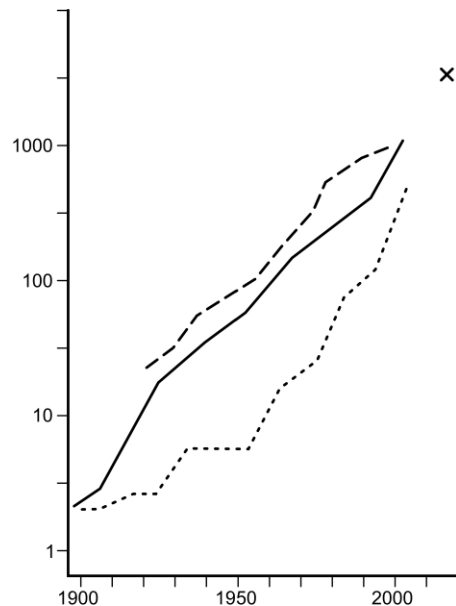


A rádiócsillagászati kutatás is elsősorban földi műszerekkel folyik tovább, de a mérésekbe a Földön kívülre telepített rádiótávcsövek is „besegítenek”, mert így tovább lehet növelni a rádióartományban végzendő interferometrikus mérések alapvonalát, ami a szögfelbontás további javulását eredményezi. A szubmilliméteres–milliméteres hullámhosszak földi bázisú csillagászata pedig most kezd kiteljesedni: tizenhét ország együttműködésével megvalósulóban van az ALMA projekt, melynek antennáit 5000 m magasra, a chilei Atacama-sivatag egyik fennsíkjára telepítik.

A földi csillagászati obszervatóriumok napjai egyáltalán nincsenek megszámlálva. Ezt jól érzékelteti a 2. ábrán bemutatott diagram is. Az ábrán látható alsó görbe az Európában működő optikai csillagászati távcsövek négyzetméterben kifejezett gyűjtőfelületének 20. századi növekedését mutatja, a középső a Föld valamennyi optikai távcsövére vonatkozó ugyanilyen összesítés, a legfelső vonal pedig a csillagászok száma tízzel osztva (a könnyebb ábrázolhatóság kedvéért). A jobbra fent látható x az európai óriástávcső (ELT) üzembe helyezésekor várható állapotot jelöli (Fűrész 2008). Az ábrából az is kitűnik, hogy a csillagászok létszámának növekedése



2. ábra • Az optikai távcsövek összesített gyűjtőfelületének és a csillagászok számának növekedése a 20. században. (L. Woltjer alapján)

a 20. század végén megtorpant, de maga az optikai csillagászat töretlenül fejlődik.

Kulcsszavak: *optikai csillagászat, űrcsillagászat, távcső, fotometria, égboltfelmérés, tudományos együttműködés*

IRODALOM

- Fűrész Gábor (2008): ELT tervezett távcsövek. In: Benkő József – Mizser Attila (szerk.): *Meteor csillagászati évkönyv 2009*. MCSE, Budapest, 287–332.
 Kun Mária (1996): Rádiócsillagászat. *Magyar Tudomány*, 103, 1, 12–18.
 Kun Mária – Szabados László (2004): A Tejútrendszer változó arca. *Magyar Tudomány*, III, 6, 722–731.

- Patkós László (1995): Röntgencsillagászat. *Magyar Tudomány*, 102, 9, 1093–1106.
 Szabados László (2004): Közelebb hozni a távot. *Magyar Tudomány*, III, 6, 678–688.
 Szatmáry Károly – Szabados László (2008): Űrtávcsövek. In: Benkő József – Mizser Attila (szerk.): *Meteor Csillagászati Évkönyv 2009*. MCSE, Budapest, 333–362.

LEHET-E SZÁZ ÉV MÚLVA IS CSILLAGÁSZAT NEMZETKÖZI ÉVE?

Kolláth Zoltán

az MTA doktora, tudományos tanácsadó,
 MTA Konkoly Thege Miklós Csillagászati Kutatóintézet
 kollath@konkoly.hu

A Csillagászat Nemzetközi Évének megtartására a távcső csillagászati használatának négy-száz éves évfordulója ad okot. Galilei első megfigyeléseinek ötszáz éves jubileuma nyilván ismét megfelelő alkalom lesz az ünneplésre. Ha azonban a mostani jubileumi év fő célkitűzését nézzük, akkor sajnos már kevésbé lehetünk biztosak a jövőben. Amit Galilei látott mai szemmel már kezdetleges távcsövével, még mindig nem jutott el mindenkihez. Az emberek jelentős része nem látta még saját szemével, távcsövön keresztül a Hold krátereit vagy éppen a Jupiter holdjait. A Csillagászat Nemzetközi Évének egyik fő feladata éppen az, hogy ezt a Galilei-élményt minél több emberhez eljuttassa. A Hold és a bolygók látványának elvesztésétől nem kell tartanunk, hiszen azok fényes égitestek. Ám már napjainkra elértük azt, hogy a népesség jelentős részének ismeretlenek az égbolt halványabb jelenségei, melyek száz évvel ezelőtt még természetesen voltak mindenki számára. Egy nagyobb területet érintő áramkimaradás után tanult emberek is meglepődve érdeklődtek, hogy mi az a fényes sáv az égbolton, amit korábban nem láthattak. A Tejút eltűnt a városlakók szeme elől. Az ok a *fényszennyezés*, az égbolt mesterséges fénylésének növekedése. Meddig folytatódhat ez a folyamat, milyen

fényességhatárig csökken az égitestek láthatósága a Föld felszínéről? Sürgősen tenni kell az aggasztó kilátások ellen.

Fényszennyezés és zavaró fények

Sajnos a fényszennyezés problémájának súlyosságát még ma is kevesen érzékelik. A természet- és környezetvédelemnek számos fontos feladatot kell megoldania. Egyiket sem lehet elhanyagolni pusztán azért, mert másokat mindenek fölé emelnek... A fényszennyezés problémáját a legtöbb országban annyira bagatellizálták, hogy igazából még a megfelelő szakmai/jogi kifejezések sem alakultak ki. A hazai jogrendszer sem ismeri megfelelő szabotossággal a jelenségkör – mert nem is igazán beszél róla. Egyedüli kivételként említhető országos hatókörű szabályozása a nemrég kihirdetett, a természet védelméről szóló 1996. évi LIII. törvényt (is) módosító 2008. évi XCI. törvény, amelynek 19. §-a áttörésnek tekinthető a fényszennyezéssel kapcsolatos hazai jogi szabályozás történetében. Megszületett az első hazai jogszabály, amely foglalkozik a kérdéssel, és lehetővé teszi a fényszennyezés korlátozását, legalább védett természeti területen. A törvény így rendelkezik: „... Védett természeti területen a helyhez kötött kültéri mesterséges megvilágítást kül-

területen, illetve beépítésre nem szánt területen – a közcélú közlekedési létesítmények biztonságos üzemeltetéséhez szükséges megvilágítástól eltekintve – úgy kell kialakítani, hogy a védett vagy a közösségi jelentőségű állatfajokat ne zavarja, veszélyeztesse, károsítsa.” A törvény általánosan fogalmaz, így konkrét utasítást nem ad. Viszont a védett természeti területek (nemzeti parkok, tájvédelmi körzetek stb.) közelében már lehetőséget teremt konkrétabb szabályozás létrehozására. Azonban ez a törvény sem definiálja magát a jelenséget. Érdemes azért jelen írásban is ismertetni azt a definíciórendszert, amelyben természetvédők, világítástechnikusok és csillagászok egyetértettek.

A nemzetközi tendenciákat is követve, a mesterséges fények okozta ártalmak összefoglaló neve *zavaró fény* lehet. A jelenségkör összetettsége miatt a zavaró fény definíciója is összetett, célszerű ezért egyes fogalmakat először külön-külön is definiálni. Egyes kifejezéseknél – amelyek nem szerepelnek elterjedten a magyar nyelvű szakirodalomban – az angol megfelelőket is megadjuk.

Az egyedüli fogalom, amely a jogrendszerbe korábban beépült, a *káprázás*. Ennek szabványos definíciója is létezik, az MSZ 9620-2 definíciója szerint: „A látás kényelmetlensége és/vagy a tárgyak felismerhetőségének csökkenése, a fényssűrűség szokatlan eloszlásának vagy szokatlan értékének, illetve a térben vagy időben fellépő igen erős kontrasztnak a következtében.” Tipikusan ebbe a kategóriába tartoznak a gépjárművezetést és munkavégzést zavaró fények.

Birtokháborítás fényvel (light trespass): az a fény, amely a megvilágításra szánt területet övező ingatlanokra, épületekre esik, és ott káprázást vagy egyéb kellemetlenségeket okoz. Ebben a kategóriában különösen fontos oda-

figyelnünk az ablakokon beszűrődő, az éjszakai pihenést zavaró fényekre. Ide tartozik továbbá a lámpatestekből közvetlenül a védett természeti területekre eljutó fény is.

Az éjszakai égbolt mesterséges fénylése (sky-glow): Az égbolt megnövekedett fényssűrűsége, amely felhők megvilágításából, ill. a levegő molekuláin és aeroszoljain szóródó mesterséges világítástól eredő fényből származik.

Mindezek után már definiálhatjuk a zavaró fényeket azok hatása szerint: zavaró az a fény, amely káprázást, birtokháborítást, az égbolt mesterséges kifényesedését vagy bármely más nemkívánatos környezeti hatást okoz.

Fényszennyezés és természetvédelem

A fényszennyezés nemcsak a Tejutat lopja el tőlünk, de jelentős hatással van a természeti környezetre is. Az ökoszisztéma, az élővilág éjjel és nappal is működik. Az élővilág ritmusa a nappalok és éjszakák változásának megfelelően alakult ki. Vannak fajok, amelyek menedéket találnak az éjszaka sötétjében, mások speciális képességeiket használják ki, hogy az éjszaka megváltozott körülményei között vadásszanak. A mesterséges fények hatással vannak egyes állatfajok vándorlására, a ragadozó–zsákmány viszonyra és a cirkadián¹ ritmusára. Ha önmagukban nem is feltétlenül végzetesek ezek a hatások, más környezeti hatásokkal együttesen határozottan hozzá-

¹ A cirkadián, azaz körülbelül egynapos (circa diei) biológiai óra a legtöbb élőlényre jellemző. Külső ingerek nélkül (például teljes sötétségben és állandó hőmérsékleten) is megmarad. Egyes élőlényeknél mutációk hatására a cirkadián ritmus periódusának megváltozását is megfigyelték. Ez a biológiai óra természetes körülmények között az éjszakák–nappalok egynapos változásának megfelelően szinkronizálódik. Több időzónát átívelő utazások után az alkalmazkodás, a cirkadián óra átállása idején érezzük magunkat rosszul.

járulnak bizonyos fajok eltűnéséhez. A hazai védett természeti területek között szerencsére könnyedén találunk olyanokat, ahol a fényszennyezés mértéke még elfogadható. Ahhoz, hogy hosszabb távon is megőrizzük az országban ezeket a szigeteket, ahol garantált a Tejút látványa, egy *csillagoségbolt-park programot* kezdeményeztünk. Elsőként a Zselici Tájvédelmi Körzetben indult az akció, a Duna-Dráva Nemzeti Park Igazgatósága és a Magyar Csillagászati Egyesület összefogásával. A kezdeményezőkhöz később csatlakozott a MEE Világítástechnikai Társaság, a Zselica Szövetség és a SEFAG Erdészeti és Faipari Zrt. A széleskörű együttműködés nem véletlen, hiszen csak így, minden oldalról jó szándékkal és hozzáértéssel őrizhető meg az égbolt szépsége. A második csillagoségbolt-park a Hortobágyi Nemzeti Parkban jöhet majd létre.

Ahhoz, hogy megfelelően felmérjük az égbolt jelenlegi állapotát és a veszélyeztető tényezőket, valamiképpen mérni és modellezni kell a fényszennyezést ezeken a helyeken. Ez már csak azért is fontos, mert a megfelelő fórumokon csak objektív tények alapján léphetünk fel a helyes világítás érdekében, esetleg a rossz világítási berendezések/megoldások megszüntetéséért. Mindkét helyen részben már lezárult az égbolt minőségének vizsgálata, melynek eredménye igazolta az előzetes várakozást, amely szerint tényleg kiváló csillagnéző helyeket találunk e védett természeti területeken. A két helyszínen kívül az ország több más pontján is készültek felmérések.

A fényszennyezés mechanizmusa és modellezése

Tiszta, felhőmentes levegőben a fényterjedést a molekulák Rayleigh-szórása és az aeroszolok Mie-szórása határozza meg. Látható tarto-

mányban a fényelnyelés elhanyagolható a fényszennyezés szempontjából. A légkör optikai tulajdonságait több fizikai paraméterrel is jellemezhetjük. Számunkra ezek közül a legfontosabb az *optikai mélység* (τ), amely a megfigyelőtől egy adott pontig elhelyezkedő szóró részecskék számával arányos. A közegen áthaladó és a bemenő fényintenzitás aránya az optikai mélység exponenciális függvénye: $I/I_0 = \exp(-\tau)$. Ha az optikai mélység lényegesen kisebb egynél, a közeg gyakorlatilag teljesen átlátszó; ha pedig sokkal nagyobb egynél, akkor átlátszatlan opalizáló a légmenyiség. Mint a formulából egyszerűen kiszámolható, $\tau=1$ esetén a fény kb. 37 %-a jut át akadály nélkül a közegen.

Az optikai mélység fogalmát megérthetjük egy másik fogalom bevezetésével is. A fotonok szabad úthossza az a geometriai távolság, amelynek a megtétele után a fotonok átlagosan egyszer szóródnak egy részecskén (levegőmolekulán vagy aeroszolon). Jó átlátszóság mellett a földi légkörben a fotonok szabad úthossza 10 és 50 km közötti, ami erősen ködben néhányszor tíz méterre csökken. Ha a közeg tulajdonságai nem függenek a helytől, az optikai mélység megadható a valódi geometriai úthossz (s) és a szabad úthossz (l) hányadosaként: $\tau=s/l$. Mivel a légkör sűrűsége, az aeroszolok koncentrációja, és így a fotonok szabad úthossza erősen függ a tengerszint feletti magasságtól, a direkt hányados csak közelítő értéket ad. Függőlegesen felfelé haladva 10 km után a levegőmolekulák és a szennyező anyagok nagy részét magunk alatt hagyjuk. Becslésként ezt az értéket ($s=10$ km) és $l=50$ km-t választva, a zenitben $\tau=0,2$ adódik. A pontos adat megmérhető például a napkorong felszínén és a légkörön kívül mért fényssűrűségének hányadosából. Ilyen méréseket végez az Országos Meteorológiai

Szolgálat is, az eredményekről részletesen olvashatunk Tóth Zoltán (2009) *Magyar Tudományban* megjelent írásában. Budapesten tiszta időben $\tau=0,3-0,4$ adódik, azaz a zenit irányában látszó csillag fényének 25–33%-a szóródik, és csak a maradék érkezik közvetlenül hozzánk. Nyáron, amikor a Nap legmagasabban jár, ugyanilyen arányban jut át a napfény a légkörön. Persze mindez függ a fény hullámhosszától, a kék fényben az optikai mélység több mint háromszor nagyobb, mint vörösben. A horizont irányában az optikai mélység többszörösére növekszik. Ez ismét csak meghatározható mérésekből, de akár egy kis számolást is megkísérelhetünk.

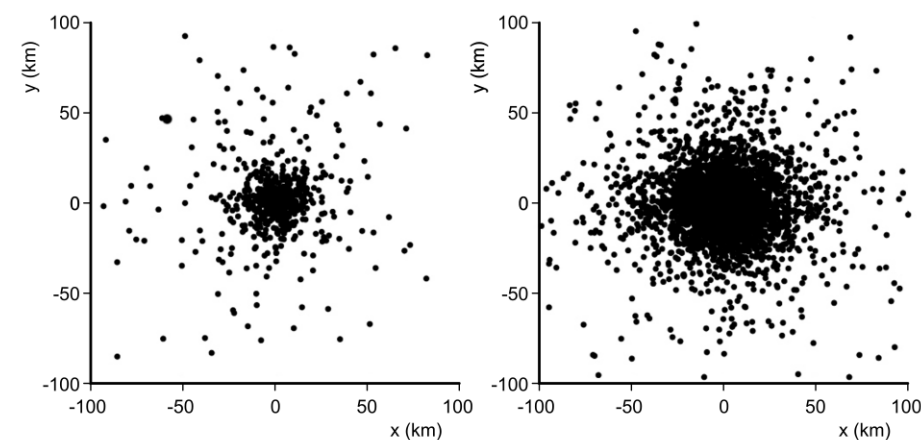
Ha pontosan meg akarjuk határozni a fény útját a légkörben, azaz a fényszennyezés hatásait, akkor figyelembe kell vennünk a légkör sűrűségeloszlását. A légkör skálamagassága (H) – amennyit emelkedve a sűrűség e -ed részére, azaz 0,37 szeresére csökken – kb. 8–9 km. Azonban a légköri szennyeződések, amik a fényszórásban meghatározók lehetnek, eltérő skálamagassággal szerepelnek a molekulákhoz képest. Az aeroszolok a légkör alsó kilométereiben koncentrálnak, például első közelítésként használhatjuk a $H=1,5$ km értéket. Ahhoz, hogy a fény terjedését számolhassuk, ismernünk kell az egyes komponensek szórási együtthatóit. Viszont a megfigyelések alapján ismerjük a légkör teljes optikai mélységét a zenit irányában, így abból illesztetők ezek az optikai tulajdonságok is.

Viszonylag egyszerűen és nagy pontossággal számolható a fény terjedése, ha kihasználva a sugárzás részecsketermészetét, fotononként követjük a folyamatot egy Monte Carlo-szimulációban. A fény megfigyelhető sajátosságai a fotoncsomagok statisztikus átlagai, ennek megfelelően a Monte Carlo-szimuláció természetes választás a szóródásos fényterjedés

modellezésére. Gyakorlatilag a fotonok szintjére lemenve modellezzük a folyamatot, ennek megfelelően viszonylag kevés közelítést alkalmazunk. Napjaink asztali számítógépei pedig elég gyorsak ahhoz, hogy akár fotonok milliárdjainak az útját végigszámoljuk. A témának kiterjedt irodalma van, egy gyakorlati szempontból is jól kezelhető leírást találunk Francesco Spada és mtsai (2006) cikkében.

A számolás menete viszonylag egyszerű: egy meghatározott tartományon belül, véletlenszerű irányban útjukra engedjük a fotonokat. Ezek után minden egyes lépésben megadható egy olyan véletlen optikaimélység-érték, amelynek valószínűségi eloszlása pontosan megfelel a fotonok ütközései közötti optikaimélység-változásoknak. Ebből már egyszerűen számolható, hogy hol van az a geometriai pont, ahol a szórási jelenség bekövetkezik. Ezen a helyen, megint csak véletlen számok segítségével kiválasztható a szórás fajtája és az irányváltoztatás nagysága. A fotonokat addig követjük szórásról szórásra, míg azok el nem hagyják a légkört, vagy ismételen a felszínre nem érkezők.

Tanulságos megnézni, hogy mi történik a különböző irányban távozó fotonokkal. Az 1. ábrán bemutatjuk a zenit körüli egy fokos és a horizont fölötti egy fokos tartományba távozó ezer foton közül a felszínre visszatérők „becsapódási” helyét. Amint várható, a horizont irányában távozó fény jóval messzebbre eljut, s ráadásul nagyobb arányban is tér vissza. Több fotonnal végigszámolva azt kapjuk, hogy a felfelé induló fénykvantumok 9 %-a, míg a horizontálisan kibocsátott részecskék 60 %-a tér vissza a felszínre. Mindkét érték könnyedén értelmezhető: a számolásban alkalmazott vertikális optikai mélység értékére (0,3) a függőlegesen távozó fotonok 24 %-a szóródik. A fotonok kevesebb mint



1. ábra • A zenit irányába (bal oldal) és vízszintesen (jobb oldal) elindított fotonok felszínre érkezésének helyei (amennyiben nem a világűr felé távoznak). Az x és y önkényesen választott, de egymásra merőleges irányok.

fele szóródik visszafelé a Mie-szórás erős aszimmetriája miatt. Ennek, illetve a többszörös szórásnak tudható be a 9 %-os fényszennyező arány. A horizontálisan távozó fotonok gyakorlatilag mindegyike legalább egyszer szóródik, mivel az optikai mélység abban az irányban lényegesen nagyobb. Első szórás után a fotonok fele indul a felszín irányába, melyeknek többsége a talajszintre érkezik. A fénykvantumok másik felének egy jó része viszont másodszor (vagy többször is) szóródik, ezzel megnövelve a felszínre érkező fotonok arányát. A számolások további eredményeit a kapott mérésekkel együtt mutatjuk be.

A fényszennyezés mérése

A fényszennyezést helyesen leíró mennyiség az égbolt *fénysűrűsége*. Zavaró fények nélkül, a láthatónál halványabb csillagok összességéből, a bolygóközi és csillagközi porrról visszaverődő nap- és csillagfényből, valamint a felsőlégkör naptevékenységtől függő saját fényléséből tevődik össze az égbolt hozzávetőlegesen $0,000250$ cd/m² fénysűrűségű derén-

gése.² Ez az érték megfelel annak, mintha az egyik legfényesebb csillag, a 0 magnitúdós Vega fényét közel kétszáz teliholdnyi területre kennénk szét. Ilyen kicsiny fénysűrűségek mérésére az általánosan használt eszközök nem alkalmasak. Vagy csillagászati célú detektorokat, vagy speciális eszközöket kell használnunk. A Hortobágyon és a Zselicben is végzünk méréseket digitális fényképezőgépekkel. Megfelelő halszemoptikával és szigorú kalibráció után a teljes égbolt fénysűrűségeloszlása meghatározható ezzel a módszerrel. A felvételeken jól kirajzolódnak azok az irányok, ahonnan a legnagyobb veszély leselkedik a csillagos égboltra. Több helyről készítve ezeket a felvételeket, térképen kimetszhetők

² A kandela (cd) az SI-mértékegységrendszer egyik fotometriai alapegysége. 1 cd annak a sugárzóknak a fényerőssége egy adott irányban, amely az 550 nm hullámhosszú (pontosabban az 540 THz frekvenciájú) sugárzásból az adott irányba és egységnyi (1 sr) térszögbe $1/683$ W fénytelsítményt bocsát ki. Mivel a fénysűrűség egy adott felület fényerősségének és a felület nagyságának a megfigyelő irányába eső vetületének a hányadosa, a fénysűrűséget cd/m²-ben mérhetjük.

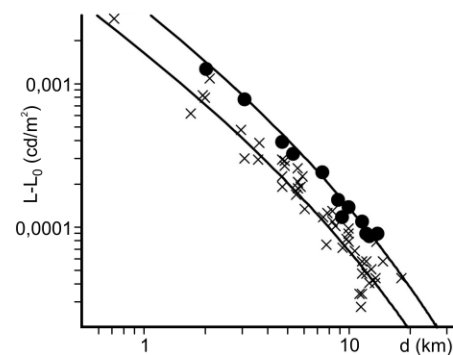
azok a pontok, ahonnan a fényszennyezés érkezik. Ezzel a módszerrel egyelőre előzetes eredményeink vannak, de a zenit körüli fénysűrűség átlagos értékére már nagyobb adatbázis született.

Ahhoz, hogy feltérképezzük a fényszennyezés állapotát védett természeti területeken és azok környezetében, egy könnyen szállítható fotométerre volt szükségünk. Az eszköznek elegendő érzékenységűnek kell lennie ahhoz, hogy az eldugott, mesterséges fényektől távoli helyeken is megbízható eredményeket kapjunk. Egy egyszerű égboltminőségmérő eszközt (Sky Quality Meter – SQM) nemrégiben fejlesztett ki és kezdett el forgalmazni az Unihedron cég. Az eszközt egyre szélesebb körben használják a fényszennyezés monitorozására.

Az akár zsebben is hordozható SQM viszonylag nagy térszögből (1,5 szteradiánból, közelítőleg 42 fokos félszfélszögű kúpból) összegzi a fényt, és ez alapján mér egy átlagos fénysűrűséget. Az elsődleges csillagászati felhasználás miatt a fénysűrűséget magnitúdó/negyzetív másodpercben jelzi ki, amiből könnyedén származtatható egy közelítő érték cd/m^2 -ben kifejezve. Az SQM hőmérsékletre kompenzált, a mérési pontosság kb. 0,1 magnitúdó, ami lineáris fénysűrűségskálán körülbelül 10 %-os hibának felel meg. Ez a pontosság megfelel a céljainknak, hiszen az időjárási változások (páratartalom) és a légkör portartalma hasonló vagy nagyobb eltéréseket okoz. Ahhoz, hogy jól értelmezhető méréseket kapjunk, csak megfelelő körülmények között szabad mérni. Elsődleges a felhő- és ködmentes időjárás, az adatok meghamisításának elkerülésére. A Nap fénye még napnyugta után is sokáig érzékelhetően növeli az égbolt fénysűrűségét, hatása csak akkor válik elhanyagolhatóvá, ha több mint 18 fokkal a

horizont alatt van (csillagászati szürkület). Hasonlóan a holdfény is zavaró, de ennél az égitestnél elegendő, ha a horizont alatt tartózkodik. Természetesen minden mesterséges fényforrásból közvetlenül érkező fényt is ki kell zárunk.

A 2. ábrán bemutatjuk az égboltminőség mérésének eredményeit a Zselici Tájvédelmi Körzetben és annak környezetében. A zenitben mért fénysűrűségekből levontuk azt a háttérértéket ($L_0 = 0,00032 \text{ cd}/\text{m}^2$), ami a természetes fénysűrűség, illetve a nagy távolságban lévő mesterséges források eredője. Egy alkalommal sikerült közvetlenül hóesés után, derült, nagyon tiszta levegőjű éjszakán mérni. Az ekkor kapott értékeket körökkel ábrázoltuk. Az összes mérésből kiválasztottuk a hasonló minőségű éjszakákat – ahol a távolságfüggés jól értelmezhető és hasonló lefutású. Ezeket a normál talajreflexió mellett készült adatokat X-ekkel mutatjuk. Tisztán megfigyelhető a tendencia, ahogy a fénysűrűség csökken Kaposvártól távolodva. Az eltérést ettől a trendtől a települések közelében mért adatok és a levegő pára- és aeroszol-tartalmá-



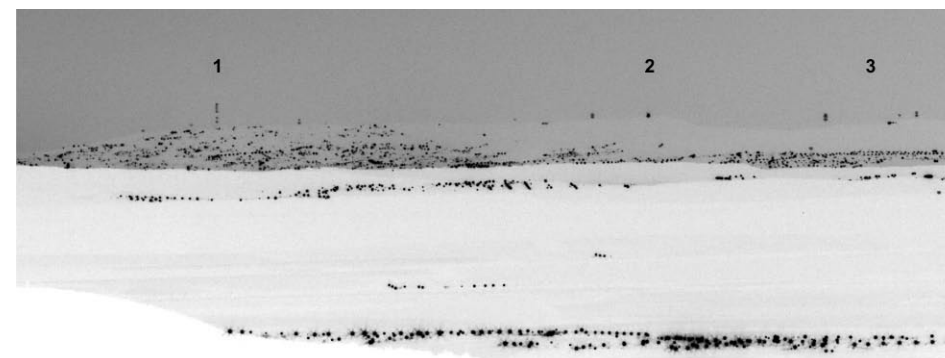
2. ábra • Az égbolt fénysűrűségének változása a Kaposvár centrumától mért távolság függvényében. Körök – havazást követően; keresztek – normál reflexió esetén. Folytonos görbék: a Monte Carlo-szimuláció eredményei.

nak változásai okozzák az időjárás függvényében. Jól látható, hogy a Kaposvártól származó fénysűrűség-növekmény a centrumtól 7–8 km-re az égbolt természetes fénysűrűségére csökken. Ez az a határ, ahol már megfelelő minőségű az égbolt. A tájvédelmi körzet már ezen a határon kívül van, így a terület megfelel ez ezüst kategóriájú sötétegebbolt-parkoknak. Azonban Kaposvár fényei hosszabb távon jelentős kockázati tényezőt jelentenek. Az ábrán látható görbék a Monte Carlo-szimuláció eredményei nagyon tiszta levegő (kevés Mie-szórás) esetére. A két vonal között pontosan kétszeres a fénysűrűség aránya. Az adatok alapján a hóval fedett és a normál körülmények között másfélszeres–kétszeres fényességnövekedéssel kell számolnunk, amit a talajszint megnövekedett reflexiója okoz.

Ez az adat felhasználható arra, hogy megbecsüljük, a zselici fényszennyezésben milyen arányban szerepel a mesterséges világítás talajról reflektált része. Ez a komponens nehe-

zen szüntethető meg, ugyanis a megfelelő irányba eső megvilágítás esetén elkerülhetetlen a visszaverődés, hiszen éppen az teszi lehetővé, hogy az úttestet lássuk. Helyes világítás esetén (amikor a horizont síkja fölé egyáltalán nem távozik közvetlenül fény), a reflektált arány közel 100 % lenne. Ha feltelezzük, hogy a hó miatt a talaj fényvisszaverő képessége négy-hatszorosára növekedett, akkor azt kapjuk, hogy normál körülmények között a reflektált fény csak 20–50 %-ig felelős az égbolt mesterséges fényléséért. Innen már egyszerűen adódik a végkövetkeztetés: a város fényeinek legalább fele haszontalanul távozik az égbolt irányába, anélkül, hogy hasznos megvilágítást okozna. A felhasznált elektromos energia jó része megtakarítható lenne, és ezzel az égbolt Kaposvár okozta mesterséges fénylése is a felére csökkenhetne.

Az íménti, valamint a 3. ábrán bemutatott példából is látszik, hogy vannak még tartalékok: a köz-, dísz- és térvilágítás optimális



3. ábra • A zavaró fények messzire látszanak: A Budai-hegység vonulata éjszaka a Mátrából teleobjektívvel készített fotón. A jobb láthatóság kedvéért a kép negatív változatát mutatjuk. Könnyen kivehető a Széchenyi-hegyi adótorony (1), a János-hegyi kilátó díszvilágítása (2) és a Hármashatárhegy (3) antennáinak fényei. A főváros feletti fénykupola fényességét a budapesti díszvilágítás kikapcsolása előtt és után a mátrai Piskés-tetőről mérve könnyedén kimutatható a fénylés körülbelül 5 %-os csökkenése.

megvalósításával jelentős mértékben csökkenthető a fényszennyezés, anélkül, hogy a világítás célja csorbulna. A megtakarítható energia mennyisége is tekintélyes, így a világítás intelligensebbé tétele hosszabb távon megtérül. Sok esetben egy egyszerű kapcsolóval megszüntethető az éppen akkor feleslegesen használt fény. Ha minél több alkalommal ezek az egyszerű elveket, s talán

megfelelő törvényi szabályozás is készítené a fényt kibocsátókat erre, akkor nyugodtak lehetnénk afelől, hogy száz év múlva is látják majd az utódaink a Tejutat, s megfelelően ünnepezhetik a csillagászatot, nem csak egy évforduló ürügyén.

Kulcsszavak: *Csillagászat Nemzetközi Éve, fénytűrés, fényszennyezés, szórás, zavaró fény*

IRODALOM

Spada, Francesco – Krol, M. C. – Stammes, P. (2006): McSCIA: Application of the Equivalence Theorem in a Monte Carlo Radiative Transfer Model for Spherical Shell Atmospheres. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions*. 6, 4823–4842. <http://www.atmos-chem-phys.net/6/4823/2006/acp-6-4823-2006.pdf>

Tóth Zoltán (2009): A légkör rövidhullámú sugárzását kibocsátásának hosszú távú változása Budapest felett. *Magyar Tudomány*. 4, 428. <http://www.matud.iif.hu/09apr/06.html>



Homage á M. Zemplén Jolán (1911–1974)

BEVEZETŐ GAZDA ISTVÁN ÉS GHEORGHE STRATAN ÍRÁSÁHOZ

Fehér Márta

a filozófiai tudomány doktora, egyetemi tanár,
BME Filozófia és Tudománytörténet Tanszék
feherm@filozofia.bme.hu

Az alább közölt két írásnak évfordulós aktualitása van. 2009 nemzetközi Galilei év, mert négyszáz éve, 1609 júliusában végezte Galileo Galilei az első távcsöves megfigyeléseit és 1610 elején jelent meg a *Nuncius Sidereus*, a megfigyeléseiről szóló beszámolója.

Most folyó évnek magyar vonatkozása is van: ötven évvel ezelőtt jelent meg egy kötet, Galilei egyik, 1632-ben publikált fő művének a röviden *Dialogo*-ként emlegetett, a kopernikuszi asztronómia melletti érveit felsorakoztató munkájából, *Párbeszéd*ek címen M. Zemplén Jolán válogatásában, fordításában, és a kihagyott részeket összefoglaló kommentárjával. M. Zemplén huszonöt éve hunyt el. Életútját és életművét méltó módon és jól dokumentálva mutatja be itt közölt írásában egykori közvetlen munkatársa, Gazda István, a Magyar Tudománytörténeti Intézet vezetője. Írása önmagáért beszél, és nem igényel kommentárt – úgy vélem.

A másik, itt közölt írás Gheorghe Stratan, a kolozsvári Babeş-Bolyai Egyetem fizikus

végzettségű tudománytörténet professzorának írása elé azonban, azt hiszem, szükséges néhány szót előrebocsátani. Gheorghe Stratan rövid cikke olvastán ugyanis sokan úgy vélhetik: egy kritikus hangvételű írás nem való egy évfordulós méltató megemlékezés keretei közé. Azt hiszem azonban, hogy Stratan komparatív elemzése: M. Zemplén és Stefan Bălan (1913–1991) *Dialogo* válogatásának összevetése, indirekt módon éppen M. Zemplén emberi és tudósi nagyságáról tanúskodik. Arról, hogy a román verzió készítőjétől eltérően M. Zemplén Jolán *nem tett ideológiai engedményt az '50-es években Magyarországon fennálló politikai helyzetben*, és az akkori magyar értelmiség legjobbjaihoz hasonlóan klasszikus művek fordításával foglalkozott, mert eredeti írásait csak súlyos megalkuvással tehetné volna közzé.

Stratan kritikai észrevételei M. Zemplén munkájával kapcsolatban *filológiai jellegűek*, s mint ilyenek jórészt helytállóak (bár a két konkrét példája: Sagredo redundáns belép-