

# ***Analiza fotometryczna planetoid w programie 'Canopus'***

Program *Canopus* został napisany przez Briana D. Warnera i jest on powszechnie używany do analizy obserwacji asteroid. W przeciwieństwie do większości programów do fotometrii *Canopus* nie ma problemu z analizą zdjęć, na których znajduje się poruszający obiekt. Posiada również wbudowane katalogi gwiazd i planetoid (MPOSC3, USNO, UCAC 2, UCAC 3, APASS), co znacznie ułatwia lokalizacje obiektów na wykonanych zdjęciach.

*Poniżej przedstawiony proces korzystania z programu Canopus powstał na podstawie przetłumaczonych przeze mnie fragmentów „The MPO Users Guide - A Companion Guide to the MPO Canopus/PhotoRed Reference Manuals”, oraz dodatkowo uzupełniony został moimi spostrzeżeniami przy korzystaniu z programu.*

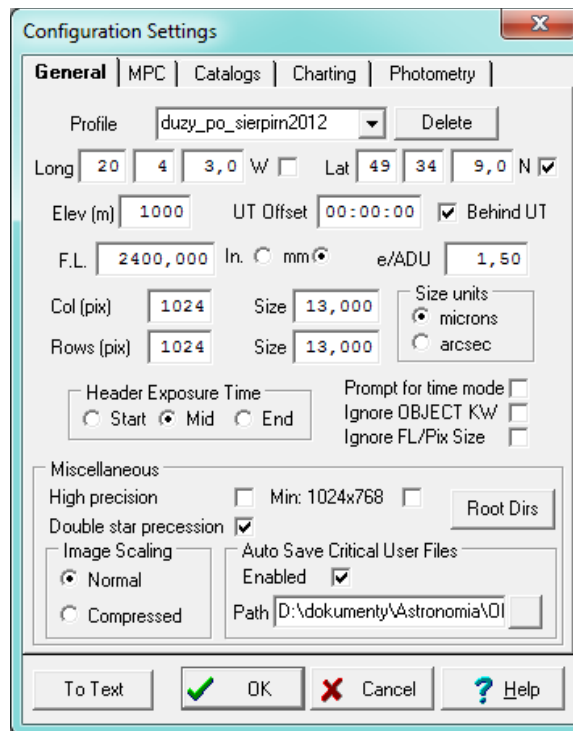
## **1. Konfiguracja programu**

Właściwe ustawienia w oknie konfiguracji są ważne dla łatwiejszej i dokładniejszej analizy fotometrycznej planetoid. W niektórych przypadkach oznacza to różnicę między dopasowaniem obrazu do zestawu gwiazd porównania.

Okno konfiguracji pozwala na zapisywanie wielu konfiguracji pod różnymi nazwami. Ustawienia są przechowywane w rejestrze systemu Windows. Po utworzeniu i zapisaniu możemy szybko przywołać ustawienia dla danego teleskopu (kamery) wybierając wcześniej zapisany profil.

Korzystając z przycisku *Configuration* zakreślonej na czerwono, lub używając kombinacji klawiszy *Shift+Ctrl+C*, albo wybierając z menu głównego "*Plik | Konfiguracja*" zostaje wywołane okno konfiguracji.





Okno konfiguracji ma kilka kart. Powyżej widzimy kartę *General*, w której należy wypełnić dane dotyczące położenia miejsca obserwacji: długość i szerokość geograficzną, wysokość nad poziom morza (widoczne dane powyżej dotyczą Obserwatorium Astronomicznego na Suhorze).

Należy wprowadzić wartość przesunięcia czasu UT. Ważne jest by pamiętać, że to nie jest różnica pomiędzy czasem UT i czasem systemowym komputera, lecz między czasem zapisanym w nagłówku naszego zdjęcia. W przypadku moich obserwacji wartość ta jest 0:00:00, czyli czas zapisany w nagłówku FITS jest czasem UT. Następny ważny parametr to ogniskowa. Należy pamiętać by dobrać właściwą jednostkę (mm lub cale).

Wartość  $e/ADU$ , jest współczynnikiem konwersji z elektronów (wytworzonych w materiale matrycy CCD przez padające fotony) na tzw. *zliczenia* (ADU) odczytywane przez elektronikę. Wartość ta jest podana przez producenta kamery. Powinna być to wartość dodatnia, jednak jeśli nie jest znana należy wpisać 2,3.

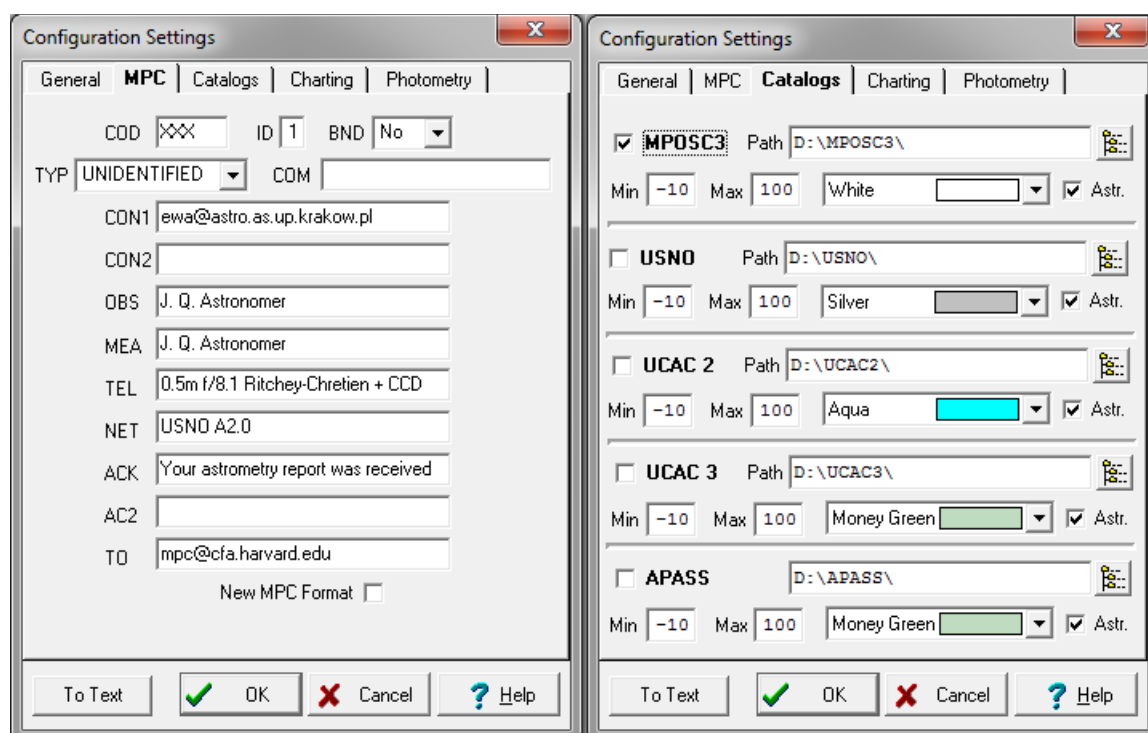
W okienkach *Col (pix)* i *Rows (pix)* wpisujemy liczbę kolumn i wierszy w obrazach. Program zwykle czyta tę informację z nagłówka FITS, ale dobrze jest by wprowadzić niezależnie w oknie konfiguracji prawidłowe wartości.

Następnie uzupełniamy rozmiary piksela używając właściwej jednostki: mikrometrów lub sekund łuku.

Wybieramy odpowiedni czas ekspozycji. Wybierając "Start" – czas z nagłówka FITS jest czasem rozpoczęcia ekspozycji. „Mid” – oznacza środek czasu ekspozycji, natomiast „End” – jest czasem końca ekspozycji.

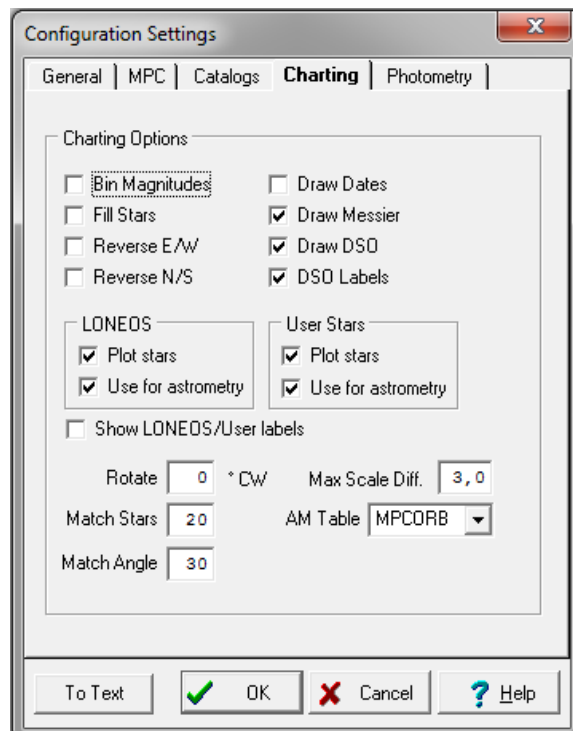
Jeśli występuje problem z wykonaniem *AutoMatch*, należy zaznaczyć „Ignore OBJECT KW” i/lub "Ignore FL/Pix Size". Jednak w tym przypadku, wartości *Col (pix)* i *Rows (pix)*, wielkości piksela ogniskowej muszą być dokładnie podane.

Dwie następne zakładki *MPC* i *Catalogs* zazwyczaj są mniej istotne dla podstawowego działania programu. Należy jednak w tych kartach uzupełnić tak dane, by były zgodne z naszymi ustawieniami. Na przykład zakładka *MPC* jest istotna podczas generowania raportu do Minor Planet Center, więc powinna zawierać właściwe (nasze) dane, a nie domyślne. (Uwaga: jeśli pola danych kontaktowych w zakładce *MPC* nie zostały zmienione, program zgłosi błąd podczas próby analizy obrazków).



### Karta *Charting*

Niektóre z ustawień w tej karcie będą miały wpływ na działanie programu przy dopasowaniu obrazu do wykresu gwiazd odniesienia.



Należy sprawdzić pola "Reverse E/W" i "Reverse N/S" i wprowadzić odpowiednie wartości w polu "Rotate", tak aby obraz wygenerowany przez „matches” miał porównywalną skalę i orientację jak zdjęcie.

W momencie, gdy pola *Reverse* są nie zaznaczone, a w oknie *Rotate* widnieje wartość zero, *Canopus* przyjmuje następującą orientację:

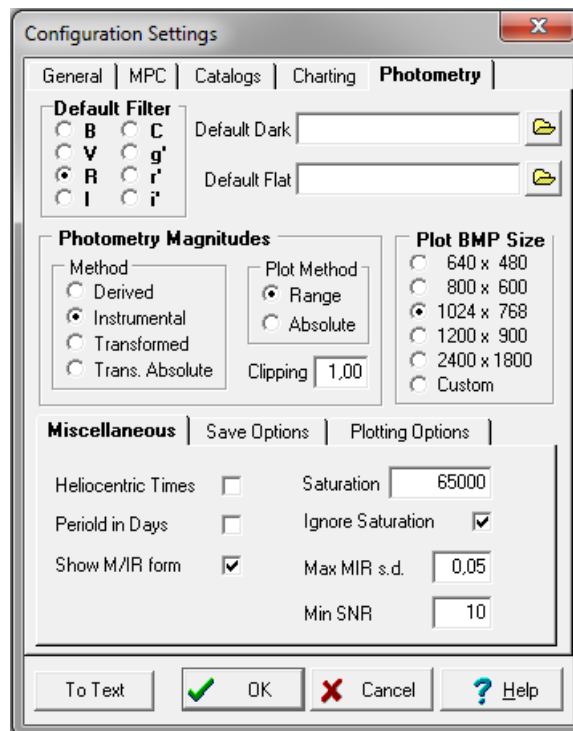


Ustawienie „*Max Scale Diff*” może mieć wpływ podczas operacji *AutoMatch*.

Po wykonaniu *AutoMatch* program sprawdza oryginalną skalę wykresu w odniesieniu do wartości po *match* i znajduje stosunek najmniejszej do największej. Zatem ta wartość jest zawsze 1.00 lub większa. Jeśli wskaźnik przekracza tę ustaloną wartość program nie jest w stanie dokonać *AutoMatch*.

Ostatnią kartą w oknie konfiguracji jest *Photometry*.

W oknie tym znajduje się wiele ustawień, które powinny być zmieniane w zależności od dokonywanej analizy.



W części *Default Filter* należy zaznaczyć filtr w którym były prowadzone obserwacje. Wartość „*Max MIR s.d.*” można ustawić w zależności od naszego upodobania. Podczas *AutoMatch* program ustanawia *Magnitude/Intensity Relationship (M/IR)*. Aby znaleźć *M/IR*, Canopus automatycznie usuwa gwiazdy nadmiernie jasne (obliczona wartość jest porównywana z wielkościami katalogowymi). Wartość tego parametru jest poziomem używanym, aby usunąć gwiazdę. Jeżeli przekracza ona tę wielkość, nie jest wtedy brana pod uwagę w dalszej analizie. W przypadku ustawienia zbyt niskiej wartości, np. 0,01 mag, można uzyskać niewystarczającą liczbę gwiazd. Jeśli ustawiona jest zbyt wysoka, np. 0,2 mag, to odchylenie standardowe dla całego rozwiązania wzrasta dramatycznie.

Zaznaczenie pola „*Ignore Saturation*” powoduje, że program mierzy i wykorzystuje gwiazdy, których obraz zawiera piksele powyżej wartości „*Intensity*”.

Aby zapisać bieżące ustawienia należy kliknąć <OK>, by zamknąć okno konfiguracji bez zmian i powrócić do ustawień jakie były w momencie jego otwarcia należy kliknąć <Cancel>, jeśli chcemy zapisać ustawienia do pliku tekstowego należy kliknąć przycisk <To Text>. Może być to przydatne, jeśli potrzebujemy pomocy technicznej.

## 2. Wczytanie obrazka

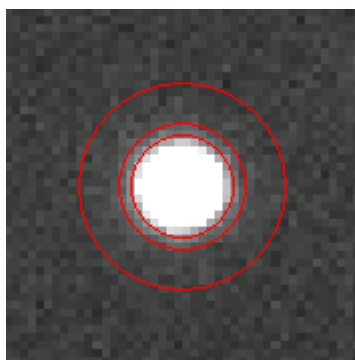
Canopus może otworzyć pliki: FITS, SBIG, BMP i JPG. Jednak tylko dla dwóch, FITS i SBIG, program pozwala na wykonanie *AutoMatch* obrazu. Do pracy naukowej powinno się jednak

stosować pliki FITS – jest to standardowy format. (Zauważmy jednak, że istnieje wiele „standardów” dla plików FITS. Oprogramowanie MPO dokłada wszelkich starań, aby stosować się do tych, których definicja znajduje się w [http://fits.gsfc.nasa.gov/fits\\_home.html](http://fits.gsfc.nasa.gov/fits_home.html))

Aby otworzyć zdjęcie można wybrać z menu „Image | Open image” lub nacisnąć konfigurację *Ctrl+O* (O jest dużą literą). Spowoduje to wyświetlenie okna dialogowego pliku *Open Image File*, w którym można wybrać zdjęcie. Lista pięciu ostatnio otwieranych obrazów znajduje się w menu *Image*. Ułatwia to pracę, gdy potrzebujemy przeładować jedno ze zdjęć bez konieczności przechodzenia przez otwarte okno dialogowe Windows.

### 3. Ustawienie apertur

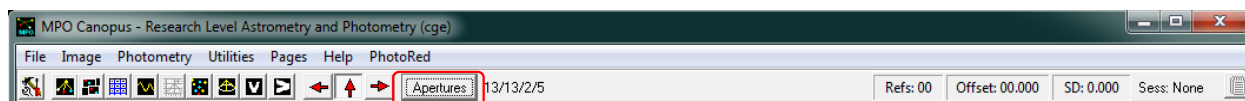
Apertury pomiarowe są używane do definiowania obszarów na obrazie, aby znaleźć jasność badanego obiektu (ozn. *target*), oraz jasność tła nieba.



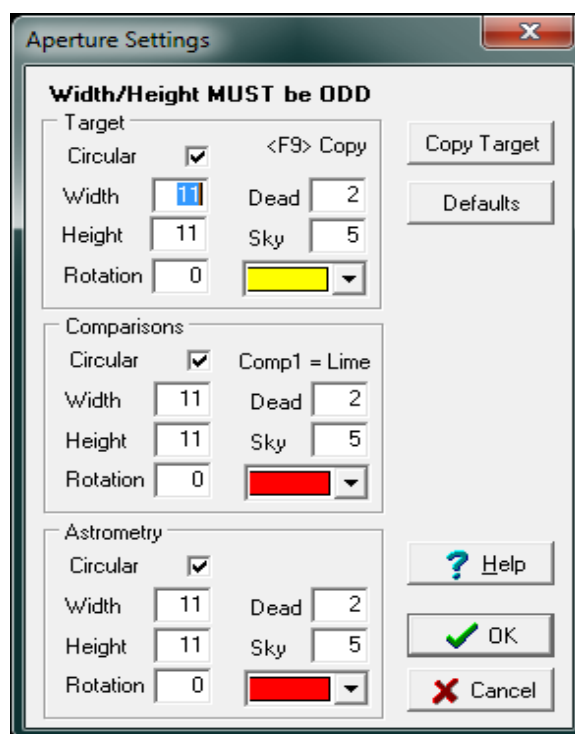
Jak widzimy na powyższym rysunku istnieją trzy współśrodkowe okręgi, wyśrodkowane na wspólnym punkcie. Najbardziej wewnętrzny okrąg zawiera docelowy obiekt tzn. „*target aperture*”, a suma wartości pikseli wewnątrz tego obszaru określa jasność obiektu. Pole na zewnątrz *target aperture*, a kolejnym, środkowym okręgiem, tworzy pierścień, którego powierzchnia jest nazywana *“the dead zone”*, czyli martwa strefa. Piksele w tym regionie są całkowicie ignorowane. Jest to strefa buforowa pomiędzy regionem, który określa obiekt i regionem, który określa tło nieba, tak że piksele w pierścieniu nie są liczone podwójnie.

Najbardziej zewnętrzny okrąg wyznacza zewnętrzną granicę pola „*sky annulus*”, natomiast pierścień strefy martwej określa jego wewnętrzną granicę. Piksele w tym obszarze służą do obliczenia tła nieba. Średnia wartość jest następnie odejmowana od wartości każdego piksela w aperturze obiektu tak, że pozostaje jedynie jego wynik, a nie dodatkowo jeszcze tło nieba.

Aby wywołać okno, w którym możemy ustawić wielkości poszczególnych apertur należy wybrać przycisk *Apertures* zaznaczony na czerwony z głównego paska narzędzi:



Ukarze się nam okno *Apertures Settings*:



Można zdefiniować zestawy przysłon dla trzech typów obiektów: obiekt, np. asteroida, gwiazdy porównania, oraz astrometria (przy pomiarach pól gwiazd podczas *AutoMatch*).

Wartości dla szerokości i wysokości apertur mogą być różne, ale obie muszą być liczbami nieparzystymi. Wartości dla „*Width*” i „*Height*” to szerokość i wysokość apertury „*Target*” w którym znajduje się obiekt (asteroida, gwiazda). „*Dead*” oznacza szerokość martwej strefy, natomiast „*Sky*” szerokość strefy tła nieba. Można ustawić apertury obiektu niezależnie od apertur gwiazd porównania. Jest to przydatne, jeśli obserwowany obiekt porusza się szybko, więc obiekt i/lub gwiazdy porównania są rozciągnięte.

Apertury nie muszą być symetryczne: można tak ustawić ich wysokość i szerokość, aby kształt był eliptyczny. Ustawiając kształt dla obiektu (planetoida, gwiazda porównania), kształt martwego pola i tła nieba będzie taki sam, gdyż te dwa pola są definiowane w odniesieniu do apertury obiektu.

Można ustawić kąt obrotu niesymetrycznego zestawu przysłony. Na przykład, jeżeli apertury mają kształt eliptyczny, w których wysokość i szerokość nie są takie same, można obracać elipsę, by dopasować do obrazu rozciągniętego, szybko poruszającego się obiektów.

Można użyć różnych kolorów do oznaczenia apertur obiektu i gwiazd porównania. Ja

korzystałam z ustawień domyślnych: planetoida – apertury żółte, gwiazdy porównania – apertury czerwone.

Podczas użycia kreatora krzywej blasku, gdzie analizowana jest seria obrazów, Canopus oznacza aperturą jasno zieloną tzw „gwiazdę kotwicę” („*anchor star*”), czyli jedną z gwiazd porównania (domyślnie pierwszą), która służy do zlokalizowania wszystkich innych obiektów w odniesieniu do jej położenia.

#### **4. *AutoMatch***

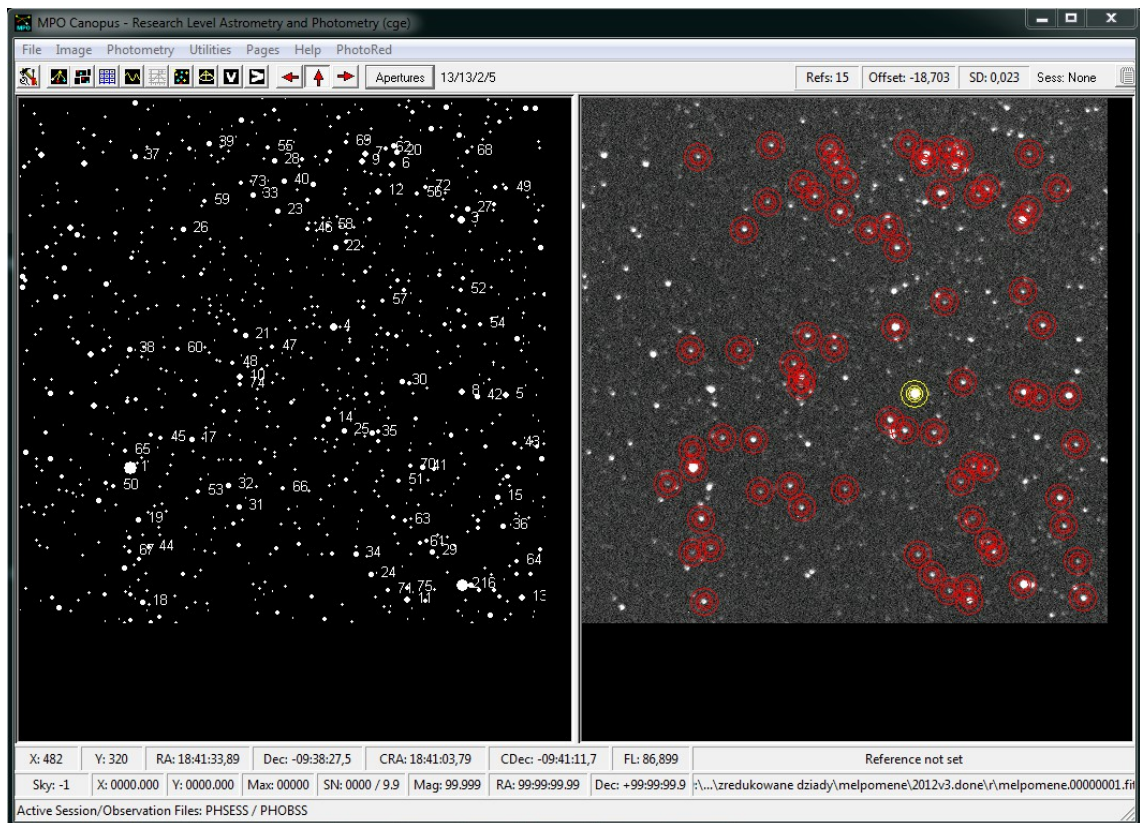
Jedną z najczęstszych i najważniejszych czynności przy użyciu programu jest tzw. *AutoMatch*. Jest to operacja, w której *Canopus* odczytuje informacje z nagłówka zdjęcia i/lub ustawień konfiguracji, generując wykres gwiazd względem środka domniemanego centrum obrazu, z tym samym kątem obrotu i skalą jak zdjęcie. Oznacza to, że wykres jest tak tworzony, by dla każdej gwiazdy na zdjęciu, odpowiadająca gwiazda na wykresie była w tej samej odległości i pod tym samym kątem od środka wykresu. Matematycznie, gwiazda ma te same współrzędne biegunowe na obrazie i wykresie, z których oba mają ten sam punkt wyjściowy na niebie.

Znajdowane są tzw „*plate constants*”(stałe pola), co pozwala przeliczyć współrzędne (X,Y) punktów, na współrzędne rektascencji i deklinacji (dzięki temu *Canopus* jest w stanie określić współrzędne asteroidy podczas tworzenia raportu do Minor Planet Center).

Przed dokonaniem *AutoMatch* należy skonfigurować program odpowiednio do danych obserwacji i ustawić właściwe apertury, a następnie załadować obrazek.

Proces *AutoMatch* można wywołać za pomocą kombinacji klawiszy *Ctrl+A*, lub wybierając z menu “*Image | Auto match/measure*”. Na wykresie (lewa część okna) pojawi się najpierw zestaw kolorowych linii, a po kilku sekundach linie te zastąpione zostaną ponumerowanymi punktami. Natomiast na obrazie (prawa część okna) wokół gwiazd pojawią się apertury czerwone, a planetoida będzie zaznaczona żółtą aperturą. Widok ten jest pokazany poniżej:





Przejdźmy teraz do strony *Reductions*: wybierając z menu “*Pages | Reductions*”, wybierając kombinację klawiszy *Ctrl+3*, lub klikając na pasku narzędzi ikonki zaznaczonej na czerwono:



Ukazuje nam się następujące okno:

The screenshot shows the MPO Canopus software interface. The main window displays a table of star data with columns for Zone, #, U, RA, DEC, Mg, X, Y, RARes, and DCRes. The first row is highlighted in yellow. Below the table, there are several control panels: 'Object' (Name: Melpomene, MPC: 00018, Mag: 9.29, SNR: 338,222), 'Right Ascension' (Measured: 18:41:12.01, S.D.: 0.196, Calc: 18:41:12.03, M-C: -0.320), 'Declination' (Measured: -09:40:07.0, S.D.: 0.170, Calc: -09:40:07.0, M-C: 0.023), 'Observation Codes' (Note 1: <NONE>, Note 2: CCD, Mag Code: R - Red), and a 'Fixed Data' panel (Date: 2012-05-04, U.T.: 00:31:06, Aproximate Center: RA: 18:41:12, Dec: -09:40, Focal Len: 86.899, Calculations: Table: MPC, Number: 18, Name: Melpomene). There are also buttons for Save, Load, Print, and MPC.

36	Zone	#	U	RA	DEC	Mg	X	Y	RARes	DCRes
1	MPO3.J1840	-0938139	<input checked="" type="checkbox"/>	18:40:44.95	-09:38:13.9	9.77	103.364	344.626	0.16041	-0.25941
2	MPO3.J1841	-0934193	<input checked="" type="checkbox"/>	18:41:23.99	-09:34:19.3	10.1	411.534	453.394	0.13485	-0.04467
3	MPO3.J1841	-0945077	<input checked="" type="checkbox"/>	18:41:25.89	-09:45:07.7	10.8	410.062	113.507	-0.13090	-0.08586
4	MPO3.J1841	-0942073	<input checked="" type="checkbox"/>	18:41:10.04	-09:42:07.3	11.0	291.830	213.526	-0.04853	-0.23414
5	MPO3.J1841	-0939513	<input checked="" type="checkbox"/>	18:41:30.47	-09:39:51.3	11.5	453.433	277.313	0.00565	-0.16509
6	MPO3.J1841	-0946490	<input checked="" type="checkbox"/>	18:41:18.11	-09:46:49.0	11.7	347.336	63.406	-0.11306	0.05796
7	MPO3.J1841	-0947138	<input type="checkbox"/>	18:41:14.76	-09:47:13.8	11.8	320.510	52.292	99.99999	99.99999
8	MPO3.J1841	-0940016	<input type="checkbox"/>	18:41:25.10	-09:40:01.6	11.9	411.287	273.985	99.99999	99.99999
9	MPO3.J1841	-0946599	<input checked="" type="checkbox"/>	18:41:14.44	-09:46:59.9	12.0	318.694	58.920	-0.02644	-0.14779
10	MPO3.J1840	-0940463	<input type="checkbox"/>	18:40:58.48	-09:40:46.3	12.1	204.230	260.517	99.99999	99.99999
11	MPO3.J1841	-0933952	<input checked="" type="checkbox"/>	18:41:17.38	-09:33:55.2	12.2	360.847	468.389	-0.01076	-0.05906
12	MPO3.J1841	-0946029	<input type="checkbox"/>	18:41:16.21	-09:46:02.9	12.3	334.555	87.992	99.99999	99.99999
13	MPO3.J1841	-0933503	<input checked="" type="checkbox"/>	18:41:31.09	-09:33:50.3	12.3	467.177	466.011	-0.01247	-0.01214
14	MPO3.J1841	-0939234	<input type="checkbox"/>	18:41:08.88	-09:39:23.4	12.5	286.838	300.124	99.99999	99.99999
15	MPO3.J1841	-0936507	<input checked="" type="checkbox"/>	18:41:28.82	-09:36:50.7	12.5	445.142	372.557	0.01499	0.16390
16	MPO3.J1841	-0934179	<input type="checkbox"/>	18:41:24.96	-09:34:17.9	12.5	411.534	453.394	99.99999	99.99999
17	MPO3.J1840	-0938594	<input checked="" type="checkbox"/>	18:40:52.33	-09:38:59.4	12.6	159.345	318.255	0.03282	-0.11463
18	MPO3.J1840	-0934156	<input checked="" type="checkbox"/>	18:40:45.48	-09:34:15.6	12.6	113.158	469.210	-0.13293	-0.05441
19	MPO3.J1840	-0936432	<input checked="" type="checkbox"/>	18:40:45.62	-09:36:43.2	12.6	110.893	391.955	0.37258	-0.01644
20	MPO3.J1841	-0947114	<input checked="" type="checkbox"/>	18:41:18.75	-09:47:11.4	12.7	351.662	51.411	-0.26297	-0.03522
21	MPO3.J1840	-0942005	<input checked="" type="checkbox"/>	18:40:59.43	-09:42:00.5	12.7	209.871	220.985	0.00985	-0.08061
22	MPO3.J1841	-0944298	<input checked="" type="checkbox"/>	18:41:10.71	-09:44:29.8	12.8	293.350	139.055	-0.37127	0.35056
23	MPO3.J1841	-0945377	<input checked="" type="checkbox"/>	18:41:04.03	-09:45:37.7	12.8	240.149	105.692	0.01773	-0.11114

Na dole strony jest pokazana wyznaczona pozycja asteroidy. W tabeli przedstawiono dane dla gwiazd odniesienia stosowanych, aby znaleźć stałe pole. Liczby w pierwszej kolumnie tabeli odpowiadają numerom z wykresu na stronie pomiarów. Wartości *RARes/DCRes* są różnicą między pozycjami z katalogu, a tymi wyliczonymi z pola i ze stałych, podaną w sekundach łuku. Odchylenia standardowe od tych różnic są pokazane w polach *S.D.*, w dolnej części formularza.

## 4.1 Okno Zoom

Gdy próbujemy umieścić kursor myszy na obiekcie na zdjęciu, to pomocne może być zobaczenie powiększonego obraz obszaru pod kursorem. Wykorzystujemy do tego funkcję „Zoom”.

Po otwarciu obrazu, kliknij prawym przyciskiem myszy na niego i wybierz jedną z trzech pozycji z menu podręcznego. Każdy z nich zapewnia inny poziom powiększenia, 200%, 300% lub 400%. Można również wyświetlić formularz naciskając kombinację klawiszy: *Ctrl+Shift+2* (200%), *Ctrl+Shift+3* (300%) lub *Ctrl+Shift+4* (400%).

## 4.2 Manual Matching

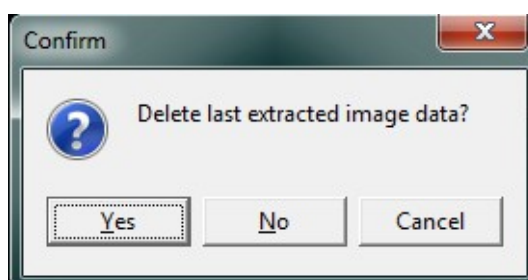
Czasami *Canopus* nie może wykonać *AutoMatch*. Może tak się dzieć z kilku powodów. Zazwyczaj *Canopus* nie może poprawnie zinterpretować informacji z nagłówka FITS, więc nie jest w stanie określić przybliżonego środka obrazu lub przybliżonej skali i/lub orientacji do

narysowania wykresu.

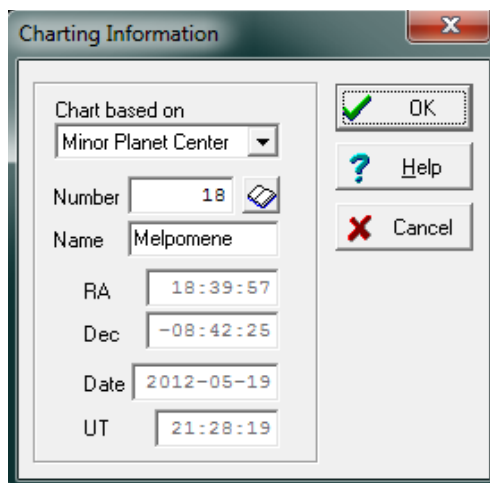
Kiedy napotkamy taki problem, można jeszcze samemu dopasować obraz i tak uzyskać stałe pola.

Aby wykonać ręczne dopasowanie *Canopus* wymaga najpierw narysowania mapy nieba, który w przybliżeniu odpowiada skali i orientacji obrazu. Wówczas można zrobić ręcznie to, co *Canopus* robi automatycznie: wskazać parę gwiazd na mapie, którym odpowiadają te same gwiazdy na obrazie. Wtedy *Canopus* może zrobić resztę.

Jeśli mamy już wczytany obraz możemy przystąpić do dopasowania mapy do obrazu. Należy wybrać z menu głównego „*Image | Generate manual chart*”. Zostanie wyświetlony komunikat:



Naciskając <No>, pojawi się formularz generowania mapy:

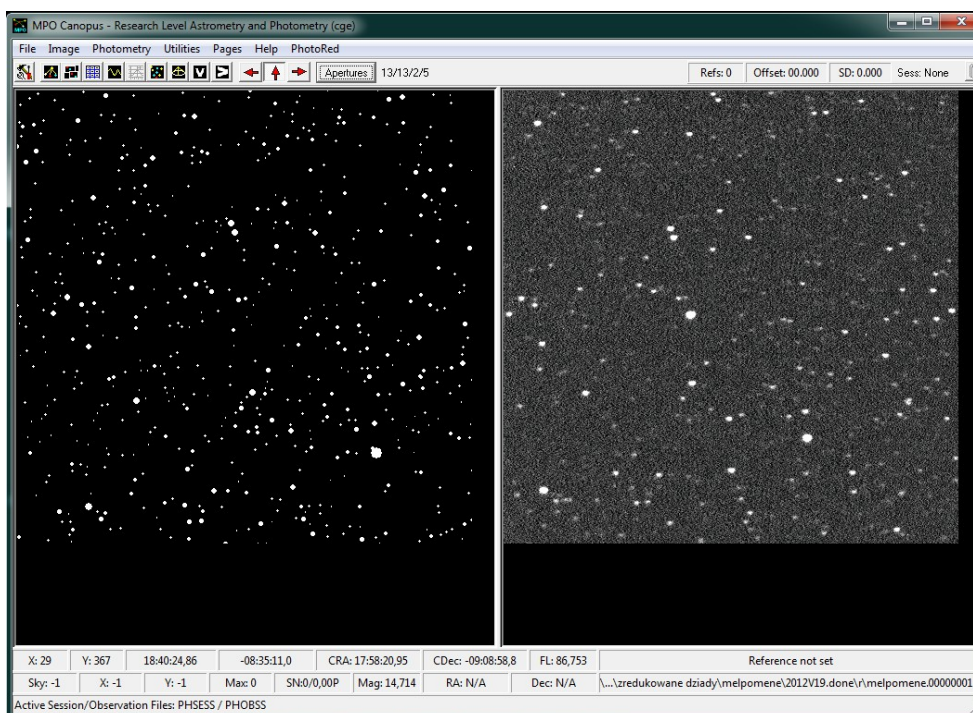


Jeśli to możliwe, *Canopus* wypełnia widoczne pola.

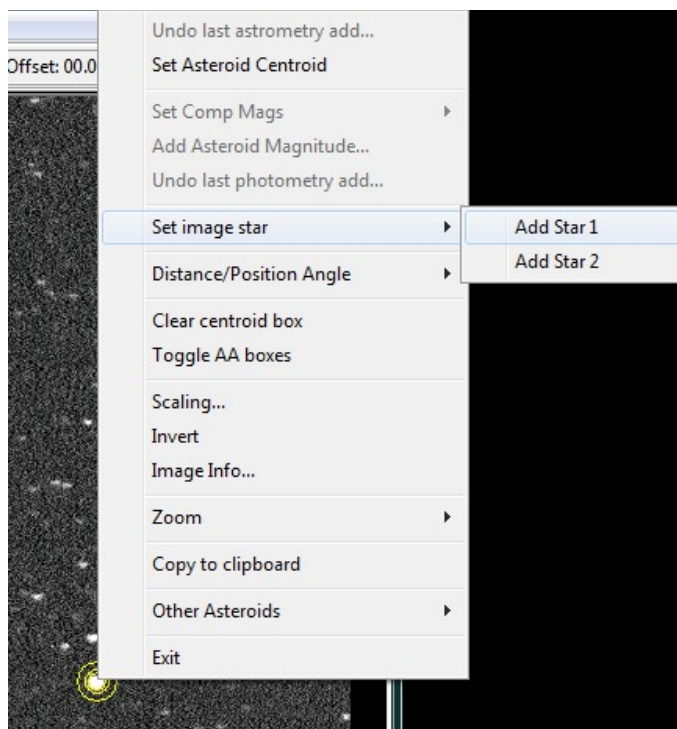
W tym przypadku program był w stanie ustalić, że obraz zawiera 18 Melpomene i odpowiednio ustawić formularz.

Jednak wcale tak być nie musi. Aby zlokalizować mapę nieba należy wybrać z rozwijanego menu okna *Position* i wpisać współrzędne środka obrazu. Kliknij <OK> aby wygenerować

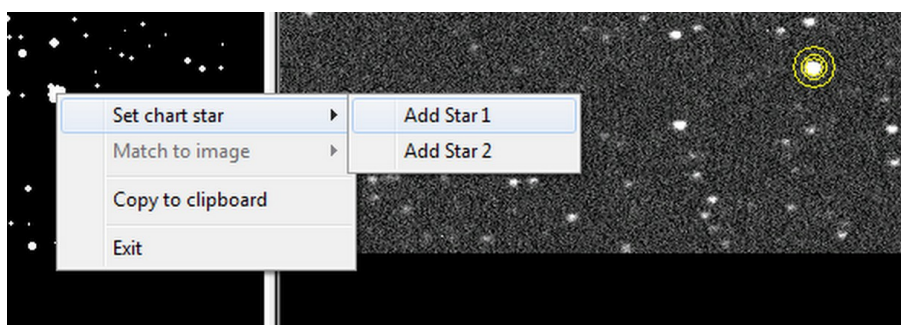
mapę. Ekran powinien wyglądać podobnie do tego:



Należy wybrać jedną z gwiazd na obrazku i klikając na nią prawym przyciskiem myszy wybrać „Set image star | Add Star 1”.



Następnie trzeba znaleźć tę gwiazdę na mapie i klikając na nią prawym przyciskiem myszy wybrać „Set chart star | Add Star 1”.



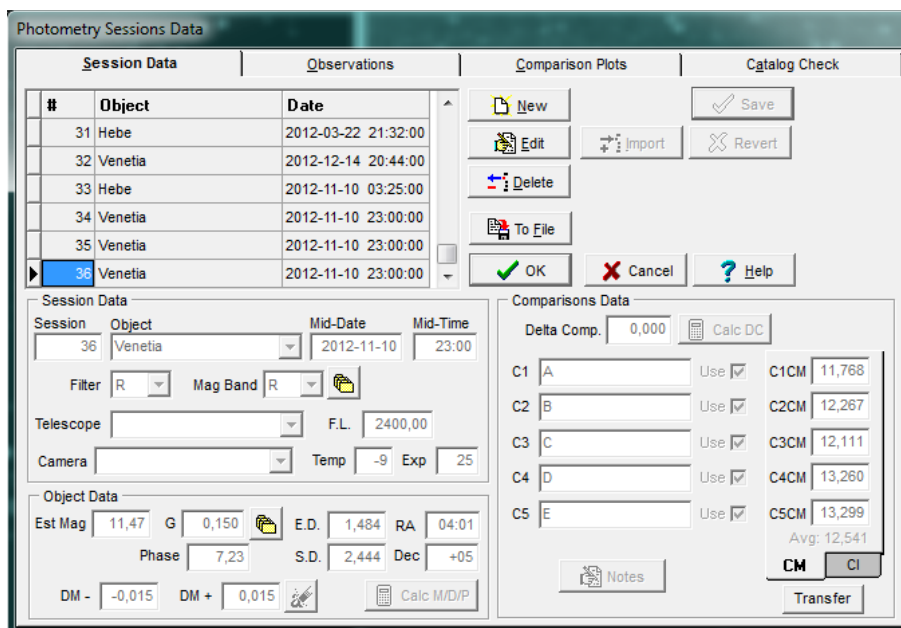
Analogicznie wybierz i zaznacz drugą gwiazdę. Dzięki temu program będzie mógł zlokalizować tzw stałe pola, do którego będzie potem się odnosił przy lokalizacji obiektów.

## 5. Tworzenie Sesji

*Session* jest wewnętrznym sposobem programu na organizację obserwacji. Każda sesja jest zestawem pomiarów tego samego obiektu, w tym samym dniu, za pomocą tego samego filtra i z takimi samymi gwiazdami porównania. Dla wolno poruszających się asteroid, zazwyczaj wystarczy utworzyć jedną sesję dla danej nocy. Chyba, że będziemy obserwować dany obiekt w różnych filtrach. Wówczas dla każdego filtra, należy utworzyć osobną sesję.

Jeśli obserwujemy na tyle szybko poruszającą się asteroidę, że trzeba zmienić pole widzenia raz lub wiele razy w ciągu jednej nocy, a więc zdefiniować nowy zestaw gwiazd porównania dla każdego pola, wtedy dla każdego pola należy utworzyć oddzielną sesję.

Aby otworzyć okno *Photometry Sessions Data* należy wybrać z menu głównego „*Photometry | Sessions*”, lub wywołać to okno kombinacją klawiszy *Ctrl+Shift+S*:



Aby utworzyć nową sesję należy kliknąć przycisk <New>. W polu *Object* wpisz nazwę planetoidy. Rozwijana lista zawiera dziesięć ostatnio analizowanych obiektów, ale można również wpisać nazwę nowego obiektu.

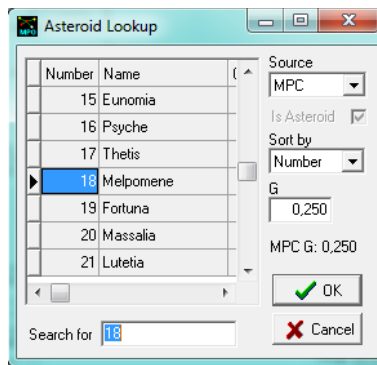
Bardzo ważne jest, aby używać dokładnie takiej samej nazwy dla danego obiektu na wszystkich sesjach. *Canopus* grupuje sesje według nazwy. Nie ma znaczenia czy napiszemy np. HEBE i Hebe – te sesje będą w tej samej grupie, ale program jest wrażliwy na inne różnice.

Pole *Mid-Data* powinno już być uzupełnione, dane pobrane z nagłówka FITS. Jeśli godzina w nagłówku FITS nie jest w czasie UT należy ją skorygować. Format daty w *Canopusie* jest następujący: rrrrmmdd (rok-zawsze cztery cyfry, miesiąc, dzień), natomiast dla czasu należy używać formatu 24-godzinnego, np.: 13:05, a nie 1:05 PM.

Pole *Mid-Time* wskazuje przybliżony środkowy czas UT, jaki należy wprowadzić. Nie musi być to dokładnie wartość środkowa, wartość w pobliżu jest również wystarczająco dobra. Domyślnie to pole dla moich obserwacji przyjmowało wartość 23:00 UT.

Pola dotyczące teleskopu i kamery można pozostawić puste, pod warunkiem, że dane tych urządzeń były rzetelnie wypełnione w oknie konfiguracji – *Canopus* pobierze dane właśnie z tych ustawień i/lub nagłówka obrazka.

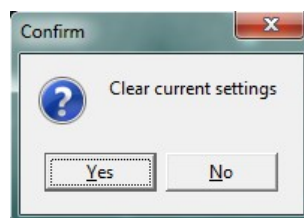
Klikając przycisk <Calc M/D/P>, zostanie wyświetlony formularz, w którym będą mierzone parametry planetoidy.



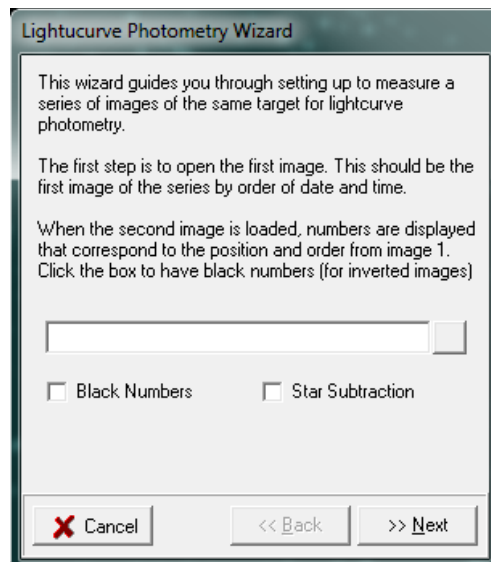
Wybierz asteroidę przewijając w dół tabeli lub za pomocą powyższych pól wyszukiwania po prawej stronie (Number, Name) i na dole formularza. Jeśli planetoida będzie podświetlona, kliknij <OK>. To automatycznie wprowadzi dane w pola w tej samej strefie, co przycisk <Calc M/D/P>. Wartości w tych polach są używane do skorygowania zmiany odległości i kąta fazowego, oraz czasu dotarcia światła. Kliknij <Save>, aby zapisać zmiany. Kliknij <OK> aby zamknąć formularz sesji. Ta sesja jest teraz domyślną sesją, w której dane są dodawane lub w których istniejące obserwacje są edytowane.

## 6. Tworzenie pierwszej krzywej blasku

Aby otworzyć kreatora krzywej blasku wybieramy „*Photometry | Lightcurve wizard*”, lub używając skrótu klawiszowego *Ctrl+Shift+W*. Spowoduje to wyświetlenie okna:



Kliknij <Yes>. Spowoduje to wyświetlenie pierwszej strony kreatora:



Kreator ma wiele stron, z których niektóre mają okienka wczytywania obrazów, tekst informacyjny, lub oba. Przechodzi się pomiędzy kolejnymi stronami kreatora używając przycisku „Next” i „Back”.

Kliknij przycisk obok pola wprowadzania i wczytaj pierwsze zdjęcie.

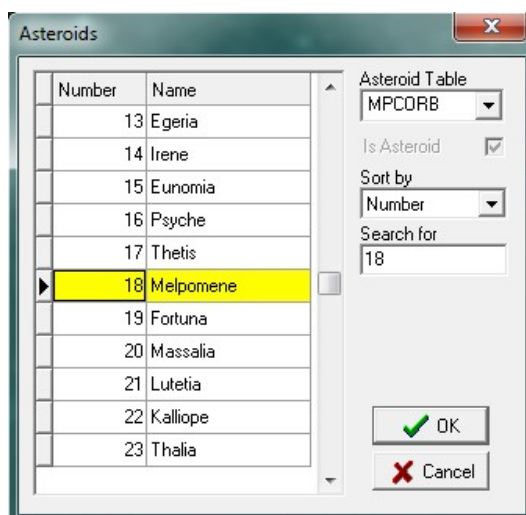
Zaznaczenie pola „Star Subtraction” pozwala odjąć jasność gwiazdy, w pobliżu której przemieszcza się planetoida – ta funkcja nazywa się „StarBGone”.

Klikając <Next> zobaczymy stronę tekstu informacyjnego. Kliknijmy <Next> ponownie, aby przejść do strony, na której można określić gwiazdy porównania na pierwszym zdjęciu.



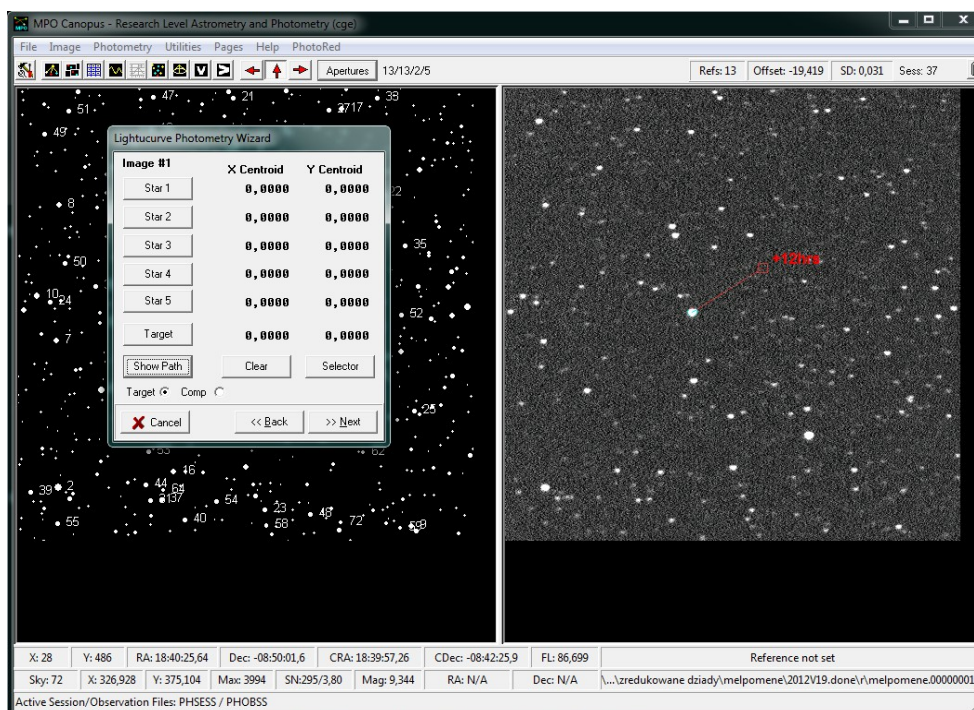
Kliknij <Show Path>. Wyświetli się okno podobne do tego w *Sessions* do wyboru asteroidy.





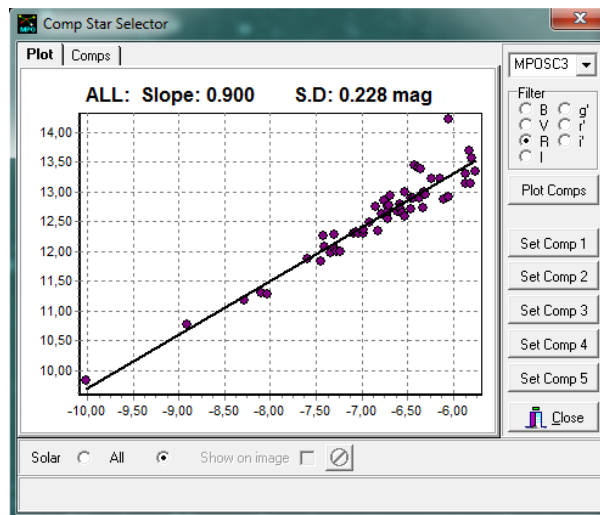
Odnajdź planetoidę (tu 18 Melpomene) w tabeli i kliknij <OK>.

Na obrazie pojawi się wokół planetoidy małe kółko, oraz kierunek ruchu planetoidy i długość linii podana w czasie jej ruchu.



Zaznacz asteroidę, czyli kliknij na punkt na końcu linii, otoczony małym okręgiem, z dala od etykiety „+12hrs”, a następnie kliknij <Target> na oknie kreatora. Wprowadzi to współrzędne (X,Y) obiektu.

Kliknij <Selector> w oknie kreatora. Wyświetli się okno *Comp Star Selector* (CSS):



Powinniśmy zobaczyć wykres podobny do tego powyżej. Idealnym rozwiązaniem byłoby gdyby nachylenie (*Slope*) wynosiło 1,000 a *S.D* 0,000 mag, lecz nigdy się tak nie zdarza.

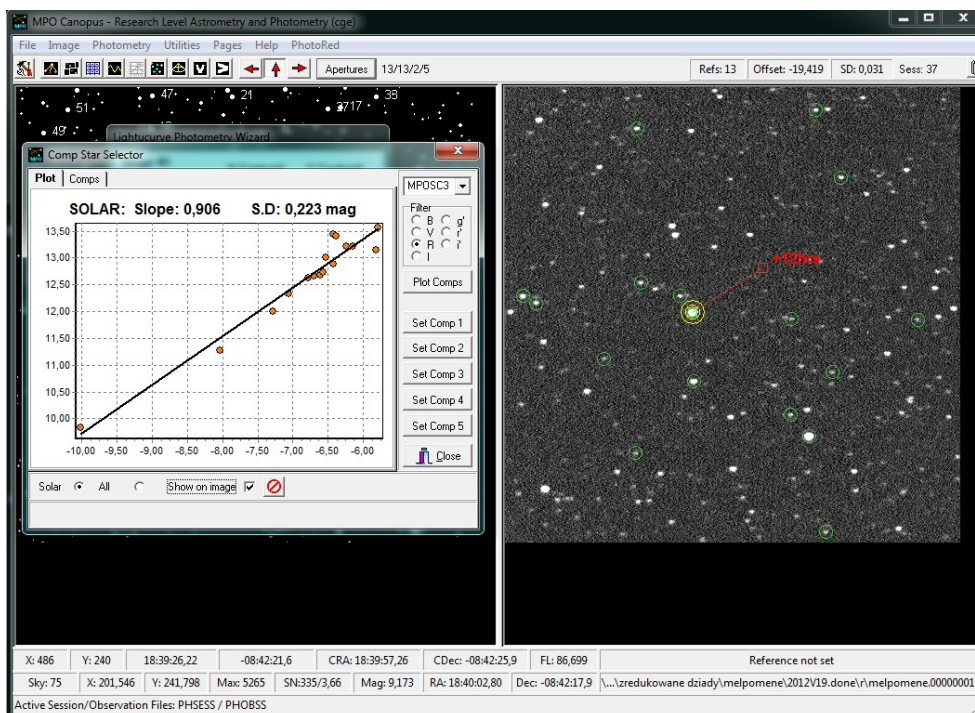
Po kliknięciu na dany punkt na wykresie, Canopus automatycznie umieszcza zestaw pomiaru apertur na gwiazdzie w obrazie, który odpowiada temu punktowi danych i środkowi gwiazdy. Ponadto na pasku stanu u dołu CSS wyświetla informacje na temat gwiazdy.

Jeśli klikniesz na gwiazdę na obrazie, która jest zaznaczona na wykresie, to punkt danych zmieni się na zielony i ponownie zobaczysz informacje o gwiazdzie na pasku stanu. Jeśli gwiazda nie posiada odpowiednika na wykresie, wszystkie punkty wykresu będą miały fioletowy kolor, a informacje na pasku stanu znikają.

Dobrze jest wybrać gwiazdy, których punkty na wykresie są zbliżone do czarnej ciągłej linii i mają wskaźnik koloru podobny do planetoidy. Wartości gwiazd nie muszą być dokładnie takie same, ale chcemy aby ich kolor indeks nie odbiegał więcej niż 0,2 mag od indeksu koloru obiektu.

Po kliknięciu „*Solar*” na panelu, wykres jest odświeżony i pokazuje tylko gwiazdy z przedziału  $0,5 \leq B-V \leq 0,9$ , czyli w przybliżeniu o takim samym kolorze jak większości planetoid, które po prostu odbijają światło słoneczne.

Po kliknięciu „*Solar*” oraz opcji „*Show on Image*” na obrazku zaznaczane są wszystkie gwiazdy typu słonecznego:



Istnieje sposób wyłączenia odstających punktów na wykresie, żeby ustalić które gwiazdy są naprawdę blisko linii. W tym celu należy wybrać punkt klikając na niego myszką równocześnie przyciskając klawisz <Ctrl> na odstającym punkcie i potwierdzić „Yes” na komunikacie potwierdzenia usunięcia punkt z obliczeń. To automatycznie aktualizuje rozwiązanie.

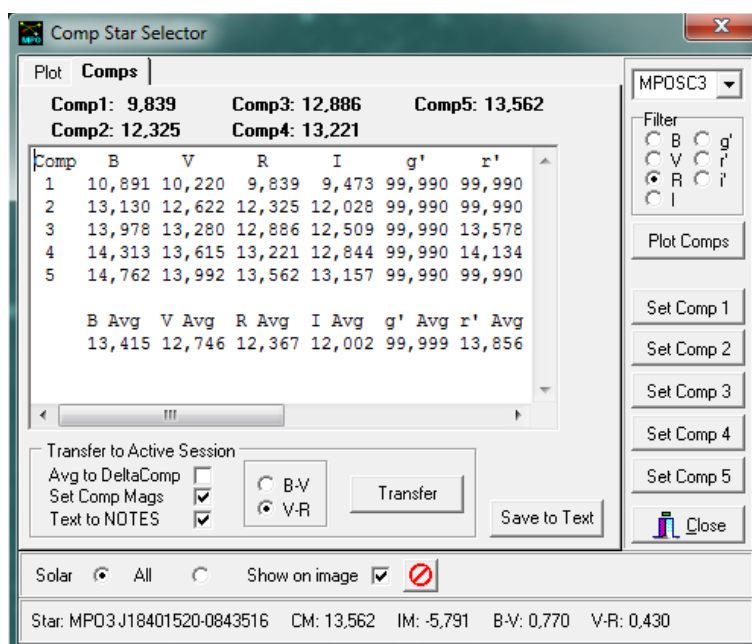
## 6.1 „Gwiazda kotwica”

Pierwsza gwiazda porównania (Comp 1) jest tzw „*anchor star*” („gwiazdą kotwicą”) i ma kluczowe znaczenie w wielu funkcjach *Canopus*. Musi być to starannie dobrana gwiazda. Głównym jej zastosowaniem, poza jej rolą jako jedna z gwiazd porównania do fotometrii różnicowej, jest jako punkt odniesienia dla położenia innych gwiazd porównania oraz obiektu. Wszystkie pozycje są otrzymywane jako odsunięcia od gwiazdy kotwicy. Dobra gwiazda kotwica ma jedną cechę: jest na wszystkich obrazkach, które mają być mierzone.

Jeśli to możliwe, wybierz maksymalnie pięć gwiazd porównania, ale nie mniej niż dwie. Mając więcej gwiazd porównań obniża się szum w wartości średniej i daje pewną elastyczność, jeśli za gwiazdę porównania wybrało się akurat gwiazdę zmienną.

Aby wybrać gwiazdy porównania, kliknij na gwiazdę, jeśli punkt odpowiadający jej na wykresie zmieni kolor na zielony kliknij <Set Comp X> (X to liczba od 1 do 5) w CSS.

Kiedy już wszystkie gwiazdy porównania będą wybrane przejdź do zakładki obok *Comps*:



Jeśli używasz metody *Derived*, to nie zaznaczaj pola „Avg to DeltaComp”. Jeśli natomiast używaliśmy metody *Instrumental*, wtedy można zaznaczyć to pole. Zaznacz pole wyboru „Set Comp Mags”, oraz pole „Text to NOTES”.

Kliknij <Transfer>. Wyświetli się komunikat potwierdzający, że dane zostały przeniesione lub, jeśli nie, okno problemu. Dane dotyczące gwiazd porównania zostały przekierowane do okna sesji.

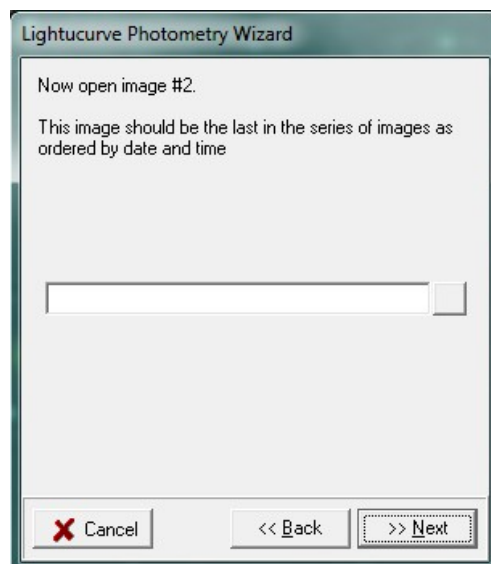
Kliknij <Save to Text> na tej stronie CSS. Zawartość pola zapisze się do pliku tekstowego w domyślnym katalogu z którego zostały pobrane dane.

Jest to nieco zbędne do przenoszenia tekstu do pola Uwagi sesji, ale daje drugą kopię w oddzielnym pliku, który możesz wysłać do innego obserwatora.

Po zamknięciu CSS, kreator zawiera współrzędne poszczególnych gwiazd:



Przejdź do następnej strony kreatora klikając <Next>



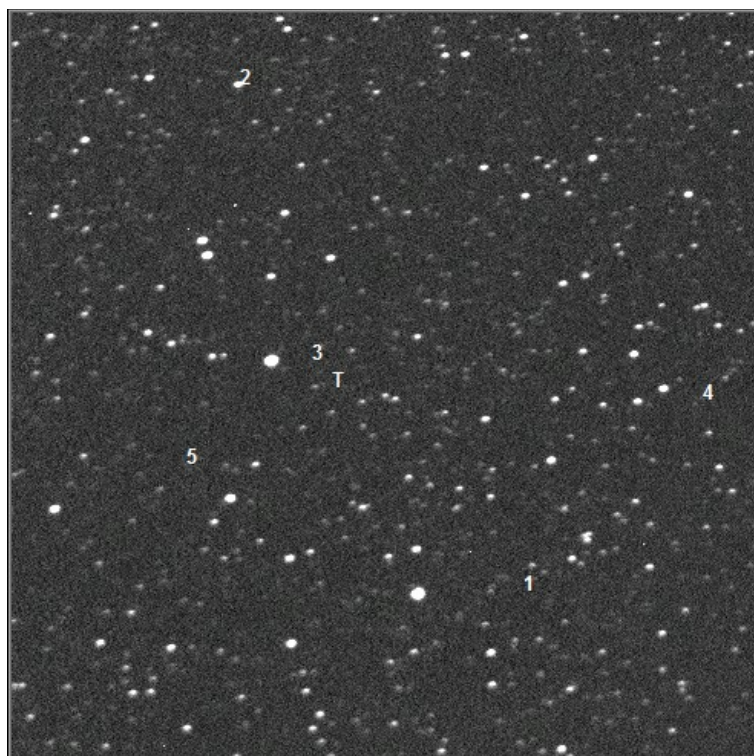
Kliknij przycisk obok pola wprowadzania i wczytaj drugie zdjęcie.

Drugi obraz w kreatorze jest używany do obliczenia szybkości ruchu planetoidy w ruchu postępowym i szybkości rotacji. Dzięki niemu *Canopus* może obliczyć pozycję obiektu i innych gwiazd porównania, w odniesieniu do miejsca położenia gwiazdy kotwicy dla każdego obrazu.

Biorąc pod uwagę te względy, drugi obraz powinien spełniać kryteria:

- musi zawierać gwiazdę kotwicę, która z kolei nie powinien być zbyt blisko krawędzi,
- powinien zawierać wszystkie wybrane gwiazdy porównania,
- powinien być z końca sesji, w celu zwiększenia dokładności przewidywania prędkości przemieszczania się planetoidy na niebie.

Po wczytaniu drugiego obrazu, oraz przejścia kolejnych dwóch stron kreatora pojawiają się na wczytanym zdjęciu oznaczenia liczby oraz litera „T”

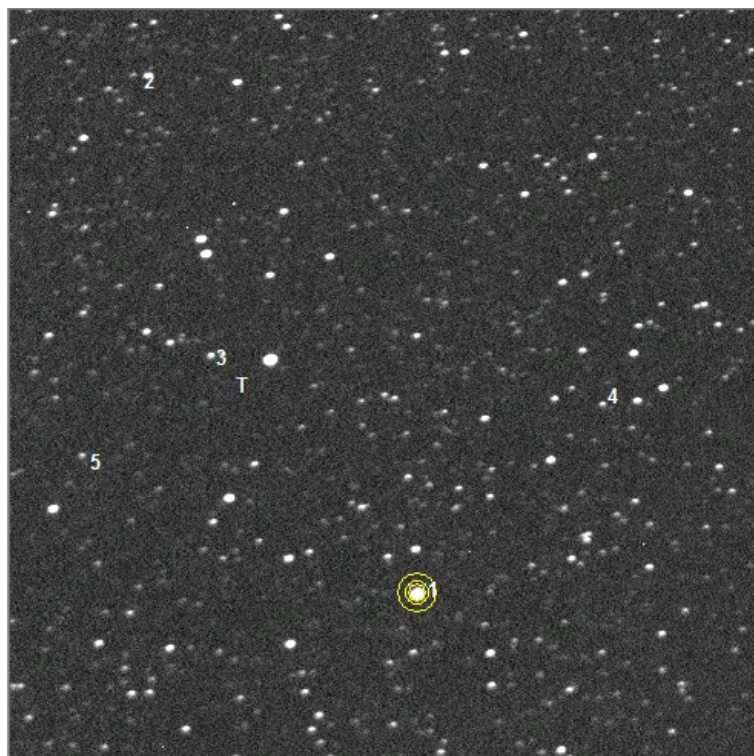


Numery 2-5 oraz „T” znajdują się w odniesieniu do liczby 1, czyli gwiazdy kotwicy (*anchor*) na podstawie przesunięć współrzędnych X i Y mierzone w pierwszym obrazie.

Zazwyczaj etykiety nie będzie dokładnie obok odpowiednich gwiazd i planetoidy.

Możemy zmienić położenie całego zestawu oznaczeń, przesuując kursor myszy nad gwiazdę kotwicę (*Comp 1*), a następnie naciskając kombinację *Ctrl+Click*, co zmienia położenie wszystkich etykiet.


Należy sprawdzić, czy gwiazdy zostały prawidłowo teraz zidentyfikowane, tj. czy wszystkie etykiety, z wyjątkiem „T” - etykiety planetoidy, znajdują się obok odpowiednich gwiazd porównania. Etykieta „T” nie znajduje się obok właściwego obiektu, ponieważ planetoida się przemieściła.



Kiedy już etykiety gwiazd znajdują się we właściwych położeniach, należy w kreatorze kliknąć na przycisk <Star 1> (upewnij się, że jesteś na stronie "Image # 2" ), aby wprowadzić współrzędne gwiazd porównania (X,Y) do pamięci.

Lightcurve Photometry Wizard

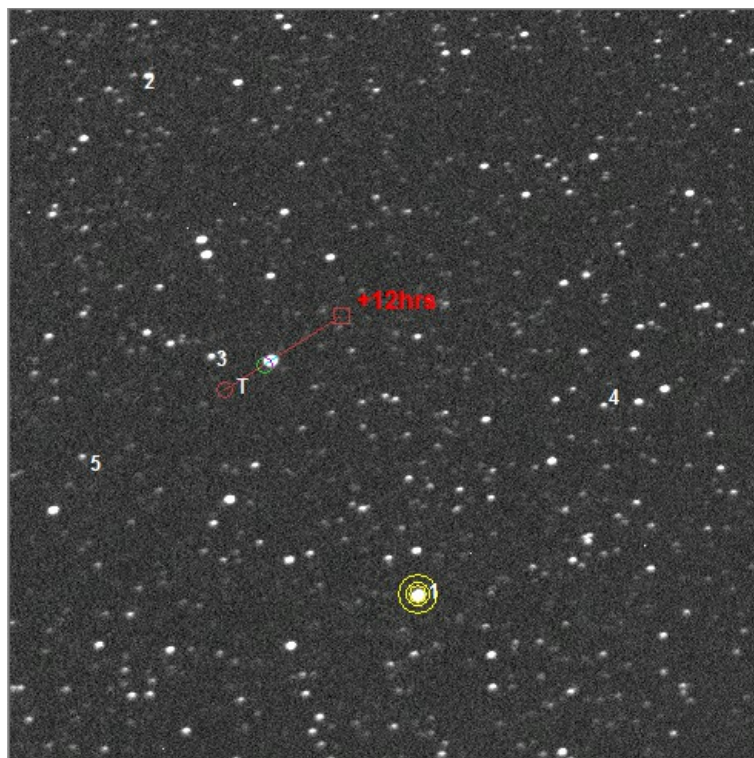
Image #2	X Centroid	Y Centroid
Star 1	264,9700	378,9629
	80,4981	44,8038
	130,1499	224,6383
	385,0464	255,7437
	46,4405	291,8923
Target	0,0000	0,0000

Show Path      Clear      

Target     Comp

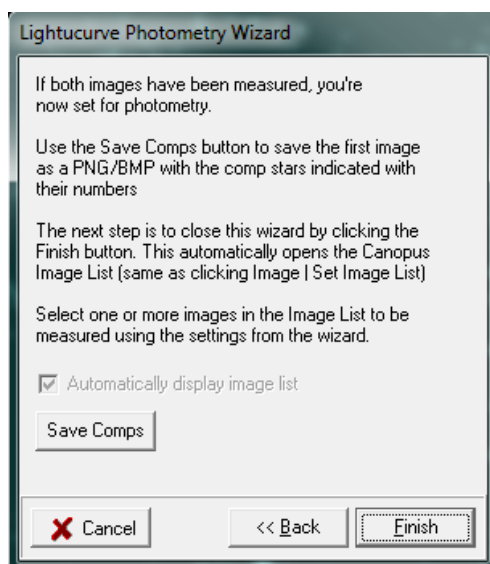
     << Back      >> Next

Kliknij <Show Path>, jak na obrazku pierwszym, wydaje się, że linia pokazuje drogę asteroidy, ale tym razem nie jest ona zaznaczona małym okręgiem w punkcie wzdłuż drogi, gdzie Canopus przewidywał położenie planetoidy.



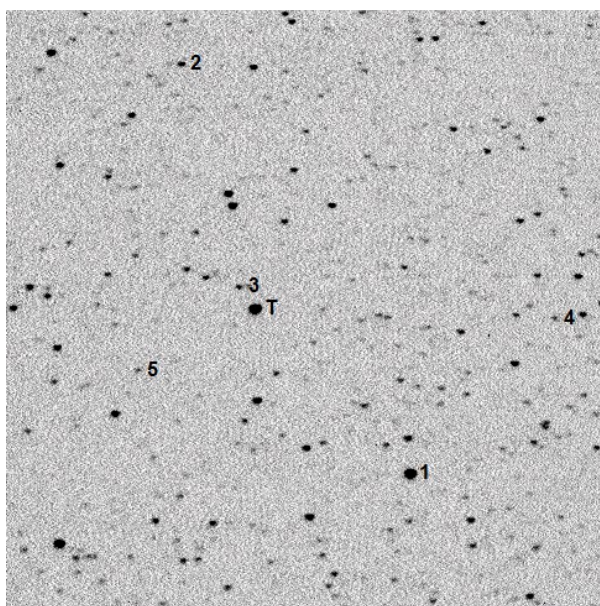
Kliknij na planetoidę, aby przeczytać jej położenie pozycji docelowej, a następnie kliknij <Target> w kreatorze. Wartości (X,Y) zostaną wpisane w kreatorze.

Przejdź do kolejnej strony kreatora. Wyświetli się ostatnia strona kreatora.



Kliknij <Save Comps>, to zapisuje kopię obrazu 1 z etykietami. Domyślnym katalogiem jest katalog taki sam jak dla obrazu 1.

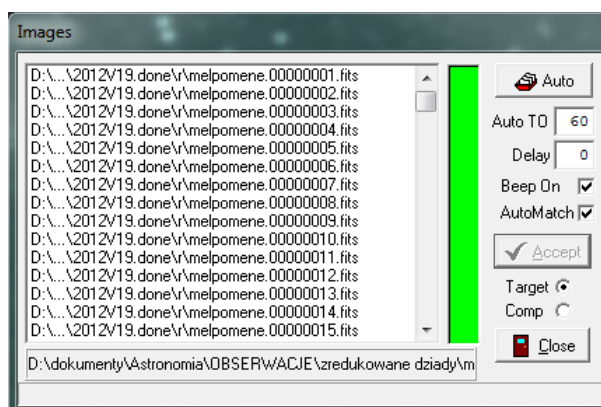




Kliknij <Finish>, wyświetli się okno dialogowe Windows.

Zaznacz wszystkie zdjęcia z używanej sesji (zazwyczaj z całej nocy). Po zaakceptowaniu wyboru, po chwili, *Canopus* wyświetla listę obrazów. Opóźnienie spowodowane jest tym, że program sortuje wybrane obrazy wg rosnącej daty/godziny pobranej z nagłówka każdego zdjęcia.

## 6.2 Praca z Canopus Image List



Powyższe okno przedstawia listę obrazów przygotowaną do analizy. Opcje „*Comp*” i „*Target*” odnoszą się do określają zestaw apertur, które będą stosowane po kliknięciu na obrazie podczas wstrzymania procesu przetwarzania danych. W większości przypadków można użyć „*Target*”, ponieważ będziemy korygować położenie apertur planetoidy, jeśli zaczynie „uciekać” od obiektu.

Jeśli jest zaznaczona opcja „*Beep ON*”, Canopus wygeneruje krótki sygnał dźwiękowy po

każdym zmierzonym zdjęciu. Może to być przydatne, np. w momencie, gdy analiza zdjęć jest robiona „w tle”, a my zajmujemy się czymś innymi, ale również irytujące. To okienko można w dowolnym momencie zaznaczyć lub odznaczyć.

Warto zauważyć, że pełna automatyzacja oprogramowania nigdy nie była celem *Canopusa*. Dobrze jest, aby przejrzeć każdy plik zanim zostanie zmierzony, a jeśli nie spełnia naszych założeń (np. pod względem jakości obrazu) – odrzucić go. Pełne „zaufanie” komputerowi może doprowadzić do dopuszczenia wielu złych pomiarów. Patrząc na proces pomiarowy, można mieć w pewnym stopniu kontrolę, aby zmniejszyć liczbę znacznie odstających punktów. Otrzymana krzywa blasku będzie obciążona mniejszą niepewnością, a wynik będzie dokładniejszy.

Ja selekcji zdjęć dokonywałam przed procesem analizy w *Canopusie*.

### **6.3 Full Manual – bez i z *AutoMatch***

W tym trybie, po dwukrotnym kliknięciu na pierwszy obrazek na liście, obrazek jest ładowany i *Canopus* umieszcza apertury pomiarowe w miejscach, w których uzna, że powinny się znaleźć gwiazdy porównania i planetoida. Jeśli miejsca te są dobre, kliknij <Accept> (lub naciśnij *Enter*). *Canopus* rejestruje dane, a następnie ładuje kolejny obraz. Jednak klikanie <Accept> lub naciskanie *Enter* może być dość uciążliwe w przypadku dużej liczby obrazków. Ponadto, jeśli *Canopus* nie może znaleźć gwiazdy zakotwiczenia w granicach  $\pm 5$  pikseli od oczekiwanej pozycji, wyświetla komunikat o błędzie i nie mierzy zdjęcia. W takim wypadku należy albo zmienić położenie apertur pomiarowych, albo przejść do następnego obrazu.

Jeśli zaznaczymy „*AutoMatch*”, proces analizy danych jest o wiele wolniejszy, ale z wyjątkiem rzadkich przypadków, *Canopus* automatycznie wyszukuje gwiazdę kotwicę i nie trzeba zmieniać położenie apertur pomiarowych. Trzeba jedynie klikać <Accept> (lub naciskać *Enter*), aby załadować następny obraz.

### **6.4 Semi - Auto - z i bez *AutoMatch***

Proces wygląda analogicznie jak ten opisany powyżej, z tym, że kliknięcia <Auto> na liście obrazów, sprawia, że program korzysta z prostego przetwarzania automatycznego i sam „*Delay*”. Nawet wartość 0 ma niewielkie opóźnienie, w czasie którego system Windows prawidłowo przetwarza wiadomości.

Nie używanie *AutoMatch* jest zalecane w większości przypadków. Jeśli np. musisz zmienić

położenie apertur dla prawie każdego obrazu, proces pomiarowy zajmie znacznie mniej czasu jeśli nie zastosujemy *AutoMatch*.

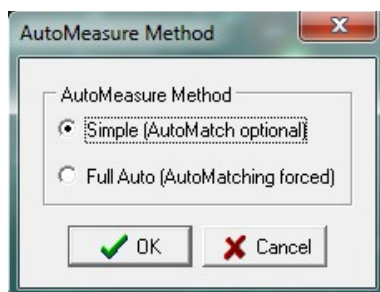
Pole *Auto TO* zmienia domyślny czas oczekiwania w sekundach dozwolony by wyodrębnić gwiazdy z obrazu i zrobić *AutoMatch*. Działa to w połączeniu z „*Configuration | Charting*” i opcją „*Max Skala Diff*”.

## 6.5 Full Auto – wymuszenie *AutoMatch*

Jest to tryb, w którym po uruchomieniu nie wyświetlają się komunikaty o błędach, ani proces analizy nie jest wstrzymywany. Jeśli obraz nie jest dobry z jakiegokolwiek powodu, informacja o błędzie jest przechowywana i *Canopus* przechodzi do następnego obrazu automatycznie. Wszystkie błędy są wyświetlane po analizie ostatniego obrazka.

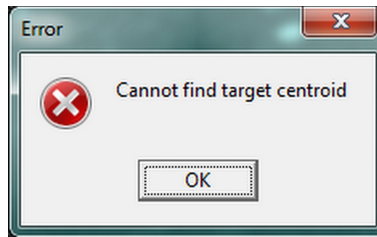
*AutoMatch* „zmuszony jest” znaleźć gwiazdę kotwicę i mierzy położenia gwiazd porównania oraz planetoidy, nawet gdy przez pole widzenia przechodziły chmury, lub pojawiłyby się obcy statek kosmiczny.

Zaznacz (ale nie klikaj podwójnie) pierwszy plik na liście. Upewnij się, że pole *AutoMatch* nie jest zaznaczone. Kliknij <Auto>. Wyświetli to formularz, który pozwala na wybór trybu automatycznego przetwarzania.



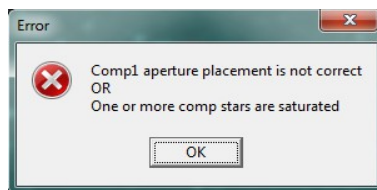
Wybierz „*Simple (AutoMatch optional)*”, a następnie kliknij przycisk <OK>. Zauważ, że przycisk „*Auto*” zmienił się na „*Abort*”. Możesz przerwać proces analizy naciskając właśnie ten przycisk i potwierdzając <Yes>.

Podczas korzystania z tej opcji, proces przetwarzania danych będzie prawdopodobnie wielokrotnie przerywany komunikatami o błędach, np.:



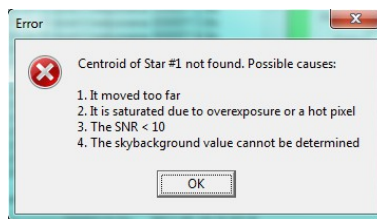
Taki komunikat pojawia się wtedy, gdy program nie może znaleźć środka gwiazdy i obiektu. Zazwyczaj na obrazie gwiazdy i planetoida nie są symetryczne ale mają rozciągnięty kształt.

Innym przykładem pojawiających się błędów może być:



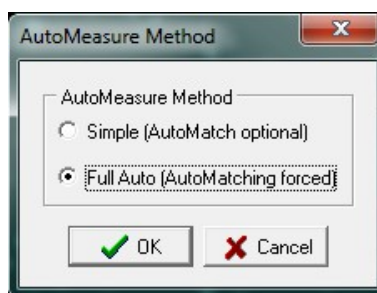
Apertura wokół gwiazdy kotwicy jest nieprawidłowa (prawdopodobnie zdjęcie jest zbyt poruszone), lub któraś z pozostałych gwiazd porównania jest prześwietlona.

Kiedy natomiast pojawi się taki komunikat:

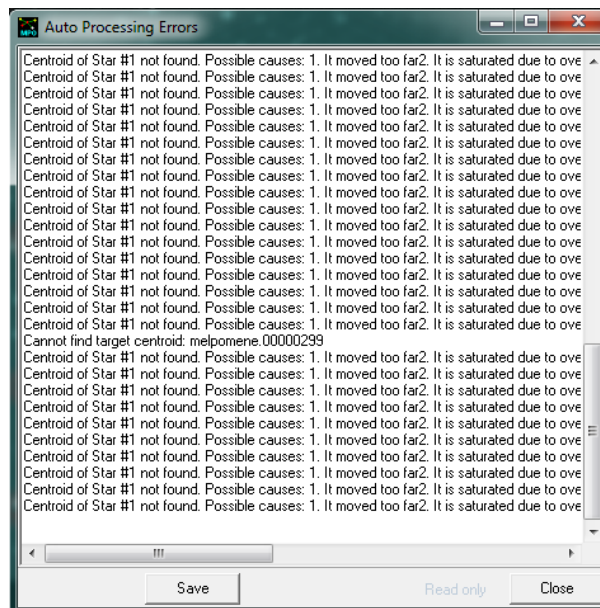


oznacza to najprawdopodobniej, że któraś z gwiazd „uciekła” poza ramkę zdjęcia.

Jeśli natomiast zaznaczymy „*Full Auto (AutoMatching forced)*”

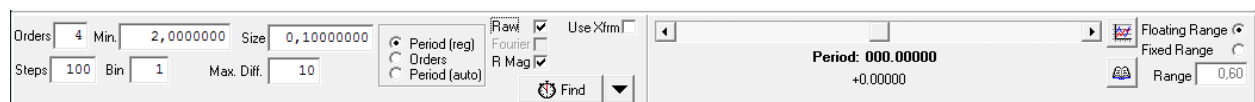


Canopus przechodzi przez całą listę pomiędzy obrazkami automatycznie. Błędy nie są wyświetlane po każdym obrazku, lecz po dokonaniu całej analizy pojawia się lista błędów.



## 7 Tworzenie krzywej blasku

Po skończonej analizie danych przejdźmy do widoku „*Lightcurve Analysis*” wybierając z menu głównego „*Pages | Lightcurve Analysis*” lub używając kombinacji klawiszy *Ctrl+4*. W głównym oknie pod menu głównym widzimy pasek:



Na pasku widzimy okienka, oto krótki opis każdego z nich:

**Orders** - liczba okresów harmonicznycch w analizie Fouriera

**Min** - minimalny poszukiwany okres

**Size** - wielkość kroków w poszukiwaniu. Są to godziny lub dni, w zależności od ustawienia na karcie *Konfiguracja fotometrii*.

**Steps** - ilość kroków.

**Bin** – liczba sąsiadujących punktów pomiarowych uśrednionych w jednym punkcie na wykresie.

**Max Diff** - maksymalna różnica między dwoma punktami sąsiednimi.

**Period:**

- **Period(reg)** - krok przyrostu arytmetycznego, *Orders*: okres jest stały, ale liczba *Orders* wynosi od *Min* do *Min + Steps*. *Canopus* może przyjąć największą wartość *Orders* = 15.

- **Period(auto)** - wielkość kroku rośnie geometrycznie w stosunku do okresu początkowego i początkowej wielkości kroku. To pomaga uniknąć pominięcia w wyszukiwaniu prawidłowego rozwiązania.

## 7.1 Reduced Magnitudes

Dla *Canopus* wielkość *Reduced Magnitudes* to jasności, które zostały poprawione o odległość przy stałym kącie fazowym, tzn. jest to wartość, jaką miałyby planetoida, gdyby się znajdowała w odległości 1 AU od Słońca i 1 AU od Ziemi, dla danego stałego kąta fazowego. Przypadek taki nie jest fizyczny, ale można zastosować korektę:

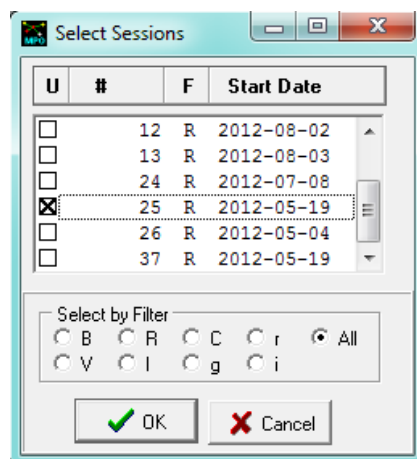
$$-5 \cdot \log(rR),$$

gdzie  $r$  to odległość Ziemia – asteroida, a  $R$  jest odległością Słońce – asteroida.

Powstałe wielkości mogą się znacznie różnić od obserwowanej jasności, ale są bezpośrednio porównywalne do siebie pod względem usuwania skutków zmiany odległości.

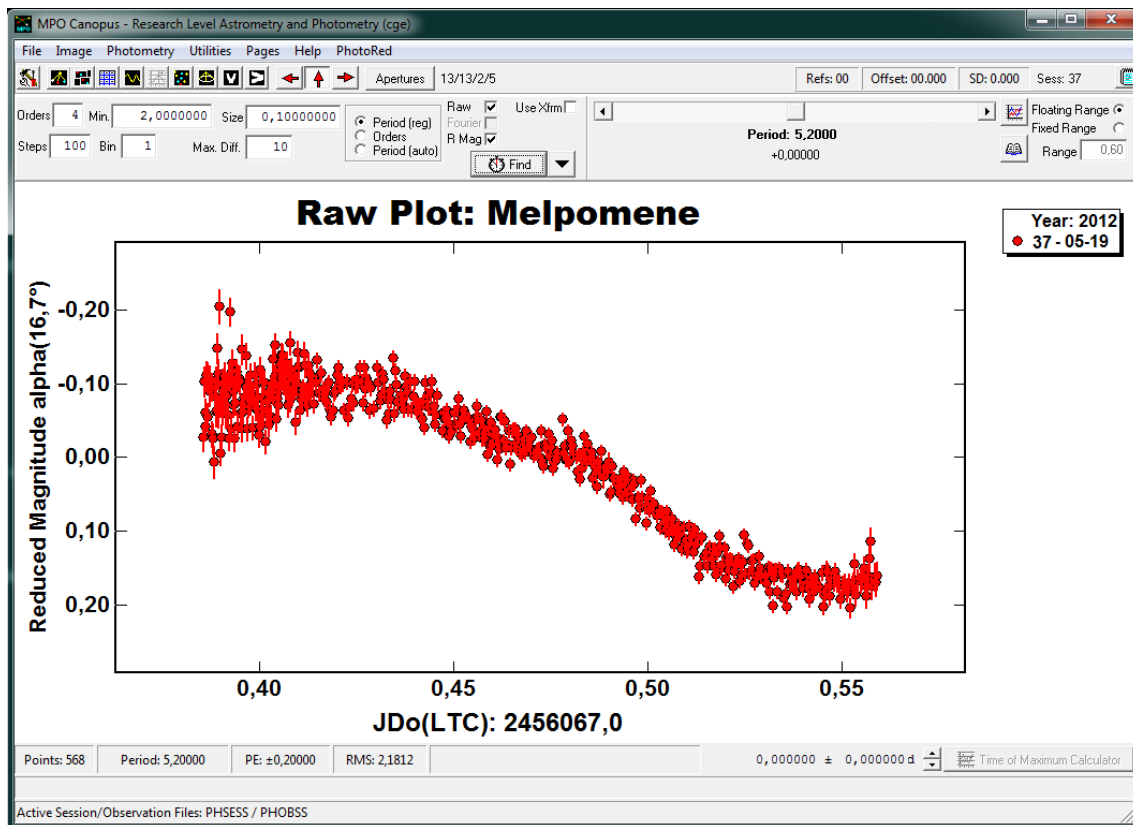
Jeśli nie chcemy korzystać z *Reduced Magnitudes*, *Canopus* nadal stosuje korektę odległości do wszystkich sesji, ale punkt odniesienia to odległości w czasie pierwszej sesji.

Kliknij <Find>, spowoduje to wyświetlenie formularza *Select Sessions*:



Upewnij się, że przycisk „All” jest zaznaczony. W przeciwnym razie, można zobaczyć tylko te sesje gdzie filtr jest taki sam jak ten zapisany w aktualnej sesji.

Wybierz (zaznacz) tylko te sesje, które chcesz analizować. Aby zaznaczyć więcej niż jedną sesję należy kliknąć *Shift+Click* i/lub *Ctrl+Click*. Po wybraniu sesji, na których pracujesz, kliknij <OK>. Po chwili zobaczysz:



## 7.2 Kąt fazowy $\alpha$

Należy zauważyć, że oś Y jest opisana jako „*Reduced Magnitudes alfa (16,7 °)*”.

Kąt fazowy to kąt pomiędzy Słońcem, planetoidą, a Ziemią, został oznaczony  $\alpha$ .

Należy pamiętać, że wszystkie dane muszą być skorygowane, aby usunąć skutki nie tylko na zmianę odległości, ale również zmianę kąta fazowego.

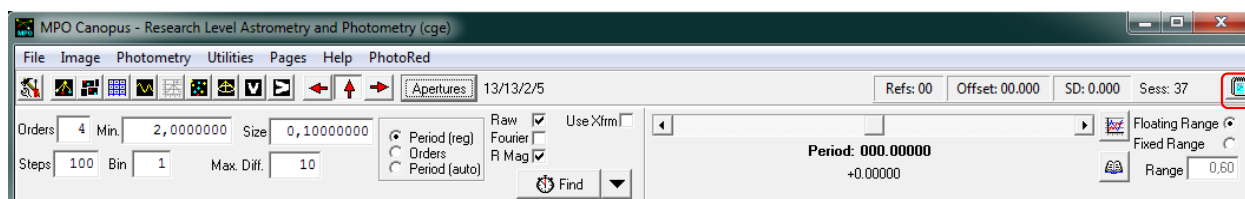
Korekty są obliczane przy użyciu wartości  $G$  (wartość współczynnika nachylenia). Kąt fazowy dla pierwszej sesji jest "punktem zerowym" dla wszystkich innych poprawek - wszystkie dane są skorygowane do tego kąta fazowego. Korekcja do  $0^\circ$  wymaga dokładnej znajomości parametru  $G$ , który często nie jest znany.

Jeżeli kąt fazowy w pierwszej sesji (zwykle najwcześniej według daty) nie jest obliczony, zastępuje go wartości w nawiasach.

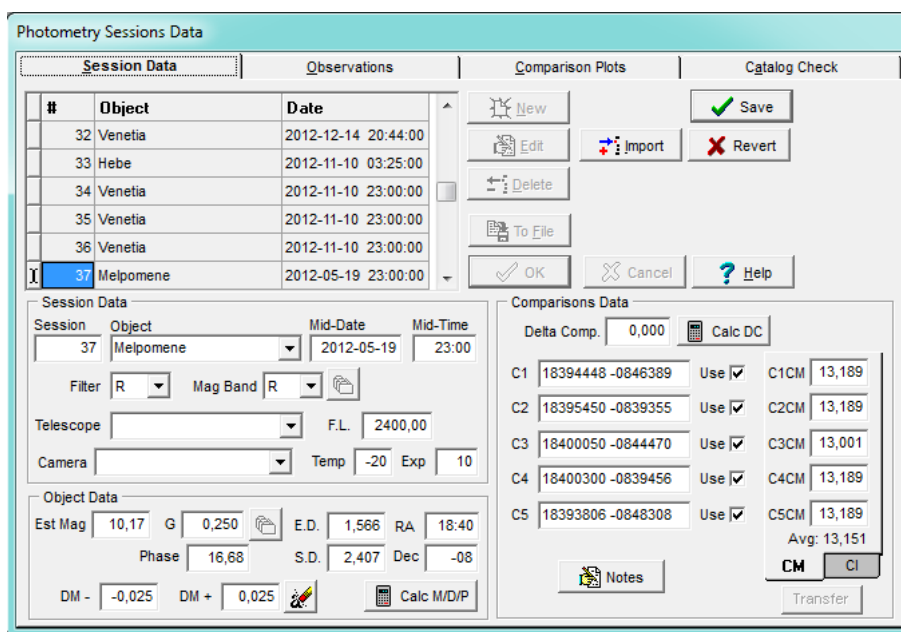
## 7.3 Sprawdzanie gwiazd porównania

Natychmiast po dokonaniu pomiaru obrazów, należy sprawdzić, czy żadna z wybranych gwiazd porównań nie jest zmienna.

Kliknij <Notepad> (ikona notatnika) nie daleko prawego górnego rogu *Canopus*, w głównym pasie postaci, zaznaczonym czerwoną pętlą:

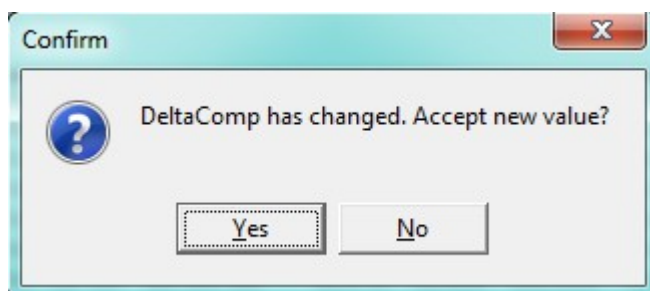


Wyświetli się okno sesji tworzyć w trybie edycji na bieżącej domyślnej sesji .



Pamiętamy, że przed analizą danych obok nazwy C1-C5 były litery od "A" do "E". Obecnie w tych miejscach są podane współrzędne rektascencji i deklinacji (bez jednostek). W ten sposób można znaleźć te gwiazdy na każdym obrazie.

Na karcie *Comparison Data* kliknij <Calc DC>. Może pojawić się komunikat :

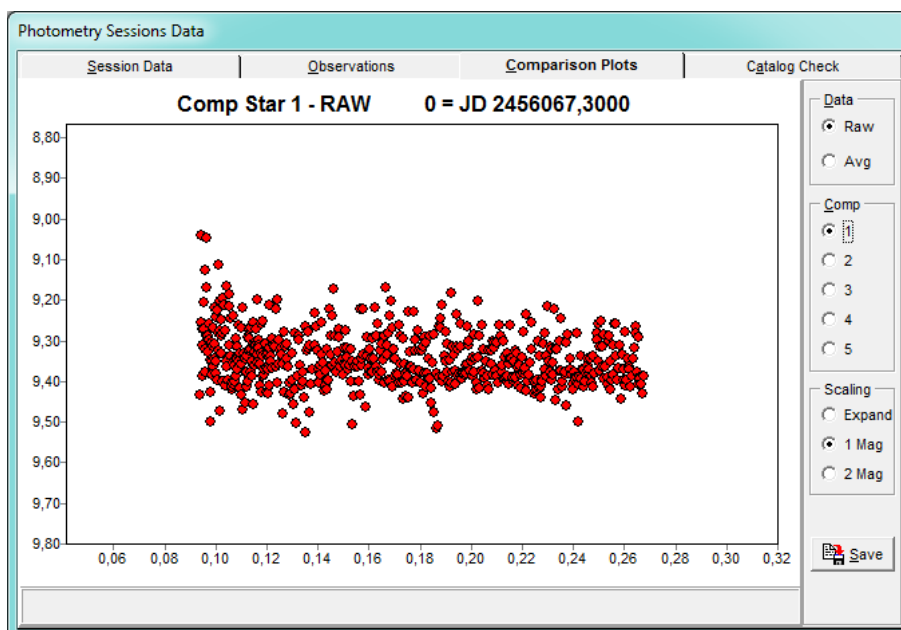


Kliknij <No>. To powoduje, że *Canopus* przeliczy wartości gwiazd porównania, jednak wartość w polu *Delta Comp* się nie zmienia.



Kliknij na zakładkę „*Comparison Plots*”

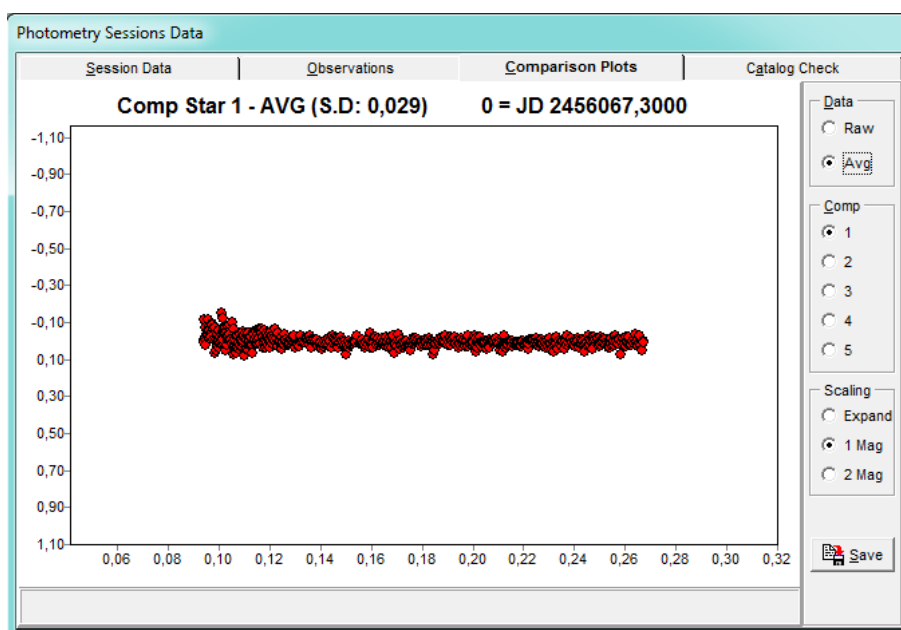
Kliknij na "Data | Raw", a następnie przycisk opcji po prawej stronie formularza " Comp | 1":



Kliknij na innych przyciski *Comp*, aby zobaczyć surowe dane dla innych gwiazd porównania.

Szukamy podobnego trendu wśród wszystkich gwiazd porównań. Jeśli wszystkie mają podobny rozrzut i kształt chmury punktów, to wszystko jest dobrze.

Można potwierdzić jakość danych gwiazd porównania dodatkowo klikając "Data | Avg". Wykres nieco się zmieni (w tym przypadku):



Teraz widzimy, że dane układają się wzdłuż prawie płaskiej, poziomej linii.

Program wykreślił różnicę między instrumentalną wielkością wybranej gwiazdy porównania i średnią wielkością instrumentalną pozostałych gwiazd porównań.

Nad wykresem, zobaczysz „SD: 0,029” (w tym przykładzie). To odchylenie standardowe, oparte o średnią wszystkich danych punktów.

Jeśli wykres „Avg” nie jest linią płaską, ale na przykład przyjmuje kształt sinusoidalny, użyliśmy gwiazdę zmienną jako gwiazdę porównania! W takim przypadku należy:

- Wróć do karty danej sesji i odznacz pole „Use” obok gwiazdy porównania, która jest zmienna,
- kliknąć <Calc DC> by przeliczyć wartości,
- kliknąć <No> do resetowania *DeltaComp* wartość.

Nawet jeśli wszystkie wykresy gwiazd porównania układają się stosunkowo wzdłuż płaskiej linii, to może być jeden lub więcej punktów danych, które są znacznie powyżej lub poniżej linii. Te obserwacje odstające mogą być spowodowane wieloma rzeczami, np. trafieniem promieniowania kosmicznego, gorącymi lub zimnymi pikselami itp.

Tak odstające znacząco dane powinny być usunięte. Można wyeliminować poszczególne punkty danych (obrazów) z obliczeń:

- <Ctrl+Click> na punkcie danych na wykresie porównania gwiazdy, wyświetli się komunikat potwierdzenia,
- kliknij <Yes>
- w razie potrzeby powtórzyć, sprawdzając każdy pomiar „Avg” indywidualnie dla każdego porównania.

Każdy usunięty punkt, jest usuwany również z obliczeń oraz danych gwiazd porównania i wykres jest odświeżane. Obejmuje to odchylenie standardowe wyświetlane w górnej części okna.

Punkty danych nie są usuwane z tabeli danych, lecz po prostu wyłączone z używania. Można przywrócić punkty danych (lub wyłączyć je), przechodząc do zakładki „*Observations*” i albo zaznaczając lub odznaczając pole wyboru „Use” dla danej obserwacji .

Gdy jesteś zadowolony z danych, powrócić do zakładki „*Session Data*” i kliknij <Save>, a

następnie kliknij przycisk <OK> .

Kliknij <Find> aby wyświetlić poprawiony wykres.

## 7.4 Wyłączanie odstających punktów danych z analizy

Tak jak mogliśmy wykluczyć dane z wykresu gwiazd porównania w sesji, tu można wykluczyć jeden lub więcej punktów danych, klikając na krzywą:

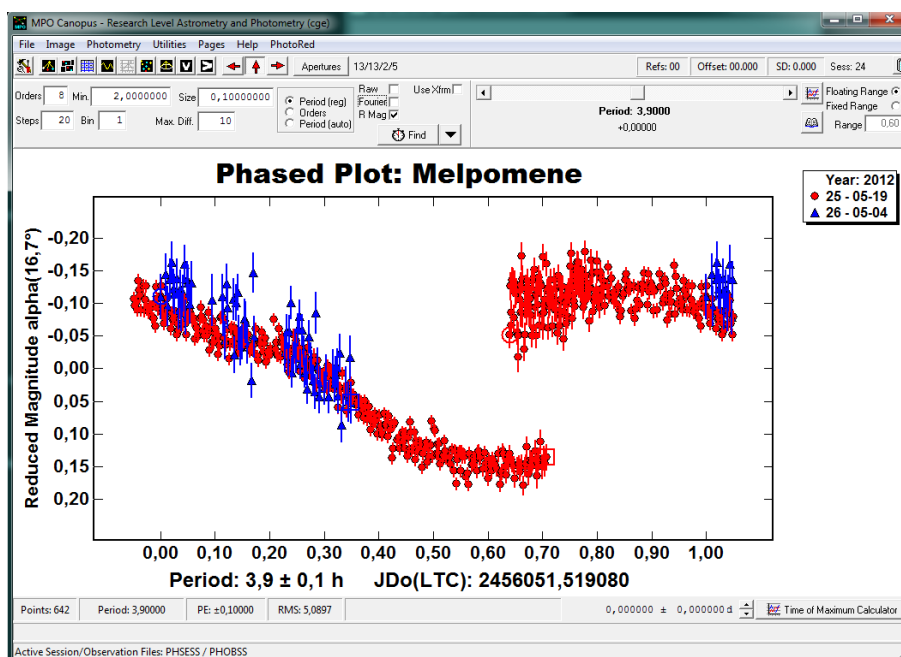
- <Ctrl+Click> na danych odstających punkt, wyświetla się komunikat potwierdzenia,
- kliknij <Yes> aby wykluczyć punkt. Okres i nowa krzywa są automatycznie przeliczane.

## 8 AutoMatch – dane z drugiej nocy

Mierzenie drugiej noc jest niemal identycznych do tego opisanego powyżej. Postępujemy analogicznie, aż do momentu, gdy *Canopus* skończy analizować dane z drugiej (kolejnej) nocy.

Przejdźmy do okna „*Lightcurve Analysis*” wybierając z menu głównego „*Pages | Lightcurve Analysis*” lub używając kombinacji klawiszy *Ctrl+4*.

Kliknij <Find> ponownie, tym razem wybierając tę sesję i stworzoną drugą sesję.



## 8.1 Wyzwania w analizowaniu okresu

Analiza Fouriera może znaleźć rozwiązanie z minimalnym błędem RMS (pierwiastek ze średniej z kwadratów różnic) pomiędzy modelowaną krzywą i rzeczywistymi danymi. Czasami

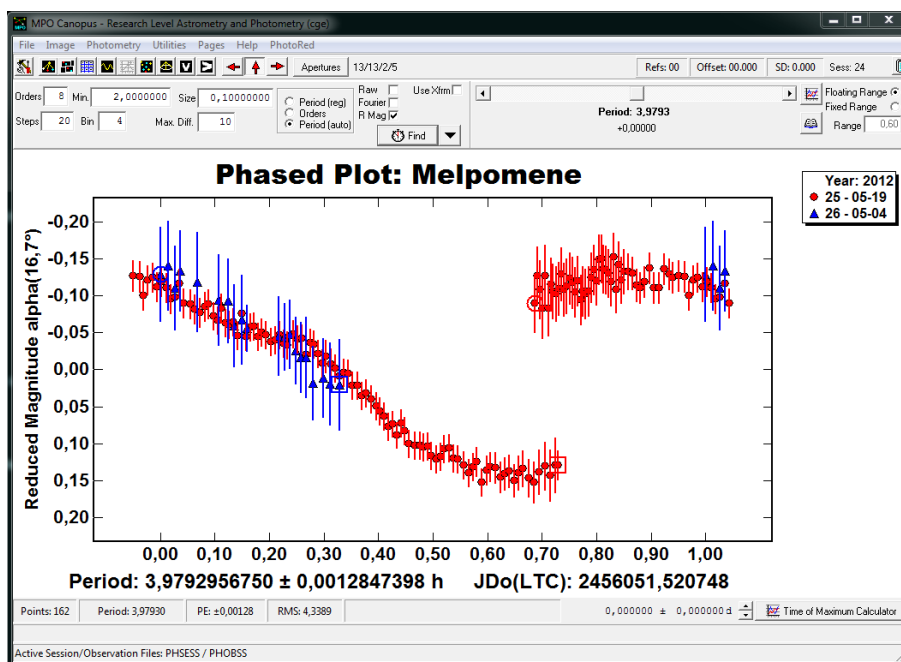
wystarczy usunąć jeden punkt ze zbioru danych, aby znaleźć zupełnie inny okres. To sprawia, że analiza okresu jest wyzwaniem.

## 8.2 Podstawowa analiza Okresu

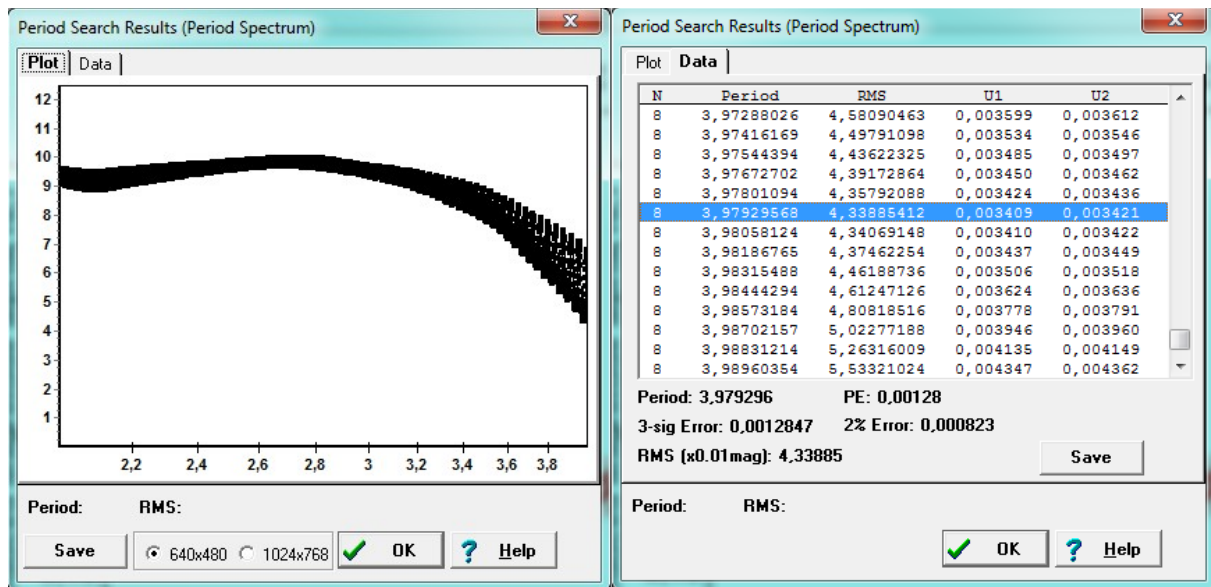
Canopus używa do analizy okresu metody FALC (Fourier Analysis for Lightcurves), algorytmu opracowanego przez Alana Harrisa, przeznaczonej do analizy okresu asteroid. Petr Pravec dokonał modyfikacji, dzięki której możliwa jest analiza okresów złożonych (dla planetoid podwójnych lub rotujących równocześnie w okół więcej niż jednej osi).

## 8.3 Analiza

W pasku zmieniamy opcje i zaznaczamy *Period(auto)*, również zmieniamy wartość *Bin* aby zwiększyć czytelność wykresu.



Krzywa wygląda podobnie jak z poprzednimi ustawieniami, ale zwróćmy uwagę na okno pojawiające się przy generowaniu wykresu:



Przedstawione okno to "Period Spectrum". Ma dwie zakładki. Pierwsza dotyczy wyników wyszukiwania periodyczności. Na osi X jest okres (godziny lub dni), natomiast oś Y zawiera błąd RMS (w jednostkach 0,01 mag).

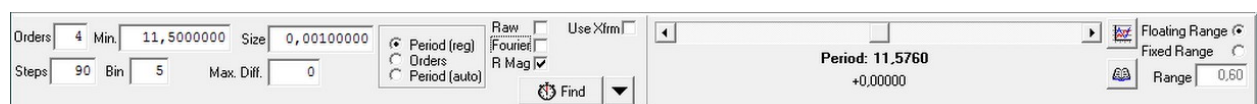
Niższy błąd RMS wskazuje bardziej prawdopodobne rozwiązanie okresu periodyczności, z pewnymi zastrzeżeniami. Przykładowo można zauważyć, ile okresów mają niskie wartości RMS, które są bardzo podobne. Każdy z tych może być prawdziwy, a program może bardzo łatwo dobrać niewłaściwy.

Druga zakładka wyświetla dane w tabeli i pokazuje trzy wartości błędów:

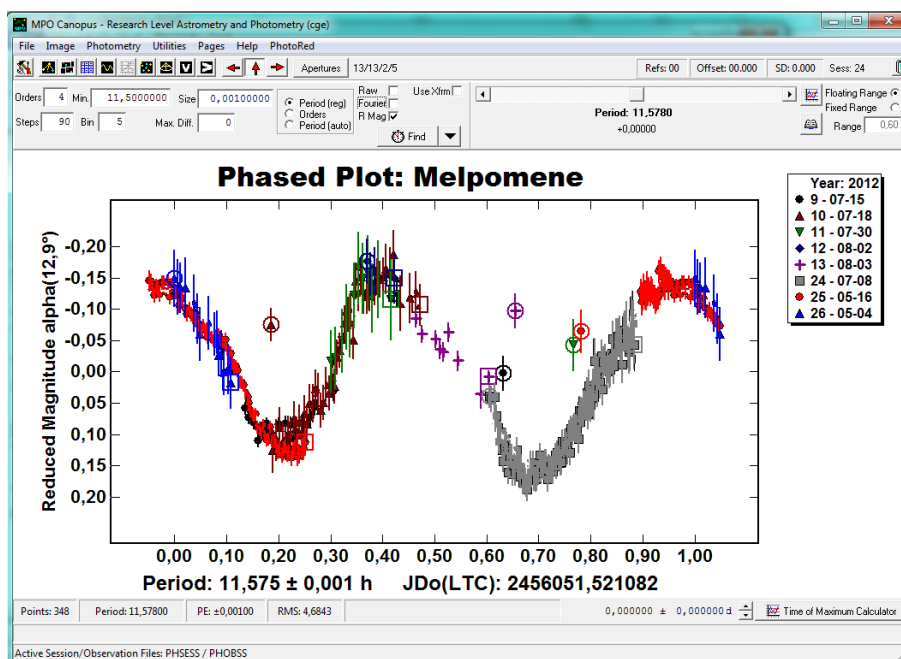
- **PE (Probable Error):** tzn. przewidywany błąd, który wynika bezpośrednio z analizy Fouriera. Często jest "zbyt optymistyczny",
- **3-sig Error:** to jest błąd 3-sigma, czyli 3 razy w/w prawdopodobny błąd,
- **2% Error:** to jest błąd, który spowoduje, że ostatni punkt danych w zestawie (według daty) będzie przesunięty o 2% (lub  $\sim 7^\circ$  obrotu).

Trudno jest powiedzieć, który z błędów powinien być zawarty w ostatecznej analizie. Trzeba użyć zdrowego rozsądku i wziąć pod uwagę ilości danych, całkowity zakres czasu obserwacji i dopasowanie danych do krzywej Fouriera.

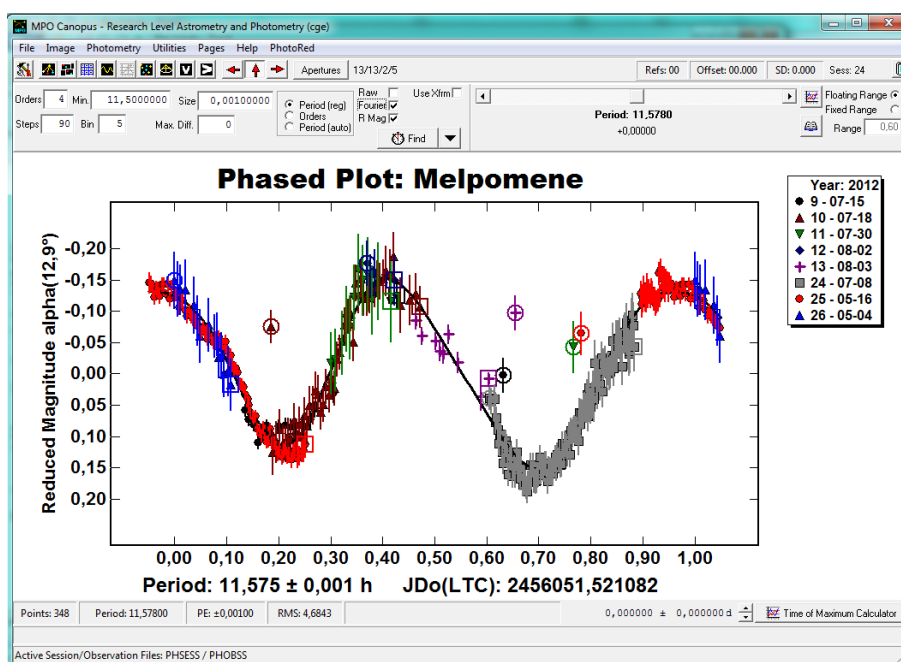
Kiedy mamy przeanalizowane dane z wszystkich nocy możemy stworzyć wykres zfazowany. W tym wypadku ustawiliśmy następujące wartości na pasku:



Klikając <Find> wybieramy wszystkie sesje i potwierdzamy <OK>. Dostajemy poniższy wykres:



Zaznacz pole „Fourier”, to pole nie jest aktywne gdy mamy zaznaczone pole „Raw”. Klikamy <Find> i oto mamy rezultat:



Gratulacje! Oto nasza krzywa blasku.

Jeśli chcemy trochę poeksperymentować, można spróbować zmienić wartość *Orders*. Zobaczymy, że np.: dla wartości 8 prawdopodobnie dopasowanie do krzywej Fouriera będzie nieco lepsze.