

Fényszennyezés – a mesterséges fény környezeti ártalmai

A világítástechnika és a környezetvédelem kapcsán valószínűleg legtöbben az elhasznált fényforrások újrahasonosítására, a takarékosabb világítótestekkel megtakarított elektromos energiára, és így a kevesebb elégetett fosszilis tüzelőanyagokra gondolnak. Elsőre talán nem jut eszünkbe, de maga a fény is szennyezheti környezetünket! Elegendő néhány példát keresnünk, s mindjárt természetessé válik ez a tény.

Az élőlények természetes ciklusai a napszakok, a holdfázisok és az évszakok ismétlődésének ritmusában alakultak ki. A naptár és időszámítás is ezt tükrözi. A hold fázisait munkájuk vagy hobbijuk időbeosztásában a csillagászokon kívül elsősorban már csak a vadászok és halászok veszik figyelembe. Az éjszaka dolgozó emberek számára a nappalok és éjszakák ciklusa is kizökkentő lehet. Másrészt viszont sokan a napszaknak megfelelő színhőmérsékletű beltéri (pl. irodai) világítás ergonomiai előnyeiről beszélnek – a természetben megszokott fényviszonyok valószínűleg sokkal fontosabbak testi és lelki egészségünk szempontjából, mint azt korábban gondoltuk. Az USA Tudományos Kutatási Alapja a közelmúltban indított útra egy projektet, amely azt kutatja, hogy alvás közben a sötétség mennyire fontos a megfelelő hormonális egyensúly szempontjából. Több kutatási eredmény szerint az ablakon beszűrődő közvilágítási fények is egészségügyi kockázatot jelentenek. Ha ez igaz, akkor a fény ugyanolyan módon környezet-

szennyező lehet, mint a levegőben lévő szennyező gázok. Az emberek végső esetben megvédhetik éjszakai nyugalmaikat egy sötétítő függönnyel, redőnnyel, de az állatvilág nem védekezhet önállóan. Az állatok jelentős részénél a nappalok és éjszakák változásának természetes rendje alapvető lételem.

Az ornitológusok, rovarkutatók számára régóta nyilvánvaló a fény esetenként kártékony hatása. A költözőmadarak egy része éjszaka (is) utazik, s tájékozódásukban fontos szerepet játszik a csillagos égbolt. Ha természetes fényeken kívül más „műcsillagok” is megjelennek, vagy az égbolt megnövekedett háttérfényessége miatt eltűnnek az égről a csillagok, az komolyan megtévesztheti a madarakat vagy a pillangókat, akár vesztüket is okozva. A madarak éjszakai tájékozódása csodálatra méltó. A kék sármány esetén azt is kimutatták, hogy a tájékozódásként használt sarkcsillagot és annak környezetét az égbolt forgása alapján azonosítja, s a megtanult alakzatot később már felismeri. Planetáriumi körülmények között a mesterséges égboltot lassan egy másik fényes csillag körül forgatva a madár az újabb alakzatot jegyezte meg, s utána már azt használta tájékozódási pontként álló égbolt alatt is. Utána a szabadba kerülve (persze a vizsgálatot speciális ketrecben végezték) ismét megtanulta a sarkcsillag irányát. Ezek a sármányok borult időben is elvesztik éjszakai tájékozódási képességüket.

Felmérések szerint évente több millió

madár pusztul el azért, mert toronyépületeknek ütköznek. Az esetek egy részéért maguk a tükröző felületek felelősek, de nagyobb részben az épületek kivilágítása csalja halálos csapdába a madarakat. Más állatoknak az éjszaka sötétje a biztonságot jelenti. Csak egy példa a tengeri teknőcöké Floridában, amely a legnagyobb tojásrakó helyük az Egyesült Államokban. A teknőc békák az éjszakai sötétség védelmében bújnak elő a homokban lévő tojásokból és másznak életükért küzdve a tengerbe. Ebből is látható, hogy az élővilág mennyire alkalmazkodik a természetes fényviszonyok váltakozásához. A mesterséges fények elburjánzásával a teknőcök veszélybe kerültek. Ma már a floridai partvidéken ennek megfelelően szabályozzák a közvilágítást.

A fényszennyezés ökológiai következményeivel több konferencia is foglalkozott az utóbbi időben. A Nemzetközi Csillagászati Unió 196. szimpóziumát „A csillagászati ég megőrzése” (Preserving the Astronomical Sky) címmel Bécsben rendezte 1999 júliusában. A rendezvénynek az ENSZ és a COSPAR volt a társszervezője. A konferencia zárójavaslatai között szerepel, hogy az ENSZ tagországoknak lépéseket kell tenniük az égbolt fény- (és minden más forrású) szennyezés elleni szabályozására, az energiatakarékosság, a természeti környezet, az éjszakai biztonság és kényelem, a nemzeti gazdaság és a tudomány érdekeinek figyelembe vételével.

2002 februárjában a Kaliforniai Egyetemen (Los Angeles) rendezték meg a „Mesterséges éjszakai világítás ökológiai következményei” című konferenciát. A tengeri madarak számának csökkenésétől a szentjánosbogarakig számos állatfaj esetében vizsgálták a mesterséges fény káros következményeit. Egyes éjszakai életmódot folytató békák egy rövid ideig tartó megnövekedett fényintenzitás ha-

tására is órákra mozdulatlaná dermednek. A fény önmagában valószínűleg nem lenne végzetesen veszélyesek egyes állatfajokra, de a különböző környezeti tényezők összegződnek, azaz lehet, hogy épp a fényszennyezés jelenti az utolsó döfést egy faj kipusztulásához.

A fényszennyezés egyik összetevőjével, a káprázással a világítástechnikusok régóta foglalkoznak. Ha nem csak oda jut a fényből, ahova azt eredetileg tervezték, az zavaró lehet például a gépjárművezetők számára. A káprázás elsődleges forrása a látótérben lévő nagy fényűrűségű felület, és róla a vízszinteshez közeli irányokban reflektált fény. Amennyiben ezt jelentősen korlátozzuk, a fényszennyezés többi komponense is jelentősen csökkenthető.

Civilizált világunkhoz hozzátartozik a közvilágítás, az épületekből kiszűrődő világosság, a reklámvilágítás stb., így célunk csak az lehet, hogy a lehető legjobb kompromisszum árán a káros fényeket minimálisra csökkentjük. Összefoglalva, hogy mik a káros, s általában megszüntethető elemei a mesterséges fénynek, az alábbi listához jutunk:

- Az eltékozolt energia
- A káprázást kiváltó hatások
- Birtokháborítás fénnel (az ablakon beszűrődő fény)
- Az állatvilág zavarása
- Az éjszakai égbolt fényei.

Csehországban a levegőtisztasági törvényt ez év tavaszán fogadta el a parlament. Ez egyébként az EU csatlakozáshoz is szükséges szabályozás (Clean Air Act), amit kiegészítettek azzal, hogy a levegő szennyezéséhez a fény is hozzájárulhat! Ez az első olyan fényszennyezés elleni törvény, amely egy ország teljes egészére kiterjedően nagyon szigorú előírásokat tartalmaz a mesterséges fénnel kapcsolatban. Korlátozott területre már korábban is léteztek hasonló előírások. Ezek

közül Európában egy lombardiai (Olaszország) tartományra kiterjedő törvény az egyik legjelentősebb, a cseh rendeletben gyakorlatilag azt honosították. Az Egyesült Államokban több város, és azok környezete élvezi a szabályozások jótékony hatását (pl. Ames Iowában, Tucson és környéke Arizonában, néhány nagyobb obszervatórium 25–35 mérföldes környezete).

A cseh levegőtisztasági törvény egyértelműen definiálja a fényszennyezést: „a mesterséges fényforrásokból származó bármilyen fény, amely kívül jut azon a területen, amelyre szánták, különös tekintettel azokra az esetekre, amikor a fény a horizont síkja fölé irányul.”

A törvény elfogadása után született végrehajtási utasítás tartalmazza a konkrét előírásokat. Hivatalos angol nyelvű fordítás még nem létezik, de az előzetes angol szöveg egyértelműen tartalmazza az alábbi lényeges elemeket:

(1) Csak olyan kültéri világítási berendezést lehet újonnan telepíteni, amellyel betarthatók a fényszennyezés ellen hozott szabályok, beleértve a tervezési fázisban lévőket is. A kivitelezési fázisban lévő eszközöket 2003 év végéig a szabályozásnak megfelelővé kell alakítani.

(2) Csak azok a világítási berendezések tartoznak a „nem fényszennyezőek” közé, amelyek a következő feltételeket teljesítik:

a. olyan világítótestekből állnak, amelyek nem világítanak a felső féltérbe (ez alatt a horizont síkja fölötti irányok értendők)

b. az általuk megvilágított felületek fényűrsége nem haladja meg feleslegesen a biztonsági előírásokat, amennyiben olyanok léteznek

c. szabályozhatóak, ami annyit jelent, hogy a kibocsátott fényáram legalább 30 százalékkal csökkenthető éjjel után. Az így előírt fénycsökkentést akkor kell al-

kalmazni, ha az a megvilágított területen a biztonsági előírásokat nem veszélyezteti.

(3) A 2. cikkely követelményei nem vonatkoznak olyan fényforrásokra, amelyek fényárama nem haladja meg az 1500 lument az alábbi esetekben: maximum három van belőlük 2 méter sugarú körön belül; ideiglenesen (maximum 3 hónapig) helyezik el; a nyári időszámítás alatt 10, egyébként pedig 8 óra után nem használják őket.

(4) Hirdetőtáblák csak felülről világíthatók meg, vagy pedig úgy, ha a fényforrások a tábla szerkezetén belül vannak.

(5) Azoknak a cégeknek, amelyek világítótesteket gyártanak, vagy importálnak, a forgalmazott eszközök technikai leírásai között szerepeltetniük kell egy bizonylatot arról, hogy azok teljesítik az előírások által megszabott feltételeket („az optika nem okoz fényszennyezést a Cseh Köztársaság törvényeinek megfelelően”), és mellékelniük kell a megfelelő használatához szükséges leírást.

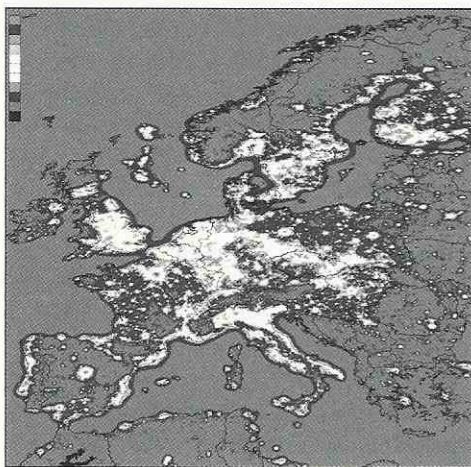
(6) Tilos bármilyen típusú fölfelé irányuló fénynyaláb használata reklámozási célokra, akár hordozható, akár fix telepítésű az eszköz.

(7) Műemlékek és szobrok megvilágításához a lefelé irányuló megvilágítás a preferált. A felfelé irányuló megvilágítás csak akkor engedhető meg, ha az előbbi technikailag nem valósítható meg, és különleges értékű objektumokról van szó, akkor is csak az alábbi feltételekkel: a fénynyaláb határa legalább egy méterrel a megvilágított felület felső határa alatt legyen; a nyaláb teljesen ernyőzött az objektum kontúrja körül és éjjel után csökkenteni kell a megvilágítást.

Első olvasásra talán kicsit szigorúnak tűnhet néhány megkötés, de a törvény bevezetése nagyon jelentős pozitív változásokat hozott magával már mostanáig is, például Brno-ban. A lakosok is elé-

gedettek, nem csökkent az utcák szükséges megvilágítása, de visszakapták a csillagos égbolt látványát!

Egy hasonló szabályozás hazánkban is időszerű lenne – és vannak élő példák rá, hogy ilyen változások nagyon pozitívan megvalósíthatók. A Magyar Államvasutak a közelmúltban végezte el az állomások világítástechnikai korszerűsítését. A MÁV a káprázás csökkentése miatt (ami nagyon fontos a mozdonyvezetők szempontjából), maga is szigorú előírásokat adott meg az új lámpatestekkel szemben – szinte összhangban a máshol meglévő fényszennyezés elleni szabályozásokkal. A laposburás (ez esetben ténylegesen sík-



üveges) lámpatestek egyenletes megvilágítást tesznek lehetővé a vasútállomásokon, miközben a vízszintes síkja fölé egyáltalán nem sugároznak. A lecserelt 16 000 korszerűtlen lámpatest önmagában a jobb fényhasznosítású fényforrások miatt 40%-os világítási célú energiamegtakarítást jelent, s ha figyelembe vesszük azt, hogy csak a megfelelő helyre világítva az állomások megvilágítottsága javult, a relatív költségmegtakarítás elérheti az évi 200 millió forintot. A gyártók is bizonyították, hogy a tenderkiírásnak megfelelő minőségben mindegyik

jelentkező képes a megfelelő világítótestek elkészítésére.

Egy hazai településen, Dágon is született olyan helyi környezetvédelmi rendelkezés, amely a külföldi példáknak megfelelően, és a csillagos égbolt védelmében készült. Persze ilyen helyi szabályozásokra egy egész ország esetén nem építhetünk, nincs minden faluban egy csillagászat iránt érdeklődő jegyző, aki segíthet a megfelelő előírások létrejöttében.

A korábbiakban láttuk, hogy a felesleges fények valós környezeti ártalomként jelennek meg mind az emberek, mind a természeti környezetünk, az élővilág szempontjából is. Engem, mint csillagászt, a fényszennyezés munkámmal kapcsolatos aspektusai különösen is érdekelnek, de mint látni fogjuk, ez sem csak a csillagászok ügye! A Világegyetem természetének megértése az emberi nem egyik legősibb kihívása. Az ismert történelem minden időszakában folyt a fölénk boruló égbolt valamilyen megfigyelése. A csillagászat azonban nem csak egy intellektuális kaland. Az égitestek megfigyelése révén olyan ismeretekhez jutottunk, amelyek nélkül a fizika és a technika nem juthatott volna a mai szintre. A fényszennyezés azonban a megfigyelő csillagászatot, s így a Világegyetem eredetére, fejlődésére és az égitestek természetére vonatkozó tudományos kutatásokat is veszélyezteti.

A Nemzetközi Csillagászati Unió (IAU) XXIII. Közgyűlésének (1997) egyik állásfoglalása az éjszakai égbolt védelmében készült: „A csillagos ég az egész emberiség öröksége, amit ezért érintetlenül meg kell őrizni. ...a csillagos ég kapjon legalább annyi védelmet, mint amennyit a világörökség részét képező helyek kaptak a Földön”. Később a Nemzetközi Csillagászati Unió egy kibővített állásfoglalást jelentetett meg az IAU Information Bulletin 83. számában: „A nagyvárosokban,

azok környékén vagy az iparvidékeken élő milliók számára ismeretlen az éjszakai sötét ég látványa. Odafentről lenézve világosan látható, hogy ez a fosszilis és atomenergia céltalan pazarlása, ami ráadásul elnyomja a kozmoszból a Földre érkező gyenge sugárzást is. A fényszennyezés elleni fellépéssel a gazdaság érdeke teljesen egybeesik a tudományéval. Egyszerű szabály, hogy a fényt a megvilágítandó tárgy felé kell irányítani, amivel nemcsak energiát lehet megtakarítani, hanem az égbolt eredeti látványa is megőrizhető. Csupán ennek a fizikai szabálynak közigazgatási szabályként történő alkalmazását kell elérni. Az IAU méltányolja és támogatja az ennek a gondnak a tudatosítására és megoldására irányuló valamennyi nemzeti és helyi kezdeményezést.”

Az IAU állásfoglalásából is kitűnik, hogy a csillagos égbolt védelme mindenkinek érdeke, s nem csak a tudományos szempontok számítanak. Aki látta már az égboltot olyan helyről, ahol mesterséges fényeknek a nyoma sem látszik, s élvezhette a Tejút horizonttól horizontig húzódó sávjának látványát, az sohasem felejtje el azt. Magam is vezettem autót egy 3000 méter magasan lévő obszervatóriumban a lakóépületek és a távcsövek kupolái között, holdtalan éjszakán reflektorok nélkül, csupán a csillagok fényével megvilágított úton. Ott az autó elsötétítése is előírás. (Ezt az utat csak a csillagászok és a távcsöveket kiszolgáló mérnökök használják.) Az első éjszakán még erősen féltem, de utána, amikor már ismertem a kanyarokat kifejezetten élveztem az utat – a fenyőfák tűlevelei között sziporkázóan villódzó csillagok látványa miatt! Ennek ellenére ezt a kísérletet más körülmények között senkinek sem ajánlom, a biztonságos autóvezetéshez fényre van szükség. De a teljes pompájában ragyogó csillagos égbolt alatti sétát min-

denki megérdemelné. A városokban szinte már elfelejtettük, hogy milyenek a csillagok, esetleg a Holdat és a fényesebb bolygókat vesszük észre, leginkább az együttállásuk esetén. Sok pénzt kiadunk azért, hogy távoli tájakat megláthassunk, miközben egy természeti csoda itt van éjszakánként a fejünk fölött, de már a várost elhagyva sem láthatjuk azt. Egy városból persze optimálisan megvalósított világítás mellett sem láthatjuk az égboltot teljes szépségében, de az optimumra törekedve nem felejtjenék el a csillagokat, s talán a városok közelében is lehetőségünk nyílna ahhoz hasonló környezetbe lépni, amilyenből dédszüleink látták az éjszakai égboltot.

Hogy mennyit romlott a csillagos ég állapota az elmúlt évtizedekben, több vizsgálat is kimutatta. A szabad szemmel látható csillagok száma drasztikusan lecsökkent. Megdöbbenő az a térkép, amely az Amerikai Légierő védelmi meteorológiai műholdjának adatai alapján készült, s az éjszakai Földet mutatja. Kívülről szemlélve bolygónkat egyértelműen látszik, hogy a technikai civilizáció szintjét elérő élőlények népesítik azt be. Elektromos energia megawatt-órái vesznek el a világűr irányába. Nem csak pénzt pocsékolunk el ezzel, hanem az eltékozolt energiát jelentős részben fosszilis energiahordozók elégetésével hozták létre, ami a légszennyezés növelésével is jár. De elsődlegesen a fényszennyezés az a környezeti ártalom, amelyről a képek árulkodnak, hiszen az égbolt felé irányuló fény nem hagyja el teljes egészében a légkört: annak egy jelentős része visszaszóródik a levegőben lévő páráról, porról, és azzal megnöveli az éjszakai égbolt háttérfényességét.

Olaszországban egy külön intézet alakult a fényszennyezés vizsgálatára (A Fényszennyezés Tudományos és Technikai Kutatóintézete). Pierantonio Cinzano

vezetésével több tudományos cikk jelent meg az éjszakai égbolt állapotával kapcsolatban. A védelmi meteorológiai műhold adatai alapján feltérképezték a földfelszín jelentős részét a világűrbe távozó, és a légkörből visszaszórt fényenergiára vonatkozóan. A fényszóródás fizikájának és a domborzati viszonyoknak figyelembe vételével a meglévő adatokból kiszámolták, hogy milyen az égbolt háttérfényessége. Erről legutóbb egy világtalaszt is megjelentettek, amelyben országonként felsorolva is szerepelnek a fontosabb adatok. Az éjszakai égbolt természetes háttérfényessége a nagyon távoli csillagok, galaxisok összerosódó fényéből, az állatövi fényből tevődik össze. Átlagos értéke a vizuális tartományban (ez alatt igazából egy csillagászatban definiált szélessávú színszűrő által átengedett tartományt értjük) 86 millió foton másodpercenként egy szteradián térszögből és 1 négyzetcentiméternyi felületen mérve. A világítástechnikában használatos egységben ez a fénysűrűség körülbelül 252 mcd/m². A szerzők már akkor fényszennyezésről beszélnek, amikor a mesterséges háttér eléri a természetes háttér 10%-át – ez a csillagászati szempontból megadott határérték. A táblázat adatai szerint Magyarország teljes lakossága olyan helyen él, ahol az égbolt fényessége meghaladja ezt a küszöböt. A nem szakmabeli, de az égboltra rácsodálkozó emberek szempontjából érdekesebbek az alábbi adatok. Átlagos szemű ember esetén a Tejút sávjának megfigyelhetősége tiszta időben – a lakosság 37 százalékának lehetetlen. Még elgondolkodtatóbb, hogy a hazai népesség 76 százaléka él olyan helyen, ahol a háttér megvilágítottsága legalább akkora, mintha az elsőnegyedben lévő Hold világítaná meg. Telihold okozta háttérfényhez hasonlítható megvilágítottságot pedig a hazai lakosság 47 százaléka tapasztalhat. Tőlünk nyugatra hasonlóak

a tapasztalatok. Az USA lakosságának 81 százaléka felett meghaladja az égbolt fényessége a telihold esetén mérhető értéket! Ezek az értékek tiszta, szennyeződésmentes levegő esetén értendőek, általában ennél jelentősen rosszabbat tapasztalhatunk.

Az olasz intézet egy másik cikkében Európáról olyan térképet is közöl, amely a szabad szemmel még megfigyelhető csillagok fényességét ábrázolja egy színskálán (ezt a mennyiséget nevezzük szabadszemes határfényességnek). Az ábrán ez a térkép látható. (Az ábra forrása: Cinzano, Falchi és Elvidge: „Naked-eye star visibility and limiting magnitudes mapped from DMSP-OLS satellite data”, 2001, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Vol. 323, pp 34–46, a szerzők és a kiadó engedélyével.) A még megpillantható csillagok fényességét a csillagászatban használt magnitúdó skálán adjuk meg. A leghalványabb, ideális körülmények között még megfigyelhető csillagok fényessége 6, míg a legfényesebbekké 0 magnitúdó körüli. A látás fiziológiájának megfelelően ez logaritmikus skála, 5 magnitúdó felel meg 100 szoros intenzitásnövekedésnek. A színskálán a rózsaszín jelöli azokat a helyeket, ahol a határfényesség 3,75 magnitúdónál kisebb, míg a feketével jelölt helyeken 6 magnitúdós csillagok is megfigyelhetők. A közbülső színek negyed magnitúdós lépésként egyenletesen fedik le a tartományt. Az értékek tiszta levegő és a zenit közelében értendőek. Ha a légszennyezés miatt megnövekedett a fényszórás, és nem pont a fejünk fölé nézünk, akkor sokkal rosszabb értékeket kapunk. A bemutatott térképpel együtt a tendenciát is látnunk kell: Az elmúlt időszakban olyan gyorsan növekedett a fényszennyezés mértéke, hogyha megmarad ez a trend, 2025-re Európa térképét a barna és rózsaszín

fogja uralni. Talán még nem késő, hogy megfordítsuk ezt a tendenciát.

A világítástechnikusoknak és csillagászoknak együttesen kell előkészíteni egy olyan törvénytervezetet, amely a csehországihoz hasonlóan korlátozza a felesleges fényeket hazánkban is. A fényszennyezés leküzdésének az egyik legfontosabb eleme, hogy a lámpatestek ernyőztek legyenek, a szükségtelen (és így káros) irányban sugárzott fényt kiszűrjék. Nagyon egyszerű a recept: ha a horizont síkja fölé nem távozik fény, akkor az égbolt háttérfényessége nem növekszik meg jelentősen. Nagyon sok jól tervezett és kivitelezett világítótessel találkozunk, de napjainkban is telepítenek olyanokat, amelyek az előbbi egyszerű szabályt durván megszegik. A cseh és más szabályok is a teljesen ernyőzött (azaz a horizont síkja fölé nulla energiát sugárzó) lámpatesteket írják elő. Ma ezzel még többen nem értenek egyet, s például az EU-ban tervezett egységes szabványok sem írják ezt elő. Annak, hogy a teljesen ernyőzött lámpatesteket kéri a csillagászok az alábbi, egyszerű oka van. A horizontközeleli irányban távozó fény az, ami a legkárosabb a csillagos égbolt megőrzése szempontjából. Míg a függőlegesen felfelé irányuló fény jó része eltávozik a levegőn keresztül, a horizont síkja

főlé 10 fokos irányba távozó sugarak 5,6-szer nagyobb utat tesznek meg az atmoszférában, mint a felfelé távozók. Ennek megfelelően sokkal több fény szóródik vissza földfelszín irányában, növelve az éjszakai égbolt világosságát. A vízszintesen távozó fény 3–4-szer nagyobb szennyezést okoz, mint a függőlegesen távozó. A fényszennyezés elleni csata a vízszinteshez képest 5–10 fokos irányban kibocsátott fényáram értékén, illetve az azt megszüntető árnyékolókon dől el!

A párbeszéd és együtt gondolkodás már elkezdődött a világítástechnikusok és a csillagászok között. Köszönöm a nagyon pozitív hozzáállást több világítástechnikusnak, és a csillagos égbolt kedvelői nevében kérem az összes kollégát, hogy legyenek segítségünkre az optimális kompromisszum létrehozásában. Ez minden ember érdeke a természetes környezetünk, az energiatakarékosság szempontjából is. Ráadásul gyermekeinknek, unokáinknak biztosíthatjuk ezzel, hogy majd gyönyörködhessenek az eléjük tárulkozó Univerzumban, s ne csak a könyvekből ismerjék a Göncölszekeret és a Fiastyúkot. Kár lenne eltékozolni ezt, az eredendően meglévő örökségünket a feleslegesen hivatkozható mesterséges fények kedvéért.

Kolláth Zoltán, PhD