

Warsztaty astronomiczne

Astrofotografia

Przysiek k. Torunia, Daglezja,
2019.12.13/14

Andrzej Kus



UNIWERSYTET
MIKOŁAJA KOPERNIKA
W TORUNIU



Urząd Marszałkowski

Tematy wstępnie omówione w tej prezentacji

- Wybór miejsca do astrofoto (okolice Torunia i w Kuj-Pom)
- O obiektywach, AC, AS, koma, MTF, ocena AC
- Lustrzanki FF versus APSC
- Montaż duże i miniaturowe (HEQ5 pro i S.A.)
- Metody ustawienia montażu
- Poprawienie czułości (chłodzenie, filtry)
- Sposoby rejestracji Light, Dark, Flat
- Guiding
- Oprogramowanie PHD2, APT, BYE (Backyard.com), inne
- PE, PECPrep
- Wybór maksymalnego czasu ekspozycji
- Power Tank, przenośne zasilanie, DIY

Uwagi ogólne:

- Przed wyjazdem na sesję zdjęciową **sprawdź dokładnie poprawność działania całości swojego sprzętu**
- Przygotuj **możliwie precyzyjny plan** sesji zdjęciowej
- Zabierz dodatkowe **zasilanie** (baterie, akumulator)
- Zabierz dodatkowe **karty pamięci**
- Zabierz **zapasowe części**, kable, przejściówki
- Zabierz **podstawowe narzędzia**, lampę czołówkę, poziomnicę
- Zabierz **laptop** z naładowanym akumulatorem
- Zabierz kabel przedłużkę (~10m) do gniazda zasilania samochodowego 12V
- Zabierz składane krzeselko i jeśli posiadasz to także stolik
- Zabierz ciepłą **odzież** i **termos** z gorącym napojem
- Nie zapomnij o mobilnym telefonie !

- Optymalny sprzęt do astrofotografii:

- montaże
- aparaty fotograficzne
- obiektywy
- oprogramowanie

- Techniki obserwacyjne (zarówno szeroki kąt, jak i DSO), trudności, problemy

- Sprzęt uzupełniający

- dedykowane filtry
- stacje power banks, zasilanie
- chłodzenie matrycy aparatu, grzanie odnośnika, czy niezbędne
- laptop, najlepsze użyteczne oprogramowanie
- optymalna sieć połączeń (USB, RS, WiFi)
- problemy z kablami
- lunetka celownicza, pomocne uzupełnienie aparatu/kamery
- inne

- Techniki ustawienia montażu

- Metody ogniskowania

- Pomiar i eliminacja błędu okresowego PE

- Guiding i wybór sprzętu, Dither

- Stakowanie zdjęć, *Dark, Light, Flat, Bias frames*, najlepsze oprogramowanie

- Optymalizacja ekspozycji, czas naświetlania, wybór czułości ISO, wybór przysłony

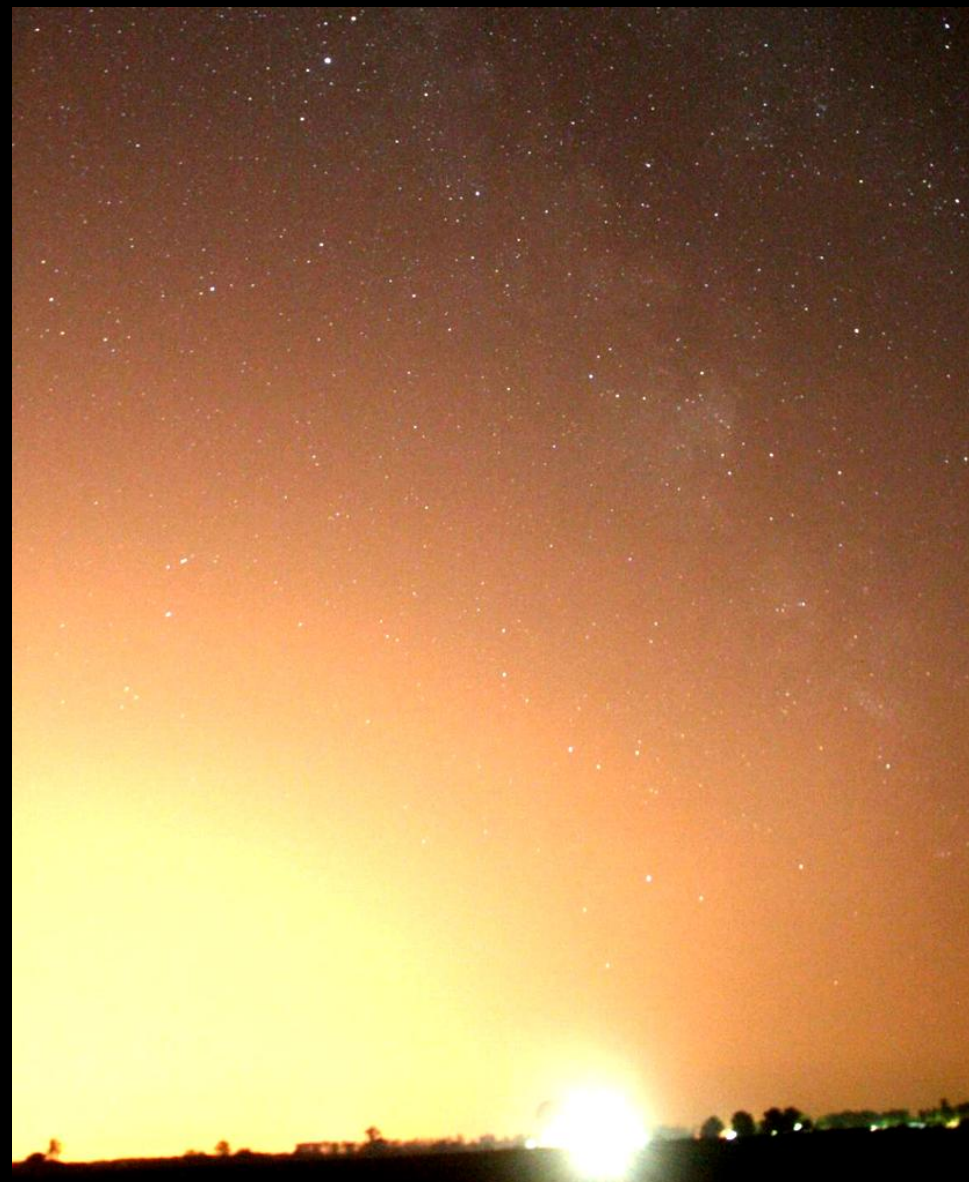
- Przetwarzanie obrazów, najlepsze zalecane oprogramowanie.

Wybór miejsca obserwacji

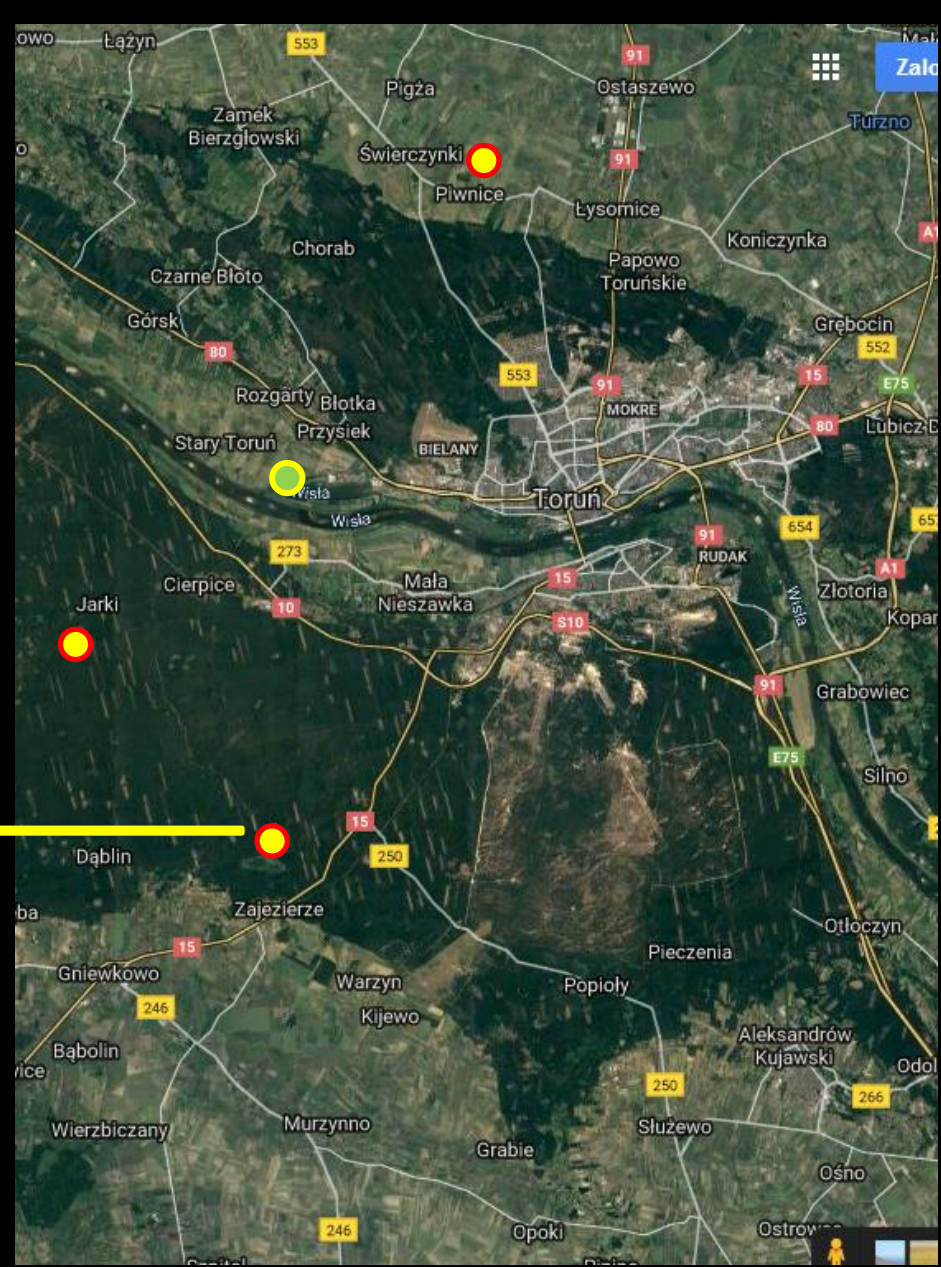


Lubomir, **120 sek, ISO 3200**, f=18mm, f/d=3.5,
Nikon D300, 2008.08.5

2008.08



Piwnice, **30 sek, ISO 1600**, f=18mm, f/d=3.5,
Canon 350D, 2006.07.25



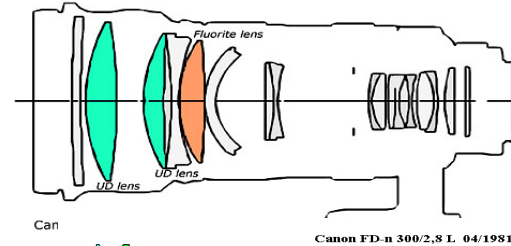
Suchatówka, nad jeziorkiem, 2019.10.20
Canon 550d, t=100s iso=800, f=14mm, f/d=2.8

Obiektywy

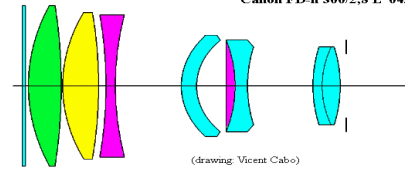
Wykorzystujemy to co aktualnie posiadamy, niemniej **warto zdobyć najlepsze szkła !**

Canon , najlepsze wg. kolejności

EF 300/2.8L IS



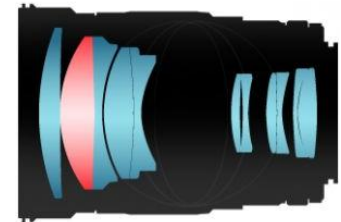
FD 300/2.8L



FD 500/4.5L

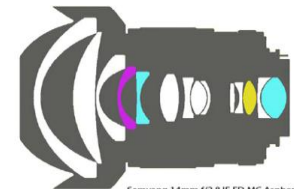


Samyang 135/2



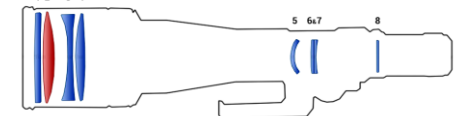
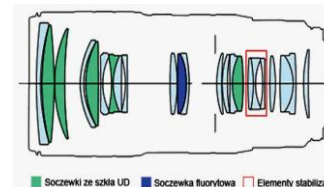
FD / EF 50/1.4 @ f/2.8

Samyang 14mm/2.8



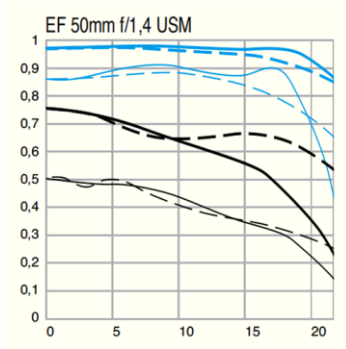
EF 70-200 f/2.8 IS II

FD 800/5.6L



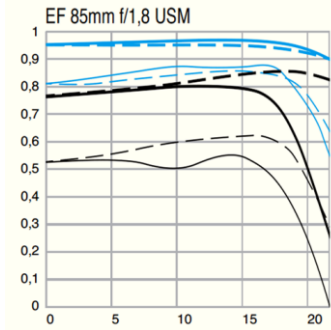
Błędy optyki

1. Aberracja sferyczna i koma



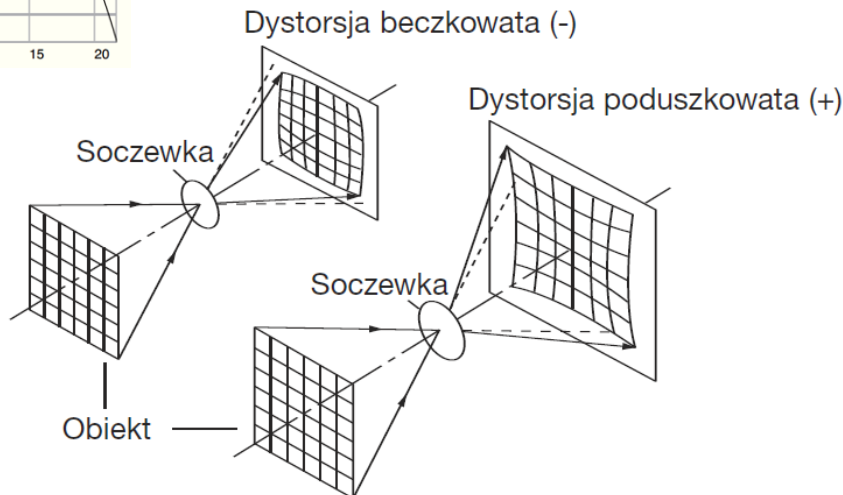
EF 50/1.4 @ f/1.4
← f/1.4 f/2.8
lewy górny narożnik ↓

2. Aberracja chromatyczna

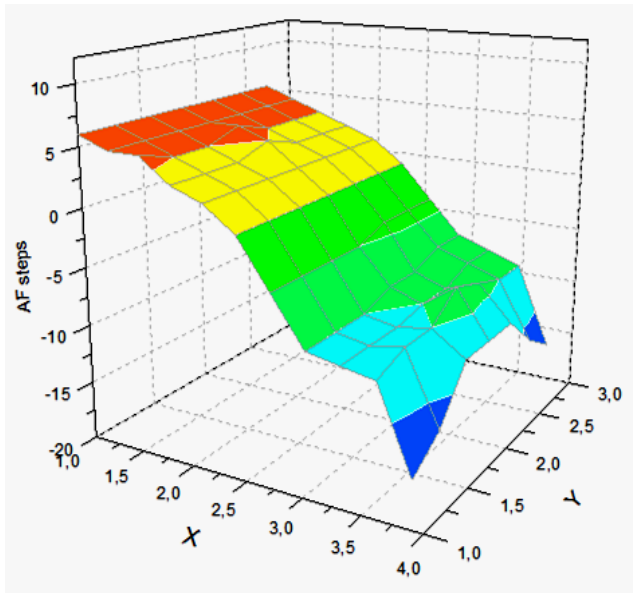


EF 85/1.8 @ f/2.0 & f/2.8 =>

3. Dystorsja



Pole obrazowe „płaszczyzna” ogniskowania



Canon ef 70-200 f/2.8L IS II
SN. 0730005159



Ten sam obraz w przeciwnych narożnikach kadru.
Aparat raz „prosto”, drugi raz odwrócony („do góry nogami”).

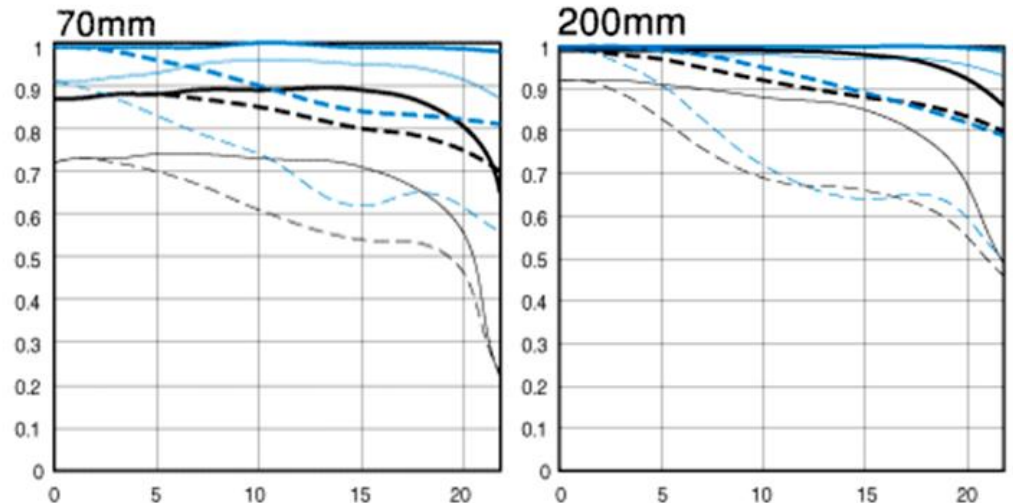
Ostrość obrazów => **MTF**

polecane strony opisów obiektywów

www.optyczne.pl

www.dpreview.com/

Canon EF 70-200mm f/2.8 L IS II USM Lens

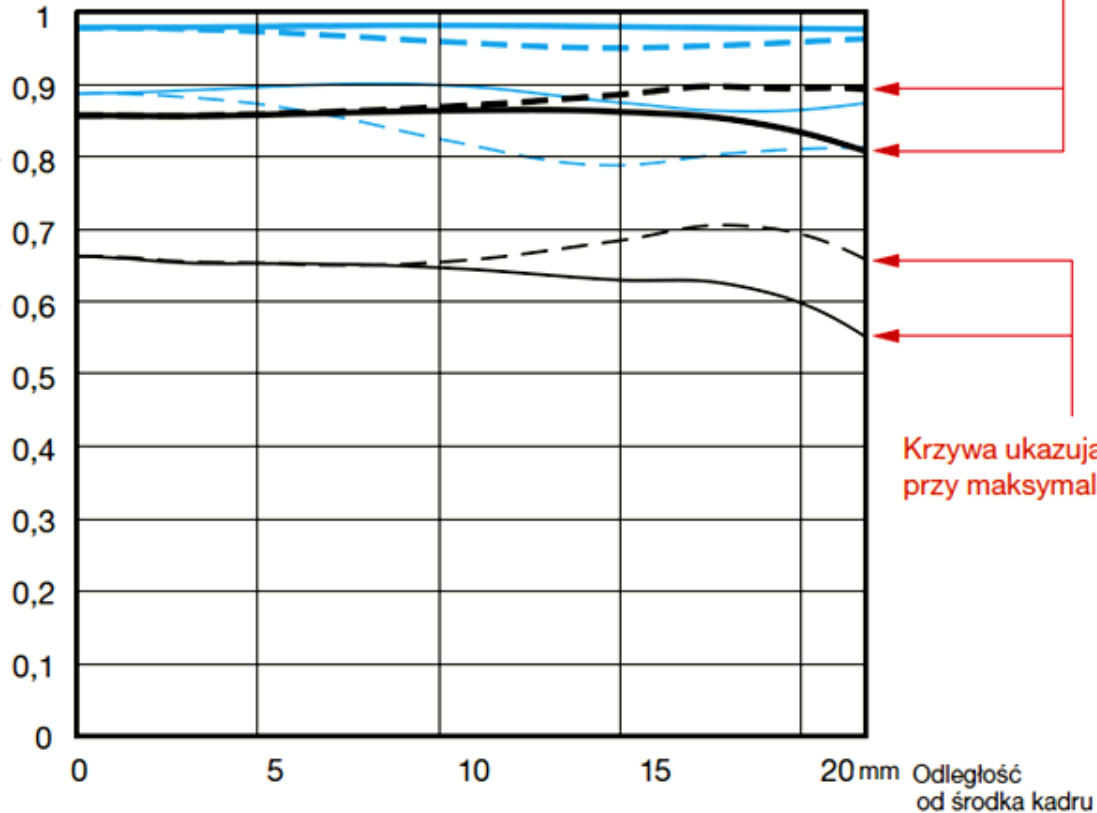


Jak odczytywać wartość MTF (Funkcji przenoszenia modulacji)

Wartość MTF (Funkcja przenoszenia modulacji) na poziomie 0,8 lub więcej, przy 10 liniach/mm oznacza, że obiektyw jest wysokiej jakości.

Wartość MTF (Funkcja przenoszenia modulacji) na poziomie 0,6 lub więcej, przy 10 liniach/mm oznacza obraz o satysfakcjonującej jakości.

Krzywa ukazująca wartość kontrastu przy maksymalnym otworze względnym



Częstotliwość przestrzenna	Maks. otwór względny		f/8	
	S	M	S	M
10 linii/mm				
30 linii/mm				

Im bliższe pokrycie krzywych S i M, tym naturalniejsze staje się rozmycie obrazu.



Zeiss 300mm f/4 1990r.

Ze śledzeniem



Canon FD 800/5.6L

Przykłady AC
Aberracji Chromatycznej



Canon FD 400/2.8L



Canon FD 500/4.5L

Pozostałe trzy zdjęcia to obszar Polaris, aparat nieruchomy.

DSLR , duża (FF) czy mała klatka (APSC)

Zdecydowanie warto posiadać obydwa aparaty, najlepiej każdy po ~20 Mpix

Te same obiektywy na APSC zachowują swoją jasność i jednocześnie mają dłuższe ognikowe . Praktycznie podwajajamy liczbę posiadanych, kosztownych obiektywów

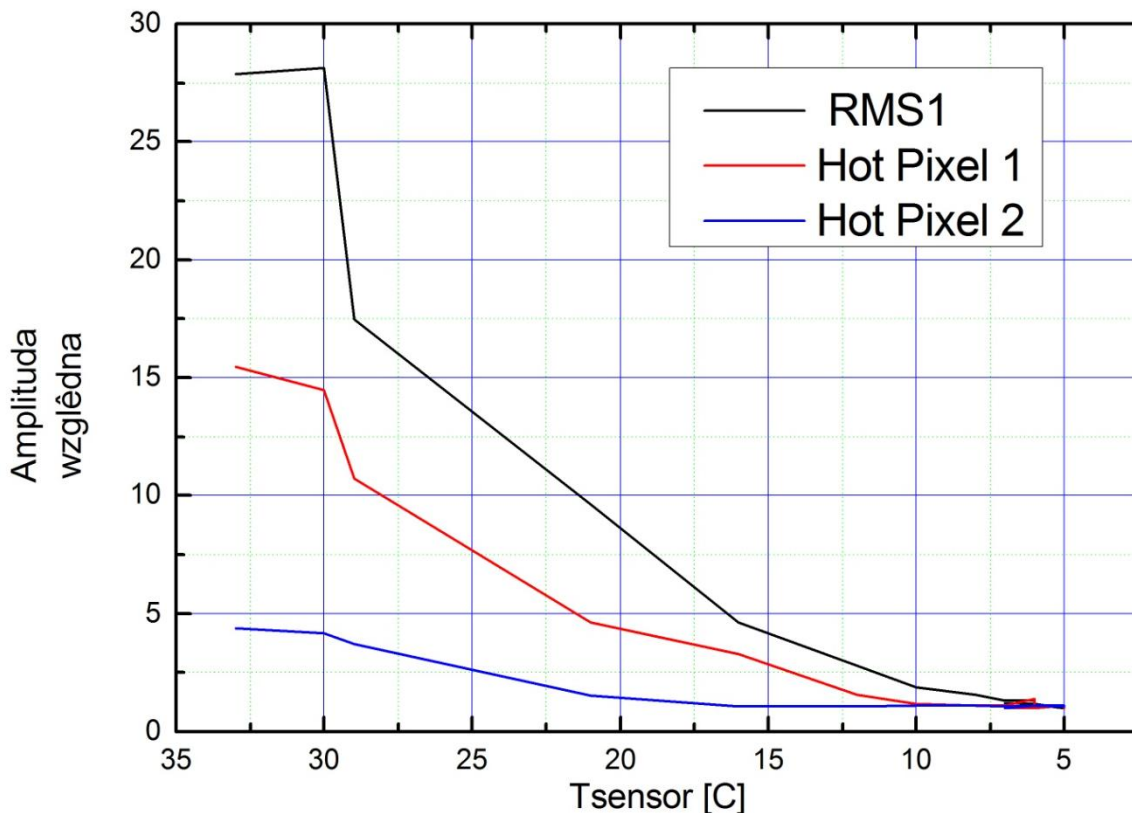
FF		APSC
f=800 mm f/d=5.8	=====→	$f_{eq} = 1280$ mm f/d=5.6
f=500 mm f/d=4.5	=====→	$f_{eq} = 800$ mm f/d=4.5
f=300 mm f/d=2.8	=====→	$f_{eq} = 480$ mm f/d=2.8
f=200 mm f/d=2.8	=====→	$f_{eq} = 320$ mm f/d=2.8
f=135 mm f/d=2.0	=====→	$f_{eq} = 216$ mm f/d=2.0
f= 50 mm f/d=2.8	=====→	$f_{eq} = 80$ mm f/d=2.8
f= 40 mm f/d=2.0	=====→	$f_{eq} = 64$ mm f/d=2.0
f= 14mm f/d=2.8	=====→	$f_{eq} = 22$ mm f/d=2.8

Czułość matrycy DSLR

w gruncie rzeczy bardzo podobna u różnych producentów DSLRs

Jak można poprawić i zoptymalizować DSLR dla potrzeb astrofoto ?

- Obniżenie poziomu szumów **software** (drogie i skomplikowane oprogramowanie)
- **Chłodzenie matrycy** jak to tanio zrobić (**DIY** internet oraz **ta prezentacja**)



Znormalizowane wartości tzn.
równe 1.0 przy 5C.

RMS w polu 0.25Mpix

Amplituda dwu gorących pikseli

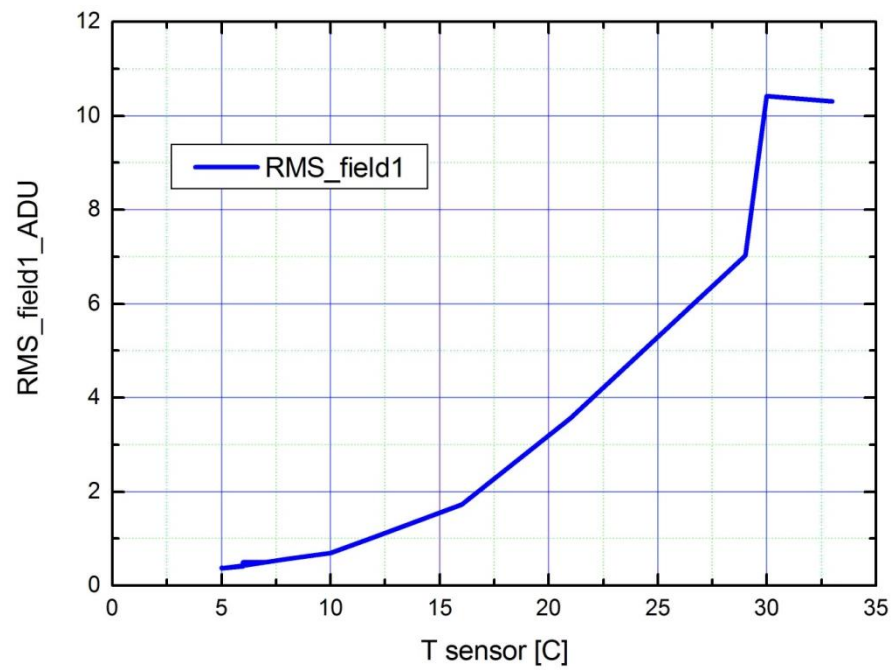
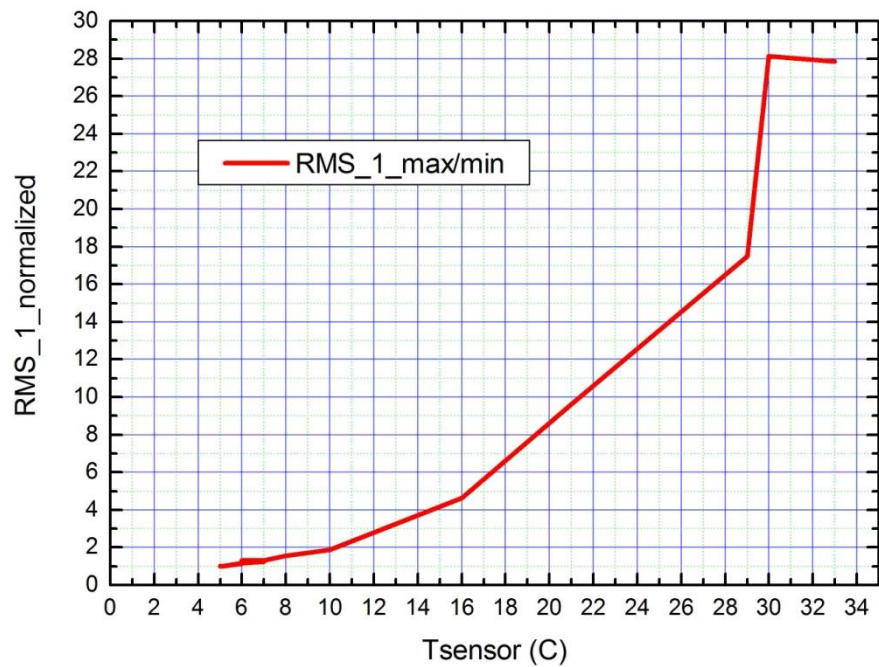
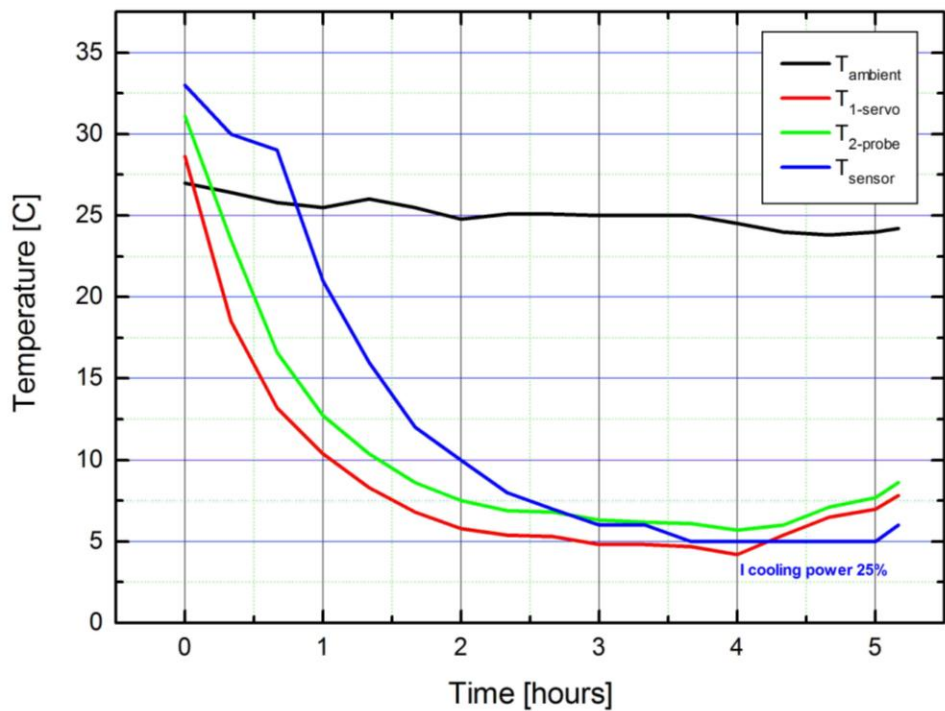
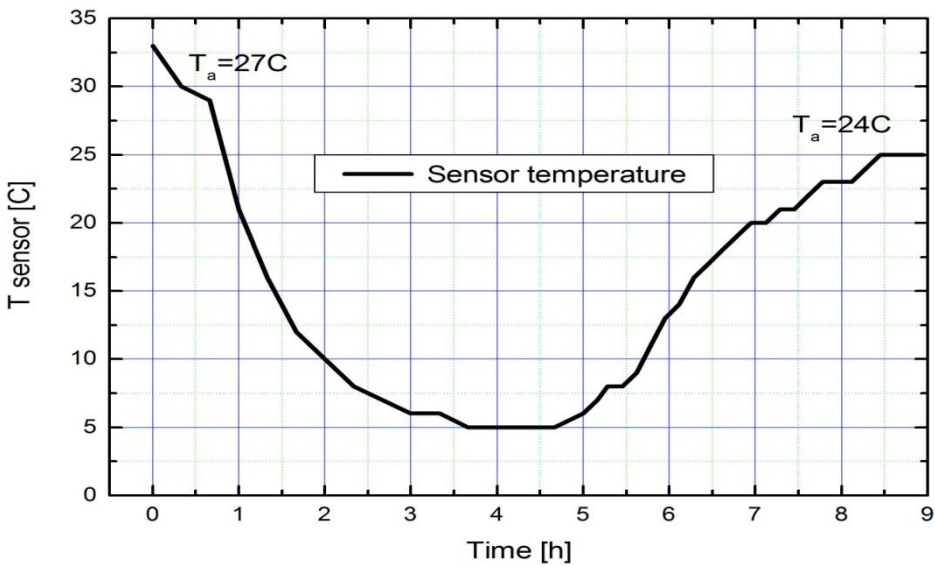
Największy spadek RMS
pomiędzy
30C - 10C

**Optymalnie T_{sensor}
10C - 5C**

Pomiar RMS i Amplitud
przy pomocy **Pixel Aid APT**

$T_{\text{sensor}} = 30\text{C}$ $\text{RMS} = 10.41 \text{ d.u.}$

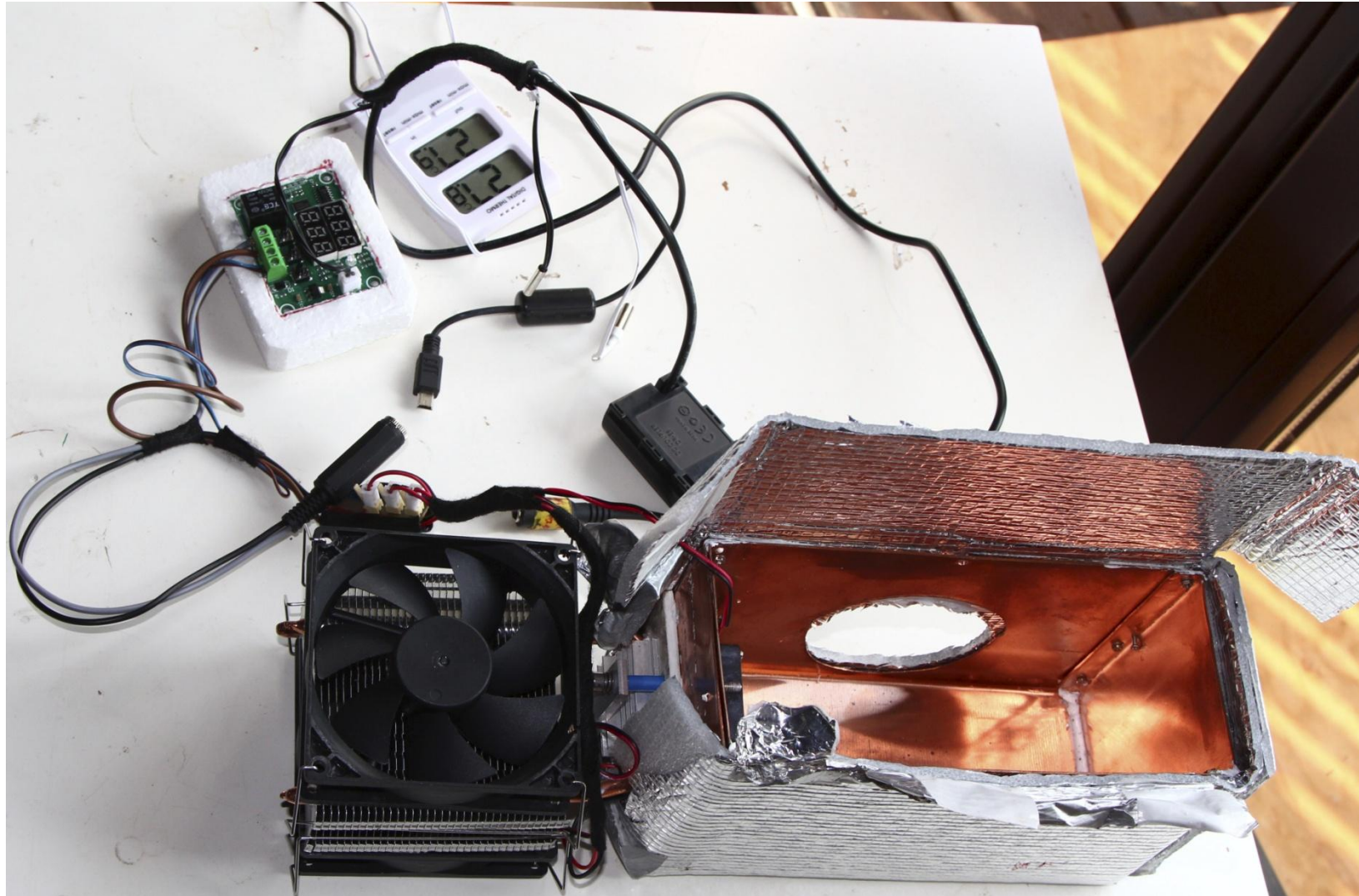
$T_{\text{sensor}} = 5\text{C}$ $\text{RMS} = 0.37 \text{ d.u.}$



<https://www.myastrscience.com/dslrcoolerbox>

<http://dslrmodifications.com/rebelmod450d16g.html>

<http://www.aznightsky.com/Coldbox.htm>



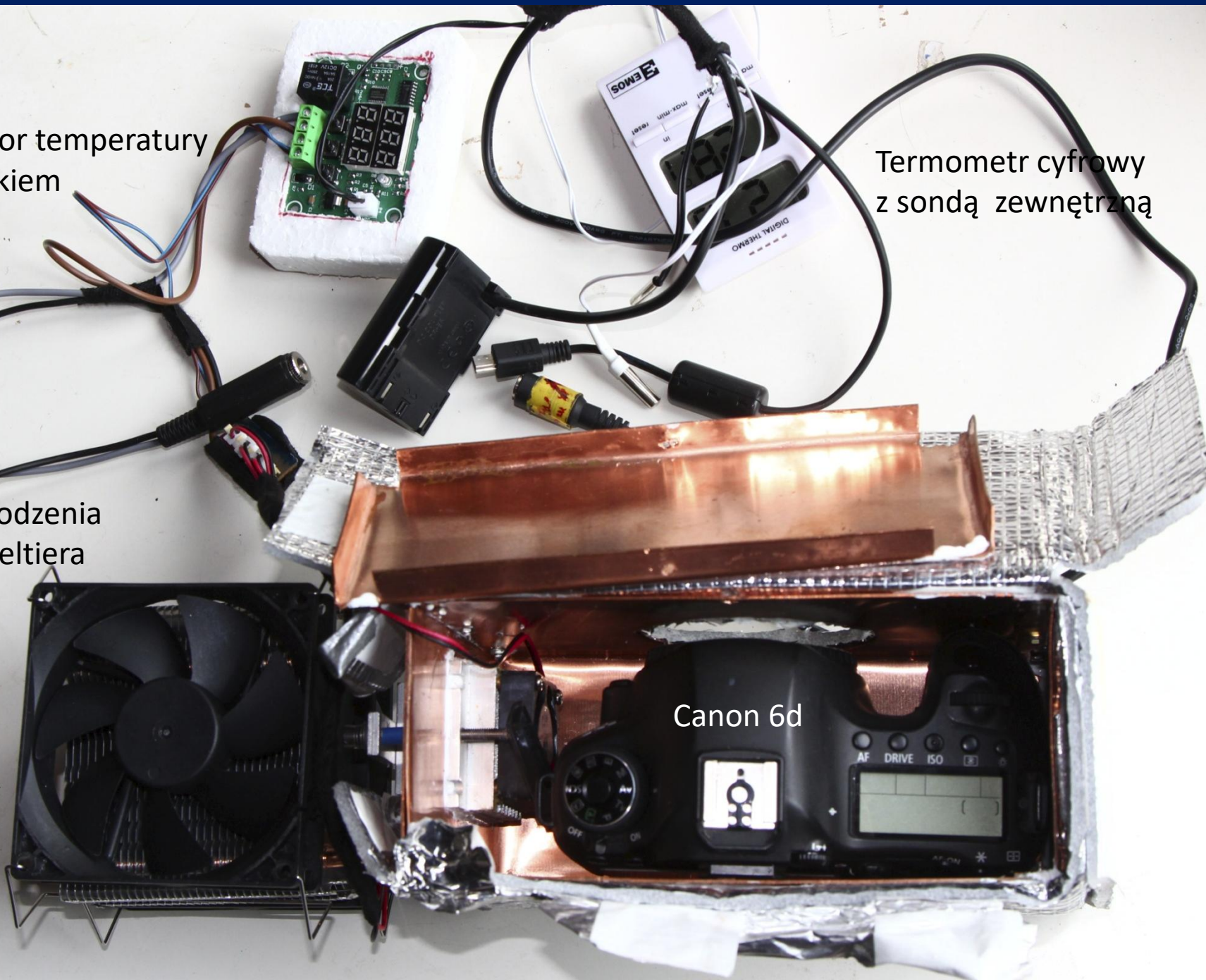
Moja (AJK) propozycja

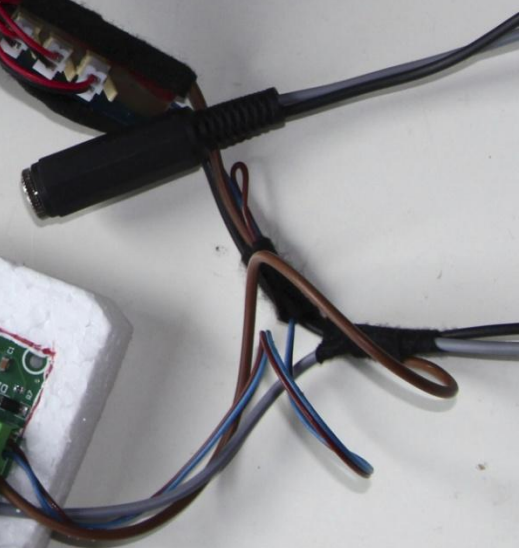
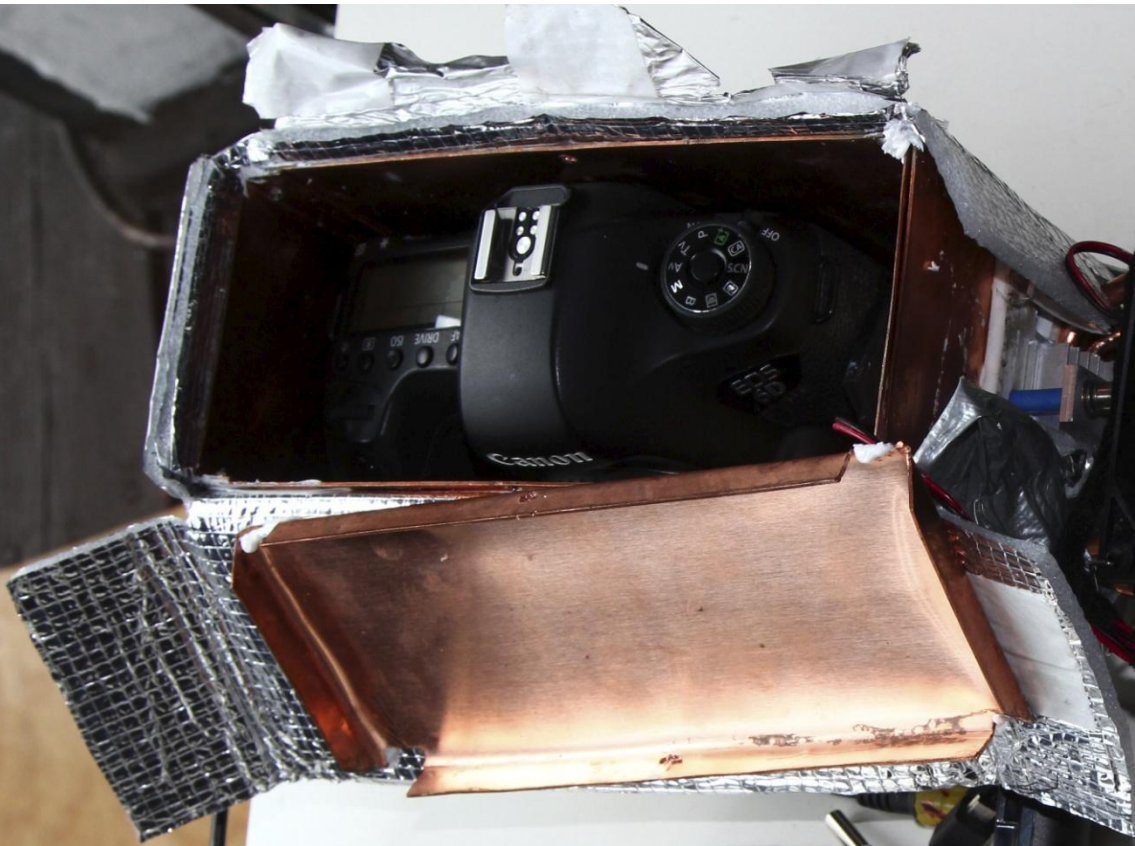
Regulator temperatury
z czujnikiem

Termometr cyfrowy
z sondą zewnętrzną

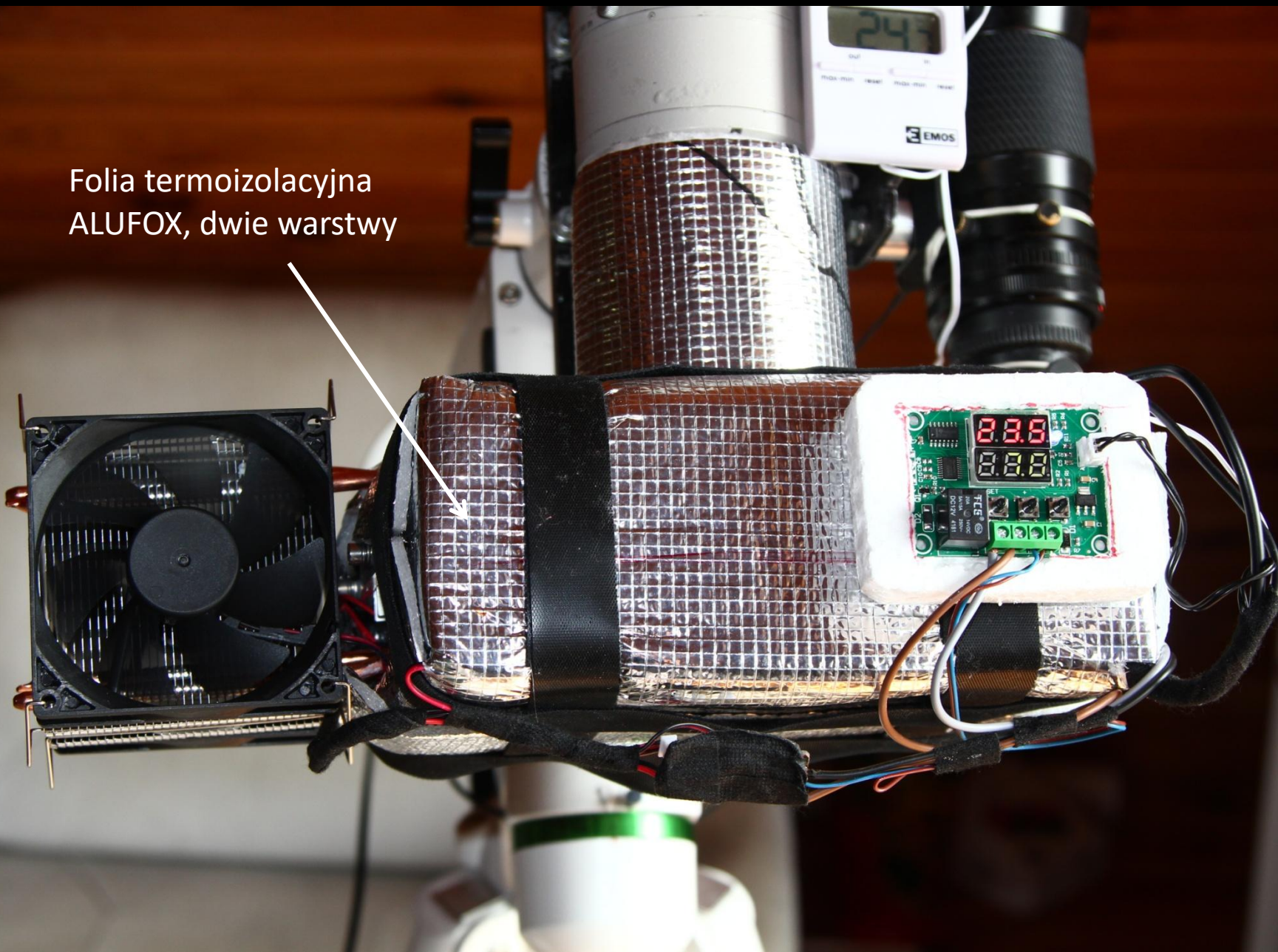
Układ chłodzenia
z płytką Peltiera
12V 3,5A

Canon 6d





Folia termoizolacyjna
ALUFOX, dwie warstwy



Canon FD 500mm f/4.5L

Canon 6d

Guider scope
Tokina FD 400mm f/5.6

ZWO ASI 120 MINI mono



Canon FD 500mm f/4.5L



SW Star Adventurer z Canon 70-200/2.8L i Samyang 135/2 z guiderem



Canon FD 800mm f/5.6L



Canon FD 800mm f/5.6L



Canon FD 800mm f/5.6L

Grzałka odrośnika
Kabel grzejny +
Cyfrowy regulator
temperatury
12V 1,7A



Ustawienie montażu paralaktycznego

1. Wypoziomowanie statywu
2. Ustawienie montażu na biegun nieba

Rozszerzenie A.

3. **Ustawienie teleskopu** (aparatu) w pozycji 0,0 (bazowej)
4. Włączenie zasilania i uruchomienie sterowania
5. Wyrównywanie, jeśli trzeba, na jednej lub na kilku gwiazdach
6. Uruchomienie **guidingu (PHD2)**, programów pomocniczych (**APT** lub **BYE Backyard**)

Rozszerzenie B.

7. Plan obserwacji, DARK, LIGHT, FLAT frames
8. Rozpoczęcie sesji fotograficznej, **wszystkie ujęcia tylko w formacie RAW**

A. Wyrównanie montażu na gwiazdę Polarną patrz PHD2, AST, aplikacje Sky Watcher

Metoda dryfu gwiazd w południku i pobliżu punktów W, E

Jest dobrze opisana w PHD2 oraz w APT i BYE, ale warto wiedzieć, że z wzorów trygonometrii sferycznej można wyznaczyć dryf deklinacyjny gwiazd (w południku), oraz dryf deklinacyjny gwiazd w pobliżu kardynalnych punktów wschodu i zachodu E, W.

Dryf deklinacyjny gwiazdy w południku (kąt godzinny $t=0$)

$$\Delta (\text{DEC}) / \Delta (T) = 15' \text{ tg} (\text{delta} (Az) * \cos \Phi * \cos (t) / 1 \text{ minutę czasu}$$

(Φ - szerokość geograficzna, T – czas, t – kąt godzinny)

Dla Torunia $\Phi = 53$ deg i $t=0$, wzór się upraszcza i dryf w DEC w sekundach łuku

$$\Delta \text{ Dec} = 9,51'' / 1 \text{ stopień błędu w Azymucie} / \text{minutę czasu}$$

Oznacza to że jeśli w ciągu minuty gwiazda zdryfuje do góry lub w dół o ok. 10'' to błąd w ustawieniu azymutu montażu wynosi 1 stopień.

Jeśli deklinacja rośnie, to przesunięcie azymut jest w stronę W, jeśli maleje, to w stronę E.

Poprawienie **wysokości osi biegunowej** można w podobny sposób ustawić dla gwiazd blisko punktów wschodu i zachodu.

Uproszczony wzór na wielkość dryfu deklinacyjnego dla gwiazd w tym rejonie:

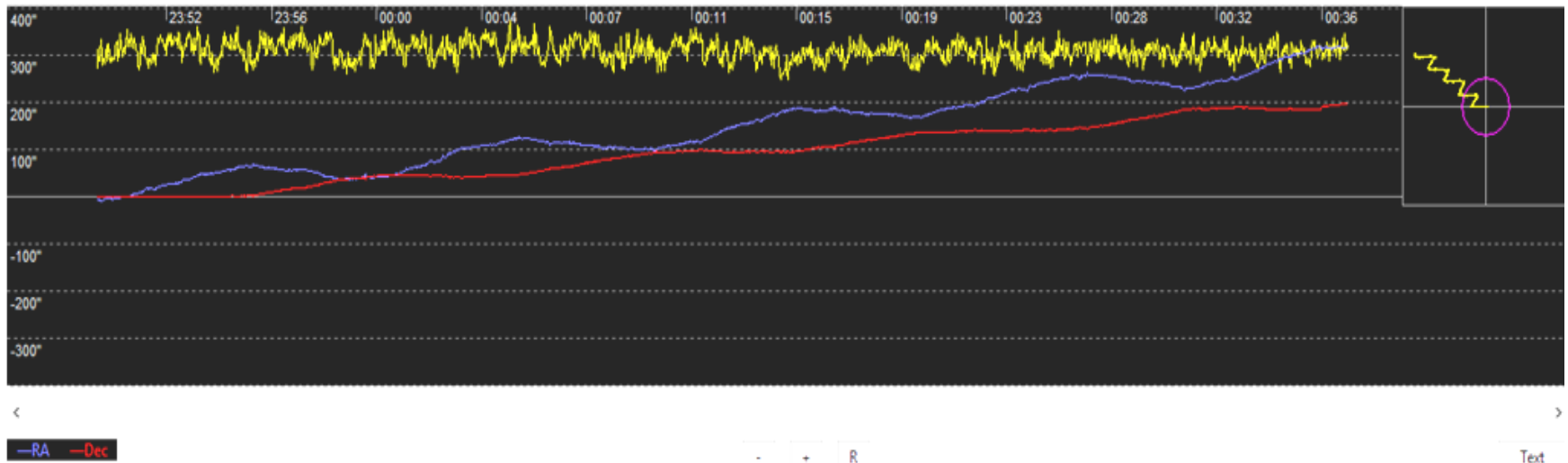
$$\Delta (\text{DEC}) = 14'' / \text{minutę czasu} / \text{stopień wysokości bieguna } P_N$$

B. Guiding i wyznaczenie błędu okresowego PE

- Lunetka guidingu, kamera guidingu,
- Połączenie z laptopem : WiFi ASlair, szeregowo przez USB,
- Oprogramowanie, **PHD2**, **PHD2 Log Viewer**, **PECprep**

Rezultaty pomiarów PE dla HEQ5 pro oraz dla Star Adventurer

Pierwsze pomiary błędu PE dla HEQ5 pro



Wykres różnic pomiędzy wybraną gwiazdą a jej początkową pozycją, guiding wyłączony.

Zrzut ekranu program PHD2

The screenshot displays the PHD2 Guiding 2.6.6 software interface. The main window shows a star field with a green crosshair and a purple dashed circle around a star. A green square highlights the star. The interface includes a menu bar (File, Guide, Tools, View, Darks, Bookmarks, Help) and a toolbar with icons for guiding, darks, and other functions.

Star Profile Panel:

- Peak: 59568
- Mid row FWHM: 1.89
- HFD: **2.75** $10.63''$

History Panel:

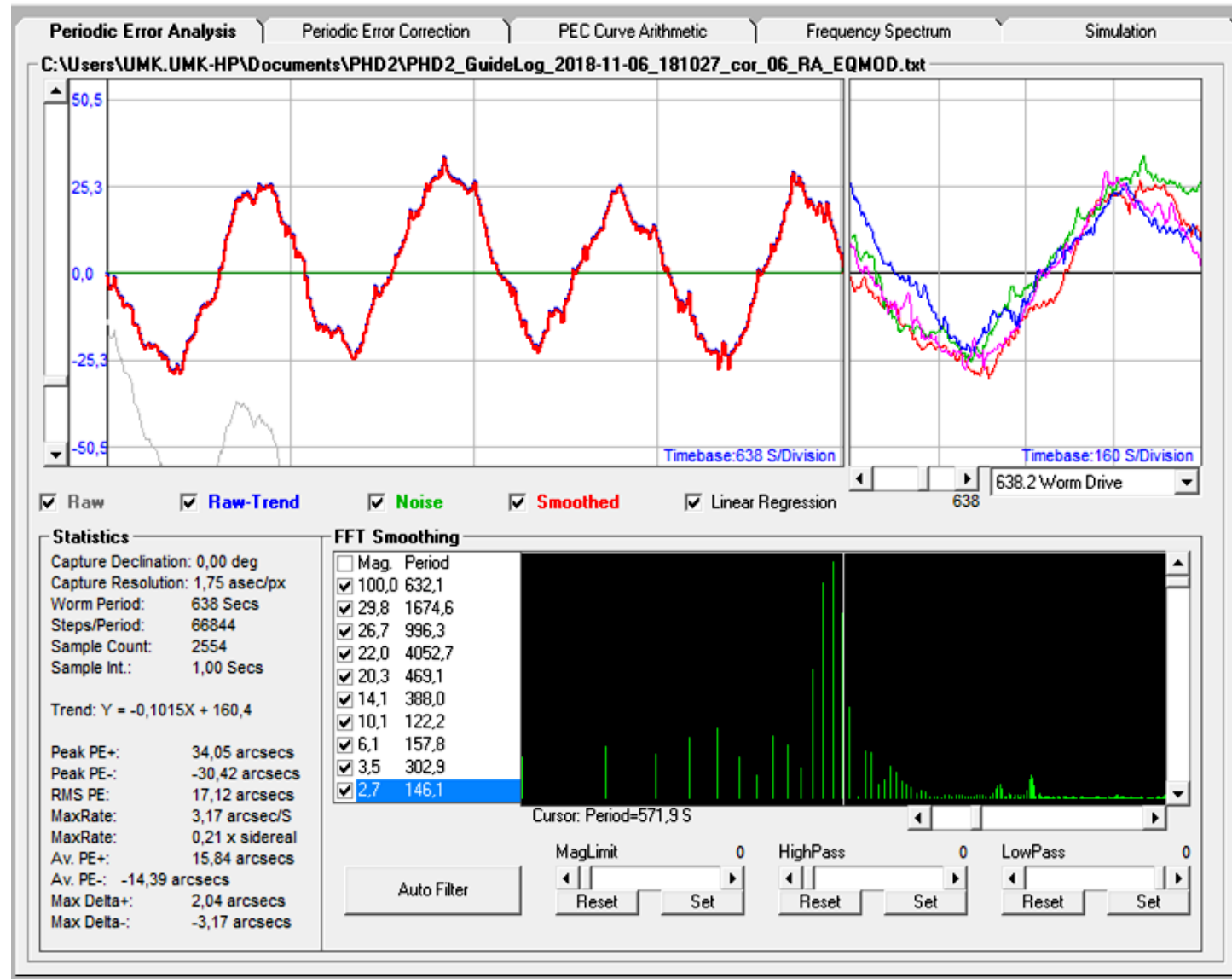
- RA: 7.97 (30.81")
- Dec: 1.70 (6.58")
- Tot: 8.14 (31.50")
- RA Osc: 0.00
- Polar alignment error: 9.79' (< 152 px)

Control Panels:

- Guide output: **DISABLED**
- Guide rate: 1.0 s
- RA: Agr 70, Hys 10, MnMo 0.20
- DEC: SI W 5.00, MnMo 0.1
- Scope: Mx RA 2500, Mx DEC 2500, Off

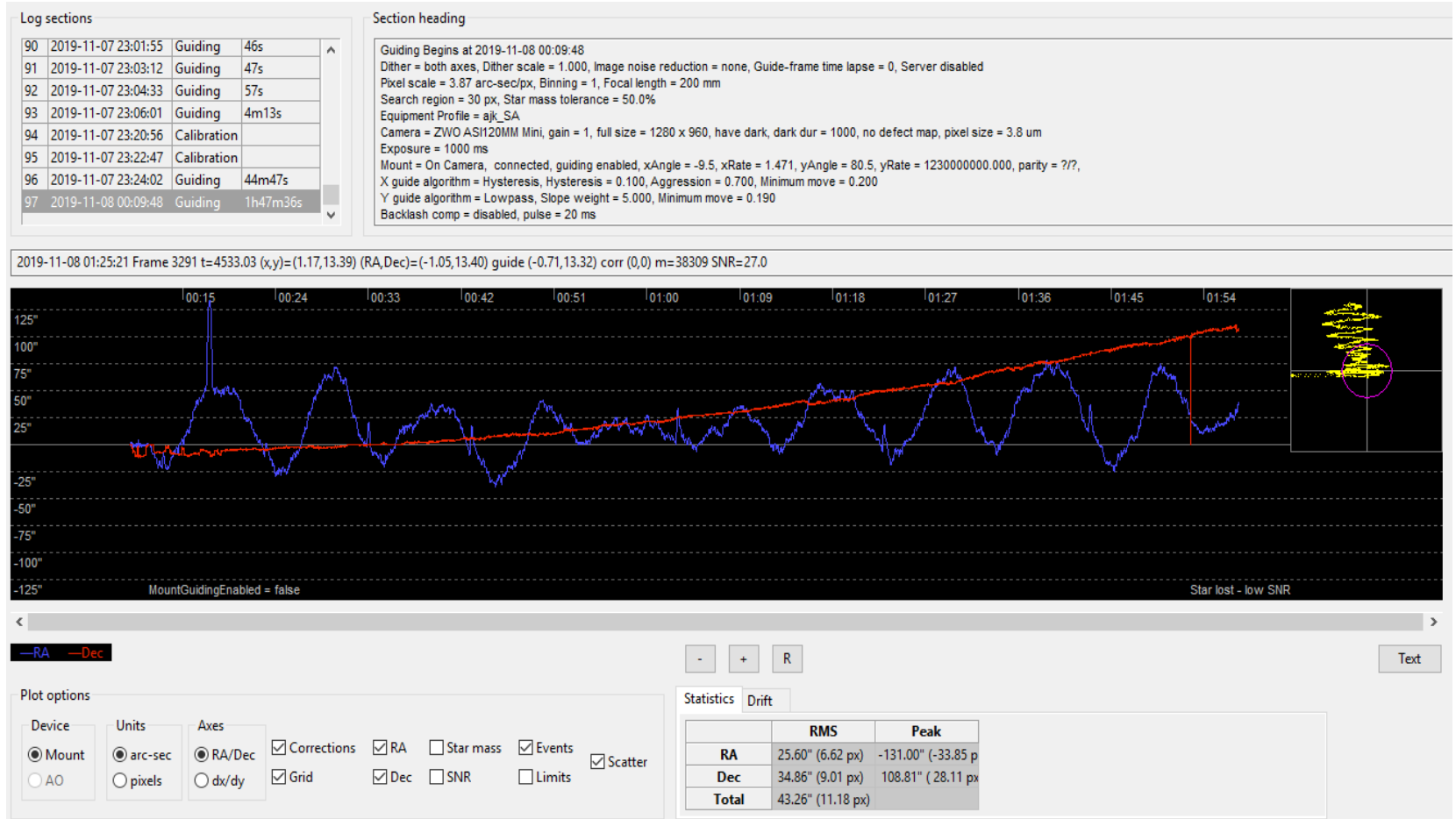
Bottom Status Bar:

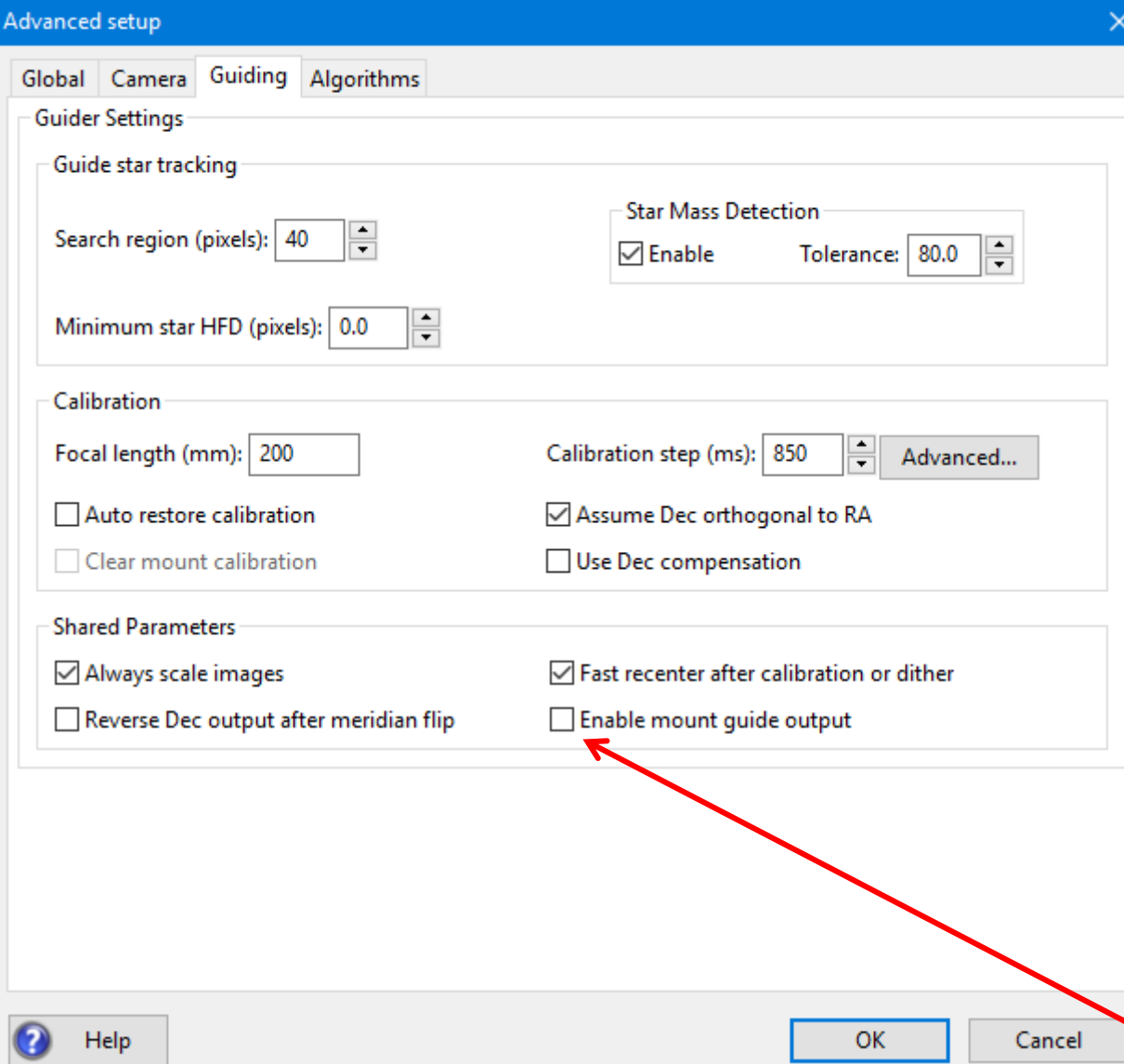
- Guiding: **Dark** SNR 102.1
- Cal: **Dark**



Analiza błędu okresowego PE przy pomocy programu PECPrep dla HEQ5 pro

Głowica paralaktyczna Star Adventurer #1





Uruchom program PHD2

Uruchom:



Connect Equipment

Camera : ZWO Camera

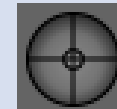
Mount: On-camera

Aux Mount: None

Włącz ikonę



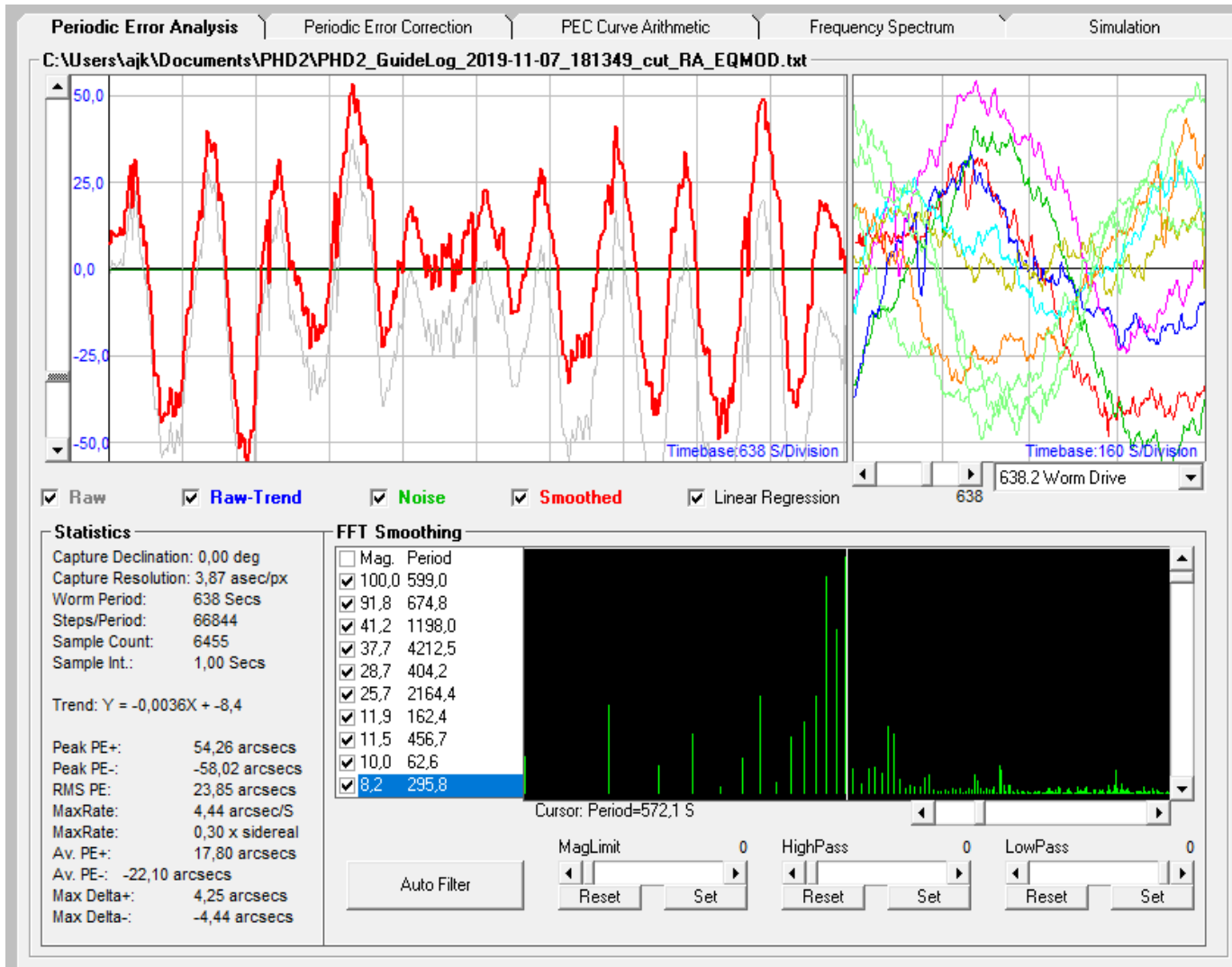
Przejdź do stanu: guiding
włączając ikonę

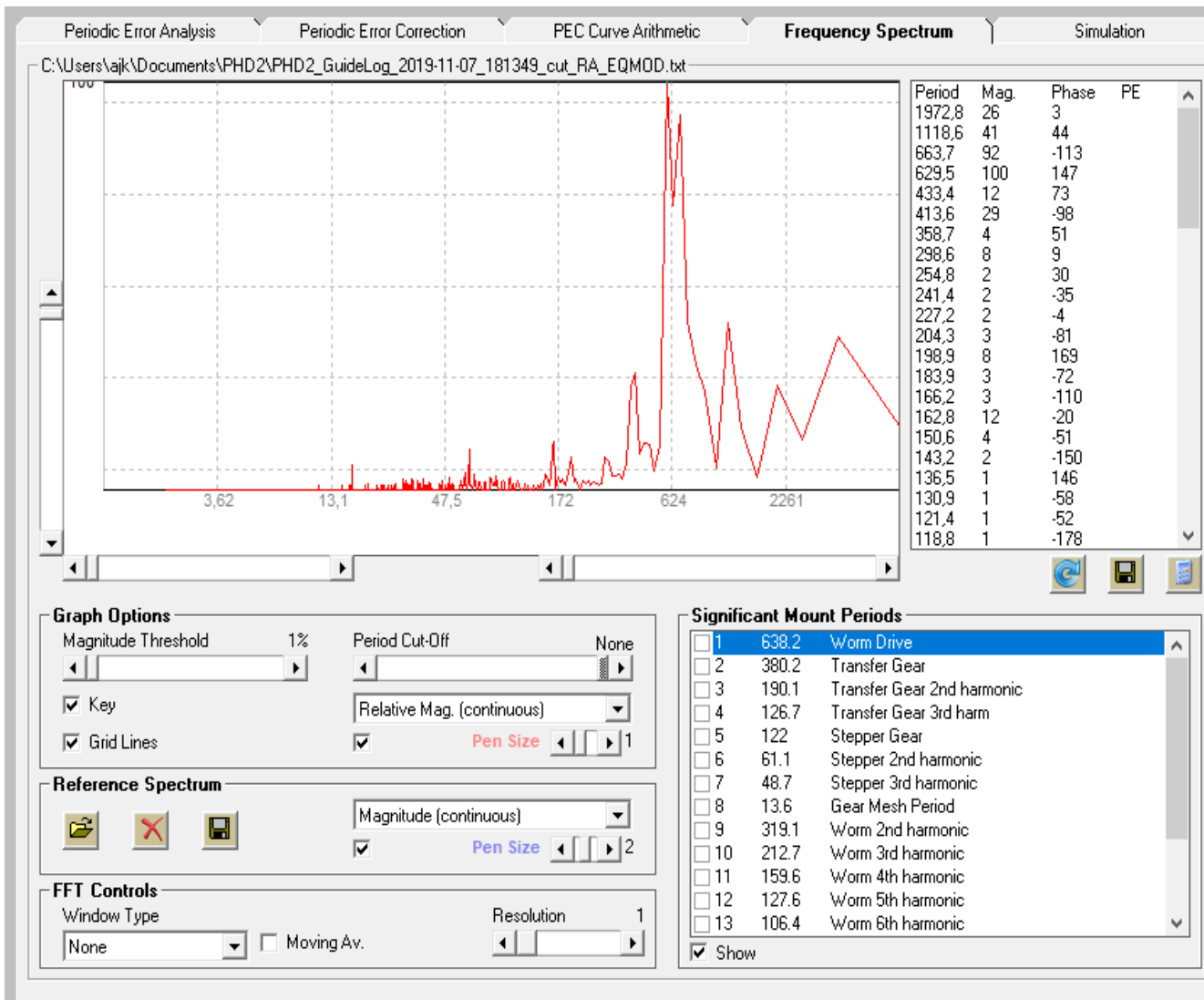


Otwórz w menu:
Guide/ Advanced settings

**Sposób na wykonanie pomiarów dokładności śledzenia
i wyznaczenia błędu okresowego PE, wyłączenie guidingu
Ustawienia dla głowicy Star Adventurer**

w trakcie guidingu
wyłącz „Enable ...”





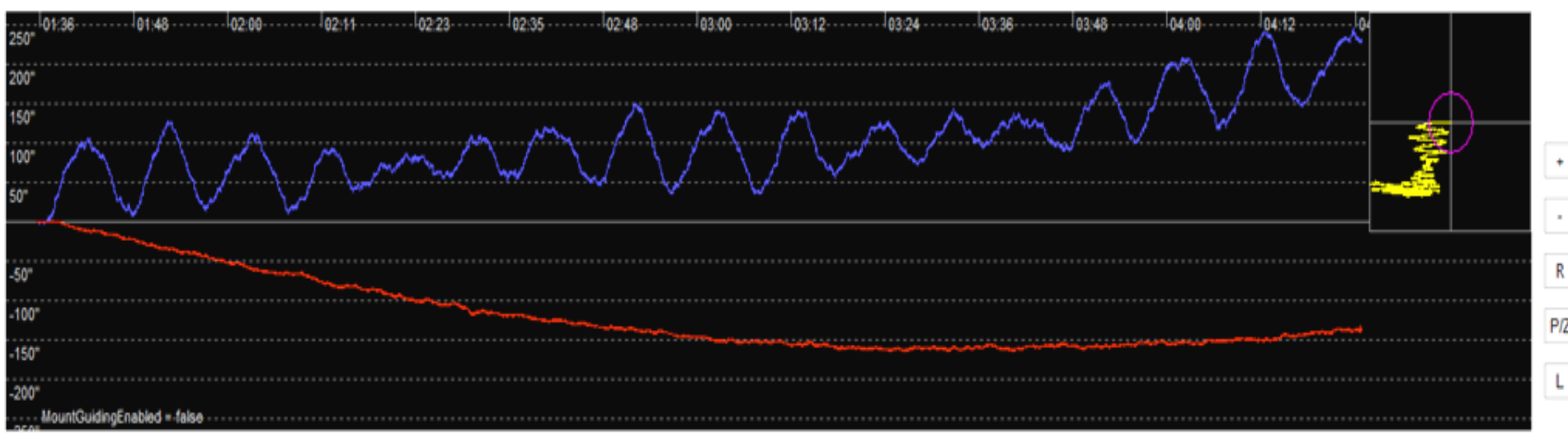
Log sections

1	2019-12-05 00:34:03	Calibration	
2	2019-12-05 00:47:25	Calibration	
3	2019-12-05 00:59:58	Guiding	8m29s
4	2019-12-05 01:09:44	Guiding	20m33s
5	2019-12-05 01:35:27	Guiding	2h49m17s

Section heading

Guiding Begins at 2019-12-05 01:35:27
 Dither = both axes, Dither scale = 1.000, Image noise reduction = none, Guide-frame time lapse = 0, Server disabled
 Pixel scale = 3.87 arc-sec/px, Binning = 1, Focal length = 200 mm
 Search region = 40 px, Star mass tolerance = 80.0%
 Equipment Profile = ajk_SA
 Camera = ZWO ASI120MM Mini, gain = 60, full size = 1280 x 960, have dark, dark dur = 1000, no defect map, pixel size = 3.8 um
 Exposure = 1000 ms
 Mount = On Camera, connected, guiding enabled, xAngle = -5.5, xRate = 1.774, yAngle = 84.5, yRate = 1230000000.000, parity = ??
 X guide algorithm = Hysteresis, Hysteresis = 0.100, Aggression = 0.700, Minimum move = 0.200
 Y guide algorithm = Lowpass, Slope weight = 5.000, Minimum move = 0.190
 Backlash comp = disabled, pulse = 20 ms

2019-12-05 03:51:39 Frame 6190 t=8172.43 (x,y)=(-47.25,-36.26) (RA,Dec)=(-43.59,-40.58) guide (-29.53,-40.58) corr (0,0) m=246394 SNR=73.7



MountGuidingEnabled = false

Legend: -RA (blue line), -Dec (red line). Navigation buttons: -, +, R, Text.

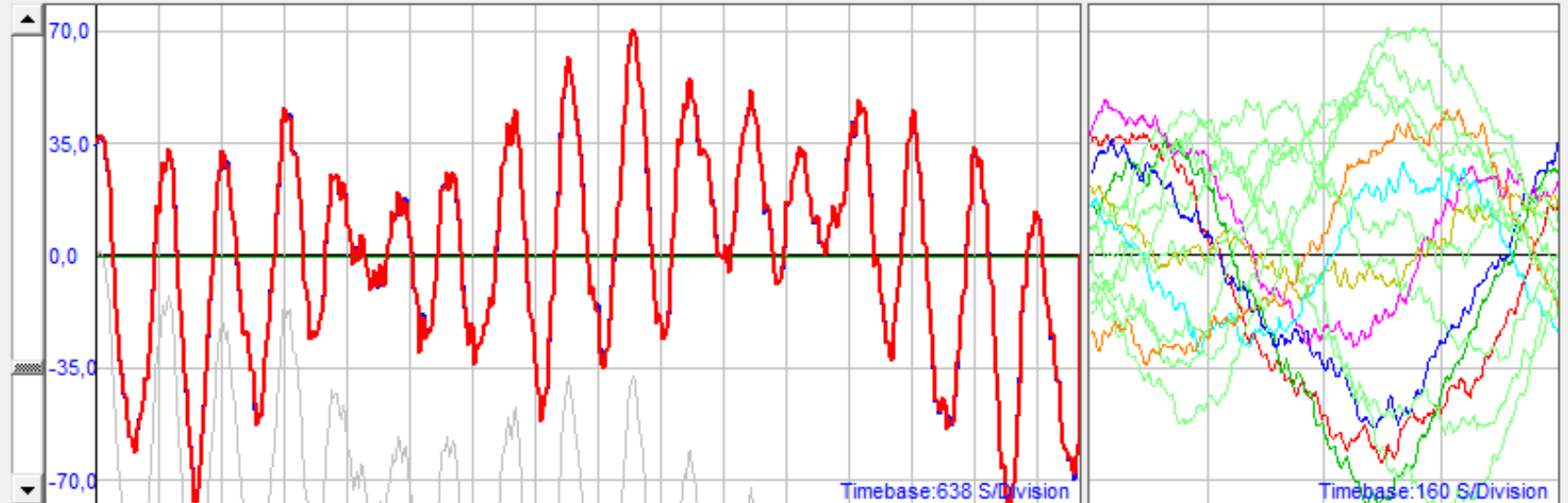
Plot options

- Device: Mount, AO
- Units: arc-sec, pixels
- Axes: RA/Dec, dx/dy
- Corrections, Grid
- RA, Dec
- Star mass, SNR
- Events, Limits
- Scatter

Statistics Drift

	RMS	Peak
RA	50.00" (12.92 px)	-242.87" (-62.76 p)
Dec	47.90" (12.38 px)	-163.75" (-42.31 p)
Total	69.24" (17.89 px)	

C:\Users\ajk\Documents\PHD2\PHD2_GuideLog_2019-12-05_002451rv1_RA_EQMOD.txt



- Raw
- Raw-Trend
- Noise
- Smoothed
- Linear Regression

638.2 Worm Drive
638

Statistics

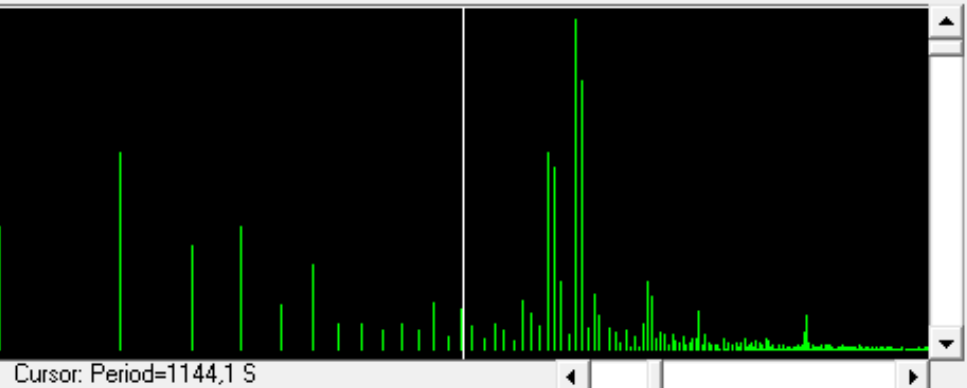
Capture Declination: 0,00 deg
 Capture Resolution: 3,87 asec/px
 Worm Period: 638 Secs
 Steps/Period: 66844
 Sample Count: 10156
 Sample Int.: 1,00 Secs

Trend: $Y = -0,0131X + -35,2$

Peak PE+: 70,88 arcsecs
 Peak PE-: -79,73 arcsecs
 RMS PE: 31,84 arcsecs
 MaxRate: 2,21 arcsec/S
 MaxRate: 0,15 x sidereal
 Av. PE+: 24,64 arcsecs
 Av. PE-: -28,04 arcsecs
 Max Delta+: 2,70 arcsecs
 Max Delta-: -3,16 arcsecs

FFT Smoothing

- Mag. Period
- 100,0 597,7
- 60,2 700,3
- 60,0 8381,5
- 37,6 4325,8
- 25,9 2783,5
- 20,8 397,8
- 17,0 544,1
- 15,2 808,2
- 14,4 1373,5
- 12,7 1158,0



Cursor: Period=1144,1 S

Auto Filter

MagLimit 0 HighPass 0 LowPass 0

Reset Set Reset Set Reset Set

C:\Users\vaik\Documents\PHD2\PHD2_GuideLog_2019-12-05_002451rv1_RA_EQMOD.txt



Period	Mag.	Phase	PE
3321.2	26	31	
1638.1	8	108	
1343.4	14	72	
1187.7	13	55	
962.0	8	15	
762.5	15	33	
705.7	60	57	
612.0	100	-30	
584.2	17	177	
509.8	7	-175	
465.1	6	-132	
416.5	4	161	
396.6	21	-8	
383.4	6	-155	
350.7	5	-108	
329.2	4	-101	
306.4	4	-68	
298.2	12	-106	
292.0	5	-146	
259.5	4	-114	
252.0	2	-149	
239.4	3	-140	

Graph Options

Magnitude Threshold: 1%
 Period Cut-Off: None
 Key
 Grid Lines
 Relative Mag. (continuous)
 Pen Size: 1

Reference Spectrum

Magnitude (continuous)
 Pen Size: 2

FFT Controls

Window Type: None
 Moving Av.
 Resolution: 1

Significant Mount Periods

- 1 638.2 Worm Drive
 - 2 380.2 Transfer Gear
 - 3 190.1 Transfer Gear 2nd harmonic
 - 4 126.7 Transfer Gear 3rd harm
 - 5 122 Stepper Gear
 - 6 61.1 Stepper 2nd harmonic
 - 7 48.7 Stepper 3rd harmonic
 - 8 13.6 Gear Mesh Period
 - 9 319.1 Worm 2nd harmonic
 - 10 212.7 Worm 3rd harmonic
 - 11 159.6 Worm 4th harmonic
 - 12 127.6 Worm 5th harmonic
 - 13 106.4 Worm 6th harmonic
- Show

File Help

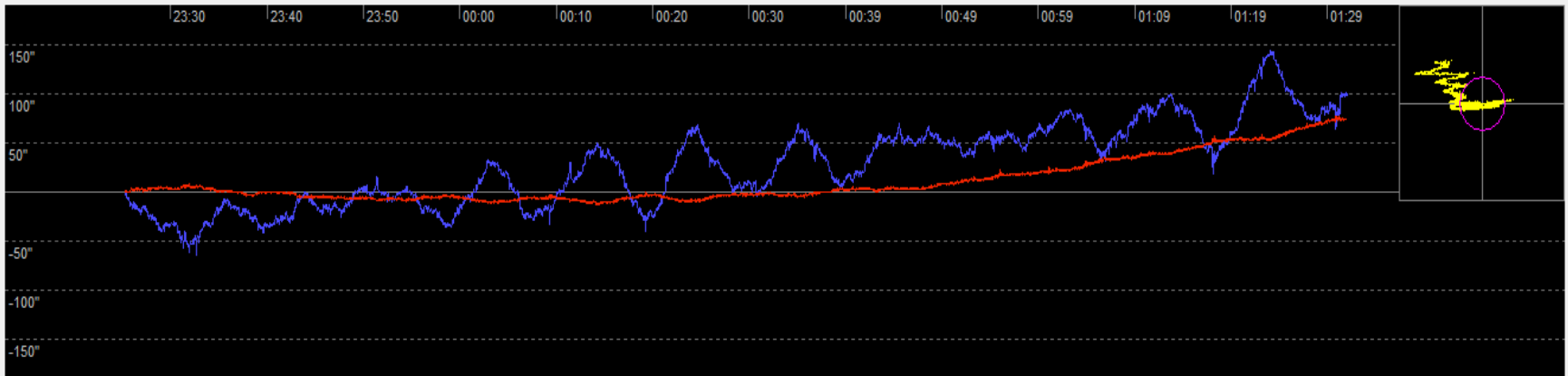
Log sections

1	2019-12-05 23:03:07	Calibration	
2	2019-12-05 23:06:40	Guiding	3m19s
3	2019-12-05 23:10:30	Guiding	11m45s
4	2019-12-05 23:25:12	Guiding	2h6m48s

Section heading

Guiding Begins at 2019-12-05 23:25:12
 Dither = both axes, Dither scale = 1.000, Image noise reduction = none, Guide-frame time lapse = 0, Server disabled
 Pixel scale = 3.87 arc-sec/px, Binning = 1, Focal length = 200 mm
 Search region = 40 px, Star mass tolerance = 80.0%
 Equipment Profile = ajk_SA
 Camera = ZWO ASI120MM Mini, gain = 80, full size = 1280 x 960, have dark, dark dur = 1000, no defect map, pixel size = 3.8 um
 Exposure = 1000 ms
 Mount = On Camera, connected, guiding disabled, xAngle = -3.6, xRate = 2.162, yAngle = 86.4, yRate = 1230000000.000, parity = ?/?
 X guide algorithm = Hysteresis, Hysteresis = 0.100, Aggression = 0.700, Minimum move = 0.200
 Y guide algorithm = Lowpass, Slope weight = 5.000, Minimum move = 0.190
 Backlash comp = disabled, pulse = 20 ms

2019-12-06 00:04:12 Frame 1758 t=2340.75 (x,y)=(-6.09,-2.28) (RA,Dec)=(-5.93,-2.66) guide (-4.01,-2.62) corr (0,0) m=502171 SNR=93.8



< >

—RA —Dec

Plot options

Device: Mount AO

Units: arc-sec pixels

Axes: RA/Dec dx/dy

Corrections RA Star mass Events Scatter

Grid Dec SNR Limits

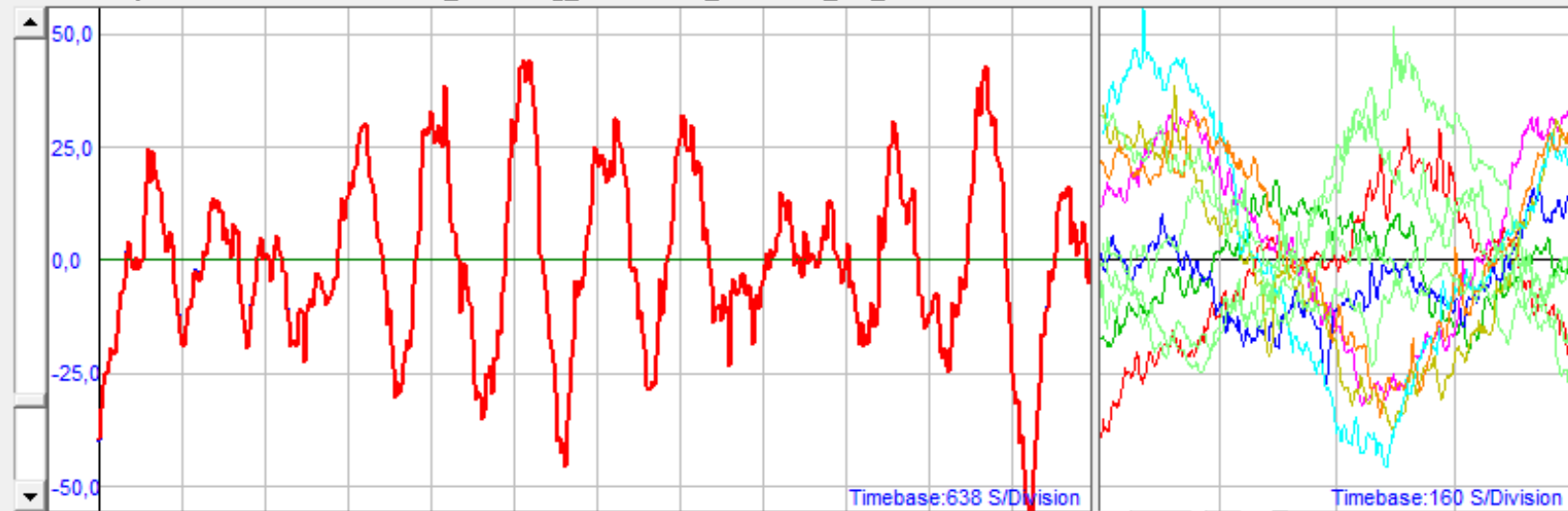
- + R

Text

Statistics Drift

	RMS	Peak
RA	42.82" (11.06 px)	-144.21" (-37.26 px)
Dec	23.18" (5.99 px)	78.41" (20.26 px)
Total	48.69" (12.58 px)	

C:\Users\ajk\Documents\PHD2\PHD2_GuideLog_2019-12-05_225759rv_RA_EQMOD.txt



- Raw
- Raw-Trend
- Noise
- Smoothed
- Linear Regression

638.2 Worm Drive
638

Statistics

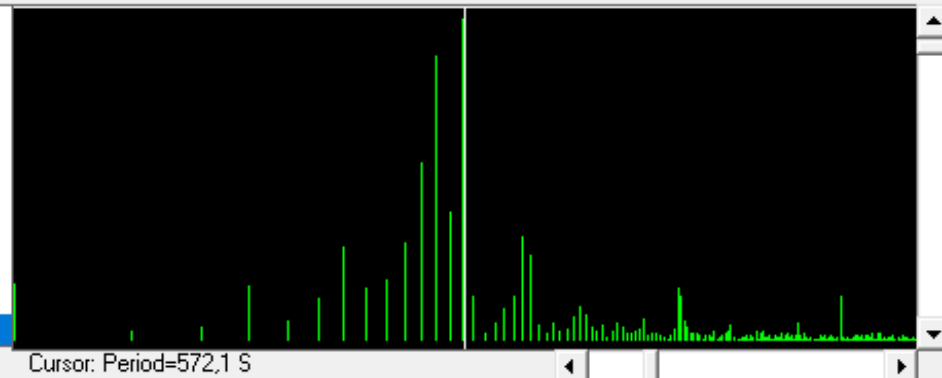
Capture Declination: 0,00 deg
 Capture Resolution: 3,87 arcsec/px
 Worm Period: 638 Secs
 Steps/Period: 66844
 Sample Count: 7607
 Sample Int.: 1,00 Secs

Trend: $Y = -0,0175X + 39,2$

Peak PE+: 59,21 arcsecs
 Peak PE-: -58,04 arcsecs
 RMS PE: 18,60 arcsecs
 MaxRate: 12,61 arcsec/S
 MaxRate: 0,84 x sidereal
 Av. PE+: 15,43 arcsecs
 Av. PE-: -13,96 arcsecs
 Max Delta+: 11,11 arcsecs
 Max Delta-: -12,61 arcsecs

FFT Smoothing

- Mag. Period
- 100,0 592,2
- 88,4 687,2
- 32,7 405,9
- 29,4 1161,9
- 17,7 7094,0
- 16,9 2012,3
- 16,6 162,9
- 13,9 62,5
- 10,5 292,4
- 8,1 16,6



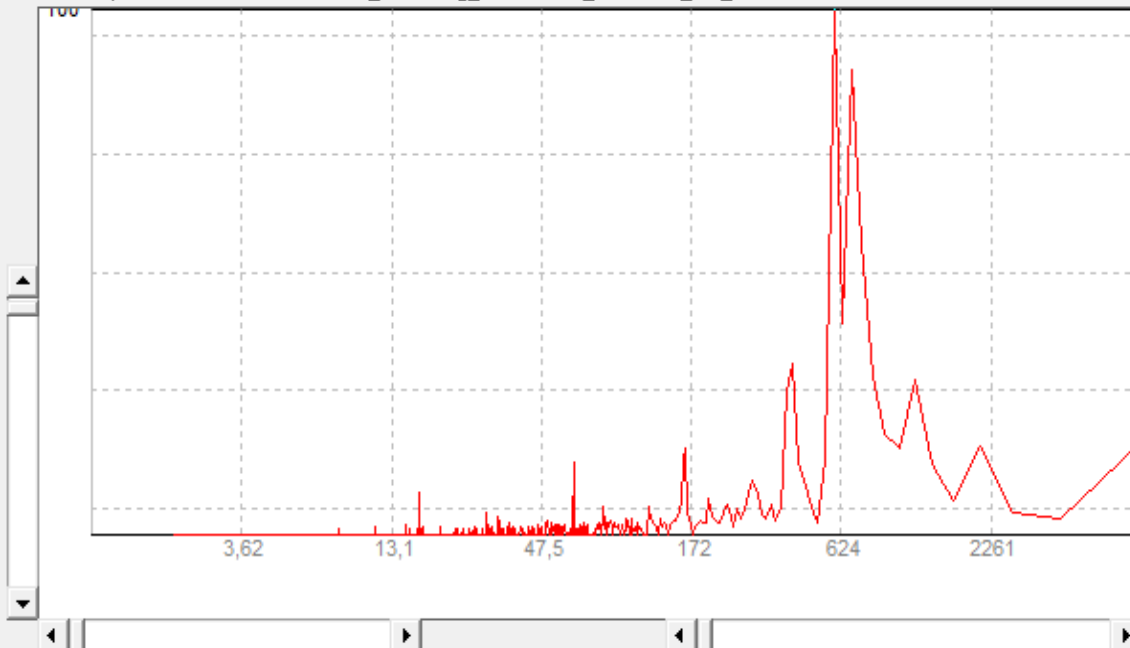
Cursor: Period=572,1 S

Auto Filter

MagLimit 0 HighPass 0 LowPass 0

Reset Set Reset Set Reset Set

C:\Users\ajk\Documents\PHD2\PHD2_GuideLog_2019-12-05_225759rv_RA_EQMOD.txt



Period	Mag.	Phase	PE
1972.8	26	3	
1118.6	41	44	
663.7	92	-113	
629.5	100	147	
433.4	12	73	
413.6	29	-98	
358.7	4	51	
298.6	8	9	
254.8	2	30	
241.4	2	-35	
227.2	2	-4	
204.3	3	-81	
198.9	8	169	
183.9	3	-72	
166.2	3	-110	
162.8	12	-20	
150.6	4	-51	
143.2	2	-150	
136.5	1	146	
130.9	1	-58	
121.4	1	-52	
118.8	1	-178	

Graph Options

Magnitude Threshold: 1%
 Period Cut-Off: None
 Key
 Grid Lines
 Relative Mag. (continuous)
 Pen Size: 1

Reference Spectrum

Magnitude (continuous)
 Pen Size: 2

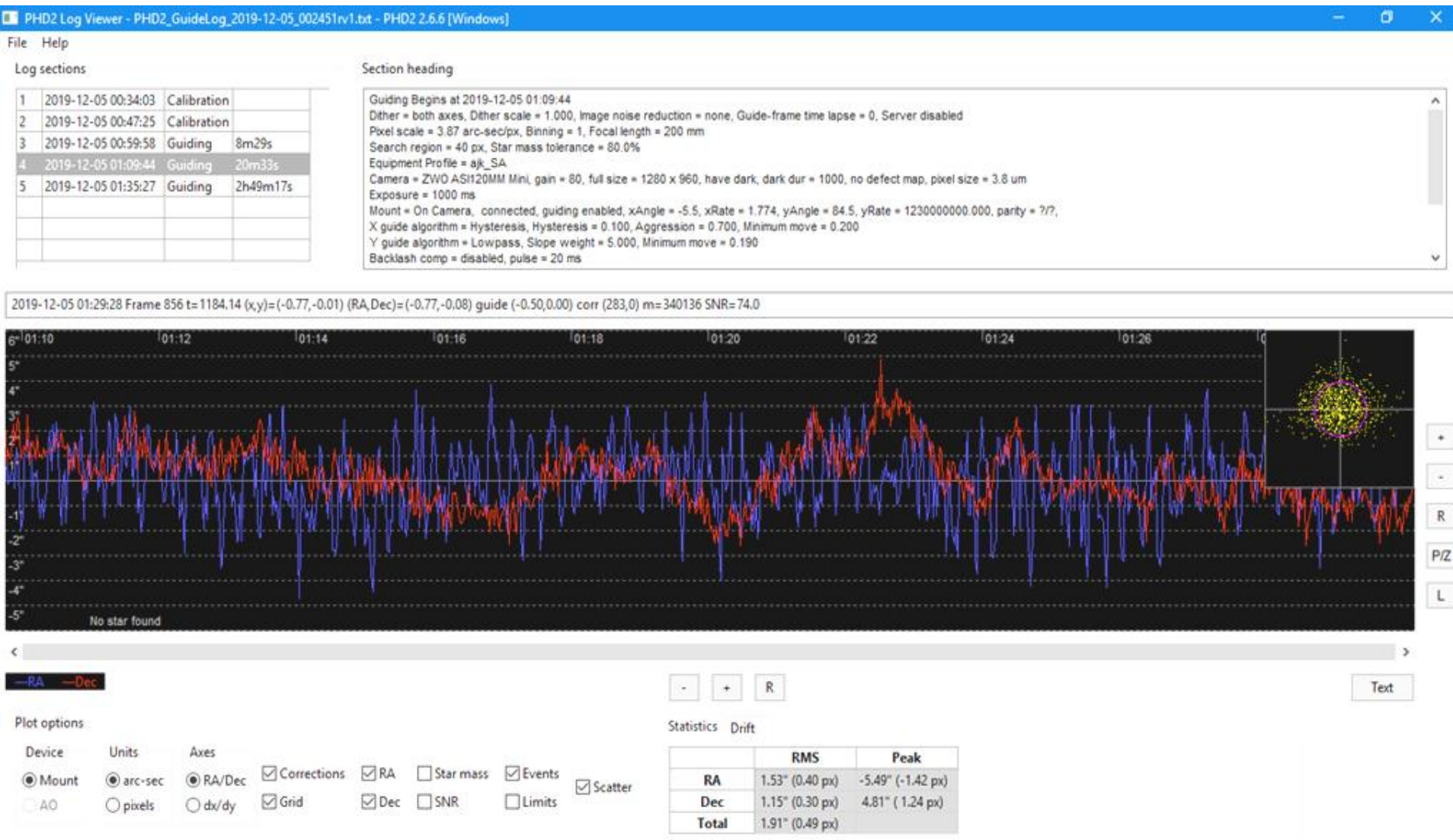
FFT Controls

Window Type: None
 Moving Av.
 Resolution: 1

Significant Mount Periods

- 1 638.2 Worm Drive
 - 2 380.2 Transfer Gear
 - 3 190.1 Transfer Gear 2nd harmonic
 - 4 126.7 Transfer Gear 3rd harm
 - 5 122 Stepper Gear
 - 6 61.1 Stepper 2nd harmonic
 - 7 48.7 Stepper 3rd harmonic
 - 8 13.6 Gear Mesh Period
 - 9 319.1 Worm 2nd harmonic
 - 10 212.7 Worm 3rd harmonic
 - 11 159.6 Worm 4th harmonic
 - 12 127.6 Worm 5th harmonic
 - 13 106.4 Worm 6th harmonic
- Show

guiding 20min - parametry opisujące dokładność śledzenia



W ciągu 20 minut w RA RMS=1.53", DEC RMS=1.15", błąd całkowity (RMS) 1.91"

Periodic Error Analysis

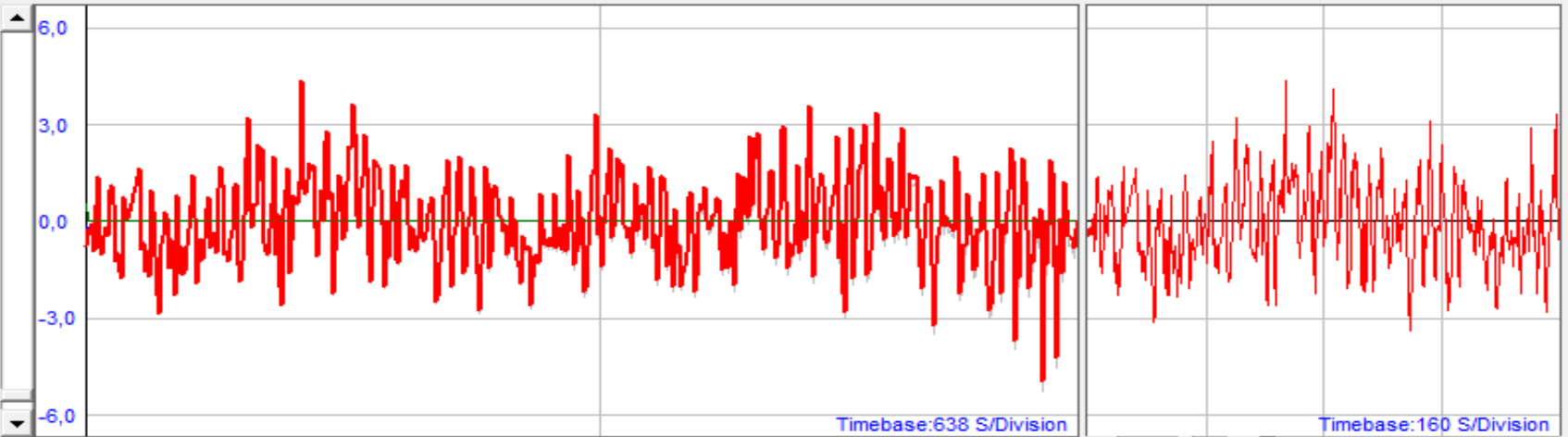
Periodic Error Correction

PEC Curve Arithmetic

Frequency Spectrum

Simulation

C:\Users\ajk\Documents\PHD2\PHD2_GuideLog_2019-12-05_002451rv3_RA_EQMOD.txt



- Raw
- Raw-Trend
- Noise
- Smoothed
- Linear Regression

638 638.2 Worm Drive

Statistics

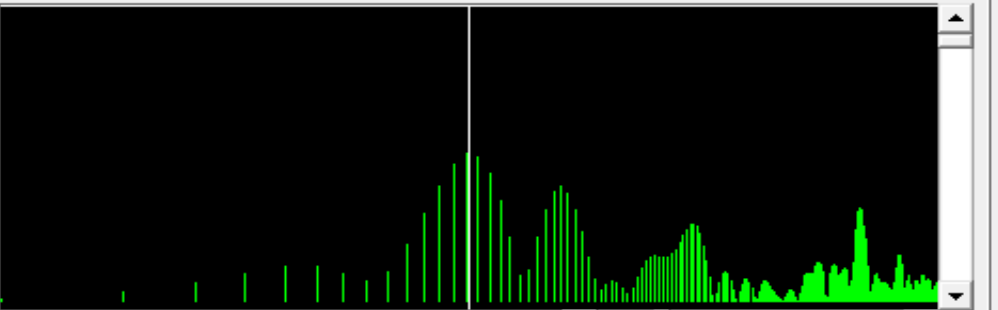
Capture Declination: 0,00 deg
 Capture Resolution: 3,87 asec/px
 Worm Period: 638 Secs
 Steps/Period: 66844
 Sample Count: 1232
 Sample Int.: 1,00 Secs

Trend: $Y = -0,0003X + 0,1$

Peak PE+: 4,36 arcsecs
 Peak PE-: -4,96 arcsecs
 RMS PE: 1,34 arcsecs
 MaxRate: 3,45 arcsec/S
 MaxRate: 0,23 x sidereal
 Av. PE+: 1,11 arcsecs
 Av. PE-: -1,02 arcsecs
 Max Delta+: 3,45 arcsecs
 Max Delta-: -2,82 arcsecs

FFT Smoothing

- | <input type="checkbox"/> Mag. | <input type="checkbox"/> Period |
|---|---------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> 100,0 | 16,6 |
| <input checked="" type="checkbox"/> 53,2 | 16,3 |
| <input checked="" type="checkbox"/> 52,2 | 583,9 |
| <input checked="" type="checkbox"/> 40,5 | 341,1 |
| <input checked="" type="checkbox"/> 39,1 | 17,2 |
| <input checked="" type="checkbox"/> 34,0 | 29,9 |
| <input checked="" type="checkbox"/> 33,0 | 62,5 |
| <input checked="" type="checkbox"/> 32,3 | 8,3 |
| <input checked="" type="checkbox"/> 30,6 | 11,5 |
| <input checked="" type="checkbox"/> 27,5 | 160,5 |



MagLimit 0

HighPass 0

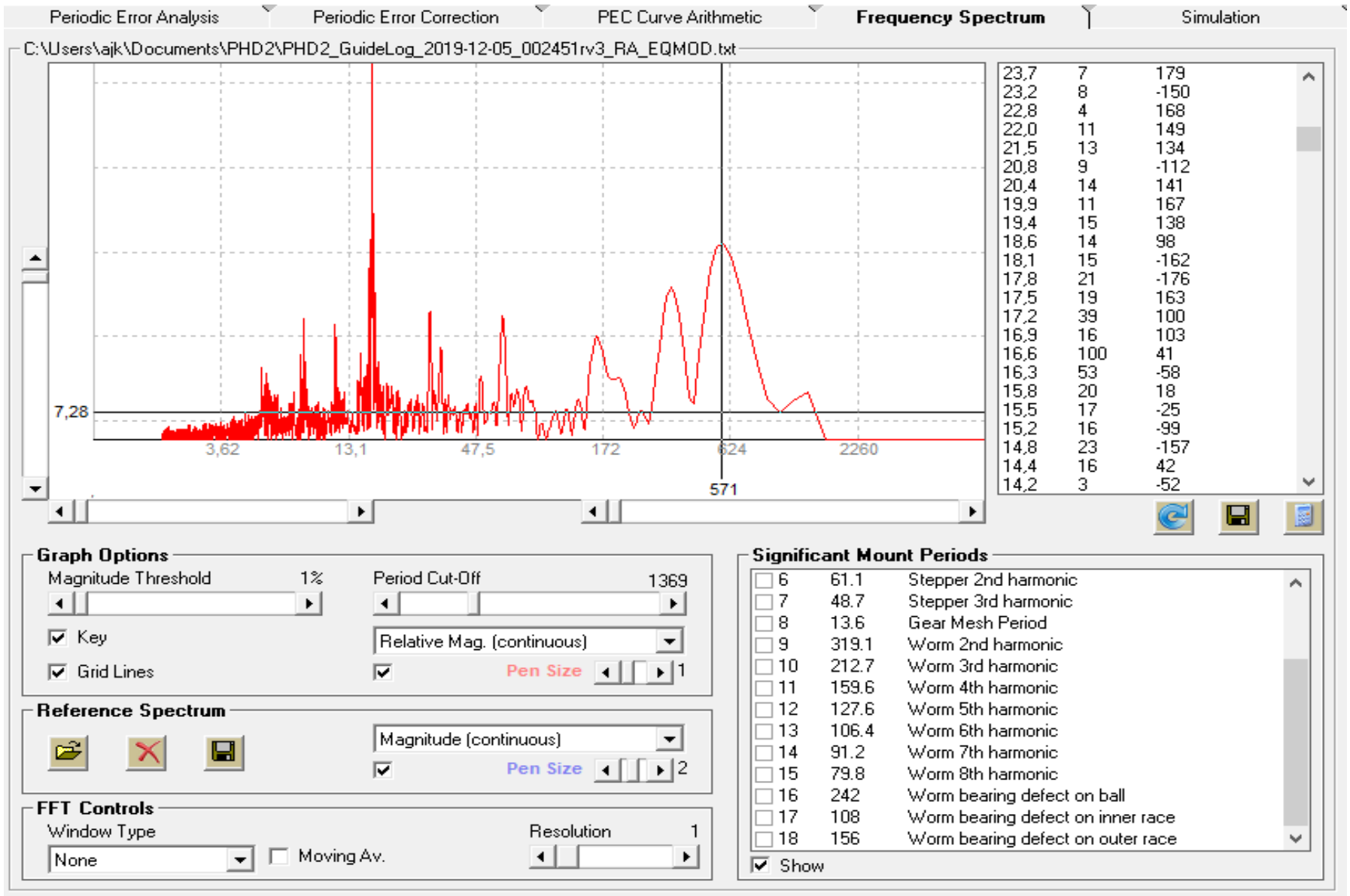
LowPass 0

Auto Filter

Reset Set

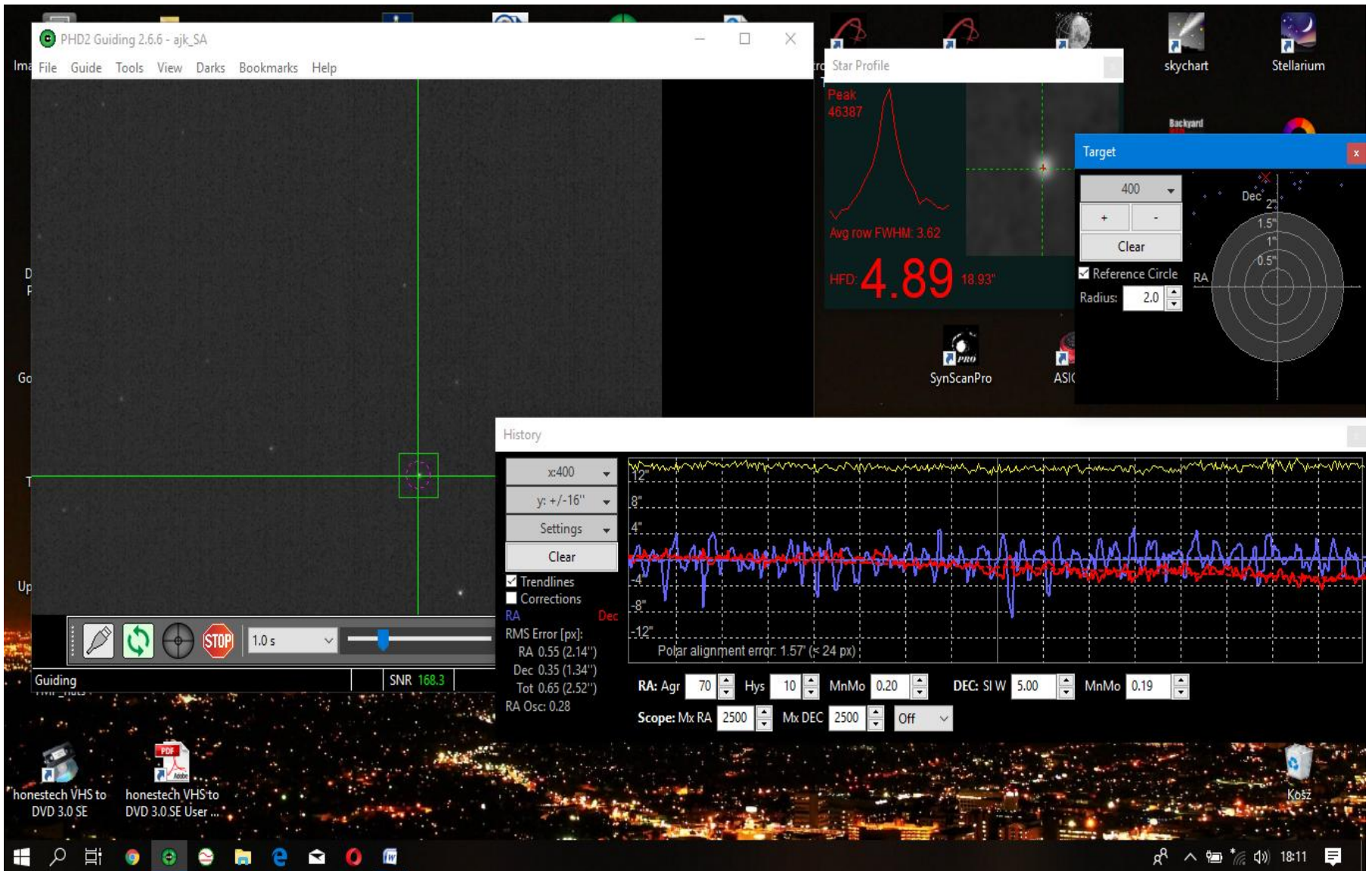
Reset Set

Reset Set



Cały czas są silne oscylacje o okresie ~16 sek, widoczne zarówno z guidingiem, jak i bez guidingu

Drugi egzemplarz głowicy paralaktycznej Star Adventurer #2



Śledzenie w ciągu 400 sekund. Stosunkowo duże skoki +/- 3"

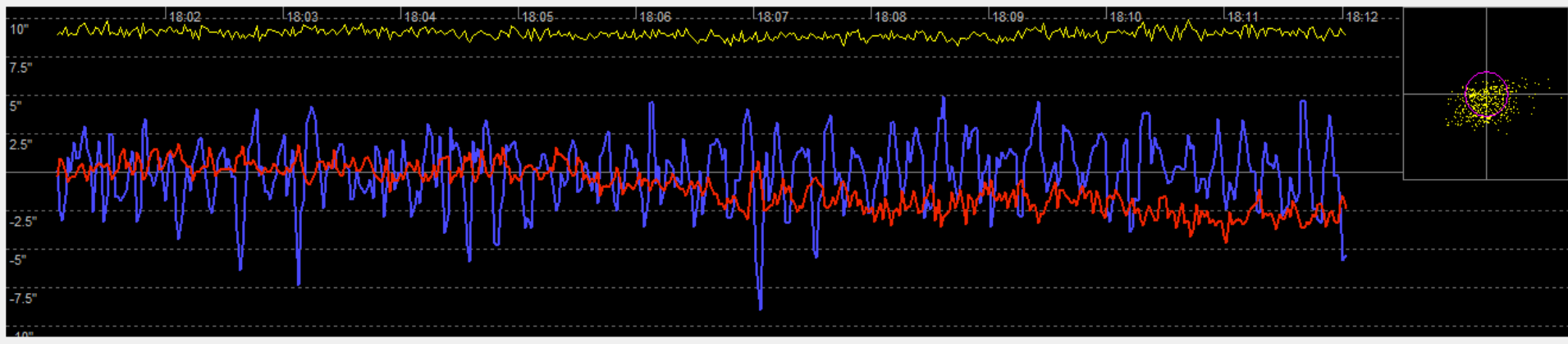
Log sections

9	2019-12-15 17:49:53	Guiding	1m30s
10	2019-12-15 17:51:31	Guiding	1m31s
11	2019-12-15 17:53:15	Guiding	1m6s
12	2019-12-15 17:54:27	Guiding	45s
13	2019-12-15 17:56:10	Guiding	53s
14	2019-12-15 17:57:12	Guiding	1m46s
15	2019-12-15 17:59:12	Guiding	1m47s
16	2019-12-15 18:01:04	Guiding	10m58s

Section heading

Guiding Begins at 2019-12-15 18:01:04
 Dither = both axes, Dither scale = 1.000, Image noise reduction = none, Guide-frame time lapse = 0, Server disabled
 Pixel scale = 3.87 arc-sec/px, Binning = 1, Focal length = 200 mm
 Search region = 40 px, Star mass tolerance = 80.0%
 Equipment Profile = ajk_SA
 Camera = ZWO ASI120MM Mini, gain = 50, full size = 1280 x 960, have dark, dark dur = 1000, no defect map, pixel size = 3.8 um
 Exposure = 1000 ms
 Mount = On Camera, connected, guiding enabled, xAngle = -5.5, xRate = 1.812, yAngle = 84.5, yRate = 1230000000.000, parity = ?/?
 X guide algorithm = Hysteresis, Hysteresis = 0.100, Aggression = 0.700, Minimum move = 0.200
 Y guide algorithm = Lowpass, Slope weight = 5.000, Minimum move = 0.190
 Backlash comp = disabled, pulse = 20 ms

2019-12-15 18:11:56 Frame 462 t=652.26 (x,y)=(-0.01,-0.81) (RA,Dec)=(0.07,-0.81) guide (0.00,-0.72) corr (0,0) m=490308 SNR=155.3



—RA —Dec [-] [+] R [Text]

Plot options

Device: Mount AO

Units: arc-sec pixels

Axes: RA/Dec dx/dy

Corrections Grid RA Dec Star mass SNR Events Limits Scatter

Statistics Drift

	RMS	Peak
RA	2.16" (0.56 px)	8.96" (2.31 px)
Dec	1.40" (0.36 px)	-4.59" (-1.18 px)
Total	2.57" (0.67 px)	

11 minutowy zapis guidingu z PHD2 (Log), odczytany i wykreślony program PHD2 Log Viewer

RA RMS=2.16" DEC RMS=1.40" Total RMS=2.57"

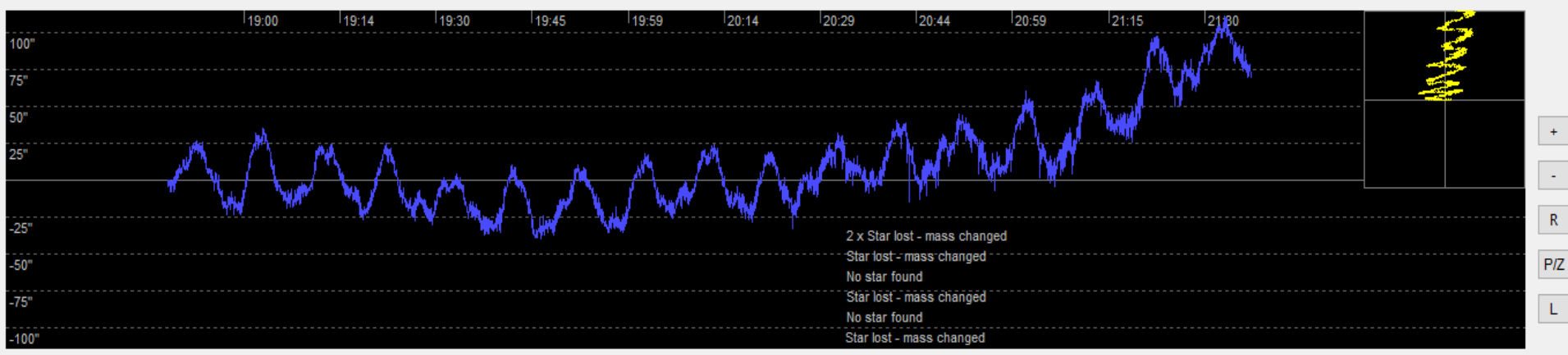
Log sections

1	2019-12-15 17:42:03	Calibration	
2	2019-12-15 17:43:04	Guiding	55s
3	2019-12-15 17:44:06	Guiding	1m13s
4	2019-12-15 17:45:26	Guiding	39s
5	2019-12-15 17:46:15	Guiding	49s
6	2019-12-15 17:47:10	Guiding	42s
7	2019-12-15 17:47:58	Guiding	48s
8	2019-12-15 17:48:53	Guiding	46s

Section heading

Guiding Begins at 2019-12-15 18:47:59
 Dither = both axes, Dither scale = 1.000, Image noise reduction = none, Guide-frame time lapse = 0, Server disabled
 Pixel scale = 3.87 arc-sec/px, Binning = 1, Focal length = 200 mm
 Search region = 40 px, Star mass tolerance = 80.0%
 Equipment Profile = ajk_SA
 Camera = ZWO ASI120MM Mini, gain = 50, full size = 1280 x 960, have dark, dark dur = 1000, no defect map, pixel size = 3.8 um
 Exposure = 1000 ms
 Mount = On Camera, connected, guiding disabled, xAngle = -5.5, xRate = 1.812, yAngle = 84.5, yRate = 1230000000.000, parity = ?/?
 X guide algorithm = Hysteresis, Hysteresis = 0.100, Aggression = 0.700, Minimum move = 0.200
 Y guide algorithm = Lowpass, Slope weight = 5.000, Minimum move = 0.190
 Backlash comp = disabled, pulse = 20 ms

2019-12-15 20:51:18 Frame 5569 t=7399.82 (x,y)=(0.77,93.19) (RA,Dec)=(-8.10,92.84) guide (-5.53,92.61) corr (0,0) m=1206981 SNR=203.4 SAT



Plot options: -RA -Dec

Statistics Drift

[-] [+] [R]

Text

Plot options

Device: Mount AO

Units: arc-sec pixels

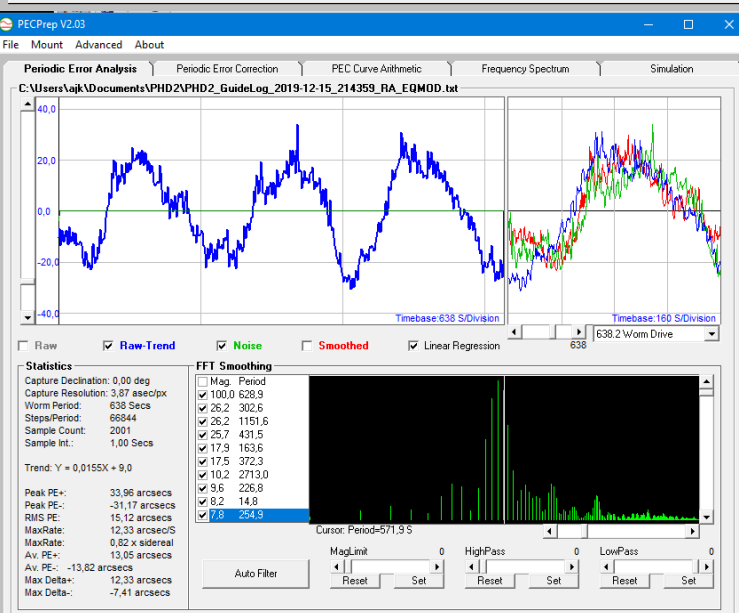
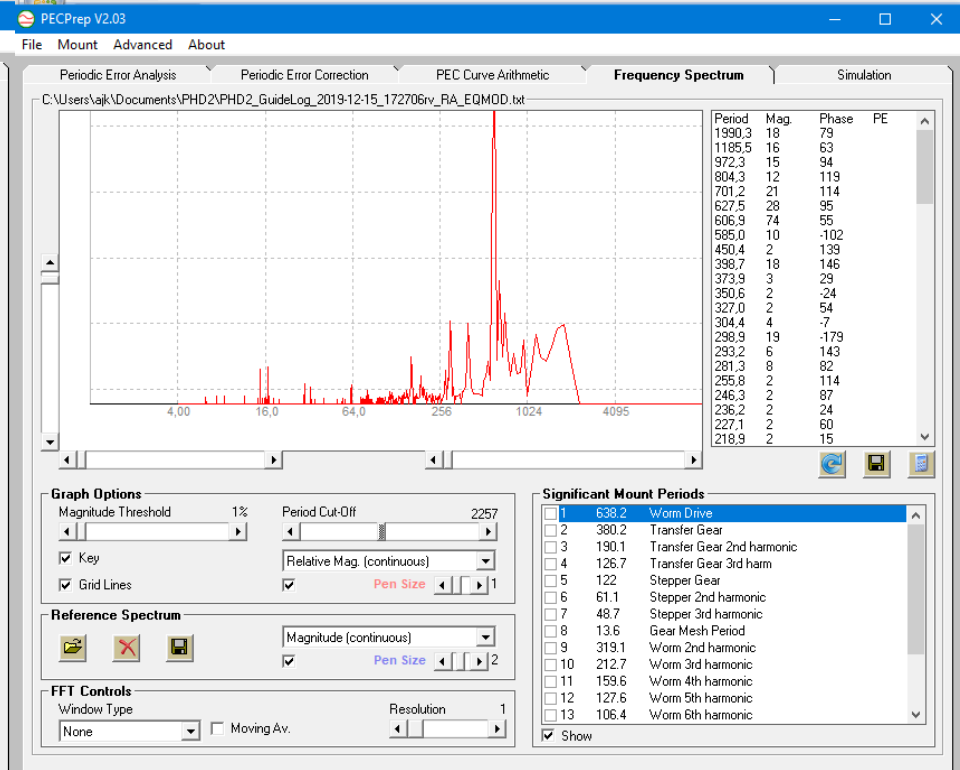
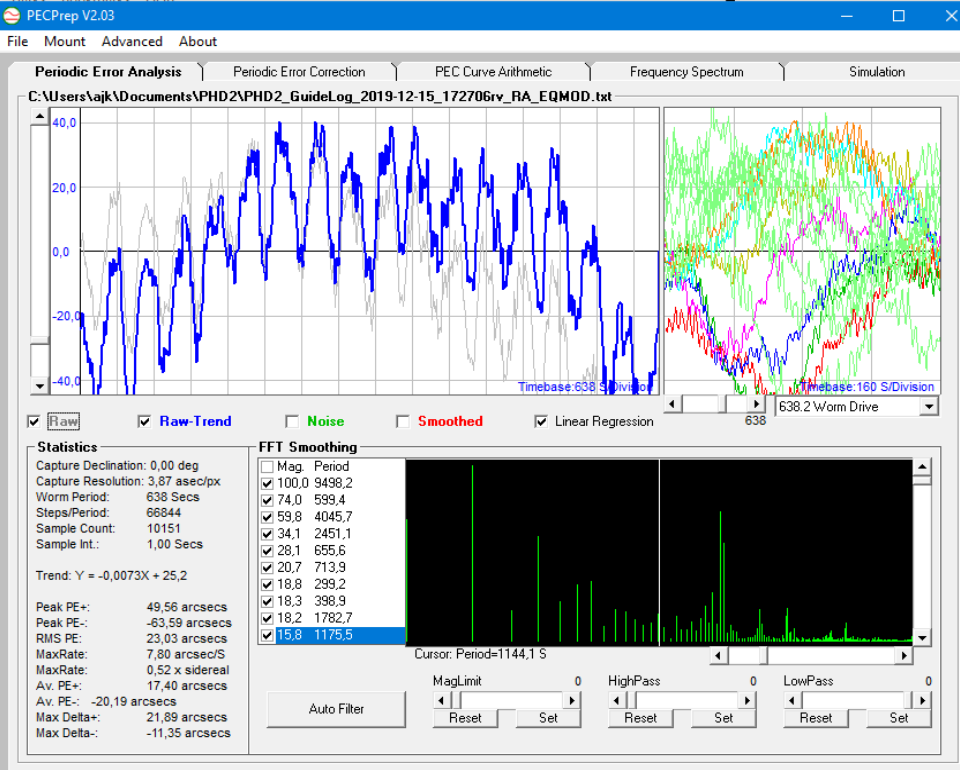
Axes: RA/Dec dx/dy

Corrections RA Star mass Events Scatter

Grid Dec SNR Limits

	RMS	Peak
RA	31.42" (8.12 px)	-111.40" (-28.78 px)
Dec	183.81" (47.50 px)	612.06" (158.16 px)
Total	186.47" (48.18 px)	

Długi (2h 49min) zapis błędu okresowego PE.



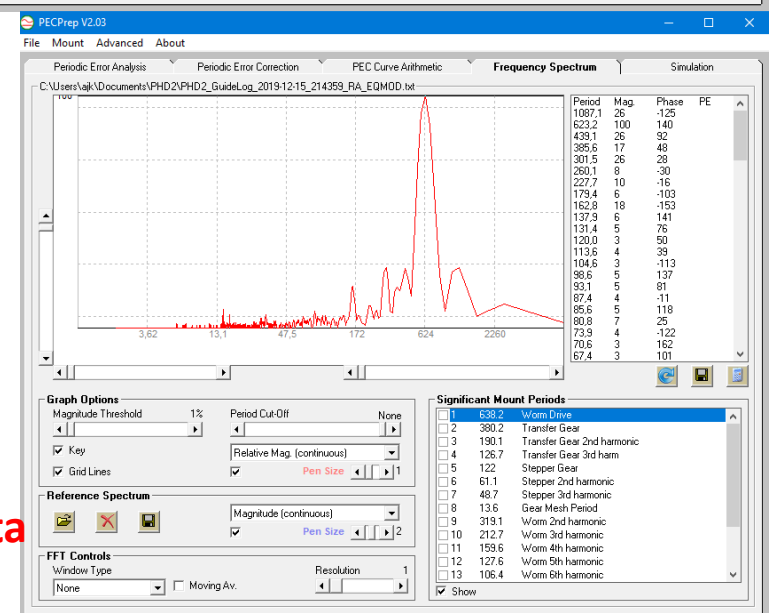
Star Adventurer #2

PE = +/- 24"

Stabilna amplituda

2x lepszy niż SA #1

fabryczne testy jakości u producenta duży minus!



Maksymalny czas ekspozycji dla SA o znanym błędzie PE i długości ogniskowej f

Rozmiar pojedynczego piksela w sekundach łuku $\Delta'' = 206265 \times pix / f$

PE_{p-p} maksymalna amplituda (pik to pik) sinusoidy błędu okresowego

Dopuszczalny czas ekspozycji dla warunku: gwiazda nie dryfuje więcej niż 1 piksel

$t_{max1} = 5min \times \Delta'' / PE_{p-p}$ dla dwu pikseli $t_{max2} = 10min \times \Delta'' / PE_{p-p}$
(5 minut to czas pomiędzy maksimum i minimum sinusoidy o okresie 10 minut)

Maksymalna długość ogniskowej dla $\Delta'' / PE_{p-p} = 1$ $f_{max1} = 206265 \times pix / PE_{p-p}$

czyli to jest maksymalna długość ogniskowej dla nieskończenie długiej ekspozycji

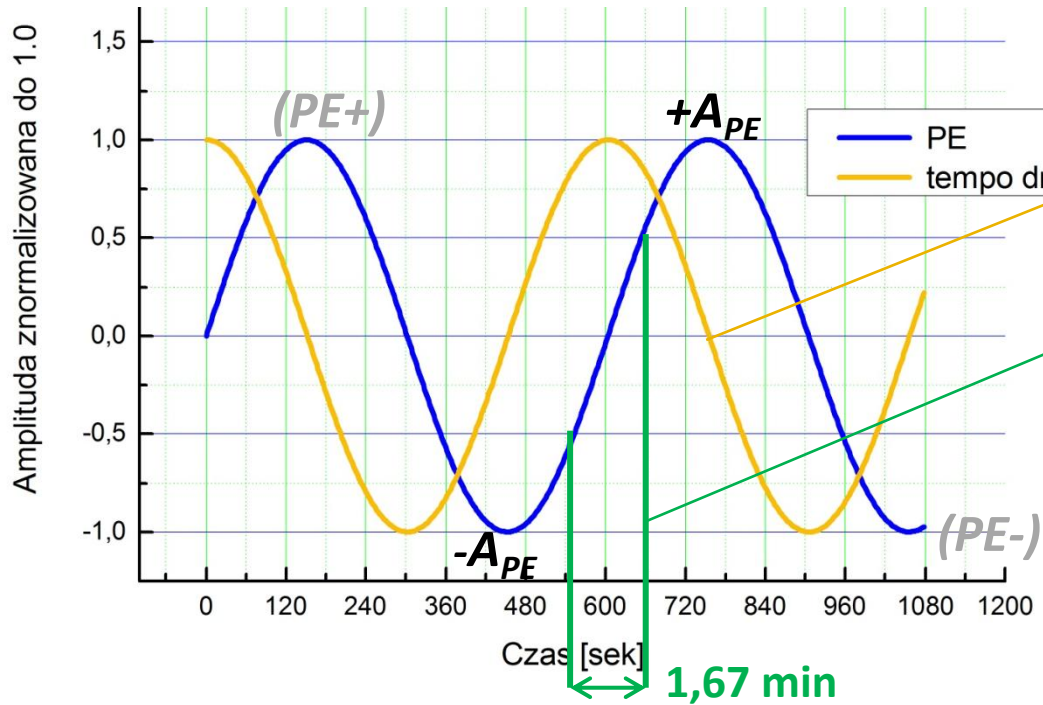
Przykładowo :

$PE_{p-p} = 50''$ $pix = 6,5 \times 10^{-3}$ mm
 $f_{max1} = 27$ mm (na jeden piksel) dla 2 pikseli $f_{max2} = 54$ mm,

W większości przypadków rozciągnięcie obrazu gwiazdy w trzech pikselach może być także akceptowalne.

Dla 1 minutowej ekspozycji mamy 5x wydłużenie maksymalnej dopuszczalnej ogniskowej,
czyli dla przykładu powyżej, $f_{max1} = 135$ mm , $f_{max2} = 270$ mm

Błąd okresowy PE => ograniczenie czasu ekspozycji



Maksymalne tempo dryfu w RA

$$dryf = A_{PE} / 1.67 \quad ["/min]$$

np. $A_{PE} = 25''$ $dryf = 15''/min$

Jeden piksel w sekundach łuku

$$\Delta'' = 206265 \times pix / f$$

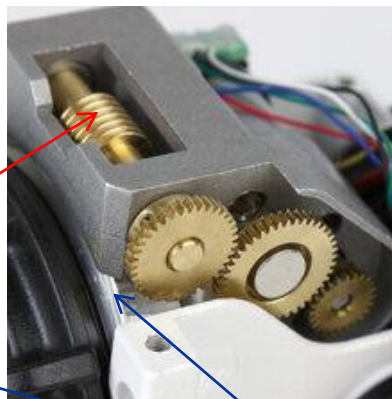
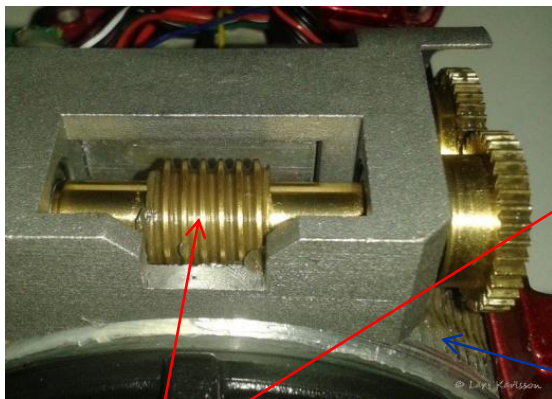
Maksymalny czas ekspozycji

$$T_{max1} = \Delta'' / dryf \quad [min]$$

np. $f = 100mm$, $pix = 6,5 \times 10^{-3}$,
 $dryf = 15''/min$, $T_{max1} = 0,89 min$

obliczenia na jeden piksel

Przekładnia ślimakowa Star Adventurer



Ślimak, pełny obrót w 10minut T^* (ST)

Ślimacznica, 144 zębów, pełny obrót w 24h T^*

maksymalny czas ekspozycji dla różnych ogniskowych

f	APSC		FF	
	Δ''	T_{max1}	Δ''	T_{max1}
14mm	63''	b.o.	95''	b.o.
24mm	37''	2min	56''	b.o.
40mm	22''	1,5min	33''	2,2min
50mm	18''	1,2min	28''	2min
100mm	9''	36sek	13,4''	54sek
135mm	6,6	26sek	9,9''	40sek
200mm	4,4''	18sek	6,7''	27sek
300mm	3,0''	12sek	4,5''	18sek

Obliczenia wykonano dla jednego piksela i amplitudy PE = +/-25''

b.o.– bez ograniczeń, czas ekspozycji nieskończony, **decyduje dryf w DEC.**

Maksymalne czasy ekspozycji dla nieruchomego aparatu

Obiektyw o ogniskowej f [mm] i 20 Mpix matryca FF ($\text{pix}=6.5 \times 10^{-3}$ mm),
matryca APSC ($\text{pix}= 4.3 \times 10^{-3}$)

Czas dryfu t_d przez jeden piksel wynosi (dla DEC=0) w sekundach

	f[mm]	FF	APSC
formuła	$t_d =$	$89/f$ ($90/f$)	$59/f$ ($60/f$)
	14mm	6	4
	28mm	4,5	2
	50mm	1,6	1,2
	135mm	0,65	0,44
	200mm	0,46	0,3

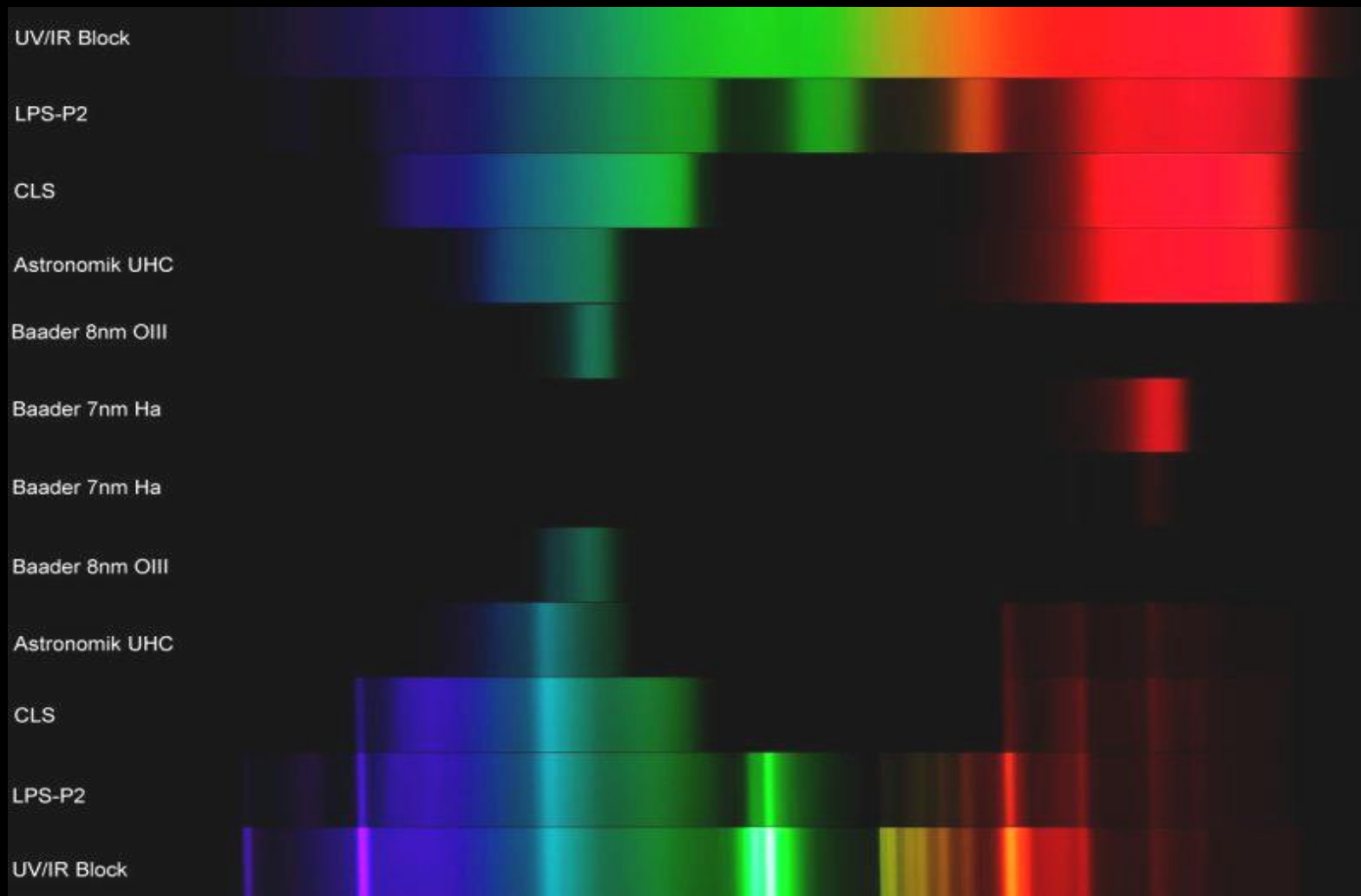
Wzór jest następujący

$$t_d = 206265 \times \text{pix}/f/15/\cos(\text{DEC})$$

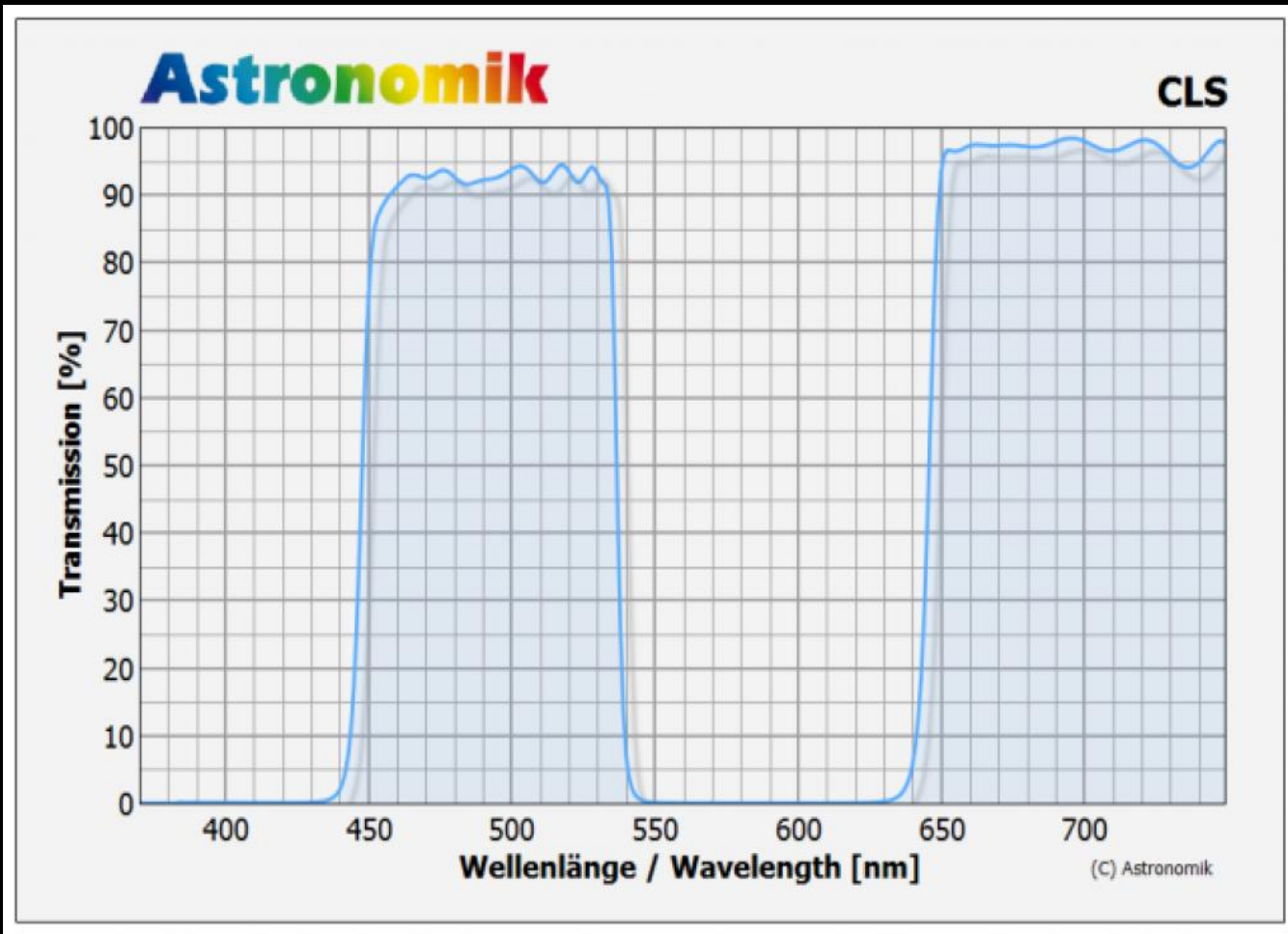
[sekund czasu]

City lights filters

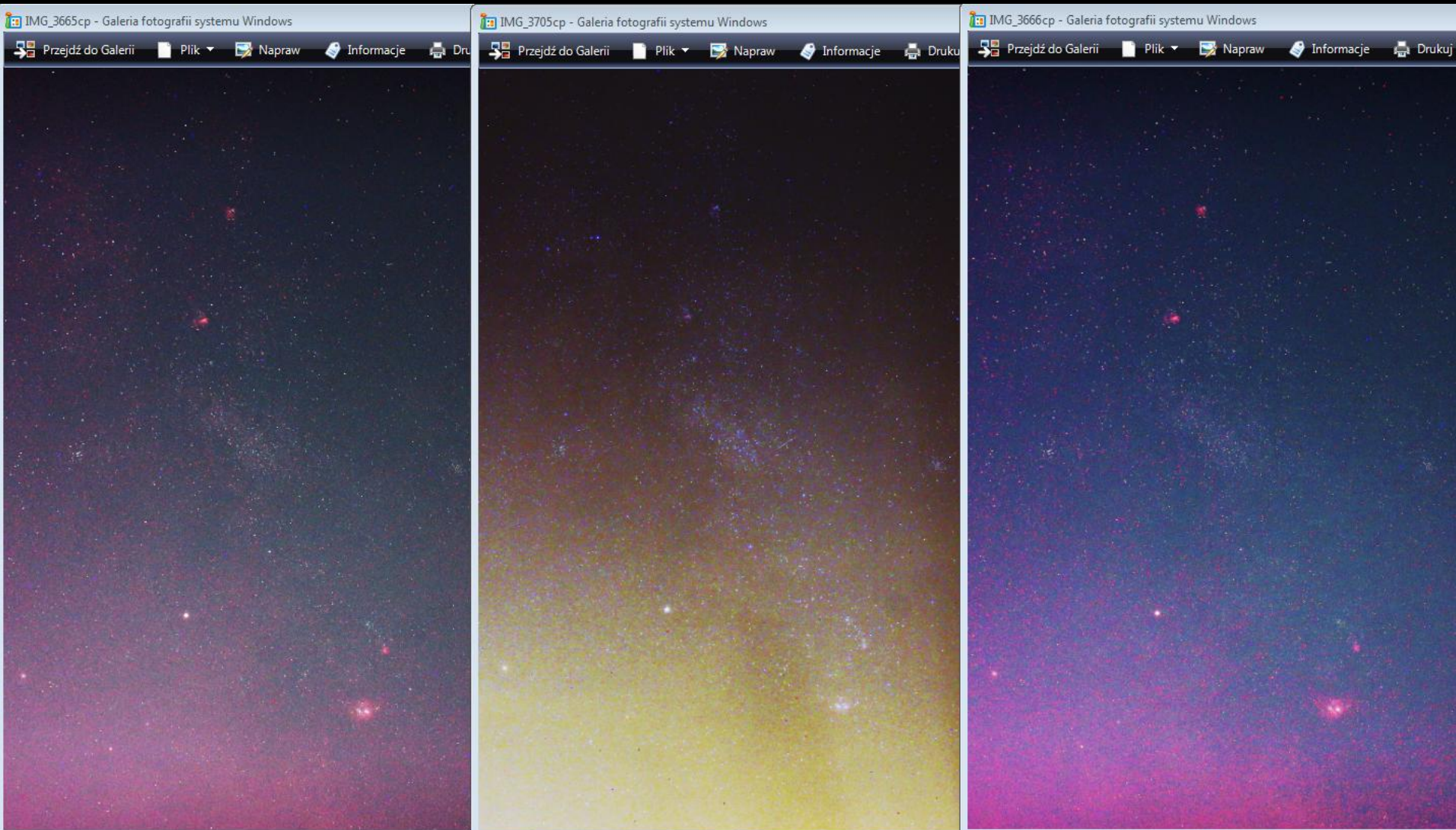
<https://www.cloudynights.com/topic/458137-understanding-idas-d1-p2-v4-heuibii-filters/>



Filtry, czy używać ??



Filtr CLS (City Light Suppression)



Canon 70-200 f/2.8 @ f=70mm f/d=2.8 filtr CLS (lewy i prawy) bez filtra – centrum, **Canon 6d FF**



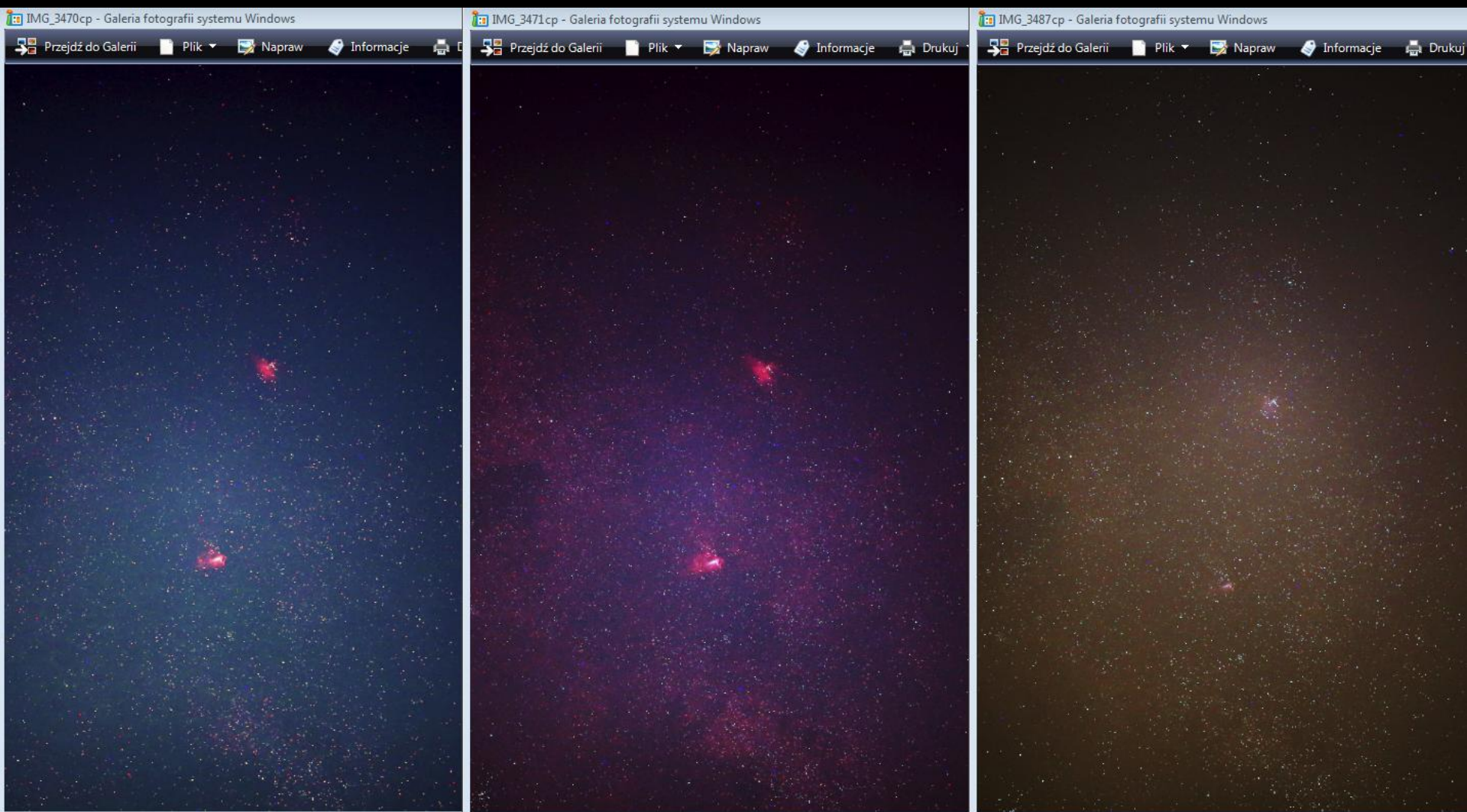
Filtr CLS,
WB własny, f/2.8,
ISO=1600, t=30s,
korekta kontrastu i
jasności, niewielka
kolorów. Wysokość
środku obrazu h=19.

Canon ef 70-200
@f=70 f/2.8
Canon 6d



Bez filtra CLS, AWB,
f/2.8, ISO=500, t=16s,
korekta kontrastu i
jasności, niewielka
kolorów. Wysokość
środku h=~18 deg

Samyang 135mm f/2.0, @f/d=2.0, Canon 6d FF, M16/M17, h= \sim 20 deg, 2018-07-05





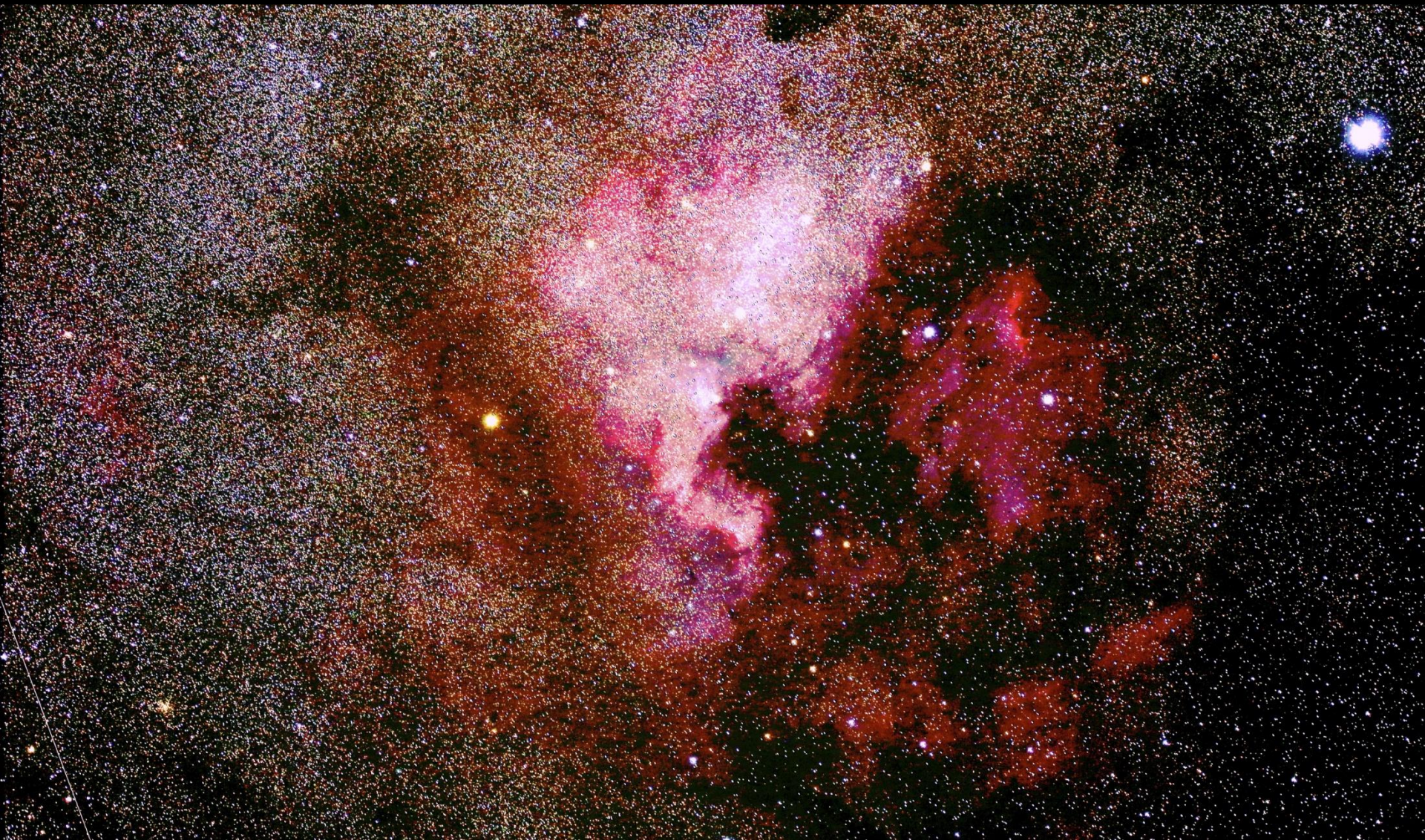
CLS=on, iso=2000,
t=15s, f/2.0, WB
własny, korekta
kontrastu, mała
korekta jasności,
korekta koloru



Samyang 135/2
Canon 6d

CLS=off, iso=800,
t=800, AWB, duża
korekta kontrastu i
mała jasności, mała
korekta koloru

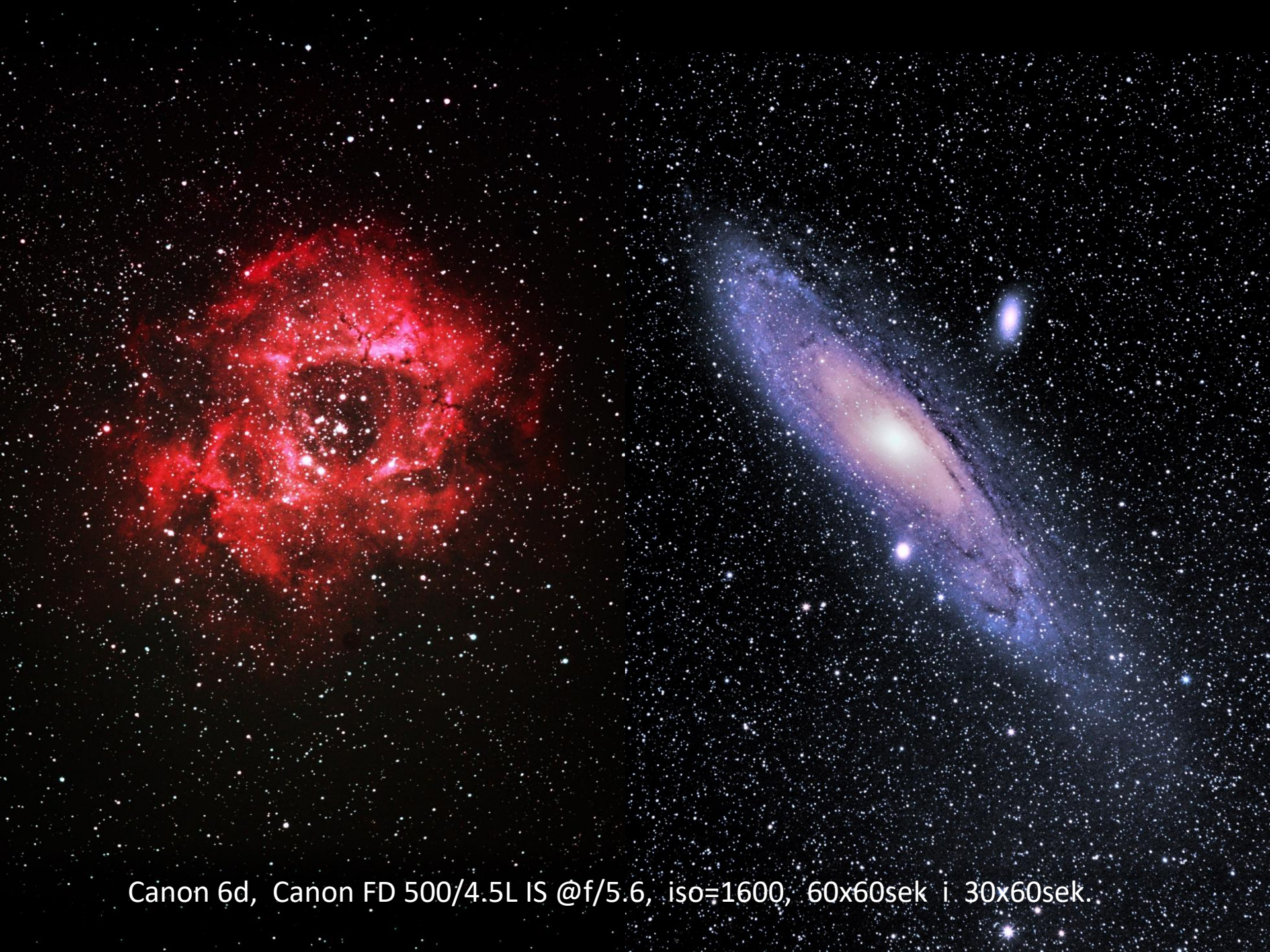
Kilka przykładów zdjęć Canonem 6d standard, bez dodatkowych filtrów



Canon 6d, Canon EF 300/2.8L IS @f/2.8, iso=2000, 8x30sek, 2017-07-30



Canon 6d, Canon EF 300/2.8L IS @f/3.2, iso=1600, 8x30sek, 2017-07-30



Canon 6d, Canon FD 500/4.5L IS @f/5.6, iso=1600, 60x60sek i 30x60sek.



Znany obszar Galaktyki w gwiazdozbiornie łabędzia, Canon 6d Samyang 135/2 filtr CLS



Dziękuję za uwagę