

Svetelné znečistenie, parky tmavej oblohy a astronómia

Pavol Rapavý - Peter Begeni

Úvod

Svetelné znečistenie je súhrn nepriaznivých vplyvov umelého osvetlenia na životné prostredie, biosféru, zdravie, ekonomiku, astronómiu a pod. Na tento problém ako prví poukázali práve astronómovia. Meranie jasú nočnej oblohy od polovice minulého storočia poukazuje na jeho každoročný nárast, ktorý má exponenciálny charakter. Tento problém je pre astronómiu mimoriadne závažný, prírodná nočná obloha sa stráca. Vo svete vnikajú špecifické chránené oblasti zamerané na ochranu nočných ekosystémov ako aj vhodných pozorovacích podmienok pre astronómov.

Termín svetelné znečistenie začína byť akceptovaný aj svetelnými technikmi, je používaný aj v legislatíve. Alternatívne je možné diskutovať aj o svetelnom smogu, rušivom svetle a pod. Hlavným argumentom odporcov termínu svetelné znečistenie je, že svetlo nie je polutantom ale len indikátorom daného stavu atmosféry.

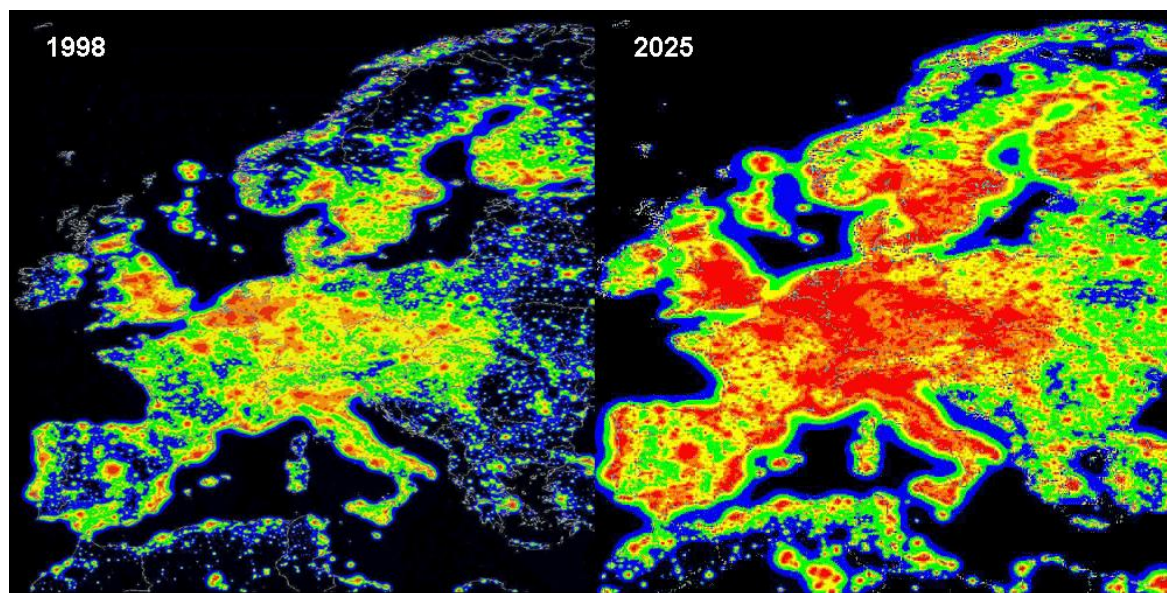
S problematikou svetelného znečistenia by mali byť oboznámení aj žiaci a študenti, nakoľko zasahuje do mnohých oblastí. Jedná sa o širokospektrálnu problematiku, demonštrujúcu jednotu prírody a nutnosť rozvoja medziodborových vzťahov a pohľad na globálny problém viacerých odborov.

Jas nočnej oblohy

Pri prednáškach o svetelnom znečistení je často používaná družicová snímka Zeme s dobre viditeľnými oblasťami, kde je najviac svetelných zdrojov. Tento prvý globálny obrázok Zeme z vesmíru urobil T. W. Sullivan v roku 1989 spracovaním fotografií z družice Defense Meteorological Satellite Program (DMSP) z rokov 1974 – 1984.

Satelitné údaje však poskytujú informácie len o množstve svetla vyžiareného do vesmíru, teda nie priamo o svetelnom znečistení, ktoré je spôsobené svetlom rozptýleným v atmosfére, čím je jas nočnej oblohy spôsobený. Na mapovanie jasú je nutné zohľadniť vplyv atmosféry, rozptyl svetla, nadmorskú výšku, terénny profil a pod.

Prvý projekt mapovania jasú nočnej oblohy v Európe spracoval v roku 1999 kolektív pod vedením P. A. Cinzana a na základe dostupných údajov spracoval aj predpoveď pre rok 2025 (obrázok č. 1). Prvý svetový atlas svetelného znečistenia (jasú nočnej oblohy) bol uverejnený v roku 2001 ako výsledok spracovania snímok družice DMSP a zložitého modelovania šírenia svetla v atmosfére. Výsledkom je príspevok umelého jasú oblohy v zenite prepočítaný na hladinu mora.



Obrázok 1: Mapa jasů nočnej Európy, stav v roku 1998 a prognóza pre rok 2025. (CINZANO, P. – FALCHI, F. – ELVIDGE, C., D., 2001. The first world atlas of the artificial night sky brightness, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 328, p. 689 – 707 (ISSN: 0035-8711))

Negatívne vplyvy svetelného znečistenia

Návštevy v chránených oblastiach tmy by mali byť zaradené aj do vzdelávacieho procesu. Je v nich možnosť poukázať na nutnosť správneho osvetľovania a teda aj nutnosť chrániť nočné životné prostredie. Je nutné poukázať na to, že svetelné znečistenie nie je iba problémom astronómov, ale aj širokým problémom ekologickým. Vzhľadom na to, že človek je denný živočích, mnohí si neuvedomujú dopady umelého svietenia na nočný ekosystém. Biosféra sa milióny rokov vyvíjala v prirodzenom striedaní dňa a noci. Umelým osvetlením sme si neprirodzene predĺžili deň, menej spíme v tme, negatívne sme zasiahli nočné ekosystémy aj seba samých. Pri výučbe je potrebné poukázať na to, že život v prírode nekončí západom Slnka. Množstvo živočíchov potrebuje pre nerušený odpočinok alebo naopak pre aktívny život práve prirodzenú tmú. Umelým svietením narušujeme celý nočný ekosystém, pre mnohé druhy živočíchov a rastlín má prítomnosť umelého nočného osvetlenia fatálne dôsledky. Prítomnosť umelého svetla, resp. nedostatok tmy, narušuje u celého radu živočíchov mnohé aktivity a fyziologické nutnosti, ako je príjem potravy, nočné videnie, cirkadiálne rytmy, navigáciu, migráciu, obranu, lákanie koristi, párenie, mimikry (maskovanie) a množstvo iného. Niektoré živočíchy sú na prítomnosť prirodzenej tmy doslova životne závislé, bez jej prítomnosti nedokážu prežiť. Škodlivé účinky umelého svetla nemajú selektívny charakter, trpí ním množstvo chránených a ohrozených druhov. V poslednej dobe človek prináša narušenie nočného ekosystému nielen na pevnine, ale aj hlboko do svetových oceánov.

Je taktiež potrebné, aby si žiaci a študenti uvedomili, že svietením do ne-zmyselných smerov míňame zbytočne množstvo elektrickej energie, čo nie je iba problémom ekologickým (množstvo vyprodukovaného CO₂) ale aj problémom ekonomickým.

Chránené oblasti tmy u nás

Kvalitná nočná obloha je najväčším prírodným planetáriom. Chrániť si hviezdne nebo nad nami je našou povinnosťou, je to naše kultúrne dedičstvo.

Prvé rezervácie tmavej oblohy boli vyhlásené v USA a Kanade (Lake Hudson State Recreation Area Dark Sky Preserve – 1993, Torrance Barrens, Ontário – 1999).

V súčasnosti existuje vo svete 43 takýchto chránených území, z ktorých viac ako polovica je v Kanade a USA, v Európe ich je 14.

U nás, v Českej republike a na Slovensku, máme tri takého špecifické územia (Jizerská oblasť tmavé oblohy, Park tmavej oblohy Poloniny, Beskydská oblasť tmavej oblohy) (obrázok č. 2). Tieto územia nemajú oporu v zákone, boli vyhlásené podpisom memoranda spolupracujúcich organizácií a za súhlasu obcí na katastrach ktorých sa nachádzajú.

Boli vyhlásené s cieľom informovať laickú aj odbornú verejnosť o zachovanom nočnom prostredí, vzdelávať v problematike ochrany nočného životného prostredia a svetelného znečistenia, propagovať a ochraňovať tmavú nočnú oblohu. Oblasť bez svetelného znečistenia sú vhodné pre astronomické pozorovania či prehliadky oblohy. Návštevy v nich by mali byť nielen ako súčasť astronomického vzdelávania ale aj súčasťou environmentálnej výchovy žiakov a študentov.



Obrázok 2: Chránené oblasti tmy u nás. (podklad Google Earth)

Jizerská oblast tmavé oblohy (JOTO) bola vyhlásená 4. 11. 2009 v rámci Medzinárodného roku astronómie. Jednalo sa o prvú takúto oblasť v Európe a prvú na svete, ktorá sa nachádza na území dvoch štátov (Česká republika, Poľsko). Jej vyhlasovateľmi je šesť spolupracujúcich organizácií, tri poľské a tri české. (Astronomický ústav Vroclavskej univerzity, Astronomický ústav AV ČR, v.v.i., CHKO Jizerské hory, Lesy ČR, Nadleśnictwo Świeradów, Nadleśnictwo Sklarska Poręba).

JOTO má rozlohu $74,5 \text{ km}^2$, nachádza sa v takmer neobývanej časti Jizerských hôr v údolí Jizerky a časti údolia Jizery, je dostatočne vzdialená od veľkých miest.

Základné údaje:

Jas oblohy : $21,25 - 21,35 \text{ mag/arcsec}^2$

Medzná hviezdna veľkosť: 6,6 mag

Bortleho stupnica: ~3

www.izera-darksky.eu

V JOTO sa pravidelne organizujú popularizačné, vzdelávacie a pozorovacie akcie pre širokú verejnosť, na vybraných miestach sú informačné tabule, na poľskej strane aj Projekty Izerskie (model slnečnej sústavy, kamenný kruh, gnómon a slnečné hodiny).

Park tmavej oblohy Poloniny (PTOP) bol vyhlásený 3. 12. 2010 pri príležitosti Medzinárodného roku biodiverzity. Memorandum podpísalo 6 organizácií (Slovenský zväz astronómov amatérov, Správa NP Poloniny, Astronomický ústav SAV, Slovenská astronomická spoločnosť pri SAV, Prírodovedecká fakulta UPJŠ v Košiciach, Vihorlatská hvezdáreň v Humennom).

V čase vyhlásenia bol 21. takouto oblasťou na svete, 4. v Európe a svojou rozlohou $458,2 \text{ km}^2$ štvrtou najväčšou na svete. Je jediným parkom tmavej oblohy na území ktorého sa nachádza observatórium (Astronomické observatóriu na Kolonickom sedle) a kde bolo vytvorené aj informačné centrum PTO. Ubytovanie kapacity a planetárium na Kolonickom sedle vytvorili vhodné podmienky pre rozvoj astroturistiky.

Iniciátori vyhlásenia PTO sa už v memorande zaviazali, že budú vyvíjať aktivity aj o vytvorenie takýchto parkov v susednom Poľsku a na Ukrajine, čím by sa vytvorilo najväčšie chránené územie na svete na území Medzinárodnej biosférickej rezervácie Východné Karpaty. Poľský Park Gwiazdznego Nieba "Bieszczady" bol vyhlásený 8. 3. 2013.

Základné údaje:

Jas oblohy : $21,3 - 21,8 \text{ mag/arcsec}^2$

Medzná hviezdna veľkosť: 7,5 mag

Bortleho stupnica: 2 - 3

www.poloniny.svetelneznecistenie.sk

Na území PTO bolo realizovaných niekoľko projektov (informačné tabule, 49. rovnobežka, Symbolický cintorín obetí svetelného znečistenia, náučný

chodník Pod tmavou oblohou), organizujú sa podujatia pre verejnosť. V roku 2011 bol na počesť PTOp pomenovaný asteroid (22469) Poloniny, čo je taktiež jednou z foriem propagácie problematiky svetelného znečistenia. Oficiálnym patrónom PTOp je kozmonaut Ivan Bella.

Beskydská oblasť tmavej oblohy (BOTO) bola vyhlásená 4. 3. 2013, je spoločnou česko-slovenskou oblasťou. Je druhou cezhraničnou oblasťou na svete. Vyhlásenie podpísalo 5 organizácií (Česká astronomická spoločnosť, Slovenská astronomická spoločnosť pri SAV, CHKO Beskydy, CHKO Kysuce, Lesy ČR). Rozloha BOTO je 308 km² (222,3 km² v ČR a 85,7 km² v SR).

Základné údaje:

Jas oblohy : 21,2 – 21,3 mag/arcsec²

Medzná hviezdna veľkosť: 6,5 mag

Bortleho stupnica: 3 – 4

www.boto.cz

Vzhľadom na svoju polohu a ubytovacie kapacity má BOTO veľmi dobré podmienky pre rozvoj astroturistiky, boli tu už realizované podujatia pre širokú verejnosť. Oficiálnou patrónkou BOTO je Alena Zárybnická.

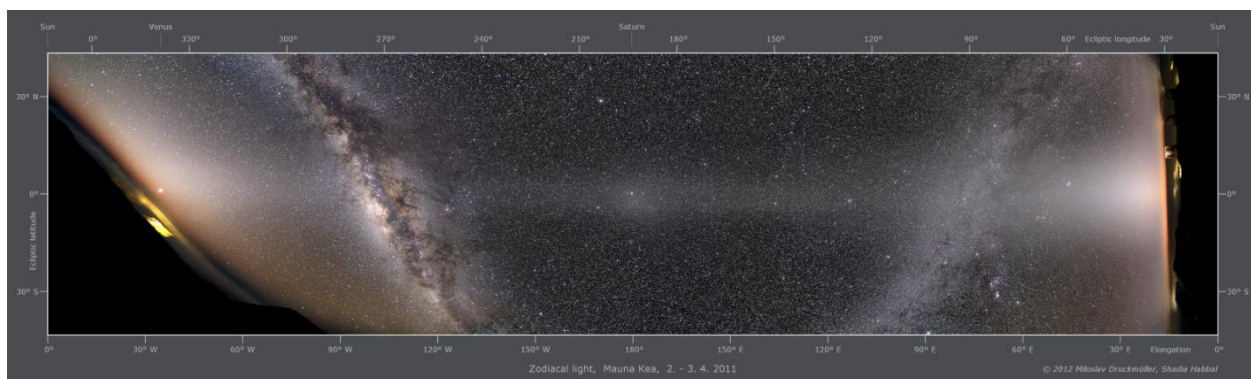
Čo môžeme vidieť v parkoch/oblastiach tmavej oblohy

Skutočné krásy hviezdnej oblohy môžeme vidieť len v oblastiach s nízkym svetelným znečistením. Množstvo úkazov a objektov na nej je prekvapujúce a mnohé z nich je možné využiť aj vo vzdelávacom procese a pri popularizácii.

Mliečna cesta je jasná, široká, s bohatými štruktúrami pripomínajúcimi mramor, za dobrých pozorovacích podmienok vrhá slabý tieň. V lete sa klenie vysoko nad obzorom, zaujmú emisné hmloviny, ako napríklad Severná Amerika (NGC 7000) v Labuti, alebo tmavé mračná Veľkej trhliny. Stred Mliečnej cesty, kde je najjasnejšia, u nás kulminuje vo výške len asi 15° a teda v oblastiach so svetelným znečistením zaniká.

Zodiakálne (zvieratníkove) svetlo je pokračovaním slnečnej F koróny, je najlepšie pozorovateľné na tmavej oblohe po západe Slnka v jarných mesiacoch a pred východom Slnka na jeseň, keď je sklon ekliptiky k obzoru najväčší. Je to svetlý kužel, slabnuci a zužujúci sa so vzdialenosťou od obzoru. Dosahuje do výšky až 60°, môže vrhať slabý tieň a jeho žltší nádych je rozdielny od modrobielej Mliečnej cesty.

Zodiakálny (zvieratníkový) pás (most) je pokračovaním zodiakálneho svetla a je pozorovateľný pozdĺž celej ekliptiky. V mieste ležiacom oproti Slnku je tento pás o niečo širší, je viditeľné zjasnenie s priemerom 10 – 20°, ktoré nazývame **protisvit**.



Obrázok 3: Panoráma zodiakálneho svetla, pásu a protisvitu. (M. Druckmüller a S. Habbal, Mauna Kea, apríl 2011)

Nízko nad obzorom je pozorovateľné slabé žiarenie atmosféry **airglow** (**nightglow**), ktoré je spôsobené rekombináciou iónov kyslíka a dusíka.

Dobre sú viditeľné **objekty vzdialeného vesmíru**, medzi ktorými vyniká dobre pozorovateľná Veľká galaxia v Andromede (M 31), ktorá je od nás vzdialená 2,5 milióna svetelných rokov (ly). Je síce viditeľná aj z prímestských oblastí, no jej krása vynikne len na skutočne tmavej oblohe. Spolu s galaxiou v Trojuholníku (M 33) vzdialenou 2,9 Mly sú to najvzdialenejšie objekty, ktoré môžeme vidieť aj bez ďalekohľadu. Pozorovateľných je množstvo otvorených a guľových hviezdokôp a hmlovín.

Na tmavej oblohe vyniknú aj slabé, na svetlej oblohe len obtiažne pozorovateľné, **súhvezdia** (Vlasy Bereniky, Rys, Žirafa a pod.) .

V oblastiach bez svetelného znečistenia máme možnosť výnimočne pozorovať aj v našich zemepisných šírkach **polárnu žiaru**. Intenzívna polárna žiara bola od nás aj z väčších miest pozorovateľná 20. 11. 2002 a 30. 10. 2003.

Kométy patria medzi najzaujímavejšie objekty, ktoré pútajú pozornosť nielen astronómov ale aj širšej verejnosti. Aj pomerne jasnú tohtoročnú kométu Pan-STARRS však mnoho ľudí bez ďalekohľadu nevidelo. Na tmavej oblohe sú však kométy úkazom mimoriadnym, Hyakutake mala chvost dosahujúci dĺžku až 80°. Ako príklad vynikajúcich pozorovacích podmienok môže slúžiť objav kométy Mrkos (C/1955 L1), ktorá bola objavená na Lomnickom štíte bez ďalekohľadu 12. 6. 1955 ako objekt 3,5 mag ešte počas nautického súmraku len 7° nad obzorom.

Meteory sú úkazom bežným, no skutočný zážitok je však počas maxima činnosti hlavných meteorických rojov. Skutočný „ohňostrojský“ jasných bolidov bol pozorovaný u Leoníd 17. 11. 1998. Odlišná situácia je však u rojov, ktoré síce majú vysokú frekvenciu, no podiel jasných meteorov je nízky. U α Monocerotíd bola 21. 11. 1995 prepočítaná zenitová frekvencia vyše 1500 avšak priemerná jasnosť meteorov len 2,8 mag a teda úkaz bol dobre pozorovateľný len v dobrých pozorovacích podmienkach. Podobná situácia bola aj u Leoníd v roku 1999.

Môžeme bez ďalekohľadu vidieť len 5 planét (Merkúr, Venuša, Mars, Jupiter, Saturn) tak ako sa píše v literatúre? **Urán** v opozícii môže dosiahnuť až 5,3 mag (napr. v apríli 1974, keď bol vo vzdialenosti len 17,43 AU) a teda je pozorovateľný aj voľným okom.

Dostatočne jasná je aj (4) Vesta, ktorá dosahuje jasnosť až 5,4 mag (júl 2018). Je to teda možnosť vidieť na oblohe bez ďalekohľadu aj **asteroid** a dokonca aj **trpasličiu planétu** (1) Ceres, ktorá má v maxime 6,7 mag (december 2012).

Poznámka: Aj na svetlejšej oblohe uvidíme viditeľný blízkozemný asteroid (99942) Apophis, ktorý bude 13. 4. 2029 jasnejší ako 4 mag.

Záver

Oblasti tmavej oblohy sú špecifickými chránenými oblasťami, kde je nočná obloha kvalitná pre astronomické pozorovania a nočné ekosystémy sú narušené len minimálne. Návšteva týchto oblastí by mala byť samozrejmom súčasťou vzdelávacieho procesu nielen v kontexte s astronómiou.

Resume

Light pollution, Dark-Sky Parks and astronomy

Light pollution is a serious environmental burden of our civilization. Most of the population connects this issue with astronomers, who are impeded in observing and studying the universe. Astronomers, however, have only been the first who drew attention to this problem. The issue of light pollution, however, extends to many other disciplines (biology, medicine, economics, ecology, environmental science, climatology, etc.), it is therefore an appropriate issue with which pupils and students should acquaint themselves, too. The submission introduces the wide-ranging issues of demonstrating the unity of nature, the necessity of developing interdisciplinary relationships and a view of the global problem of multiple disciplines. Dark-sky parks are special protected territories, where the night ecosystem is disturbed only minimally and where sky viewing conditions are exceptionally favourable, and thus their use in astronomical edification and education.

Recenzent príspevku:

RNDr. Mária Csatóryová, PhD.