

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA APLIKOVANÉ EKOLOGIE



**SVĚTELNÉ ZNEČIŠTĚNÍ JAKO EKOLOGICKÁ ZÁTĚŽ
ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ**

Bakalářská práce

Bakalant: Jindřich Trhoň

Vedoucí práce: Ing. Zdeněk Keken, Ph.D.

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jindřich Trhoň

Krajinářství
Územní technická a správní služba

Název práce

Světelné znečištění jako ekologická zátěž životního prostředí

Název anglicky

Light pollution as an ecological burden of environment

Cíle práce

Cílem bakalářské práce je poukázat na současný, před desetiletími ještě neznámý fenomén světelného znečištění. Tento jev je produktem dnešní doby, který se zřejmě nikdy nepodaří zcela odstranit. Dále bude práce zaměřená na světlo z fyzikálního hlediska, jeho vznik, šíření a základní vlastnosti. Hlavní část práce se bude věnovat vlivu světelného znečištění na živočišnou říši. Biologické hodiny, ovlivnění svícením, různými druhy umělého osvětlení i zbytkovým světlem.

Metodika

Práce bude zpracována rešeršní formou, tedy výpisem poznatků z mnoha různých zdrojů, ať už akademických prací nebo článků a publikací vědeckých nebo odborně orientovaných periodik, týkajících se nejen posledních, ale pro porovnání i starších poznatků o vzta-
hu a vzájemném působení různých znečišťujících faktorů životního prostředí, zejména tedy světelného smogu. Závěrem bude provedena celková syntéza nashromážděných poznatků.

Doporučený rozsah práce

cca 40 stran textu

Klíčová slova

světelná imise, světelný smog, negativní vliv, riziko,

Doporučené zdroje informací

Antonin Fuksa, Světlo a biologické hodiny, časopis Světlo 2010/06, str. 56-58.

Contrasting trends in light pollution across Europe based on satellite observed night time lights, Jonathan Bennie, Thomas W. Davies, James P. Duffy, Richard Inger, Kevin, J. Gaston. Published: 21 January 2014, (online), <https://www.nature.com/articles/srep03789>

Dominik Dušek, Vliv zobrazovacích jednotek a monitorů na cirkadiánní rytmus člověka, bakalářská práce. The first World Atlas of the artificial night sky brightness, P. Cinzano, F. Falchi, C.D. Elvidge, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 328. Issue 3, December 2001, (online) Pages 689-707. <https://doi.org/10.1046/j.1365-8711.2001.04882.x>

Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Zdeněk Keken, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra aplikované ekologie

Elektronicky schváleno dne 2. 2. 2021

prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 10. 2. 2021

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 21. 03. 2021

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval pouze samostatně, pod vedením p. Ing. Zdeňka Kekena, Ph.D. Dále prohlašuji, že jsem řádně uvedl všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal. Prohlašuji také, že tištěná verze se shoduje s verzí odevzdanou přes Univerzitní informační systém.

V Mladé Boleslavi

29. 3.2021

Podpis:

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl vyjádřit velké poděkování vedoucímu práce p. Ing Zdeňku Kekenovi, Ph.D. Za trpělivé vedení a směřování celé práce, za mnoho postřehů a rad, které mi udělil a za citlivé a odborné připomínky.

Dále děkuji manželce za velkou dávku trpělivosti a korekce textů.

Abstrakt

Světelné znečištění je dnes pojem již dobře známý. Světlo se stalo něčím, co nám nejen slouží, ale za nesprávných podmínek nám určitě neprospívá. Škodlivost špatně používaného umělého světla je prokazatelná. V této práci jsou zřetelně zhodnoceny a popsány formy působení jednotlivých složek světla na kvalitu života v dosahu jeho svitu. Popisují zde, jak rostliny rostou za světlem, jak je hmyz „vysáván“ ze tmy ke zdrojům světla, jak lidé sami sobě nesprávným užíváním světla ničí zdraví. Světlo a tma mají být dva rozdílné světy. Díky rozvoji společnosti však rozdílné téměř nejsou a jejich hranice mizí, což můžeme nebo spíše nemůžeme vidět při pohledu na noční městskou oblohu bez hvězd.

Světelný smog problémem je, avšak obecně mu není přisuzován velký význam. On nás totiž nebolí. Mnoho lidí si stále myslí, že negativní účinky světla jsou přeceňovány, a že není třeba se jimi zabývat. Já jsem však jiného názoru a věřím, že tyto účinky můžeme ne-li odstranit, tak značně redukovat. Snížením intenzity osvětlení, změnou spektrálního složení nebo tím, že světlu zabráníme v šíření do špatného směru. V závěru práce jsem analyzoval celou řadu dokumentů procesů EIA a zjistil, v jakém rozsahu je světelné znečištění bráno v úvahu při posuzování jeho vlivu na životní prostředí.

Je možné, že si na tento světlo v noci v průběhu času zvykneme. Nikdy si však nezvykneme na nebe bez jediné hvězdy, na noc beze spánku nebo na slunečnici, která se netočí za světlem.

Klíčová slova:

Světelné znečištění, světlo, ekologie, život, životní prostředí, hvězdy, tma

Abstrakt

Light pollution is well-known concept today. Light has become something that not only serves us, but certainly does not benefit us under the wrong conditions. The harmfulness of misused artificial light is demonstrable. This work clearly evaluates and describes the forms of action of individual elements of light on the quality of life within reach of its light. Here i describe how plants grow behind light, how insect are „sucked“ from the dark to light sources, how people destroy their health by misusing light. Light and darkness are supposed to be two different worlds. However, due to the development of society, they are almost different and their borders disappear, which we can or rather cannot see when looking at the night city sky without stars.

Light smog is a problém, but i tis generally not given much importance. He does not hurt us. Many people still think that the negative effects of light are overestimated and do not need to be adressed. However, I have a different opinion and I believe, that we can, if not eliminate, reduce these effects considerably. By reducing the intensity of the lighting, changing the spectral composition or preventing the light from spreading in the wrong direction. At the end of this task, I analysed a number of EIA process documents and found out to what extent light pollution is taken into account when assessing its environmental performance.

It is possible that we will get used to this light at night over time. We will never get used to the sky without a single star, for a night without sleep or for a sunflower that does not spin behind the light.

Keywords:

Light pollution, Obtrusive light, ecology, life, environment, dark(ness)

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Cíle práce	2
3. Literární rešerše.....	3
3.1. Světlo	3
3.2. Legislativa a první zmínky o světelném znečištění	4
3.2.1. Posuzování vlivů a koncepcí na životní prostředí (EIA).....	5
3.3. Světelné znečištění	6
3.4. Bezpečnost	9
3.5. Pozorování světelného znečištění	10
3.6. Vliv světelného znečištění na člověka	14
3.6.1. Melatonin.....	16
3.6.2. Oheň.....	19
3.7. Zdroje umělého osvětlení	21
3.7.1. Žárovka	21
3.7.2. Výbojky.....	22
3.7.3 LED zdroje.....	24
3.7.4. Teplota chromatičnosti.....	24
3.8. Vliv světelného znečištění na zvířata.....	25
3.8.1. Múry byly první!	25
3.8.2. Hmyz	26
3.8.3. Netopýři	29
3.8.4. Vlajková želva.....	33
3.8.5. Měsíční svit.....	36
3.9. Vliv světelného znečištění na rostliny	37
3.9.1. Stromy	39
3.10. Antropogenní vlivy.....	40
3.10.1. Sjezdovky	40

3.10.2. Architektura	41
3.10.3. Astronomie	42
3.10.4. Bortleho stupnice (volná interpretace).....	44
4. Metodika	46
5. Moje zkušenosti se světelným znečištěním.....	47
6. Výsledné zhodnocení	50
7. Diskuse.....	52
7.1. Obecný přístup.....	52
7.2. Působení na živé organismy	52
7.3. Shrnutí	53
8. Závěr	54
9. Přínos práce	54
10. Doporučené zdroje a literatura.....	55
10.1. Internetové zdroje.....	58
10.2. Zdroje obrázků	59
10.3. Zdroje tabulek	60

1. Úvod

Světelné znečištění, pojem do nedávné doby vlastně neznámý. První zmínky o něm najdeme až v celkem nedávné době, když se začalo v poměrně velkém měřítku používat osvětlení, hlavně tedy veřejné osvětlení. Špatné noční vidění lidských bytostí, primitivní strach ze tmy, potřeba bezpečnosti, prodloužení možnosti pracovat a další potřeby se odrážejí v naléhavé nutnosti použít umělé světlo k osvětlení svého nejbližšího okolí (Zissis, 2020). Tak by se dalo shrnout v několika větách to, co se zde pokusím nastínit v celé práci. Pro mne, jako osobu, která se ráda zajímá o přírodu, byl prvním impulsem ke sledování této problematiky pohled na noční oblohu. Srovnám-li tento aktuální pohled s pohledem na oblohu před cca 25 lety, musím říct, že vlastně není co vidět. Samozřejmě mluvím o pohledu na hvězdy. Ty se dají pozorovat už na málo místech tak, aby z toho pozorovatel něco měl.

I příroda se však musela se zvýšeným světelným znečištěním poprat. Zdá se, že zatím se jí to, v širším slova smyslu, celkem daří. V současné době existuje naštěstí již mnoho studií a vědeckých prací, které se touto problematikou zabývají. Mnohé z nich jsou však prvními svého druhu v oboru. Mnozí z nás již jistě slyšeli o želvách, ptácích, kteří ztrácejí orientaci za neúměrného světelného smogu. Dokonce také netopýři, kteří se běžně orientují pomocí ultrazvukových čidel, jsou ovlivněni světelnými body v jejich okolí. O některých dravcích, kteří prodlužují loveckou aktivitu do nočních hodin, stejně jako o jejich kořisti, která se musí jejich výpadům déle bránit. To vše je otázkou adaptace na nové podmínky. Buď se podaří, nebo taky ne. Rostlinná říše je stejně citlivá jako živočišná. Také na rostliny umělé světlo působí. Rostliny se musejí přizpůsobovat novým a novým světelným zdrojům. Regulovat svoje vnitřní biologické hodiny v závislosti na umělém osvětlení.

Otázek, které se v tomto případě nabízejí, je určitě celá řada. Jsem si jistý, že nejsem schopen na všechny odpovědět. Provázanost spektra všech oborů, do kterých tato problematika zasahuje je jistě velká. Myslím si však, že stojí za námahu se tímto problémem zabývat a přispět tím minimálně k většímu uvědomění si rizik spojených se světelným znečištěním. Společnost, včetně lidí, kteří by mohli situaci zlepšit, je potřeba informovat a neustále vzdělávat tak, aby se problém dále neprohluboval. Nemám v této práci ani ambice v tom smyslu, že bych dokázal touto prací vyřešit problém měst s osvětlením, respektive s lepším využíváním světelných zdrojů. Jistě by to nebylo lehké a hlavně levné, ale není to účelem práce. Stálo by však za námahu jakkoli ukázat lidem, že to, jak se v současnosti chovají a jak pracují se světlem vzhledem k dopadům na životní prostředí, rozhodně není správné.

2. Cíle práce

Cílem této bakalářské práce je poukázat na současný, před desetiletími ještě neznámý nový fenomén světelného znečištění. Propojení tohoto faktoru znečištění životního prostředí s dalšími faktory jako například zmenšování životního prostoru nebo znečišťování přírody má na naši přírodu, potažmo na floru a faunu v nich, velký vliv. Že je tento fenomén produktem dnešní doby, je všeobecně známá věc.

Zároveň se pokusím o určité zpřehlednění těch problémů a aktivit, které mají na rozrůstající se světelné znečištění velký vliv. A to jak z hlediska technických řešení některých problémových aktivit, tak z hlediska prostého chování se v různých situacích, které se tohoto tématu týkají.

Jedná se o práci typu Rešerše a získané teoretické informace jsou následně porovnávány s vlastními zkušenostmi a vlastním hodnocením.

3. Literární rešerše

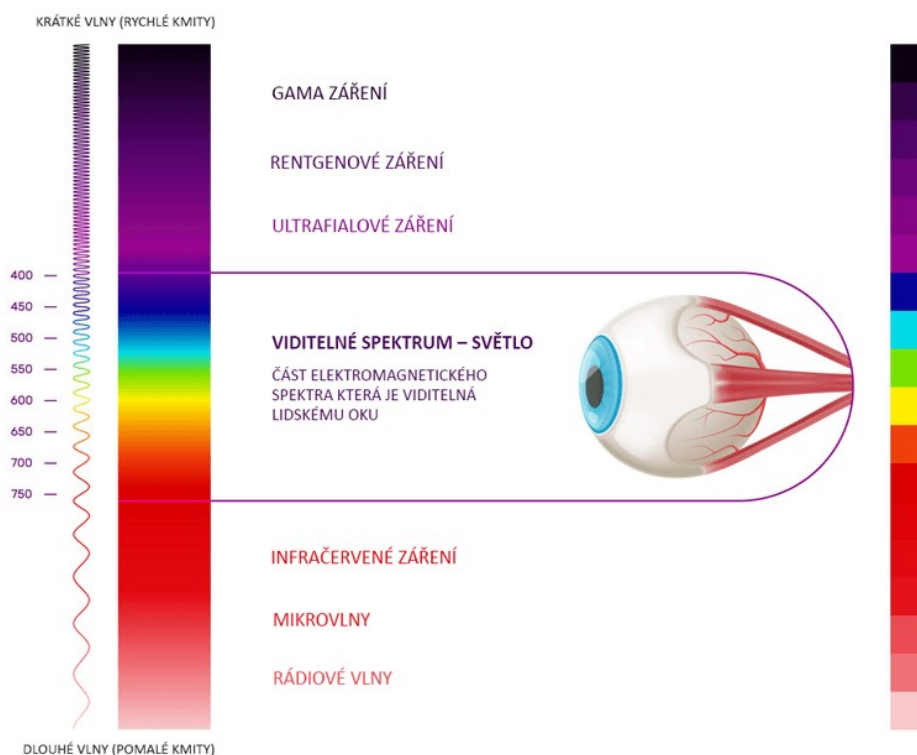
3.1. Světlo

Světlo, tak jako ho známe, je viditelná součást elektromagnetického záření. Vlnová délka pro člověka viditelného světla leží mezi délkami ultrafialového a infračerveného záření (390-760 nm). To je přesně ta vlnová délka, kterou je člověk schopen pomocí svých nervových impulzů v mozku přeměnit na zrakový vjem a vnímat tak světlo. Ne všichni živočichové však vnímají záření stejně. Například včely jsou schopny vnímat i vlnové délky kratší (ultrafialové záření) a naopak mnozí plazi vnímají i spektrum posunuté do dlouhých vlnových délek (infračervené záření). Celé barevné spektrum, včetně neviditelných složek ukazuje obr. 1. Tyto informace mají na náš organismus velký vliv, neboť cca 90 % všech vjemů pořizujeme právě pomocí zraku. Světlo má spoustu charakteristik, na nichž závisí jeho chování v různých prostředích. Základními charakteristikami jsou polarizace, koherence, svítivost, světelný tok, barva a frekvenční spektrum. Světlo má vlastnosti jak vlnění, tak částice. Tento známý jev se nazývá dualita částic. Říká, že světlo lze popsat jako částici nebo vlnění, ale musíme také uvést způsob jejího zkoumání a to, jakým experimentem konkrétní světlo pozorujeme. I největší fyzikové dob dávno minulých, kteří vždy prosazovali jednu teorii, nakonec museli přijmout ten fakt, že světlo nelze popsat pouze jednou teorií, protože spousta experimentů vždy dokázala potvrdit nebo vyvrátit tu druhou. Museli se smířit s tzv. částicově – vlnovou dualitou světla a elektromagnetického záření obecně (Hrivňák, 2004).

Světlo je pro náš svět nepostradatelný element, bez kterého by nebylo jakéhokoli života na Zemi. Udržuje při životě všechny živé organismy a je velmi důležitým faktorem pro udržení života v nich. Také většina biochemických nebo biofyzikálních procesů v organismech probíhá pouze za účasti světla. Všechny živé organismy jsou velmi citlivé na spektrum elektromagnetického záření, které je ovlivňuje.

Často je zmiňována modrá spektrální složka světla. Je však důležité zmínit, že nám nevádí pouze to modré světlo, které vidíme běžně okem. Je to i část spektra bílého světla. Ta část, která se nachází v kratších vlnových délkách. Protože i bílé světlo vždy obsahuje modrou část a záleží jen na tom, jaký je poměr mezi modrou a ostatními barvami. To, že nám vadí, že na ni nejsme dostatečně dobře naladění a připraveni. To však není pravda. My tuto složku světelného spektra potřebujeme. Mozek ji potřebuje pro svou funkci, aby aktivoval svá centra, kognitivní funkce a mohl naplno pracovat. Ovšem důležité je uvést to, že ji potřebujeme přes den, za světla.

V noci nám naopak, jak bude zmíněno níže, může významným způsobem zkomplikovat život. A nejen nám. To, co platí pro lidi, platí v podstatě pro každý organismus. Základní principem pro život je tedy ta skutečnost, že ve dne máme být co nejvíce vystaveni světlu, resp. slunečnímu záření a v noci si máme zase co nejintenzivněji „užívat“ tmu.



Obr. 1. Spektrum viditelného světla mezi ostatními složkami záření (zdroj: ispanek, 2021)

3.2. Legislativa a první zmínky o světelném znečištění

Pokud bychom se chtěli dopátrat prvních zmínek o světelném znečištění, museli bychom se podívat až do období kolem roku 1960, kdy se ve velkých observatořích v USA začalo mluvit o tom, jak jim velká města, vedle kterých se tyto observatoře převážně nacházejí, svým neustálým svitem způsobují obtíže při sledování noční oblohy a jiných astronomických sledováních. V České republice se o něm diskutovalo mnohem později, ale konkrétní, vážně míněné poznámky, se vyskytly až někdy kolem roku 2000.

Milníkem u nás mohl být rok 2001, kdy se schvaloval nový Zákon o ochraně ovzduší, do kterého se regulace světelného znečištění dostala. Bohužel však v něm nevydržela dlouho a byla vypuštěna. Blýská se však na lepší časy a MŽP schvaluje materiály, které mají přispívat ke zmírňování problému se světelným znečišťováním u nás (MŽP, ©2018). Některé státy však tento problém ve své legislativě již řeší. První státy ji přijaly k řešení v legislativě kolem roku 1990, a však v současné době jich moc

nepřibýlo a problematika je řešena jen ve velmi málo státech, a to ještě pouze s odkazem na obtížná astronomická pozorování. Problematiku ekologie neřeší téměř vůbec.

3.2.1. Posuzování vlivů a koncepcí na životní prostředí (EIA)

V roce 2017 se Ministerstvo životního prostředí tohoto tématu ujalo a vydalo metodický pokyn EIA, kde mohou posuzovatelé vlivů záměrů na životní prostředí zohlednit i tento vliv na životní prostředí. Je to v současnosti jediná legislativní pomoc v tomto směru. Opatření se vztahují k zákonu č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí, ve znění pozdějších předpisů. Odborem posuzování vlivů a integrované prevence byla zpracována souhrnná doporučení, která by měla přispívat ke snižování světelného znečištění a tím menšího ovlivňování relevantních složek životního prostředí.

Doporučení jsou následující:

- Navrhovat osvětlení šetrné k nočnímu prostředí.
- Osvětlovací soustavy navrhovat tak, aby světlo co nejméně unikalo do prostoru, který není určen k osvětlení.
- Světelný tok směřovat pouze do dolního poloprostoru, je-li to možné.
- Osvětlenost bezúčelně nepředimenzovávat.
- Je-li to možné, vyvarovat se zdrojům s vysokým podílem krátkých vlnových délek, kraších než 500nm, resp. zdrojů s podílem modré spektrální složky.
- Vyvarovat se stroboskopických a laserových efektů.
- Vypínat světelné zdroje v době, kdy nejsou potřebné (noční klid, po uzavření podniků atd.).
- Navrhovat osvětlení respektující zdraví obyvatel (nesvítit do oken).
- Zajistit, aby ze zdrojů unikalo co nejméně světla.

Zároveň byla vydána metodická příručka pro starosty a obce obecně, kde je popsáno, jak se s touto problematikou minimálně seznámit, ale ještě lépe, jak ji řešit při návrhu nových systémů veřejných osvětlení. Samosprávy se již učí, že na zvládnutí tohoto problému nejsou sami. Nelze jen koupit reflektor nebo lampu a myslet si, že budou všichni spokojeni. Jistě je pro člověka dobré, že má lampu těsně u dveří a trefí se klíčem do zámku na první pokus. Jenže když si jdu lehnout a světlo z téže lampy mi svítí do ložnice, tak dobrý pocit už z toho nemám. Jistě, vyřeším to zatažením rolet či žaluzií, ale to zase ráno přijdu o probuzení přirozenou cestou, protože spíme stále v tmavé místnosti. Dalo by se to určitě vyřešit i stínidlem nebo

sklopením světla. Nebo v určitou hodinu přestat svítit, protože světlo pouličního osvětlení už nikdo nepotřebuje a obec jen zbytečně vyhazuje finance na jeho provoz. Jenže taková legislativa zatím neexistuje. Stejně jako studie, které na toto téma přibývají jen velmi pomalu.

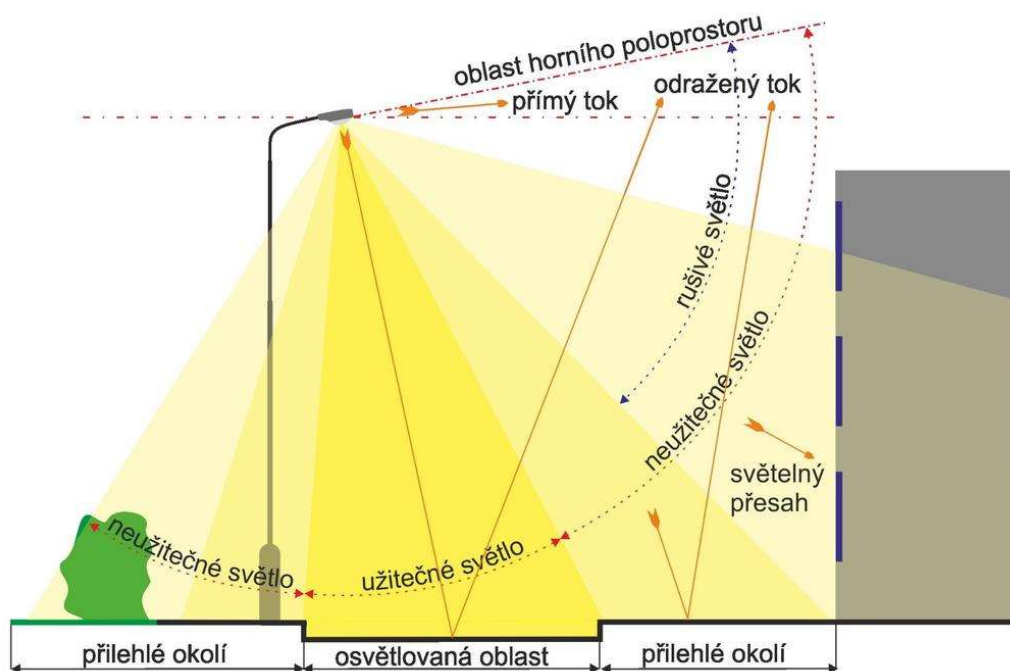
3.3. Světelné znečištění

Vývoj civilizace nebyl vždy plynulý, harmonický a lehký. Zásadní změnou v historii vztahů lidí a přírody je počátek globální industriální epochy, průmyslové revoluce (Moldan, 2015). Dnes je světelné znečištění již zcela běžnou součástí našich životů. Je to však vlastně zcela nový fenomén. Takový, který si společnost před stovkou let téměř nedokázala představit. Přišel ve velké míře s veřejným osvětlením někdy na přelomu 19. a 20. století. Co jsme získali veřejným osvětlením? Odpověď je jednoduchá. Delší dny. Ovšem veřejné osvětlení často svítí déle. A častěji také spíše do nebe než tam, kam má být primárně směřováno (obr. 2).

Lidé mají stále pocit, že čím osvětlenější, znamená tím lepší. Čím světlejší, tím bohatší nebo čím světlejší, tím bezpečnější. Vlastně si vůbec neuvědomují dvě hlavní negativní okolnosti. Že světlo ovlivňuje je samotné a že ovlivňuje také floru a faunu celé naší planety a životní prostředí vůbec. My v současné době žijeme víceméně v kulturní krajině a dominantní vliv na ní má s největší pravděpodobností způsob, jakým se o ni staráme. Růst průmyslu, zemědělství a celkově technický vývoj jsou v tomto ohledu ty nejzásadnější faktory.

Bohužel až mnohem později si člověk začal uvědomovat také negativní stránku veřejného osvětlení. Tyto negativní účinky se však samozřejmě nezačaly projevovat najednou. Docházelo k nim postupně, v průběhu celého století. To se projevilo také malou mírou reflexe problémů, které s sebou světlo přináší. Bez jakýchkoli podnětů se přece nikdo nepustí do jejich řešení. Jako první si tento problém začali uvědomovat s největší pravděpodobností astronomové, kteří v závislosti na intenzitě odraženého světla od různých umělých zdrojů osvětlení začali vnímat sníženou možnost pozorování hvězd pod noční oblohou. Oni byli zřejmě první z těch, kterým začalo světlo unikající ze zdrojů světla překážet. Světlo se samozřejmě rozptyluje i za normálních podmínek, tedy za jasného a čistého ovzduší. Přírozeného světla od Měsíce či hvězd za jasných nocí však není tak mnoho, aby se z něj mohl utvořit světelný smog a už vůbec ne tolik, aby mohlo nějakým zásadním způsobem přispět k vytvoření nebo podpoře světelného znečištění. Rozptyl světla samozřejmě ovlivňuje mnoho faktorů a jevů v atmosféře, mohou jimi být například mlha, vlhkost, koncentrace znečišťujících látek, inverze apod. Vyšší intenzita světelného znečištění

je tedy logicky způsobena hlavně vyšším odrazem světla od kapek vody nebo aerosolů při vyšší vlhkosti vzduchu (Tuhárska et al., 2016).



Obr. 2. Směrování světla pouličního osvětlení (zdroj: docplayer,2020)

Jasnou a celou vědeckou obcí uznávanou definici tento jev vlastně nemá. Existuje však nepřeberné množství výkladů, které se snaží nám tento jev podat co nejjednodušeji a nesrozumitelněji. Světlo je v tomto případě bráno jako odpad a řeší se pronikání světla do míst, kam už by pronikat nemělo. Je to vlastně souhrn všech negativních dopadů, které přináší umělé osvětlení. Jedna z definic například říká, že světelné znečištění je každá forma osvětlení umělým světlem, které je rozptýleno mimo oblasti, do kterých je určeno, zejména pak, míří-li nad obzor (Zissis, 2020). Mezinárodní asociace tmavé oblohy definuje světelné znečištění jako jakýkoli nežádoucí dopad umělého osvětlení, způsobující nadměrný jas oblohy, záři nebo infiltraci nadměrného světla do domů, sníženou viditelnost na silnicích a neekonomickou spotřebu energie (IDA, 2013). Existuje mnoho dalších definic, které zmiňují jasné bodové zdroje světla, které mohou být za určitých podmínek zaměněny s Měsícem nebo i hvězdami, dále nepřírozené časové a prostorové vzorce osvětlení a „nebeskou záři“.

Definic bychom jistě mohli na tomto místě vyjmenovat několik, není to však účelem této práce. Co zdroj, to jiný pohled na věc a jiná, i když v podstatě totéž vyjadřující definice. Jiné vysvětlení podá ekolog, jiné ekonom, další astronom nebo

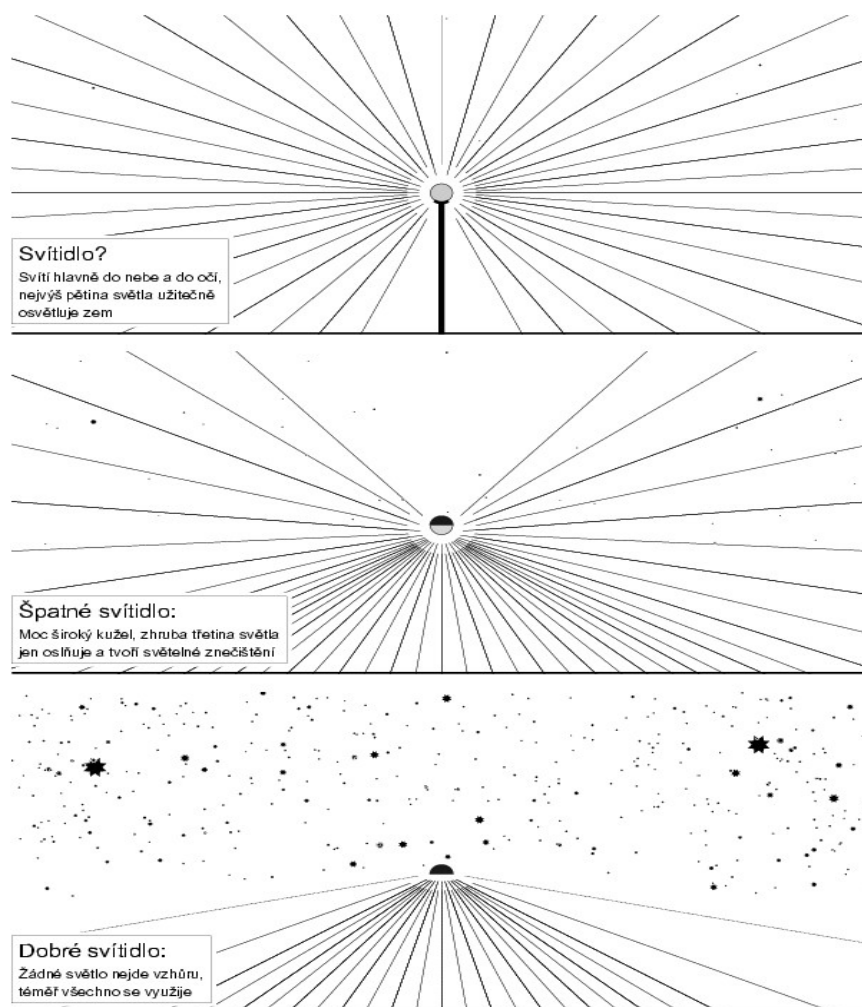
filozof. Pro všechny však zůstává pravdou, že je to problém, který by se měl v následujících desetiletích dynamicky řešit, neboť pokud tak neučiníme nebo budeme řešení odkládat na později, s následky se budeme potýkat donekonečna.

Problematiku světelného znečištění bychom jistě mohli pojmenovat také alternativními pojmy, které vyjadřují v podstatě stejný problém. Jsou to rušivé světlo (anglicky obtrusive light) nebo světelný smog (angl. light smog). Někteří zahraniční autoři používají výraz světelná mlha (Cinzano, 2001 a). V českém jazyce se vyskytuje také téměř poetický název: závojový jas oblohy.

Venkovní osvětlení jistě poskytuje větší praktické možnosti pro rozvoj společenského života a přispívá k širokým možnostem nočních a večerních aktivit, které by jinak byly velmi obtížně proveditelné, někdy i nemožné. Některé lokality jsou na světelné znečištění a osvětlení obzvláště citlivé a mělo by se dobře rozmyslet nebo plánovat tak, aby nedocházelo k negativnímu ovlivnění křehkých ekosystémů v nich. Základním krokem v plánování osvětlení by mělo být použití správných, tedy nejlépe takových systémů, které jako spodní desku používají plochou skleněnou (obr. 3). Nikoli takovou, která svou konstrukcí umožňuje světlu pronikat na jiná místa, než pod samotné svítidlo. Bohužel ne vždy se toto k naší škodě podaří. Samozřejmě, že také svítidlo staršího typu může být téměř stejně dobré, jako svítidlo nové konstrukce. Jen musíme odstranit ten vypouklý a stejně tak nevzhledný spodní kryt a nahradit ho rovným a nejlépe čirým, spodním krytem, který znemožní rozptyl světla do míst, kam světlo svítit nemá.

Světelné znečištění je jistě ovlivňované také schopností světla rozptylovat se v atmosféře. Ne všechny svítidla se na něm podílejí stejnou měrou. Modré světlo se totiž v atmosféře rozptyluje mnohem lépe než červené a oranžové. Pokud tedy budeme používat vysokotlaké sodíkové výbojky, které opravdu jsou u nás nejpoužívanější technologií na osvětlení veřejným osvětlením, tak se z nich atmosféře rozptýlí méně světla, než při použití zářivě bílých či modrých barev. Člověk se v posledních 100 letech všemožně snaží prodloužit si své denní aktivity na maximum a neuvědomuje si, že nesprávným používáním světla v době, kdy světlo být nemá, si nesmírně škodí. Tisíciletí jsme byli zvyklí na světlo pouze ve dne a teď se snažíme žít za světla i v noci, kdy jsme naprogramováni na zcela jiné činnosti, než je bdění, sledování mobilů či televize či vystavení se světlu z jakéhokoli jiného důvodu. Každý z nás jistě slyšet o neblahém vlivu sledování monitoru nebo mobilního telefonu před spaním. Vyzařování modrého světla z nich se dá dobře změřit. Modré světlo má schopnost nás spíš aktivovat než připravit na spánek. Proto je vhodné ho

z monitoru nebo mobilu odfiltrovat, nejlépe použitím instalovaných filtrů s červeným překryvem.



Obr. 3. Schémata tří typů svítidel (zdroj: svetlo-astro, 2020)

3.4. Bezpečnost

Ani otázka bezpečnosti nemá v tomto případě jednoznačně pozitivní odpověď. Klíčem by mělo být správně navržené osvětlení. Podle amerického Mezinárodního institutu spravedlnosti může špatně navržené osvětlení dokonce zvýšit osobní zranitelnost (Thessin, Beaty, 2002). Dokonce se může stát, že se zvýšeným osvětlením se počet trestných činů zvýší, protože ti, kteří mají trestné činy na svědomí, se díky mnohem výkonnějšímu osvětlení orientují na „práci“ v noci. Například uživatel bankomatu se asi cítí bezpečněji, když je i s bankomatem dobře osvětlen. Avšak totéž světlo dělá toho samého člověka velmi dobře viditelným pro potenciálního pachatele nebo útočníka. Jak je vidět, i zde platí, že každá mince má dvě strany. Je tedy velmi sporné v tomto případě mluvit o pozitivním účinku světla. Každopádně by se světlo na ulicích nemělo kvůli tomu omezovat. Vždyť někteří lidé

by se jistě cítili mnohem méně v bezpečí a někteří by dokonce mohli mít pocit, že bylo odstraněno veřejné blaho (Green et al., 2015).

Pro svícení z hlediska bezpečnosti také platí, že osvětlení nebo reflektor, který má nějaké místo osvětlovat a přispívat tak k většímu pocitu bezpečí, nesmí být zároveň tak silným zdrojem světla, že bude někoho oslňovat. Tím pádem se může stát, že vůbec nebude plnit svou funkci, a naopak bude sám o sobě nebezpečným prvkem v místě, kde bude umístěn. Oslněním by se také snadno mohlo stát, že v blízkosti tohoto zdroje přehlédneme něco důležitého nebo že nám způsobí velký problém přechod z neosvětleného místa do osvětleného a naopak.

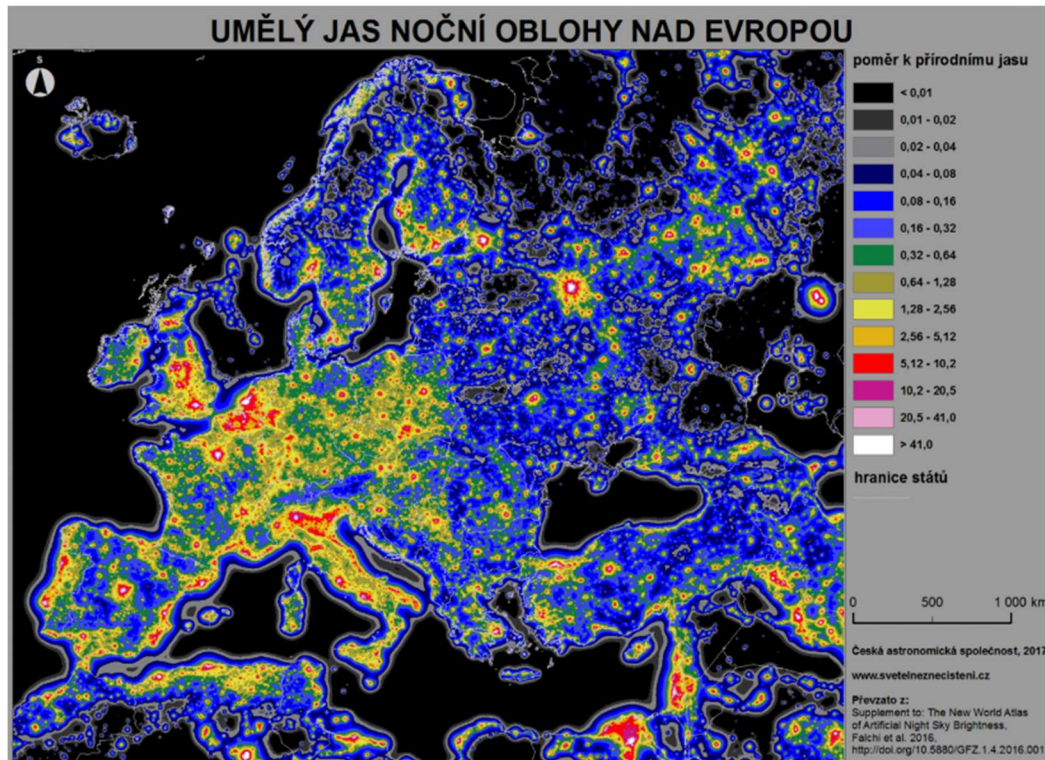
Tím, že nějakou plochu, například parkoviště u obchodního domu nebo obytných domů osvětlujeme po celou noc, dáváme možnost zlodějům, aby si v klidu vybrali automobil, který chtějí ukrást nebo vykrást. Ve tři v noci stejně na parkoviště nikdo nekouká a nehlídá auta z oken. Místo toho už máme jiné technologie na hlídání a můžeme použít například infrakamery s detektory pohybu, které začnou skrytě nahrávat každý pohyb na parkovišti, aniž by o nich někdo věděl. Důležité je, že jsme již schopni celkem přesně ukázat na správný postup osvětlování a tím eliminovat dopad světelného znečištění na okolní prostředí (Dominoni, 2018).

3.5. Pozorování světelného znečištění

Nejlépe je světelné znečištění možné pozorovat na snímcích z družic. Takové snímky nám ukazují, umělý jas v porovnání k jasů přírodnímu (obr. 4). Je na nich jasně vidět rozsah průniku světla do tmavých neosvětlených oblastí, kterých rychle ubývá právě ve prospěch oblastí zasažených světlem. K dispozici máme v současné době už i snímky, které nám pomohou zorientovat se ve změnách intenzity osvětlení nejen v průběhu několika let, ale s ohledem na dobu sledování i ve změnách v desetiletích. Tyto snímky máme k dispozici již od 70. let minulého století, kdy se začaly do vesmíru posílat různé družice či satelity. To by nám mohlo pomoci soustředit se na udržení tmavých oblastí tak, aby do nich světlo dále nepronikalo nebo aby bylo správně využíváno. A to vše proto, že je dnešní noční krajina více než spíše jen soustavou světél, které se v mnoha případech nedají od sebe ani odlišit. Tím pádem jednotlivé světelné body splývají v celek. Na snímcích je někdy vidět jistá rozkolísanost, což ukazuje na schopnost omezit nebo i snížit dopady světelného znečištění (Bennie et al., 2014 b). Tím, jak se rozrůstají oblasti, které jsou osvětleny, se zvětšují a mění i vzorce pozorovaných oblastí. To se týká hlavně území v průmyslově rozvinutých oblastech. Rozšiřujeme města, máme účinnější technologie osvětlování, zvyšuje se počet obyvatel, zažíváme rychlý hospodářský a

ekonomický rozvoj. To jsou hnací síly dalšího zvyšování osvětlování. Na druhé straně stojí požadavek ochránit naše životní prostředí, potřeba snižování emisí skleníkových plynů a také již určitá energetická obava, abychom byli stále soběstační.

V současné době žije v Evropě 98 % lidí vystavených světelnému znečištění. Některé studie, které se touto problematikou zabývají, dokonce dospěly k závěru, že téměř 20 % povrchu naší planety (kromě území Antarktidy) můžeme považovat za území postižené nějakou formou světelného znečištění. U některých států je však tento výměr mnohem vyšší, například ve Velké Británii je to téměř 85 % a v Nizozemsku dokonce celých 100 % (Bennie et al., 2016 a). Světlo je samozřejmě na každé území distribuováno v různých intenzitách. Jedním z faktorů, které tuto distribuci ovlivňují, je také prostorová heterogenita, či rozmanitost a členitost daného území. Světlo z umělých zdrojů může osvětlovat přirozenou vegetaci nebo samozřejmě také všechny obyvatele v ní žijící, k úrovni blízké se pouze hladině měsíčního světla, avšak přímé nebo přerušované osvětlování třeba z dopravních prostředků, nebo liniové osvětlení podél mnohých komunikací, mohou osvětlovat části území s intenzitou, i o několik řádu silnější. Ale i takové „krátkodobé osvětlení“ má své negativní účinky.



Obr. 4. Mapa noční oblohy nad Evropou (zdroj: astro.cz, 2021)

Vzestup veřejného osvětlení se dnes projevuje nejméně 100 miliony světelných bodů, které osvětlují naše města po celém světě, jejichž spotřeba elektrické energie se rovná 200TWh (Zissis, 2020). Zvýšení jasu oblohy ve velkých zeměpisných oblastech v důsledku kombinovaného účinku četných jednotlivých světelných zdrojů je tedy vlastně nevyhnutelné. Na některých místech území Česka, je dnes za bezměsíčných nocí mnohem světleji, než odpovídá přírodním podmínkám (Hollan et al., 2004).

Začínalo se svítit ohněm, o tom se dočteme níže. Další na řadě byla klasická žárovka vynalezená (respektive patentovaná) T. A. Edisonem již v roce 1879. Pokračovali jsme ve vývoji a do pouličních lamp jsme začali používat sodíkové výbojky. Ty jsou v mnohých systémech pouličního osvětlení používány dodnes. Co se týká vyzařovaného spektra, jsou tyto zdroje velmi chudé na modrou složku. To další zdroj, tedy LED technologie už obsahuje modré složky významný podíl. Tento zdroj je však velmi dobře regulovatelný tato složka se dá pomocí filtrů dobře odstranit.

Každý světelný zdroj, ať už slunce nebo obyčejná žárovka, do svého okolí vyzařuje světlo (světelnou energii). To dopadne na objekt. Který ho částečně pohltí a částečně odrazí zpět do okolního prostředí. Světelné paprsky, které se odrazí tak, že zasáhnou naše oči, pak vnímáme jako kombinaci všech vlnových délek, tedy jako výslednou barvu. Ty, které jsou pohlceny, samozřejmě nevnímáme. Co se týká barev, nedá se naprosto přesně říct, že by se nějaká přesně stanovená, konkrétní vlnová délka mohla, přiřadit určité barvě. Ve spektru vlnových délek totiž barvy plynule přechází jedna ve druhou. Spektrum je z tohoto důvodu často označováno jako spojité. Světelný zdroj ve většině případů vysílá do okolí paprsky všech vlnových délek. Ty se složí a utvoří výsledné bílé (achromatické) světlo. Když toto světlo dopadne na povrch tělesa, jsou některé paprsky pohlceny a některé odrazeny. My vnímáme jen ty odražené. Již ze školy si pamatují výrok I. Newtona, který řekl: „ve fyzice vlastně žádné barvy neexistují, ve fyzice je pouze spektrum, barvy máme pouze v našem mozku“.

Pro vnímání světla a barev je také důležitá stavba a „vybavenost“ zrakového ústrojí. Musíme si uvědomit, že vývoj oka trval 200 milionů let a odehrával se hlavně pod vodní hladinou. První oči měli tvar placky a svému nositeli poskytovali pouze základní informace ve smyslu vnímání světla a tmy. Světlo=den, tma=noc. Teprve poté se oko adaptovalo a poskytovalo informací více, to už však záleželo na prostředí a potřebě nositele. Je-li každé oko jiné (mám na mysli oči různých živočichů), je jasné, že jinak vnímá světlo i barvu. Oko živočichů se liší ve velikosti, stavbě ústrojí,

optických nervech, počtu fotoreceptorů a dalších důležitých detailech. Důležité pro vnímání barev jsou čípky, které se nacházejí na sítnici. Jasové receptory, které jsou také na sítnici, nazýváme tyčinky. Vezmeme-li v úvahu, že různí živočichové mají různý počet fotoreceptorů na sítnici (větší či menší), pak je jasné, že jejich schopnost vnímat jak světlo, tak různě velké spektrum barev se může diametrálně lišit. Důležitou částí oka je také zornice, která má mimo jiné bránit nadměrnému osvětlování sítnice. Zornice oka může měnit svůj průměr, čímž je schopna ovlivnit množství světla dopadajícího na sítnici. Tato adaptace na světlo nebo tmu však silně zatěžuje oční svaly (hlavně adaptace na světlo je silně zatěžující, neboť většinou trvá velmi krátkou dobu) a její doba trvání je závislá na rozdílu intenzit světla v prostředí.

V současné době, kdy jsme proti začátku průmyslové revoluce v 19. století již tak daleko, že jsme schopni navrhovat a provozovat autonomní vozy, se musíme snažit vyvíjet také správné osvětlení. A to nejen osvětlení těchto vozů, které by měli navrženy tak, aby snižovaly světelné znečištění (Stone et al., 2020), ale osvětlení pro každodenní život nesmí být opomíjeno. Máme již dávno vymyšlené a zprovozněné chytré technologie ke správnému svícení v průběhu noci. Víme kam, kdy a jak svítit. Jen je často problém chtít. Chtít s tím něco dělat. Mnohdy je to otázka peněz, mnohdy je to otázka času, mnohdy, přiznávám i vůle. Jde jen o to tyto přístroje nainstalovat. Je potřeba svítit teplejšími odstíny bílé, které se dají rychle a lépe regulovat. To technologie LED osvětlení umožňuje. Dá se měnit intenzita svícení například podle roční doby nebo nočního času. Nebo můžeme používat stále ty staré sodíkové výbojky, které sice mají několik nevýhod, ale pokud jim vyměníme kryt skla, můžeme je používat nadále.

Nejnovějším trendem v oblasti osvětlování veřejných prostor jsou nedávno zavedená biodynamická LED svítidla. Ta jsou schopná zářit i netoxickým světlem, tedy takovým, které díky filtrům neobsahuje právě to toxické modré světlo (nebo je jeho složka mírněna na minimum). Intenzita těchto zdrojů se může snadno měnit takřka plynule během dne i noci tak, že svým zářením nebude narušovat a zatěžovat životní prostředí. Města a obce, která budou řešit výměnu veřejného osvětlení, by takto mohla a měla přispět ke snížení světelného smogu na rozsáhlých územích katastrů svých obcí. A pokud to udělají obce při nejbližší výměně, tím lépe pro nás. V České republice existuje již mnoho takových, kteří tuto možnost využili. A další by měli přispět k řešení problémů také.

Malá míra znečištění ve formě odrazu světla od jakéhokoliv povrchu v každé roční době však provází každé osvětlení. Dá se říct, že tomu nikdy nezabráníme. Jen

je nutné zabránit takovým odrazům, které jsou naprosto zbytečné, a hlavně snadno odstranitelné. Tomu se dá samozřejmě pomoci dodržováním několika základních pravidel při osvětlování nejen veřejných oblastí, ale samozřejmě i soukromých a podnikových ploch. Takže ke zmenšení míry světelného znečištění může přispět nejen každý z nás, ale v případě, že to udělá i samosprávný celek, minimálně na úrovni obce, bude úbytek světelného záření mnohem rychlejší.

3.6. Vliv světelného znečištění na člověka

Znečištění obecně je vlastně jakákoli nežádoucí antropogenní změna přirozeného stavu okolního prostředí. Největší pozornost je v současné době věnována znečištění chemickému. Dalším v pořadí je znečištění biologické, tedy člověkem způsobené zanášení invazních biologických druhů nebo vyvíjení bakteriálních zbraní. Světelné znečištění by se dalo zařadit do skupiny fyzikálního znečištění, kam jistě patří také hluk (lépe řečeno zvuk), viditelné jevy a děje, stejně jako lidmi emitované částice, které s prostředím fyzikálně reagují. No a mezi takové částice, které mobilizuje právě člověk svou činností, patří právě částice, které emituje umělé osvětlení. Zásadní vlastností, kvalitou nočního prostředí, je totiž přírodní tma. Představa světla, jako znečišťujícího polutantu je pro mnoho lidí jistě nezvyklá nebo dokonce nepřijatelná. Že je však důležitým činitelem, který ovlivňuje kvalitu ovzduší, je z hlediska současných vědeckých poznatků nesporné (Hollan, 2004).

Lidský organismus je nastaven na cirkadiánní cyklus, což je biologický cyklus s periodou 22-26 hodin. Můžeme ho také nazvat pojmem biologické hodiny. Pokud bychom žili v nějaké jeskyni, tmavé a bez možnosti přístupu světla, bez vědomí času a možnosti se jím nechat ovlivnit, tikaly by naše biologické hodiny v cyklu blížícím se 24 hodinám. Pro všechny organismy obecně, tedy nejen lidi, je důležité, aby byl cirkadiánní rytmus sladěn s rytmem dne a noci. U lidí jsou tyto rytmy řízeny centry nacházejícími se v přední části mozku. Tato centra mají přímé napojení na sítnici, takže mohou být ovlivňována vnějším světlem. Centrální biologické hodiny se vlastně každý seřizují podle působení světla, ale vliv má nejen světlo, také příjem potravy se podílí na řízení našich biologických hodin. Veškeré světelné podněty, které našemu tělu dávají různé světelné zdroje, mohou takto nastavené vnitřní biologické hodiny změnit.

Každý z nás jistě už v této souvislosti slyšel pojmy „ranní skřivani“ a „noční sovy“. Někteří z nás prostě usínají až pozdě večer a velice neradi vstávají brzy ráno. Jiní zase vstávají už ráno za úsvitu a fungují hlavně dopoledne. Nejnižší a nejvyšší body křivek bdělosti se totiž mezi jednotlivými lidmi liší. Ranní typy tvoří zhruba 40 %

populace, 30 % tvoří typy večerní. Do skupiny posledních 30 % patří ti, kteří se pohybují uprostřed mezi ranním a večerním typem, ale spíš blíže k typu večernímu (Walker, 2018).

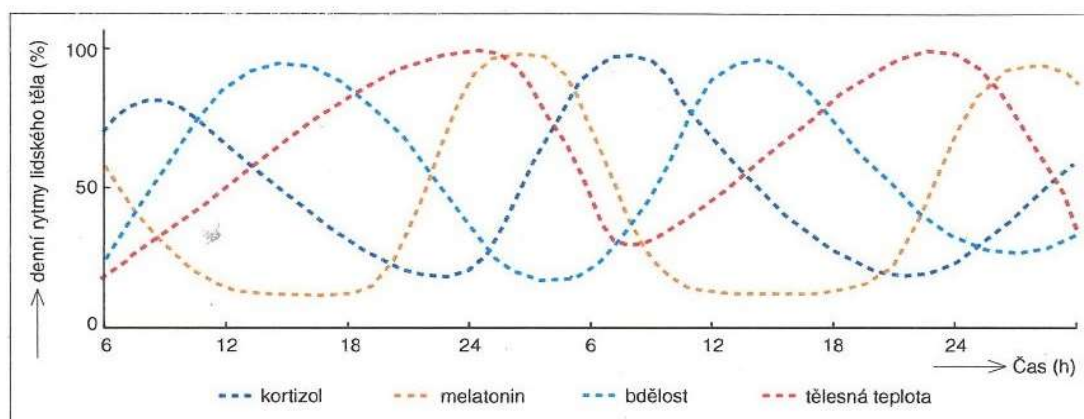
Součástí cirkadiánního rytmu je také spánek. A je součástí velmi důležitou, lépe řečeno naprosto nezbytnou. Spánek potřebujeme k regeneraci a odpočinku. Odpočívá nejen tělo, ale i nervový systém. Už jen snížení hladiny denního světla vyvolává zvýšenou produkci hormonu melatoninu, který je pro zdravý spánek nezbytný. Proto člověk snadněji usne v tmavé místnosti. Rušení spánku nebo dokonce jeho znemožnění spánku může mít tedy spoustu negativních následků. To, že se nevyspíme, znamená mnoho obtíží. Psychické problémy, deprese, dlouhodobá únava a celkové vyčerpání organismu. Umělé osvětlení, které nám jakýmkoli způsobem zasáhne do spánkového režimu a naruší přirozený rytmus dne a noci je proto pro nás velmi nepříznivé. Když už tedy v noci z jakéhokoliv důvodu potřebujeme světlo i při spánku, je žádoucí, volit takové osvětlení, které spánek nenarušuje nebo spát v dokonale tmavé místnosti a zamezit světlu proniknout do místností určených k spánku. V případě, že nejsme schopni usnout za tmy, což se týká hlavně dětí, je třeba zvolit správné světlo, respektive správnou barvu světla a jeho teplotu-správnou vlnovou délku. Pokud už tedy dětem, ale samozřejmě nejen jim, v noci svítit musíme, je dobré použít světlo teplých barev, nejlépe tedy červené, které má nejmenší rušivý účinek.

Světelné znečištění přispívá svou podstatou k nekvalitnímu spánku tím, že proniká do našich domovů a brání kvalitnímu spánku. Téměř trvalá přítomnost světla v našich domovech, stejně jako celkově ve společnosti a vnějším prostředí může tyto rytmy narušovat. Hlavním regulátorem melatoninu je totiž střídání světla a tmy (Claustrat et al., 2015). Nejvíce ohroženi nedostatkem melatoninu jsou osoby pracující v nočních směnách (protože zde je celý cyklus biologických hodin zcela narušen) a starší lidé. U pracovníků, kteří pracují v nočních směnách, je nedostatek melatoninu dáván také do souvislosti s vyšší mírou pravděpodobnosti výskytu rakovinného bujení. Byla již také prokázána souvislost mezi relativně vyšším věkem a snižováním hladiny melatoninu. To se s největší pravděpodobností projevuje zvýšenou mírou nespavosti ve vyšším věku. Lidé ve vyšším věku jsou tímto fenoménem ohroženi ve velké míře. Dobře se vyspat pro ně znamená mnohdy jediné-být šťastný. A při dotazování starších lidí bylo zjištěno, že dobře se vyspat je pro ně základ. Vycházíme zde z toho, že respondent sám definuje, co je pro něho štěstí a do jaké míry se cítí šťastným (Vidovičová et al., 2013).

Není to tak dávno, co jsme my lidé chodili spát krátce po západu slunce. Teď si však sami můžeme určit, kdy chceme, aby náš den začal a hlavně, kdy má skončit. Chronobiologové začali před časem zkoumat svět spánku. Ale asi bychom jim měli doporučit, aby zkoumali i svět beze spánku, protože v současnosti jsou již tyto dva světy časově téměř totožné. Světlo lze také považovat za lék, je ho ale třeba ve správné míře dávkovat. Nejdůležitější je však jeho načasování. Světlo nám ve většině svých účinků prospívá. Když je člověk vystaven světlu ve špatný čas, je to však pro organismus škodlivé.

3.6.1. Melatonin

Melatonin je fotoperiodický hormon spánku, respektive hormon tmy nebo také snadného usínání. Je to významný antioxidant, ne-li ten nejúčinnější z nich. Řídí a stimuluje aktivitu několika systémů v organismu. Působí i jako protirakovinný činitel, chrání před vznikem Alzheimerovy choroby, Parkinsonovy choroby a zpomaluje proces stárnutí. To vše je ale v ohrožení v případě, že ho bude mít tělo dlouhodobý nedostatek. Vidíme zde tedy, že mít tmu ve spánku neznamena jen ten komfortní pocit, že se dobře vyspíme, ale že zde přemíra světla při spánku znamená nebezpečí propuknutí nějaké civilizační choroby.



Obr. 5. Průběh denních rytmů lidského těla (zdroj: Světlo, 2020)

Melatonin má samozřejmě i jiná jména. Můžeme ho také nazývat „hormonem tmy“ nebo třeba „upíří hormon“. To však samozřejmě neznamena, že by byl špatný nebo je třeba se ho bát, říká se mu tak prostě proto, že je do těla vylučován v největší míře právě v noci. Je-li organismus člověka vystaven působení světla i v noci, může se posunout i začátek sekrece melatoninu, což znamená, že se ho nemusí vytvořit dostatečné množství a jeho produkce se dříve ukončí. Může to tedy být jeden

z důvodů vzniku mnoha civilizačních chorob, které naši předci neznali, například nadváhy či cukrovky. Odbourávání melatoninu po ranním rozbřesku a udržování jeho nízké hladiny v průběhu celého dne je velice žádoucí a důležité, protože to spouští v těle řadu procesů vedoucích k větší bdělosti, aktivitě a soustředěnosti.

Melatonin je hormon spánku, tělesného odpočinku a regenerace. Kortizol je dá se říci jeho protikladem a řídí aktivitu, stres a pohyb. Vzniká v kůře nadledvin a je to steroidní hormon, který zvyšuje celkovou pohotovost organismu například při zátěžích nebo stresových situacích.

Každý z nás má v oku různé detektory na vnímání světla. Tyčinky na vnímání světla jako takového a čípky na vnímání a detekci barev. Dále máme podle posledních poznání z tohoto oboru v oku také tzv. "gangliové buňky", což jsou buňky, které jsou zodpovědné právě za řízení cirkadiálního rytmu a udávají a řídí naše vnitřní biologické hodiny (Fuksa, 2010). Tyto buňky byly objeveny teprve na přelomu tisíciletí. Dnes již víme, že jsou citlivé právě na velmi malý okruh světelných paprsků kolem hodnoty 460nm, což odpovídá právě hodnotě modré složky spektra. Potom tedy, když taková buňka dlouho tuto modrou složku spektra nezaznamená, teprve potom začne spouštět produkci melatoninu. Dá se říct, že světelné znečištění nebolí, nezapáchá a fyzicky nám citelně nezpůsobuje žádné akutní potíže nebo újmu, jako například hluk, na který ovšem máme normy. Na světlo v noční krajině, které způsobuje rozptyl částic, vlastně žádné normy nejsou. Je zajímavé, že ještě naši prarodiče, když byli celý den venku v práci na poli, byli vystaveni slunečnímu záření 100000luxů, které má sluneční záření. V noci však ctili životní cykly a svítili jen minimálně a krátce. My sedíme celé dny zavření v budovách u PC a jsme ve dne vystaveni hodnotám o dva řády nižší. A když přijde noc, vystavíme se opět téměř stejným hodnotám svítivosti. To je proti minulosti velký rozdíl a není proto divu, že mnozí jedinci, tedy ti citlivější jsou schopni reagovat na velmi malé změny v intenzitě světla snížením produkce melatoninu.

Do krve je melatonin vylučován částí mozku zvaná epifyza, konkrétně se tvoří v suprachiasmatickém jádru hypotalamu, což jsou vlastně hlavní biologické hodiny mozku (Holzman, 2010). Možný průběh stavu hladin sledovaných hormonů popisuje obr. č. 5. Melatonin však pouze vysílá signály do celého organismu o tom, že je tma. Na samotné započítání spánku však má pramalý vliv (Walker, 2018). Kdyby nám ale někdo řekl, že už pouhá minuta světla stačí k tomu, aby se zahájil pokles hladiny melatoninu v krvi (Illnerová, 1979), byli bychom jistě velmi nepříjemně překvapeni.

Mohli bychom se domnívat, že by pro nás bylo nejlepší sehnat si melatonin v pilulkách. To ale není pravda. Takové pilulky sice existují, ale koncentrace melatoninu v nich byla dosti nestabilní. Možná proto, že je žádné kontrolní orgány nijak neregulují. Některé obsahují o 83 % melatoninu méně, nebo také o 478 % více melatoninu, než je uvedeno na etiketě (Erland, Saksena, 2017). Walker (2018) dále uvádí: „Melatonin je jako hlas startéra, který na začátku závodu (spánku) vystřelí a odstartuje ho, ale sám se závodu neúčastní“. Maximum, kdy se člověk nachází v nejvyšší části produkce melatoninu je kolem půlnoci. Minimum naopak v době kolem šesté ranní hodiny. V tu dobu přebírá pomyslnou štafetu hormonů kortizol. Asi by bylo dobré připomenout, že naše nálady neovlivňuje pouze sluneční světlo, ale také světlo umělé. Fyzikální vlastnosti světla nebo fyziologie vidění jsou v odborné literatuře popsány již poměrně dostatečně. Méně prostoru je však věnováno vlivu umělého osvětlení na vznik či udržení pocitů a nálad. Umělé osvětlení je v současné době pro člověka velmi významná složka smyslového vnímání. Vždyť za umělého osvětlení trávíme hodiny a hodiny času ať už v zaměstnání nebo doma v rodinném kruhu. Osvětlením můžeme působit na duši po citové stránce nebo také estetické stránce. Účinek osvětlení však hlavně závisí na jeho celkovém aktuálním stavu, psychickém rozpoložení a přístupnosti k vnímání různých druhů a intenzit osvětlení (Monzer 2002).

Jeden z pěti obyvatel Evropy dnes pracuje na směny, včetně práce v noci. To není malé číslo. A navíc se s největší pravděpodobností bude neustále zvyšovat. Svět je tedy otevřen 24 hodin denně. Jak pro sovy, tak pro ranní ptáčka.

Nedostatek světla ve dne, to znají především obyvatelé severských států, kde je světla opravdu po velkou část roku nedostatek. Velmi často se u nich projevují psychické poruchy a nemoci, deprese a podobné stavy. Denní světlo je tedy velmi důležité. Člověk prostě není zvyklý na dlouhotrvající nedostatek denního světla. A reaguje na něj negativně.

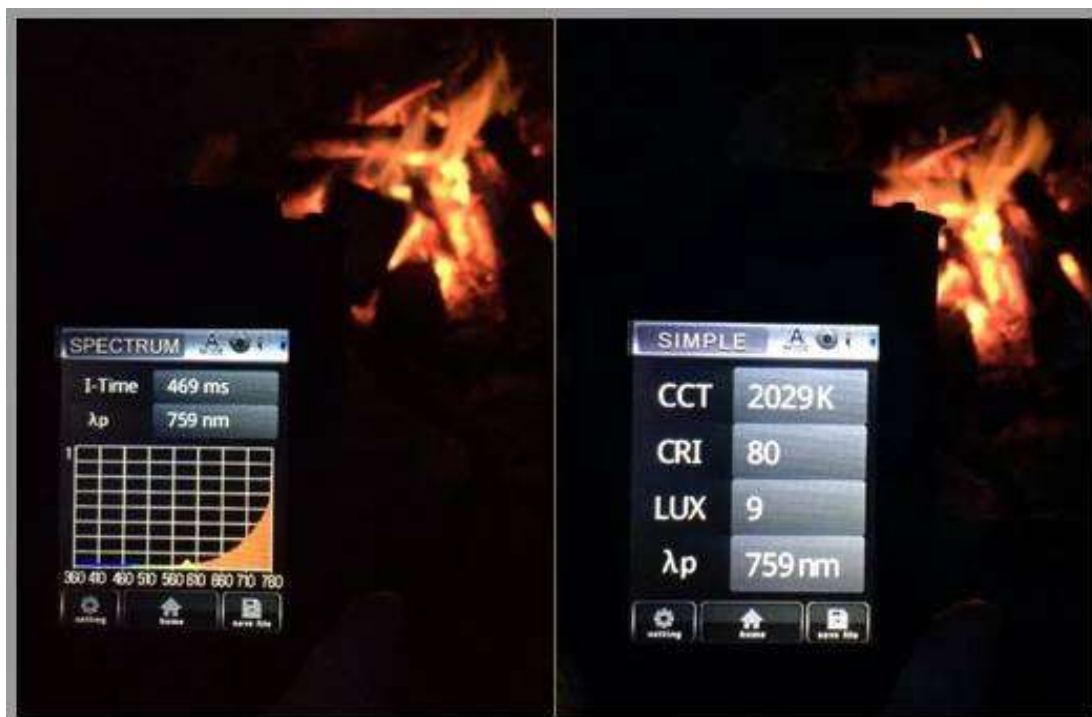
Mnoho lidí vlastně ani nezajímá ta ekologická stránka této problematiky. Nezajímají je netopýři, hmyz, ptáci nebo rostliny. Až teprve ve chvíli, kdy začneme zmiňovat tytéž negativní vlivy v souvislosti se zdravím člověka, zpozorní. Málokdo přijde k lékaři s tím, že jeho problémem se stalo světlo. Ať je ho málo nebo hodně, ať je špatné nebo špatně dávkované. A otázkou je, jestli lékaři všeobecně vědí, jak by se v tomto případě měli zachovat a co by vlastně měli diagnostikovat.

3.6.2. Oheň

Zmiňme ještě alespoň okrajově další, pro nás v podstatě přirozený zdroj světla, a to oheň. Používáme ho již téměř dva miliony let, ale on tu byl již před námi. Je pro nás téměř přirozeným zdrojem světla a tepla, i když jsme se ho museli postupně naučit ovládat. Po slunečním světle byl pro nás, jako živočišný druh, první alternativou v boji s tmou. Má podobnou skladbu světla jako sluneční svit. V porovnání s dnešními zdroji umělého osvětlení také však zjistíme, jednu významnou odlišnost. Při měření jeho vlnových délek uvidíme, že v podstatě neobsahuje krátké vlnové délky, tedy ty, které spektrálně odpovídají modrému světlu kolem 460 nm (obr. 6). A co do intenzity je jedno, zda měříme plamen velikosti svíčky nebo plameny při požáru. Dá se říct, že to je důvod, proč nám oheň jako zdroj světla po celou dobu, těch téměř dvou miliónů let nevadil. Nejen, že se stal našim významným pomocníkem a velmi dobrým sluhou, ale také na nás působí tak, že nenarušuje naše biorytmy. Oheň je zjednodušeně řečeno barva zapadajícího slunce. Kdysi jsme žili jinak než dnes. To bylo ještě v době, kdy jsme žili vyloženě sezónně. Setmělo se, byl oheň. Ne však dlouho. Hodinu se svítilo, oheň zhasnul a šlo se spát. Klasika, rutina. Krátké vlny, což jsou ty, které odpovídají modré složce světla, přišly mnohem později. Ani ne s vynálezem obyčejné žárovky, pracující na principu rozžhaveného wolframového vlákna, ale až někdy těsně před rokem 2000 v době, kdy se k nám pomalu začaly dostávat zdroje světla pracující na technologii LED světla. Tyto zdroje mají modrou světelnou složku jako téměř dominantní. Jak je vidět, i novější technologie s sebou nesou určitá rizika. Pro připomenutí uvedu, že modrá složka světelného spektra nám přes den nevadí, naopak ji potřebuje, abychom měli „zapnutý“ mozek. Vadí nám tedy až po setmění a v noci, kdy se pro organismy stává nepřirozenou a je schopna v nich vyvolat dojem, že je poledne.

Oheň je také velmi dobrý společník v tom smyslu, že je schopen poskytnout teplo a také navodit příjemnou atmosféru například v rodinném kruhu, což se vlastně děje odnepaměti. Stejně tak lidé již přes milion let používají oheň ke svícení a osvětlování domovů a jeho bezprostředního okolí. Oheň měl celkově pro evoluci člověka obrovský význam. Osvětlování, příprava pokrmů a rozšíření zdrojů potravy stejně jako jeho celkové zkvalitnění (z tepelně upravené stravy získal člověk mnohem více různých živin a vitamínů), tepelná úprava stravy má také detoxikační účinky, ochrana před predátory nebo třeba kolonizace chladnějších oblastí planety. To je krátký výčet pozitiv, která s sebou oheň přinesl. I, když se už zřejmě nikdy nedozvíme přesně, od kdy jsme oheň dostali pod kontrolu, je nade vše pochybnost jasná, že nám slouží i dnes.

Pojďme ještě zmínit, že oheň ve formě požárů je pro přírodu velkým přínosem. Bereme-li ho v potaz jako pozitivní přírodní disturbanci, má na některé ekosystémy velký vliv. Vždyť některé druhy rostlin na něm mohou být přímo závislé. Čekají na něj někdy i dlouhá desetiletí. Potřebují oheň a vysokou teplotu k tomu, aby vnější obal, který chrání semena, puknul nebo se jinak narušil a semena se dostala do půdy, kde teprve můžou zapustit kořeny. Druh tak může být zachován po další generace. Požáry mají také vliv na ukládání výživných látek do půdy po jejich skončení. Zbytky organismů, které po požáru zůstanou, poté vyživují půdu a poskytují nejen půdě, ale i živočichům, kteří požár buď přežili, nebo přišli po něm, důležité živiny, jako jsou uhlík a fosfor. Požáry jsou součástí například afrických savan, kde jsou na nich téměř závislí i někteří savci, kteří se na tamních otevřených prostorech pasou na křovinách. Dalšími místy, kde se příroda na požáry velmi dobře adaptovala, jsou jistě Austrálie nebo také východ USA. V těchto oblastech propukají požáry téměř pravidelně a příroda tam stále žije. Takových druhů, které potřebují požár pro život, je však menšina. Přesto je potřeba jim věnovat náležitou pozornost, protože jakékoli narušení rovnováhy (což oheň jistě způsobí) i v tomto ohledu, stejně jako v kterémkoli jiném, je velmi nebezpečné.



Obr. 6. Znárodnění spektra vlnových délek světla ohně pomocí spektrometru. (zdroj: luxvitaest, 2020)

3.7. Zdroje umělého osvětlení

Zdrojů osvětlení rozeznáváme v současné době několik druhů. Žijeme v pokročilé době, kdy si můžeme vybrat zdroj světla podle několika různých hledisek. Můžeme si vybrat dle technologie vzniku světla, dle umístění zdroje, dle požadované intenzity osvětlení, můžeme vybírat podle tvaru i ekonomické dostupnosti požadované techniky. Je jen na nás, abychom se snažili vybrat takový zdroj, který se hodí k osvětlení požadovaného místa, a to jak vnitřního, tak venkovního prostoru. Nejmodernější technologií, která je dnes v tomto směru vyvinuta, je technologie LED svícení. I zde je však nutno dobře vybírat a nejlépe vše konzultovat s odborníky, protože i s tímto zdrojem můžeme svítit špatně. Nejen z hlediska barvy světla, ale také spektrálního složení.

3.7.1. Žárovka

Základní dělení zdrojů bych začal u těch tepelných. Klasické žárovky jsou jejich nejznámějšími představiteli, i když tím nejjednodušším umělým teplotním zdrojem je svíčka. O té se však jako o zdroji pro umělé osvětlení v současné době nikde neuvažuje. Jsou to zdroje s wolframovým vláknem, jež si nechal jako první patentovat Thomas Alva Edison v roce 1879. Při průchodu elektrického proudu se wolframové vlákno zahřívá a tím dochází k jeho rozžhavení. Ve škole jsem se učil, že však po pouze 5-10% dodané energie se přemění na světlo. Jak již bylo řečeno, je to zdroj tepelný. To znamená, že hlavní část energie se přeměňuje na teplo. Aby vlákno neshořelo, je „plněno“ vakuem. Konstrukci klasické žárovky s wolframovým vláknem vidíme na obrázku č. 7. Mají několik výhod i nevýhod. Mezi výhody patří to, že jsou plynule regulovatelné změnou napětí, nepotřebují žádné přídatné zdroje, neemitují žádné nebezpečné záření, mohou mít mnoho různých tvarů a velikostí, v podstatě okamžitě se rozzáří plným světelným výkonem. Nevýhodami mohou být nižší měrný výkon, jejich životnost výrazně ovlivňuje počet sepnutí a vypnutí nebo to, že při jejich zapnutí vznikají značné proudové nárazy. Žárovky s větším výkonem obsahují směs dusíku a argonu. V halogenové žárovce je kromě argonu také brommethan, což je halogen. Dalšími zdroji v této kategorii mohou být například zářivky či výbojky, které však mohou ke svícení používat různé kombinace materiálů a také způsobů plnění baňky. Kromě toho si dnes můžeme vybrat žárovku téměř jakéhokoli tvaru a barvy, takže záleží i na nás, jakou si přejeme použít.

Nemohu v této části neuvést jednu známou skutečnost. Evropská unie v minulosti v podstatě zakázala používání těchto zdrojů a označila ho za neefektivní. Na trhu se však takovéto zdroje objevují stále, byť pod trochu jinými, někdy značně komickými jmény. Topná koule nebo topný zdroj, světelný zdroj nebo například teplá

baňka. To jsou jen některé z nich. S největší pravděpodobností nikoho nepřekvapuje, že jako taková má účinnost 95 % a ve své kategorii se může pochlubit velmi vysokým hodnocením a energetickou třídou A, tedy tou nejvyšší. Přece jen je to tepelný zdroj, takže z hlediska tepelné účinnosti je velmi výkonný. A navíc také dobře svítí, což však již nebylo předmětem zájmu.



Obr. 7. Schéma klasické žárovky s wolframovým vláknem. (zdroj: slideplayer, 2021)

3.7.2. Výbojky

Výbojky proti tomu jsou zdroje výbojové. Jsou to většinou trubice naplněné určitými různými směsmi par a plynů podle typu výbojky. Do ní jsou zavedeny dvě nebo více elektrod, kterými je do plynové náplně přiváděn elektrický výboj. Jako plnicí plyn se používají například neon, rtuťové páry, sodík, xenon, argon. Dá se říct, že podle použitého plynu můžeme ovlivnit i barvu, jakou bude výbojka zářit. Podle tlaku, kterým je nádoba naplněna rozeznáváme výbojky vysokotlaké (sodíkové, rtuťové, halogenidové) a nízkotlaké (sodíkové, rtuťové). Rtuťové nízkotlaké výbojky známe hlavně pod jménem lineární a kompaktní zářivka (Dvořáček, 2008).

Tyto zdroje jsou v současnosti nepoužívanější pro osvětlení veřejných prostor nejen u nás v České republice, ale díky historickým souvislostem i na

sousedním Slovensku. Částečně to může být způsobeno také tím, že slouží již relativně dlouhou dobu, je známo, jak efektivně pracují (nebo spíše neefektivně?) a je zde pro ně vytvořena celá síť. A tak není vůle s tímto stavem něco dělat. V některých státech se však již používat přestávají a jsou plně nahrazovány jinými zdroji (zejména LED diodami). O těch si ale řekneme níže

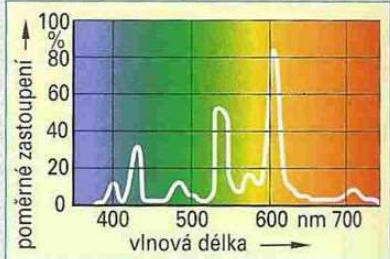
sodíková výbojka

nízkotlaká


- ❖ nízký tlak par sodíku
- ❖ výbojová trubice ve tvaru U v baňce podélného tvaru
- ❖ monochromatické žluté světlo
- ❖ náběh 8 až 15 minut
- ❖ vychladnutí 5 až 10 minut
- ❖ provoz ve vodorovné poloze
- ❖ osvětlení silnic, přístavů, kolejíšť

vysokotlaká

- ❖ širší barevné spektrum
- ❖ hořák naplněn netečným plynem a amalgamem sodíku
- ❖ malé rozměry
- ❖ velký výkon
- ❖ vysoká životnost
- ❖ osvětlení velkých prostor



spektrum nízkotlaké sodíkové výbojky



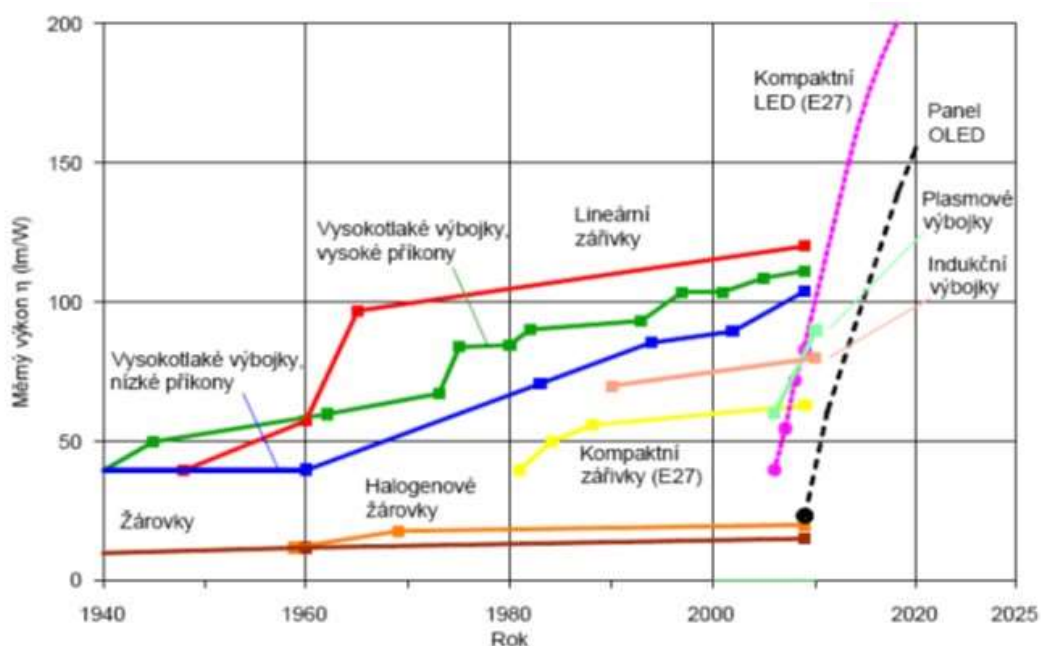
Obr. 8. Základní informace o sodíkových výbojkách. (zdroj: slideplayer, 2021)

Sodíková výbojka, jež je také často využívána k osvětlování veřejných prostranství po celém světě, ať už se jedná o osvětlení ulic, parkovišť nebo například nákladových ploch, je zjednodušeně řečeno taková výbojka, která používá vzniklý elektrický výboj v prostředí naplněném sodíkovými parami k výrobě světla. Použití nízkotlakých sodíkových výbojek pro veřejné osvětlení je ale nevhodné, protože u nich dochází k celkem rychlému úbytku výkonu. Proto se k tomuto účelu používají hlavně výbojky vysokotlaké. Základní informace o sodíkových nízkotlakých a vysokotlakých výbojkách, o jejich vlastnostech, výhodách a nevýhodách můžeme vidět na obrázku č. 8. Sodíková vysokotlaká výbojka je také stále nejpoužívanějším zdrojem pro osvětlení pouličními lampami. Samozřejmě, že nejen u nás, vždyť

sodíkovými výbojkami se v podstatě začalo svítit na celém světě. A zdá se, že se s nimi ještě nějaký pátek svítit bude.

3.7.3 LED zdroje

Dalšími světelnými zdroji jsou již několikrát zmiňované LED zdroje-Light-Emitting-Diode, česky též elektroluminiscenční dioda (Habel, 2013). I ty můžeme dostat v různých provedeních, například klasické svítivé LED zdroje, infračervené používané pro komunikaci elektronických zařízení (např. dálkový ovladač televize) nebo také ultrafialové zdroje (čtení a kontrola ochranných prvků bankovek nebo jiných cenin). Jejich výhody byly a budou v této práci na několika místech v různých souvislostech. Zde proto uvádím pouze srovnání měrného výkonu „starých“ zdrojů světla s těmito novými (obr. 9). Pro úplnost uvedu, že LED bychom mohli charakterizovat jako zdroj emitující světelné záření.

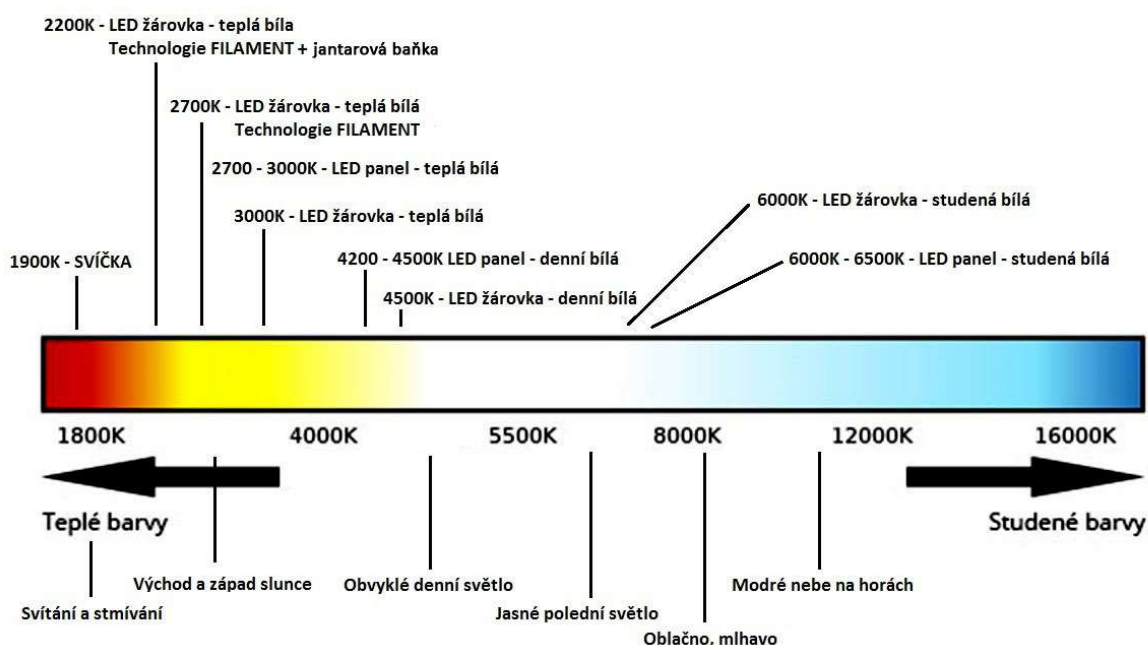


Obr. 9. Srovnání měrného výkonu světelných zdrojů (zdroj: elektro.tzb-info, 2021)

3.7.4. Teplota chromatičnosti

Teplota chromatičnost nám řekne, jakou barvu má teplota. Abstraktní myšlení však můžeme v tuto chvíli nechat vydechnout. Je to celkem zažitý pojem. A velmi souvisí s fyzikou. Barevná teplota prostě charakterizuje spektrum bílého světla. Lidský zrak má však tendenci subjektivně přizpůsobit teplotu světla podmínkám, v jakých ho pozoruje. V lidském mozku dokonce existuje centrum, které je schopno si barvy „pamatovat“ a i bez obrazu určit, jaká asi bude například barva trávy, slunce

nebo nebe. Tento pojem má i svou přesnou definici. Zní takto: Barevná teplota daného zářiče je termodynamická teplota černého tělesa, při které by vysílalo světlo, které vzbuzuje v normálním lidském oku stejný barevný vjem jako daný zářič. Tato teplota se v celé své škále neudává ve stupních Celsia, ale ve stupních Kelvinů. Na obalech žárovek tak můžeme skutečně najít údaj o barevné teplotě například 2700 K. Tato teplota chromatičnosti, tedy 2700 K je také doporučená jako nejlepší vhodná právě pro umělé osvětlení a je na ni pamatováno i v již zmíněné dokumentaci EIA. Příklady různých barevných teplot různých světelných zdrojů nám ukazuje obr. 10. Zároveň zde můžeme vidět i přiřazení barevné teploty zdroje přírodním podmínkám. Vidíme zde také, že se stoupající teplotou přibývá modrého světla.



Obr. 10. Příklady barevných teplot světelných zdrojů. (zdroj: lxf, 2021)

3.8. Vliv světelného znečištění na zvířata

3.8.1. Můry byly první!

Ano. Můry si mohou v tomto směru připsat jedno prvenství. O nich se v souvislosti se světelným znečištěním psalo zřejmě jako o prvním druhu, který je jím ohrožen. A nejen ohrožen. V podstatě je jím ničen. Na začátku devadesátých let minulého století se o této problematice zmínil Kenneth D. Frank (1991) v kolokviu Astronomické Unie Velké Británie. Píše zde v krátké stati na jedné stránce o mýrách

(nejen o mûrách, ale i o pavoucích a netopýrech), kteří končí jako spálené či vysušené schránky pod lampami pouličního osvětlení. To byl zřejmě první impuls pro vědce k tomu, aby se začali tímto fenoménem zabývat ve větším rozsahu.

Existují i takové druhy mûr, které i při minimálním svitu hvězd vidí barevně. Pro člověka by šlo za stejných podmínek o téměř naprostou tmou.

3.8.2. Hmyz

Hmyz je důležitou skupinou živočišné říše, která je světelným znečištěním velmi výrazně ovlivněna. Všichni jsme si zvykli vidět a nacházet hmyz přes den. Jak tedy může létat hmyz v noci? Polovina hmyzích druhů je nočních, proto se ho tolik vyskytuje ve tmě. Schovává se před predátory, opylovává rostliny a vůbec plní řadu dalších funkcí. Hmyz je již od dávných dob lákán přirozeným měsíčním světlem. Umělé osvětlení je však pro něj zdrojem velice podobným.

Hmyzí evoluce však nepočítala s jednou věcí: Že se objeví člověk a s ním i nepohyblivé zdroje světla jako plameny loučí, svíček nebo žárovky, které nebudou kdesi na obloze, ale v lehce dosažitelné vzdálenosti (Žďárek, 2003). A že se tyto zdroje staly v posledním století zdrojem velmi častým a dostupným všichni víme. Každý z nás již někdy viděl obraz nebo fotografii rozsvícené žárovky nebo lampy, kolem které, někdy velmi zmateně, krouží nejen jednotlivý hmyz, ale mnohdy celá jeho hejna složená dokonce ze zástupců několika druhů či řádů hmyzu. Mnohdy tyto zdroje svítí celou noc, a tudíž je sem hmyz přitahován z velmi vzdálených oblastí. Přitahuje je jedna ze složek světla. Konkrétně ultrafialová složka, na kterou je velká část zástupců hmyzu fixovaná, protože jej používá k orientaci v terénu. Hlavně rtuťové výbojky jsou silným zdrojem této složky světla. Bohužel dezorientace a zmatené bloudění kolem světla, zvýšená a nepřirozeně nepřerušovaná aktivita, bývá často příčinou vyčerpání hmyzu, někdy se hmyz dokonce spálí o zdroj světla, když se k němu dostane až příliš blízko nebo se netěsností krytu zdroje dostane přímo na něj. Pak už je jen otázkou, co se s hmyzem takto lapeným stane v následujících minutách. Jen velmi zřídka se stane, že se hmyz dokáže dostat z vlivu zdroje a odletět. Záchyt hmyzu kolem světelného zdroje názorně ukazuje obr. 11. Je na něm vidět obrovské množství nočního hmyzu, který se nekoordinovaně pohybuje kolem zdroje a není schopen se od něj oddělit. Letová hladina mnohých druhů hmyzu je totiž blízka právě té, ve které umísťujeme svítidla lamp veřejného osvětlení. A protože se výška veřejného osvětlení pohybuje někde kolem deseti metrů, je záchyt lampami veřejného osvětlení celkem vysoký. Intenzita světla je také nejvyšší právě u zdroje

světla a je vždy vyšší, než intenzita světla dopadajícího na zem. Na zem pod lampou tedy dopadá jen část z intenzity světla.



Obr. 11. Záchyt hmyzu u světelného zdroje (zdroj: svetelneznecistení, 2020)

Když hmyz letí, snaží se nějak orientovat. A v noci se snaží orientovat mnohdy podle svitu hvězd či měsíce. Jenže když se dostane do dosahu lampy, začne létat v kruzích a za pár hodin leží vyčerpaním mrtvý na zemi. Hmyz, který v noci létá kolem lamp nebo jiných zdrojů světla vlastně v tu dobu neplní tu úlohu v ekosystému, kterou by plnit měl. Takovéto světelné zdroje se vlastně stávají novým a zcela odlišným ekosystémem. V jejich bezprostřední blízkosti se odehrávají naprosto jiné příběhy než v běžné přírodě. Je-li u takovéto lampy tolik hmyzu, je zde i spousta predátorů. Na tom ještě není nic převratného. Avšak i tito predátoři se mohou začít chovat jinak než v běžných podmínkách. Za normálních okolností by například větší pavouk nemilosrdně spořádal toho menšího. Potravní řetězec by byl neúspěšný. Ale v podmínkách, kdy má každý dostatek, se toto často neděje. Predátoři si hodují na obrovském množství hmyzu a spokojeně žijí vedle sebe, jako by evoluce ani neexistovala. Tyto lapače hmyzu pro ně představují obrovskou zásobárnu potravy a oni tak nemají potřebu nikam za potravou vyrážet. Ovšem je tím ohrožena ekologická rovnováha, což je samozřejmě špatný stav.

Hmyz je nesmírně důležitou, pokud ne zásadní složkou přírody. Je to samozřejmě z velké části potrava. Potrava pro hmyzožravce, obojživelníky, plazy. Pokud budou pokračovat současné tendence v ubývání redukce počtu v noci

aktivního hmyzu, bude to mít znatelně závažné dopady na každý jednotlivý ekosystém, kde se počty nočního hmyzu výrazně sníží (Hollan, 2004).

Když se sníží počet jedinců hmyzu, můžeme si být jisti, že to bude mít velký vliv na život rostlin, zvířat i lidí. Může se stát, že se naruší potravní řetězec a že druhy, které se hmyzem živí nebudou mít co lovit, čímž se samozřejmě sníží jejich počet.

Velmi zajímavý výzkum probíhal také v severském Finsku. Byl tam zkoumán tzv. světelný červ (*Lampyrus noctiluca*). Samice toho druhu v noci září, aby přilákaly samce a pobídly ho k rozmnožovacím rituálům a k následnému páření. Normálně jsou samice schopny vyzařovat stálou záři nebo ji k přilákání samce také regulovat například v závislosti na fázi Měsíce nebo s ohledem na podmínky oblačnosti. Dokážou si také najít stín nebo jiné skryté místo, protože intenzivnější záře zvyšuje rozpoznatelnost samiček samci díky většímu kontrastu s okolním prostředím. Za umělého světla to mají samozřejmě obtížnější. Otázkou tohoto výzkumu bylo, zda budou muset své tisíce let staré chování měnit v závislosti na účincích rozptýleného světla a přizpůsobit se jim. Studie ukázala, že samice se od světelného zdroje nijak neodklání ani se nesnaží dostat se z jeho vlivu. Bohužel však sama přestává vydávat světlo (světélkovat) a tím pádem nemá možnost upoutat samce, který by se mohl pokusit o rozmnožení. Zářit samička začne až tehdy, dostane-li se největšího vlivu gradientu světelného toku. Pak teprve může výrazně zvětšit působení na partnera (Elgert et al., 2020). Toto ukazuje, že tyto červi nejsou dosud schopni reagovat na prostorové změny umělého osvětlení, což se může přidat k faktorům, které zapříčiňuje pokles jejich populace. Přinesla možná více otázek než odpovědí. Například, zda jsou tyto červi schopni se světelnému znečištění vyhnout. Zda mají dostatek potenciálu se přesunout do oblastí, které není světlem zasaženo nebo zda mají jejich larvy schopnost detekovat světlo a oblastem s rušivým světlem se vyhnout v případě, že se mají kam přesunout. To by však mohlo pokles jejich jedinců spíše urychlit, protože světelného smogu celosvětově spíše přibývá. To je další příklad zásadního vlivu světelného znečištění na živočišný druh.

Problémem v tomto směru může být i to, že mnohé druhy nočního hmyzu opylují určité rostliny a tím je udržují při životě. Je-li však noční hmyz dezorientován umělým světlem, nemůže správně plnit tuto svou funkci. Jsou to vlastně opylovači, stejně jako včely. V několika posledních letech se mluví o kritickém nedostatku včel. Ty decimují různé choroby, přírodní katastrofy nebo zavlečené druhy jiných, divokých druhů včel. A představme si, že kromě včel pomalu mizí i noční hmyz. Katastrofální

následky, které by to mohlo mít pro přírodu, si jistě umí každý sám domyslet a není třeba je zde vypisovat.

Světlo je tak silný prvek ve světě zvířat, že ho mnoho z nich používá k řízení cyklů v průběhu celého svého života. Biologické hodiny jsou toho jasným důkazem. Umělé osvětlení tak způsobuje zvířatům nemalé problémy.

Vliv světelného smogu na živočišnou říši je dnes již dávno potvrzeným, několikrát dokázaným faktem. Ačkoli bylo studií na jednotlivé konkrétní působení světla na živočichy v každém směru provedeno ne zrovna stovky nebo tisíce, ty, které provedeny byly, jasně dokazují, že vliv na živočichy je většinou negativní. Vliv byl posuzován na v podstatě všechny skupiny zvířat, od hmyzu, přes ptáky a ryby, až k savcům. Všude bychom nějaký negativní vliv mohli najít.

3.8.3. Netopýři

Netopýři trpí vlivem světla fragmentací nebo nutností hledat novou letovou trasu v případě, že se v jejich blízkosti vyskytne nějaký nový světelný zdroj (Brzobohatá, 2016). To může vést ke zvýšené predaci nebo i stěhování kolonií do jiné lokality. Má také vliv na dobu výletu z úkrytu. Pokud je nablízku světelný zdroj, vylétávají později a často propásnou nejlepší dobu ke sběru potravy. I doba rození mláďat přichází pod vlivem světelného znečištění později, To znamená, že mláďata nestíhají dospět a zvyšuje se možnost, že nepřežijí zimu.

Netopýři se samozřejmě světelným znečištěním, jako takovým, zkrát nenechají, protože se řídí hlavně pomocí ultrazvukových odrazů, ale dalším negativním účinkem je to, že jejich potrava se stahuje za světly a tím pádem i oni musí zamířit tam, kde pro ně není přirozené prostředí. Světlo samotné však pro ně určitou bariéru představovat může. Některé jejich druhy nevyletí ze svého hnízdiště dříve, než intenzita světla klesne pod určitou úroveň. Takže případy, kdy osvětlíme kolonie netopýřů, které sídlí třeba ve starých kostelních věžích nebo zříceninách hradů, mohou mít na tyto letce velmi negativní dopad. Za normálních okolností by vylétli někdy kolem soumraku z věže ven, ale v případě, kdy jim osvětlíme věž, se může stát, že nevyletí vůbec nebo až velmi pozdě. Světlo pro ně znamená signál, že ještě není noc a nevyletí. Potom je otázkou, jestli později ještě bude mít co lovit, protože v době, kdy světlo zhasne, již létá minimální množství hmyzu. Může také nastat situace, že vznikne nová osvětlená cesta (liniový zdroj světla). Tím vytvoříme pro ně vlastně nepropustnou bariéru, čímž tyto netopýři také vlastně nezáměrně izolujeme v určitých oblastech, ze které se přes světelnou bariéru nedostanou do

volné přírody. Při tom je to velice užitečný živočich, protože jeden jedinec dokáže za noc spořádat až 5000 kusů komárů. Netopýři, kteří žijí na osvětlených místech, však mají podle některých pozorování mnohem menší zásoby tuku a tím také menší možnost přežít zimní období. Netopýři také, hlavně tedy v tropických oblastech, mohou zastávat i opylovací funkce.

V Judské poušti, na západním břehu Jordánu probíhal v roce 2011 výzkum, který měl detekovat vliv světelného znečištění na místní druhy myší. Porovnávána byla aktivita a jejich chování během prvních hodin noci. Protože jsou tyto druhy myší celkem častým zdrojem potravy pro mnoho tamních živočichů, jako jsou hadi, jejich aktivita dle dlouhodobého sledování v tomto období výrazně klesala. Až do té míry, že vlastně žádnou aktivitu, ať už při hledání potravy, při hledání partnera nebo udržování sociálních kontaktů v komunitě, neprojevovaly. Jejich aktivita výrazně vzrostla až teprve po ukončení cyklu svícení. V otevřených stanovištích, jakým poušť zcela jistě je, se to dá snadno pochopit. Bude jistě souviset s predačním tlakem, tedy s možností, že budou myši uloveny a pozřeny jako kořist. Počet pokusů sehnat si během osvětlené fáze potravu nebo partnera výrazně poklesl. To přineslo delší časový úsek, kdy zvíře hladovělo a v případě vykrmování mláďat i delší čas na jejich správný vývin. Aktivita se přesouvala do pozdějších fází noci, kdy už myš musela být více ostražitá a také byla vlivem určitého stresu více unavená. Také měla se sháněním potravy mnohem větší práci a čas na sehnání potravy se samozřejmě zkrátil. O sociálních kontaktech, které jsou pro tyto živočichy velmi důležité ani nemluvě. Opět to je důkaz, že světlo má na noční živočichy negativní vliv v mnoha různých souvislostech.

V další studii byl zkoumán vliv světelného smogu na chování ježka evropského (*Erinaceus europaeus*) v městském prostředí při zapnutých lampách umělého pouličního osvětlení. Ježci jsou všeobecně známí živočichové, přesto jejich reakce na světelné znečištění moc známé ani prozkoumané nejsou. Mohou na vlivy prostředí reagovat velmi proměnlivě v závislosti na prostředí, ve kterém se nacházejí. V tomto výzkumu se však většina jedinců uchýlovala do oblastí, které nebyly vystaveny světlu vůbec. Nebo v případě, že měli na výběr, pohybovali se v místech osvětlených méně než oblastech silně osvětlených. To by mohlo pomoci při jejich ochraně v případě ohrožení jejich migračních cest, které jsou světlem narušovány. Mohly by pro ně být budovány temné chodby nebo tunely, které jsou pro ně atraktivní (Berger et al., 2020). U ježků byl tento výzkum pilotním projektem, který trval 4 roky. Ježci byli sledováni pomocí GPS s důrazem na jejich prostorové chování. Bylo prokázáno, že intenzita pohybu ježků v souvislosti s oblastmi zasaženými světelným

smogem, byla výrazně nižší než v tmavých oblastech. Většina jedinců se raději pohybovala v tmavém prostředí a podle dat se snažila vyhnout prostředí nejvíce osvětlenému. Dokonce i jejich hnízda nebo migrační cesty si budovali v krytu vegetace, podél cest, aby byli chráněni před zdroji světla. Tyto vzorce chování byly pozorovány napříč populací bez ohledu na pohlaví či věk jedinců, což ukazuje na určitou stabilitu vyhýbání se nočnímu osvětlení. Jak už to bývá, několik jedinců v řádu jednotek procent se ve studii chovalo jinak. Dávali více přednost osvětleným místům, což by mohlo znamenat, že je vyhledávají z nějakých jiných důvodů. Možná se nechtěli dělit o zdroje potravy, možná chtěli lépe najít partnera, možná si jen nebyli vědomi nebezpečí, které jim může hrozit. Jedním z predátorů, kteří ježka mohou ulovit je jezevec, který se však osvětleným místům vyhýbá. Takže tito jedinci třeba jen poznali, že se v nich tento jim nebezpečný tvor nebude vyskytovat a nehrozí jim od něj žádné nebezpečí.

Základními problémy pro tyto noční hmyzožravce jsou v současnosti například ztráta stanovišť, mezidruhové soutěžení o zdroje potravy, kolize na silnicích nebo intenzifikace zemědělství. Světlo v noci, tedy to umělé, k nim patří také, ale jeho vliv je nutné dále a dlouhodoběji zkoumat, protože o adaptačních limitech těchto zvířat vzhledem ke světelnému znečištění, toho moc nevíme. V dalších studiích, které budou jistě následovat, se vědci mají pokusit o podrobnější zkoumání těchto adaptačních limitů různých zvířat v různě osvětlené krajině.

Za pozitivní by se dal účinek umělého osvětlení považovat snad pouze tehdy, chtěli bychom poukázat na tu skutečnost, že je v zájmu dravce prodloužit si denní lovnou dobu. Samozřejmě, že v tom mu umělé světlo maximálně pomůže. Pozorování denních dravců opravdu naznačují, že období aktivity mezi denními a nočními dravci se mohou překrývat více, než se obecně myslelo (Buij, Gschweng, 2017). Pro leckteré denní dravce je totiž velmi výhodné prodloužit čas lovu i do doby po setmění, kdy i slabé umělé osvětlení nebo měsíční světlo přitahují bodově kořist nebo ji dělají tím jen více viditelnou. Z různých provedených pozorování a studií vyplývá, že až 51 % pokusů ulovit kořist za umělého osvětlení, bylo úspěšných. Lovecká aktivita některých dravců v blízkosti reflektorů byla při pozorováních nejvyšší za nocí s nízkým měsíčním svitem nebo v podmínkách se zataženou oblohou. Například sokoli stěhovaví (*Falco peregrinus*), jejichž kořistí se velmi často stávají druhy ptáků, které migrují v noci, zvyšují takto podíl lovu za tmy v blízkosti umělého osvětlení. V běžném případě totiž vrcholí lovecká aktivita sokolů v druhé polovině soumraku nebo v první polovině naprosté tmy. Podíl noční aktivity sokolů se tak zvyšuje. Jak chování sokolů (viz obr. 12), tak chování kořisti se tak opět změnilo

lidským zásahem. Antropogenní nežádoucí činnost tedy i v tomto případě vyhrála nad přírodou a člověk se postaral o její změnu. Jistě bychom našli i další podobné příklady.



Obr. 12. Sokol stěhovavý (*Falco peregrinus*), (zdroj: naturfoto, 2020)

Ptáci obecně se orientují jak podle magnetického pole Země, tak podle světél hvězd, které mají vryté v paměti. Velmi snadno se tak může stát, že díky světlům nedoletí do destinací, do kterých míří. Dalším problémem jsou pro ptáky vysoké budovy, pod kterými umírá v následkú nárazů do nich, velké množství ptáků všech druhů a velikostí. Stačilo by při tom jen zhasnout světlo nebo zatemnit okno, aby pták nebyl světlem přitahován. Co se týká nočních ptáků, ti jsou světlem ovlivněni také. Vždyť i oni musí létat nad osvětlenými městy nebo alespoň osvětlenými oblastmi v jejich dosahu. Světelné body, na které si dosud nemuseli zvykat, jednoznačně přibývají a dezorientace se pouze prohlubuje. Navíc se často stává, že se osvětlené oblasti rozrůstají, což je důsledek rozvíjejícího se průmyslu a také turistického ruchu. Ptáci si tak nemohou na světelné body ani zvyknout a přizpůsobit se jim, neboť některé oblasti se zvětšují a jakékoliv záchytné body se často ztratí v osvětlení jinými body. Hlavně pro nezkušená mláďata je setkání s takto dominantními světelnými body velice rizikové. Krom toho hraje také velkou roli to, zda ptáci letí ve velké či malé skupině a samozřejmě i vzdálenost, kterou musí při přemístování od hnízdišť nebo k nim překonat. Mláďata obecně, pokud jsou dezorientovaná a nemají možnost letět ve skupině, často zahynou v důsledku například nárazu do překážek nebo do země.

Pokud tyto pády a nárazy přežijí, stávají se často kořistí predátorů na pobřeží. Pokud už se nějakého ptáka podaří zachránit, je třeba ho co nejdříve navrátit zpět do kolonie, pokud je to samozřejmě možné. Pro to je však zapotřebí dosáhnout určité úrovně hmotnosti a vyspělosti jedince. Jakékoliv snížení úmrtnosti ptáků z antropogenních příčin, by se mělo tedy stát prioritou při ochraně nejen ohrožených druhů kdekoliv na Zemi (Rodríguez et al., 2015).

Pro ptáky je zde prostě příliš mnoho světelných pastí a falešných hvězd. Dvě třetiny ptačích druhů migrují v noci, protože přes den hledají potravu, vodu a úkryt před predátory. Ke svému letu potřebují hvězdy. Vliv umělého osvětlení na ptáky je však v podstatě nové a mladé téma. Stovky milionů ptáků (dle mého odhadu) hynou v souvislosti s nárazem do výškových budov a v poslední době představují pro ptáky obrovské nebezpečí také lopatky rotorů větrných elektráren. Nejen ve dne, ale hlavně v noci. Navíc se ukazuje, že přerušované světlo, které tyto vysoké stavby používají, ovlivňuje orientaci ptáků také velmi silně.

Mořští ptáci však nejsou světélům vystaveni pouze na pobřeží. Přibývá i světel plujících na vodě. O to těžší pro ně může být setkání s takovými světly. To jsou samozřejmě lodě, které se pohybují a opět ztěžují ptákům orientaci. A v úvahu musíme brát i světla ropných plošin, kterých navzdory ekologickým katastrofám také pouze přibývá, stejně jako mnoho vodních elektráren, které v poslední době rostou například v okolí pobřeží Anglie.

3.8.4. Vlajková želva

Želvy jsou, co se týče světelného znečištění a jeho účinků na živočišnou populaci, pravděpodobně nejznámějším příkladem. Dalo by se říci, že v rámci osvěty o účincích světelného znečištění jsou právě tím vlajkovým druhem, díky kterému se lidé o negativním působení světla na přírodu dověděli. O těchto plazích byly napsány mnohé studie, které jsou známy i laické veřejnosti. Želvy, jak známo, kladou svá vejce do písku na pobřežích moří a oceánů, která jsou však mnohdy velmi silně osvětlena nebo zasažena světelným znečištěním, které ruší jak hnízdící samice, tak čerstvě vylíhnutá mláďata. Je-li narušena schopnost mláďat najít cestu k vodě, výrazně se snižují jejich vyhlídky na přežití (Truscott et al., 2017). Při tom sami mláďata se snaží do vody dostat co nejkratší a nejrychlejší cestou. Je již prokázáno, že se mláďata orientují od tmavých, vysokých siluet a pohybují se směrem ke světlé obzorové linii, která je za normálních okolností přece jen trochu světlejší než okolní prostředí. Noční osvětlení tyto podněty znehodnocuje, což přispívá k jejich dezorientaci a je jedno, zda je výzkum prováděn na březích Madagaskaru nebo na

písčitých plážích Kalifornie. Průměrné hodnoty počtu mláďat, které se místo do vody vydaly do vnitrozemních částí ostrovů, se pohybují v rozmezí 4-10 %. V porovnání se sledováním na několika jiných místech, kde se žádné světelné znečištění nevyskytuje, a kde se nevrátilo do vnitrozemí jediné mládě, je tato situace jasně negativní. Bylo prokázáno, že mláďata, která vstupují do moře (viz obr. 13) a v blízkosti nich je světelný zdroj maximálně 500 metrů, mají tyto tendenci se špatně orientovat a vrátit se zpět na břeh poté, co vstoupí do vody. Ano, mláďata tu vzdálenost překonají, ten kilometr v písku se namáhavě plazí, ale v případě, že nenarazí na břeh s vodou, jednoduše uhynou vyčerpáním. Chybná orientace také zapříčiňuje to, že mláďata zůstávají déle v pobřežních vodách, pokud už se do nich dostanou, což velice pravděpodobně vede ke zvýšené predaci. Predátoři, kteří na svou kořist v podobě mláďat již čekají, mají v tomto případě velice snadnou práci a nic jim v lovení dezorientovaných kusů nebrání. A je jedno, odkud ta rušivá světla pocházejí. Zda jsou od reklamního billboardu, z parkoviště, z automobilu či z lampy veřejného osvětlení.

Jistě je možné, že lidé, kteří si tuto skutečnost uvědomují, jsou schopni po celém světě založit organizace, které mají těmto postiženým mláďatům pomáhat. Je jich už celkem hodně a jsou roztroušeny vždy v místech, kde želvy kladou svá vejce. Tam se mimochodem želví samice vždy vracejí poté, co se sami na této pláži vylíhly, třeba i před 30 lety. Samozřejmě jen v případě, že po vylíhnutí našly cestu do vody a nepodlehli predátorům na souši nebo ve vodě. Obracet mláďata, která se vydala špatným směrem zpět do vody nebo i jen chránit je před predátory samotnou lidskou přítomností nebo třeba klecí přiloženou na hnízdiště je jistě dobrým řešením, byť tím člověk opět zasahuje do koloběhu přírody. Ale to není dlouhodobě únosné řešení. Bohužel navíc neřeší podstatu problému.

Cestou by podle posledních výzkumů, které probíhají hlavně na území Spojených států, na pobřežích Kalifornie, mohlo být použití infračerveného světla, které je pro želvy velmi nepříjemné a snaží se mu vyhnout. Stálo by za pokus, opatřit alespoň některé dotčené pláže nějakým druhem těchto zářičů, aby se určil směr, kterým se mají (respektive spíš nemají) vydat v případě, že je zlákají osvětlené části pobřeží. Ovšem zářiče tohoto typu má na své zahradě v těchto místech u svého domu instalované jen málokdo. Je to zatím sice jen první vlašťovka, která by se však mohla používat v podstatě všude na světě, bude-li k tomu vůle. Zdá se však, že jinak než opět zásahem člověka, který se bude snažit vyřešit problém, který sám způsobil, jim nepomůžeme.

Želvy totiž chodí po naší planetě již velmi dlouho. Byli tu již s dinosaury. Byla by škoda, kdybychom o ně přišli a museli se na ně chodit dívat jen do zoologických zahrad. Když jim trochu pomůžeme, měli by tedy přežít i nás.



Obr. 13. Mláďata karety prchající do moře v Indonésii (zdroj: zoocam, 2020)

V této souvislosti se ještě zmíním, i když jen okrajově, o znečištění nejen přímořských oblastí, ale také o světelném znečištění dna přímořských oblastí. Podle jednoho výzkumu bylo již 76% trojrozměrné plochy přímořského dna vystaveno významnému světelnému znečištění, přičemž největší expozice byla zelenými vlnovými délkami (Davies et al., 2020). To je jistě také znepokojivá zpráva. Zkoumání mořského dna je však velmi složité a myslím, že si vyžádá ještě spoustu času, a hlavně potřebu najít nějakou vysoce sofistikovanou metodu jeho zkoumání. Myslím, že v současné době, kdy jsou prozkoumána cca 2% veškeré plochy dna moří a oceánů na zeměkouli, jsou tyto závěry přinejmenším spekulativní.

Každý z nás v životě již několikrát zažil situaci, kdy se musel vyrovnat s rychlým přechodem z tmavé místnosti do osvětlené nebo naopak. Dokonce i pobyt v osvětlené místnosti, ve které náhle změním intenzitu osvětlení, si vyžádá naši reakci. Přimhouříme oči, anebo si je dokonce zakrýváme v případě zvýšení jasů a těžko zaměřujeme a rozpoznáváme různé předměty nebo dokonce i tváře v případě, že se intenzita světla sníží. Zraková adaptace na změnu intenzity světla totiž trvá každému živočichovi, včetně člověka, rozdílnou dobu. Rychlý nárůst intenzity světla

nebo naopak jeho prudké snížení způsobuje pokles schopnosti vidění, ze kterého se může zrak v některých případech zotavovat minuty až hodiny (Buchanan 1993). A to může už v některých případech u citlivých jedinců jakéhokoli druhu znamenat rozdíl mezi životem a smrtí.

3.8.5. Měsíční svit

Výše jsem zmínil měsíční svit. To je jistě prvek, který také ovlivňuje orientaci zvířat. I měsíční svit se však z našeho života vytrácí. Respektive se nevytrácí přímo měsíční svit, ale efekt, který nám přináší. Umělé osvětlení je však schopné svit měsíce zcela eliminovat. Za klasického, světlem neovlivněného zimního úplňku je přece světla dostatek minimálně na bezpečnou chůzi a identifikaci nejrůznějších předmětů. A nejen za úplňku zimního. Jako cyklista vím, že se dá bez problému jezdit na kole za tmy pouze za svitu měsíce. Z hlediska méj bezpečnosti to samozřejmě není správně, ale to teď nechme stranou. Přestože svit měsíce představuje výkon maximálně půl Luxu, dá se za něj již rozeznat barva. A i měsíční světlo nás může rušit při spánku, přestože je tak slabé (Hollan et al., 2004). V porovnání se světlem měst, kde se dá naměřit i 20-30 Luxů, je to znatelný nepoměr. Jen doplním, že i měsíční světlo obsahuje modrou složku spektra. Přece jen se jedná o odražené sluneční záření. Snad proto se říká, že lidé při úplňku špatně spí a jsou citlivější.

Měsíční svit je pro živočichy také velmi důležitým faktorem. V závislosti na intenzitě svitu měsíce se mohou orientovat v roční době a řídit tak například svoje rozmnožovací a potravní fáze. Mnozí živočichové ho používají nejen k orientaci časové, ale také ke směrové orientaci. Další autoři ve svém díle tvrdí, že většina savců reaguje na měsíční světlo tím, že omezuje využívání otevřených ploch, potravní aktivitu a pohyby, zkracuje celkovou dobu činnosti nebo soustřeďuje potravu a další pohyby a činnosti do nejtemnějších období noci (Breier, 2006). Mechanismy, kterými živočichové měsíční svit vnímají, však nejsou dost prozkoumány. Snad je to fotoreceptory, snad jiným způsobem. Jisté je, že jsou na něj dost citliví. Však také mnoho predátorů je zároveň i potenciální kořistí pro jiné predátory, a tudíž je obtížné říct, který z této dvojice je více ohrožen. Pro jakéhokoli predátora je za jasné noci nebo za umělého osvětlení mnohem lepší, že je jeho kořist osvětlena, protože tím pádem nemusí vynakládat tolik energie na její hledání a lapení. Pro kořist to však už tak výhodné není.

Jev, kdy jsou ptáci nebo hmyz viditelnější díky umělému světlu nebo jsou jím přitahováni a dezorientováni, se nazývá pozitivní fototaxe. Zkráceně řečeno by se také dalo říct, že se živočich nebo jakýkoli organismus pohybuje se za světlem. Je to

asi nejvýstižnější popis jevu, kdy je živočich ovlivněn nejen umělým světlem. Tento jev je samozřejmě znám již dlouho a nevyskytuje se pouze v říši živočišné, ale i v říši rostlinné. V poslední době však nabývá velmi razantně na významu. Nejznámějším příkladem tohoto jevu je nám známá slunečnice, která se za sluncem otáčí odnepaměti. I když tak činí jen v raných stádiích života, kdy je ke slunečnímu světlu nejvímavější.

3.9. Vliv světelného znečištění na rostliny

Obecně se dá říci, že výzkum světelného znečištění, pokud se někdy prováděl, se orientoval na živočichy. V posledních letech však existuje také několik desítek a možná i stovek studií, které se zaměřují na rostliny. Jeho účinky byly pozorovány v celé řadě rozmanitých vlivů, od opylování, kvetení, mikrostanovištních poměrů, klíčivosti až po zralost plodů. Světlo je pro rostliny, potažmo pro život na Zemi naprosto zásadní element. Je zdrojem pro fotosyntetizační dráhy a signalizační mechanismy. Po miliony let bylo jen světlo denní, noční a měsíční. Dnes k nim přibylo ještě světlo umělé. Světelné vlastnosti mají rozmanité regulační role (klíčení osiva, vývoj sazenic, fotosyntéza, fotomorfogeneze, fotoperioda, cirkadiánní rytmus nebo i sezonní změny v rostlinách (Singhal et al., 2018). Současný urbanizační tlak, který s sebou přináší stále větší tlak na užívání světla má ale velký potenciál změnit tyto cykly v globálním měřítku. Zvýšená mez osvětlení může například vést k časnému nebo nesezonnímu rozkvětu a tím ovlivnit kvalitu, respektive množství vyprodukované biomasy.

V přírodních přirozených podmínkách jsou rostliny naprogramovány tak, aby se za tmy rozmnožovaly, aby klíčily, množily se a odpočívaly. Pro některé citlivé druhy může však být jakékoli narušení světelného režimu zásadním problémem a překážkou, která může všechny tyto činnosti narušit. Délka dne a fotoperioda jsou totiž pro rostliny dost důležité signály. Rostlinné fotoreceptory totiž zprostředkovávají fyziologické a vývojové reakce rostlin (Briggs, 2006).

Rostliny umějí na změnu intenzity světla celkem dobře reagovat. Umí například omezit své životní rytmy a přesunout své životní aktivity na příznivé podmínky osvětlení. Umí zůstat fotosynteticky aktivní po většinu svého vegetačního období nebo třeba produkovat takový typ listů, který se vyrovná se změnou intenzity světla v různých měsících roku. Některé rostliny našli způsob, jak snížit hladinu respirace, rychlost fotosyntézy, jak zregulovat velikost listové plochy nebo i obsah chlorofylu. Některé proteiny mají důležitou roli v regulaci fototropismu a rostliny jsou

díky nim schopné alespoň nějak na světlo reagovat. Umělé světlo je však schopné tyto mechanismy nabourat.

Ve výzkumu, který probíhal ve Švýcarsku, byly na místních loukách provizorně postaveny sestavy pouličních lamp, které měly simulovat účinky umělého osvětlení. Na těchto loukách měly podle sledování tamní rostliny o 62 % méně opylovačů než ty, které se nacházely na neosvětlených místech. V případě, že by potom denní opylovači nenahradili ztrátu z noci, mohlo by se snadno stát, že dojde k postupnému snižování velikosti populací tamních rostlin (Milius, 2017). Výzkum probíhal za velmi tmavých nocí a výzkumníci měli k dispozici jen základní vybavení, přesto je třeba brát tyto výsledky v úvahu. Druhy květů, které jsou opylovány nočními opylovači, se dají relativně snadno poznat podle několika vodítek. Většinou své květy nezavírají na noc, typické jsou také svou bílou barvou nebo mají vytrčené tyčinky ven z květů (to kvůli nočním motýlům, kteří mají dlouhé sosáky).

Při pokusu s larvami, které se živily na osvětlených nebo neosvětlených rostlinách, bylo následně zjištěno, že ty larvy, které se živily rostlinou osvětlenou, prospívaly mnohem hůře a vážily až o 43 % méně než ty, které byly chovány na rostlinách neosvětlených (Grenis, Murphy, 2019). Larvy s menší hmotností následně potřebují více času na přechod do vyšších vývojových fází a dokončení vývoje. Světelné znečištění má tedy vliv nejen na rostliny a jejich výživnost, ale také na fitness larev, které na nich žijí.

Změna fotoperiody může ovlivnit kvetoucí odezvu, stejně jako vstup rostliny do pupenového spánku (Škvareninová et al., 2017).

Zajímavé jsou i další poznatky o rostlinách a jejich reakcích na umělé světlo. Tropismy jsou obecně růstové reakce rostlin, kdy se rostlina směrově orientuje k podnětu, který na ni nějak působí (Sedlecký et al., 2018). Rozeznáváme hned několik druhů tropismů. Chemotropismus, kdy se rostlina orientuje za vyšší koncentrací iontů v půdě. Tento pohyb vykonávají kořeny rostliny. Gravitropismus negativní a pozitivní, dle směru růstu rostlinných orgánů. Hygrotropismus, což je pohyb za vlhkostí. Heliotropismus, který známe hlavně díky pohybům slunečnice, což je pohyb rostlinných orgánů za sluncem během dne. Fototropismus (pozitivní či negativní), což je, jak název napovídá, reakce rostlin na světelný bod či zdroj. Fototropismus je typ pohybové reakce, kdy je rostlina schopna poznat nejen světelný podnět, dokonce umí rozeznat polohu zdroje a dokáže na něj reagovat. Pozitivní reakce je dobře známa a zmapována. Stonek nebo květ, obecně řečeno nadzemní část rostliny, se snaží co nejrychleji dostat do osvětleného prostředí a začít nebo

zlepšovat svou aktivitu při fotosyntéze. Negativně fototropické jsou hlavně kořeny, které se snaží naopak od světla odvrátit a dosáhnout zastíněné půdy.

Při pokusech na klíčících výhonicích řeřichy seté (*Lepidium sativum*) byl prokázán vliv modrého světelného záření na její růst. Na ostatní zdroje světla, které vyzařovaly jinou barvu světla než modrou, rostliny totiž téměř vůbec nereagovaly a rostly přímo svisle vzhůru. To by mohlo ukazovat na tu skutečnost, že fototropismus má na svědomí receptor, který detekuje modré světlo (Takemiya et al, 2005) Jako zdroje záření byly v tomto případě použity LED žárovky, protože jejich světlo lze velmi dobře diferencovat na úzký interval vlnových délek, což je výhodné vzhledem k určení „barvy“ světla. Dále byly tyto zdroje použity proto, že nevyzařují téměř žádné teplo a je možné jejich těsné přiblížení k rostlině. Doplňme ještě, že všechny tyto tropické reakce by nebyly možné bez hormonu auxinu, který tyto reakce podněcuje.

Víme tedy, že umělé světlo má na rostliny bez rozdílu druhu a původu významný vliv. Výsledky různých výzkumů ukazují mnoho účinků světla, tedy toho umělého na životní cykly a funkce rostlin. Umělé osvětlení zvyšuje výšku, které je rostlina schopna dosáhnout oproti růstu v přírodních podmínkách, zvyšuje se také celková biomasa oproti růstu v přírodě, počet listů byl zvýšen umělým nočním osvětlením bez ohledu na druh rostliny (Flowers, Gibson, 2018). Nutno je také podotknout, že ne každý druh rostliny reaguje na umělé světlo stejným způsobem. Některé rostliny jsou ke změnám citlivější více, jiné méně.

3.9.1. Stromy

Světlo působí při špatném zacházení s ním i na stromy. Jako příklad negativního působení umělého osvětlení na stromy lze jednoduše uvést jeden z mnoha posledních trendů. Jistě není myšlen zle. Jde o osvětlování památných stromů, ke kterému se v nedávné době začalo celkem často přistupovat. Myšlenka jistě dobrá, ukázat strom v celé jeho kráse, vrýt nám ho do mysli jako turistický bod a centrum setkání ať již v nějaké obci, či na odlehlém místě. Ale vliv umělého světla na strom samotný je v tomto kroku dosti nedomyšlen. Pokud má strom žít zdravým životem, pak jistě není správné mít na něj namířeny světlomety, kterými je nasvícen po celou noc. Představme si, že se k němu vrátíme na konci podzimu, kdy okolní stromy budou již mít všechno listí spadané a budou již žít zimním spánkem. Tmu strom prostě potřebuje. Vliv světla na osvětlené stromy například v městských parcích je celkem dobře pozorovatelný. V situaci, kdy je strom trvale osvětlen ve dne i v noci, v jakémkoli ročním období, není vystaven cyklu střídání dne a noci tak, jako tomu bylo po miliony předchozích let. Nemá vlastně možnost zaznamenat příchod zimy

(Chepesiuk, 2009). Déle si udržují listí, neprobíhá u nich správně cyklus odumírání a odpadávání listí. Stromy, které si déle udržují listy na větvích, jsou později náchylnější k poškození mrazem v zimním období. Stromy, které jsou osvětlené, si déle drží také chlorofyl, který nevysublimuje a zůstane v listech. Tím pádem strom listí nenechá opadat a dále je vyživuje. Ve větvích navíc zůstává míza. Ta nakonec způsobí, že v době mrazů popraskají pletiva, což strom poškodí. To se ale neprojevuje hned, první nebo druhý rok. Trvá to déle a tyto změny se kumulují. Avšak po několika letech či desetiletích větve uschnou a musí se odřezat. Zjednodušeně řečeno ho takto udržujeme v jiném světelném režimu, což mu jistě neprospívá a v místě osvětlení vzniká v podstatě nový ekosystém, odlišný od okolních. Takový, který je mimo jiné prost hmyzu, jež se stahuje k lampě, která strom osvětluje. Zlé jazyky dokonce říkají, že chceme-li se nějakého stromu zbavit, prohlásíme ho za důležitý, osvítíme ho a noční světlo vše udělá za nás.

Období tmy se zdá pro rostliny velmi důležité. Může být dokonce klíčové pro zotavení se ze stresu, kterým rostliny trpí přes den. V případě, že jim budeme svítit v době, kdy má být tma, jim jistě nepomůžeme.

3.10. Antropogenní vlivy

3.10.1. Sjezdovky

Stejně jako jinde ve světě, je i u nás, po celé České republice, využíváno umělého osvětlení také na svazích a sjezdovkách. Je to logické, neboť zimní dny jsou krátké a umělé osvětlení nám, jak jsme již zmínili výše, pomáhá prodloužit den. V tomto případě je navíc osvětlení velmi intenzivní ve snaze osvětlit co největší část svahu. Je sice pravda, že tato zátěž pro krajinu trvá omezenou dobu, tedy jen po dobu, kdy probíhá večerní či noční lyžování, přesto je to velký zásah do biorytmů živočichů, kteří v těchto oblastech žijí nebo jimi třeba jen prochází v rámci své migrační strategie či rozsahu svého území. Světlo, které na sjezdovky dopadá, se bohužel samozřejmě šíří i do těch míst, kam by dopadat nemělo. Světelné zdroje u sjezdovek jsou většinou nasměrována pod různými úhly v rozmezí 40°-90° na druhou stranu sjezdovky, směřují často vzhůru nad obzor a sjezdovku a často přímo do lesů kolem nich. Zdálo by se, že světlo, která na sjezdovku a její okolí dopadne, se snadno zastaví hned za hranicemi dráhy, ale opak je pravdou. Světlo uniká do velkých vzdáleností, je silným zdrojem světelného znečištění a stává se také dominantním elementem v noční krajině (Brychtová et al., 2005). Lesy kolem našich sjezdovek jsou totiž často monokulturální smrkovou nebo borovicovou vegetací. Tudíž světlo vlastně nemá podmínky k tomu, aby rychle přicházelo o svou energii například rozptýlením v hustém porostu. Světlo takto proniká hluboko do okolního prostředí a narušuje i

oblasti, které mohou být od zdroje světla velmi vzdálené. Všichni víme, že tyto lesy byly v minulosti zasaženy dalšími faktory, jako například kyselá dešť, díky nimž rozsáhlé oblasti lesů v podstatě uhynuly. To jsme viděli nejen v našem nejznámějším národním parku KRNAP, ale také v Krušných Horách nebo na Šumavě. Regenerace ve smyslu náprav těchto škod sice probíhá, ale velice pomalu, vždyť doba obmýtí se u smrků či borovic pohybuje až za hranicí sta let. A v případě, že se k této neblahé antropogenní činnosti přidá ještě faktor přírodní, například ve formě silného větru, dopadnou tyto oslabené monokultury velmi špatně. Příkladem může být orkán Kiril, který v roce 2007 zasáhl naše území, na Sněžce dosáhl velmi vysoké rychlosti (hodně přes 200 km/hod) a zpusťošil velké části lesů v celé republice. Smutnou realitou bohužel je, že sjezdovky se velmi často nacházejí v chráněných územích, přírodních parcích a jinak cenných lokalitách, kde žije mnoho chráněných a někdy i ohrožených druhů živočichů či rostlin. V noci se světlo stává mnohem nápadnějším, o to více na sněhu, který jakožto matný materiál, je-li osvětlen, velmi dobře odráží světlo. Je tedy otázkou, v jaké vzdálenosti už takto osvětlená sjezdovka přestává být viditelná. Dle mých zkušeností je vidět za dobrých podmínek i z dálky pár desítek kilometrů. Samozřejmě si jako turisté přejeme i ve večerních hodinách vidět i na horách, ale tím se ochuzujeme o noční ráz hor. Hory přestávají být vidět a veškeré jejich siluety se ztratí. Jsme vlastně paradoxně oslepeni odrazem světla od nich.

3.10.2. Architektura

Pro novodobého architekta se světlo stalo podstatnou součástí jeho tvorby. Ať už se jedná o světlo denní, tak pro nás, v této práci relevantní, světlo umělé. Budova, která dnes nijak nepracuje s umělým osvětlením, se vlastně ani nedá považovat za moderní budovu. Je proto třeba dbát na správný poměr světla a tmy, na správně navržené interiérové osvětlení a také na správnou intenzitu navrženého osvětlení. V poslední době se cihly vyměnily za sklo a tím pádem je třeba brát v úvahu také interiérové osvětlení, protože světlo nám těmi velkými skleněnými tabulemi čím dál víc uniká do venkovních prostor. I nevhodné osvětlení domácností může v určitých případech negativně ovlivňovat prostředí kolem budovy.

Často se osvětlení používá i pro nasvícení nějakých historických památek. Hrady, zámky, mosty, věže nebo jiná díla. Ty jistě stojí za ukázkou. Historie je jistě důležitá a je naší povinností, se o ní zajímat a poučovat se z ní. Nemělo by být ale cílem to, vidět vše a za každých okolností. Měli bychom tvořit osvětlení v určité hierarchii, aby byl spokojený jak občan, který u památky bydlí, tak turista, který ji chce vidět. A to je zase prací architekta. Rozdíl je i v tom, jestli chceme vidět nějakou

památku ze vzdálenosti dvaceti kilometrů nebo „jen“ z pěti. I to může mít velký dopad na přírodu v okolí památky, protože intenzita jasů musí být v obou případech rozdílná.

Nemá tedy smysl vlastně svítit na památky v noci, kdy si je stejně s největší pravděpodobností nikdo neprohlédne. A lidé, kteří okolo památek bydlí, jistě ocení, že jim světlo, původně určené například pro věž kostela, nesvítí ostrým světlem do ložnice. Ostatně institut ochrany zde existuje. Jmenuje se noční klid. Pravda, vztahuje se na jiné činnosti, ale světlo by se k nim mělo co nejdříve přidat.

3.10.3. Astronomie

Lidé se na hvězdnou oblohu dívali odnepaměti. Mnozí to považovali za nejlépe strávený čas, další za zbytečnost. Pro některé se to stalo zaměstnáním a někteří jiní ani nevnímají, že v noci ještě svítí hvězdy. Každopádně pohled na hvězdy za noci je jedním z nejhezčích zážitků. Pokud tedy nějaké hvězdy uvidíte. Ano, podívat se na hvězdy je pro někoho vrcholem zážitku. Pozorování noční oblohy je v současné době bohužel značně ztížené. Ten, kdo to někdy zkusil ve městě, se jistě podivil, že nevidí to, co by čekal. Zvedneme-li hlavu, čekáme, že uvidíme jasnou noční oblohu a spoustu světelných bodů na nebi, hvězdy. Bohužel dnes velmi záleží na tom, kde tu hlavu k nebi zvedneme. Ze své zkušenosti vím, že když jsem se před 25 lety podíval na oblohu, dalo se pouhým okem vidět 4000-6000 hvězd. Ne, že bych je počítal, ale všechny tehdy dostupné zdroje mi to v té době jasně deklarovali. Jenže když se na stejném místě podívám na noční oblohu dnes, mohu vidět už jen 2000-2500 světelných bodů, což je dost znatelný rozdíl. A podívám-li se na oblohu ve velkém městě, jsem o hvězdy ochuzen prakticky okamžitě. Nejen že mi do očí okamžitě zasvítí světelný zdroj z pouličního osvětlení nebo jakéhosi billboardu, ale těch bodů, které uvidím na obloze, bude ještě méně.

Oproti pozorování oblohy na stejných místech i jen před 100 lety, což je v astronomickém čase méně než mrknutí oka, se hlavně v městských a příměstských oblastech, kde je rozptýlené světlo v podstatě všudypřítomné, nedá o jakémkoli pozorování téměř mluvit. Podíváte-li se v noci v těchto místech na noční oblohu, neuvidíte kromě několika nejjasnějších bodů, skoro nic jiného než světla pouličních lamp, odrazy světla z parkovišť a reklam nebo jiných osvětlených ploch. Astronomové se prostě musejí ke hvězdám nějak dostat. A dělají to skrze hvězdářské dalekohledy na Zemi. Oni byli také prvními, kteří na tento problém začali upozorňovat. Museli se totiž ze svých obvyklých stanovišť stěhovat tam, kde měli pro pozorování lepší podmínky. A postupem času zjistili, že nemohou pozorovat oblohu vlastně nikde, aniž by je při tom rozptýlené světlo nějak neomezovalo. Pozorovat hvězdy přes rušivé

světlo je totiž pro jakéhokoli astronoma dosti nepohodlné. A protože se v poslední době zjistilo, že světlo je schopné rušit jejich pozorování i v případě, že se jakýkoli světelný bod nachází ve vzdálenosti i 20 km, je nutné stěhovat observatoře na vyvýšené body nebo daleko od civilizace a tím pádem i z dosahu světelného znečištění. I Tam však světelné znečištění pozorování ruší. To, že do tohoto pozorování zasahuje ještě chování spodních vrstev atmosféry, tepelné proudění a povětrnostní podmínky v místě pozorování tento úkol ještě více znesnadňuje.

Ku pomoci nám v tomto případě může být i Bortleho stupnice (obr. 14), zavedená v roce 2001, která ukazuje a popisuje vlastnosti jednotlivých stupňů tmy podle toho, kolik světelného znečištění se v ní nachází. Zjednodušeně řečeno nám ukazuje, jak kvalitní, respektive nekvalitní je tma v závislosti na stupni světelného znečištění. Nejhorším je stupeň 9, který je charakterizován jasně přesevěcenou oblohou měst a velkoměst a nejlepším je stupeň 1, což je v podstatě přirozená, skutečně tmavá obloha. Nutno podotknout, že Česká republika dosahuje přinejlepším stupně 4. My u nás na našem území již vlastně nemáme přirozeně tmavou noční oblohu bez znečištění. Máme spoustu míst přesevětených nebo zbytečně osvětlených, ale místa s opravdu kvalitní a plnou tmou u nás již dlouhá léta nenajdeme. V Čechách funguje několik společností, které se snaží dosáhnout co největší tmy. Pro příklad uvedme několik oblastí, které se mohou pyšnit největší tmou v České republice. Jizerskou oblast tmavé oblohy nebo Beskydskou oblast tmavé oblohy zná již spousta lidí. Existují však i další. Oblast Českého Švýcarska se za ní dá považovat stejně tak, jako oblast Manětínská. To jsou místa, která nám opravdu přinášejí největší požitek ze tmy, jaký můžeme na našem území zažít.

I na Slovensku, respektive na jeho východní hranici se nachází výborné místo k pozorování noční oblohy. Je to vlastně oblast vymezená třemi státy, Slovenskem, Polskem a Ukrajinou. Poloniny, jak se tento park nazývá, je jedním z největších parků tmavé oblohy a poskytuje nejlepší tmu na území Evropy vůbec. Těžko říct, zda bychom podobnou tmou našli někde jinde v Evropě. Dle mého názoru ani zbytek Evropy nám takto dobré pozorovací podmínky neposkytne. Dokonce ani v Alpách bychom světelného znečištění nebyli ušetřeni. Dá se říct, že i na vrcholcích hor můžeme vidět světelné zdroje nebo alespoň světla, která se od nich v atmosféře odráží.

Pokud bychom chtěli zažít opravdu dokonalou tmu na stupni 1, museli bychom se vydat daleko za hranice naší republiky, nejlépe do odlehlých pouští (např. poušť Atacama v Chile), vysoko do hor, do odlehlých částí oceánských ostrovů nebo

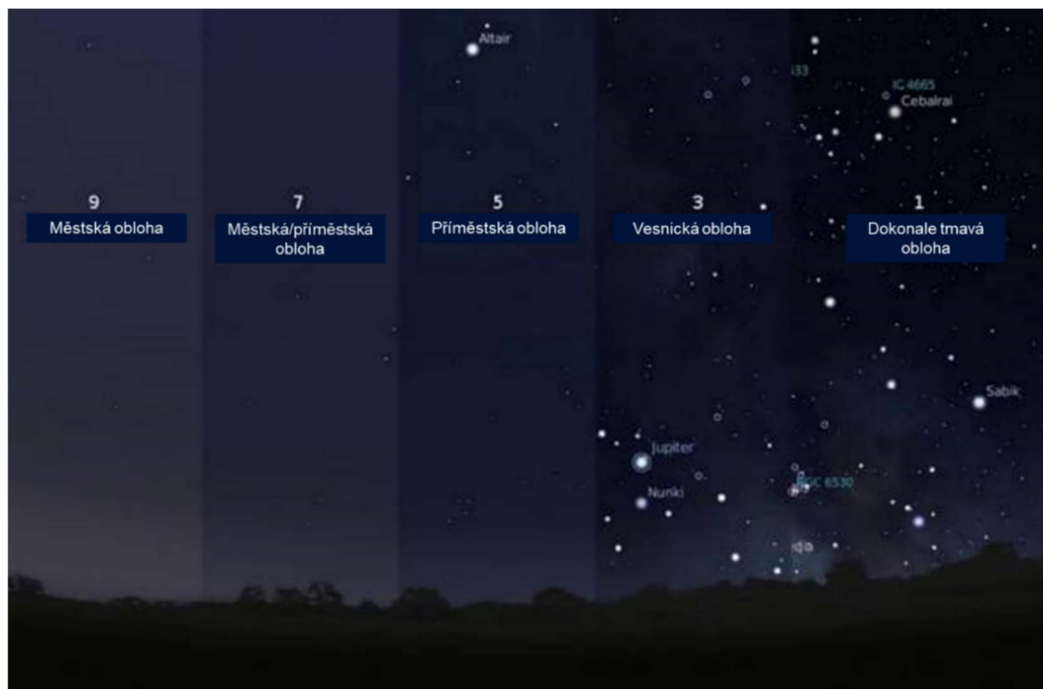
třeba na Nový Zéland, kde se také podle organizace Dark-Sky obloha s nejlepší tmou ještě vyskytuje (IDA, 2013). Astronomové také proto staví své pozorovací teleskopy v nejvyšších polohách jihoamerických And, nad hranicí 5000 m, kde mají pro pozorování otevřeného vesmíru nejlepší podmínky na Zemi. Dalším výborným pozorovacím místem jsou Kanárské ostrovy Tenerife a La Palma. Ty jsou navíc, jak již bylo výše řečeno, legislativně chráněny před znečišťujícím světlem. Lamp veřejného pouličního osvětlení je zde sice více, ale světelného smogu méně díky použitým technologiím. Používají se tam zejména nízkotlaké sodíkové výbojky, které vyzařují hlavně žluté a červené složky světla, které se nejméně rozptylují v atmosféře. Důvodů je samozřejmě více, ale jedním z těch stěžejních je jistě i malý dosah rušivého světla z okolních oblastí a tím i malé světelné znečištění. Avšak ani velká vzdálenost od silných zdrojů světla, kterými rozrůstající se města jistě jsou, jim nemůže zaručit, že uvidí slabě zářící nebo velmi vzdálené objekty ve vesmíru. A to zde mluvíme o astronomech profesionálech. Ale existuje ještě početnější skupina astronomů amatérů, která profesionály početně mnohonásobně převyšuje. A ti rozhodně nemají k dispozici někdy až astronomické rozpočty k tomu, aby se svým současným vybavením překonali rozptýlené světlo a mohli pozorovat vzdálený vesmír. Dalekohled amatéra je jen tak dobrý, jak dobrá je tma. Pozorování hvězd, respektive vesmíru se tak stává pro normálního člověka velmi obtížným. A zdá se, že ani profesionálové v oboru před sebou nemají dobré časy. Však také již mnohé astronomické observatoře z tohoto důvodu musely omezit nebo dokonce zcela ukončit svou činnost a byly prohlášeny za nadbytečné. Zřejmě proto se již uchýlili k pozorování vesmíru z oběžné dráhy Země, které jim přináší zatím nejlepší výsledky, protože snímky, které vzniknou na oběžné dráze, ve výšce kolem 600 km, nejsou ovlivněny zemskou atmosférou.

3.10.4. Bortleho stupnice (volná interpretace)

- **Stupeň 9: Obloha uvnitř velkoměsta**-Celá obloha bývá velmi jasně osvětlena. Lze vidět jen silně zářící objekty na obloze, která je velice světlá. Takové noční nebe je prakticky v každém velkoměstě.
- **Stupeň 8: Městská obloha**-V podstatě celé nebo v noci září bílou nebo oranžovou barvou a je velmi světlé. Mnohé známé hvězdy nejsou vidět. Bývá ve středu většiny velkých měst.
- **Stupeň 7: Příměstská/městská obloha**-Celá noční obloha a mraky jsou zespondu jasně osvětlené. Je vidět šedivý nádech mlhy. Silné zdroje umělého osvětlení jsou vidět v každém směru. Mléčná dráha je téměř nebo úplně

neviditelná. Tak to vypadá ve středních městech nebo krajních částech velkých měst

- **Stupeň 6: Světlá příměstská obloha**-Zde je již vidět slabě Mléčná dráha, ale pouze vysoko a v mlžném oparu. Obloha má slabý šedobílý nádech. Menší města a okolí velkých měst.
- **Stupeň 5: Příměstská obloha**-Velmi slabě je již vidět Mléčná dráha. Světla od městských částí jsou ve všech směrech patrná. Příměstská obloha. U nás většinou na příměstských nebo venkovských oblastech.
- **Stupeň 4: Venkovská/příměstská obloha**-Mraky slabě svítí od umělého světla. Nápadné světelné znečištění jsou vidět nad městy. Mléčná dráha je již celkem dobře viditelná, jen bez detailů. V odlehlých oblastech ji u nás můžeme spatřit.
- **Stupeň 3: venkovská obloha**-Známky světelného smogu viditelné na celém obzoru. Mraky bývají slabě nasvícené. Nad obzorem vidíme klobouky světla nad městem. U nás se vyskytuje pouze v parcích tmavé oblohy.
- **Stupeň 2: Skutečně tmavá obloha**-Letní Mléčná dráha se jeví jako bohatě strukturovaná. Výborně viditelné všechny hvězdy. U nás se nevyskytuje.
- **Stupeň 1: Vynikající, skutečně tmavá obloha**-Mléčná dráha v některých oblastech může i vrhat stín. Mnoho objektů vesmíru je dobře viditelných. U nás se nevyskytuje.



Obr. 14. Grafické znázornění Bortleho stupnice (zdroj: ČT, 2013)

Pojďme tedy chránit krajinu nejen ve dne, což je jistě jednodušší, ale také v noci. Tím, že jí dopřejeme přirozenou tmou, ve které byla po miliony let, pro ni uděláme velkou službu. Tma je pro krajinu a její obyvatele stejně důležitá, jako například zdroje vody, možnosti bezpečného úkrytu nebo dostatečné množství potravy.

Je jasné, že důležitost tmy se nedá ekonomicky vyjádřit. Jediné, co vyjádřit lze, jsou náklady na spotřebu energií zdrojů světla, které tmou překonávají a zakrývají hvězdy. Avšak hodnota hvězdné oblohy je nezměrná (Henderson, 2010).

Se světelným znečištěním by se vlastně dalo bojovat velmi snadno. Stačilo by jen „utéct“ před ním do místa, kam nezasahuje žádný zdroj světla. Ale to nikdo nedělá a všichni se drží své osvětlené ulity uvnitř měst. Spousta mladých lidí dokonce ani nikdy neviděla Mléčnou dráhu naživo, hlavně tedy ve městech. A možná, že ani nevědí, že něco takového existuje. Zdá se, že jsme o tmavou oblohu přišli nadobro, protože světla určitě neubude. Spíš naopak. Ekonomický pokrok tento trend možná spíše zrychlí. Po dlouhých letech pozorování je nám teď už známo, že území zasažená světelným znečištěním se každoročně zvětšují o 6 %. Ve městech je jas noční oblohy až o 20% vyšší v porovnání s tmavou noční oblohou. Pozorovatelnost Mléčné dráhy je ve městech naprosto minimální a na obloze je vidět maximálně 100 hvězd, a to ještě není vždy zaručené. Ale kdo se dnes ve městě zastaví a podívá na noční nebe? Jen málokdo, protože by stejně neviděl nic jiného, než ostré světlo z lamp svítících mu ostře do očí.

Jako lidstvo máme záznamy o kresbách fází měsíce, které jsou staré téměř 3000 let. To, co viděli naši předkové, však my už vidět nemůžeme. Oni však nebyli ovlivněni žádným světlem, které by se v atmosféře mohlo rozptýlit. A v případě, že nezměníme způsob, jakým se ke světelnému smogu budeme jako lidstvo dále stavět, už to ani nikdy nevidíme.

4. Metodika

Tato práce je práce prací řešebního typu a je zpracována na základě Metodického pokynu pro zpracování bakalářských prací na FŽP ze dne 19. 2. 2020. Následně bylo zařazena a provedena analytická část, kde jsem se snažil vyhledat zmínky o světelném znečištění v dokumentacích o posuzování vlivů záměrů na životní prostředí (EIA) a zjistit, zda je světlo do této plánovací dokumentace zařazeno a jak se s ním z hlediska ochrany před světelným znečištěním pracuje. Následně byla zpracována tabulka, která celou tuto část shrnuje. Na konec práce jsem zařadil i své

poznatky a zkušenosti s touto problematikou. K tomuto účelu byly také v únoru 2021 pořízeny autorem použité fotografie.

5. Moje zkušenosti se světelným znečištěním

Se světelným znečištěním se stejně jako já, setkal určitě už každý, jen si myslím, že ne každý mu věnuje dostatečnou pozornost. Ten, kdo tuto problematiku vnímá nebo sleduje delší dobu, je schopen kolem sebe identifikovat množství různých příkladů v různých oblastech, které by se daly s jistotou považovat za alarmující. Bylo by jich jistě několik stovek, ale to by jistě nemělo v této práci smysl uvádět. Jako ukázkou uvádím dva příklady spolu s fotografiemi z mého bezprostředního okolí, které považuji za jasné doklady o tom, že stále máme v této oblasti mezery. Stále totiž i ve svém okolí vidím případy, kterým je třeba věnovat pozornost.

Oba tyto příklady z mého okolí, jsou z mladoboleslavského okresu, který je velmi ovlivněn velkým podnikem, který se v jeho středu nachází. Celý okres je tedy orientován na průmyslovou výrobu. To se také odráží ve velké míře výrobních závodů a logistických center, které se na jeho území nachází. Z jedné velké průmyslové oblasti je první můj příklad. Na obr. 15 můžeme vidět výrobní závod. Respektive vidíme silnými zdroji světla osvětlená místa budov a parkovišť. V jeho blízkosti, v popředí, benzínovou pumpu. Obě tyto stavby jsou jasně přesvětlené, používají nekryté zdroje světla a svítí zbytečně do okolního prostředí. Benzínová pumpa navíc používá jako reklamní osvětlení výraznou modrou barvu světla, což je v kombinaci se silným světlem přicházejícím z vedle umístěného parkoviště další faktor, který se podílí na zhoršení životního prostředí a pro živočichy v něm žijící představuje značnou zátěž. Navíc je tato stavba jasným dominantním bodem v okolní krajině a v případě, že jedete kolem, jistě upoutá vaši pozornost. Modrá záře, která se ze stavby šíří do prostoru, je viditelná opravdu z velké vzdálenosti a kolem benzínové stanice vytváří jakousi modrou auru. Obě stavby navíc leží v bezprostřední blízkosti dálnice, ze které jsou také velmi dobře vidět. To je sice dobré pro ekonomický výsledek a jako marketingový tah jistě dobrá strategie, protože je to dobrá reklama, ale životnímu prostředí, které je těmito stavbami ovlivňované, to nepřináší žádná pozitiva.

Takových míst by však jistě mohl každý najít ve svém okolí několik, protože to bývají místa často identická. Spojuje je totiž jeden a ten samý prvek, což je právě nesmyslně ozářená obloha kolem nich a světlo šířící se až kilometry daleko od zdrojů světla, které ale takto intenzivně svítí naprosto zbytečně a pro nikoho. Velmi často

svítí i víkendech a dnech pracovního klidu, kdy je nikdo nepotřebuje a kdy by se bez nich každý obešel.



Obr. 15. Světelné znečištění v okolí dálnice D10. (zdroj: autor, 2021)

Jako druhý příklad z mého okolí jsem vybral klasického zástupce umělého osvětlení v obci. Jedná se o starý typ svítidla, používající naprosto nevyhovující kryt světla kulovitého tvaru.



Obr. 16. Nevyhovující osvětlení cesty (zdroj: autor, 2021)

Svítil sice hezky díky téměř dokonale průhledné kopuli, ale stává se v podstatě vysoce výkonným všesměrovým zářičem. O správné teplotě a barvě světla se také nedá mluvit. Lampa neobsahuje žádné filtry, kryty a ni jiná technická vybavení, která by expozici světla do prostoru alespoň v minimální míře eliminovala. Na fotografii (obr. 16) je vidět, že světlo z tohoto zdroje se šíří bez jakékoliv překážky i do prostoru, kde by být rozhodně nemělo. Obyvatelé z něj mají jistě užitek v tom smyslu, že nemusí svítit na svůj dvůr a přístupovou cestu k domu. Opačným pólem je osvětlená část domu, kde jsou okna do ložnic. Tam už pozitiva nevidím. Možná, že ve dne vypadá tato lampa výborně a z hlediska designu by proti ní nikdo nic neměl, ale ekonomického a ekologického hlediska je to katastrofa.

Jak je tedy vidět, povědomí o světelném znečištění možná nějaké existuje a snad každý o něm někdy slyšel. Bohužel praxe ukazuje, že jelikož toto znečištění neboli a ani nijak viditelně nic a nikoho nepoškozuje, nikdo nemá z vlastní iniciativy vůli něco měnit. O to smutnější to je v případě samospráv a organizací, které by se v tomto případě měli angažovat. Opět tedy necháváme vše na dobré vůli lidí a doufáme v lepší zítřky.

Jistě, že by se našlo mnoho dalších příkladů a každý by jich ve svém okolí několik našel. Účinnější by však bylo, kdybychom každý začal sám u sebe. Kdo z nás má osvětlenou zahradu například halogenovým světlem s vysokou intenzitou zdroje světla, by například mohl toto světlo využít jen případně, že bude potřeba, tedy v dobu, kdy bude mít smysl na zahradě svítit. Sám jsem to vyřešil instalací pohybového čidla s časovým přesahem a nastavitelnou intenzitou osvětlení. A samozřejmě výběrem světelného zdroje o správném spektrálním složení.

Další z oblastí, kterou může každý ovlivnit sám, je svícení ve vnitřních prostorech. Například v administrativních budovách nebo v jednotlivých kancelářích se také nemusí svítit tam, kde nikdo není nebo kde to není potřeba. Na chodbách mohou být například nainstalována pohybová čidla. Otázkou je i to, jestli je nutná tak silná intenzita světla dosahovaná většinou silnými zářivkovými zdroji. Nejlepším řešením by bylo, pokud by se využívalo denního světla, které k nám okny proudí. Mnoho místností však bývá ve dne zatemněno, aby se dalo využívat interaktivního prostředí a pomůcek, které nám současná doba radí používat. Díky projekci na plátno v zatemněné místnosti tak přicházíme o denní světlo, které je pro nás ve dne mnohem přirozenější než světlo umělé. A děje se to nejen v kancelářích, ale už i ve školách, kde se interaktivní pomůcky používají ve stále větším měřítku. Školní třídy zatáhnou rolety, aby se žákům mohlo promítat učivo na projekční plochu, a oči musí opět

přivykat jiným světelným poměrům. A takto se to děje několikrát denně. Světlo, které vyzařuje z interiéru do venkovních prostor je totiž díky velkým proskleným plochám také velmi silným zdrojem světelného znečištění ve vnějším prostředí.

6. Výsledné zhodnocení

Co se týká hodnocení samotného světelného znečištění a jeho vlivu na životní prostředí je jasné, že ač povědomí o tomto problému vzrůstá, a to nejen v kruzích odborných, nýbrž i v kruzích laických, neodborných, tak se bohužel ještě nedostalo na úroveň, kdy bychom mohli říct, že jeho intenzita klesá. A je otázkou, zda se to někdy povede. Ačkoli se tato problematika dostala i do státní politiky životního prostředí s určitou vůlí toto řešit, je prozatím povědomí a osvěta v této oblasti nedostatečná, lépe řečeno, je na počátku svého působení. Bez častějšího zmiňování a popularizování této oblasti se nikam neposuneme. Určitě by prospělo i zavedení minimálně obecně vzdělávacího programu do škol až na úroveň středního školství, samozřejmě se základy povědomí o ochraně přírody již ve školství základním. Znalosti, které společnost dostane do povědomí a podvědomí by se měli budovat a intenzifikovat tak, abychom se všichni společně mohli podílet na zlepšování kvality nejen v oblasti snižování světelného znečištění, ale komplexně ve všech oblastech antropogenního zasahování do chodu přírody a jejích zákonitostí.

Z praktického hlediska jsem zanalyzoval tu část, která se zabývá posuzováním vlivů na životní prostředí. Jak jsem výše zmínil, Ministerstvo životního prostředí vydalo v rámci projektového, respektive technického plánování (EIA) Metodický pokyn k předcházení a snižování světelného znečištění. Pokusil jsem se zjistit, jak je tedy a v jaké míře tato problematika posuzována, je-li vůbec. Úkolem posuzovatele je v tomto případě posoudit, zda je problematika světelného smogu ve veškeré dokumentaci dostatečně zpracována a jestliže nejsou, má za úkol navrhnout některá opatření, která by mohla vést k preventivnímu opatření vůči němu nebo ho minimalizovat. Zároveň by v případě, že posuzovatel shledá dostatečně velkou možnost či pravděpodobnost výskytu světelného znečištění, měl k tomuto vyjádření přihlížet i příslušný úřad a dohlédnout na jejich odstranění například správným ustanovením podmínek.

V tabulce níže uvidíme vybrané záměry, které by dle mého názoru měli být řešeny a posuzovány i vzhledem k výskytu světelného znečištění. Takové, které určitě nějakým způsobem budou do svého okolí vyzařovat světlo a které tedy nějakou mírou světelného záření do svého okolí budou jistě šířit. Jsou to záměry vybrané napříč celým spektrem oblastí a jsou záměrně vybrány bez ohledu na stadium posuzování

a čas posuzování. Žádný z nich není nijak upřednostňován před ostatními nebo jinak preferován ani z hlediska osobních preferencí. Zajímalo mne jen to, zda je někde v průběhu posuzování, v jakékoli části celého procesu, alespoň zmínka o světelném znečištění, popřípadě dány nějaké návrhy na jeho řešení nebo požadovány jakékoli úpravy projektu nutné pro jeho schválení.

Název záměru	kód	kraj	stav	datum	SZ řešeno	připomínky
D4-Křižovatka Milín-Mirotice.	MZP 479	Středočeský	Stanovisko	09.11.2018	NE	hluk, nárazy ptáků do protihlukových stěn
Obchodní dům Kaufland Troja	PHA1066	Hl. m. Praha	Zjišťovací řízení	18.05.2018	NE	dopravní zátěž, vliv na krajinný ráz
Parkoviště nemocnice Beroun	STC1600	Středočeský	Posudek	20.09.2015	ANO	odtok vody, ochrana okolí před světlem
D6 obchvat Řevničov, Lubenec.	OV4001	Ústecký	Stanovisko	27.01.2017	NE	hluk, migrační prostup, krajinný ráz
OD Kaufland Rožnov p. R.	ZLK495	Zlínský	Stanovisko	20.06.2019	ANO	správné typy svítidel
Větrný park Přísečnice	ULL430	Ústecký	Stanovisko	25.02.2021	ANO	stínidla, intenzita světla
D11 HK-Smičice	OV6001	Královéhradecký	Stanovisko	08.12.2016	NE	úprava vodních toků, hluk, znečišt. vody
Opava Sportoviště-bazén	MSK1425	Moravskoslezský	Nepodléhá posuz	19.07.2010	NE	odtok odpadní vody+kvalita odp. vod
Osvětlení sjezdové tratě Bílá	LBK084	Liberecký	Ukončeno	16.03.2012	ANO	clonící prvky, stínící technika, nárůst světla
Mléčná farma Hrádek	STC2203	Středočeský	Stanovisko	29.03.2019	NE	zoohygiena, odpadní vody, zápach, hnůj
OD Kladno-Arménská	STC2218	Středočeský	Stanovisko	25.09.2019	NE	zeleň, prach, hluk
Výrobní areál AAS Milovice	STC2172	Středočeský	Stanovisko	14.08.2019	NE	nebezpečné látky
Větrný park Chomutov	MZP028	Ústecký	Stanovisko	27.05.2019	ANO	bez trvalého světla, minimum intenzity
Logistický areál KV Hory II	KVK449	Karlovarský	Stanovisko	26.11.2013	NE	Akustická úroveň, dopravní zatížení
PH Park Teplice	ULK1083	Ústecký	Stanovisko	15.10.2020	ANO	výška osvětlení, správný směr osvětlení
Residenční park Brno	JHM1566	Jihomoravský	Oznámení	11.01.2021	NE	prašnost, hluk, vibrace při stavbě, odpady
Průmyslová zóna Soběslav	JHC938	Jihočeský	Zjišťovací řízení	29.06.2020	ANO	navrženy LED svítidla
Produkční stáj Vadín	VYS739	Vysočina	Stanovisko	21.10.2015	NE	uhynulé kusy, hnojiva, zápach amoniaku
Komplex odp.hosp.Bratčice	OV7107	Jihomoravský	Stanovisko	31.07.2012	NE	kontaminace půd,zákaz nočního provozu
Rozšíření SKI areálu Hrubá V.	OLK880	Olomoucký	Rozhodnutí	28.01.2019	ANO	Nesmí být provozováno v noci
Sendražice povrch těžba písku	KHKK949	Královéhradecký	Stanovisko	28.12.2020	NE	hluk, prašnost
Lyž. Vlek a svah s osvětlením	LBK084	Liberecký	Stanovisko	26.08.2005	ANO	nárůst osvětlení, ukončeno-zdroje vody
Pokračování těžby Turow-PL	MZP049M	Polsko	Rozhodnutí	11.02.2021	ANO	snížit intenzitu osvětlení lomu a skleníků
OC Aréna Plzeň	PLK1443	Plzeňský	Stanovisko	11.02.2016	NE	prachové částice PM2,5, benzo(a)pyren
Polyfunkční domy Lužiny P13	PHA880	Hl. m. Praha	Stanovisko	16.06.2016	ANO	zamezit svícení do oken po 22.00 hod

Tab. 1. Přehled záměrů EIA z hlediska posouzení světelného znečištění (zdroj: autor.)

Jak je vidět, světelné znečištění nebo nežádoucí účinky světla se řeší. Nějak. Avšak otázkou zůstává, v jakém rozsahu a jak jsou plněna doporučení, která jim mají zabráňovat. Na papíře to napsané být může, ten snese vše. Realita je však stále jiná a vymahatelnost stále malá. Nicméně už to, že sem byla tato problematika zařazena, je dobrým impulsem k ještě silnějšímu tlaku na investory a projektanty, aby ve svých plánech mysleli i na znečišťující účinky světla.

7. Diskuse

7.1. Obecný přístup

K zodpovězení otázek ohledně světelného znečištění je v současné době zpracováno již relativně mnoho studií. Ovšem opravdu jen relativně. Rozsah oblastí, které by tyto studie potřebovaly je obrovský. Mnozí ekologové, lékaři nebo biologové však stále nejsou o negativních vlivech světelného smogu přesvědčeni. Mnozí tvrdí, že aktuálně je ještě dostupných jen málo informací o tom, jak silné jsou následky umělého osvětlení v noci, jak silné jsou příspěvky rozptýlených, přímých, stálých nebo přerušovaných zdrojů světla a jakou cestou mohou být jejich dopady minimalizovány (Bennie et al., 2016). To je jistě pravda a bez dalších studií budeme mít jen malou šanci tonuto tématu dostatečně porozumět. Ke skutečnému poznání je potřeba dodávat stále nové poznatky o povaze nebeské záře a je nejlepší k tomu využít nejnovější výpočetní techniku (Gaston, 2015, Kocifaj, 2019). Další výzkumy v tomto oboru samozřejmě musí následovat a rozšiřovat ty předchozí. Musí se rozšiřovat pole působnosti a zabývat se nejen samotným světelným smogem, ale také dalšími souvislostmi, které za působení světla v přírodě pozorujeme. Mohou jimi být například interakce mezi druhy, které řídí složité evoluční procesy v ekosystémech (Walther 2010, Sanders, Gaston 2018). Je také potřeba zavést nové indikátory, které nám pomohou měřit a kvantifikovat změnu množství světla v krajině nad rámec prostého pozorování z určité linie pohledu, což může být v mnohých případech pouze subjektivní (Cinzano, 2014 b).

7.2. Působení na živé organismy

Ovšem jakým směrem bychom se měli přednostně ubírat, zda zkoumat vliv na ptáky, hmyz, rostliny, člověka, to nám nikdo neporadí. Každý vědec by se na tuto problematiku mohl podívat z perspektivy svého oboru. Otázkou je, zda má věda zájem. Některá odvětví ano, jiná méně. Tam, kde u ptáků vidíme chování typu „let za světlem“ a kde jsou hmyzí opylovači přitahováni světelným zdrojem, není v současné době dostatečně vysvětleno, do jaké míry má osvětlená vegetace vliv na koncentraci jejich opylovačů nebo jestli přítomnost světla funguje jako světelná past či bude mít

rušivý účinek a sníží míru opylování (MacGergor et al., 2014). Data z posledních studií ukazují, že méně láká hmyz LED zdroj než klasická žárovka (Justice J., Justice T., 2016). Proti tomu ovšem stojí zažitá skutečnost, že se používají naprosto minimálně. Ostatně některá města se s tímto snaží vyrovnat na základě vývoje konceptu inteligentních měst, což však vyvolalo mnoho otázek, včetně světelného znečištění (Ziou, Kerouh, 2018). Doufejme, že v nejbližší době se nám dostane tyto otázky také odpovědí.

Výzkum chování některých zvířat také nepřinesl výsledky tak jednoznačné, jak se čekalo. Zvířata také mohou upřednostňovat jiné faktory ochrany před světlem, které se světelným znečištěním třeba vůbec nesusouví. Například výška vegetačního pokryvu, jeho hustota, povrch, po kterém se pohybují nebo provoz a velikost či přítomnost jiných druhů, které se na území pohybují, mohou hrát velkou roli. Dravé druhy, jako například liška obecná (*Vulpes vulpes*), hranostaj (*Mustala erminea*) nebo lasička (*Mustala nivalis*) preferují naopak osvětlené oblasti (Berger et al., 2020).

Mechanismy, které podporují negativní dopady působení umělého světla používaného v noci, jsou stále nepolapitelné a podezřelé, jako například potlačení produkce melatoninu, respektive výsledky účinku sníženého množství melatoninu, a přestože je poznání v této oblasti již lepší než před nedávnem, stále nám chybí rozsáhlé mezidruhové studie a naprosto přesvědčivé důkazy o negativních účincích nočního osvětlení (Jones, 2015).

7.3. Shrnutí

Vidíme tedy, že názory vědců, natož laické veřejnosti nejsou ještě ustálené a rozhodně nejsou jednoznačné. Mnozí odborníci se také neshodnou, zda a jak nám tento fenomén škodí. Je to vždy otázkou dostupných informací a vůle se k nim dostat a prostudovat je. Rozhodně však v této oblasti věda nepolevuje. Již dnes si můžeme vyhledat v dostupných materiálech různých univerzit, knihoven nebo i internetových stránkách nejen odborných institucí velké množství článků, které se touto problematikou zabývají. A jistě jich bude přibývat stejně, jako bude zřejmě přibývat i světelného znečištění. Nové zdroje světla, ale bez jejich použití a bez nového přístupu, se světelného znečištění nezbavíme.

Z mého pohledu je světelné znečištění problémem velkým a nestále se zvyšujícím. A pokud se nezačne řešit na vyšších úrovních řízení, tzn. na úrovni státních politik, budeme mít v budoucnu o další velký ekologický problém zřejmě na dlouho postaráno.

8. Závěr

Světelné znečištění se pro ekology stává stále větším zdrojem nejistoty a obav. Přesto, že se stává problémem doslova stále viditelnějším, lidstvo se na něj dostatečně nesoustředí a nechává jej se pouze vyvíjet vlastní cestou. Že nám však jako obyvatelům této planety přináší mnohá příkoří je nezpochybnitelný a mnoha výzkumy podpořený fakt. Změnou vzorců aktivit mnoha živočichů ovlivňuje jejich individuální kondici, mění i mezidruhové interakce jakými mohou být predace nebo soutěžení o zdroje potravy. Mění se druhové složení různých ekosystémů, do kterých se dostávají druhy dříve v nich nepřítomné.

Světlo je velmi důležité a je možné, že se všechny organismy v budoucnu adaptují i na noční osvětlení. K tomu je však ještě zapotřebí ujit dlouhou cestu a nikdo neví, zda k tomu opravdu dojde. Je také možné, že v budoucnu porozumíme všem mechanismům, které mají spojitost s rekceci organismů na umělé světlo. Tyto změny však dosud nenastaly. Proto je potřeba pokračovat ve výzkumech a snažit se o porozumění těmto změnám, za kterými stojí nepochybně člověk.

Mluvíme-li o znečištění životního prostředí, máme většinou na mysli stav vody, lesů, půdy a vzduchu. Ale světlo je zdá se dalším hráčem na tomto velkém hřišti.

Svět je kontaminován světlem, to je stále jasnější a jasnější.

9. Přínos práce

Přínos práce vidím hlavně v určitém zpřehlednění problematiky, i když velmi obecném. Měla by sloužit jako určitá retrospektiva celého problému a tím pádem podat ucelenou informaci o stavu světelného znečištění. Je potřeba vnímat složitost celé této oblasti, do které spadá mnoho oborů a která se musí řešit systematicky. Možná i po malých krůčcích.

10. Doporučené zdroje a literatura

- ♣ Bennie J., Dawies T. W., Cruse D., Gaston K. J. 2016: Ecological effects of artificial light on wild plants, *Journal of ecology* s 611-620. (a)
- ♣ Bennie, J., Davies, T., Duffy J., Inger R., Gaston K., 2014: Contrasting trends in light pollution across Europe based on satellite observed night time lights, *Sci Rep* 4, 3789. (b).
- ♣ Berger A., Briseidal L., Barthel L., M.F, Schubert N., 2020: Moving in the Dark- Evidence of artificial Light at night on the movement behaviour of european Hedgedogs (*Erinaceus Europaeus*), *Animals*, 10(8), 1306, s 16.
- ♣ Breier P. 2006: Effects of artificial night lighting on terrestrial mammals. *Ecological consequences of artificial night lighting*, s 19-42.
- ♣ Brigs W. 2006: Physiology of plants responses to artificial lighting. *Ecological consequences of artificial night lighting*, s 389-411.
- ♣ Brzobohatá I. 2016: Výskyt netopýrů v panelových domech. Masarykova Univerzita. Přírodovědecká fakulta. Brno. 57 s. (bakalářská práce) „nepublikováno“, Dep. Is.muni.cz.
- ♣ Buchanan B.W. 1993: Effects of enhanced lighting on the behavior of nocturnal frogs, *Animal behaviour*, vol. 45, s 893-899.
- ♣ Buij R., Gschweng M. 2017: Nocturnal hunting by eleonoras falcons *falco eleonora* on their breeding and non-breeding grounds. *Acta ornitologica* 52(1), s 35-49.
- ♣ Cinzano P., Falchi F., Elvidge C. 2001: The first World Atlas of the artificial night sky brightness, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Volume 328. Issue 3. s 689-707, (a).
- ♣ Cinzano P., Falchi F. 2014: Quantifying light pollution. *Journal of quantitative spectroscopy and radiative transfer* 139, s 13-20 (b).
- ♣ Chepesiuk R. 2009: Missing the dark: health effects of light pollution. *Environ health perspectives* ,117(1): s 20-27.
- ♣ Claustrat B., Leston J. 2015: Melatonin: Physiological effects in humans. *Neurochirurgie* 61/2, str. 77-84.
- ♣ Davies T.W., McKee D., Fishwick J., Tidau S., Smyth T. 2020: Biologically important artificial light at night on the seafloor. *Sci Rep* 10, 12545.
- ♣ Dominoni D.M., Nelson R.J. 2018: Artificial light at night as an environmental pollutant: an integrative approach across taxa, biological functions, and scientific disciplines. *Journal of experimental zoology. Pat A, Ecological and integrative physiology*, 329, (8-9), s 384-393.

- ♣ Dvořáček Vladimír. 2008: Světelné zdroje-vysokotlaké rtuťové výbojky, směšové výbojky. Světlo, FCC Public. s 56-58
- ♣ Elgert CH., Hopkins J., Kaitala A., Candolin U. 2020: Reproduction under light pollution: Maladaptive response to spatial variation in artificial light in a glow-worm. Proceedings of the royal society B: Biological Sciences. vol 187, issue 1931, s 1-7.
- ♣ Erland L., Saksena P. 2017: Melatonin, natural health products and supplements: Presence of serotonin and significant variability of melatonin content. Journal of clinical sleep medicine 2017, čl. 13(2), s 275-281.
- ♣ Flowers N.D., Gibson D.J. 2018: Quantified effects of artificial versus natural nighttime lighting of the eurasian grasses *Bothriochloa bladhii* (Poaceae) and *Bothriochloa ischaemum* (Poaceae) and the north american grasses *Panicum Virgatum* (Poaceae) and *Sorghastrum Nutans* (Poaceae). The Journal of the Torrey Botanical Society, 145(2), s 147-155.
- ♣ Frank K. D. Impact of outdoor lighting on moth. 1991: International Astronomical Union Collogium 112, s 51.
- ♣ Fuksa A. 2006: Světlo a biologické hodiny. Světlo, FCC Public, s 56-58.
- ♣ Gaston K., Visser H.E., Hoelker F. 2015: The biological impacts of artificial light at night: the research challenge, Philosophical transactions of the royal society B, s 370.
- ♣ Green J., Perkins C. Steinbach R., Edwards P. 2015: Reduced street lighting at night and health: A rapid appraisal of public views in England and Wales', Health & Place, 34, s 171-180.
- ♣ Grenis K., Murphy S. 2019: Direct and indirect effects of light pollution on the performance of an herbivorous insect. Insect science 26 (4), s 770-776.
- ♣ Habel Jiří a kol. 2013: Světlo a osvětlování. FCC Public, Praha. 624 s.
- ♣ Henderson D. 2010: Valuing the stars: On the economics of light pollution. Environmental philosophy, 7/1, s 17-26.
- ♣ Holzman D. 2010: What is in a colour? The unique human Health effects of blue light, Environ Health Perspect 118(1), s 22-27.
- ♣ Illnerová H., Vaněček J. 1979: Effects of one-minute exposure to light at night on rat pineal serotonin N-acetyltransferase. Progress in brain research, Elsevier. s 241-243.
- ♣ Jones M., Durrant J., Michaelidis E, Green M. 2015: Melatonin: a possible link between the presence of artificial light at night and reduction in biological

fitness. *Philosophical transactions of the royal society B: Biological sciences* 370/1667, 20140122

- ♣ Justice M. J., Justice T. J. 2016: Attraction of Insects to incandescent, Compact fluorescent, Halogen and Lamps in a light trap: Implications for light pollution and urban ecologies. *Entomological News*, 125/5 s 315-326.
- ♣ Kocifaj M., Solano-Lamphar H, Videen G. 2019: Night-sky radiometry can revolutionize the characterization of light-pollution sources globally. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(16), s 7712-7717.
- ♣ Macgregor, C.J., Pocock, M.J.O., Fox, R. Evans, D.M. 2014: Pollination by nocturnal lepidoptera, and the effects of light pollution: a review. *Ecological Entomology* 2014, 40, s 187–198.
- ♣ Milius S. 2017: Light pollution foils plant pollinators, *Science news*, 192/3, s 10.
- ♣ Moldan B. 2015: *Podmaněná planeta*, Nakladatelství Karolinum, Univerzita Karlova. Praha. 497 s. ISBN 978-80-246-2999-5.
- ♣ Monzer L. 2002: Umělé osvětlení v obytných prostorech - 1.část. *Světlo*, č.2, FCC Public, s 42-43.
- ♣ Rodrigez A., Garsia D., Rodrigez B., Cardona E., Parpal L., Pons P. 2015: Artificial lights and seabirds: is light pollution a threat for the Threatened balearic petrels? *Journal of ornithology*, 156/4, s 893-902.
- ♣ Sanders D., Gaston KJ. 2018: How ecological communities respond to artificial Light at night, *Journal of experimental zoology, Part A: Ecological and integrative physiology*, s 394-400.
- ♣ Sedlecký L., Albrechtová J., Čížková V. 2018: Vliv orientovaného světelného záření na růst a vývoj rostlin-pokusy pro výuku fototropismu v biologii rostlin. *Biologie-chemie-zeměpis*, roč. 27, č. 3, str. 3-11.
- ♣ Singhal R.K., Kumar M, Bose B. 2018: Eco-physiological responses of artificial night light pollution in plants, *Russian journal of plant physiology* 66/2. s 190-202.
- ♣ Stone T., Santoni de Sio. F., Vermaas P. 2020: Driving in the dark: Designing autonomous vehicles for reducing light pollution. *Science and engineering ethics*, 26/1. s 387-403.
- ♣ Škvareninová J., Tuhárska M., Škvarenina J., Babálová D., Slobodníková L., Slobodník B., Středová H., Mindáš J. 2017: Effects of light pollution on tree in the urban environment. *Moravian geographical reports* 25(4), s 282-290.

- ♣ Takemiya A., Inoue S., Doi M., Kinoshita T., Shimazaki K. 2005: Phototropins promote plant growth in response to blue light in low light environments, The plant cell, 17/4, s 1120-1127.
- ♣ Thessin R., Beaty J. K. 2002: Bright lights, big problems. Sky&Telescope, vol14/6, s 32-38.
- ♣ Truscott Z., Booth D.T, Limpus C.J. 2017: The effect of on-shore light pollution on sea-turtle hatchling commencing their off-shore swim. Wildlife Research, 44/2, s 127-134.
- ♣ Tuhárska M., Krnáčová D., Škvareninová J., Hribik M. 2016: Intensity of light pollution and its impact on phenological phases of trees. Mendel and bioklimatology. s 398-403.
- ♣ Vidovicova L., Galčanová L., Petrová Kafková M., Sýkorová D. 2013: Stáří ve městě, město v životě seniorů. Slon, Praha-Brno 2013, s 41-59. ISBN 978-80-7419-141-1.
- ♣ Walker M. 2018: Proč spíme. Jan Melvil Publishing s.r.o. Brno. 416 s. ISBN 978-80-7555-050-7
- ♣ Walther G.R. 2010: Community and Ecosystem responses to recent climate change. Philosophical transactions of the royal society B, 365/1549, s 2019-2024.
- ♣ Ziou D., Kerouh F. 2018: Estimation of light source colours for light pollution assesment. Environmental Pollution, 236, s 844-849.
- ♣ Zissis G. 2020: Sustainable lighting and light pollution: A critical Issue for the present generation, a challenge to the true. Sustainability 12(11), 4552

10.1. Internetové zdroje

- ♣ Brychtová J., Hollan J., Krause J. 2015: Vyhodnocení vlivu umělého osvětlení vybraných lyžařských areálů na přírodu a krajinu území KRNAP a jeho chráněná pásma (online), [28.12.2012]. Dostupné z: <http://amper.ped.muni.cz/noc/krnep>
- ♣ Hollan J. 2004: Světlo jako polutant nočního prostředí: současný stav, dopady cesty k nápravě (online), [15.12.2020]. Dostupné z: [DenZeme04.pdf \(muni.cz\)](#).
- ♣ Hollan J., Forejt M., Skočovský K. 2004: Mapování světelného znečištění a negativní vlivy osvětlování umělým světlem na živou přírodu na Území České republiky (online) [2.1.2021]. Dostupné na: [zprava_noc.pdf \(muni.cz\)](#)

- ♣ Hrivňák D. 2004: Kvantová fyzika Ostravská univerzita (online) [10.12.2020], Dostupné na https://is.muni.cz/el/ped/podzim2015/FY2BP_TF2/um/kvantdist.pdf
- ♣ IDA (2013), International Dark-Sky Asociation, online, dostupné na www.darksky.org/light-pollution [21.1.2021]
- ♣ Martin Mašek, 2017: Nalezneme u nás ještě tmavou oblohu? (online) [16.1.2021], dostupné z: <https://www.astro.cz/clanky/svetelne-znecisteni/nalezneme-u-nas-tmavou-oblohu.html>,
- ♣ MŽP ČR, ©2018: Ztlumte to. Ministerstva začínají řešit 14 úkolů pro omezení světelného znečištění v ČR (online) [15. 2. 2021], dostupné z: http://www.mzp.cz/news.cz/news_180321_SZ
- ♣ Žďárek J. 2003: S čím evoluce hmyzích instinktů nepočítala. Vesmír 82, (online) [21.1.2021], Dostupné z: [S čím evoluce hmyzích instinktů nepočítala - Časopis Vesmír \(vesmir.cz\)](http://www.vesmir.cz),

10.2. Zdroje obrázků

- ♣ Obr.1: www.ispanek.cz/modre-svetlo
- ♣ Obr.2: <http://www.docplayer.cz/docs-images/91/105138973/images/27-0.jpg>
- ♣ Obr.3: http://svetlo.astro.cz/obce/osv_obce5.html
- ♣ Obr.4: www.astro.cz/images/obrazky/velke/104734.png
- ♣ Obr.5: www.svetlo.cz/denni/rytmy/lidskeho/tela.jpg
- ♣ Obr.6: www.luxvitaest.cz/wp-content/uploads/2015/02/ohen.jpg
- ♣ Obr.7: www.slideplayer.cz/slide/2507945/9/images/klasicka+žárovka+1.+vlákn+o+%28wolfram%29+nosné+háčky.jpg
- ♣ Obr.8: www.slideplayer.cz/slide/2311365/8/images/70/sodikova+výbojka+vysokotlaká+nízký+tlak+par+sodíku.jpg
- ♣ Obr.9: www.elektro.tzb-info.cz/docu/clanky/0083/00834301.png
- ♣ Obr.10: www.lxf.cz/co-je-teplota-barvy-svetla/
- ♣ Obr.11: www.svetelneznecisteni.cz/img-content/10.jpg
- ♣ Obr.12: www.naturfoto.cz/fotografie/ptaci/sokol-stehovavy-106924.jpg
- ♣ Obr.13: www.zoocam.info/wp-content/uploads/2020/04/3.png
- ♣ Obr.14: [Tma jako v Beskydech není nikde jinde v republice — Zprávy — Zpravodajství Ostrava — Česká televize \(ceskatelevize.cz\)](http://www.zpravy.cz/zpravodajstvi-ostrava-ceska-televize)
- ♣ Obr.15. foto autor, Bakov nad Jizerou. 2. 3. 2021
- ♣ Obr.16 foto autor, Kněžmost, 2.3.2021

10.3. Zdroje tabulek

- ♣ Tab. 1. autor, Kněžmost, 10. 3. 2021.