



Měření světelného znečištění pomocí běžně dostupných optických zařízení

Bakalářská práce

Studijní program: B1101 – Matematika
Studijní obory: 7504R015 – Matematika se zaměřením na vzdělávání
7504R181 – Geografie se zaměřením na vzdělávání (dvouoborové)

Autor práce: **Markéta Jeřábková**
Vedoucí práce: prof. Ing. Josef Šedlbauer, Ph.D.





Measuring Light Pollution with Common Optical Devices

Bachelor thesis

Study programme: B1101 – Mathematics
Study branches: 7504R015 – Mathematics for Education
7504R181 – Geography and Geographical Education

Author: **Markéta Jeřábková**
Supervisor: prof. Ing. Josef Šedlbauer, Ph.D.



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Markéta Jeřábková**
Osobní číslo: **P14000106**
Studijní program: **B1101 Matematika**
Studijní obory: **Matematika se zaměřením na vzdělávání**
Geografie se zaměřením na vzdělávání (dvouoborové)
Název tématu: **Měření světelného znečištění pomocí běžně dostupných optických zařízení**
Zadávací katedra: **Katedra geografie**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Světelné znečištění způsobené rozptýleným světlem z umělých zdrojů zhoršuje kvalitu prostředí s prokazatelnými dopady na zdraví a bezpečnost lidí i zvířat. Cesta k omezení tohoto problému spočívá ve správném výběru svítidel, stanovení pravidel pro venkovní osvětlení a v úsporných osvětlovacích postupech.

Podstatnou součástí řešení je zapojení veřejnosti a udržování zájmu o světelné znečištění, které jsou hnací silou potřebných technických a legislativních změn. Mezinárodní program Globe at Night shromažďuje pozorování světelného znečištění a nabízí nástroje pro jejich vyhodnocení. Jde o dlouhodobě úspěšný příklad "citizen science", ve kterém velký počet vědeckých amatérů společně dosahuje výsledků mimo záběr běžných vědeckých týmů.

Světelné znečištění lze měřit pomocí speciálních optických zařízení. Program Globe at Night staví na pozorování noční oblohy prostým okem. V současné době se objevily aplikace pro novější modely chytrých telefonů, které využívají zabudované optiky k měření intenzity světelného smogu.

Cílem práce je ověřit využití těchto relativně běžných technologií k měření světelného znečištění. Kromě rešeršní části budou provedeny i vlastní testy a to v urbanizované oblasti (město Liberec) a v přilehlé Jizerskohorské oblasti temné oblohy.

Rozsah grafických prací: dle potřeby

Rozsah pracovní zprávy: cca 45 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

AUBÉ, M., ROBY, J.: Sky brightness levels before and after the creation of the first International Dark Sky Reserve, Mont-Mégantic Observatory, Québec, Canada. *Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer*, 139, 52-63 (2014).

GASTON K.J., DUFFY J.P., BENNIE J.: Quantifying the erosion of natural darkness in the global protected area system. *Conservation Biology*, 29, 1132-1141 (2015).

KYBA, C.C.M. et al.: Worldwide variations in artificial Skyglow. *Nature Sci. Rep.*, 5:8409, DOI: 10.1038/srep08409.

STARÝ, J.: Světelné znečištění ovzduší. Diplomová práce, UP Olomouc (2013).

Webové stránky:

<http://darksky.org>

<http://www.darks skiesawareness.org>


<http://www.globeatnight.org>

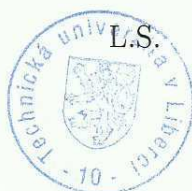
Vedoucí bakalářské práce: prof. Ing. Josef Šedlbauer, Ph.D.


Katedra chemie

Datum zadání bakalářské práce: 27. dubna 2016

Termín odevzdání bakalářské práce: 28. dubna 2017


prof. RNDr. Jan Pícek, CSc.
děkan




doc. RNDr. Branislav Nižnanský, CSc.
vedoucí katedry

dne

17 -05- 2016

Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum: 18. 4. 2017

Podpis: 

Poděkování

Děkuji panu prof. Ing. Josefu Šedlbauerovi, Ph.D. za cenné rady, věcné připomínky a ochotu, kterou mi při zpracování bakalářské práce věnoval.

Anotace a klíčová slova

Bakalářská práce se věnuje světelnému znečištění. Přibližuje danou problematiku a představuje možná opatření, kterými může k omezení světelného smogu přispět každý z nás. Prostřednictvím rešeršní části seznamuje s několika odbornými studiemi z Velké Británie, Kanady a Německa. Zabývá se také negativním vlivem světelného znečištění na přírodu a organismy včetně člověka.

V práci jsou představeny různé metody, kterými lze množství světla měřit, a také projekty a organizace, díky nimž se člověk může zapojit do celosvětových projektů a získávat data o stavu oblohy v místě, kde žije. Na základě výsledků měření přímo v terénu jsou porovnávány vybrané lokality a ověřeny předpoklady chování oblohy na daných místech. Kromě porovnání urbanizované části Liberce s Jizerskou oblastí tmavé oblohy jsou její součástí také data ze Slověnického mlýna, okolí Jičina a Mladé Boleslavi. Součástí práce je i představení problematiky dětem, které se snaží inspirovat, pracovat s nimi a o možnostech omezení problému s nimi diskutovat.

Klíčová slova: světelné znečištění, lidské zdraví, Jizerská oblast tmavé oblohy, Dark-Sky Meter, Loss of the Night, Sky Quality Meter.

Annotation and key words

Bachelor thesis is dedicated to light pollution. The text introduces this issue and shows some possible precautions how everyone can help to decrease a light pollution. Several scientific studies from Great Britain, Canada and Germany are discussed as a background. The thesis also attends to a negative impact of light pollution on nature, organisms and humans.

Several different methods of measuring light pollution are described as well as projects and organizations that one can join and then achieve some data about the condition of the sky from the specific region. The results of field measurements are presented from various sites and assumptions of the behaviour of the sky are verified. The results from urbanized area of the city of Liberec are compared with Ižera Dark-Sky Park, the thesis contains also some findings from Slověnický mlýn, Jičín and Mladá Boleslav surroundings. The thesis introduces this issue to children trying to inspire them, work with them and discuss with them this problem.

Key words: light pollution, human health, Izerá Dark-Sky Park, Dark-Sky Meter, Loss of the Night, Sky Quality Meter.

Obsah

Seznam obrázků a grafů	10
Seznam tabulek.....	11
Seznam použitých zkratk a symbolů	12
Úvod.....	14
Cíle práce a její struktura.....	15
1 Teoretická část: současný stav	16
1.1 Kvantifikace poškození přírodní tmy v globálně chráněné krajině.....	17
1.1.1 Souhrn.....	17
1.1.2 Výsledky a závěry.....	17
1.2 Ozáření oblohy před a po vyhlášení první mezinárodní rezervace oblohy Mont-Mégantic v Quebecu v Kanadě.....	22
1.2.1 Souhrn.....	22
1.2.2 Výsledky a závěry.....	22
1.3 Celosvětové změny v umělém osvětlování oblohy	26
1.3.1 Souhrn.....	26
1.3.2 Výsledky a závěry.....	26
2 Vliv světelného znečištění na organismy	29
2.1 Dopad na přírodu a ekosystémy	29
2.1.1 Vliv na hmyz.....	29
2.1.2 Vliv na ptactvo	29
2.1.3 Vliv na ostatní živočišné druhy.....	30
2.1.4 Vliv na flóru.....	30
2.2 Dopad na lidské zdraví	31
2.2.1 Cirkadiánní rytmus.....	32
2.2.2 Melatonin	32
2.2.3 Souvislost se vznikem rakoviny.....	33

2.2.4 Život v osvětleném světě.....	33
2.3 Možná řešení a prevence do budoucna.....	34
3 Měření světelného znečištění	36
3.1 Přístroje.....	36
3.1.1 Sky Quality Meter.....	36
3.1.2 Luxmetr.....	37
3.1.3 Fotografická zařízení.....	37
3.1.4 Fotovoltaický panel.....	38
3.2 Zásady měření.....	38
4 Citizen science.....	39
4.1 Globe at Night.....	39
4.2 Dark Skies Awareness	40
4.3 International Dark-Sky Association	40
4.4 STARS4ALL	40
5 Vlastní pozorování	42
5.1 Loss of the Night	42
5.2 Dark Sky Meter.....	47
5.3 Postup a výsledky měření	51
5.3.1 Slověnický mlýn	51
5.3.2 Jičínsko.....	52
5.3.3 Mladoboleslavsko	54
5.3.4 Jizerská oblast tmavé oblohy a Liberec	55
5.4 Vyhodnocení výsledků	63
5.5 Schůzka skautů	64
Závěr.....	69
Seznam použitých zdrojů	71

Seznam obrázků a grafů

Obrázek 1. Porovnání DN pixelů na území národního parku Serra Rola-Moça v Brazílii	19
Obrázek 2. Vývoj osvětlení území během čtyřletého období	20
Obrázek 3. Podíl nárůstu nočního osvětlení v kategoriích chráněných území.....	21
Obrázek 4. Zóny kolem MMO a Sherbrooke.....	23
Obrázek 5. Světliky, které produkují obce v okolí MMO.....	25
Obrázek 6. Porovnání jasné a zatažené oblohy	27
Obrázek 7. Schématické porovnání svítidel podle směru záření.....	34
Obrázek 8. Kombinace zářivek	35
Obrázek 9. Nadužívání světla.....	35
Obrázek 10. Porovnání dosahu SQM a SQM-L.....	36
Obrázek 11. Sky Quality Meter.....	37
Obrázek 12. Prostředí aplikace při zaznamenávání viditelnosti hvězd	45
Obrázek 13. Internetové prostředí aplikace s uživatelským účtem a daty z celého světa.....	46
Obrázek 14. Srovnání získaných údajů z Liberce a Černé Smědé.....	47
Obrázek 15. Internetové prostředí DSM s podkladovými daty Světového atlasu tmavé oblohy	50
Obrázek 16. Prostředí aplikace.....	50
Obrázek 17. Mapové vyjádření naměřených dat s podklady Světového atlasu	51
Obrázek 18. Porovnání měření na Mladoboleslavsku.....	55
Obrázek 19. Jizerská oblast tmavé oblohy	56
Obrázek 20. Místa měření v JOTO	57
Obrázek 21. Viditelnost hvězd v oblasti Černé Smědé.....	57
Obrázek 22. Noční obloha nad Pytláckými kameny	59
Obrázek 23. Světelné znečištění na horizontu.....	59
Obrázek 24. Pytlácké kameny v kontrastu se světelným smogem.....	60
Obrázek 25. Postupující světelné znečištění, pohled směrem na Jizeru a Liberec	60
Obrázek 26. Velký vůz, světelný smog a prolétávající letadlo či družice.....	61
Obrázek 27. Velký vůz za svítání.....	61
Obrázek 28. Světlo z diskotéky v centru Liberce.....	62
Obrázek 29. Graf srovnávající JOTO a Liberec.....	63

Obrázek 30. Graf průměrných hodnot jednotlivých míst.....	64
Obrázek 31. Hledání a doplňování útržků textu.....	67

Seznam tabulek

Tabulka 1. Srovnání množství osvětlené plochy v chráněných a nechráněných oblastech.....	20
Tabulka 2. Bortleova stupnice.....	49
Tabulka 3. Slověnický mlýn.....	52
Tabulka 4. Jičínsko.....	53
Tabulka 5. Mladoboleslavsko.....	54
Tabulka 6. JOTO a Liberec	58

Seznam použitých zkratek a symbolů

&	and
€	euro
airglow	slabé světélkování atmosféry viditelné pouze na velmi tmavých místech
AVČR	Akademie věd České republiky
CCD	Charge-coupled device
cd/m ²	kandela na metr čtvereční
DEC	deklinace
DMSP/OLS	Defense Meteorological Satellite Program's s operačním systémem Linescan
DN	digital number
DSM	Dark Sky Meter
G20	skupina největších ekonomik světa
GPS	Global Positioning System
h	hodina
CHKO	Chráněná krajinná oblast
IDA	International Dark-Sky Association
ifADo	výzkumné centrum
iOS	mobilní operační systém společnosti Apple
IRS	Internal Revenue Service, vládní agentura
IUCN	International Union for Conservation of Nature
JOTO	Jizerská oblast tmavé oblohy
km	kilometr
LED	light emitting diodes
mag	magnituda, hodnota jasnosti

min	minuta
MMO	Mont-Mégantická observatoř
MSA	magnituda na čtvereční úhlovou vteřinu
<i>mag_{SQM}/arcsec²</i>	magnituda na čtvereční úhlovou vteřinu
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
NELM	Naked-Eye Limiting Magnitude
nm	nanometr
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
NSU	Natural Sky Units
RA	rektascenze
s	sekunda
SQM	Sky Quality Meter
TEREZA	TERÉnní ZÁkladna
WHO	World Health Organization

Úvod

Navzdory stále se zlepšujícímu povědomí lidí o závažnosti probíhajících změn v životním prostředí je bohužel chápání problému osvětlení noční oblohy zatím velmi omezené a téměř bez zájmu.

Za to, že je temná obloha stále vzácnější, mohou zejména zdroje veřejného osvětlení, reklamní panely a osvětlování budov. Poprvé na mizející tmavou oblohu upozornili astronomové. Vzhledem k zářícímu oparu, který je způsoben umělým osvětlením, bylo pro ně pozorování oblohy stále obtížnější.

Za největší zdroj světelného znečištění je považováno pouliční osvětlení. Na rozptylování světla z pouličních lamp má do značné míry vliv jejich design. Pokud je zdroj shora přistíněn, je tok světla z části absorbován zemí, a to zejména během léta, kdy je půda bez sněhové pokrývky. Odrazivost neboli albedo sněhu může být totiž až 90 %.

Zavedení umělého osvětlení způsobilo bezprecedentní narušení nočního života v rozsáhlých oblastech světa. Denní, sezonní a lunární cykly světla byly dříve spíše neměnné, od přelomu tisíciletí se ale dramaticky změnilo šířením jak veřejného, tak i privátního nočního osvětlení. Mnohé změny jsou asociovány s globální sítí dlážděných silnic, která dnes činí 18 milionů kilometrů. Umělé osvětlení přineslo spoustě lidí výhody, nejvýznamnější z nich byla možnost prodloužení pracovní doby a sociálních aktivit. Dnes však víme, že tento zisk má i své zápory. V posledním desetiletí jsou v této souvislosti stále častěji zmiňovány také negativní dopady na faunu, flóru i lidské zdraví.

Ozářením oblohy lze omezit i tím, že se s problémy bude srozumitelně seznamovat veřejnost. Informovanost je prvním krokem k tomu, aby člověk začal vědomě pracovat na změně k lepšímu. O to se snaží tzv. citizen science. Jedná se o aktivní podílení lidí na vědě, i když nejsou profesionálními vědci. Dobrovolníci mohou vědě přispět svými mezioborovými znalostmi a také se o dané problematice dozvědět více. Pro výzkum navíc znamenají hodnotnou pomoc při sběru dat.

Cíle práce a její struktura

Cílem práce je ověřit využití dnes již poměrně běžně dostupných technologií k měření světelného znečištění. To již neprovádějí pouze vědci na observatořích, ale díky aplikacím v mobilních telefonech může získávat data téměř každý. Ráda bych, aby se tato myšlenka dostala do povědomí široké veřejnosti, včetně menších dětí, které jsem s problematikou i metodami přímo seznámila. Protože se jednalo o oddíl Skautů, dalo by se předpokládat, že děti již nějaký vztah k přírodě a ekologii mají. Toto téma by ale podle mého názoru nemělo chybět ani v osnovách zeměpisu či environmentální výchovy. Osobně jsem se při měření přesvědčila o proměnlivosti povahy oblohy na různých místech, což většina populace ani nevnímá.

V práci čtenáře nejprve seznámím s širšími souvislostmi problému s využitím několika odborných studií. Dále se zmíním o vlivu znečištění na živé organismy. Představím projekty, které se světelného znečištění týkají, a formu vědecké spolupráce mezi odborníky a laiky – citizen science.

Metody měření světelného smogu ale samozřejmě nejsou pouze otázkou mobilních aplikací, ve své práci uvádím i další možnosti. Jejich kombinování jsem používala přímo v terénu, kdy jsem v několika lokalitách pro tuto práci získávala podkladová data. Závěrem přiblížím, s jakou odezvou jsem se setkala u dětí, se kterými jsem pracovala a na toto téma diskutovala.

1 Teoretická část: současný stav

Pro teoretickou část své bakalářské práce, založenou na rešerši odborných zdrojů, jsem nejhodnější články týkající se problematiky měření světelného znečištění vyhledávala pomocí klíčových slov v databázi Web of Science. Následoval jejich překlad z angličtiny a popis prováděných studií. Před celkovou charakteristikou a popisem výsledků zkoumání jsem vždy obsah každého článku stručně shrnula.

Je nepopíratelným faktem, že míra světelného znečištění roste. Jestli je tomu jinak v chráněných oblastech, s jakými rozdíly se zde musí počítat a jaký je v těchto oblastech vývoj znečištění, je zodpovězeno v prvním vybraném článku. Britští autoři ve studii ověřovali hypotézu, že v chráněných územích budou přirozeně příznivější výsledky než jinde. Naměřili hodnoty, které dále zpracovávali a analyzovali přes ArcMapové nástroje. Závěrem také pro chráněné oblasti navrhli možná řešení a opatření související s dalším udržením ochrany nebo zlepšením současného stavu přírody.

Světelné znečištění se dnes dá snadno měřit dostupnými standardními optickými přístroji. Není to ale jen výtěžek pro několik odborníků. V současné době může téměř každý za pomoci mobilních aplikací získávat data a poskytovat je lidem po celém světě prostřednictvím sdíleného souboru dat a jejich zasazením do mapových souřadnic.

Pomocí takovýchto zařízení prováděl měření rovněž tým Martina Aubého, na jejichž základě mohl vyhodnotit výsledky před a po zavedení rezervace tmy na Mont-Mégantic. Problém zesvětlující se oblohy zde řešili výměnou veřejného osvětlení. Díky pozitivním výsledkům, které tato změna přinesla, byla zpracována studie a mapový výstup. Pro místní tak bylo snazší zaměřit se na kritická místa, kde by byla výměna světel také potřebná a přínosná.

Studii zabývající se měřením světelného znečištění a vyhodnocováním získaných dat z celého světa provedl Kyba se svým týmem. Jednalo se o první studii na takovéto téma s celosvětovým rozsahem. Kromě vyhodnocení výsledků autoři vysvětlili chování světelného smogu za různých klimatických podmínek a předložili možnosti, jak míru a vývoj světelného znečištění vypočítat, kvantifikovat ho a přepočítávat hodnoty mezi různými jednotkami.

1.1 Kvantifikace poškození přírodní tmy v globálně chráněné krajině

GASTON, K. J., DUFFY, J. P., BENNIE, J. 2015: *Quantifying the erosion of natural darkness in the global protected area system*. Conservation Biology, 29, 1132-1141.

1.1.1 Souhrn

Se zavedením veřejného osvětlení se přirozené noční světlo oblohy změnilo. Trend osvětlování oblastí pokračoval s tím, jak postupovala urbanizace daných lokalit. Zapříčinilo to změny ve vzorcích chování organismů, má to vliv na zachování či vymizení druhů a společenstev a celkově také na funkce a procesy v celém ekosystému. Klíčovou roli v zachování biodiverzity a ochraně druhů před nežádoucím vlivem člověka mají chráněná území. V této studii vědci z Přírodního institutu udržitelného růstu Exeterské univerzity prověřovali, zda tuto roli splňují území i dnes. Využili celosvětová satelitní data s údaji o nepřirozeném nočním svícení, která zpracovali pomocí geoinformačních systémů. Obecně mají totiž chráněná území větší tendenci zachovávat přirozeně tmavou oblohu, na rozdíl od urbanizovaných oblastí, záleží ale na jejich velikosti, případně zonaci, kde fungují jistá opatření. Omezit dopady umělého osvětlení lze mnoha způsoby. V souvislosti s chráněnými územími by ale bylo nejlepší zachovat jejich ráz, dále tyto oblasti ztmavovat, zavádět kolem nich obalové zóny se zákazem svícení a ruku v ruce s ochranou přírody zavádět na stejných územích také rezervace tmy.

1.1.2 Výsledky a závěry

Ochrana území se významně podílí na zachování biodiverzity před nežádoucí lidskou činností.

Aby se dalo zjistit, jaká situace je v různých lokalitách v souvislosti s umělým osvětlením, používají se zkalibrovaná satelitní data nočního osvětlení, sesbíraná po celém světě. Je pozitivní, že chráněná území mají tendenci se „ztmavovat“. V Evropě, kde jsou chráněná území menších rozměrů, jsou však výsledky horší, protože malá území jsou více ovlivňována okolím. Nicméně ochrana území má vliv a význam i pro jednotlivé plochy menších rozměrů. Přes veškerou snahu se v posledních letech v Evropě a Severní Americe objevilo více než 17 % chráněných oblastí, do kterých zasahovalo umělé osvětlení. V ostatních částech světa došlo v takovýchto lokalitách ke zvýšení umělého světla až

o 42 %. Omezení a překonání problému rozpadu noční tmy by vyžadovalo přehodnocení podmínek pro zakládání nových oblastí tmy a vytvoření jakýchsi obalových zón kolem rezervací, kde by se osvětlování také zakázalo.

Chráněné oblasti jsou sice vymezeny jako území, ale nejsou již dnes bohužel typické nízkým stupněm světelného znečištění. Mezinárodní hnutí Tmavé oblohy si v těchto oblastech dalo za cíl oblohu ztmavit (Dark-Sky Association 2013). Vystávají otázky, o kolik mají chráněná území nižší hladinu osvětlení, jak se tato úroveň mění a jaký to má vliv na biodiverzitu v oblasti. V panenských oblastech je dnes snazší pochopit podstatu chování umělého osvětlení a s ním souvisejícího světelného smogu.

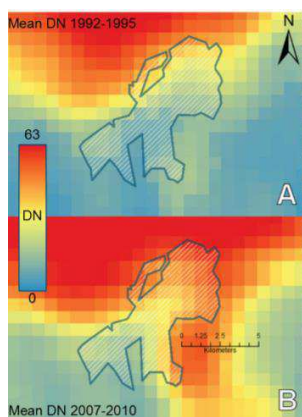
Původně takováto území byla chráněna pro jejich přírodní krásy. Například sklon svahu či jiné přírodní podmínky zde nedovolovaly vysokou ekonomickou aktivitu, produktivitu ani míru osidlování. Dalo se tedy předpokládat, že když je území chráněno, nebude nad ním znečištěna ani obloha.

Jak již bylo řečeno, problémem jsou zejména oblasti kolem rezervací tmy, jejichž světlo jakoby ukusuje část území rezervací. Stěžejní je, že pro tyto „obalové“ zóny neexistují žádné právní předpisy. Například u národních parků existuje zonace, podobných principů by mělo být využito také v případě chráněných oblastí tmy. Jednotlivé zdroje světla mohou být viditelné i mnoho kilometrů a mohou tak narušit orientaci stěhovavých živočišných druhů. Kromě toho osvětlená místa působí jako bariéra a stěhovaví ptáci přes ně nemohou migrovat.

Cílem studie bylo otestovat konkrétní hypotézy, zda chráněná území zůstanou tmavší než ta nechráněná a jaký je rozdíl mezi chráněnými oblastmi, které jsou v noci uměle osvětlované okolím, a těmi, které jsou rozděleny do zón. Lokality spojené s lidskou činností mají samozřejmě nárůst světelného znečištění ještě daleko větší.

Pro účely studie byla použita data z roku 2012 ze světové databáze chráněných území, jež zahrnovala 173 275 rezervací. Dalšími podkladovými daty byly snímky noční oblohy z období let 1992 až 2010 (National Oceanic and Atmospheric Administration – NOAA), které byly dotvořeny za pomoci globálních satelitních dat Defense Meteorological Satellite Program's s operačním systémem Linescan ([DMSP/OLS]). Umělé osvětlení pak bylo pomocí snímků rozděleno na základě urbanizace, hustoty obyvatel a ekonomické aktivity. Snímky byly samozřejmě využity i k posouzení rozsahu světelného znečištění jako takového. Každý pixel snímku dostal hodnotu (digital number – DN)

podle stupně osvětlení. Nula znamená tmou, městské oblasti se pohybovaly blízko hodnoty 63. Číselné údaje byly poté ještě přepočítány pomocí Pearsonova korelačního koeficientu, který se používá při zjišťování vzájemné závislosti nebo nezávislosti mezi veličinami. Postupem času se získala data vypovídající o růstu či poklesu osvětlení. Byla také zavedena mezní hodnota pro tmou, a to $<5,5$ DN. Díky němu lze lépe odhadnout rozsah osvětlených prostorů a jejich klasifikaci, aby např. z důvodu shluku dat nedocházelo k chybám. Údaje byly analyzovány pomocí nástrojů prostředí ArcMap od společnosti ESRI. Bylo tak možné pomocí map místa vizualizovat a rozdělit je do šesti kategorií, podle International Union for Conservation of Nature – IUCN. Pomocí základních map se vyhodnocovalo, odkud zdroje světla pocházejí. Je také možné si tato data zájmového území stáhnout. Domnívala jsem se, že bude možné s nimi v daném prostředí pracovat a studovat hodnoty DN, ale bohužel se zobrazila jen podkladová mapa s administrativním členěním naší republiky. Pokoušela jsem se o poskytnutí dat požádat, ale bohužel bez odezvy.



Obrázek 1. Porovnání DN pixelů na území národního parku Serra Rola-Moça v Brazílii

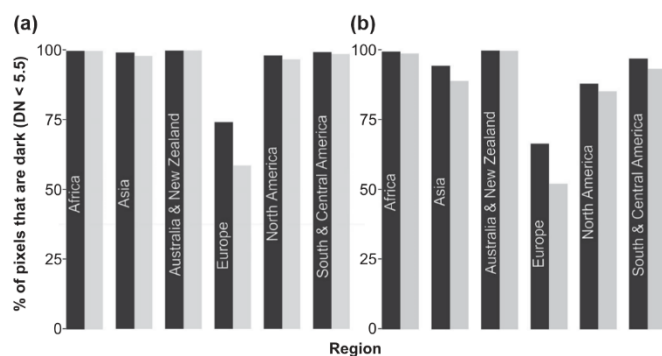
Obrázek 1 je příkladem proměny světelného znečištění v národním parku Serra Rola-Moça v Brazílii. V jeho horní části jsou hodnoty za období 1992 až 1995 a v dolní za období 2007 až 2010. Ze severu park ovlivňuje Belo Horizonte, které je třetí největší metropolitní oblastí a páté největší město Brazílie. Hned na první pohled je velmi dobře vidět, jak se světlo z města více a více rozpíná.

Jak můžeme vidět v Tabulce 1, potvrdila se domněnka, že v chráněných územích je větší pokles ozáření v noci, než je tomu u území nechráněných. Hodnoty jsou uvedeny v procentech z celkové plochy území, tedy kolik procent pixelů zaujímalo tu kterou hodnotu, a do které skupiny spadalo. Malé rozdíly mezi oběma typy byly v Africe a Austrálii s Novým Zélandem, více markantní pak v Asii, Evropě a Americe.

Tabulka 1. Srovnání množství osvětlené plochy v chráněných a nechráněných oblastech

Region	Area type	Total size of area (km ²)	Total size of area (km ²)							
			0-5.5	5.5-9.5	9.5-19.5	19.5-29.5	29.5-39.5	39.5-49.5	49.5-59.5	59.5-63
Africa	protected	3,339,504	99.62	0.17	0.12	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01
	unprotected	29,566,290	98.36	0.67	0.5	0.16	0.10	0.08	0.07	0.06
Asia	protected	4,340,200	98.34	0.9	0.5	0.12	0.06	0.04	0.03	0.02
	unprotected	44,089,577	91.08	4.33	2.8	0.68	0.37	0.29	0.23	0.22
Australia and New Zealand	protected	1,002,642	99.66	0.16	0.11	0.03	0.02	0.01	0.01	0
	unprotected	6,955,705	99.05	0.35	0.29	0.09	0.05	0.04	0.04	0.07
Europe	protected	1,132,546	64.78	15.6	13.14	3.25	1.52	0.95	0.55	0.21
	unprotected	4,748,280	57.73	16.65	14.73	4.22	2.37	1.79	1.44	1.07
North America	protected	1,601,856	96.93	1.49	0.97	0.25	0.14	0.10	0.06	0.06
	unprotected	18,540,066	85.51	5.82	4.65	1.30	0.75	0.61	0.54	0.82
South and Central America	protected	3,830,032	98.66	0.62	0.42	0.12	0.07	0.05	0.04	0.04
	unprotected	16,581,421	94.31	2.58	1.76	0.48	0.27	0.21	0.17	0.21

V dalším grafu jsou uvedeny rozdíly prvního (černý sloupec) a posledního (šedivý sloupec) měření za čtyřleté období u chráněných (a) a nechráněných (b) území. Obvykle jsou tyto poklesy malé. V Evropě ale došlo k významnému poklesu o 15,6 % z celkové chráněné plochy, která byla klasifikovaná jako tmavá.



Obrázek 2. Vývoj osvětlení území během čtyřletého období

V Evropě však došlo k výraznému poklesu i u nechráněných lokalit, k mírným poklesům došlo také v Asii a Americe.

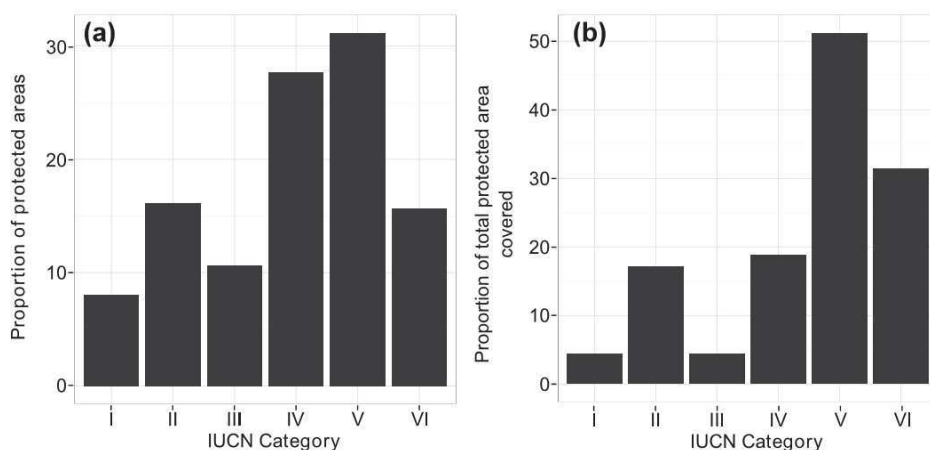
Mezi lety 1992 až 2010 narostl průměrný podíl světla v mnoha chráněných oblastech. Zvláště pak v Evropě se tento nárůst pohyboval až mezi 32 a 42 procenty. Významný nárůst byl zaznamenán také v Asii i Jižní a Střední Americe. Napříč regiony došlo jen u malého počtu míst ke snížení ozáření.

Chráněná území v Austrálii a na Novém Zélandu, v Evropě a Severní Americe bývají co do velikosti menší než ve zbytku světa, ale právě v Austrálii s Novým Zélandem společně s Asií a Afrikou je nárůst osvětlení menší.

K omezení dopadů umělého osvětlení bylo navrženo již mnoho opatření, jako například zabránění úniku světla z uměle osvětlované oblasti, omezení doby trvání osvět-

lení, snížení jeho intenzity nebo změna spektrálního složení osvětlení. Nejsnazším opatřením se ale jeví zachovat stávající tmavá území, snažit se o jejich ještě větší ztmavení a prioritně je ochraňovat, nebo je za chráněná prohlašovat, a to jak v souvislosti s místní ochranou přírody (menší zástavba, ekonomická činnost apod.), tak i se zaváděním rezervací tmy. Celkově ale záleží i na rozmístění území a jeho velikosti. I přes tlak, který je na světelné podmínky v rezervacích vyvíjen, je jejich příspěvek (pokud jsou malé) v celkovém měřítku zanedbatelný. Větší rezervace totiž dokáží lépe bojovat s „obalovými“ zónami, nejsou jimi tolik ovlivňovány. Záleží samozřejmě také na vzdálenosti od sídel, center zdrojů světla.

Pomocí grafu je dále znázorněn podíl nárůstu nočního osvětlení v jednotlivých kategoriích chráněných území (a) a celkový nárůst (b) podle kategorií IUCN: I – zvláště chráněná území, II – národní park, III – přírodní památka, IV – stanoviště chráněných druhů, V – CHKO, VI – chráněné území s udržitelným využíváním přírodních zdrojů.



Obrázek 3. Podíl nárůstu nočního osvětlení v kategoriích chráněných území

V chráněných oblastech může mít umělé osvětlení několik původců. Dochází k vnitřnímu osvětlování z nepovolených osad, od dopravy a infrastruktury cestovního ruchu, dále může světlo pocházet zvenčí a přesahovat hranice oblasti (sídla), ukázkovým příkladem bylo Belo Horizonte v Brazílii, viz Obrázek 1. Oblohu nad územím může také osvětlit a znečistit světelný smog z nedaleké urbanizované oblasti, která s ním ani nemusí sousedit. Jedná se o velmi rozšířený závažný jev, závislý na rozvoji města, povaze jeho nočního osvětlení, topografii a převládajících klimatických podmínkách.

Doporučení, jak omezit vliv umělého nočního osvětlení na chráněné oblasti, zahrnují:

- a) zohlednit umístění nové oblasti tmy vzhledem k převládajícímu umělému osvětlení v regionu,
- b) stanovit ochranná pásma kolem již existujících chráněných oblastí a omezit rozrůstání měst na hranice oblasti, omezit osvětlování a klást důraz na spektrum světla,
- c) snížit horizont hladiny osvětlení, který je v některých oblastech světa poměrně vysoko vzhledem k tomu, že osvítí větší plochu a tím jsou na veřejné osvětlení vynaloženy menší náklady. Světlo má ale větší rozptyl a více jeho částic zůstává v atmosféře v podobě světelného smogu.

1.2 Ozáření oblohy před a po vyhlášení první mezinárodní rezervace oblohy Mont-Mégantic v Quebecu v Kanadě

AUBÉ, M., ROBY, J. 2014: *Sky brightness levels before and after the creation of the first International Dark Sky Reserve, Mont-Mégantic Observatory, Québec, Canada.* Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer, 139, 52-63.

1.2.1 Souhrn

Po založení Mont-Mégantické observatoře v roce 2007 chtěli místní vědci vyhodnotit změny, které na obloze způsobuje umělé osvětlení. Aby byli schopni se dopracovat k ucelenému výsledku, vytvořil tým M. Aubého výpočetní model oblohy s názvem ILLUMNIA. Ze získaných dat vznikla také mapa zobrazující identifikaci typů ozáření oblohy kolem oblasti rezervace. Bylo zajímavé pozorovat, jak se výsledky proměňují s narůstající vzdáleností a stejně tak poté, co byly v oblasti vyměněny zdroje veřejného osvětlení za šetrnější. Díky detailním mapám pak vědci snadno určili další riziková místa, na která by takováto změna měla pozitivní vliv. Všechna tato opatření vedla ke zlepšení podmínek pozorování oblohy na observatoři a jsou podporována a dodržována i místními obyvateli. Nejen astronomové totiž dbají na tmavou oblohu. Mnozí obyvatelé žijí z cestovního ruchu, který se zde odvíjí zejména od návštěvnosti observatoře.

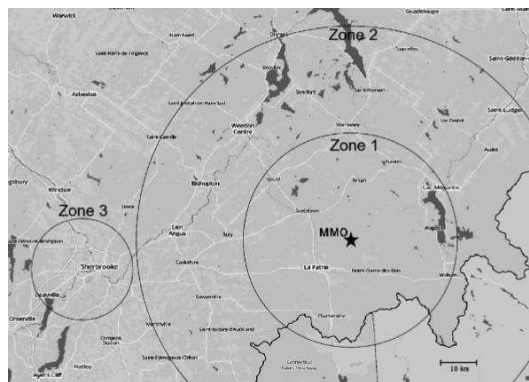
1.2.2 Výsledky a závěry

V roce 1978 byl vrchol Mont-Mégantic vybrán pro výstavbu observatoře vybavené největším teleskopem v severovýchodní Americe. Stal se nejlépe vybaveným zařízením v Kanadě. Velmi důležitou roli hrála jeho poloha. Nejbližší městské centrum bylo odtud

vzdáleno 60 km. Je odhadováno, že rok po výstavbě observatoře byla obloha o 25 % světlejší, než je hodnota přirozeně zářící oblohy. I navzdory vzdálenosti od center zde záře oblohy neustále roste. Mezi lety 1979 a 1998 to bylo o 4 % ročně. K tomuto jevu bohužel přispívají i výzkum, vzdělávání a turismus v regionu Mont-Mégantic, který byl původně zřízen primárně jen jako astronomická observatoř. Ochrana noční oblohy je tedy zásadní hlavně pro místní obyvatele. Pro ty se zastavení rozšiřování umělého osvětlení stalo velmi důležitým cílem.

Výsledkem byl projekt zahrnující vyhlášení rezervace o rozloze 5500 km² kolem Mont-Mégantické observatoře (MMO). Oficiální mezinárodní rezervací tmavé oblohy se tato oblast stala v roce 2007. Aby bylo možné prozkoumat dopady umělého osvětlení na noční oblohu před a po prohlášení oblasti rezervací tmy, byl použit model uměle osvětlené oblohy obsahující implicitní přepočítání rozptylu. Tento model generuje tři druhy výstupů: záři oblohy na daném místě, pozorovaný úhel a vlnovou délku a odpovídající podíl informací ke zpracování jemných map. Ty zahrnují nezaměnitelnou hodnotu záře oblohy v závislosti na místě a oblasti, která ho obklopuje. Iniciativa místní veřejnosti a vědců dává nové příležitosti studovat změny na tomto území před a po roce 2007. V této studii byly pomocí map porovnávány výsledky z roku 2005 (před vyhlášením rezervace) a po něm v roce 2009.

Projekt na snížení světelného znečištění započal již v roce 2003, kdy se o světelném znečištění začalo hovořit jako o problému. Místní ASTROLab přišla s projektem, v němž chtěla záři v MMO vrátit zpět o 50 % na stupeň, který tam byl v roce 1979. Vytvořili několik zón, první zónu 0 až 25 km kolem MMO, druhou zónu 25 až 50 km od MMO. Třetí zóna byla vytvořena kolem města Sherbrooke, které se nachází přibližně 60 km od MMO.



Obrázek 4. Zóny kolem MMO a Sherbrooke

Po roce 2005 si místní obyvatelé stále více začali uvědomovat význam tohoto projektu a ve spolupráci se společnostmi zahájili program k přeměně umělého osvětlení tak, aby bylo méně výkonné (asi o 40 %), ale více efektivní. Takové osvětlení by mělo významný vliv na snížení světelného znečištění. Při přeměně bylo bílé světlo, jako jsou například halogenidové nebo rtuťové výbojky, nahrazeno sodíkovými světly. Tato výměna přispěla

40 % k poklesu průměru vyzařování energie. Dopad na hvězdnou oblohu se ukázal téměř okamžitě. Výsledky této studie mají přímět k zamyšlení nad osvětlováním a zacílit tak na omezení ozařování oblohy.

Numerický model světelného znečištění nesl název ILLUMNIA. Jednoduše se jednalo o software, který sledoval, jak soubor fotonů projde světelným zařízením a vrátí se zpět do pozorovatelova zorného pole.

Autoři v roce 2007 dokázali, že rozptyl tzv. druhého řádu může mít významný dopad na umělé ozáření oblohy, a to zejména, pokud je observatoř blízko měst. Tento trend může být vysvětlen tak, že rozptyl světla tzv. přes kopuli je velkým zdrojem rozptylu světla druhého řádu a jeho funkce klesá méně strmě, než je tomu u bodových zdrojů. Při přepočítávání se pak musí zohlednit změny v atmosféře vzhledem k nadmořské výšce a použít odlišná škála pro aerosol a pro molekulární částice.

Struktura aerosolu může být upravena v souladu s geografickým uspořádáním (rurální, urbánní a námořní) nebo pro podmínky speciálních atmosférických jevů, jako jsou např. biologické požáry, vulkanické erupce nebo písečné bouře. Přes všechny tyto výhody je ILLUMNIA pouze regionálním modelem, a tak by vzdálenost, ze které budou analýzy prováděny, neměla překročit pár stovek kilometrů.

Do budoucna je v plánu implementace na oboustrannou odrazivost, detailní přepočítávání údajů o stínování reliéfu a také hrubou kalkulaci povrchu, tedy zohlednění např. stromů či budov.

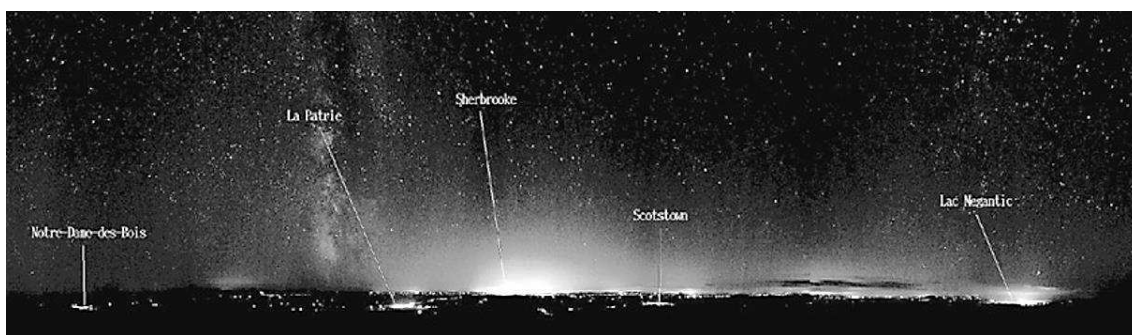
Pro modelování bylo potřeba připravit spektrální linii, relevantní data (zářič světla pro danou vlnovou délku, lampu vysoko nad zemí, digitální model reliéfu, odrazivost povrchu a jeho pokrytí (půda, voda apod.)). Místní experti byli poté požádáni, aby vybrali něčím specifické geografické zóny s běžným osvětlením lampami a zhodnotili distribuci jejich spektrálního toku světla. V analýze hrály roli i počty lamp s bílým nebo žlutým světlem a kromě již zmiňovaných geografických aspektů například i aktuální vlhkost vzduchu. Všechny metody pak byly zkombinovány k vytvoření mapy toku světelné energie. Bylo zjištěno, že dominantní vliv mají lampy veřejného osvětlení.

Z výsledků mapování můžeme říci, že i maximální hodnota záření z lamp na rtuťové bázi byla nižší než výsledky ze sodíkových zdrojů světla. Lze to vysvětlit tak, že největší počet instalovaných zdrojů na čtvereční kilometr se nachází ve městech, zatímco

rtuťové a halogenidové lampy jsou častější na venkově. Toky záření se mezi lety 2005 až 2009 ztelně zredukovaly.

Model ILLUMNIA poskytl tři výsledky. První je, že umělé ozáření oblohy se vypočítá pro daný zorný úhel a místo pozorování v daném spektru. Dalšími dvěma výstupy byly mapy. V mapách jsou zdůrazněny kritické zóny, kde se případné změny osvětlení v dopadu na oblohu v rezervaci nejvíce projeví. Příspěvková mapa zohledňovala, odkud se znečištění bere a jaké má hodnoty. Citlivostní mapa zaznamenávala jemné hodnoty záře a její změny, pokud by se hypoteticky rozmístily lampy rovnoměrně na každý čtvereční kilometr.

Při podmínkách znečištěné atmosféry sledujeme, že se hodnoty omezují na oblast kolem MMO. Jedná se o efekt vymizení světla se vzdáleností. Jednoduše řečeno přes velmi zakalené podmínky světlo přicházející ze vzdálených svítidel neovlivní místní umělé osvětlení oblohy, nezvýší ho. Jinými slovy – jas oblohy je zcela ovládnán lokálními zdroji.



Obrázek 5. Světlíky, které produkují obce v okolí MMO

Je velmi jednoduché spojit si hodnoty měření s konkrétními zdroji světla. Lze také vytipovat nejvíce poškozující místa. Výsledky pak mohou být použity k minimalizování dalších škod, ke kontrole, k propagaci nového pouličního osvětlení a mohou být i zdroji dat pro MMO. Zatímco údaje, které byly shromážděny v létě, jsou vesměs konstantní, v zimě je celkový rozptyl posílen ještě o odraz světla od sněhové pokrývky. Největší podíl ale na změně světelného znečištění v oblasti mělo přemístění osvětlení. V létě za jasné oblohy výsledky ukázaly stav poté, kdy došlo k přemístění svítidel za hranici 25 km od MMO, výměně vysokotlakých sodíkových zařízení a zredukování celkového výkonu instalovaných zdrojů na 40 %, což je zlomový bod poklesu umělého ozáření oblohy. Omezení umělého ozáření oblohy je pozorovatelné po zřízení rezervace tmy o polovinu v 546 nm rtuťové spektrální linii (škále), zatímco v sodíkovém spektru (569 nm) o 30 %. Velkou změnou v rezervaci tmavé oblohy bylo zavedení light emitting diodes – LED,

kteře také přispěly ke zlepšení stavu v rezervaci. V budoucnu se bude usilovat i o LED lampy (jako zdroje) veřejného osvětlení.

1.3 Celosvětové změny v umělém osvětlování oblohy

KYBA, C. C. M. et al., 2015: *Worldwide variations in artificial Skyglow*. Nature Sci. Rep., 5:8409, DOI: 10.1038/srep08409.

1.3.1 Souhrn

Kyba se se svým týmem rozhodl vytvořit globální studii, do níž zahrnuli asi 50 lokalit z celého světa. Do té doby byly studie týkající se světelného znečištění prováděny zejména na lokální úrovni a v krátkém časovém období. Astronomové poprvé ukázali některé faktory týkající se světelného znečištění, monitorovali ho a hlavně vysvětlovali principiální rozdíl záření oblohy za jasných a za oblačných nocí. Data získávali jak odborníci, tak i laická veřejnost (citizen science). Ve své práci autoři předkládají a objasňují také podstatné výpočty a prezentují výsledky měření v různých jednotkách. Chování světelného smogu je závislé jak na aktuálním počasí, tak na vzdálenosti místa měření od měst. Zatažená obloha je svítivější než jasná a její proměnlivost je tedy větší za oblačných nocí. Celkový charakter chování světelného smogu se mění s přibližující se hranicí města a po jejím překročení. V místech, která jsou málo uměle osvětlena, je osvětlení oblohy během noci méně proměnlivé. Naopak tam, kde dominuje umělé světlo, je patrný pokles ozáření oblohy umělými složkami o 5 % za hodinu.

1.3.2 Výsledky a závěry

Hodnoty, ve kterých se záření pohybuje, se člení do čtyř stupňů, a to na škále sto-krát větší, než tomu bylo před umělým osvětlováním naší planety. Téměř všechna místa, která byla studována, byla znečištěna umělým světlem.

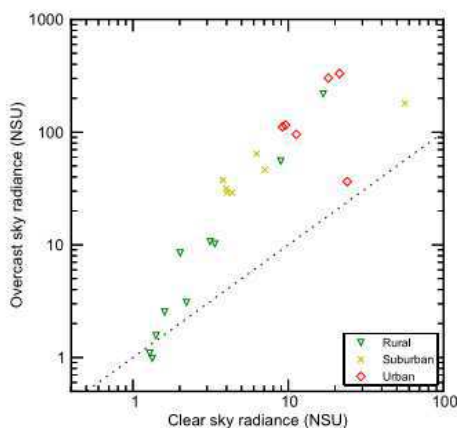
Jas noční oblohy byl měřen pomocí SQM (Sky Quality Meter) během astronomické noci (pozorovací metodou). Pohybuje se na téměř čtyřech stupních, a to od nejtemnějších hodnot $23,24 \text{ mag}_{SQM}/\text{arcsec}^2$ na Kitt Peak, USA (1. percentil), po ty nejsvětlejší $13,26 \text{ mag}_{SQM}/\text{arcsec}^2$ na Schipluiden, Netherlands (99. percentil). V jednotkách NSU (Natural Sky Units) byl tento rozsah 0,22 – 200. Hodnoty NSU ukazují, o kolik je obloha světlejší, nebo tmavší ve srovnání s původní přirozeně jasnou oblohou. Přepočtový vztah

je definován jako $NSU=10^{0,4\Delta}$, kde Δ je 21,6 minus pozorovaná hodnota v $mag_{SQM}/arcsec^2$.

Člověkem způsobené (antropogenní) osvětlení oblohy dominuje nad přirozeným světlem za jasných nocí o půlnoci u 18 z 22 lokalit. Můžeme tedy zhodnotit, že obloha trpí světelným znečištěním.

Měsíční světlo způsobuje další zvýšení ozáření zatažené noční oblohy. Tento efekt byl velmi rozsáhlý na místech s přirozenou noční oblohou (Schermonnikoog, Nizozemí), ale malý na nejosvícenějších místech (5 až 20 %).

Za oblačných nocí, kdy je plný Měsíc na 64. stupni stoupání, by měl produkovat při maximálně zatažené obloze osvětlení kolem $15,5 mag_{SQM}/arcsec^2$. V urbánních oblastech ale lunární cyklus nebyl za zatažených nocí déle viditelný a jas oblohy byl tedy závislý hlavně na vlastnostech mraků.



Obrázek 6. Porovnání jasné a zatažené oblohy

Zobrazená diagonální přímka v Obrázku 6 nám pomůže s orientací v problému. Body nad touto přímkou značí místa, kde mraky způsobovaly ozáření oblohy, a body pod ní zase místa, kde byla obloha tmavší. Studie tedy potvrdila přirozenou domněnku, že oblaka ve venkovských oblastech mají svou přirozenou zastiňovací schopnost a nepřispívají zde k ještě většímu osvětlení oblasti.

Studie Kyby et al. byla prováděna pomocí jednoduše ovladatelného lightmetru – Sky Quality Meter – od společnosti Unihedron.

SQM měření ozáření oblohy funguje tak, že zařízení snímá oblohu v kuželu s vrcholovým úhlem 20° ve spektrálním pásmu, pro které je definována svítivost. Měření jsou vyjadřována v logaritmických astronomických jednotkách $mag_{SQM}/arcsec^2$. Stupnice této jednotky je sestavena tak, že pokles o 5 v $mag_{SQM}/arcsec^2$ koresponduje s faktorem 100 rostoucího záření. Přibližný převod jasu je možný při použití vzorce $cd/m^2 = 10,8 * 10^4 * 10^{-0,4x}$, kde x je radiance (záře) $mag_{SQM}/arcsec^2$.

SQM je navržen k měření relativně jednotně osvětlených ploch, bodové zdroje jako Měsíc bohužel tomuto předpokladu neodpovídají. Nicméně za nocí, kdy je zcela zataženo, můžeme předpokládat, že zář bude málo závislá na zenitu, protože měsíční svit opustí základnu mraku.

Sběr dat prováděli jak vědci, tak i veřejnost prostřednictvím tzv. citizen science. Používali 54 SQM na 50 místech. Data přispěvatelů pak byla klasifikována do oblastí: městské, příměstské, venkovské nebo nedotčené. Přestože ve vzorcích můžeme najít širokou škálu režimů umělého osvětlení, hodnotu zcela nedotčené či zcela městské oblasti zde nenajdeme.

Vyhodnocení měření ovšem není jednoduché, protože je potřeba zahrnovat vnější vlivy, zejména zmiňované počasí.

2 Vliv světelného znečištění na organismy

Světelné znečištění má významné negativní dopady na přírodu a ekosystémy. Znamé a hypotetické teorie o dopadech zářící noční oblohy zahrnují změny vzorců chování zvířat, ztrátu klíčového smyslu navigačních signálů pro určité druhy, změny v hierarchických vztazích dravec – kořist atd.

Existují i důkazy zhoubných dopadů na lidské zdraví a bytí, které se bohužel neustále hromadí v každém z nás. Tento globální problém nemusíme tedy pocítovat hned, ale postupem času může přispět k našim případným zdravotním potížím.

2.1 Dopad na přírodu a ekosystémy

Rostlinám a zvířatům řídí životy denní cyklus světla. Určuje jejich chování, reprodukci, výživu, spánek a ochranu před predátory. Vědecké výzkumy ukazují, že umělé světlo na ně působí negativně a má smrtící účinky. Noční zvířata spí za normálních podmínek ve dne a jsou aktivní v noci, umělé osvětlení tyto návyky ale radikálně mění. Problém se netýká jen nočních tvorů. Více než polovina všech živočišných druhů je přitom během noci alespoň částečně aktivní. Podle již zmiňovaného Christophera Kyby, je zavedení umělého osvětlení pro zvířata pravděpodobně nejvíce drastickým zásahem do jejich prostředí, kde žijí. Predátoři používají světlo k lovu a kořist naopak tmě jako úkryt, což je na mnoha místech nemožné. (International Dark-Sky Association 2017)

2.1.1 Vliv na hmyz

Hmyz je světlem přirozeně přitahován. Do zdroje pak může přímo vletět a usmrtit se popálením nebo kolem něj kroužit do úplného vyčerpání. Pokles populace hmyzu má však negativní dopad pro všechny ostatní druhy, má totiž nenahraditelnou pozici v potravním řetězci a významně se podílí na opylování rostlin. (International Dark-Sky Association 2017)

2.1.2 Vliv na ptactvo

Mnoha druhům ptáků znesnadňuje světelné znečištění správnou orientaci při migraci. Při migrování či lovu se pohybují podle měsíčního svitu a přirozené záře hvězd. Rušivé umělé světlo ale může napomoci ke ztrátě kurzu a nasměrovat je do měst. Každoročně tak miliony ptáků zbytečně umírají při kolizi s osvětlenými budovami a věžemi. Přestávají také rozlišovat, jaká část roku právě je. Migrovat pak mohou začít buď příliš

brzy, nebo naopak příliš pozdě, kdy už nejsou ideální klimatické podmínky pro hnízdění, vyvedení mláďat a péči o ně. (International Dark-Sky Association 2017)

2.1.3 Vliv na ostatní živočišné druhy

Umělé osvětlení může ovlivnit také mokřadní biotopy, které jsou domovem mnoha obojživelníků. Zejména žáby a ropuchy hlasitě kvákají během noci, je to součástí jejich obřadního rituálu. Světlo tento reprodukční akt narušuje a dochází tak ke snižování populace obojživelných druhů.

Mořské želvy kladou svá vejce v noci na pláži. Vylíhnutá mláďata mají poté za úkol se sama dostat do moře, ke správné orientaci využívají to, že zachytí jasný horizont nad oceánem. Osvětlený dneš bohužel není jen horizont, ale i celé okolí pláže, takže dochází k dezorientaci. Jen na Floridě tak každoročně zahynou miliony mláďat.

Velcí savci se často zatoulají do blízkosti lidských sídel, protože je zdroj světla přitáhne. Jsou pak často stresovaní a zmatení. Příkladem může být chování lesní zvěře, která je kvůli polekání z nepřírodných světél schopna skočit projíždějícímu automobilu přímo pod kola. Ohrožení poté vzniká jak na straně zvířat, tak i cestujících osob.

Chránění netopýři jsou velmi citliví na světlo fázi dne, jejich aktivita se soustřeďuje jen do malého časového úseku mezi dnem a nocí. Paradoxní je, že na jednu stranu je netopýr chráněn zákonem, ale na druhou se často osvětlují věže kostelů, kde převážně sídlí. Nasvěcování budov má přitom jen jediný důvod, kterým je zviditelnění stavby, nesusouvisí s bezpečností osob, kvůli které osvětlení v noci primárně používáme. (International Dark-Sky Association 2017)

2.1.4 Vliv na flóru

Rostliny jsou na přísunu světla závislé, získávají díky němu energii potřebnou k metabolické výměně prostřednictvím fotosyntézy. Pravidelným střídáním dne a noci a také krátkým dnům v zimě a dlouhým v létě se u nich ustálil mechanismus, který řídí jejich životní funkce dle množství světla v okolí. Klíčovou roli hraje vytváření a přeměna hormonu fytochromu, které dopadající světlo přímo ovlivňuje. Intenzita umělého světla sice nestačí k vyvolání fotosyntézy, ale zdroj v blízkosti stromu stačí k narušení fotoperiodických procesů v rostlinách. Narušením přirozených světelných cyklů se může změnit doba kvetení, shazování listů a zatahování mízy, vyklíčení semen atd. Vegetační doba se u rostlin a stromů značně prodlužuje, což je patrné zejména v období, kdy stromy shazují listy. Například v městských parcích vydrží na stromech mnohem déle, tím se zvyšuje

riziko pomrznutí listů nebo poškození vláken tíhou sněhové pokrývky. (Světelné znečištění: Světelné znečištění a příroda 2017)

2.2 Dopad na lidské zdraví

V dobách, kdy používání umělého osvětlení nebylo tak rozšířené, byly naše biologické rytmy sladěny s přirozeným střídáním dne a noci. Živé organismy včetně člověka se musely tomuto střídání přizpůsobit, a tak si vytvořily vlastní biologický cyklus, který je také nazýván cirkadiánním rytmem. Tento každodenní koloběh řídí každého z nás. Jeho podstatnou součástí je i spánek, který je potřebný ke správné funkci našeho organismu, je důležitý pro regeneraci nervového systému a jeho nedostatek nebo špatná kvalita mohou vést k pocitům únavy, nepozornosti a snížení výkonnosti. Dlouhodobě tak může zhoršit kvalitu života, přispívat k řadám onemocnění či vzniku závažných duševních chorob.

Světlo, tedy spíše jeho přítomnost v nadměrném množství během noci, se dnes již dá zařadit mezi negativně působící civilizační vlivy. Člověk přirozeně lépe usíná ve tmě. Je to pozůstatek po našich předcích, kteří po miliony let vývoje spali v neznečištěném tmavém prostředí.

Často dopadajícímu světlu pouličních lamp nelze uniknout. Namísto toho, aby světlo dopadalo jen na chodník či osvětlovalo silnici, proniká i do místností, kde spíme. Bohužel ani zastínění oken závěsy či žaluziemi není řešením. Pomohou nám sice k vytvoření tmy potřebné ke kvalitnímu spánku, ale již zabrání dennímu světlu, aby způsobilo přirozené probuzení v ranních hodinách. Člověk pak může mít často pocit, že si nedostatečně odpočinul, i když spal dostatečně dlouho. Příčinou může být probuzení ve špatnou chvíli. Přirozeným signálem pro probuzení v přírodě je ranní svítání. Pokud máme ale zastíněná okna a denní světlo nás nemůže přirozeně probudit, plní tuto úlohu zvuk budíku. Tělo má ale stále pocit, že je hluboká noc, a tak je pro ně obtížné nastartovat se a začít nový den.

Podle lékařských výzkumů je pro lidský organismus kromě intenzity světla důležitá i jeho barva. Zatím se u nás můžeme u pouličního osvětlení setkat převážně se žluto-oranžovým svitem sodíkových výbojek. Poslední dobou je trendem používání zdrojů s bílým světlem – je přirozenější a má lepší podání barev (nezkresluje je tolik). Využívá se toho zejména v průmyslových provozech, v okolí obchodních center, ale i na jiných místech, kde je kladen důraz na dobrou rozlišitelnost barev. Bílé světlo produkují halogenidové

výbojky (např. v reflektorech automobilů) a zdroje s technologií LED (diody emitující světlo). Nejzávažnějším problémem je, že tyto „bílé“ zdroje vyzařují mnoho světla v modré oblasti spektra, kde jsou organismy na narušení noční fáze nejcitlivější. Vzhledem k masivnímu upřednostňování těchto svítidel je bohužel možným nežádoucím účinkům na zdraví organismů věnována jen malá pozornost. Měli bychom tedy spíše preferovat zdroje světla s teplou barvou spektra a co možná nejvíce omezit ty se světlem v modré oblasti. (Světelné znečištění: Světelné znečištění a vliv na lidské zdraví 2017)

2.2.1 Cirkadiánní rytmus

Cirkadiánní rytmy patří mezi exogenní rytmy, jsou totiž ovlivňovány vnějším synchronizátorem, a to konkrétně otáčením Země kolem své osy, jinak řečeno střídáním dne a noci. U člověka trvá cirkadiánní cyklus při normálních podmínkách zhruba 24 hodin. Tělo samotné je schopno udržet cirkadiánní cyklus samo o sobě i několik dní, dlouhodobě však stimul v podobě přirozeného světla potřebuje.

Během dne se míra citlivosti organismu na světlo proměňuje. Období citlivosti na světlo se nazývá fotoperioda organismu. Toto období si můžeme představit i jako délku dne, která se v různých částech roku mění. V létě jsme přírodnímu světlu vystavováni přibližně 14 h a 40 min a tmě v noci 9 h a 20 min. V zimě je to přesně naopak. (Petrucha 2011) Cirkadiánní rytmus lidského těla je nastaven i na sezónní proměnlivost přísunu množství přírodního světla, problém nastává i tehdy, pokud se v zimě pomocí umělého osvětlení snažíme světlou část dne prodloužit. Přirozeného načasování našich organismů lze však docílit i během zhruba týdenního pobytu v přírodě, například během táboření.

Vnitřní hodiny každého z nás se nacházejí v supraschismatickém jádře v mezimozku. Supraschismatické jádro přijímá a zpracovává pomocí fotoreceptorů informace o světle a poté reguluje vyplavení hormonů melatoninu a kortizolu, ovlivňuje metabolismus a tělesnou teplotu. Jedná se o párovou strukturu v hypotalamu, skládající se z přibližně 20 000 neuronů. Tyto neurony jsou přímo spojeny se sítnicí oka (retinou), a tak přijímají přímé informace o změnách světla v prostředí, kde se člověk nachází. (Pačesová 2011)

2.2.2 Melatonin

Důležitou roli při synchronizaci biologických hodin hraje spánkový hormon melatonin. Pro jeho tvorbu je nezbytná úplná tma, i relativně malé množství světla může jeho tvorbu snížit, či dokonce zastavit. Za běžných podmínek jsou jeho nejvyšší hladiny v krvi

mezi 3. až 5. hodinou ranní. Vyplavování melatoninu je nejvíce narušováno modrým světlem při přibližné vlnové délce 440 až 500 nm. Minimální množství světla, které již tvorbu melatoninu a nemocnost ovlivňuje, je cca 16 luxů. Pokud je organismus vystavován světlu ve večerních hodinách nebo i během noci, melatonin začne být vyplavován později a nestihne se ho do doby, než se člověk probudí, vytvořit dostatečné množství.

Melatonin se kromě supraschismatického jádra nachází i v dalších orgánech (sít-nice, střeva, kostní dřev), kde je schopný vnitrobuněčného membránového transportu. Pro tyto vlastnosti je výborným antioxidantem a podílí se i na funkci imunitního systému. Působí nejen na spánek, ale preventivně i proti vzniku rakoviny, zpomaluje proces stárnutí a pomáhá proti Alzheimerově a Parkinsonově chorobě. (Světelné znečištění: Světelné znečištění a vliv na lidské zdraví 2017)

2.2.3 Souvislost se vznikem rakoviny

Díky tomu, že melatonin působí jako účinný antioxidant, funguje také jako prevence rakoviny. Snížení hladiny hormonu souvisí nejvíce se vznikem rakoviny prsu a prostaty. Celosvětově korelují údaje o výskytu rakoviny prsu s hodnotami záře. Vzhledem k těmto výsledkům vyhlásila Světová zdravotnická organizace (WHO) práci na směny s narušením cirkadiálního rytmu za možný karcinogen. V Dánsku byla rakovina prsu dokonce uznána za nemoc z povolání při práci na směny. Pracovní prostředí ale není jediným vlivem. Významnými zdroji modrého světla jsou LED obrazovky (počítače, mobily, tablety), které jsou ve velké míře používány těsně před spaním. (Světelné znečištění: Světelné znečištění a vliv na lidské zdraví 2017)

2.2.4 Život v osvětleném světě

Podle mezinárodní asociace pro tmavou oblohu (International Dark-Sky Association) žije v současné době až 80 % obyvatel zeměkoule ve světlem znečištěném prostředí. Každým rokem se navíc míra světelného znečištění zvýší téměř o 6 %. V Evropě je již jen málo míst, odkud je obloha pozorovatelná bez rušivého světelného znečištění. Mezi nejvíce zasažené země G20 patří Itálie a Jižní Korea. Naopak nejlépe je na tom obloha nad Kanadou a Austrálií (ekolist.cz 2016).

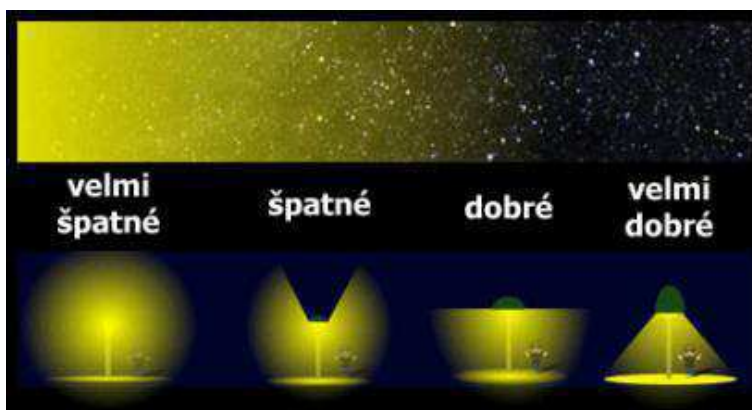
V českých zemích vadí nadbytek a intenzita venkovního osvětlení 45 % Čechů. Tarkřka polovině obyvatel pak umělé světlo zasahuje do místnosti, kde spí. Lidé, kterým světlo v noci vadí, používají závěsy či žaluzie. Tím ale přicházejí o přirozené rozednívání.

Tento fakt vadí podle průzkumu pro Masarykovu univerzitu v Brně 20 % obyvatel. Povolné rozednívání má přitom zásadní vliv na postupné nastartování organismu a nabuzení těla do nového dne. (ekolist.cz 2014)

2.3 Možná řešení a prevence do budoucna

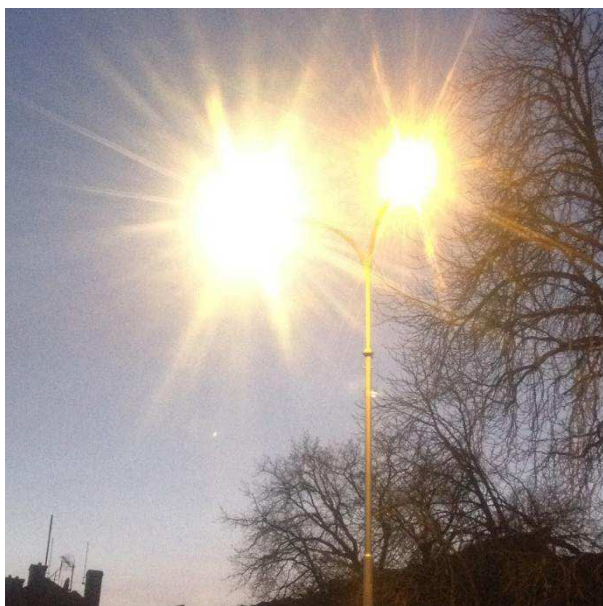
Alespoň částečným řešením je používání správných svítidel. Volba pouličního osvětlení, které je považováno za jeden z hlavních zdrojů světelného znečištění, je závislá na druhu žárovky a přístínění. Nevhodné je používání zastaralých rtuťových výbojek (na jejichž renovaci nemá bohužel řada obcí dostatek financí), jejich výkon je vzhledem k spotřebované elektrické energii neadekvátní. Jak je zmíněno výše, použití bílého světla je taktéž nevhodné. Další problémy vyvstávají z nevhodně konstruovaných lamp, které mívají mnohem větší plochu, než je třeba, a světlo od nich uniká do prostoru, kde škodí.

Vhodně zvolený zdroj světla je plně přístíněn a osvětluje pouze zvolenou plochu pod sebou. Občas můžeme vidět také nevhodné nakumulování světelných zdrojů na jednom místě. (STARÝ J. 2013, s. 26)



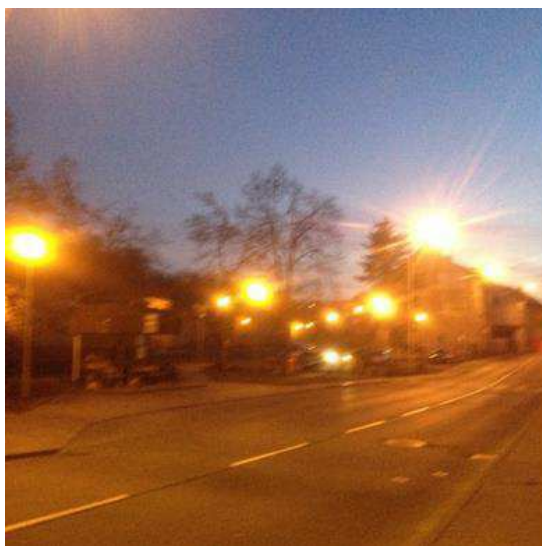
Obrázek 7. Schématické porovnání svítidel podle směru záření, (STARÝ J. 2013, s. 32)

Nedaleko svého bydliště jsem narazila na zkombinování bílého a žlutého světla v jedné pouliční lampě. Jedná se o místo poměrně nepřehledné křižovatky, kterou bílé světlo dostatečně prosvětlí, čímž zvýší její přehlednost, a zároveň ostré světlo není natolik silné, aby oslňovalo řidiče.



Obrázek 8. Kombinace zářivek, (vlastní fotografie 2017-03-16)

Často se můžeme setkat s velkým množstvím svítidel na jenom místě. Zbytečné světlo vytváří nad celou oblastí jakousi zářící korunu, která oslňuje. Na dalších snímcích uvádím porovnání nesmyslně osvětlené autobusové zastávky, kde jsou umístěny nevhodné nepřistíněné lampy vydávající žluté světlo a osvětlené haly vývojového oddělení Škody Auto, kde jsou použita bílá světla.



Obrázek 9. Nadužívání světel, (vlastní fotografie 2017-03-16)

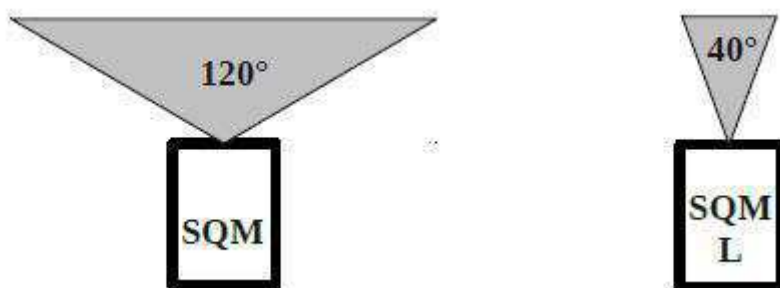
3 Měření světelného znečištění

Původně se viditelnost hvězd odvíjela pouze od oka pozorovatele. Dnes je již možné světelné znečištění měřit pomocí přístrojů. Profesionální astronomové si při zjišťování viditelnosti napomáhají dalekohledy a přímo ke zjišťování míry světelného smogu používají speciální přístroje, o kterých se zmíním níže. Podrobnější popis metod jsem shrnula v kapitole 5 Vlastní pozorování.

3.1 Přístroje

3.1.1 Sky Quality Meter

Odborníky nejčastěji používaným přístrojem je již zmiňovaný Sky Quality Meter od společnosti Unihedron, který byl vyvinut v roce 2004 v Kanadě. Tento přístroj bývá označován také jako jasoměr. Funguje tak, že pod různými úhly měří veličinu jas v kandelách na m². (STARÝ J. 2013, s. 21) SQM udává výsledek v jednotkách MSA (magnituda na čtvereční úhlovou vteřinu), které se v astronomii používají častěji. Protože je stupnice magnitud obrácená, platí, že čím je číselná hodnota vyšší, tím je obloha tmavší. Nejrozšířenějšími typy měřidel jsou SQM a SQM-L, který je navíc vybaven směrovou optikou. Oba typy se liší dosahem, v jakém úhlu jsou schopné jas měřit. SQM obsáhne oblast o širokém úhlu téměř 120°. SQM-L měří jen v úhlu kolem 40°. U SQM je výhodou širší záběr oblohy a tím „zprůměrované“ hodnoty, ale již nelze zjistit, kterým směrem je obloha světlejší a kterým tmavší. Získáme tedy určitou hodnotu, ale charakter oblohy se například vzhledem ke vzdálenosti k městu může různit. Je tedy důležité umět získané hodnoty správně interpretovat. (Manětínská oblast tmavé oblohy 2014 – 2015) Oproti tomu s SQM-L změříme sice pouze malou část oblohy, ale můžeme měření v různých směrech porovnávat. (Světelné znečištění: Metody a technika 2017)



Obrázek 10. Porovnání dosahu SQM a SQM-L, (Světelné znečištění: Metody a technika 2017)

Hlavní výhodou obou zůstává jejich snadná ovladatelnost. Data se získávají pouhým namířením zařízení na oblohu.



Obrázek 11. Sky Quality Meter, (Unihedron 2017)

3.1.2 Luxmetr

Luxmetr bývá primárně využíván projektanty při plánování a instalaci osvětlení, udává intenzitu osvětlení v luxech. Pokud má luxmetr dostatečnou citlivost, může být použit i k měření jasu noční oblohy. Je běžně dostupným zařízením, citlivější přístroje jsou ale drahé. Přístroj vyhodnocuje osvětlenost oblohy přes čidlo citlivé na světlo, tzv. fotodetektor. (STARÝ, J. 2013, s. 20)

3.1.3 Fotografická zařízení

Světelné znečištění může být zaznamenáváno samozřejmě také metodou přímého fotografického mapování, a to pomocí digitálního fotoaparátu nebo CCD kamery. Skrze speciální počítačový software se pak snímek převede na tzv. jasovou mapu. Lze tak dobře zaznamenávat výsledky a porovnávat vývoj znečištění v daném místě. Nevýhodou je časová náročnost zpracování dat.

Fotografické snímky získávají také družice. Na jejich snímcích je zřetelně zachyceno hlavně osvětlení měst. Světlo z center uniká vzhůru a pomocí matematických modelů lze dopočítat, jak množství světla bude ovlivňovat vzhled noční oblohy. Výhodou družicového snímkování je pokrytí téměř celého zemského povrchu. Nevýhodou je časová a finanční náročnost pořizování a zpracování dat a také skutečnost, že se jedná o nepřímé měření – fotografovány jsou zdroje dat a ne přímo samotná obloha. (Manětínská oblast tmavé oblohy 2014 – 2015)

3.1.4 Fotovoltaický panel

Určitá měření lze provádět také pomocí fotovoltaického panelu. Ten totiž zaznamená míru osvětlení, která se na něm projeví napětím. Mezi osvětlením oblohy a napětím na fotovoltaickém panelu tedy platí přímá úměrnost. Pokud jsou panely opatřeny ještě elektronickým měřicím přístrojem, tzv. multimetrem, lze jím hodnotu osvětlení i číselně vyjádřit. Zkalibrované zařízení dokáže zaznamenat i velmi nízkou intenzitu záření. (STARÝ, J. 2013, s. 21)

3.2 Zásady měření

Ať už jsou přístroje jakkoli přesné a citlivé, nelze za jejich pomoci určit například světlo unikající z prostor, kde je používáno více druhů svítidel. Aby bylo možné naměřit objektivní hodnoty, je potřeba dodržovat určité zásady. Blíže ke skutečnosti mají data získaná různými přístroji. Čím více měření bude provedeno, tím se samozřejmě získá větší vzorek dat, ze kterého se přesněji určí charakter oblohy v oblasti. Při porovnávání dat mezi oblastmi by se mělo dbát na to, aby byla pořízena za stejných podmínek (počasí, úhel, pod kterým je měřeno). Při měření osvětlenosti oblohy nesmí být měření ovlivněno blízkým svítidlem nebo překázkou mezi zařízením a oblohou. Jak již bylo naznačeno výše, měřit lze také osvětlenost povrchů, od kterých se světlo odráží. (Starý, J. 2013, s. 20)

4 Citizen science

Aby se věda více zapsala do povědomí lidí a přiblížila se široké veřejnosti, pořádá řada institucí (AVČR, planetária, MŽP, univerzity, neziskové organizace, sdružení TEREZA, hnutí DUHA, národní parky, oblasti tmy atd.) každoročně řadu akcí, jako např. týden vědy, semináře nebo různé workshopy. Do programů se dnes často zapojují i školy ve snaze vést žáky a studenty k ekologičtějšímu chování. V posledních letech se objevila řada projektů, do kterých je veřejnost zapojena přímo a dokonce se na výzkumu, či přesněji řečeno sběru dat, sama podílí. Spolupráce je přínosná pro obě strany. Laici si vyzkoušejí něco nového, co je zajímavé, a dělají to se zapálením pro věc. Profesionální vědci se od nich mohou naopak dozvědět nové poznatky z rozličných oborů a získat data z různých míst světa. Díky úložišti v síti totiž odpadá problém se vzdáleností. Odborníci ovšem podstupují určité riziko, že měření laiky nemusí být prováděna správně, a tudíž si nemohou být jisti, do jaké míry jsou naměřená data pravdivá. Existuje spousta organizací, jež projekty spravují. Některé z nich se zde pokusím přiblížit. Do těch, které používají mobilní aplikace, jsem se v rámci vlastních měření sama zapojila.

4.1 Globe at Night

Globe at Night je mezinárodní kampaň, která má za cíl zvýšit povědomí veřejnosti o dopadech světelného znečištění. Je to program National Optical Astronomy Observatory, Národního střediska pro pozemní noční astronomii ve Spojených státech, které provozuje sdružení univerzit pro výzkum v astronomii na základě dohody o spolupráci s National Science Foundation (Národní vědecká nadace USA).

Tím, že veřejnost bude oblohu sama měřit, si může snáze uvědomit její proměnlivost a také míru znečištění, která je např. v místě jejich bydliště. Zapojit se je snadné, potřeba je mít pouze počítač či chytrý telefon.

Program se pyšní více než 100 000 měření přispěvovatelů ze 115 zemí světa, což jej doposud činí nejúspěšnější kampaní na měření světelného znečištění. V databázi je možné dohledat data za posledních 9 let. Tyto údaje lze porovnávat a díky nim dokazovat, jaký problém světelné znečištění skutečně představuje. Mohou se také srovnávat s dalšími databázemi a vytvářet tematické mapy. (Globe at Night 2017)

4.2 Dark Skies Awareness

Dark Skies Awareness je základním projektem International Astronomical Union. Patří mezi 11 projektů, které byly stěžejními v roce 2009, tedy mezinárodního roku astronomie. Jeho cílem je zvýšit úroveň veřejného povědomí o negativních dopadech nadměrného veřejného osvětlení a uvědomit si ztráty přirozené noční oblohy. Spolupracuje s National Optical Astronomy Observatory, International Dark-Sky Association a iniciativou Starlight. Hlavní částí zůstává veřejný „citizen science“ projekt pro měření světelného znečištění na místní úrovni. Mezi další patří například souvislost světelného znečištění s radiovými vlnami a jejich měření, program podporující majitele domů, aby vyměnili stávající svítidla za ta, která jsou úspornější a šetrnější k obloze nebo program Dark Sky Discovery Sites, který usiluje o udržení míst s tmavou oblohou, aby je bylo možné dále používat při vzdělávání veřejnosti. Svůj původ zde má také známá Hodina Země. (Dark Skies Awareness 2017)

4.3 International Dark-Sky Association

International Dark-Sky Association (IDA) je v oblasti světelného znečištění uznávanou autoritou a je přední organizací v boji proti tomuto globálnímu problému. Jejím cílem je ochrana noční oblohy pro současnou i budoucí generaci. Snaží se právně obhajovat ochranu noční oblohy, vzdělávat veřejnost a zákonodárce, aby tmavou oblohu ochraňovali a byli za stav životního prostředí zodpovědní.

IDA byla založena v roce 1988. Dnes převzala vedení při určování nepříznivých dopadů umělého světla na lidský organismus, na volně žijící živé organismy a klima Země. Pracuje jak s veřejností, tak se zákonodárci, urbanisty, výrobci osvětlení, chráněnými oblastmi a národními parky. Usiluje o správné zvolení a dostupnost inteligentního osvětlení. Poskytuje kvalitní vzdělání a programy pro veřejnost po celém světě. (International Dark-Sky Association 2017)

4.4 STARS4ALL

Projekt Evropské unie byl zahájen koncem roku 2015 v rámci mezinárodního roku světla. Poprvé svedl dohromady odborníky v oblasti informačních technologií, sociálních věd, ekonomie, astronomie a ekologie. Jejich úkolem bylo vytvoření soběstačných řešení souvisejících se světelným znečištěním. Projekt podporuje opatření vedoucí ke snížení světelného odpadu a zlepšení kvality umělého osvětlení, což kromě zlepšení života ekosystémů přinese i velké hospodářské a ekonomické úspory. Prostřednictvím sběru dat se do

něj může zapojit téměř každý. Jakékoli návrhy a připomínky laiků navíc autoři vítají, a tak se člověk může setkat s odezvou, či dokonce svůj nápad zrealizovat. V dohledné době si projekt klade několik cílů:

- a) vysílat astronomické události,
- b) vytvořit ochrannou značku, která bude označovat podniky, nevládní organizace, obce a jiné instituce splňující normy a chránící oblohu,
- c) vytvořit další mapy světelného znečištění a identifikovat plýtvání energií u veřejného osvětlení,
- d) nainstalovat síť senzorů pro měření světelného znečištění v evropských obcích, jejich monitoring,
- e) posílit projekt Loss of the Night kvůli zvýšení zájmu veřejnosti a většímu vzorku dat.
(STARS4ALL 2017)

5 Vlastní pozorování

Měření jsem prováděla pomocí dvou mobilních aplikací, a to Loss of the Night a Dark Sky Meter PRO.

5.1 Loss of the Night

První z nich, tedy Loss of the Night, funguje na principu pozorování oblohy pouhým okem. Lze ji používat v tzv. offline režimu a je provozována zdarma. Získaná data jsou podkladem projektu Globe at Night. Samotné strůjce projektu těší, že jsou aplikace již dostupnější a rozšířené i mezi laickou veřejností. Mohou tedy získat lepší přehled o světelném znečištění na více místech světa. Aplikace je k dispozici jak pro Android, tak pro operační systém iOS. Téměř každý může tedy měřit pomocí bezplatné aplikace viditelnost hvězd a dodávat tak data do celosvětové mapy světelného znečištění. Kromě nenáročného zapojení se do mezinárodního projektu se člověk dozví informace o poloze hvězd, které mnohdy nad sebou, zvláště ve městech, není možné vidět.

Před prvním použitím aplikace a zapojením se do projektu si každý uživatel musí nastavit tyto základní parametry:

a) informace o uživatelově zraku

- no visual impairment – uživatel nemá žádné zrakové postižení
- glasses – zda nosí brýle
- contact lenses – používá kontaktní čočky
- laser eye surgery – je po laserové operaci

b) nastavení věkové kategorie

- méně než 20
- 20 až 29
- 30 až 39
- 40 až 49
- 50 až 59
- 60 až 69
- 70 až 79

- 80 až 89
 - 90 a více let
- c) zkušenosti s pozorováním hvězd
- little or no experience – malé nebo žádné zkušenosti
 - I know several stars and constellations – znám několik hvězd a souhvězdí
 - amateur astronomer – jsem amatérským astronomem

V rozšiřujícím nastavení si uživatel ještě může navolit například zobrazování názvů hvězd a souhvězdí, tmavší pozadí obrazovky atd. Posledním nastavením je uvedení e-mailové adresy a uživatelského jména.

Na úvodní stránce jsou odkazy na základní informace o projektu i o výzkumné síti Verlust der Nacht. Ta zkoumá nejen negativní dopady osvětlení na ekologii, kulturu, socioekonomii a na lidské zdraví, ale také důvody, proč neustále narůstá míra nočního osvětlování. Skrze porozumění těmto faktorům chce pomoci vyvinout lepší způsoby osvětlování a udržitelné technologie, které omezí nežádoucí dopady, aniž bychom přišli o jeho hlavní výhody, za které je považován zejména pocit bezpečí. Tato výzkumná síť je finančně podporována programem Výzkum pro trvale udržitelný rozvoj německého Spolkového ministerstva vědy a školství společně s městem Berlín (odbor ekonomiky, technologie a výzkumu). Tvoří ji odborníci na přírodní i společenské vědy, astronomové a technici z Leibnitz – Institut für Astrophysik Postdam, Helmholtz – ZENTRUM FÜR UMWELTFORSCHUNG UFZ, IfADo, IRS, Technische Universität Berlin, Freie Universität Berlin a další.

Dále je zde představen samotný projekt Globe at Night, který shromažďuje údaje o světelném znečištění pomocí počtu viditelných hvězd z určitého místa od roku 2006. Mapuje tak světelné znečištění na tzv. světové mapě jasu. Určení množství viditelných hvězd je dobrým měřítkem světelného znečištění. Ačkoli se tato metoda zdá být příliš snadná, funguje velmi spolehlivě. Může ji provádět téměř každý a pomocí technologie data posílat na úložiště projektu. Více měření z jednoho místa pak poskytne lepší výsledek o tom, do jaké míry je lokalita světlem znečištěna. Nezáleží ani na tom, zda se místo nachází ve městě nebo na odlehlé samotě. Díky odlišnému charakteru míst lze lépe posoudit rozdíly a získat tak širší vzorek typů noční oblohy. Je dobré měřit na stejném místě

v různý čas a v různých dnech. Porovnáváním dat z jednotlivých let mohou vědci vyhodnotit změny a trendy, které jsou světelným znečištěním určovány. Ve spojitosti s místem můžeme také získat informace o souvislosti znečištění například s rozšířením určitých druhů zvířat nebo výskytem nějakého onemocnění.

Součástí představení projektu jsou i tipy pro pozorovatele. Ti by nikdy neměli chodit pozorovat oblohu sami a na nebezpečná místa. Pro lepší výsledky pozorování by měli svůj zrak nechat zvyknout na venkovní tmu alespoň po dobu třiceti minut a používat noční mód aplikace, aby nebyli oslňováni obrazovkou. Pokud je v okolí nějaký zdroj světla, je vhodné se k němu otočit zády. Aplikace tak lépe zaznamená jas oblohy a ne jas osvětlení. K samotnému měření lze přidat ještě hodnotu SQM. Poskytuje ji druhá ze zmíněných aplikací, o které se budu zmiňovat níže.

Nyní bych ráda popsala samotný průběh zjišťování viditelnosti hvězd. V úvodní nabídce musíme přejít na předvolbu „Start observing stars“. Další použití aplikace je intuitivní, ilustrace nabádá k převrácení monitoru telefonu, po zkalibrování si aplikace zjistí naši GPS polohu kvůli lepšímu zaměření hvězd a umístění dat do souřadnic. Aplikace nás taktéž upozorní v případě, že není dostatek tmy potřebné k měření a uvede den a čas, kdy znovu budou vyhovující podmínky. Toto upozornění dostaneme i ve chvíli, kdy je vysoká aktivita Měsíce a obloha je jím v období okolo úplňku ozařována. Je totiž potřeba rozeznávat přirozené ozáření oblohy od toho antropogenního. Pokud jsou vhodné podmínky, aplikace se ještě „zeptá“ na aktuální počasí: jasná obloha, mírně zataženo, oblačno, déšť, mlha/smog/opar, sníh na zemi (ten totiž ovlivňuje albedo neboli odrazivost světla). Konečně je před námi samotné sledování oblohy. Na obrazovce se objeví šipka, v jejímž směru budeme otáčet telefonem nasměřovaným čidlem na oblohu. Poté, co zacílí nějakou hvězdu, se pohyb zastaví, zvýrazní ji velkým kruhem a nabídne možnosti odpovědi, jak je hvězda vidět:

1. Hvězda není vidět nebo si nejsme jisti.
 - nějaký objekt nám brání ve výhledu
 - nejsem si jistý, zda tam hvězda je nebo není
 - ve výhledu brání mraky nebo mlžný opar
 - hvězda není vidět

2. Hvězda je vidět.

- hvězda je jasně viditelná
- hvězda je sotva viditelná
- viditelná pouze s „odvrácením zraku“ (jedná se o techniku pro sledování slabě viditelných objektů s používáním periferního vidění). Sama jsem se přesvědčila o tom, že tato metoda funguje, pokud pozorovatel zamrká nebo zaostří svůj zrak na místo, kde by se hvězda měla nacházet. Stává se, že ji najednou dokáže na obloze rozeznat.

3. Hledat objekt znovu – tato možnost se využívá, pokud jsme dezorientovaní a potřebujeme hvězdu zacílit pomocí okolních objektů.

Minimální počet hledaných hvězd je osm, lze jich ale najednou zaznamenat neomezený počet. Na obrazovce aplikace ukazuje i hladinu zenitu a planety.

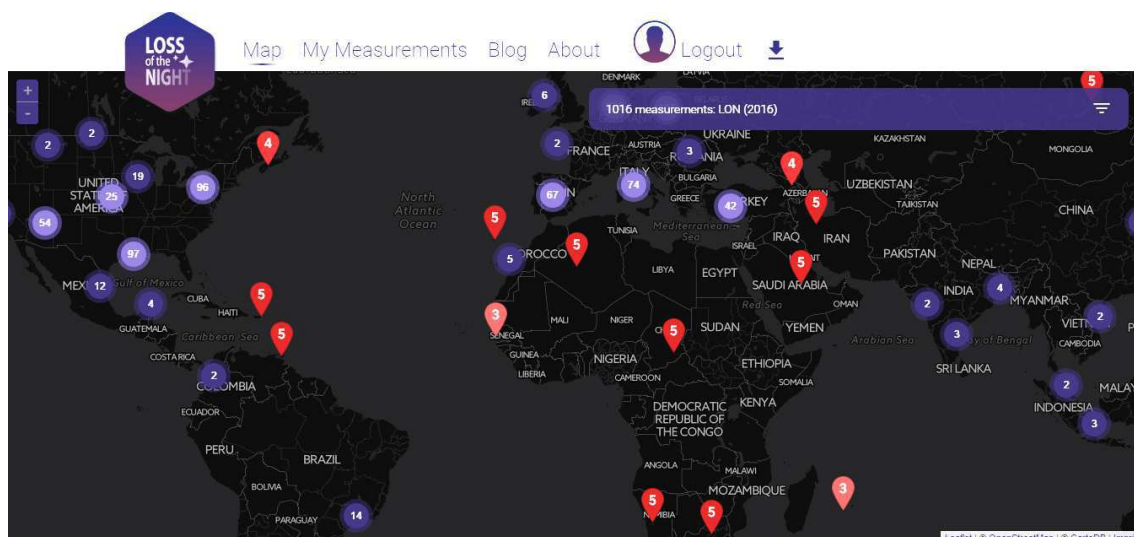


Obrázek 12. Prostředí aplikace při zaznamenávání viditelnosti hvězd, (Loss of the Night 2016)

Detailní popis uložených naměřených dat si pozorovatel může prohlédnout buď přímo v prostředí aplikace, nebo na webových stránkách myskyatnight.com, kde si pomocí e-mailové adresy založí účet, získá k němu přístupové heslo a může svá měření vidět jak v rámci mapy celého světa, tak i pomocí ilustrace sledovat jednotlivé stupně viditelnosti a sledovatelnosti hvězd, které naměřil. Vyvodí také tzv. limiting magnitude, což je omezující výška, kde je ještě nejslaběji patrný rozsah tělesa na obloze, které bylo daným přístrojem detekováno. Limiting magnitude přístroj zjistí podle toho, jaké hvězdy jsme ještě byli schopni vidět a které již ne. Každá hvězda má totiž zvláštní hodnotu její

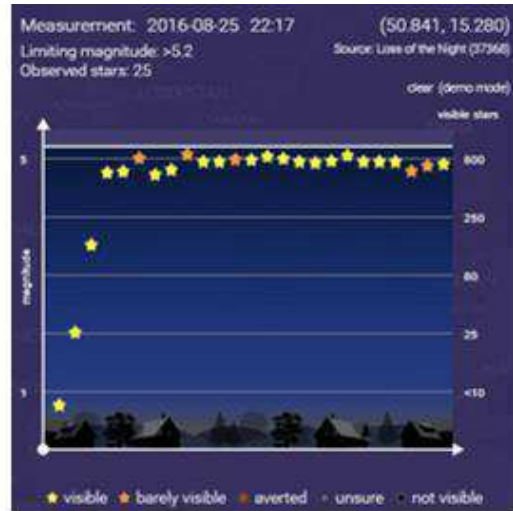
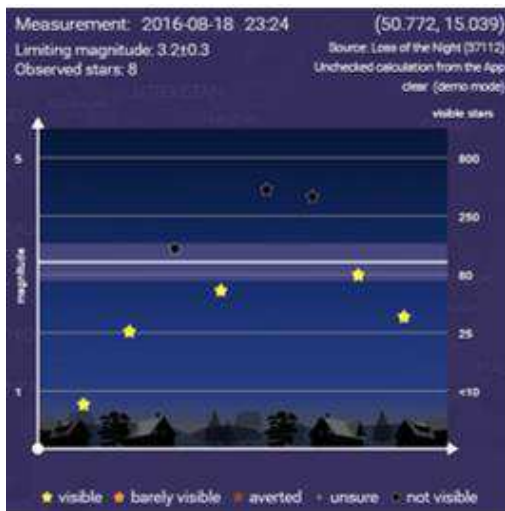
výšky – magnitude (mag), ze které se hraniční výška viditelnosti odvodí. Vyšší hodnota čísla mag značí nižší jasnost hvězdy, je pak tedy hůře pozorovatelná. Další údaje o hvězdách, které aplikace vyhodnocuje, se týkají jejich umístění v souřadnicích. Podle aktuální GPS souřadnic pozorovatele zařízení vyhodnotí, které hvězdy bude možno z daného místa vidět. Umístění hvězd na obloze se vyjadřuje v tzv. rektascenzi (RA) a deklinaci (DEC). Jsou to vlastně jakési ekvivalenty k nám známé zeměpisné délce a šířce přenesené na oblohu. Astronomové pro tyto údaje ale nepoužívají stupně, nýbrž hodiny ($360^\circ = 24 \text{ h}$), které pak přímo udávají časový rozestup např. mezi kulminacemi dvou objektů. (Hvězdárna Plzeň 2017)

Takto vypadá mapová aplikace s naměřenými daty z celého světa.



Obrázek 13. Internetové prostředí aplikace s uživatelským účtem a daty z celého světa, (Loss of the night 2016)

Na dalších obrázcích uvádím ilustrace jednotlivých měření. První přímo z Liberce z 18. srpna 2016, za ne úplně vhodných podmínek kvůli Měsíci v úplňku (vlevo) a druhé ze Smědavy z Jizerské oblasti temné oblohy z 25. srpna 2016, kdy do novu (1. září 2016) zbýval týden (vpravo).



Obrázek 14. Srovnání získaných údajů z Liberce a Černé Smědé, (Loss of the night 2016)

5.2 Dark Sky Meter

Pro iPhony série 4S a novější je vhodná také aplikace Dark Sky Meter – DSM, která je dostupná za 0,99 €. Pomocí svých měření tak autor přispívá ke zmapování světa a vytváří interaktivní mapu, která je kromě získaných dat z měření laické veřejnosti podložena také daty Nového světového atlasu oblohy znečištěné umělým osvětlením – New World Atlas of Artificial Sky Brightness. Aplikaci je možné používat i mimo dosah sítě, tedy v offline režimu. Data se uloží a po připojení se k síti odešlou informace do webové databáze.

Dark Sky Meter používá k měření oblohy dvou kroků. Jde o vytvoření snímku fotoaparátem, následuje zaměření nějakého objektu na obloze, které už zajistí sama aplikace. Pro uživatele to znamená jen stisknutí prvního tlačítka DARK a poté namíření čidla telefonu – fotoaparátu směrem vzhůru na oblohu. Při stisknutí druhého tlačítka SKY by zařízení v tomto okamžiku mělo být ve vodorovné poloze. V aplikaci je také možno doplnit aktuální podmínky o počasí a odeslat měření na server (jinak je nutno si ho zaznamenat, není ukládáno do telefonu). Na obrazovce telefonu jsou kromě samotného měření také informace o aktuálních podmínkách oblohy:

- západ Slunce,
- konec tmy,
- fáze Měsíce, intenzita jeho svitu v procentech,
- začátek tmy,
- východ Slunce,

- úhel zařízení.

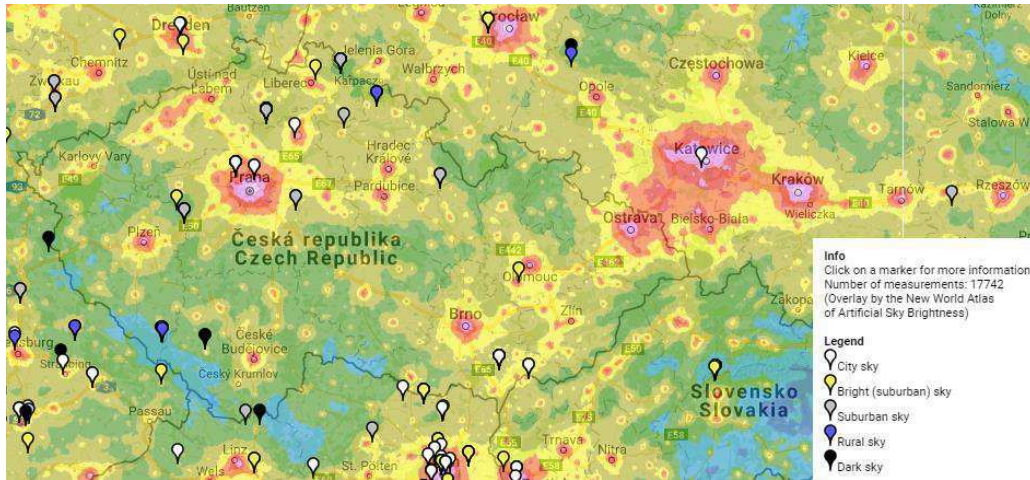
DSM pak uživateli poskytne dvě naměřené hodnoty. První je hodnota SQM – Sky Quality Meter, vychází ze samostatného měřáku, který pod různými úhly měří veličinu jas (kandely na metr čtvereční nebo na čtvereční úhlovou vteřinu – MSA). Druhá hodnota je udávána v metrech a značí tzv. jednotky NELM – Naked-Eye Limiting Magnitude. NELM je překládána jako vzdálenost, která je viditelná pouhým okem. SQM a NELM se mezi sebou dají převádět. Například 20 SQM se rovná 5,5 m v jednotkách NELM. Čím je tedy hodnota vyšší, tím je viditelnost hvězd lepší (lze dohlédnout na delší vzdálenost).

NELM je také mezní hodnotou pro Bortleovu stupnici. Jedná se o stupnici o devíti stupních, která měří jas noční oblohy určitého místa. Pomocí ní je kvantifikována pozorovatelnost nebeských objektů a je podle ní také rozlišitelná míra rušivosti světelným znečištěním při pozorování. Stupnici vytvořil John E. Bortle a byla poprvé zveřejněna v roce 2001 v časopise Sky & Telescope, aby pomohla amatérským astronomům zhodnotit tmavost místa a srovnávat ji s jinými pozorovanými lokalitami. Hodnotu 1 má nejtmaší obloha, poslední devátou třídu zase tvoří obloha nad městskými centry. V České republice bohužel první tři kategorie již takřka nenajdeme. Na rozdíl od určení výšky viditelnosti není tolik závislá na pozorovateli a není k ní potřeba žádného zařízení. Klíčová je pro její určení viditelnost resp. neviditelnost některých objektů na obloze vč. světelného znečištění. (Světelné znečištění: Bortleova stupnice 2017)

Tabulka 2. Bortleova stupnice, (vlastní zpracování dle dat Světelné znečištění: Bortleova stupnice 2017)

Stupeň	Charakter oblohy	Magnitude	Jas (MSA)	Kde ji lze najít
1. vynikající, skutečně tmavá obloha	Mléčná dráha vrhá na zem stín, air-glow na horizontu	7,5 a 8	≈21,7	v ČR se již nevyskytuje
2. skutečně tmavá obloha	mraky kdekoli vypadají jako černé díry na hvězdném pozadí	7 a 7,5	≈21,6	v ČR se běžně nevyskytuje
3. venkovská obloha	mraky u horizontu slabě nasvícené, nad hlavou tmavé	6,5 a 7	≈21,5	odlehlejší oblasti Šumavy a Novohradských hor
4. venkovská/ příměstská obloha	mraky ve směrech zdrojů mírně nasvícené, přímo nad hlavou tmavé	6 a 6,5	≈21,3	venkovské oblasti západních a jižních Čech, Vysočina, hory
5. příměstská obloha	mraky znatelně světlejší než okolní nebe	5,5 a 6	≈20,8	nad většinou venkovských oblastí
6. světlá příměstská obloha	světlý šedobílý nádech, mraky jasně nasvíceny	5,5	≈20	menší města, okolí velkých měst
7. příměstská/ městská	mlhavý, šedivý nádech oblohy	5	19	středně velká města, okraje velkoměst
8. městská	šedobílá až oranžová barva oblohy	do 4,5	≈18	vnitřní oblasti velkoměst
9. uvnitř velkoměsta	celá obloha jasně osvícena vč. zenitu	4 nebo horší	<17,5	v centru Prahy

Data naměřená pomocí aplikace poté může kdokoli vidět na mapě, kterou lze najít na webových stránkách www.darkskymeter.com.



Obrázek 15. Internetové prostředí DSM s podkladovými daty Světového atlasu tmavé oblohy, (Darkskymeter.com/map 2016)



Obrázek 16. Prostředí aplikace, (DSM 2016)

Aplikace byla testována po celém světě a je podporována Mezinárodním sdružením temné oblohy. Takto například může vypadat její prostředí v mobilním zařízení.



Obrázek 17. Mapové vyjádření naměřených dat s podklady Světového atlasu, (darkskymeter.com/map 2016)

5.3 Postup a výsledky měření

Informace o světelném znečištění jsem kromě Liberce a Jizerské oblasti tmavé oblohy získávala i jinde. Snažila jsem se o co největší rozmanitost charakteru míst, aby bylo možné jejich přepokládanou charakteristiku potvrdit, vyvrátit či ji porovnat s naměřenými údaji. Jednotlivá místa se pokusím nejprve představit.

5.3.1 Slověnický mlýn

Na začátku prázdnin jsem měla příležitost k měření na jihu Čech ve Slověnickém mlýně. Jedná se o část vesničky Slověnice, která leží přibližně 10 km od Třeboně a 20 km od Českých Budějovic. Areál Slověnického mlýna, kde jsem měření prováděla, patří podle mapy DSM do hraniční oblasti, kde by už obloha neměla být ovlivňována světlem z Českých Budějovic. Celý areál se nachází v lese a obklopují ho soustavy rybníků. V okolí se nachází jen několik menších vesniček, nejbližší je vzdálena 1,5 km. Ve Slověnickém mlýně jako takovém mohly být zdroji světla pouze čtyři budovy určené k bydlení. Pouliční osvětlení ani jiné zdroje světla zde nejsou. Právě z těchto důvodů mi místo přišlo pro měření vhodné.

Tabulka 3. Slověnický mlýn, (vlastní měření, červenec, srpen 2016)

Datum	Výška viditelnosti	Obloha	Hvězdy	SQM	NELM (m)
01. 07. 2016	4,4 +- 1,4	jasná	2V, 3BV, 2U, 1NV		
04. 07. 2016	nov				
06. 07. 2016	>5,2	jasná	3V, 4BV, 1NV		
09. 07. 2016	>5,2	místy oblačno	7V, 1BV, 1A, 1U, 1NV		
10. 07. 2016	2,8 +- 0,4	místy oblačno	1V, 2BV, 1U, 4NV		
20. 07. 2016	úplněk				
07. 08. 2016	>5 +- 0,1	jasná	4V, 3BV, 1U	16.57	4,34
08. 08. 2016	>5 +- 0,1	místy oblačno	7V, 3BV, 1A, 1NV clouds	19.68	5,89
12. 08. 2016 (4:00)				17.97	5,04
12. 08. 2016 (23:14)		oblačno	nebylo možné hvězdy zjišťovat (oblačnost)	18.06	5,09
13. 08. 2016	4,91 +- 0,1	jasná	4V, 2BV, 1U, 1NV	19.53	5,82
14. 08. 2016	4,89 +- 0,1	jasná	5V, 1BV, 1U, 1NV	18.51	5,31

Vysvětlivky:

V ... visible – viditelná hvězda

BV... barely visible – sotva viditelná

U ... unsure – nejistá viditelnost

NV ... not visible – není viditelná

NV clouds ... clouds block the view – není viditelná z důvodu oblačnosti

A ... visible with averted vision – viditelná s „odvrácením zraku“.

5.3.2 Jičínsko

Dalšími lokalitami byly Železnice, která se nachází 5 kilometrů od Jičína, a Skuřina, která je od něj vzdálena necelých 17 km.

Železnice je menší městečko se zhruba tisícem obyvatel. Většinu zástavby tvoří rodinné domy se zahradami, je zde také pouliční osvětlení. Měření jsem prováděla ze zahrady rodinného domu nacházejícího se zhruba ve středu obce. Obloha je zde ovlivněna nejen místním osvětlením, ale podle podkladů z mapy světelného znečištění sem dopadá i světlo z nedalekého Jičína (okresní město, 16 tis. obyvatel).

Skuřina, ač se nachází také v blízkosti Jičína, je spíše ovlivňována světlem z nedalekého Dolního Bousova (město menšího rozsahu, necelé 2 tisíce obyvatel). Je tedy osvětlována méně, a to ať už menší intenzitou dopadajícího světla z okolní obce menší velikosti, tak i „zevnitř“ ze samotné Skuřiny. Společně s Markvarticemi, pod které spadá, měla k 1. 1. 2016 pouhých 470 obyvatel (RIS.cz 2017). Samotná pak čítá 68 budov (ČÚZK 2017). V obci nejsou kromě rodinných domů a pouličního osvětlení žádné jiné zdroje světla. V nedávné době zde byly nainstalovány lampy s horním stínidlem a LED zářivkami. Tento způsob osvětlení je úspornější, a tedy šetrnější k životnímu prostředí. Místní lidé si však stěžují na nepřírodně modré, nepřijemné světlo. Vyhovovalo jim více původní žluté. Zdroje se žlutým světlem bývají v pravidelných periodách stmívány. LED žárovky oproti tomu obsahují zdroj s vlastní elektrodou a nejsou tedy napojené na sinusoidní frekvenci přísunu proudu. Vstupní deformované napětí se pak může zachovat jinak a namísto stmívání zářivky často problikávají, což může citlivějšímu pozorovateli vadit. (Vyvoj.hw.cz 2014)

Měření jsem prováděla v ústraní od centra Skuřiny, na poli za rodinnými domy, kam nedopadalo žádné světlo z okolí. Překvapilo mne, jak moc je ale na obzoru vidět světelný opar od již zmiňovaného Dolního Bousova. Přesto, že je to obec menšího rozsahu, bylo osvětlení nebes v porovnání s oblohou nad Skuřinou značně rozdílné.

Tabulka 4. Jičínsko, (vlastní měření, červenec 2016)

Datum	Místo	Výška viditelnosti	Obloha	Hvězdy	SQM	NELM (m)
20. 07. 2016	úplněk					
22. 07. 2016	Železnice	2,6 +- 2,3	místy oblačno	1V, 3BV, 1U, 3NV	20.07	6,09
24. 07. 2016	Skuřina	>5,2	místy oblačno	6V, 2BV, 1A, 2U	30.03	6,07

5.3.3 Mladoboleslavsko

Měření jsem dále prováděla v okolí Mladé Boleslavi. Již z poměrně velké dálky je jasně zřetelný fakt, že množství světla, které toto město s 44 199 obyvateli (RIS 2017) produkuje, je nadměrné a ruší okolí. Světelný opar nad městem zde není pouze při oblačnosti nebo za smogové situace, ale přetrvává i v letních měsících za příznivého počasí.

Tabulka 5. Mladoboleslavsko, (vlastní měření, léto a podzim 2016)

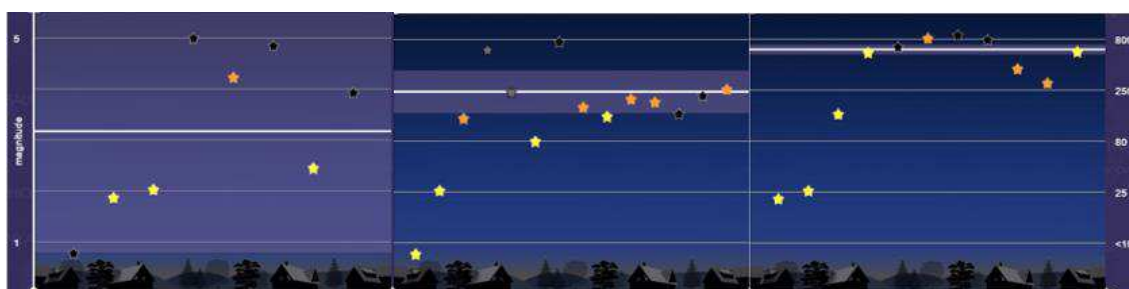
Datum	Místo	Výška viditelnosti	Obloha	Hvězdy	SQM	NELM (m)
26. 07. 2016	Čejetičky	3,2 +- 2,4	místy oblačno	3V, 1BV, 4NV		
29. 07. 2016	Čejetičky (mimo zástavbu)	4,0 +- 0,4	místy oblačno	4V, 5BV, 2U, 3NV	18.86	5,25
29. 07. 2016	Řepov	4,8 +- 0,1	jasná	5V, 3BV, 3NV	17.79	4,95
02. 08. 2016	nov					
03. 08. 2016	Čejetičky		zatažená	nelze měřit kvůli oblačnosti	17.36	4,73
22. 08. 2016	Čejetičky	4,70 +- 0,66	jasná	3V, 2BV, 1U, 2NV		
29. 11. 2016	nov					
02. 12. 2016	Čejetičky	4,69+- 1,64	jasná	5V, 1BV, 2NV	17,72	4,91

Zajímavé je porovnání údajů z příměstské části Čejetičky, které byly získány 26. a 29. července za podobných podmínek. Kromě rodinných domů a pouličních lamp oblast ovlivňují také reflektory osvětlující haly skladů a dopadající světlo z centra města, případně billboardů rozmístěných podél rychlostní silnice vzdálené 2,5 km. První údaj byl získán ze zahrady rodinného domu nacházejícího se v příměstské části Čejetičky a druhý z nedaleké louky, kam už nezasahovala zástavba ani pouliční osvětlení. Oblasti

se ve viditelnosti různí o celý výškový stupeň. Je pozoruhodné, jak se naměřené údaje z míst, která jsou od sebe vzdálena pouhý kilometr, mohou tak výrazně lišit.

Další srovnání lze provést s údaji z 29. června. Řepov je obec v těsné blízkosti Mladé Boleslavi. Dalo by se říci, že společně vytvářejí aglomeraci. I přesto je tato oblast podle výsledků světelným smogem znečištěna méně. Zdroji světla jsou tu převážně rodinné domy a pouliční osvětlení.

Nejlépe bude srovnání míst vidět na obrázku níže, na kterém je zleva údaj ze zastavěné části Čejetiček, z jejich nezastavěné části a z obce Řepov, nacházející se na opačném konci Mladé Boleslavi.



Obrázek 18. Porovnání měření na Mladoboleslavsku, (Loss of the night 2016)

Přestože je hladina viditelnosti v Řepově nezpochybnitelně vyšší, neodpovídá tomu již naměřená hodnota NELM, potažmo SQM. Bohužel, nedokáží zdůvodnit, proč tyto předpokládané hodnoty v tomto případě neodpovídají reálnému měření. Možnou příčinou by mohla být náhlá změna podmínek (např. oblačnost, množství světla z rodinných domů) mezi měřením jednou a druhou aplikací.

5.3.4 Jizerská oblast tmavé oblohy a Liberec

Podrobněji bych se ráda zaměřila na výsledky a srovnání Liberce a Jizerské oblasti tmavé oblohy (JOTO). Jizerská oblast tmavé oblohy byla vyhlášena 4. listopadu 2009 v rámci Mezinárodního roku astronomie. Stala se tak prvním mezinárodním parkem tmavé oblohy na světě. Nachází se jak na českém, tak na polském území Jizerských hor (Izerski park ciemnego nieba). Celé území rezervace, která činí necelých 75 km², je téměř neobydleno. Oblast vzdálená od větších sídel se rozkládá podél toku řeky Jizery. Sahá na českém území od Manětínského údolí, Václavíkovy studánky, přes osadu Jizerka až po horu Smrk a pokračuje na polské straně po Vysokém jizerském hřebeni, Velké Jizerské louce až k osadě Orle. JOTO byla zřízena za účelem informovat laickou i odbornou veřejnost o zdejším zachovalém životním prostředí a dále vzdělávat v oblasti světelného

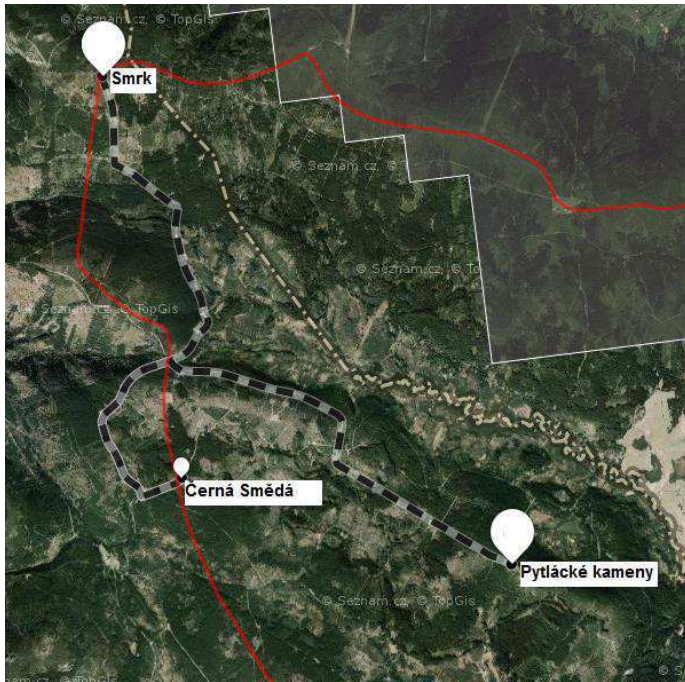
znečištění a propagovat jeho ochranu. Konají se zde i astronomické dny, ve kterých organizátoři chtějí danou problematiku a astronomické zajímavosti představit veřejnosti. Prvotní iniciativa k vytvoření chráněné oblasti vzešla od Astronomického ústavu Univerzity ve Vratislavi v Polsku. Dále se k ní připojily Astronomický ústav AVČR, Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Správa CHKO Jizerské hory, Nadleśnictwo Świeradów Zdroj, Nadleśnictwo Szklarska Poreba a Lesy ČR s krajským ředitelstvím v Liberci. (Astronomický ústav AVČR 2017).

V jejím logu se symbolicky objevují vrchol Borovce, řeka Jizera a souhvězdí Velkého vozu.



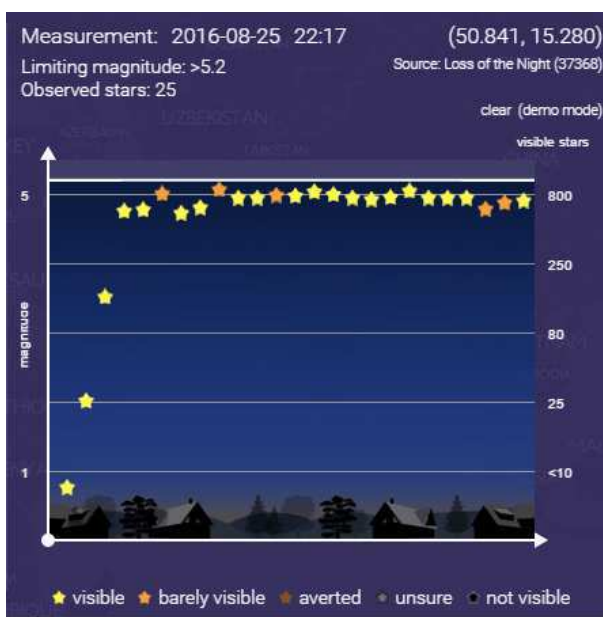
Obrázek 19. Jizerská oblast tmavé oblohy, (vlastní fotografie 2016-09-03)

V Jizerské oblasti tmavé oblohy jsem měření prováděla na Černé Smědě, nedaleko Smrku a na Pytláckých kamenech, které se nacházejí zhruba 4 km od osady Jizerka. Tato místa jsou od sebe vzdálena zhruba 7 km. Oblast Černé Smědě, ležící na hranici JOTO (v plánu vyznačena červeně), je dostupná z nedaleké Smědavy, sama obec ale do JOTO nespadá. Smrk se nachází na hranici Jizerské oblasti tmavé oblohy a Pytlácké kameny v jejím středu. Obě vzdálenější místa jsou pak od Liberce vzdálena přibližně 28 km.



Obrázek 20. Místa měření v JOTO, (vlastní zpracování 2017)

Z těchto tří navštívených lokalit mne nejvíce oslovila obloha nedaleko Smědavy. Zde jsem podle mého názoru získala nejlepší výsledky měření (25. 08. 2016; Černá Smědá; SQM: 18.66; NELM: 5,38 m). Osobně jsem takové množství hvězd ještě nikdy neviděla a měla jsem problém při zadávání do aplikace jednu od druhé rozeznat. Ještě tu noc jsem pro porovnání získala data i z Čejetiček. Měření se mi ale podařilo až na třetí pokus, aplikace totiž hlásila problémy s nedostatkem tmy a měření z tohoto důvodu nechtěla umožnit. (25. 08. 2016; Čejetičky; SQM: 19.00; NELM: 5,55 m).

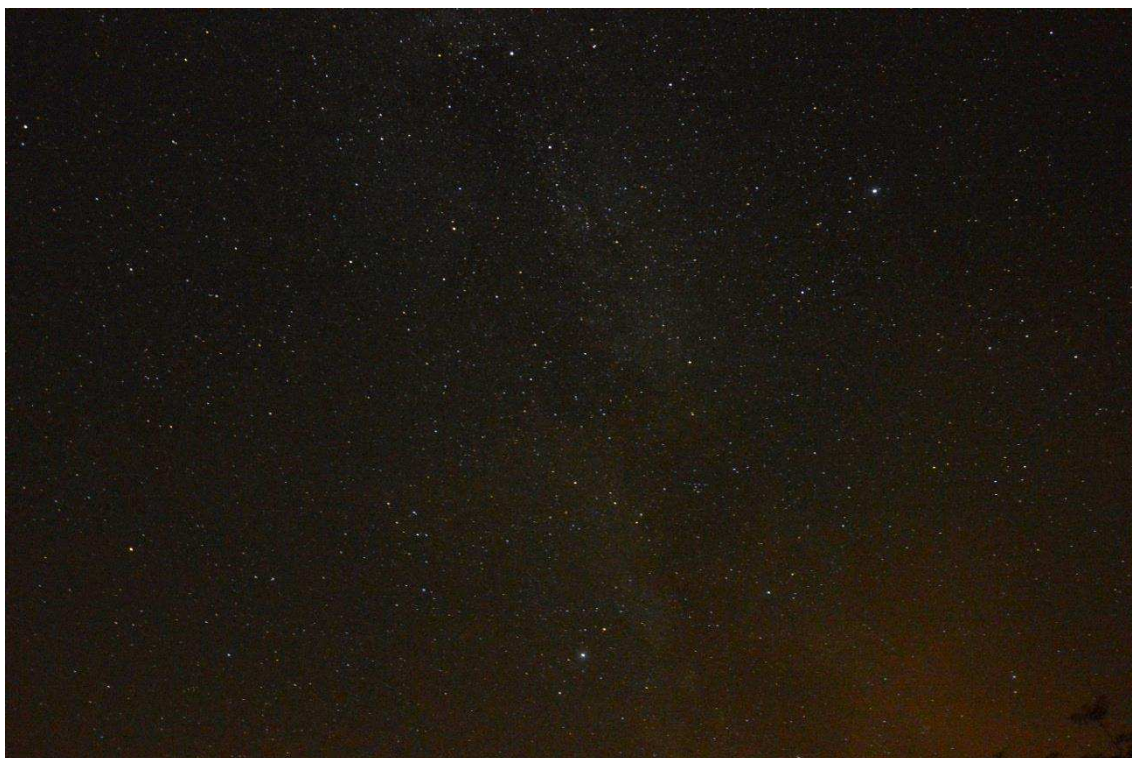


Obrázek 21. Viditelnost hvězd v oblasti Černé Smědě, (Loss of the night 2016)

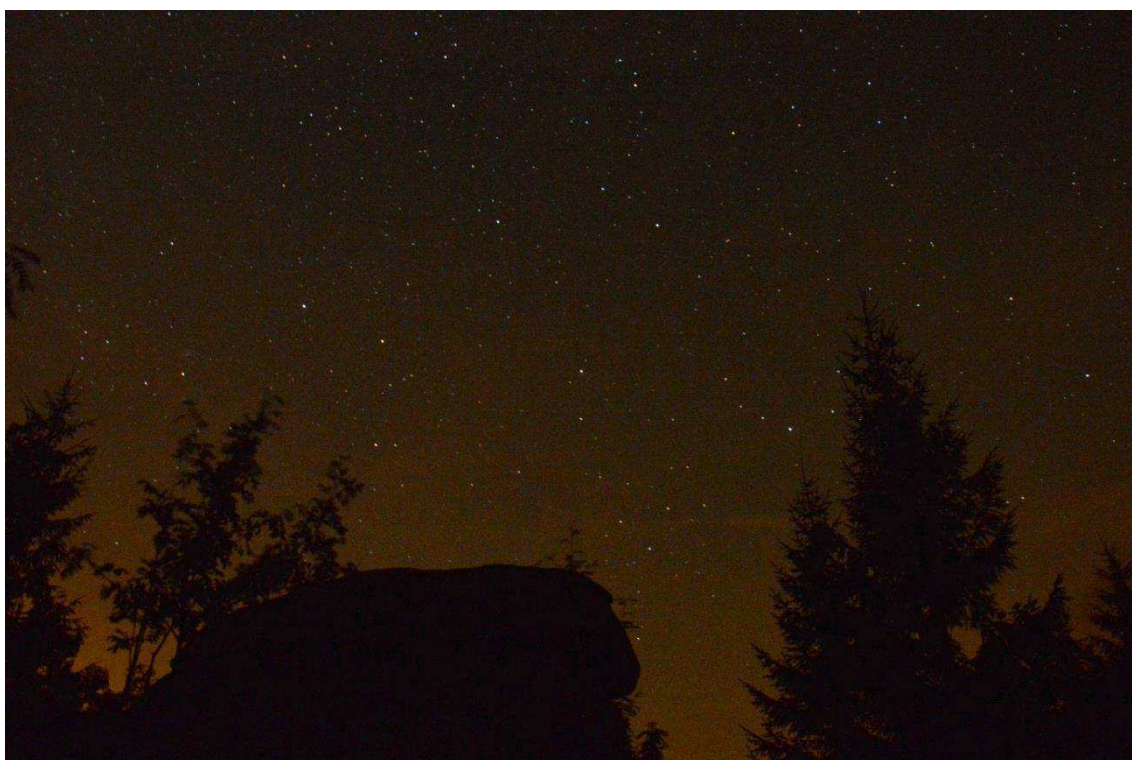
Tabulka 6. JOTO a Liberec, (vlastní měření, srpen, září 2016)

Datum	Místo	Výška viditelnosti	Obloha	Hvězdy	SQM	NELM (m)
18. 08. 2016	Liberec	3,20 +- 0,32	jasná	5V, 3NV	nelze – úplněk	
20. 08. 2016	Smrk	4,76 +- 0,75	místy oblačno	3V, 3BV, 2NV	18.94	5,53
25. 08. 2016	Č. Smědá	>5 +- 0,1	jasná	20V, 5BV	18.66	5,38
01. 09. 2016	nov					
03. 09. 2016 22:16	Pytlácké kameny	>5+-0,1	místy oblačno	5V, 2BV, 1U	19.42	5,76
03. 09. 2016 22:44	Pytlácké kameny	>5+-0,1	jasná	7V, 4BV	měs. aktivita 6 %	

Na Pytláckých kamenech, kde jsem 3. září 2016 kvůli měření nocovala, jsem si mohla ověřit, jak se podmínky během postupující noci zlepšují a obloha se vyjasňuje. Patrné bylo také otáčení Země a s tím související „pohyb“ souhvězdí po obloze. Za příznivých podmínek lze odtud vidět až 2000 hvězd i pás Mléčné dráhy. Díky tomu, že bylo pár dní po novu, bylo možné pořídit i několik snímků oblohy. Jedná se o pohled z Pytláckých kamenů směrem na horu Jizeru a dále přímo na Liberec. Na fotografiích je znatelný i opar světelného smogu pocházející pravděpodobně z tohoto krajského města, vzdáleného necelých 30 km.



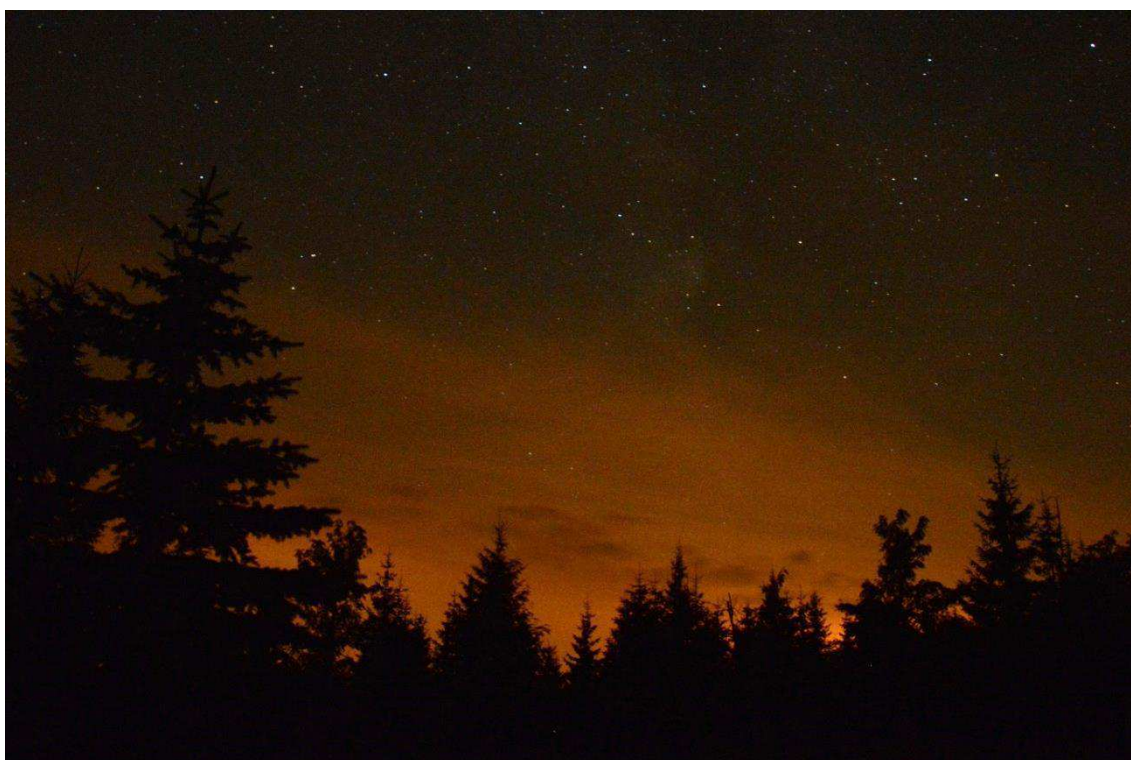
Obrázek 22. Noční obloha nad Pytláckými kameny, (vlastní fotografie, 2016-09-03)



Obrázek 23. Světelné znečištění na horizontu, (vlastní fotografie 2016-09-03)



Obrázek 24. Pytlácké kameny v kontrastu se světelným smogem, (vlastní fotografie 2016-09-03)



Obrázek 25. Postupující světelné znečištění, pohled směrem na Jizeru a Liberec, (vlastní fotografie 2016-09-03)



Obrázek 26. Velký vůz, světelný smog a prolétávající letadlo či družice, (vlastní fotografie 2016-09-03)



Obrázek 27. Velký vůz za svítání, (vlastní fotografie 2016-09-03)

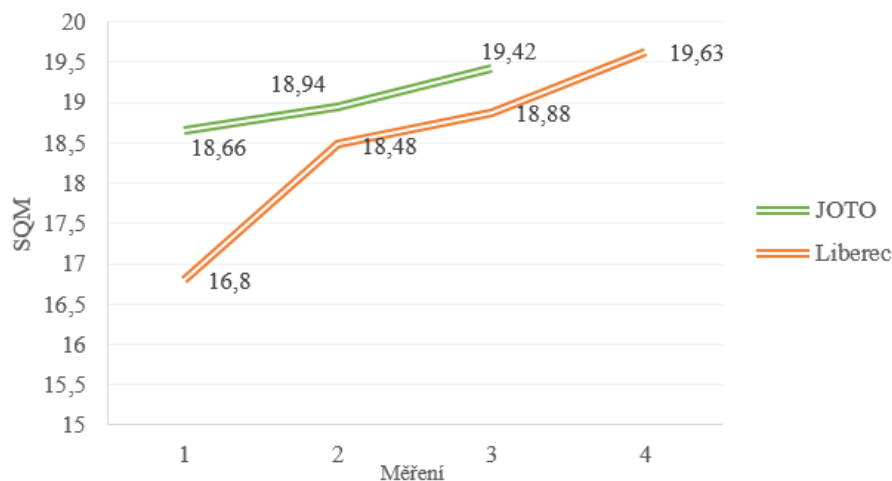
Data z města Liberce, který má přes 100 000 obyvatel, jsem získávala převážně v okolí Harcova či Husovy ulice, které nespádají do centra města. Přesto jsem kvůli reflektorům pouličního osvětlení měla problémy se získáním dat i v těchto odlehlějších místech. Ke světelnému znečištění v Liberci kromě pouličního osvětlení a rodinných domů přispívá například také osvětlování sjezdovky na Ještědu a nedalekém Obřím sudu Javorník, kde osvětlená sjezdovka září během celé noci nejen v lyžařské sezóně, ale nezhasíná se ani v letních měsících. Majitelé areálu toto zdůvodňují bezpečností. Má to ale negativní vliv na migraci živočichů, problémy mohou nastat také při lovu potravy, kdy se zvířata nemohou schovat do stinného místa, které by jim sloužilo jako úkryt nebo z něj mohla naopak zaútočit. Škodlivost přesevětlování sjezdovek v době večerního lyžování, v čase jejich zasněžování a v některých případech i mimo ně, potvrzují mnohé studie. Mezi hlavní problémy patří nasměrování světél vzhůru směrem k obloze. Tuto směrovost má také z dálky viditelný světlomet od diskotéky Topstar z centra Liberce. Uvedený snímek je pořízen zhruba 2 km od místa zdroje světla.



Obrázek 28. Světlomet z diskotéky v centru Liberce, (Klub astronomů Liberecka 2015)

Další výsledky z města Liberce jsem se zhoršujícím se podzimním a zimním počasím získávala převážně jen pomocí SQM. Měření mi znesnadňovaly zejména dva faktory. Souhvězdí zastiňovala přetrvávající oblačnost a naopak za jasných mrazivých nocí mi problémy při měření způsobovalo měřící zařízení. Telefon se při nižších teplotách sám vypínal.

SROVNÁNÍ HODNOT SQM



Obrázek 29. Graf srovnávající JOTO a Liberec, (vlastní zpracování 2017)

Očekávala jsem, že výsledky měření budou rozdílnější a bude tedy lépe patrná odlišnost chráněné oblohy nad Jizerskými horami a oblohy běžně osvětlované městem.

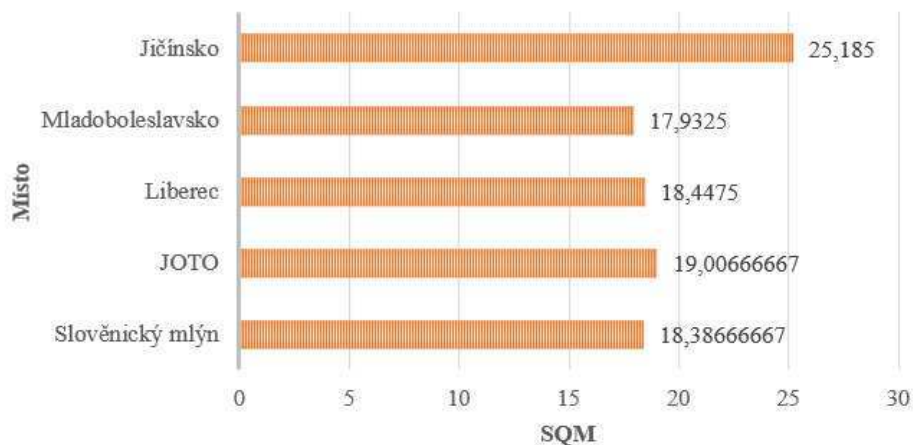
5.4 Vyhodnocení výsledků

Na závěr bych ráda srovnala průměrné výsledky ve všech měřených oblastech. Předpokládala jsem, že nejlepší výsledky budou zaznamenány v Jizerské oblasti tmavé oblohy a dále pak v nenarušené přírodě jižních Čech ve Slověnickém mlýně. Tipovala jsem, že o něco hůře dopadnou Železnice a Skuřina na Jičínsku z důvodu větší koncentrace obcí jim podobného charakteru. Naopak nejhůře by podle mých očekávání měla dopadnout města Liberec a Mladá Boleslav.

Podle grafu je zřejmé, že nejtmavší obloha se nacházela v okolí Jičina (Skuřina, Železnice). Přičítám to zejména tomu, že obě oblasti se nacházejí mimo centrum města a ani dopadající světlo z něj je významně neovlivňuje. Místa jsou navíc v blízkosti CHKO Český ráj. Podle výše uvedené studie Gastona et al. (2015) má ochrana přírody přímý vliv i na zachování tmavé oblohy. Jak by se dalo očekávat, dobré výsledky byly zaznamenány i v Jizerské oblasti tmavé oblohy. Nejhůře dopadlo okolí Mladé Boleslavi. Přestože je to menší město než Liberec, byly zde naměřeny horší hodnoty. Přisuzovala bych to zejména průmyslovému charakteru města, jeho poloze ve středu Čech, kde je větší koncentrace sídel, a také podílu významného zdroje světelného znečištění hl. m. Prahy. Velkým překvapením pro mne byla podobná průměrná hodnota SQM v Liberci a ve Slověnickém mlýně. Nedokáži si vysvětlit, jak je možné, že město a téměř panenská příroda mohou

mít srovnatelné výsledky. Jediné, co tmu v místě měření ve Slověnickém mlýně narušovalo, bylo osvětlení přilehlé budovy. Čidlo tedy mohlo zaznamenat tento zdroj.

PRŮMĚRNÁ HODNOTA SQM



Obrázek 30. Graf průměrných hodnot jednotlivých míst, (vlastní zpracování 2017)

5.5 Schůzka skautů

Aby principy citizen science fungovaly co možná nejlépe, musí se daná problematika, v tomto případě metody získávání dat, dostat do povědomí široké veřejnosti. Vzhledem k mému pedagogickému zaměření, jsem se pokusila narůstající problém světelného znečištění představit dětem. Dalším důvodem bylo také to, že většina dospělých považuje stávající situaci za normální. Vyrostli v ní a nikdo jim neřekl, že je něco špatně. Děti jsou v tomto ohledu mnohem tvárnější. Zajímá je svět kolem nich, jsou zvědavé. Až jednou vyrostou a budou mít možnost rozhodovat o tom, jaké zvolit osvětlení svého domu, třeba si na tuto zkušenost vzpomenou a zamyslí se, jak to udělat, aby sobě i ostatním škodily co nejméně.

Po domluvě s vedoucími oddílů skautů ve Vrchlabí jsem vedla schůzku oddílu Skorců. Jednalo se o děti ve věku 11 až 15 let.

Po zahájení schůzky se skauti rozdělili do týmů, ve kterých měli za úkol najít v areálu kluboven tři listiny. Jednalo se o první část textu, která je seznamovala s obecnými informacemi o světelném znečištění, a o dvě mapy, znázorňující oblasti s nejtmavší oblohou ve světě a v České republice. V závislosti na tom, jak rychle jednotlivé týmy našly a přinesly jeden z papírů, se určovalo jejich pořadí pro start další části hry.

Společně s dětmi jsme si první část textu přečetli, složitější pojmy jsme si vysvětlili a průběžně jsme diskutovali o všem, co je zaujalo:

„Všimli jste si, že jsou hvězdy někdy vidět lépe než jindy a že také záleží na tom, odkud je chcete pozorovat? Napadlo vás, proč tomu tak je?“

Velký vliv na to má samozřejmě aktuální počasí a oblačnost. V posledních letech ale oblohu ovlivňuje také tzv. světelné znečištění (světelný smog).

Světelné znečištění vzniká tak, že se částičky světla rozptylují a zůstávají v atmosféře. Fotony, jak se jim říká, zůstávají v zajetí částiček smogu nebo se odrážejí o mraky či mlhu. Zejména města jsou pak přiklopena svítícími pokličkami, přes které není obloha s hvězdami vidět.

Za největší zdroj světelného znečištění je považováno pouliční osvětlení. Záleží ale také na tom, jak se světlo rozptyluje a do jaké míry je pohlcováno povrchem či odráženo zpět do atmosféry. Když je například země pokryta sněhem, odrazí se od něj zpět až 90 % světla. Další problémy způsobuje osvětlování budov (kostelů, památek apod.), osvětlování billboardů, instalace zářících panelů s reklamou a osvětlení sjezdovek.

Určitá míra světelného znečištění nevyhnutelně provází každé umělé osvětlení. Většina světelného znečištění však vzniká zcela zbytečně. Jeho nežádoucí důsledky lze používáním jednoduchých zásad do značné míry omezit. Je to překvapivě snadné:

- Sviťte jen tehdy, pouze tolik a jen tam, kde je potřeba.
- Sviťte na zem, ne do nebe a ostatním do očí.
- Používejte kvalitní moderní svítidla. Mají nižší spotřebu, delší životnost a jsou ohleduplnější k okolnímu prostředí.

Hlavním projevem světelného znečištění je zesvětlování noční oblohy. Světlo z umělých zdrojů osvětlení svým rozptýlením způsobuje zvýšení jasů oblohy, v němž zaniká světlo hvězd. Obloha uprostřed velkoměst je natolik světlá, že zde lze pouhým okem spatřit jen několik nejjasnějších hvězd, například ve Velkém vozu. Ve středně velkých městech jsou to desítky, za městem už pak stovky hvězd. Daleko od měst je pak možné pouhým okem spatřit až několik tisíc hvězd. V nejtmařších částech ČR je to kolem 2000 hvězd (např. Šumava, Beskydy, Jizerské hory, Podyjí, Manětínsko či České Švýcarsko). A v nejtmařších lokalitách na světě (vrcholky Havajských či Kanárských ostrovů, poušť Atacama v Chile, neosídlené oblasti Afriky či Austrálie) je to 3000 až 4000 hvězd.“

Dalším úkolem skautů bylo přiřazení těchto lokalit do obou map. Následně dostal každý tým barevný lístek s pokračováním textu. V něm byla vynechána slova, která měli

za úkol najít na ústřížcích ve vedlejší místnosti a do textu je následně doplnit. Hledat vybíhal vždy jeden z týmu v závislosti na daném pořadí stanoveném na základě předchozího hledání. Zbývající část textu jsme si pak po skupinách opět přečetli, vysvětlila jsem dětem cizí výrazy, s jejichž porozuměním by mohly mít problém, a znovu jsem celou problematiku vlastními slovy shrnula. Děti se z textu dále dozvěděly:

„Na celý problém upozornili astronomové, pro které bylo vzhledem k zářícímu oparu pozorování hvězd stále náročnější. Světelné znečištění neovlivňuje ale jen životy několika nadšenců. Působí totiž na zdraví každého z nás. Dnes již není tajemstvím, že má vliv jak na kvalitu spánku a tzv. cirkadiánní rytmus člověka, tak například na migraci živočichů nebo jejich potravní řetězec.

Organismus každého člověka funguje na bázi tzv. cirkadiánního rytmu. Je to 24 hodinový cyklus, do kterého neodmyslitelně patří spánek. Dobrý spánek má významný vliv na správnou funkci a regeneraci našeho nervového systému a jeho špatná kvalita vede ke snížení pozornosti a výkonnosti. Dlouhodobě to může vést až ke snížení kvality života a zapříčinit vznik duševních chorob. Světlo samozřejmě spánek významně ovlivňuje. Člověk spí přirozeně lépe ve tmě, což je dáno miliony let vývoje. Možná vás napadne, že se před osvětlením z ulice, které se prodírá do našich ložnic a pokojíčků, můžeme chránit závěsy nebo žaluziemi. Ani ty nám ale k přirozenějšímu spánku nepomohou. Tak jako je důležitým faktorem spánku tma v noci, je důležitým faktorem přirozeného probouzení přítomnost denního světla v ranních hodinách. Zažili jste někdy, že jste se ráno probudili, ale cítili se unavení i přesto, že jste spali dostatečně dlouho? Možná, že jste se probudili ve špatný okamžik. V přírodě nám dávalo signál k probouzení ranní svítání, ale dnes nás z postele vytáhne nepříjemný zvuk budíku.

Důležitou roli pro nastavení našich orgánových hodin hraje hormon melatonin. Ten vzniká při spánku a pro svou tvorbu potřebuje tmu. I relativně malé množství světla dokáže tvorbu melatoninu snížit či dokonce zastavit. Melatonin má kromě řízení spánku i další důležité úkoly. Působí preventivně proti vzniku rakoviny, zpomaluje proces stárnutí a pomáhá proti Alzheimerově či Parkinsonově chorobě.

S nadměrným světlem se musí vypořádávat i živočichové. Zdroje světla zabíjejí hmyz, který je zmatený a krouží kolem nich do naprostého vyčerpání nebo do něj vletí a popálí se. Zákonem chránění netopýři, kteří jsou aktivní jen v krátké době mezi dnem a nocí, kdy jsou schopni echolokace, jsou nuceni žít na přesvětlených půdách kostelů

a nerozeznají tak, jaká část dne je. Migrující ptáci zase přes světelný opar nerozeznají pevninu od moře a nevidí ani hvězdy a Měsíc, podle kterých by se za normálních okolností orientovali. Celkově se narušuje potravní řetězec. Kořist ani predátor již nemohou, jak byli dříve zvyklí, využít stinných míst k tomu, aby se do nich schovali nebo z nich naopak zaútočili.

Světlo ovlivňuje dokonce i rostliny. Například stromy se řídí nejen podle okolní teploty, ale také podle délky dne a noci. Když se zkracuje den a prodlužuje noc, vědí, že přijde zima, a tak shodí listy a zatáhnou mízu. Pokud na strom neuváženě svítíme, tak mu toto rozpoznat znemožníme. V městských parcích pak mají stromy listy mnohem déle než jinde.“



Obrázek 31. Hledání a doplňování útržků textu, (vlastní fotografie 2017-02-17)

Dětem jsem také vysvětlila, že hvězdy vlastně nikam nemizí, jsou jen někdy vidět hezky a někdy nám v jejich pozorování brání buď přirozené světlo oblohy (Slunce, Měsíc), oblačnost nebo světelné znečištění. Jejich dalším úkolem bylo rozdělit situace na ty, při kterých bude viditelnost hvězd dobrá a kdy špatná: ve velkých městech, na samotě, při oblačnosti, v zimě, když mrzne, při bouřce, při úplňku, při novu, na louce za městem, v lese, v národním parku nebo CHKO, na moři, na střeše mrakodrapu.

Ve zkratce jsem jim také ukázala simulaci pouličního osvětlení a oblohy. Jaká je možnost dohlédnout na hvězdy při různých typech pouličních lamp (v závislosti na přisvětlení) a při úplné tmě, kdy zhasnou i rodinné domy. V souvislosti s tím jsme si také povídali o zhasnutí světel měst a osvětlení památek, které se každoročně koná v návaznosti

na Den Země. Celosvětová akce Hodina Země, při které světla zhasínají, v roce 2017 probíhala 25. března od 20:30 do 21:30. Má upozornit veřejnost na klimatické problémy a zvýšit její povědomí o změnách, které se s naší planetou dějí.

Aby děti viděly, jak je těžké jednotlivé hvězdy v osvětlené obloze rozeznat, umístila jsem v klubovně rozsvícenou baterku, kterou měly za úkol co nejrychleji objevit. Měřila jsem rychlost jejich reakce a tím i obtížnost nalezení zdroje světla a) při plném osvětlení místnosti, b) osvětlení jen některými zdroji, c) při zhasnutí světel. Když se děti vrátily zpoza dveří zpět do klubovny, trvalo jim najít baterku a) 16 s, b) 7 s, c) 3 s.

Sedmnáctého února, kdy jsem ve Vrchlabí schůzku vedla, nám bohužel nepřálo počasí a nebylo možné přes přetrvávající oblačnost hvězdy vidět. Společně s dětmi jsme ale vyšli na nedaleký kopec za městem, odkud bylo krásně vidět, jak se světlo v oparu mraků rozptyluje a podle druhu zářivky a intenzity zdroje světla oblohu všemožně zbarvuje. Nad obytnou zónou měla obloha nádech do žluta, nad obchodními centry, halami automobilky a místy s vysokou koncentrací poutačů a billboardů do zelena, červena i modra. I přes oblačnost naší pozornosti neuniklo ani osvětlení nedaleké sjezdovky. Cestou jsem jim o možnostech měření povídala, aplikaci jim ukázala a snad je i trochu namotivovala k tomu, aby si to za příznivějších podmínek samy vyzkoušely.

Na závěr schůzky jsem s dětmi udělala ještě krátké shrnutí a požádala je o reflexi. Většinou říkaly, že znaly znečištění vody a vzduchu od výfuků aut a továren, ale že by mohlo škodit i světlo, slyšely poprvé. Pár z nich o světelném znečištění vědělo, buď ze školy, nebo to slyšely ve zprávách. Všechny se ale shodly na tom, že je velmi překvapilo a znepokojilo, že na nás umělé světlo tolik působí a může tolik ovlivnit naše zdraví. Líbilo se mi také, že řada dětí říkala, že by chtěly svícení co nejvíce omezit a zkusit zdroje u nich doma nasměrovat na zem a ne na nebe.

Závěr

Z vědeckých studií vyplývá, že chráněná území mají opravdu větší tendenci zachovat přirozeně tmavé prostředí, a tak i lepší podmínky pro život organismů. Oblasti menších rozměrů ovšem musí často čelit okolním vlivům a jejich tmavé jádro není tak velké. Řešením by bylo zavedení jakýchsi obalových zón, čímž by se v podstatě chráněné území rozrostlo a zvětšilo by se tmavé jádro i u rezervací menších rozměrů.

V rezervaci Mont-Mégantic bylo pomocí modelu ILLUMNIA zjištěno, že naměřené množství světelného znečištění se může měnit v závislosti na klimatických podmínkách (zejména vlhkosti), počtu lamp s bílým a žlutým světlem, přičemž i maximální hodnota záření z lamp na rtuťové bázi byla nižší, než ta ze sodíkových zdrojů světla. Odborníci přišli také na to, že při podmínkách, kdy je atmosféra znečištěna, není tolik ovlivňována okolními vlivy a jas oblohy je tedy plně závislý na lokálních zdrojích.

V globálním měřítku je charakter světelného smogu závislý jak na počasí, tak na vzdálenosti od sídel. Zatažená obloha je zářivější, protože mraky dokážou pojmout více částic světla. Člověkem způsobené světlo dnes již dominuje nad přirozeným, měření ale mohou být velmi ovlivňována svitem Měsíce.

Světelným znečištěním jsou ohrožovány celé ekosystémy, mění jejich chování a denní cykly. Zavedení umělého osvětlení bylo pro zvířata pravděpodobně nejvíce drastickým zásahem do jejich přirozeného prostředí, rostlinám narušuje jejich metabolický systém. Nadměrnou přítomnost světla dnes můžeme považovat za negativní civilizační vliv, který negativně působí na cirkadiánní rytmus člověka a s ním související kvalitu spánku. Nemáme dostatek melatoninu, k jehož tvorbě je zapotřebí úplné tmy. Tvorbu melatoninu a nemocnost ovlivňuje již množství 16 luxů světla. Přicházíme pak o jeho pozitiva, kterými jsou prevence vzniku rakoviny, zpomalování procesu stárnutí a boj proti Alzheimerově a Parkinsonově chorobě. Kromě množství světla nás ovlivňuje i jeho barva, měli bychom upřednostňovat teplé odstíny. Antropogenním světlem je ovlivňováno až 80 % populace. Jeho míra navíc každým rokem stoupá o 6 %. Řešením je zejména volba vhodných svítidel, která osvětlují zemi a ne nebe.

K původní metodě pozorování oblohy pouhým okem časem přibýly další technologie. Zaujaly mnoho lidí, kteří se díky projektům a citizen science mohou na zkoumání podílet. Osobně jsem dané hypotézy ověřovala pomocí mobilních aplikací Loss of the Night a DSM PRO. Oproti mým předpokladům byly nejlepší podmínky na Skuřině, a to

pravděpodobně hlavně díky poloze mimo centrum města a nedaleké CHKO Český ráj. Předpokládaný pozitivní výsledek se potvrdil při měření v JOTO. Naopak nejhorší výsledky vykazují měření z Mladé Boleslavi, a to kvůli průmyslovému charakteru města a koncentraci sídel včetně vlivu Prahy. Nevysvětlitelné pro mne byly výsledky ze Slověnického mlýna. Přesto, že se místo nachází v panenské přírodě, měla tamní obloha průměrné výsledky srovnatelné s Libercem.

Seznámit s problematikou a zapojit do projektu jsem se snažila děti z oddílu Skorců vrchlabských Skautů. Děti byly velmi zvědavé a přiblížení tématu formou hry je zaujalo a bavilo. Ověřila se tedy moje domněnka, že budou mít vzhledem ke skautingu k ekologii blízko. Jejich zájem mne velice potěšil, protože se dá předpokládat, že se jejich otázka světelného znečištění bude dotýkat ještě více než nás. Je tedy důležité, aby měly dostatek informací, bez nichž nejsou schopné problém eliminovat. Měření jsem s nimi bohužel kvůli nepříznivým podmínkám nemohla provést, a tak doufám, že alespoň mé vysvětlení bylo dostačující. V závěru schůzky jsem se od většiny dětí dozvěděla, že o světelném znečištění doposud nevěděly. Všechny se ale shodly na tom, že je překvapilo, jak velký dopad má a pokusí se, aby světelné zdroje nepoužívaly zbytečně.

Seznam použitých zdrojů

ASTRONOMICKÝ ÚSTAV AVČR, 2017. *Jizerská oblast tmavé oblohy*, [online]. [vid 2017-01-03]. Dostupné z: <http://www.asu.cas.cz/cz/verejnost-a-media/svetelne-zne-cistení>

AUBÉ, M., ROBY, J. 2014: *Sky brightness levels before and after the creation of the first International Dark Sky Reserve, Mont-Mégantic Observatory, Québec, Canada*. Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer, 139, 52-63.

BRADA, M., 2015. HVĚZDÁRNA PLZEŇ, 2017. *Jak najít darovanou hvězdu*, [online]. [vid 2017-02-24]. Dostupné z: <http://www.hvezdarnaplzen.cz/2015/03/09/jak-najit-darovanou-hvezdu/>

ČÚZK, 2017. *Skuřina*, [online]. [vid 2017-01-03]. Dostupné z: http://www.cuzk.cz/Dokument.aspx?AKCE=META:SE-STAVA:MDR002_XSLT:WEBCUZK_ID:691852

DARK SKIES AWARENESS, 2017. *Programs to Involve the Public in Dark Skies Awareness during the International Year of Astronomy*, [online]. [vid 2017-04-02]. Dostupné z: <http://www.darksbiesawareness.org/programs.php>

EKOLIST.CZ, 2016. *Třetina lidí hvězdnou oblohu kvůli světelnému smogu nevidí* [online]. [vid 2017-03-17]. Dostupné z: <http://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/tretina-lidi-hvezdnou-oblohu-kvuli-svetelnemu-smogu-nevidi-ledky-by-to-mohly-jeste-zhorsit>

EKOLIST.CZ, 2014. *V českých městech je příliš mnoho světla. Polovině lidí svítí pouliční lampy i do ložnic* [online]. [vid 2017-03-17]. Dostupné z: <http://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/v-ceskych-mestech-je-prilis-svetel-polovine-lidi-sviti-poulicni-lampy-i-do-loznic>

GASTON, K. J., DUFFY, J. P., BENNIE, J., 2015: *Quantifying the erosion of natural darkness in the global protected area system*. Conservation Biology, 29, 1132-1141.

GLOBE AT NIGHT, 2017. *About Globe at Night*, [online]. [vid 2017-04-02]. Dostupné z: <https://www.globeatnight.org/about.php>

INTERNATIONAL DARK-SKY ASSOCIATION, 2017. *Light Pollution Effects on Wildlife and Ecosystems*, [online]. [vid 2017-03-27]. Dostupné z: <http://darksky.org/light-pollution/wildlife/>

INTERNATIONAL DARK-SKY ASSOCIATION, 2017. *Who We Are*, [online]. [vid 2017-04-02]. Dostupné z: <http://darksky.org/about/>

KLUB ASTRONOMŮ LIBERECKA, 2015. *Topstarclub*, Astronomické události, [online]. [vid 2017-01-03]. Dostupné z: http://udalosti.astronomy.cz/wp-content/svetlo_topstarclub1.jpg

KYBA, C. C. M. et al., 2015: *Worldwide variations in artificial Skyglow*. Nature Sci. Rep., 5:8409, DOI: 10.1038/srep08409.

LOSS OF THE NIGHT, 2016. *Screenshots*, [online]. [vid 2016-12-28]. Dostupné z: <https://goo.gl/images/xyAroz>

MANĚTÍNSKÁ OBLAST TMAVÉ OBLOHY, 2014 – 2015. *Jak se měří tma?*, [online]. [vid 2017-03-17]. Dostupné z: <http://manetinskatma.cz/manetinska-oblast-tmave-oblohy/kvalita-oblohy/jak-se-meri-tma/>

MAPY.CZ, 2017. *Turistická mapa*, [online]. [vid 2017-02-11]. Dostupné z: <https://mapy.cz/s/1oCu5>

PAČESOVÁ, D., 2011. *Suprachiasmatická jádra jako denní hodiny a kalendář*, [pdf]. Bakalářská práce. Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, Katedra fyziologie živočichů. [vid 2017-03-25]. Dostupné z: <https://is.cuni.cz/webapps/zzp/detail/93471>

PETRUCHA, M., 2011. *Vliv světelného znečištění na životní prostředí*, [pdf]. Bakalářská práce. Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta, Ústav zemědělské, potravinářské a environmentální techniky. [vid 2017-03-18]. Dostupné z: http://is.mendelu.cz/zp/portal_zp.pl

RIS, 2017. *Markvartice*, [online]. [vid 2017-01-03]. Dostupné z: <http://www.risy.cz/cs/vyhledavace/obce/detail?zuj=573167&zsj=091855#zsj>

RIS, 2017. *Mladá Boleslav*, [online]. [vid 2017-01-03]. Dostupné z: <http://www.risy.cz/cs/vyhledavace/obce/detail?Zuj=535419>

STARS4ALL, 2017. *Light Pollution Initiatives*, [online]. [vid 2017-04-02]. Dostupné z: <http://stars4all.eu/index.php/lpi/>

STARÝ, J., 2013. *Světelné znečištění ovzduší*, [online]. Diplomová práce. Univerzita Palackého Olomouc, Přírodovědecká fakulta, Katedra geografie. [vid 2017-03-17]. Dostupné z: http://geography.upol.cz/soubory/studium/dp/2013-rg/2013_Stary.pdf

SVĚTELNÉ ZNEČIŠTĚNÍ, 2017. *Bortleova stupnice*, [online]. [vid 2017-02-24]. Dostupné z: <http://svetelnezncisteni.cz/mapovani-tmy/bortleova-stupnice/>

SVĚTELNÉ ZNEČIŠTĚNÍ, 2017. *Metody a technika*, [online]. [vid 2017-02-24]. Dostupné z: <http://svetelnezncisteni.cz/mapovani-tmy/metody-a-technika/>

SVĚTELNÉ ZNEČIŠTĚNÍ, 2017. *Světelné znečištění a příroda*, [online]. [vid 2017-03-27]. Dostupné z: <http://svetelnezncisteni.cz/co-je-svetelne-zncisteni/154-2/>

SVĚTELNÉ ZNEČIŠTĚNÍ, 2017. *Světelné znečištění a vliv na lidské zdraví*, [online]. [vid 2017-03-27]. Dostupné z: <http://svetelnezncisteni.cz/co-je-svetelne-zncisteni/lidske-zdravi/>

UNIHDRON.COM, 2017. *Sky Quality Meter*, [online]. [vid 2017-03-17]. Dostupné z: <http://www.unihedron.com/projects/darksky/>

VÝVOJ.HW.CZ, 1997 – 2014. *Jaké jsou možnosti stmívání LED světél?*, [online]. [vid 2017-02-13]. Dostupné z: <http://vyvoj.hw.cz/teorie-a-praxe/jednoduche-stmivani-svetel.html>