

Optické parametry objektivu Secrétan Paris 130/1930 Hvězdárny v Úpici.

Zdeněk Rail, Zbyněk Melich
Ústav fyziky plazmatu AV ČR, v.v.i.- Toptec
Sobotecká 1660, 51101 Turnov
e-mail : rail@ipp.cas.cz, melichz@ipp.cas.cz

Objektiv Secrétan Paris 130/1930 Hvězdárny v Úpici byl na pracovišti ÚFP AV ČR, v.v.i.- TOPTEC vyčištěn a byly proměřeny jeho optické parametry.

V referátu uvádíme výsledky matematické simulace zbytkových vad objektivu.

The Optical Parameters of Objective Lens Secrétan Paris 130/1930 of Observatory of Úpice

Objective lens of Secrétan Paris 130/1930 of Úpice observatory was cleaned and measured its optical parameters in IPP AS CR, v.v.i. - TOPTEC.

In this paper we present results of mathematical simulation of residual aberrations of this lens.

1. Úvod

V polovině šedesátých let byl do malé západní kopule úpické hvězdárny umístěn astro-graf, pocházející z pozůstalosti po Dr. Antonínu Bečvářovi (obr. 1). Na vidlicové paralaktické montáži jsou zde umístěny dvě zrcadlové komory. Větší o průměru $d240$ mm s ohniskovou vzdáleností $f=1360$ mm. Menší fotokomora má průměr $d210$ mm a ohniskovou vzdálenost cca 1800 mm. Obě tato zrcadla byla zhotovena osobně Dr. Antonínem Bečvářem.

Jako pointační dalekohled astrografu je používán refraktor o optickém průměru $d130$ mm, s ohniskovou vzdáleností $f=1930$ mm. Tento achromatický objektiv pochází od francouzské firmy Secrétan Paris, jak je vyznačeno na mosazné objímce objektivu (obr. 7). Firma Secrétan vyráběla v průběhu 19. a 20. století řadu kvalitních opticko-mechanických přístrojů. Zřejmě proto si objektiv Dr. Bečvář vybral k sestavení svého refraktoru.

Montáž s dalekohledy Dr. Bečváře doprovázela při jeho působení na Štrbském plese ve funkci klimatologa, později od roku 1943 byl přístroj umístěn v malé kopuli vybudované ob-servatoře na Skalnatém plese [12]. Zpět do Brandýsa nad Labem do původní hvězdárny se přístroj opět dostal při odchodu Dr. Bečváře ze Skalnatého plesa [13]. Po úmrtí pana doktora Bečváře se podařilo řediteli Hvězdárny v Úpici panu Mlejnkovi získat přístroj do majetku úpické hvězdárny.

Astrograf Dr. Bečváře je na úpické hvězdárně využíván často k zácvičování fotografování objektů na obloze. Pointační dalekohled s objektivem Secrétan Paris 130/1930 se také používá k vizuálnímu pozorování návštěvníků hvězdárny. V této roli se stal takřka legendárním přístrojem v naší republice, s ohledem na jeho vynikající zobrazovací vlastnosti. Během expedic, organizovaných úpickou hvězdárnou, i v rámci pozorování astronomických kroužků, s ním pracovalo velké množství pozorovatelů, ze kterých se mnozí později stali významní pracovníci v oborech přírodních a technických věd [1,2].

Objektiv přístroje byl v závěru roku 2013 předán do ÚFP AVČR, v.v.i., Toptec Turnov k vyčištění a justáži. V rámci těchto prací vznikla příležitost dublet proměřit a vyčíslit jeho zbytkové vady.

2. Osobnost Dr. Antonína Bečváře

RNDr. Antonín Bečvář se narodil 10. června 1901 ve Staré Boleslavi, od 16-ti let žil v sousedním Brandýse nad Labem. Zde si v roce 1927 s pomocí přátel postavil malou hvězdárnu (obr. 2 a obr. 5). Celý dalekohled hvězdárny zřejmě sám zkonstruoval, pro obě fotokomory si vyrobil paraboloidická zrcadla. Jeho hvězdárna se brzy stala známým místem astronomických pozorování. Nepodařilo se nám zjistit, jakým způsobem Dr. Bečvář objektiv fy Secrétan ke stavbě refraktoru získal.

Antonín Bečvář vystudoval klimatologii a astronomii na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy v Praze (obr. 3). Studia ukončil disertační prací z oboru meteorologie v roce 1934. V roce 1937 přijal místo státního klimatologa ve Vysokých Tatrách na Štrbském plese. Sem si převezl i svůj dalekohled a postavil novou kopuli. Po zrušení Československé astrofy-zikální observatoř ve Staré Ďale se mu podařilo dohodnout, aby výkonný

reflektor o průměru 600 mm byl přemístěn na Skalnaté Pleso, a podařilo se mu prosadit, aby zde v letech 1941-1943 byla pro dalekohled postavena nová hvězdárna (obr. 4).

Hvězdárna na Skalnatém Plese se postupně stala uznávaným vědeckým ústavem (obr.4). Na Skalnatém plese Dr. Antonín Bečvář začal realizovat své unikátní hvězdné atlasy. V roce 1948 se svými spolupracovníky dokončil Atlas Coeli, který se stal nepostradatelnou pomůckou všech astronomických pracovišť po celém světě. V roce 1951 byl Dr. Bečvář z politických důvodů z jím vedené observatoře na Skalnatém Plese propuštěn. Vrátil se zpět do Brandýsa nad Labem, aby zde pokračoval v práci na dalších hvězdných atlasech. Vytvořil tak trilogii hvězdných atlasů: Eclipticalis (1958), Borealis (1962) a Australis (1964).

Po celou dobu svého pobytu v Tatrách se Dr. Bečvář zabýval studiem mraků. Jeho systematická práce vyústila v roce 1953 ve vydání rozsáhlého díla - Atlasu horských mraků. Bečvář však byl člověk s velmi širokým spektrem zájmů. Mimo astronomie se stále věnoval mete-orologii, fotografoval, hrál velmi dobře na klavír i housle, byl výborný šachista a především byl náruživým turistou a obdivovatelem hor. V roce 1948 vydal barevnou publikaci Vysoké Tatry. Napsal též literární novelu Jediné léto (1940).

Dne 10. ledna 1965 Dr. Antonín Bečvář v Brandýse nad Labem zemřel. Nesmazatelně se zapsal do historie československé astronomie a stal se jedním z nejvýznačnějších astronomů minulého století. Za sebou zanechal řadu mimořádně zajímavých a velmi významných prací [12,13,14].

3. Firma Lerebours et Secrétan Paris

Marc F. L. Secrétan, narozený v roce 1804, byl profesor matematiky v Lausanne ve Švýcarsku. V roce 1844 odešel do Paříže, kde začal spolupracovat s Noelem J. Lereboursem, vlastníkem optické firmy, vyrábějící dalekohledy a nejrůznější přístroje.

Secrétan se brzy stal spoluvlastníkem a později i majitelem firmy Lerebours et Secrétan. Do své smrti v roce 1867 vyrobil velkou řadu optických přístrojů včetně velkých refraktorů, pro řadu francouzských i zahraničních observatoří. Secrétanova firma spolupracovala s Leonem Foucaultem, Williamem Eichensem, bratry Henryovými a dalšími významnými francouzskými vědci a techniky.

Vedení firmy později převzali syn August a po něm jeho bratranec Georges E. Secrétan. Na začátku 20. století vlastnil firmu Paul Victor Secrétan, který se však spíše zabýval obchodováním. Později, od 20. letech firmu Secrétan vedl C. Eprey a Jacqueline [3,4].

4. Měření dubletu

Parametry, potřebné k matematickému vyjádření optických vad dubletu byly měřeny následujícím osvědčeným postupem [5,6,7,8,9,10]:

Nejprve byla proměřena chromatická křivka celého objektivu (obr. 6).

K měření sečných vzdáleností paraxiálního svazku paprsků byla použita sada 11 ks in-terferenčních filtrů v rozsahu spektra od $\lambda=420$ nm do $\lambda=720$ nm, s pološířkami $\delta\lambda \approx 5$ nm.

Následně byl dublet rozebrán a změřeny poloměry křivostí jeho ploch a tloušťky čoček.

Poloměry křivostí ploch byly změřeny pomocí délkoměru interferometru Fisba, tloušťky čoček na Abbého délkoměru. Pomocí výše uvedené sady filtrů byla zjištěna i chromatická křivka spojné čočky dubletu.

Po těchto měřeních byl proveden výpočet indexů lomů korunového skla vstupní spojky pro jednotlivé vlnové délky a bylo možno určit disperzní křivku tohoto skla.

Indexy lomů skla rozptylky byly dopočítány tak, aby výsledná chromatická křivka dubletu co nejlépe odpovídala naměřeným hodnotám.

V oboru spektra mezi čarami F (486,1 nm) a C (656,3 nm) bylo možné měřit sečné vzdálenosti paraxiálních paprsků objektivu s přesnostmi desetin milimetrů. Na okrajích viditelného spektra byla přesnost měření nižší, vzhledem k horší citlivosti oka a kvůli funkčním polo-šířkám použitých filtrů.

K simulaci optických vad byl použit optický program Zemax [11].

5. Výsledky simulací

Achromatický objektiv - dublet Secrétan Paris o optickém průměru $d=130$ mm má ohniskovou vzdálenost $f=1933$ mm. Jedná se o obecný dublet s bikonvexní korunovou spojkou, která má plochy velmi blízkých poloměrů křivostí R1 a R2. Rozptylka je bikonkávní čočka, s velkou hodnotou poloměru vnější plochy R4. Objektiv je achromaticky korigován pro spektrální čáry B (687 nm) a F (486,1 nm).

Tuto korekci pro achromatické objektivy zavedl na empirickém základě již Joseph Fraunhofer na počátku 19. století. Objektivy s B-F korekcí (označované jako korekce typu B) oproti korekci typu C-F vykazují na planetárních discích větší kontrast, díky lépe vykorigovaným paprskům ve žluté oblasti spektra, kde leží těžiště slunečního světla. V modré a fialové části spektra jsou B-F typy objektivů vykorigovány hůře, a to se projevuje indigovým halem okolo jasných hvězd. Takové indigové halo kolem planet či Měsíce je často mylně interpreto-

váno jako nesprávně barevně korigovaný achromát. Při vizuálním pozorování zvětšení průměrů obrazů (spotů) hvězd ve fialové a modré barvě je zpravidla za běžných podmínek pozorování nepostřehnutelné a nezhoršuje kontrast obrazu, to díky nižší citlivosti oka v těchto oborech spektra.

Objektiv s korekcí typu C-F (korekce typu C) vytváří kolem pozorovaných objektů halo nachové a je vhodnější pro pozorování hvězd a pozemních objektů.

Tvarové parametry objektivu ukazují na to, že tento dublet je navržen jako neaplanatický, se zápornou komou. Objektiv byl konstruován pro pozorování na optické ose a v malé vzdálenosti od ní, s maximálním kontrastem obrazu pro vizuální pozorování ve žluté části spektra (obr. 9-12).

Korunové sklo, použité na výrobu spojné čočky v tomto dubletu má index lomu

$n_d = 1,515147$ a Abbého číslo $v_d = 56,97$. Flintové sklo rozptylky má index lomu $n_d = 1,617581$ a Abbého číslo $v_d = 35,64$.

Obě čočky, spojka i rozptylka, jsou relativně tenké - měření na sféroidinterferometru ukázalo nepravidelné zborcení optických ploch v hodnotách desetin vlnové délky. Po optické stránce tyto deformace výrazně nezhoršují zobrazovací vlastnosti dubletu jako celku. Rozptylný člen vykazuje v polariskopu nezanedbatelné pnutí použitého materiálu.

Objektiv byl po provedených měřeních sestaven a justován užitím autokolimačního testu s přesným rovinným zrcadlem a Ronchi mřížkou s periodou 5 čar/mm. Test ukázal plynulý profil proužku, který jen v nejbližším přiblížení k ohnisku F' objektivu vykazoval mírné zvlnění. Odchylku od přímého proužku je možné vysvětlit přítomností zbytkového pnutí v rozptylce (obr. 8), které vyvolává změnu indexu lomu uprostřed disku.

V zelené barvě (546.1 nm) je otvorová vada objektivu velmi přesně opravena, nenabývá větších hodnot než 60 nm (obr. 13,14).

6. Parametry dubletu:

	Surf.Type	Radius	Thickness	Glass	Diameter	Conic
OBJ	Standard	Infinity	Infinity	Air	Infinity	0
1	Standard	715,03	13,08	CROWNSECR	130	0
2	Standard	-761,19	0,2	Air	130	0
3	Standard	-758,98	6,92	FLINTSECR	130	0
4	Standard	9220	1912,78	Air	130	-50
IMA	Standard	Infinity			0	0

Pozn. Pro optimální korekci otvorové vady dubletu je nutné závést kompenzaci asférickou plochou alespoň na jednu z optických ploch. Byla zvolena plocha No.4. Hodnota přidané asféricity je $e_2 = -50$, což reprezentuje odchylku $\delta W \approx 70$ nm na zóně $h = 0.707$ dopadové výšky H vstupního svazku ($2H = d$).

Odvozené indexy lomů materiálu spojné korunové čočky (crownsecr) a rozptylky z flintového skla (flintsecr) objektivu, teplota skel $t = 23,5$ °C

λ [nm]	436	486.1	546.1	587.6	643.8	656.3
CROWNSECR	1.526347	1.521437	1.517301	1.515147	1.512835	1.512395
FLINTSECR	1.639672	1.629771	1.621691	1.617581	1.613255	1.612442

λ [nm]	687.0	705
CROWNSECR	1.511401	1.510870
FLINTSECR	1.610621	1.609658

7. Závěr

Achromatický objektiv Secrétan Paris o průměru $d130$ mm a ohniskové vzdálenosti $f'1933$ mm hvězdárny v Úpici patří do kategorie dubletů s korekcí B. Objektiv lze doporučit využívat pro vizuální pozorování s maximálním kontrastem obrazů ve žlutozelené oblasti spektra, například pro pozorování planet. Po optické stránce je velmi kvalitně obroběn, jeho optické plochy nejsou podstatně zkorodovány nebo poškozeny. Je předpoklad, že objektiv bude ještě dlouho sloužit požadavkům amatérské astronomie.

Je velmi obtížné určit dobu, kdy byl objektiv vyroben. Lze předpokládat, že jde o práci kolem roku 1880.

Základní optické parametry objektivu jsou uvedeny v přiložených tabulkách.

Tento článek vznikl v rámci projektu č. CZ.1.05/2.1.00/03.0079 Regionální centrum speciální optiky a optoelektronických systémů TOPTEC, který je realizován za podpory Evropského fondu pro regionální rozvoj v programu OP VaVpI a Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy České republiky.

8. Literatura

- [1] Mlejnek V., Vzpomínky na vznik a rozvoj Hvězdárny v Úpici, Hvězdárna v Úpici, Úpice 1999, s. 49.
- [2] Marková E., Vzpomínky na rozvoj Hvězdárny v Úpici – 2. část, Hvězdárna v Úpici, Úpice 2009, s. 55.
- [3] <http://home.europa.com/~telescope/tsfrance.txt>
- [4] Church John A., Optical Design of Some Famous Refractors, Sky and Telescope, March, 1982.
- [5] Havelka B., Geometrická optika I,II, NČSAV, Praha 1955, s.344, s.289.
- [6] Mikš A., Geometrická a vlnová optika, ČVUT, Praha 2000, s.259
- [7] Michelson N. N., Optičeskije teleskopy, Nauka, Moskva 1976, s.512.
- [8] Rutten van Venrooij, Telescope Optics, Willmann- Bell, Inc., Richmond, Virginia 2002, p.398.
- [9] Apenko M., I., Dubovik A., S., Prikladnaja optika, Nauka, Moskva, 1982, s.351.
- [10] King Henry C., The History of the Telescope, Dover Publications, Inc., Mineola, New York 2005, p.480.
- [11] Optical Design Program Zemax, User's Guide, Version 14, Focus Software, Inc., Tuscon 2014, p. 350.
- [12] Hric L., Zverko J., Rušín V., Zborník 100. výročie narodenia Dr. Antonína Bečvářa, zakladatele observatória na Skalnatom plese, SAS při SAV, Tatranská Lomnica 2001.
- [13] Kovář Š.I., Antonín Bečvář-astromom, který miloval mraky, Nakladatelství M.Nováka, Brandýs nad Labem 2001, s.70.
- [14] Šolc I., Fyzik vypravuje, Fyzik vypravuje, Hvězdárna v Úpici, Úpice 1999, s.110.

9. Autoři

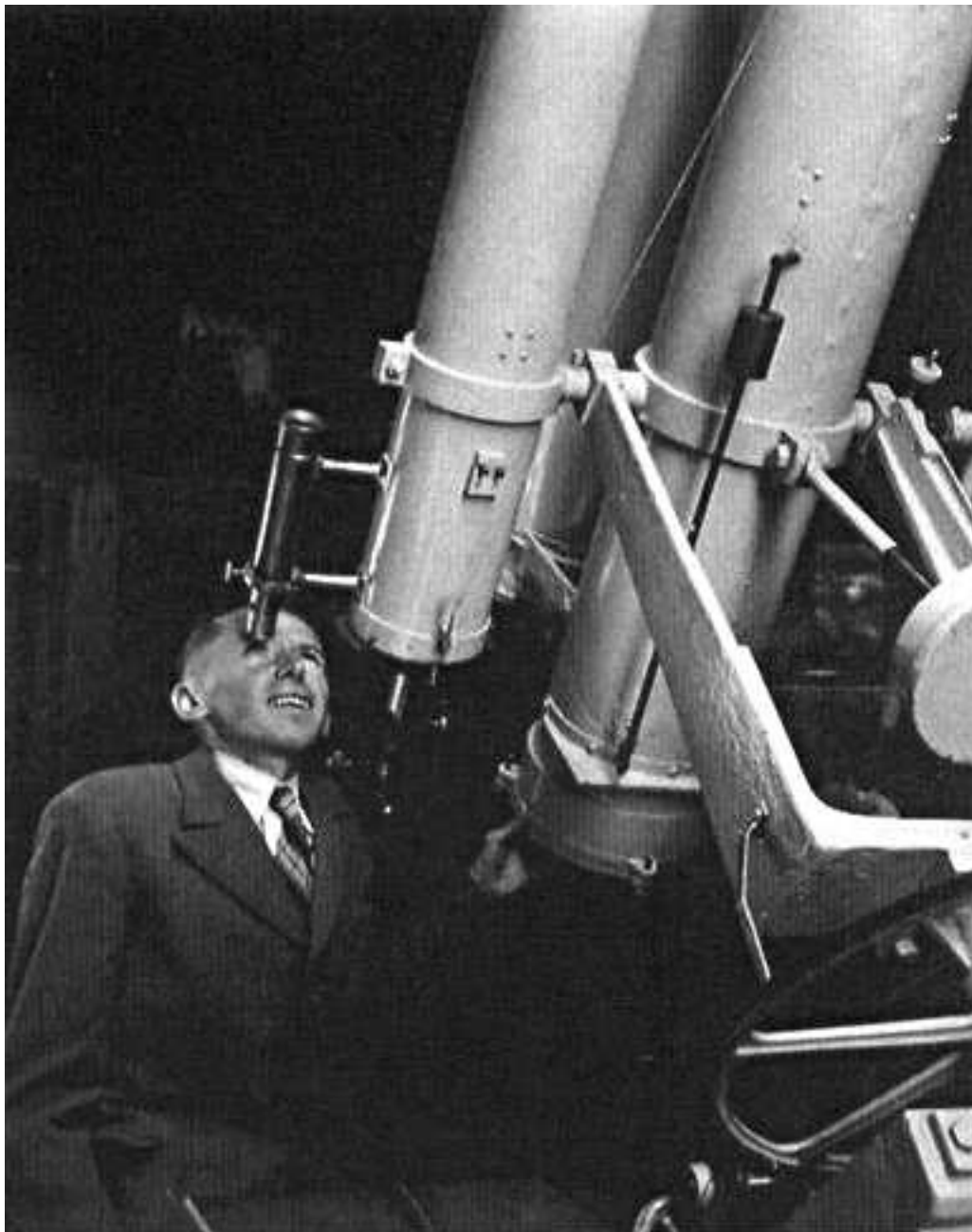
Zdeněk Rail, prom.fyz., Ústav fyziky plazmatu AV ČR, v.v.i., Regionální centrum speciální optiky a optoelektronických systémů TOPTEC, Sobotecká 1660, 511 01 Turnov, tel.: 420 487 953 904, e-mail: rail@ipp.cas.cz

Zbyněk Melich, RNDr, Ústav fyziky plazmatu AV ČR, v.v.i., Regionální centrum speciální optiky a optoelektronických systémů TOPTEC, Sobotecká 1660, 511 01 Turnov, tel.: 420 487 953 904, e-mail: melichz@ipp.cas.cz

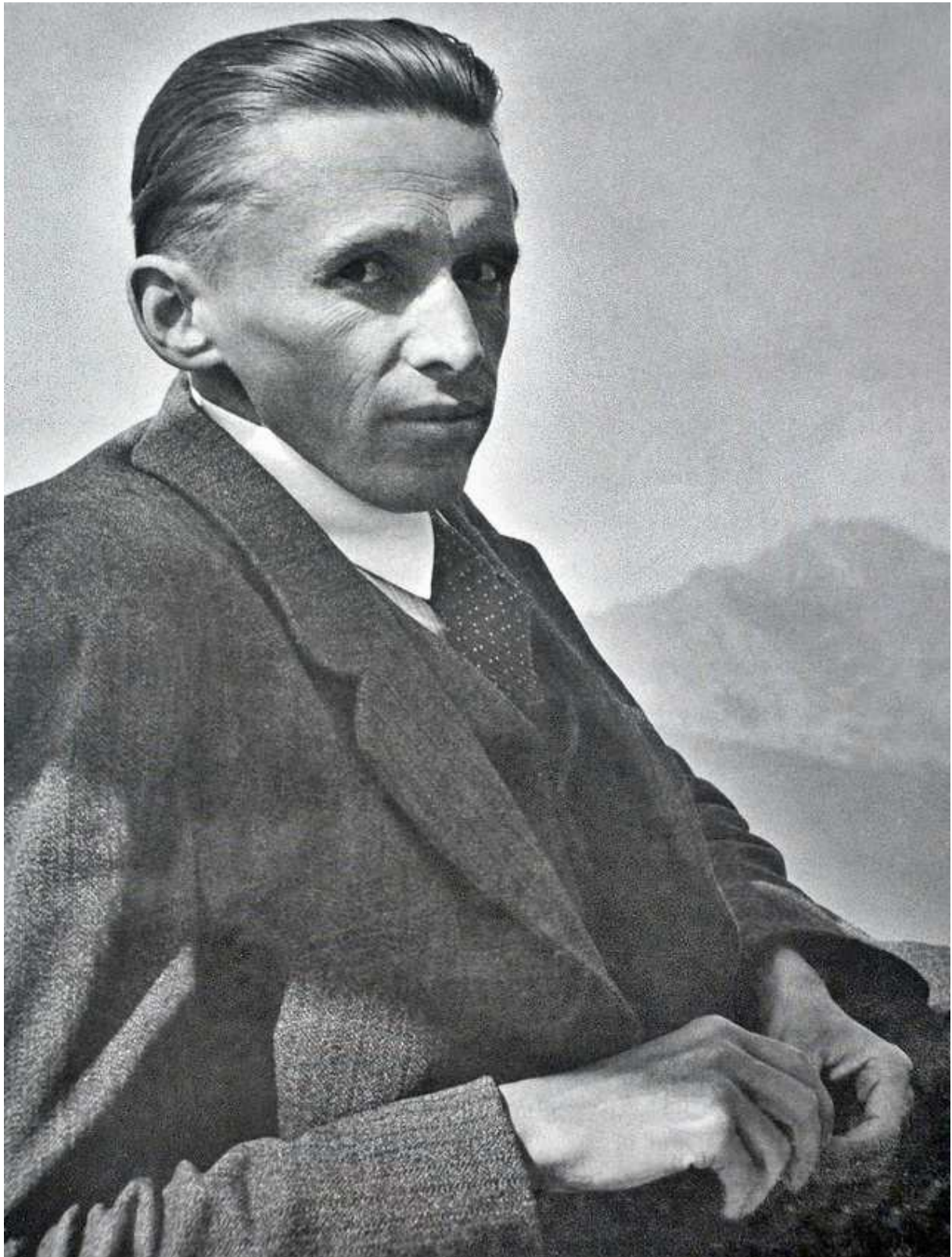
Tento článek vznikl v rámci projektu č. CZ.1.05/2.1.00/03.0079 Regionální centrum speciální optiky a optoelektronických systémů TOPTEC, který je realizován za podpory Evropského fondu pro regionální rozvoj v programu OP VaVpI a Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy České republiky



Obr. 1: Dalekohled Dr. A.Bečváře v západní kopuli Hvězdárny v Úpici



Obr. 2: Historický snímek Dr. Antonína Bečváře s jeho dalekohledem



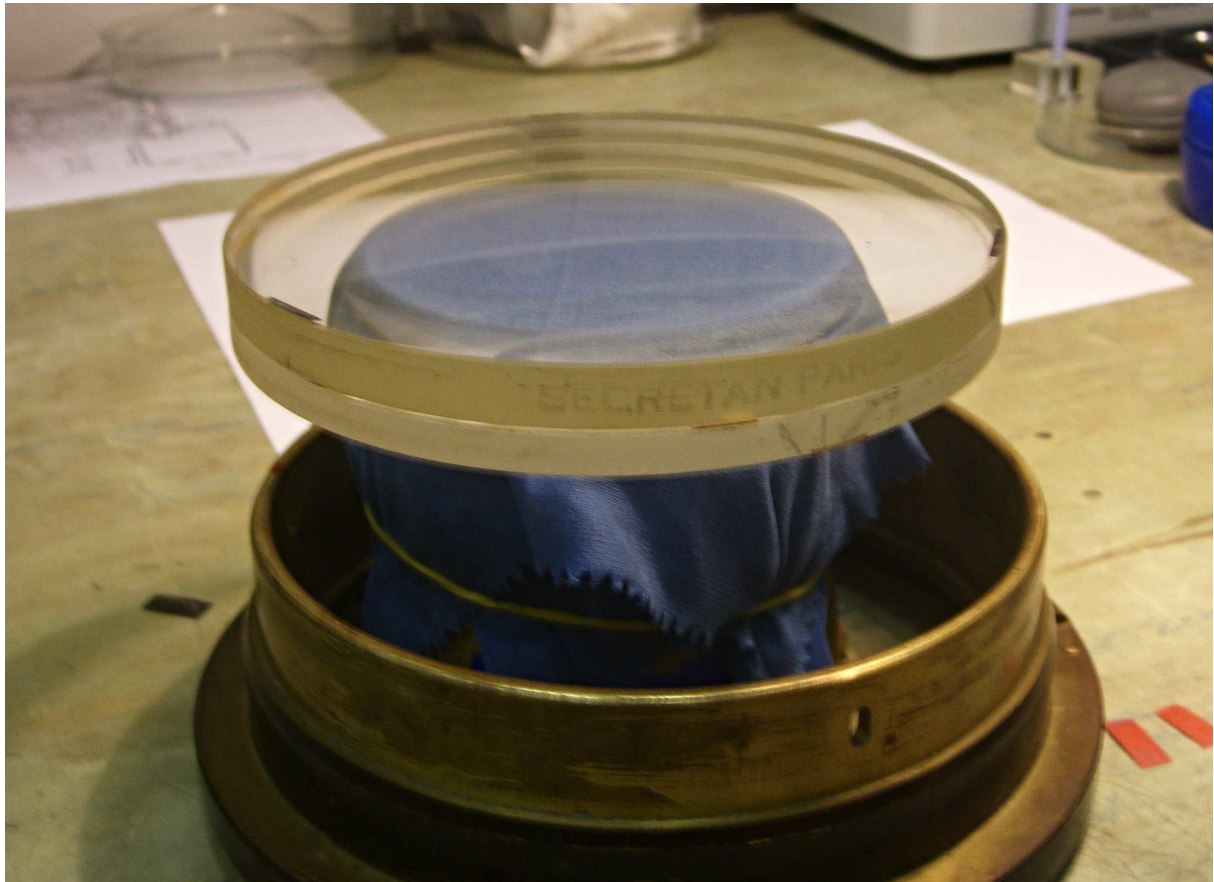
Obr. 3: Dr. Antonín Bečvář



Obr. 4: Hvězdárna na Skalnatém plese



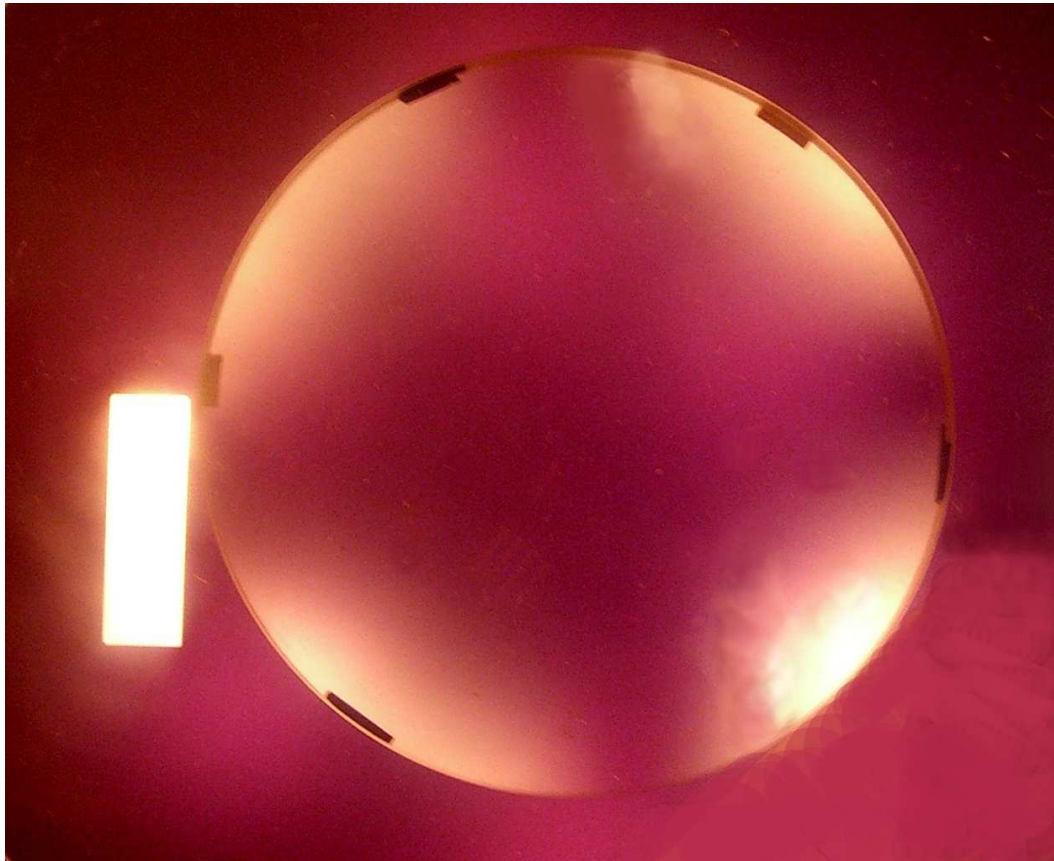
Obr. 5: Ing. Vojtěch Vančura, synovec Dr. Bečváře, u Hvězdárny v Brandýse



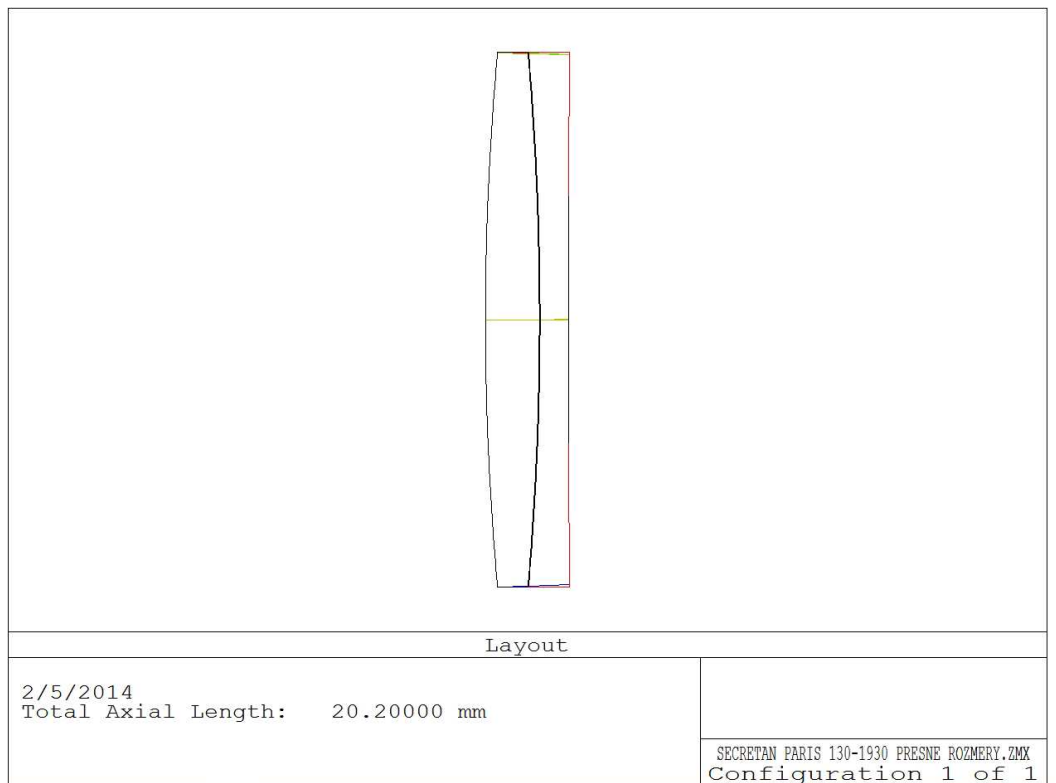
Obr. 6: Objektiv Secrétan Paris 130/1930 po demontáži z objímky



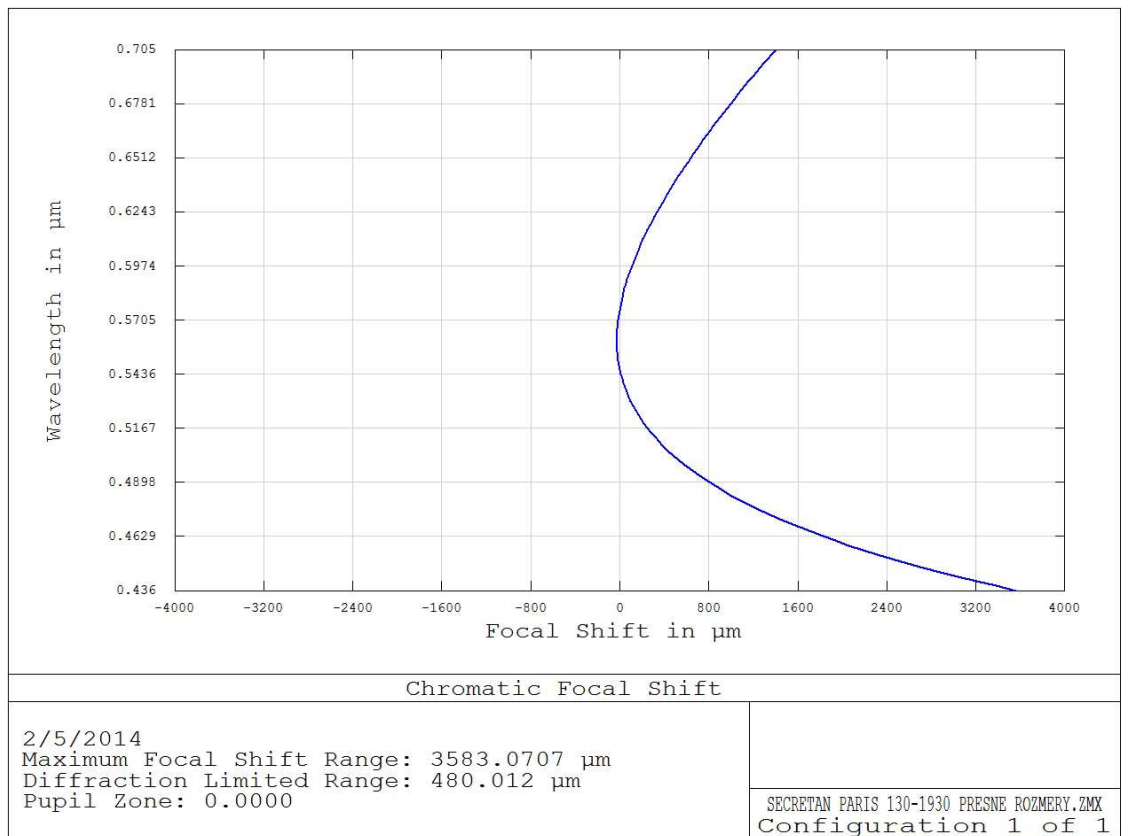
Obr. 7: Objímka dubletu s nápisem před čištěním



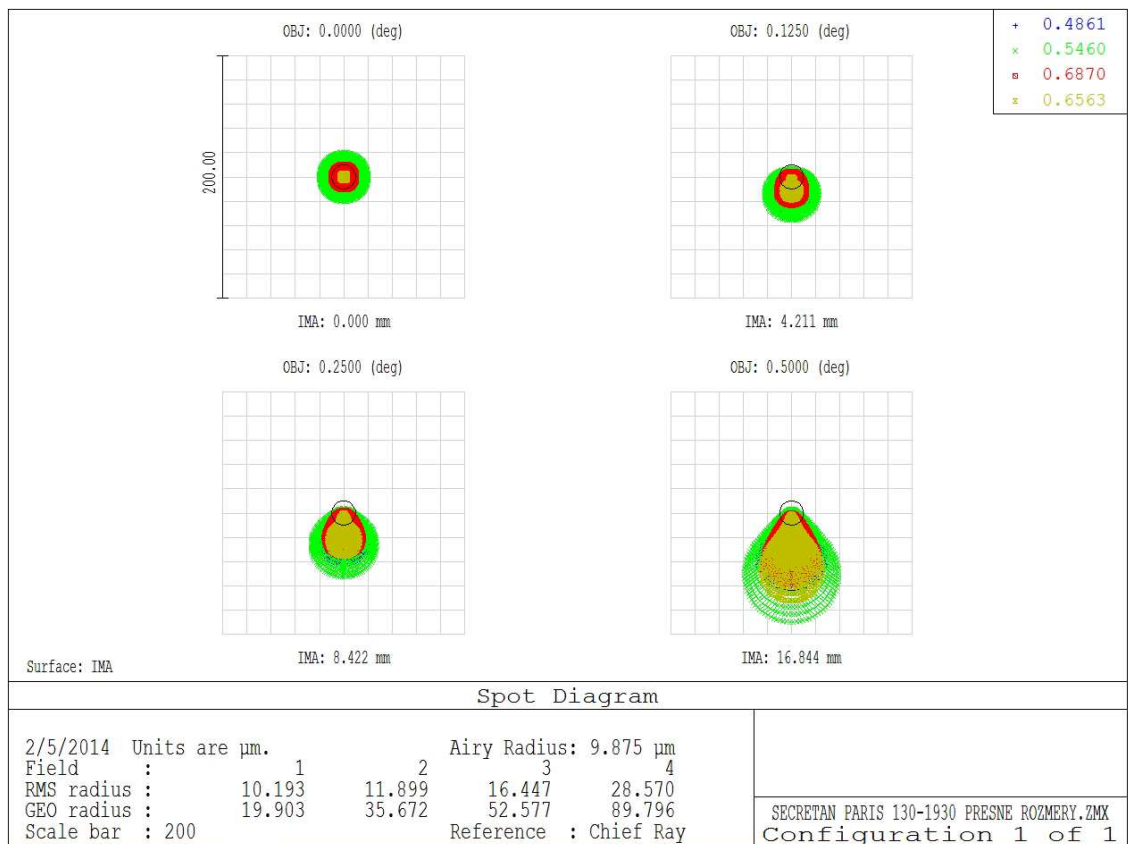
Obr. 8: Zbytkové vnitřní pnutí rozptylky v polariskopu



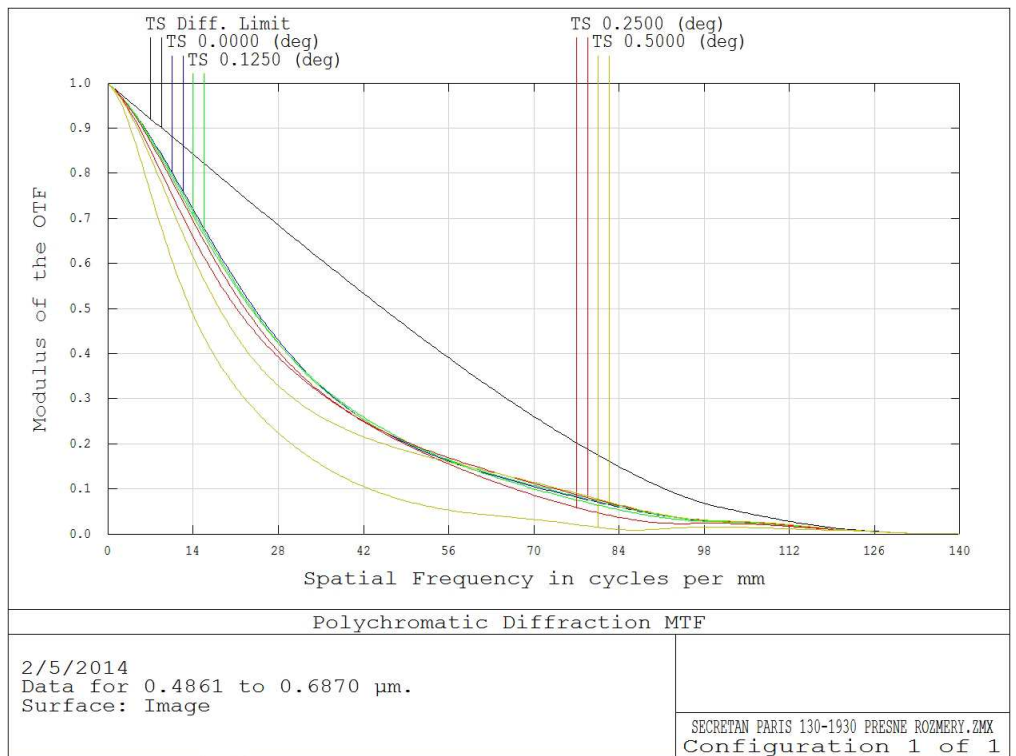
Obr. 9: Schéma dubletu



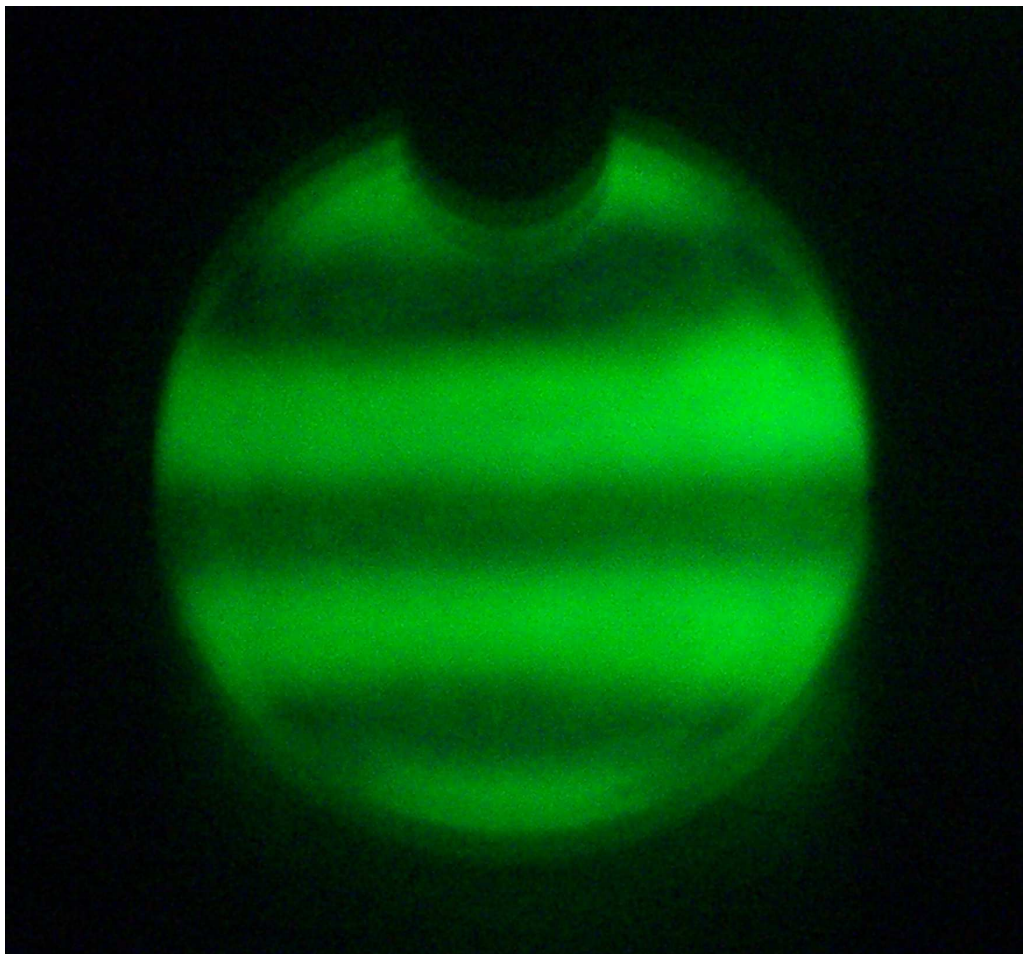
Obr. 10: Chromatická křivka dubletu



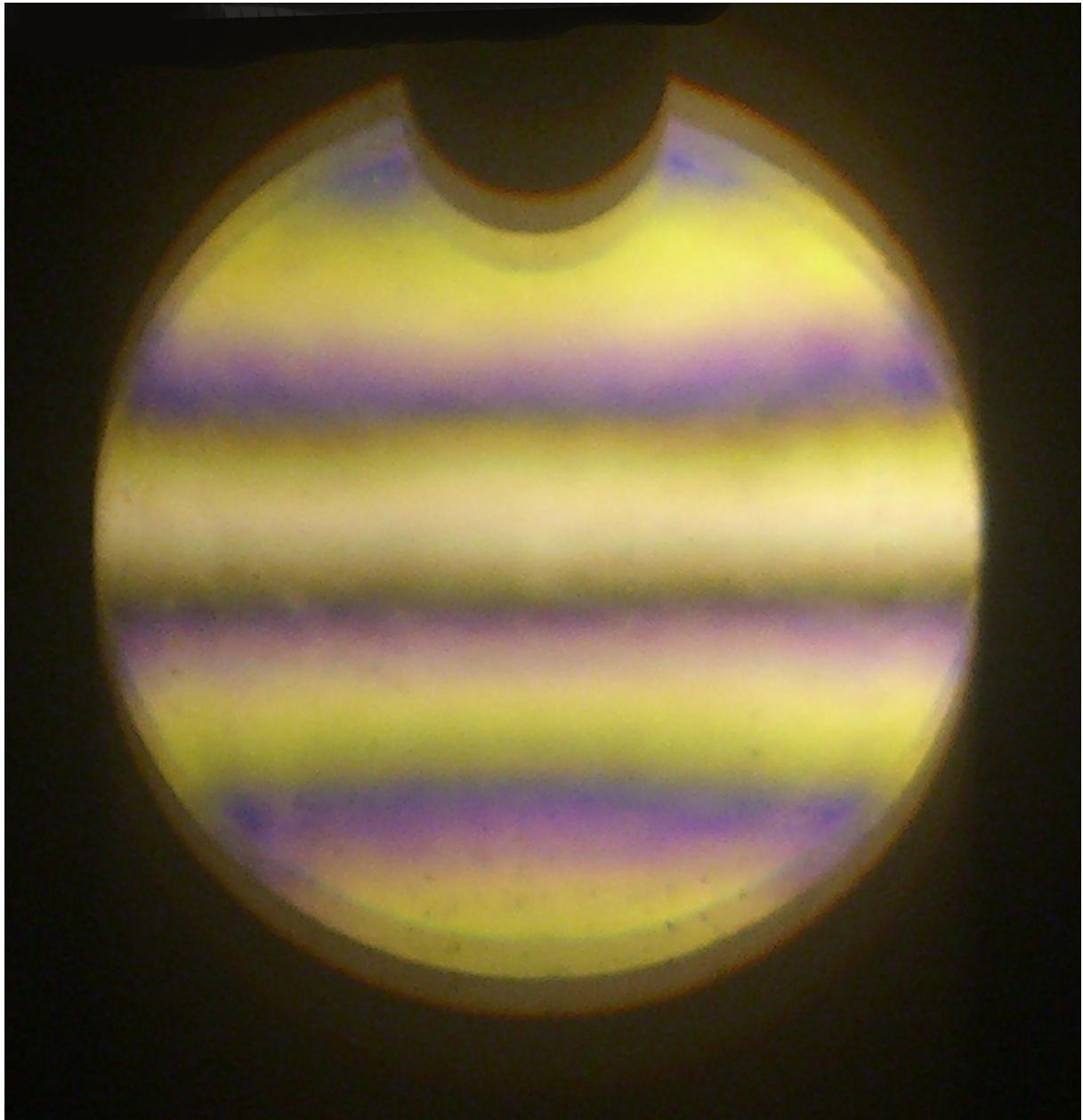
Obr. 11: Spotdiagramy dubletu



Obr. 12: MTF křivky dubletu



Obr. 13: Ronchigram sestaveného objektivu ve spektrální čáře e



Obr. 14: Ronchigram sestaveného objektivu v bílém světle