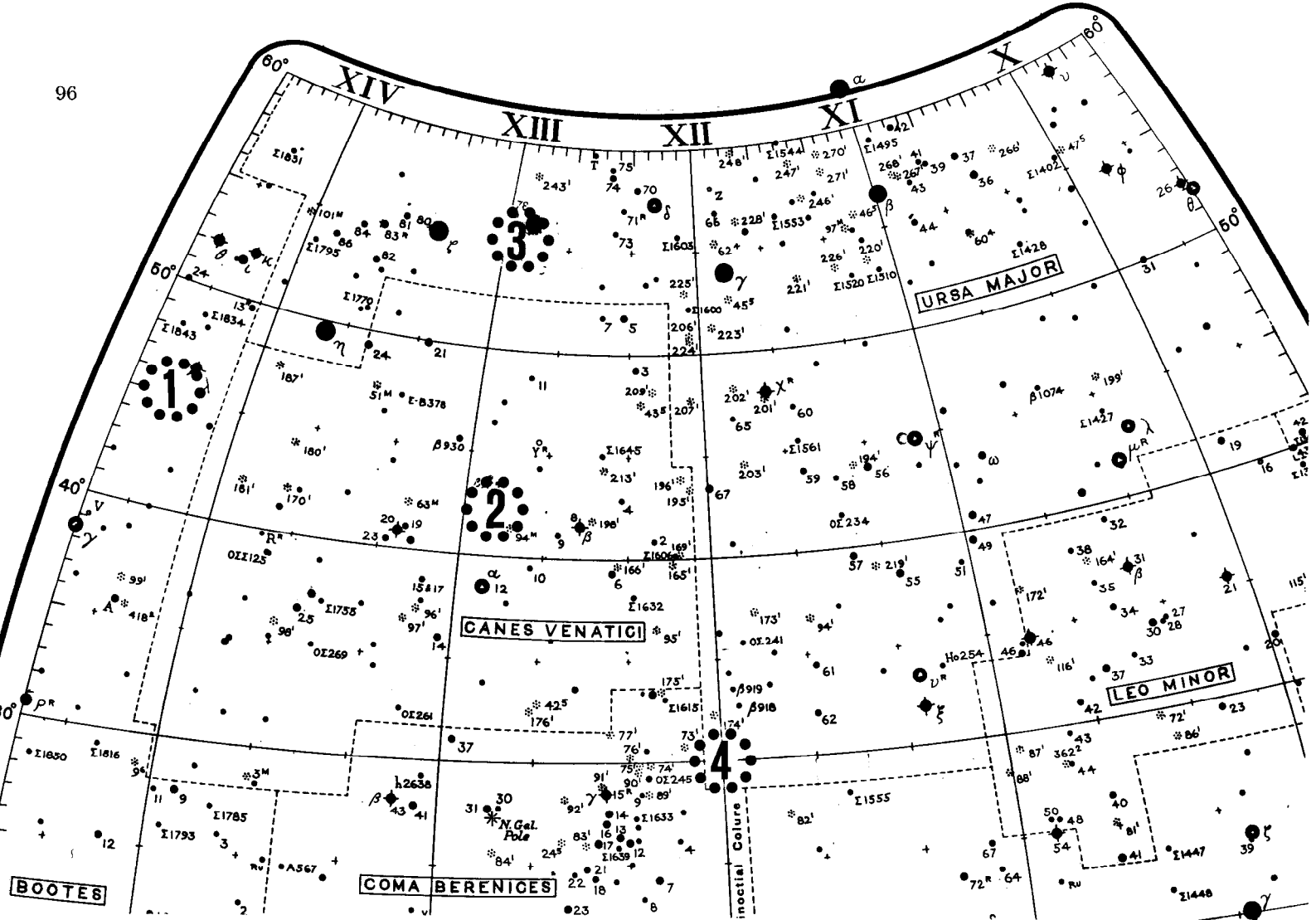


Figure 1: *Berekende radiantposities volgens verschillende methoden : 1. Borovicka, Spurny ; 2. Betlem ; 3. Jenniskens ; 4. ter Kuile*

twijfelachtig was, is zeker niet juist. Midas heeft een periheliumafstand van 0,62 AE. [1]

- Met een inclinatie van  $27^\circ$  blijft de baan van de meteoriet uitzonderlijk. Ter illustratie dient fig. 2, die een verdeling van de inclinaties geeft van bekende meteorietvallen.

### Referenties

[1] Jenniskens, P.: *Radiant 12 (1990), 56*  
 [2] ter Kuile, C.R.: *Radiant 12 (1990), 67*  
 [3] Betlem, H.: *Radiant 12 (1990), 72*  
 [4] Borovicka, J.; Spurny, P.: *Bull. Astron. Inst. Czech. 41 (1990). To be published.*  
 [5] Millman, P.M.: *Astronomical Information on meteorite orbits. In: Meteorite Research, pp. 541 ev. D.Reidel Publishing Comp. 1969*

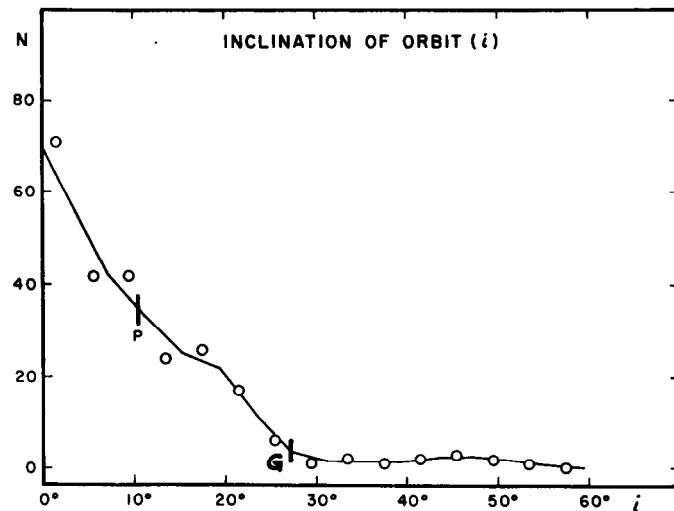


Figure 2: *Distributie van de inclinaties  $i$  van meteorietbanen. De positie van de Pířbram meteorietval is met een P aangegeven; de Glanerbrugval met een G. Uit [5]*