

# Fórum

## ochrany přírody

/ SVĚTELNÉ ZNEČIŠTĚNÍ

03  
2021



## Vážené čtenářky a čtenáři,

nové číslo našeho časopisu je věnováno problematice světelného znečištění. Možná se vám to bude zdát jako příliš módní téma, ale to může být také tím, že jsme se o něj dříve, jako lidská společnost, ale i jako ochránářská komunita, blíže nezajímali. Ostatně ta problematika je velmi široká a redakční rada si je vědoma, že příspěvky v tomto čísle, jakkoliv pestré, toto nemohou plně postihnout.

S radostí vzpomínám, že jsem mohl být u toho, když jsme v regionu Národního parku Podýjí z naší iniciativy před 5 lety podepisovali Memorandum o spolupráci při ochraně Podýjské oblasti tmavé oblohy (ostatně kde jinde má být v noci opravdová tma, než v opravdové přírodě). Otcové zakladatelé tehdy byli především starostové některých obcí národního parku, ale i představitelé energetické společnosti a v neposlední řadě i České astronomické společnosti. Bylo to ve stejnou dobu, kdy se u ministra životního prostředí konala dnes již historická schůzka za přítomnosti respektované osobnosti naší vědy - astronoma a astrofyzika Jiřího Grygara na téma: ochrana před světelným smogem. Krátce poté byla nastartována plodná etapa práce meziresortní pracovní skupiny, z níž mnozí členové publikují i v tomto čísle. Je dobrou zprávou, že lídrem těchto aktivit je právě resort životního prostředí. Přeji vám, milí čtenáři, zajímavé počtení a také, abychom každou noc mohli nerušeně pozorovat klenbu nebeskou, na které bude patrna i ta nejmenší hvězda.

**Tomáš Rothrockl**  
ředitel NP Podýjí

# OBSAH

## // EDITORIAL

Tomáš Rothrockl

2

## // ANALÝZY A KOMENTÁŘE

### Světelné znečištění

Pavel Suchan

3

### Hledání tmy

Michal Bareš

7

### Smazávání rozdílu mezi dnem a nocí ovlivňuje cirkadiánní systém organismů

Zdeňka Bendová

12

### Ovlivňuje světelné znečištění také rostliny?

Hana Konrádová

16

### Člověk a hmyz – komplikované vztahy

Martin Škorpík

19

### Budiž tma!

Jiří Flousek

23

### Jizerská oblast tmavé oblohy

Pavel Suchan

27

### Beskydská oblast tmavé oblohy

Jan Kondziolka

29

### Jak jsme v Brdech hledali tmu

Jana Fischerová a Michal Bareš

31

### Nezbytná budoucnost venkovního osvětlování?

#### Co je BD-VO?

Zbyněk Svoboda, Radim Václavíček

34

## // ROZHOVOR

### Najdeme ještě někde přírodní tmu?

On-line rozhovor s Petrem Baxantem vedla Markéta Swiacká

31

*Foto z titulní strany: Celoblohový snímek v přirozených barvách pořízený na kopci Houpák v CHKO Brdy. Jsou jasně vidět nejvýraznější zdroje světelného znečištění této oblasti (vlevo dole Příbram, nahoře Praha + okolí dálnice D5, vpravo Plzeň) i to, že ani uprostřed poměrně rozlehlého území zcela bez zdrojů umělého světla obloha není tmavá.*  
Autor: Michal Bareš

Fórum ochrany přírody 3/2021 ● ročník 8 ● vychází elektronicky 4x ročně zdarma ● vydává Fórum ochrany přírody, Slezská 125, 130 00 Praha 3 ● IČO 227 19 466 ● redaktorka Markéta Dušková ● grafický návrh a úprava Edita Hrubešová ● redakční rada Jan Dušek, Michael Hošek, Jaroslav Obermajer, Tomáš Rothrockl, Petr Roth a David Storch ● kontakt: info@forumochranyprirody.cz, +420 604 503 856 ● ISSN 2336-5056 ● číslo vychází 2. 8. 2021

Ministerstvo životního prostředí  
Projekt byl podpořen Ministerstvem  
životního prostředí, projekt nemusí  
vyjadřovat stanoviska MŽP.



www.krnapp.cz



www.nppodyji.cz

# SVĚTELNÉ ZNEČIŠTĚNÍ

PAVEL SUCHAN

*Motto: Světlo - dobrý sluha, ale zlý pán.*

PAVEL SUCHAN

Působí v Astronomickém ústavu AV ČR, předseda Odborné skupiny pro řešení světelného znečištění České astronomické společnosti a člen meziresortní pracovní skupiny pro světelné znečištění vedené Ministerstvem životního prostředí.

Ukazuje se, že lidstvo opět a stále neumí naložit s vynálezem, který by mu měl jen sloužit. Umělé světlo a trvale udržitelný rozvoj si zatím nerozumějí. Často svítíme neúčelně a pomíjíme dnes už prokázaná fakta, že tím poškozujeme naše životní prostředí. Přitom stačí málo: uvažovat, svítit pouze účelně a neoslňovat. To, že někdo nevidí proto, že mu něco svítí do očí, se paradoxně řeší přidáním dalšího světla místo toho, aby se upravilo to oslňující. Je důležité směřování světla tak, aby byla osvětlena pouze plocha k tomu určená a nesvítilo se do oken domů nebo do krajiny. A zhasínat, když světlo není potřeba. Moderní přístup říká: uberme světlo z noci, jakmile ho nezbytně nepotřebujeme. Nebo ještě lépe obráceně: zdůvodněme světlo, které potřebujeme.

## KDY A KDE SE PROBLÉM SE SVĚTELNÝM ZNEČIŠTĚNÍM OBJEVIL?

První na problém světelného znečištění poukázali američtí astronomové, a to v 60. letech minulého století. Jejich velké hvězdárny, umístěné na počátku století ve větší vzdálenosti od měst, města svým růstem dostihla, rozrostla se a světla přibývalo, tím začaly problémy s pozorováním slabých vesmírných objektů. V 90. letech minulého století se problematika světelného znečištění dostala poprvé do legislativy v ame-

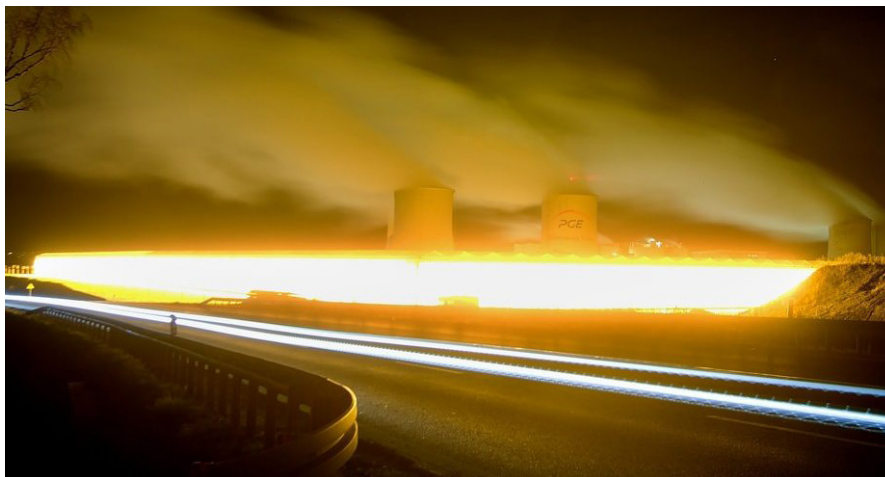
rickém státě Connecticutu. Na přelomu století tento trend pokračoval, přidala se především Itálie, poté Slovinsko...

## SVĚTELNÉ ZNEČIŠTĚNÍ A SVĚTELNÝ SMOG, JAK VNÍMAT TYTO DVA POJMY?

Je to to samé. Zatímco odborníci používají pojem *světelné znečištění* (vycházející z anglického light pollution), novináři a často i lidé mají v oblibě *světelný smog* - zní to dramatictější a popravdě, ono to tak trochu smog v ovzduší připomíná. Světelné znečištění totiž vzniká rozptylem světla v ovzduší. Definovat ho lze jako umělé světlo vyrobené člověkem a rozptýlené v atmosféře. Světelné znečištění zvyšuje umělý jas oblohy (vidíme tak méně hvězd), zvyšuje úroveň světla v nočním prostředí a ničí tak biotopy řady živočichů i rostlin a smazáváním rozdílů světla ve dne a tmy v noci poškozuje cirkadiánní rytmy živočichů včetně člověka.

## O CO PŘICHÁZÍME?

V naprosto tmavém prostředí jsme na obloze očima (bez dalekohledu) schopni spatřit na 3 000 hvězd. Na našich horách to jsou 2 000, na venkově kolem 1 500, ve městech stovky, v Praze, Brně a Ostravě někdy jen desítky. Každý si tak vlastně jednoduchým způsobem může stanovit, v jak světelné



Skleníky Turow od profimedia. Zdroj: Profimedia



Parkoviště supermarketu v noci. Zdroj: Česká astronomická společnost.

znečištěném nočním prostředí se nachází. Stříbřitý pás Mléčné dráhy je vidět jen na tmavé obloze a městské děti Mléčnou dráhu už neznají. Komety se svými kometárními ohony také vyžadují co nejtmaší oblohu, na městské obloze jsou vidět velmi špatně nebo vůbec. Ale i takový jev jako je zatmění Měsíce, se mnohem lépe zažije v tmavém prostředí, kde je vidět např. rozdíl v osvětlenosti krajiny za úplňku a pak během zatmění, než ve městě, kde je světlo pořád stejné. Ochuzujeme se také o pohled na velké množství hvězd a vzdálených objektů ve vesmíru - mlhovin, galaxií, které se špatně pozorují už i dalekohledy. Pozorovací podmínky pro dalekohledy jsou samozřejmě tou základní podmínkou - čím je světlejší obloha, tím méně je na ní vidět. Přicházíme ale nejen o pozorování oblohy, ale také o tmu v krajině, o tmu v přírodě - a to je ještě podstatnější.

### JAK SVĚTELNÉ ZNEČIŠTĚNÍ VZNIKÁ?

V první řadě je to světlo, které vyšleme směrem vzhůru, tedy do atmosféry, kde se pak může rozptýlit a působit nám světlejší noc. Ale i když budeme svítit sebedeje, směrově a jen tam, kam je potřeba, světelné znečištění bude díky odrazu světla od povrchu vznikat, i když v menší míře. Poslední roky se podle nejnovějších znalostí řeší také barva světla. Čím je světlo bělejší až namodralé, tím obsahuje více krátkovlnné modré složky světla, která se více v ovzduší rozptyluje, vnímáme tak oblohu nad sebou světlejší. A pak je to svícení bez ohledu na jeho potřebu - svi-

tíme často po celou noc, aniž by to světlo někdo potřeboval, např. prázdná parkoviště u obchodů. Shrnout to lze jednoduše a bez matematických vzorců: sviťme dolů, pouze tam, kam je to potřeba, sviťme jen tak silně, jak je to potřeba a jen tehdy, kdy je to potřeba a použijeme teple bílé odstíny světla.

### JAK SVĚTELNÉ ZNEČIŠTĚNÍ OVLIVŇUJE KRAJINU, LIDI I FINANCE?

Světlo se v atmosféře může šířit až 300 km. Běžně desítky kilometrů. To má samozřejmě velký vliv na krajinu, už z dálky 60 až 100 km vnímáme Prahu před sebou. V České republice už nenajdeme krajinu

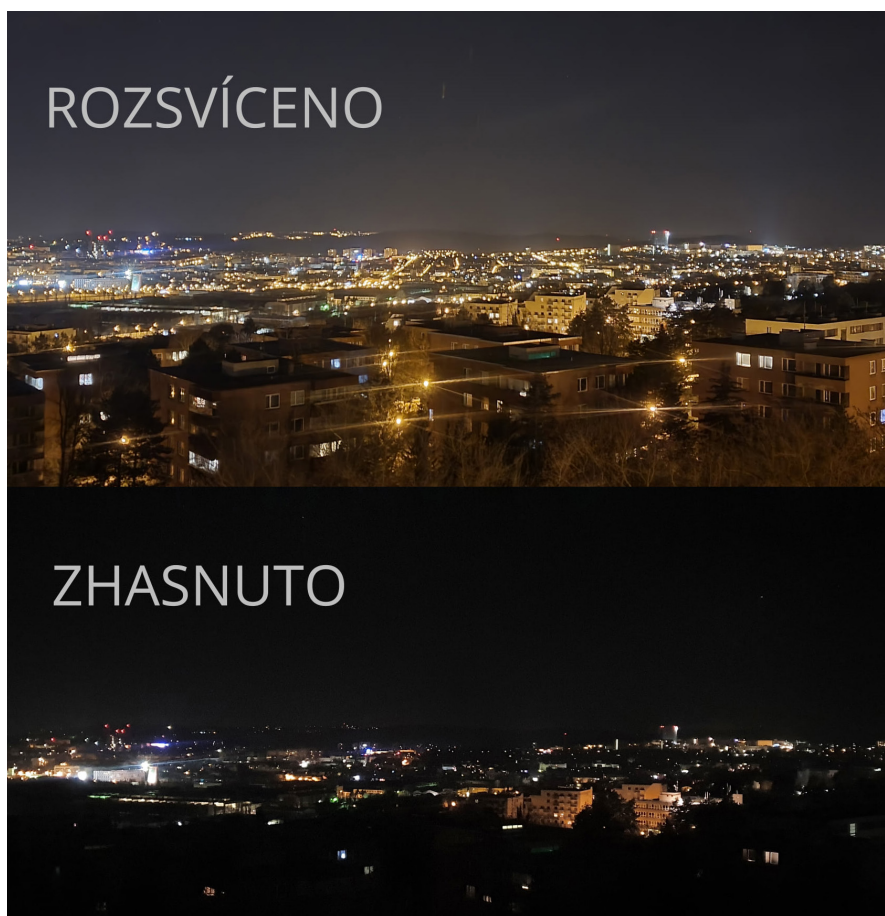
dokonale tmavou - buďto v ní svítí lidská sídla nebo za horizontem vidíme čepice světla. Dokonce ani na evropském území už nenajdeme nepoškozené noční životní prostředí. Lidé ve městech nemají dostatečný kontrast mezi denní osvětleností a noční tmou a jejich biologické hodiny jsou často zmatené, protože nedostávají jednoznačný signál. A finance? Tady už to s rozumem nemá vůbec nic společného. Světlo, které vysvítíme zbytečně a které nám mnohdy ještě škodí, si musíme vyrobit a tedy i zaplatit. Z družicových pozorování se odhaduje, že se z území České republiky ročně vysvítí do špatných (tedy nevyužitých) směrů světlo za 2 miliardy Kč.

### TYPICKÉ MENŠÍ MĚSTO A JEHO ZDROJE SVĚTELNÉHO ZNEČIŠTĚNÍ

Velkým zdrojem světelného znečištění bývají průmyslové zóny - zatím na ně neexistuje regulační vliv a mohou poškozovat světlem prostředí až k vedlejšímu městečku. Je zde třeba dbát na účelnost svícení a směrování světla, v Rakousku mají normou zavedeno, že každé svítidlo je třeba zdůvodnit. Hříště, osvětlení kostela - ať nám udělá radost si zaspotovat nebo se potěšit architekturou, ale nejpozději se začátkem nočního klidu zhasnout - proto tomu říkáme noční klid. Reklama je soukromý byznys, který v žádném případě nesmí kohokoliv omezovat nebo dokonce ohrožovat - pozor na oslnění, povolit pouze obrysy a v noci vypnout. Sídliště je určeno pro byty. V noci se zde spí. Musí tomu odpovídat venkovní osvětlení - teple bílý



Signal Festival - Petřínská rozhledna. Zdroj: Česká astronomická společnost.



Srovnání rozsvícené a zhasnuté veřejné osvětlení Brna. Foto: Jiří Dušek

nádech světla a v noci s regulací příkonu klidně na 20 % (normu ani tak nepřekročíme).

### VEŘEJNÉ OSVĚTLENÍ A BEZPEČNOST

Většina lidí se cítí bezpečně, pokud prochází večerním parkem pod kužely světla... Vezměme to obráceně. Větší bezpečnost zajistíme odstraněním zdrojů světla, která oslňují - řidiče i chodce. Větší bezpečnost neznámá více svítit, ale svítit lépe, bez oslnění. A pak je tu filosofie pojetí nočního prostoru. Jsme ochotni za právo na bezpečnost pro jednoho člověka jednou měsíčně ve tři v noci v parku obětovat noční životní prostředí, ve kterém žije mnoho živočišných druhů? V dnešní době infračervených bezpečnostních kamer a technologií je navíc požadavek na plné svícení na některých místech po celou noc neudržitelný a pro přírodu nehorázný.

### JAKOU ROLI HRAJE BARVA A INTENZITA SVĚTLA?

Dají se stanovit jeho ideální hodnoty?

Ideální hodnota světla v noci - ačkoliv to bude znít divně - je nula. Ani foton. Ani lux. Světlo je v noci cizorodou látkou. Kromě účelu osvětlování prostoru má totiž vedlejší biologické účinky. Vše, co je nad hodnotu nula, je kompromis, taková jednostranná smlouva s přírodou, případně s lidským zdravím. A pokud máme ten kompromis dobře nastavit, musíme využít znalostí fyziologie a chronobiologie posledních let, které udávají, že čím víc je ve světle krátkovlnné modré složky, tím více světelného znečištění vzniká (více se rozptyluje v ovzduší) a tím více je světlo také biologicky aktivní (živočišným druhům signalizuje, že je den). Takže svítit je třeba teplými bílými odstíny, udává se to jako náhradní teplota chromatičnosti (CCT) a tu je třeba držet v rozmezí do 2 700 K, jak doporučuje Ministerstvo životního prostředí. Ve Francii už ale požadují jen 2 400 K. V současnosti přetrvávající oranžové sodíkové výbojky mají CCT 2 000 K. Rozhodně tedy nepřecházejme na ostré bílé světlo, které oslňuje, zvyšuje světelné znečištění a za mlhy vytváří velmi špatné podmínky pro

viditelnost. V noci pak tlumit a ubírat světlo z nočního prostředí.

### ČESKÁ REPUBLIKA - LEGISLATIVA A OPATŘENÍ

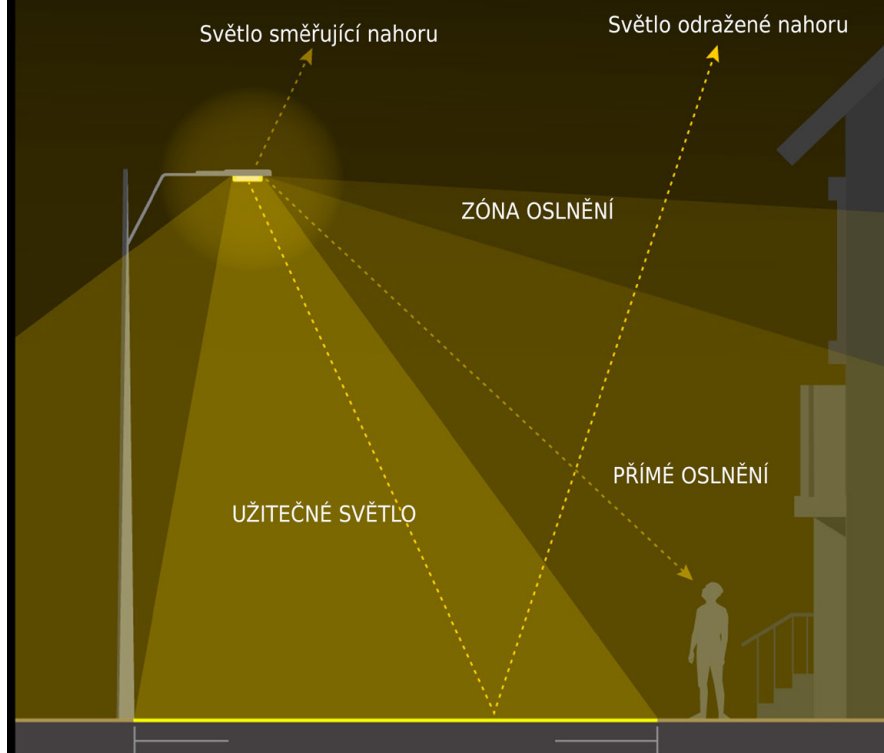
V České republice se situace začala postupně měnit v roce 2001. Tehdy proběhla na Akademii věd první tisková konference na toto téma. Následovaly další, např. o zhasinání Pražského hradu, který mimochodem v 1 hodinu v noci opravdu zhasíná. Lidé si postupně začali uvědomovat, že světlo v noci může a nemusí být distribuováno dobře.

Následoval zákon O ochraně ovzduší 2002/86 Sb., jeho novely, posléze vypuštění ustanovení o světelném znečištění. Někdo se radoval, jiný byl smutný, občané se ale opět ocitli bez podpory státu bránit se bezohlednému svícení či projevům světelného znečištění. Velmi se diskutovalo o tom, jak moc je důležité dodržet nesvícení do horního poloprostoru (ULOR 0 %) a jak moc by vadilo, kdyby pár procent unikalo do horního poloprostoru.

Dnes je to jinak. O ULOR 0 % nepochybuje asi nikdo. Regulace příkonu v průběhu noci a tedy snížení intenzity světla se považuje za běžné a je dnes součástí technických vybavení LED svítidel. Ten nejvýraznější posun je v tom, že od roku 2017 se problematiky světelného znečištění ujal stát. Pod vedením Ministerstva životního prostředí se pravidelně scházejí zástupci Ministerstva vnitra, Ministerstva zdravotnictví, Ministerstva průmyslu a obchodu, Ministerstva pro místní rozvoj, Ministerstva dopravy, Svazu měst a obcí ČR, nově také Ministerstva zemědělství a Ministerstva kultury. První výsledky už registrujeme. Vznikly první státní dotace pro šetrné osvětlování. MŽP už v roce 2017 připravilo dotace pro obce v národních parcích. V roce 2018 došlo k dalšímu kvalitativnímu i kvantitativnímu posunu - MŽP a MPO sladily své dotační tituly a dotačnímu titulu EFEKT, stejně tak jako dotačnímu titulu MŽP nyní už i pro obce na území CHKO, byly stanoveny shodné podmínky - ULOR 0 % a náhradní teplota chromatičnosti ne vyšší než 3 000 K s bonifikací za 2 700 K. Poprvé tak bylo formálně vysloveno, že účinnost svítidel nebude vždy na prvním místě, že uspořít plus mínus 10 % za cenu negativních důsledků především modré složky světla, není řešení pro noční životní prostředí. Stát tak jasně ukázal směr. O nesvícení do horního

# Nežádoucí oslnění

Pouliční světla mají osvětlit ulici níže, ale jejich světlo je často špatně nasměrováno, což způsobuje nežádoucí jas a zvyšuje znečištění světlem.



Graf směrů světla. Zdroj: Česká astronomická společnost.

poloprostoru a o regulaci v průběhu noci není už žádného sporu.

V současnosti se ale vede odborná debata o náhradní teplotě chromatičnosti CCT. Barva světla se totiž podle biologických, fyziologických a lékařských výzkumů posledního desetiletí ukazuje v nočním prostředí lidí i přírody jako zásadní parametr. Na jedné straně stojí maximální účinnost a tedy ekonomika provozu, udržení kognitivních funkcí řidičů v průběhu noci, index podání barev CRI či zatřídění komunikací dané normou. Na druhé straně stojí vědecké výzkumy biologických věd, které prokazují škodlivost modré složky světla obsažené ve studených barvách světla. Mezi tím je řada měst a obcí, které udržují a dokonce dále instalují sodíkové výbojky, protože očekávají v příštích letech rozhod-

nutí, jak to tedy je.

Tři parametry ohleduplného osvětlování, které zaručují minimalizaci negativních účinků světla v noci:

- ULOR 0 % (tedy nesvítil do horního poloprostoru)
  - nízká CCT (3 000 K, resp. 2 700 K je kompromis, který ovšem stále nestačí)
  - regulace v průběhu noci (abychom nesvítili zbytečně moc, když to nepotřebujeme).
- Kromě světelně technických parametrů a řešení jsou dnes k dispozici už další nástroje na snižování světelného znečištění:
- [Metodický pokyn MŽP pro posuzování vlivu stavby na noční životní prostředí v procesu EIA](#)
  - [Příručka pro šetrné osvětlování obcí vydaná MŽP](#)
  - v návrhu nového Stavebního zákona na-

jdeme ustanovení o světelném znečištění - připravuje se ČSN k omezení světelného znečištění, která bude oporou Stavebnímu úřadu a na kterou bude Stavební zákon odkazovat.

Nástrojů přibývá, podpory také (např. Senát na téma světelného znečištění uspořádal v roce 2020 veřejné slyšení), stále tu ale chybí účinný nástroj pro obranu občana, to je ještě před námi. Zatím nedokážeme odpovídat občanům, kteří v současnosti nemají účinnou možnost obrany před škodlivými účinky světla. Technické normy dnes sice slouží pro světelně technické návrhy, ale v kontextu s novými vědeckými poznatky jiných oborů nedostatečně slouží obyvatelům.

## ZÁVĚREM

Co je ten nejnnutnější krok, který by měl být pro zlepšení současné situace v blízké době podniknut?

Naprostou prioritou mají dvě následující věci. Jakmile vstoupí do praxe ustanovení Stavebního zákona, mělo by se zabránit vzniku nových instalací s vysokou mírou světelného znečištění. K tomu je potřeba změnit technické normy tak, aby projektanti mohli / museli naplno využít parametry pro omezení světelného znečištění. Pro ten účel se nyní připravuje zcela nová, samostatná norma.

Situace se zatím jenom zhoršuje. Každým měsícem přibývá světlo v nočním prostředí, tmu doslova ztrácíme před očima. Pokud s tím něco neuděláme, budeme mít světlo, které nyní zažíváme ve městech, i na venkově a prostředí v horách se přiblíží více tomu běžnému venkovskému. Je třeba okamžitě jednat.

VIDEO: Problém s přehnaným nočním osvětlováním

<http://www.asu.cas.cz/cz/verejnost-a-media/svetelne-znecistení>

# HLEDÁNÍ TMY

MICHAL BAREŠ

MICHAL BAREŠ

Amatérský astronom, člen ČAS a IDA. Zaměřuje se na vliv světelného znečištění na noční oblohu a jeho měření. Podílel se na založení Manětínské oblasti tmavé oblohy a mapování jasu noční oblohy na mnoha dalších místech v ČR i zahraničí. Je spoluautorem webu svetelneznecesteni.cz.

Je ještě možné zažít v Česku opravdovou tmu? Spatřit hvězdnou oblohu v plné kráse a rozhlédnout se po krajině, které nebude dominovat světelné znečištění? A jaký je výhled do budoucna?

Většina lidí, a to včetně astronomů, bohužel neví, jak vypadá zcela tmavá noční obloha, bez vlivu umělého světla, protože nic takového nikdy neviděli. Je totiž překvapivě obtížné dostat se na místo, které by bylo dostatečně vzdálené od všech relevantních zdrojů umělého osvětlení narušujících přirozenou tmu. Dokonce i na lodi uprostřed moře jste většinou obklopeni velkým množstvím světla produkovaného samotným plavidlem (samozřejmě, nemáte-li vlastní jachtu, kde si můžete zhasnout). Naprostá většina míst v naší zemi, která lidé upřímně pokládají za tmavá („u nás na chatě, tam je tma jako v pytli“), má pak ke skutečně tmavému, přirozenému prostředí poměrně daleko. Člověk si to ale uvědomí až ve chvíli, kdy se ocitne na velmi odlehklém místě, odkud je do nejbližší vesnice dvacet a do nejbližšího města dvě stě kilometrů. Světlo mající původ na zemském povrchu se v at-

mosféře šíří právě do vzdálenosti řádově 200 km, teprve pak zakřivení zemského povrchu jeho projevy eliminuje.

Světelné znečištění ve smyslu vlivu na krajinu a noční oblohu se může projevovat buď ve formě přímé viditelnosti zdrojů světla, které se v noci stávají významnými krajinnými prvky a mohou v extrémních případech pozorovatele přímo obtěžovat, nebo jako „světelný smog“ – tedy umělé světlo rozptýlené v atmosféře. Zatímco obtěžování přímo viditelnými zdroji světla se lze vyhnout přesunem na místo s omezeným výhledem (což samozřejmě neznamená, že by tím problém zmizel), světelnému smogu se jednoduše vyhnout nelze, jedinou účinnou zbraní je totiž dostatečná vzdálenost od zdroje světla. Bohužel, ve střední Evropě nemáme liduprázdné oblasti dost rozlehle na to, aby bylo možné před světelným smogem uniknout. Čím více se vzdalujeme od jednoho města, tím více se přibližujeme jinému městu v opačném směru. V ČR jsou „světelně nejodlehlejší“ místa vzdálená od nejbližšího zdroje světla zhruba 8 km a nachází se na Šumavě.



*Krajina poznamenaná světelným znečištěním. Výkonné, nevhodně nasměrované světlotomy dominují scéně v okruhu mnoha kilometrů. Přestože se zdroj světla formálně nalézá mimo území CHKO Český les, jeho vliv zasahuje hluboko do chráněného území. Casino Rozvadov, CHKO Český les. Foto: Michal Bareš*



*Nerovný soubor. Vrstva oblačnosti odděluje Mléčnou dráhu od světla měst a vesnic pod ní. Manětínská oblast tmavé oblohy. Foto: Michal Bareš*

Neocenitelnou pomůckou při mapování světelného znečištění a hledání tmavých míst se staly noční snímky zemského povrchu pořízené družicemi z oběžné dráhy. Ty slouží jako vstup do fyzikálních modelů šíření světla v atmosféře a umožňují spočítat míru světelného znečištění (resp. příspěvku umělého světla k celkovému jasů oblohy) nad konkrétním územím, nebo i globálně. Bohužel, tyto družicové snímky poskytují jen omezené množství informací, neboť příslušný instrument snímá pouze v jednom spektrálním pásmu, které se navíc liší od spektrální citlivosti lidského oka a zachycuje pouze záření směřující ze zemského povrchu kolmo vzhůru, tedy nevíme, kolik světla uniká do jiných směrů. Proto je nutné některé další parametry vstupujících do modelů odhadovat. Zatím poslední dostupná globální [mapa světelného znečištění](#) pochází z roku 2015 a poměrně dobře se shoduje s pozemními měřeními, která s kolegy s České astronomické společnosti provádíme na různých místech. Podobné mapy však mohou svádět k ne-

správným závěrům, a proto vyžadují interpretaci. Důležité je, že téměř všechny dostupné mapy světelného znečištění znázorňují, jaká je na daném místě noční obloha v *zenitu*, což ovšem nemusí nutně vypovídat mnoho o tom, jak vypadají další části noční oblohy nebo o tom, jakým obloha působí dojmem na běžného pozorovatele. Na některých místech v ČR je příspěvek umělého osvětlení k celkovému jasů oblohy v *zenitu* menší než 30 %, což skutečně nevypadá nijak špatně. Pro vizuální dojem z noční krajiny však není důležité jen to, jak tmavá je obloha přímo v nadhlavníku. Kvůli nepřírozené pozici se tam totiž, pokud neležíme na zemi, téměř nedíváme, pohledu tímto směrem navíc chybí kontext okolní krajiny. Naopak zásadní je část oblohy níže nad horizontem, do výšky zhruba 30°, což je zhruba horní hranice zorného pole při pohledu do dálky. Celá polovina nebeské hemisféry se nalézá právě ve výšce do 30°, a mnoho nebeských úkazů a kosmických objektů se nachází v těchto místech – například zvětrákové

světlo, centrum Mléčné dráhy nebo jižně položená souhvězdí, která nikdy nevystupují vysoko nad obzor.

Bohužel, vliv světelného znečištění z okolí na noční oblohu s klesající výškou nad obzorem rychle roste. Zatímco v zenitu může být jas oblohy uměle zvýšený „jen“ o 30 %, ve výšce 30° nad obzorem už to může být i více než 100 %, což je rozdíl dost markantní. A to je stále řeč o těch nejtmačších místech u nás, vzdálených desítky kilometrů od větších měst, na většině míst v ČR je situace ještě mnohem horší.

V Česku se tak již nachází jen několik málo lokalit, kde se dá noční obloha za normálních podmínek klasifikovat jako přírodě blízká (nikoliv však zcela tmavá) – jedná se o některé odlehle části Šumavy a Novohradských hor. Všude jinde je vliv světelného znečištění více či méně, avšak vždy na pohled patrný, nejčastěji v podobě světelných „čepic“ nad horizontem ve směrech okolních měst a obcí. Jiná situace je například v zimě při inverzi, kdy je většina zdrojů světla v nižších polohách skrytá pod vrstvou oblačnosti, a na horách nad inverzí nastávají vynikající podmínky pro sledování noční oblohy. Bohužel, zimní období je právě na horách často spojené s provozem osvětlených sjezdovek, které naopak světelné znečištění zhoršují.

O stupínek horší než na Šumavě, ale přesto poměrně tmavou noční oblohu najdeme na několika dalších místech – např. v CHKO Český les nebo oblasti mezi Jindřichovým Hradcem a Znojmem. Jako vodítko může sloužit výše zmíněná [mapa světelného znečištění](#).

Za účelem ochrany nočního prostředí, ale především informování široké veřejnosti a zvyšování povědomí o problematice světelného znečištění, vytvořila v roce 2006 International dark-sky association (IDA) program oblastí tmavé oblohy – systém certifikace (a zároveň ocenění) míst, kde je zachovalé noční prostředí, která se zavážou toto prostředí chránit a řídit se zásadami šetrného osvětlování. Kritéria pro udělení certifikace v několika kategoriích jsou poměrně přísná a dbá se zejména na to,

Ani přírodní noční obloha není úplně černá. K jejímu přirozenému jasů přispívá zejména sluneční světlo rozptýlené na meziplanetárním prachu (sem patří i zvětrákové světlo, protisvit a zodiakální most – jevy běžně viditelné z velmi tmavých míst, ale u nás už vzácně), přirozené záření excitovaných svrchních vrstev atmosféry (airglow), rozptýlené světlo hvězd a souhrnný svit vzdálených kosmických objektů, příliš slabých na to, aby je bylo možné pozorovat jednotlivě. Při pohledu ze Země tak jas noční oblohy nikdy neklesá pod  $1,7 \cdot 10^{-4}$  cd.m<sup>-2</sup>. Ve velkých městech však jas noční oblohy dosahuje vlivem světelného smogu i více než dvacetinásobku přirozené hodnoty.





*Světelné bomby. Průmysl představuje významný zdroj světelného znečištění. Nevhodně nasměrované / špatně cloněné světlomety posílají enormní množství světla do širokého okolí, zcela zbytečně. Takový zdroj je viditelný na vzdálenost mnoha desítek kilometrů. České dráhy a Plzeňská teplárenská, Plzeň. Foto: Michal Bareš*

aby byl závazek péče o noční prostředí a šetrné osvětlování skutečně naplňován a nešlo jen o prázdnou proklamaci, která je v praxi ignorována. Mnohé takto oceněné lokality využívají publicity a značky spojené s certifikací k rozvoji specifického druhu turistického ruchu, který je spojený právě s nočními zážitky.

V ČR bohužel nemáme žádnou lokalitu certifikovanou IDA, ačkoliv bychom i zde našli místa, která by kritéria bez problémů splňovala. Jako problematická se však ukazuje ochota provozovatelů veřejného osvětlení (tedy zejména obcí) zavázat se k šetrnému osvětlování. Přesto našel nápad jako takový odezvu i u nás a Česká astronomická společnost se rozhodla k podobné, byť pouze lokální a ne tak propracované aktivitě, a na několika místech byla vyhlášena tzv. Oblast tmavé oblohy. Tyto oblasti se vyznačují na místní poměry zachovaným nočním prostředím s dobrými podmínkami pro pozorování noční oblohy a tím, že místní obce a organizace deklarovaly společný zájem na zachování tohoto stavu. Nejedná se ovšem o závazek a vše je založeno čistě na dobré vůli zúčastněných.

Jedním z důvodů toho, proč umělé světlo poškozují noční prostředí na tak velké vzdálenosti, je jeho nevhodné směřování. Každé, i sebelepší osvětlení způsobuje svě-

telné znečištění – jednoduše proto, že část světa se odráží od osvětlovaného povrchu do okolí, tomu se nedá zabránit. Světlo namířené dolů na zem se však odráží především vzhůru, do směrů vysoko nad horizontální rovinu a následně poměrně rychle uniká mimo atmosféru. Jen jeho menší část se odráží do směrů těsně nad horizontální

rovinu, kde je navíc efektivně blokována okolní vegetací, zástavbou a terénem.

Bohužel, mnoho svítidel vyzařuje přímo do směrů blízkých horizontální rovině, a kvůli tomu, že svítidla bývají umístěná nad okolním terénem, je toto světlo mnohem méně blokováno než světlo odražené od země. V téměř horizontálním směru se pak světlo šíří atmosférou desítky až stovky kilometrů, během kterých dochází k jeho rozptylu a poškozování noční oblohy i na místech, která jsou poměrně vzdálená. Obzvláště problematické jsou v tomto ohledu výkonné průmyslové světlomety, nakloněné tak, aby osvětlovaly co největší prostor. To nutně vede k vyzařování světla právě do kritických směrů a poškozování noční oblohy a krajiny v širokém okolí, takový zdroj světla se totiž stává dominantním prvkem velkého území (viz obrázky).

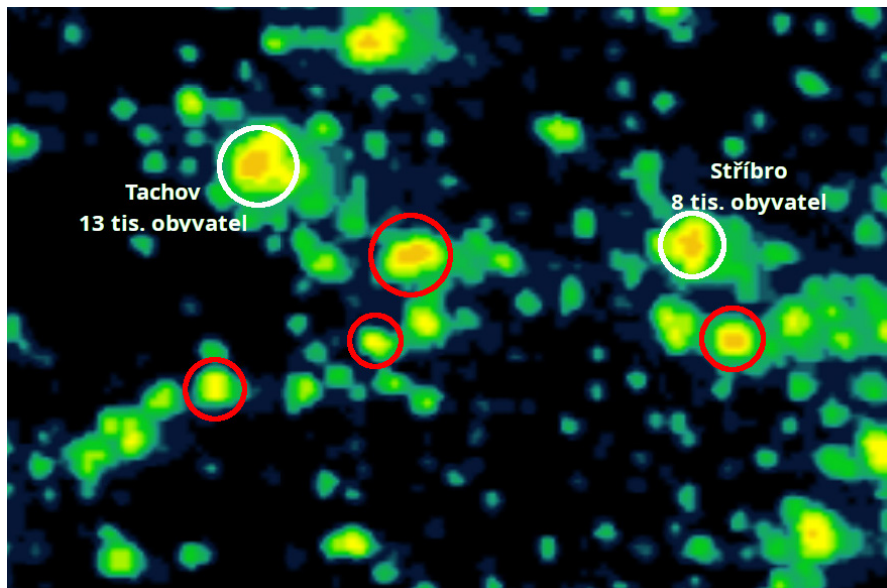
Velkým problémem se stává nárůst umělého osvětlení na místech mimo urbanizovanou území, kde bylo ještě donedávna poměrně zachovalé noční prostředí. Obří sklady rostoucí kolem dálnic produkují tolik světla jako menší města, zemědělské provozny na venkově využívají stále výkonnější světlomety, celonoční nasvětlování vesnických kostelů a kapliček je novou módou a ani sportovní, zábavní a ubytovací zařízení na horách, ale i jinde často ohled na své okolí příliš neberou. Ze stavu, kdy byla v noci přirozeně tma, kterou občas narušilo osvětlené lidské sídlo, se tak dostáváme



*Je tohle ještě noc? Umělé světlo odrážející se od oblačnosti a sněhové pokrývky zcela změnilo podobu noční krajiny. Beskydy. Foto: Jan Kondziolka*

do situace, kdy je osvětlení téměř všude, a vzácné se stávají naopak ostrůvky tmy. Moderní LED svítidla umožňují na rozdíl od starších výbojkových svítidel velmi efektivní směrování světla, a tedy i osvětlování jen těch míst, která být osvětlená mají. K tomu pak postačí menší (avšak lépe využitý) světelný tok, znamenající menší zátěž nočního prostředí. Je však nutné těchto možností skutečně využívat a vybírat varianty svítidel na míru konkrétní lokalitě a úloze. Často tomu tak bohužel není, provozovatel osvětlení zvolí jeden typ svítidla, který pak instaluje všude, bez ohledu na specifika konkrétního místa.

LED svítidla však přinášejí jiný, nový problém, a tím je barva jejich světla, respektive jeho spektrální složení. Naše oči jsou v nočním (skotopickém) režimu velmi citlivé na modrou a zelenou složku světla. Tento režim vidění se uplatňuje ve velmi tmavém prostředí, například ve zhasnutém pokoji, ve volné noční krajině nebo při pohledu na noční oblohu. Osvětlení se však běžně navrhuje na denní (fotopický) režim našeho zraku, kdy je naše citlivost k modré

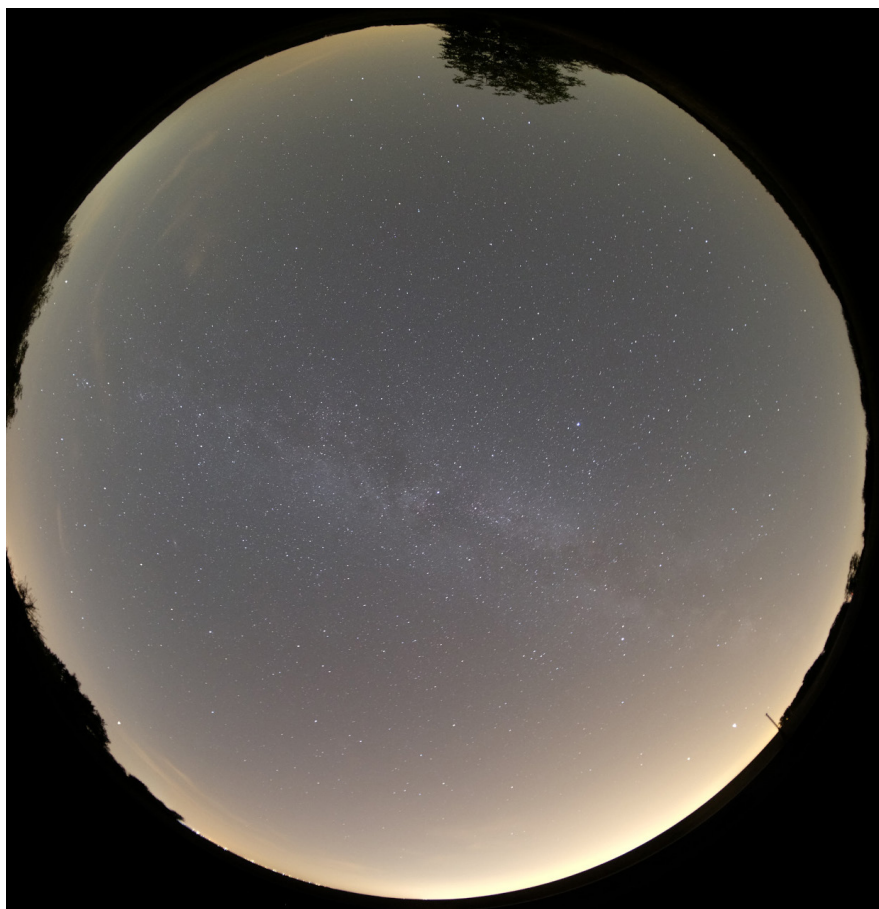


*Sklady, sklady, sklady... Logistická centra mnohdy produkují tolik světla jako celé město. Okolí dálnice D5 mezi Plzní a Rozvadovem. Červené kroužky znázorňují průmyslové a skladovací areály a parkoviště. Zdroj: [www.lightpollutionmap.info](http://www.lightpollutionmap.info)*

výrazně nižší. Rovněž současné technické normy operují s veličinami platnými pro denní (fotopický) vidění. Dochází tak k výraznému podcenění nežádoucích vlivů

zdrojů světla bohatých právě na modrou a zelenou složku světla. Normy a výpočty v technické praxi jim přikládají malou váhu, zatímco pro náš zrak v nočním režimu jsou zásadní. Přechod z doposud používaných sodíkových výbojek se žluto-oranžovou barvou světla na bílé LED, bohaté na kratší vlnové délky světla, tak znamená zásadní zesvětlování noční oblohy, jak jí vidíme očima. Dnes velmi často používané bílé LED s CCT 4000K budí zhruba 3x větší skotopickou odezvu v porovnání se staršími sodíkovými výbojkami při stejném fotopickém světelném toku (S/P faktor). Abychom vykompenzovali negativní vliv změny barvy světla na noční oblohu, museli bychom tedy snížit celkový světelný tok o dvě třetiny! Proto by bylo vhodnější zvolit jinou cestu: LED osvětlení je dnes k dispozici v celé škále odstínů vyzařovaného světla, a to včetně velmi teplých (CCT 2200K) nebo dokonce oranžových (PC-Amber), které mají S/P faktor bližší starším sodíkovým výbojkám. Používání těchto šetrných variant by zachovalo výhody moderní technologie (efektivita, životnost, snadné řízení) a přitom neznamenovalo zásadní dodatečnou zátěž pro noční prostředí.

Současná legislativa bohužel neumožňuje direktivně regulovat způsob, jakým je používáno umělé osvětlení. Tma jakožto přirozená a životně důležitá součást přírody a životního prostředí není v současné době nijak chráněna a každý tak může



*Na příměstské obloze tmu nehledejme. Celoooblohový snímek, louka pod Řípem. Foto: Michal Bareš*

svítit prakticky bez omezení. Na rozdíl od podobné problematiky týkající se hluku, kde existují závazné hygienické limity nebo institut rušení nočního klidu, obtěžování a poškozování životního prostředí nevhodným svícením je dosud zcela opomíjeno. Paradoxně na omezení naráží spíše člověk, který chce před umělým světlem uniknout a zažít přirozenou tmu v přírodě – mnohá chráněná území omezují pohyb a aktivity v noci mimo území obce, nedávný covidový lockdown přinesl zákaz nočního vycházení...

Velká část světelného znečištění vzniká zcela zbytečně, z nevědomosti, pohodlnosti nebo kvůli snaze za každou cenu ušetřit (na nesprávném místě). Dobrým plánováním osvětlení, jeho chytrým řízením, hodnocením variant a jejich dopadů na okolní prostředí a využitím moderních technologií je možné dosáhnout významného omezení světelného znečištění, při zachování veškerých benefitů, které nám osvětlení přináší. Pokud však nebudou provozovatelé osvětlení motivováni k ohleduplnosti ke svému okolí, je výhled do budoucna nejasný.

Na jedné straně dochází ke zvyšování technické kvality veřejného osvětlení v obcích, na druhé straně neustále roste množství světla produkované soukromým sektorem. S postupující rezidenční i komerční výstavbou se rozšiřuje i osvětlované území a dochází k fragmentaci souvislých tmavých krajinných celků. Nástup technologie LED



*Na barvě záleží. Současné technické normy pro osvětlení a navazující metodika projektování a měření pracují se spektrální citlivostí oka ve fotopickém (denním) režimu. V noci však náš zrak pracuje ve skotopickém režimu, který má citlivost posunutou ke kratším vlnovým délkám. Světelný smog vytvářený světelnými zdroji vyzařujícími na kratších vlnových délkách (např. bílé LED) proto vizuálně vnímáme jako výrazně jasnější než světelný smog vytvářený např. zdroji oranžové barvy, ačkoliv z pohledu podle zavedené technické praxe jsou hodnoty osvětlení v obou případech stejné.*

v osvětlování sice představuje příležitost k efektivnějšímu nakládání se světlem, ale bohužel také další výraznou zátěž nočního prostředí plynoucí z velkého podílu kratších vlnových délek ve spektru dominantně používaných variant svítidel.

Ve městech a jejich blízkém okolí nikdy nebude úplná tma – umělé světlo je součástí moderní společnosti a neobejdeme se bez něj. Měli bychom však usilovat o to, aby vliv umělého osvětlení na okolí byl co

možná nejmenší, a tento zájem na ochraně přírody zakotvit i legislativně. Jen tak lze zajistit účinnou ochranu nočního prostředí ve volné krajině a také záchranu míst, kde se noční nebe ještě stále podobá tomu přírodnímu. Hvězdná obloha bez světelného smogu je jedna z vůbec nejpůsobivějších scenérií, kterou nám příroda nabízí a byla by nesmírná škoda, kdybychom jí nadobro ztratili.



# SMAZÁVÁNÍ ROZDÍLU MEZI DNEM A NOCÍ OVLIVŇUJE CIRKADIÁNNÍ SYSTÉM ORGANISMŮ

## ....ALE PROČ BY MĚLY CIRKADIÁNNÍ HODINY ZAJÍMAT OCHRANU PŘÍRODY?

ZDEŇKA BENDOVÁ

doc. RNDr. ZDEŇKA BENDOVI, Ph.D. Od diplomové práce pracovala ve Fyziologickém ústavu AVČR, kde strávila dalších deset let po dvouleté stáži ve francouzském IGBMC. Od roku 2011 je zpět na Přírodovědecké fakultě UK, kde vede Skupinu fyziologických adaptací a biorytmů, a vyučuje Chronobiologii a Smyslovou fyziologii. Od roku 2015 je také zaměstnancem Národního ústavu duševního zdraví, kde vede Pracovní skupinu pro cirkadiánní fyziologii a chronoterapii.

Význam denního světla pro všechny formy života je lidstvu celkem srozumitelný již po staletí. Avšak význam noční tmy pro zdraví jednotlivců a zachování populací se začíná dostávat do povědomí až v posledních letech, kdy o tmu v noci zvolna přicházíme.

### CIRKADIÁNNÍ HODINY

Cirkadiánní systém se vyvinul u všech organismů - od jednobuněčných řas po člověka - jako adaptace na 24h solární cyklus, tedy střídání dne a noci. V jaderných buňkách většiny organismů je založen na zpětno-uzavřených smyčkách, kterými proteiny tzv. hodinových genů blokují svojí vlastní transkripci. **Hodinové geny** v mnohobuněčných organismech řídí expresi více než 10 % genů zapojených do regulace buněčného cyklu, metabolismu, imunitních či regeneračních procesů v organismu a další cirkadiánní regulace probíhají na úrovni proteinových modifikací. Velké procento proteomu (soubor proteinů celého organismu) je tak ekonomicky regulováno v souladu se spánkovým rytmem.

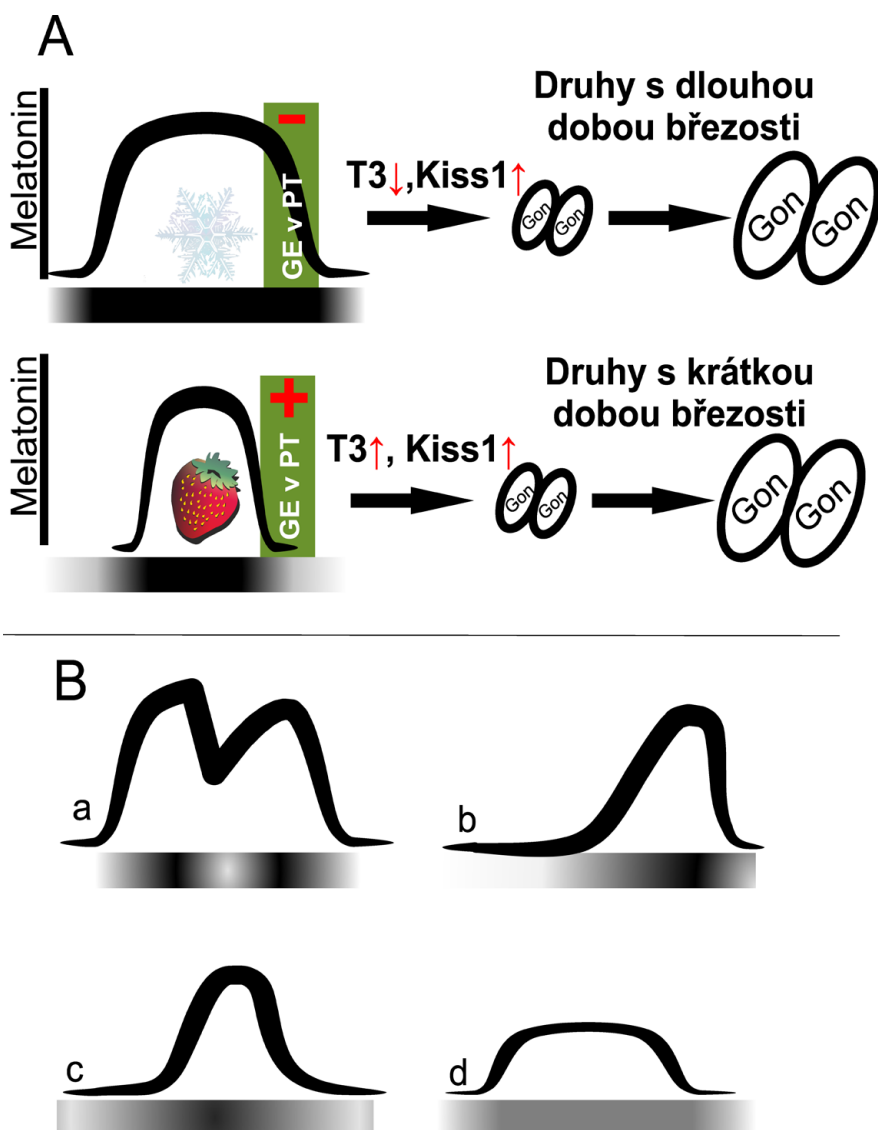
Ačkoliv jsou cirkadiánní hodiny většiny živočichů schopné chodu i ve stálé tmě, nefungují přesně a potřebují každodenní **kalibraci** neboli synchronizaci **se solárním cyklem**. Z humánní medicíny a preklinických laboratorních experimentů na hlodavcích víme, že narušení této synchronizace vysoce zvyšuje riziko vzniku celé řady nemocí, od různých forem depresí, přes diabetes 2. typu, zánětlivá onemocnění, hypertenzi až po rakovinu.

Synchronizace se solárním 24h cyklem je morfologicky zajištěna propojením centrálních cirkadiánních pacemakerů (udavatelů rytmu, podobných pacemakerům v srdci,

kteří udávají srdeční frekvenci, jen pracující s cirkadiánní periodou) v mozku se sítnicí oka a, pokud nemluvíme pouze o savcích, i s dalšími světločivnými orgány, jako je pineální žláza ptáků, plazů apod. Pacemakery potom posílají informaci o přesné denní době do celého organismu neuronálními a humorálními signály. Jedním z nejdůležitějších takových signálů je rytmická produkce pineálního hormonu melatoninu. Jeho syntéza je regulována centrálním pacemakerem tak, aby probíhala v noci. Melatonin se vylévá do krevního oběhu a má receptory ve všech orgánech těla. Takto signalizuje periferním hodinám v buňkách noční fázi 24h cyklu, a funkční proteom v jednotlivých orgánech si tím zachovává přesný fázový vztah se střídáním světla a tmy ve vnějším prostředí.

Vývoj cirkadiánního systému denních i nočních živočichů má z evolučního pohledu stejný základ. Noční tvorové nejsou vystaveni celé fotoperiodě, a proto se jako neefektivnější způsob synchronizace ukázalo vytvoření časového „okna“ citlivosti ke světlu, které se otevírá vždy před a po periodě tmy, což v přírodě znamená soumrak a svítání. Čím větší kontrast mezi světlem a tmou předchází či následuje po tomto „oknu“, tím přesnější je synchronizace cirkadiánních hodin se solárním cyklem a také tím přesnější je synchronizace jednotlivých orgánových soustav mezi sebou.

Světelná synchronizace cirkadiánního systému není podstatná jen pro udržování cirkadiánních rytmů, je to také základní mechanismus, který umožňuje **adaptaci organismů k zeměpisné šířce a sezónním změnám** v přírodě. Mění se poměr během dne a noci v průběhu roku se kopíruje do



Zjednodušené schéma reakce melatoninu na změnu poměru mezi dnem a nocí v zimě a v létě, a význam melatoninu pro sezónní fyziologii (A) a schematické znázornění reakce rytmu melatoninu na příkladové působení antropogenního světla v noci v zimním období (B). V přirozených podmínkách kopíruje délka nočního melatoninového signálu délku noci (černošedé pruhy místo osy x). Na dlouhé zimní noci (A, horní část obrázku) je pik melatoninu široký a zasahuje do okna citlivosti struktury mozku zvané part tuberalis (PT, zelený obdélník). Toto okno začíná 12h po začátku noci, tedy 12h po vzestupu melatoninu. Působení melatoninu v tomto okně blokuje expresi genů (GE), důležitých pro lokální produkci thyroidního hormonu (T3). Krátká letní noc (A, dolní část obrázku) zajišťuje, že melatonin nepůsobí v tomto okně a geny důležité pro produkci T3 se spustí. Do tohoto bodu je transdukcce dlouhé a krátké noci do hormonálních změn stejná pro živočichy s dlouhou i krátkou dobou březosti. Rozdíl nastává v hypotalamu, kde je obráceně vnímáno působení T3. U zvířat s dlouhou dobou březosti snížení T3 indukuje peptid Kiss1 nezbytný pro zvětšování gonád (Gon) a nástup reprodukce, u zvířat s krátkou dobou březosti je Kiss1 indukován zvýšenou hladinou T3.

Délka tmavé fáze tedy do toho systému zasahuje minimálně dvakrát. Jednak definuje začátek noci pro odečet 12h intervalu pro okno citlivosti v PT, a jednak definuje délku melatoninového signálu. Koincidenční střet těchto systémů je velmi precizně vyladěn. Víme, že k nastartování změny v reprodukci stačí změna délky noci z 12h na 12,5h.

B) Světlo uprostřed noci vede k okamžitému poklesu melatoninu (a), který se může vrátit do původních hodnot, pokud světelný puls dopadne v první polovině noci, ale zůstává snížen, pokud světlo zapůsobí v druhé polovině noci. Světlo zvečera zpožďuje vzestup melatoninu, mění vlnovou formu jeho rytmu a zužuje pik (b), podobně jako světlo působící zvečera i zrána (c). Velmi často světlo působí celou noc a výrazně snižuje kontrast mezi dnem a nocí, a tím potlačuje syntézu melatoninu (d). Vliv intenzity a spektra již není v tomto schématu zohledněn.

Ačkoliv jsou cirkadiánní i fotoperiodický systém do značné míry schopné homeostatických adaptací, tato schémata naznačují, s jakou výzvou se oba systémy musejí potýkat. Je otázkou, kdy překročíme tu hranici nočního světla, kdy už většina druhů žádných adaptací nebude schopna.

nastavení fází cirkadiánních pacemakerů a poté do vlnové formy cirkadiánních rytmů. Letní komprese a zimní dekomprese vysoké noční hladiny melatoninu je nezastupitelný signál pro savce i ptáky pro spuštění sezónních procesů v organismech (viz obr. 1A).

## SVĚTLO V NOCI

Antropogenní světlo v noci má dva hlavní dopady na cirkadiánní a sezónní fyziologii. Jednak komplikuje synchronizaci k solárnímu 24h cyklu tím, že snižuje kontrast mezi dnem a nocí a snižuje tak rozlišitelnost mezi dnem a nocí pro cirkadiánní systém. Toto je v dnešní době jasně popsán problém pro živočichy v městském prostředí, a ve volné přírodě to znamená ohrožení zejména pro noční živočichy, kteří jsou vnímaví k velmi nízkým intenzitám světla signalizujícím vlastně konec soumraku a začátek svítání. Díky rychlému trendu zvyšování intenzity nočního světla v posledních letech a rychlosti jeho šíření do volné přírody z měst díky závojevému jasu (v angl. „skyglow“) lze očekávat, že se problém bude týkat brzy všech živočichů ve volné krajině včetně člověka. Světlo v noci také okamžitě, v řádu několika minut, snižuje noční hladinu melatoninu (obr. 1B). Chronicky snížená hladina melatoninu má za následek komplikace v sezónních cyklech reprodukce, migrace, hibernace nebo jiných adaptačních změnách ve fyziologii. Nízká hladina melatoninu ale také narušuje imunitní a metabolické procesy a rytmus spánku a bdění, a to jak u nočních, tak u denních živočichů.

Ačkoliv základní procesy cirkadiánních regulací jsou shodné u denních a nočních živočichů, z laboratorních experimentů je zřejmé, že **citlivost melatoninu nočních živočichů na světlo v noci** je výrazně vyšší. Jedny z prvních studií ze 70. a začátku 80. let ukázaly, že 8 minutová expozice bílému světlu o intenzitě nižší než 1 lux potlačuje u syrských křečků do 10 minut hladinu melatoninu o více než 25 % a melatonin zůstává nízký, i když jsou zvířata znovu vrácena do tmy<sup>1</sup>. Podobný účinek 1 minutové expozice světlu popsala také prof. Illnerová u potkanů<sup>2</sup>. Jasné světlo, kolem 1000 luxů, může dokonce působit na křečka jen 1 vteřinu a hladina jeho melatoninu spolehlivě klesne<sup>3</sup>. Noční světlo u hlodavců vede dokonce ke vzniku jakési „paměti“. Ukázalo se totiž, že krátké 1 minutové světlo nesníží melatonin jen v době

svého působení a krátce nato, ale melatonin je ve stejnou dobu snížen i v několika následujících cyklech<sup>4</sup>. Vysokou citlivost na noční světlo mají také ryby a žaby, které žijí ve velmi tmavém nočním prostředí, a jimž stačí intenzita světla nižší než intenzita měsíce v úplňku k významnému potlačení noční hladiny melatoninu<sup>5</sup>.

**Citlivost denních živočichů k nočnímu světlu** je řádově vyšší. Nicméně 10-30 luxů snižujících melatonin u japonských makaků (*Macaca fuscata fuscata*) je na úrovni intenzity běžného osvětlení městského prostředí<sup>6</sup>. Velmi častým modelem denních živočichů studovaným v souvislosti se světlem v noci jsou ptáci. Nedávná studie ukázala, že již 1,5 luxu stačí zebříčkám pestrým (*Taeniopygia guttata*) k potlačení melatoninu a dokonce 0,3 luxu, tedy světlo měsíce v úplňku, stačí pro změnu v hladině melatoninu u kosa černého (*Turdus merula*)<sup>7,8</sup>. Jsou-li tyto ptáci chováni v prostředí, kde je 0,3 luxu v noci trvale v průběhu roku, nenastane u nich v dalším roce reprodukční fáze a nezvýší se zjara hladina jejich testosteronu.

V posledních letech roste počet prací, které dokazují, že **načasování sezónních reprodukčních procesů** se liší mezi obratlovci obývajícími oblasti se světelným znečištěním a stejnými druhy obývajícími oblasti s malým nebo žádným antropogenním světlem. Vzhledem k nezastupitelné roli melatoninu v regulaci sezónní reprodukce, může jeho chronické potlačení (obr. 1B a,d) nebo maskování změn v přirozené délce dne (obr. 1B b,c), posunout nebo dokonce inhibovat reprodukční zrání a rozmnožování velké skupiny zvířat. Studie zabývající se touto otázkou zjistily, že ptáci žijící v městském prostředí s vysokou intenzitou nočního světla zahajují sezónní reprodukční procesy dříve než ptáci v tmavých oblastech. Tato mláďata však mají často menší šanci na přežití díky nejisté dostupnosti potravy a suboptimálním teplotám<sup>9</sup>. Také laboratorní experimenty se savci prokázaly, že 5 luxů světla během noční fáze je dostatečné k narušení fyziologických reakcí na zkracující se den, jako je houstnutí či změna barvy srsti, aktivita pohlavních žláz či nárůst tělesné hmotnosti. Tato zvířata měla také horší imunitní reakci k bakteriální infekci, což svědčí o špatné cirkadiánní synchronizaci obdobně, jako známe u lidí dlouhodobě pracujících ve směnných provozech<sup>10</sup>.

Problémy s nočním světlem jsou stále intenzivněji vnímány **všude na světě**. Z jedné práce publikované na téma „light at night AND ecosystems“ v 60. letech se počet prací na toto téma vyšplhal na více než 400 v posledním desetiletí (zdroj: PubMed). Dlouhodobé sledování klokanů dama (*Macropus eugenii*) v Austrálii např. ukázalo, že zvířata žijících v oblastech s vysokým světelným znečištěním rodí později a vrhy mláďat jsou méně synchronizovány s vhodným ročním obdobím než vrhy klokanů žijících v oblastech bez světelného znečištění. Autoři naznačují, že antropogenní světlo maskuje malé rozšíření přirozené noci po letním slunovratu, které klokaní využívají k reaktivaci blastocyst<sup>11</sup>. Jiná práce referuje o tom, že samci makiho trpasličího (*Microcebus murinus*) vystavení nočnímu světlu simulujícímu intenzitu a spektrum pouličních světel v Brunoy ve Francii, nastupují do říje o 2 týdny dříve než u samci vystavení měsíčnímu světlu, díky změnám v hladině melatoninu<sup>12</sup>. Tyto a mnoho dalších studií ukazují, že antropogenní světlo v noci může ovlivnit načasování sezónní reprodukce a vyvolat tak problémy s udržením populací mnoha živočišných, nejen nočních, druhů.

### MODRÉ SVĚTLO

V posledních letech se často mluví o faktoru tzv. modrého světla, které je v minimální míře součástí spektra zastaralých sodíkových výbojek, má ale velmi významný podíl ve spektru nových LED svítidel, která sodíkové výbojky celosvětově nahrazují. Obavy z rostoucího podílu modrého spektra ve veřejném osvětlení a reklamních či jiných světelných zdrojích vycházejí ze základního principu vnímání světla zrakovou dráhou vedoucí k cirkadiánním pacemakerům, která je morfologicky odlišná od dráhy pro obrazové vidění. Tato dráha je „vyladěná“ tak, že s velkou citlivostí vnímá světelné spektrum v blankytné modré, okolo vlnových délek 480 nm. Obsahuje speciální fotopigment melanopsin, který byl objeven zhruba před pětadvaceti lety, tj. přibližně v době, kdy se, spolu se zaváděním světelných zdrojů LED do veřejného prostoru, začaly objevovat první problémy s dopadem na ekosystém. Spektrální složení prvních LED svítidel se totiž překrývá se spektrální citlivostí melanopsinu a tím i cirkadiánního systému, a tak i systému řídicího sezónní fyziologii. Postupem času se ukázalo, že vyladění k „modré“ není vlastností jen

obratlovců, ale že fotopigment s těmito vlastnostmi existuje u většiny živočichů včetně hmyzu.

Z hlediska kompromisu mezi nároky zrakového systému člověka, jediného uživatele nočního osvětlování na planetě, a zachování rozmanitosti přírody a zdraví jednotlivých živočichů, se jeví jako ideální moderní trend zavádění biodynamického osvětlování. To se řídí solárním cyklem a cyklem aktivity člověka a tlumí intenzitu a mění spektrum v době, kdy není pro člověka bezprostředně užitečné. Existuje však řada organismů, zejména rostlin a hmyzu, ale pravděpodobně i některých druhů ptáků a savců, které jsou citlivé i k červenému či zelenému světlu. Také zcela neplatí, že světlo jiných spekter než je modrá, uniká zcela pozornosti cirkadiánním hodinám. Musí být jenom trochu silnější k vyvolání stejného účinku. Je proto mít na paměti, že i moderní technologie svícení ve veřejném prostoru jsou stále pouze kompromisem a jedinou možnou prevencí proti vymazání nočního prostředí je osvětla a cílená smysluplná regulace zavádění nových světelných zdrojů *per se*.

## LITERATURA:

- <sup>1</sup>**Brainard GC, Richardson BA, Hurlbut EC, Steinlechner S, Matthews SA, Reiter RJ. (1984).** The influence of various irradiances of artificial light, twilight, and moonlight on the suppression of pineal melatonin content in the Syrian hamster. *Journal of Pineal Research*, 1: 105-119. doi: 10.1111/j.1600-079x.1984.tb00202.x.
- <sup>2</sup>**Illnerová H, Vaněček J. (1979).** Response of rat pineal serotonin N-acetyltransferase to one min light pulse at different night times. *Brain Research*, 167: 431-434. doi: 10.1016/0006-8993(79)90841-2.
- <sup>3</sup>**Reiter RJ, Joshi BN, Heinzeller T, Nürnberger F. (1986).** A Single 1- or 5-Second Light Pulse at Night Inhibits Hamster Pineal Melatonin. *Endocrinology*, 118: 1906-1909. doi: 10.1210/endo-118-5-1906.
- <sup>4</sup>**Lerchl A. (1995).** Sustained response of pineal melatonin synthesis to a single one-minute light pulse during night in Djungarian hamsters (*Phodopus sungorus*). *Neuroscience Letters*, 198: 65-67. doi: 10.1016/0304-3940(95)11952-s.
- <sup>5</sup>**Kupprat F, Hölker F, Kloas W. (2020).** Can skyglow reduce nocturnal melatonin concentrations in Eurasian perch? *Environ Pollut*, 262:114324. doi: 10.1016/j.envpol.2020.114324.
- <sup>6</sup>**Nozaki M, Tsushima M, Mori Y. (1990).** Diurnal changes in serum melatonin concentrations under indoor and outdoor environments and light suppression of nighttime melatonin secretion in the female Japanese monkey. *Journal of Pineal Research*, 9: 221-230. doi: 10.1111/j.1600-079x.1990.tb00710.x.
- <sup>7</sup>**Moaraf S, Vistoropsky Y, Pozner T, Heiblum R, Okuliarová M, Zeman M, Barnea A. (2020).** Artificial light at night affects brain plasticity and melatonin in birds. *Neurosci Lett*. 716:134639. doi: 10.1016/j.neulet.2019.134639.
- <sup>8</sup>**Dominoni DM, Quetting M, Partecke J. (2013).** Long-Term Effects of Chronic Light Pollution on Seasonal Functions of European Blackbirds (*Turdus merula*). *PLOS ONE* 8(12): e85069. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0085069>
- <sup>9</sup>**Kempnaers B, Borgström P, Loës P, Schlicht E, Valcu M. (2010).** Artificial night lighting affects dawn song, extra-pair siring success, and lay date in songbirds. *Current Biology*, 20: 1735-1739. doi: 10.1016/j.cub.2010.08.028.
- <sup>10</sup>**Aubrecht TG, Weil ZM, Nelson RJ. (2014).** Dim light at night interferes with the development of the short-day phenotype and impairs cell-mediated immunity in Siberian hamsters (*Phodopus sungorus*). *J Exp Zool A Ecol Genet Physiol*. 321(8):450-456. doi: 10.1002/jez.1877.
- <sup>11</sup>**Robert KA, Lesku JA, Partecke J, Chambers B. (2015).** Artificial light at night desynchronizes strictly seasonal reproduction in a wild mammal. *Proceedings of the Royal Society B, Biological Sciences*, 282: 1-7. doi: 10.1098/rspb.2015.1745.
- <sup>12</sup>**Le Tallec T, Perret M, Théry M. (2016).** Melatonin concentrations and timing of seasonal reproduction in male mouse lemurs (*Microcebus murinus*) exposed to light pollution. *Journal of Mammalogy*, 97: 753-760. <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyw003>

## DALŠÍ ČTENÍ:

- Falcón J, Toriglia A, Attia D, Viénot F, Gronfier C, Behar-Cohen F, Martinsons C, Hicks D. (2020).** Exposure to Artificial Light at Night and the Consequences for Flora, Fauna, and Ecosystems. *Front Neurosci*, 14:602796. doi: 10.3389/fnins.2020.602796.
- Bendová Z, Moravcová S. (2018).** Erasing day/night differences in light intensity and spectrum affect biodiversity and the health of mammals by confusing the circadian clock. *Lynx, new series*. Prague: National Museum, 49(1), 139-161. DOI: <https://doi.org/10.2478/lynx-2018-0012>.  
Le Tallec T, Perret M, Théry M.

# OVLIVŇUJE SVĚTELNÉ ZNEČIŠTĚNÍ TAKÉ ROSTLINY?

## ... ANEB PROBLEMATIKA SVĚTELNÉHO ZNEČIŠTĚNÍ OČIMA ROSTLINNÉHO BIOLOGA

HANA KONRÁDOVÁ

RNDr. HANA KONRÁDOVÁ, Ph. D.  
Působí na Katedře experimentální botaniky Přírodovědecké fakulty UK, kde se zabývá studiem regulace morfogenních procesů s důrazem na úlohu sacharidového metabolismu a fyziologií stresu. Vyučuje předmět Fotomorfogeneze. Aktivně působí v pracovních skupinách řešících světelné znečištění.

Fyziologické reakce rostlin na světlo a interakce mezi rostlinami a jinými organismy se vyvíjely po miliony let za stabilního režimu 24hodinových cyklů světla a tmy (mimo rovníkové oblasti) za pravidelných sezónních změn v délce dne a noci. Podobně jako ostatní organismy, i rostliny jsou těmto změnám dokonale přizpůsobeny a světlo u nich hraje zásadní roli upravující denní i sezónní vzorce chování. V důsledku technologického pokroku i rostoucí lidské populace stále přibývá míst, která jsou v noci vystavena nočnímu rušivému světlu (někdy označovanému jako ALAN podle anglického Artificial Light At Night). Pro účely tohoto článku bude pojem světelné znečištění použit pro negativní dopady umělého světla v noci.

### SVĚTLO V NOCI = ŠPATNÉ SVĚTLO / DEZINFORMACE

Rychlé šíření umělého osvětlení způsobilo nebývalé narušení přirozených světelných cyklů. V nočním prostředí se umělé světlo liší intenzitou v rozmezí několik řádů - od přímého osvětlení městské a příměstské vegetace, až po slabou, ale téměř všudypřítomnou „zář oblohy“ (z angl. skyglow<sup>1</sup>), šířící se v obrovském okruhu od přesvětlených urbanizovaných oblastí. Pokud tedy nebude k problematice světelného znečištění přistupováno plošně, cenná a malá území není možné před jeho účinky efektivně chránit. Dochází k nebývalé erozi přirozeně tmavého nočního prostředí, které spočívá v pozvolném stírání rozdílu mezi dnem a nocí, a tím je narušováno pevně

ukotvení organismů v čase a prostoru, za které vděčí stabilitě zemské rotace a pozice Země vůči Slunci.

Jednoznačné hodnocení dopadu světelného znečištění na rostliny může být zdánlivě ztíženo komplexností vztahu rostlina - světlo. Pro rostliny totiž světlo zajišťuje jednak zdroj energie (která je fixována do organických sloučenin fotosyntézou), ale také je současně nejdůležitějším zdrojem informací o průběhu dne či vegetačního období. Nízké hladiny ozáření způsobené světelným znečištěním většinou neposkytují dostatek energie, aby mohla být významně stimulována fotosyntéza (a bylo tedy možné uvažovat o nějakém „přilepšení“ ve smyslu výživy), naproti tomu informační funkce světla je silně narušována již při nízkých ozářeních a tím je ovlivňováno správné fungování procesů závislých na této funkci světla. V následujících odstavcích se na některé publikované příklady narušení takových procesů působením ALAN podíváme detailněji (viz Obr. 1).

### INFORMAČNÍ ROLE SVĚTLA PŘI VÝVOJI ROSTLIN

Světelné podmínky - kvalita světla, hladina ozáření (kvantita), směr a fotoperioda<sup>2</sup> - mají různé regulační role v mnoha klíčových procesech rostlin (jmenujme např. klíčení semen, vývoj semenáčů, fotosyntézu, děje řízené fotoperiodicky či pomocí cirkadiánní rytmicity). Důležitost informační funkce světla pro rostliny je zřejmá už z existence pěti skupin známých fotoreceptorů, které

<sup>1</sup> Skyglow: difúzní jas noční oblohy, vznikající odrazem světla od atmosféry, drobných částic a zejména od mraků.

<sup>2</sup> Fotoperioda: délka světla v 24hodinovém cyklu.



zprostředkovávají vnímání světelných podmínek v červené, modré a ultrafialové části spektra.

## PŘÍMÝ VLIV SVĚTELNÉHO ZNEČIŠTĚNÍ

Světelné znečištění je největším nebezpečím pro správnou synchronizaci přirozených rytmů rostlin s vnějším prostředím. Tyto rytmy jsou řízeny vnitřními biologickými hodinami, které jsou synchronizovány pravidelným střídáním světla a tmy. Stále častěji se v odborné literatuře objevují práce, které popisují, jak umělé světlo v nočním prostředí ovlivňuje správný nástup fenologických fází, tedy jednotlivých pravidelně se opakujících životních projevů, jako je např. rašení pupenů, žloutnutí listů, jejich opad apod. První práce tohoto typu se objevily už ve 30. letech 20. století. Příklady takového narušení jsou nejlépe zřetelné u městské zeleně – v průběhu podzimu dávají kratší dny citlivým druhům stromů signál, že je čas se připravovat se na opad listů a příchod nízkých teplot – přeskupit zdroje tak, aby byly rostliny co nejlépe chráněny před blížícími se mrazivými zimními teplotami. V blízkosti svítidel veřejného osvětlení ale můžeme pozorovat, jaký dopad má na zdravotní stav stromu, pokud je informace o zkracujících se dnech falešně zkrácena - nedostatečná příprava na zimu vede k zámrazu celých větví. Podobně je narušena akumulace ochranných látek, které chrání před poškozením citlivé meristémy v pupenech. Na jaře je problém podobný

- falešná informace o „dostatečné“ dlouhém dni vede k časnějšímu rašení pupenů vystavených v této citlivé fázi vývoje riziku jarních mrazíků. Co to udělá se zdravotním stavem takového jedince? Přestože dlouhodobé účinky změněných světelných podmínek nebyly dosud dostatečně prozkoumány, jisté je, že ztráta zdrojů (látky, které rostlina ztratila předčasným opadem starého listoví či zničením části mladých výhonů) způsobuje na strom sice malý, ale opakovaný tlak. To se může projevit sníženým růstem ve srovnání se stromy stejného druhu rostoucími v přirozeně osvětleném prostředí. Je pravděpodobné, že většinu riziku dramatického zhoršení celkového stavu budou vystaveny stromy v lokalitě, kde již existují další abiotické stresové faktory, jejichž účinky se mohou vzájemně prohlubovat (v městech typicky zhoršená kvalita ovzduší, omezená dostupnost vody, zvýšené teploty), a takoví jedinci budou náchylnější i k nejrůznějším chorobám. Mezi další uváděné efekty světelného znečištění patří změny v nástupu fotoperiodicky řízených reakcí. Uvádí se, že až 80 % kvetoucích rostlin je citlivých k fotoperiodě (zjednodušeně řečeno změnu ve svém vývojovém programu uskuteční, když je den dostatečně krátký, nebo naopak dostatečně dlouhý). Jejich kvetení, rašení pupenů a opad listů tímto způsobem směřují do správné fáze sezóny. Rostliny, u nichž je kvetení řízeno délkou dne, se liší v požadavku na tuto délku – některé jsou ke kvetení stimulovány dlouhými dny (dlouho-

denní rostliny), jiné krátkými (krátkodenní). Proto ani účinky světelného znečištění na jednotlivé rostliny nejsou stejného typu. Předpokládá se, že efekt světelného znečištění se projevuje výrazněji u rostlin krátkodenních. Novozélandská dřevina železnatec (*Metrosideros excelsa*) kvete hojněji v blízkosti svítidel veřejného osvětlení než v mezerách mezi nimi, což může znamenat pro rostlinu extrémní energetickou zátěž. V USA již byly popsány i první efekty na zemědělské plodiny - intenzivní reflektorové osvětlení narušilo normální vývoj rostlin sóji na okolních polích, v jiných pozorováních rostliny kukuřice a sóji poté, co byla na komunikaci vedle pole nainstalována nová výkonnější svítidla, rostly sice rychleji, ale nepřecházely správně do generativní fáze, čímž došlo ke snížení výnosu.

U volně žijících druhů účinky zatím zůstávají spíše bez povšimnutí, v experimentálním systému ale již bylo zjištěno, že např. štirovník (*Lotus pedunculatus*), produkuje až o 25 % méně květů, pokud je v noci vystaven umělému světlu simulujícímu veřejné osvětlení. Rozdílná reakce různých druhů má logicky dopad i na stabilitu ekosystému, který je ohrožen posuny v druhovém složení, k čemuž se dostaneme později.

Co se týče vlivu na další světlem ovlivňované procesy, předpokládá se narušení denního chodu hospodaření s fotosyntetickými sacharidy) syntetizovanými v listech během dne a rozváděnými do dalších částí rostliny během noci. Další pozorované efekty se týkají narušení denní (cirkadiální) rytmicity některých důležitých funkcí souvisejících s výměnou plynů a hospodařením s vodou, jako je např. otevírání a zavírání průduchů. Cirkadiální rytmicity se také podílí na regulaci některých významných enzymatických systémů. Například světlo v noci dramaticky snížilo klíčivost rýže, a to díky redukcí aktivity  $\alpha$ -amylázy, enzymu, který zodpovídá za štěpení škrobu při klíčení. Ukazuje se dále, že temná perioda je u rostlin podobně jako u jiných organismů určena k zotavení ze stresu včetně zneškodňování některých nebezpečných látek jako jsou reaktivní formy kyslíku (ROS). Právě efektivita takových fyziologických reakcí sloužících k tzv. nočnímu zotavení může být významně snížena. Jako příklad lze uvést vliv nočního osvětlení (ekvivalentní přibližně expozici vegetace při běžném pouličním osvětlení) na působení troposférického ozonu - nebezpečné látky produkované

### Důsledky světelného znečištění pro rostliny

(různá kvalita / kvantita světla v noci)

400 450 500 550 600 650 700 750 nm

Změny v hustotě, velikosti a vodivosti průduchů, narušené hospodaření s vodou



Změny v ultrastruktuře chloroplastů, snížení rychlosti fotosyntézy

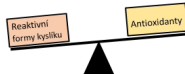
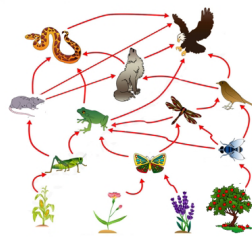


Změny ve stavbě listů, opoždění senescence a opadu

Narušený správný nástup kvetení včetně jeho intenzity, rytmicity otevírání květů, výnosy / plodnost, vztahy s opylovači, parazity a herbivory, posuny v potravních řetězcích a narušení ekosystémových služeb



Posuny nástupu fenologických fází (opad, rašení), opožděný nástup (či předčasná ztráta) mrazuvzdornosti



Narušené noční zotavování včetně odstraňování reaktivních forem kyslíku, narušení regenerace procesů, poruchy přerozdělování asimilátů

Schematické shrnutí nejvýznamnějších důsledků vlivu světelného znečištění na fyziologické a ekologické funkce vyšších rostlin.

fotochemickými reakcemi oxidů dusíku a uhlovodíků a související s automobilovým provozem. Experimenty se třemi druhy jetele ukázaly, že po vystavení nízkým hladinám světla v noci se významně zvýšilo poškození listů experimentálně aplikovaným ozonem. Také liliovník tulipánokvětý vystavený podobným hladinám nočního světla reagoval akumulací nebezpečných ROS (peroxid vodíku, superoxidové radikály).

### NEPŘÍMÝ VLIV SVĚTELNÉHO ZNEČIŠTĚNÍ

Ukazuje se, že kromě přímých účinků umělé světlo v noci pravděpodobně ovlivňuje interakce mezi rostlinami navzájem i mezi rostlinami a jinými organismy. V rámci čtyřleté britské studie travních porostů bylo zjištěno, že vystavení polopřirozené louky nočnímu světlu o intenzitách i vlnových délkách charakteristických pro pouliční osvětlení vedlo k významným změnám: došlo ke snížení populace jednoho druhu trávy, zatímco další dva druhy reagovaly podpořením svého růstu. Tyto i další podobné výsledky naznačují, že musíme brát v úvahu i možné změny ve složení populací včetně možného zvýhodnění problematických, například zavlečených druhů.

Z hlediska rostlin jako součástí ekosystémů

nelze opomenout fakt, že umělé světlo v noci ovlivňuje fyziologický stav, chování a ekologické vztahy býložravců a opylovačů. Podle švýcarské studie narušilo vztahy s opylovači, konkrétně snížilo počet návštěv nočních opylovačů o 62 %. Toto mělo za následek pokles produkce semen o 13 % (rostliny byly opylovány i denními opylovači). Někteří motýli vykazují silnou synchronizaci svého časného vývoje s jarním rašením hostitelských stromů, nicméně světelné znečištění může tuto synchronizaci narušit. Významný vliv světelného znečištění na hmyz je nad rámec tohoto zamyšlení věnovaného rostlinám. Ukazuje se dále, že pokud je studována i oblast, která sousedí s územím zasaženým světelným znečištěním, ale sama již zvýšené hodnoty nočního jasu nemá, i tam je fungování ekosystému modifikováno. Proto světelné znečištění může dále narušovat komplikované a mnohastupňové potravní vztahy a kaskádovým efektem ovlivnit i organismy, které na světelné znečištění přímo citliví nejsou.

Závěrem: Lze se pokusit navrhnout nějaké řešení k snížení dopadů světelného znečištění na rostliny? U rostlin je situace komplikována existencí více typů receptorů, signalizaci u rostlin tedy narušuje více složek barevného spektra. Optimální je

proto zhasínat či alespoň tlumit a vhodně směřovat každé noční světlo, které není bezprostředně potřeba. Vzhledem k rozsáhlým a dosud ne zcela prozkoumaným dopadům umělého světla v noci je vhodné dodržovat opatření ke snížení světelného znečištění, myslet na efektivitu šíření tohoto typu znečištění na velké vzdálenosti a dbát na šetrné osvětlení se správnými parametry i mimo nejcennější chráněná území. Je nutné zdůrazňovat, že tma v noci je pro rostliny neméně důležitá jako světlo ve dne. Je potěšitelné, že v poslední době se světelnému znečištění věnuje rostoucí pozornost. Bude-li účinně omezováno – a to i pokud by hnacím faktorem mělo být především lidské zdraví – prospěje to rostlinám i celým ekosystémům.

*Další příklady včetně odkazů na primární literaturu lze nalézt v přehledových článcích Bennie et al. 2016 a Singhal et al. 2019.*



---

#### LITERATURA:

**Bennie J., Davies T.W., Cruse D., Gaston K.J. (2016):** Ecological effects of artificial light at night on wild plants. *Journal of Ecology*, 104(3): 611–620.

**Singhal R.K., Kumar M., Bose B. (2019)** Eco-physiological Responses of Artificial Night Light Pollution in Plants. *Russian Journal of Plant Physiology*, 66(2): 190–202.

# ČLOVĚK A HMYZ – KOMPLIKOVANÉ VZTAHY

MARTIN ŠKORPÍK

Ing. MARTIN ŠKORPÍK

Vedoucí oddělení speciální ochrany přírody a strategického plánování na Správě NP Podyjí ve Znojmě, dříve se zde věnoval zoologii a zemědělství. Zabývá se entomologií, v níž se specializuje na faunistiku a bionomii čeledi krascovití a ochranářskou entomologií. Profesionální dráhu začal ve Výzkumném a šlechtitelském ústavu okrasného zahradnictví v Průhoncích, kde se zabýval systémy krajinné zeleně.

*Některé zástupce hmyzu, tedy členovce se šesti nohama, hlavou, hrudí a zadečkem, dýchající vzdušnicemi, si zřejmě dokáže vybavit většina lidí. Asi každý se někdy setkal s vosou, motýlem, mouchou či mravencem. Ne každý ale ví, že co do počtu druhů, šíře využití různorodého prostředí i mohutnosti vazeb v ekosystému, hmyz suverénně kraluje všem zoologickým skupinám žijícím na souši. Lze směle říci, že pokud by hmyz v okamžiku zmizel, život na Zemi v dnešní podobě, by se začal rychle hroutit. Tuto představu, ze které mrazí, však naše civilizace plíživě naplňuje. Sice nenápadně, zato důsledně. Hmyzu ničíme jeho přirozené prostředí, bez kterého se neobejde. Překotně likvidujeme tropické lesy, mírné pásma planety měníme na urbanizované a výrobní zóny, stepního biotopu na přechemizovaná pole. Hustě osídlená krajina navíc v posledních sto letech produkuje světelné znečištění, se kterým si hmyz neumí poradit.*

Hmyz si Zemi začal podmaňovat určitě již od středu prvohor, tedy před více jak čtyřmi sty miliony roků. Srovnáme-li tento časový údaj s dobou, kdy se v afrických savanách objevili první zástupci rodu Homo, pak hmyz tu žije sto čtyřicetkrát déle, než my lidé. Úspěch člověka na Zemi je postaven na jedné výjimečné strategii.

## HOMO TECHNOLOGICUS A SPECIALIZACE HMYZU

Už první lidské tlupy se začaly postupně vydělovat z přímých vazeb v ekosystému, protože lidé dokázali systematicky používat technologické prostředky. Kamenné, dřevěné i kostěné nástroje člověk vyráběl ne pro jednorázové, ale pro trvalé používání a posléze ovládl i oheň. Díky tomu rozšířil škálu biotopů, ve kterých dokázal žít a opatřit si potravu, případně čelit velkým predátorům. Večerním sezením u ohně jsme kdysi přelstili i denní střídání světla a tmy, které v tropech dělí den zhruba na dvě poloviny. Člověk je mezi všemi živočišnými



*Kombinace nevhodného tvaru difusoru a studené barvy světla vyzařovaného lampami veřejného osvětlení ovlivňuje společenstva hmyzu v širokém okolí. Foto: Jan Kondziolka*



Rovný spodní kryt zajišťuje směřování světelného kuželu do spodního poloprostoru a výrazně omezuje světelné znečištění. Barva emitovaného světla však ani zde není vhodná. Foto: Jan Kondziolka

druhy výjimečný tím, že se specializuje na despecializaci. V porovnání s ostatními savci není ani silnější nebo rychlejší, nemá výjimečně ostré smysly. Naši předci mohli přežít v africké savaně díky řadě tělesných a sociálních adaptací, které se odehrávaly na pozadí spolupráce ve skupině. Rozvíjela se schopnost řešit neobvyklé situace, zvědavost a přizpůsobivost. Díky týmové spolupráci a schopnosti rychle si předat zkušenosti se lidé stali komplexními bytostmi, které stále více ovlivňovaly okolní přírodu i populace zvířat.

Většina druhů hmyzu je naopak velmi úzce specializovaná. Během dlouhé evoluce a koevoluce s jinými skupinami či rostlinami, si hmyz vypracoval strategii rozrůznit se na velké množství druhů, uplatňujících vrozené chování často jen v úzké nise. Setkáme se tak s druhy žijícími v různorodém půdním i vodním prostředí, s ekto i endoparazity, predátory drobných živočichů, koprofágy, nekrofágy, požirači hub, různých stádií dřeva i jiných rostlinných pletiv, nektaru a našli bychom jistě i další specializace. Některé skupiny blanokřídlých a všekazi vyvinuli dokonce i sociální strategie. Tato spolupráce je však založená na úplně jiných principech, než lidská společnost. Úspěch člověka je spojen s čím dál větší exploatací přírody, úspěch hmyzu naopak s využitím všech nabízených nik přírodních systémů.

### HMYZ A JEHO VAZBY V PŘÍRODĚ

Díky úzké specializaci, mnoha strategiím a velkému počtu druhů, zajišťuje hmyz v ekosystémech nepředstavitelné množství vazeb, které teprve postupně objevujeme a jejich význam pozvolna domýšlíme. Dnes je popsáno více než jeden milion druhů hmyzu, ale jejich skutečný počet je jistě mnohonásobně vyšší. Většina tohoto množství žije v tropech, kde zároveň dochází k rychlým a nevratným změnám. Při objevování světa chemických, světelných a zvukových signálů hmyzu jsme teprve na začátku. Většina z tohoto bohatství nám zůstane navždy skryta. Ničení biomu tropického deštného lesa je příčinou faktu, že velká většina z odhadovaných 6 milionů druhů hmyzu nebude nikdy objevena. Jejich schopnosti zmizí dříve, než je kdokoli rozpozná. Někteří brouci a motýli dokážou vyhledat jedince opačného pohlaví záchytem jednotlivých molekul pohlavního feromonu. Podle rozložení v prostoru, koncentrace a složení chemických látek uvolňovaných rostlinami, jsou schopny mnohé druhy nacházet potravu na velké vzdálenosti. Tyto nepochopitelné výkony byly popsány i v mnoha titulech populárně naučné literatury, ač většinou u druhů, které jsou hodnoceny jako významné pro hospodářské porosty.

Neměnnost vazeb, jejich instinktivní zakotvení a úzká vazba, třeba jen na jedno stadium vývoje konkrétního druhu rostliny, zakládá značnou zranitelnost a bezbran-

nost hmyzu proti překotným změnám způsobeným lidmi. Na kolapsu hmyzích společenstev zejména v posledních desítkách let se silně podílí i světelné znečištění.

### PROČ VADÍ UMĚLÉ SVĚTLO NÁM I HMYZU

Světlo produkované umělými zdroji není škodlivé jen pro hmyz, ale vadí vlastně všem živým organismům. Co to je světelné znečištění? Mohli bychom jej definovat jako světelné, ale i infračervené a ultrafialové záření vydávané umělými zdroji, které způsobuje poruchy v přirozeném chování a rytmech živých organismů.

Od časů našich lidských začátků v africké savaně vnímáme instinktivně tmu jako cosi neznámého a nepříjemného, něco co skrývá nebezpečí. Lidský zrak není přizpůsoben noční aktivitě a při procházce nočním lesem se necítíme komfortně. Za každým stromem hledá naše podvědomí afrického predátora. Abychom porazili nebezpečnou tmu, bylo vynalezeno elektrické osvětlení. Začalo se ve větší míře využívat v poslední třetině 19. století a dnes je pro nás samozřejmou součástí života. Skutečnost, že jeho nadužívání může způsobovat vážné poruchy lidského zdraví a vnášet chaos do života nočních organismů, si nikdo tehdy neuvědomil.

Náš hormonální systém reguluje svou činnost už od našich hominidních předků podle rytmu dne a noci. Ponocující člověk uvylklý po statisíce let na oranžové světlo táborového ohně nahlodává umělým světlem svou hormonální rovnováhu, což u mnoha z nás přispívá ke vzniku civilizačních chorob.

Zatímco my se můžeme před rušivým světlem chránit, noční příroda to nedokáže. Celonoční silné osvětlení výrobních a skladových areálů, veřejných prostranství, dopravních sítí způsobuje rozvrát společenstev hmyzu s noční aktivitou. Je to jeden z hlavních důvodů, proč v posledních dekádách hmyzu ubylo tak, že je to nápadné i laikům.

### CO SE DĚJE V NOCI

Asi šedesát procent druhů bezobratlých živočichů se za desítky milionů let své evoluce naučilo využívat noční aktivitu. Chrání se tak před predátory se zrakovou orientací, upřednostňují vyrovnanější povětrnostní podmínky a speciální potravní nabídku. Pro svou orientaci využívá noční hmyz přiroze-

ný slabý jas, který vydávají hvězdy, planety a Měsíc. Specializovaný zrak nočních druhů je uzpůsoben tak, že i intenzita světla, která se pohybuje ve stotiscinách denní hodnoty, umožňuje normální životní aktivity. Na základě koevolučních mechanismů se nočnímu životu přizpůsobilo i mnoho predátorů žijících se hmyzem. I některé rostliny kvetou a voní pouze v noci a jsou závislé na specializovaných opylovačích, například nočních motýlech.

Denní dění v přírodě plynule přechází do noci aktivitou soumravných druhů. Společnosti nočního hmyzu jsou neméně různorodá a zajímavá jako ta, která můžeme přímo pozorovat ve dne. Kromě stabilní slabé záře nebeských těles, která jsou po obloze posouvána jen rotací Země, ruší noční tmu i přirozené efemérní světelné jevy. K nejčastějším patří blesky při bouřkách, lesní a savanové požáry a zářící ionizovaný plyn při vstupu malých nebeských těles do atmosféry Země. Při erupcích sopek je to též světlo emitované z horkého magmatu.

Zvláštním případem přirozených světelných zdrojů je bioluminescence – světlo, které dokážou vyzařovat některé živé organismy. Světélkovat dokážou třeba některé bakterie, mořský plankton, láčkovci, hlavonožci a ryby, ale i pralesní houby, několik čeledí brouků a dvoukřídlých. Využívání této schopnosti může mít velmi rozdílné důvody. Hlubokomořské ryby a jeskynní bedlobytky lákají na světlo kořist, chobotnice světélkujícím inkoustem matou útočnicka. Někteří brouci tak mohou hledat partnera ke spáření nebo si vymezovat teritorium.

Je důležité zdůraznit, že přirozené světelné jevy produkované v noci abiotickými procesy i bioluminiscencí, nemají rušivý vliv na noční přírodu. Je její součástí a jeho působení v nočním prostředí je přirozené.

### VŠUDYPŘÍTOMNÉ RUŠIVÉ SVĚTLO

V osmdesátých letech 19. století se v Evropě objevily první elektrické soustavy osvětlující veřejná prostranství. Lidé ve svých městských domácnostech zhasli petrolejky a začali prodlužovat aktivní část dne při nepřirozeném intenzivním světle, plynové lampy nahradilo výkonné veřejné osvětlení. S vynálezem zářivek přibýly světelné reklamní nápisy na každém rohu a významné budovy pohltilo slavnostní osvětlení. Dvacáté století proběhlo ve znamení exponenciálního nárůstu umělých

světelných zdrojů. Světelné rampy u komunikací a průmyslových objektů září i daleko za městem. Září dopravní značení, nekonečné kolony aut, výškové stavby a větrné elektrárny kdekoli v krajině.

Větší města prozrazuje světelný příkrov na desítky kilometrů daleko. Intenzita osvětlení na celé planetě se násobně zvyšuje a nezasažené oblasti souše najdeme už jen uprostřed velkých pouští, polárních oblastí, tropických pralesů či vysokohorských planin. Světelný smog je dobře patrný i z oběžné dráhy. Škodlivý vliv umělého světla si dlouho nikdo neuvědomoval a i dnes si jej většina lidí odmítá připustit. Světlo je synonymem bezpečí a jistoty. A až s novým tisíciletím se do povědomí dostávají i informace o vlivu světla na člověka a přírodu.

### JAK HMYZ REAGUJE NA RUŠIVÉ NOČNÍ SVĚTLO

Mezi členovci je hmyz neúspěšnější skupinou a jako jediný z nich se naučil létat. Mistři v tomto oboru jsou i mezi nočními druhy, což dokazují například lišaji. Proč mnoho létajících nočních druhů láká umělé světlo, zatím nikdo uspokojivě nevysvětlil. Je pravděpodobné, že zejména Měsíc funguje odpradávná jako orientační bod při noční aktivitě a migraci. Hmyzí oko si jej fixuje do určitého směru a podle toho volí směr letu. Zřejmě proto pozorujeme krouživý pohyb letícího hmyzu kolem lamp. Tento silný zdroj světla zamění za měsíc,

kteří je ale na rozdíl od lampy prakticky nekonečně daleko. Snaží se zdroj udržet ve stejném místě, a proto kolem lamp krouží až do úplného vysílení. Jaký rozvrat populací nočního hmyzu způsobí statisíce světelných v urbanizovaných oblastech, není těžké domyslet.

S dostupností úsporných LED světel roste absurdita nočního svícení nad veškerou představivost. Technický diktát zavelel k celonočnímu osvětlování cyklostezek, památek, sportovišť a zábavních areálů, skladových hal, seřadovacích kolejíšť a třeba fóliovníků s rychlenou zeleninou či zdravými bylinkami. Prostředí vyhovující nočním živočichům ve středoevropské krajině zmizelo.

Společnosti nočního hmyzu jsou v rozvratu. Silné umělé zdroje lákající hmyz zneumožňují obhajobu teritorií, rozmnožování, sběr potravy a odpočinek. Hmyz se stává snadnou kořistí predátorů a umírá po statisících u lamp a osvětlených ploch. Některé noční druhy umělé světlo naopak odpuzuje, takže i jejich životní projevy jsou narušeny. Potravní řetězce a vazby v ekosystému se hroutlí, nastávají nepředvídatelné synergické efekty, v celých oblastech vymírají populace některých druhů. Nepřítomnosti hmyzu už si všimli ze snadno pochopitelných důvodů i motoristé a ornitologové.

### JAKÁ ŘEŠENÍ NABÍZÍ BUDOUCNOST?

Potřebu výzkumu účinků světelného smogu jsme pochopili teprve nedávno. Zároveň



*Překonaná, nevhodná konstrukce zdroje osvětlení způsobuje, že otvory odvádějící teplo vniká do difuzoru hmyz. Vrstvy mrtvých hmyzích těl výrazně snižují účinnost zdroje světla v místě, kam by naopak světlo mělo dopadat. Foto: Jan Kondziolka*



*Lišaji jsou vynikající letci, často překonávají větší vzdálenosti. Jejich přirozenou noční aktivitu ovlivňují světelné zdroje s vyzařovanou modrou složkou. Na obrázku je lišaj kyprejový.  
Foto: Martin Škorpič*

je třeba si uvědomit, že podíl světelného znečištění a dalších příčin na celkovém úbytku hmyzu nelze snadno rozpoznat. I noční druhy jsou likvidovány nadužíváním agrochemikálií, intenzifikací zemědělství, stavem lesů, dramatickým poklesem rozmanitosti biotopů, přímou likvidací krajinné struktury a detailů, stavem půdy atd. Celkový úbytek množství hmyzu je za poslední roky alarmující.

Prezentace důsledků, které přináší světelné znečištění, se v posledních letech mnohonásobně zlepšila a stále více lidí v běžné populaci si tento problém uvědomuje. Překonat odpor technických norem, osvětlovací lobby a dokonce některých hygienických kruhů zaštitěný slovy o pokroku a nechuti vracet se zpět do jeskyní, nebude snadné. Situace je podobná v celém rozvinutém světě, ale již existuje několik evropských států či regionů, které se snaží řešit neutěšenou situaci progresivně. Snad se brzy dočkáme doby, kdy bude světelné znečištění chápáno obecně jako nebezpečný jev pro člověka i přírodu a hodnoceno jako projev nekulturnosti.

Je zřejmé, že světelnému znečištění teď není možné úplně zabránit. Nelze mu ani přisoudit veškerou vinu za katastrofální úbytek hmyzu v posledních desetiletích. Ve způsobu svícení lze ale pro ochranu

nočního hmyzu vykonat mnohé. Pro většinu druhů je důležitá teplota světla, protože jsou více lákány zdroji s výrazným podílem modré složky.

Hmyz je druhově zdaleka nejbohatší, ale zároveň nejrychleji mizející skupinou organismů. Ekologickými vazbami je pevně zapojen do většiny ekosystémů a potravních vztahů na planetě. Lze jen těžko domyslet, jaká katastrofa hrozí biosféře, budeme-li pokračovat v likvidaci hmyzu současným tempem. Rekapitulace vlivů a poznání mechanismů působení světelného znečištění může přiblížit některé cesty, jak úbytek hmyzu zastavit.

Možnosti zlepšení situace lze vtělit například do těchto opatření:

- Zastaralé zdroje venkovního veřejného a technického osvětlení je třeba nahradit šetrnějšími moderními svítílnami s převládající oranžovou složkou, která je i mnohem příznivější pro lidské zdraví.
- Při instalaci nových světelných zdrojů je nezbytné dodržet zásadu, že světelný kužel musí mířit vždy do spodního poloprostoru.
- Vyloučit zbytečné nadužívání veřejného osvětlení např. formou biodynamických a inteligentních systémů. Ty jsou sice zatím o něco dražší než klasické zdroje, energetická úspora je ale zřejmá.
- Osvětlení památek a významných budov

by mělo být používáno pouze při slavnostních příležitostech. Mělo by být konstruováno tak, aby pouze slabým teplým světlem naznačovalo siluetu a hmotu památky. Nejpozději v půlnoci by mělo být vypnuto, aby měl hmyz možnost konsolidovat své chování.

- Silné zdroje světla emitovaného do krajiny i k obloze ze skleníků, fóliovníků, osvětlení výrobních a skladových hal atd. je třeba dokonale stínit, a to i v horizontálním směru.
- Venkovní osvětlení výrobních a skladových areálů převést na biodynamické systémy a intenzitu osvětlení volit v rozumné míře.
- U liniových a dopravních staveb, jako jsou silnice, mimoúrovňová křížení, mosty, ale i cyklostezky atd., osvětlovat jen minimálně, biodynamicky nebo vůbec.
- Ve sportovních areálech upravit režim tak, aby jejich osvětlení bylo v provozu co nejkratší dobu.
- Vylučovat silné světelné zdroje poblíž přírodně zachovalých oblastí a lokalit.

# BUDIŽ TMA!

JIŘÍ FLOUSEK

RNDr. JIŘÍ FLOUSEK, Ph.D.

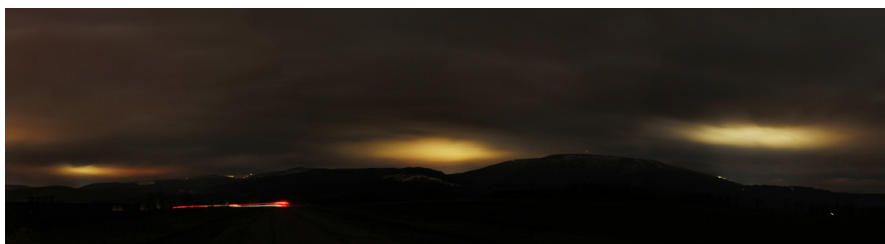
Zoolog Správy Krkonošského národního parku, věnující se kromě ochrany přírody Krkonoš a problematiky ptáků a savců v tomto pohoří i dopadům lidských aktivit na přírodní prostředí. Předseda České společnosti ornitologické.

Pro noční krajinu národních parků by měl název článku jednoznačně platit, ve skutečnosti jde ale opravdu jen o zbožné přání. Veřejné osvětlení v obcích, osvětlení dominantních staveb ve městech i volné krajiny, osvětlení komunikací, osvětlení sportovišť, osvětlení billboardů... – světlo, kam oko pohledne. Symbol moderní rozvinuté společnosti, s rychlým technickým vývojem zdrojů LED symbol stále dostupnější a levnější. Tak proč nerozsvítit i tam, kde to dosud bylo zbytečné.

Přirozené světlo je zásadním faktorem, který udává rytmus rostlinám a živočichům,

jeho vlivů) i praktická (hledáním vhodných řešení, jak ho redukovat).

Světelné znečištění totiž velmi výrazně působí na přírodní prostředí a jeho složky. Zaměříme-li se jen na živočichy, mění vertikální pohyby zooplanktonu, narušuje opylování rostlin nočním hmyzem, ovlivňuje společenstva bezobratlých (např. vyšší mortalitou hmyzu přitahovaného světlem lamp a naopak zvýhodněním jiných hmyzích skupin, zejména predátorů), mění denní i roční aktivitu ptáků („noční“ aktivování denních druhů, časnější hnízdění aj.), vede ke ztrátě orientace a vyšší mortalitě migru-



*Panorama Krkonoš v únorové noci. Není vidět téměř žádné veřejné osvětlení, ale co ihned upoutá, jsou tři velmi světlé plochy na obloze způsobené osvětlením pouhých tří sjezdovek (zleva Hromovka ve Špindlerově Mlýně, Javor v Pecí pod Sněžkou, Protěž v Janských Lázních). Foto: Jiří Bašta (11. 2. 2014, 21:27)*

ovlivňuje populace, společenstva, ekosystémy, krajinu. I pro světlo však platí, že všeho moc škodí (připomeňme, že přirozené noční světlo dosahuje nejvyšší intenzity 0,1–0,25 luxu při úplňku Měsíce). Umělé osvětlení celosvětově narůstá zhruba o 6 % ročně, a proto se světelnému znečištění (nadbytečnému/rušivému světlu) věnuje v posledních desetiletích stále větší pozornost – teoretická (intenzivním výzkumem

jících ptáků (např. nárazy do osvětlených výškových budov), zvyšuje riziko predace drobných savců, snižuje úspěšnost lovu šelem, mění potravní strategie netopýrů (některé druhy profitují z vyšší nabídky potravy kolem lamp, světloplaché druhy naopak trpí jejím nedostatkem v okolní tmě), přispívá ke zdravotním problémům obratlovců včetně člověka (narušenou produkcí hormonu melatoninu), fragmentuje



*Osvětlené sjezdovky na Benecku (vpravo Kejnos: prům. 287 lx) ve srovnání s místním veřejným osvětlením. Za obzorem světelné znečištění ze sjezdových tratí v Herlíkovicích, úplně vpravo vycházející Měsíc. Foto: Jiří Bašta (17. 2. 2014, 21:40)*



Technické zasněžování uprostřed noci je významným zdrojem světelného i hlukového znečištění (Benecko: sjezdovka Kejnosa). Foto: Tomáš Janata (24. 2. 2016, 23:24)

biotopy soumravných a nočních druhů... a téměř nekončící výčet vlivů rušivého světla by mohl pokračovat (viz např. RICH & LONGCORE 2006, GASTON et al. 2014, IRWIN 2018, SANDERS et al. 2021 a další). Z výše uvedeného je zřejmé, že světelnému znečištění by měla být věnována zvýšená pozornost rovněž při ochraně přírody našich chráněných území. Zvláště, když v nich legislativa zakazuje (různými, ale významově podobnými formulacemi) vykonávat činnosti, které mohou způsobit podstatné změny v biologické rozmanitosti, struktuře a funkci ekosystémů (NP), měnit dochované přírodní prostředí (CHKO, NPR, PR), příp. škodlivě zasahovat do přirozeného vývoje zvláště chráněných nebo naturových druhů (např. EVL, ptačí oblasti). Jediný čistě „světelný“ bod naší ochranné legislativy však nalezneme jen v základních ochranných podmínkách národních par-

ků – na celém jejich území je zakázáno „umísťovat světelné zdroje mimo uzavřené objekty, které směřují světelný tok nad vodorovnou rovinu procházející středem světelného zdroje“ (zákon 114/1992 Sb.). Uvedený zákon ale pamatuje i na krajinný ráz, který je chráněn „před činností snižující jeho estetickou a přírodní hodnotu“. A srovnatelný přístup k ochraně krajiny definuje rovněž Evropská úmluva o krajině, závazná pro její signatáře, tedy i pro Českou republiku.

### PŘÍKLAD KRKONOŠSKÉHO NÁRODNÍHO PARKU

Správa KRNAP se problematice světelného znečištění, zejména jeho dopadům na krajinný ráz, věnuje více než 15 let. Zásadním impulsem se staly stále četnější požadavky na noční osvětlení sjezdových tratí, navazující na rozšiřování a modernizaci krko-

nošských skiareálů (plocha sjezdovek zde v posledních 30 letech vzrostla na více než dvojnásobek).

V čem je problém? Intenzita osvětlení sjezdovek je o 1–3 řády vyšší, než je pro dobrou orientaci lyžařů nutné, světelné znečištění výrazně ovlivňuje území mnohem větší, než je plocha vlastní sjezdovky, a zasahuje dokonce kilometry daleko mimo pohoří (BRYCHTOVÁ et al. 2005, HOLLAN 2006a). Jedním z důvodů je špatné nasměrování svítidel, mířících často do okolních lesů, do protisvahu nebo vzhůru do oblohy, nezanedbatelným příspěvkem je rovněž vysoká míra odrazivosti světla na zasněžené ploše (80–90 % dle stáří a znečištění sněhu).

Průměrné osvětlení středů sjezdovek se v Krkonoších pohybuje mezi 32–180 luxy na jejich povrchu a mezi 43–227 luxy ve výšce 1,5 m nad povrchem; nejnižší hodnota 13 lx byla zjištěna na sjezdovce Aldrov ve Vítkovicích, naopak nejvyšších 390 lx vykazoval Kejnosa na Benecku (BUJALSKÝ 2014, BUJALSKÝ et al. 2014). Dosvit světla ze sjezdovek významně ovlivňuje okolní vegetace, oblačnost a mlha (ta intenzitu dosvitu zvyšuje až stonásobně). Intenzita osvětlení protisvahů vzdálených 0,4–2,9 km klesla po vypnutí lamp na sjezdovkách v průměru osmkrát, intenzita přesahující „úplňkových“ 0,1 luxu ovlivňovala protisvahy až do vzdálenosti 1 km. V okolí Hromovky ve Špindlerově Mlýně tak byla plocha ovlivněná světlem 14× větší než plocha vlastní sjezdovky; pro 30 km osvětlených sjezdovek v Krkonoších to znamená světelné znečištění 13–15 km<sup>2</sup> okolní krajiny. Autoři výše citované studie shrnují, že „za nepříznivého počasí může být světly z intenzivně osvětlených sjezdovek ovlivněno prakticky celé území národního parku a intenzita jejich osvětlení je díky srovnání se situací na méně osvětlených sjezdovkách těžko ospravedlnitelná péčí o bezpečnost lyžařů“.

Uvedené závěry, že sjezdové tratě přispívají k neúměrnému světelnému znečištění celého pohoří, potvrzují i další studie (BRYCHTOVÁ et al. 2005, KRAUSE et al. 2005, HOLLAN 2006a,b). Při průměrné intenzitě osvětlení sjezdovky 20 lx dochází ke dvojnásobnému navýšení množství světla oproti přírodnímu stavu v okruhu 20 km, při nepříznivé souhrě klimatických podmínek (mlha, nízká oblačnost) to však může být v okolí tratě až 10 000× vyšší množství. Emise ze středně velké



Světelné znečištění ze sjezdovky Protěž na Černé hoře (prům. 157 lx) ovlivňuje při nízké oblačnosti území ve vzdálenosti mnoha kilometrů od vlastního areálu. Foto: Jiří Bašta (6. 2. 2014, 21:02)





Osvětlení harrachovských sjezdovek přispívá k fragmentaci biotopů. Přestože mezi sjezdovkami bylo ponecháno poměrně široké žebro lesa, jeho prosvětlení z obou stran neoponechává potřebný prostor pro „noční klid“ lesních druhů živočichů. Foto: Jiří Bašta (3. 3. 2014, 20:23)

sjezdovky (o ploše 4–5 ha a průměrné intenzitě osvětlení 20 lx) jsou přirovnávány k emisím světla z města o 3–6 tisících obyvatelích.

Takto vysoké intenzity osvětlení výrazně narušují ráz horské krajiny Krkonoš, o předpokládaných negativních dopadech na chování živočichů (např. zvěře, šelem nebo sov) nemluvě. Je vhodné si navíc uvědomit, že naše chráněná území nechrání jenom přírodu, ale i krajinný ráz. Může to být triviální důvod, ale řada návštěvníků přijíždí do Krkonoš, aby viděli hory, a je pro ně problémem, jestliže horské prostředí kolem sebe začnou vnímat až ve chvíli, kdy se zhasne. Jak světelné znečištění řešíme? V případě směřování světel jsme schopni se domluvit s provozovateli skiareálů, aby svítily pouze na sjezdovky a světlo nesměřovalo tam, kam nemá (byť odraz světla od sněhu nijak neovlivníme). Co však zatím řešit neumíme, je zmiňovaná, o řády vyšší intenzita osvětlení sjezdovek, než se zdá být potřebné. Opakovaným argumentem, se kterým se setkáváme, je bezpečnost lyžařů a nutnost dodržovat normy pro sportoviště. Konzultující oční lékaři nás přitom upozornili, že při intenzitě osvětlení v řádu stovek luxů už lidské oko nemá šanci vnímat, co se nachází v okolí osvětleného pruhu sjezdovky. Riziko úrazu tu proto stoupá, protože lyžař nevidí, že extrémně nasvětlenou plochu lemuje například okraj lesa.

Výše citované krkonošské studie doporučují na základě zahraničních zkušeností (N. CLANTON in litt. 2002 – <http://amper.ped.muni.cz/jenik/letters/public/msg00080.html>) pro krajinný ráz přijí-

telnou a pro lyžaře bezpečnou střední intenzitu osvětlení sjezdových tratí ve výši 0,3–0,5 luxu. Z vlastních sledování a měření víme, že i na relativně málo osvětlených sjezdovkách (např. již výše zmíněný Aldrov) preferovali lyžaři plochy nasvícené pouze čtyřmi luxy.

O regulaci/redukci světelného znečištění se snažíme i v připravovaných zásadách péče o KRNAP a jeho ochranné pásmo, dosud neschválených, ale již projednaných se zástupci krkonošských obcí. Navržena je v nich celá řada opatření, např.:

- vyloučit noční osvětlení otevřených sportovišť mezi 22:00–8:00 hod., vyžadovat technické řešení a intenzitu osvětlení minimalizující rozptyl světla do okolí;
- osvětlené sjezdovky povolovat jen v největších lyžařských centrech, v každém z nich provozovat nejvýše 1 sjezdovku



Sjezdovka Javor v Peci pod Sněžkou (prům. 153 lx) při pohledu z Luční hory, ze zóny přírodního národního parku. Foto: Kamila Antošová (11. 1. 2006, 17:30)

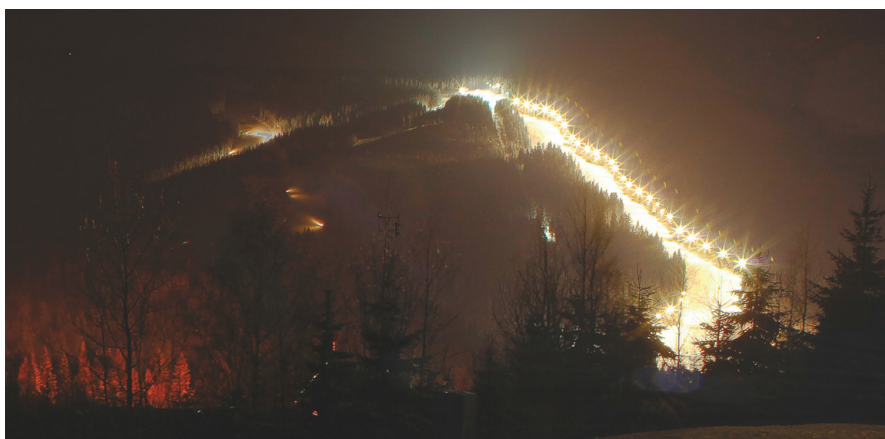
s umělým osvětlením do určené nadmořské výšky;

- u existujících osvětlovacích soustav projednat úpravy technologie, které budou minimalizovat intenzitu osvětlení na nezbytnou míru a emise světla mimo prostor sjezdovky (vhodné nastavení spektrálního složení světla, intenzity a časování osvětlení, směřování svítidel aj.);
- nezvyšovat celkové světelné znečištění lokalit, nová osvětlovací zařízení řešit kompenzačními opatřeními, úpravou technologie stávajícího osvětlení apod.;
- běžecké cesty, sáňkařské a bobové dráhy provozovat bez umělého osvětlení;
- minimalizovat, příp. vyloučit vliv osvětlení z velkoplošných reklam a billboardů. Jaká bude skutečnost, však teprve uvidíme.

### JAK DÁL?

Shrneme-li vše uvedené a vrátíme-li se k naší legislativě, vidíme problém. Cílem národních parků by měl být nerušený průběh přírodních procesů v ekosystémech včetně jejich složek; národní parky jsou sice určeny pro řadu způsobů využití, ale pouze aktivitami, které nejsou v rozporu s jejich cíli.

Zatímco v severoamerických národních parcích lákají návštěvníky na výhledy, odkud není vidět žádné umělé světlo, na místa s nedotčenou noční oblohou a zážitkem skutečné noční přírody, na našem území (včetně národních parků) by hledání takových míst bylo nejspíše plýtváním časem. Snad jen s výjimkou tří oblastí tmavé oblohy v Jizerských horách, Beskydech a na Manětínsku. Smířit bychom se s tím ale



Intenzivně osvětlená sjezdová trať Hromovka ve Špindlerově Mlýně (prům. 85 lx) narušuje noční ráz krajiny vnímaný návštěvníky Krkonoš. Siluety okolních hor se objeví až po zhasnutí světel v areálu. Foto: Jiří Bašta (3. 2. 2014, 20:43)

neměli. Omezování světelného znečištění je během na dlouhou trať, ale dosažení cíle není nereálné. Obecně „jen stačí“ dodržovat pět základních pravidel, která jsou v různé podobě zmíněna téměř v každé publikaci zabývající se světelným znečištěním (např. LONGCORE et al. 2016, BIERBAUM et al. 2019) a věnovat pozornost:

1. nezbytnosti osvětlení (nesvítit v místech, kde to není úplně nutné),
2. spektru světla (vyloučit nejvíce nepříznivé složky světla, zejména UV; preferovat vlnové délky mezi 500–680 nm a teplotu chromatičnosti nanejvýš 3000 K, např.

Amber LED),

3. intenzitě osvětlení (snižovat kontrasty mezi světlem a tmou; snižovat intenzitu v „klidových“ nočních hodinách, např. mezi 22:00–6:00 hod.),
4. směru osvětlení (osvětlovat pouze cílová místa),
5. době trvání osvětlení (svítit pouze po dobu, kdy je to potřebné).

### MOŽNÉ PŘÍSTUPY

Standardní součástí zásad/plánů péče o naše zvláště chráněná území by měla být opatření, která se věnují minimalizaci

světelného znečištění (viz např. AUBRECHT et al. 2010, LONGCORE et al. 2016, CHALLÉAT et al. 2021, JÄGERBRAND & BOUROUSSIS 2021).

Dobře známým nástrojem v územním plánování jsou územní systémy ekologické stability. Podobný princip je možné uplatnit i v případech rušivého světla – zachovat a rozšiřovat temné plochy v různých typech ekosystémů a zachovávat nebo vytvářet temné migrační koridory mezi nimi – jako základní podmínku ochrany biodiverzity (přínejmenším) v chráněných územích.

A samozřejmostí by mělo být vyloučení zbytných aktivit, které svým rušivým světlem ovlivňují ekosystémy a jeho složky nad míru přijatelnou pro předměty ochrany příslušného chráněného území.

Znalosti o vlivech světelného znečištění na konkrétní složky přírodního prostředí jsou stále ještě nedostatečné, plně podložená argumentace pro obhajování kroků omezujících nepříznivý vliv rušivého světla často schází. Na druhou stranu, již existující vědecké poznatky opravňují využívat princip předběžné opatrnosti, který v naší legislativě stále platí (zákon 17/1992 Sb.), ale bývá z různých důvodů velmi často opomíjen.

### LITERATURA:

**AUBRECHT C., JAITEH M. & DE SHERBININ A. 2010:** Global assessment of light pollution impact on protected areas. Online: <http://www.ciesin.columbia.edu/documents/light-pollution-Jan2010.pdf> [cit. 19. 12. 2015].

**BIERBAUM H. et al. 2019:** Austrian guidelines for outdoor lighting. Online: [https://www.land-oberoesterreich.gv.at/files/publikationen/us\\_Leitfaden\\_Guidelines\\_Outdoor\\_lighting\\_english.pdf](https://www.land-oberoesterreich.gv.at/files/publikationen/us_Leitfaden_Guidelines_Outdoor_lighting_english.pdf) (cit. 5. 6. 2021).

**BRYCHTOVÁ J., HOLLAN J. & KRAUSE J. 2005:** Vyhodnocení vlivu umělého osvětlení vybraných lyžařských areálů na přírodu a krajinu území KRNAP a jeho ochranného pásma. Závěr. zpráva (dep. Správa KRNAP Vrchlabí).

**BUJALSKÝ L. 2014:** Stíny večerních světel. Krkonoše a světelné znečištění pocházející z osvětlených sjezdovek. Krkonoše a Jizerské hory 47, 4: 6–12.

**BUJALSKÝ L., BŘEZINA S., MATĚJČEK L. & FROUZ J. 2014:** Světelné znečištění způsobené umělým osvětlením sjezdovek v Krkonošském národním parku. Opera Corcontica 51: 109–124.

**GASTON K. J. et al. 2014:** Human alteration of natural light cycles: causes and ecological consequences. *Oecologia* 176: 917–931.

**HOLLAN J. 2006a:** Hodnocení osvětlení sjezdovky Protěž a nové části osvětlení sjezdovky Javor. Závěr. zpráva (dep. Správa KRNAP Vrchlabí).

**HOLLAN J. 2006b:** Hodnocení projektu osvětlení sjezdovky „U Lomu“ v Černém Dole z hlediska změny světelných poměrů v Krkonoších. Závěr. zpráva (dep. Správa KRNAP Vrchlabí).

**CHALLÉAT S. et al. 2021:** Grasping darkness: the dark ecological network as a social-ecological framework to limit the impacts of light pollution on biodiversity. *Ecology and Society* 26, 15: <https://doi.org/10.5751/ES-12156-260115>.

**IRWIN A. 2018:** The dark side of light. *Nature* 553: 268–270.

**JÄGERBRAND A. K. & BOUROUSSIS C. A. 2021:** Ecological impact of artificial light at night: effective strategies and measures to deal with protected species and habitats. *Sustainability* 13, 5991: <https://doi.org/10.3390/su13115991>.

**KRAUSE J., HOLLAN J. & BRYCHTOVÁ J. 2005:** Hodnocení vlivu umělého osvětlení sjezdovky Protěž na Černé hoře. Závěr. zpráva (dep. Správa KRNAP Vrchlabí).

**LONGCORE T., RICH C. & DELBUSSO L. 2016:** Artificial night lighting and protected lands: ecological effects and management approaches. U. S. National Park Service, Fort Collins: [https://www.researchgate.net/publication/305720851\\_Artificial\\_night\\_lighting\\_and\\_protected\\_lands\\_ecological\\_effects\\_and\\_management\\_approaches](https://www.researchgate.net/publication/305720851_Artificial_night_lighting_and_protected_lands_ecological_effects_and_management_approaches).

**RICH C. & LONGCORE T. (eds) 2006:** Ecological consequences of artificial night lighting. Island Press, Washington-Covelo-London. 459 str.

**SANDERS D. et al. 2021:** A meta-analysis of biological impacts of artificial light. *Nature Ecology & Evolution* 5: 74–81.

# JIZERSKÁ OBLAST TMAVÉ OBLOHY

## PRVNÍ V EVROPĚ A PRVNÍ PŘESHRANIČNÍ NA SVĚTĚ

PAVEL SUCHAN

PAVEL SUCHAN

Působí v Astronomickém ústavu AV ČR, předseda Odborné skupiny pro řešení světelného znečištění České astronomické společnosti a člen meziresortní pracovní skupiny pro světelné znečištění vedené Ministerstvem životního prostředí.

JIZERSKÁ  
OBLAST  
TMAVÉ  
OBLOHY



JIZERSKI  
PARK  
CIEMNEGO  
NIEBA

Dne 4. listopadu 2009 byla v horské chatě Pyramida na Jizerce vyhlášena česko-polská Jizerská oblast tmavé oblohy (JOTO). Tuto oblast slavnostním podpisem memoranda vyhlásili pod záštitou radního Libereckého kraje pro oblast zemědělství a životního prostředí Ing. Jaroslava Podzimka zástupci tří polských a tří českých institucí:

Astronomický ústav Wrocławské univerzity

Astronomický ústav AV ČR, v. v. i.

Správa CHKO Jizerské hory

Lesy ČR, Krajské ředitelství Liberec

Nadleśnictwo Świeradów

Nadleśnictwo Sklarska Poręba

Česko-polská Jizerská oblast tmavé oblohy vznikla v rámci Mezinárodního roku astronomie 2009 jako první taková oblast v Evropě a první mezinárodní oblast tohoto druhu na světě. Iniciativa přišla v roce 2008 z Polska, na české straně se jí ujal Astronomický ústav AV ČR a příprava vyhlášení, především jednání se zúčastněnými institucemi a také obcemi, na jejichž katastru dnes JOTO leží, trvala asi rok. Jizerská oblast tmavé oblohy chce svojí existencí upozornit na to, že tma začíná být ohroženým druhem a že pro ochranu našeho přirozeného nočního prostředí musíme něco udělat.

Mezi další spolupracující instituce, které se postupně zapojily, patří:

Klub astronomů Liberecka - pobočka České astronomické společnosti

Muzeum Jizerských hor - ČSOP Jizerka  
Turistický region Jizerské hory  
Liberecký kraj

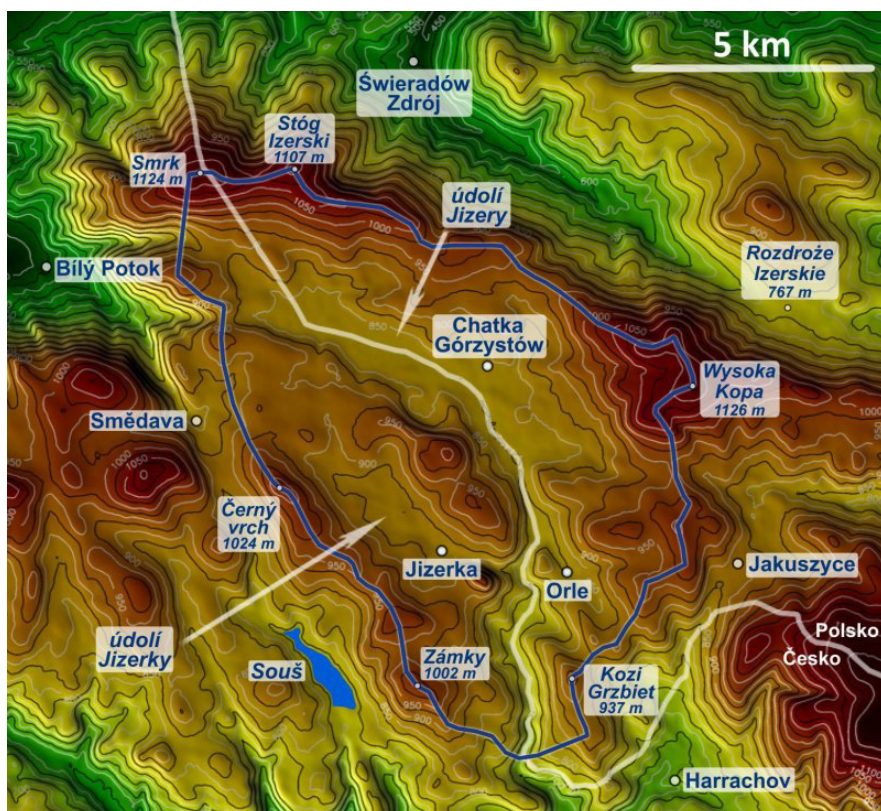
### ÚDOLÍ JIZERY, ÚDOLÍ JIZERKY A HVĚZDNÉ NEBE

Jizerská oblast tmavé oblohy zahrnuje horní hraniční část údolí Jizery a údolí Jizerky. Obě údolí tvoří jedno z nejkrásnějších míst v Jizerských horách. Mezi mírnými lesnatými kopečky líně meandrují rozsáhlými rašeliništi a loukami dvě horské řeky. Kráčeje touto nevšední horskou krajinou podnikáme zároveň cestu na daleký sever. Když se například postavíme nad Jizerou na horskou louku Hala Izerska, před námi se rozprostírá pohled typický pro severní Skandinávii.

Když se snáší bezmračná noc, Jizerské hory nám odhalují ještě jeden svůj poklad – nebe poseté hvězdami. Pod otevřenou noční oblohou v Orle, Jizerce či na Smrku uvidíme nad hlavami na 2000 hvězd a překrásný stříbřitý pás Mléčné dráhy. Takový pohled je bohužel stále vzácnější. Více než polovina Evropanů nemůže ze svého bydliště takovouto noční oblohu zahlédnout, a to kvůli světelnému znečištění.

### HRANICE JIZERSKÉ OBLASTI TMAVÉ OBLOHY

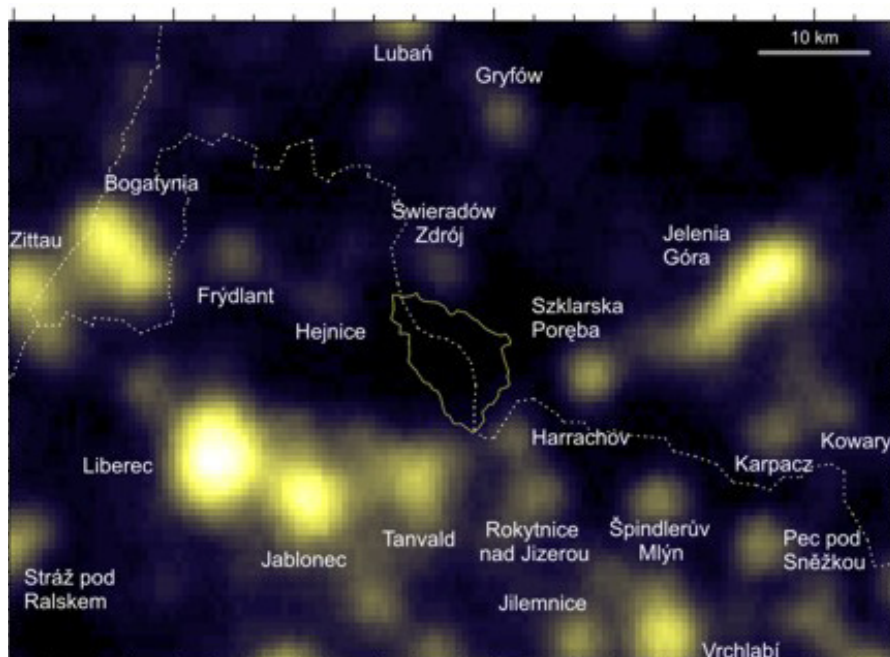
Jizerská oblast tmavé oblohy zaujímá území o rozloze téměř 75 km<sup>2</sup>. Tato rezervace



Terénní mapa s vymezenou hranicí Jizerské oblasti tmavé oblohy. Archiv České astronomické společnosti

tmy se nachází v téměř neobydlené, od velkých měst dostatečně vzdálené části Jizerských hor. Na české straně sahá od Martinského údolí, Václavíkovy Studánky přes osadu Jizerka po horu Smrk, v Polsku

pokračuje po Vysokém Jizerském hřebenu, obepíná Velkou Jizerskou louku a osadu Orle. Hranice byly zvoleny tak, aby vedly většinou po hřebenech.



Noční satelitní snímek Jizerských hor a jejich okolí. Hranice Jizerské oblasti tmavé oblohy jsou vyznačeny žlutou čarou. Světelné znečištění způsobené nešetřným svícením ve městech je vidět jako jasné ostrovy světla. Podklady: NASA

### JIZERSKÁ OBLAST TMAVÉ OBLOHY VZOREM PRO DALŠÍ V EVROPE

Po vzoru Jizerské oblasti tmavé oblohy vznikly další oblasti v Evropě. V roce 2010 to byl Park tmavé oblohy Poloniny (Slovensko), v roce 2013 to byla Beskydská oblast tmavé oblohy (česko-slovenská oblast) a Park hvězdného nebe Bieszczady (Polsko), v roce 2014 Manětínská oblast tmavé oblohy (Česká republika) a v roce 2015 Park tmavé oblohy Velká Fatra (Slovensko).

Česká republika je dnes v ochraně nočního životního prostředí na čelním místě v Evropě, ale oblastí nebo parků tmavé oblohy na světě stále přibývá, dnes jich je na světě k osmdesáti, z toho v Evropě přes třicet. V České republice se uvažuje ještě o vyhlášení oblasti tmavé oblohy na území Národního parku Podyjí s přesahem do Rakouska.

### AKCE PRO VEŘEJNOST

Nejde pouze o odborné konstatování, proč a jak nedostatek tmy škodí přírodě a člověku. Spoluorganizátoři v Jizerské oblasti tmavé oblohy se snaží obracet k veřejnosti. Od samého začátku existence JOTO jsou na několika cestách vybudovány hraniční cedule pro prosté uvědomění si turisty, že tu něco takového existuje. Stejně tak byly v oblasti instalovány informační tabule, prohlédnout si je můžete [zde](#). Každoročně na Jizerce a také v polském Orle proběhne několik akcí pro veřejnost - např. Den a noc na Jizerce nebo Dětský den s Vílou Izerínou. Zatímco na české straně se více věnujeme akcím pro veřejnost, na polské straně to jsou především trvalá místa pro využití turisty - naučná planetární stezka, sluneční hodiny a další. V turistických chatách a infocentrech si návštěvníci mohou vzít [informační letáček](#). Stánek Jizerské oblasti tmavé oblohy dokonce každoročně najdete na veletrhu cestovního ruchu Euro-region Tour v Jablonci nad Nisou. Koncem června letošního roku byla navíc v Muzeu Jizerských hor instalována nová expozice o Jizerské oblasti tmavé oblohy.

[www.izera-darksky.eu](http://www.izera-darksky.eu)  
[www.svetelneznecesteni.cz](http://www.svetelneznecesteni.cz)  
 FB "Jizerská oblast tmavé oblohy"

# BESKYDSKÁ OBLAST TMAVÉ OBLOHY

JAN KONDZIOLKA

JAN KONDZIOLKA

Iniciátor založení Beskydské oblasti tmavé oblohy, člen České astronomické společnosti a Společnosti pro meziplanetární hmotu. V astronomii se věnuje hlavně ochraně nočního životního prostředí a meteorům. V roce 2014 organizoval expedici, která našla první úlomek meteoritu Žďár. Na svém domě provozuje bolidovou stanici sítě CEMeNt. Krom astronomie se také věnuje ochraně vlaštovek a jirůček, ořezu hlavatých vrb a čistokrevnému chovu vlašek koroptvích.

Beskydská oblast tmavé oblohy je aktuálně jednou ze tří oblastí tmavé oblohy (OTO) u nás. Těmi dalšími jsou Jizerská a Manětínská OTO. Neznámá to však, že by pouze v těchto oblastech byly dobré pozorovací podmínky a že by pouze tam probíhaly astronomické a ochranné aktivity. Naopak – najdou se i místa s kvalitnější oblohou, např. České Švýcarsko, Šumava... a najdou se i místní nadšenci, kteří tam provádějí své aktivity. Statut OTO spočívá v tom, že na místní úrovni došlo k jistému porozumění, shodě a dohodě institucí, zároveň je zde také infrastruktura, která zde návštěvníkovi umožňuje pohodlně dojet, najít se, přespat a mít i nějaký plácek pro umístění dalekohledu, kde nebude nikomu na obtíž a bude odtud solidní rozhled. Dalším aspektem, který ze statusu OTO vyplývá, je i nějaká činnost, či aktivita v místě. Konkrétně u nás v BOTO jsou to alespoň 2x ročně akce pro veřejnost – Jarní astronomický den a podzimní Noc vědců. Jsme také velmi rádi, že se za dobu existence BOTO do oblasti naučily jezdit i jiné „organizace“, své semináře zde nepravidelně také koná Hvězdárna Valašské Meziříčí, Společnost pro meziplanetární hmotu a další. Počet dvou akcí ročně tak v praxi není konečný. Fyzická vybavenost

je u nás konkrétně skromnější, na turisticky atraktivních přístupových cestách najdete 7 hraničních cedulí (jsou mezi našimi fanoušky velmi oblíbené, několik jich každý rok musíme doplňovat) a na hřebeni Gruně pak najdete model meteoritu Morávka, resp. hmotnostní model původního tělesa, které pád meteoritů v oblasti Morávky způsobilo.

## JAK SE OTO ZAKLÁDÁ A CO TO PRAKTICKY ZNAMENÁ?

Oblasti tmavé oblohy v ČR byly založeny podpisem memoranda dotčených institucí. Někde to byly jen obce, jinde to byly Lesy ČR, správy CHKO, se souhlasem obcí. Jak již forma memoranda napovídá, neplyne z podpisu nic právně závazného, či vymahatelného. Je to záměrem. Nechceme narazit na odpor proti svícení, resp. spíše nechceme vyvolávat fámy a dezinformace, že se bude nutit zhasínat či přikazovat nějak svítit. Vše je na bázi dobrovolnosti, při případném řešení konkrétního nevhodného osvětlení je možné se na tuto skutečnost odkázat, ale odkaz je pouze v rovině morální, nikoli právní.

Na straně druhé ale při založení proběhla mezi dotčenými obcemi osvěta, měly by



Hraniční cedule BOTO. Foto: Jan Kondziolka



Světlo sjezdovek odražené jako „prasátka“ na vrstvě mraku obsahující ledové krystalky.

vědět, jaké lampy by měly být při rekonstrukci preferovány, avšak není to nijak závazná podmínka.

Pro úplnost ještě zmíním možnost certifikace OTO mezinárodní autoritou International Darksky Association (IDA). Ta uděluje certifikace ve třech stupních „kvality“ OTO. Naše OTO by stačily zcela jistě na certifikaci pro bronz level, některé i silver level. Kritérii jsou samozřejmě „tmavost“ oblohy, ale jsou zde také požadavky na způsob osvětlení oblasti, to vše spojené s rozsáhlou dokumentací. Zcela sobecky přiznávám, že jsme se pro certifikaci nerozhodli, neb přínos

v popularitě, popularizaci či návštěvnosti nevyváží nemalé úsilí a finance do procesu certifikace vložené.

### PROBLÉMY A STAV OBLOHY

Často mě lidé upozorňují na konkrétní příklady jednotlivého nevhodného osvětlení přímo v BOTO s odkazem, jak nám to kazí oblohu. Já na to překvapivě odpovídám, že nekazí, resp. že příspěvek je zcela minimální a více nám kazí oblohu 30 km vzdálené Frýdecko a Ostravsko. Je pravdou, že jeden nevhodný reflektor sice způsobí místní artefakt a oslnění, ale obvykle je také skryt



Svitidla na hrázi přehrady Šance po jejich instalaci. Foto: Jan Kondziolka

dole v údolí a „nedosvítí daleko“. Naproti tomu kvantum světla jdoucí „naplocho“ z dálky je takové, že pohled severní obzor je nejméně kvalitní ze všech světových stran. Přesto ale krátce zmíním jeden z významnějších místních zdrojů světelného znečištění a to jsou lyžařské sjezdovky. Krátce proto, že se tomuto tématu po odborné stránce věnuji spíše kolegové v Krkonoších. U nás se jedná zejména o areál na Bílé, ale i několik jiných menších sjezdovek roztroušených jinde. Jako ilustrační fotku jsem zvolil jednu, ne až tak na první pohled pochopitelnou. Ukazuje noční pohled z hřebenu Gruně na kravíny místního JZD. Samotné sjezdovky 7 km vzdálené v údolí, nejsou viditelné. Vidět jsou ale tzv. halové sloupky, na tenké vysoké oblačnosti, tvořené krystalky ledu. Jsou to v podstatě odlesky - „prasátka“, každé z nich je jedna lampa, která svítí na mraky...

Z dalších problematických příkladů zmíním mediálně propírané osvětlení hráze přehrady Šance. Došlo zde k rekonstrukci osvětlení (a nejen na této přehradě), kdy původní nevhodně zářící oranžové sodíkové výbojky byly vyměněny za bílé LED, zářící jen o něco málo lépe. Oficiální doporučení k barevné teplotě nižší než 3000K sice bylo splněno, nevhodné vyzářování bylo také po upozornění mírně upraveno, avšak všeobecně platí, že v případě svícení poblíž vodních biotopů je potřeba být „papežštější než papež“ a volit světelné zdroje s co nejteplejším barevným podáním, aby nedocházelo k lákání hmyzu a devastaci vodního ekosystému. U soukromého subjektu bych chápal, že ekonomický zájem převážil nad ekologickým, u státního správce vodního toku mi to však nejde na mysl... Co se týče kvality oblohy lze u nás na jaře a na podzim vidět „zvířetníkové světlo“, které však netvoří kompletní „most“ kolem celé oblohy, zasahuje cca 60 stupňů nad obzor. V protislunečním bodě pak jde vidět zřetelný „protisvit“. Planeta Venuše i při největším jasu nevrhá v noci stín. Nízká oblačnost je u nás tmavší než obloha, tedy není osvětlena a když se zatáhne, je větší tma, než při jasné obloze. Vysoká oblačnost je však ozářena z Frýdecka tak, jak jsme tomu zvyklí v civilizaci.

Přijďte se na tu tmu podívat, stojí to za to!

# JAK JSME V BRDECH HLEDALI TMU

JANA FISCHEROVÁ A MICHAL BAREŠ

Mgr. JANA FISCHEROVÁ

Po studiu pracovala jako muzejní pedagožka Hornického muzea v Příbrami a lektorka EVVO v Ekologickém centru Orlov. V současnosti se věnuje práci s veřejností v Agentuře ochrany přírody a krajiny ČR.

MICHAL BAREŠ

Amatérský astronom, člen ČAS a IDA. Zaměřuje se na vliv světelného znečištění na noční oblohu a jeho měření. Podílel se na založení Manětínské oblasti tmavé oblohy a mapování jasu noční oblohy na mnoha dalších místech v ČR i zahraničí. Je spoluautorem webu: [svetelneznecesteni.cz](http://svetelneznecesteni.cz).

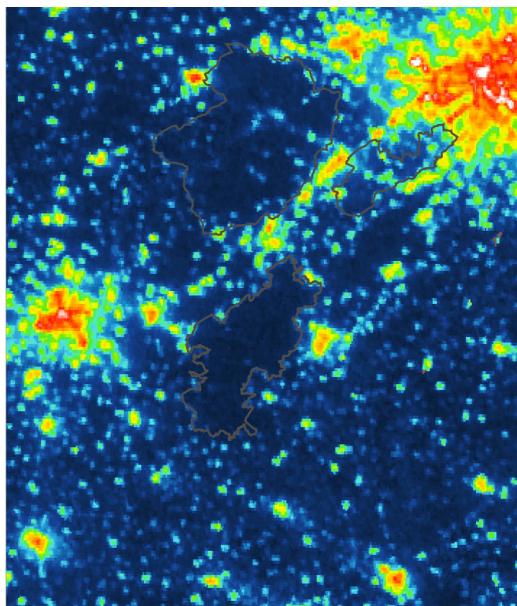
Chcete-li si užít tmu a s ní spojený klid, trochu napětí a nebe plné hvězd, určitě ji nebudete hledat uprostřed lampami osvětleného města ani v jeho okolí. Nejspíš se jako my vydáte co nejdál od lidských sídel, někam do přírody.

Když se s jistotou rušení Vojenského újezdu Brdy začala formovat představa CHKO Brdy, objevila se myšlenka, že právě v nitru tohoto zalesněného pohoří by mohla být šance pořádnou tmou poznat. Bezprostředně po vyhlášení CHKO Brdy oslovil předseda západočeské pobočky České astronomické společnosti Josef Jíra AOPK ČR s návrhem „tmu v Brdech přeměřit“. Představa, že bychom mohli vyhlásit další oblast tmavé oblohy, pokud by byla měření úspěšná, byla velice lákavá. Oblast tmavé oblohy by pomohla účinněji chránit nočního prostředí v tomto regionu.

## JAK SE MĚŘÍ TMA?

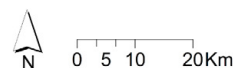
K měření je nutná jasná obloha bez přítomnosti Měsíce a zároveň musí být noc dostatečně dlouhá na to, aby bylo možné navštívit všechna vybraná stanoviště. Letní období sice skýtá největší šanci na pěkné počasí, ale noci jsou velmi krátké a pro měření ne příliš vhodné. Rozhodli jsme se tedy využít nejbližší alespoň trochu vhodné příležitosti a spolu s kolegy z České astronomické společnosti a redaktorkou Českého rozhlasu jsme v noci 2./3. dubna 2016 vyrazili měřit tmu do Brd.

Ke zmapování světelného znečištění jsme používali celooblohovou kameru a přístroje SQM. Cílem bylo získání představy o stavu nočního prostředí a zejména pak proměření jasu noční oblohy nad oblastí. Ta si díky desítkám let trvající uzávěře



## CHKO Brdy

Zář [ $\text{W.cm}^{-2}.\text{sr}^{-1}$ ]



Počítačově zpracovaný snímek přístroje VIIRS umístěného na družici SUOMI-NPP znázorňuje zář zemského povrchu v okolí CHKO Brdy. Zachycuje záření směřující ze země přímo vzhůru: světlo umělého osvětlení odražené od země a přímé světlo z některých světelných zdrojů (nevhodné typy veřejného osvětlení, architektonické osvětlení, nasvícení billboardů...). Podobné snímky poskytují základní vstupní data pro výpočty a simulace, pomocí kterých se vytváří mapy světelného znečištění. Vlevo uprostřed Plzeň, vpravo nahoře Praha.  
Autor: Milada Moudrá



Přednáška o světelném znečištění s Michalem Barešem. Foto: Bohumil Fišer

a z ní vyplývající absence jakéhokoliv osídlení uchovala mnoho přírodního bohatství, včetně poměrně rozlehlého území, na kterém se nenachází žádný zdroj umělého osvětlení. Pro pozemní měření bylo zvoleno 8 míst rovnoměrně pokrývajících celé území CHKO, bohužel z důvodu postupující oblačnosti v ranních hodinách nebylo možné smysluplně proměřit dvě z navržených lokalit ve východní části oblasti. Vliv Příbrami na světelné poměry v nočním prostředí

části CHKO přiléhající k městu proto zůstal neprozkoumaný.

Z pořízených snímků je zjevné, že dominantními zdroji světelného znečištění jsou Praha, Plzeň (a Rokycany), Příbram, obce a průmyslové areály u dálnice D5. V severovýchodní části Brd je nejvýraznější Praha a okolí dálnice D5, v jihozápadní Plzeň společně s Rokycany, které se nachází v témže směru. Příbram je hlavním zdrojem světelného znečištění ve svém bezprostředním



Netrpělivě vyhlížíme první hvězdy. Foto: Bohumil Fišer

okolí, nicméně její vliv lze vysledovat v celé oblasti. Ostatní města a obce v okolí CHKO noční krajině nedominují, na závojevém jasu se podílí jednotlivě pouze v malé míře a zvyšují celkovou úroveň světelného znečištění jako celek. Jižní část Brd je znatelně tmavší než severní, což plyne zejména z větší vzdálenosti Prahy a dálnice, na jih od Brd se již žádné významnější město nenachází. Nejtmavší obloha byla zjištěna na lokalitě Nad Maráskem právě v jižní části Brd, což bylo zároveň stanoviště s nejvyšší nadmořskou výškou. Naopak lokalitou s oblohou nejvíce postiženou umělým světlem bylo stanoviště na severním okraji oblasti nedaleko obce Ohrazenice.

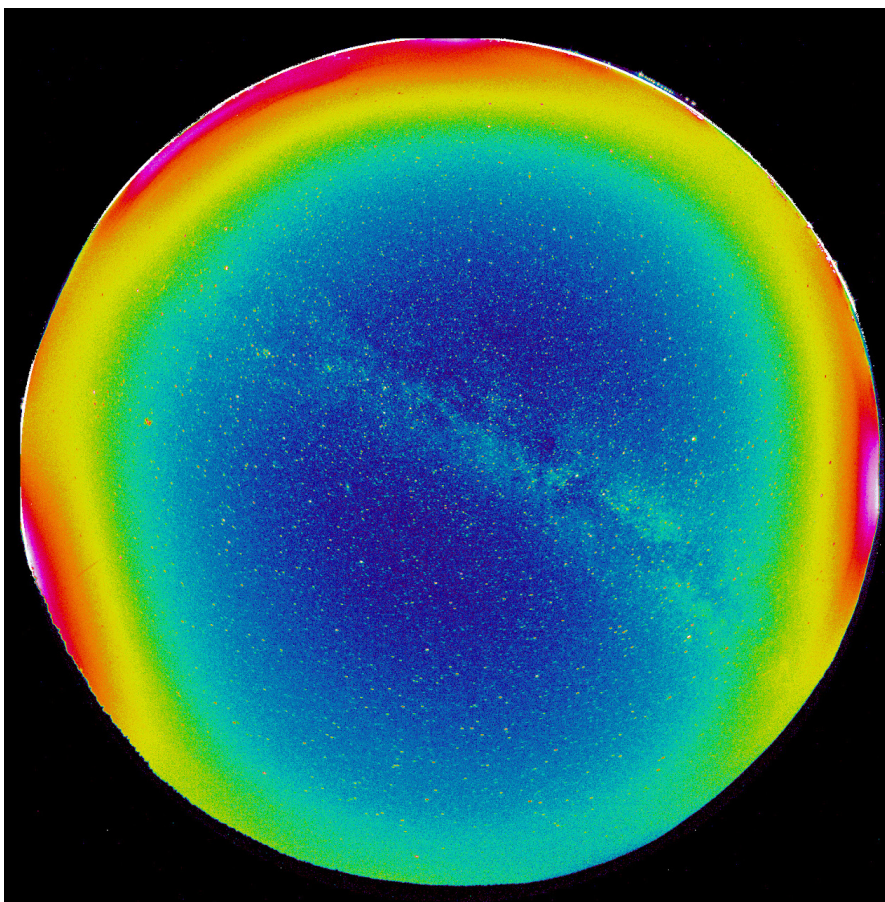
Kvůli souvislému zalesnění není v Brdech mnoho stanovišť vhodných zachycení celooblohových snímků, na většině míst je obzor omezený okolními stromy. To na jednu stranu znemožňuje posoudit přímý vliv osvětlení obcí v oblasti, na druhou stranu to subjektivně vylepšuje dojem z nočního prostředí, neboť je skryté veškeré přímé světlo, stejně jako nejsvětlejší části noční oblohy nízko nad lidskými sídly.

Tmavostí oblohy se tedy Brdy jako celek příliš nevykrmují tomu, co lze spatřit v okolních méně zalidněných venkovských oblastech, například Křivoklátska nebo středního Povltaví. Zóna bez osídlení je zkrátka příliš malá na to, aby dokázala eliminovat světlo přicházející z okolí a rozptylující se ve vyšších vrstvách atmosféry. A to je jedním z hlavních důvodů, proč jsme nakonec vyhlášení oblasti tmavé oblohy neiniciovali.

### **OBLAST TEMNÉ OBLOHY V BRDECH NEMÁME, ALE TMU JAKO V PYTLI TU PŘESTO ZAŽÍT MŮŽETE**

Noční prostředí však není pouze obloha, ale též živá příroda a krajina. A právě zde spatřujeme největší bohatství Brd. Absence umělého osvětlení v prakticky celé CHKO znamená, že pokud nejste na vrcholu s dalekým rozhledem, nespátíte žádný zdroj umělého světla, všude kolem vás je tma (a také ticho). To je něco, co je ve středních Čechách poměrně unikátní. Noční ekosystém na relativně velkém území tu není nijak ovlivněn umělým osvětlením a přirozený denní a roční životní cyklus živočichů ani rostlin není v tomto ohledu narušován. Celých 99 % světelného znečištění viditelného z centrální části Brd má původ mimo CHKO. Ukazují se tak limity současné ochrany pří-





*Celooblohový snímek pořízený na kopci Houpák v CHKO Brdy, převedený do jasové mapy. Světelné znečištění postihuje velkou částnoční oblohy. Celooblohový snímek v nepravých barvách ukazuje dominantní zdroje světelného znečištění: vpravo Plzeň, vlevo Příbram, nahoře Praha a okolí dálnice D5. Světlý pás táhnoucí se napříč snímkem je Mléčná dráha. Foto: Michal Bareš*

rody, která ani při veškeré snaze nedokáže postihnout imise s původem vně chráněného území, podobně jako je tomu například u znečištění ovzduší. Na rozdíl od něj však pro emise umělého světla do nočního prostředí neexistují žádné závazné limity.

### CHCEME SE O TMU PODĚLIT

Ani Praha ani Plzeň tu nezastíní všechny hvězdy na obloze, pořád jich nad Brdy zbývá dost pro nadstandardně pěkné pozorování. Během měření členové České

astronomické společnosti vytypovali místa dostatečně odlesněná pro sledování velké části hvězdné oblohy, dostatečně temná a také dobře přístupná. Jedním z nich je bezlesí u obce Míšov v JZ Brdech. A protože posláním AOPK ČR je kromě péče o přírodní poklady, také jejich představování lidem, bylo jasné, že brdské nebe nebudeme tajit.

Pozorování oblohy, stejně jako její měření, je závislé na vhodných meteorologických podmínkách.

Dne 21. srpna 2020, v covidově klidnějším období roku, tmě i hvězdám počasí přálo. Mohli jsme tak ve spolupráci se západočeskou pobočkou České astronomické společnosti na louce u Míšova uspořádat veřejné pozorování. Světelné znečištění dosahující do Brd z velké vzdálenosti přineslo myšlenku, spojit pozorování hvězd s povídáním o nebezpečí, která s sebou přináší tzv. světelný smog. Využili jsme tedy podvečerního slunečního světla k povídání o světle umělém, lidmi produkovaném a jeho vlivu na živé organismy i celé ekosystémy. A také o možnostech, jak si naplno užít výhod umělého osvětlení a zároveň co nejméně zatěžovat okolí.

S nastalou tmou přišel čas pro hvězdy. Dalekohledy rozestavěné v louce, namířené do všech stran, zprostředkovaly pohledy, které většina z nás nezná nebo běžně nevnímá. Umožnili pozorovat hvězdy, souhvězdí, asterismy a mnoho dalších nebeských zajímavostí.

Kdo chtěl nechat okouzlení hvězdnou oblohou doznít až do ranního svítání, mohl pod hvězdami i přenocovat. Když jsme v ranní rose a také několika kapkách drobného deště předchozí večer rekapitulovali, shodli jsme se, že toto pozorování jistě nebylo v CHKO Brdy poslední. Těšíme se tedy na příští setkání pod hvězdami!

# NEZBYTNÁ BUDOUCNOST VENKOVNÍHO OSVĚTLOVÁNÍ? CO JE BD-VO?

ZBYNĚK SVOBODA, RADIM VÁCLAVÍČEK

ZBYNĚK SVOBODA

Od r. 2009 se zabývá "správným svícením". Se společností Ekosvětlo, kterou vede, se snaží, aby každé řešení osvětlení bylo v harmonii a rovnováze a aby se slepě nesledovala jen investiční cena bez dalších ohledů na věc. Více jak 50 úspěšných celkových realizací dotovaného veřejného osvětlení, sportovišť, skladových a výrobních hal, přes 100.000 realizovaných svítidel.

Ing. RADIM VÁCLAVÍČEK

Od r. 2003 autorizovaný partner/vývojář společnosti EIZO Japan pro monitorová pracoviště v oblasti grafického průmyslu, specialista na světelnou ergonomii, správu barev CMS a spektrální úlohy v oblasti viditelného záření.

Od r. 2017 se zabývá koncepcí

"Bio-dynamického osvětlení"

a programováním souvisejících simulací

Osvětlení se jako obor tlačí do popředí na stupnici lidských priorit. Ať už je to způsobeno nástupem LED technologií, které přinesly snadné a levné osvětlení čehokoliv a kdekoliv, nebo zvyšující se požadavky na bezpečnost, atraktivní marketing, nebo úplně naopak – pro přírodní a pro přirozeně smýšlející snahy o všeobecnou ekologii. Mnozí prosazují svícení v noci na maximum jen proto, že už lidé přestávají přebírat odpovědnost za sebe sama a chtějí, aby se celkově zajišťovala bezpečnost za pomoci neustálého navyšování noční osvětlenosti. Toto se děje až za hranici rozumu - je přeci logické, že takto nelze postupovat do nekonečna. Bohužel někteří prodejci svítidel navrhnou raději dvojnásobný výkon, než aby riskovali, že jim někdo změří o 1 % méně světla, než požaduje norma.

Je tu ale také naštěstí přibývajícím zájem o ochranu přírody, kvalitu spánku lidí, fauny i celé flóry. Stejně tak je možné i při neopuštění vnitřních prostor přes den realizovat umělé osvětlení čím dál bližší světlu přirozenému, plnospektrálnímu. Naštěstí nám přibývá zájemců o zachování toho, co tu bylo miliony let.

## Optimální světlo přes den:

Plnospektrální a neblinkající, rovnoměrné, neoslňující a hodně silné osvětlení. Ideálně být venku na slunci alespoň několik hodin denně.

## Optimum v noci:

Minimální intenzita, ideálně nepřímá svítící a s minimem modré složky spektra. Pokud se přiblížíme simulaci ohně, pak je to hodně červené složky a skoro žádná modrá složka, se svícením nízko u země.

Ve společnosti Ekosvětlo s.r.o. jsme začínali s oborem osvětlování interiérů i exteriérů před více jak 11 lety a o problematice světelného znečištění, vlivu na přírodu, zdraví a podobně jsme se dozvěděli bohužel až výrazně později. S odstupem času jsme rádi, že jsme trvali na kvalitě a verzatilitě svítidel. Robustní korpusy (těla) svítidel jsou navrženy na desítky let a jsme schopni intratechnologicky měnit světelné zdroje z původních na LED nebo za nevelké investice měnit LED světelné zdroje například ze 4000 K na 2200 K. Stejně tak můžeme snadno měnit programové nastavení v rámci nočního stmívání a mnoho dalšího.



Existuje několik vědních oborů, kterých se veřejné osvětlení dotýká:

### **Světelná technika:**

Primárním oborem pro veřejné osvětlení je samotná světelná technika, která se od počátků elektrifikace zabývá realizací osvětlovacích soustav. Tento obor je zaměřen na technické a energetické parametry související s distribucí světla. Oborové zkušenosti se promítají do příslušných norem, které uvádějí dle dostupných informací v době jejich tvorby, jak moc a s jakými parametry je potřeba svítit. Zabývá se hlavně tím, aby uživatel venkovního prostoru viděl a byl vidět. Hlavní motivací je tedy podpora bezpečnosti.

Díky zkoumání fotopického, mezopického a skotopického<sup>2</sup> vidění se dochází k různým názorům na režim pozorovatele v nočním prostředí. U oslnění od moderních automobilů se ale vždy znovu bavíme o běžném fotopickém vidění. Takže se ukazuje, že je modrá složka světla pro obrazové vidění v noci mnohem méně užitečná, než se ve světelné technice v posledních letech uvažovalo.

### **Botanika:**

Ideální by bylo, kdyby se zcela ctily svícení dle přírodních standardů. Přes den slunce a v noci tma. Pokud už svítit v noci, tak hlavně ne modrou částí světelného spektra, ideálně pak ani červenou. Nejnižší reaktivita rostlin spadá do pásma "žluto-oranžové", takže dosavadní veřejné osvětlení se sodíkovou výbojkou může být při slabé intenzitě k rostlinám v noci celkem šetrné.

### **Neurologie, zoologie:**

Mnoho tisíc let jsme byli my lidé i ostatní živočichové na planetě zvyklí na rytmus dní a nocí, který se nemění. Nikdy dříve po soumraku neexistoval zdroj modrého spektra a biologické hodiny živočichů tikaly s velmi vysokou přesností a pravidelností díky střídání tmy a jasného bílého světla s rozptylem modré a azurové složky na nebi i ve vodě. Podle cyklických změn v modro-azurové části spektra se všichni živočichové orientují v čase. Aniž by se o tom nedávno ještě vědělo, velice intenzivní část právě modrého spektra u bílých LED diod narušuje člověku i veškerým živočichům tento režim, zhoršuje spánek a značně tak atakuje zdraví každého z nás i všech dalších tvorů od komára až po velryby.

Přes den jsme v historii byly vystaveni osvětlenosti 10.000 lx a více a v noci měli 0,01 lx a méně.

Dnes máme v kancelářích stovky luxů a přes noc v městech běžně 0,5 až 5 lx. Ze 6 řádů rozdílu jsme se dostali na 2-3 řády, což je z pohledu biologů velmi alarmující zjištění, které dopadá spolu s dalšími faktory na fungování života, tak jak ho na planetě dosud známe.

### **Astronomie:**

Astronomové i jiní pozorovatelé noční oblohy mají čím dál větší problém cokoliv spatřit. Existují už dokonce i rezervace, které chrání temnou noční oblohu. Pro eliminaci tohoto problému je potřeba alespoň jednu složku světla filtrovat. Nejvyšší frekvence, a sice modrá část spektra, je pro takový postup nevhodnější.

Pokud se nad těmito pohledy výše uvedených oborů zamyslíme (viz box), vyjde nám, že je potřeba ideálně omezit modré spektrum z LED technologií ve večerní době (televize, počítače, dekorativní prvky, mobilní telefony, tablety, osvětlení interiérů, a také veřejné osvětlení). Především pak zajistit, aby se v noci svítilo jen tolik, kolik je potřeba a s omezením modré složky. A to alespoň po dobu 8 hodin spánku a k tomu 1,5 hodiny před ním.

Večer a ráno pak svítit teplou bílou dle typu provozu mezi 2200 a 3000 K.

Ve veřejném osvětlení proto zavádíme tzv. "Biodynamické řešení veřejného osvětlení" a jeho realizace v městech a obcích se u nás stává čím dál běžnější.

## **CO TO JE, TO BIODYNAMICKÉ ŘEŠENÍ VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ (BD VO)?**

V našich projektech spoléháme na moderní LED technologie, které umožňují dosud nevidané věci, jako například biodynamické osvětlení, které maximalizuje efektivitu svícení a dynamicky mění nejen intenzitu osvětlení, ale i zabarvení světla s ohledem na provoz a typ komunikace. Toto se děje v závislosti na konkrétní fázi dne a noci.

Zejména je to ale způsob osvětlení, který živým organismům vrací možnost přirozeně vnímat plynutí času, dovoluje nám žít více udržitelně, ohleduplně k ostatním živým tvorům, v souladu s přírodou a v rytmu zrychlujícího se tempa civilizace.

V biodynamických svítidlech používáme speciální řízené LED zdroje PC AMBER (CCT ~1800 K), což zajistí nejen to, aby se v noci svítilo jen tolik, kolik je třeba, ale hlavně v době nočního klidu (a 1,5 hodiny před ní) svícení s minimem azurové a modré složky, která v nočním prostředí desynchronizuje vše živé.

Večer a ráno pak svítí teple bílou dle typu provozu mezi 2200 K a 3000 K, což je důležité především v době soumraku a svítání, kdy není „ani světlo ani tma“ a jedná se tak o nebezpečnou dobu dne s problematickou viditelností.

Žádná norma (krom neschváleného návrhu ČSN (P) 36 0455) neřeší teplotu chromatičnosti nebo jiné nároky přímo na spektrální charakter světla, proto se v praxi instalují zdroje různých typů s velmi rozdílným spektrem (CCT 1800 K - 8000 K), pokud to neřeší norma, měly by obce vyslyšet doporučení odborníků, AV ČR, MŽP a Senátu.

Často se ptáte, jak vlastně funguje toto přepínání? Potřebujeme dálkové řízení nebo jiné složitosti?

Je to mnohem jednodušší. Tak jako už více než 90 % nově instalovaných LED svítidel, využívají biodynamická svítidla systém AstroDim nebo DynaDim. Nejčastějším postupem je, že si elektronika ve svítidle zapamatuje, jak dlouho se poslední 3 dny svítilo a program má v sobě potom informace, jak dlouho před touto půlnocí má svítit a na kolik procent výkonu. Tento systém

<sup>1</sup>V souvislosti s aktuálním vývojem zavedla Mezinárodní organizace pro osvětlování CIE nový obecný pojem "Integrativní osvětlení"

<sup>2</sup>Obor osvětlování rozlišuje 3 režimy zraku pozorovatele dle adaptace na intenzitu osvětlení: a) Fotopický - běžná intenzita denního světla s rozpoznáváním barev, b) Mezopický - nízká intenzita s omezeným vnímáním barev, c) Skotopický - extrémně nízká intenzita s neostřím viděním a absencí barevného vjemu

## // ANALÝZY A KOMENTÁŘE

je v Biodynamických svítidlech zdvojený (má 2 předřadníky, měniče) a pro každou barvu, 2700K a 1800K, je informace o nastavení oddělená. Díky tomu není potřeba mít žádné další složité a drahé systémy a stačí jen v rozvaděči zajistit, aby se večer svícení zapnulo ve správný okamžik, kdy je venku 5 až 10lx, a to samé ráno pro vypnutí.

Biodynamické osvětlení je aktuální verzí systémově řízených osvětlovacích soustav, které budou v blízké budoucnosti součástí komplexnějších systémů v podobě tzv. Integrativního<sup>1</sup> osvětlení či koncepcí SmartCities. Tyto technologie spolu s inteligentním řízením a soustavou senzorů budou moci adaptivně reagovat na vzniklou situaci

a tím efektivně naplnit zásadu svícení jen tam a tolik, kolik je potřeba.



*Jiratice (nedaleko Jemnice) – po celé obci je instalováno Biodynamické veřejné osvětlení.  
Foto: Zbyněk Svoboda*



*Ukázka, jak v Kravsku u Znojma svítí veřejné osvětlení jen na komunikace a ne do přírody nebo oken, na fasády a podobně. Foto: Zbyněk Svoboda*

# NAJDEME JEŠTĚ NĚKDE PŘÍRODNÍ TMU?

**ROZHOVOR S PETREM BAXANTEM VEDLA MARKÉTA SWIACKÁ**

V tomto čísle uvádíme rozhovor s akademickým pracovníkem, světelným technikem a odborníkem na světelné znečištění **doc. Ing. Petrem Baxantem, Ph.D.** o světle, nadměrném využívání umělého osvětlení ve společnosti a o negativních dopadech světelného znečištění na biodiverzitu:

**SLEDUJTE NAŠE ON-LINOVÉ ROZHOVORY, KTERÉ NALEZNETE NA YOUTUBE KANÁLE FÓRA OCHRANY PŘÍRODY.**

**FÓRUM OCHRANY PŘÍRODY** představuje svobodný myšlenkový prostor založený na aktivním přístupu, vzájemné toleranci a schopnosti účastníků shodnout se na konsensuálních výstupech.

**FÓRUM** poskytuje prostor k diskusi, předávání poznatků a hledání řešení v různých aktivitách ochrany přírody. Zajišťuje svobodné vyjadřování názorů svých členů bez politických či institucionálních vlivů.

Fungování je založeno na permanentní názorové platformě v rámci provozu internetových stránek, na pravidelném setkávání a vydávání tohoto časopisu.

### **PODPOŘTE NAŠI ČINNOST**

Snažíme se naše aktivity poskytovat zájemcům zdarma, což se daří díky projektům a další podpoře. Do budoucna se ale neobejdeme bez Vaší pomoci.

Vaše příspěvky můžete posílat na účet 2200318661/2010, použijte variabilní symbol 333.

**DĚKUJEME VÁM**