

Távcsövek, észlelők, teljesítmények I.

A fenti címet olvasva sokan azt gondolhatják, hogy érdekes, különleges határteljesítményekről, felbontási vagy határmagnitúdó rekordokat taglaló sztorikról lesz szó. A kísértésnek valóban nehéz ellenállni, ám most "csak" a tükrös távcsövek leképezését, felbontását befolyásoló, a segédtükör által okozott központi kitakarás hatásairól lesz szó. E témakört illetően számos, esetenként ellentétes vélemény, sőt a szakirodalomban is publikált írás vált ismertté. Hogy a szubjektivitást lehetőleg elkerüljük, most nem csupán a hazai tapasztalatokra, hanem külföldi, professzionális szerzők írásaira is támaszkodunk.

A távcsövek minőségét az észlelők többnyire két, számszerűleg kifejezhető értékkel, a felbontóképeséggel (ívmásodpercben) és a vizuális fénygyűjtőképeséggel (határmagnitúdó csillagra és kiterjedt objektumokra) szokták jellemezni. Mint a későbbiekben látni fogjuk, ezek az értékek a meglévő elméleti számítások ellenére többnyire empirikusak, gyakorlati tapasztalatokra alapulnak.

Amatőr szinten megelégedhetünk a Kézikönyv II. kötetében a 12—16. és a 28—29. oldalon közölt ismeretekkel, ezeket azonban érdemes kiegészíteni.

A felbontóképeséggel kapcsolatban ismert Airy-képlet:

$$r = 1,22 \cdot \lambda / D \text{ (radiánban) ill. } r = 206265 \cdot 1,22 \cdot \lambda / D \text{ (ívmásodpercben)}$$

A diffrakciós korong, pontosabban az első sötét gyűrű sugarát (r) adja meg. Az emberi szem érzékenységi maximumát alapul véve (5500 angström) D (cm) szabad nyílású távcsövet használva a $d = 11,5/D$ képlet ívmásodpercben adja meg távcsövünk felbontási határát (d). A felbontóképeségre három ún. "határ-képlet" ismert:

Rayleigh-határ	13,8/D
Dawes-határ	11,6/D
Sparrow-határ	10,7/D

Ezeket az értékeket központi kitakarás nélküli távcsövekre határozták meg. Pontosabb definiálásuktól most helyszűke miatt el kell tekintenünk.

További alapvető szabályként rögzítendő, hogy ezek a felbontási határok csak kiváló optikai minőségű távcsövekre, rendkívül nyugodt légkörre, közel azonos fényességű kettőscsillagokra érvényesek, és mondani sem kell, hogy a megfigyelők bizonyos fokú gyakorlottsága is elengedhetetlen. Nem tárgyaljuk a szükséges (nagy) nagyítás mértékét, s az elengedhetetlen minőségi okulárok (orthoszkopikus, Plössl, aplanatikus stb.) előnyeit sem, feltételezve, hogy az Olvasó többé-kevésbé tisztában van ezekkel.

De mi a helyzet általában a központi kitakarással "terhelt" tükrös távcsövekkel? Elterjedt vélemény az, hogy a központi kitakarás ront a felbontóképeségen, mivel a fény egy részét "kiviszi" az Airy-korongból a gyűrűbe, és így gyengíti a kontrasztot, ami különösen a bolygóészlelésnél hátrányos. Az 1973. évi Csillagászati évkönyvben "A csillagászati távcsövek teljesítőképeségének alapjellemezői" címmel olvasható cikk. Ebben olvashatjuk azt a kitétel, hogy a segédtükörrel rendelkező reflektorok felbontóképesége mintegy 30%-kal gyengébb!

Adjuk át a szót D.E. Stoltzmannak, akinek a Sky and Telescope 1983 februári számában jelent meg a témába vágó cikke: "Nagyon sok távcső központi kitakarással (segédtükrrel) dolgozik, amely a főtükröz közepére vetül, és így megváltoztatja a diffrakciós képet. Az így létrejövő második apertúra fényt "tol" ki a központi korongból a gyűrűbe, ami csökkenti az Airy-korong méretét." Később a szerző rátér a központi kitakarás szerepére: "Airy mutatta ki matematikai módszerekkel, hogy a központi kitakarás miért okozza a korong — kisméretű — csökkenését. Ez az oka annak, hogy a központi kitakarással nyerünk a felbontóképességben, ám mindezt a képkontraszt csökkenése kísérí kiterjedtebb objektumok, pl. a bolygók esetében... Különös, hogy a 0,2—0,3 (20—30%) központi kitakarás között a második gyűrű szinte elveszik a fényesebb első és a még gyenge harmadik gyűrű között."

Mindezzel tökéletesen egybevág Richard Berry véleménye. Ebből idézzük kivonatolva a 0,25 kitakarási arányú távcsövekre vonatkozó részt: "Egy tökéletes Newton-távcső 25%-os kitakarás mellett egy mérsékeltén fényes első gyűrűt, egy szinte láthatatlan második gyűrűt és egy igen gyenge harmadik gyűrűt mutat." Minden bizonynyal az Airy-korong kimutathatóan csökkent méretének és a második gyűrű "láthatatlanságának" köszönhető, hogy a 25%-os kitakarási arányú műszerek igen jól használhatók kettőscsillagok észlelésére.

A Cassegrain- és a Schmidt—Cassegrain-távcsövek jó része egyébként 0,3-0,4-es központi kitakarással készül. Bár egyes vélemények szerint csak az igen drága Questar (mely Makszutov—Cassegrain rendszerű) alkalmas igazán kettős- és bolygóészlelésre, mégis fogadjuk el, hogy ezek a távcsövek is alkalmasak minőségi munkára, hiszen nem véletlenül rögzíti az óriási tapasztalattal rendelkező Berry: "A Cassegrain- és Schmidt—Cassegrain-távcsövek kitűnő teljesítménye érthető a gyűrűbe jutó fény diffrakciója és az Airy-korong méretcsökkenése miatt."

Hogy miért értünk egyet a bolygóészlelőkkel is, arra szintén a Berry-cikk ad választ: "A 0,2 (20%-os) központi kitakarásnál a központi (Airy-) korongba jutó fényenergia ugyan 84%-ról 76%-ra csökken, de az összes fény mennyiség 90%-a az Airy-korongban és az első gyűrűben koncentrálódik, míg ugyanez az érték 91% a központi kitakarás nélküli műszerekben (refraktorokban)." Ennek értelmezéséhez hozzá kell tenni, hogy az Airy-korong + az első gyűrű épp a Rayleigh-határra esik!

Lássuk most, hogyan befolyásolja a feloldást a központi kitakarás! Feloldási határ egyenlő fényességű kettőscsillagokra:

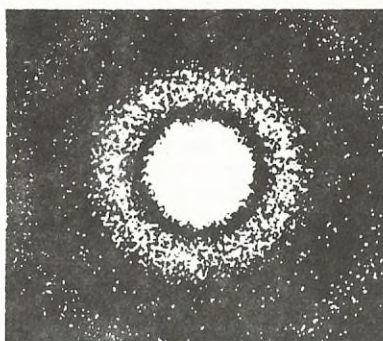
Központi kitakarás	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Rayleigh-határ	13,8	13,7	13,23	12,6	12,0	11,4
Sparrow-határ	10,74	10,7	10,6	10,4	10,1	9,8

A táblázat értékei nem egyenesen arányosak a Dawes-határral, ami talán abból adódik, hogy Dawes nem foglalkozott a központi kitakarás hatásaival (észleléseit egy 19 cm-es és egy 21 cm-es refraktorról végezte).

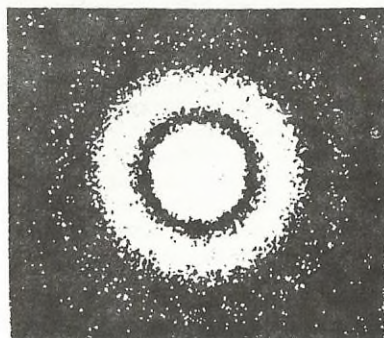
Stoltzmann megállapítása szerint "A mai nagy segédtükrös (átlagban 35%-os kitakarású) műszerek kétségkívül segítenek felbontani a szoros kettősöket, különösen akkor, ha a két korong (csillag) között nincs számottevő fényességeltérés."



0,0



0,2



0,4

Diffrakciós kép
különböző arányú
központi
kitakarásnál

Senkit sem biztatunk arra, hogy a fentiekben felbuzdulva alakítsa át távcsövét 0,3–0,5-ös központi kitakarására, hiszen a vitán felüli kontrasztromlás pl. bolygóészlelésnél már hátrányos, és jelentős határmagnitúdóvesztés is jelentkezik.

A hazai tükrös távcsövek tulajdonosainak csak azt javasolhatjuk, hogy a különböző ismert csillag- és Ronchi-rács tesztekkel alaposan vizsgálják meg távcsövéket (a teszt során nemcsak a főtükröt, hanem az egész rendszer vizsgálják!), s ha az jónak bizonyul, akkor érdeklődésüknek megfelelően válasszanak hozzá megfelelő segédtükr-átmérőt. Utóbbit természetesen alapvetően befolyásolja a főtükr átmérője és fényereje. Pl. egy 20 cm-es f/5-ös reflektorhoz általános észlelési célra 50 mm-es kistengelyű segédtükröt — lehetőleg elliptikus, "szalámi" típusút szerezzünk be. Ez éppen 25%-os arányú, így ha a főtükr valóban jó minőségű, azaz nyugodt légkörnél elbírná a 250–350x-es nagyítást, s jó a jusztírozás, akkor látni fogjuk az Airy-korongot és a gyűrűket. Ha az egész optikai rendszer nagyon jó, akkor olyannak kell látnunk, ahogy azt Richard Berry rögzítette. Az ilyen távcső a fényerőtől függetlenül 0,6–0,7-es kettőscsillagot is fel fog bontani!

Bár a hazai tapasztalatok elég gyenge optikai átlagra utalnak, azért hadd jegyezzük meg, láttunk már olyan, ill. "majdnem olyan" diffrakciós képet amatőr készítésű tükörrel szerelt távcsőben is, mint amilyenről itt szó esett. De meg kell említeni még egy feltételt is, amivel alighanem kevesen

vannak tisztában: a feloldást nem csak a kiváló optika, a rezzenéstelen légkör, hanem a reflektáló felületek állapota is befolyásolja! Az előrege-
dett alumíniumfelület vagy a rákerült karcok fényszóródást is okoznak, így
nem tud a fény a diffrakciós képbe koncentrálni stb.

Ugyancsak említésre méltó körülmény, hogy még az "igen jónak" látszó
légkör mellett is előfordul, hogy a csúcsteljesítmény határán egy-két pil-
lanatra felbontottnak látott kettős egyszer csak "szétkenődik", s marad a
bosszúság. Általában igaz, hogy a felbontási határ 25 cm-es műszereknél
évente egy-két alkalommal éri csak el a 0",5-et, ill. igen kiváló optika
esetén 25%-os kitakarás mellett a 0",45-et is. Ehhez azonban előfeltétel a
optikák jó minősége, a tökéletes juszttírozás és az igen nyugodt légkör.
Természetesen tudomásul kell vennünk azt is, hogy a 0",45—0",5 ez esetben a
Sparrow-határt jelöli, amelyet kettősészlelői gyakorlatban a megnyúlt/lefű-
ződő korong határra tehetünk.

A professzionális csillagászat ma már alig-alig foglalkozik kettős csil-
lagok megfigyelésével. De még működnek a múlt század végén épített óriás
refraktorok, és századunkban is épült számos 50—60 cm-es lencsés távcső.
Az ezekkel a műszerekkel szerzett tapasztalatok sem igen számolnak be
0",4—0",5-nél jobb vizuális felbontásról! Sőt az a helyzet, hogy éppen a
viszonylag kis méretű (25—38 cm-es) refraktorokkal és — igen! — tükrös
távcsövekkel lehet viszonylag könnyebben elérni a "bűvös" 0",5-es
felbontást. Vigasztaljon tehát bennünket is a tudat, hogy a nagy profi
műszerekkel sem lehet lényegesen jobb felbontást elérni a légkör miatt. (Az
aktív és a fejlesztés alatt álló adaptív optikai rendszerek révén azonban
ezen a téren jelentős áttörés várható — ezek a technikák azonban kívül
esnek az amatőr lehetőségeken.)

A másik tanulság talán az, hogy a gyári, pl. Zeiss-objektívekkel szer-
zett valóban kitűnő tapasztalatok mellett vagy éppen azok ellenére igenis
lehet minőségi, esetenként felbontáshatári munkát végezni központi kitaka-
rással terhelt távcsövekkel.

A távcsövek vizuális határmagnitúdóiról (csillagra, kitejedt objektumok-
ra) valamint az ezt befolyásoló optikai, környezeti és személyi feltételek-
ről, továbbá gyakorlati tapasztalatokról a következő alkalommal írunk.

PAPP SÁNDOR—BERENTE BÉLA

Irodalom

Az észlelő amatőrcsillagász kézikönyve

Balázs Béla: A csillagászati távcsövek teljesítőképességének alapjellemezői.
Csillagászati évkönyv 1973

Richard Berry: Computer Simulation of the Airy Disk for Obstruction Ratios
from 0.0 to 0.8. Telescope Making 40, 1990

David E. Stoltzmann: Resolution Criteria for Diffraction-Limited Tele-
scopes. Sky and Telescope, 1983. február