

Flats, bias en darks

hoe daarmee om te gaan?

Bij astrofotografie wordt een bepaalde workflow gebruikt om tot optimale resultaten te komen.

Flats, bias en darks zijn zgn. kalibratieframes die in deze workflow gebruikt worden om de astro-opnamen te verbeteren

Deze workflow is ontstaan in de beginperiode van de digitale fotografie.

De eigenschappen van sensoren zijn ondertussen enorm veel beter geworden en heeft dat consequenties voor de gebruikelijke workflow?

In dit verhaal komen alleen CMOS sensoren aan de orde en de experimenten zijn alleen uitgevoerd met Canon of ZWO camera's.

Jac Brosens
okt. 2019

Flats;

Als de OTA een egaal verlicht beeldveld krijgt aangeboden zal door vignettering de intensiteit op het sensoroppervlak niet gelijk zijn. Naar de randen toe zal de intensiteit t.o.v. het centrum van de sensor met een bepaalde factor afnemen.

Om dit effect te corrigeren maakt men flats om daarmee de zgn. flatfield kalibratie uit te voeren.

Met deze flatframes wordt van elke pixel deze factor bepaald.

Deze factor is per pixel constant en heeft geen spreiding.

Als de helderheid op b.v. de pixel in de hoek 47,4 % is t.o.v. van het centrum is dat in alle opnamen met deze OTA steeds gelijk en vertoont dus geen spreiding door iso, temperatuur of belichtingtijdsverschillen.

Flats zijn eigenlijk de gemakkelijkste kalibratieframes want die hebben alleen betrekking op de gebruikte setup en sensoreigenschappen (behalve de afmetingen) hebben daar geen invloed op.

Op het flatframe is ook het storende effect van vuiltjes in de lichtweg vastgelegd. Dit kan verschillen per fotosessie en is de reden dat je na elke sessie nieuwe flatframes moet maken.

De gegevens van de flatframes worden gebruikt om correcties uit te voeren waardoor het lijkt dat de intensiteitsverdeling over het gehele oppervlak van de sensor precies gelijk is geweest.

Bij het maken van de flats moet er voor gezorgd worden dat de optische trein een beeld krijgt aangeboden alsof dat van een egaal verlicht vlak komt.

Als echter het licht wordt aangeboden bij de ingang van de OTA door b.v. een flatpaneel wordt die eis minder kritisch want het oppervlak van het paneel wordt niet afgebeeld op de sensor.

Pas als het flatpaneel op grotere afstand staat wordt die eis steeds belangrijker want dan wordt steeds meer het oppervlak van het paneel op de sensor afgebeeld.

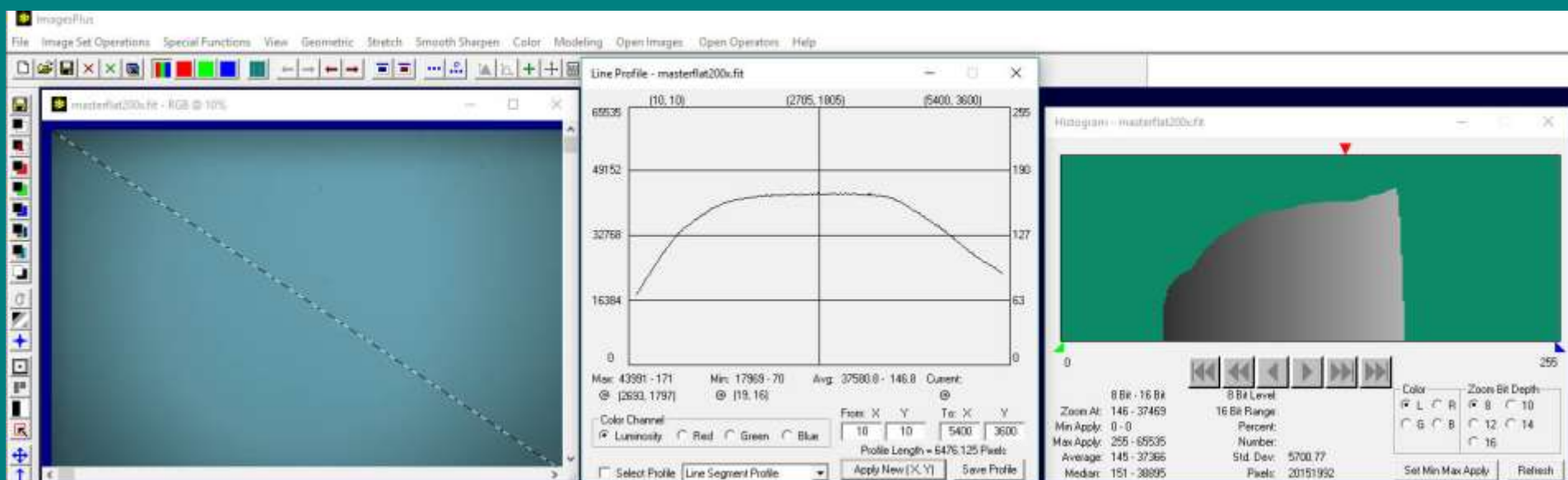
Een eis is wel dat het flatpaneel of wat daarvoor in de plaats wordt gebruikt een diffuse straling geeft.

Om de verwerking van flats nader te bekijken werd een grote serie flats gemaakt met een Newton D114 mm f/4 en een Canon 6Da.

Omdat die newton bedoeld is voor het APS formaat hebben de flats een behoorlijke lichtafval in de hoeken bij een full frame sensor en zijn dus goed te gebruiken om het effect van de flat-field kalibratie zichtbaar te maken.

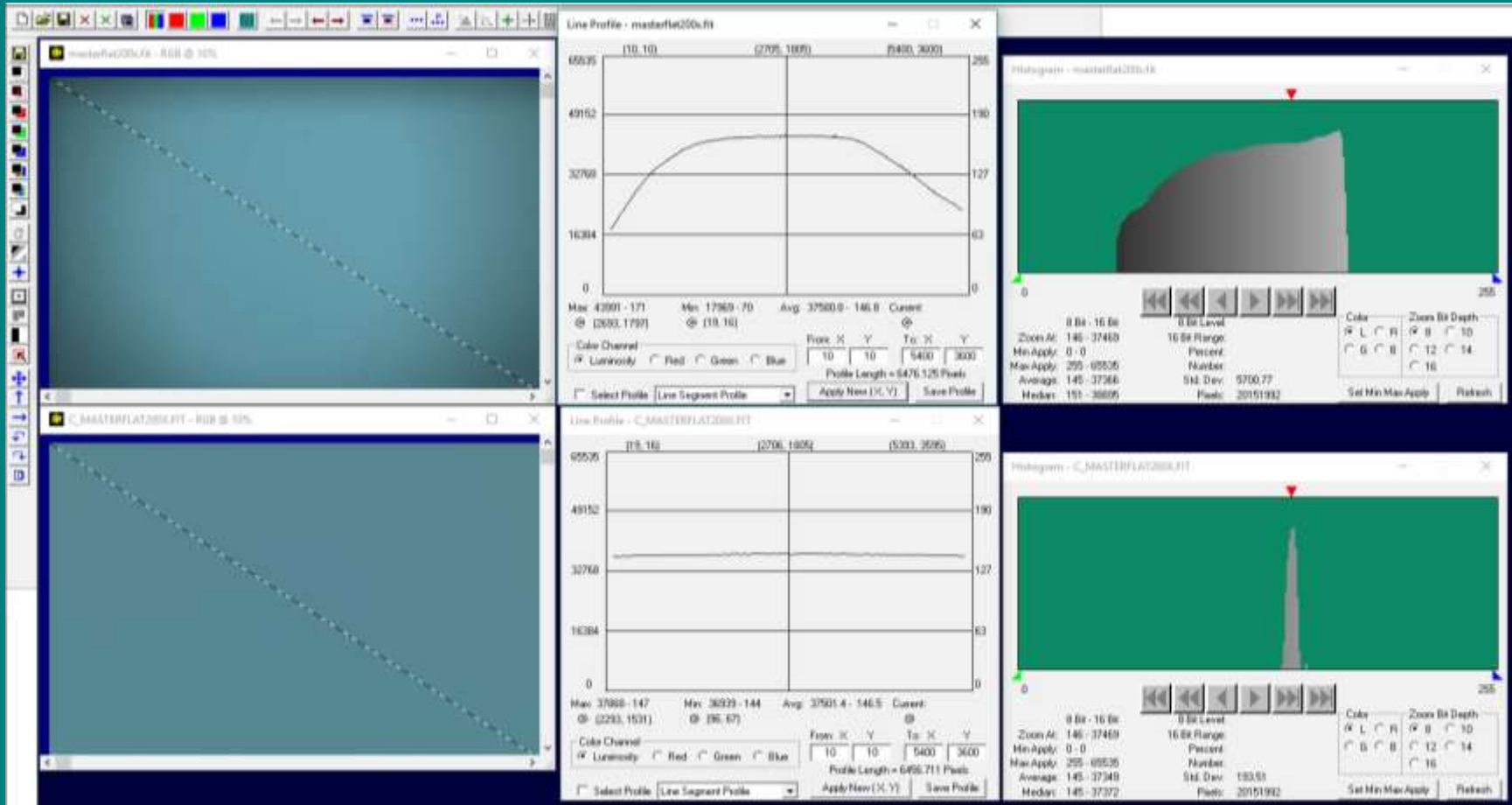
De werking van de flat-field kalibratie is zichtbaar gemaakt door de masterflat te kalibreren met eenzelfde masterflat.

De masterflat laat namelijk zien hoe een gelijke hemelachtergrond op de sensor wordt weergegeven en daarom is bovengenoemde werkwijze precies datgene wat een kalibratie met een masterflat inhoudt in deze workflow.



Hier de eigenschappen van de masterflat die samengesteld is uit 200 flatframes. Het lijnprofiel in het midden toont het verloop van de ADUwaarde van hoek tot hoek. Het histogram rechts laat het grote verschil in verlichtingssterkte zien

Hierna het resultaat als de file van hierboven wordt gekalibreerd met masterflats die uit dezelfde reeks flats zijn samengesteld.



Als eerste is de kalibratie uitgevoerd met een masterflat van ook 200 flats
Op de gekalibreerde master zijn de ADU's nu gemiddeld 37349 en de standaarddeviatie is 193,51

Toelichting analyse van de ADUwaarden van een frame.

Als we een opname waarvan de verwachting is dat alle pixels eenzelfde ADUwaarde hebben gaan analyseren krijgen we te maken met begrippen uit de statistiek zoals b.v. gemiddelde, mediaan en standaarddeviatie.

Het **gemiddelde** is wat het zegt namelijk de som van alle waarden gedeeld door het aantal.

De **mediaan** is de waarde in het midden van de reeks van alle waarden die op grootte zijn gerangschikt.

De **standaarddeviatie** is een maat voor de spreiding van de waarden t.o.v. het gemiddelde.

De betekenis van standaarddeviatie is als volgt.

68% van waarden zullen niet meer dan de standaarddeviatie van het gemiddelde afwijken.

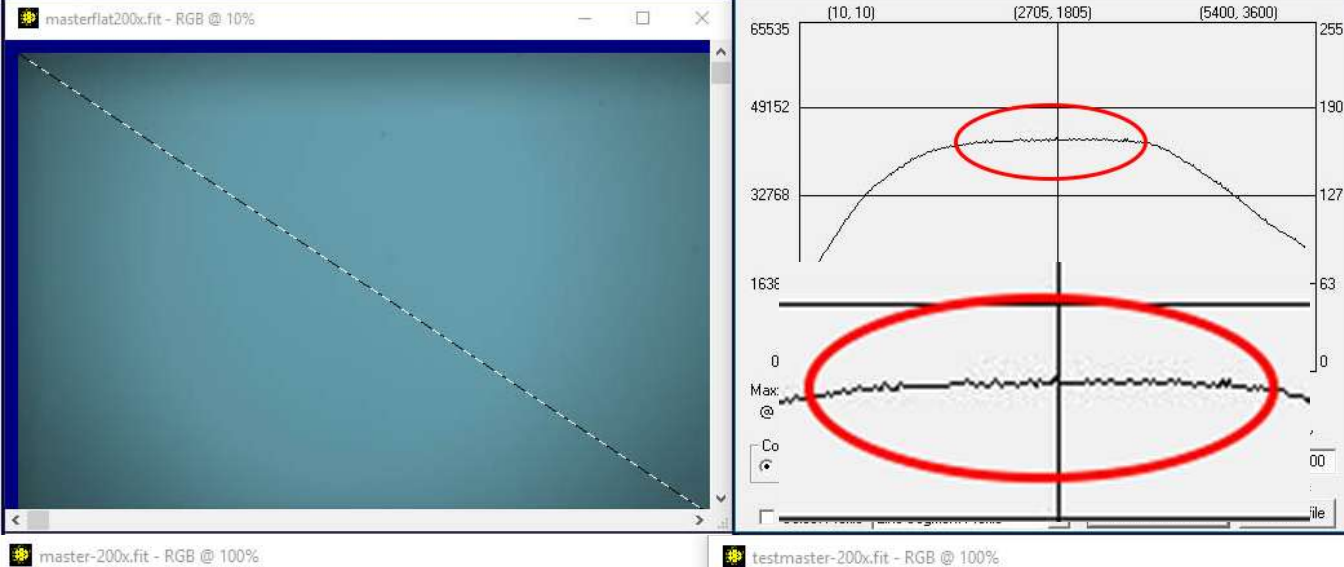
95% van de waarden zullen niet meer dan 2 x de standaardafwijking van het gemiddelde afwijken

99.7% van de waarden zullen niet meer dan 3 x de standaardafwijking van het gemiddelde afwijken.

Let wel; deze wetmatigheden zijn alleen van toepassing als het een zgn. normale verdeling betreft. Daarmee wordt bedoeld dat de kans van een afwijking t.o.v. het gemiddelde naar boven even groot is als naar beneden.

Bij een normale verdeling zal er een klein verschil zijn tussen het gemiddelde en de mediaan en de standaarddeviatie moet beduidend kleiner zijn dan het gemiddelde.

(Veel van de natuurlijke processen waarbij variatie optreedt gedragen zich als een normale verdeling).



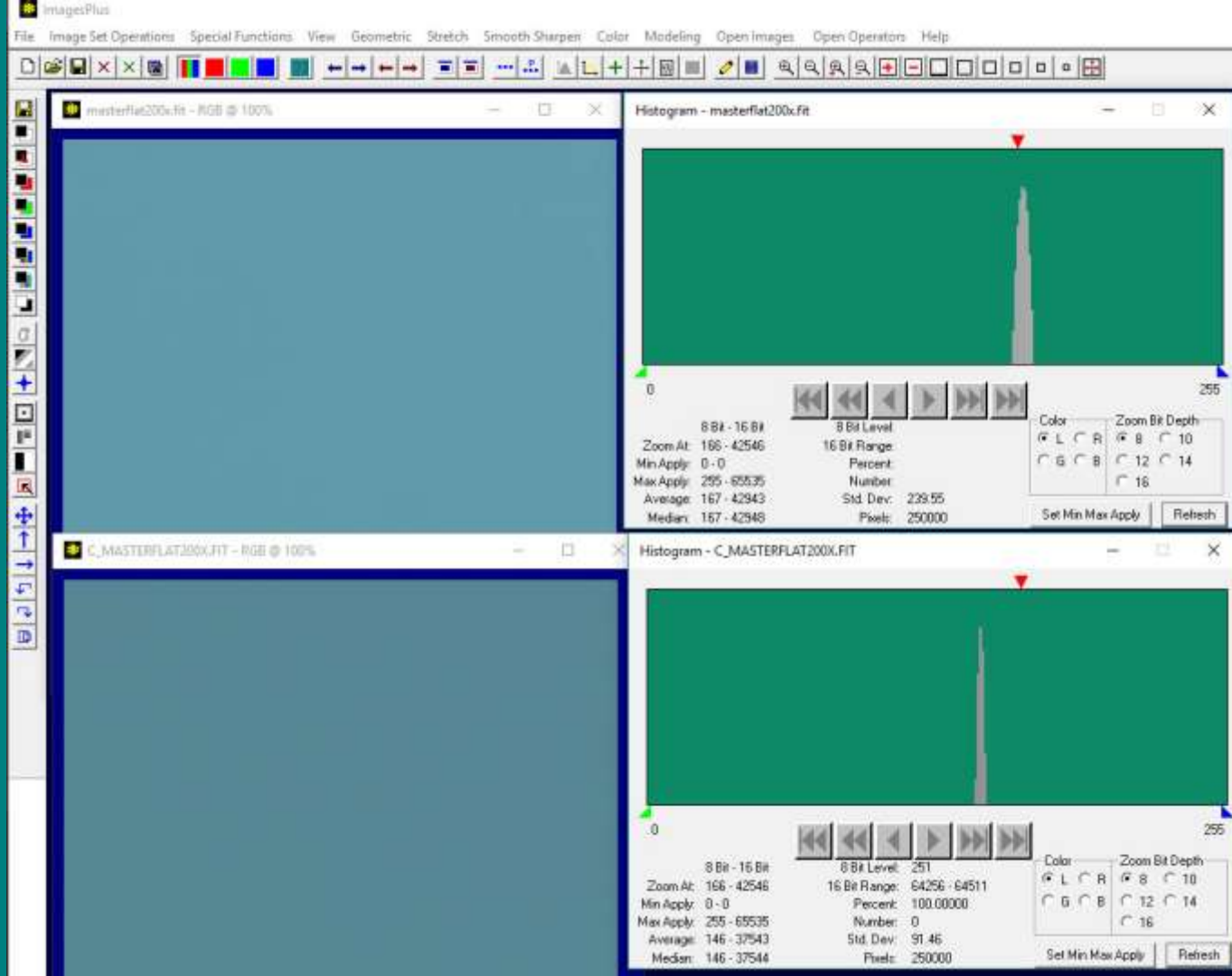
Ondanks dat de masterflat uit 200 frames van 100iso bestaat is er nog steeds ruis aanwezig!

Om die storende factor weg te werken is een 50 pixels grote blur toegepast.

In het kader van dit onderzoek is dat geoorloofd maar in de gewone praktijk geeft dat problemen.

Dit omdat dan de correctie voor vuiltjes e.d. (donuts) door deze uitmiddeling grotendeels verloren gaat zoals op de details hiernaast van de niet en wel geblurde master laat zien.

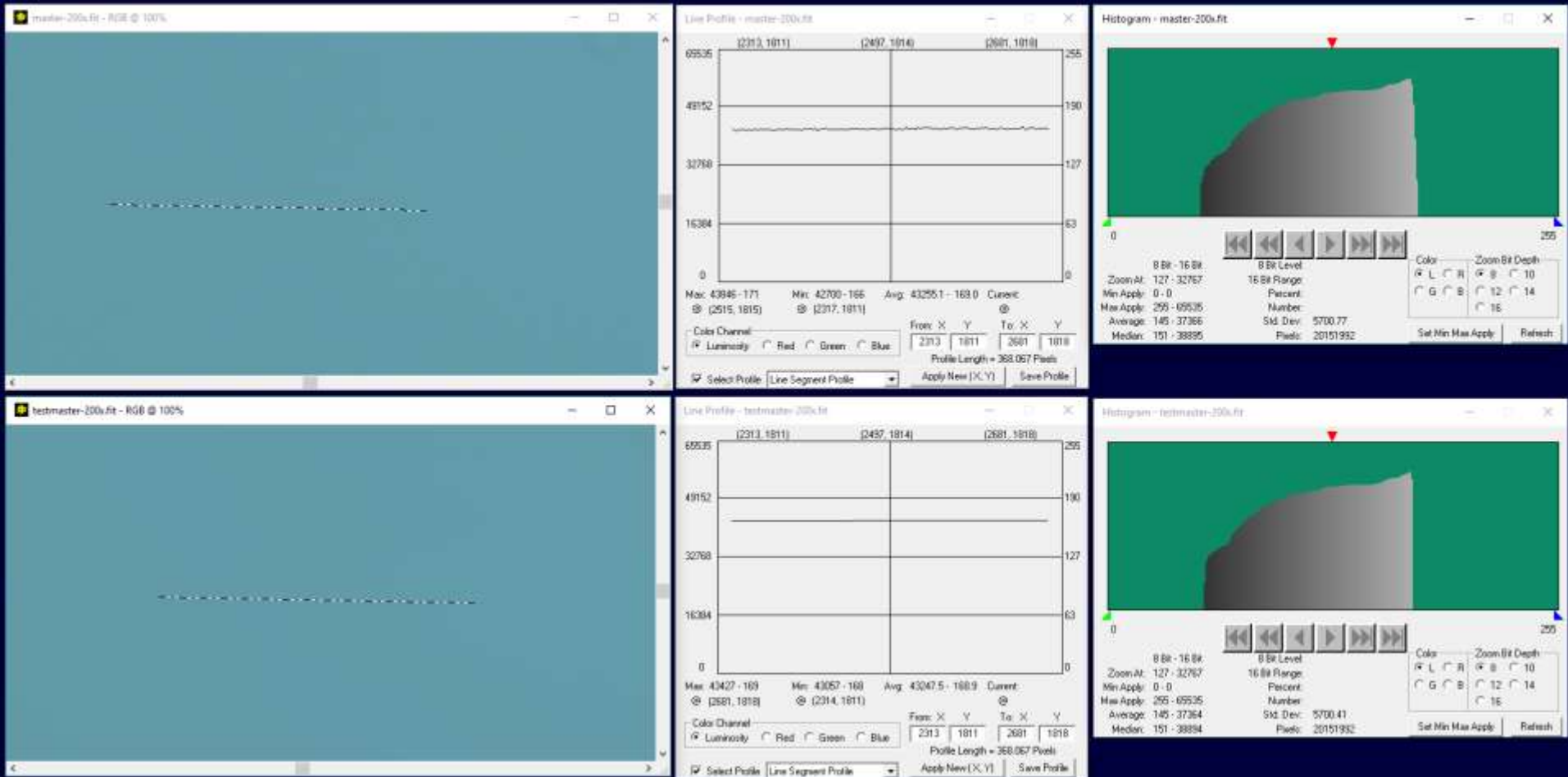




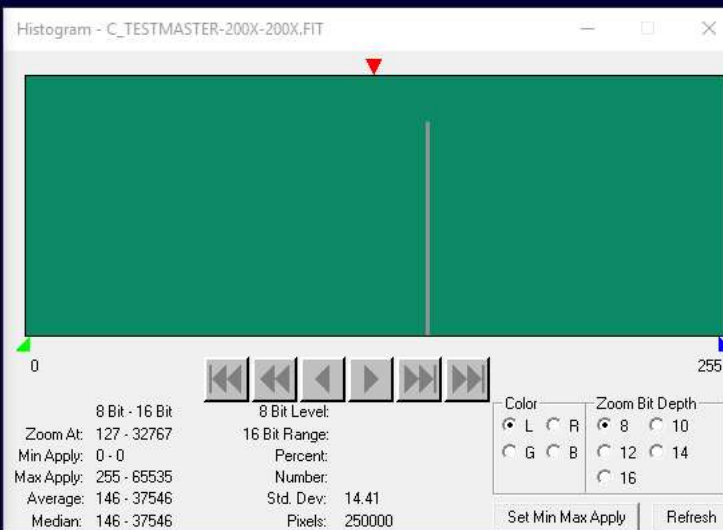
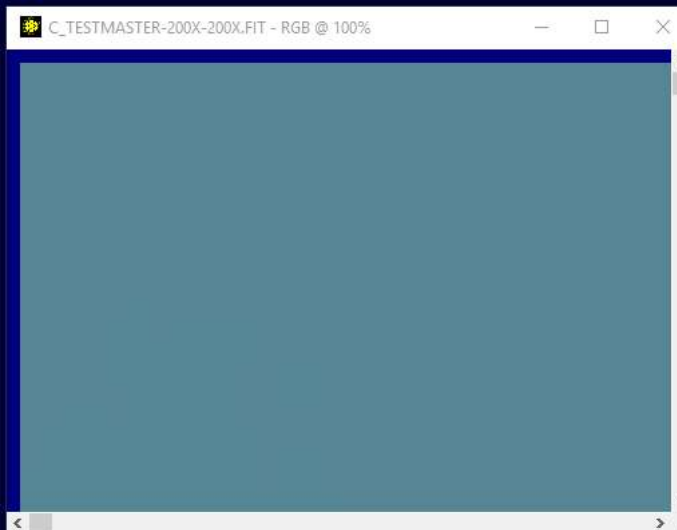
Om zicht te krijgen op de ruis na kalibratie is een crop uit het centrum genomen van 500 x 500 pixels en is daarvan het gemiddelde en de standaarddeviatie van de ADUwaarden bepaald.

In het voorbeeld hiernaast is de masterflat (200 frames) gekalibreerd met eenzelfde masterflat. De gemiddelde ADUwaarde van deze crop (250000 pixels groot) is 37543 en de standaarddeviatie 91,46.

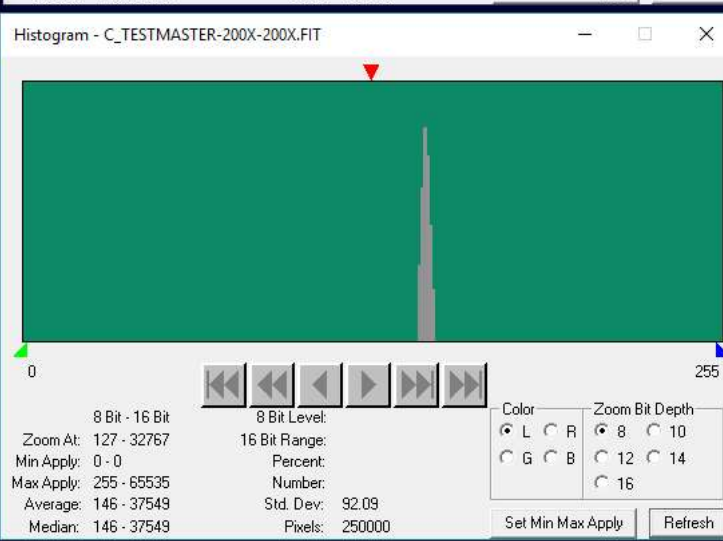
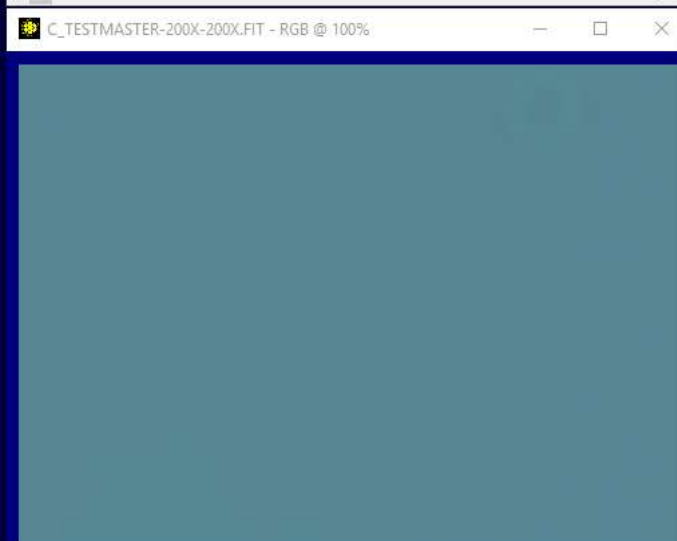
Uiteindelijk zijn deze waarden vastgesteld als de masterflat waarmee gekalibreerd is bestaat uit resp. 128 - 64 - 32 - 16 - 8 - 4 frames.



Verschil geblurde (onder) en niet geblurde master (boven).
Vanaf nu wordt de geblurde master testmaster genoemd.

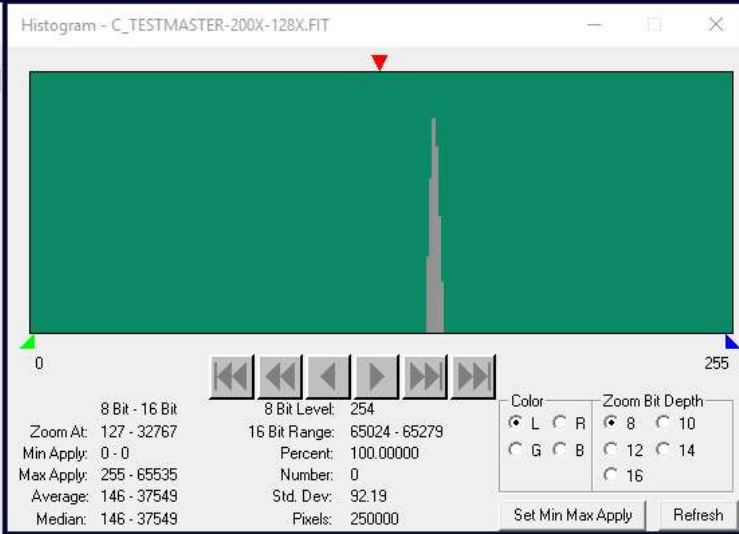
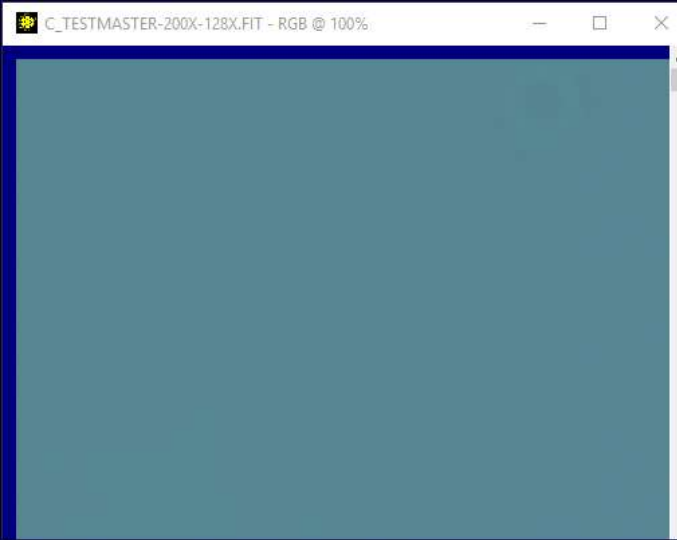


Gekalibreerd met de
geblurde master.
Van de centrale crop
van 500 x 500 pixels zijn
de ADU's ;
gemiddeld 37546
st.dev. 14,41



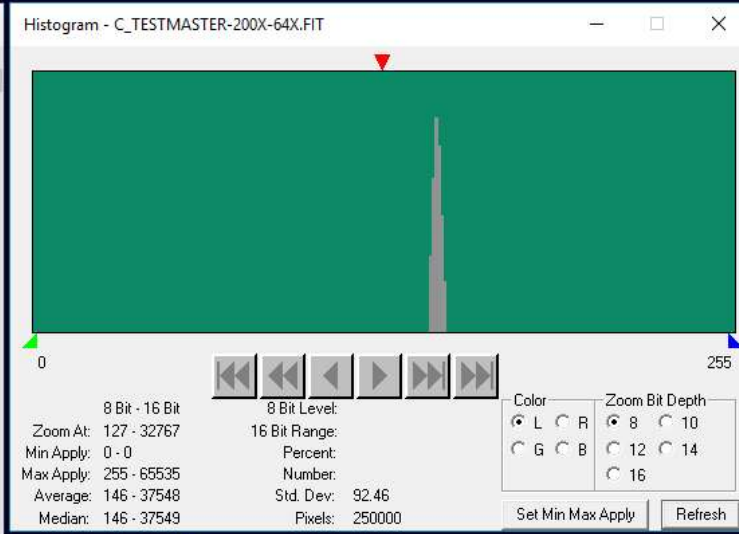
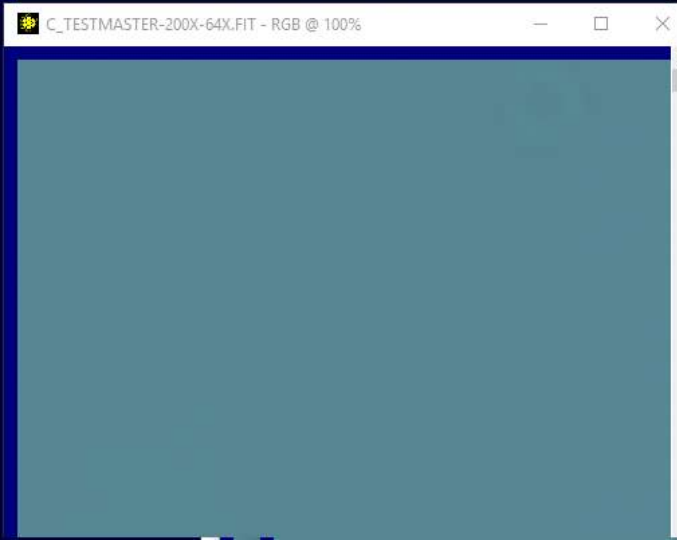
Gekalibreerd met de
niet geblurde 200x-
master.
Dit is dus het resultaat
zoals dit in de praktijk
(en ook verder in deze
test) gebeurt.

gemiddeld 37549
st.dev. 92.09



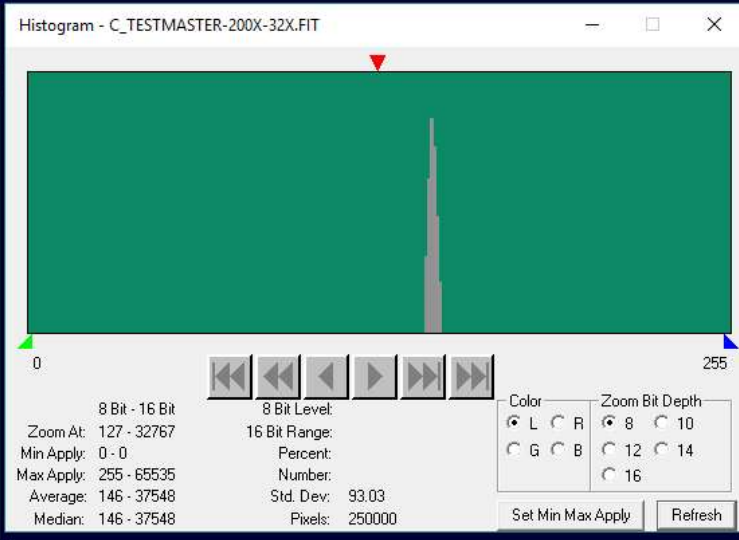
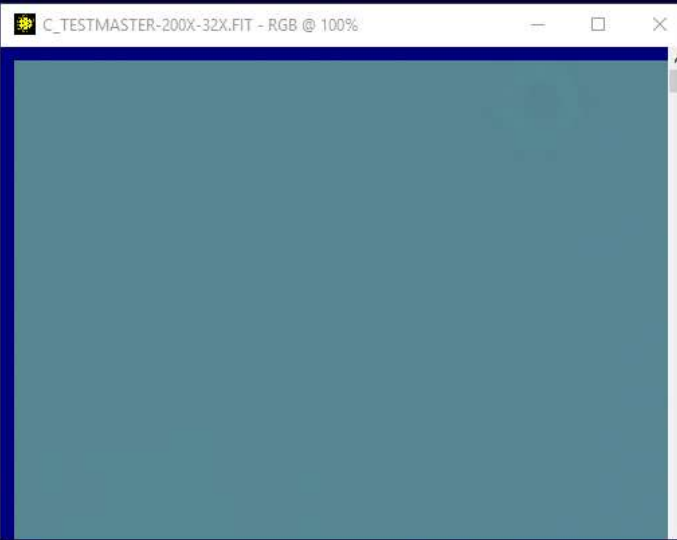
Master bestand uit
128 flatframes

st.dev. 92,19



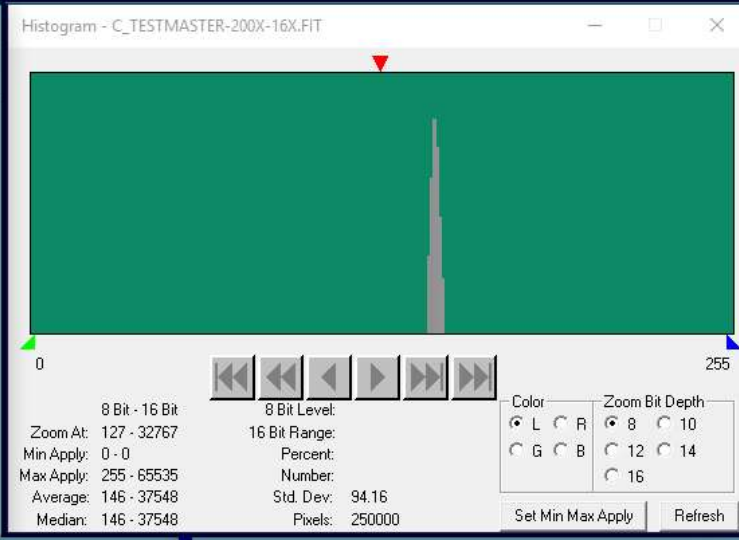
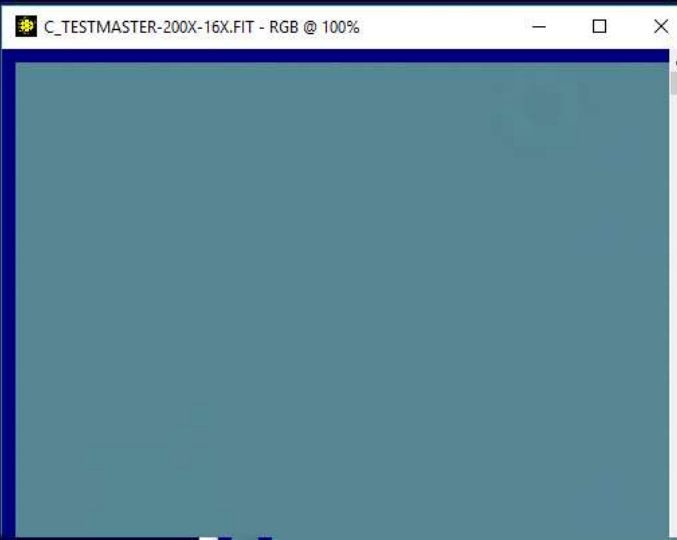
Master 64 flatframes

st.dev. 92.46



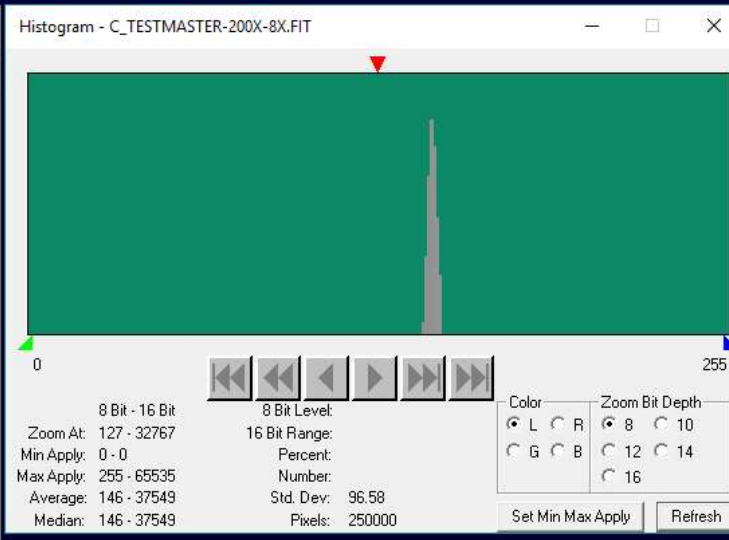
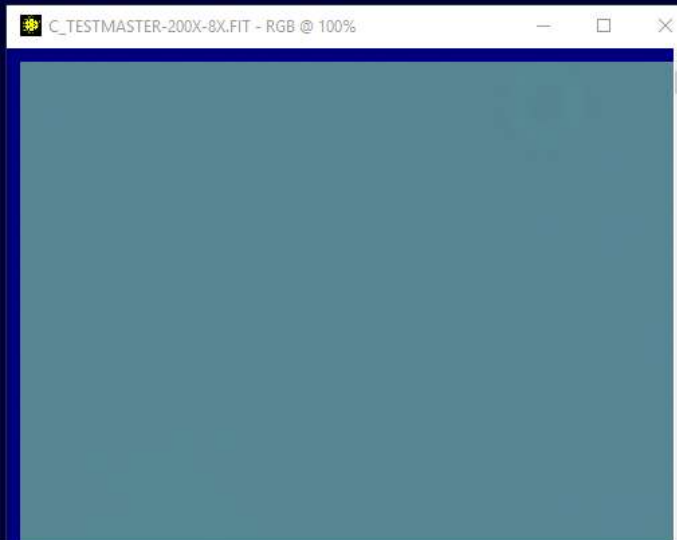
Master 32 flatframes

st.dev. 93.03



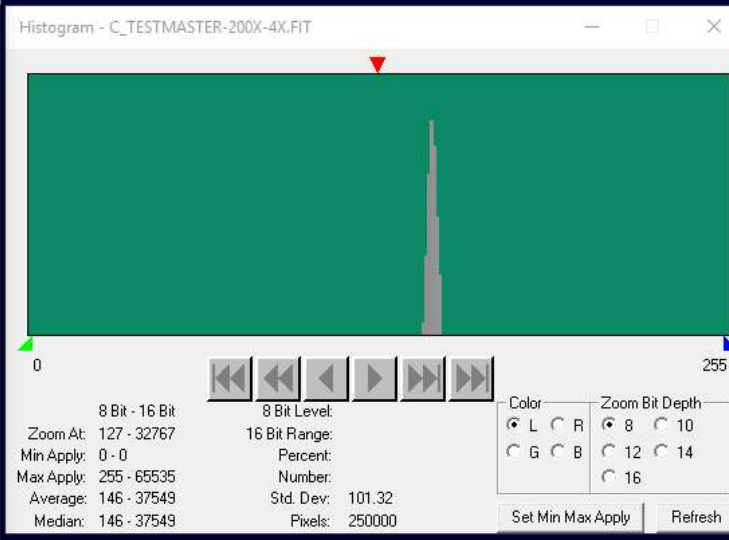
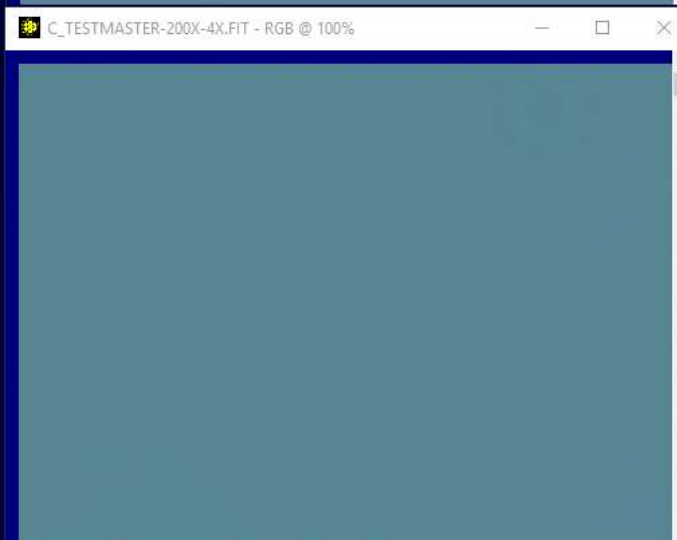
Master 16 flatframes

st.dev. 94.16



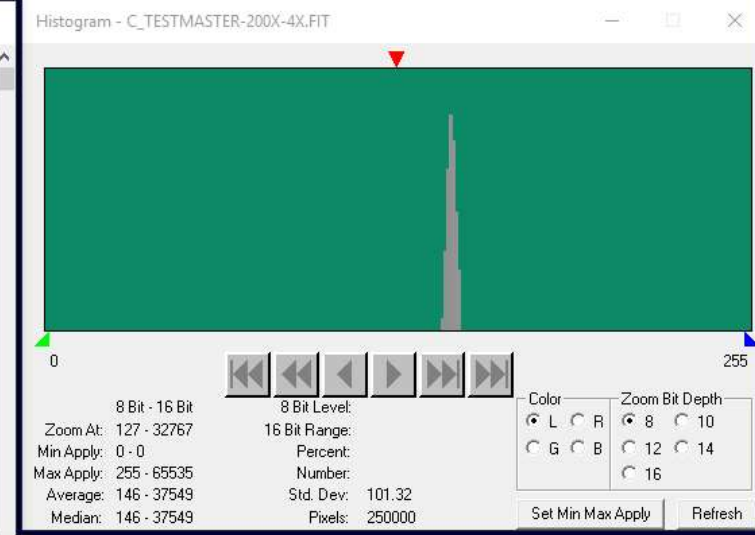
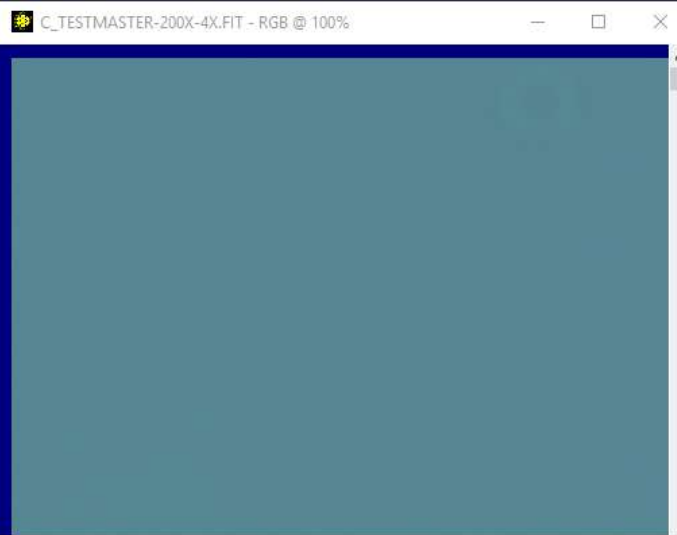
Master 8 flatframes

st.dev. 96.58



Master 4 flatframes

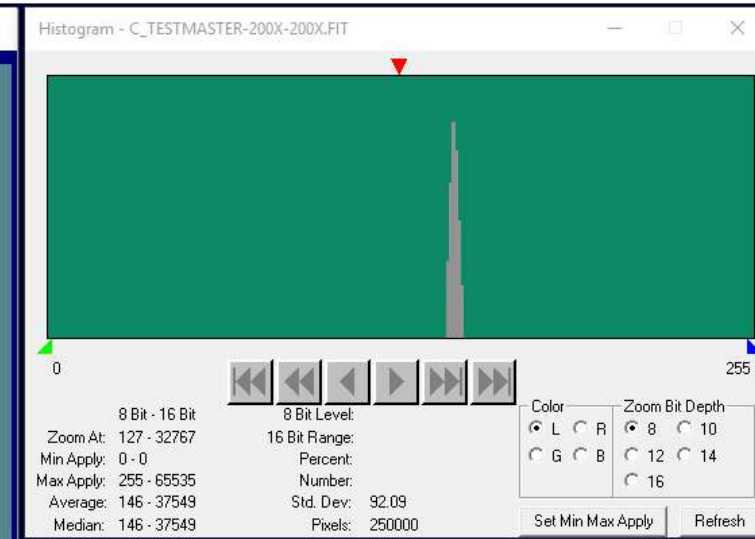
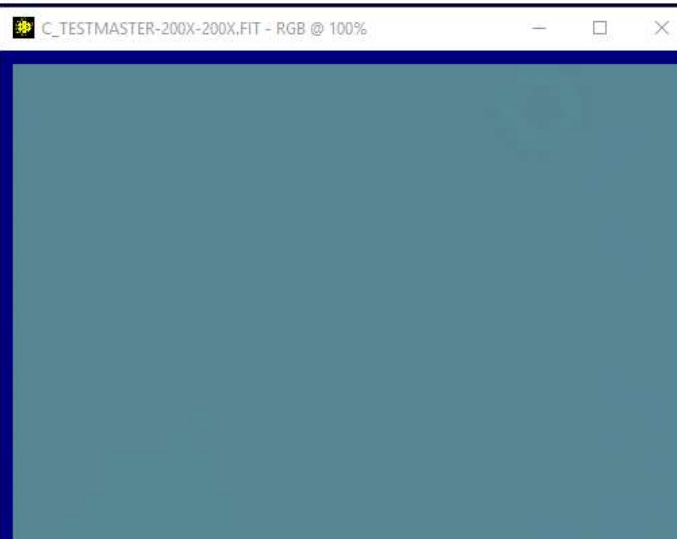
st.dev. 101.32



Resume

Master 4 flatframes

st.dev. 101.32



Master 200 flatframes

st.dev. 92.09

Dit bij een gemiddelde
waarde van 37549

Resume,

	gemiddelde	st.dev.
Master 200x	37549	92,09
„ 128x	37549	92,19
„ 64x	37549	92,46
„ 32x	37549	93,03
„ 16x	37549	94,16
„ 8x	37549	96,58
„ 4x	37549	101,32

Hieruit volgt dat de regel die vroeger meestal werd gehanteerd dat het aantal frames waarmee een kalibratie frame wordt samengesteld kan liggen tussen 10 en 20 en dat een groter aantal weinig winst geeft niet uit de lucht is komen vallen.

Bij het maken van flatframes wordt ook altijd relatief zwaar getild aan hoe deze belicht zijn. Punten van overweging zouden dan moeten zijn;

1^e ; zorg dat je in het lineaire gebied van de sensor zit.

2^e ; voorkom dat er clipping van het signaal optreedt (ook in de afzonderlijke kleurkanalen)

Hierbij speelt het bijkomend probleem dat bij een DSLR het histogram word weergegeven na een conversie met gammacorrectie en daardoor heeft het histogram al een bewerking ondergaan. Een lineaire conversie die bij astrowerk nodig en ook gebruikelijk is toont wel het onbewerkte histogram.

Er zijn een aantal masterflats gemaakt die samengesteld zijn met flatframes met verschillende belichtingstijden.

Telkens werd er een masterflat gemaakt van 16 gelijk belichte frames die een andere belichtingstijd hadden dan de vorige reeks.

Daarna werd op de hiervoor gebruikte methode het effect van het belichtingsniveau op de werking van de flat-field kalibratie bekeken.

1^e ; zorg dat je in het lineaire gebied van de sensor zit.

Dit probleem kan ik niet plaatsen omdat de CCD-sensoren een lineair karakter hebben zolang het signaal niet geclipt is.

Om daar zekerheid over te krijgen zijn testen gedaan om daar uitsluitel over te kunnen geven.

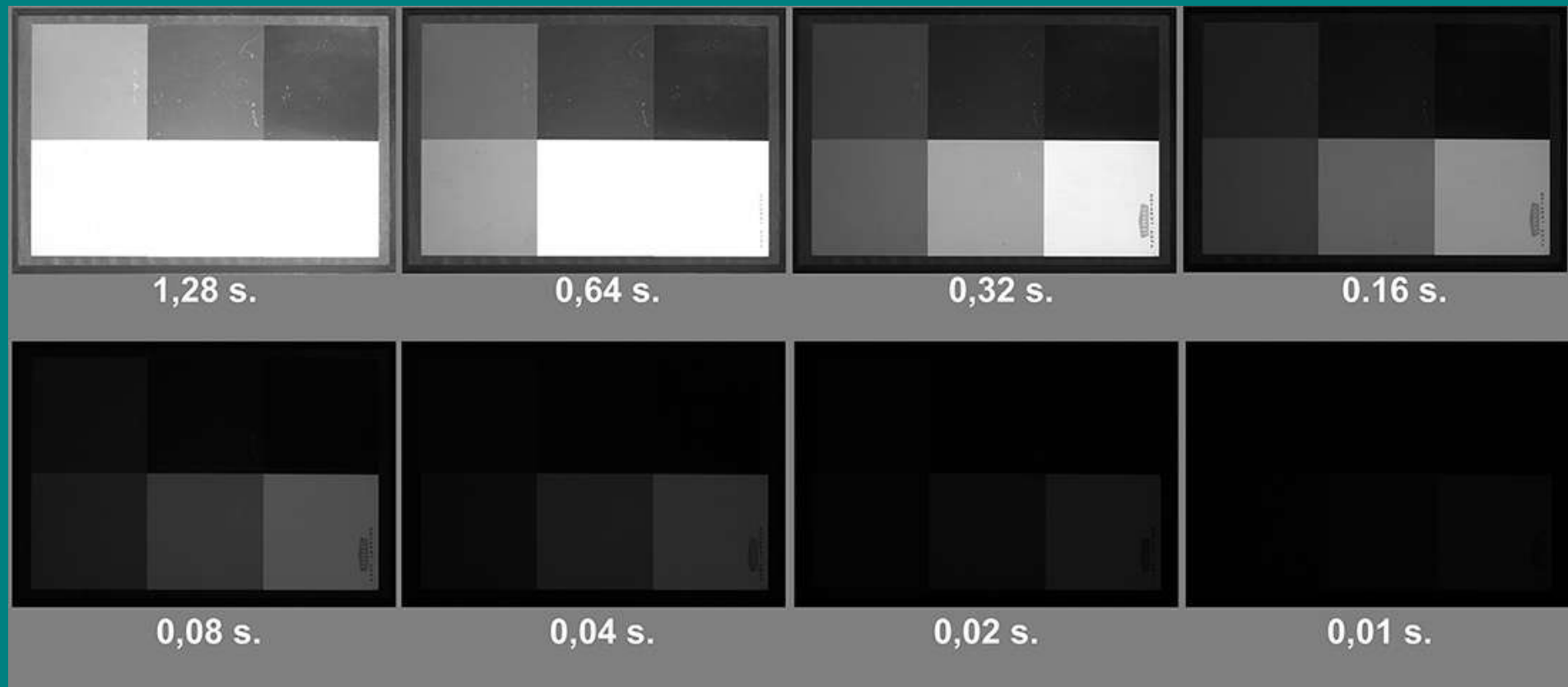
Er werd een testkaart gefotografeerd met verschillende belichtingstijden en daarbij werden dan de verhoudingen van de ADUwaarden van de afzonderlijke testvlakken vergeleken.

Als bij al deze opnamen de onderlinge verhoudingen van de testvlakken gelijk blijft is dat het bewijs dat de sensor lineair reageert.

Als eerste werd de ASI1600mm aan de test onderworpen



De testkaart



De acht testopnamen met een belichtingsverschil van 128x die zijn geanalyseerd.

Test lineair gedrag sensor Asi 1600 mm

belichtings- tijd msec	Aduwaarde vlak						Bias gecalibreert. Bias is 275					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
1280	65504	65504	65504	42628	27367	18280	65229	65229	65229	42353	27092	18005
640	65504	65504	36417	21276	13734	9222	65229	65229	36142	21001	13459	8947
320	60027	36917	18344	10785	7004	4766	59752	36642	18069	10510	6729	4491
160	30102	18506	9304	5615	3644	2515	29827	18231	9029	5340	3369	2240
160	30157	18562	9280	5516	3638	2521	29882	18287	9005	5241	3363	2246
80	15171	9420	4773	2871	1950	1399	14896	9145	4498	2596	1675	1124
40	7700	4825	2518	1577	1111	833	7425	4550	2243	1302	836	558
20	3967	2526	1403	928	698	548	3692	2251	1128	653	423	273
10	2097	1400	827	590	475	403	1822	1125	552	315	200	128
	vlak1/vlak2	vlak2/vlak3	vlak3/vlak4	vlak4/vlak5	vlak5/vlak6		vlak1/vlak2	vlak2/vlak3	vlak3/vlak4	vlak4/vlak5	vlak5/vlak6	
1280				1,558	1,497					1,563	1,505	
640			1,712	1,549	1,489				1,721	1,560	1,504	
320	1,626	2,012	1,701	1,540	1,470		1,631	2,028	1,719	1,562	1,498	
160	1,627	1,989	1,657	1,541	1,449		1,636	2,019	1,691	1,585	1,504	
160	1,625	2,000	1,682	1,516	1,443		1,634	2,031	1,718	1,558	1,497	
80	1,611	1,974	1,662	1,472	1,394		1,629	2,033	1,733	1,550	1,490	
40	1,596	1,916	1,597	1,419	1,334		1,632	2,029	1,723	1,557	1,498	
20	1,570	1,800	1,512	1,330	1,274		1,640	1,996	1,727	1,544	1,549	
10	1,498	1,693	1,402	1,242	1,179		1,620	2,038	1,752	1,575	1,563	

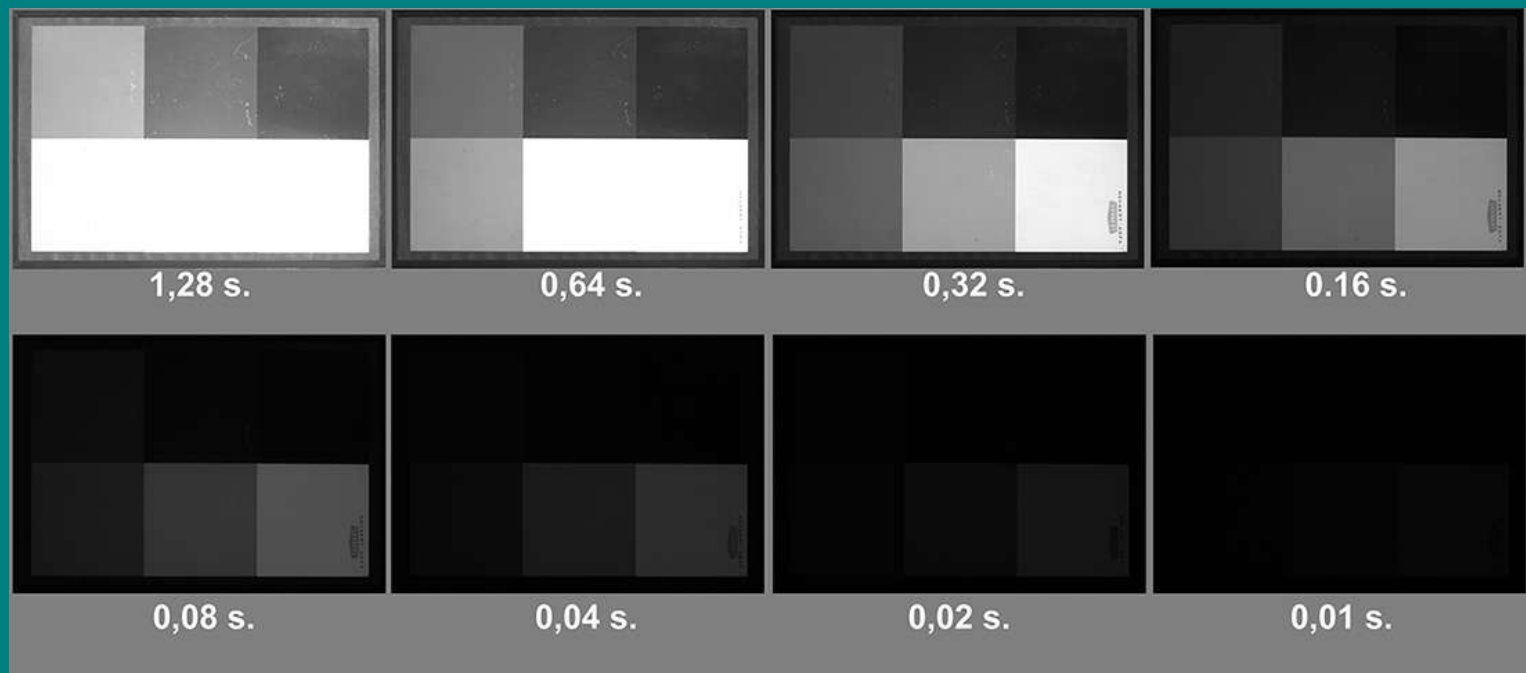
Ook met de Canon 6Da een zelfde test gedaan



Ook hier werden de ADU waarden van de grijsvlakken gemeten

Test lineair gedrag sensor Canon 6Da

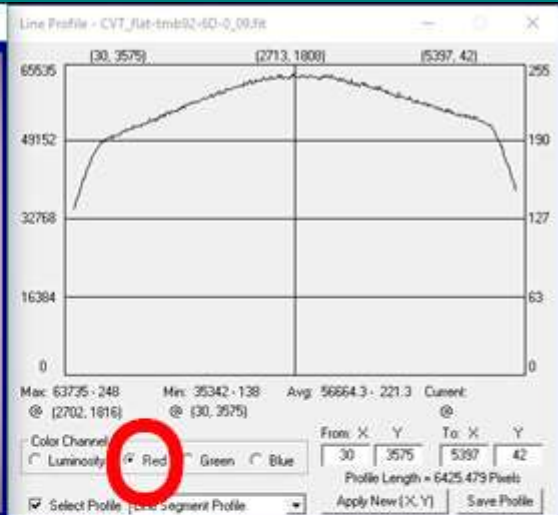
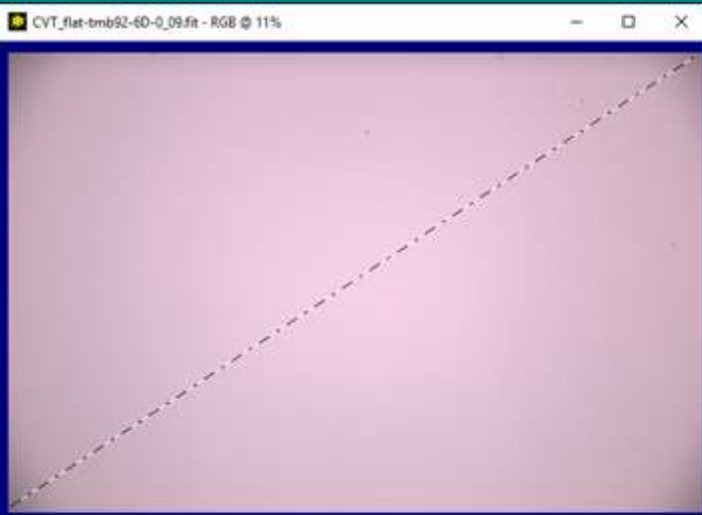
belichtings- tijd sec	Aduwaarde vlak					
	1	2	3	4	5	6
2	65522	65522	65522	65522	60511	38953
1	65522	65522	65522	55004	29578	18994
0,5	65522	65522	46851	26624	14351	9269
0,25	65522	50517	22923	13058	7096	4595
0,125	44017	24583	11230	6447	3508	2274
0,066	21260	11935	5496	3172	1722	1111
0,033	10457	5919	2749	1583	858	549
0,016	5033	2850	1315	756	405	263
	vlak1/vlak2	vlak2/vlak3	vlak3/vlak4	vlak4/vlak5	vlak5/vlak6	
2					1,553	
1				1,860	1,557	
0,5			1,760	1,855	1,548	
0,25		2,204	1,755	1,840	1,544	
0,125	1,791	2,189	1,742	1,838	1,543	
0,066	1,781	2,172	1,733	1,842	1,550	
0,033	1,767	2,153	1,737	1,845	1,563	
0,016	1,766	2,167	1,739	1,867	1,540	



Op al deze testopnamen van de ASI1600 en de Canon 6D zijn de helderheidsverschillen van de vlakken onderling steeds gelijk. Of ze hoog of laag in het histogram zijn opgenomen heeft daarop geen enkele invloed.

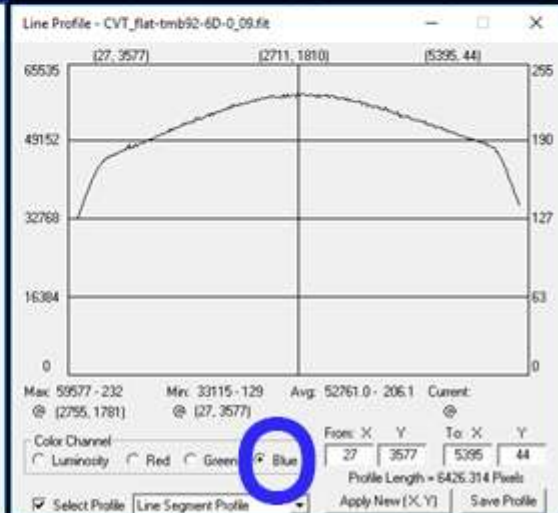
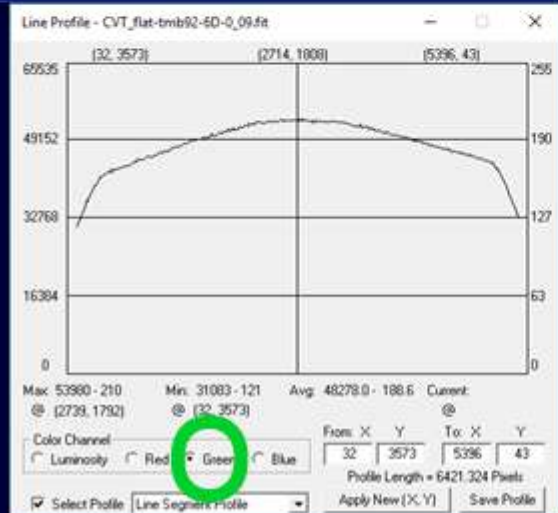
Dat maakt duidelijk dat ccd sensoren een puur lineaire respons hebben en dat van een gebied met niet lineair gedrag geen sprake kan zijn.

Nu volgen testen om de invloed van het belichtingsniveau van de flatframes op het resultaat van de flatfield kalibratie te bepalen.



Er werd gestart met een flatframe met de meest ideale belichting.

Dat betekent; zo hoog mogelijk in het histogram maar met de zekerheid dat er geen clipping optreedt.

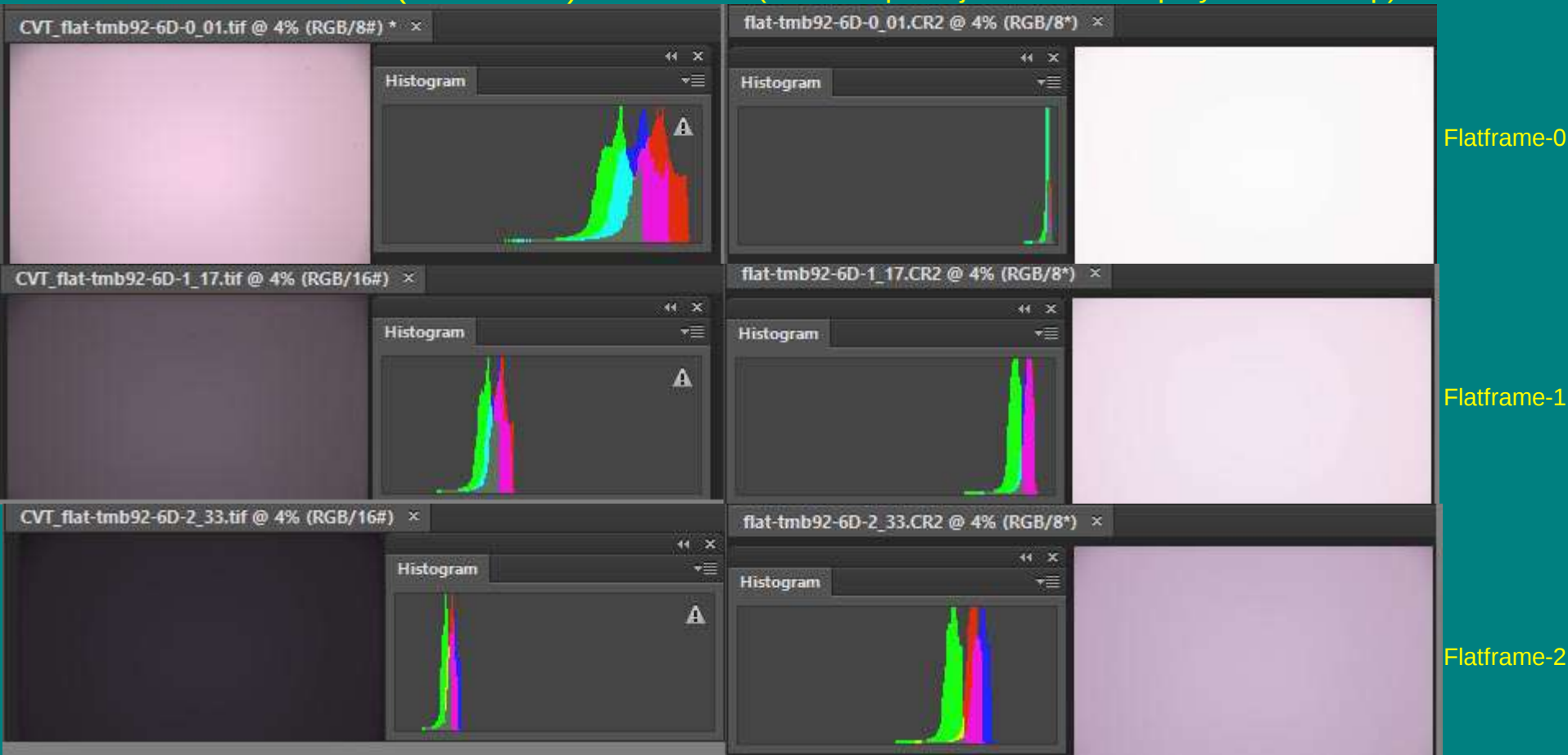


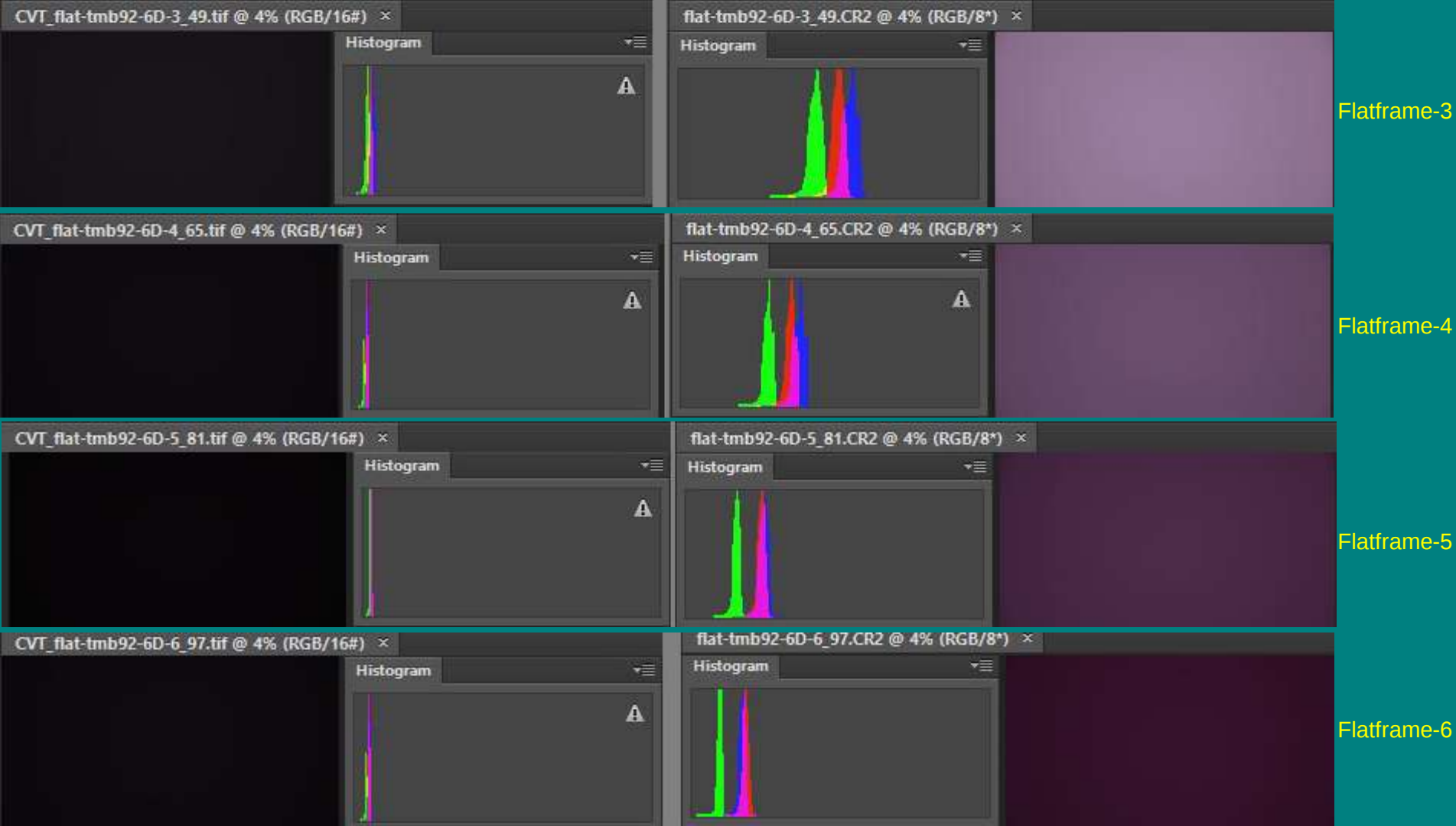
Histogram (lineair) flatframe-0

Verskil conversie van flatframes met telkens ongeveer 2x minder belichting;
conversie met gammacorrectie

lineaire conversie (astrowerk)

(normale praktijk - camera display - Photoshop)







Kalibratie met de
hierboven
getoonde master-
flats.

St.Dev. van de gekalibreerde masterflat

Gemid. 41535

master-0	98,34
master-1	108,79
master-2	124,12
master-3	138,81
master-4	163,45
master-5	199,24
master-6	268,18

De conclusie is dat bij het maken van de flatframes je beter de aandacht kunt richten op het optimaliseren van het belichtingsniveau van je frames dan op het maken van een groter aantal frames.

Dat betekent dat het zeer aan te bevelen is het histogram van het frame na een lineaire conversie te beoordelen.

De winst door meer dan 20 flatframes te maken is te verwaarlozen.

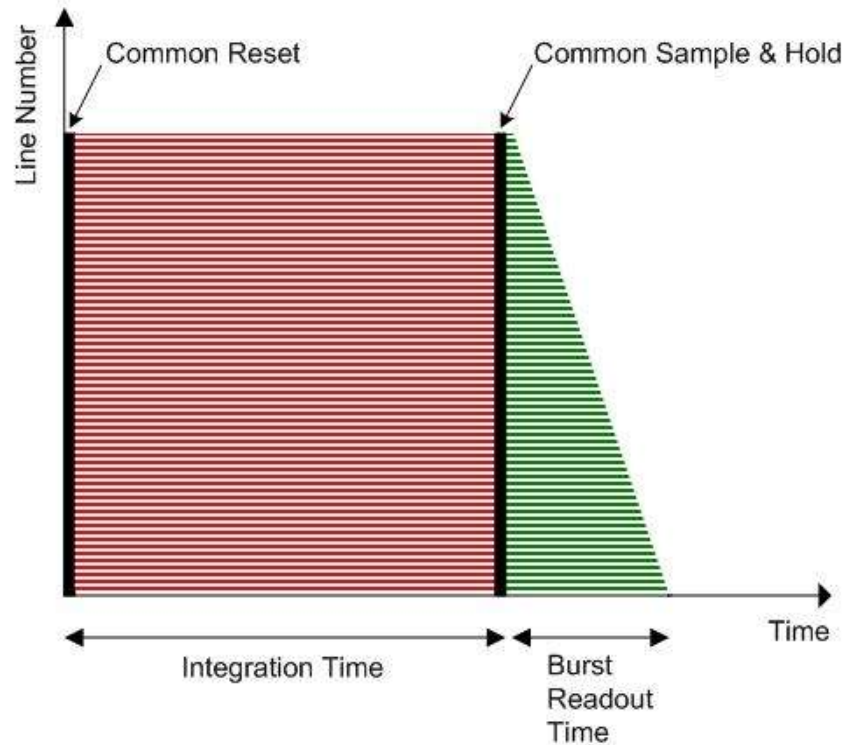
Bewust praat ik hier over het belichtingsniveau en niet over de belichtingstijd. Het gaat dus niet over een bepaalde belichtingstijd maar over de hoeveelheid licht die op de sensor valt.

Toch is er over de belichtingstijd wel iets op te merken. De gekozen sluitertijd mag niet tot gevolg hebben dat een egale belichting van de sensor verstoord word.

Bij mechanische sluiters bestaat bij erg korte sluitertijden het risico dat door looptijdverschillen van de sluiterslamellen een ongelijke belichting ontstaat. Een keuze tussen 1/50 en enkelen seconden is een veilige keus.

Bij sensoren met elektronisch geregelde integratietijd kan de methode van uitlezen van de data ook een probleem veroorzaken.

De twee modi van uitlezen die hier bedoeld worden.



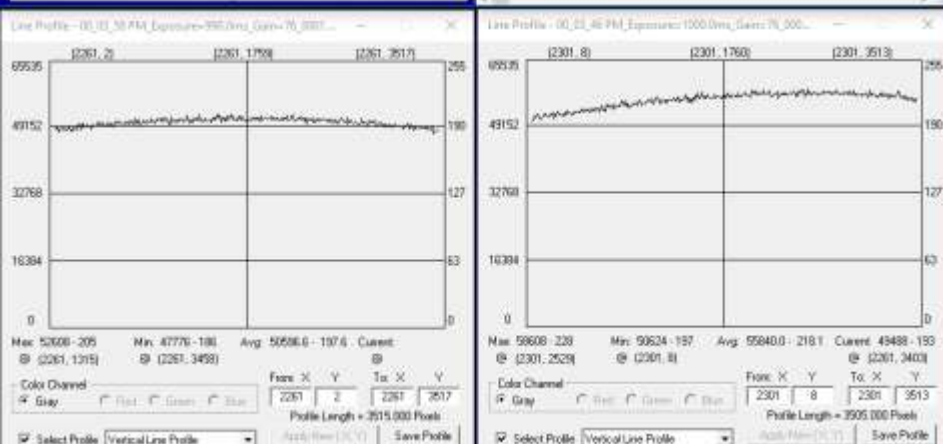
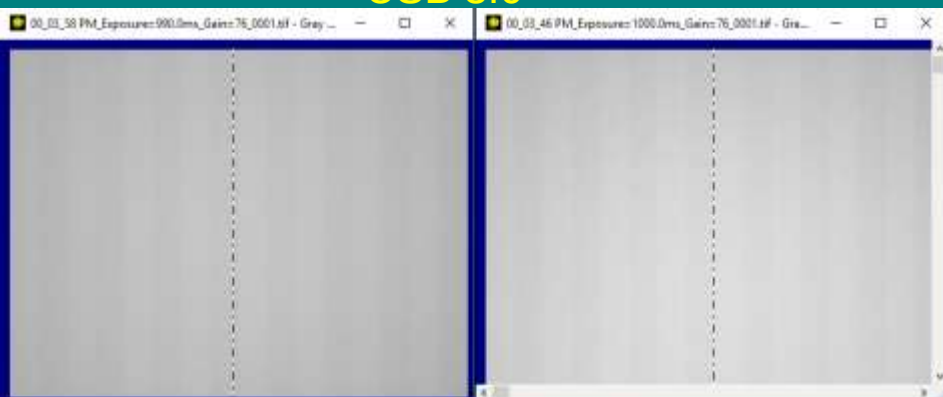
Voorbeeld; bij de ZWO ASI 1600 wordt bij gebruik van USB 2.0 bij een sluitertijd van 5 seconden overgeschakeld naar de (rechter) global reset mode en is de belichtingstijd per rij pixels niet meer gelijk.

Bij USB 3.0 gebeurt dat bij 1 en bij USB 2.0 bij 5 seconden.

ZWO ASI 1600

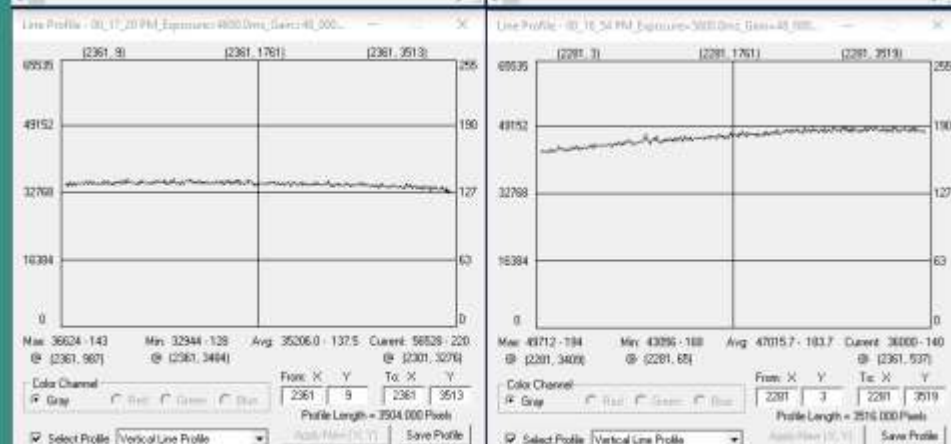
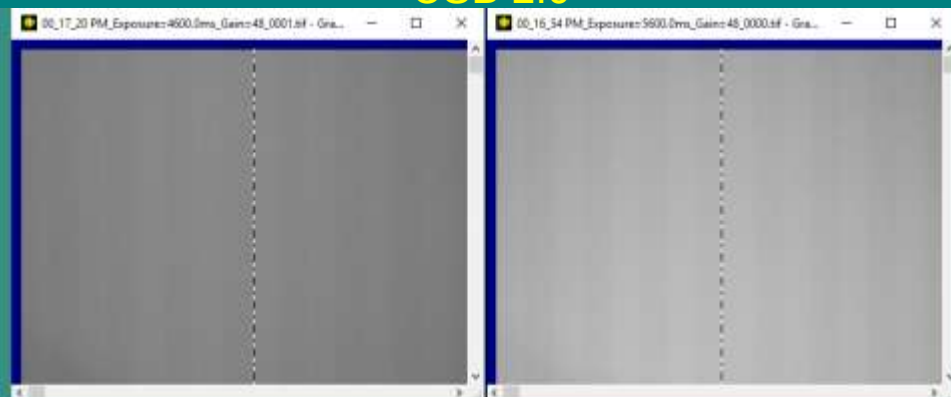
USB 3.0

USB 2.0



0,99s

1,0s

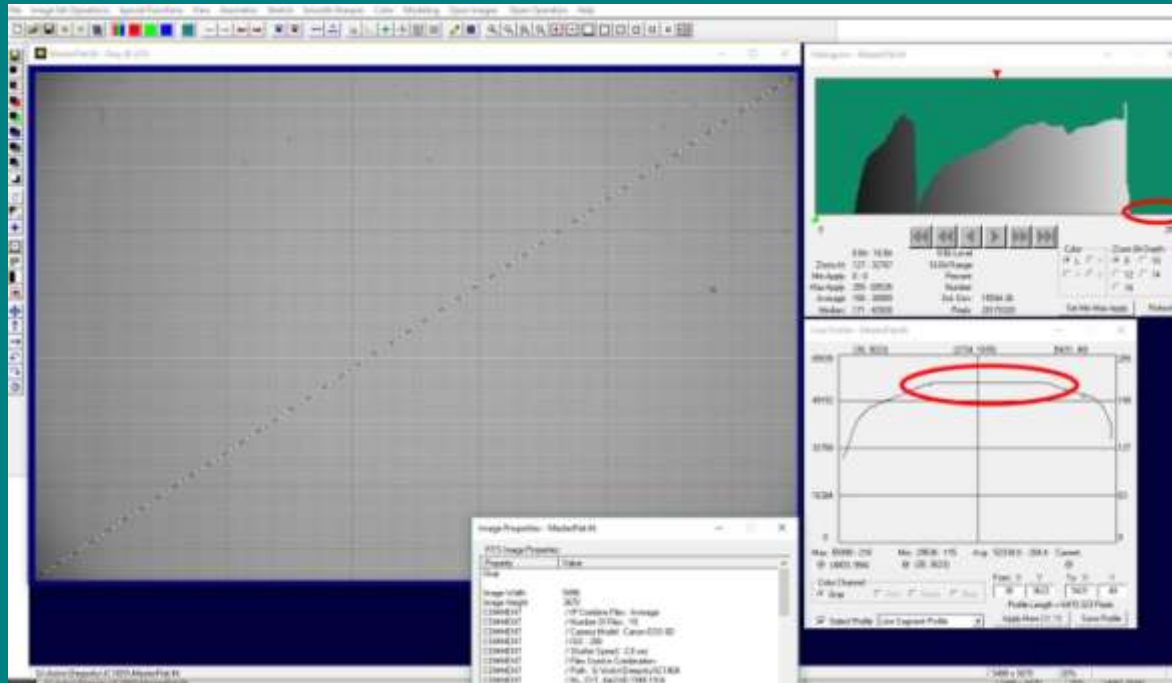


4,6 s

5,6 s

belichtingstijd;

Voorbeeld van een verrassende uitslag bij de controle van het belichtingsniveau



Ondanks dat het histogram niet vastliep tegen de rechterkant bleek er toch clipping aan de hand te zijn!

De reden is waarschijnlijk dat dit te maken heeft met de ingestelde iso en of kleurbalans. Als daardoor het signaal van de pixels minder versterkt wordt zou dit kunnen leiden dat het signaal bij de full-well een waarde oplevert die lager is dan de maximale ADUwaarde?

Daarom de aanbeveling het histogram altijd zorgvuldig te controleren

Eindconclusie Flats

Kies een belichtingstijd tussen $1/20$ en 1 seconde.

Controleer na een lineaire conversie zorgvuldig het belichtingsniveau en kies dat zo hoog mogelijk maar zorg dat er (ook in de kleurkanalen) geen clipping optreedt.

Wees zeker dat je de geschikte uitleesmode bij een niet-mechanische sluiters gebruikt.

Meer dan 20 flatframes maken is niet zinvol.

Bias en darks

Bias;

elke opname heeft een beginwaarde waarop het signaal van de sensor wordt opgeteld. Deze waarde wordt de bias (of offset/Pedestal) genoemd en is altijd aanwezig.

Dus ook als er geen licht op de sensor valt. De biaswaarde kan daarom worden bepaald door een opname te maken met zeer korte belichtingstijd terwijl er geen licht op de sensor valt.

Dark;

als een opname van langere duur wordt gemaakt zonder dat er licht op de sensor valt zal door onvolkomenheid van de sensor toch een signaal kunnen ontstaan.

Dit noemt men de donkerstroom en dit signaal kan door zgn. darks worden bepaald.

De donkerstroom is temperatuurafhankelijk en het darksignaal wordt daarom bepaald door de temperatuur, de gain van de sensor en de tijdsduur van de belichting.

Een darkframe is daarom een opname van langere duur zonder dat er licht op de sensor valt en dit bij een bepaalde temperatuur en gain van de sensor.

Bij lang belichte opnamen zal altijd het darksignaal bij het signaal dat door opvallend licht tijdens de belichting is ontstaan worden opgeteld.

Bias

T-min 15°C	Asi1600mm-UG		Asi294mc-UG		Asi-1600mmLRN		Asi294mcLRN	
	single	16x	single	16x	single	16x	single	16x
gemiddeld	747	747	1906	1906	521	521	1907	1906
median	752	748	1908	1907	512	520	1904	1903
st.devitatie	27,1	9,99	8,13	2,59	138,1	62,18	128,7	46,14

	6Da-800i-T19°C		6Da-1600i-T16°C		6Da-3200i-T15°C		6Da-6400i-T14°C	
	single	16x	single	16x	single	16x	single	16x
gemiddeld	12	12	15	15	22	22	34	34
median	4	12	0	15	0	21	0	32
st.devitatie	18	5,83	23,4	7,5	34,9	11,73	56,7	19,91

Hier een weergave van biasframes, telkens een enkelvoudige en daarnaast een master samengesteld door 16 frames. Een masterbias is een biasframe dat is verkregen door een aantal biasframes samen te voegen. Dit wordt gedaan om de spreiding tussen de afzonderlijke frames te elimineren.

Duidelijk is dat de biasframes van de ASI camera's zich als een normale verdeling manifesteren en een erg kleine spreiding hebben.

Maar dat is niet het geval bij de Canon 6Da. Daar blijkt de spreiding groot te zijn want soms heeft meer dan de helft van de pixels een waarde van 0 terwijl het gemiddelde veel hoger is. Dat betekent dat het gemiddelde wordt bepaald door weinig pixels met veel hogere ADUwaarden dan het gemiddelde.

Bias en darks

Het bepalen van het darksignaal is belangrijk om de storende invloed die het veroorzaakt te kunnen elimineren.

De hiervoor gebruikte procedure (dat bij de kalibratie de dark-subtractie wordt genoemd) is dat van het signaal van een lang belichte opname het darksignaal dat hoort bij een dergelijke opname wordt afgetrokken.

Hiernaast een weergave van telkens 3 darks en de zgn. masterdark.

Een masterdark is een dark die is verkregen door een aantal darks samen te voegen.

Ook hier zijn weergegeven het gemiddelde en de middelste ADUwaarde en de standaard-deviatie.

Duidelijk is dat ook de darks van deze ASI camera's zich als een normale verdeling manifesteren. En ook weer blijkt de onderlinge spreiding erg klein te zijn.

Door de biasframes hierbij te betrekken wordt duidelijk dat de donkerstroom van de ASI294 erg klein is.

Bij de ASI 1600 is die donkerstroom beduidend groter.

Beiden sensoren werden op een temperatuur van min 15° C gebracht.

darks - ASI- 294mc - 1600mm

Adu-16bits

Asi 294mc

	single - 600s - min 15°C			master16x	single - 300s - min 15°C			master16x
gemiddeld	1915	1914	1915	1914	1911	1911	1911	1910
median	1912	1912	1912	1911	1908	1908	1908	1909
st.deviation	37,9	37,8	40,5	36,5	28,59	25,93	29,91	24,93

	single - 600s - plus 15°C			master16x
gemiddeld	2090	2089	2090	2090
median	2048	2048	2048	2046
st.deviation	306	305	305	303,4

donkerstroom Asi294mc

		plus 15°C	min 15°C	min 15°	
masterdark 16x 600s	gemid.	2090	1914	16x300s	1910
masterbias 16x	gemid.	1865	1906	16xbias	1906
Donkerstroom 600s		225	8		4

Asi 1600mm

	single - 600s - min 15°C			master16x	single - 300s - min 15°C			master16x
gemiddeld	862	861	862	862	812	813	813	813
median	848	848	848	843	800	800	800	803
st.deviation	147,2	148,1	148,8	137,3	87,2	89	93,7	78,5

donkerstroom Asi1600mm

		min 15°C	600s	300s
masterdark 16x	gemid.	862	862	813
masterbias 16x	gemid.	747	747	747
Donkerstroom		115	115	66

Bij een DSLR wordt het onbewerkte sensorsignaal in het RAW-formaat weergegeven. Om dit bestand om te zetten naar een formaat waarin de kleuren per pixel worden vermeld moet dit RAW bestand geconverteerd worden.

De meest gebruikte conversie is dan ook die waar de kleurinformatie is opgenomen. Maar in het kader van analyseren van (kalibratie) frames moet nagedacht worden of dat een juiste optie is. Dit omdat een conversie waarbij geen kleurinterpolatie wordt toegepast een betere weergave geeft van het pure sensorsignaal.

(In deze en volgende tabellen is ook de ADUwaarde van een procentueel deel van het totaal aantal pixels weergegeven. Voorbeeld; 90% = <284 betekent dat 90% van alle pixels een ADUwaarde heeft van 284 of kleiner.)

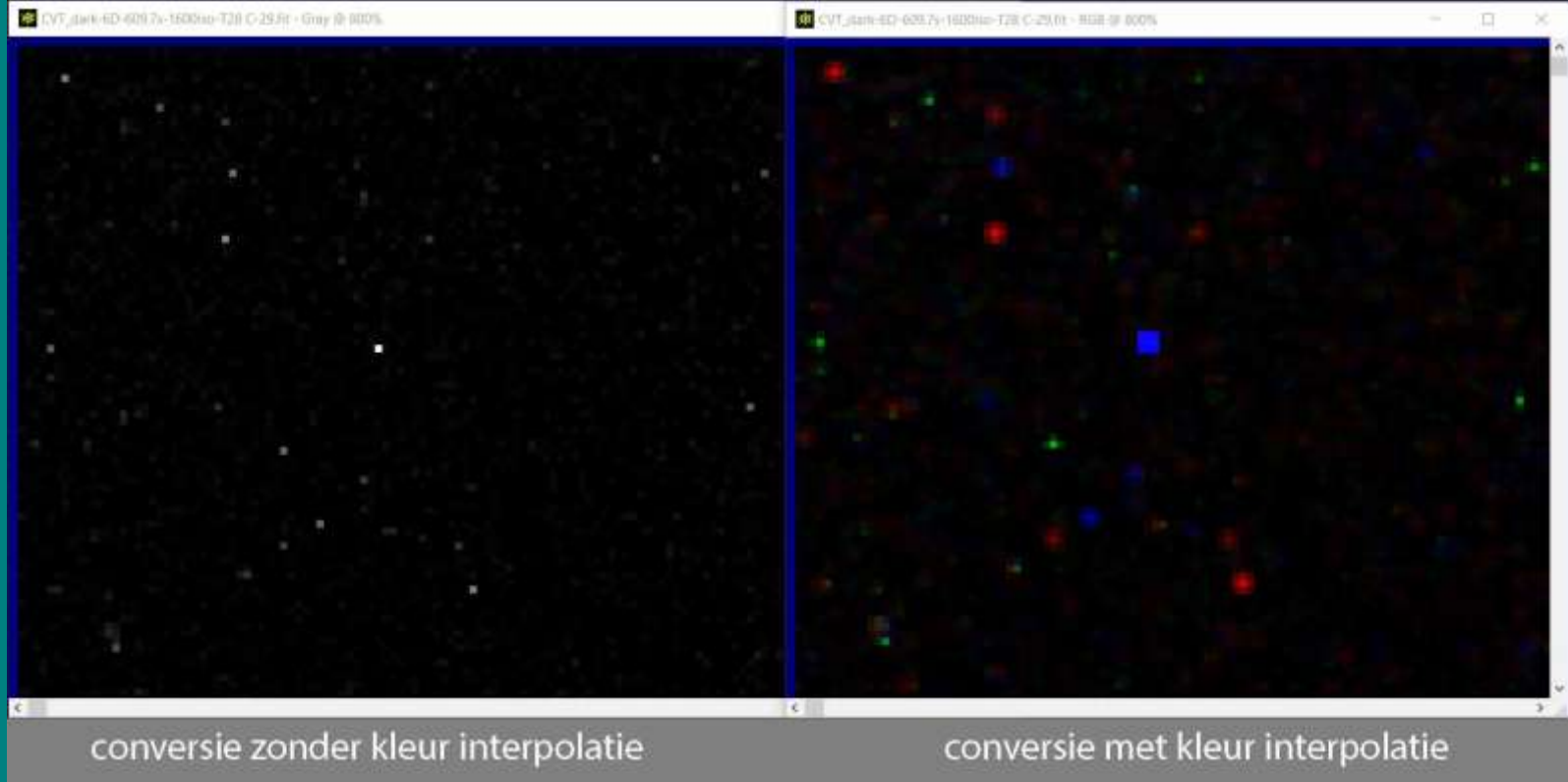
Aduwaarden darks en bias Canon 6Da

Gain- 1600 iso - cameratempatuur 29°C (adu-16bits)

1600iso - T 29°C

Conversie zonder kleurinterpolatie					
Bias	Adu		Dark - 600s	Adu	
Gemiddeld	15	50% = 0	Gemiddeld	92	66% = 0
Median	0	90% = <52	Median	0	90% = <284
st.dev.	24	99% = <94	st.dev.	373	99% = <850
		99,9% = <145			99,9% = <5026
Conversie met kleurinterpolatie					
Gemiddeld	32	1,8% = 0	Gemiddeld	213	10,7% = 0
Median	29	90% = <161	Median	131	90% = <356
st.dev.	22	99% = <101	st.dev.	358	99% = <1709
		99,9% = <165			99,9% = <5174

Conversie zonder kleurinterpolatie					
Dark - 300s	Adu		Dark - 150s	adu	
Gemiddeld	66	63% = 0	Gemiddeld	55	63% = 0
Median	0	90% = <267	Median	0	90% = <182
st.dev.	271	99% = <576	st.dev.	235	99% = <474
		99,9% = <2835			99,9% = <1921
Conversie met kleurinterpolatie					
Gemiddeld	151	8,2% = 0	Gemiddeld	125	7,5% = 0
Median	102	90% = <390	Median	89	90% = <182
st.dev.	261	99% = <990	st.dev.	227	99% = <705
		99,9% = <2920			99,9% = <1971



Door de kleurinterpolatie krijgen veel pixels een signaal dat ze niet zelf daadwerkelijk hebben geregistreerd maar dat ze door de kleurinterpolatie van een buurpixel meekrijgen.

Daarom verdient het sterk de aanbeveling de kalibratie van de frames uit te voeren na een conversie zonder kleurinterpolatie en dat pas na de kalibratie de kleurinformatie wordt opgeroepen.

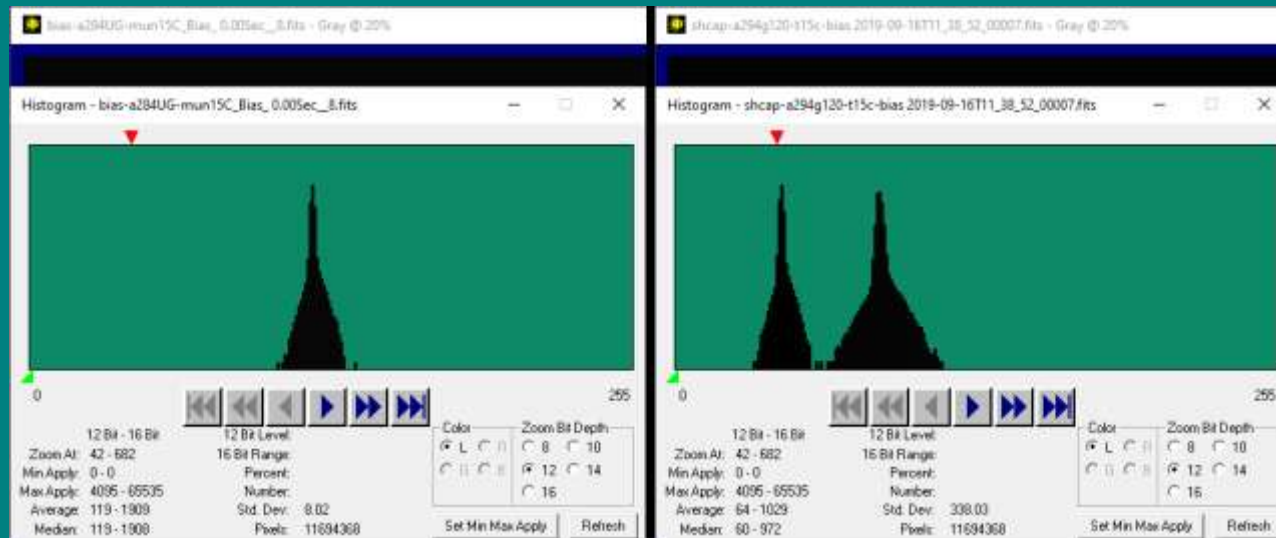
Leveren de verschillende capture programma's steeds gelijke data op?

	ImagesPlus						AstroPhotographyTools						SharpCap3,2						FireCapture											
	Asi294mcUG - Tmin 15°						Asi294mcUG - Tmin 15°						Asi294mc-gain120 - Tmin 15°						Asi294mc-gain120 - Tmin 15°											
	bias			dark300s			bias			dark300s			bias			dark300s			bias					dark300s						
	gem.	media	St.dev	gem.	media	St.dev	gem.	media	St.dev	gem.	media	St.dev	gem.	media	St.dev	gem.	media	St.dev	gem.	median	St.dev	gem.	median	St.dev	gem.	median	St.dev			
1	1908	1908	8,02	1912	1912	29,66	1908	1908	8,03	1912	1912	29,93	1029	972	338	1035	1162	342,4	257	1028	243	972	84,2	336,7	270	1080	242	968	210,8	843,1
2	1908	1908	8,03	1913	1912	28,53	1908	1908	8,02	1912	1912	28,46	1029	972	338	1035	1154	342,3	257	1028	240	960	84,2	336,7	258	1032	292	1168	85,3	341,4
3	1908	1908	8,02	1912	1912	30,3	1908	1908	8,03	1912	1912	29,06	1029	948	338	1035	1154	342,5	257	1028	243	972	84,2	336,7	271	1084	242	968	248,4	993,6
4	1908	1908	8,02	1912	1912	30,78	1908	1908	8,02	1912	1912	29,35	1029	944	338	1035	1170	344,3	257	1028	229	916	84,2	336,7	258	1032	287	1148	85,2	340,6
5	1908	1908	8,02	1912	1912	30,22	1908	1908	8,02	1912	1912	29,06	1029	968	380	1035	1162	342,2	257	1028	232	928	84,2	336,7	271	1084	242	968	248,4	993,6
6	1908	1908	8,02	1912	1912	28,47	1908	1908	8,01	1912	1912	29,33	1029	924	338	1035	1162	342,6	257	1028	232	928	84,2	336,7	258	1032	288	1152	85,2	340,9
7	1908	1908	8,02	1912	1912	28,25	1908	1908	8,02	1912	1912	29,98	1029	972	338	1035	1154	342,3	257	1028	243	972	84,2	336,7	270	1080	242	968	210,8	843,2
8	1908	1908	8,01	1912	1912	29,91	1908	1908	8,01	1912	1912	30,56	1029	940	338	1035	1156	342,2	257	1028	242	968	84,2	336,7	258	1032	291	1164	85,3	341,1
9	1908	1908	8,01	1912	1912	30,42	1908	1908	8,02	1912	1912	30,47	1029	912	338	1035	1146	342,6	257	1028	245	980	84,2	336,7	270	1080	243	972	173,4	693,8
10	1908	1908	8,01	1912	1912	28,82	1908	1908	8,02	1912	1912	31,11	1029	988	338	1035	1154	342,1	257	1028	245	980	84,2	336,7	300	1200	276	1104	148	591,9
	Asi294mcLRN - Tmin 15°						Asi294mcLRN - Tmin 15°						Asi294mc-gain390 - Tmin 15°						Asi294mc-gain390 - Tmin 15°											
	bias			dark300s			bias			dark300s			bias			dark300s			bias					dark300s						
	gem.	media	St.dev	gem.	media	St.dev	gem.	media	St.dev	gem.	media	St.dev	gem.	media	St.dev	gem.	media	St.dev	gem.	median	St.dev	gem.	median	St.dev	gem.	median	St.dev			
1	1928	1924	129,0	2010	1976	292,7	1947	1944	128,7	2029	1996	289,4	1075	968	407,8	1186	1091	602,9	268	1072	242	968	102,0	407,8	270	1080	243	972	171,3	685,0
2	1928	1924	128,7	2009	1976	289,0	1946	1944	128,8	2030	1996	289,7	1074	968	407,5	1185	1088	602,7	268	1072	242	968	101,9	407,7	301	1204	277	1108	149,3	597,1
3	1927	1924	128,6	2009	1976	286,0	1946	1944	128,8	2028	1996	293,6	1074	968	407,5	1183	1084	591,0	268	1072	242	968	101,9	407,7	270	1080	243	972	172,2	688,6
4	1928	1924	128,8	2011	1976	295,2	1947	1944	128,9	2030	1996	304,3	1074	968	407,5	1182	1084	590,8	268	1072	242	968	101,9	407,4	301	1204	278	1112	150,4	601,5
5	1928	1924	129,0	2009	1976	296,7	1946	1944	128,8	2028	1996	291,3	1074	968	407,6	1182	1083	591,2	268	1072	242	968	101,9	407,4	269	1076	243	972	111,3	445,3
6	1928	1924	129,0	2011	1976	295,7	1946	1944	128,9	2031	1996	303,2	1074	968	407,4	1182	1084	590,1	268	1072	242	968	101,9	407,6	301	1204	278	1112	150,9	603,6
7	1928	1924	128,7	2011	1976	295,7	1946	1944	129,0	2028	1996	290,9	1074	968	407,7	1181	1083	590,1	268	1072	242	968	101,9	407,6	270	1080	243	972	166,9	667,4
8	1928	1924	128,8	2011	1976	296,5	1946	1944	128,7	2030	1996	296,8	1074	968	407,8	1181	1083	598,1	268	1072	242	968	101,9	407,7	302	1208	278	1112	152,8	611,3
9	1928	1924	128,9	2011	1976	299,4	1946	1944	128,8	2030	1996	293,6	1075	968	407,4	1183	1084	594,0	268	1072	242	968	101,9	407,5	268	1072	242	968	101,9	407,5
10	1928	1924	128,9	2013	1980	305,1	1946	1944	128,9	2031	1996	293,0	1075	968	407,9	1180	1083	593,6	268	1072	242	968	101,9	407,5	268	1072	242	968	101,9	407,5

ImagesPlus en APT gebruiken ASCOM drivers
 Bij ASCOM drivers worden de parameters automatisch ingesteld

ImagesPlus						AstroPhotographyTools						SharpCap3,2					
Asi294mcUG - Tmin 15°						Asi294mcUG - Tmin 15°						Asi294mc-gain120 - Tmin 15°					
bias			dark300s			bias			dark300s			bias			dark300s		
gem.	media	St.dev	gem.	media	St.dev	gem.	media	St.dev	gem.	media	St.dev	gem.	media	St.dev	gem.	media	St.dev
1908	1908	8,02	1912	1912	29,66	1908	1908	8,03	1912	1912	29,93	1029	972	338	1035	1162	342,4
1908	1908	8,03	1913	1912	28,53	1908	1908	8,02	1912	1912	28,46	1029	972	338	1035	1154	342,3
1908	1908	8,02	1912	1912	30,3	1908	1908	8,03	1912	1912	29,06	1029	948	338	1035	1154	342,5

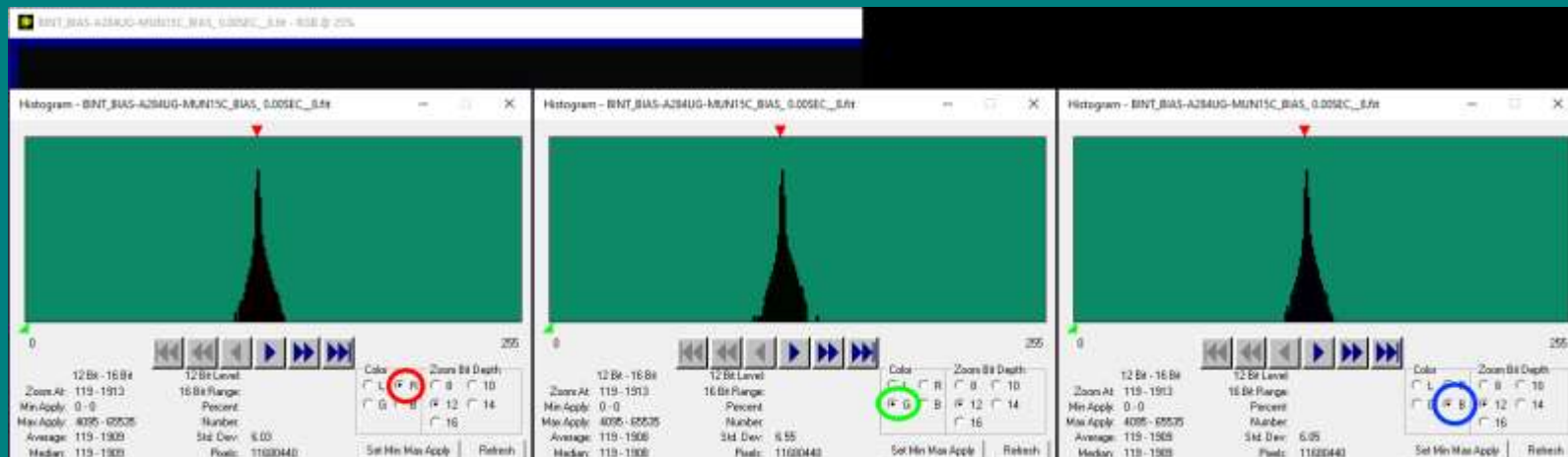
Bij niet-ASCOM drivers moeten de parameters zoals b.v. gain, offset en kleurbalans zelf ingesteld worden.



ASCOM driver

niet-ASCOM driver

Bij ASCOM drivers is bij het binnenhalen van de data nog geen kleurbalans verwerkt



Bij niet-ASCOM drivers is al een kleurbalans actief en moet die zo nodig gecorrigeerd worden voor een juiste weergave.



1600iso - cameratemperatuur 29°C darks en bias Canon 6Da

Conversie zonder kleurinterpolatie						
Bias	Adu		Dark - 600s	Adu-<		
Gemiddeld	15	50% =	0	Gemiddeld	92	66% = 0
Median	0	90% =	52	Median	0	90% = 284
st.dev.	24	99% =	94	st.dev.	373	99% = 850
	99,9% = 145			99,9% = 5026		

Conversie met kleurinterpolatie

Conversie zonder kleurinterpolatie						
Dark - 300s	Adu-<		Dark - 150s	adu-<		
Gemiddeld	66	63% =	0	Gemiddeld	55	63% = 0
Median	0	90% =	267	Median	0	90% = 182
st.dev.	271	99% =	576	st.dev.	235	99% = 474
	99,9% = 2835			99,9% = 1921		

Conversie met kleurinterpolatie

Om zicht te krijgen op de onderlinge spreiding van de darks van de 6Da is de volgende test gedaan. Uit een reeks van 32 darks (achter elkaar genomen) is van de even 16 frames een master gemaakt. Uit de 16 oneven frames en die master is van 50 steeds dezelfde pixels de ADU bepaald en in een tabel geplaatst.

Spreiding ADUwaarden darks 6Da-300sec-1600iso

	pixel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
frame	1	0	0	0	0	0	0	0	0	12	46	0	0	0	55	0	76	0	25	0	0	12	0	56	0	0	38	158	0	0	0	0	80	0	46	56	67	113	0	18	0	0	0	6	0	0	0	80	50	0	
	3	0	59	6	110	82	0	75	0	0	88	25	0	25	0	55	0	55	0	4	0	0	0	0	0	0	126	113	0	0	29	0	46	0	0	0	4	113	0	33	56	0	37	0	50	76	0	0	44	0	
	5	0	0	0	0	0	0	145	0	0	0	0	0	50	76	56	4	0	0	0	50	6	0	0	0	56	4	0	114	94	0	0	8	75	0	0	0	44	0	12	50	0	0	0	0	0	0	56	55		
	7	0	59	0	135	0	0	0	46	0	0	0	8	0	0	0	118	0	80	0	46	113	0	0	4	0	0	6	0	0	0	0	0	44	0	31	46	0	110	0	0	50	0	0	38	0	0	0	113	0	
	9	0	0	145	0	56	0	44	84	37	29	0	0	164	0	82	266	0	0	18	0	0	25	126	0	0	0	113	114	0	0	0	50	0	0	0	67	94	0	0	80	0	25	101	67	18	0	120	0	44	143
	11	0	0	37	0	0	59	94	25	25	203	0	0	0	0	0	59	0	12	0	8	6	0	50	29	0	0	177	0	0	25	0	0	0	75	0	145	0	0	8	31	25	44	93	0	0	75	0	56	0	
	13	0	0	101	0	0	84	0	0	82	0	94	105	18	110	126	114	0	0	0	0	88	0	0	97	0	55	0	0	0	0	0	0	67	0	29	0	0	0	0	0	12	88	0	38	170	84	94	0		
	15	0	0	0	88	0	0	126	0	12	33	0	8	139	0	12	0	0	0	0	12	0	0	0	0	50	0	18	0	0	8	0	0	0	33	0	29	113	0	0	0	12	0	50	29	0	46	164	0	56	0
	17	0	0	0	88	0	0	126	0	12	33	0	8	139	0	12	0	0	0	0	12	0	0	0	0	50	0	18	0	0	8	0	0	0	33	0	29	113	0	0	0	12	0	50	29	0	46	164	0	56	0
	19	56	0	6	0	0	114	0	4	44	0	0	0	0	0	31	33	0	8	145	88	0	12	246	122	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46	6	0	139	4	0	0	132	76	0	0	12	0	82	0	0	59
	21	0	55	0	0	37	0	82	0	0	50	18	46	0	0	0	33	0	88	94	93	0	0	0	21	69	0	6	25	0	33	0	0	31	0	0	0	12	0	0	0	0	0	29	145	0	0	29	0	59	
	23	0	12	6	0	44	0	82	46	164	0	0	0	113	4	183	0	0	0	0	50	6	67	183	38	0	25	120	0	120	0	0	0	0	0	113	0	480	0	0	0	75	46	6	4	0	16	0	59	170	0
	25	0	21	0	12	0	0	101	0	0	97	75	0	177	0	0	0	0	0	0	207	69	21	18	0	0	0	0	21	0	0	0	0	6	29	0	0	0	21	0	0	82	21	101	0	25	25	6	46	0	4
	27	75	8	0	105	0	0	0	0	82	84	0	0	0	114	0	88	0	0	0	0	88	110	0	0	44	16	0	50	0	0	0	29	0	88	31	38	132	25	0	63	0	0	63	12	0	0	21	0	0	
	29	0	0	0	67	0	0	0	0	0	4	0	0	18	84	0	29	0	46	6	0	0	80	50	0	0	0	25	55	0	0	0	0	0	0	0	69	0	215	21	0	21	183	25	0	0	76	120	0	0	
	31	0	0	0	0	0	59	0	4	0	38	0	0	37	33	0	126	170	50	0	8	215	0	94	0	6	0	69	8	0	0	82	0	69	0	0	0	316	0	0	0	82	12	0	25	0	16	37	38	0	0
gemid. oneven frames	8	13	19	38	14	20	55	13	29	39	17	13	53	31	31	63	11	23	16	36	38	20	51	19	17	17	51	24	13	6,4	5,1	13	14	21	20	19	118	10	15	16	33	14	37	31	16	16	51	27	54	20	
gemid. even frames	23	35	45	30	18	11	27	18	37	50	12	54	62	31	8	60	1	10	33	13	69	6	27	21	11	17	29	12	18	12	40	22	10	27	67	37	171	7	13	9	29	18	69	12	24	11	53	24	87	8	

Goed is te zien dat er een enorme spreiding aan de orde is. Dit zal worden veroorzaakt door de donkerstroomonderdrukking die bij Canon sensoren wordt toegepast. Die onderdrukking blijft per pixel en frame niet altijd hetzelfde effect te hebben.

Hoe is de spreiding bij sensoren waarbij deze donkerstroomonderdrukking niet is ingebouwd?

Om daar zicht op te krijgen zijn vergelijkbare metingen gedaan met de ASI1600mm en 294mc.

Spreading aduuarde darks asi1600mmUG - 600s - temp min15°C

pixel	1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	
frame	1	448	448	368	400	448	416	480	384	352	400	320	352	336	288	448	336	384	384	272	416	352	304	368	304	272	304	336	384	320	496	288	352	384	384	432	400	336	368	384	368	320	336	304	352	464	416	416	320	336
	2	464	512	352	320	384	512	448	368	336	496	352	336	320	320	432	368	320	400	368	480	416	320	336	304	352	256	256	480	304	416	320	320	384	352	400	320	336	288	496	288	304	272	352	384	320	384	336	288	368
	3	384	464	400	304	432	496	448	304	304	448	304	336	352	384	336	432	368	416	336	400	448	336	288	288	304	272	304	368	352	352	320	320	528	336	416	352	304	352	416	272	320	320	368	304	400	368	448	336	
	4	432	448	544	352	400	512	496	288	384	480	304	288	288	416	368	288	352	320	320	416	448	336	336	336	304	304	400	336	320	432	352	400	528	368	400	336	368	320	368	320	336	288	336	368	384	448	352	336	384
	5	384	464	400	304	432	496	448	304	304	448	304	336	352	384	336	432	368	416	336	400	448	336	288	288	304	272	304	368	352	352	320	320	528	336	416	352	304	352	416	272	320	320	368	304	400	368	448	336	
	6	400	384	288	352	352	528	368	304	320	400	336	320	304	400	368	384	352	304	336	480	416	320	384	304	368	240	352	432	352	560	368	304	400	368	384	480	384	320	416	336	256	320	368	352	416	320	432	416	352
	7	448	416	432	304	368	448	384	320	320	464	256	368	320	384	368	448	464	320	256	512	368	304	336	400	288	304	432	336	320	400	304	352	384	432	480	400	400	304	448	320	336	320	368	352	432	448	400	320	320
	8	384	528	352	336	352	480	560	336	320	400	304	320	288	320	352	416	384	368	320	384	448	352	288	336	352	368	352	432	336	432	352	336	448	368	336	384	368	288	400	304	288	304	352	304	288	384	368	416	384
	9	416	432	400	320	480	528	464	416	384	496	352	304	320	416	384	400	384	416	320	432	416	304	320	288	352	368	352	432	352	432	304	304	432	368	368	400	352	288	416	320	320	352	304	352	432	448	336	400	416
	10	464	464	400	272	432	480	448	320	352	400	320	336	272	336	368	368	384	416	320	480	384	304	352	288	336	384	320	400	320	496	352	336	384	320	432	432	336	304	448	352	272	304	320	400	368	416	416	352	320
	11	496	544	592	336	464	400	416	336	368	448	320	304	400	336	336	288	368	368	336	480	448	320	416	352	336	320	336	448	320	352	384	416	400	336	416	320	320	400	288	320	272	320	336	336	368	400	320	304	
	12	448	544	384	320	320	400	384	368	304	560	336	352	256	352	320	432	352	384	336	416	432	320	336	320	352	304	384	384	288	512	416	352	464	304	416	400	288	304	432	336	304	320	400	400	480	368	400	432	304
	13	400	544	288	304	496	432	400	368	352	480	336	336	320	416	432	400	352	368	336	368	400	336	368	320	336	448	352	384	400	368	304	336	400	416	352	352	336	432	304	336	352	320	400	432	400	432	432	320	
	14	352	400	336	304	400	416	496	336	336	448	256	368	352	464	368	432	320	320	352	432	384	288	288	288	352	288	256	384	336	512	304	288	400	352	448	288	304	384	352	368	256	304	320	368	432	352	304	368	320
	15	448	432	384	336	496	464	384	384	320	400	336	320	368	304	368	368	400	368	272	432	496	304	352	304	368	320	320	416	352	496	320	432	416	384	416	404	448	336	480	288	320	320	320	448	336	384	336	400	320
	16	384	544	384	384	432	400	400	320	400	432	320	336	416	448	400	336	368	352	352	464	480	400	320	320	272	304	336	400	320	400	320	304	384	384	384	368	368	368	496	288	256	352	384	352	400	448	432	384	336
gemiddeld	422	473	394	328	418	463	439	341	341	450	316	332	329	373	374	383	370	370	323	437	424	324	336	315	328	316	337	399	334	438	333	341	431	362	410	378	348	327	425	314	304	316	338	369	383	399	381	380	341	
median	424	464	384	320	432	472	448	336	336	448	320	336	320	384	368	392	368	368	336	432	424	320	336	304	336	304	336	392	328	432	320	328	408	368	416	376	344	320	416	312	320	320	368	392	400	384	392	336		
st.deviatie	40	55	79	33	53	47	53	36	31	46	28	22	44	52	37	51	33	38	31	41	40	26	37	30	33	53	46	39	26	67	35	42	54	32	33	53	42	31	42	31	29	25	29	33	62	38	41	52	32	

Spreading aduuarde darks asi294mcUG - 600s - temp min15°C

pixel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50					
frame	1	1928	1892	1920	1908	1908	1904	1912	1896	1912	1916	1916	1900	1904	1912	1904	1896	1908	1912	1920	1932	1916	1920	1904	1908	1920	1892	1920	1908	1904	1932	1914	1914	1914	1914	1914	1915	1915	1915	1915	1915	1916	1916	1916	1916	1916	1917	1917	1917	1908					
2	1912	1924	1908	1912	1916	1908	1920	1924	1908	1912	1912	1916	1916	1916	1924	1908	1896	1912	1912	1912	1912	1912	1912	1912	1896	1904	1908	1908	1912	1908	1908	1907	1907	1907	1907	1906	1906	1906	1906	1905	1905	1905	1905	1904	1904	1904	1904	1903	1903	1903	1908				
3	1916	1904	1908	1908	1908	1908	1900	1896	1916	1904	1908	1900	1916	1908	1916	1908	1916	1892	1912	1904	1916	1904	1916	1916	1912	1912	1912	1920	1892	1908	1916	1920	1912	1913	1913	1913	1913	1913	1914	1914	1914	1914	1915	1915	1915	1915	1916	1916	1916	1916	1916	1916	1912		
4	1912	1916	1912	1912	1908	1908	1916	1912	1908	1904	1912	1908	1908	1896	1916	1908	1920	1904	1900	1920	1912	1888	1908	1904	1896	1904	1904	1912	1908	1896	1902	1902	1902	1902	1901	1901	1901	1900	1900	1900	1900	1899	1899	1899	1898	1898	1898	1897	1897	1897	1896	1912			
5	1904	1908	1912	1904	1928	1900	1932	1896	1892	1908	1908	1900	1904	1916	1912	1904	1904	1912	1908	1906	1908	1904	1900	1912	1916	1912	1908	1900	1904	1912	1907	1907	1907	1907	1906	1906	1906	1906	1906	1906	1906	1906	1906	1906	1906	1906	1906	1906	1906	1906	1908				
6	1904	1916	1904	1916	1900	1904	1896	1904	1908	1904	1896	1916	1900	1920	1904	1908	1904	1920	1912	1908	1904	1912	1908	1916	1904	1912	1904	1908	1912	1928	1913	1913	1913	1914	1914	1914	1914	1914	1915	1915	1915	1916	1916	1916	1917	1917	1917	1917	1918	1916					
7	1908	1912	1916	1916	1888	1916	1904	1912	1904	1920	1916	1916	1900	1920	1912	1920	1908	1896	1908	1904	1888	1920	1892	1892	1904	1916	1916	1900	1904	1900	1903	1903	1902	1902	1902	1902	1901	1901	1901	1900	1900	1900	1899	1899	1899	1898	1898	1898	1898	1898	1898	1898	1908		
8	1904	1892	1908	1904	1908	1916	1912	1908	1920	1900	1900	1920	1912	1908	1900	1904	1912	1892	1904	1912	1908	1900	1904	1900	1916	1920	1908	1928	1908	1911	1911	1911	1912	1912	1912	1912	1912	1912	1913	1913	1913	1913	1914	1914	1914	1914	1914	1914	1914	1914	1900				
9	1908	1928	1904	1904	1920	1908	1912	1908	1908	1912	1916	1904	1912	1896	1908	1904	1904	1924	1900	1912	1916	1908	1904	1900	1896	1908	1916	1904	1896	1916	1905	1905	1904	1904	1904	1904	1904	1903	1903	1903	1903	1902	1902	1902	1902	1901	1901	1901	1901	1912					
10	1916	1912	1900	1892	1900	1912	1908	1912	1908	1916	1912	1912	1912	1908	1904	1904	1896	1900	1904	1904	1896	1908	1916	1912	1920	1908	1916	1920	1912	1908	1916	1920	1913	1914	1914	1914	1914	1915	1915	1915	1915	1916	1916	1916	1916	1917	1917	1917	1917	1918	1918	1918	1918		
11	1912	1904	1892	1920	1904	1908	1920	1900	1908	1900	1904	1908	1916	1892	1900	1904	1908	1896	1916	1920	1904	1904	1912	1908	1904	1908	1904	1904	1912	1908	1904	1904	1904	1904	1904	1904	1904	1904	1904	1903	1903	1903	1903	1903	1903	1903	1903	1903	1903	1903	1903	1904			
12	1920	1912	1908	1908	1920	1904	1908	1900	1900	1912	1916	1904	1912	1912	1900	1916	1916	1920	1916	1904	1904	1896	1924	1916	1912	1892	1904	1904	1892	1920	1910	1910	1911	1911	1911	1911	1911	1911	1911	1911	1911	1911	1911	1911	1911	1911	1911	1911	1911	1911	1911	1911	1911	1911	
13	1920	1908	1912	1912	1916	1916	1912	1912	1908	1912	1904	1912	1900	1908	1908	1912	1908	1904	1900	1908	1900	1912	1904	1904	1904	1908	1916	1904	1912	1920	1907	1906	1906	1906	1906	1906	1906	1906	1906	1906	1906	1906	1906	1906	1906	1906	1906	1906	1906	1906	1906	1906	1906	1906	1906
14	1916	1904	1904	1900	1908	1908	1900	1904	1908	1908	1920	1900	1916	1904	1924	1908	1908	1920	1908	1912	1920	1932	1896	1900	1908	1908	1916	1928	1908	1924	1916	1917	1917	1917	1918	1918	1918	1919	1919	1920	1920	1920	1920	1921	1921	1921	1922	1922	1922	1922	1923	1923	1923	1923	
15	1913	1909	1902	1906	1910	1911	1907	1906	1906	1909	1911	1909	1911	1903	1908	1915	1906	1911	1901	1905	1910	1913	1904	1908	1908	1908	1913	1910	1911	1915	1910	1910	1910	1910	1910	1910	1910	1910	1910	1910	1910	1910	1910	1910	1910	1910	1910	1910	1910	1910	1910	1910	1910	1910	1910
16	1914	1910	1901	1905	1910	1912	1907	1906	1906	1909	1911	1909	1911	1902	1908	1916	1905	1911	1900	1904	1910	1914	1904	1908	1906	1908	1913	1910	1911	1915	1910	1910	1910	1910	1910	1910	1910	1910	1910	1910	1910	1910	1910	1910	1910	1910	1910	1910	1910	1910	1910	1910	1910	1910	1910
gemiddeld	1913	1909	1907	1908	1909	1909	1910	1906	1907	1909	1910	1908	1909	1909	1909	1907	1908	1908	1910	1906	1909	1910	1911	1905	1907	1907	1908	1910	1908	1910	1916	1909	1909	1909	1909	1909	1909	1909	1909	1909	1909	1909	1909	1909	1909	1909	1909	1909	1909	1909	1909	1909	1909	1911	
median	1913	1909	1908	1908	1908	1908	1910	1906	1908	1909	1911	1908	1911	1908	1908	1908	1908	1910	1906	1908	1907	1911	1912	1904	1908	1908	1910	1908	1910	1908	1909	1918	1910	1910	1910	1910	1910	1910	1910	1910	1910	1910	1910	1910	1910	1910	1910	1910	1910	1910	1910	1910	1910	1910	1910
st.deviatie	7	10	7	7	9	5	9	8	6	6	6	7	6	9	6	8	6	9	8	8	8	10	7	7	7	8	7	6	9	10	4	4	5	5	5	5	5	6	6	6	6	7	7	7	7	8	8	8	6						

Uit metingen aan de 40D en 450D blijkt de donkerstroomonderdrukking al bij deze camera's ingebouwd te zijn.

Spreiding aduwaarden darks 40Da-180s-1600iso-temp.20°C

	pixel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
frame	1	0	87	0	116	0	215	0	99	0	0	0	0	12	0	20	0	0	0	0	0	0	0	72	29	0	163	0	0	0	0	0	40	40	52	0	0	0	52	0	0
	2	0	0	0	0	0	110	0	0	0	0	4	0	117	5	52	0	0	0	40	11	92	52	8	0	8	0	0	0	0	0	48	5	0	0	0	29	0	0	0	0
	3	0	139	72	0	0	23	0	157	0	0	20	0	129	198	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	56	168	0	99	0	0	0	0	0	29	0	0
	4	0	0	113	0	0	262	0	0	0	0	0	0	121	17	0	0	36	0	0	23	40	0	0	209	0	110	0	0	4	0	0	40	0	0	0	0	0	192	56	46
	5	0	0	16	110	0	0	0	34	0	104	0	0	113	0	20	0	28	0	0	0	0	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	110	36	0	0	0	0	0	0	
	6	0	0	20	0	0	81	0	75	0	0	0	11	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	139	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	7	0	0	52	0	0	52	72	0	20	0	76	0	294	0	0	69	0	0	0	5	0	5	64	0	0	69	0	0	0	0	335	0	0	0	36	0	0	0	0	
	8	0	0	12	0	0	139	153	87	0	0	0	0	28	0	0	0	0	203	0	0	0	0	0	0	0	0	28	69	36	0	40	0	40	104	0	0	0	134	0	46
	9	0	0	28	0	0	0	32	52	0	11	0	0	141	64	0	0	0	0	0	93	0	11	16	0	0	0	0	0	0	186	0	0	36	110	0	29	0	0	0	0
	10	0	34	177	0	8	75	44	52	0	0	56	0	105	5	4	0	0	0	0	0	8	0	28	11	0	34	48	29	0	29	662	0	149	0	40	0	113	0	0	0

Spreiding aduwaarden darks 450Da-300s-400iso-temp.31°C

	pixel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
frame	1	0	0	0	174	0	0	170	0	0	0	19	0	0	0	0	0	0	0	301	0	19	0	0	0	0	0	0	358	0	0	0	0	0	0	0	121	183	0	39	62
	2	144	0	0	67	52	0	91	0	0	85	0	0	0	0	0	0	0	0	314	40	242	0	0	0	6	0	0	228	0	0	39	0	0	0	0	0	209	0	0	0
	3	209	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	19	0	629	0	0	0	0	0	0	0	19	560	196	0	0	0	0	0	0	0	0	0	170	0
	4	137	0	0	0	13	0	0	0	0	40	0	116	0	0	0	0	0	0	485	0	0	0	0	0	0	0	0	529	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71	387	94	0	94	0	44	0	0	0	367	137	0	0	0	0	17	19	246	341	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31	190	0	177	0	65	0	0	0	360	0	0	0	0	0	78	0	0	282	85	152	0	0	0	0	65	0	583	0	0	0
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	85	0	0	148	0	0	0	0	0	0	439	0	85	197	0	26	0	0	0	637	0	0	0	0	0	0	0	0	32	0	0	76
	8	0	0	0	148	0	0	0	49	85	0	0	4	0	17	0	0	0	0	334	0	45	0	0	0	0	0	0	300	111	0	0	0	0	0	85	0	564	0	0	0
	9	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	295	0	327	0	72	53	0	0	39	0	0	542	0	0	0	0	0	0	0	0	354	0	0	35
	10	131	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	49	0	0	518	0	0	0	0	35	131	0	0	296	0	0	0	0	0	0	0	121	144	0	0	0

Meer over deze techniek vind je hier- <https://clarkvision.com/articles/dark-current-suppression-technology/>

Bij deze beperkte test is te zien dat sommige pixels altijd een opvallend hoge waarde hebben. Dat lijken dan badpixels te zijn. Dat gaf aanleiding daar ook bij de 6Da eens speciaal naar te kijken.

Daartoe werd van 12 darkframes van de Canon 6Da de ADUwaarde van 500 steeds dezelfde pixels bepaald.

Spreiding aduwaarden darks 6Da-600sec-1600iso-temp23°C

	pixel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
frame	1	12	54	0	29	118	212	25	64	131	59	0	0	0	84	39	97	113	38	9	55	79	67	44	84	143	50	79	4	69	38	69	105	49	38	123	12	54	88	84	38	108	88	24	93	0	101	0	80	118	
	2	8	74	63	0	42	0	0	14	88	118	63	89	16	79	0	0	59	153	12	69	12	118	55	0	97	54	59	59	42	44	29	168	0	54	80	79	33	168	101	44	0	192	38	59	88	118	50	39	33	59
	3	50	74	0	14	0	0	12	54	42	0	67	54	46	4	88	128	42	93	101	89	110	4	0	34	29	4	0	113	50	59	16	98	63	79	80	98	67	69	42	24	0	49	114	89	38	4	84	89	16	74
	4	118	19	25	89	59	143	63	79	50	93	29	79	0	0	63	39	16	24	0	49	0	89	59	84	76	24	21	74	53	59	35	0	139	74	101	49	59	4	0	34	63	24	55	39	42	118	63	34	59	0
	5	177	79	29	14	29	29	54	80	163	35	79	0	108	38	93	16	34	101	14	29	19	33	14	88	14	0	0	59	0	42	108	33	74	80	79	0	74	0	39	8	19	88	0	38	98	55	34	21	93	
	6	126	64	25	84	50	74	38	44	0	79	118	0	8	24	93	24	71	0	38	19	0	0	50	113	38	39	33	113	0	89	33	93	38	49	21	24	25	93	0	34	59	148	63	113	114	44	55	74	21	98
	7	143	168	12	0	110	69	59	122	84	67	59	101	19	84	54	59	59	101	69	55	84	12	148	55	19	38	49	0	54	50	4	16	0	59	54	4	74	12	0	42	128	101	34	93	74	42	54	12	44	
	8	4	0	0	0	84	128	0	19	148	0	29	0	12	24	0	49	71	89	93	74	55	89	122	0	35	14	0	54	38	69	42	113	0	79	84	79	16	93	42	19	88	34	0	148	59	98	0	39	42	59
	9	0	158	29	14	110	89	0	103	0	262	16	0	165	0	55	54	50	24	71	0	16	44	0	14	63	19	38	4	80	34	160	0	21	49	88	69	122	74	33	103	0	89	63	39	203	118	8	4	55	14
	10	110	79	63	103	42	74	38	34	71	187	0	0	0	34	76	19	126	54	16	128	93	0	16	19	0	4	0	14	42	0	110	143	118	24	55	74	59	39	181	34	55	74	59	9	55	4	0	187	12	44
	11	59	79	12	34	16	103	25	84	88	84	0	9	71	9	50	0	8	103	0	118	12	0	88	93	59	68	0	33	108	16	0	42	54	169	0	42	69	29	89	16	4	59	0	97	59	88	187	80	74	
	12	118	29	29	69	118	108	63	0	63	84	93	84	12	133	122	39	4	118	76	0	0	89	29	0	118	0	8	89	8	148	0	153	0	128	118	54	25	74	0	0	50	39	118	113	29	79	55	69	80	79
gemiddeld	77	73	24	38	65	86	29	49	74	103	45	38	36	36	63	45	52	72	54	53	36	53	44	47	64	34	24	52	34	62	49	79	48	59	81	65	39	74	44	42	35	76	71	56	79	68	50	68	43	63	

pose	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	
frame	1	76	98	25	34	12	89	42	153	97	49	29	69	84	59	0	4	16	4	0	24	33	113	152	59	84	49	0	148	59	217	12	69	8	19	84	14	16	93	0	39	97	59	28	44	0	84	12	0	88	24
2	50	0	71	49	12	143	110	19	12	54	29	0	0	93	118	97	54	0	14	33	79	25	4	131	143	59	123	0	227	101	34	16	74	0	49	38	0	165	49	0	74	42	49	25	44	67	69	0	69		
3	114	14	12	69	12	0	0	74	0	138	33	39	38	0	4	44	59	64	16	34	0	44	33	0	29	29	55	19	33	59	21	128	29	44	8	39	38	49	0	74	0	14	88	4	16	19	80	93	38	14	
4	4	59	0	9	4	0	110	84	55	19	84	0	55	0	33	0	38	79	0	9	38	118	93	103	8	19	110	59	42	59	42	39	0	0	55	108	38	24	80	74	25	54	111	0	71	29	59	0	0		
5	21	0	42	79	0	0	67	74	25	0	0	0	0	0	69	97	123	0	9	105	54	67	39	0	84	55	24	59	262	88	0	55	19	42	14	110	0	0	63	39	0	128	8	103	12	0	0	123			
6	38	74	25	69	33	54	16	89	88	59	21	34	29	4	33	39	21	113	0	44	12	24	0	39	0	49	16	0	143	148	59	123	55	9	84	89	114	39	0	24	88	0	93	39	0	0	25	93	0	49	
7	4	54	0	19	50	54	4	9	12	19	42	0	63	24	59	79	0	132	8	54	55	54	55	14	0	34	97	0	59	93	42	54	63	79	42	84	0	49	63	0	93	108	4	59	126	0	25	89	8	9	
8	38	0	38	0	0	19	67	34	55	108	101	74	16	4	122	0	63	4	38	54	0	59	50	9	97	0	8	9	93	123	50	84	84	59	33	4	0	156	12	59	38	24	42	0	84	44	4	0	16	0	
9	16	14	0	54	38	9	50	39	80	118	0	84	55	0	0	64	38	59	4	4	0	123	139	93	33	0	126	24	4	148	80	19	97	0	25	14	139	0	12	9	80	39	12	14	4	0	4	14	84	0	
10	55	9	38	44	8	118	0	0	97	0	0	19	12	0	97	44	38	24	38	9	42	19	29	34	0	29	8	0	0	118	110	153	101	0	84	0	84	54	42	0	29	84	59	0	16	49	0	84	67	113	
11	21	9	42	138	29	128	0	39	0	89	71	128	59	14	110	0	67	54	42	0	63	44	0	4	0	69	0	39	71	108	38	84	29	0	80	0	67	19	59	118	4	49	25	59	88	44	0	123	131	74	
12	33	69	16	0	131	24	16	14	110	59	21	19	12	19	16	0	16	118	38	4	55	59	0	128	8	0	88	0	80	123	55	0	21	14	0	9	29	113	122	0	0	0	69	42	133	101	44	8	0		
gemiddeld	39	33	26	47	27	53	40	52	53	59	36	39	35	30	47	38	46	72	15	22	36	66	54	44	33	42	52	39	54	140	58	66	47	26	45	35	56	50	46	37	43	45	44	39	40	46	33	48	37	40	

	pixel	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300
frame	1	0	0	0	42	44	0	0	0	69	50	39	0	4	8	34	16	54	126	0	0	0	0	55	29	0	103	88	0	67	19	8	49	0	29	84	69	0	69	33	276	38	79	33	54	4	44	42	9	4	
	2	0	12	0	25	0	0	9	105	39	59	9	0	0	38	0	0	4	0	69	0	0	0	8	14	80	0	25	69	33	64	8	44	0	49	0	0	33	34	0	49	0	192	29	4	38	0	0	12	14	63
	3	0	0	34	0	0	0	29	131	0	38	34	0	0	135	39	59	0	0	29	0	89	29	0	16	118	4	0	16	0	0	29	0	16	9	12	79	0	84	38	227	29	9	63	74	0	89	12	29	118	
	4	0	0	34	67	84	16	118	16	0	0	0	0	0	71	69	0	49	118	64	50	0	50	54	0	9	33	39	42	74	12	39	42	0	38	0	97	9	0	54	80	217	12	29	4	29	0	34	25	0	42
	5	9	38	49	0	0	139	54	42	0	0	69	12	0	84	59	71	49	50	49	0	44	16	54	16	0	0	34	0	49	12	64	0	4	0	14	8	118	4	44	88	207	50	69	4	39	0	64	38	9	0
	6	49	0	0	0	4	0	9	29	49	0	0	88	54	8	93	0	19	42	9	16	0	29	14	55	74	0	93	67	14	33	49	0	16	0	80	0	33	0	80	237	0	69	42	44	135	0	0	74	0	
	7	14	8	138	67	29	0	0	0	113	16	0	53	19	88	118	88	54	29	89	29	29	33	14	71	64	0	0	59	0	38	0	0	0	0	0	84	0	34	71	143	4	0	50	89	38	64	0	75	0	
	8	0	0	89	50	14	110	29	33	0	0	4	0	0	0	39	101	0	16	34	16	14	50	79	50	44	0	0	93	49	29	84	8	0	29	0	50	34	154	69	33	133	71	0	80	89	0	84	25	4	0
	9	0	0	143	80	0	4	0	122	0	42	34	55	59	89	8	39	88	39	0	29	88	59	0	133	0	0	0	39	25	0	8	0	16	14	88	0	59	74	71	202	12	4	8	0	50	0	0	0	0	
	10	19	0	84	59	34	59	39	0	44	0	0	93	54	29	69	93	49	25	69	63	9	0	59	50	54	12	0	0	29	25	19	0	0	0	8	49	29	128	0	281	88	0	0	14	33	98	0	3	0	
	11	0	0	133	0	74	101	69	39	34	0	29	71	0	0	79	8	103	50	0	0	39	0	103	29	19	0	69	0	69	18	0	0	0	4	118	0	34	71	182	0	54	84	44	0	133	0	49	0		
	12	14	93	64	0	79	25	74	131	19	25	49	50	64	0	59	58	64	12	79	0	14	71	39	14	55	14	0	19	0	0	8	4	80	0	71	39	8	14	12	153	33	207	16	0	0	98	93	93	0	
gemidid	9	13	62	33	32	38	36	56	31	19	22	35	20	43	62	40	60	46	44	15	26	31	41	41	48	11	35	33	34	22	36	8	9	16	6	45	53	21	54	48	204	31	44	36	40	22	59	21	31	0	

Een andere manier om de spreiding te tonen.

Uit die reeks van 500 pixels zijn hier de 40 pixels met de hoogst gemiddelde ADUwaarde over de 12 frames weergegeven

Spreiding aduwaarde darkpixels 6Da

Uit een reeks van 500 pixels zijn de 40 pixels met de hoogst gemiddelde ADUwaarde weergegeven

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
pixel	X	2476	2291	2129	2009	2091	2066	2005	2083	2034	2075	2060	2031	2044	2199	2000	2041	2037	2008	2001	2463	2117	2017	2455	2042	2061	2067	2082	2045	2047	2053	2318	2121	2131	2035	2057	2004	2024	2049	2014	2253
frame	Y	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600
1		359	276	217	59	168	97	212	34	38	113	110	69	93	192	12	108	54	131	54	64	4	113	54	88	34	59	67	0	0	118	33	113	69	123	14	118	84	118	84	0
2		406	192	227	118	74	156	0	158	80	14	59	168	88	173	8	192	168	88	74	0	54	153	69	38	133	69	97	118	39	158	84	79	34	79	49	42	97	59	0	0
3		355	227	59	0	123	80	0	158	80	54	143	98	38	29	50	49	69	42	74	64	44	93	49	114	84	24	224	4	89	69	143	44	128	98	19	0	29	74	88	34
4		401	217	59	93	128	160	143	34	101	34	84	0	42	84	118	24	4	50	19	207	79	24	103	55	14	49	59	118	34	108	0	118	39	49	0	59	76	0	63	34
5		385	207	262	163	178	50	29	44	80	178	71	108	38	0	177	19	74	80	79	202	123	34	49	88	49	69	59	98	34	54	55	54	0	79	98	29	88	93	38	49
6		376	237	148	79	89	55	74	44	21	128	12	93	114	0	126	148	93	0	64	98	113	0	113	63	0	103	97	44	74	44	105	24	123	24	84	50	38	98	93	0
7		321	143	93	84	69	38	69	98	59	93	80	4	93	44	143	128	74	122	168	39	192	59	0	101	113	103	84	74	54	59	55	54	54	54	54	110	55	44	84	118
8		376	133	123	0	138	126	128	54	84	74	0	113	59	54	4	34	93	148	0	4	4	89	108	0	59	192	12	98	39	84	80	59	84	79	178	84	55	59	0	89
9		461	202	148	262	39	59	89	34	88	79	101	0	203	0	0	89	74	0	158	49	59	24	118	63	74	0	55	118	4	93	50	123	19	69	108	110	63	14	55	143
10		423	281	118	187	34	110	74	89	55	49	63	143	55	227	110	74	39	71	79	0	24	54	153	59	93	0	42	4	187	0	0	19	153	74	0	42	0	44	76	84
11		321	182	108	84	93	118	103	178	169	54	84	0	97	34	59	4	69	88	79	148	54	103	0	59	178	9	8	59	187	19	29	44	84	0	59	16	59	74	50	133
12		313	153	123	84	9	67	108	49	118	103	156	153	29	98	118	39	74	63	29	0	118	118	44	118	0	143	16	79	69	0	165	59	0	54	118	118	118	79	122	64
gemid.		375	204	140	101	95	93	86	81	81	81	80	79	79	78	77	76	74	74	73	73	72	72	72	71	69	68	68	68	68	67	67	66	66	65	65	65	64	63	63	62
st.dev.		44	48	65	74	53	41	61	55	38	45	46	64	48	79	62	58	38	47	50	76	56	46	48	33	55	59	58	46	62	48	52	35	51	32	54	42	32	34	37	52

Experimenteren met de Bad Pixel Map optie (zoals b.v. in APP) is nog een weg om te onderzoeken.

Bij deepskyfotografie wordt de (langbelichte) opname van het object een light genoemd.

Bij de kalibratie is het gebruikelijk dat van elke light een masterdark wordt afgetrokken. De masterdark is namelijk de gemiddelde maat van datgene wat de donkerstroom ongewenst aan de opname heeft toegevoegd.

Maar de masterdark is afgeleid uit andere frames dan de lights. Als de spreiding van de darkframes onderling groot is komt de vraag aan de orde hoe goed dat aftrekken van een masterdark de effecten van de donkerstroom zal corrigeren.

De kwaliteit van deze correctie is in de praktijk heel lastig vast te stellen.

Daarom is nagedacht hoe die correctie via testopnamen is te meten en in getallen te beschrijven en daartoe zijn er experimenten uitgevoerd op de volgende manier;

Experimentele methode om het effect van de kalibratie te meten.

Er wordt een groot aantal (gelijke) darks opgenomen.

Bij een aantal darks wordt per pixel de ADUwaarde met 1000 verhoogd en die worden nu als een light behandeld met het idee dat deze lights een lege egale hemelachtergrond hebben geregistreerd van precies 1000 ADU.

Deze kunstlights hebben geen last van vignettering, donuts, helderheids- en of kleurgradiënten (rood, groen en blauw zijn 1000 ADU) en de (kunst)hemelachtergrond heeft totaal geen ruis.

Van de resterende darks worden masterdarks samengesteld met verschillende aantallen darks.

Nu worden de kunstlights gekalibreerd met deze masterdarks.

Als de kalibratie perfect heeft gewerkt zal de gekalibreerde kunstlight een constante waarde hebben van 1000 ADU. De standaarddeviatie van de gekalibreerde kunstlight geeft een indicatie hoe goed de darkcorrectie is geslaagd.

Kalibratietest Asi 294mc en Asi 1600mm

Asi 294mc

Test met een stack van 40 kunstlights van 300s met UnityGain en temperatuur min 15°C met verschillelende masterdarks. (Kunstlight steeds 1000 adu)

Adu						
Masterdark	64x	32x	16x	8x	4x	zonder darkssubtractie
gemiddeld	926	926	926	927	927	2835
median	926	926	926	927	927	2834
st.deviatie	1,97	2,12	2,4	2,87	3,59	24,65

18 kunstlights van 600s met UnityGain en temperatuur min 15°C met masterdarks 16x

Adu					
Masterdark			16x		zonder darkssubtractie
gemiddeld			1001		2914
median			1002		2911
st.deviatie			3,85		37,06

Asi 1600mm

20 kunstlights van 300s met UnityGain en temperatuur min 15°C met masterdarks 16x

Adu					
Masterdark			16x		zonder darkssubtractie
gemiddeld			1010		1842
median			1009		1805
st.deviatie			11,79		81,96

20 kunstlights van 600s met UnityGain en temperatuur min 15°C met masterdarks 16x

Adu					
Masterdark			16x		zonder darkssubtractie
gemiddeld			1015		1867
median			1013		1846
st.deviatie			16,5		144,21

Dit experiment geeft aan dat masterdarks van meer frames wel winst geven maar dat die winst beperkt is.

De donkerstroom van de ASI294 is zeer gering. Ondanks dat is het effect van de darksubtractie van grote invloed.

Ook is te zien dat de ASI294 beduidend beter scoort dan de ASI1600.

Kalibratietest 6Da

Test met een stack van 16 kunstlights van 300s -1600iso - temperatuur 20°C.

(Kunstlight van 1000 adu)

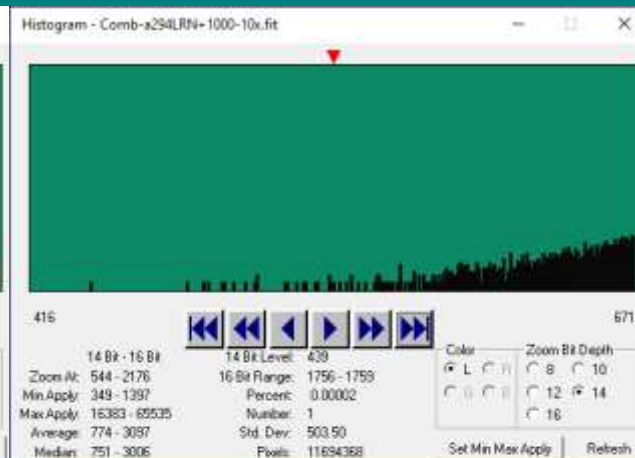
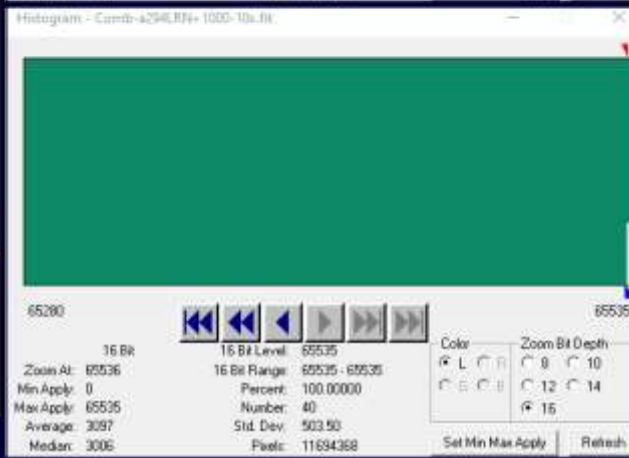
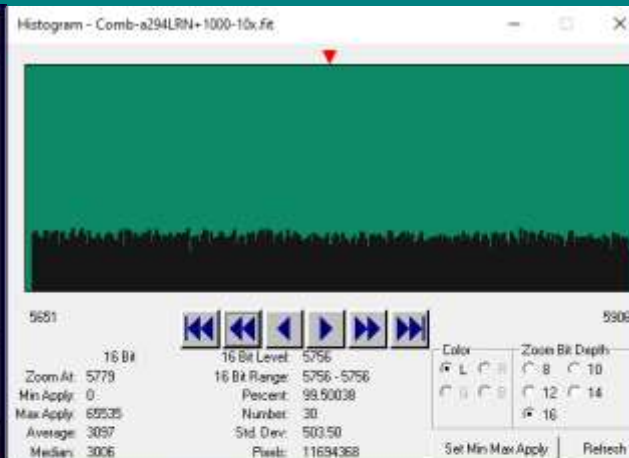
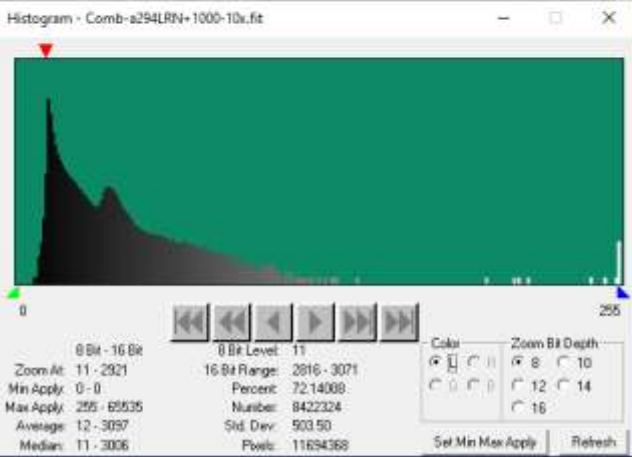
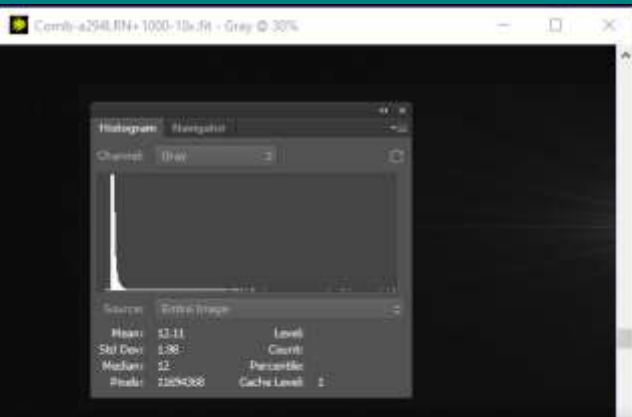
Adu						
Masterdark	56x	32x	16x	8x	4x	zonder darkssubtractie
gemiddeld	1010	1012	1014	1016	1020	1036
median	1009	1010	1011	1014	1017	1026
st.deviate	14,09	16,31	17,79	19,2	37,97	156,6

Hier zien we dat ondanks dat de darks van de 6Da veel meer spreiding hebben dan die van de ASI1600 de kalibratie een minder groot verschil laat zien (17,79 tegen 11,79).

Ook hier is de winst van meer darks per master wel aanwezig maar blijft beperkt.

Als de darksubtractie achterwege blijft heeft dat ook hier een sterk negatieve invloed.

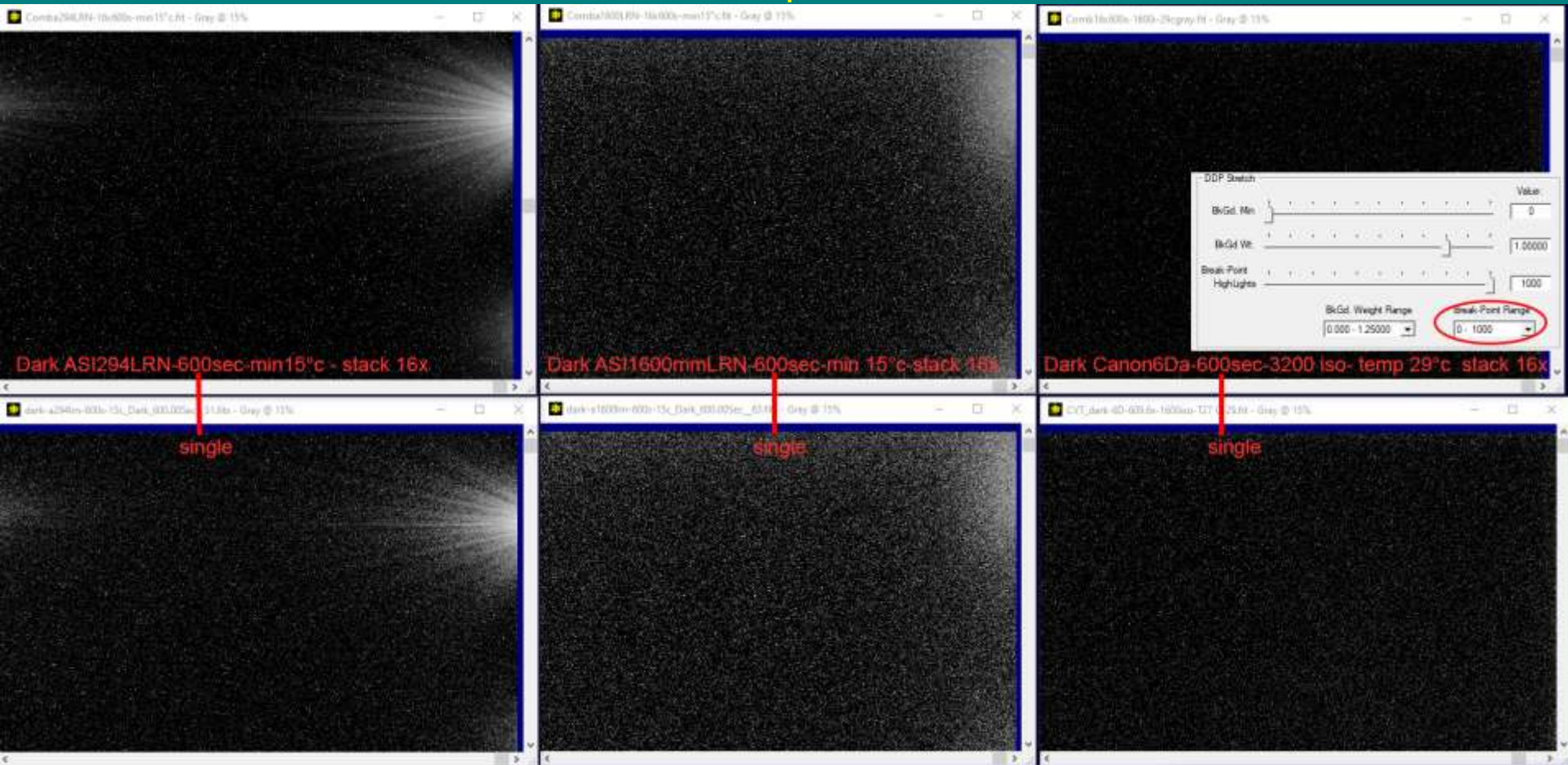
Voorbeeld van een (kunst)light van de ASI 294mcLRN - 10x600s - min15°



Verschillende weergave histogram;
boven Photoshop - onder ImagesPlus

Verdere mogelijkheden met het histogram bij ImagesPlus

Darks en Amp-Glow



ASI294mcLRN read noise 1,282E
gain 0,04 (1elektron= 25ADU!!)

ASI1600 LRN read noise 2.19E
gain 0,185 (1 elektron=5,4 ADU)

Canon 6Da 1600 iso read noise 2.20E
gain 0.192 (1 elektron=5,2 ADU)

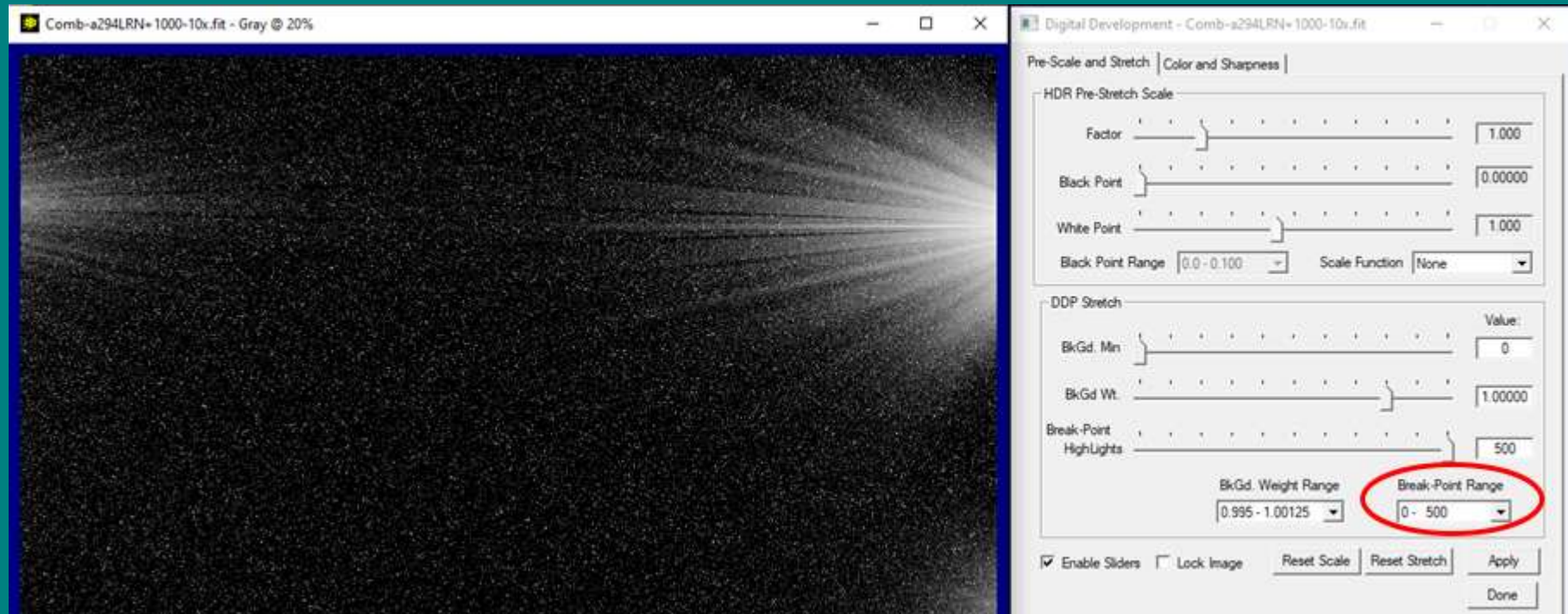
Darks en Amp-Glow



ASI294mcLRN gecorrigeerd
(1elektron= 5 ADU)

ASI1600 LRN
gain 0,185 (1 elektron=5,4 ADU)

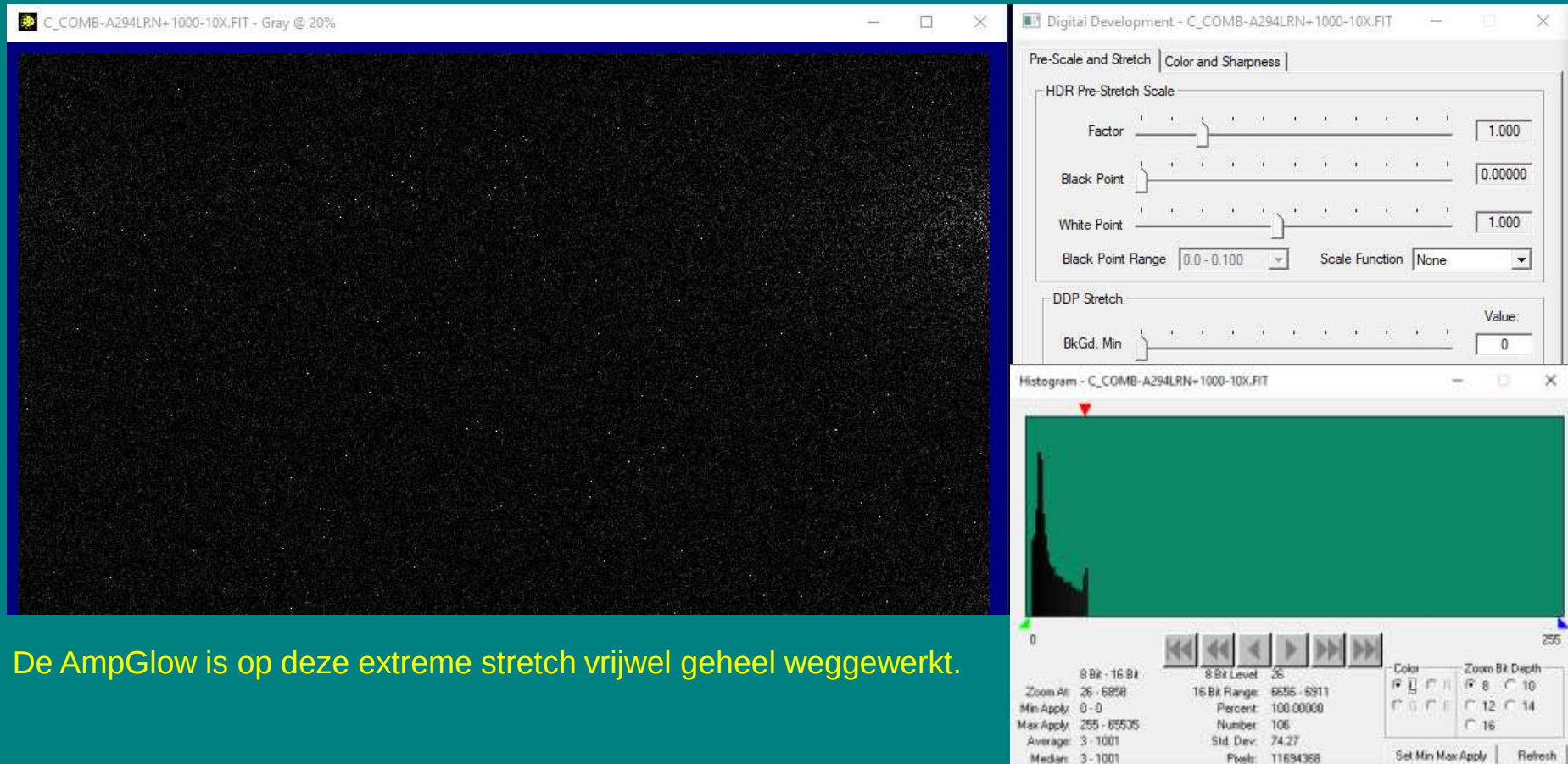
Canon 6Da 1600 iso
gain 0.192 (1 elektron=5,2 ADU)



Sterk gestretchte stack van 10 x 600sec kunstlights (+1000) van de Asi 294mc bij Lowest Read Noise bij min 15°C . De gain is dan 0,04 wat betekent dat een elektron 25 adu geeft. Dus 25x meer versterkt t.o.v. de Unity Gain).

Dit om de AmpGlow zichtbaar te maken.

Eenzelfde weergave van deze file na kalibratie met een masterdark van 14 x 600sec.

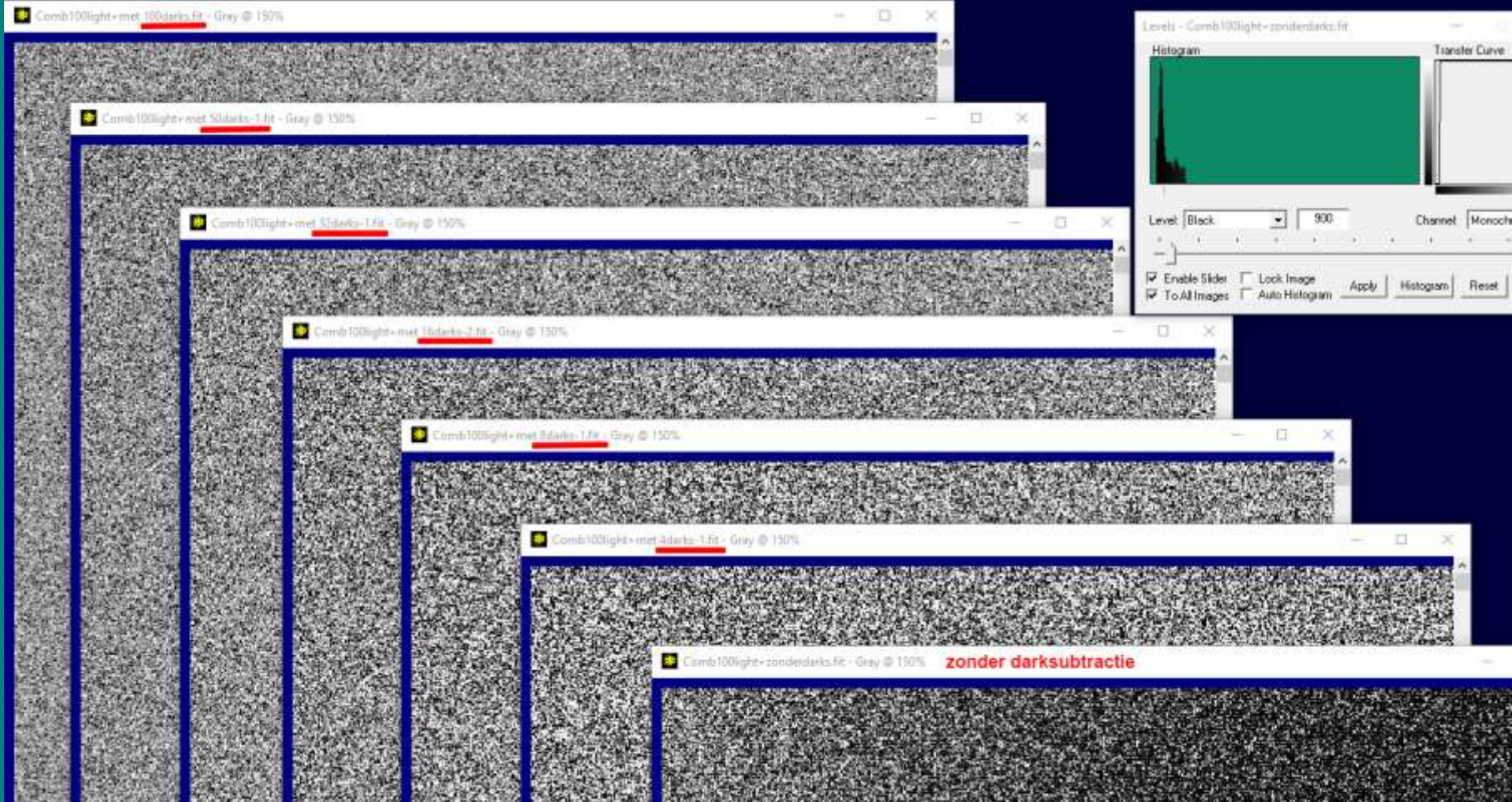


Histogram zonder stretch

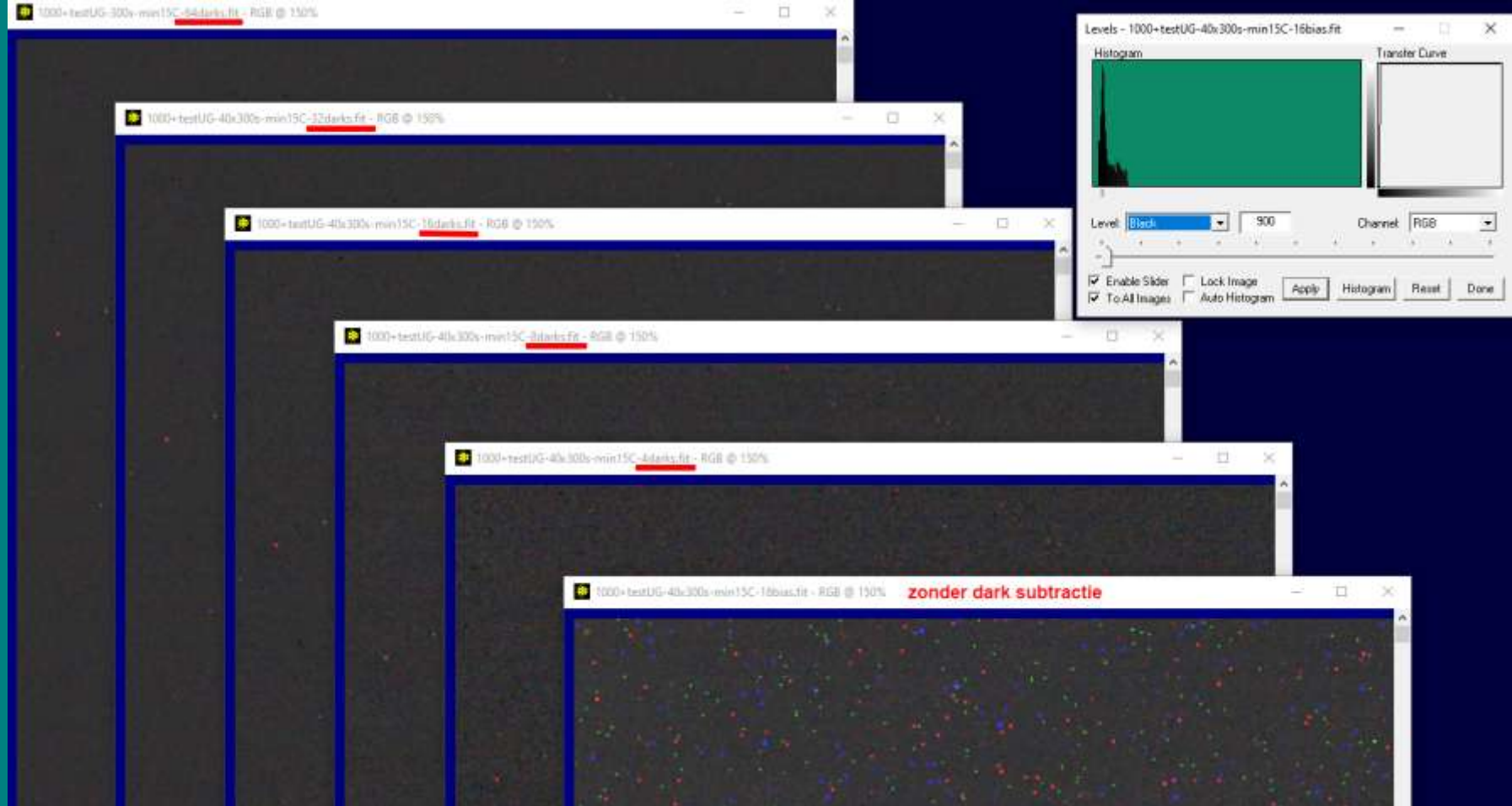
Samenvatting van deze kalibratie experimenten



Weergave gekalibreerde 6Da stack (16 x 300s-1600iso-temp 19°C) met verschillende masterdarks.
(weergave 150% - stretch; zwart 960 ADU – wit 1100 ADU)



Weergave gekalibreerde ASI1600mmUG stack (100 x 300s) met verschillende masterdarks. (weergave 150% - stretch; zwart 900 ADU – wit 1040 ADU)



Weergave gekalibreerde ASI294mcUG stack (100 x 300s) met verschillende masterdarks.
(weergave 150% - stretch; zwart 900 ADU – wit 1040 ADU)

Invloed verschil temperatuur light en darks op de kalibratie

Asi294mc stack van 40 x 300s - temperatuur min15°C

	masterdark 15 x300s		
	T -min 15°C	T- min 10°C	T-min 5°C
gemiddelde	924	922	919
median	925	924	921
st.deviate	4,68	17,1	22,6

Canon 6Da stack van 40 x 300s -1600iso-temperatuur 19°C

	masterdark 16 x300s		
	temp. 19°C	temp. 27°C	temp. 34°C
gemiddelde	1009	999	992
median	1008	1001	1002
st.deviate	16,46	27,27	51,01

Invloed aantal frames in de stack op de kalibratie

Gekalibreerd met masterdark van 16 darks

	Asi294mc stack - 300s		
	40 lights	20 lights	10 lights
gemiddelde	924	950	999
median	925	950	1000
st.deviate	3,67	4,13	4,91

Verskil van temperatuur van de lights en de darks heeft grote invloed.

Werken met camera's met (instelbare) koeling heeft dus grote voordelen. Ten eerste omdat de donkerstroom sterk wordt gereduceerd en ook is de controle van de temperatuur van de sensor bij de verschillende frames veel beter gewaarborgd.

Als de ruwe stack meer frames bevat heeft dat ook een gunstige invloed.

Conclusie

Uit al deze experimenten en metingen blijkt dat de er weinig redenen zijn om de oude vertrouwde manier van kalibreren als afgedaan te beschouwen. De beweegredenen om deze werkwijze te volgen zijn nog steeds geldig.

Aandachtspunten voor een goede kalibratie;

Zorg bij flats voor een hoog belichtingsniveau maar overtuig je ervan dat er geen clipping optreedt. Door de soms relatief hoge bias van sommige camera's is het aan te bevelen de bias bij de flat-correctie mee te nemen.

Het gebruik van flat-darks is door de lage donkerstroom bij de huidige camera's niet zinvol.

Voor een goede dark-subtractie moet het temperatuurverschil tussen de lights en darks klein zijn. Bij de camera's met (instelbare) koeling is dit niet moeilijk maar bij een DSLR vraagt dat speciale aandacht.

Bij de dark-subtractie is het gebruiken van de bias niet nodig want die is al in de darks opgenomen.

Het aanmaken van een bibliotheek van masterdarks van bepaalde temperatuur en belichting is bij een gekoelde camera goed te doen en verdient aanbeveling boven de optie van dark-scaling.

Conclusie

De kalibratie is maar een van de factoren die de uiteindelijke kwaliteit van een opname bepalen. Hierdoor is het de vraag hoe deze uitkomsten in de huidige praktijk moeten worden gewogen.

Zo blijft de vraag open of door de tegenwoordige lage donkerstroom een aangepaste werkwijze zoals b.v. het toepassen van dithering de darksubtractie achterwege kan blijven?

Dit is vooral bij een DSLR aan de orde omdat de spreiding bij de darks relatief groot is en de temperatuurfactor veel moeilijker te beheersen is dan bij een gekoelde camera.

Ook is het interessant de mogelijkheden van de BadPixelMap procedure te onderzoeken.

Het is daarom niet verkeerd om in de praktijk met je camera te blijven experimenteren.

Bedankt voor uw aandacht.