

# EGY HIDROGÉN-ALFA NAPTÁVCSŐ ÁTALAKÍTÁSÁNAK TAPASZTALATAI

## EXPERIENCES OF CONVERTING A HYDROGEN-ALPHA SOLAR TELESCOPE

Horváth Miklós<sup>0009-0006-1166-1957</sup><sup>1</sup>, Ferenczi Béla

<sup>1</sup> Műszaki Intézet, Dunaújvárosi Egyetem

<https://doi.org/10.47833/2023.2.CSC.015>

---

### **Kulcsszavak:**

hidrogén-alfa naptávcső,  
átépítés,  
etalon szűrő,  
szűrő típusok  
Nap megfigyelés

### **Keywords:**

Hydrogen-alpha solar  
telescope, converting,  
etalon filter,  
filter types  
observation of Sun

### **Cikktörténet:**

Beérkezett 2023. augusztus  
28.

Átdolgozva 2023. október 24.

Elfogadva 2023. november 6.

---

### **Összefoglalás**

*A napészlelés, a Nap megfigyelése különleges élmény az amatőr csillagászok számára, mivel egy csillagot kozmikus léptékben szinte közvetlen közélről lehet tanulmányozni.*

*Bár valamennyire mindegyik távcső alkalmas a Nap megfigyelésére (megfelelő szűrő használata mellett), a speciális hidrogén - alfa naptávcsövek egész más élményt nyújtanak, hiszen egy igen keskeny hullámhossztartományban, jellemzően a H-alfa vonalában mutatják a Nap felszínét. Az ilyen megfigyelésekre alkalmas naptávcső legfontosabb része az igen precízen megépített hangolható Fabry- Perot interferométer ami a borsos ára miatt korlátozza az amatőr csillagászok lehetőségeit. Mivel az interferométer szűrő ára az átmérővel növekszik, a távcső felbontása viszont az nagyobb átmérő esetén jobb, így elterjedt az a megoldás, hogy egy kisebb átmérőjű, és ezért olcsóbb szűrőt egy nagyobb lencse átmérőjű de egyszerű, nem drága távcsőbe építenek be. A sikeres átalakítás egy az eredetnél jóval nagyobb felbontású hidrogén- alfa naptávcsőhöz vezet, ami az amatőrök számára is elérhető áron biztosítja a napészlelés lenyűgöző élményét. Ez a cikk egy ilyen naptávcső átépítésének tapasztalatait és az átépítés eredményét mutatja be.*

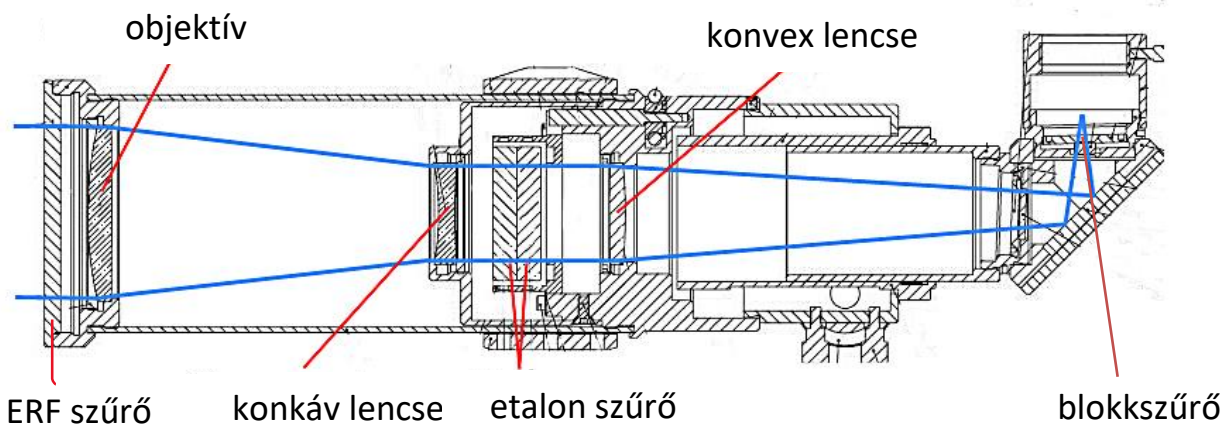
### **Abstract**

*Observing the sun is a special experience for amateur astronomers, as a star can be studied up close on a cosmic scale. Although all telescopes are somewhat applicable for observing the Sun (with the use of a suitable filter), the special hydrogen-alpha solar telescopes offer a completely different experience, since they show the surface of the Sun in a very narrow wavelength range, typically in the H-alpha line. The most important part of a solar telescope is the very precisely built tunable Fabry-Perot interferometer (etalon filter). Unfortunately the high price of this filter restricts the possibilities of amateur astronomers. Since the price of the interferometer filter increases with the diameter, the*

resolution of the telescope is better with a larger diameter, so the solution is that a cheaper filter with a smaller diameter is built into a simple, inexpensive telescope with a larger lens diameter. The successful modification leads to a hydrogen-alpha solar telescope with a much higher resolution than the original, which provides the fascinating experience of observing the Sun at an affordable price for amateurs.

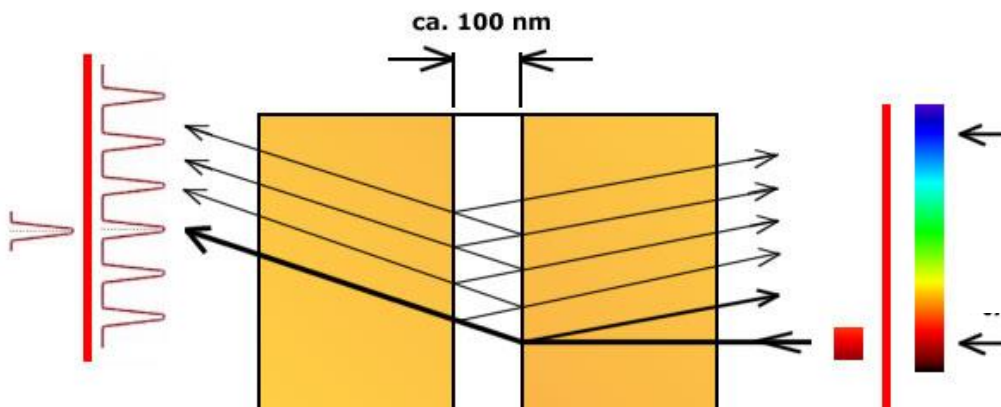
## 1. A Hidrogén- alfa naptávcső felépítése működése

Ahhoz hogy a Nap felszínének finomabb struktúráit, a filamenteket, a flereket, vagy a napfoltok szerkezetét részleteiben láthassuk, egy a hagyományos napszűrőknél jóval kifinomultabb technológiára van szükség. Ez a hidrogén- alfa naptávcső. (1. ábra)



1. ábra. A hidrogén- alfa naptávcső felépítése

A hidrogén- alfa naptávcsőbe több szűrőt kell elhelyezni egy részt a biztonságos megfigyelés, és a naptávcső károsodásának megelőzésére, másrészt a sáv szélesség csökkentése érdekében. A nagy hőterhelés csökkentésére az objektív elé vagy közvetlenül mögé be kell építeni egy energia elnyelő szűrőt (ERF szűrő). Az szűrő infravörös tükröződégsgátló bevonata blokkolja az infravörös sugárzást, megakadályozza hogy a hő behatoljon a távcsőbe.



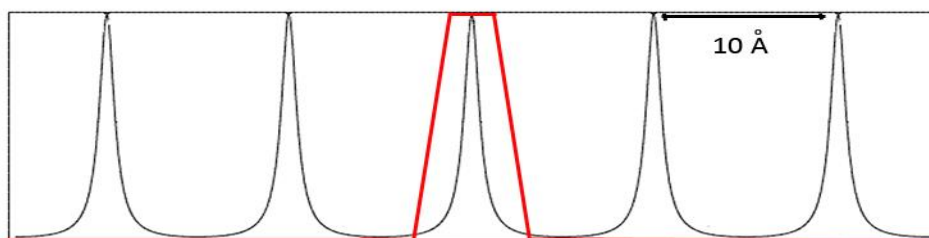
## 2. ábra. Az etalon szűrő felépítése [2]

A szűrőn áthaladó fényt a távcső objektívje a fókusztávolságnak megfelelően egy szűkülő fénynyalábbá fókuszálja.

A fény ezután az etalon (hidrogén-alfa) szűrőbe kerül. Az etalon szűrő egy Fábry-Perot interferométer, (2. ábra) ami pontosan a Balmer sorozat Hidrogén alfa vonalára a 656.28 nm hullámhosszra van hangolva. A Nap felszínén ezen a hullámhosszon láthatók a legnagyobb részletességgel és kontraszttal az alakzatok.

Ahhoz hogy az etalon szűrő jól működjön, a szűrőbe belépő fénynyalábnak pontosan párhuzamosnak kell lennie. Ezért a szűrő előtt a távcsőben egy konkáv lencse párhuzamosítja, majd a szűrő után egy konvex lencse fókuszálja újból a nyalábot. [1]

Az etalon szűrőből kijövő fény még a hidrogén-alfa vonala mellett tartalmazza ennek felharmonikusait is. Emiatt szükség van még egy blokkszűrőre is. A blokkszűrő általában egy olyan többszörös bevonattal ellátott szűrő, amely leválasztja az összes felharmonikust, csak a H-alfa vonalának megfelelő 656.28 nm csúcst enged át. (3. ábra)

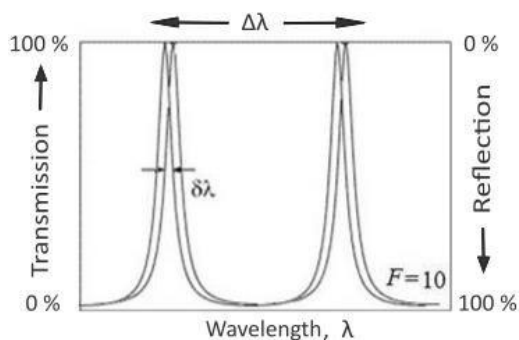


3. ábra. Az etalon szűrőn és a blokkszűrőn (piros vonal) áthaladó fény spektruma [3]

Az okulárba tehát a Nap teljes spektrumából már csak a szigorúan monokromatikus h-alfa vonal fénye jut, és mivel minden más zavaró hullámhosszt kiszűrt a rendszer. Ennek köszönhetően a távcső rendkívül részletgazdag és kontrasztos képet ad a Nap felszínén, a kromoszférában lejárló jelenségekről.

## 2. Két etalon szűrő használata

A jó minőségű etalon szűrő h-alfa vonalának félérték szélessége 0.7-0.8 angström. Ezt tovább lehet csökkenteni úgy, hogy két etalon szűrőt helyezünk el egymás mögött (double stacking) [4]. Ilyenkor a két szűrő áteresztési tartományának az átfedése lesz az eredmény. A szűrőket megfelelően hangolva, a félérték szélesség lecsökkenthető 0.5 angströmig (4. ábra). Ebben az esetben a kép minden eddiginél gazdagabb a részleteket mutat meg a Nap felszínén zajló jelenségekről.

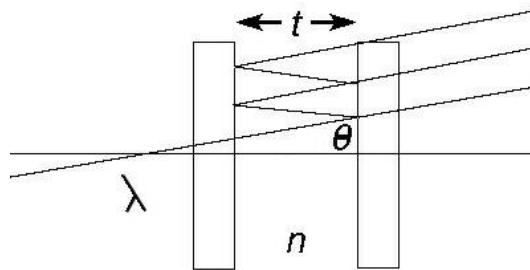


4. ábra. A két etalon szűrő használatának eredménye (double stacking) [4]

A két szűrő átfedésének megfelelő rendkívül keskeny hullámhossz tartomány erősen lecsökkenti a fényerőt, amit nagyobb átmérőjű és fénygyűjtő képességű objektívvel lehet kompenzálni.

### 3. Az etalon szűrők típusai, hangolásuk

A hidrogén- alfa etalon szűrő tehát egy Fábry -Perot interferométer, amely két nagyon pontosan síkra csiszolt párhuzamos üveglemezből áll, a lemezek között réssel. A résemben lehet szilárd anyag, de a legtöbb esetben levegő van. Az üveglemezek tükröző felülettel vannak ellátva aminek következtében a beeső párhuzamos fénynyaláb sokszoros oda- visszaverődése után interferencia révén egy nagyon keskeny sáv szélességű fénysugár, és annak a felharmonikusai lépnek ki a szűrőből. A hullámhossz függ a szűrő lemezeinek távolságától, a tükröző felület reflexiójától, de a beeső nyaláb szögétől, illetve a lemezek közötti vékony levegőréteg törésmutatójától is. [5] (5. ábra)



5. ábra. A hidrogén-alfa etalon szűrő

A szűrőből kilépő fény hullámhossza:

$$k\lambda = 2n \cdot t \cdot \cos\theta \quad (1)$$

Itt:  $n$  a közeg törésmutatója,  $t$  a lemezek távolsága,  $\theta$  a beesés szöge,  $k$  az interferencia rendje

Ma a kereskedelemben az amatőrök számára elérhető etalon szűrőknek a hangolásuk alapján három típusuk van.

Az első típust a „tilt tuning” azaz a szűrő döntésével lehet hangolni. Ez azt jelenti, hogy a szűrőnek és a napsugarakkal bezárt szögét egy csavar segítségével finoman lehet változtatni és ezzel a szűrőt hangolni. [6]

A második típus a „temperature tuning”, ahol egy fűtőszál segítségével lehet a hőmérsékletet szabályozni. A hőmérséklet változtatásával változik a lemezek közötti levegő törésmutatója és ezzel lehet beállítani az eszközt a kívánt hullámhosszra. [7] .

A harmadik típusú szűrő a nyomás szabályozáson alapuló módszerrel működik. Az ilyen etalon szűrő egy légmentesen zárt rendszer, amihez egy dugattyú csatlakozik. A dugattyú be, vagy kicsavarásával lehet növelni, vagy csökkenteni a nyomást az etalon tartalmazó tartályban. A nyomás változtatásával megváltozik az etalon lemezei közötti levegő törésmutatója és ezzel a kilépő fény hullámhossza. [6]

#### 4. Az átalakított h-alfa naptávcső

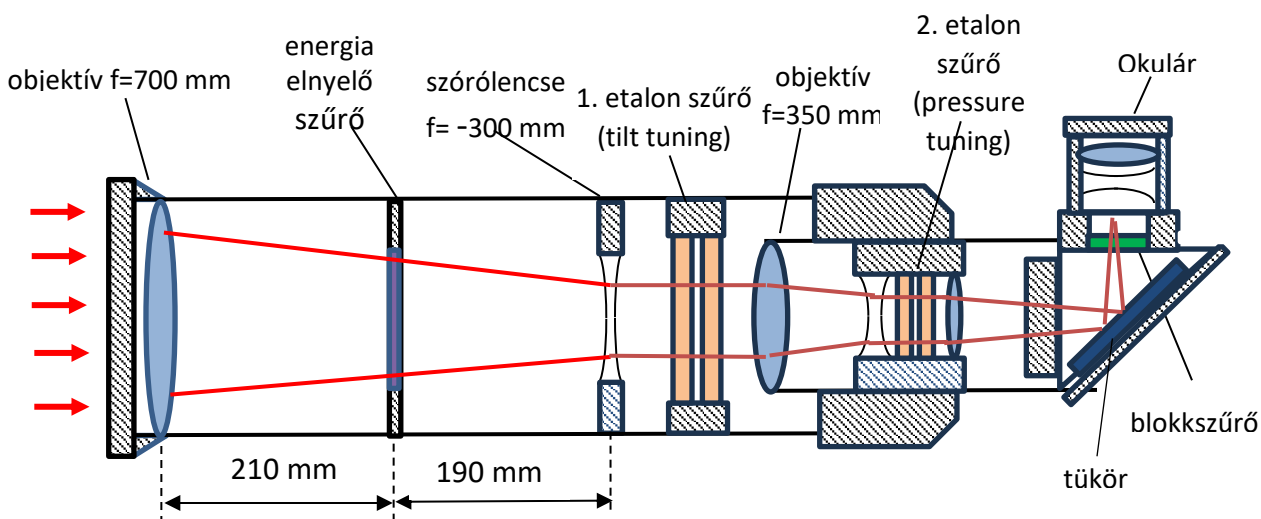
Jelen esetben az átalakítás tárgya egy Lunt LS 50 típusú naptávcső, aminek az objektívje mindössze 50 mm átmérőjű, és 350 mm-es fókusz távolságú. A távcső két szűrővel rendelkezik: egy „pressure tuning” típusú belső szűrővel és egy „tilt tuning” típusú frontszűrővel, amit az objektív elé lehet felcsavarni. (6. ábra) A két szűrő megfelelő összehangolása lehetővé teszi a „double stack” üzemmódot, aminek segítségével már finom részleteket is megfigyelhetünk a Nap felszínén. A blokk szűrő a távcső végén levő zenitprizmában van elhelyezve.



6. ábra. A naptávcső eredeti állapotban

A kicsi, 50 mm-es átmérő azonban jelentősen korlátozza a felbontást, emiatt a távcsövet egy 100 mm átmérőjű és 700 mm-es fókusz távolságú távcsővel építettük össze.

Az átépített távcső szerkezete a 7. ábrán látható.



7. ábra. Az átalakított naptávcső elrendezése

A 100/700- as Fraunhofer optikájú akromatikus távcsőben az objektív utáni első optikai elem az energia elnyelő szűrő, ami megvédi a nagy hőterheléstől a távcsövet. Mivel egy 70 mm átmérőjű



energia elnyelő szűrő állt a rendelkezésünkre, azért hogy a fény nyaláb teljes keresztmetszete hasznosítva legyen, a szűrőt az objektívtól 210 mm távolságban építettük be a távcsőbe.

A következő optikai elem a naptávcső front szűrője, ami egy olyan hidrogén- alfa szűrő, amit a szűrő felület döntésével lehet hangolni. Ez a szűrő azonban csak akkor működik jól, ha tökéletesen párhuzamos nyaláb esik rá. Ezért az etalon szűrő elé beépítettünk egy nyaláb párhuzamosító -300 mm fókusztávolságú szórólencsét. A szórólencse távolsága az objektívtól 400 mm, így esik egybe a szórólencse virtuális fókuszpontja az objektív fókuszával. A szórólencséből kilépő nyaláb már párhuzamos, így jut be az első etalon szűrőbe.

A szűrőből kilépő fény már csak a hidrogén alfa vonalát és annak felharmonikusait tartalmazza.

Ezt követően a nyaláb a naptávcső eredeti 50 mm-es objektívjére esik, ami újból fókuszálja a nyalábot. A lencsét elhagyó fény ezután a második hidrogén- alfa szűrővel találkozik. Ide is párhuzamos nyalábnak kell beesni, de mivel ez belső szűrő, saját kollimátora van. Az újból kollimált nyaláb belép az etalon szűrőbe, majd a szűrőt elhagyó fényt egy beépített gyűjtőlencse az eredeti szögben újból fókuszálja.

A fény ezután a zenittükörre esik, ami derékszögben elfordítja a nyaláb irányát, majd a következő optikai elem a blokkiszűrő. A blokkiszűrő hidrogén alfa 656.28 nm-es hullámhosszán kívül levágja az összes felharmonikusot. A blokkiszűrőt elhagyva az újra fókuszált szigorúan monokromatikus nyaláb egy valódi képet hoz létre.

Az átépített naptávcső fényképe a 8. ábrán látható.



8. ábra. Az átépített naptávcső

## 5. Eredmények

Az elkészült távcső kipróbálásakor nem okozott csalódást. A műszer az eredetinelégyszer nagyobb fénygyűjtő képességű, és kétszeres felbontású lett. A nagyobb fénygyűjtő képesség segít abban, hogy a két etalon szűrő összehangolásával nyert részletgazdag kép se legyen sötét, hanem élvezhető legyen. A távcső felbontóképessége:

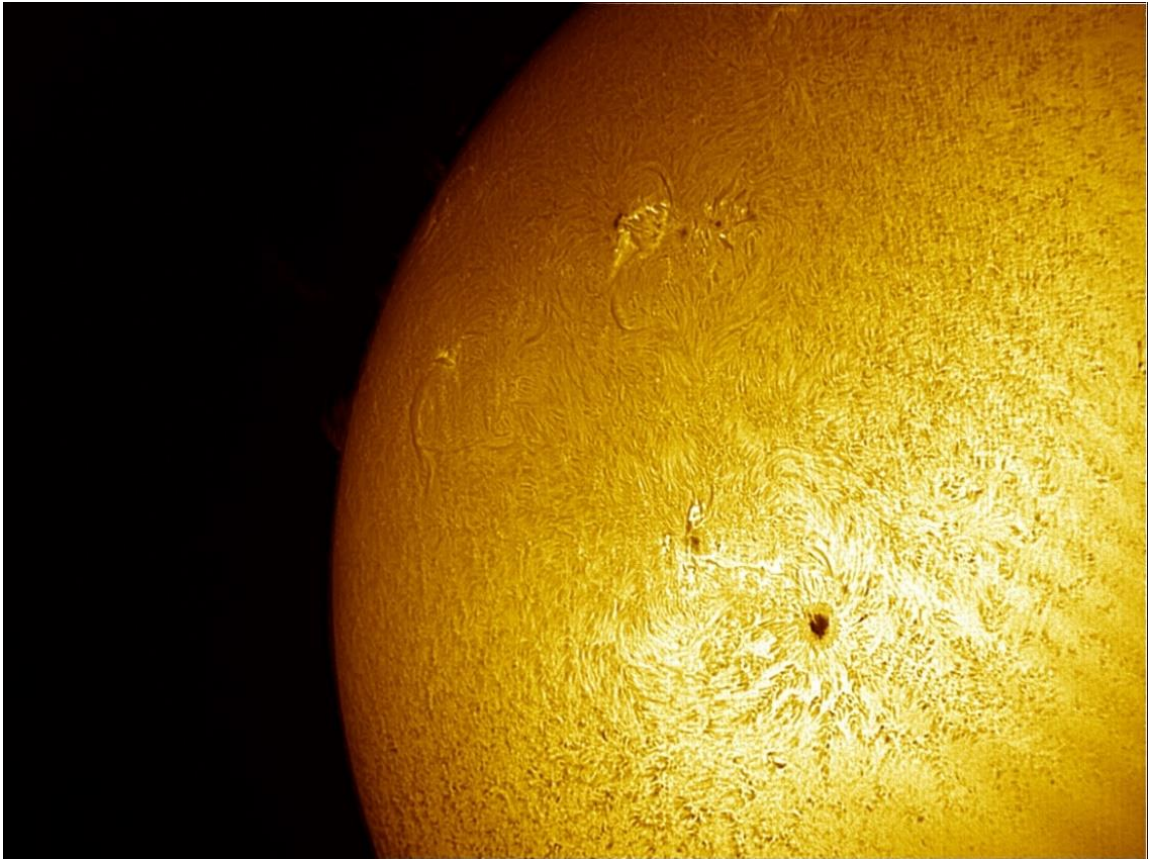
$$\varphi = 1.22 \frac{\lambda}{d} \quad (2)$$

Ahol  $\lambda$  a fény hullámhossza,  $d$  a lencse átmérője. Mivel az átalakított távcső objektívje 100 mm az eredeti naptávcső 50 mm -e objektívjével szemben, a naptávcső felbontása a kétszeresére nőtt.

A legtöbb esetben a naptávcső átépítést csak egy etalon szűrővel végzik el. A második, az objektív elé csavarható szűrőt is beépítve gondot okozhat a szűrő hangolása, mivel ezt a távcső belsejében kell elhelyezni. Jelen esetben ezt a problémát is megoldottuk egy kis nyílással a távcső oldalán amin keresztül elérhető a szűrő hangoló csavarja.

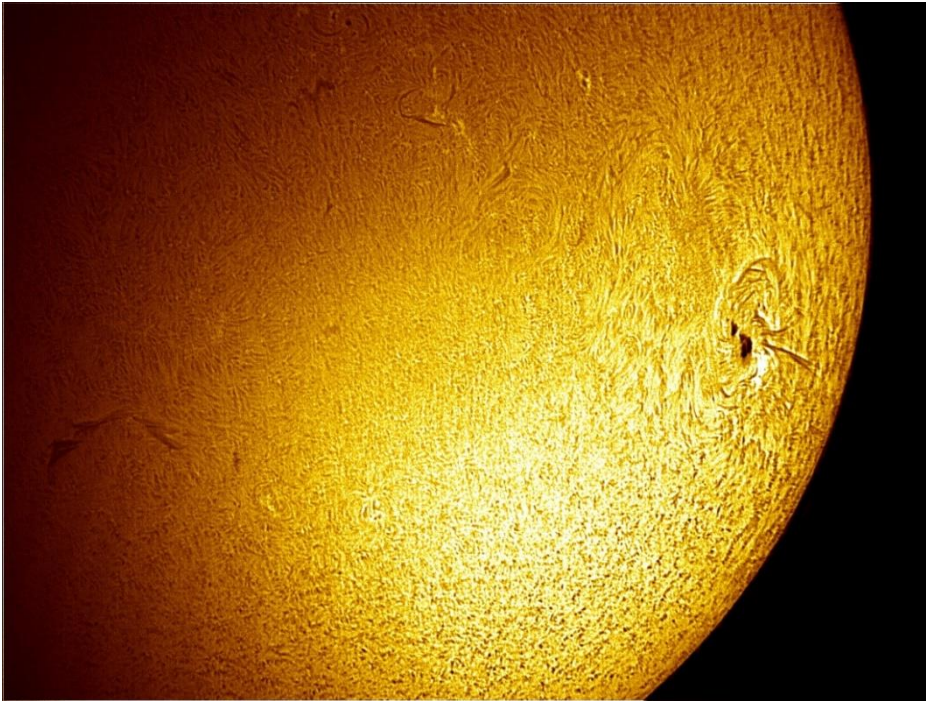
Az eredeti naptávcső fókusza 350 mm volt. Átépítve ez jelentősen megnőtt: a távcső optikai rendszerének eredő fókusza 817 mm lett. A nagyobb fókusszal és objektív átmérővel jóval nagyobb nagyítás válik lehetővé. 100-szoros nagyításnál, még éles és kontrasztos a kép, nem mosódnak el a részletek.

A Napot fényképezve speciális asztrokamerával jól látszik a protuberanciák szálas szerkezete, kivehetők a felszíni granulációk, és a filamentek, és a rövidebb idejű felfényesedések a flerek. Az alábbi utólag színezett fényképek az átalakított naptávcsővel és egy ZWO ASI 120 MM asztrokamerával készültek. A 9. és a 10. ábrán a Nap egy részletét látjuk.



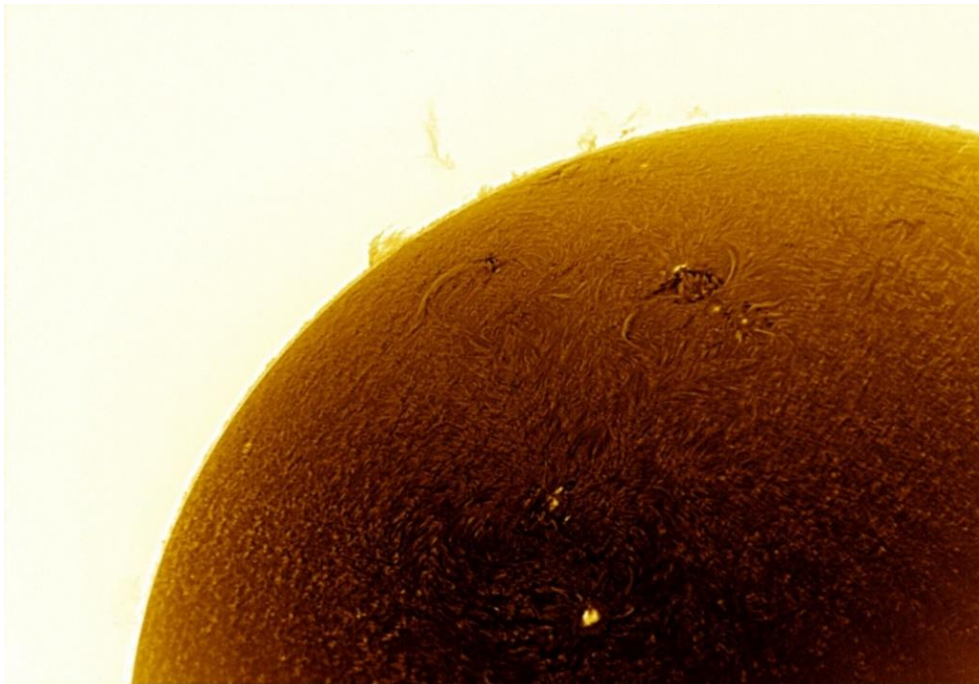
9. ábra. A Nap felszíni részlete naptávcsővel fényképezve

A napkorongon mindkét felvételen jól kivehetők a filamentek, amik tulajdonképpen protuberanciák, azaz napkitörések. A 9. ábrán két napfolt is azonosítható. Jól látszik a folt sötétebb belső része az umbra és az azt körülvevő penumbra szálak szerkezete.



*10. ábra. A Nap felszíni részlete naptávcsővel fényképezve*

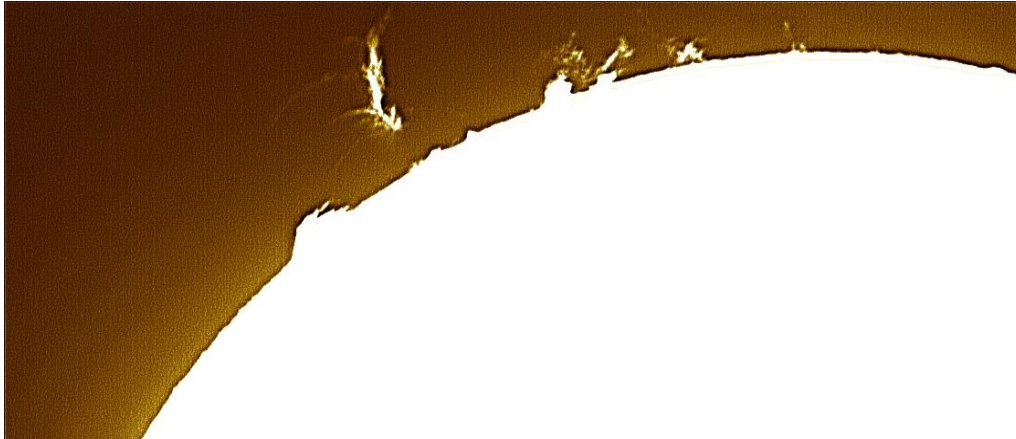
A 11. ábra a Nap invertált képét mutatja. A napkorong szélén láthatók a protuberanciák, világos foltként jelennek meg egy nagy napfolt.



*11. ábra. A Nap naptávcsővel készült invertált fotója*



A 12. ábrán a Nap túlexponált képét látjuk. A napkorong szélén jól látszanak a protuberanciák és egy plazma kilökődés is.



12. ábra. Protuberanciák a Napon

## 6. Konklúzió, összefoglalás

A hidrogén alfa naptávcső átépítése több tanulsággal szolgált. Kiindultunk egy kis teljesítményű, de jó minőségű hidrogén alfa naptávcsőből és egy közepes minőségű olcsó 10 cm-átmérőjű akromatikus távcsőből. A nagyobb távcső diszperzió miatt fellépő leképezési hibája jelen esetben nem ront a végeredményen, mert a naptávcsőből monokromatikus fény lép ki. A távcső átépítése gondos tervezést és precíz megmunkálást igényelt, esetenként több új ötletre is szükség volt a megvalósításhoz.

Az munka eredménye egy sokkal jobb felbontású és nagyobb fókuszu, ugyanakkor megfelelő fényerejű távcső lett. Az első bepillantáskor meglepően szép, részletgazdag kép tárult elénk a Napról. Míg az eredeti távcsővel a kis objektív átmérő miatt 40-50-szeres nagyítás volt a határ amíg éles képet kaptunk, az átalakított távcsővel a 100 szoros nagyítás is élvezhető és részletgazdag képet ad.

Érdeemes volt tehát belevágni a naptávcső átalakításába, mert mind a használhatóság, mind a képalkotás terén egy lényegesen jobb, szebb képű távcsövet sikerült építeni, a kereskedelemben kapható hasonló paraméterekkel rendelkező naptávcsövek árához képest jóval kisebb befektetéssel.

## Irodalomjegyzék:

[1]: Pápics Péter István, Iskum József: A Napészlelés kézikönyve

(Magyar Csillagászati Egyesület 2006.)

[2]: <https://www.baader-planetarium.com/en/blog/first-class-h-alpha-solar-filter-by-solar-spectrum/>

[3]: <https://www.ianmorison.com/h-alpha-solar-telescopes-an-in-depth-discussion-and-survey/>

[4]: V.I.Skomorovsky, G.I. Kushtal, L.S.Lopteva, V.A.Proshin, A.G.Tsayukova:

Commercial narrowband Fabry–Perot solar filters, methods and instruments for examination (Solnechno-zemnaya fizika 2015. Vol. 1. Iss. 3. P. 72–90. DOI: 10.1 2737/10537.)

[5]: Chung-Pink Chang, Pi-Cheng Tung, Lih-Horng Shyu, Yung-Cheng Wang, Eberhard

Maske: Fabry–Perot displacement interferometer for the measuring range up to 100

Measurement, [www.elsevier.com/locate/maasurement](http://www.elsevier.com/locate/maasurement) 9 July 2013.)

[6]: <https://luntsolarsystems.com/>

[7]: <https://www.star-gazing.co.uk/WebPage/guides/tuning-a-quark-for-solar-viewing/>