



KUU- JA PLANEETTAKUVAUS

Eri osatekijät ja niiden vaikutus

Ari Haavisto

12.02.2021





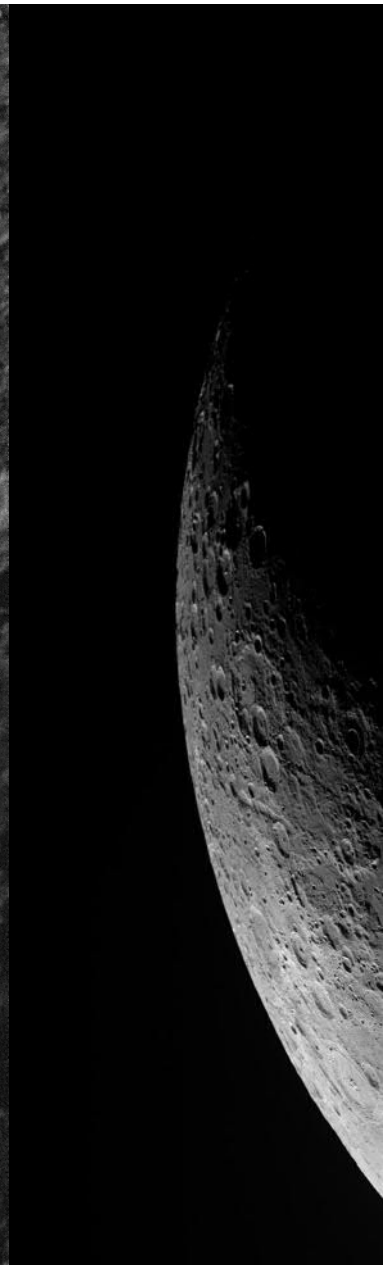
Sisällys

- Kuvausjärjestelyn perusperiaate
- Havaintolaite
 - Kaukoputken tehtävä kuvaamisessa
 - Kaukoputki ja jalusta
 - Optiikan laatu
 - Tarkennin
 - Muut apulaitteet
 - Kaukoputken säätö ja valmistelu kuvaamiseen
- Kuvauslaitteisto
 - Polttovälin pidentäjä, Barlow
 - Dispersiokorjain
 - Suotimet ja suodinpyörä
- Kamera
 - Kuvauksen problematiikkaa osa 1, still-kuva
 - Kuvauksen problematiikkaa osa 2, video
 - Kuvauksen problematiikkaa osa 3, miksi raw?
 - Kamerasta
 - Suotimet ja seeing
 - Taltiointi
 - Pari sanaa seeingistä ja havaintopaikasta
 - Prosessointi ja taltiointilaitteisto
- Tauko



Sisälllys

- Demo 1
 - Videotalliointi Firecapturella
- Demo 2
 - Kuvanmuodostus Autostakkert 3.1.4
- Muutama esimerkkikuva, kysymyksiä, vastauksia



Kuvaamisen perusperiaate

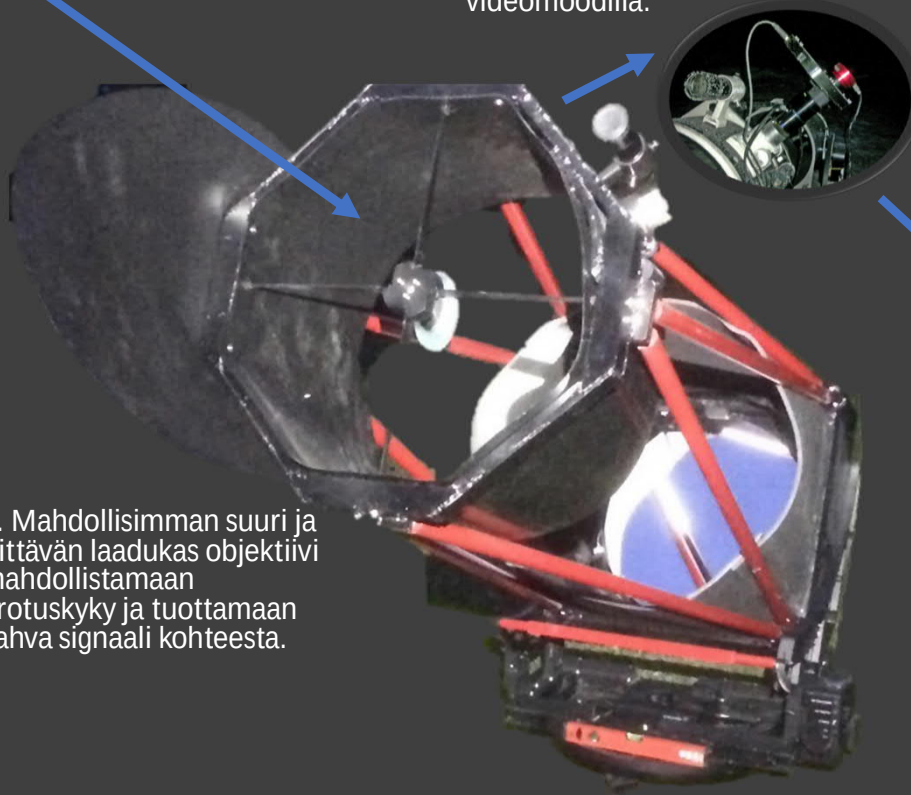


1. Kuvataan aina kun kohde on riittävän korkealla ja seeing on siedettävä

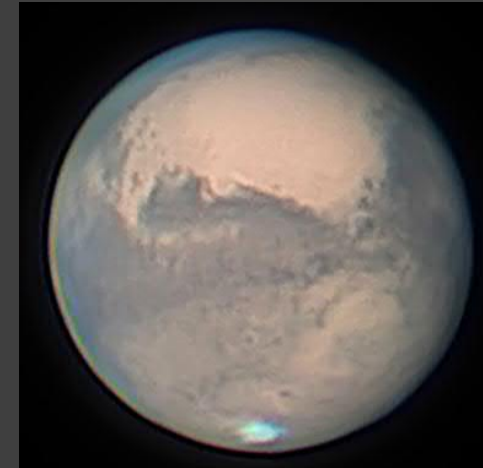
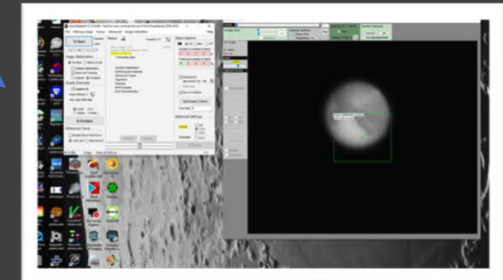
3. Kuvauspää, jossa moottoroitu hienotarkennus, polttovälin säätö optimaaliseksi näytteistykselle, dispersio- ja komakorjaus, halutun kaistan suodatus ja herkkä kamera nopean frameraten raaka-videomoodilla.

4. Tallennusväline, joka kykenee ottamaan vastaan ja tallentamaan suuria datavirtoja häviöttömässä formaatissa

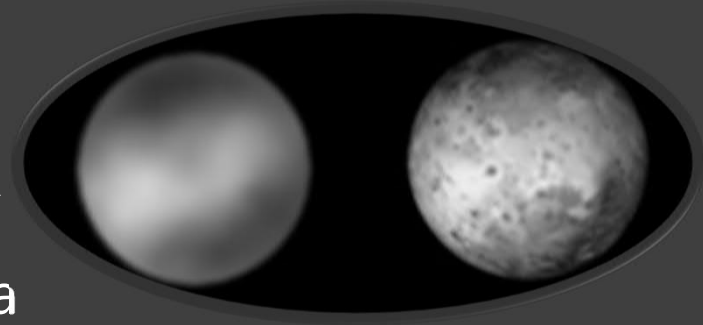
2. Mahdollisimman suuri ja riittävän laadukas objektiivi mahdollistamaan erotuskyky ja tuottamaan vahva signaali kohteesta.



4. Datatallennusväline, jossa videotallennus, jossa videotallennus kaikki raakakuvat pilkkotaan palasiksi, palaset lajitellaan ja parhaista paloista pinotaan ja kootaan ylivertaisen laadun ja bittisyvyyden omaava loppukuva. Dekonvoluution jälkeen kuva on parhaimmillaan diffraktiorajoitteinen



KAUKOPUTKEN KAKSI TEHTÄVÄÄ



Mahdollistaa erotuskyky

$$R = \frac{\lambda}{D}$$

- Saavutettavissa oleva erotuskyky on kääntäen verrannollinen objektiivin halkaisijaan
 - Mitä pienempiä yksityiskohtia halutaan, sitä suurempi objektiivi tarvitaan
- Ilmakehän hättäväikutus on suoraan verrannollinen objektiivin kokoon ja kääntäen verrannollinen halutun detaljin kokoon => tuplahaitta
- Ilmakehän hättäväikutus on kääntäen verrannollinen käytettyyn aallonpituuteen
- Erotuskyky on suoraan verrannollinen käytettyyn aallonpituuteen; mitä suurempi aallonpituus, sitä suurempi on pienin erottuva yksityiskohta
 - Mitä pienempiä detaljeja halutaan havaita, sitä isompi objektiivi tarvitaan ja sitä enemmän ilmakehä häittää
 - Tällöin joutuu havaitsemaan (Etenkin Suomessa) pidemmällä aallonpituuksilla ja tarvitaan entistään isompi objektiivi

Kerätä signaalia

Nygistin teoreema

- Ilmakehä himmentää ja sumentaa sitä enemmän, mitä pienempiä detaljeja havaitaan
- Detalji pitää saada kennolle riittävän suureksi (Nygistin teoreema) => polttoväliä kasvatettava => himmentää kuvaa
- Ilmakehä vääristää, sytyttää ja sammuttaa detaljeja ajan funktiona. Yhden pitkän valotuksen sijaan tarvitaan suuri määrä nopeita "leikkeitä" => Käytettävä lyhyttä valotusaikaa => himmentää kuvaa
- Jotta kuva ei himmene ja signaali heikkene liikaa, tarvitaan mahdollisimman suuri objektiivi ja herkkä kamera

KAUKOPUTKI JA JALUSTA

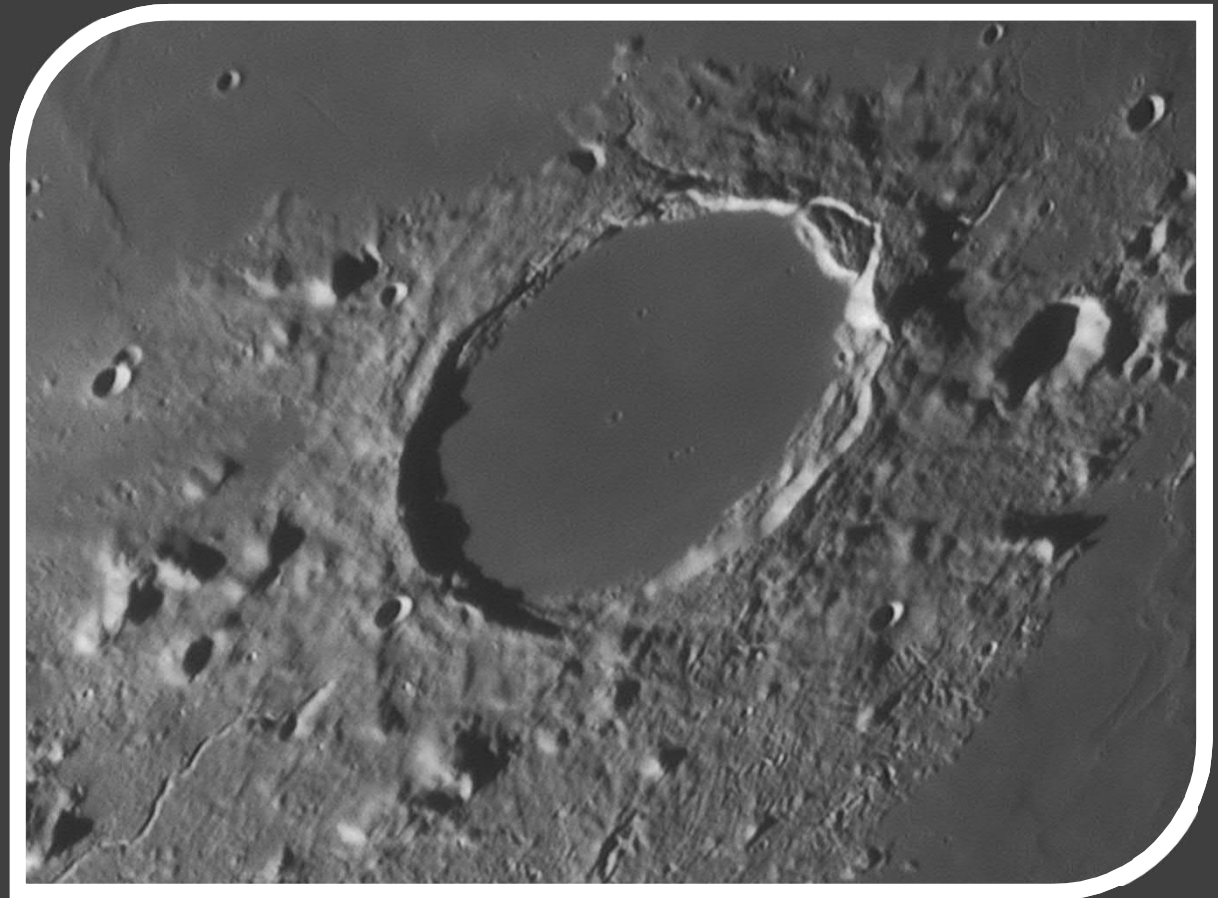
- Kaikentyyppiset kaukoputket käyvät. Putkityypillä tai apupeilin suhteellisella koolla ei suurempaa väliä kuvaamisessa.
- Joillain linssiputkilla tai linsejä sisältävillä lisälaitteilla voi olla ongelmia infrapunafokusoinnissa.
- Jalusta voi olla EQ tai Alt-Az, kuvakentän kiertymällä ei väliä, jälkikäsitteilysofotat osaavat kompensoida.
- Jonkinlainen seuranta on tarpeen, ei tarvitse olla tarkka eikä saakaan olla aivan absoluuttinen.
 - Autoguidausta ei tarvita, mutta voi käyttää.
- Jos on jo joku putki olemassa, aina kannattaa aloittaa sillä!





Optiikan laatu

- Optiikan on oltava riittävän laadukasta, muuten kuvaus ei onnistu. Diffraktiorajoittunut ja mielellään vähän päälle.
- Seeing ei kätke alleen optiikan virheitä, vaan kertaa ne!
- Huono optiikka muistuttaa huonon seeingin vaikutusta, paitsi ei vain koskaan parane.
- Keskinkertaisellakin seeingillä seassa on aina terävämpiä ruutuja. Jatkuva, poikkeuksettoman tasainen epätarkkuus voi kieliä optiikan ongelmista. Tällöin on syytä tehdä tähtitesti.
- Vika voi olla optiikan tuennassa, sen säädössä tai sen laadussa.



Plato kuvattuna samassa tilanteessa hyvällä ja huonolla optiikalla

TARKENNIN

- Fokusointi on yksi tärkeimmistä vaiheista kuvauksessa
- Seeing, putken lämpölaajeneminen, mekaaniset siirtymät, käytetty suodatin yms. seikat vaikuttavat fokuksipisteeseen koko ajan, jolloin yhtä oikeaa pysyvää fokuksipistettä ei ole
 - Fokusointi ensin esim. Bahtinovin maskin avulla lähitähteen ja sitten kuvaaminen ei käytännössä ole hyvä ratkaisu
 - Paras tulos saavutetaan fokuksioimalla jatkuvasti uudestaan itse kohteeseen kamerakuvan liveruudulta
 - Uudelleenfokusointi on hyvä suorittaa joka videon välissä, joka suodatinvaihdon välissä sekä välillä myös videon taltioinnin aikana
- Tarvitaan moottoroitu fokuseri, jonka liike on sopivan nopeuksinen, jotta silmä erottaa muutoksen ja terävimmän fokuksen kohdan. Liian hidas liike, niin seeing muuttuu terävyyttä nopeammin kuin fokuksiointi, eikä silmä erota muutosta
 - Jos fokuksiointi kohteeseen ei onnistu, todennäköisesti kuvauksesta ei muutenkaan tulisi mitään



Fokuserin kiinnityksen tukevuus on hyvä varmistaa ja tarvittaessa vahvistaa. SW400P Flexputken fokuseri on alun perin kiinnitetty myötävään ohueen peltiputkeen ja vaatii jäykistyslattojen lisäämistä, jotta fokuseri ei taipuisi kameran painosta.





MUUT APULAITTEET

- Suomen oloissa pakkasen aiheuttaa omat lisämausteensa
- Kaukoputken käsikapula saattaa vaatia lämmityksen toimiakseen luotettavasti
- Samoin tietokone, etenkin näyttö, vaatii suojasta
- Huurteenpoistoon esim. lämpöpuhallin
- Ja havaitsijalle ylipukeutuminen on hyve

Lämmitettävä suojakotelo läppärille



Moottorifokuserin säädin

Pakkasenkestävä hiiri

Lämmitettävä "upokas" käsikapulalle

KAUKOPUTKEN SÄÄTÖ JA VALMISTELU KUVAUKSEEN

- Jäähdytys. Tulpat auki ja tarvittaessa puhallin.
- Kollimointi jäähtyneelle putkelle havaintokorkeudelle säädettyinä
 - Apupeili näyttää pyöreältä ja on keskeinen fokuserin kanssa
 - Cheshire/laadukas laser - keskimerkkiin apupeiliä säätämällä
 - Barlowed laser – paluusäde kohdalleen pääpeiliä säätämällä
 - Fokuserin fokusointisäätö samassa kuin kuvattaessa
- Laadukas 2" okulaaripidin
 - Kaikki osat 2" holkillä
 - Holkista eteenpäin kierreltiitoksin
 - Hyvä, itseään toistava okulaaripidin on vielä keksimättä. Kokeilemalla ja tutkimalla selviää, mikä toimii parhaiten omien varusteiden kanssa. Älä luota vaan tutki!



1. Sihtaa fokuserin läpi. Kierrä ja siirrä apupeiliä niin, että se näyttää pyöreältä ja keskeiseltä, sekä siitä näkyy pääpeili suurimmaksi osaksi



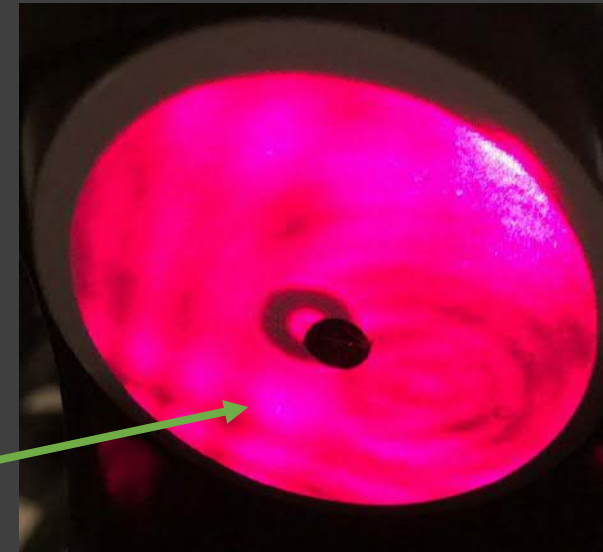
2. Laadukas laser fokuseriin. Säädä apupeilin säätöruuveja niin, että säde osuu pääpeilin keskimerkkiin

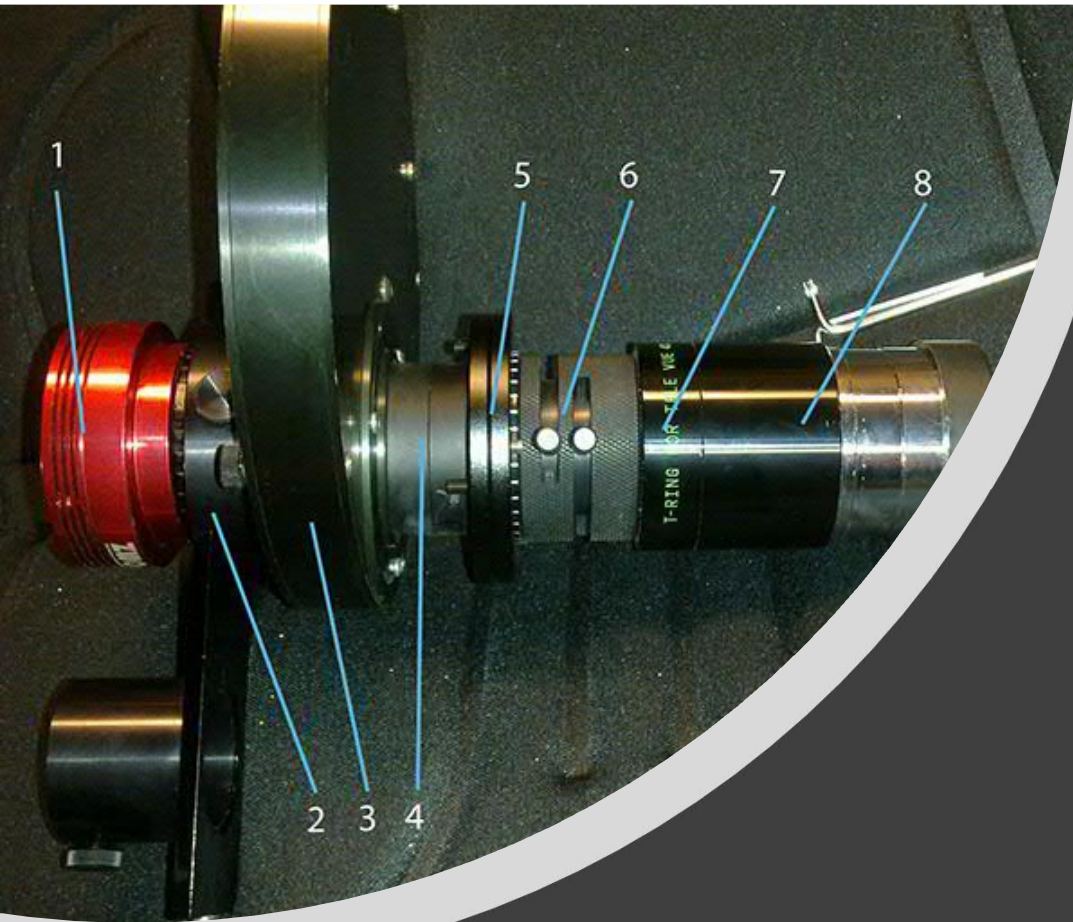


3. Lisää laserin ja fokuserin väliin barlow tai barlow-lisälaite. Säde leviää pääpeilillä laajaksi sutuksi. Paluusäde on laaja valo, jossa näkyy tumma donitsi, keskimerkkin varjo.



4. Säädä pääpeiliä niin, että donitsi on keskeinen projektiolevyn reiän kanssa (a.o. kuvassa säätö vielä kesken)



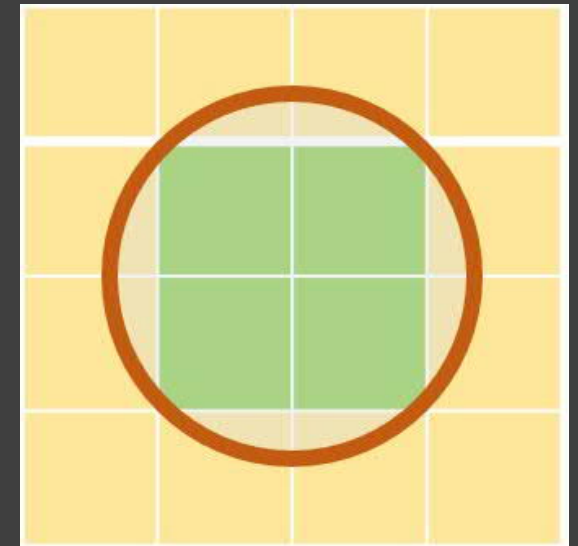
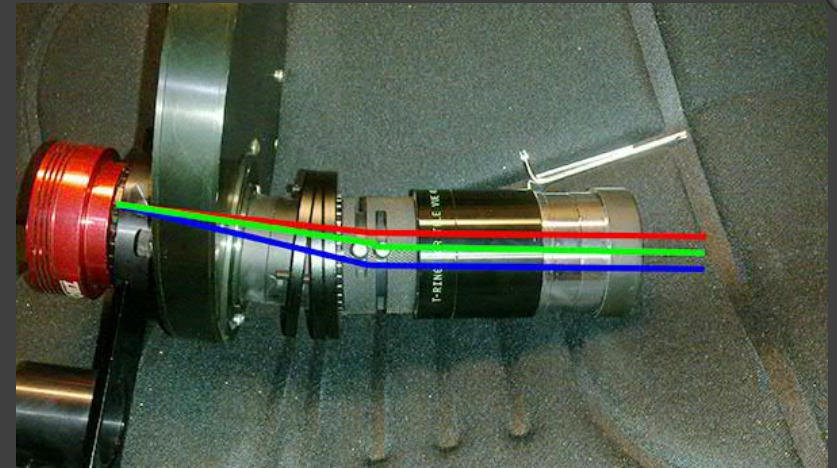


Kuvauslaitteisto

- Planeettakamera, mono tai väri, esim. ASI183MM
- Säätekisko, jolla kameran saa joko keskiöön tai hieman sivuun ADC:n säädön mukaan (Guide excenter)
- USB suodinpyörä, jossa 7x1,25 suotimet. Esim Starlight express
- T2-jatkoholkkeja, joilla Barlowin ja kameran etäisyys säädetty sopivaksi
- T2-Tilt-säätölaippa, Baader. Mahdollistaa kameran tiltaamisen ADC:n säädön mukaan
- ADC-korjain, esim. Pierro Astro
- T2-powermate soviteholkki
- Powermate 2x

POLTTOVÄLI OIKEAKSI – MIKÄ BARLOW?

- Nyqistin teoreema: Optimaalinen näytteistys = $2 \times$ erotuskyky
 - Halkaisijaltaan putken erotuskyvyn suuruisen ympyrän sisään sovitetaan kaksi kameran pikseliä kulmittain
 - Tavoitteena putken efektiiviseksi aukkosuhteeksi (F) $5 \times$ kameran pikselikoko mikrometreinä
 - Esim. 400/1800mm F=4,5 Newton ja kameran pikselikoko 2,4 μ m
 - Tällöin F oltava $5 \times 2,4 = 11,9$. Tarvittava Barlow-kerroin $11,9 / 4,5 = 2,64$
- Monesti Barlow-kerroin riippuu Barlowin ja kennon etäisyydestä ja kuvanlaatu saattaa olla optimaalinen jollain tietyllä etäisyydellä
- Barlowin optisella laadulla on merkitystä.
- Barlow kannattaa muuntaa 2" holkkikokoon ja liittää kierreliitoksin
- Televuen Powermatet hyväksi havaittuja planeetoille
 - Kertoimet 2x, 2.5x, 4-4,5x ja 5-8x kennoetäisyydestä riippuen
- Kuun mosaiikkikuvauksessa Newtonilla isolla kennolla; APM komakorjaavat hyviä. Kertoimet 1.5x ja 2.7x, kennoetäisyys oltava oikea
- Uusimpana kombinaationa Paracorr v2 komakorjain ja 2x Powermate $1.15x \times 2.05x = 2.36x$ kerroin



DISPERSIOKORJAIN

- Ilmakehä toimii prisman tavoin ja erkauttaa eri aallonpituudet toisistaan, sinisen pään eniten ja punaisen pään vähiten
- Mitä alempana kohde on, sitä suurempi dispersio
- Mono-kameralla ja suotimilla vaikutusta saa vähennettyä huomattavasti, mutta esim. sininen kanava jää silti helposti venyneeksi, jos kohde on matalalla
- Dispersiokorjaimella voidaan kumota ilmakehän aiheuttama dispersio
 - ADC-korjain alkaa isolla korjauksella tuottaa palloaberraatiota, joten maksimoi korjaimen ja kennon välinen etäisyys (Barlowin valinta)
 - Hyvä matalalla oleville planeetoille
 - Korkealla oleville kohteille suotimet riittävät dispersion rajoittamiseen

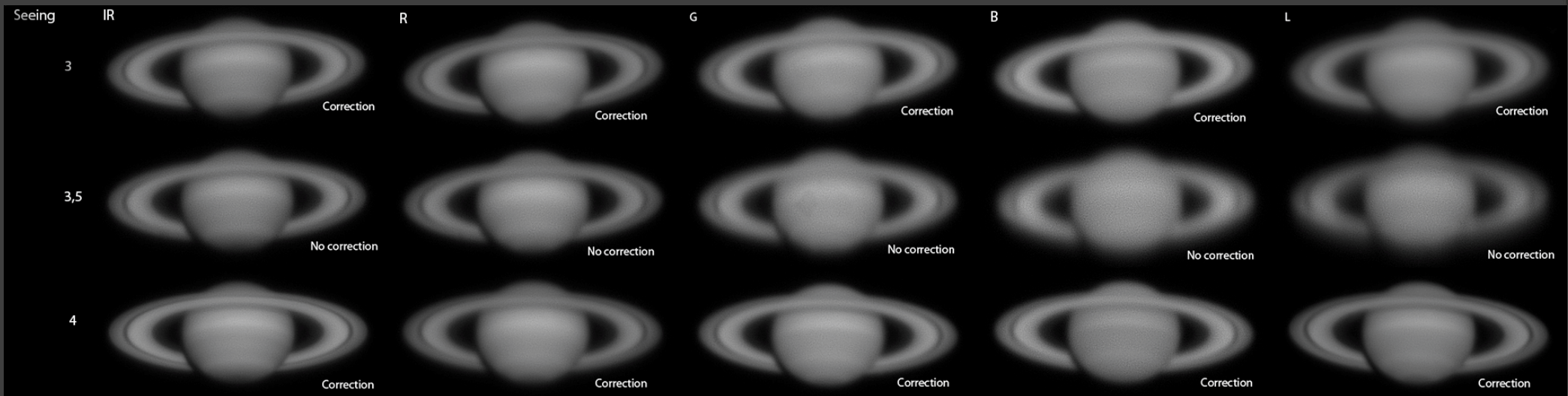
Alle 15 asteen korkeudelta
kuvattu Saturnus ADC:n avulla



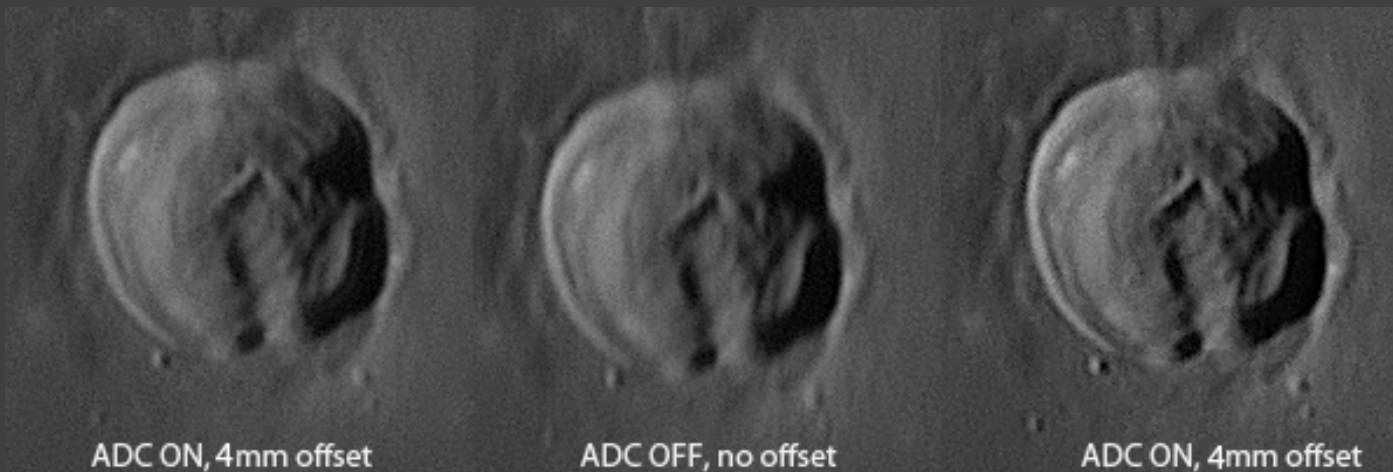
6 astetta



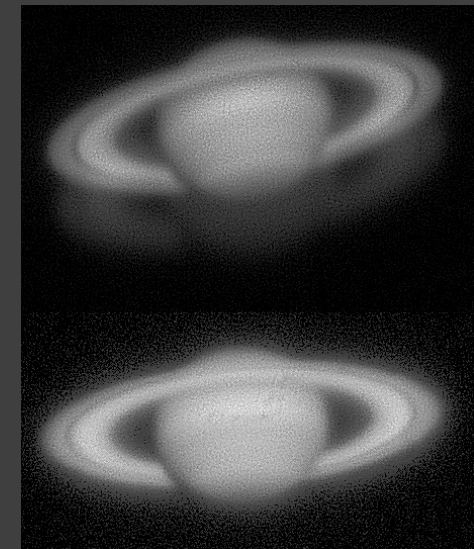
Saturnus ADC-korjaus päällä, pois ja jälleen päällä, seeingin hiljalleen samalla parantuesssa



Kraatteri Arago ir-kaistalla, ADC päällä, pois ja päällä.



ADC:n säätö W47-suotimen avulla.



Suotimet ja suodinpyörä

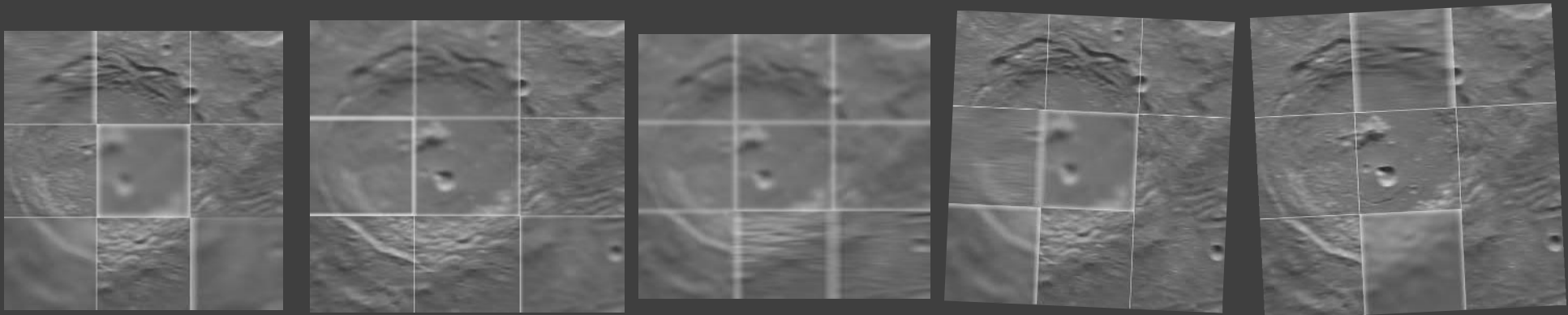
- Suotimien tehtävä on vähentää dispersion ja seeingin vaikutuksia, sekä suodattaa erilleen kiinnostavia yksityiskohtia ja ilmiöitä
- Moottoroitu suodinpyörä käytännössä pakollinen, jos käyttää useampia suotimia kuvausprosessissa.
- Värikameralla L-suodin värikuvaan sekä ir-pass luminanssiin (kun kamerassa ei integroitua ir-blockia)
- Mono-kameralla R,G,B-suotimet väreihin, joskus R, yleensä IR-pass ja joskus L (dispersiokorjaimen kanssa) luminanssiin.
 - Lisäksi on erikoissuotimia suodattamaan esiin erityisiä kohteita, kuten Metaanisuodin kaasuplaneetoille, UV-suodin Venuksen pilviin ja 1 um kapeakaistasuodin Venuksen pinnanmuodoille jne...
- Baader 685nm IR ylipäästösuodin toiminut Suomen oloissa parhaiten kaikkiin kohteisiin. Joskus myös 742 tai 807 toimiva esim. Marsiin, mutta yleensä näiden suotimien tarve kielii kuvauskelvottomasta kelistä.
- Itse olen pitänyt RGB-suotimissa Baaderin interferenssisuotimista.
- Ilmakehä taittaa eri aallonpituuksia hieman eri tavalla ja vaikutus vaihtelee seeingin mukana. Lisäksi suotimet ovat optisesti yksilöllisiä. Aina suodinta vaihdettaessa fokusoitava uudestaan, myös kun palataan takaisin edelliseen suotimeen, fokuksen paikka ei enää ole sama kuin hetki sitten



Kuvauksen problematiikkaa osa 1, still-kuva

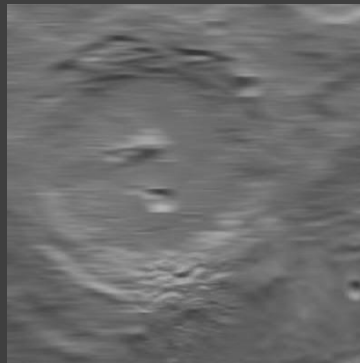


Seeing vääntelelee, heittelee, sumentaa, vääristelee ja kiehuttaa näkymää hetkestä toiseen

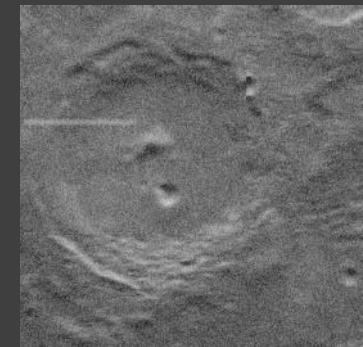


Valotusaika

Syntynyt still-kuva



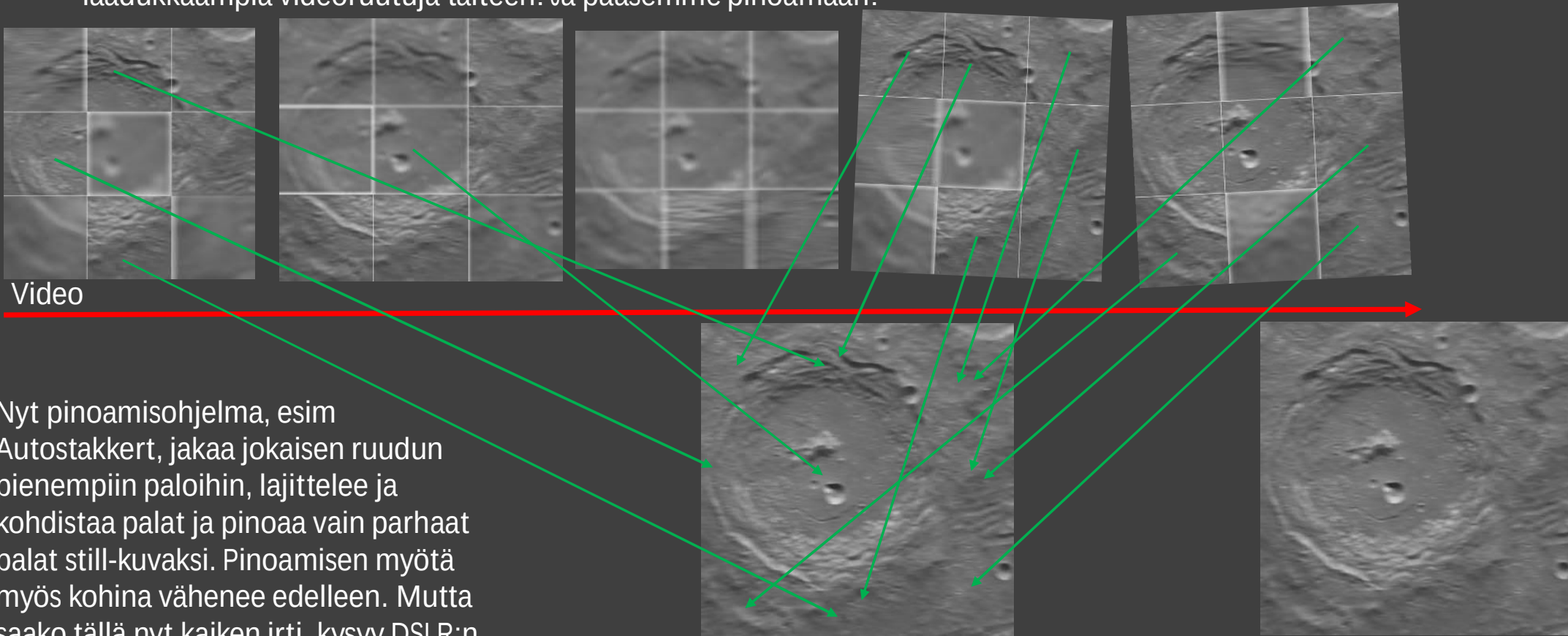
Lyhennetään valotusaikaa, jotta kohde ei ehdi kiemurrella niin paljon. Kohina lisääntyy rajusti. Syntynyt still-kuva nyt.



Kuvauksen problematiikkaa osa 2, entäs video?



Otimme käyttöön laadukkaamman kameran, joka taitaa videon ja myös kohinanpoiston. Nyt saamme laadukkaampia videoruutuja talteen! Ja pääsemme pinoamaan!



Nyt pinoamisohjelma, esim Autostakkert, jakaa jokaisen ruudun pienempiin paloihin, lajittelee ja kohdistaa palat ja pinoaa vain parhaat palat still-kuvaksi. Pinoamisen myötä myös kohina vähenee edelleen. Mutta saako tällä nyt kaiken irti, kysyy DSLR:n omistaja?

Kuvauksen problematiikkaa osa 3, miksi sitten raw?



Pikselin saama arvo kennolla Sävy Kameran tallentama pikselin arvo

6,4	6	6
6,3		
6,2		
6,1		
6		
5,9		
5,8		
5,7	5	5
5,6		
5,5		
5,4		
5,3		
5,2		
5,1		
5	3	3
4,9		
4,8		
4,7		
4,6		
4,5		
4,4		
4,3	3	3
4,2		
4,1		
4		
3,9		
3,8		
3,7		
3,6	3	3
3,5		

Täydellisessä maailmassa kameraan kertyy pikseliin valotusta arvon 5,5 verran joka kerta. Tämä on kohteen todellinen kirkkaus.

Ja kamera muuntaa ja tallentaa pikselille digitaaliseksi arvoksi 6 joka kerta

Jokaisessa kuvassa pikseli on arvoltaan 6



Kuvauksen problematiikkaa osa 3, miksi sitten raw?



Mutta oikeassa maailmassa ilmakehä, kamera itse yms. tekijät aiheuttavat pikselin arvoon satunhaista vaihtelua, kohinaa, joka aiheuttaa kirkkauden leviämisen vaihteluvälille 5-6, eli pikseliin kertynyt arvo vaihtelee 5:n ja 6:n välillä

Pikselin saama arvo kennolla	Sävy	Kameran taltioima pikselin arvo
6,4		6
6,3		
6,2		
6,1		
6		
5,9		5
5,8		
5,7		
5,6		
5,5		
5,4		3
5,3		
5,2		
5,1		
5		
4,9		
4,8		
4,7		
4,6		
4,5		
4,4		
4,3		
4,2		
4,1		
4		
3,9		
3,8		
3,7		
3,6		
3,5		

Ja perus digikamera antaa pikselille digitaalisesti arvoksi joko 5 tai 6 hetkestä riippuen. Kuvaformaatin bittisyvyyden ja pakkauksen määrä vaikuttaa kameras valitsemaan pikselin arvoon.



Pikselin arvo loppukuvassa on 5 tai 6 riippuen siitä millä hetkellä kuvan otimme



Kuvauksen problematiikkaa osa 3, miksi sitten raw?



Pikselin saama arvo kennolla	Sävy	Kameran taltioima pikselin arvo
6,4		6
6,3		
6,2		
6,1		
6		
5,9		
5,8		
5,7		
5,6		5
5,5		
5,4		
5,3		
5,2		
5,1		
5		
4,9		3
4,8		
4,7		
4,6		
4,5		
4,4		
4,3		
4,2		
4,1		3
4		
3,9		
3,8		
3,7		
3,6		
3,5		

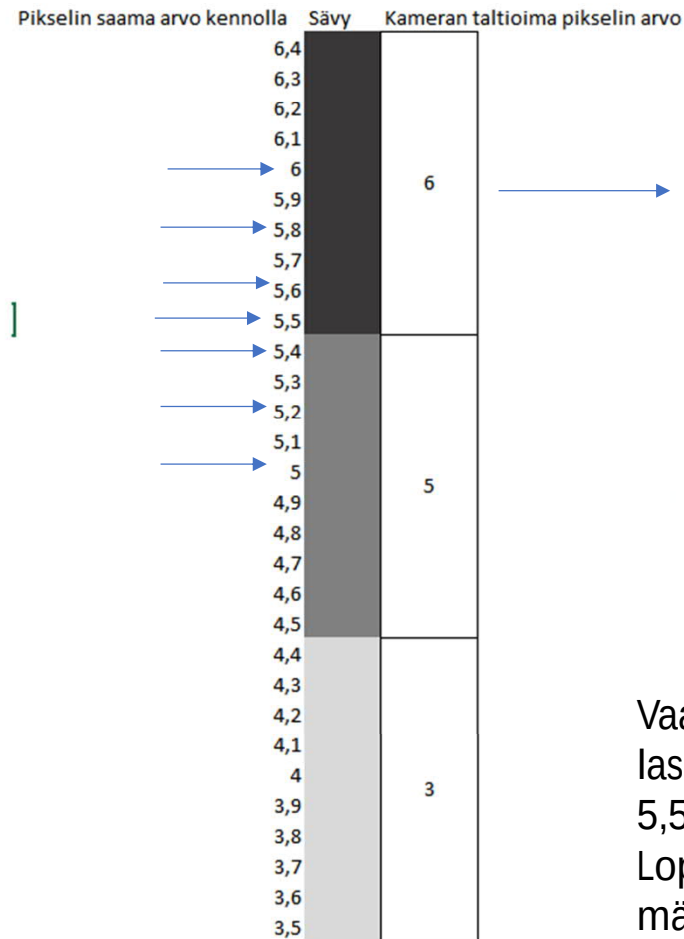
Perusigipokkarin, järkkärin tai muun älylaitteen video-moodissa on pakkausalgoritmi tilan säästämiseksi sekä sisäänrakennettu kohinanpoisto. Nyt pikseli saa joka kerta kiltisti arvoksi 6, vaikka kennolle kertyvä arvo vaihtelee kohinan myötä edelleen välillä 5-6. Pinoamme videon seeingin vaikutuksen vähentämiseksi:



Myös pinotussa loppukuvassa pikselin arvo on 6.



Kuvauksen problematiikkaa osa 3, siksi raw!



Planeettakameran raw-videomoodissa kuvat tallennetaan kohinoineen päivineen ja pikselin arvo on toisissa ruuduissa 5 ja toisissa 6.



Vaan nytpäs pinoamisohjelma pystyykin laskemaan pikselille keskiarvon, joka on 5,5, eli kohteen todellinen arvo. Loppukuvan pikselisyvyys eli sävyjen määrä on juuri lisääntynyt merkittävästi!

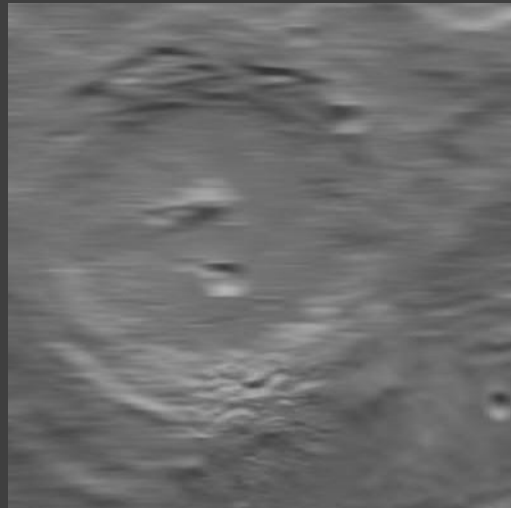


Siksi raw!



RAW-videosta pinottu ja bittisyvyydeltään kasvanut kuva ei ensin näytä sen paremmalta, tai näyttää jopa huonommalta kuin pakatusta videosta pinottu kuva. Mutta pinotessa eriteltyä saadut lisäsävyt ovat siellä ja kun kuvaa terävöitetään/deconvolvodaan, nuo sävyt saadaan kutiteltua esiin.

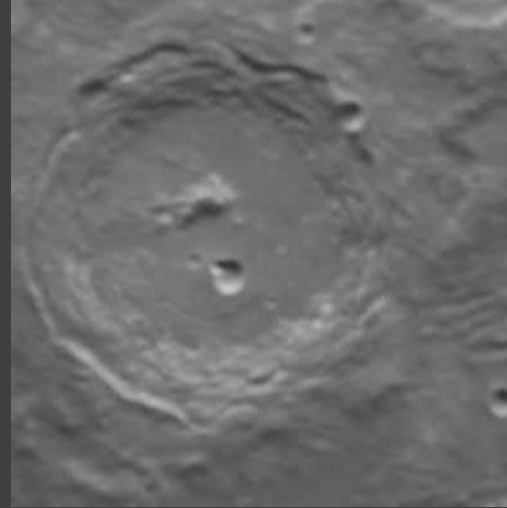
Still



Mpeg pinottu



RAW pinottu



RAW pinottu ja terävöitetty



Kamera-asiaa

- Still-kuva siis huono vaihtoehto. Kohteen hienosävyt (bittisyvyys) ei ole yhdelläkään yksittäisellä hetkellä näkyvillä, jolloin sitä ei myöskään voi parhaimmallaan järkkärillä vangita edes raakaformaatin still-kuvaan.
 - Aikavalotuksella tilanne muutoin hiukan paranisi, mutta silloin seeing pilaa vääjäämättä kuvan
 - Ottamalla suuren määrän raw-kuvia saattaa onnistua paremmin. Mutta usein jopa kameran raw-muoto sisältää jotain esikäsittelyä ja kohinanpoistoa, joka pilaa statistisen analyysin. Ja ruutumäärä jää silti pieneksi verrattuna pitkään videoon.
 - Lisäksi useimmat peruskamerat ovat ir-block – suotimellisia värikameroita, mikä estää kuvaamisen seeingin vähemmän vaivaamilla ir-kaistoilla

Jerry Lodrigussin sivustoja DSLR planeettakuvauksesta:

[Lodriguhttps://www.astropix.com/html/i_astrop/eq_tests/canon_one_to_one_pixel_resolution.html](https://www.astropix.com/html/i_astrop/eq_tests/canon_one_to_one_pixel_resolution.html)

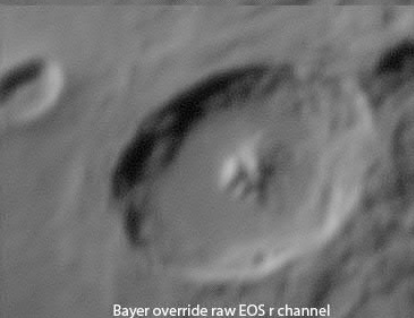
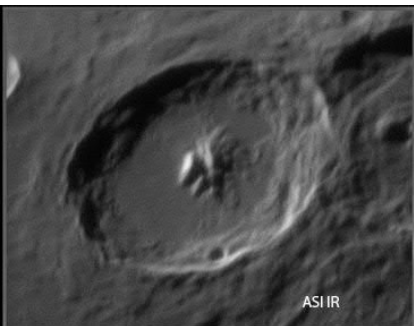




Kamera-asiaa

- Video parempi vaihtoehto.
 - Valittava moodi, jossa kohinanpoisto, pakkaus ja muu esikäsittely minimissään
 - Lisäksi pikselisuhde saatava 1:1, eli kamera ei saa interpoloida videokuvaa vain osasta pikseleitä; oltava puhdas croppivideo, jonka todentaminen hankalaa
 - Oikea raakavideo harvoin saatavilla ilman firmware-hackia. Ja silloinkin todella työläs, hankala ja raskas käyttää ja konvertoida sopivaan formaattiin. Myös tallennusnopeus ja kapasiteetti monesti haaste.
- Planeettakameralla kaikki tämä tapahtuu helposti ja luonnostaan ja paremmalla hyötysuhteella, joten suositeltava valinta detaljeja haluavalle
- Huom! Erilaisilla älylaitteilla/normikameroilla saa erittäin hyvää jälkeä nykyään ja jos sellainen jo on, sillä on erittäin suositeltavaa aloittaa ja harjoitella kuvauksen eri aspektoja. Ja edetä vaikka kuinka pitkälle. Käytännössä vaan tietyn rajan jälkeen planeettakamera on helpompi ja lopulta ainoa tie eteenpäin.
- Kuinka pitkälle planeettakuvauksessa sitten pääsisi ir-modatulla, raw-video-modin omaavalla älylaitteella, on haaste joka odottaa ottajansa!

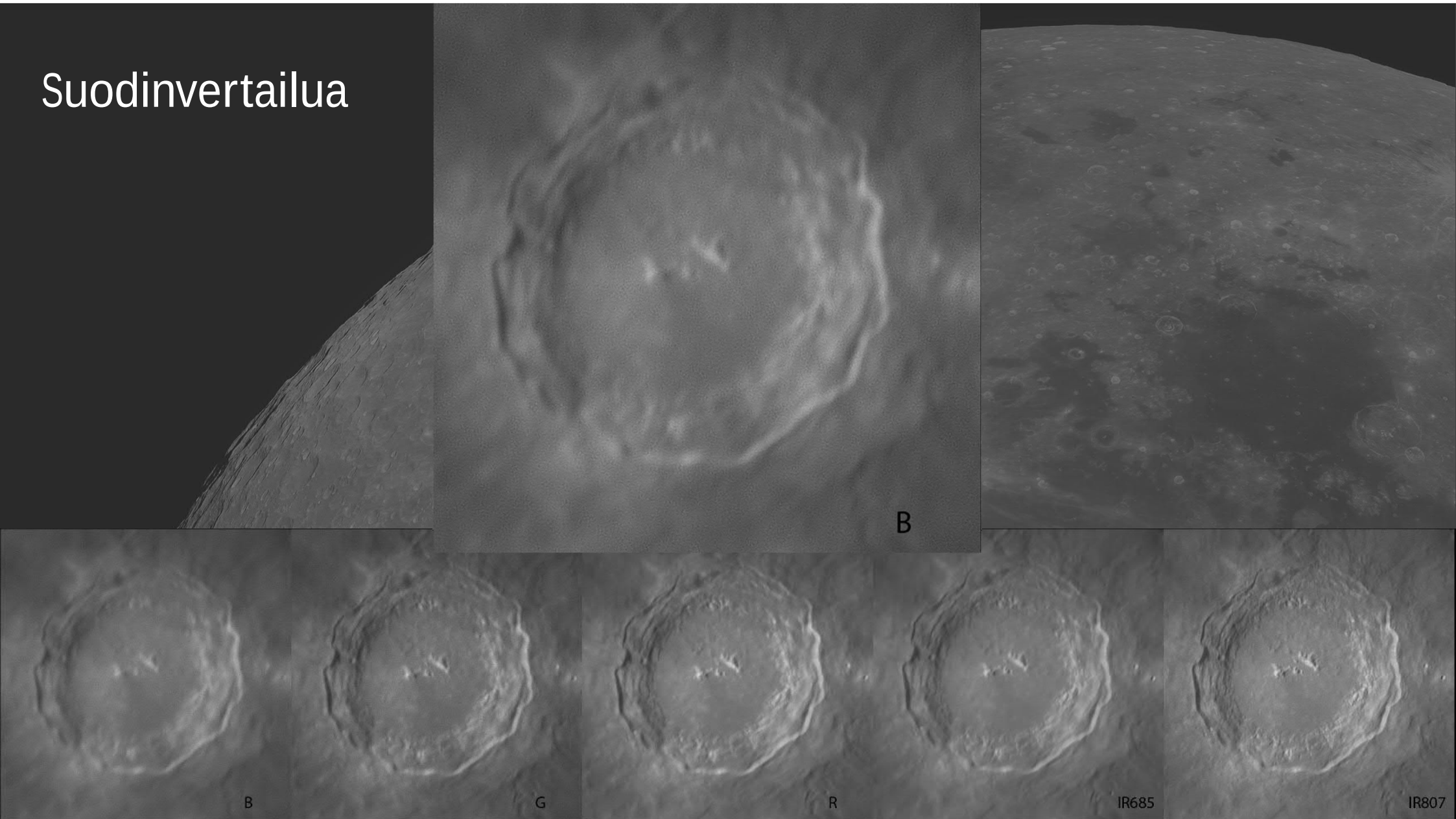
Joitain kokeiluja ja vertailuja eri kameroilla samassa kuvaussessiossa ja –laitteistolla.



EOS 500D Magic lantern raw video mod, pinottu

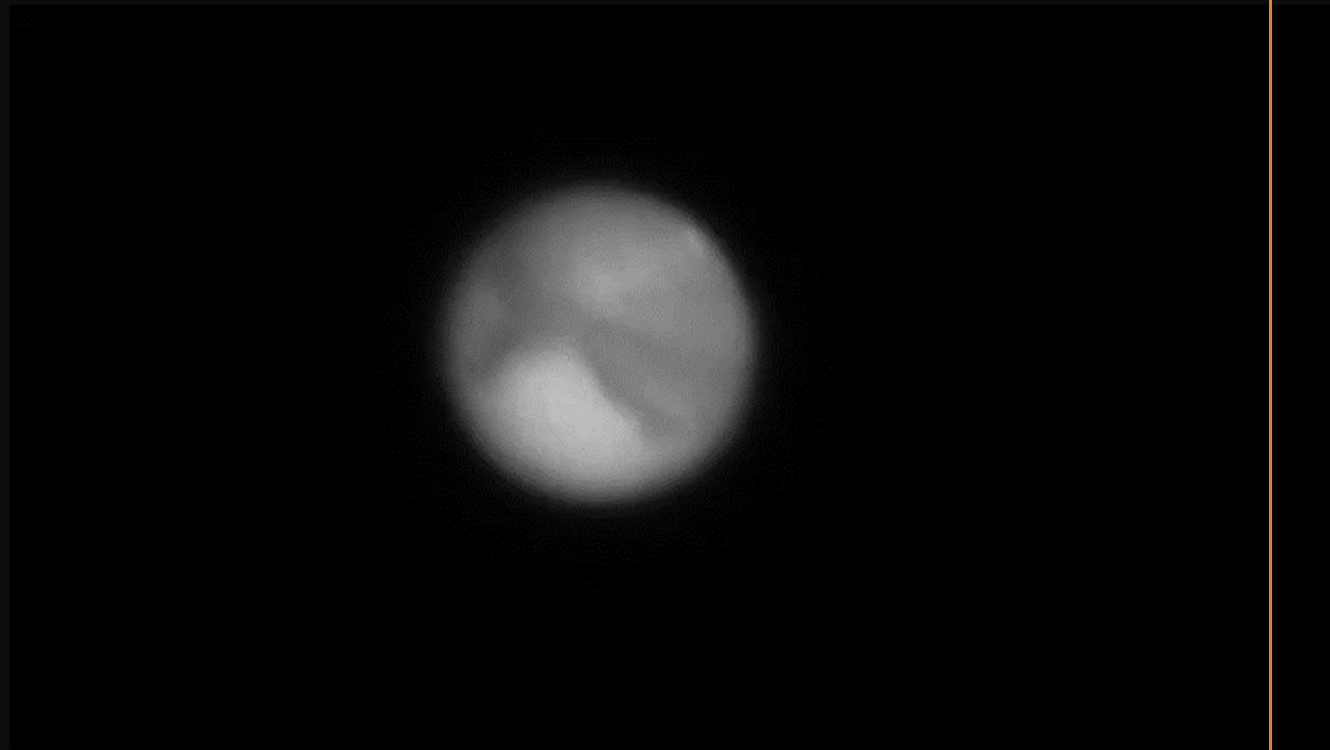
ASI183MM @ ir pinottu

Suodinvertailua



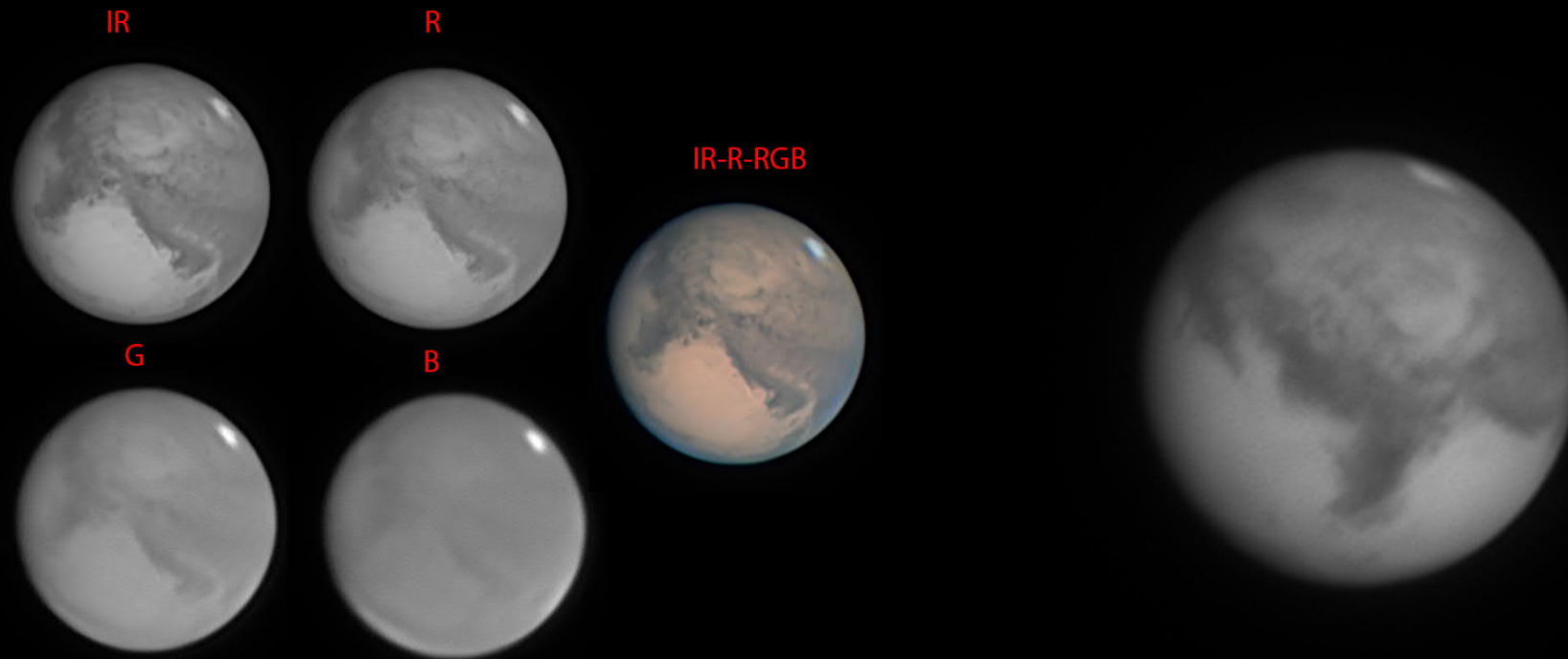
Taltiointi (Erillinen demo aiheesta)

- RAW-videomoodissa Kuukuvauksessa dataa tulee paljon; ASI183MM 15Gt/min!
 - USB3 kaapelit ja portit ja koneessa riittävän nopea väylä ja kylliksi puhtia pyörittämään koko rulettia
 - Nopea SSD-levy tarpeellinen + riittävästi RAMia puskuriksi
 - Ja SSD saa olla ISO!
- Planeettakuvauksessa pärjää hieman vähemmälläkin
- Firecapture suosittu taltiointiohjelma (Demo). Sharp Capture toinen paljon käytetty.
- Moodina RAW 8bit AVI tai SER. High speed off.
- Valotus saatava lyhyeksi. Livevideo ei saa näyttää kohinaiselta, yksittäisruutu saa ja pitää olla hiukan kohinainen





Pari sanaa seeingistä: “ ja (/(&/#"!



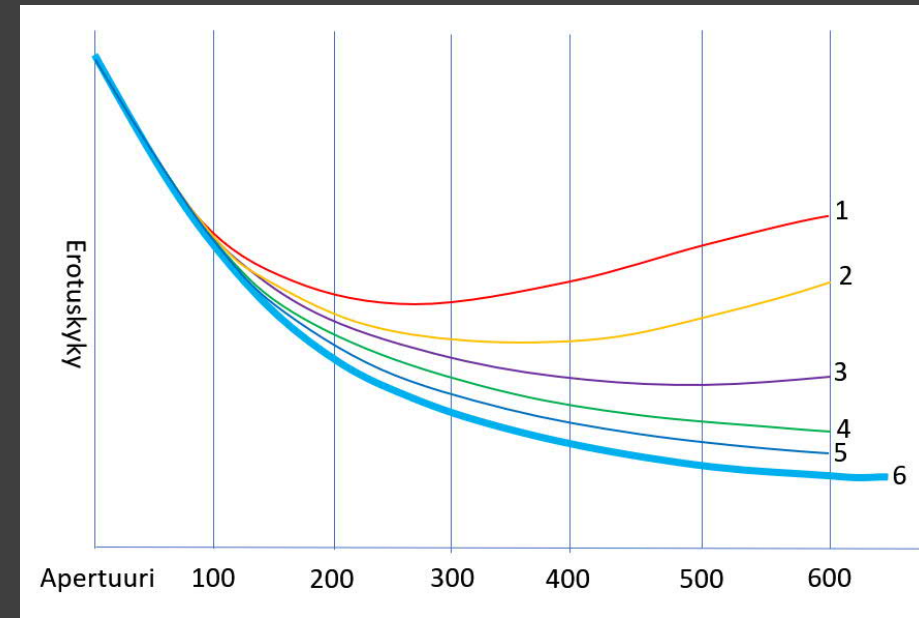
Seeingin alle!

- 6 Diffraktion rajoittama teoreettinen erotuskyky näkyvässä valossa ilman ilmakehää.
- 5 vastaava teoreettinen erotuskyky infrapunassa

1 Seeingin rajoittama visuaalinen erotuskyky kullekin putkelle kehnokossa suomalaisessa seeingissä.

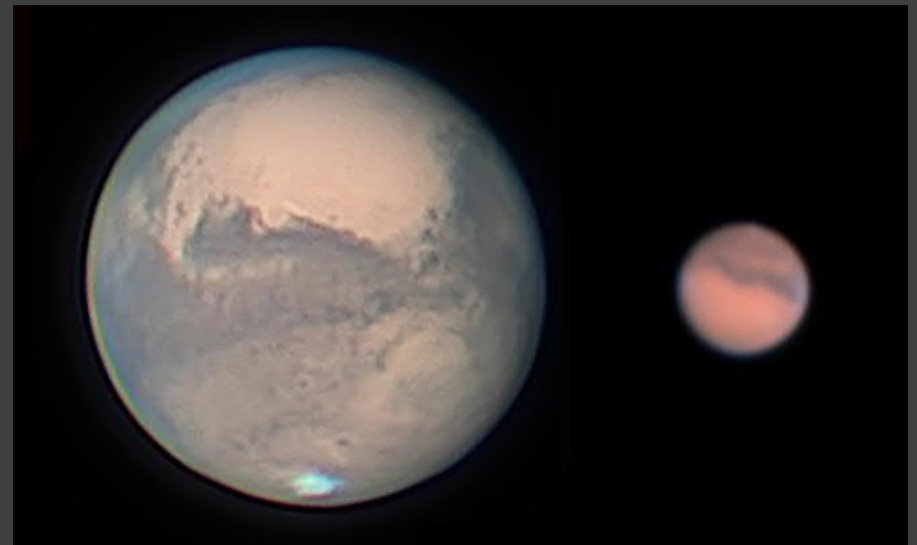
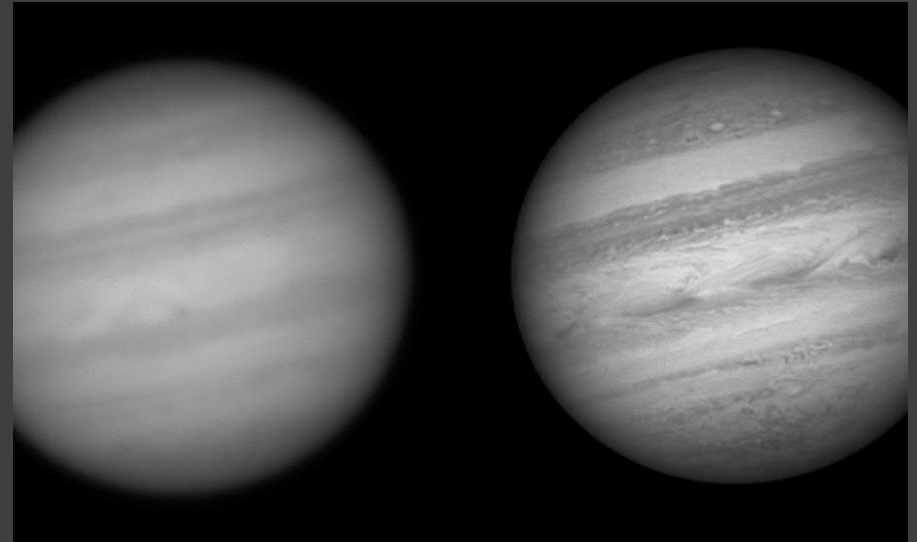
- 2 Suotimet käyttöön ja kuvataan ir:aa. Ilman taitekerroin valolle riippuu valon aallonpituudesta, joka aiheuttaa dispersiota, mutta on myös oleellinen tekijä seeingin takana. Ne turbulентtiset solut siellä ilmakehässä taittavat eri aallonpituuden valoa eri tavalla, jolloin tuloksena on sekametelisoppaa kun eri värinen valo heittelee usean solun läpi mikä minnekin ja hajaantuvat toisistaan. Kun suotimella päästetään läpi vain kapea kaista, saadaan valoa joka on pysynyt paremmin yhdessä ilmakehän läpi tullessaan. Ja kun mennään pidemmälle aallonpituudelle infrapunaan, valo on ylipäänsä taittunut vähemmän ilmakehän läpi tullessaan.
- 3 otetaan käyttöön lucky imaging. Hyödynnetään seeingin tilastollinen luonne ottamalla runsaasti lyhyitä valotuksia, valikoidaan niistä ne joissa seeing on hetkellisesti huomattavasti keskimääräistä parempi, ja pinotaan kuvat sekä ajetaan deconvoluutio. Nyt hyvällä kelillä (Suomessa 10-20% kirkkaista keleistä) päästäänkin jo hyödyntämään jopa yli 400mm apertuuria. Nyt myös päästään taas hiukan lähemmäksi teoreettista erotuskykyä.

4 Sitten otetaan herkempi, nopeampi kamera ja lisäksi derotaatio käyttöön. Ruutuja otetaan todella paljon, jotta seasta löytyy riittävästi hyviä ruutuja. Edellisen kohdan hyvän seeingin keleistäkin kelpaa enää vain joka kolmas. Herkkä kamera antaa hyvän signaalin pitkällä infrapunassa naurettavan lyhyellä valotusajalla. Kuukuvauksessa tarvitaan USB3.1 tiedonsiirtoon kykenevä kamera, ja siltikin ruutuja pitää esikarsia liveinä ennen tallennusta (toivottavasti tämmöinen ominaisuus saadaan tulevaisuudessa). Mitä isompi apertuuri, sitä enemmän ruutuja on taltioitava. 400mm =>600mm mentäessä pitää ruutujen määrä 15 kertaistaa.



Seeing ja havaintopaikka

- Avoin tasainen paikka, älä kuvaa kattojen yli, vältä lämmönlähteitä
- Älä höngi putken vieressä
- Seeingiä ei tiedä ennalta. Mutta sen voi tunnistaa, onko edes toivoa
 - Jos kuvassa ei näy yksityiskohtia, se on ikään kuin sumun takana, toivoa tuskin on
 - Jos kuva väreilee ja ajoittain on terävämpiä hetkiä, toivoa on
 - Jos kuun ympärillä on "hötöä", mene nukkumaan
 - Haloharrastajat ja planeettakuvaajat eivät ole puheväleissä, koska eivät koskaan kohtaa toisiaan...
- Hyvän seeingin pätkät ovat tyypillisesti 5-30 min pituisia ja niitä osuu pari kertaa vuodessa sellaiselle kirkkaalle kelille, kun jotain on riittävän korkealla kuvattavaksi. Loppuaika pitää vain "uittaa onkea" ja odottaa kuvaten.
- Jokaista hyvää kuvaa varten pitää kuvata 20Gt hyvää videota ja 3.5Tt huonoa videota...



Ja jos kuvauskeliä ei kerta kaikkiaan ole...

- Kuusen latvaa 1,5 km päästä
infrapunavalossa....





Prosessointi (Erillinen demo aiheesta)

- Autostakkert 3.1.4 (4 tulossa) tämän hetken paras
- Vaihtoehtoina PSS ja Registax

YHTEENVETO

1. Kuvataan aina kun kohde on riittävän korkealla ja seeing on siedettävä

3. Kuvauspäätä, jossa moottoroitu hienotarkennus, polttovälin säätö optimaaliseksi näytteistykselle, dispersio- ja komakorjaus, halutun kaistan suodatus ja herkkä kamera nopean frameraten raakavideomoodilla.

4. Tallennusväline, joka kykenee ottamaan vastaan ja tallentamaan suuria datavirtoja häviöttömässä formaatissa

2. Mahdollisimman suuri ja riittävän laadukas objektiivinen mahdollistamaan erotuskyky ja tuottamaan vahva signaali kohteesta.

4. Datan prosessointityökalu, jossa videon kaikki raakakuvat pilkkotaan palasiksi, palaset lajitellaan ja parhaista paloista pinotaan ja kootaan ylivertaisen laadun ja bittisyyden omaava loppukuva. Dekonvoluution jälkeen kuva on parhaimmillaan diffraktiorajoitteinen

