

Výskum Slnka na Lomnickom štíte

Ján Rybák a pracovná skupina
Observatória Lomnický štít (LSO)
AsÚ SAV



2022/09/22



O čom?

- LSO – zvláštna hviezdáreň
- Skúmanie Slnka – prečo?
- Prečo na Lomnickom štíte?
- Prístroje LSO: koronografy a CoMP-S + (SLED)
- Iné vybavenie LSO
- Prevádzka LSO
- Dni na LSO
- Naše pozorovania a výsledky
- Plány do budúcnosti
- LSO pre Vás

LSO – zvláštna hviezdáreň

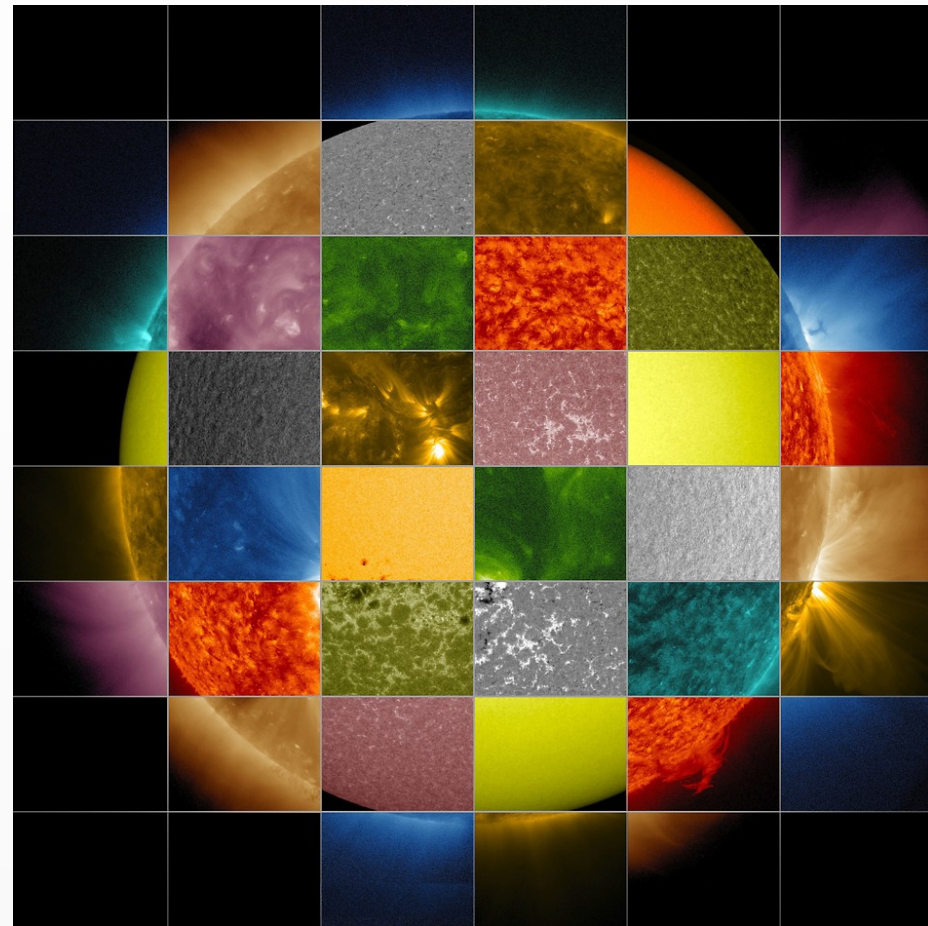
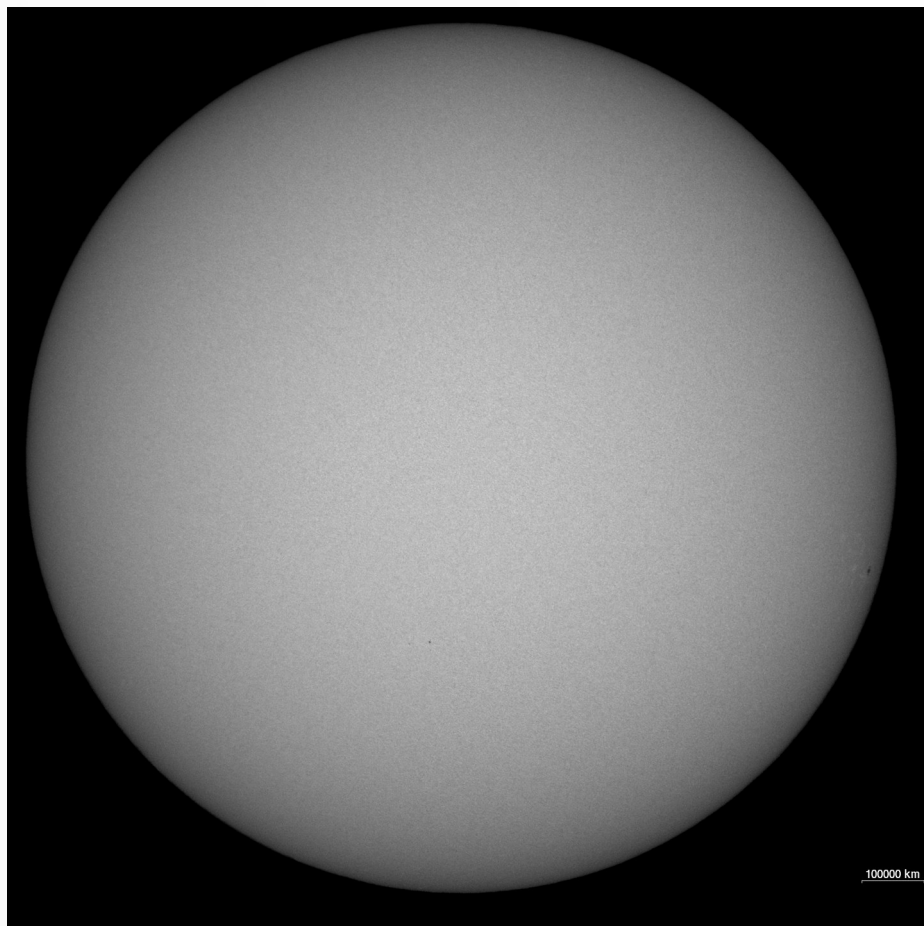
- nevedie tam cesta pre autá
- doprava len lanovkou (ak premáva)
- TMR sa nám stará o reklamu (“Aspoň raz za život...”)
- v noci sa tam spí
- počas dňa pozorujeme hviezd...
- nepozoruje sa žltý jasný kotúč ale hmotu nad jeho okrajom
- na svete sú celkovo len 3 takto zamerané hviezdárne

Výskum Slnka – prečo?

- Slnko? Ved' sú dnes iné astronomické hity (exoplanéty, ...)
- Slnko však nie je nemenný žltý jasný kotúč na oblohe

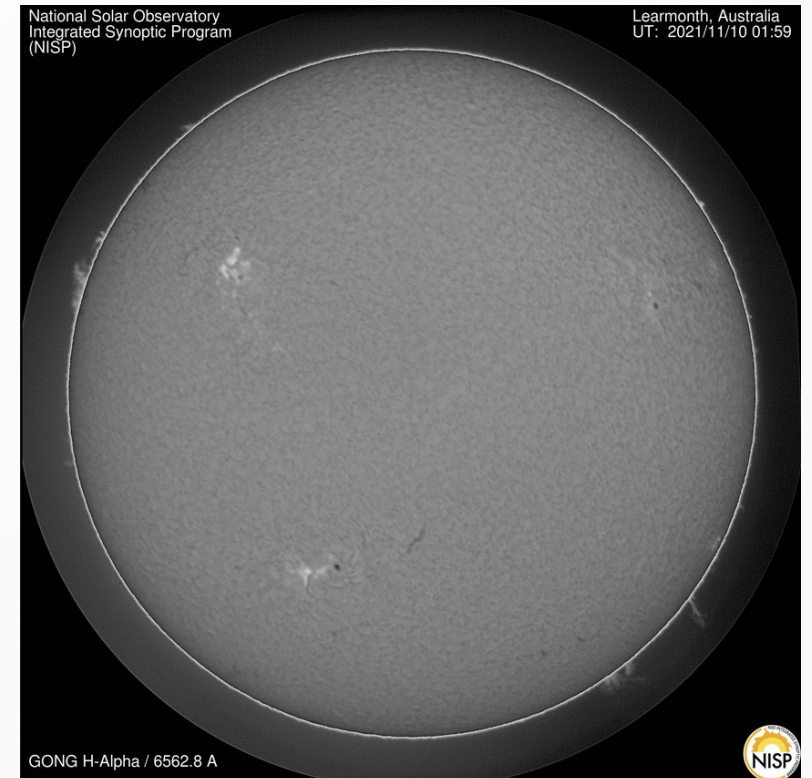
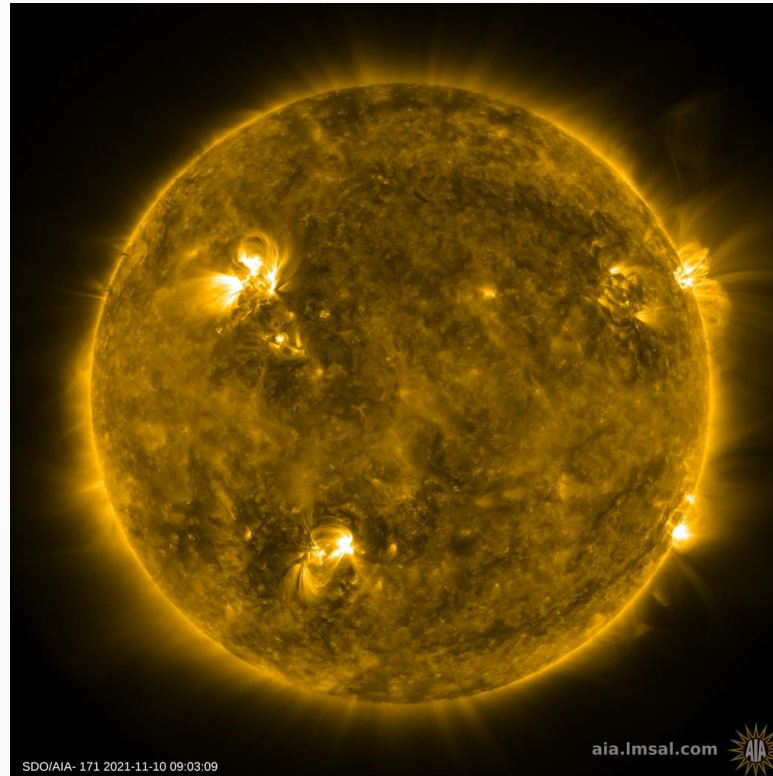
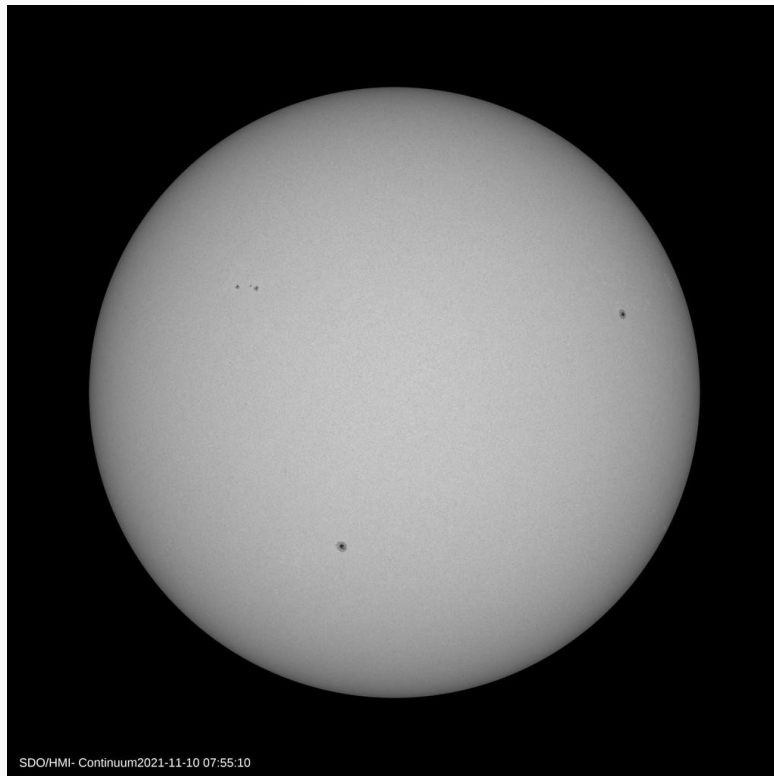
Výskum Slnka – prečo?

- Slnko? Ved' sú dnes iné astronomické hity (exoplanéty, ...)
- Slnko však nie je nemenný žltý jasný kotúč na oblohe



Výskum Slnka – prečo?

- Slnko? Ved' sú dnes iné astronomické hity (exoplanéty, ...)
- Slnko však nie je nemenný žltý jasný kotúč na oblohe



Výskum Slnka – prečo?

- Nevieme o ňom dosť. Prečo?
- A chceme o ňom vedieť viac! Prečo?
- Chceli by sme vedieť:
 - ako to na ňom, v ňom a **nad ním** funguje
 - **prečo** to tak funguje
 - čo všetko to spôsobuje (a čo zas nespôsobuje)
- Prečo to má zmysel robiť?
- “Akademický” a “aplikovaný” výskum:
 - Astronómia a astrofyzika? To že sú vraj vedy z ktorých je nejaký praktický úžitok?

Výskum Slnka – prečo?

- Nevieme o ňom dosť. Prečo?
- A chceme o ňom vedieť viac! Prečo?
- Chceli by sme vedieť:
 - ako to na ňom, v ňom a **nad ním** funguje
 - **prečo** to tak funguje
 - čo všetko to spôsobuje (a čo zas nespôsobuje)
- Prečo to má zmysel robiť?
- “Akademický” a “aplikovaný” výskum:
 - Astronómia a astrofyzika? To že sú vraj vedy z ktorých je nejaký praktický úžitok?

Výskum Slnka – prečo?

- Nevieme o ňom dosť. Prečo?
- A chceme o ňom vedieť viac! Prečo?
- Chceli by sme vedieť:
 - ako to na ňom, v ňom a **nad ním** funguje
 - **prečo** to tak funguje
 - čo všetko to spôsobuje (a čo zas nespôsobuje)
- Prečo to má zmysel robiť?
- “Akademický” a “aplikovaný” výskum:
 - Astronómia a astrofyzika? To že sú vraj vedy z ktorých je nejaký praktický úžitok?

Výskum Slnka – prečo?

- Nevieme o ňom dosť. Prečo?
- A chceme o ňom vedieť viac! Prečo?
- Chceli by sme vedieť:
 - ako to na ňom, v ňom a **nad ním** funguje
 - **prečo** to tak funguje
 - čo všetko to spôsobuje (a čo zas nespôsobuje)
- Prečo to má zmysel robiť?
- “Akademický” a “aplikovaný” výskum:
 - Astronómia a astrofyzika? To že sú vraj vedy z ktorých je nejaký praktický úžitok?

Prečo na Lomnickom štíte?

- Výskum “čohosi” nad Slnkom? Úplne zatmenia Slnka: len “ojedinele”, “vždy” na inom (vzdialenom) mieste, len na krátko...



- Každý deň z našej hviezdárne? Prečo to nejde? Ako na to?

Prečo na Lomnickom štíte?

- Stará vec: mnohí a už dávno (i M.R. Štefánik na vrchole Mont Blanc): je potrebné vystúpať s ďalekohľadom na vysoký kopec...
- Ako to pomáha pozorovaniu Slnka? Molekuly, ktoré sú vo "vzduchu" (N_2 , O_2 , ...) - zapríčiňujú to, že svetlo "prichádza" z iného smeru ako by malo → obloha a aureola okolo Slnka
- ak je na LSO úplne jasná obloha tak nad okrajom slnečného kotúča je obloha tmavšia, je "tmavomodrejšia"..
- Tlak vzduchu na LSO je len $\sim 3/4$ nominálneho tlaku vzduchu.



Prečo na Lomnickom štíte?

- Stará vec: mnohí a už dávno (i M.R. Štefánik na vrchole Mont Blanc): je potrebné vystúpať s ďalekohľadom na vysoký kopec...
- Ako to pomáha pozorovaniu Slnka? Molekuly, ktoré sú vo "vzduchu" (N_2 , O_2 , ...) - zapríčiňujú to, že svetlo "prichádza" z iného smeru ako by malo → obloha a aureola okolo Slnka
- ak je na LSO úplne jasná obloha tak nad okrajom slnečného kotúča je obloha tmavšia, je "tmavomodrejšia"..
- Tlak vzduchu na LSO je len $\sim 3/4$ nominálneho tlaku vzduchu.



Prečo na Lomnickom štíte?

- Stará vec: mnohí a už dávno (i M.R. Štefánik na vrchole Mont Blanc): je potrebné vystúpať s ďalekohľadom na vysoký kopec...
- Ako to pomáha pozorovaniu Slnka? Molekuly, ktoré sú vo "vzduchu" (N_2 , O_2 , ...) - zapríčiňujú to, že svetlo "prichádza" z iného smeru ako by malo → obloha a aureola okolo Slnka
- ak je na LSO úplne jasná obloha, tak nad okrajom slnečného kotúča je obloha tmavšia, je "tmavomodrejšia".
- Tlak vzduchu na LSO je len $\sim 3/4$ nominálneho tlaku vzduchu.



Prečo na Lomnickom štíte?



- **Nádhera!** Ale nestačí... Ako atmosféra, tak i prístroj!

Prečo na Lomnickom štíte?



- Nádhera! Ale nestačí... Ako atmosféra, tak i prístroj!

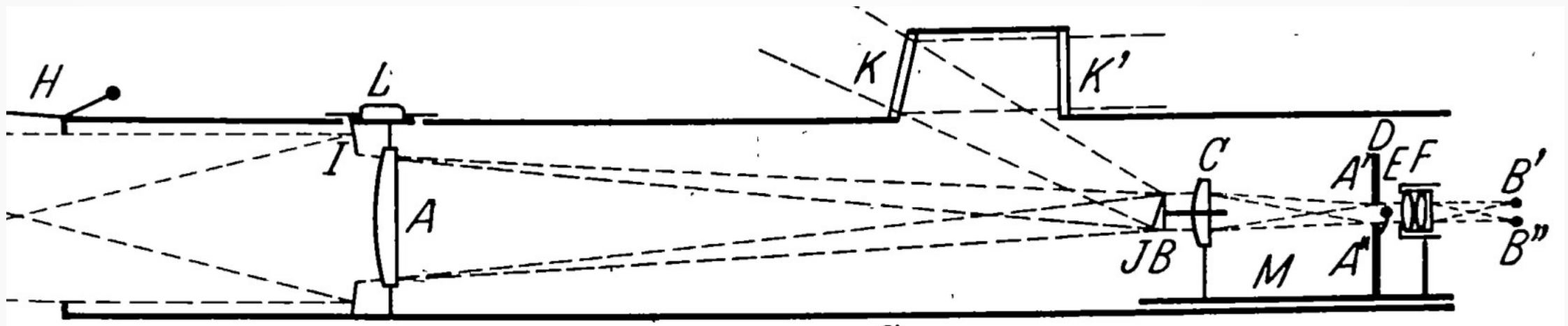
Prístroje LSO: koronografy

- Ďalekohľady LSO - koronografy podľa konceptu Bernarda Lyota
- B. Lyot - úspešný riešiteľ technického problému "ako pozorovať čosi na oblohe veľmi málo jasné hneď vedľa čohosi veľmi jasného", 30-roky minulého storočia
- Ved' je to jednoduché! Jednoduchá teória na všetko, zložitejšia prax, podrobnejšia teória...



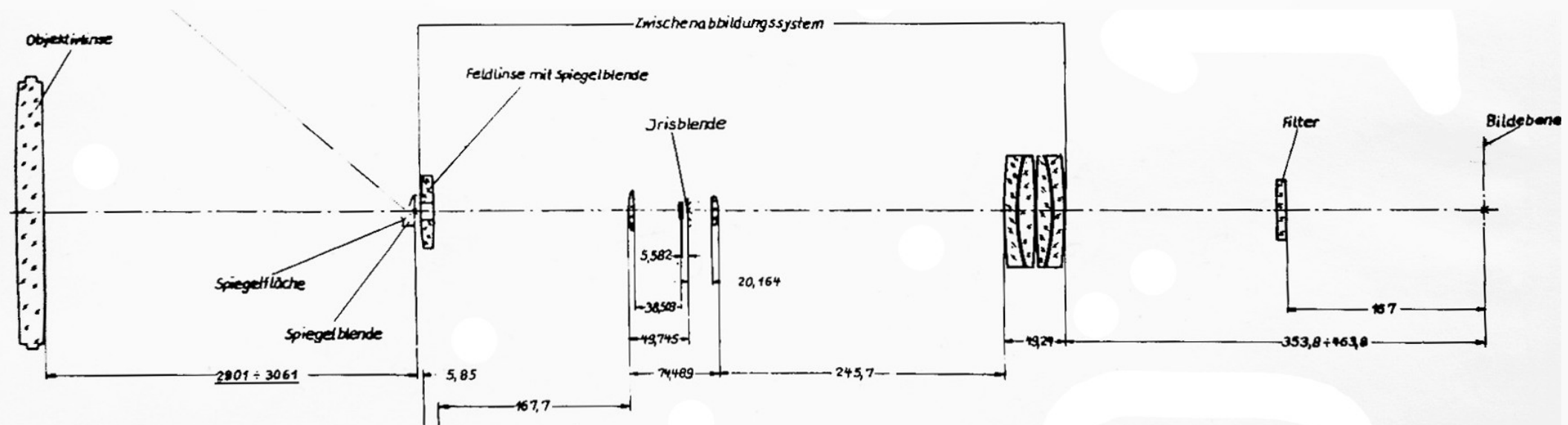
Prístroje LSO: koronografy

- Koronografy podľa konceptu B. Lyota: geniálne jednoduché nápady a praktické technické riešenia:
 - 1/ jednoduchá veľmi kvalitná šošovka - A
 - 2/ "umelý mesiačik" - B
 - 3/ Lyotova clona - D



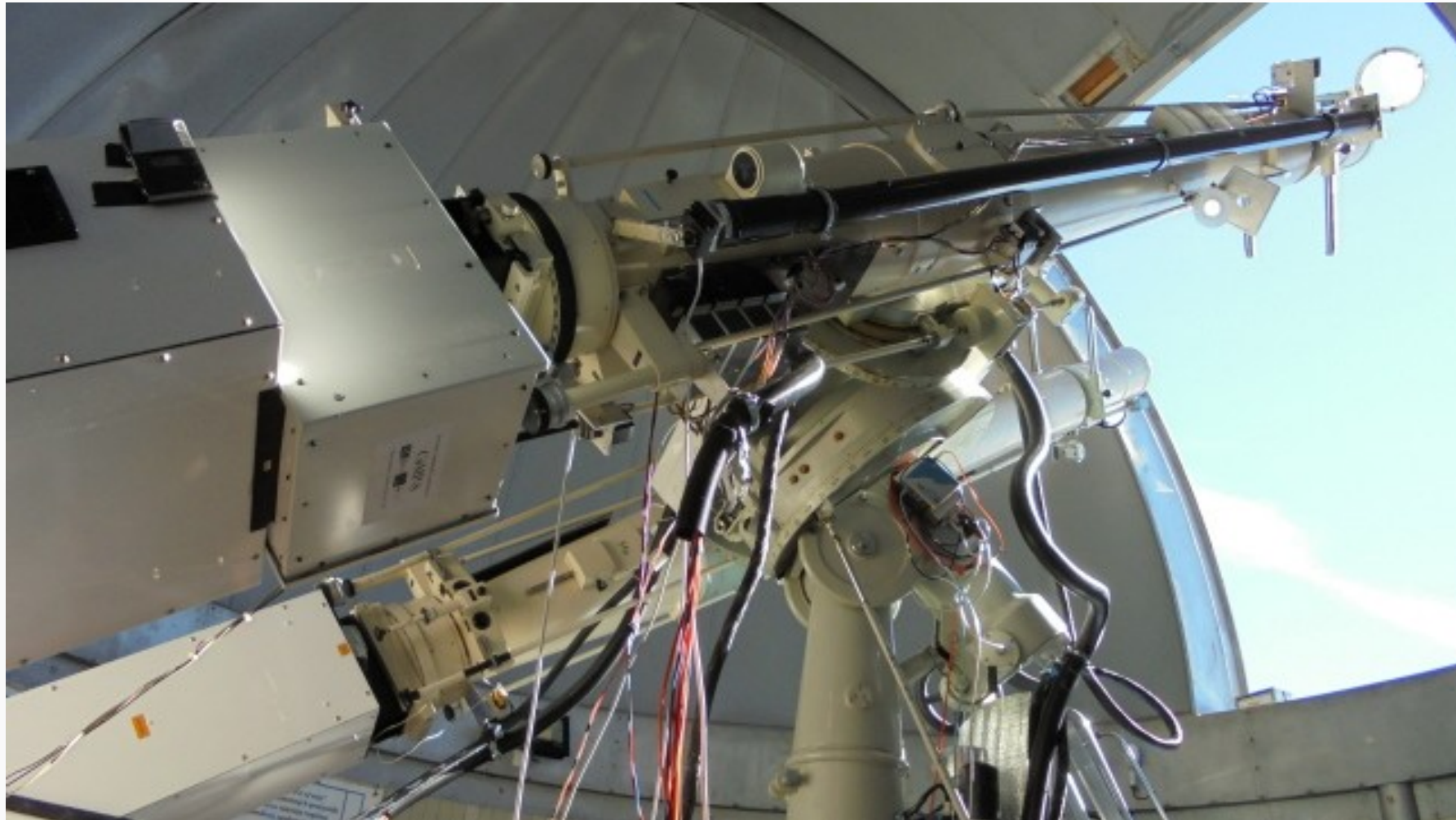
Prístroje LSO: koronografy

- Koronografy LSO: ZEISS 200/3000/4000:
 - primárny objektív: $D = 20 \text{ cm}$, $f = \sim 3 \text{ m}$
 - obraz Slnka s priemerom $\sim 30 \text{ mm}$
 - ďalšie šošovky a clony, $f_{\text{eff}} = 4 \text{ m}$
 - výsledný obraz Slnka/mesiača s priemerom $\sim 40 \text{ mm}$



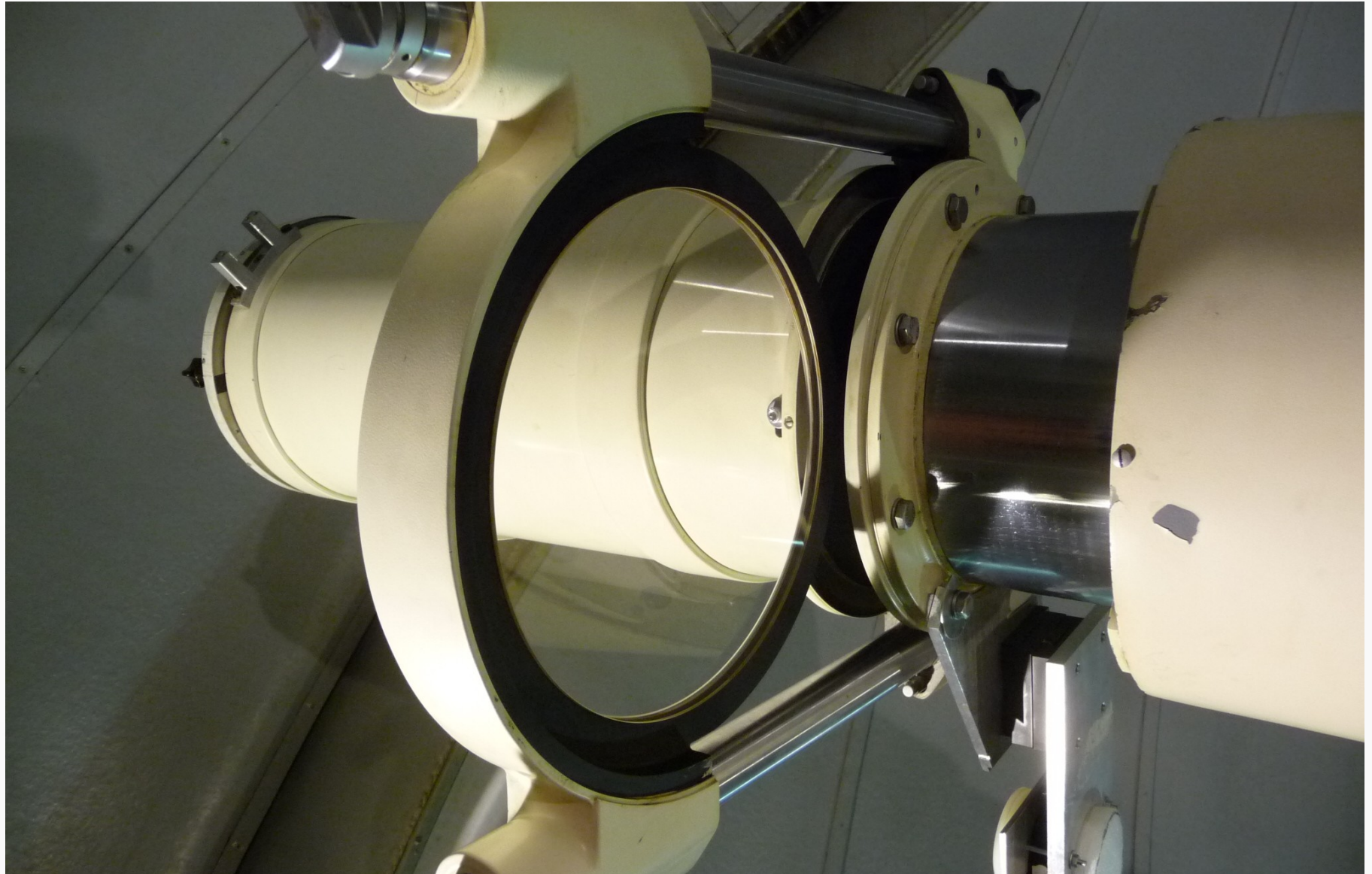
Prístroje LSO: koronografy

- Koronografy LSO: ZEISS 200/3000/4000



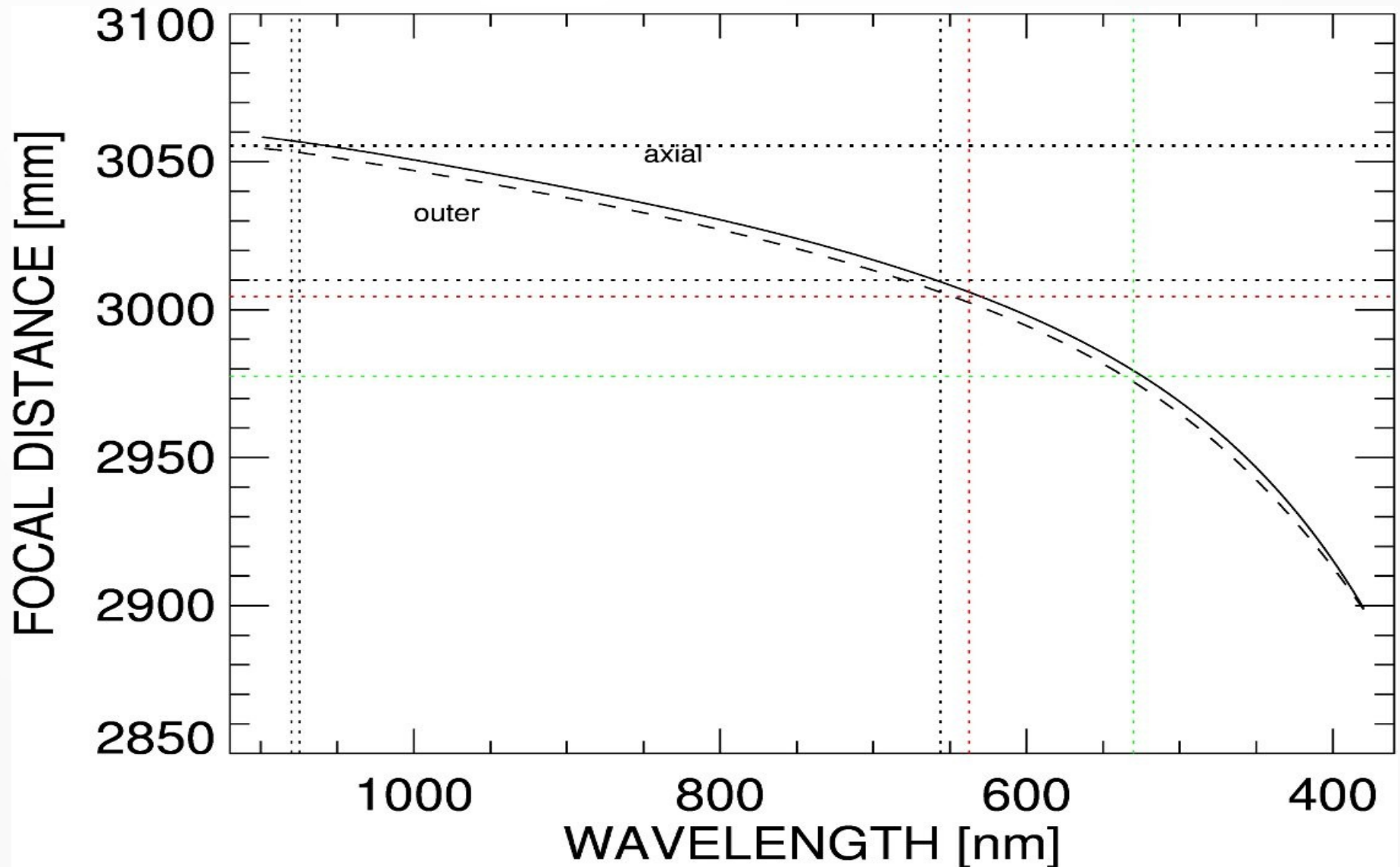
Prístroje LSO: koronografy

- Objektív:



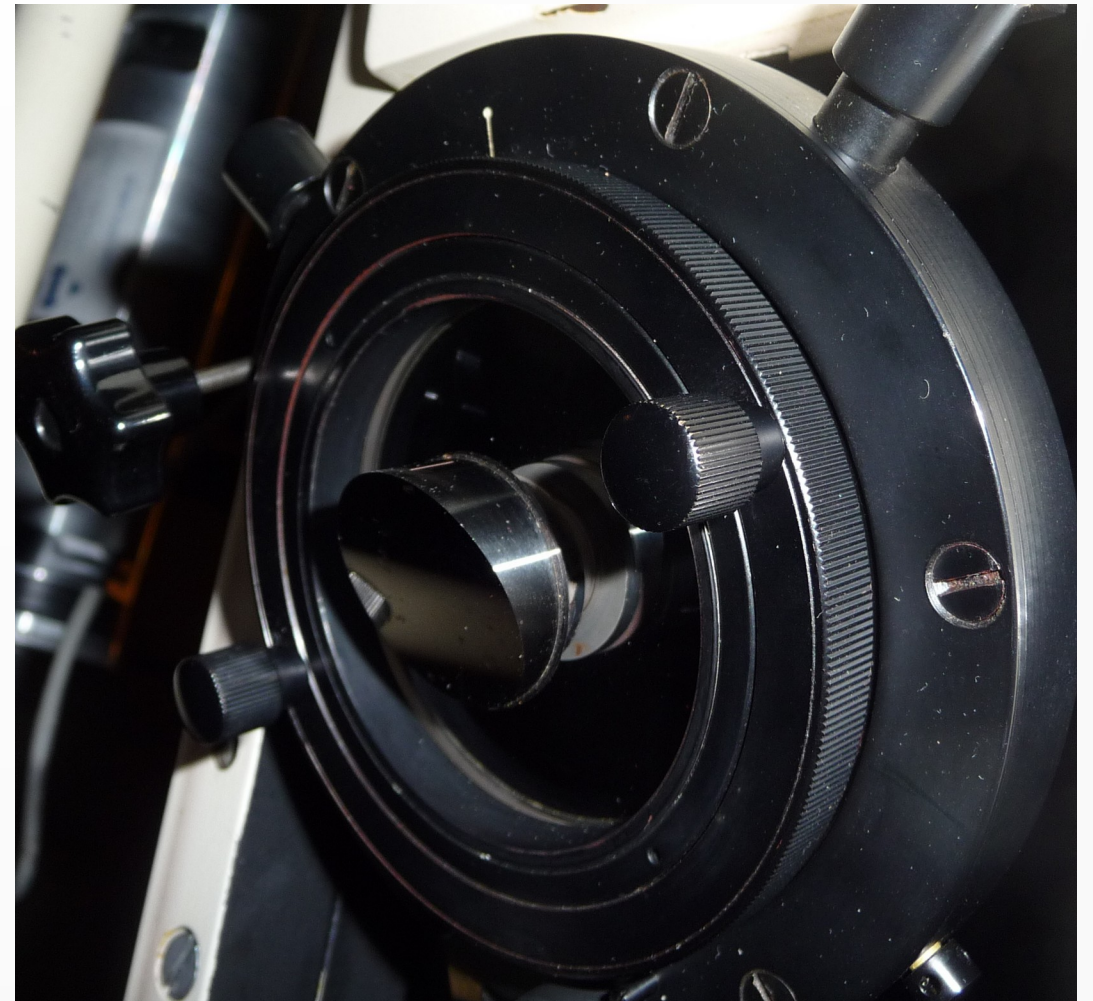
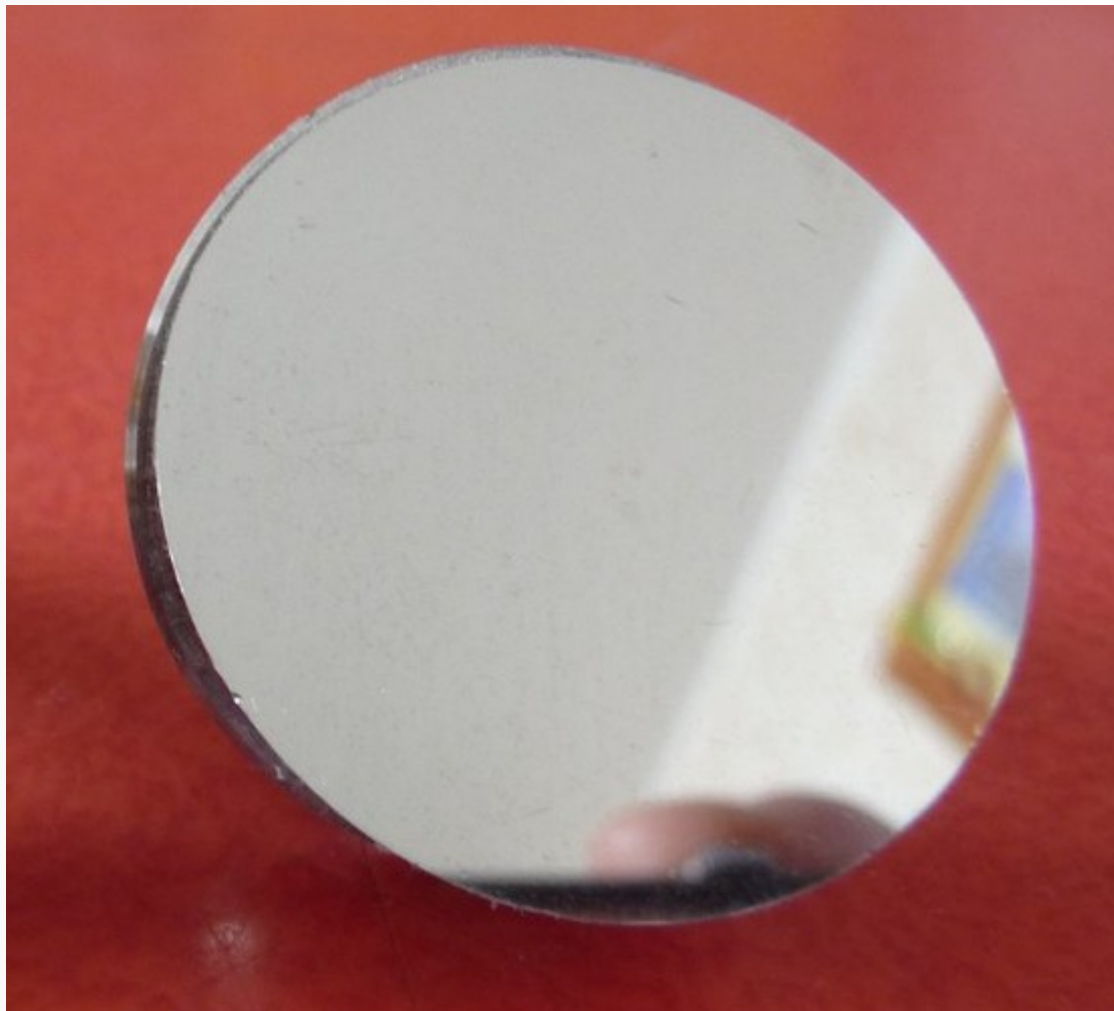
Prístroje LSO: koronografy

- Objektív:



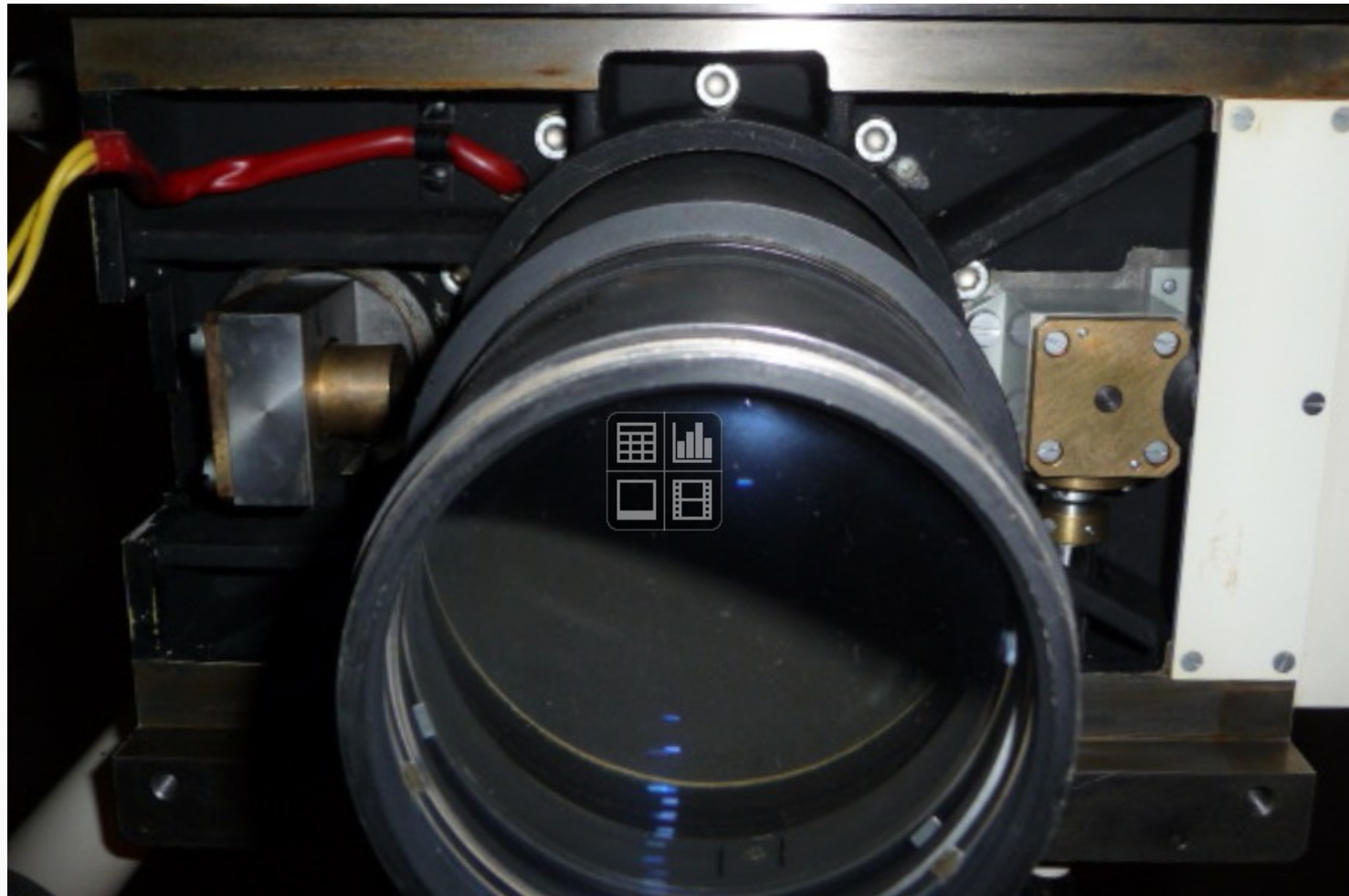
Prístroje LSO: koronografy

- “Umelý mesiačik”:



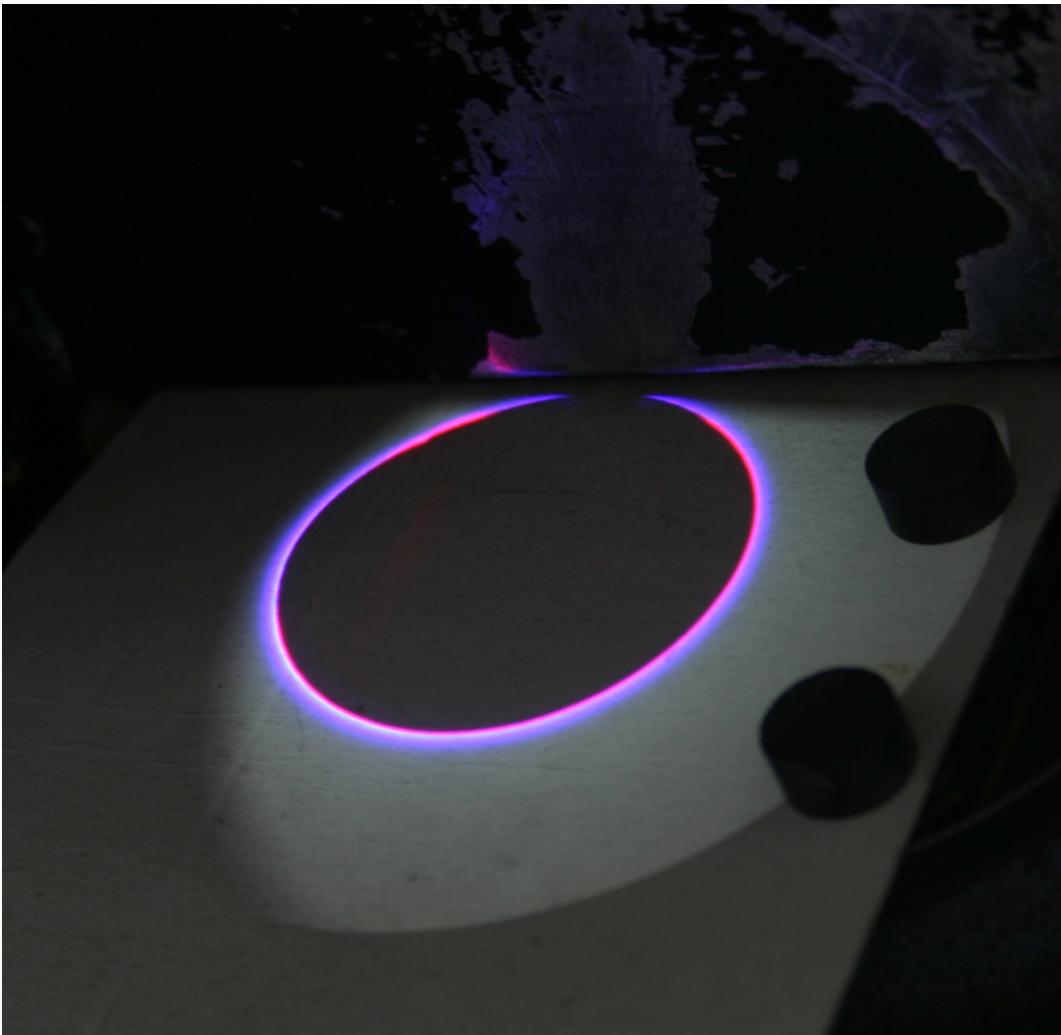
Prístroje LSO: koronografy

- Sekundárny objektív:



Prístroje LSO: koronografy

- Obraz Slnka a tiež umelého mesačika: naše oči nevidia...



Prístroje LSO: spektrometre

- Spektrometre: filtre, spektrograf, ..., CoMP-S a SCD, ...
 - CoMP-S: Koronálny mnohokanálový polarimeter pre SK
 - SCD: Slniečný chromosférický detektor

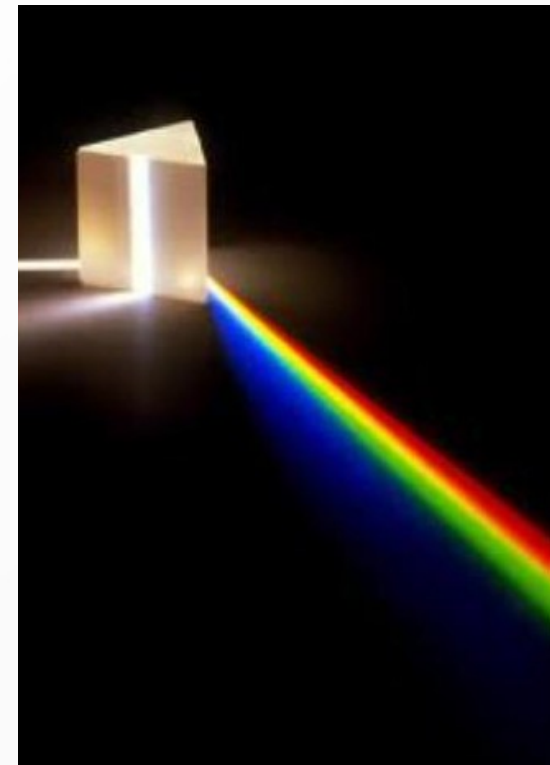
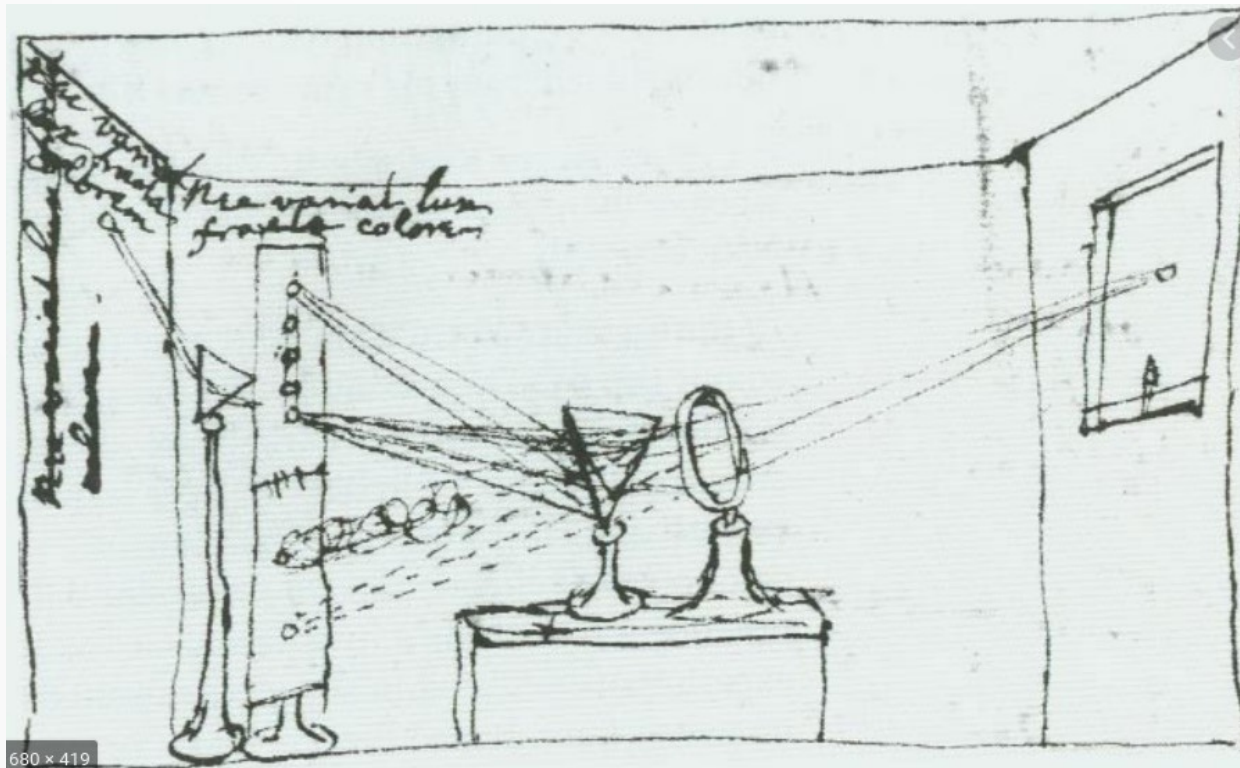


Prístroje LSO: spektrometre

- Spektrometre: ako nielen vidieť objekt ale i merať spektrum svetla ktoré vyžaruje a zo spektra zistiť fyzikálne parametre objektu

Prístroje LSO: spektrometre

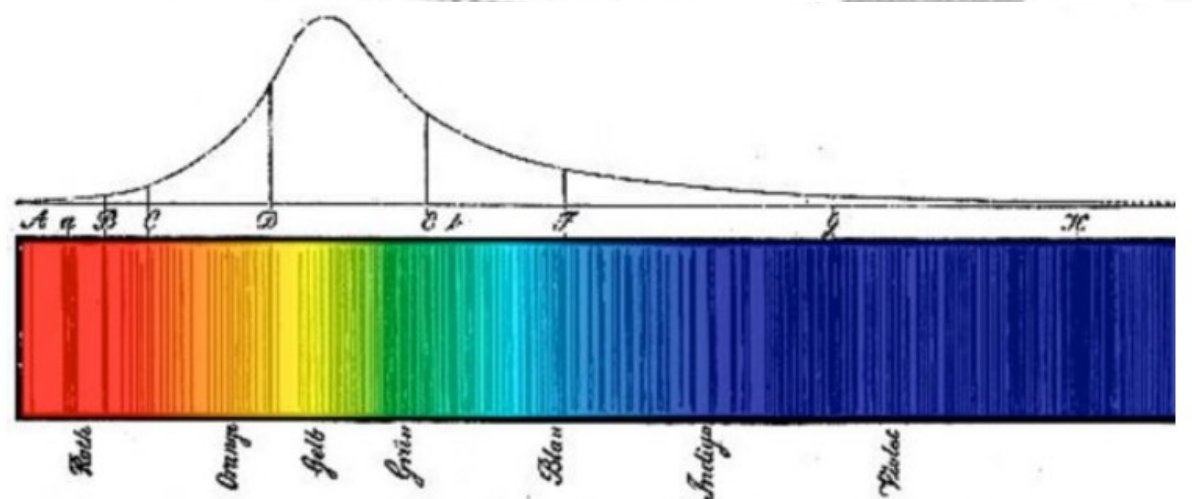
- Spektrometre: ako nielen vidieť objekt ale i merať spektrum svetla ktoré vyžaruje a zo spektra zistiť fyzikálne parametre objektu



- Isaac Newton

Prístroje LSO: spektrometre

- Spektrometre: ako nielen vidieť objekt ale i merať spektrum svetla ktoré vyžaruje a zo spektra zistiť fyzikálne parametre objektu



- W.H. Wollaston
- J. Fraunhofer

Prístroje LSO: spektrometre

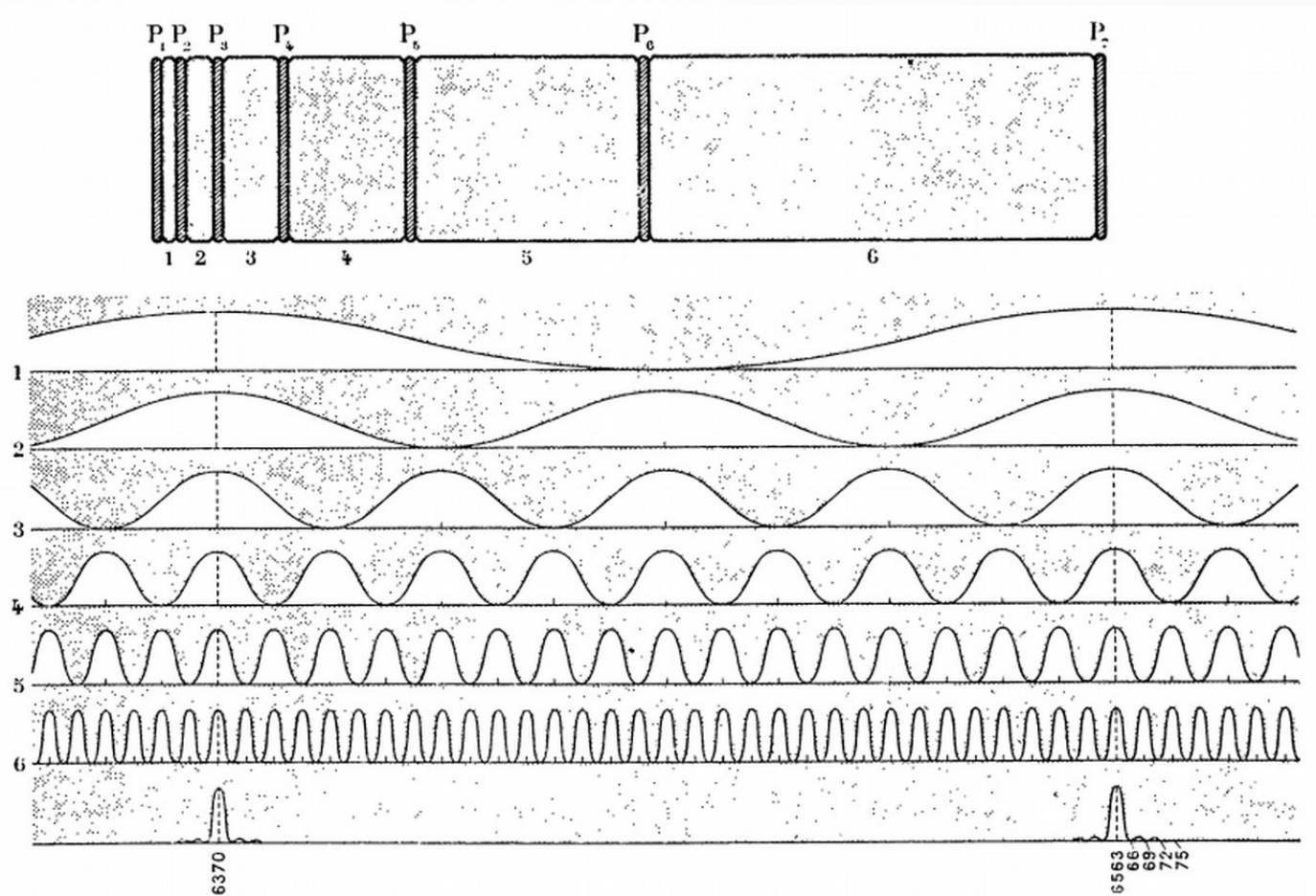
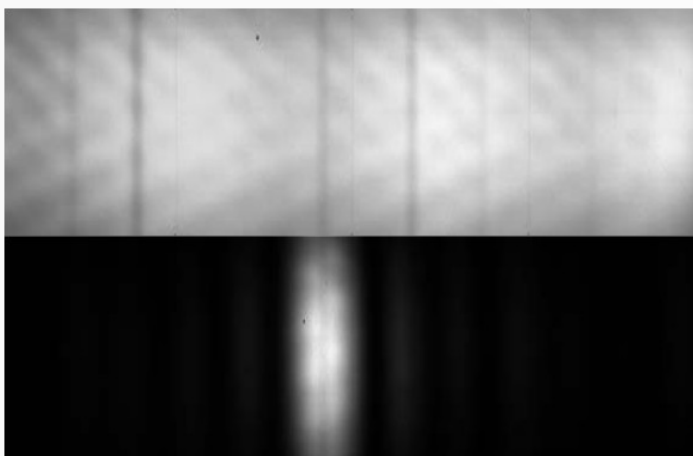
- Spektrometre: ako nielen vidieť objekt ale i merať spektrum svetla ktoré vyžaruje a zo spektra zistiť fyzikálne parametre objektu
- Fyzika - elektromagnetizmus, štatistická fyzika a termodynamika, kvantová mechanika
 - ako “čítať” merania
 - ako “merať” fyzikálne veličiny na diaľku → prístroje: optické hranoly, mriežky, interferometre, úzkopásmové filtre
- LSO: dvojlom + interferencia + polarizácia - vlastnosti svetla - elektromagnetického vlnenia: → Lyot-Ohmanov interferenčno-polaizačný filter

Prístroje LSO: spektrometre

- Spektrometre: ako nielen vidieť objekt ale i merať spektrum svetla ktoré vyžaruje a zo spektra zistiť fyzikálne parametre objektu
- Fyzika - elektromagnetizmus, štatistická fyzika a termodynamika, kvantová mechanika
 - ako “čítať” merania
 - ako “merať” fyzikálne veličiny na diaľku → prístroje: optické hranoly, mriežky, interferometre, úzkopásmové filtre
- LSO: dvojlom + interferencia + polarizácia - vlastnosti svetla - elektromagnetického vlnenia: → Lyot-Ohmanov interferenčno-polarizačný filter

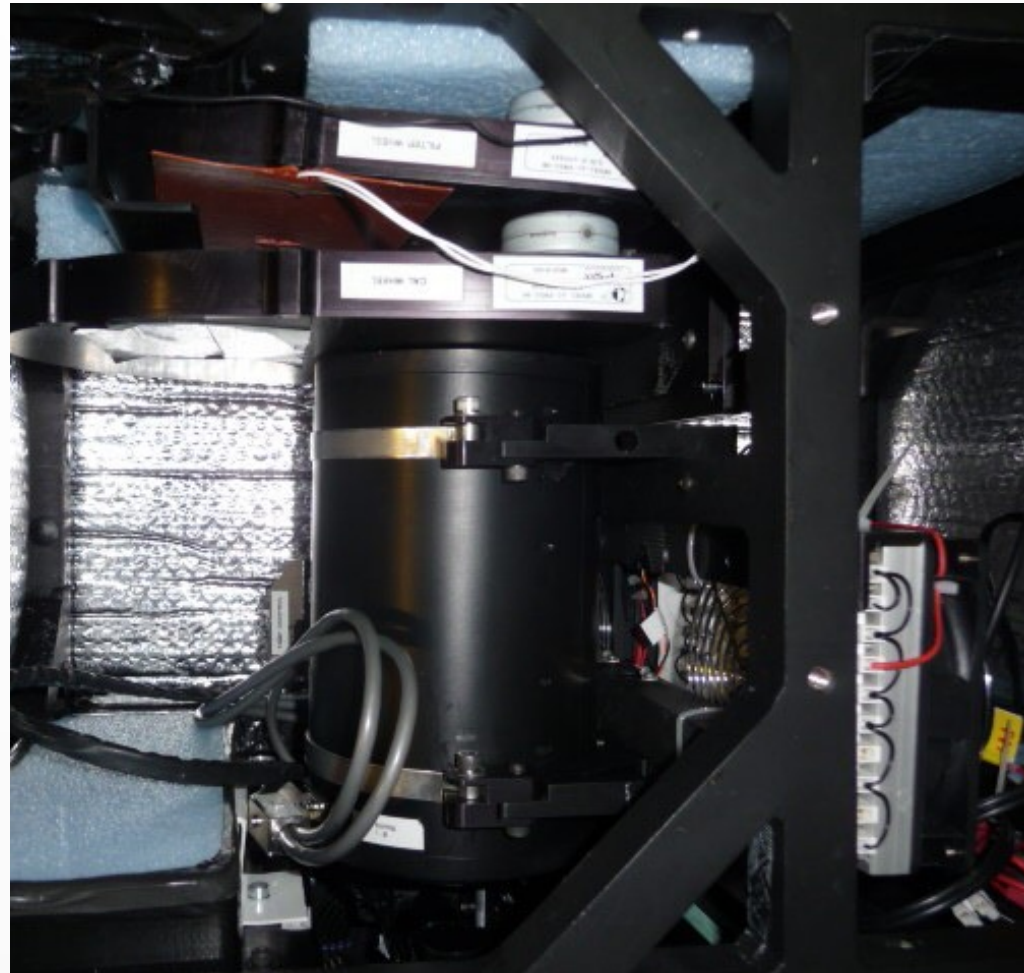
Prístroje LSO: spektrometre

- Znova B. Lyot a okrem neho Y. Ohman - interferenčno-polarizačný filter: dvojlom + interferencia + polarizácia



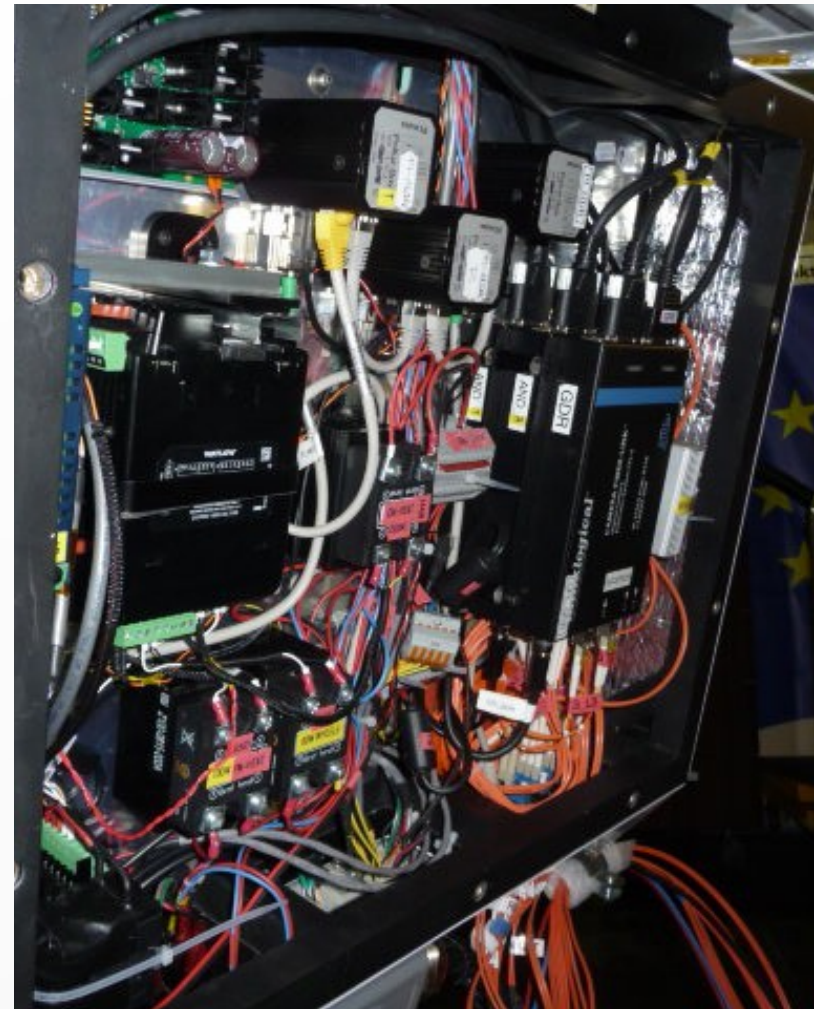
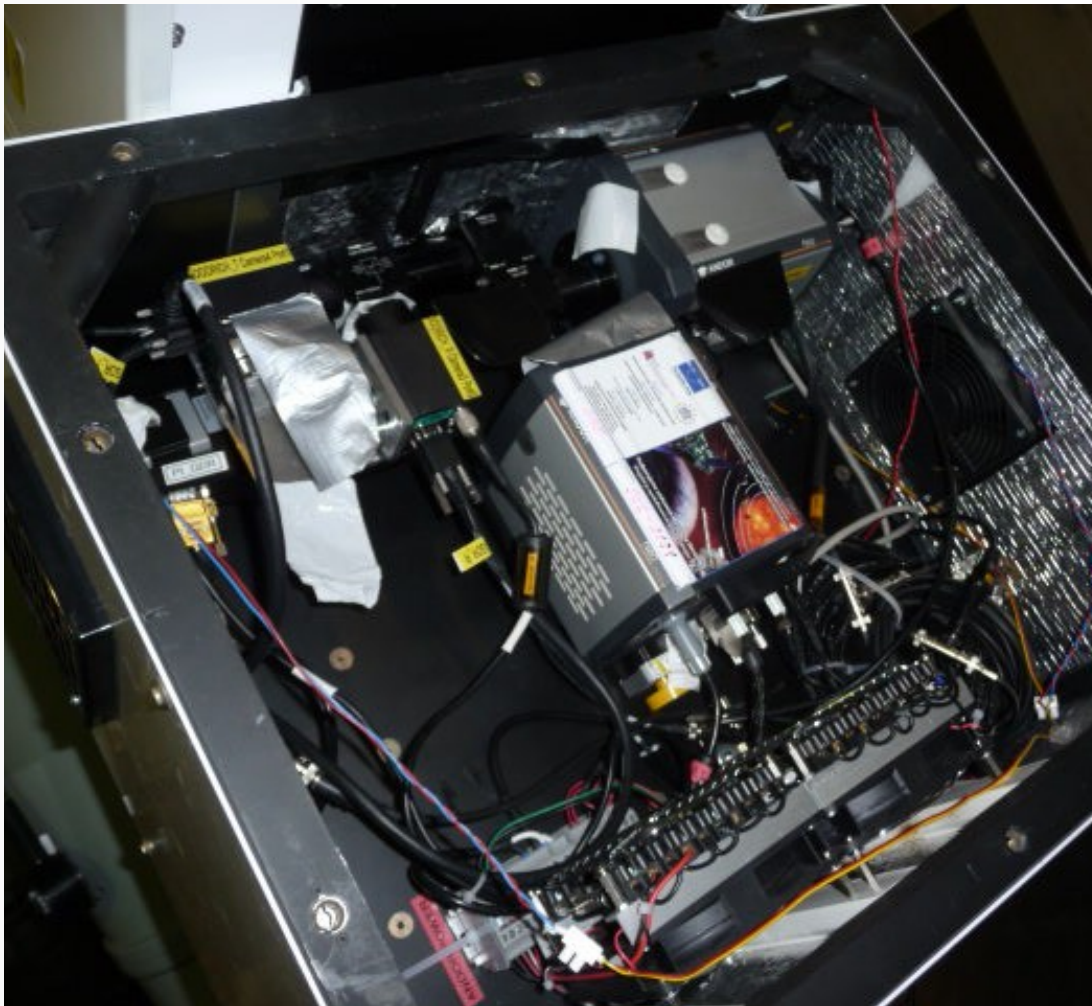
Prístroje LSO: spektrometre

- CoMP-S: dve krabice modulov a filtračný modul



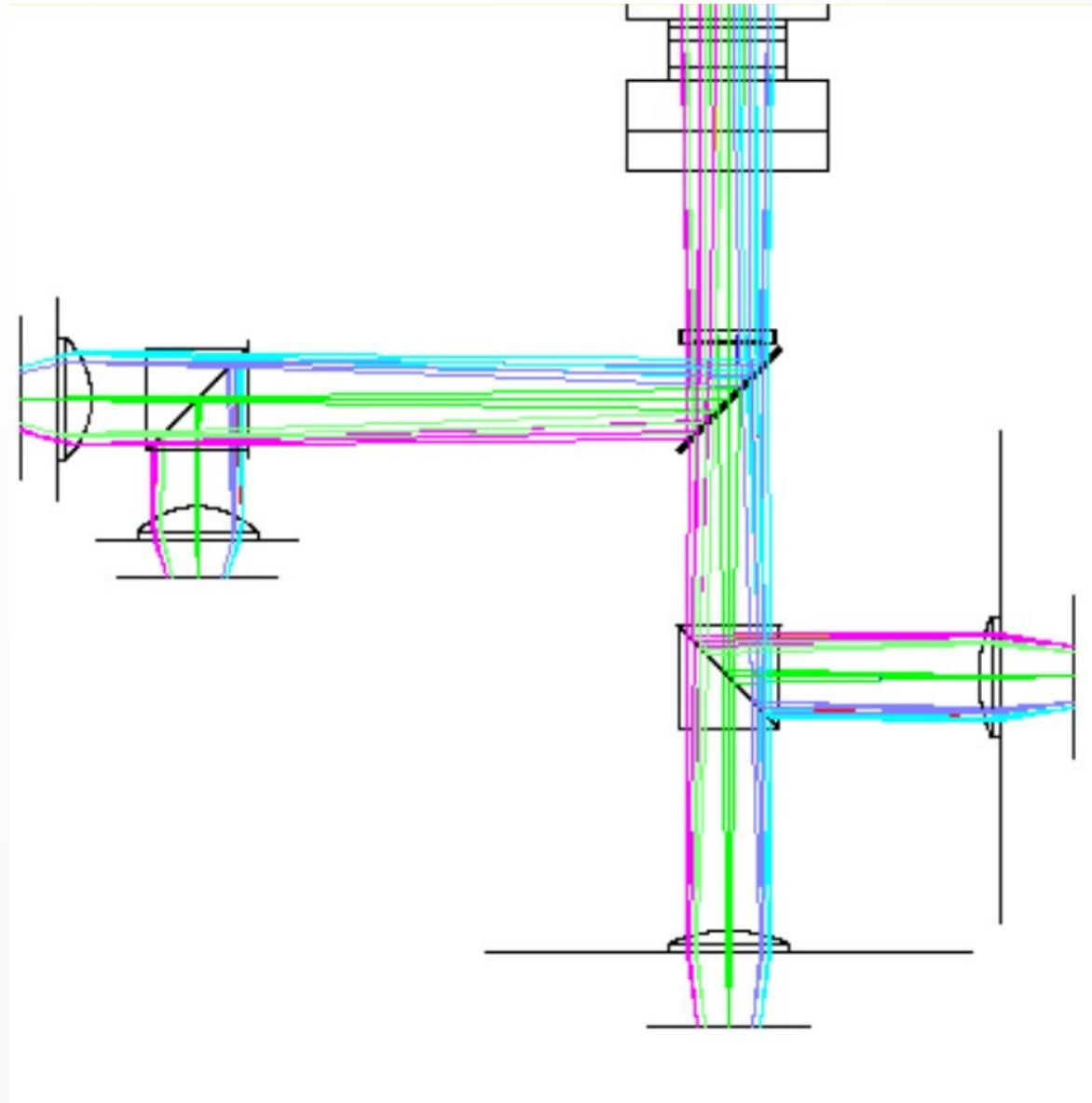
Prístroje LSO: spektrometre

- CoMP-S: kamerový modul



Prístroje LSO: spektrometre

- CoMP-S:
kamerový modul



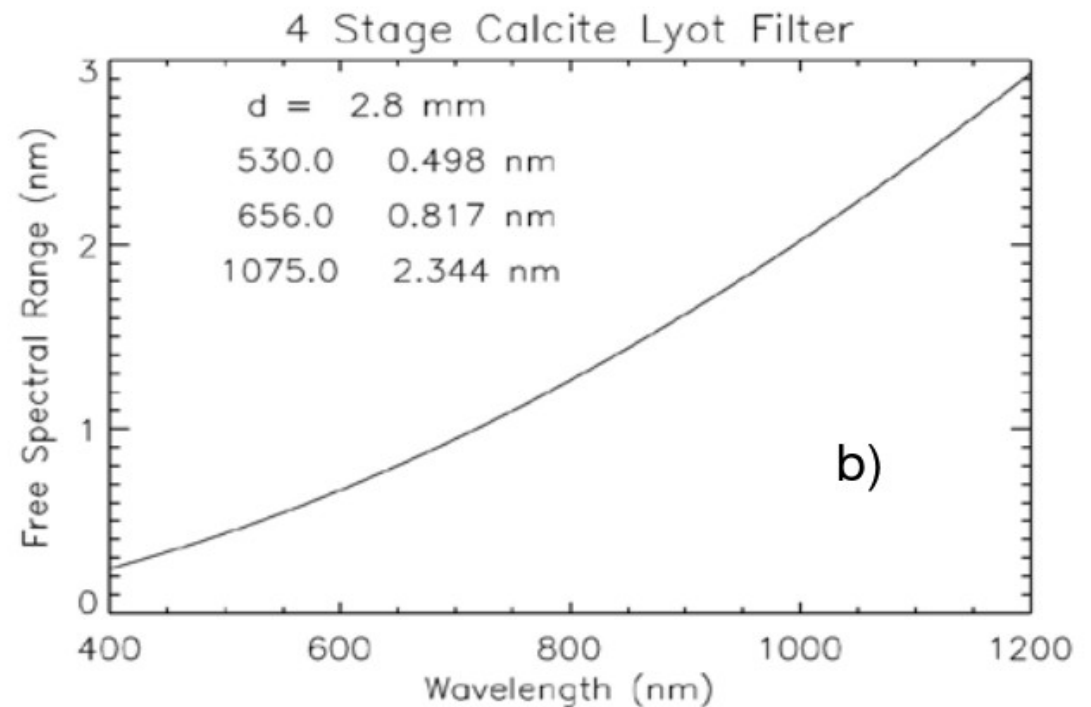
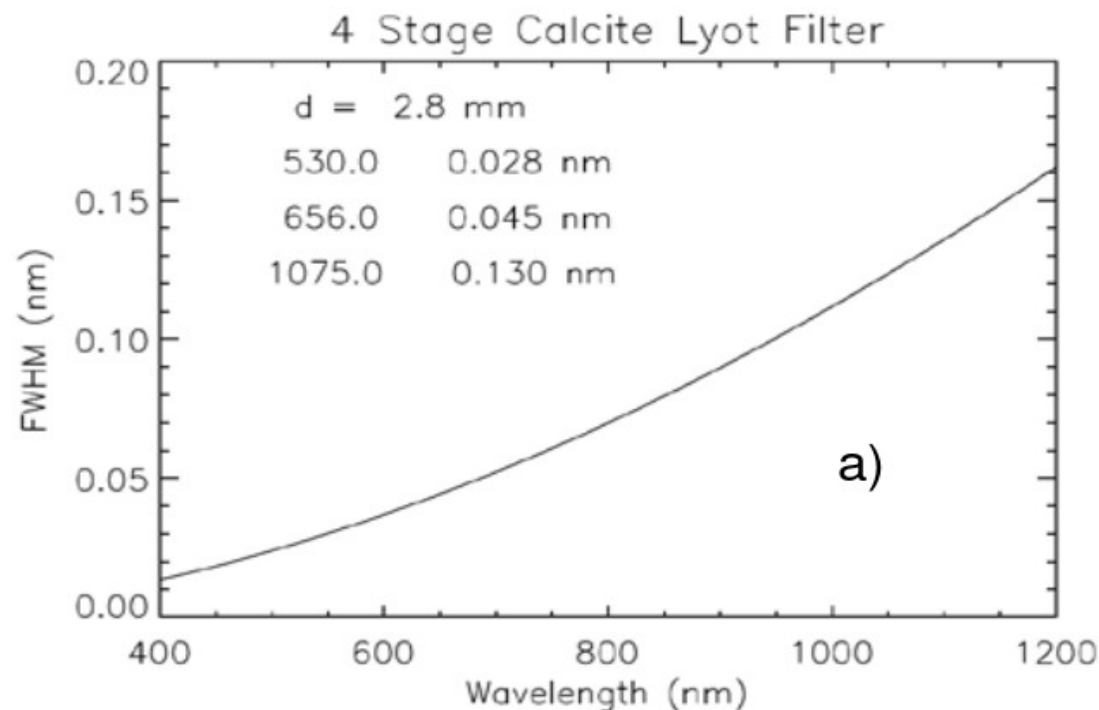
Prístroje LSO: spektrometre

- CoMP-S:
kamerový modul



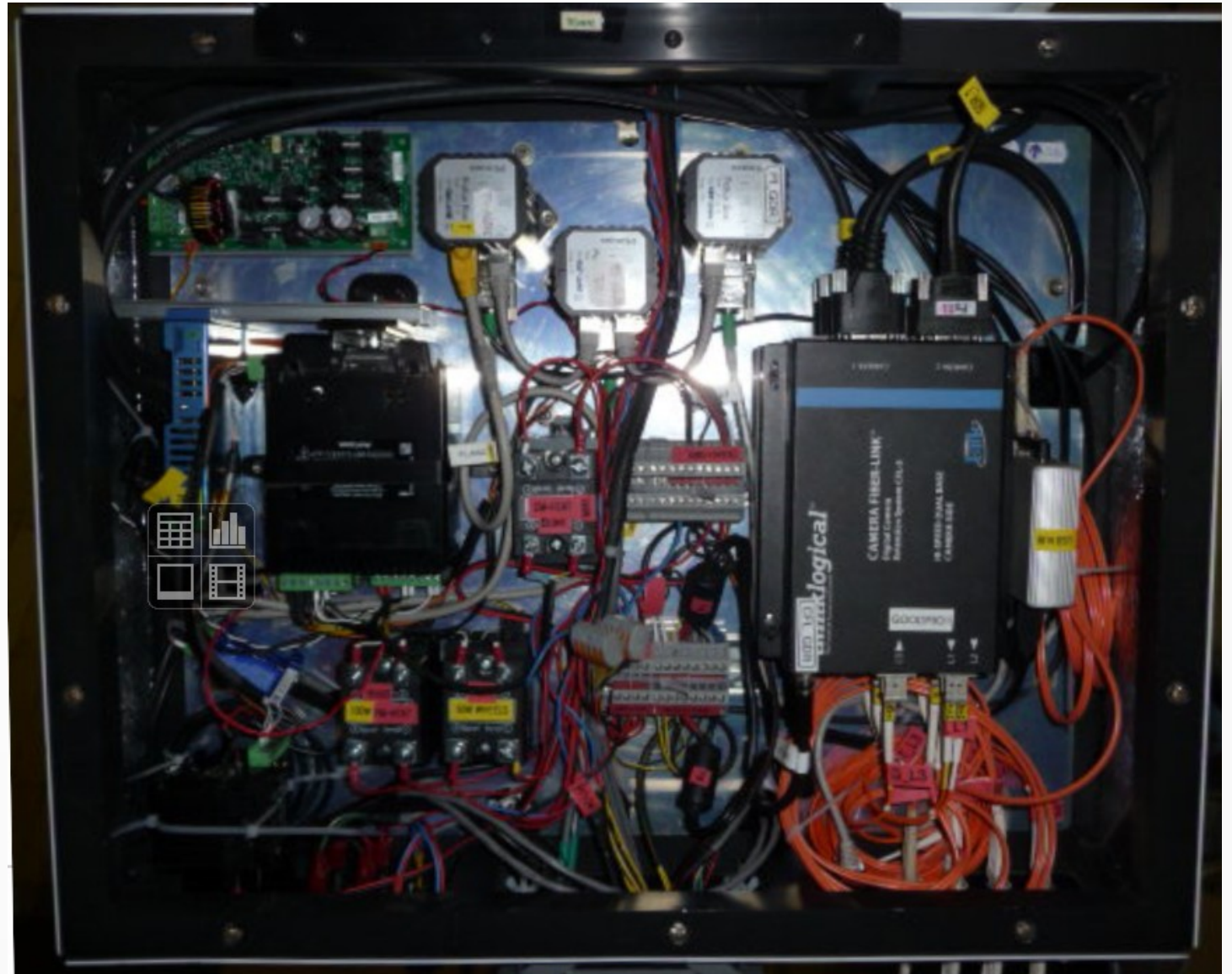
Prístroje LSO: spektrometre

- Coronal lines: **Fe X 637 nm** (Fe XIV 530 nm, FE XIII 1074+1079 nm)
- Prominence lines: **He D3 587 nm, He I 656 nm, Ca II 854 nm** (He I 1083 nm)



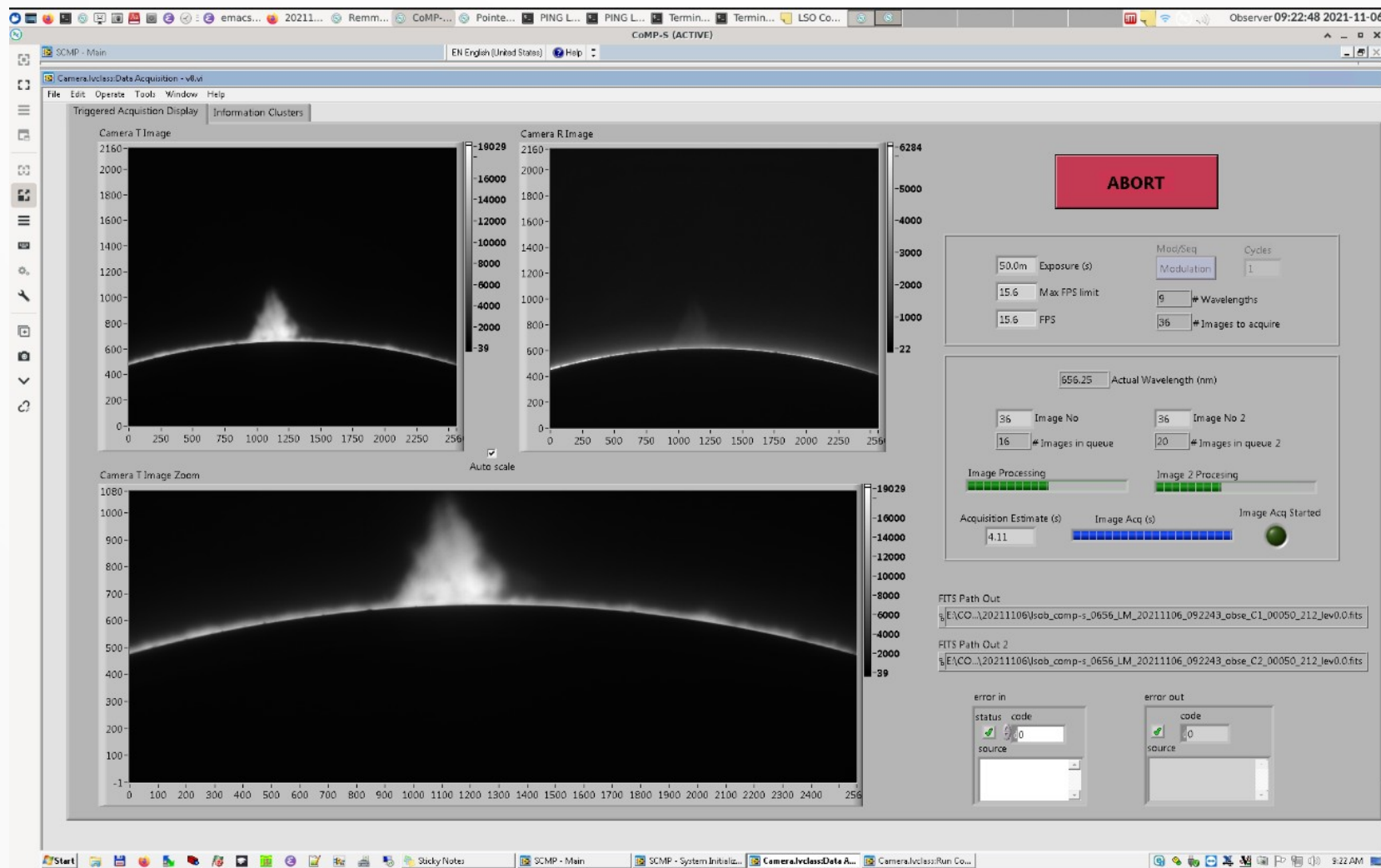
Prístroje LSO: spektrometre

- CoMP-S:
kamerový modul

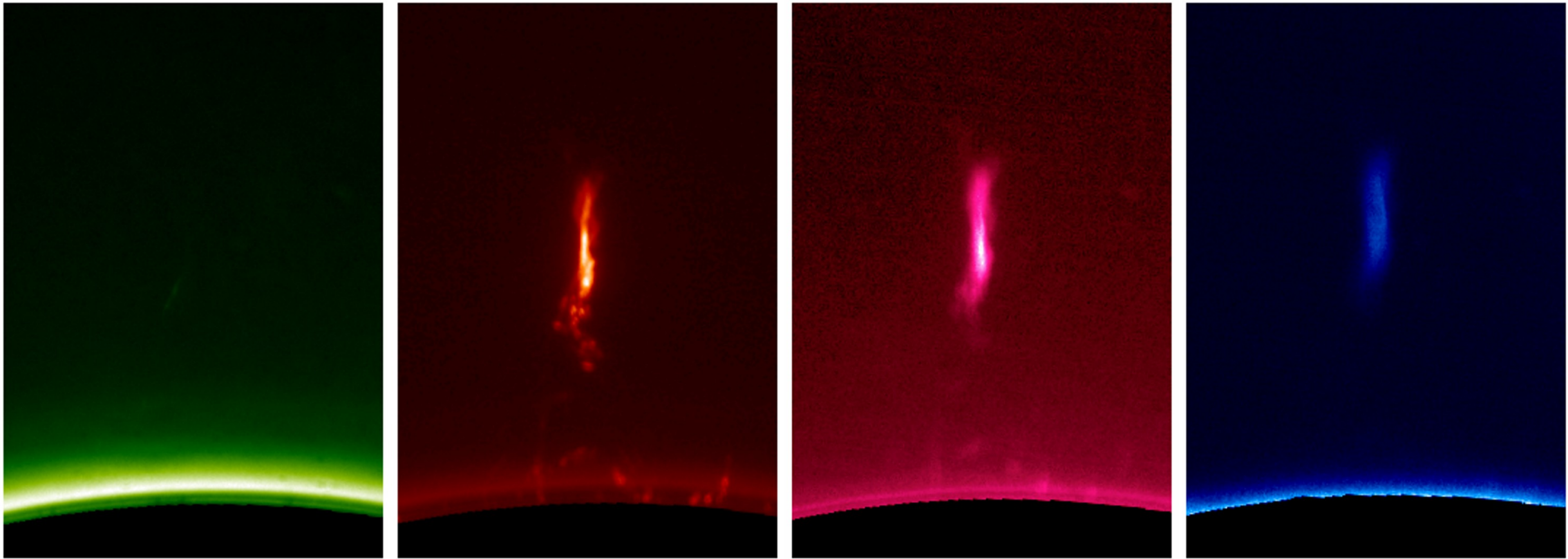


Prístroje LSO: spektrometre

- CoMP-S: riadiaci počítačový program



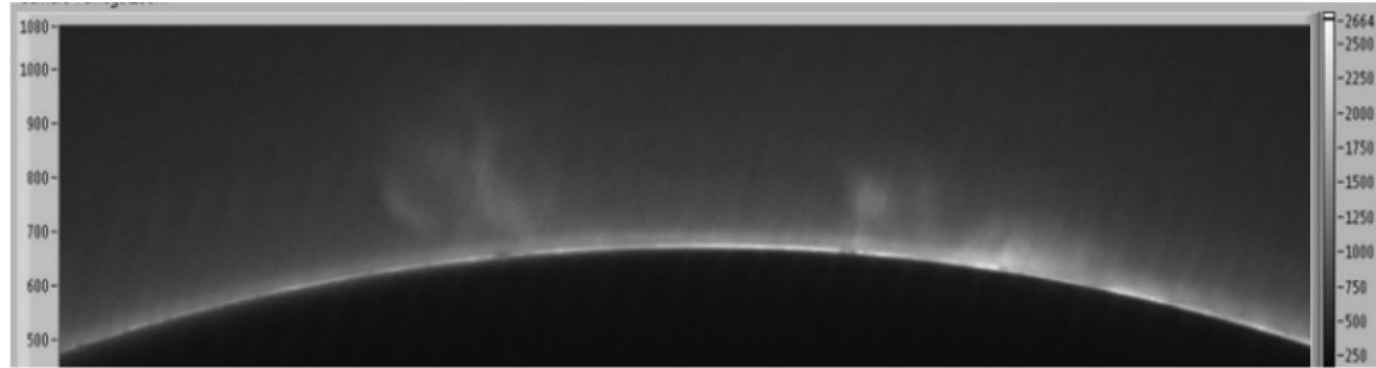
Prístroje LSO: spektrometre



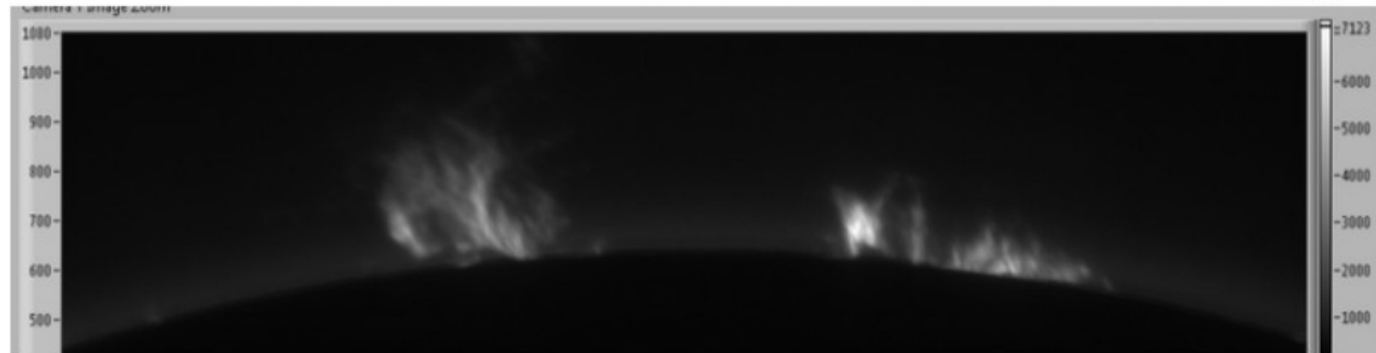
Eruptívna protuberancia 10/03/2014 nad juhovýchodným limbom Slnka (AR 11991) v 4 spektrálnych čiarach: He I D3 587 nm (08:25:17), H I 656 nm (08:21:53), Ca II 854 nm (08:19:35), and He I 1083 nm (08:15:59 UT)

Prístroje LSO: spektrometre

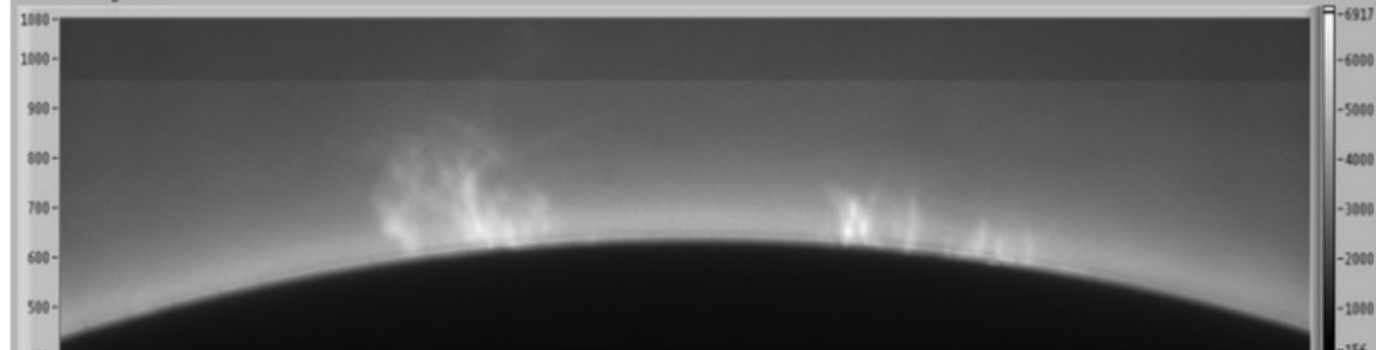
854 nm (100 ms)



656 nm (50 ms)

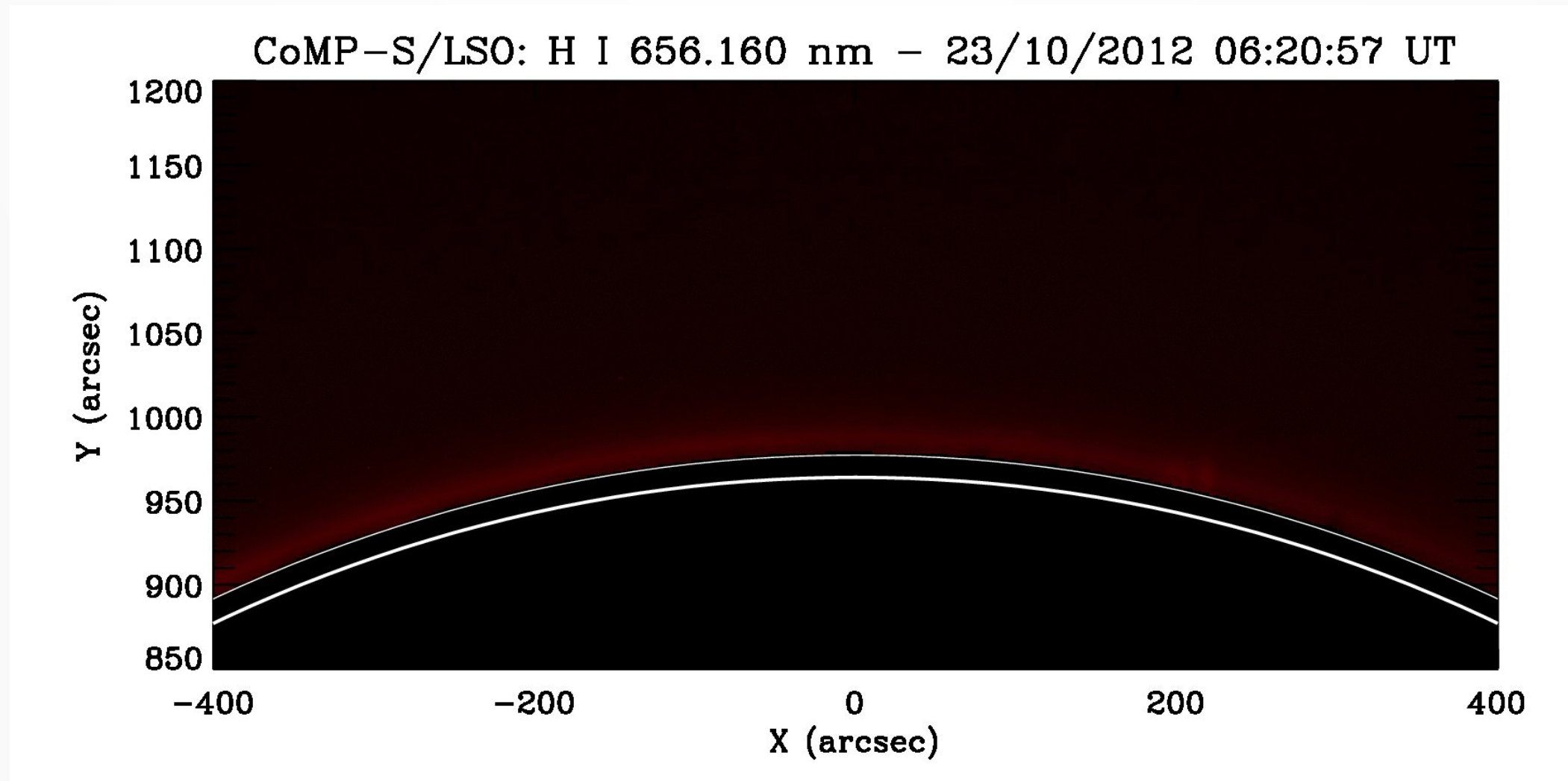


587 nm (500ms)

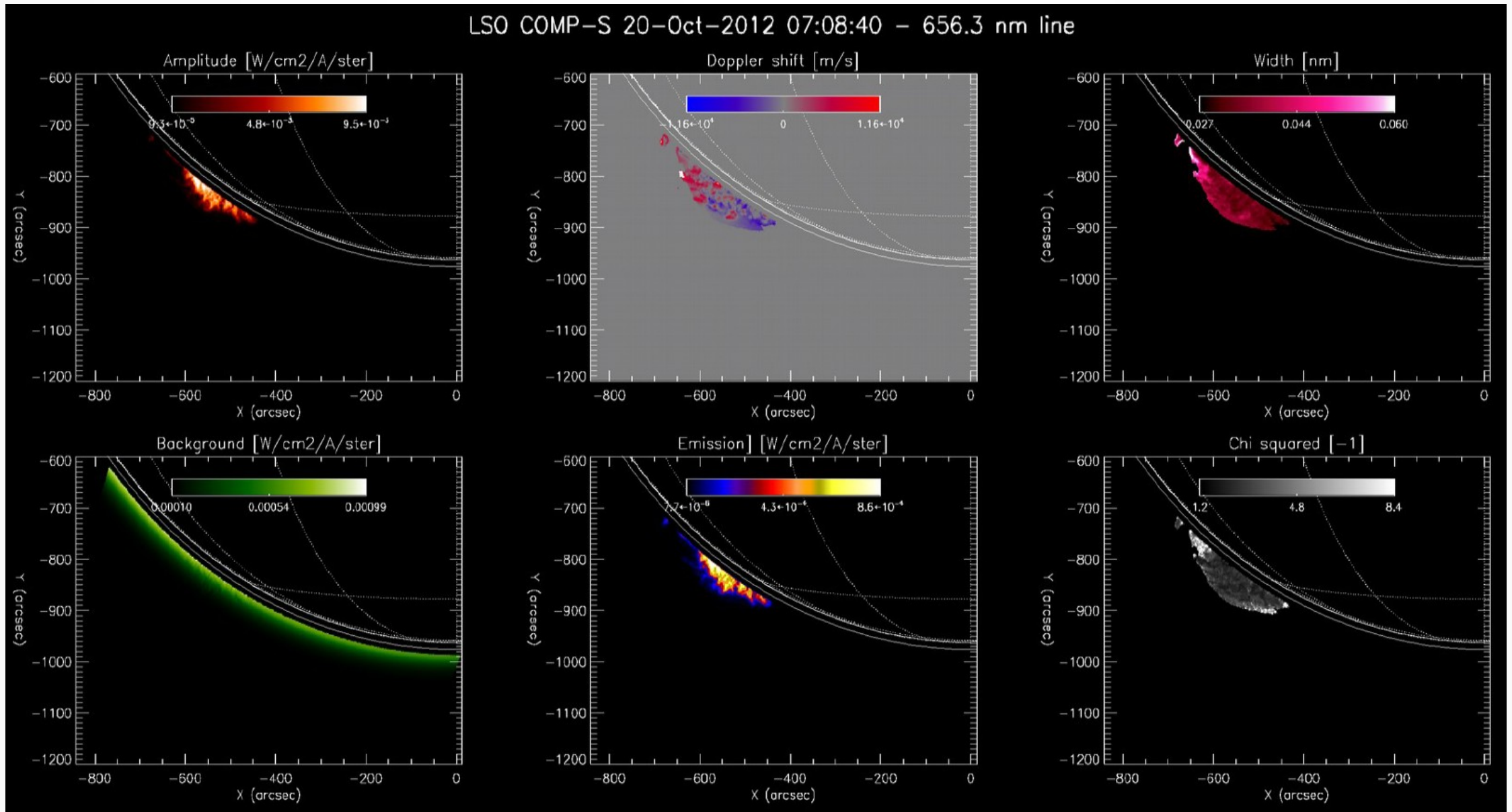


Prístroje LSO: spektrometre

- CoMP-S:

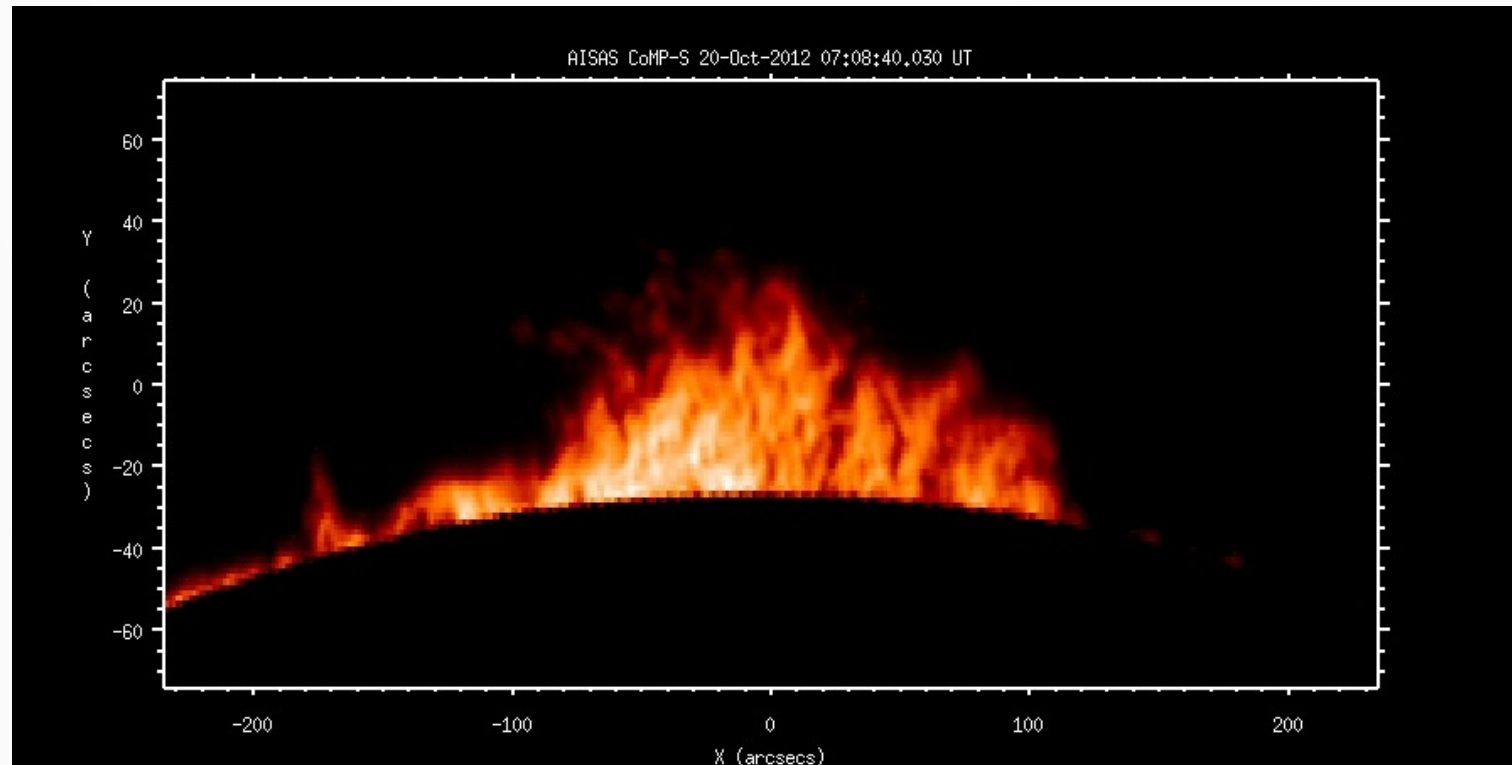
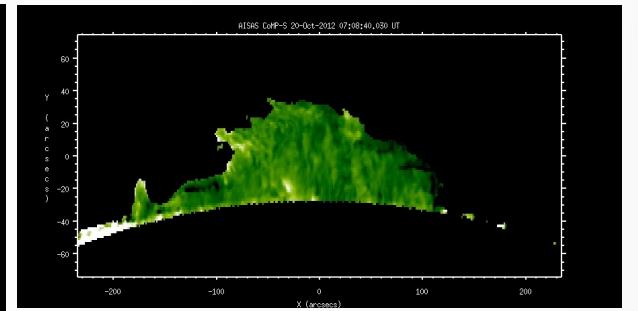
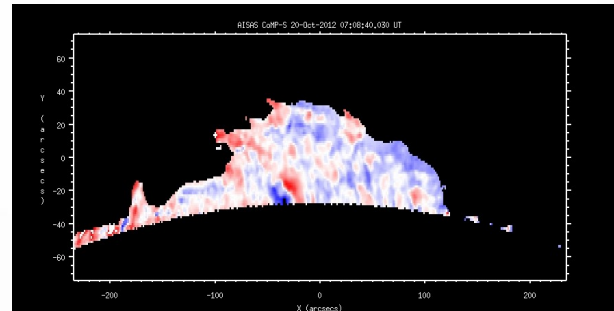
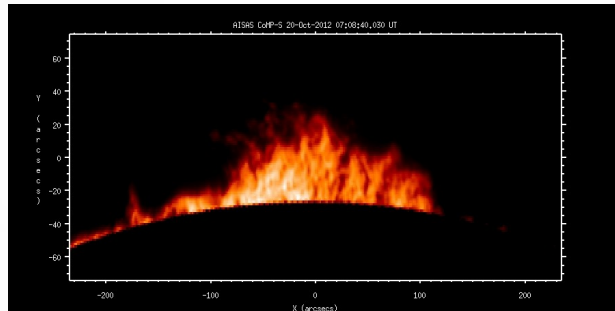


Prístroje LSO: spektrometre



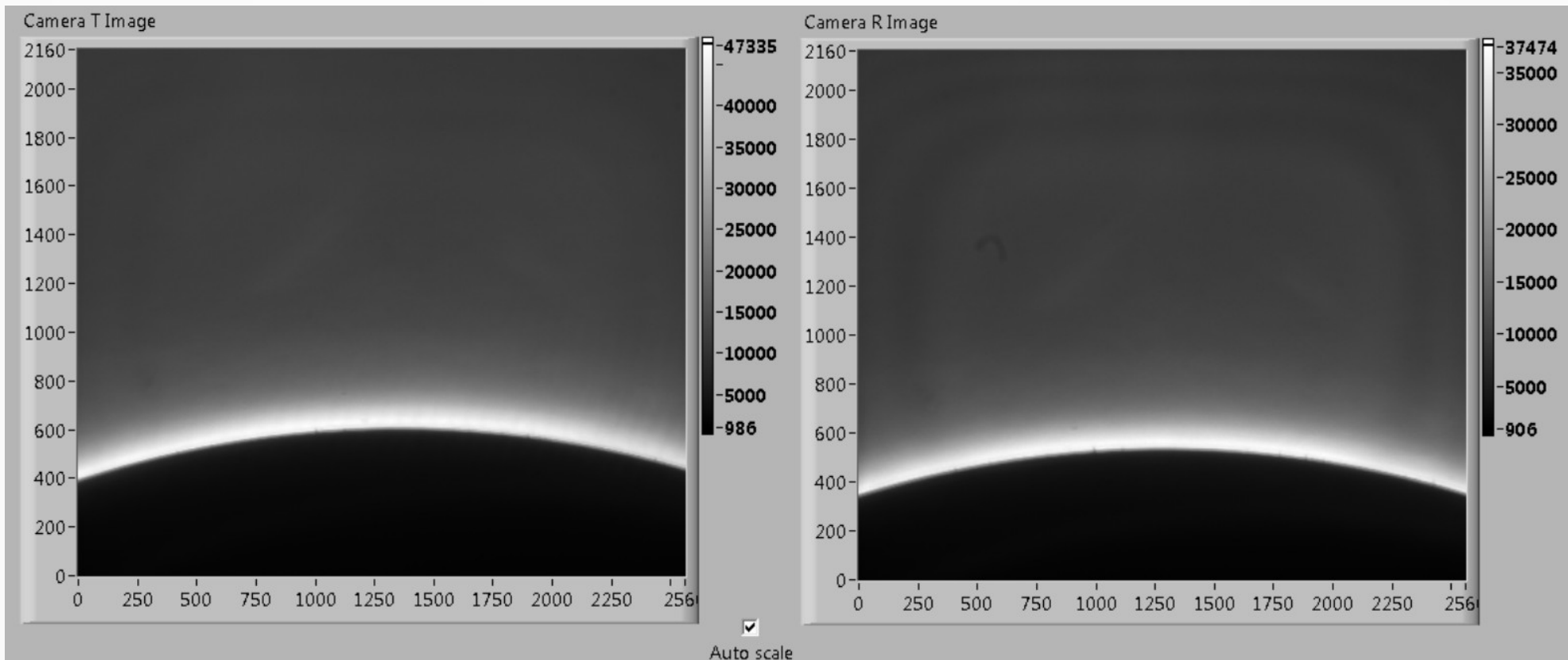
Prístroje LSO: spektrometre

- CoMP-S:



Prístroje LSO: spektrometre

- On-line: no coronal emission seen using the automatic dynamic range due to large scattered light intensity range
- Pipeline in development: subtraction of the BKG scattered light (coalignment, intensity intercalibration, subtraction)



Iné vybavenie LSO

Nepozoruje sa ním ale je rovnako dôležité:

- Kupola
- Montáž + pohyby + pointovanie
- Serverovňa
- Výpočtové programy
- Kúrenie. voda/y/, čistička, dieselagregát, strecha,

Iné vybavenie LSO

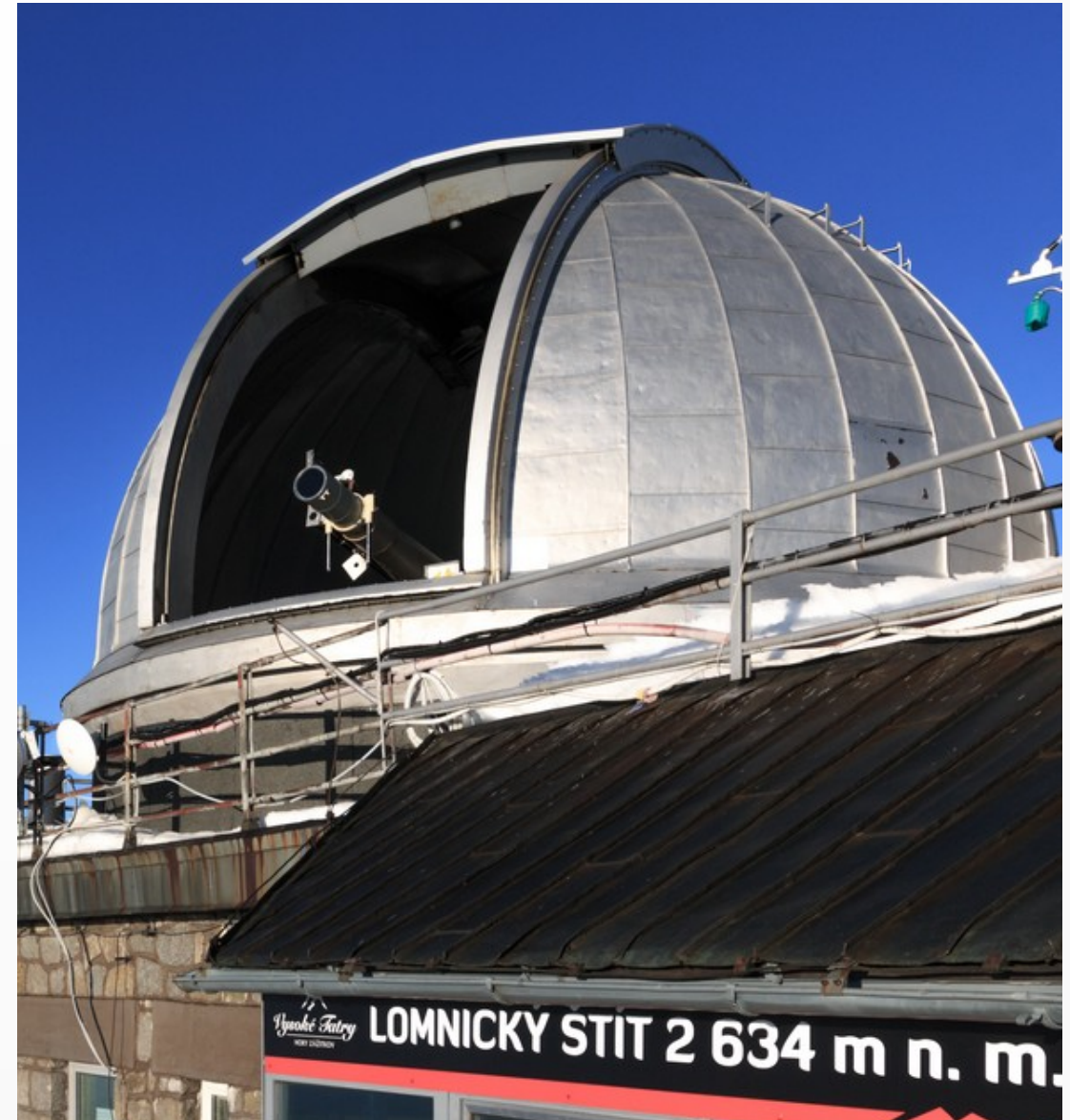
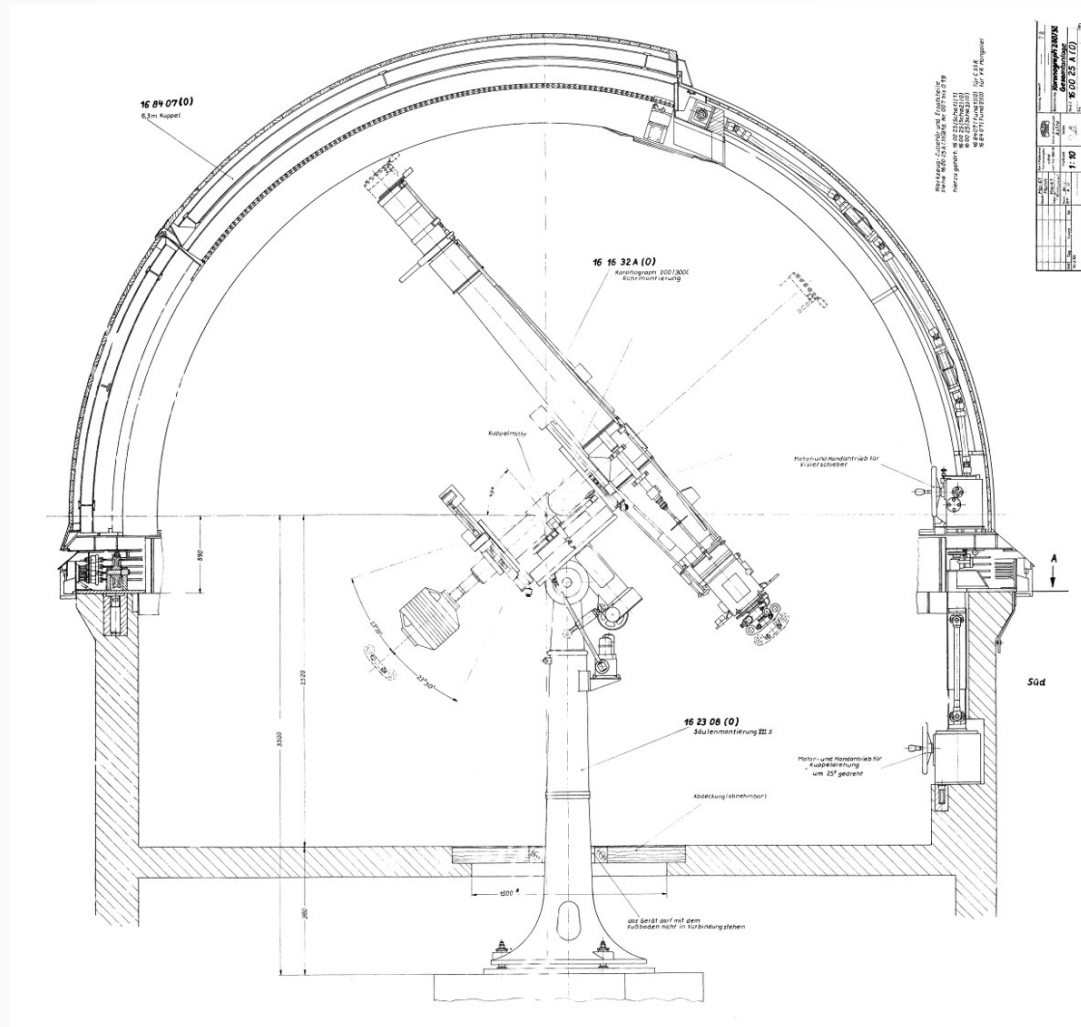
Nepozoruje sa ním ale je rovnako dôležité:

- Kupola
- Montáž + pohyby + pointovanie
- Serverovňa
- Výpočtové programy

- Kúrenie. voda/y/, čistička, dieselagregát, strecha,

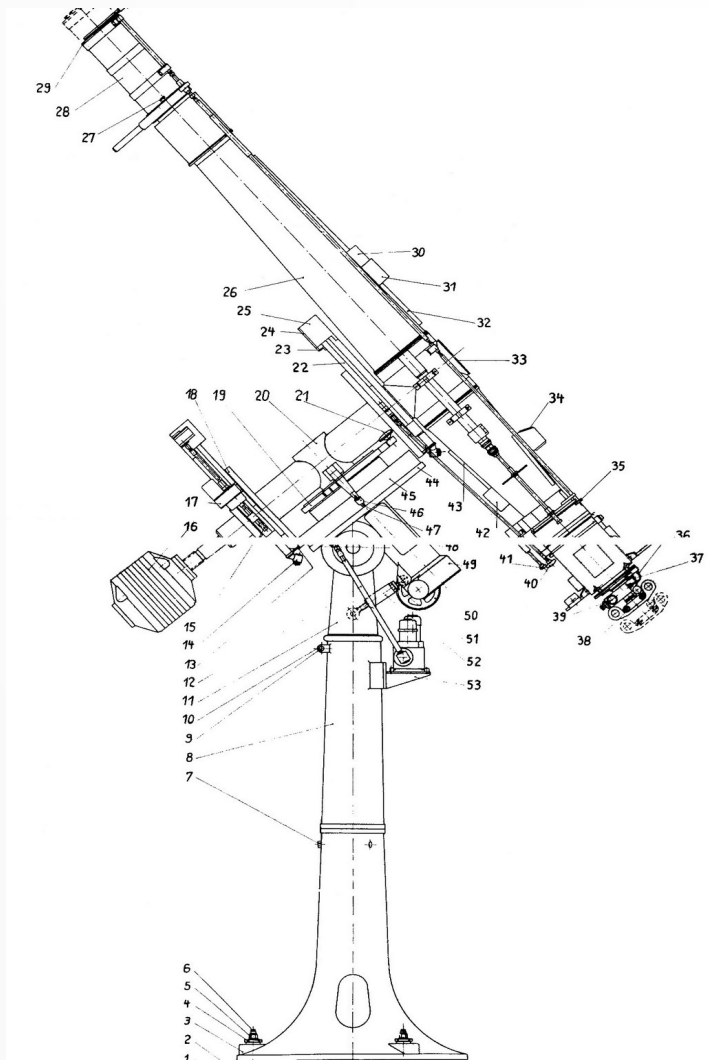
Iné vybavenie LSO: kupola

- ZEISS: 6.3 m, 16 ton, ...



Prístroje LSO: montáž

- ZEISS VIIa:



Prístroje LSO: montáž

- Theory ~ reality: all parts are bended depending on relative orientation of mechanical structures to the gravity vector direction → differential bending of the coronagraph → the solar disk image shift in the coronagraph focal plane

Pointing systems correcting also for such effects are needed

LSO: no active and/or adaptive optics

Iné vybavenie LSO: pointovanie

- UJ2P zariadenie: pohyby a pointovanie na stred Slnka



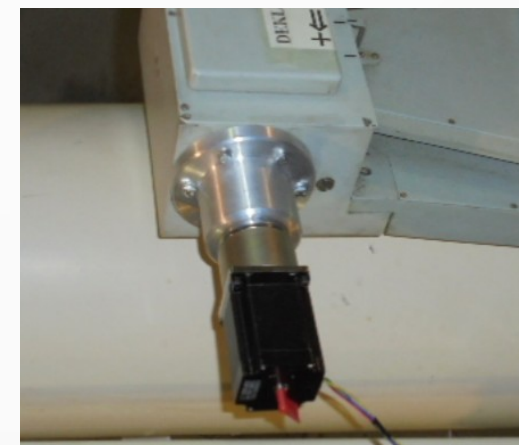
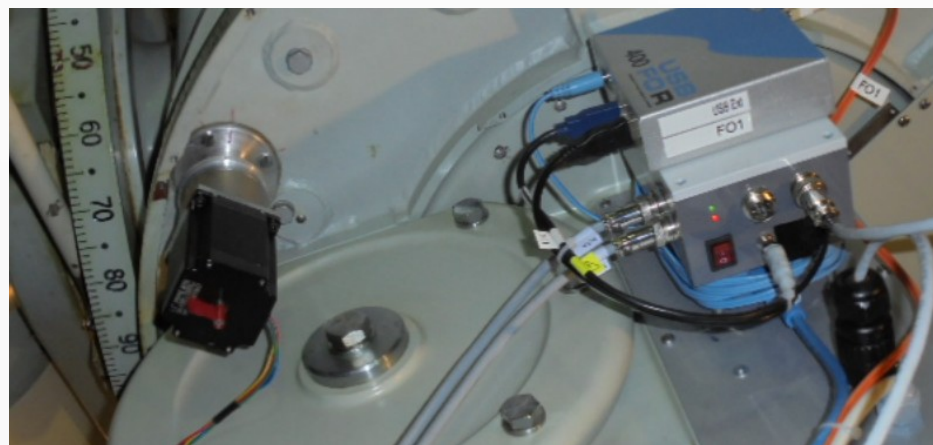
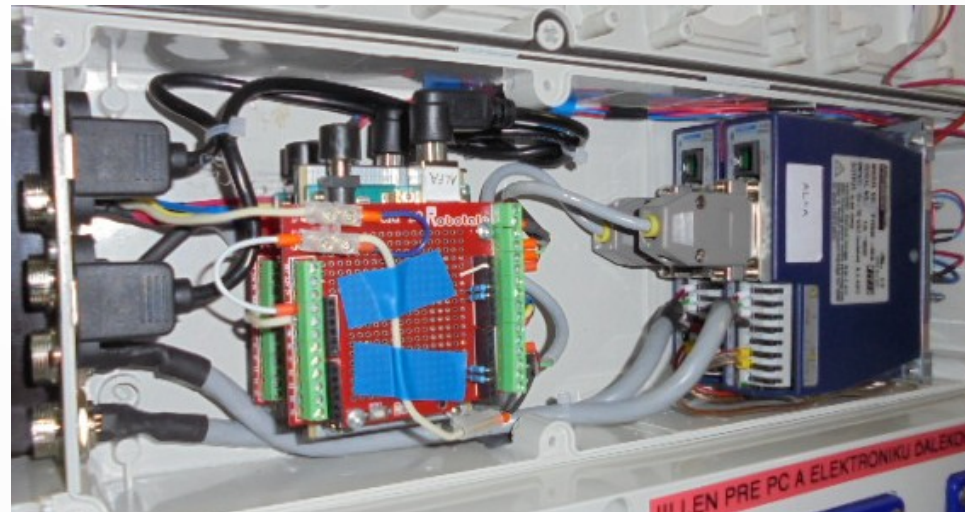
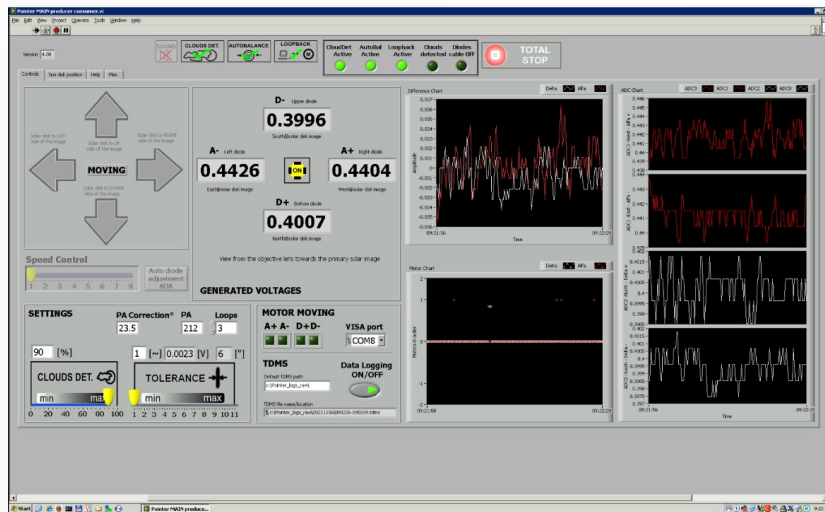
Iné vybavenie LSO: pointovanie

- UJ2P zariadenie



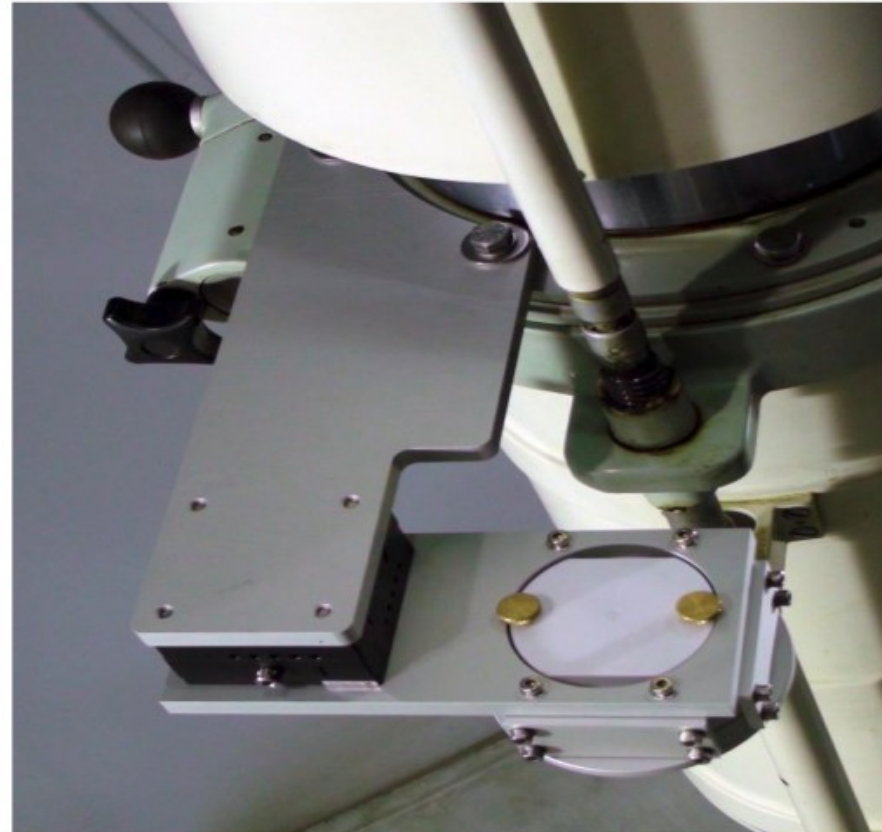
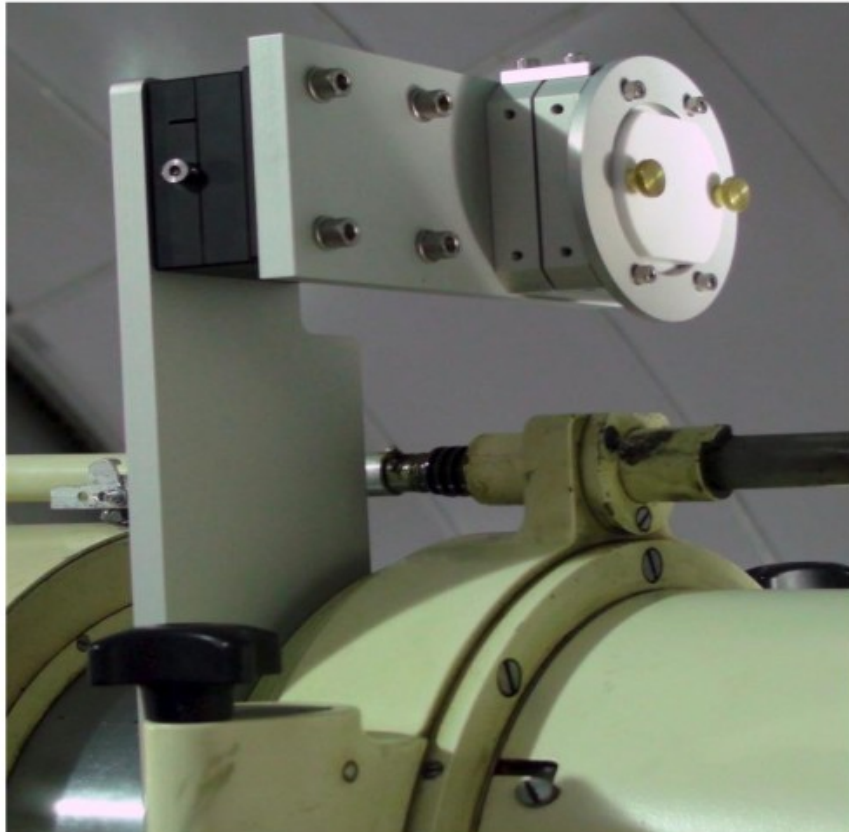
Iné vybavenie LSO: pointovanie

- UJ2P zariadenie: ~2"



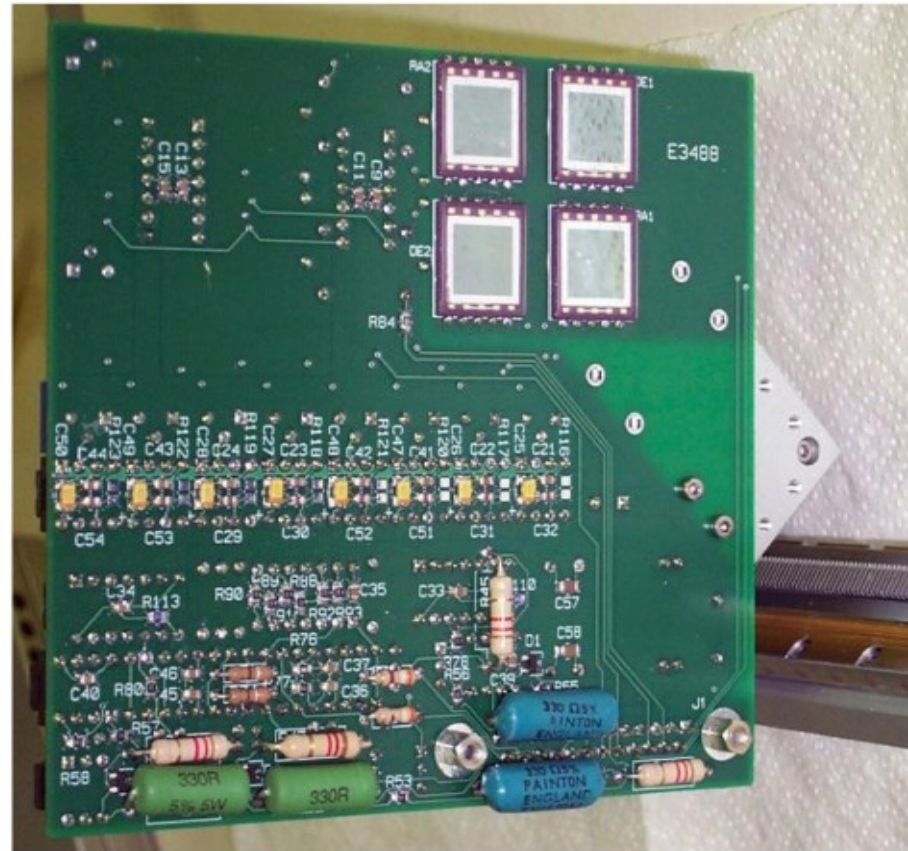
Iné vybavenie LSO: pointovanie

- 2 koronografy súčasne: ~2"



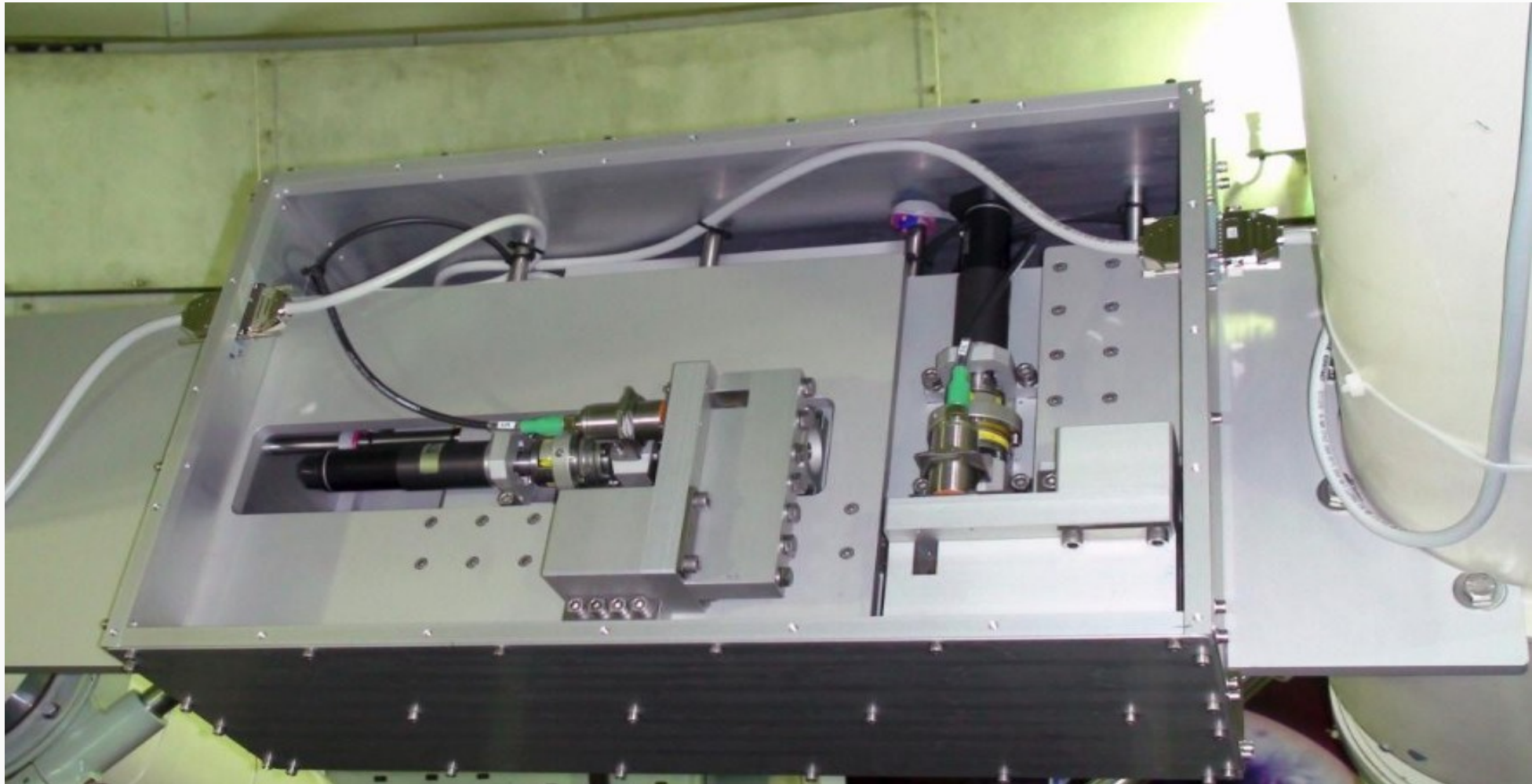
Iné vybavenie LSO: pointovanie

- 2 koronografy súčasne: ~2"



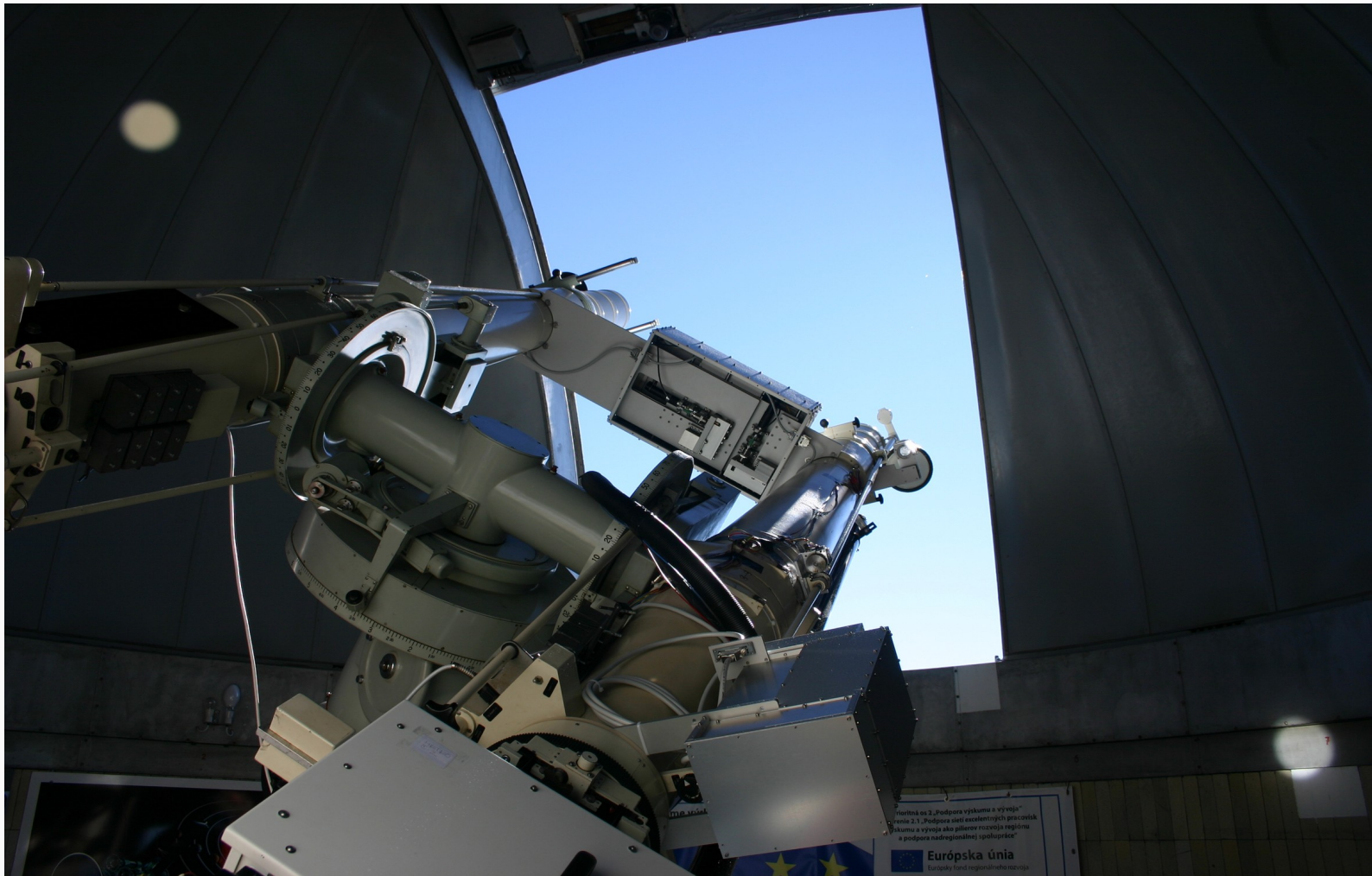
Iné vybavenie LSO: pointovanie

- 2 koronografy súčasne: ~2"

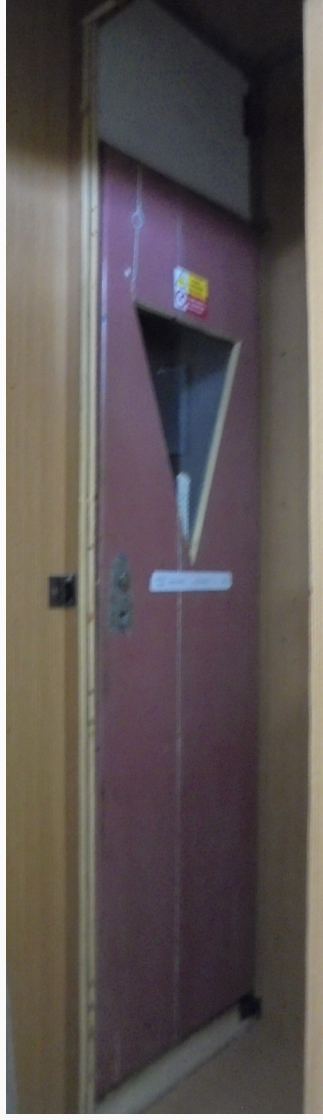


Iné vybavenie LSO: pointovanie

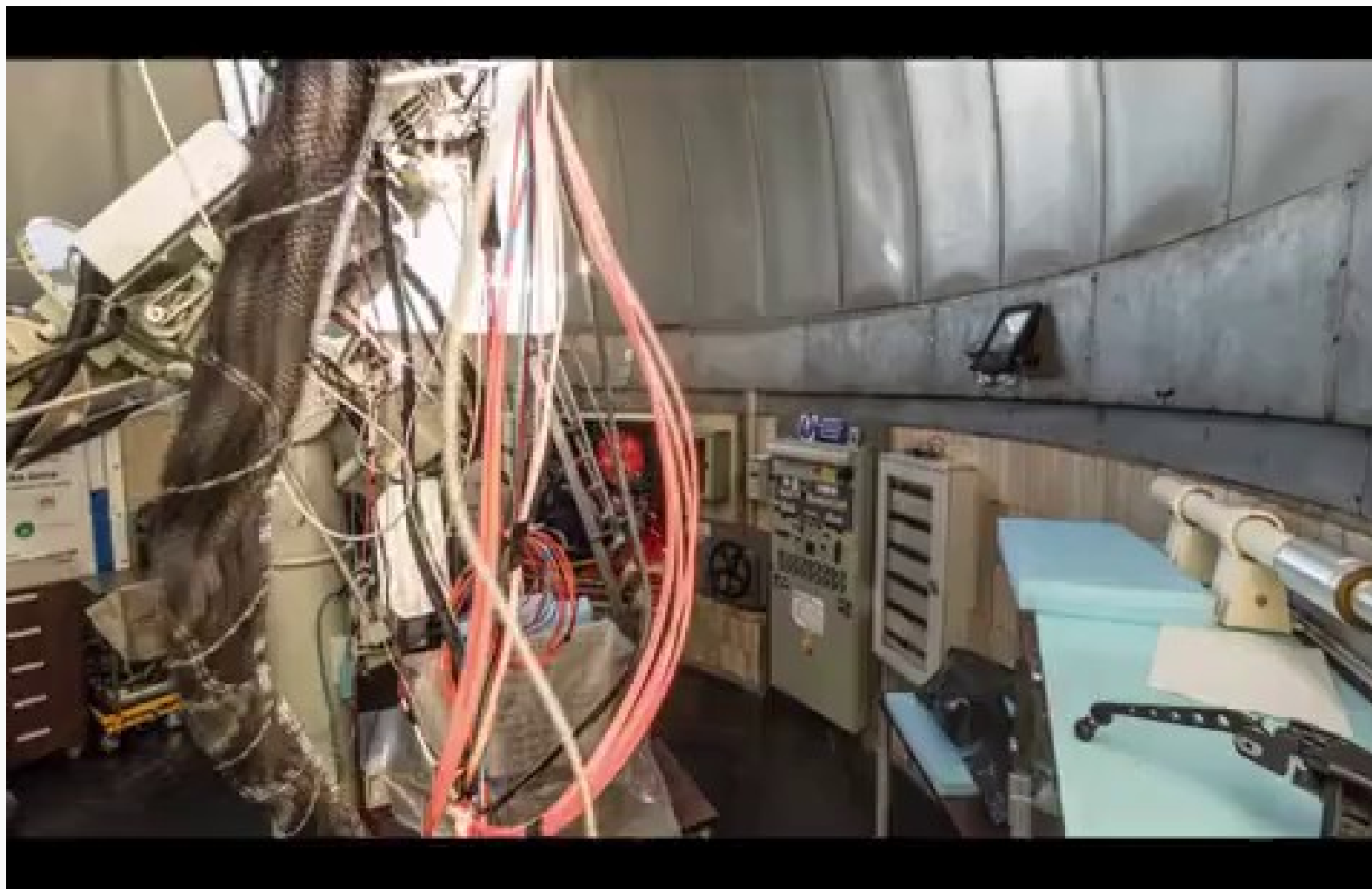
- 2 koronografy súčasne: ~2"



Iné vybavenie LSO: serverovňa



Prístroje LSO: action



Autor: M. Ostaszewski - <https://www.ostaszewskiphoto.com>

Prevádzka LSO

- Pravidelná prevádzka:
 - týždenné služby pozorovateľov
 - pobyty ďalších pracovníkov
 - pán údržbár
 - pani upratovačka
- Donedávna - technická odstávka: netypický režim práce - opravy, úpravy a vylepšenia kupoly, montáže, UJ2P, spektrometrov a ich ovládacieho programu, testovanie,...
- Dnes - pozorovací režim: typický režim práce - **vykonávanie pozorovaní** (a prípadné úpravy a vylepšenia zariadení a ich testovanie...)

Prevádzka LSO

- Pravidelná prevádzka:
 - týždenné služby pozorovateľov
 - pobyty ďalších pracovníkov
 - pán údržbár
 - pani upratovačka
- Donedávna - technická odstávka: netypický režim práce – opravy, úpravy a vylepšenia kupoly, montáže, UJ2P, spektrometrov a ich ovládacieho programu, testovanie,...
- Dnes – pozorovací režim: typický režim práce – **vykonávanie pozorovaní** (a prípadné úpravy a vylepšenia zariadení a ich testovanie...)

Dni na LSO

- "Zlé počasie":
 - každý svoje úlohy
 - každý čo je potrebné - drobné údržbárske, upratovacie a prevádzkové práce
- "Dobré počasie":
 - deň vopred: testy prístrojov, naštudovanie pozorovacieho programu a stavu slnečnej aktivity
 - ten deň: zobudiť seba, otvoriť kupolu, naštartovanie prístrojov a ich nastavenia, koronografy → Slnko, vykonávanie pozorovaní a kalibrácií, archivácia pozorovaní
- Vždy: varenie, "sám a sám"

Dni na LSO

- "Zlé počasie":
 - každý svoje úlohy
 - každý čo je potrebné - drobné údržbárske, upratovacie a prevádzkové práce
- "Dobré počasie":
 - deň vopred: testy prístrojov, naštudovanie pozorovacieho programu a stavu slnečnej aktivity, výber objektu pozorovaní
 - ten deň: zobudiť seba, otvoriť kupolu, naštartovanie prístrojov a ich nastavenie, koronografy → Slnko, vykonávanie pozorovaní a kalibrácií, archivácia pozorovaní
- Vždy: varenie, "sám a sám", prekonávanie dôsledkov nadm. výšky

Dni na LSO

- "Zlé počasie":
 - každý svoje úlohy
 - každý čo je potrebné - drobné údržbárske, upratovacie a prevádzkové práce
- "Dobré počasie":
 - deň vopred: testy prístrojov, naštudovanie pozorovacieho programu a stavu slnečnej aktivity, výber objektu pozorovaní
 - ten deň: zobudiť seba, otvoriť kupolu, naštartovanie prístrojov a ich nastavenie, koronografy → Slnko, vykonávanie pozorovaní a kalibrácií, archivácia pozorovaní
- Vždy: varenie, "sám a sám", prekonávanie dôsledkov nadm. výšky

Naše výsledky a projekty:

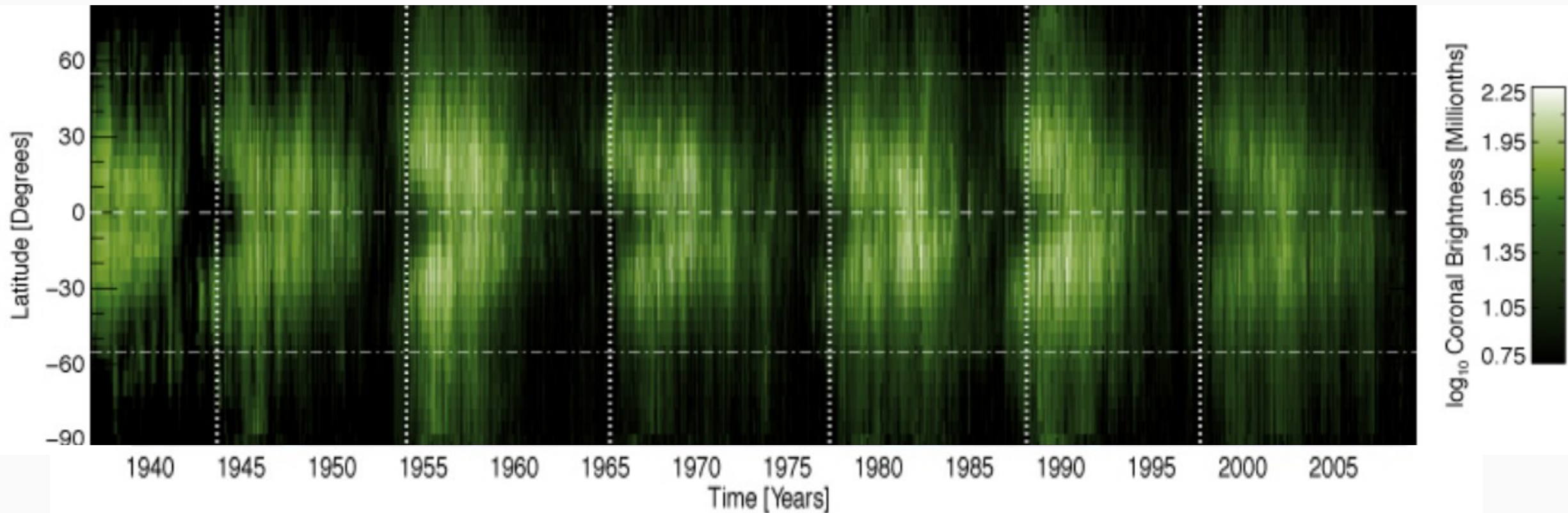
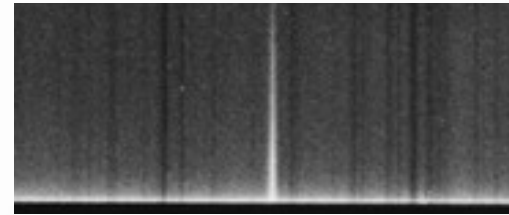
- Vedecký výskum → články v svetovo renomovaných časopisoch, ktoré uverejňujú len nové a relevantné poznatky po oponetskom posudzovaní
 - kde nás nájdete: Astrophysical Journal, Astronomy & Astrophysics, Solar Physics
 - kde nás nenájdete: Facebook, Instagram, ...
 - technická odstávka...
- LSO ako testovacie zariadenie
- Popularizácia astronómie a vedy

Naše výsledky a projekty:

- Predchádzajúce projekty:
 - Slnečný cyklus: emisná koróna a H alfa protuberancie
 - Hmotnosť protuberancií
 - Tornáda v ukotveniach protuberancií?
- Aktuálne projekty: He D3 v proms, emisná koróna tiež v H alfa čiare?
- Budúce projekty:
 - Otvorená súťaž: výzva na programy v roku 2023 → návrhy → posúdenie realizovateľnosti a významu → výber
napríklad: overenie 5-minútových vlnení v slnečnej koróne a štúdium ich vlastností
 - Projekt prístroja SLED

Naše výsledky:

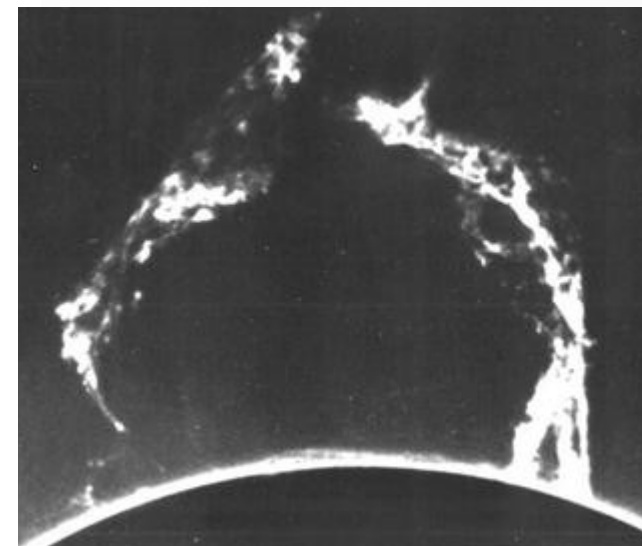
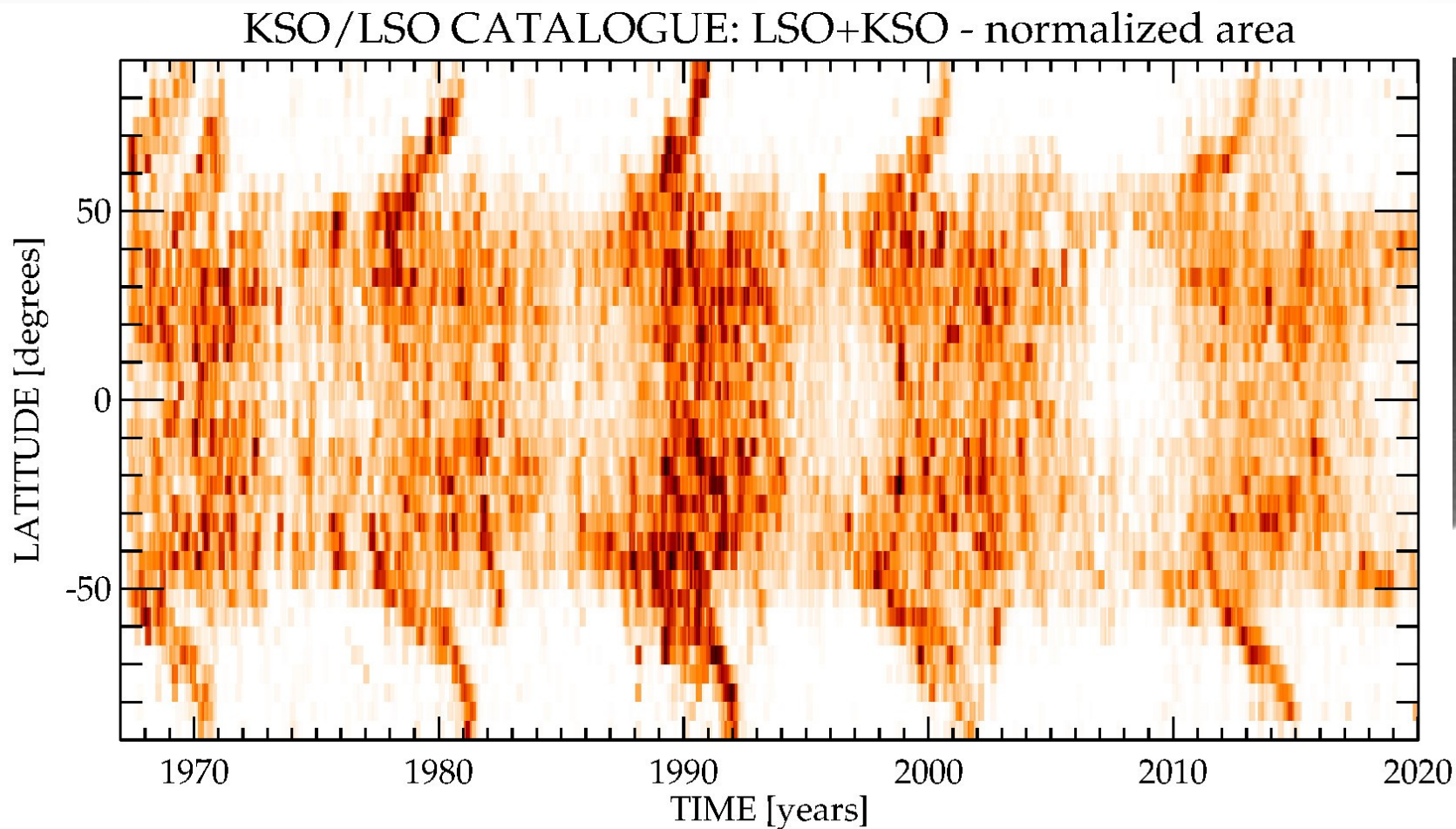
- Slnečný cyklus: emisná koróna - Fe XIV 530.3 nm



- M. Rybanský, V. Rušin, M. Minarovjech + ...

Naše výsledky:

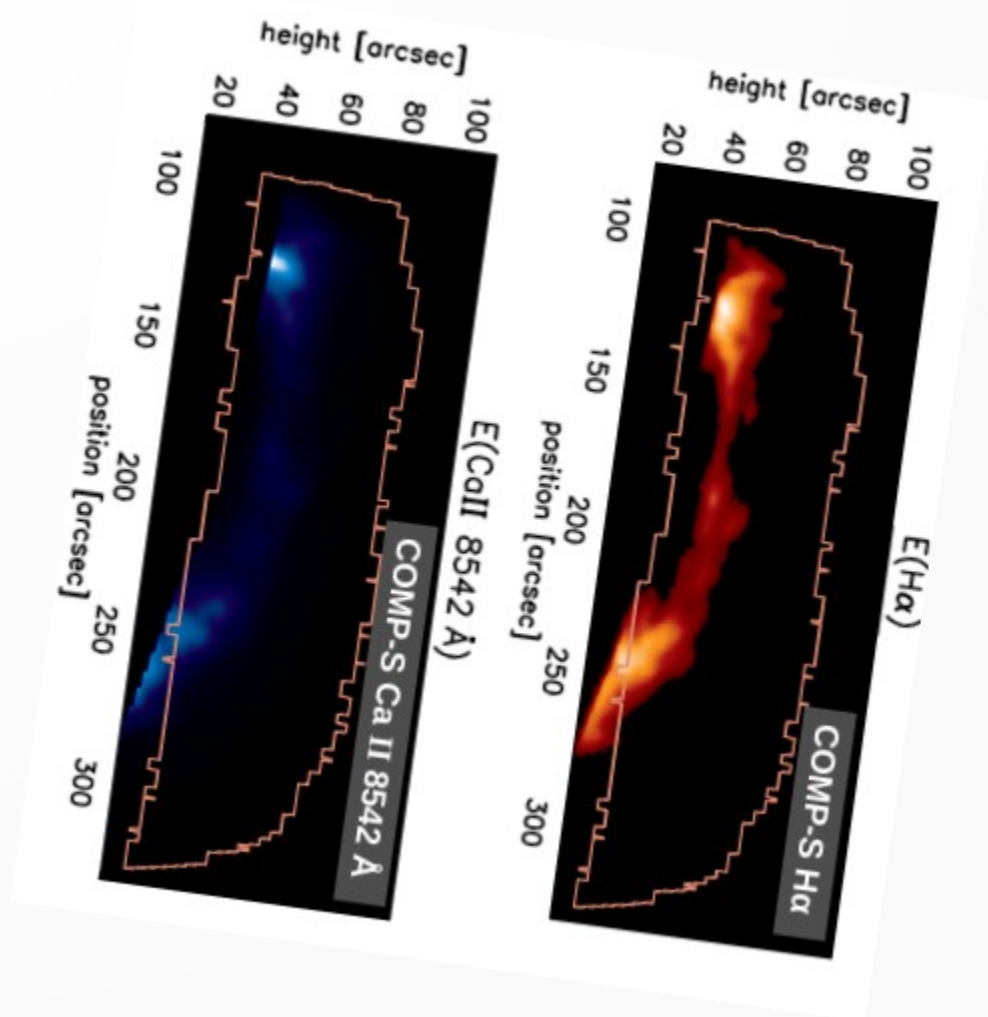
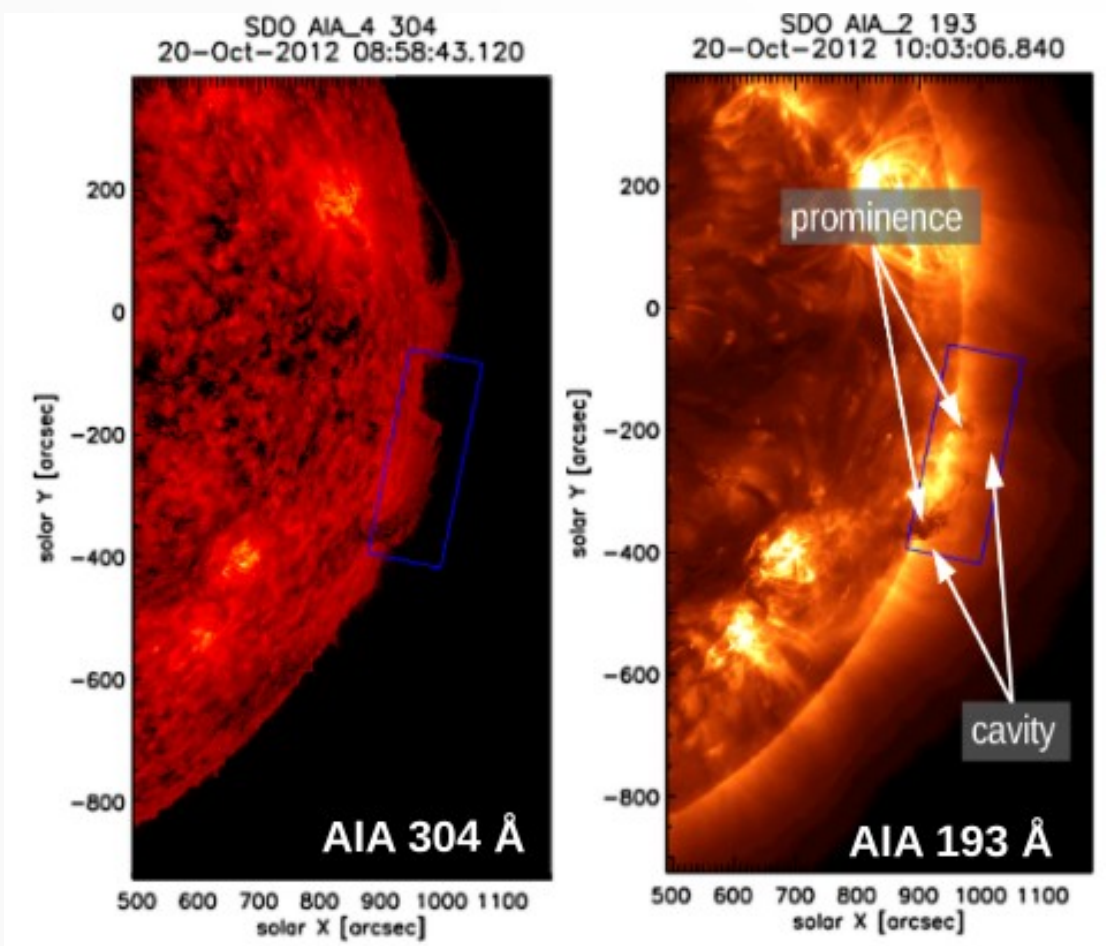
- Slnečný cyklus: H alfa protuberancie



- V. Rušin, M. Rybanský, M. Minarovjech + ...

Naše projekty:

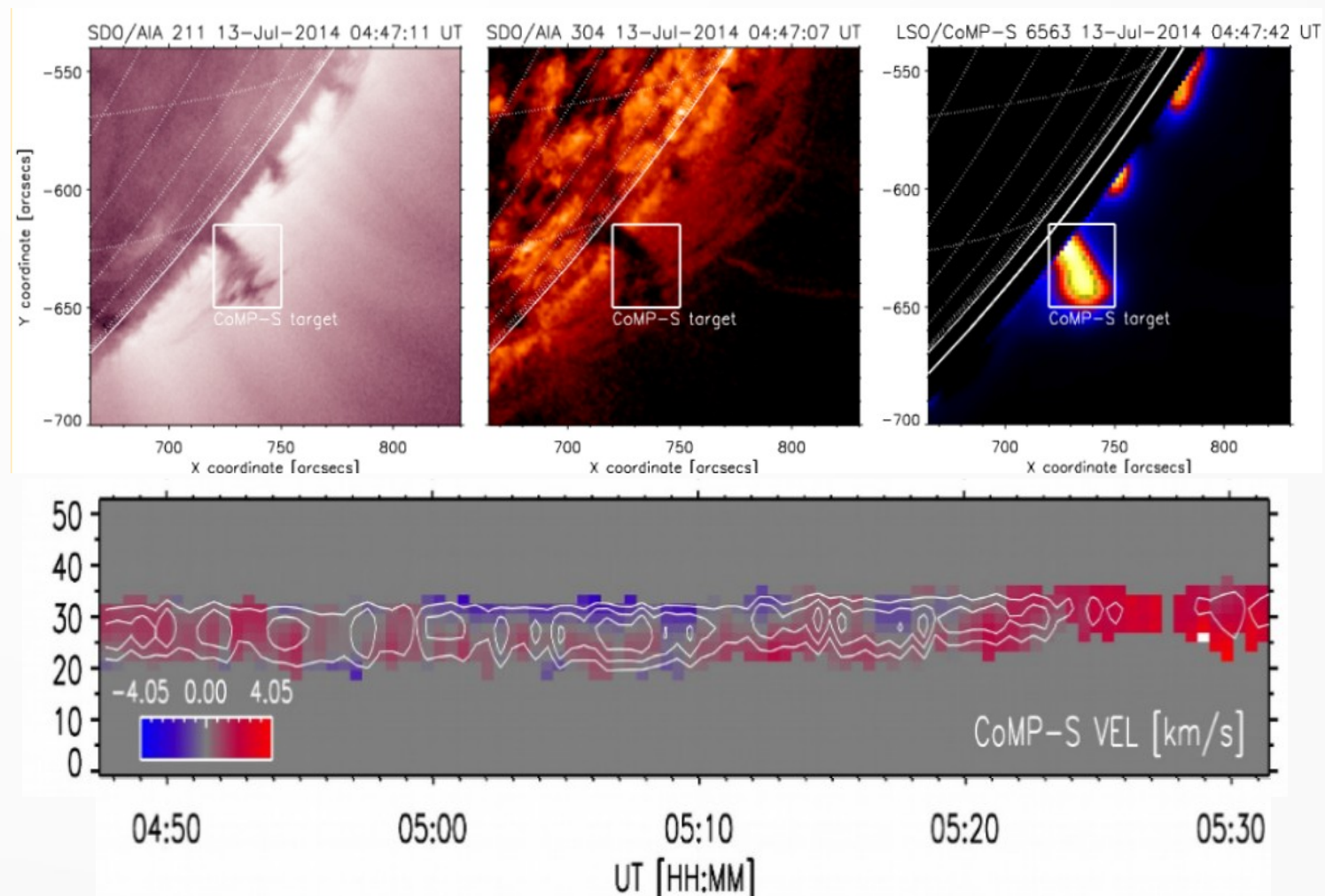
- Hmotnosť protuberancií: príklad z 20/10/2012 - 2.01 miliardy ton



- P. Schwartz, P. Heinzel (AsÚ AV ČR)

Naše projekty:

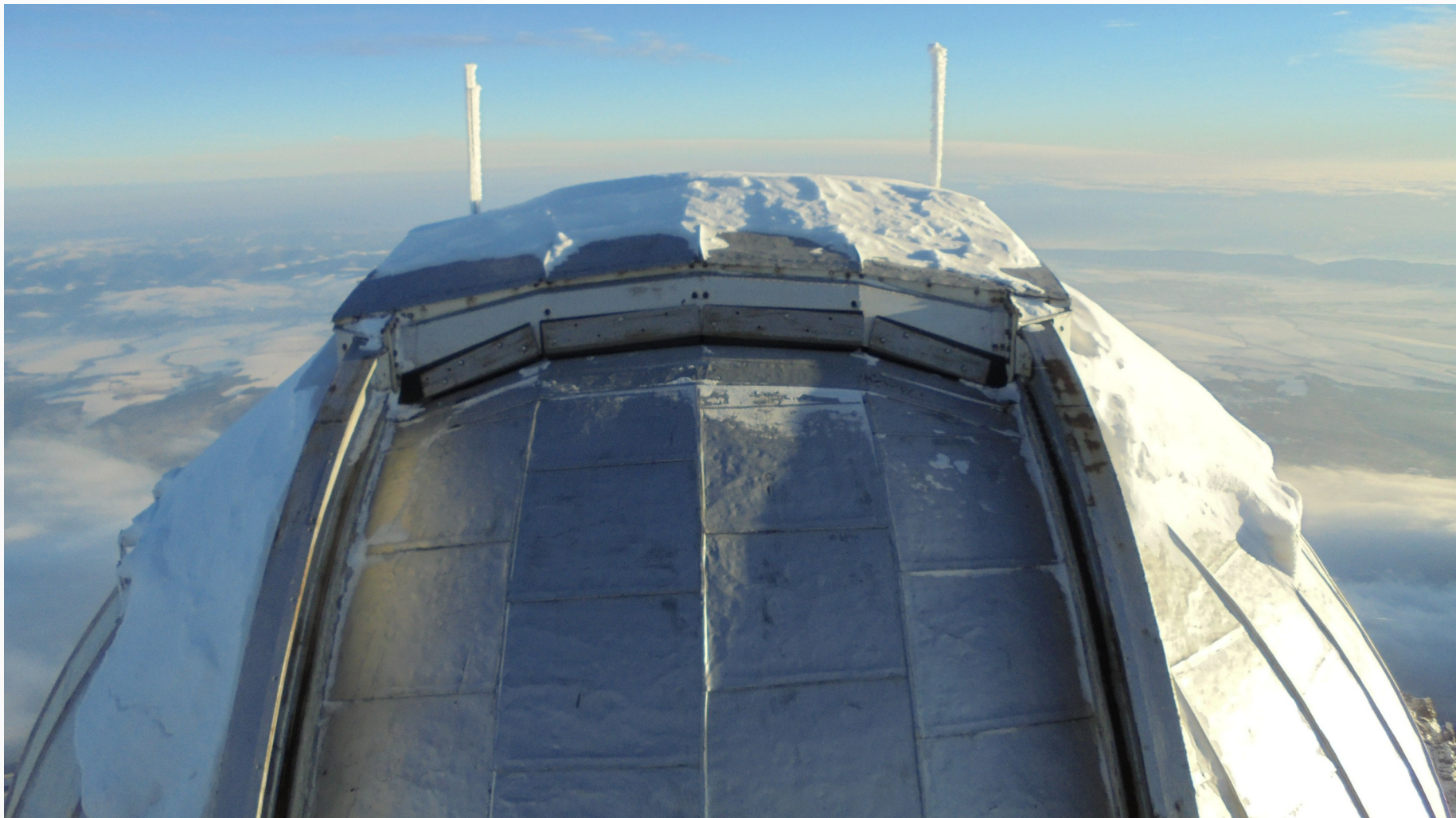
- Tornáda v ukotveniach protuberancií?



- J. Rybák, P. Gomory, J. Koza

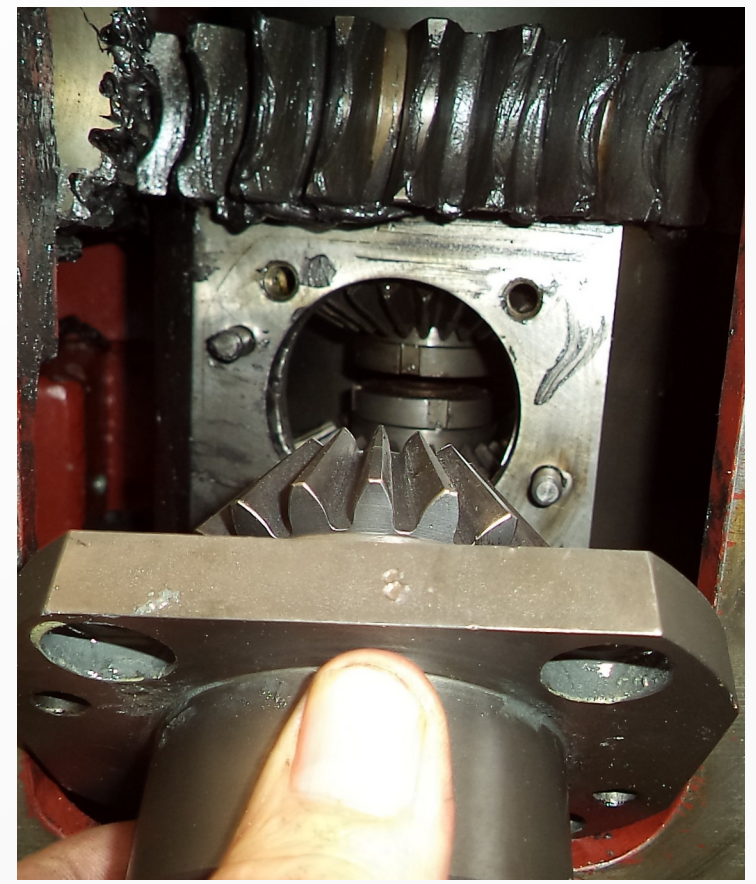
Naše projekty:

- Technická odstávka: kupola – otváranie kupoly



Naše projekty:

- Technická odstávka: kupola – otáčanie kupoly



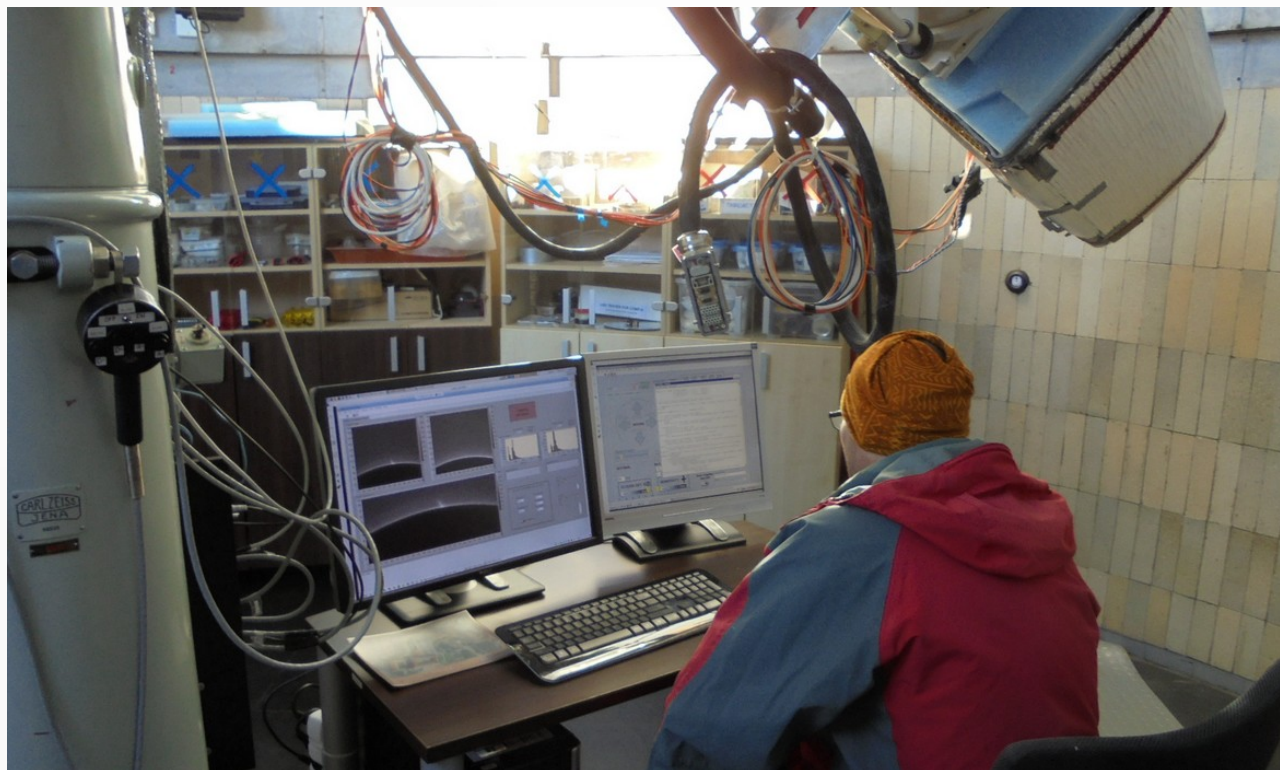
Naše projekty:

- Technická odstávka: úpravy přístrojov – kamerový modul CoMP-S



Naše projekty:

- Technická odstávka:
 - vylepšenia programu SCMP na ovládanie prístrojov (LabVIEW)
 - vylepšenia projektu prístroja UJ2P
 - pozorovacie programy: optimalizácia, zaúčnanie pozorovateľov

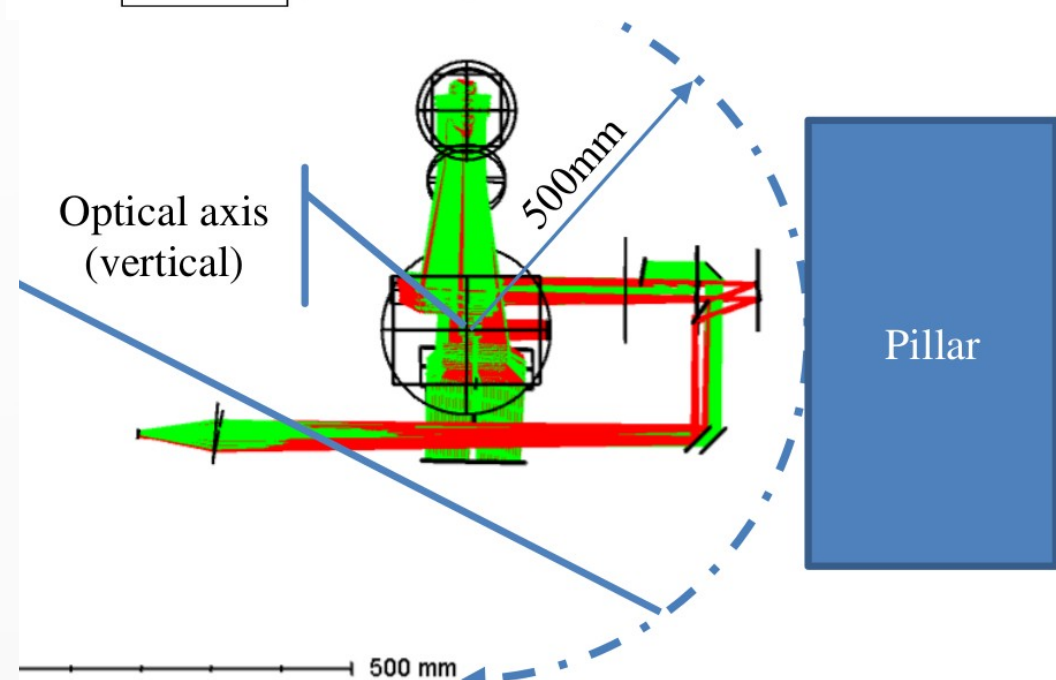
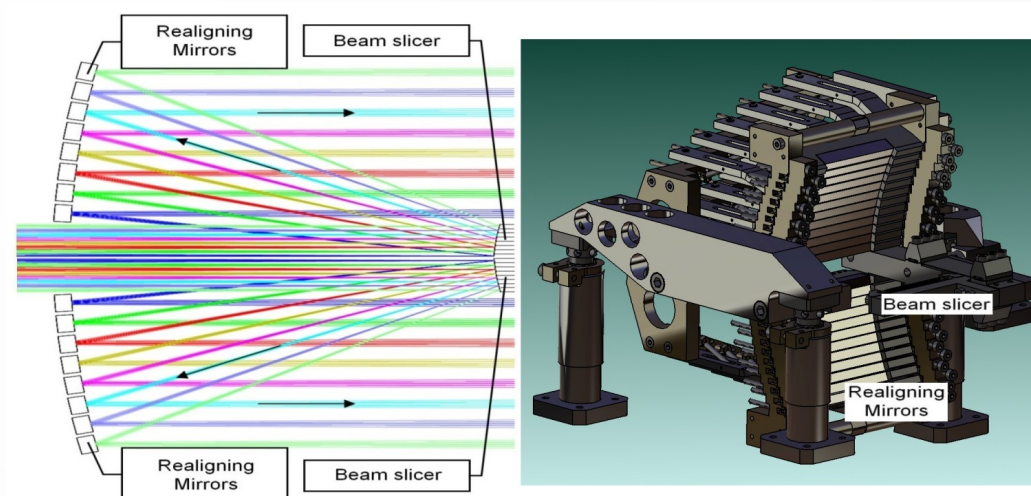
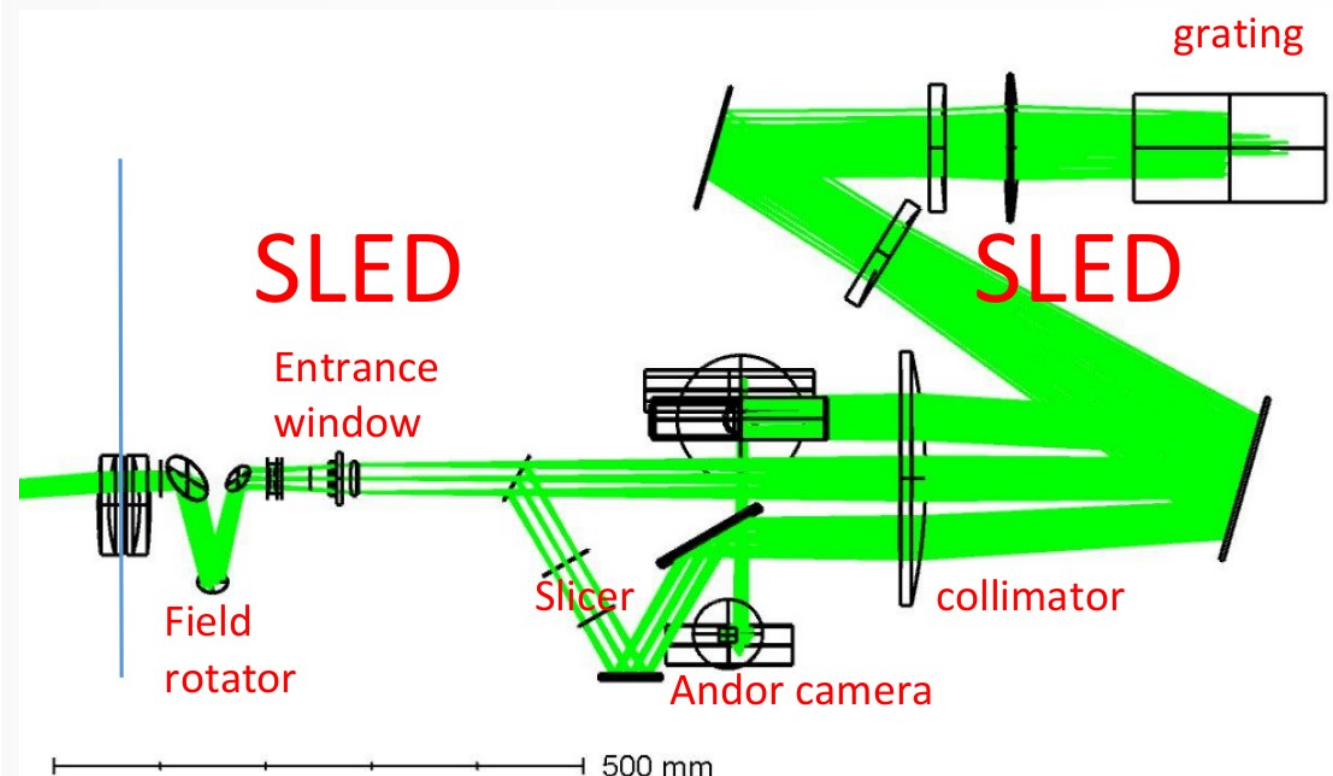


Naše projekty:

- Prístroj SLED - Solar Line Emission Dopplermeter: prosba, vývoj, testy, hostovanie (konzorcium inštitúcií z I, F, GB, PL, SK)
- SLED:
 - 3D pozorovanie simultánne (x,y,vlnová dĺžka)
 - 2 spektrálne čiary simultánne
 - unikátny MSDP optický dizajn + mikro mechanika + optika
 - vysoká kadencia meraní: ~ 1s
 - adresovaná otvorená astrofyzikálna otázka: *existujú v slnečnej koróne vysokofrekvenčné vlnenia spôsobujúce pohyb slučiek magnetického poľa?*
 - preprinty akceptovaných článkov: Experimental Astronomy, Advances in space Research

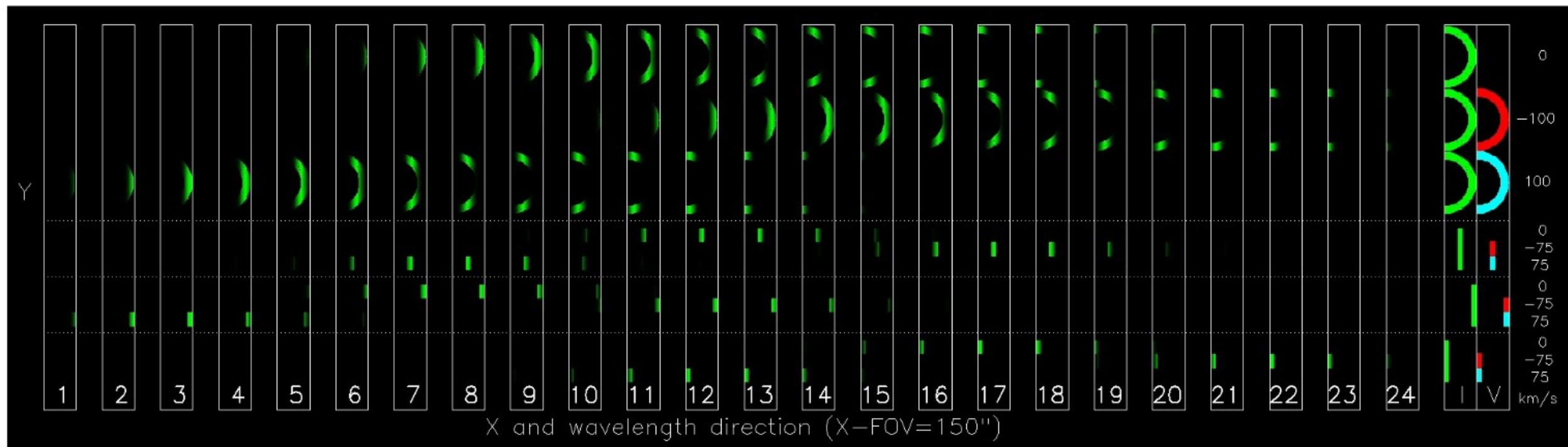
Naše projekty:

- Prístroj SLED: vývoj



Naše projekty:

- Prístroj SLED: testovanie očakávaného výstupu: emisia + 1 MK teplej plazmy s dynamikou v 24 zobrazovacích okniach



LSO plány:

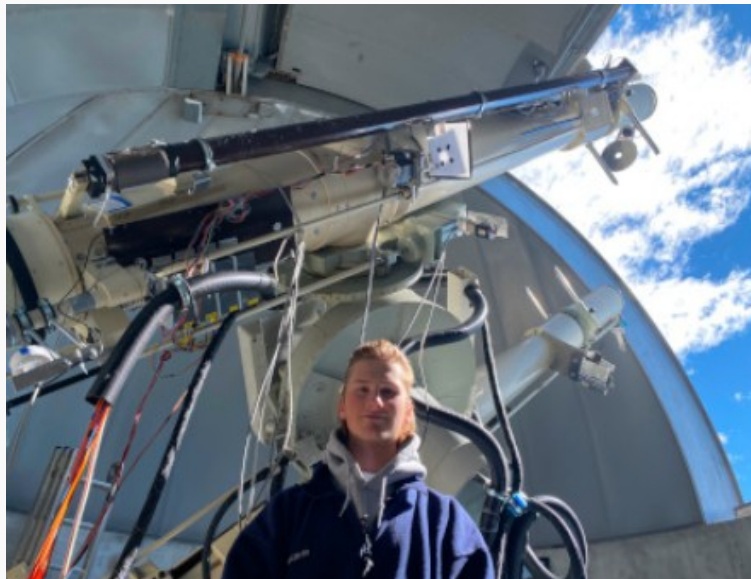
- Pozorovacie prístroje:
 - priebežné vylepšovanie
 - vývoj, testy a hostovanie prístroja SLED
- Pozorovania:
 - vlastné projekty
 - podpora pozorovaní družíc PSP, PROBA 3 a sondy Solar Orbiter
- Renovácia priestorov hvezdárne
- Kupola: úpravy pre zlepšenie pozorovacích podmienok
- ...

LSO skupina AsÚ SAV:

- Pozorovatelia – astronómovia: P. Schwartz, J. Rybák
- Pozorovatelia – elektroinžinieri: M. Trembáč
- Elektroinžinier: J. Ambroz, M. Hutár (malá časť)
- Údržbár: F. Budzák
- Koordinácia a vedenie: P. Gőmőry (malá časť)
- Admin: R. Komžík (malá časť)
- Mechanik: J. Klein (malá časť)
- Technická podpora: Š. Irha, D. Jendrejčák (malá časť)
- Upratovanie: Z. Petrová (malá časť)

LSO (summer or autumn) internships:

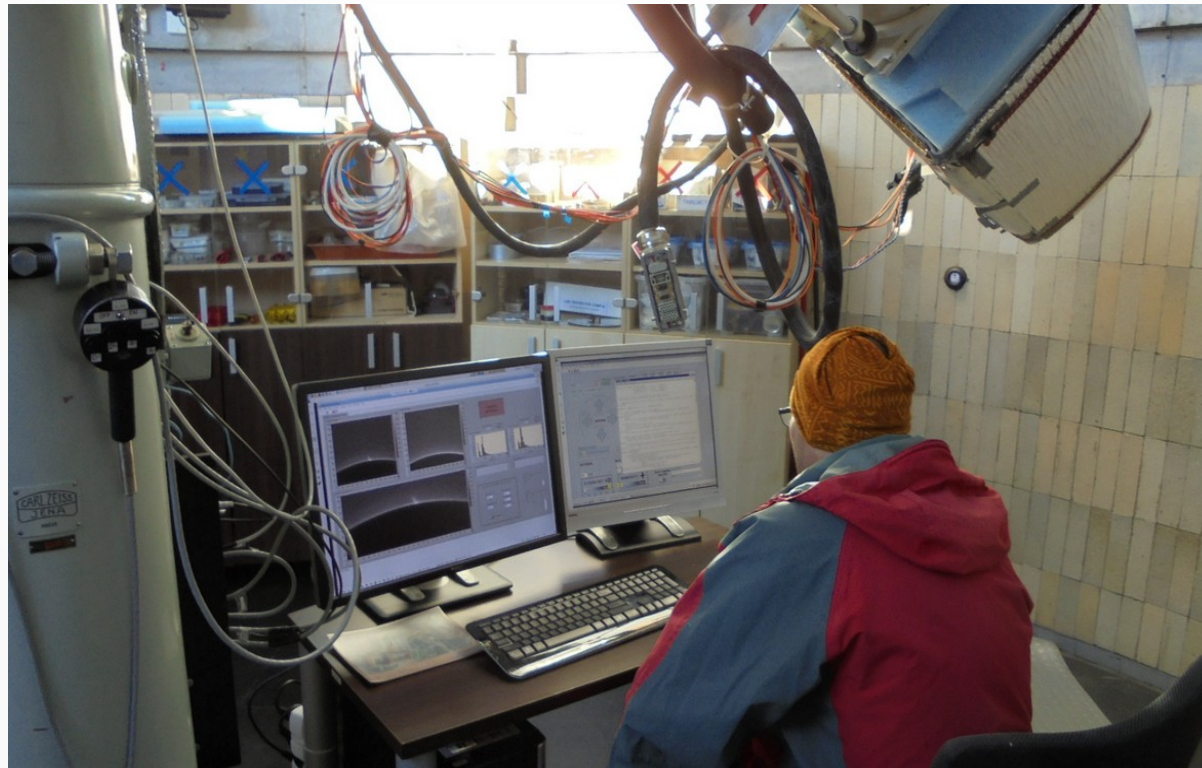
- Student interested in a stay at the LSO to learn more about the g-b coronagraphic observations are welcome! Just send an email...
- Conditions: stay at the LSO is free of charge, travel including the cable car ticket and foodstuff is up to you.
- Small groups are preferred



Student Mark Morris @ LSO (2022/07)

LSO position to be opened!

- In 2023 very probably a new position will be opened:
observing assistant/electronic engineer or **observing assistant/astronomer**
with a 1-week long duty shift per month at the LSO



In fine



The LSO group thank you for your attention