

Obłok Oorta

Piotr A. Dybczyński

**Wszelkie prawa zastrzeżone,
tylko do użytku wewnętrznego**

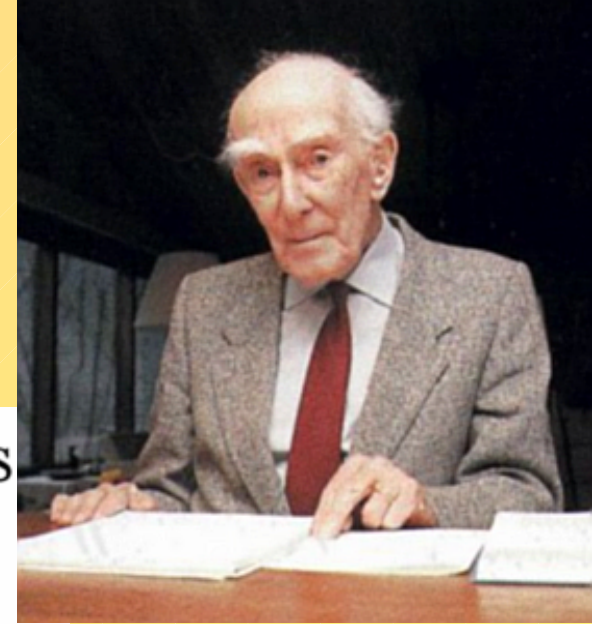
Skale czasu, odległości i prędkości

a [AU]	P [mln lat]
10000	1.0
20000	2.8
40000	8.0
60000	15
80000	23
100000	31

$$20 \frac{km}{s} = 20.4 \frac{ps}{mln\ lat}$$

**Słońce obiega centrum Galaktyki
raz na ok. 250 mln lat.**

Punkt wyjścia



BULLETIN OF THE ASTRONOMICAL INSTITUTES OF THE NETHERLANDS

1950 JANUARY 13

VOLUME XI

NUMBER 408

COMMUNICATION FROM THE OBSERVATORY AT LEIDEN

THE STRUCTURE OF THE CLOUD OF COMETS SURROUNDING THE SOLAR SYSTEM, AND A HYPOTHESIS CONCERNING ITS ORIGIN,

BY J. H. OORT

The combined effects of the stars and of Jupiter appear to determine the main statistical features of the orbits of comets.

From a score of well-observed original orbits it is shown that the "new" long-period comets generally come from regions between about 50000 and 150000 A.U. distance. The sun must be surrounded by a general cloud of comets with a radius of this order, containing about 10^{11} comets of observable size; the total mass of the cloud is estimated to be of the order of $1/10$ to $1/100$ of that of the earth. Through the action of the stars fresh comets are continually being carried from this cloud into the vicinity of the sun.

The article indicates how three facts concerning the long-period comets, which hitherto were not well understood, namely the random distribution of orbital planes and of perihelia, and the preponderance of nearly-parabolic orbits, may be considered as necessary consequences of the perturbations acting on the comets.

The theoretical distribution curve of $1/a$ following from the conception of the large cloud of comets (Table 8) is shown to agree with the observed distribution (Table 6), except for an excess of observed "new" comets. The latter is taken to indicate that comets coming for the first time near the sun develop more extensive luminous envelopes than older comets. The average probability of disintegration during a perihelion passage must be about 0.014. The preponderance of direct over retrograde orbits in the range from a 25 to 250 A.U. can be well accounted for.

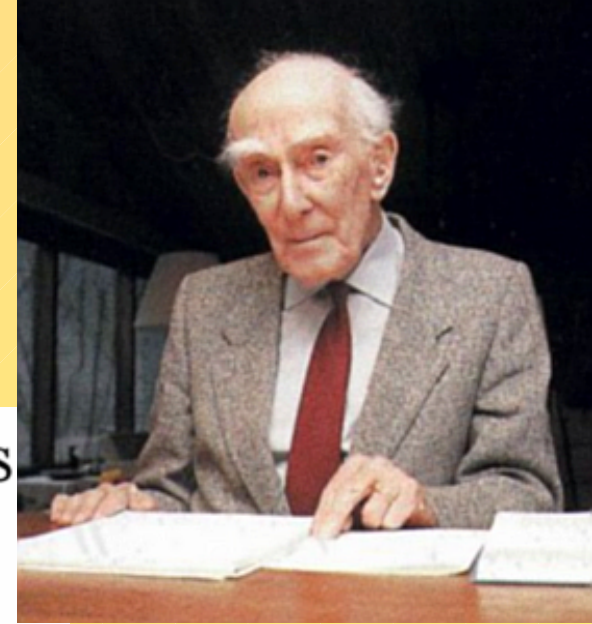
The existence of the huge cloud of comets finds a natural explanation if comets (and meteorites) are considered as minor planets escaped, at an early stage of the planetary system, from the ring of asteroids, and brought into large, stable orbits through the perturbing actions of Jupiter and the stars.

The investigation was instigated by a recent study by VAN WOERKOM on the statistical effect of Jupiter's perturbations on comet orbits. Action of stars on a cloud of meteors has been considered by ÖPIK in 1932.

1. *Sketch of the Problem.*

TABLE I

Punkt wyjścia



BULLETIN OF THE ASTRONOMICAL INSTITUTES OF THE NETHERLANDS

1950 JANUARY 13

VOLUME XI

NUMBER 408

COMMUNICATION FROM THE OBSERVATORY AT LEIDEN

THE STRUCTURE OF THE CLOUD OF COMETS SURROUNDING THE SOLAR SYSTEM, AND A HYPOTHESIS CONCERNING ITS ORIGIN,

BY J. H. OORT

The combined effects of the stars and of Jupiter appear to determine the main statistical features of the orbits of comets.

From a score of well-observed original orbits it is shown that the "new" long-period comets generally come from regions between about 50000 and 150000 A.U. distance. The sun must be surrounded by a general cloud of comets with a radius of this order, containing about 10^{11} comets of observable size; the total mass of the cloud is estimated to be of the order of $1/10$ to $1/100$ of that of the earth. Through the action of the stars fresh comets are continually being carried from this cloud into the vicinity of the sun.

The article indicates how three facts concerning the long-period comets, which hitherto were not well understood, namely the random distribution of orbital planes and of perihelia, and the preponderance of nearly-parabolic orbits, may be considered as necessary consequences of the perturbations acting on the comets.

The theoretical distribution curve of $1/a$ following from the conception of the large cloud of comets (Table 8) is shown to agree with the observed distribution (Table 6), except for an excess of observed "new" comets. The latter is taken to indicate that comets coming for the first time near the sun develop more extensive luminous envelopes than older comets. The average probability of disintegration during a perihelion passage must be about 0.014. The preponderance of direct over retrograde orbits in the range from a 25 to 250 A.U. can be well accounted for.

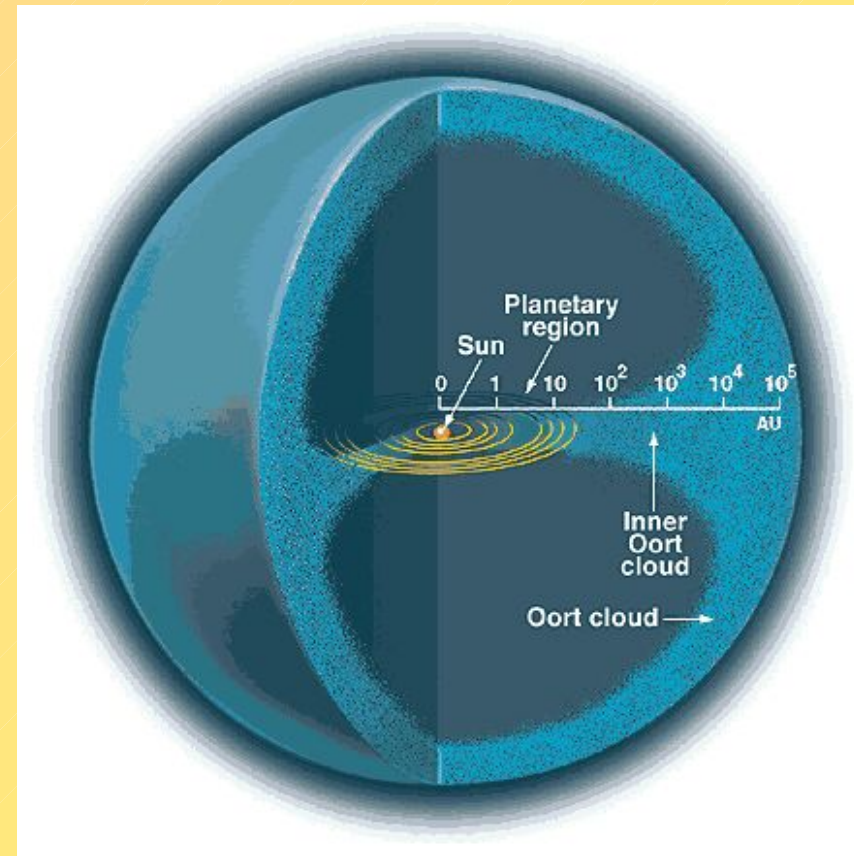
The existence of the huge cloud of comets finds a natural explanation if comets (and meteorites) are considered as minor planets escaped, at an early stage of the planetary system, from the ring of asteroids, and brought into large, stable orbits through the perturbing actions of Jupiter and the stars.

The investigation was instigated by a recent study by VAN WOERKOM on the statistical effect of Jupiter's perturbations on comet orbits. Action of stars on a cloud of meteors has been considered by ÖPIK in 1932.

1. *Sketch of the Problem.*

TABLE I

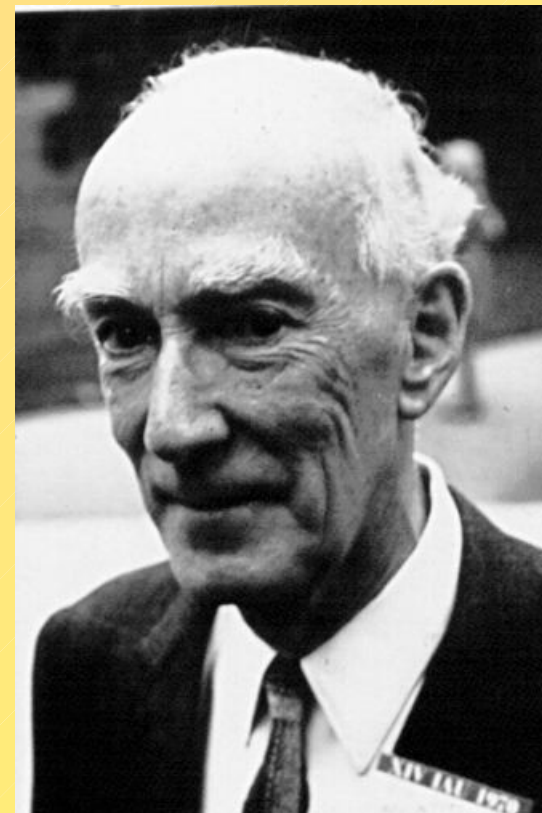
- **Propozycja Oorta sprowadza się do stwierdzenia, że Układ Słoneczny jest otoczony olbrzymią, pierwotną chmurą komet, zawierającą około 10^{11} jąder kometarnych, poruszających się po orbitach, rozciągających się dalej, niż połowa odległości do najbliższej gwiazdy.**



- **Hipoteza ta została opublikowana w styczniu 1950 roku i zaprezentowany obraz spotkał się z tak szerokim odzewem, że został szybko zaakceptowany przez społeczność astronomów jako stwarzający podstawę, na której pozostałe problemy mogą zostać rozstrzygnięte.**

Argumentacja Oorta może być podzielona na cztery grupy:

- dowód, że Układ Słoneczny jest otoczony przez wielką chmurę kometarną,
- dyskusja istotności perturbacji gwiazdowych w określaniu struktury obłoku i długoterminowej ewolucji orbit komet tworzących ten obłok,
- interpretacja rozkładu obserwowanego rozkładu $1/a$ w świetle proponowanej teorii,
- w końcu problem pochodzenia obłoku kometarnego, czyli prezentacja teorii powstawania komet oparta na założeniu wspólnego pochodzenia wszystkich ciał Układu Słonecznego.



Oort oparł swoje rozważania na 19 precyzyjnych orbitach pierwotnych komet jednopojawieniowych.

TABLE I
Distribution of original semi-major axes
(a in Astronomical Units)

$1/a$		n
	$< .000\ 05$	10
$.000\ 05$	—	4
	10	1
	15	1
	20	1
	25	1
	50	1
$.000\ 50$	75	1
	$> .000\ 75$	0

- **Przez orbitę pierwotną rozumiemy rezultat usunięcia z obserwowanego ruchu wszystkich znanych perturbacji tak, aby otrzymać orbitę, po której kometa zbliżyła się do układu planetarnego.**
- **Jakkolwiek orbity pierwotne tych 19 komet należały do najdokładniejszych, należy sobie uświadomić, że nigdy nie będą one całkowicie wolne od błędów.**
- **Na przykład uwzględnienie działających przecież na każdą kometa sił niegrawitacyjnych nie jest w pełni możliwe.**

- **Tabelka Oorta pokazuje, że ponad połowa tych komet musiała przybyć z odległości większych niż 40 000 AU.**
- **Oort wskazał, że średnia wartość dla dziesięciu komet tworzących dwa pierwsze wiersze w jego tabeli odpowiada wielkiej półosi rzędu 10^5 AU, co jest pierwszą wskazówką, że "miejsce pobytu" komet leży gdzieś w połowie drogi do najbliższych gwiazd.**
- **Dwie komety o nieco ujemnych wartościach , to zdaniem Oorta najprawdopodobniej skutek błędów obserwacji lub nieuwzględnienia sił niegrawitacyjnych.**

Katalog Orbit Komet



- **Edycja XV** - Marsden B. G. & Williams G. V., 2003, Catalogue of Cometary Orbits 15th edition (Cambridge, Mass.: Smithsonian Astrophysical Observatory) - **386 komet** długookresowych klas 1 i 2.

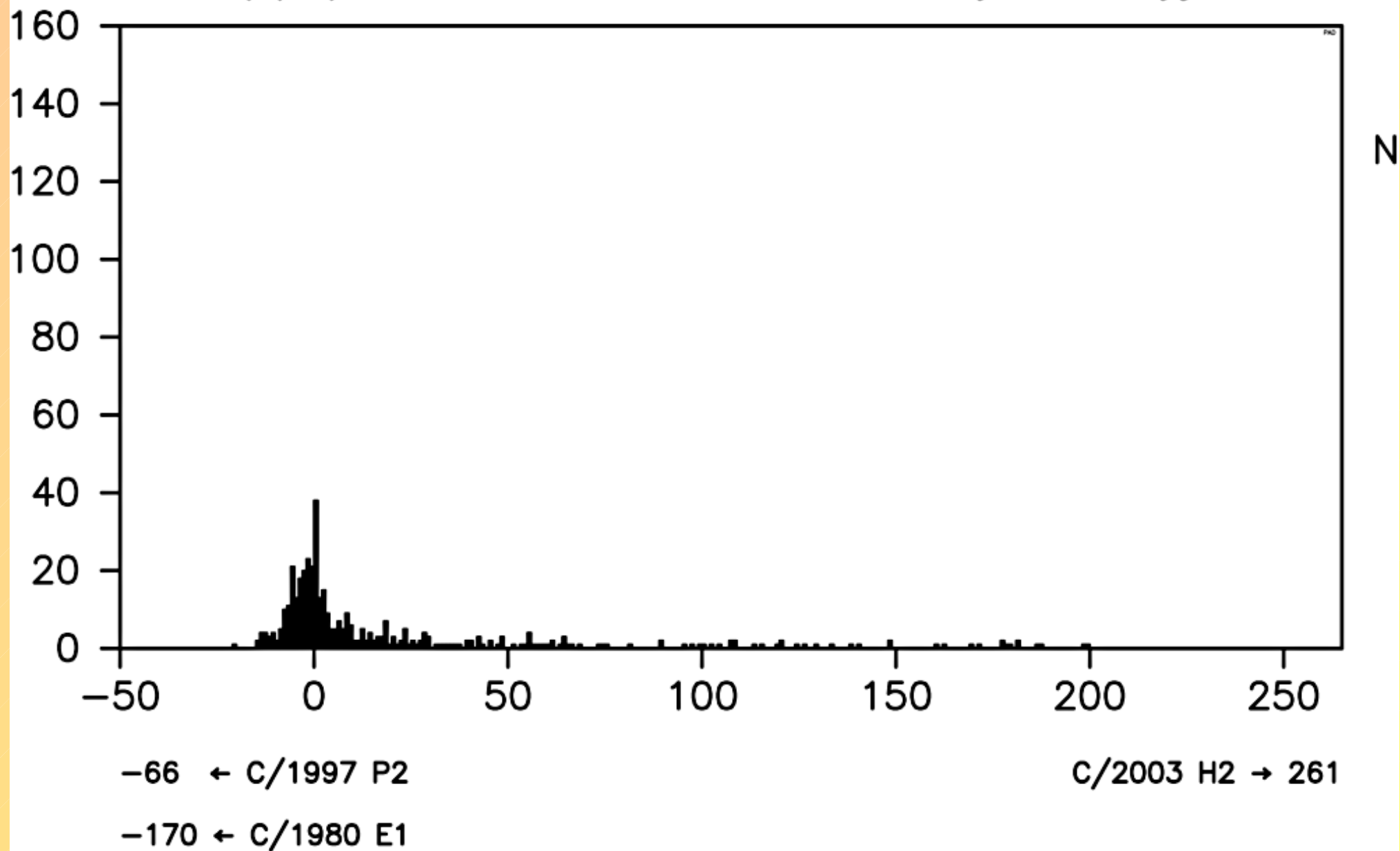
- **Edycja XVI** - Marsden B. G. & Williams G. V., 2005, Catalogue of Cometary Orbits 16th edition (Cambridge, Mass.: Minor Planet Center) - **427 komet** długookresowych klas 1 i 2.

Trwałość „Oort spike” mimo znacznego wzrostu liczby danych

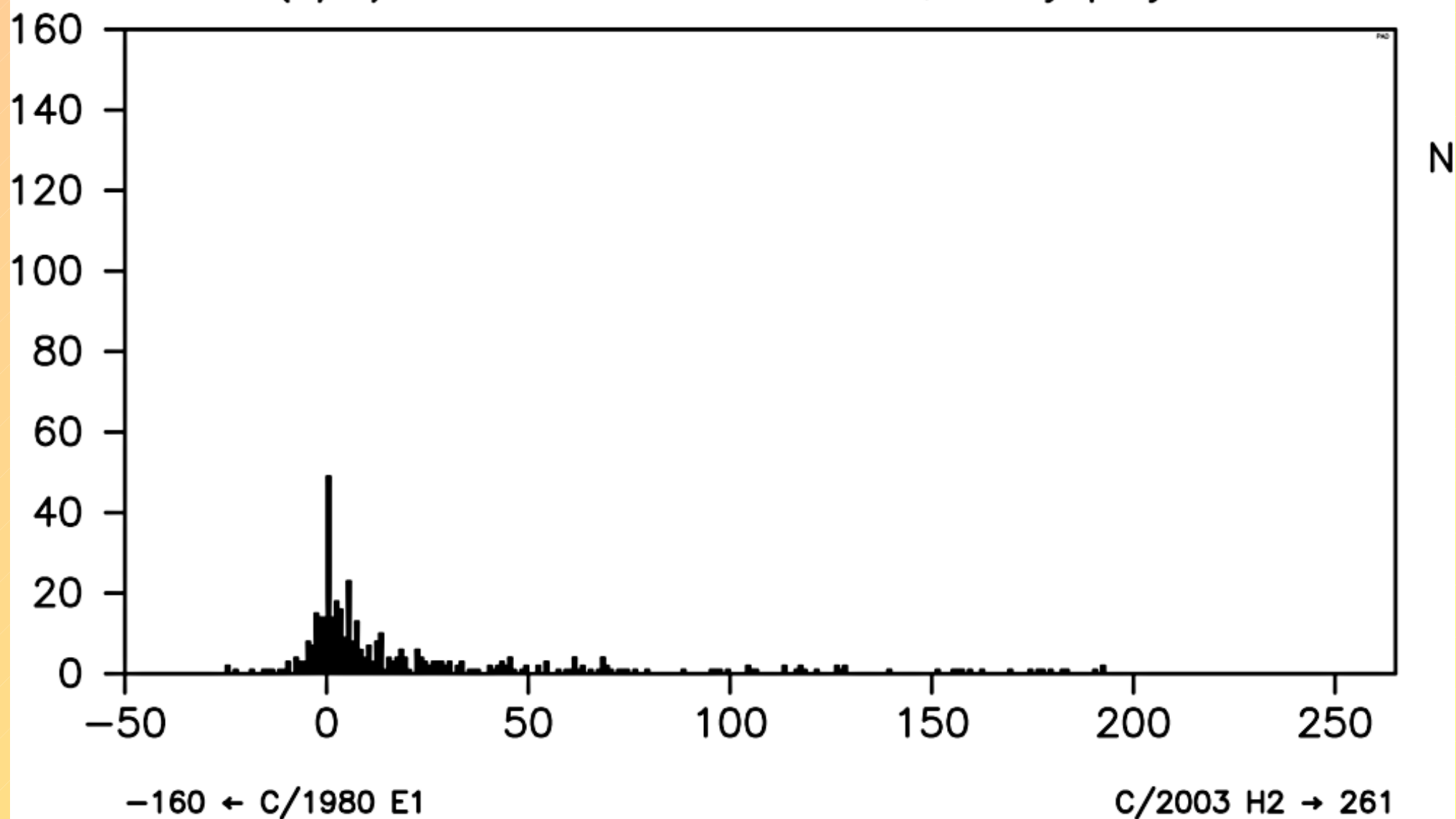
$1/a$ orig. [10^{-6} AU $^{-1}$]	Oort 1950	Oort 1990	This paper (1999)
<10	14	42	60
10–20	2	1	5
20–30		3	6
30–40	2	1	4
40–50		3	6
50–60		5	7
60–70	1	1	3
70–80		1	2
80–90		2	2
90–100	0	1	1
>100		6	20
Total:	19	66	116

**Dane z lat
1990 i 1999 są
ograniczone
do komet klasy
1, mających
 $q > 1.5$ AU
(restricted
set).**

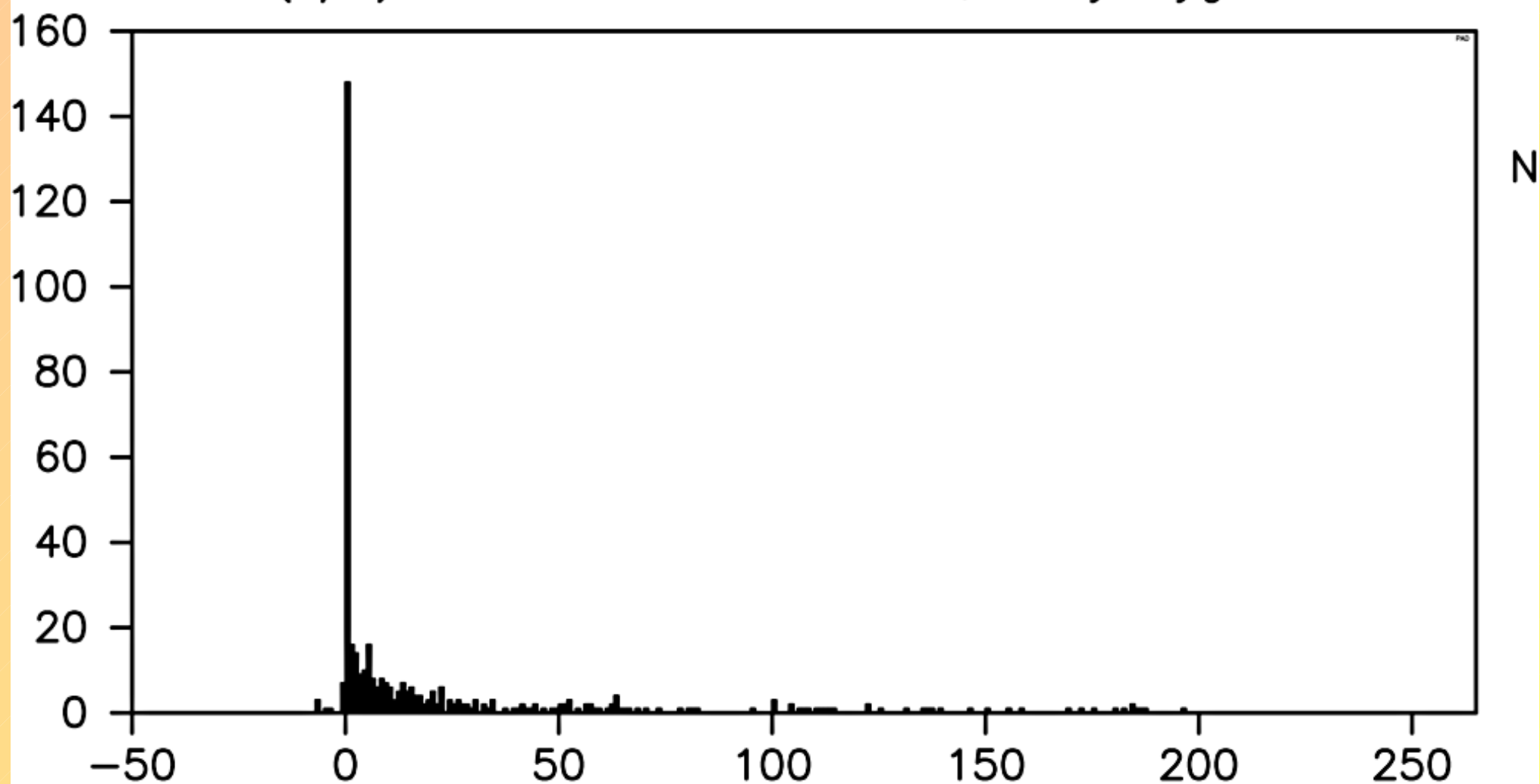
$(1/a) \times 10^4 \text{ AU}^{-1}$ dla 427 komet, orbity oskulacyjne



$(1/a) \times 10^4 \text{ AU}^{-1}$ dla 427 komet, orbity przyszłe

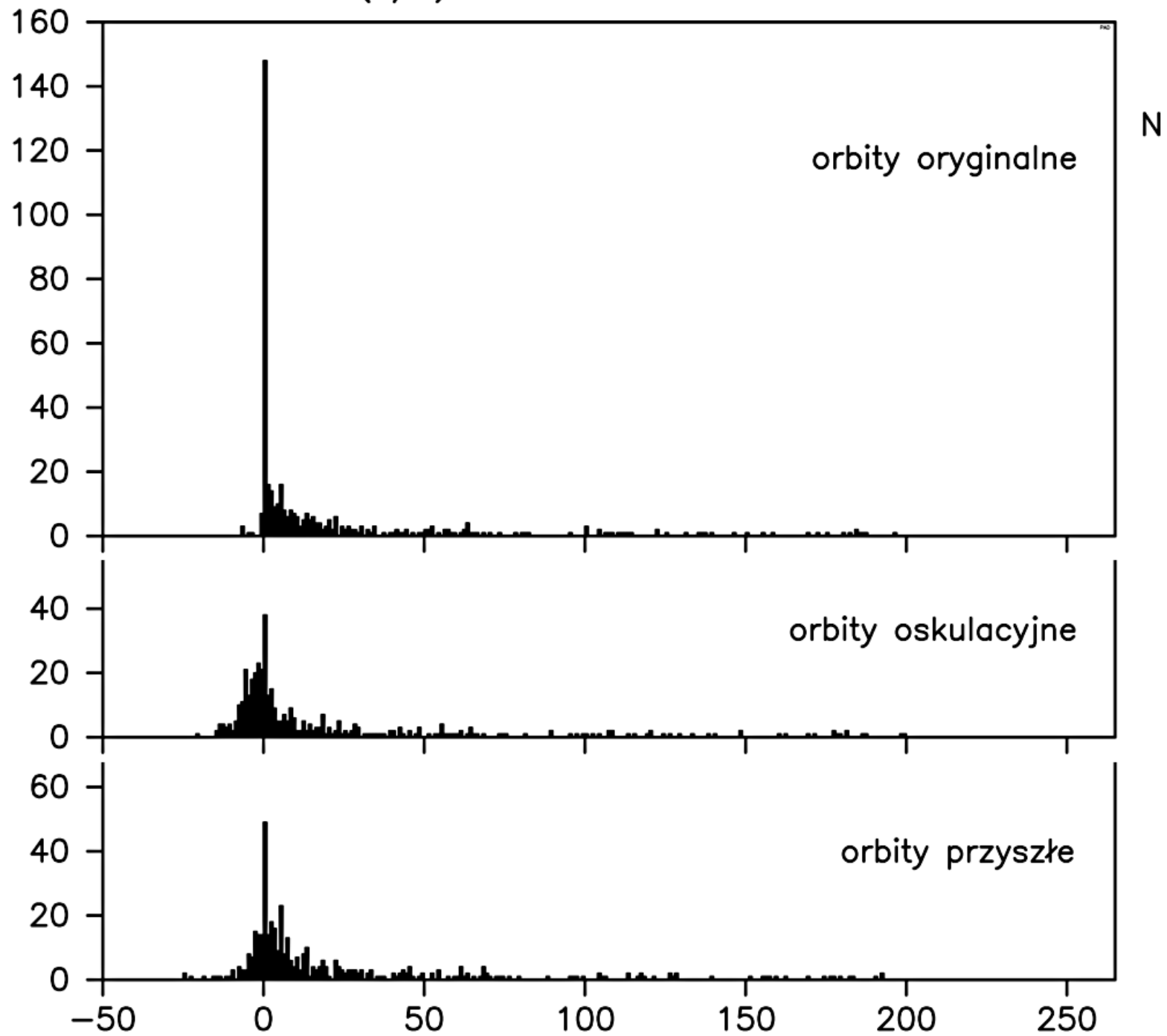


$(1/a) \times 10^4 \text{ AU}^{-1}$ dla 427 komet, orbity oryginalne



C/2003 H2 → 268

$(1/a) \times 10^4 \text{ AU}^{-1}$ dla 427 komet



Przybliżenie impulsowe u Oorta

Let us consider the effect of a star with a mass equal to that of the sun moving through this cloud with a velocity of 30 km/sec. The velocity of a comet will be changed by ΔV . ΔV is directed along the perpendicular drawn from the comet to the star's path, and its absolute value is with sufficient approximation given by

$$\Delta V = \frac{2\gamma m}{DV_*}, \quad (1)$$

where m is the star's mass, γ the constant of gravitation, V_* the velocity of the star relative to the sun, and D the shortest distance at which the star would have passed the comet if the latter had not been deflected by the star's attraction.

Poprawione przybliżenie impulsowe

(Dybczyński, 1994, Cel. Mech and Dyn. Astron, 58,
139-150)

$$\Delta v_x = -\frac{2k^2 M_\star}{V_\infty} \left(\frac{a_c}{c_c^2} - \frac{a_s}{c_s^2} \right)$$

$$\Delta v_y = \frac{2k^2 M_\star}{V_\infty} \left(\frac{b_s - y_c}{c_c^2} - \frac{a_s}{c_s^2} \right)$$

$$\Delta v_z = -\frac{2k^2 M_\star}{V_\infty} \left(\frac{z_c}{c_c^2} \right)$$

$$a_c = k^2 M_\star / V_\infty^2$$

$$a_s = k^2 (M_\star + 1) / V_\infty^2$$

$$b_s = a_s \sqrt{e_\star^2 - 1}$$

$$c_s^2 = a_s^2 + b_s^2$$

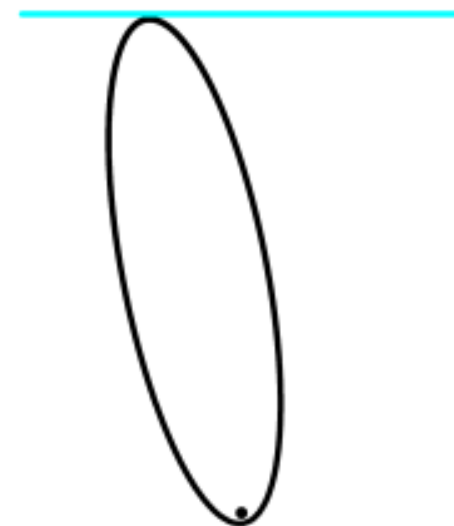
$$c_c^2 = a_c^2 + (b_s - y_c)^2 + z_c^2$$

Stellar perturber parameters :

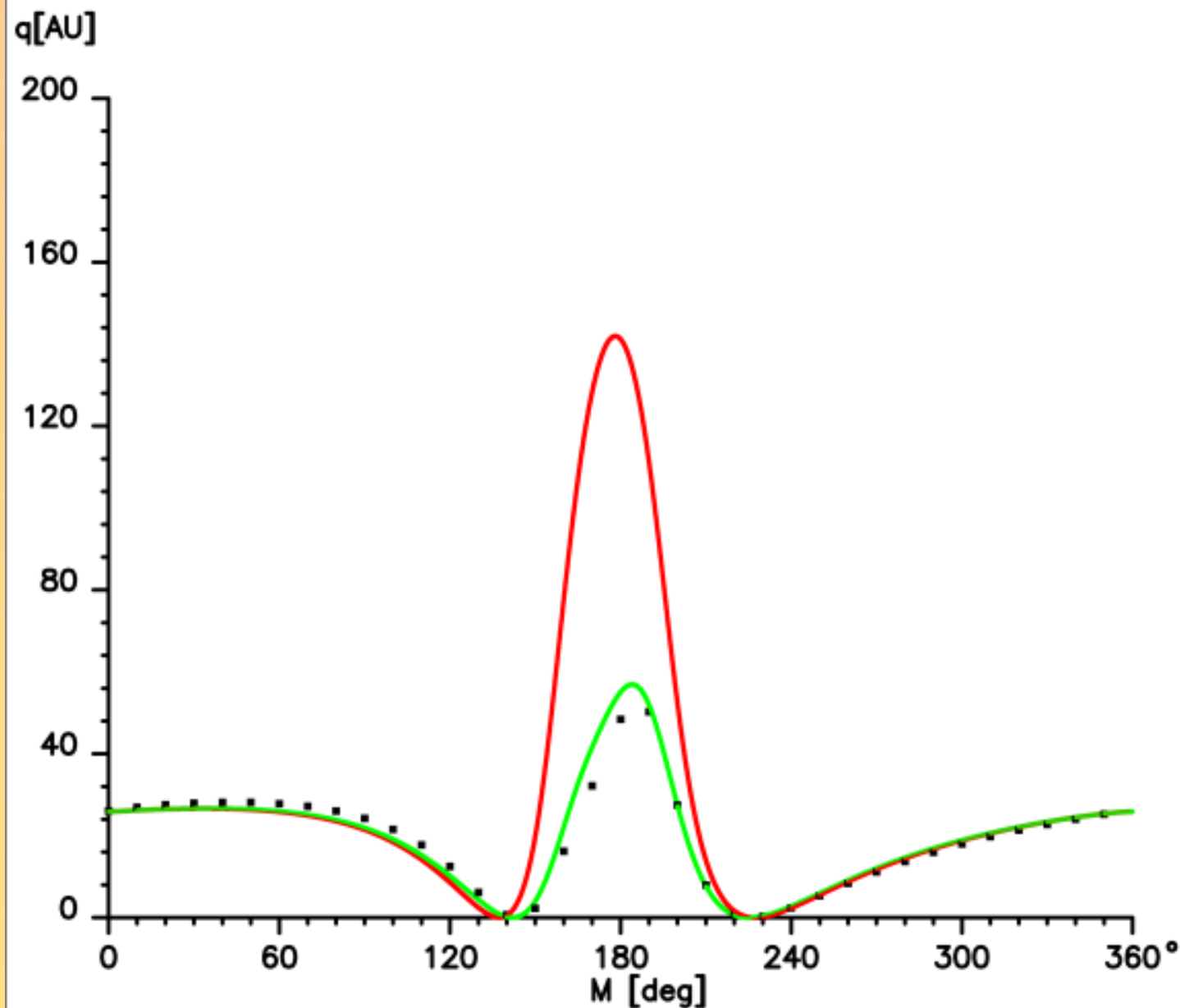
$M_* = 1.0 M_{\odot}$, $V_{\infty} = 30.0$ km/s, $q_* = 1000$ AU

$i = 0.10^\circ$, $\omega = 0.00^\circ$, $\Omega = 90.00^\circ$

Passage geometry



$d_{\min} = 10.99$ AU



Comet parameters :

$Q = 1007.10$ AU

$q = 20.70$ AU

$i = 0.01^\circ$

$\omega = 280.00^\circ$

$\Omega = 1.00^\circ$

Perturbacje Galaktyczne

$$\mathbf{F} = -\frac{\mu M_{\odot}}{r^3} \mathbf{r} + (A - B)(3A + B)x' \hat{x}' - (A - B)^2 y' \hat{y}' - [4\pi \mu \rho_0 - 2(B^2 - A^2)]z \hat{z}',$$

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = -\frac{\mu M_{\odot}}{r^3} x - \mathcal{G}_1 x' \cos(\Omega_0 t) + \mathcal{G}_2 y' \sin(\Omega_0 t),$$

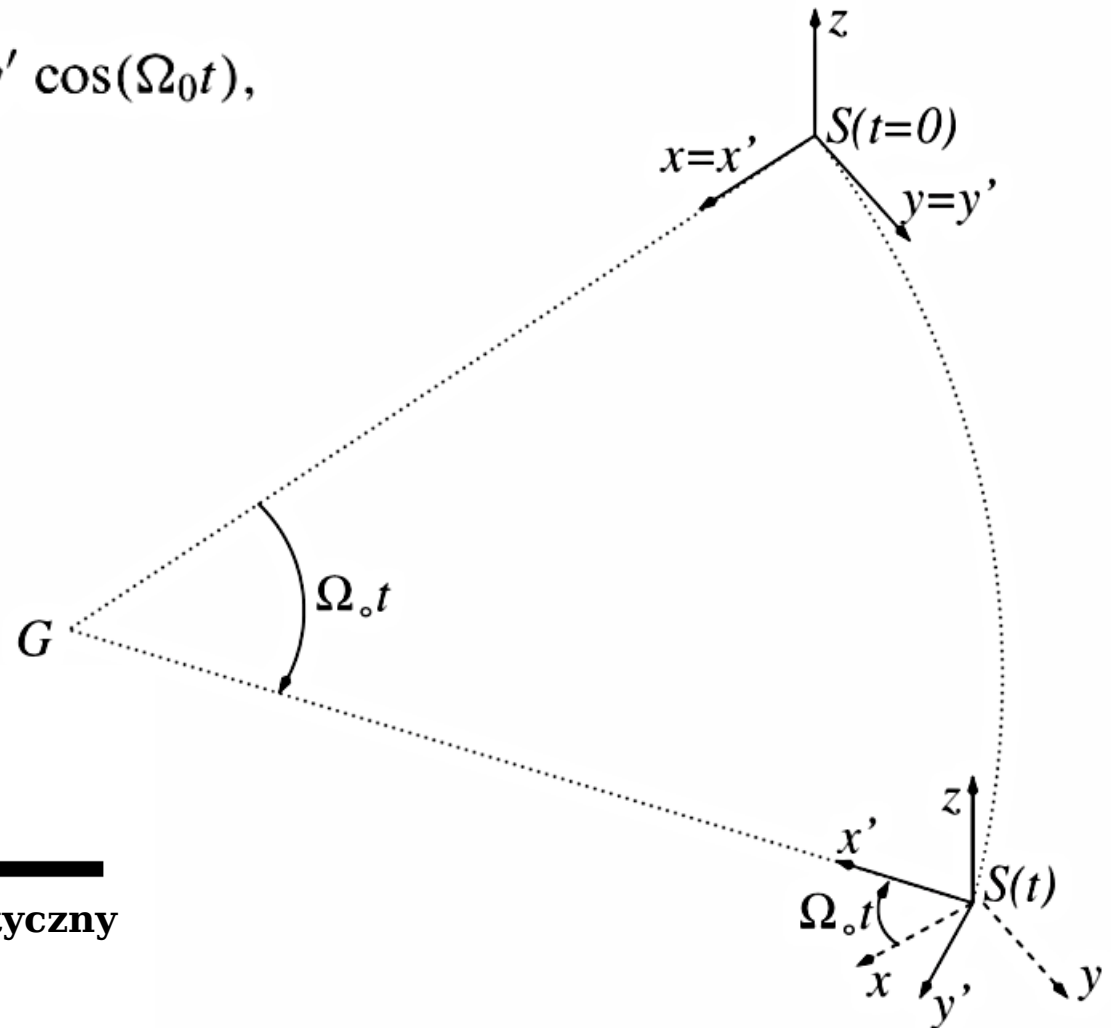
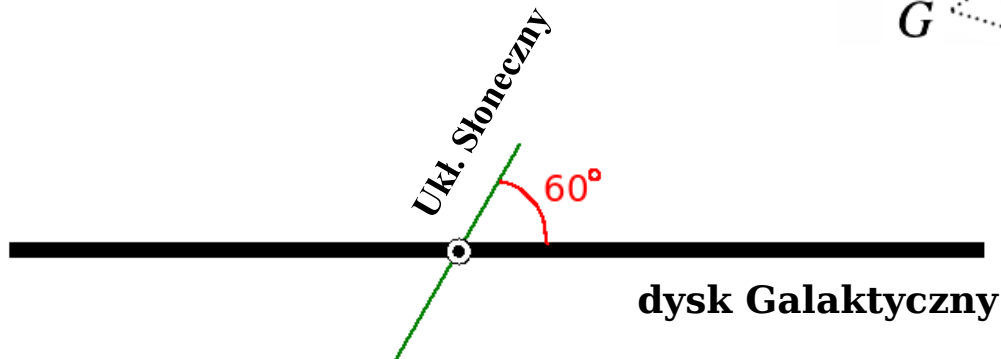
$$\frac{d^2 y}{dt^2} = -\frac{\mu M_{\odot}}{r^3} y - \mathcal{G}_1 x' \sin(\Omega_0 t) - \mathcal{G}_2 y' \cos(\Omega_0 t),$$

$$\frac{d^2 z}{dt^2} = -\frac{\mu M_{\odot}}{r^3} z - \mathcal{G}_3 z,$$

$$\mathcal{G}_1 = -(A - B)(3A + B),$$

$$\mathcal{G}_2 = (A - B)^2,$$

$$\mathcal{G}_3 = 4\pi \mu \rho_0 - 2(B^2 - A^2),$$



Uproszczony model perturbacji Galaktycznych

(wg. Heisler & Tremaine, 1986, Icarus 65, 13)

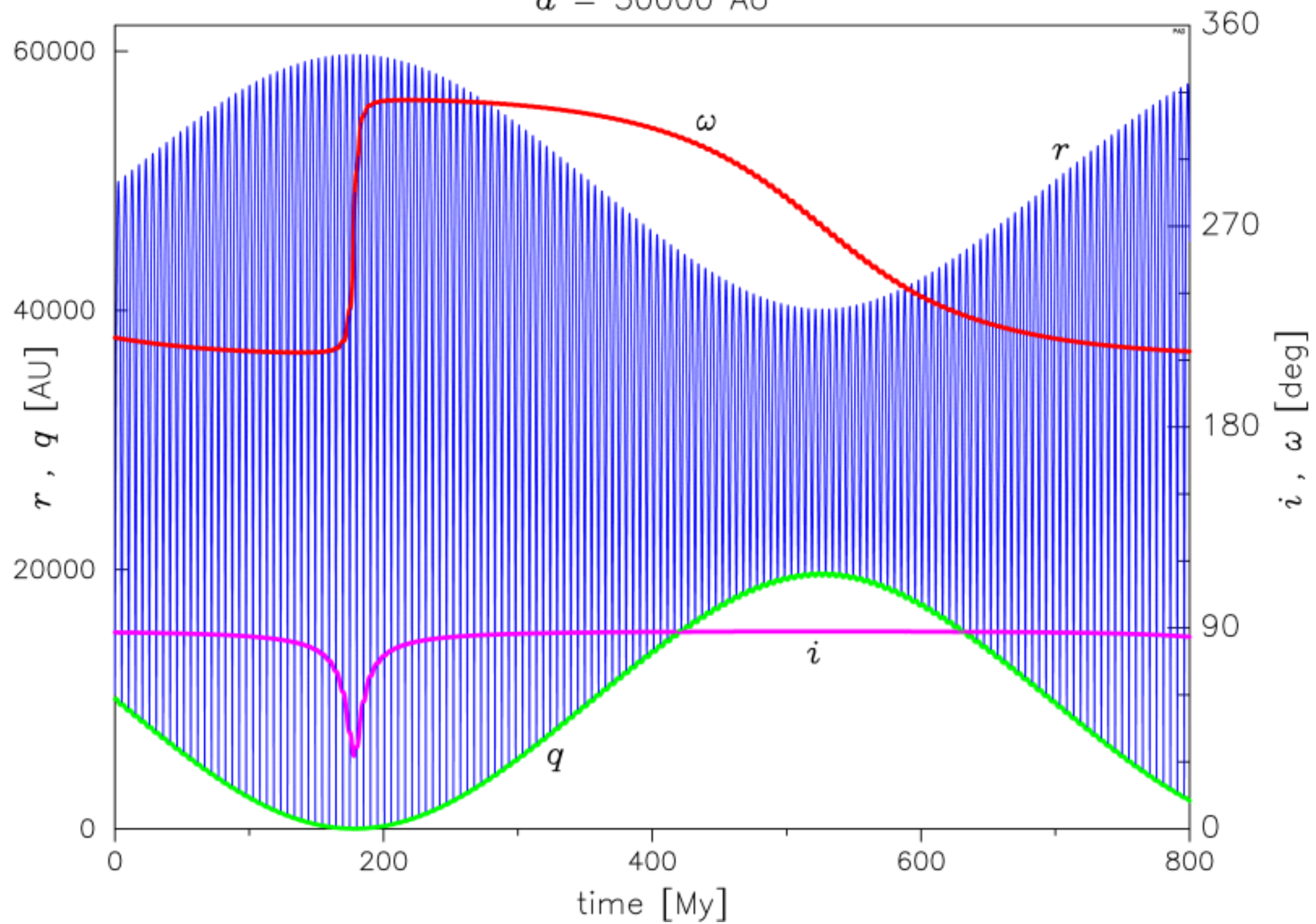
$$\ddot{x} = -\frac{\mu x}{r^3}$$

$$\ddot{y} = -\frac{\mu y}{r^3}$$

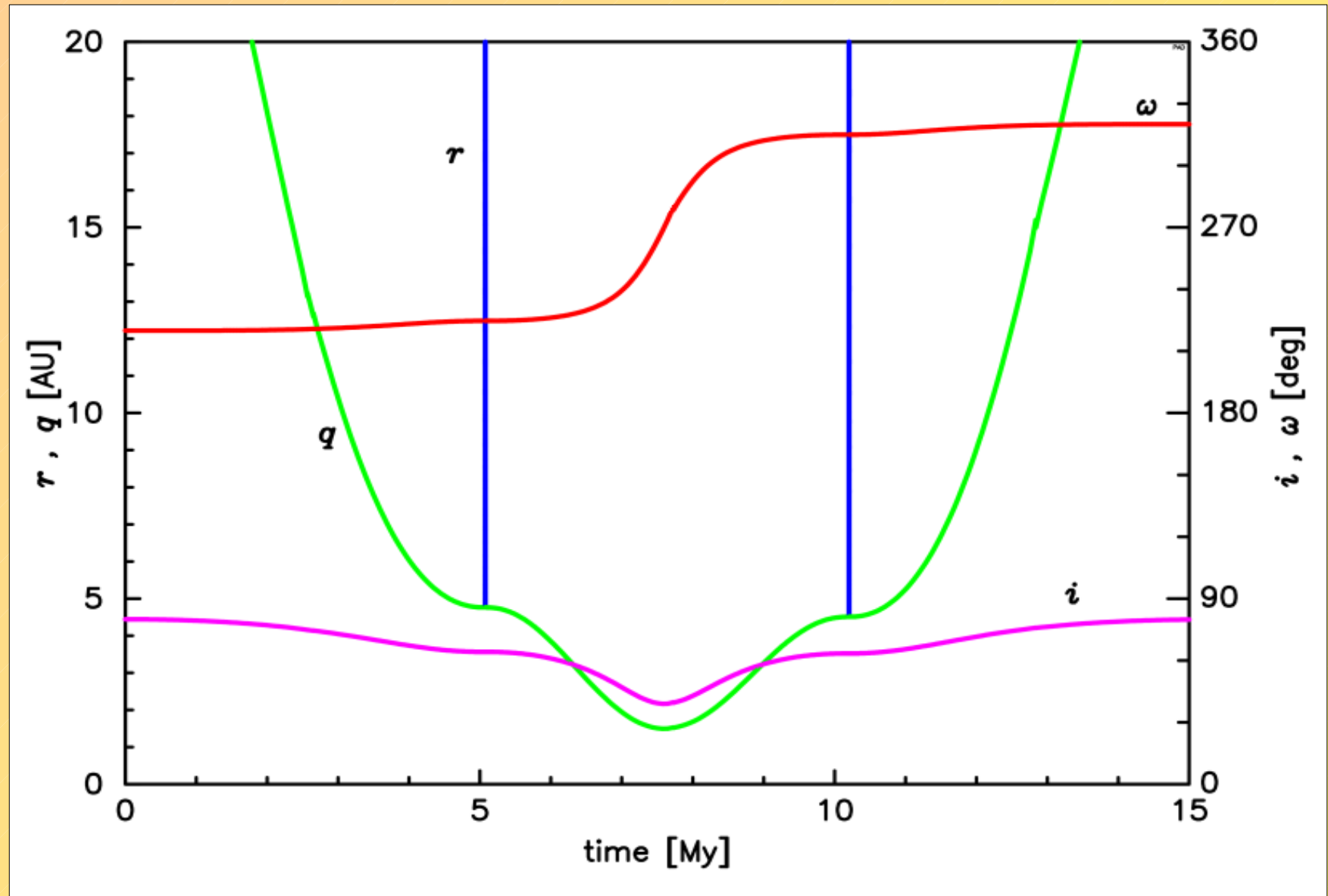
$$\ddot{z} = -\frac{\mu z}{r^3} - 4\pi G \rho z$$

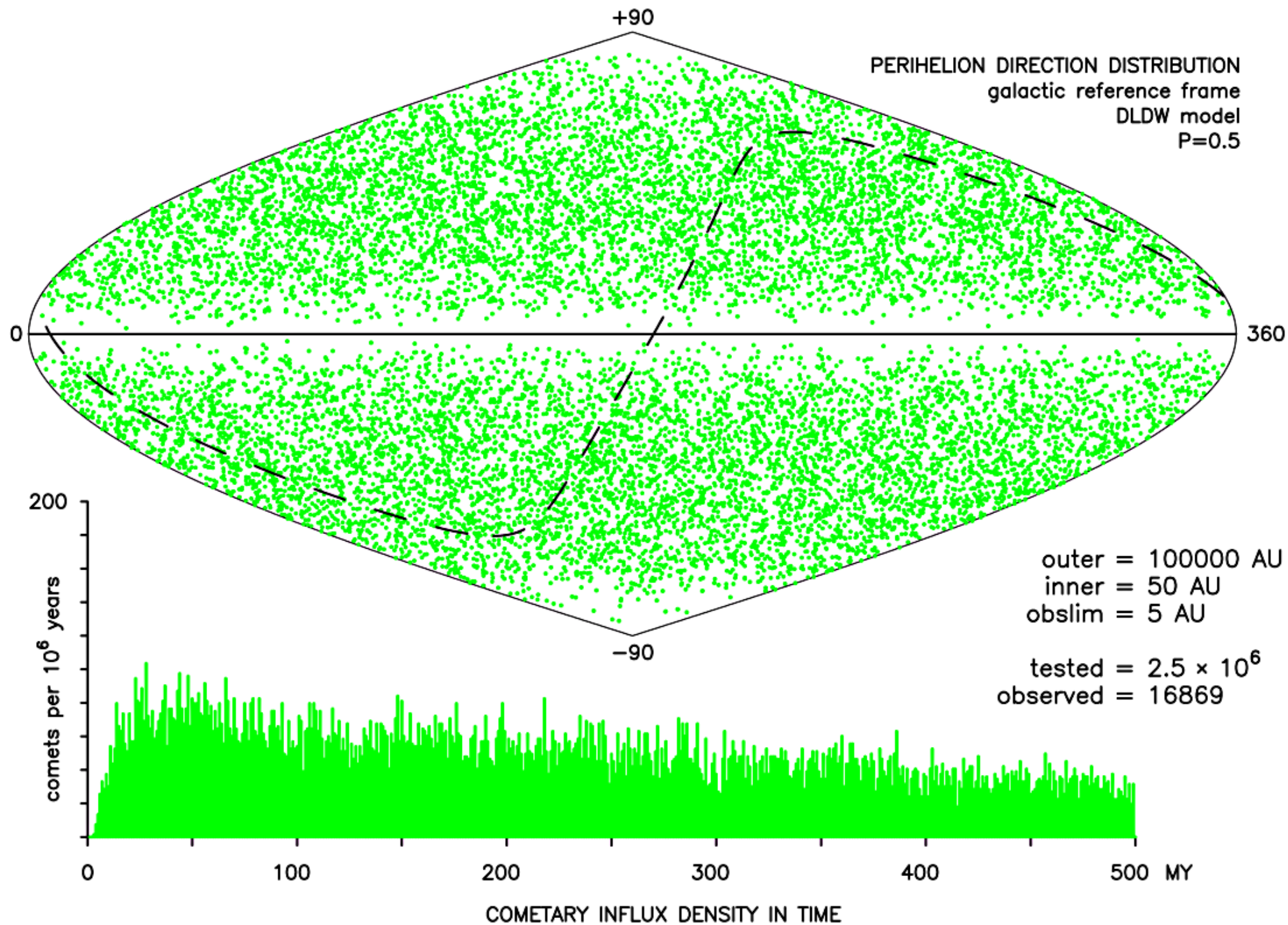
$$\mu = G \cdot (1 + \sum m_p) \quad \rho = 0.1 \, M_{\odot} pc^{-3}$$

$\alpha = 30000 \text{ AU}$

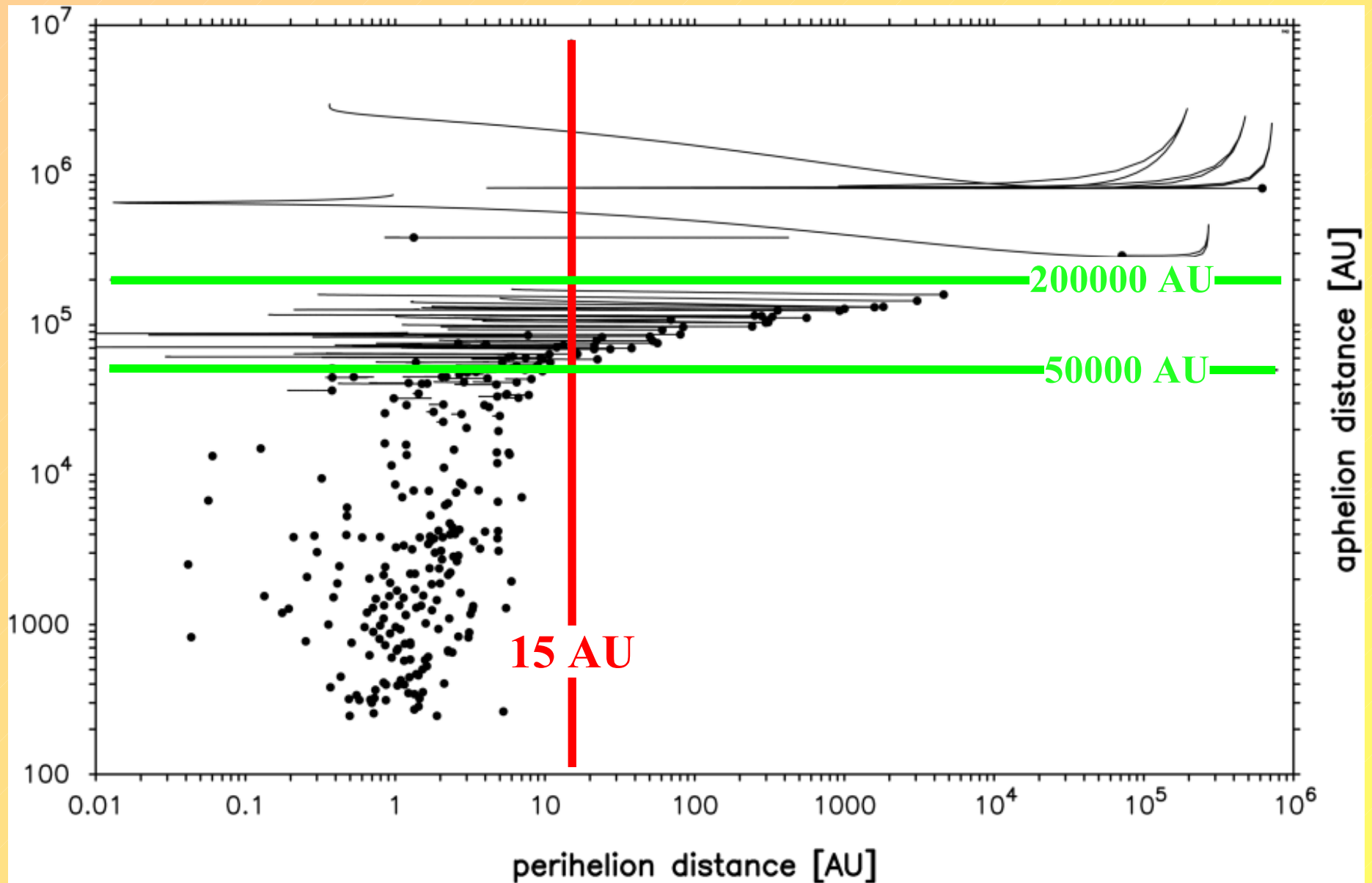


Trzeba całkować numerycznie





Historia dynamiczna komet długookresowych - wpływ Galaktyki



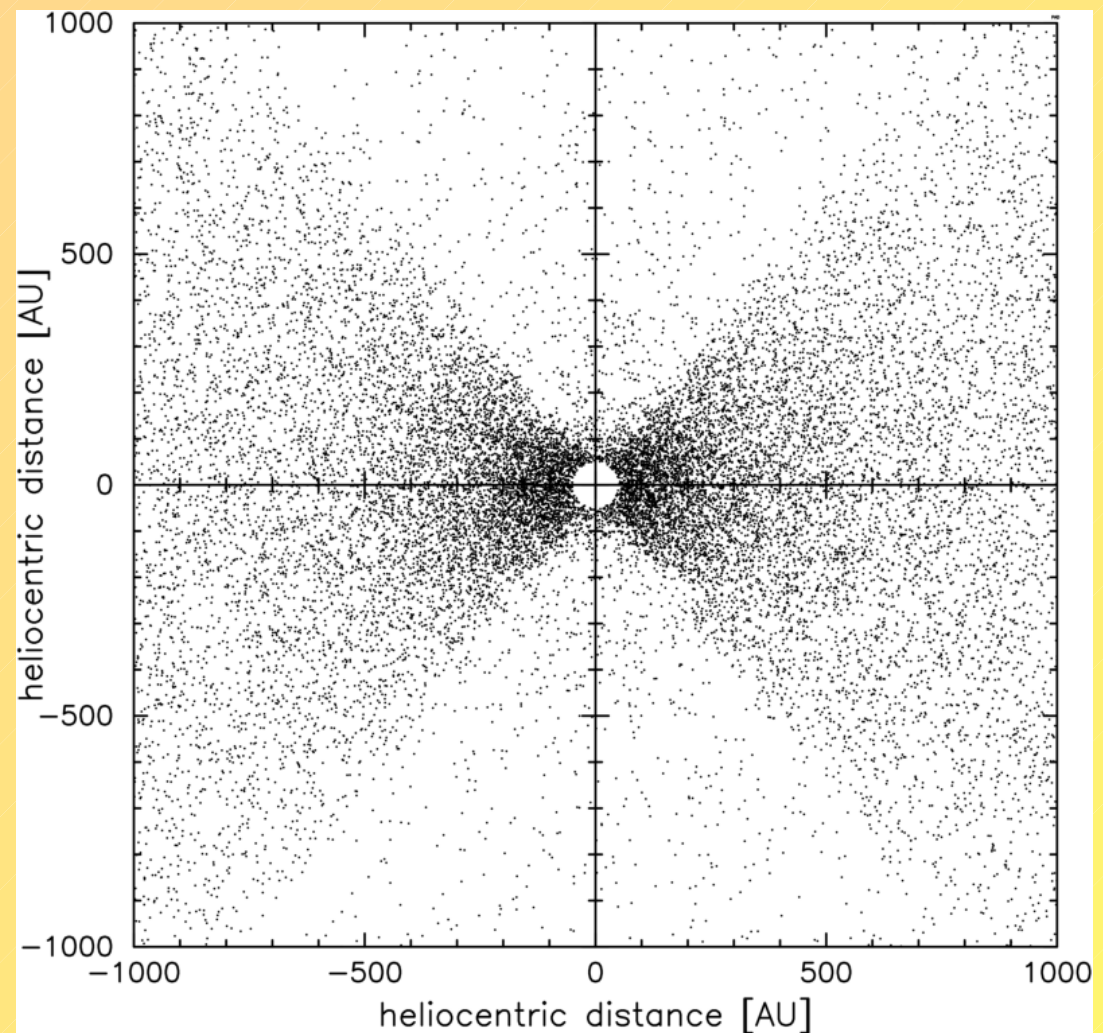
Czy 'nowe' są faktycznie nowe ?

Previous q	“restricted” set	all comets
0–2 AU	3	10
2–15 AU	24	31
15–40 AU	6	12
>40 AU	20	32

Rozkład “poprzedniej” odległości peryhelium eliptycznych komet długookresowych, nowych w sensie Oorta ($a > 10000$ AU).

DLDW

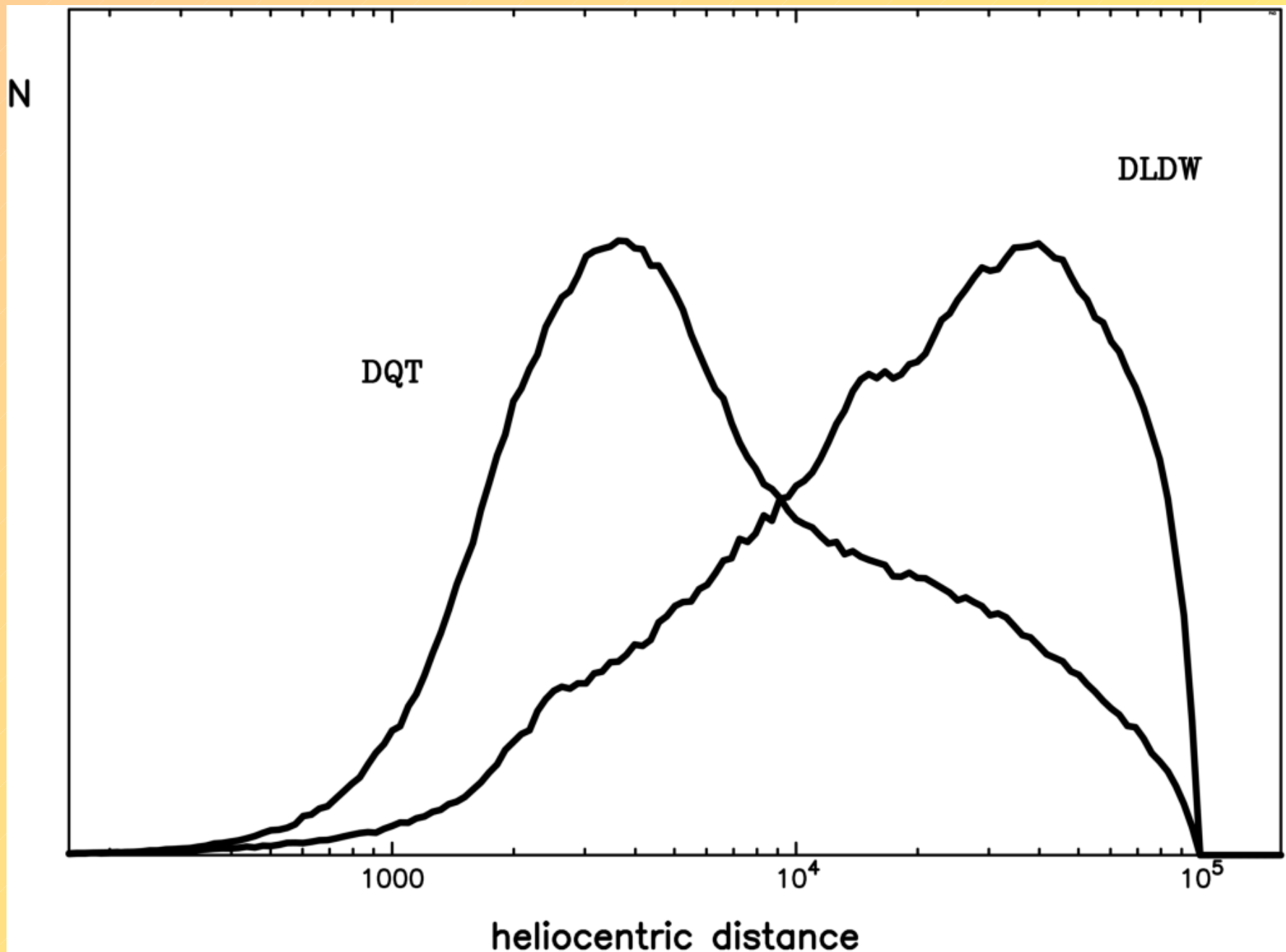
- nowy model numeryczny obłoku Oorta



- **wg: Dones, Levison, Duncan, Weissman (unpublished)**
- **$1000 < a < 100000$ AU**
- **spłaszczony do 10000 AU**

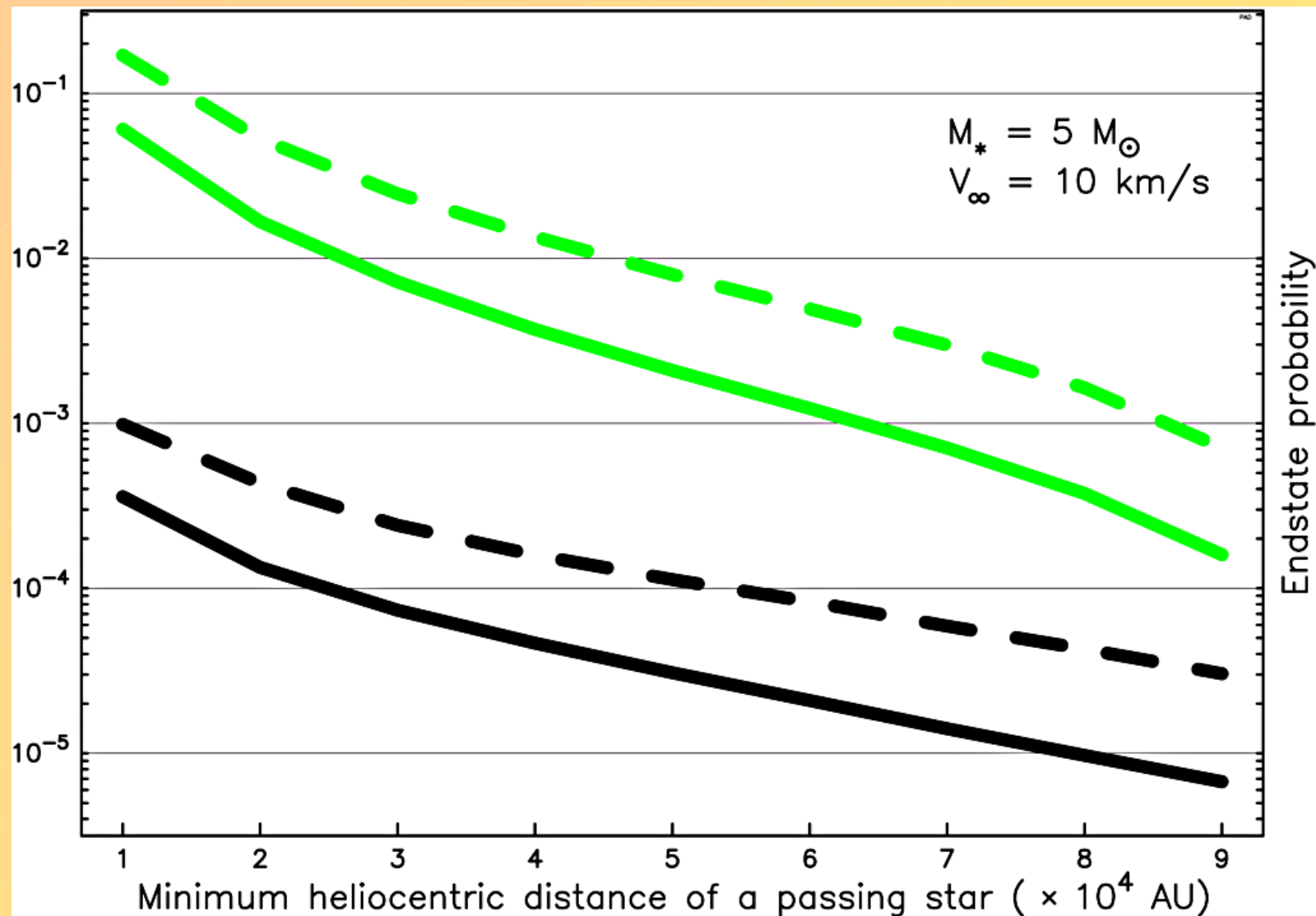


DQT a DLDW



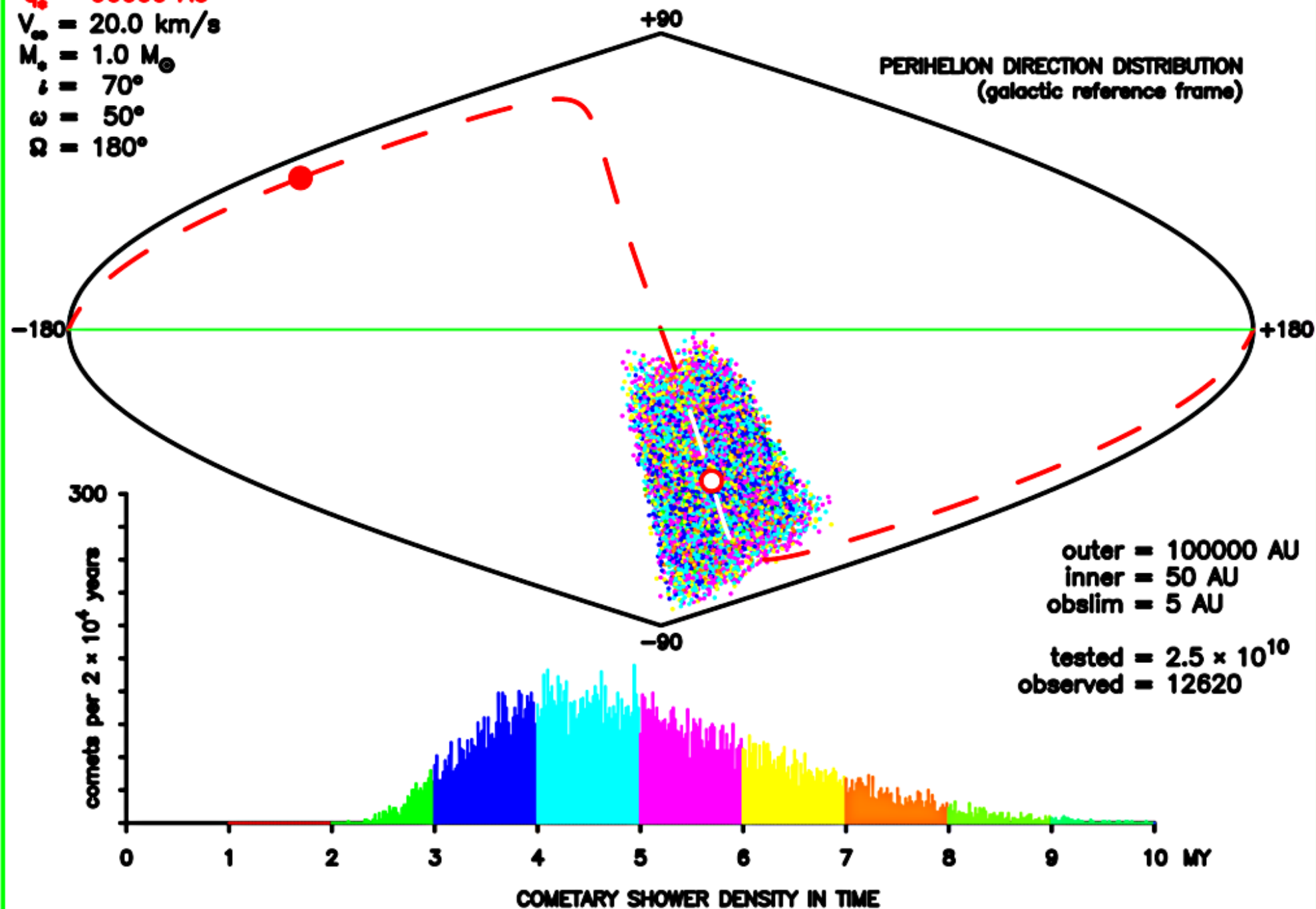
Schemat symulacji Monte Carlo - tylko perturbacje gwiazdowe.

1. Wybierz parametry przejścia gwiazdy: $M_{\star}$, V_{∞} , $q_{\star}$, $\Omega_{\star}$, $\omega_{\star}$, $i_{\star}$ w heliocentrycznym układzie Galaktycznym.
2. Wylosuj kometę (a , e , $\cos i$, Ω , ω) z wybranego modelu (DQT lub DLDW) w układzie płaszczyzny niezmienniczej Układu Słonecznego.
3. Wylosuj anomalię średnią M komety z rozkładu jednostajnego i wylicz jej położenie i prędkość.
4. Wylicz efekty oddziaływania gwiazdy i wyznacz nową orbitę komety.
5. Sprawdź czy obserwowalna, wyrzucona itd.
6. "Następna proszę" (powtarzaj od kroku 2).

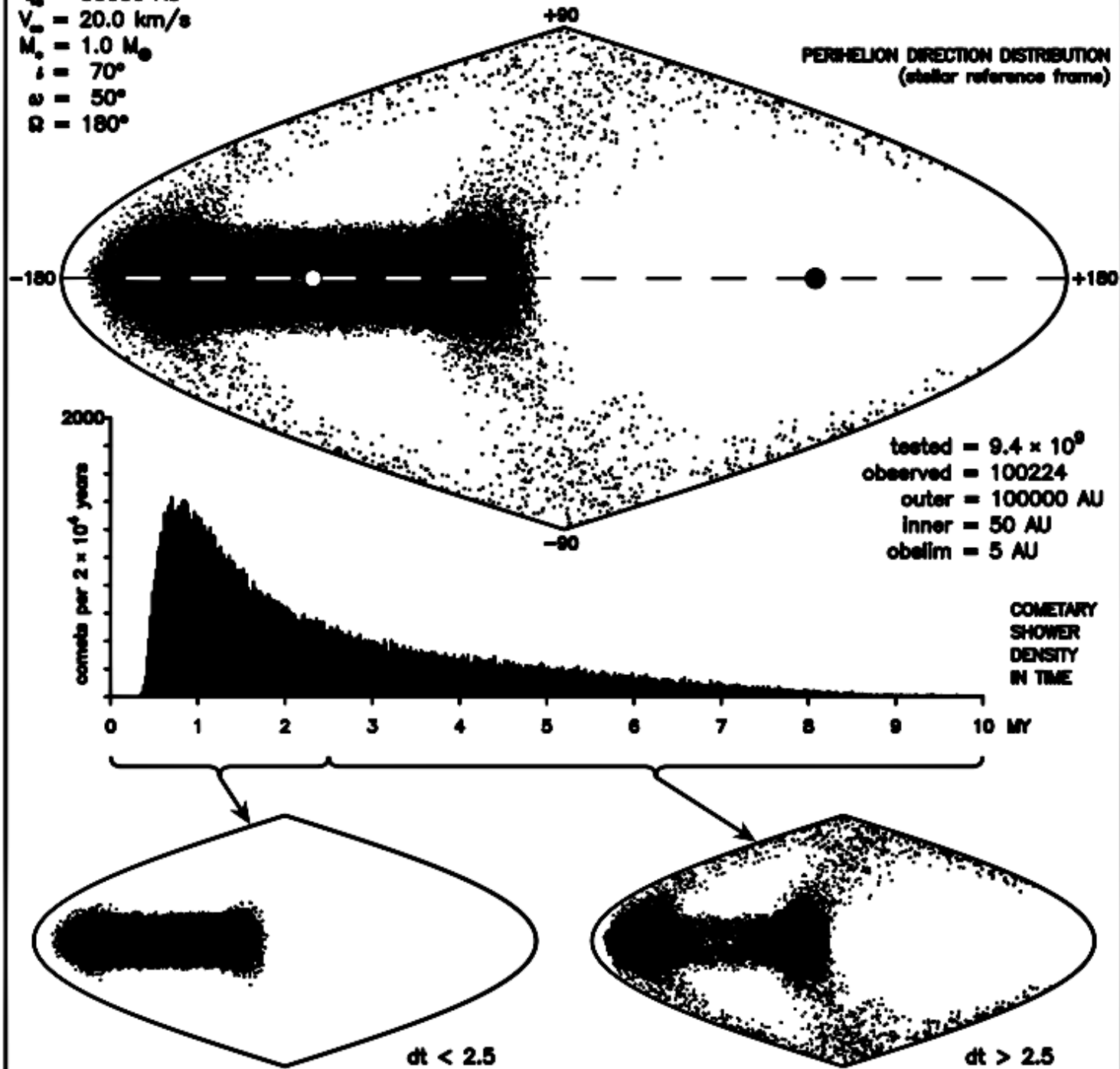


Prawdopodobieństwo wyrzutu (na zielono) i obserwowalności (na czarno) na skutek silnej perturbacji gwiazdowej dla dwóch różnych modeli obłoku (DQT - linia ciągła, DLDW - linia przerywana) i różnych odległości przejścia gwiazdy.

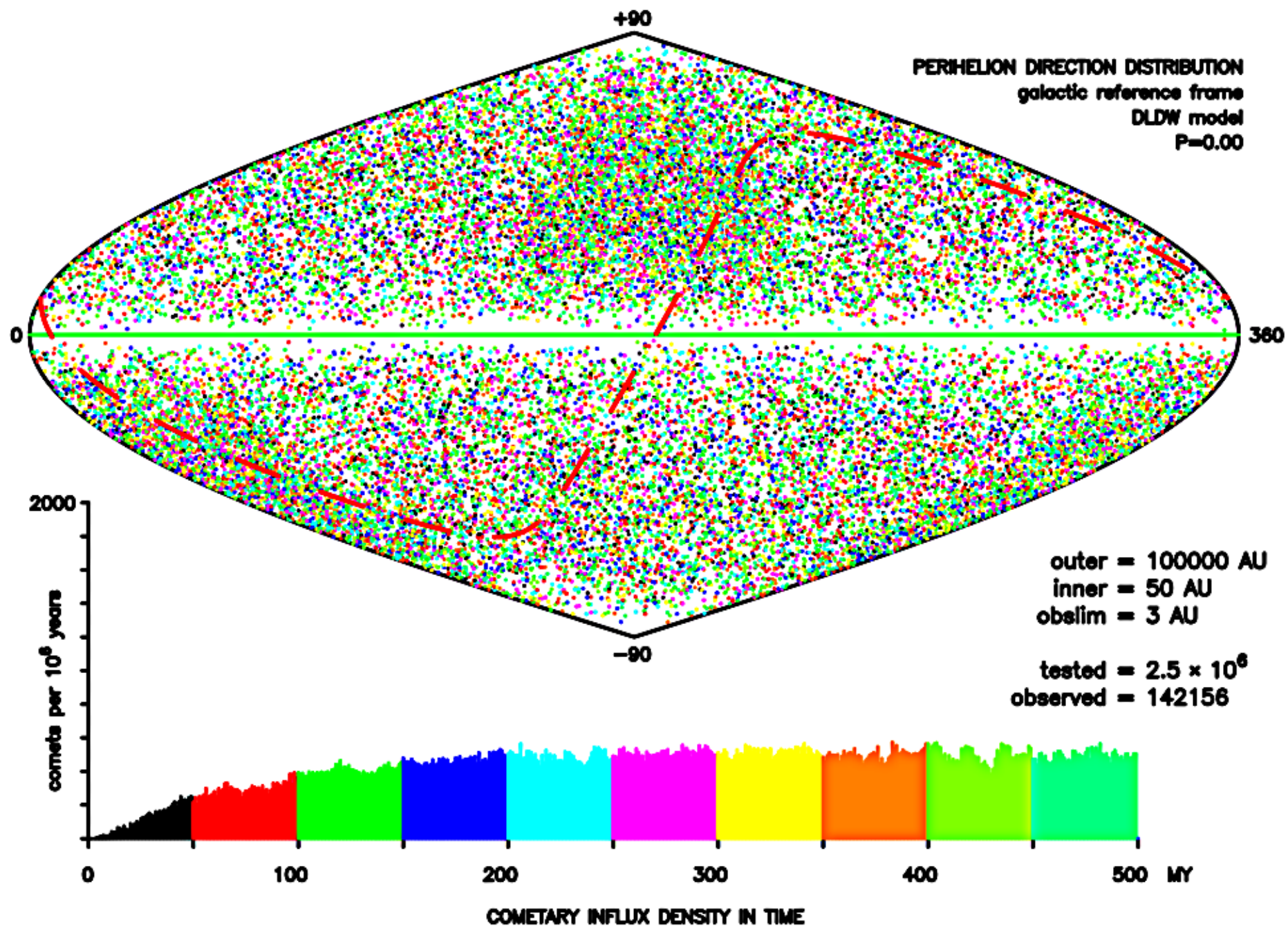
$q_0 = 90000 \text{ AU}$
 $V_\infty = 20.0 \text{ km/s}$
 $M_\odot = 1.0 M_\odot$
 $i = 70^\circ$
 $\omega = 50^\circ$
 $\Omega = 180^\circ$



$q_0 = 30000 \text{ AU}$
 $V_\infty = 20.0 \text{ km/s}$
 $M_\bullet = 1.0 M_\odot$
 $i = 70^\circ$
 $\omega = 50^\circ$
 $\Omega = 180^\circ$

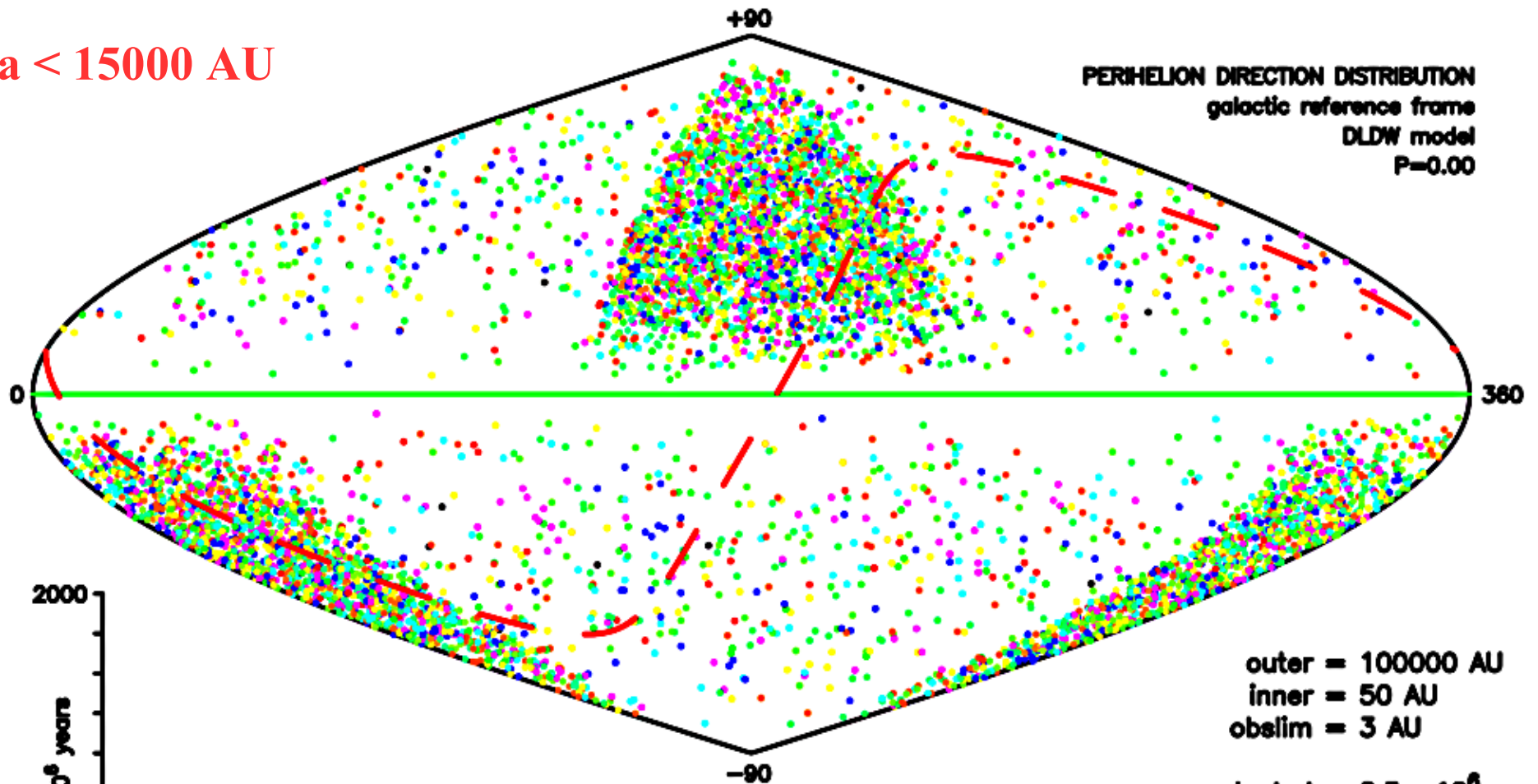


model:DLDW
komet: 9.4×10^9
obs: 100224
lewy: 62069
prawy: 38155



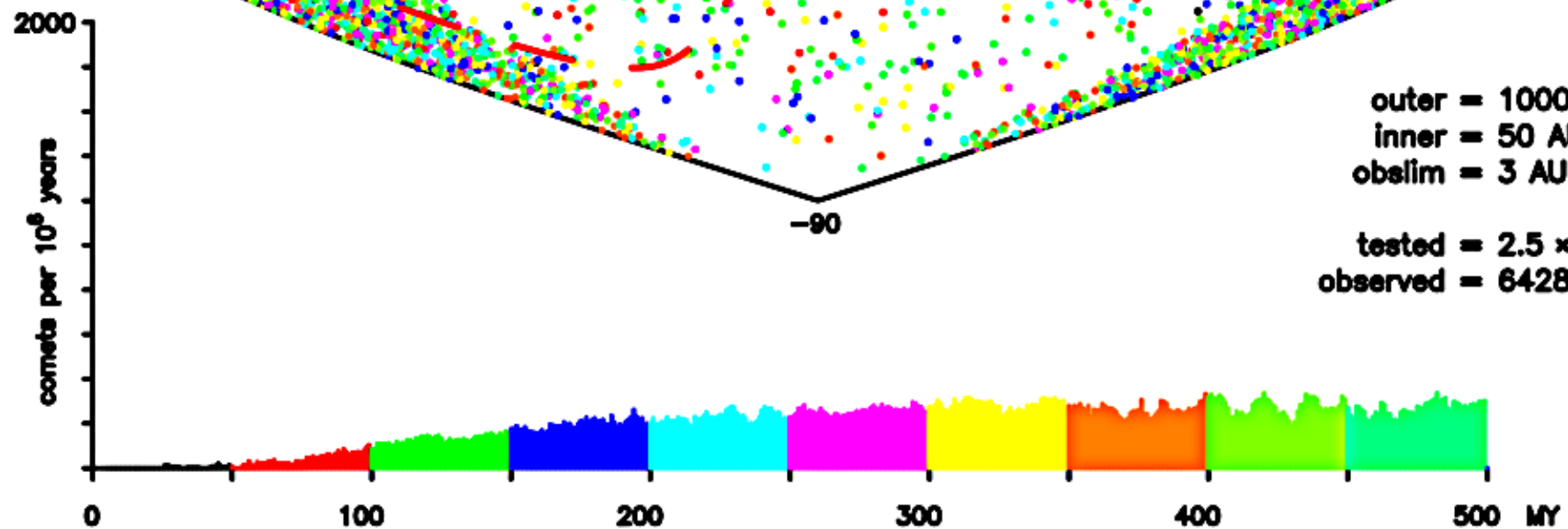
$a < 15000 \text{ AU}$

PERIHELION DIRECTION DISTRIBUTION
galactic reference frame
DLDW model
 $P=0.00$

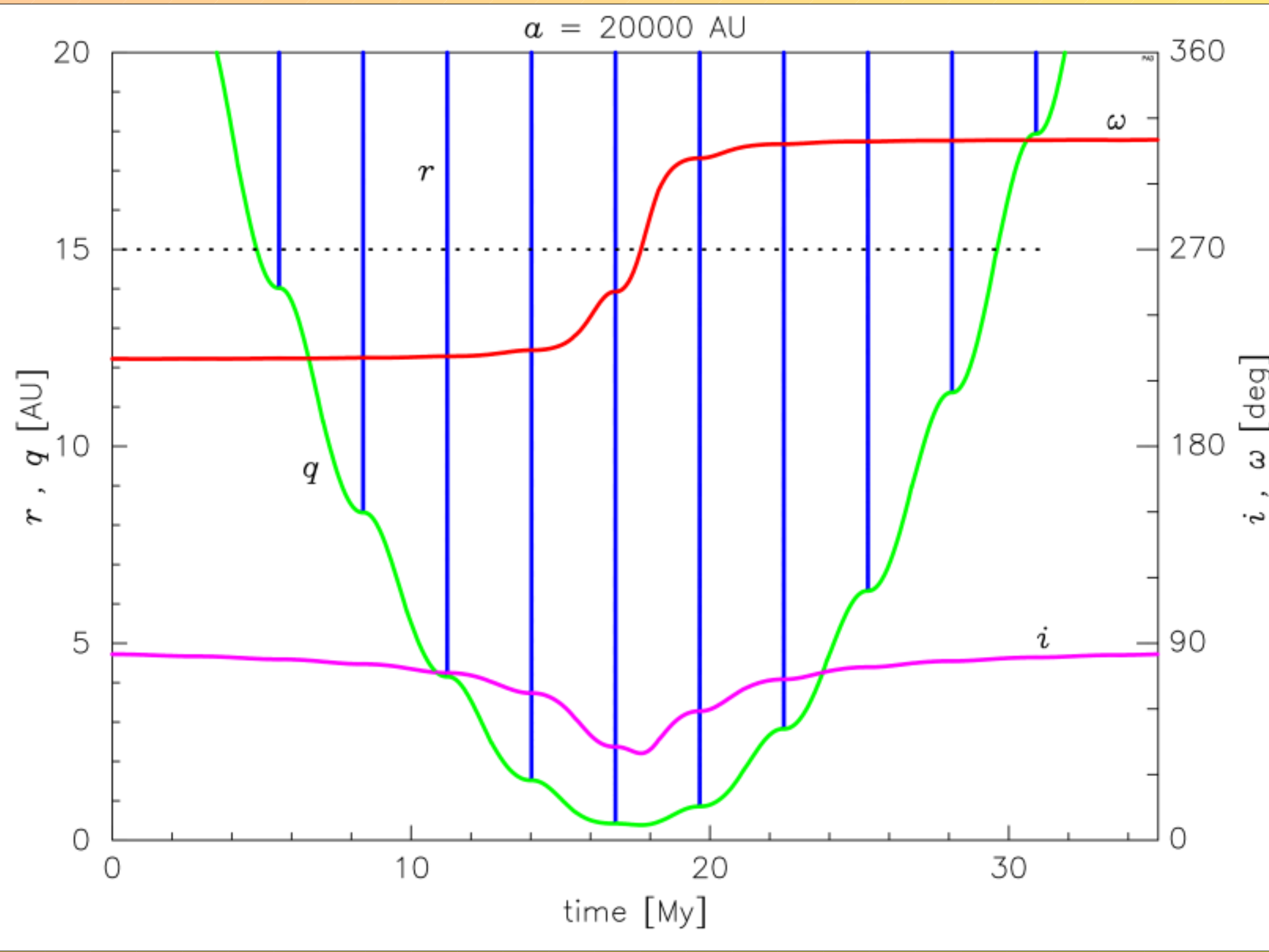


outer = 100000 AU
inner = 50 AU
obslim = 3 AU

tested = 2.5×10^6
observed = 64281



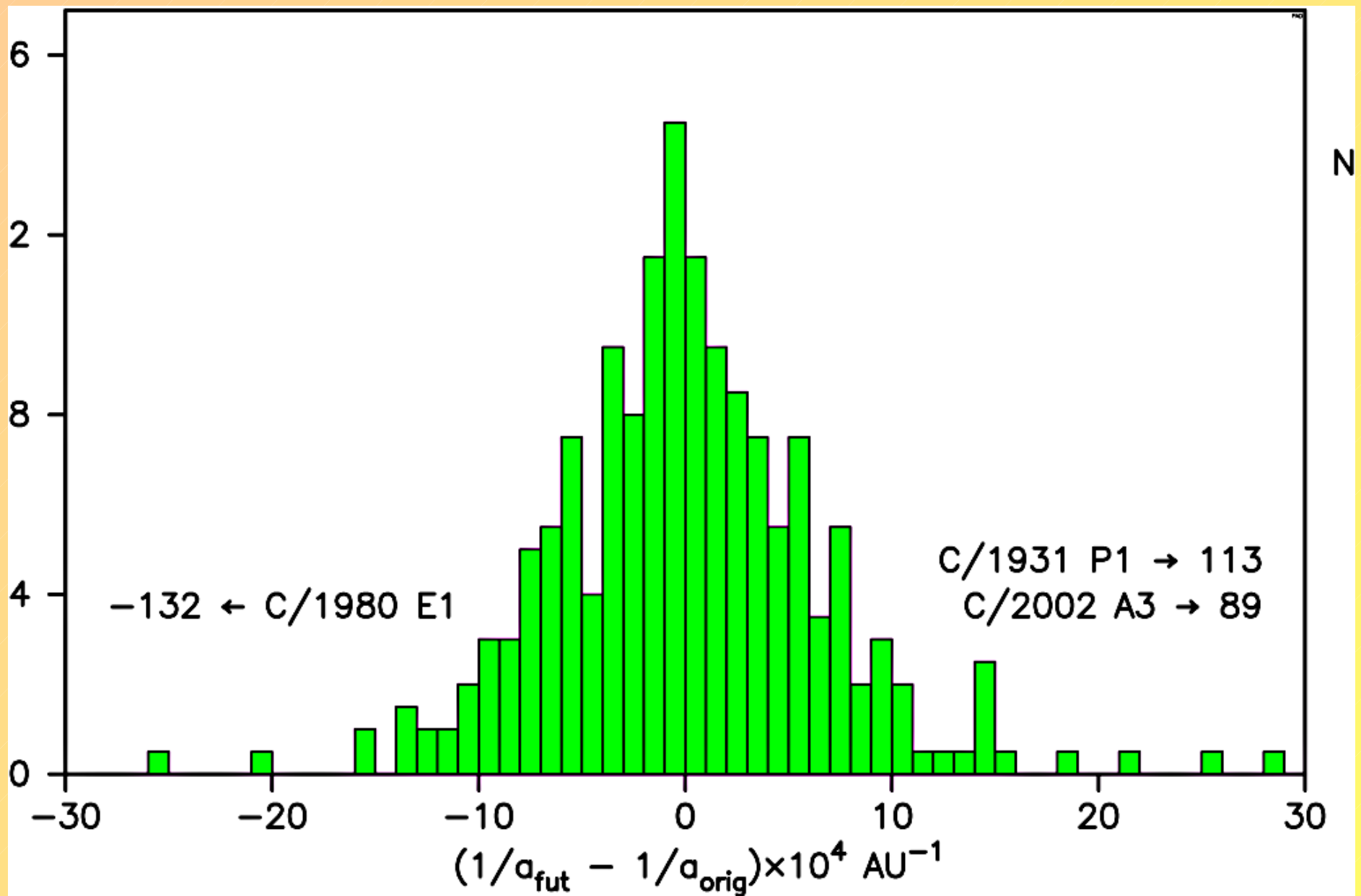
COMETARY INFLUX DENSITY IN TIME



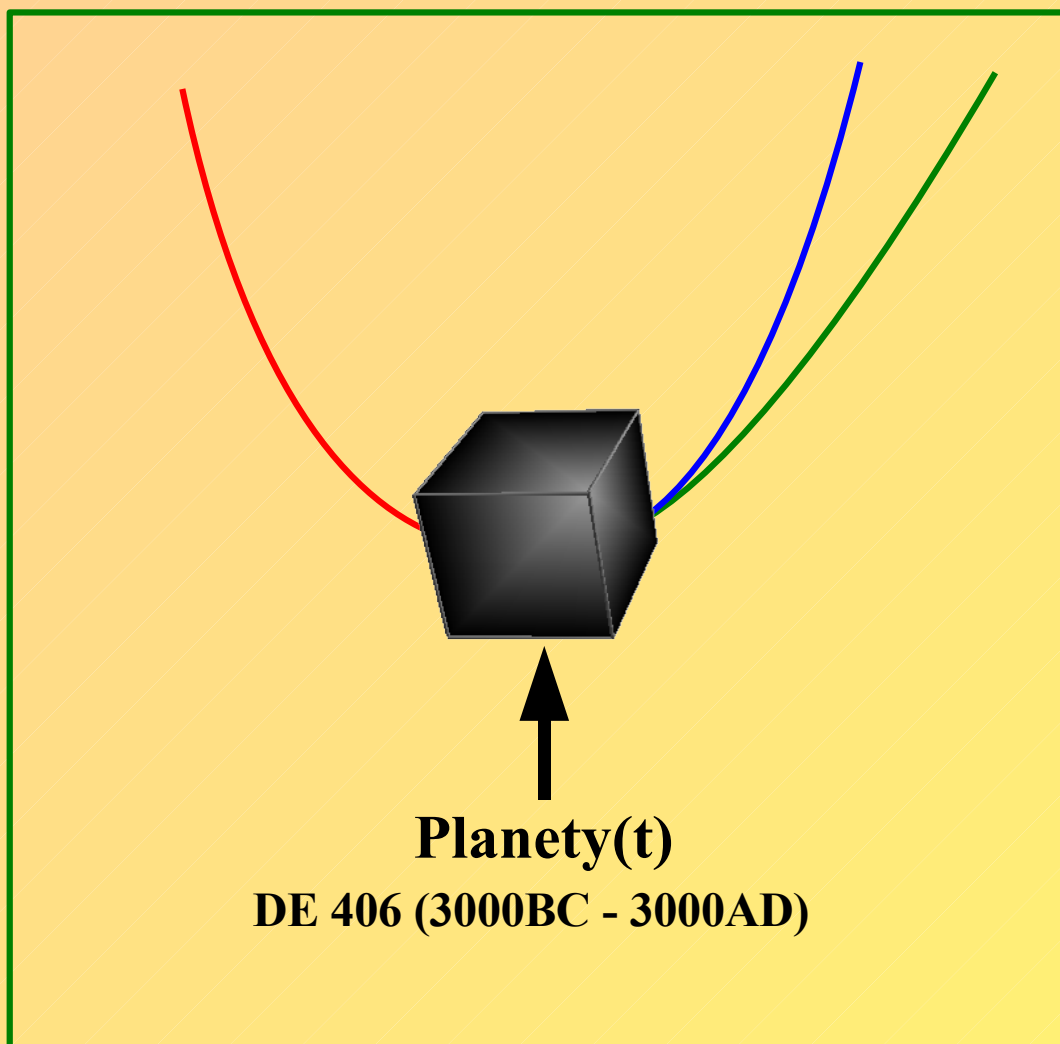
Trudność: trzeba uwzględnić perturbacje planetarne

- **Komety o mniejszych pólasiach mają mały okres orbitalny i wielki okres ewolucji orbity.**
- **W czasie jednego minimum odległości peryhelium pojawiają się kilka - kilkadziesiąt razy pomiędzy planetami.**
- **Uwzględnianie planet wprost nie wchodzi w grę.**
- **Ratunek : współczynnik nieprzezroczystości Układu Słonecznego.**

Zmiana $1/a$ dla 306 komet



Szacowanie nieprzezroczystości Układu Słonecznego



306 – obserwowanych
110160 – klonowanych
187632 – symulowanych

Współczynnik *P* nieprzezroczystości Układu Słonecznego

<i>źródło szacowania</i>	<i>$a < 10000 \text{ AU}$</i>	<i>$a > 10000 \text{ AU}$</i>
komety obserwowane	0.23	0.64
komety klonowane	0.24	0.48
komety symulowane	-	0.49

Filtr dynamiczny

(na podstawie: Breiter, Dybczyński, Elipe, 1996, A&A 315, 618)

$$\alpha = (1 - e^2) \cos^2 i$$

$$\beta = 1 - \alpha - \sin^2 i (1 - e^2 + 5e^2 \sin^2 \omega)$$

$$\kappa = (4 - 5\alpha + \beta)^2 + 20\alpha\beta$$

$$e_{\max} = \frac{1}{8} \sqrt{4 - 5\alpha - \beta + \sqrt{\kappa}},$$

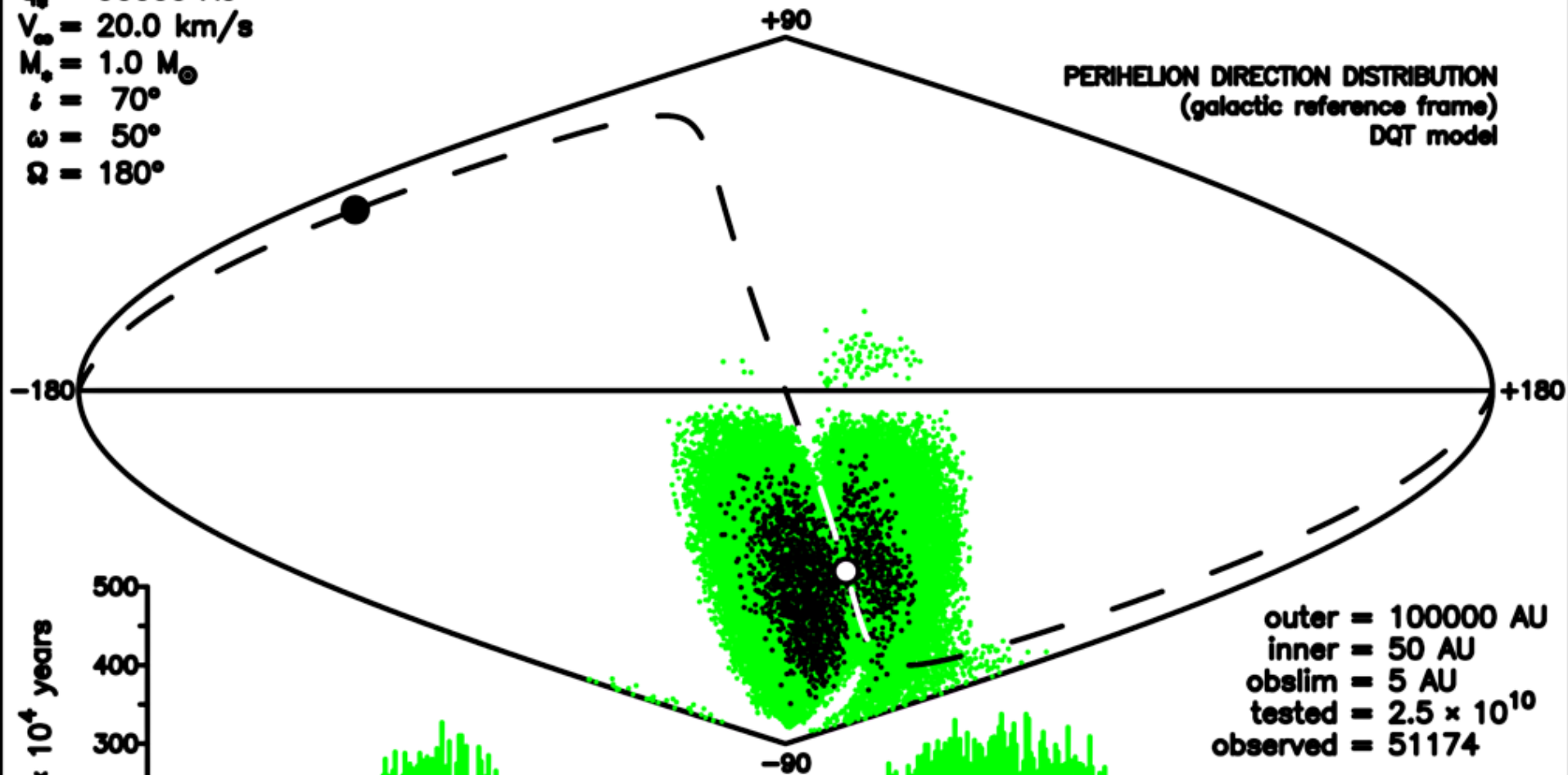
$$r_{\min} = \frac{p}{(1 - e^2)} (1 - e_{\max})$$

Schemat symulacji Monte Carlo

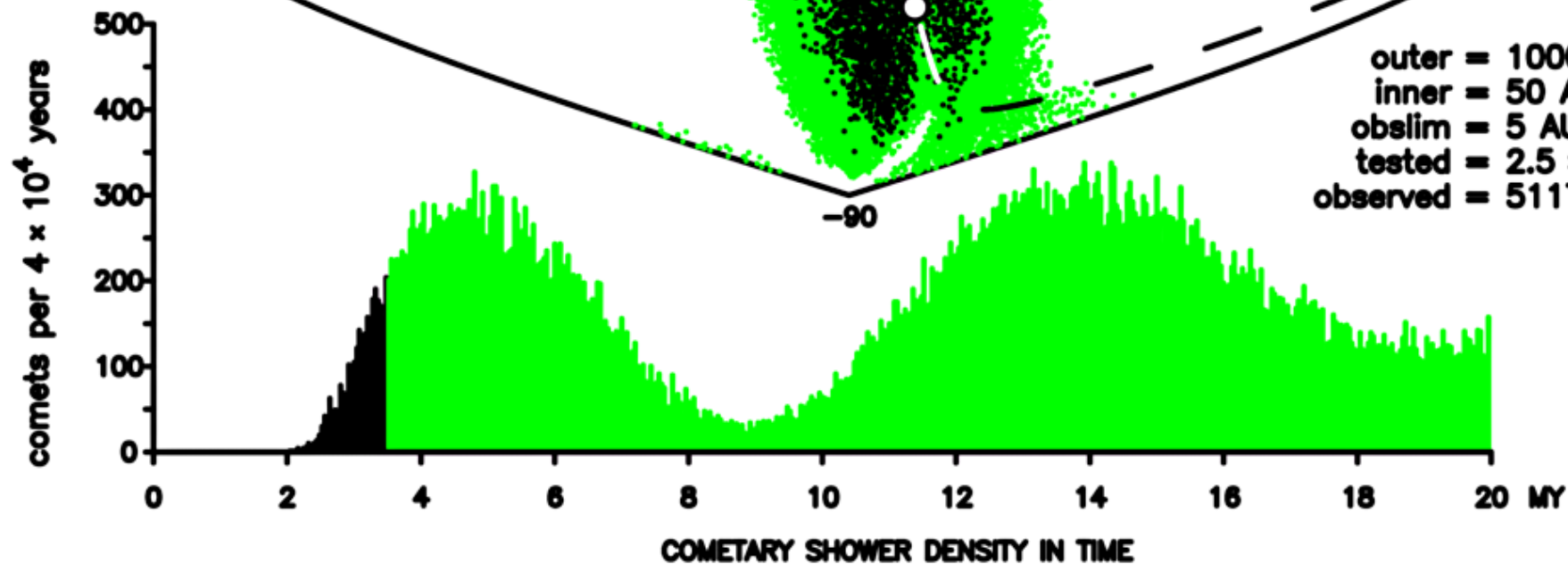
1. Wybierz parametry przejścia gwiazdy: $M_{\star}$, V_{∞} , $q_{\star}$, $\Omega_{\star}$, $\omega_{\star}$, $i_{\star}$ w heliocentrycznym układzie Galaktycznym.
2. Wylosuj kometę (a , e , $\cos i$, Ω , ω) z wybranego modelu (DQT lub DLDW) w układzie płaszczyzny niezmienniczej Układu Słonecznego.
3. Jeśli $r_{\min} < 15 \text{ AU}$ - odrzuć.
4. Wylosuj anomalię średnią M komety z rozkładu jednostajnego i wylicz jej położenie i prędkość.
5. Wylicz efekty oddziaływania gwiazdy.
6. Jeśli $r_{\min} > 15 \text{ AU}$ - odrzuć.
7. Całkuj numerycznie przez 20 mln lat rejestrując każde przejście przez peryhelium poniżej 15 AU.
8. "Następna proszę" (powtarzaj od kroku 2).

$q_s = 90000 \text{ AU}$
 $V_s = 20.0 \text{ km/s}$
 $M_s = 1.0 M_\odot$
 $i = 70^\circ$
 $\omega = 50^\circ$
 $\Omega = 180^\circ$

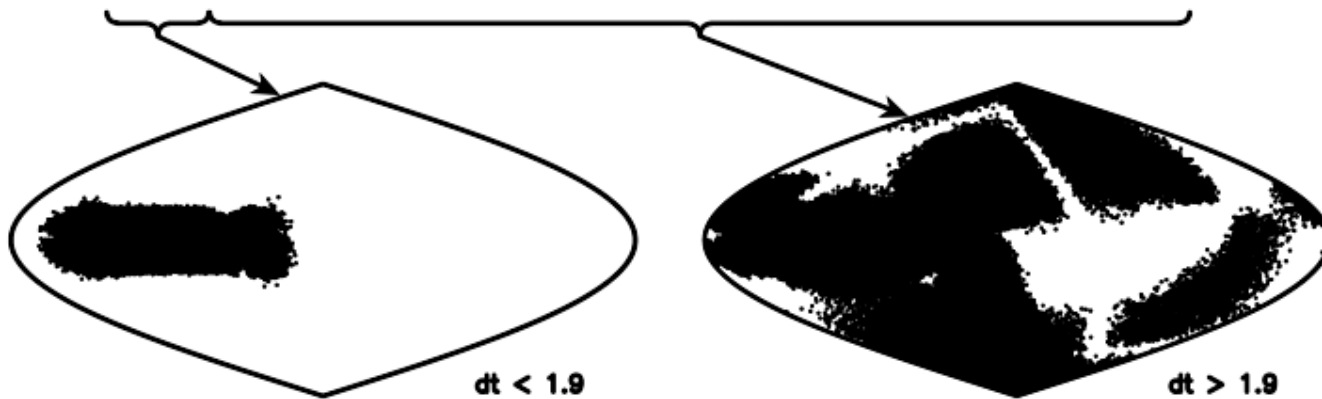
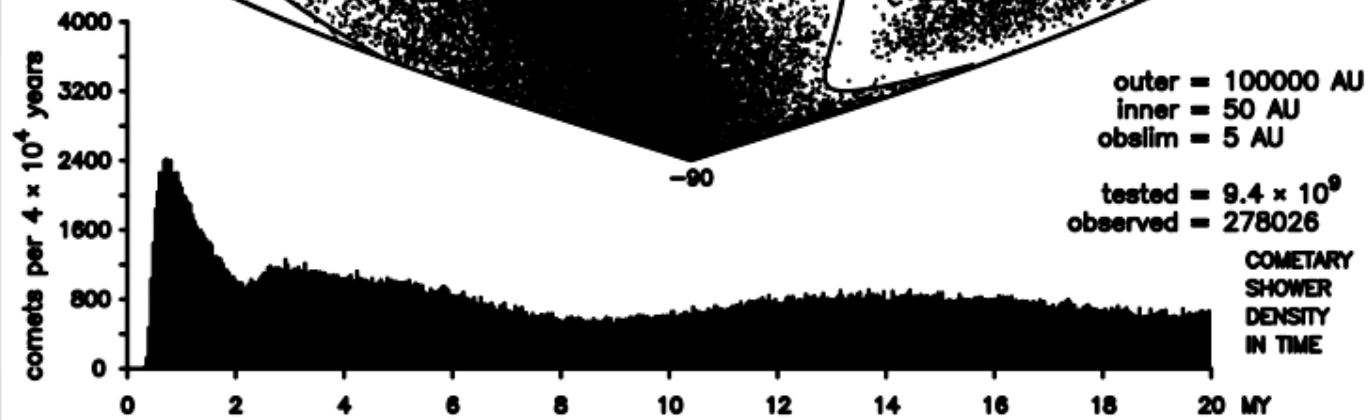
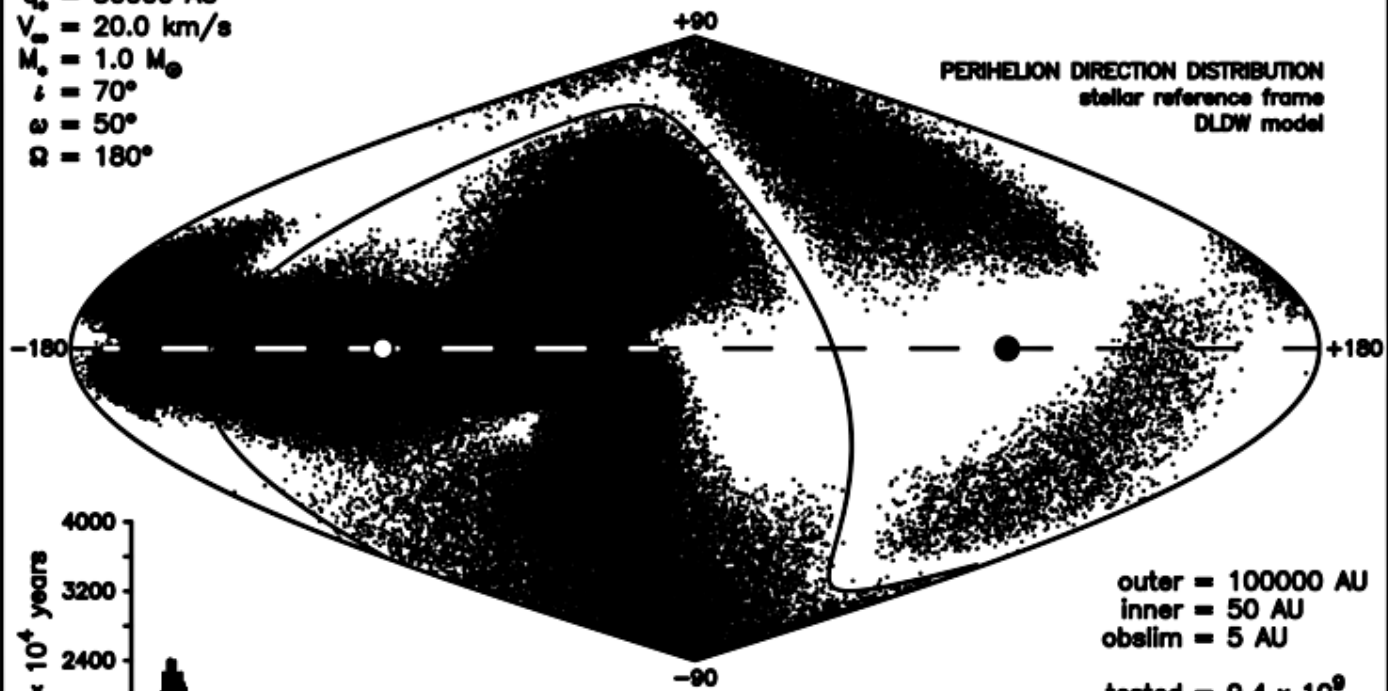
PERIHELION DIRECTION DISTRIBUTION
(galactic reference frame)
DQT model



outer = 100000 AU
inner = 50 AU
obslim = 5 AU
tested = 2.5×10^{10}
observed = 51174



$q_0 = 30000 \text{ AU}$
 $V_0 = 20.0 \text{ km/s}$
 $M_0 = 1.0 M_\odot$
 $i = 70^\circ$
 $\omega = 50^\circ$
 $\Omega = 180^\circ$



Perturbacje od rzeczywistych gwiazd

Potrzebna baza danych
o gwiazdach ze znanymi:

α , δ , μ , π oraz v_r .

Gwiazdy zbliżające się do Słońca - grupa 'high precision'

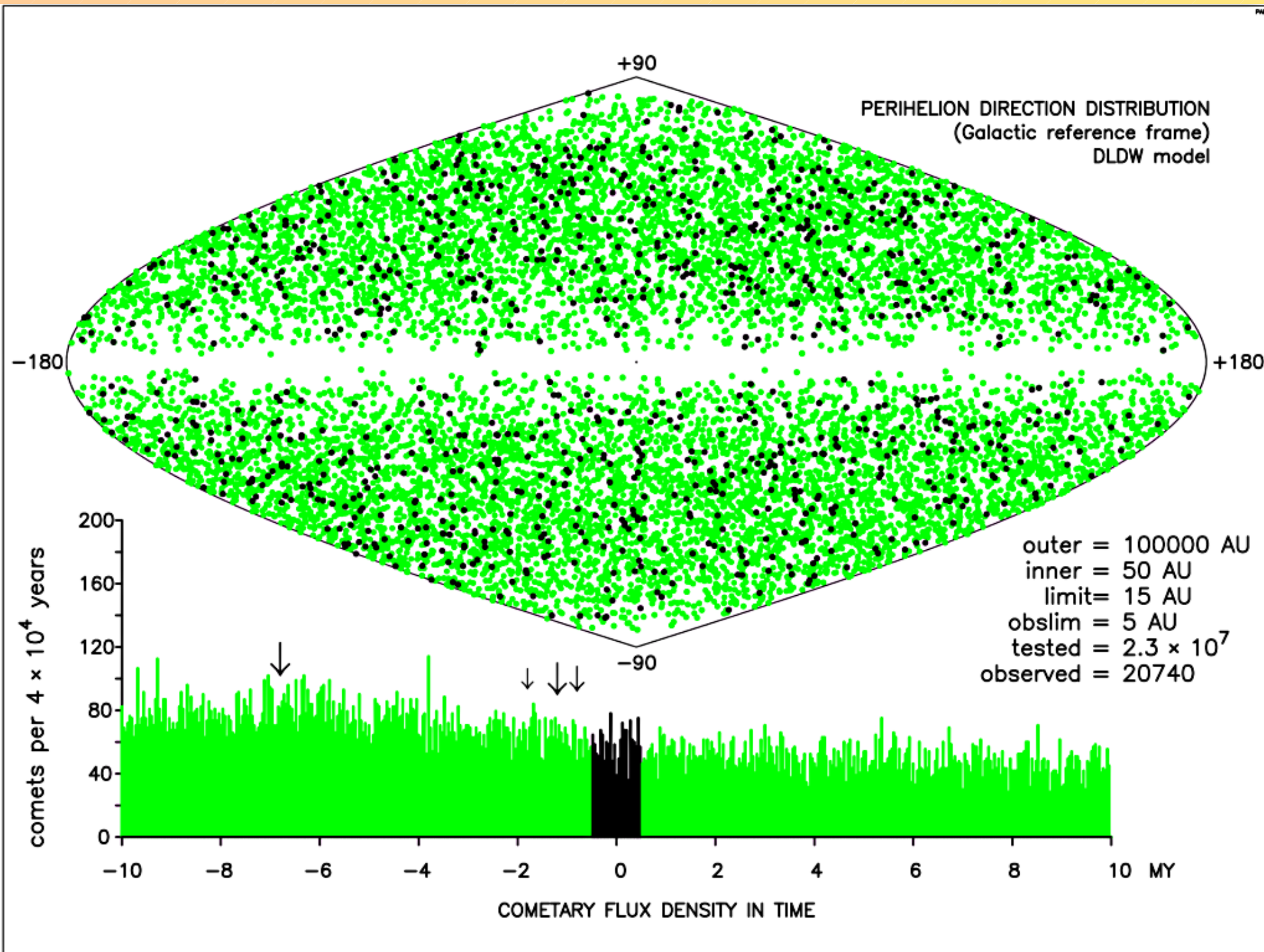
HIP	Name	D_{min}	ΔD_{min}	T_{min}	ΔT_{min}	π	V_r	ΔV_r^a	Flag ^b
89825	GJ 710	0.209	0.136	+1361.30	58.38	0.052	-13.9	0.2 S	C
14754	GJ 127.1A	0.803	0.053	-149.13	0.67	0.099	+65.9	0.1 M	A
57544	GJ445	1.071	0.014	+45.35	0.12	0.186	-111.7	0.1 A	B
87937	Barnard's Star	1.146	0.007	+9.73	0.20	0.548	-110.8	1.0 H	B
27288	GJ 217.1	1.316	0.141	-822.51	107.61	0.046	+25.6	1.2 G	C
54035	GJ 411	1.444	0.005	+20.02	0.07	0.392	-84.7	0.1 N	B
26335	GJ 208	1.587	0.052	-495.18	6.57	0.088	+22.0	0.1 N	B
26624	HD 37594	1.725	0.574	-1801.42	309.02	0.024	+22.4	1.3 S	B
30344	HD 44821	1.852	0.457	-1987.48	79.35	0.034	+14.4	0.2 N	A
57548	GJ 447	1.901	0.019	+70.93	1.19	0.300	-31.1	0.2 A	B
92403	GJ 729	1.988	0.012	+153.02	2.99	0.336	-10.5	0.1 A	B
30067	HD 43947	1.998	0.192	-660.70	5.14	0.036	+40.5	0.1 A	B

Gwiazdy zbliżające się do Słońca - grupa 'lower precision'

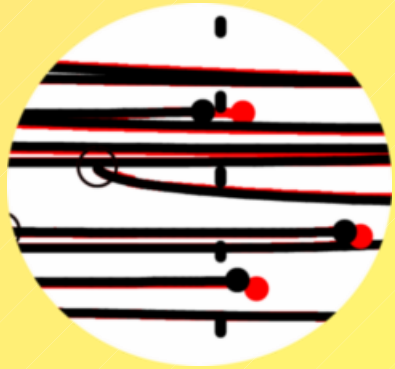
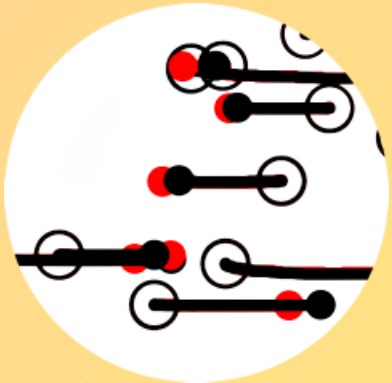
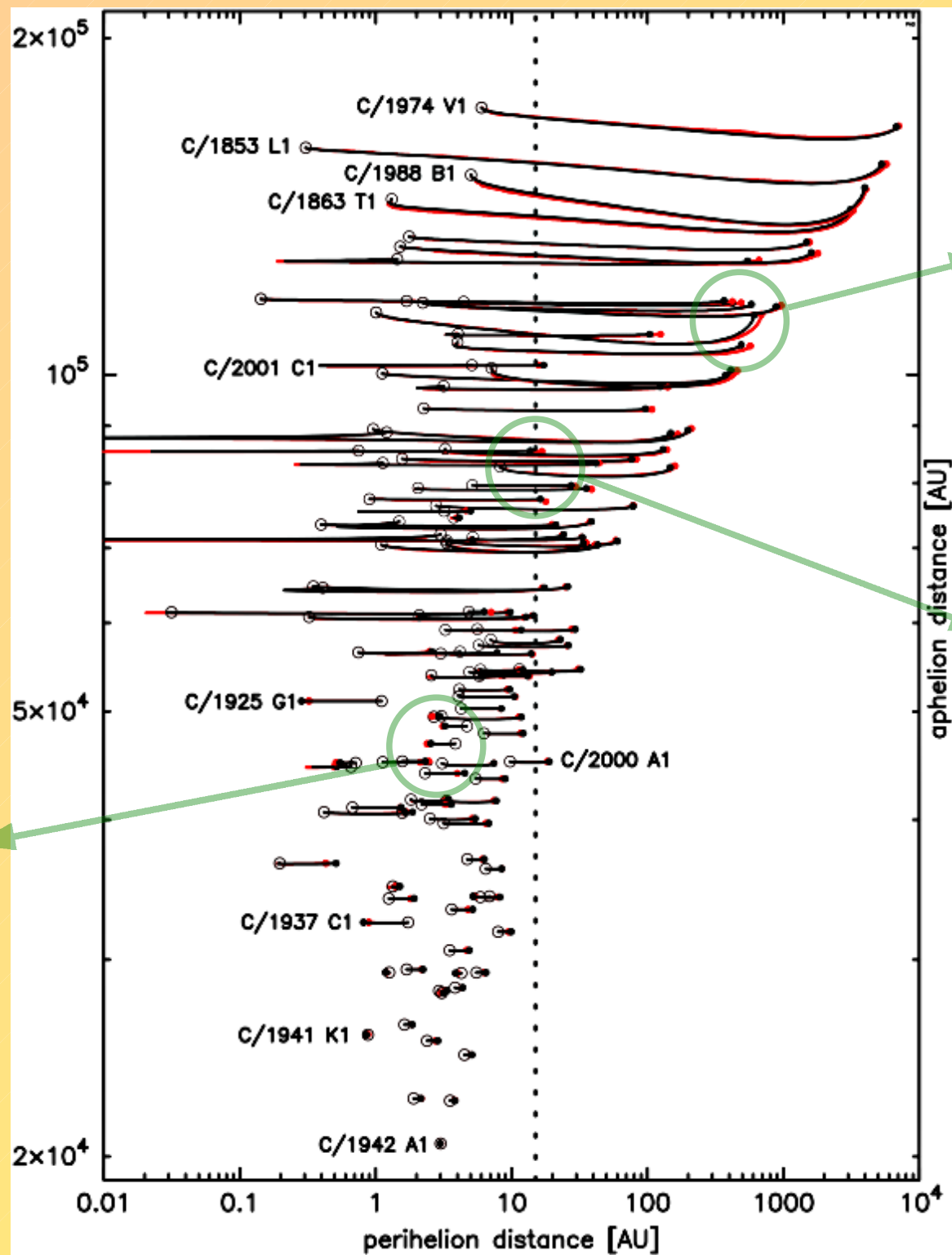
[illegible]

Lista 21 gwiazd zaburzających ostatnio lub obecnie ruch komet w obłoku Oorta.

HIP	Name	M_*	HIP	Name	M_*	HIP	Name	M_*
14576	Algol	5.8	12351	GJ 1049	0.7	16537	ε Eridani	0.85
30344	HD44821	0.92	13769	GJ 120.1C	0.1	24186	Kapteyn's Star	0.281
26624	HD 37594	1.5	26335	GJ 208	0.7	54035	GJ 411	0.464
93506	HD 176687	5.63	13772	GJ 120.1	1.0	70890	Proxima	0.107
27288	GJ 217.1	2.0	27887	GJ 2046	0.75	71681	α Centauri B	0.916
26373	HD 37572	0.76	22738	GJ 2036	0.5	71683	α Centauri A	0.925
30067	HD 43947	0.94	14754	GJ 127.1A	0.61	32349	Sirius	2.5



**Ewolucja
orbit 108
komet jeden
obieg wstecz
pod wpływem
21 gwiazd
i Galaktyki.**



Poprzednie periherlia „tych” 19 komet

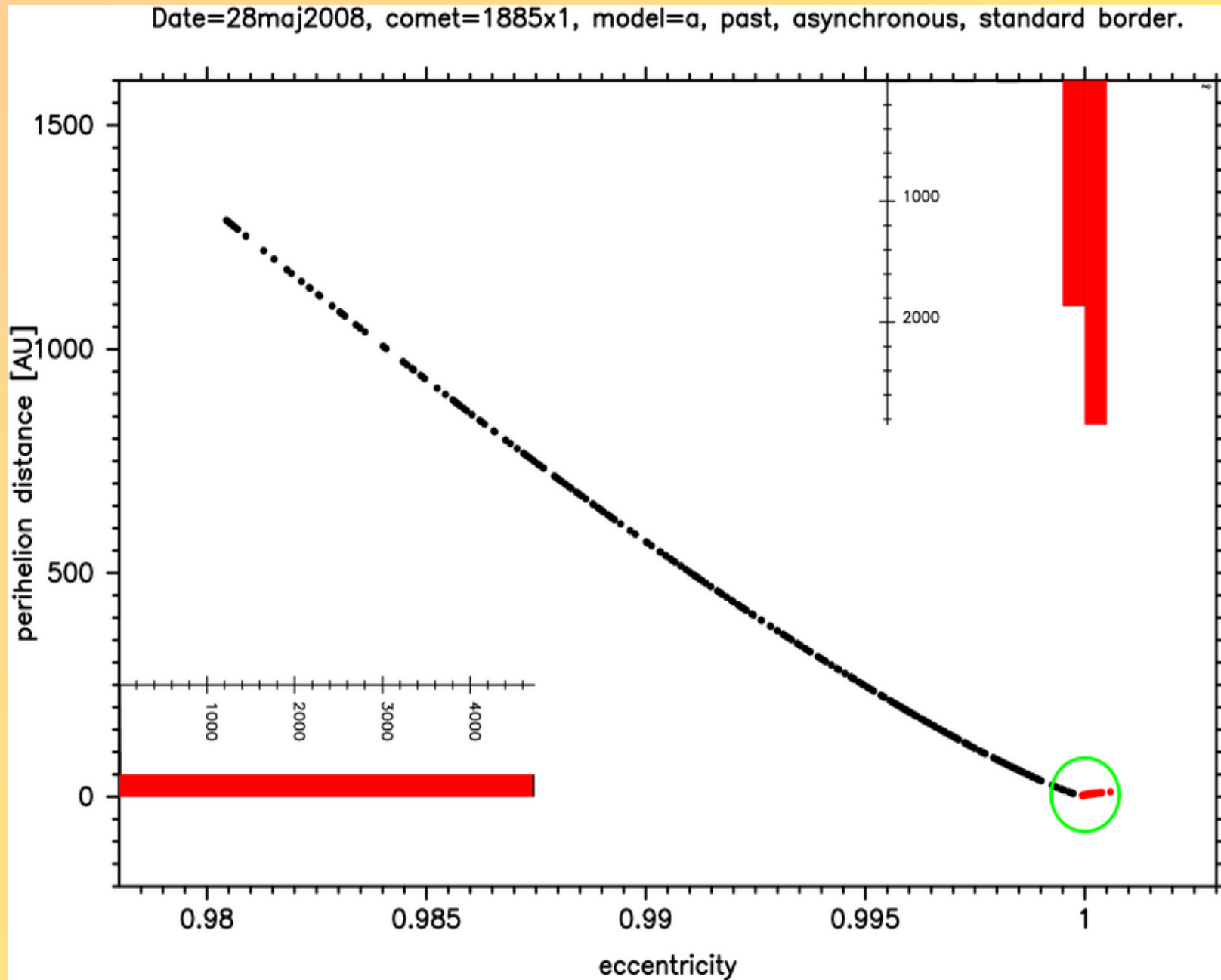
C/1853 L1	1B	+0.000013	●	5741.
C/1863 T1	2A	+0.000014		3239.
C/1882 R1-B	2B	+0.012265	●	0.00
C/1885 X1		-0.000423	●	
C/1885 X2	1B	+0.000331	●	0.476
C/1886 T1	1B	+0.000045	●	0.499
C/1888 R1	1A	+0.000048		3.281
C/1890 F1	1B	+0.000089	●	2.162
C/1896 V1	1B	+0.000005		112.100
C/1898 L1	1A	+0.000068	●	2.189
C/1902 R1	1B	+0.000027		19.940
C/1904 H1	1A	+0.000227	●	2.716
C/1906 B1	2B	+0.000630	●	1.296
C/1907 E1	1B	+0.000025		38.940
C/1910 A1	2A	+0.000134		0.126
C/1913 Y1	1A	+0.000028		41.070
C/1922 U1	1A	+0.000021		107.8
C/1925 G1	1A	+0.000039	●	0.324
C/1925 W1	1B	+0.000024	●	82.59
C/1932 M2	1A	+0.000045		3.984
C/1935 Q1	1A	+0.000018	●	124.8
C/1908 R1	1B	+0.000174	●	0.945

Poprzednie perihelia „tych” 19 komet

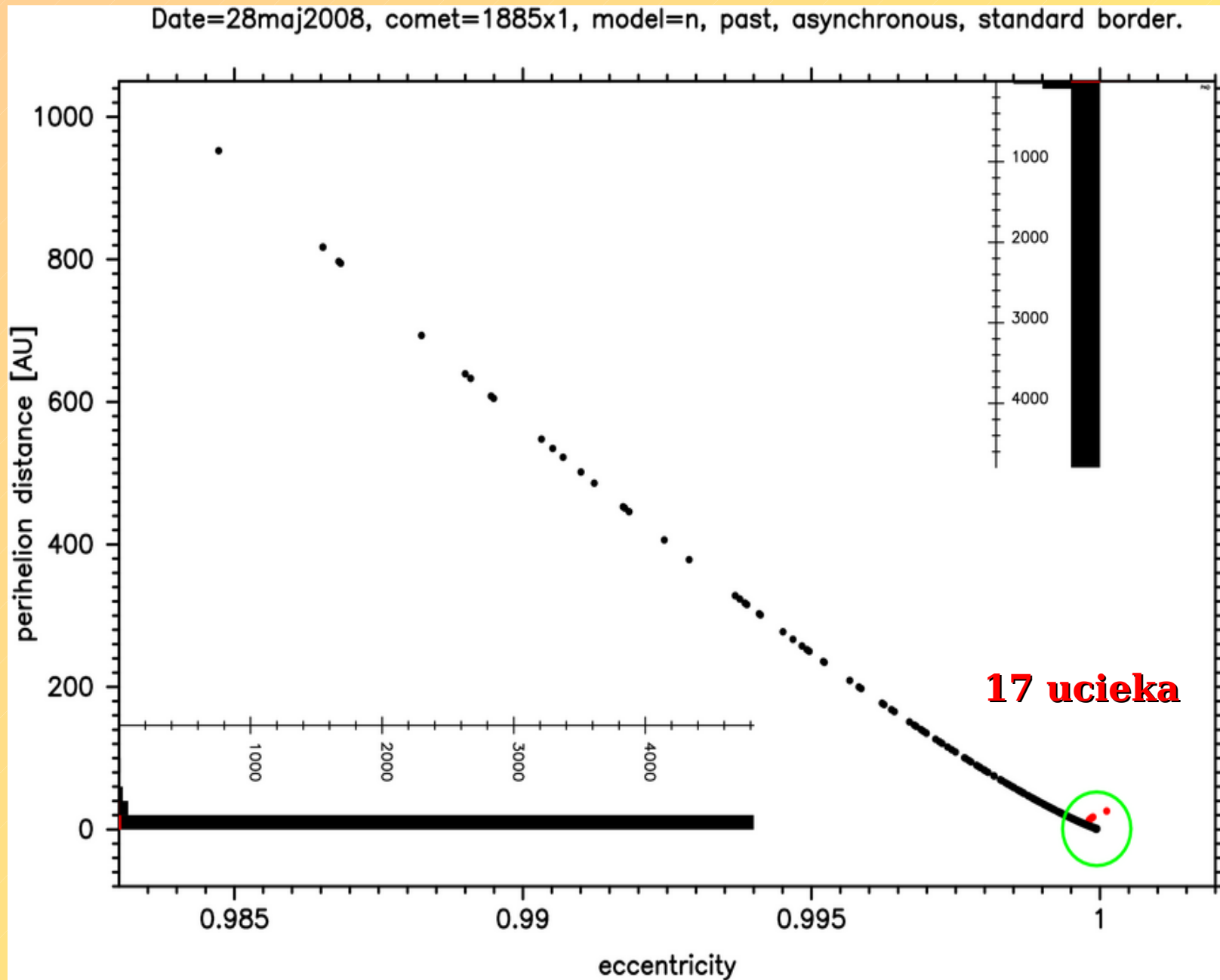
C/1853 L1	1B	+0.000013	●	5741.
C/1863 T1	2A	+0.000014		3239.
C/1882 R1-B	2B	+0.012265	●	0.00
C/1885 X1		-0.000423	●	
C/1885 X2	1B	+0.000331	●	0.476
C/1886 T1	1B	+0.000045	●	0.499
C/1888 R1	1A	+0.000048		3.281
C/1890 F1	1B	+0.000089	●	2.162
C/1896 V1	1B	+0.000005		112.100
C/1898 L1	1A	+0.000068	●	2.189
C/1902 R1	1B	+0.000027		19.940
C/1904 H1	1A	+0.000227	●	2.716
C/1906 B1	2B	+0.000630	●	1.296
C/1907 E1	1B	+0.000025		38.940
C/1910 A1	2A	+0.000134		0.126
C/1913 Y1	1A	+0.000028		41.070
C/1922 U1	1A	+0.000021		107.8
C/1925 G1	1A	+0.000039	●	0.324
C/1925 W1	1B	+0.000024	●	82.59
C/1932 M2	1A	+0.000045		3.984
C/1935 Q1	1A	+0.000018	●	124.8
C/1908 R1	1B	+0.000174	●	0.945

?

Rozkład 5000 klonów dla C/1885 X1, bez NGF.



Rozkład 5000 klonów dla C/1885 X1, z NGF.



Jan Oort oparł swoją hipotezę istnienia obłoku kometarnego na analizie orbit pierwotnych 19 komet.

Prawdopodobnie tylko 8 z nich faktycznie przywędrowało stamtąd.