

Moderné slnečné ďalekohľady na Kanárskych ostrovoch a v USA

Pre veľké slnečné ďalekohľady je, podobne ako v prípade ďalekohľadov pre nočnú astronómiu, dôležitý výber lokality. Nachádzajú sa väčšinou v dostatočnej nadmorskej výške, aby boli zaručené kvalitné pozorovacie podmienky (menšie chvenie obrazu) a vysoký počet slnečných dní. Kvalita obrazu v slnečných ďalekohľadoch je okrem atmosférických efektov ovplyvnená aj teplom, ktoré vzniká dopadajúcim slnečným žiarením a vzduchom v tubuse ďalekohľadu. To spôsobuje chvenie a rozmazanie obrazu Slnka. Moderné slnečné ďalekohľady sú buď vákuové ďalekohľady, teleskopy plnené héliom, alebo také, ktoré používajú chladenú optiku na zníženie ohrevu vzduchu v ďalekohľade. Vákuové ďalekohľady nemôžu mať veľký priemer vstupnej apertúry, pretože musia byť hrubé, aby vydržali rozdiel tlaku medzi vonkajším prostredím (vzduch) a vnútorom ďalekohľadu (vákuum), ale zároveň dostatočne opticky kvalitné. Horná hranica priemeru vákuového ďalekohľadu je preto niečo vyššie 1 m. Vákuovým ďalekohľadom je napr. šošovkový 1 metrový *Swedish Solar Telescope* – SST (Švédsky slnečný ďalekohľad) na ostrove La Palma (Kanárske ostrovy, Španielsko), resp. *Vacuum Tower Telescope* – VTT (Vákuový slnečný vežový ďalekohľad) na susednom ostrove Tenerife. Refraktor SST prevádzkuje Inštitút pre slnečnú fyziku (Institute for Solar Physics) Švédskej kráľovskej akadémie vied (Royal Swedish Academy of Sciences). Naplnenie ďalekohľadu héliom namiesto vzduchom znižuje nepriaznivé účinky tepla na obraz, ale nie natolko ako v prípade vákuových ďalekohľadov. Optické členy (šošovky uzatvárajúce héliový tubus) môžu byť tenšie, a preto je technologicky ľahšie dodržať dostatočnú optickú kvalitu. V susedstve VTT, na ostrove Tenerife, je kupola francúzsko-talianskeho ďalekohľadu THEMIS – *Télescope Héliographique pour l'Etude du Magnétisme et des Instabilités Solaires* (Heliografický ďalekohľad pre štúdium magnetizmu a nestabilit na Slnku) s optickým systémom Ritchey-Chretien. Má apertúru 90 cm a jeho tubus je naplnený héliom. Budúce návrhy ďalekohľadov tohoto typu predpokladajú priemer do 2,4 m. Pre budúce veľmi veľké slnečné ďalekohľady je preto zrejme najschodnejšou cestou budovanie otvorených *slnečných zrkadlových ďalekohľadov* s regulovanou teplotou optiky a uplatnenie adaptívnej optiky. Príklady takých ďalekohľadov sú: *Dutch Open Telescope* – DOT (Holandský otvorený ďalekohľad) tiež na ostrove La Palma, 1,5 m GREGOR, ktorý bude na ostrove Tenerife (Kanárske ostrovy, Španielsko). O novom 1,5 metrovom ďalekohľade GREGOR, ktorý uzrie prvé svetlo pravdepodobne v roku 2010, informoval Dr. M. Rybanský v KOZMOSE č. 3/2007. Tento najväčší slnečný ďalekohľad však môže ešte pred vykonaním testovacích pozorovaní stratiť prvenstvo, keby bola skôr dokončená inštalácia 1,6 m slnečného ďalekohľadu (New Solar Telescope – NST) v Big Bear Observatory (Kalifornia, USA). Advanced Technology Solar Telescope (Slnečný ďalekohľad so zdokonalenou technológiou) s priemerom zrkadla 4,24 m, ktorý bude inštalovaný na Haleakala (Havajské ostrovy), však presiahne aj rozmery NST. Európa pripravuje tiež veľký slnečný ďalekohľad EST – European Solar Telescope s priemerom hlavného zrkadla 4,2 m, ktorý má byť umiestnený na ostrove La Palma. Ďalekohľady SST, DOT, VTT a THEMIS sú prevádzkované v rámci konzorcia ENO – European Northern Observatory, v observatóriách Kanárskeho astrofyzikálneho ústavu (Instituto de Astrofísica de Canarias – IAC).

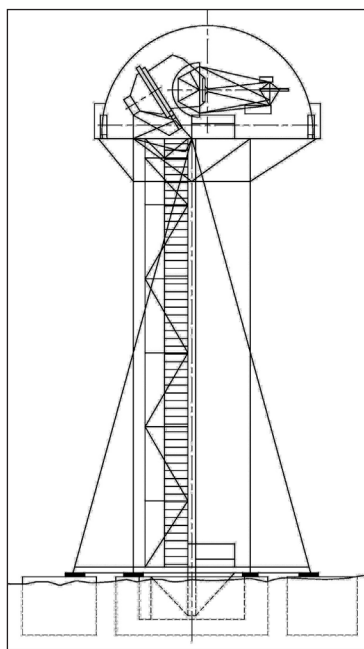
Pre podrobnejšiu charakteristiku som kvôli limitovanému priestoru pre článok vybral dva ďalekohľady: DOT a VTT.



R. H. Hammerschlag, autor návrhu a konštruktér teleskopu DOT, pri zatváraní kupoly po pozorovaní.

DOT – je prevádzkovaný Utrechtskou univerzitou (Utrecht University, Holandsko) v španielskom Observatorio del Roque de los Muchachos v národnom parku Caldera de Taburiente. Poloha observatória je 2 396 m n.m., 17° 53' 32" W, 28° 45' 23" N. DOT je inovatívny zrkadlový ďalekohľad s otvo-

reným tubusom na paralaktickej montáži. Priemer primárneho parabolického zrkadla je 45 cm s ohniskovou vzdialenosťou 2 m. Záznam obrazu zabezpečuje 5 kamier, každá s filtermi pre inú vlnovú oblasť: G-band (čiary CH, 430,5 nm), modré kontinuum (432,0 nm), Ca II H (396,8 nm), červené kontinuum

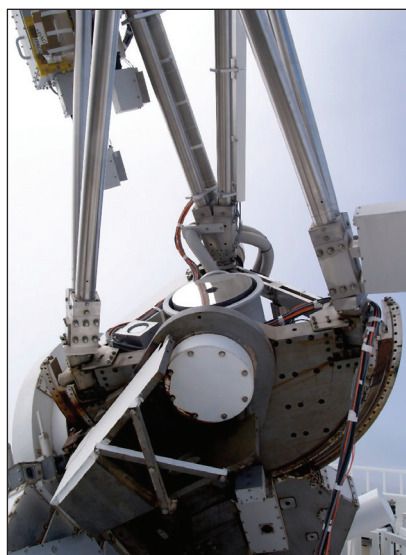


Veža ďalekohľadu DOT.



(654,0 nm) a H-alfa (656,3 nm). Keďže vzduch prúdi pri primárnom zrkadle voľne, udržiava sa viac-menej konštantná teplota vzduchu, čo znižuje chvenie obrazu. Kovová konštrukcia veže i ďalekohľadu, upevnenie záznamových kamier, to všetko je dostatočne pevné, aby bolo možné aj vo veternom počasi snímať stabilný obraz. Navyše, špeciálny softvérový algoritmus na získanie zaostrého obrazu a škvŕnková rekonštrukcia obrazu (speckle image reconstruction) zabezpečujú dosiahnutie difrakčnej hranice rozlišovacej schopnosti 0,2 oblúkovej sekundy (150 km na povrchu Slnka) oveľa častejšie, ako by to umožňovala aktuálna kvalita obrazu ovplyvnená poveternostnými podmienkami (seeing). Takto možno vykonávať pozorovania s vysokým priestorovým rozlíšením za účelom skúmania dynamiky a štruktúry slnečnej atmosféry.

<http://www.phys.uu.nl/~rutten/dot/>



Hlavné zrkadlo DOTu s priemerom 45 cm. Konštrukcia tohto ďalekohľadu umožňuje v budúcnosti inštalovať zrkadlo až do veľkosti 140 cm.



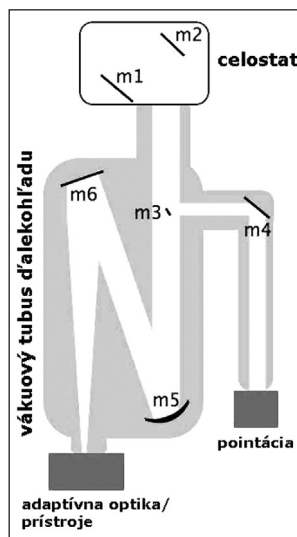
Pozorovacie veže ďalekohľadov DOT (vľavo) a SST (vpravo).



Primárne ohnisko hlavného zrkadla s filterami a kamerami. Hadice slúžia na odsávanie vzduchu.



Svetlo pre ďalekohľad VTT zabezpečuje celostatový systém, ktorého hlavnou výhodou je to, že obraz Slnka v laboratóriu nerotuje počas pozorovania. Laminárny systém nad vstupným priezorom vákuovaného tubusu umožňuje rovnomerné prúdenie vzduchu, čo znižuje chvenie obrazu. V pozadí je najvyššie miesto ostrova Tenerife – sopka Teide vysoká 3718 m n. m.

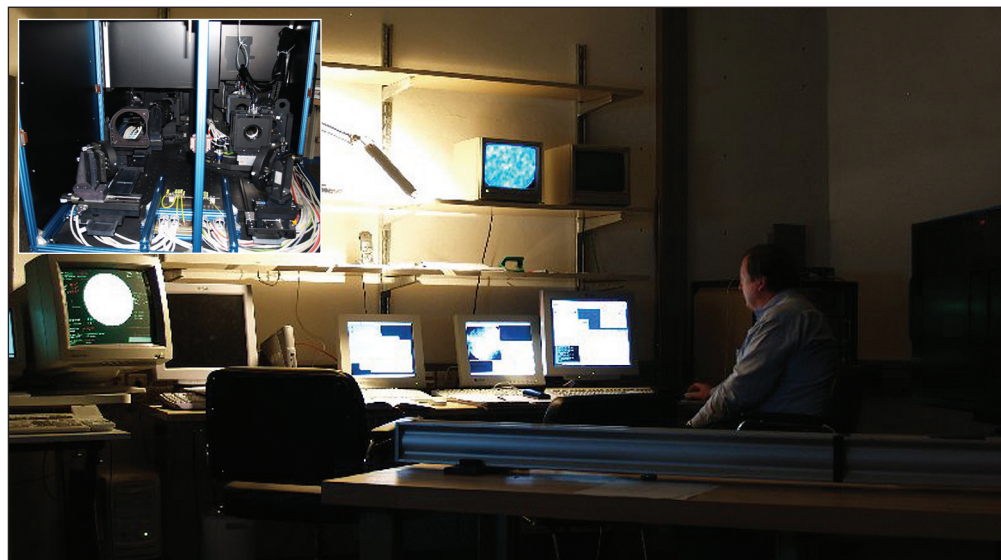


né svetlo nasmerované do postfokálnych prístrojov v jednotlivých optických laboratóriách (podľa typu pozorovania).

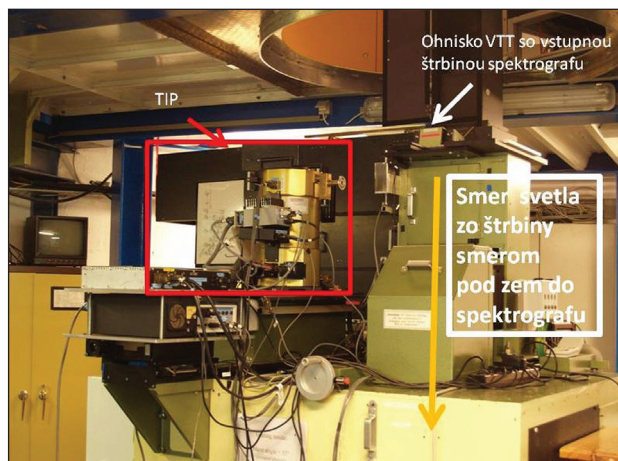
Optická schéma VTT. Zrkadlá celostatu (m1 a m2) privádzajú slnečné svetlo cez vstupné okno do vákuového tubusu ďalekohľadu. Zrkadlo m3 odráža malú časť svetla mimo vákuového tubusu do pointačného ďalekohľadu. Hlavné zrkadlo (m5) vytvára obraz v ohniskovej rovine (za výstupným oknom tubusu). Tam sa nachádza systém adaptívnej optiky, z ktorého je slneč-

VTT – štyri nemecké ústavy (Kiepenheuer-Institut für Sonnenphysik vo Freiburg, Universitäts-Sternwarte v Göttingene, Universitäts-Institut für Astronomie and Astrophysik vo Würzburgu a Astrophysikalisches Institut v Potsdame) prevádzkujú v španielskom Observatorio del Teide ďalekohľad VTT. Observatórium sa nachádza na planine Izaña, poloha observatória je 2400 m n.m., 16° 30' 37,1" W, 28° 18' 8,9" N. VTT je vákuový vežový ďalekohľad s priemerom hlavného zrkadla 70 cm a ohniskovou vzdialenosťou 46 m. Vysoká kvalita obrazu je dosahovaná vďaka systému stabilizácie obrazu MCAO – Multi-Conjugate Adaptive Optics, ktorý bol inštalovaný v roku 2000 (od roku 2003 je tento systém dostupný pre všetky prístroje umiestnené v ohniskovej rovine primárneho zrkadla). Najvýznamnejšími post-fokálnymi prístrojmi sú: spektropolarimeter POLIS (Polarimetric Littrow Spectrograph) pre spektrálnu čiaru Fe I 630,2 nm a simultánne intenzitné profily v Ca II H; vertikálny Echelle spektrograf (ohnisková vzdialenosť 15 m) so sústavou filtrov pre simultánne pozorovanie slnečných obrazov v troch vlnových dĺžkach; dvojdimenzionálny spektrometer TESOS (Triple Etalon Solar Spectrometer) s tromi Fabry-Perotovými interferometrami a spektropolarimeter TIP (Tenerife Infrared Polarimeter) pre blízku infračervenú oblasť do 2 mikrometrov. Pomocou takto vybaveného ďalekohľadu možno vykonávať pozorovania s vysokým priestorovým rozlíšením (0,5 oblúkovej sekundy) za účelom skúmania dynamiky a štruktúry slnečnej atmosféry (magnetické a rýchlostné polia, toky plazmy), ako aj jej chemického zloženia.

<http://www.kis.uni-freiburg.de>



Riadiaca jednotka spektrometra TESOS, vľavo hore pohľad do vnútra TESOSu.



Post-fokálne zariadenia VTT. Vpravo (zelený blok) je horná časť vertikálneho 15-metrového Echelle spektrografa. Spektrum z tohto spektrografa vystupuje v ľavej časti, kde je umiestnený TIP – mosadný tank s prídavnou elektronikou a chladením.

Pozorovacia veža VTT týčiaca sa do výšky 45 m (11 poschodí), optické laboratóriá siahajú až do úrovne 5 poschodí pod zemou.



Pootvorený tank unikátneho zariadenia KAOS (Kiepenheuer Adaptive Optics System) na stabilizáciu obrazu Slnka v ohniskovej rovine ďalekohľadu VTT.



Slnčné veže na Tenerife. V pozadí dva veľké slnečné nemecké ďalekohľady (vľavo GREGOR, vpravo VTT), pred nimi dve malé veže (vľavo starý španielsky ďalekohľad, vpravo slnečný teleskop - 40 cm Vacuum Newtonian Telescope) a úplne vpravo dole je kupola THEMIS.

Autor textu: RNDr. IVAN DOROTOVIČ, CSc.

Autor fotografií: RNDr. ALEŠ KUČERA, PhD.