

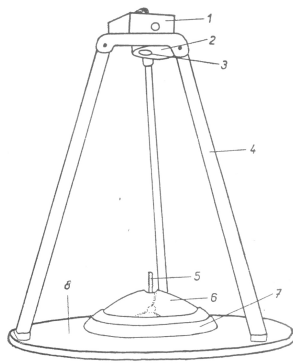
OLSZTYŃSKIE PLANETARIUM I OBSERWATORIUM ASTRONOMICZNE
POLSKIE TOWARZYSTWO METEORYTOWE
II SEMINARIUM METEORYTOWE
24-26.04.2003 OLSZTYN

Hieronim HURNIK¹

BOLIDY Z METEORYTAMI

Problem ciał macierzystych meteoroidów został w dużym stopniu wyjaśniony dzięki obserwacjom bolidów z kilku stacji i znalezionym dzięki temu meteoroidom. Jest to równocześnie droga szukania orientacji w zagadnieniu spotkania Ziemi z ciałami krążącymi blisko niej. Obserwacje meteoroidów z dwóch co najmniej punktów na Ziemi pozwalają obliczyć trajektorię meteoroidu, jego radiant i orbitę meteoroidu oraz ewentualnie miejsce spadku meteoroidu. Tak powstała w latach pięćdziesiątych ubiegłego wieku idea sieci bolidowych.

Pierwsza zaczęła powstawać sieć europejska. Jej rozwój był stopniowy. W roku 1951 uruchomiono w Obserwatorium Akademii Nauk Ondrzejów koło Pragi 2 kamery własnej konstrukcji tzw. Allskycamera. Nad wypukłym zwierciadłem umieszczono na trójnogu małoobrazkową kamerę Leitz $f = 50$ mm z wirującym sektorem.



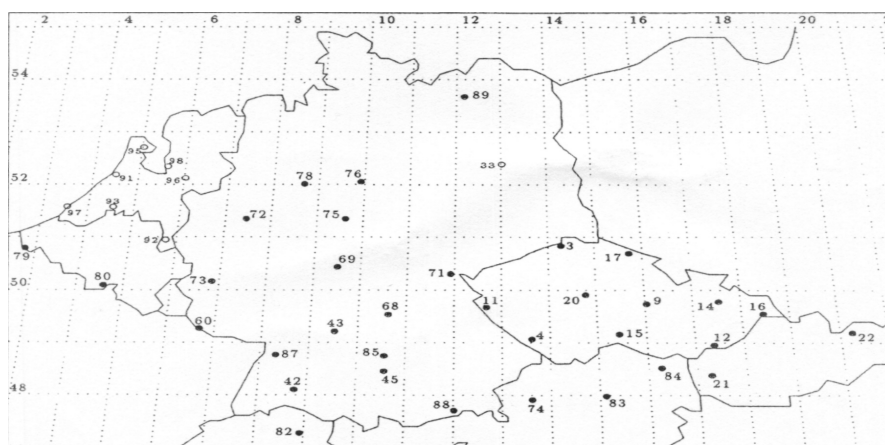
Rys. 1. Kamera Allskycamera i jej szkic konstrukcyjny.

W roku 1959 sfotografowano bolid i znaleziono meteoroid Pribram. W 1963 r. można już było mówić o sieci czechosłowackiej, a w 1968 r. dołączyły stacje w Bawarii i Wirtembergii. Na terenie Niemiec stacje uruchamiała amatorska Vereinigung der Sternfreunde – Fachgruppe Meteore. W 1988 r. dołączyły dalsze stacje i obecnie pracuje systematycznie 12

stacji w Czechach i Słowacji oraz 22 stacje na terenie Niemiec, Austrii, Szwajcarii i Belgii.

W 2000 r. zaobserwowano bolid i znaleziono meteoroid Moravka (Czechy) i w r. 2002 bolid i meteoroid Neuschwanstein (Niemcy). Ten ostatni okazał się bliźniaczy do meteoroidu Pribram, bo orbity meteoroidów są prawie identyczne. Uzupełnieniem sieci europejskiej jest sieć holenderska (zaznaczona na mapie, Rys. 2), składająca się z 7 stacji automatycznych wyposażonych w kamery Canon FD $f/2,8 - 15$ mm względnie Canon FD $f/5,6 - 7$ mm. Wszystkie kamery są z soczewkami „rybie oko”. Powstają baterie kilkukamerowe.

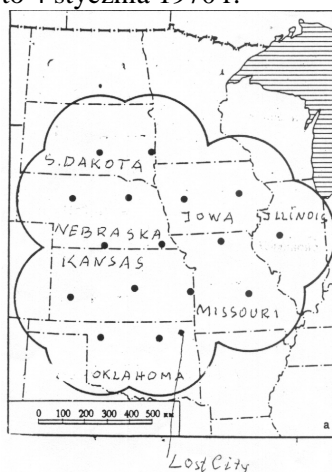
¹Obserwatorium Astronomiczne UAM, ul. Słoneczna 36, 60-286 Poznań .
e-mail: hurnik@vesta.astro.amu.edu.pl



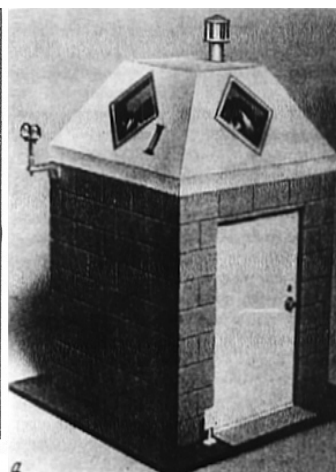
Rys. 2. Mapa sieci europejskiej.

W latach 1963 – 1975 pracowała w USA tzw. sieć preriowa zorganizowana i kierowana przez Obserwatorium Astrofizyczne Instytutu Smithsoniana. Lokalizacje 16 stacji tej sieci na terenie 6 stanów pokazuje mapka (Rys. 3). Na każdej stacji zbudowano domek obserwacyjny z 4 kamerami. Były to kamery Superschmidt w dużym stopniu zautomatyzowane. Automatyczne było otwieranie kamer, przesuw filmu itd.

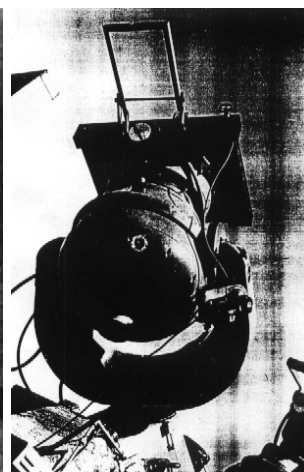
Sieć ta zaobserwowała w ciągu 12 lat 285 bolidów od - 4 do - 20 wielkości gwiazdowej. Obliczono, że w 31 przypadkach powinny spaść meteoryty. Znalaziono jednak tylko 1 meteoryt Lost City w 4 bryłach o łącznej wadze 17 kg. Było to 4 stycznia 1970 r.



Rys. 3. Mapa sieci preriowej.



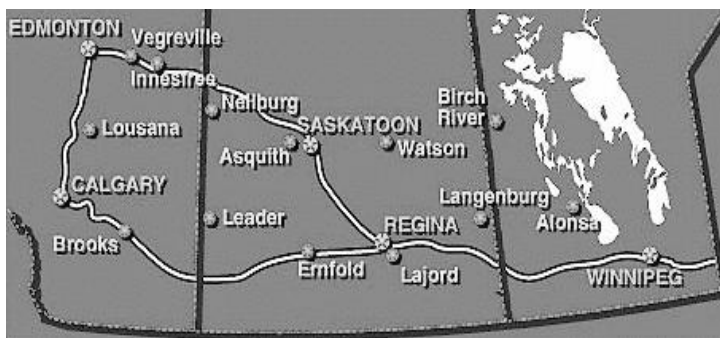
Rys. 4. Domek obserwacyjny.



Rys. 5. Kamera Superschmidt.

Sieć kanadyjska (Meteorite Observation and Recovery Project).

Uruchomiona została przez obserwatorium astronomiczne Dominion Observatory i Departament Energii, Górnictwa i Kopalni. Plan zaczęto tworzyć w 1960 r., a pierwsze stacje powstały w 1968 r. Ostatecznie pracowało 12 stacji.



Rys. 6. Mapa sieci kanadyjskiej.



Rys. 7. Kanadyjski domek obserwacyjny.

Na każdej stacji postawiono domek obserwacyjny z 5 kamerami i detektorem meteorów. Kamery zamówiono w USA z obiektywami Super Kamura $f = 50$ mm. Detektor składa się z fotomnożnika i 2 stożków z przesłonami i filtrami. Na każdym zdjęciu rejestrowany był automatycznie moment początku i końca ekspozycji, zegar i znaki dla określenia dystorsji optyki.

6 lutego 1977 r. sfotografowano bolid. Zdjęcia wykonane na stacjach Vegreville i Lousana wymierzono w centrali i obliczono w Ottawie. 17 lutego rozpoczęto poszukiwania przy pomocy skuterów śnieżnych. Znalezione 6 bryłek meteorytu o łącznej wadze 3,79 kg. Jest to meteoryt Innisfree.

Sieć MORP sfotografowała w ciągu 15 lat ponad 1000 bolidów (minimum 2 stacje). Opracowano przeszło 350 bolidów (trajektoria atmosferyczna i orbita). Wyselekcjonowano do publikacji 215 bolidów.



Rys. 8. Bolid Innisfree.

W 1989 r. Ian Halliday i inni opublikowali w *Meteoritics* opracowanie 44 bolidów, które powinny mieć meteoryty od 0,1 do 11 kg.

Średnie parametry orbitalne dla tej grupy wynosiły :

a 1,93 j.a.	q 0,946 j.a.	q' 3,0 j.a.
e 0,54	i 7,2°	

Współcześnie pracują sieci o charakterze amatorskim:

All-Sky Camera Network nauczycieli akademickich i studentów. Stosuje się kamery budowane analogicznie do czeskich i niemieckich.



Rys. 9. Kanadyjska kamera bolidowa.

Inna sieć to North American Fireball Camera Network grupująca 25 stacji o parametrach ϕ od 30° do 50° , λ od 53° do 122° W.

W ramach Kanadyjskiej Agencji Kosmicznej działa MIAC (Meteorite and Impacts Advisory Committee) doradczy Komitet Meteorytowy. Jest to grupa wolontariuszy geologów i astronomów zajmujących się meteorytyką.

Sieć brytyjska sekcji meteorowej Brytyjskiego Towarzystwa Astronomicznego (BAA) powstała w latach 1970 – 1975.

Było to 13 stacji. Wyposażenie stanowiły głównie kamery małoobrazkowe Zorka 4 z obiektywami $f = 50\text{mm}$, $f/2$ i nasadkami „rybie oko”. Sieć nie zanotowała znalezienia meteorytu. Praktyka pokazała, że warunki klimatyczne i terenowe Wielkiej Brytanii nie pozwalają spodziewać się meteorytów „bolidowych”. Sieć została więc zastąpiona przez Brytyjski Przegląd Bolidów (British Fireball Survey), który rejestruje 4 – 5 bolidów miesięcznie.

Główny wysiłek Sekcji Meteorowej BAA skierowano na obserwacje i opracowanie rojów meteorytowych.

W Roku 1973 planowano uruchomienie sieci radzieckiej (Komitet Meteorytyki i Uniwersytet w Odessie). 25 stacji miało być zorganizowane na stacjach meteorologicznych od Mołdawii przez południową Ukrainę do północnego Kaukazu. Na każdej stacji miała być zespołowa kamera z 6 obiektywami Mir 3. O realizacji nic nie wiadomo, natomiast w Tadżykistanie pracują w obserwatorium Gissar kamery fotograficzne meteorowe i bolidowe.

Sieć hiszpańską organizują od roku 1997 trzy uniwersytety Jaume I, Valencia i Barcelona oraz Kataloński Instytut Kosmiczny. Dotychczas prowadzono prace teoretyczne, próbowano różne kamery fotograficzne i wideo. W najbliższej przyszłości zamierza się uruchamianie kamer typu All – sky.

Sieć japońska powstawała w latach 1977 – 80. Ośrodkiem sterującym jest Obserwatorium Kiso Uniwersytetu Tokijskiego. Pozostałe 18 stacji są amatorskie. Wyposażenie stacji nie jest jednakowe, ale dość bogate. Niektóre stacje mają poza

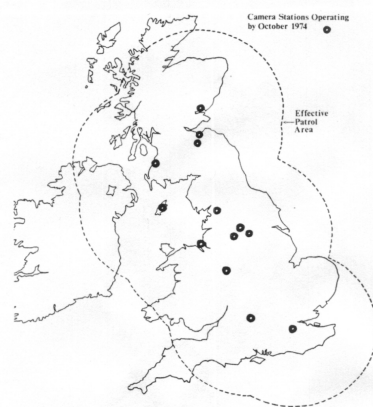
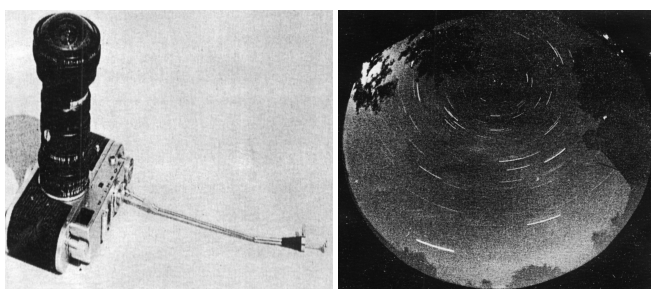
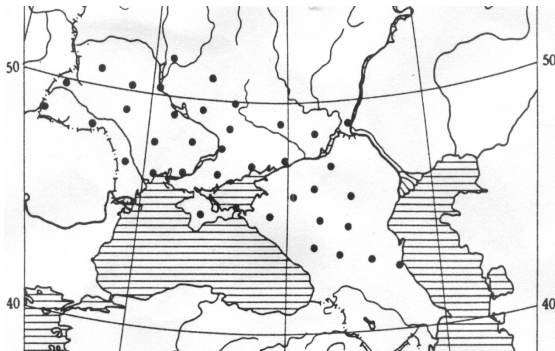


FIGURE 4. The state of the Meteor Section fireball camera network at the beginning of 1974 October. It is hoped to expand this basic network from its current coverage of 500,000 square kilometres to more than 1 million square kilometres over the next two years.

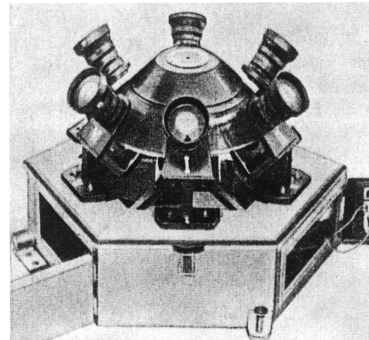
Rys. 10. Mapa sieci brytyjskiej



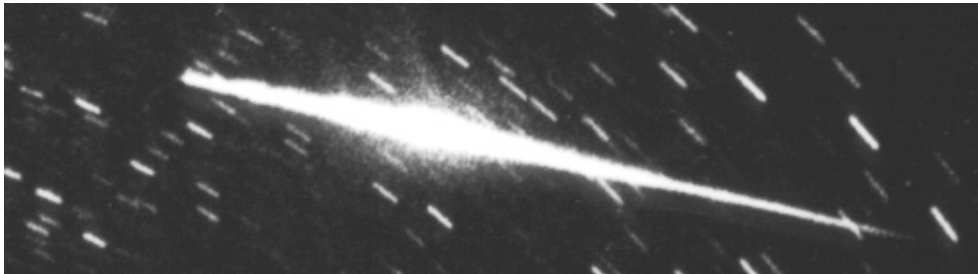
Rys. 11. Kamera Zorka 4 z nasadką i obraz nieba .



Rys. 12. Mapa projektowanej sieci radzieckiej.



Rys. 13. Zespołowa kamera z obiektywami Mir 3.



Rys. 14. Bolid Vall d'Alba (Uniwersytet Jaume I).

kamerami, głównie Canon T 70 $f = 15\text{mm}$ i soczewkami „rybie oko”, kamery wideo i TV. Obserwuje się przeciętnie do 20 bolidów rocznie.

A oto niektóre stacje:

Obserwatorium Kiso. Kamera Nikon F z obiektywem „rybie oko” Nikkor $f/2, 8$, $f = 8\text{ mm}$. Film Neopan 750 klatek, przesuwany jest silnikiem. Jedna klatka ekspozycyjna jest około 1 godziny. Praca automatyczna trwa około 1 miesiąc.

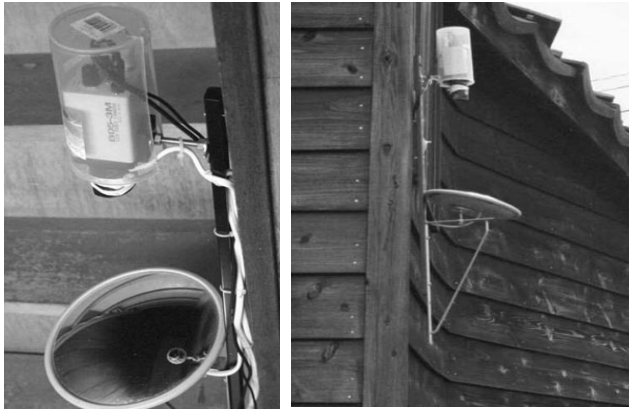
Stacja nr 7. M. Tomita ma system fotograficzny i TV. Na fotografii 16 pokazano system TV.

Stacja nr 8, A. Murasawa ma kamerę Canon T 70. Wirujący sektor daje 15 przerw na sekundę (Rysunek 17).

Sieć nie zanotowała spadku meteorytu, ale w warunkach kraju wyspiarskiego jest to mało prawdopodobne.



Rys. 15. Mapa sieci japońskiej.

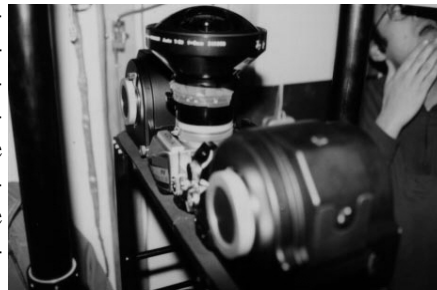


Rys. 16. Stacja nr 7.



Rys. 17. Kamera Canon T 70 z wirującym sektorem.

W Południowej Afryce, podobnie jak współcześnie w Wielkiej Brytanii nie ma sieci obserwacji bolidów, ale Sekcja Komet i Meteorów Południowoafrykańskiego Towarzystwa Astronomicznego propaguje obserwacje bolidów, zbiera dane obserwacyjne od różnych przygodnych obserwatorów i publikuje je w czasopiśmie Monthly Notices of Astronomical Society of South Africa (MNASSA). Do opisów obserwacji załączane są mapki nieba z naniesionymi sektorami przelotów bolidów.



Rys. 18. Kamera Nikon F Nasadką „rybie oko”.

W Australii działa na północ od Sydney niewielka sieć 6 stacji, ale brak bliższych danych. W ostatnich kilkunastu latach obserwacje bolidów zostały wzbogacone dzięki wykorzystaniu metod i systemów organizowanych dla innych celów. Na satelitach głównie wojskowych, ale też innych działają czujniki w zakresie wizualnym i podczerwonym. Rejestrują one jaśniejsze bolidy i dają dokładne momenty. Planuje się umieszczanie takich czujników głównie dla obserwacji bolidów na satelitach GPS. System GPS obejmuje w każdym momencie całą Ziemię, a więc zabezpieczy to rejestrację wszystkich bolidów.

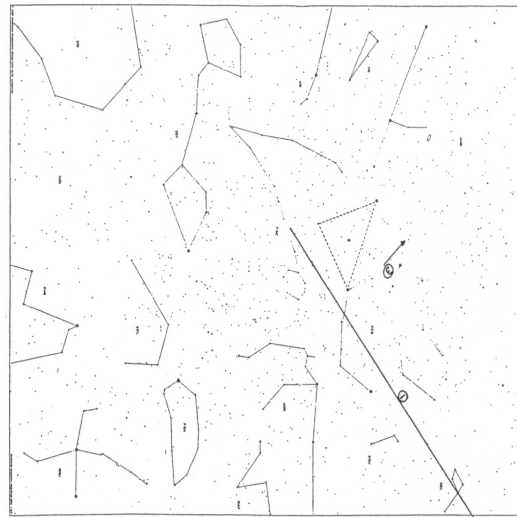


Figure 1. Path of fireballs reported as event 25 (path 1) and event 30 (plot 3).

Rys. 19. Mapa obserwowanych bolidów.

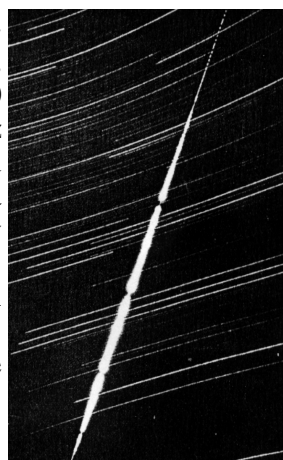
W kilku krajach czynne są sieci detektorów akustycznych. Prędkości wejścia meteoroidów do atmosfery, wyrażone w terminologii lotniczej, są rzędu 50 – 300 Mach. Konsekwencją są wybuchy dźwiękowe wzdłuż ścieżki cylindrycznej. W przypadku dużego meteoroidu średnica takiego cylindra jest około 10 m, a długość kilka km. Sieci detektorów pozwalają wyznaczyć parametry takich cylindrów i energię wybuchu.

Amatorskie kamery wideo nie tylko na stacjach bolidowych udokumentowały kilka bolidów.

W niektórych przypadkach silne wybuchy dźwiękowe zostały też zarejestrowane przez stacje sejsmiczne.

W ciągu prawie 50 lat znaleziono meteoryty o znanych parametrach lotu meteoroidu.

1. Pribram; Czechy; 1957 04 07; bolid - 19^m; masa początkowa meteoroidu; 21 500 kg prędkość wejścia do atmosfery 20,886 km/s; znaleziono 19 bryłek; razem 9,5 kg; chondryt H 5.
2. Lost City; USA; 1970 01 04; bolid - 11^m; masa początkowa meteoroidu - 490 kg; prędkość wejścia do atmosfery - 14,2 km/s; Znaleziono 4 bryły razem 17 kg; chondryt H 5.
3. Innisfree; Kanada; 1977 02 05; bolid ?; masa początkowa meteoroidu - 40 – 50 kg; prędkość wejścia do atmosfery -14,2 km/s; znaleziono 9 bryłek razem 4,6 kg; chondryt LL 6.
4. Sichte Alin; Rosja; 1947 02 14; bolid ?; masa początkowa ?; prędkość wejścia do atmosfery - 14,5 km/s; znaleziono kilka tysięcy brył i bryłek 23 000 kg; meteoryt żelazny.
5. Peekskill; USA; 1992 10 09 T U 23^h48^m; bolid o jasności Księżyca; 16 kamer wideo; masa początkowa meteoroidu - 2000 – 15000 kg; prędkość wejścia do atmosfery - 14,7 km/s; 1 bryła 12,4 kg uderzyła w zaparkowany samochód; chondryt H 6.
6. Tagish Lake; Kanada 2000 01 18 TU; 16^h43^m; bolid bardzo jasny; kamery fotograficzne; wideo, czujniki, satelitów, detektory akustyczne, sejsmografy; masa początkowa meteoroidu ?; prędkość wejścia do atmosfery - 15,8 km/s; znaleziono przeszło 500 bryłek; chondryt węglisty C 2.
7. Moravka; Czechy; 2000 05 06 TU 11^h52^m; bolid bardzo jasny kamery fotograficzne, wideo, czujniki



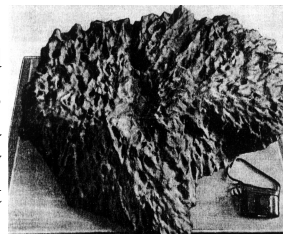
Rys. 20. Fotografia bolidu Lost City.



Rys. 21. Meteoryt Lost City 11,8 kg.



Rys. 22. Meteoryt Innisfree 2 kg.



Rys. 23. Największa bryła meteorytu Sichte Alin 1745 kg.

satelitów, detektory akustyczne; Masa początkowa meteoroidu - 1500 kg; Prędkość wejścia do atmosfery - 19,6 km/s; Znaleziono 3 bryłki - 634 g; chondryt H 5-6
8. Neuschwanstein; Niemcy; 2002 04 06; bolid jaśniejszy od Księżyca; kamery: fotograficzne i wideo; masa początkowa meteoroidu - 60 kg; prędkość wejścia do atmosfery - 20,9 km/s; 1 bryła 1751 g; chondryt; orbita prawie identyczna z orbitą bolidu Pribram. Prawdopodobnie obydwaj meteoroidy pochodzą z tej samej planety.



Rys. 24. Jedna z brył meteorytu Bruderheim.

Jest też kilka przypadków obserwacji bolidów i znalezienia meteoroidów z niepełnymi parametrami:

9. Simuna; Estonia; 1937 04 01; TU 19^h05^m; bolid z efektami akustycznymi; krater Simuna o średnicy 8,5 m i głębokości 1,9 m; meteoroidu nie znaleziono.

10. Edmonton (Abbe) Kanada 1952 06 02 ; TU 6^h05^m; bolid z wybuchami; obserwacje wizualne; meteoroid znalazł rolnik na świeżo obsianym; polu w otworze o średnicy 0,7 m i głębokości 1,9 m; masa początkowa meteoroidu ?; prędkość wejścia do atm. 14 km/s ± 15 %; 1 bryła 197 kg; chondryt E 4.

11. Omolon; Rosja; 1981 05 15 ; TU 17^h10^m; wizualne obserwacje bolidu; orbita w grupie Apollo; 1 bryła 250 kg; pallasyt.

12. Glanerbrug Holandia 1990 04 07 TU 18^h32^m; około 200 obserwatorów wizualnych; bryła; chondryt L-L; orbita prawdopodobnie planetkowa.

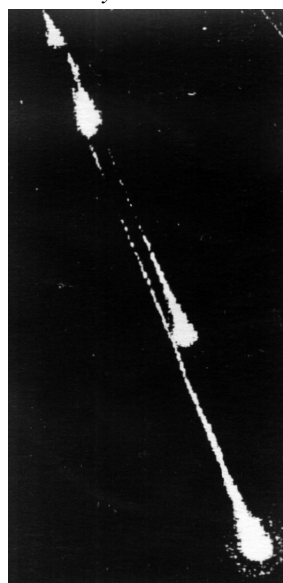
13. Sterlitamak; Baszkirja; Rosja; 1990 05 17; TU 17^h20^m; bolid obserwowany wizualnie, krater i wiele brył meteoroidu żelaznego; na brzegu krateru bryła 315 kg; orbita prawdopodobna: a = 1,75 – 2,00 j.a.; e = 0,43 – 0,50; v = 10 – 17 km/s.

14. Tsukuba; Japonia; 1996 01 07; bolid, meteoroid - 900 g.

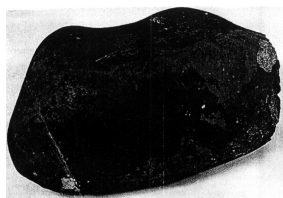
15. Galicja; Hiszpania; 1996 06 14; bardzo jasny bolid.

rejestrwany kamerami wideo; trajektoria lotu podobna do bolidu Peekskill; początkowa masa meteoroidu około 104 kg; prędkość wejścia do atmosfery około 15 km/s; meteoroidu nie znaleziono.

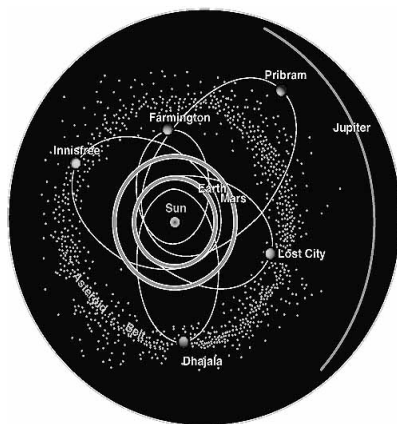
16. Bruderheim (Kanada); 1960 03 04; Jasny bolid i wybuch słyszany w promieniu 100 km; Znaleziono 700 bryłek od grama do 31 kg; Łącznie 303 kg; Chondryt L 6.



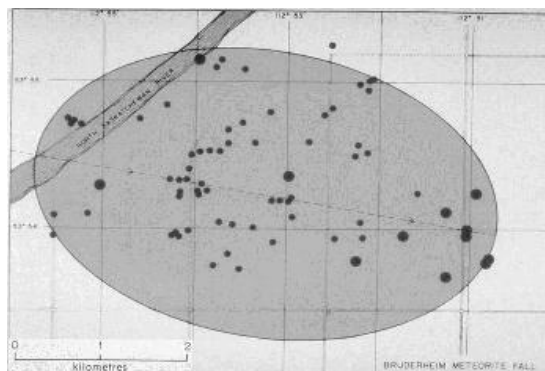
Rys. 25. Bolid Peekskill.



Rys. 26. Meteoroid Peekskill.



Rys. 27. Orbity bolidów z meteorytami.



Rys. 28. Elipsa rozrzutu znalezionych bryłek meteorytu Brunderheim.

LITERATURA

- McCROSKY R. E., et al. 1971: Lost City Meteorite – its Recovery and a Comparison with other Fireballs, SAO Special Report 336.
- HINDLEY K.B., 1975: The Sections Fireball Analysis and the Meteorite Recovery Programme, J. Brit. Astr. Ass. vol 85 (150 – 155).
- KRAMER E.N., 1976: Fotograficzne bolidne sieci, Meteoritika vol. 35.
- HALLIDAY I., et al. 1978: The Innisfree meteorite and the Canadian camera network, J. RAS Can. vol 72 (15 – 39).
- HALLIDAY I., et al. 1989: The typical meteorite event, based on photographic record 44 fireballs, Meteoritics vol 24 (65 – 72).
- GRIFFIN A. A., et al. 1992: The Fall of the Abee Meteorite and its Probable Orbit J. Roy. Astron. Soc. Can. vol. 86.
- SPURNY P., 1994: Recent fireballs photographed in central Europe, Planetary and Space Science vol 42 (157 – 162).
- HALLIDAY I., et al. 1996: Detailed data for 259 fireballs from the Canadian camera network and inferences concerning the influx of large meteoroids, Meteoritics and Planetary Science vol 31 (185 – 217).
- Th. GRAF et al. 1997: Exposure history of the Peekskill meteorite, Meteoritics vol 32 (25 – 30).
- OBERST J., et al. 1998: The European Fireball Network: Current Status and future Prospects, Meteoritics and Planetary Science vol 33 (49 – 56).
- COOPER T. P., 1999, 2000: Southern African Fireball Observations I, II, III; Mon. Not. ASSA vol 58 – 63.
- SPMN Spanish Photographic Meteor Network; [http:// www.spmn.uji.es](http://www.spmn.uji.es)
- R. A., Langheinrich Meteorites; [http:// nyrockman.com/peekskill](http://nyrockman.com/peekskill).
- Tagish Lake Meteorite/ Fireball Investigation; [http:// phobos.astro.uwo.ca](http://phobos.astro.uwo.ca)
- University of Calgary; Largest meteorite find in Canadian history; [http:// www.ucalgary.ca](http://www.ucalgary.ca)
- Japan Fireball Network; [http:// www2.cnet.ne.jp](http://www2.cnet.ne.jp)