

Světlo a hluk jako novodobé zdroje znečištění

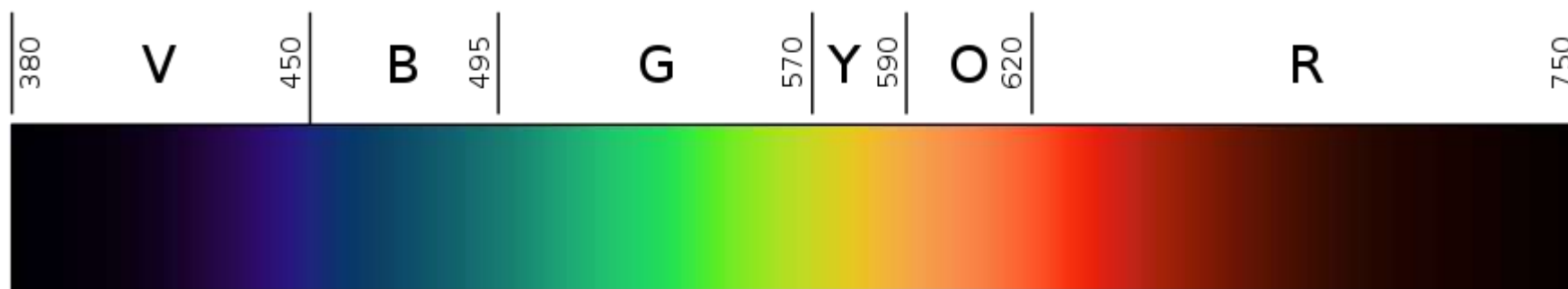


Světelné znečištění

- **Cirkadiánní rytmus** – pravidelné střídání dne a noci, podle něhož živočichové i rostliny přizpůsobili svoji fyziologii
- **Light pollution** – v minulém století vzrostl rozsah a intenzita umělého osvětlení natolik, že má zásadní vliv na fyziologii volně žijících živočichů
- **Zdroje světla** – osvětlené budovy a věže, pouliční osvětlení, rybářské čluny, bezpečnostní světla, doprava, osvětlení pobřežních ropných plošin i podmořská světla výzkumných plavidel
- **Umělé osvětlení zasahuje suchozemské i vodní ekosystémy**

Světelné znečištění

- Největší problém v tropech, kdy je cirkadiánní rytmus stabilní
- Důležitá je nejen míra osvětlení – množství světla dopadající na jednotku plochy (lux), ale také složení světelného spektra (vlnová délka)
- **Viditelné světlo** – část elektromagnetického spektra s vlnovou délkou 380 - 750 nm, různé vlnové délky pak odpovídají různým barvám, přičemž bílé světlo je jejich směsicí



Vlnové délky viditelného světla – V = fialová, B = modrá, G = zelená, Y = žlutá, O = oranžová, R = červená (Online zdroj 1)

Světelné znečištění

1. Umělé osvětlení narušuje interakce mezi skupinami druhů, které vykazují **rozdělení zdrojů napříč gradienty osvětlení**
2. Může být narušen **vztah predátor-kořist** (kořist se stává viditelnější)
3. Zvířata vykazují pozitivní či negativní fototaxi, **mění své trasy, úkryty, fyziologii, chování** (migrace, rozmnožování)



Netopýr hnědavý (*Myotis lucifugus*)
Online zdroj 2

1. Rozdělení zdrojů

- Úroveň melatoninu ovlivňuje u pěvců fenologii rozmnožování – zvýšená míra osvětlení znamená zvýšené množství testosteronu a dřívější nástup rozmnožovacího chování (u kosa černého až 3 týdny)
- **Může uspíšit/prodloužit potravní a pěveckou aktivitu řady denních či krepuskulárních druhů pěvců až o 5 hodin, což je pro tyto živočichy výhodné, avšak zvyšuje to riziko predace (např. střízlík obecný)**



1. Rozdělení zdrojů

- Rod *Anolis* s denní aktivitou využívá umělé osvětlení k prodloužení potravní niky, tzv. „night light niche“
- **Kos černý (*Turdus merula*) využívá noční osvětlení k lovu potravy zejména v období od března do poloviny dubna, kdy je „kratší den“**
- Drozdec mnohohlasý hnízdící na osvětlených parkovištích krmil svá mláďata později, ve srovnání s jedinci hnízdícími na temněších stanovištích



Ještěrka rodu *Anolis*

2. Vztah predátor-kořist

- Zooplankton (*Daphnia*) se pohybuje ve vodním sloupci nahoru a dolů, aby se vyhnul predaci – v noci stoupá k hladině, pokud je uměle osvětlená, *Daphnia* je vystavena zvýšené predaci rybami
- Vertikální migrace zooplanktonu se pod predčním tlakem snižuje, může dojít k přemnožení řas a snížení kvality vody
- Tuleň obecný (*Phoca vitulina*) se shromažďuje na osvětlených místech, kde loví mladé lososy na migraci. Po zhasnutí světla se u tuleňů snížila míra dravosti
- Vrány nocováním na osvětlených stanovištích snižují riziko predace sovami



B. Havelková

Daphnia

2. Vztah predátor-kořist

- Hmyz je znám pozitivní fototaxí k umělému osvětlení (čeleď *Noctuidae*)
- **Přástevníci mají tzv. tympanální orgány, jimiž jsou schopni zachytit ultrazvukové signály svých predátorů – netopýrů a případně vyslat protisignál, který ovlivní přesnost echolokace netopýra**
- Umělé osvětlení snižuje obranné chování můr a ty jsou tak pro netopýry snazší kořistí



J. Pikula

Přástevník vratičový (*Diaphora mendica*)

2. Vztah predátor-kořist

- Netopýři jsou přilákáni vysokou abundancí potravy u umělého osvětlení, což však zvyšuje riziko predace
- **Reakce na nadměrné osvětlení je u netopýrů druhově specifická a odráží rozdíly v morfologii křídla, resp. rychlost a způsob letu.**
- Tzv. vzdušní lovci (druhy jako *Nyctalus noctula*, *Eptesicus serotinus*) využívají zvýšenou abundanci potravy kolem pouličních lamp, zatímco tzv. lovci v listoví (*Plecotus auritus*, *Rhinolophus hipposideros*, rod *Myotis*) vykazují ke světlu značnou afinitu



Netopýr ušatý (*Plecotus auritus*)

3. Změna chování

- Některé druhy žab s noční aktivitou (např. rod *Bufo*) jsou lákány vysokou abundancí hmyzu – hrozí kolize s automobily
- Samci ropuchy jihoasijské (*B. melanostictus*) chování při stálém osvětlení vykazují sníženou tvorbu spermií
- Samice žab hvízdalky (*Physalaemus pustulosus*) jsou při výběru partnera méně vybíravé za šera než za zvýšeného osvětlení



Ropucha obecná *Bufo bufo*

3. Změna chování

- U mloků zvyšuje prodloužená světelná fáze rychlost metabolismu – vyčerpání v energeticky náročném období (produkce vajec)
- Teritoriální mločící popelaví (*Plethodon cinereus*) brání své úkryty před vetřelci projevy hrozeb. Při vyšší míře osvětlení vzrůstá míra agonistických projevů – může dojít k vyčerpání organismu
- Samci okounka černého (*Micropterus dolomieu*) hlídá úkryt s vyvíjejícími se potomky. Tato aktivita se při osvětlení zvyšuje, může dojít k vyčerpání organismu
- Čerstvě vylíhlé mořské želvy se vzdalují od nízkých stínů směrem k moři – stíny na osvětlené pláži jsou pozměněny a želvy dezorientovány (nevadí jim oranžové až červené světelné spektrum 540 – 700 nm)

3. Změna chování - dezorientace

- Tažní ptáci při migraci využívají tzv. magnetický kompas, který je závislý na vlnové délce
- K orientaci slouží modrozelená světelná část spektra, zatímco červená a bílá (viditelné světlo o dlouhých vlnách) jej ruší
- Podobný magnetický kompas využívají také čolci (např. čolek zelenavý *Notophthalmus viridescens*) při migraci do lesů (v období sucha, při zamrznutí rybníků), ti jsou však negativně ovlivněni žlutou částí světelného spektra (55 – 600 nm)



Čáp bílý (*Ciconia ciconia*)



Čolek obecný (*Lissotriton vulgaris*)

3. Změna chování - dezorientace

- Břehouš černoocasý (*Limosa limosa*) – obsazuje místa k hnízdění dále od světelných zdrojů
- Samice světlušek lákají partnery světelnými signály na vzdálenost až 45 m – světlo může narušit komunikaci

3. Změna chování – pozitivní využití

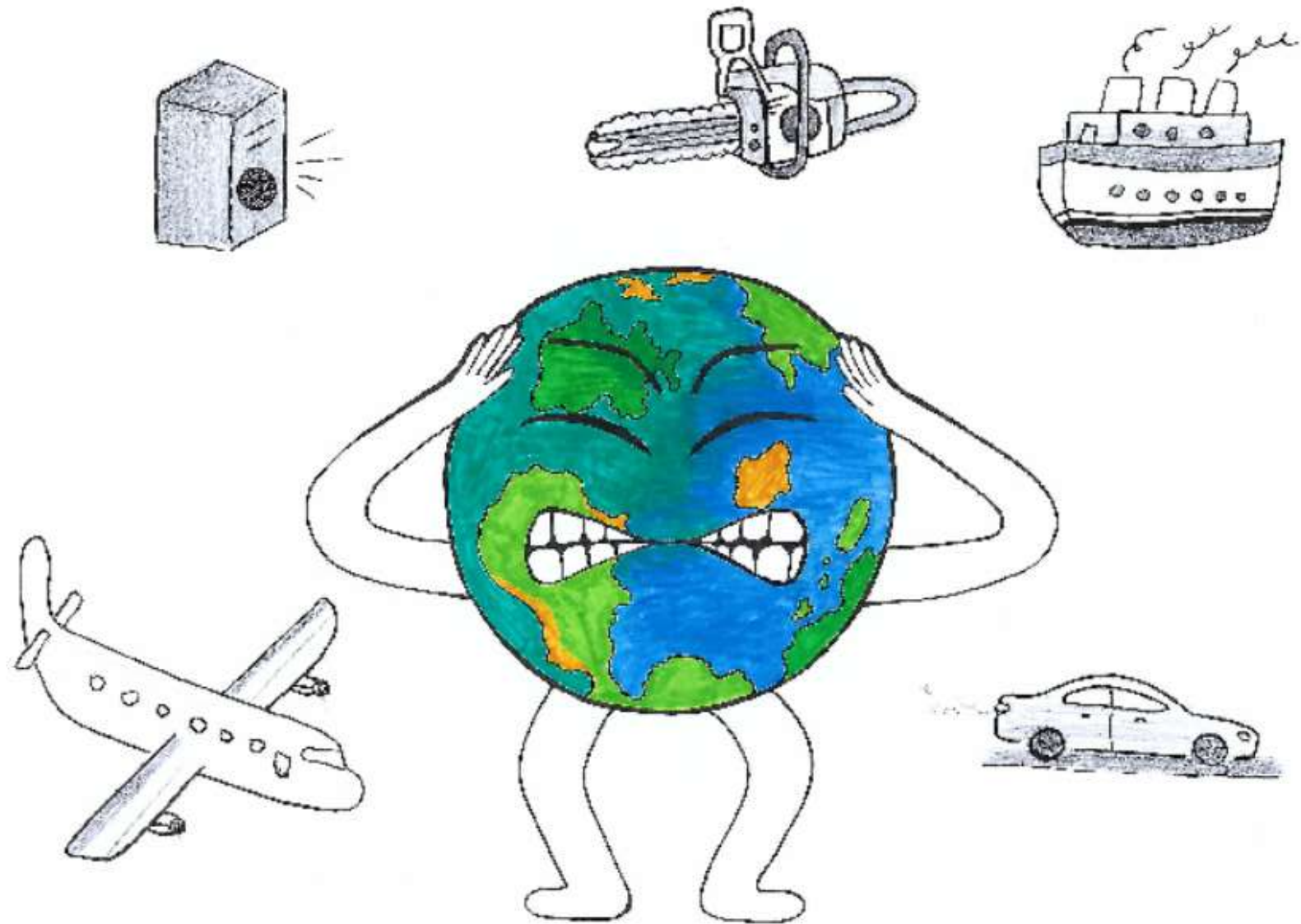
- Umělé světlo je využíváno k přilákání ryb k rybím přechodům a navádí je k překonání přehrad a elektráren
- Světlo přitahuje juvenilní jedince ryb ke korálovým útesům (do úkrytů)
- Puma americká se vyhýbá osvětleným oblastem, což by mohlo být využito k odlákání šelem od obydlených oblastí



P. Jurajda

Rybí přechod v Břeclavi

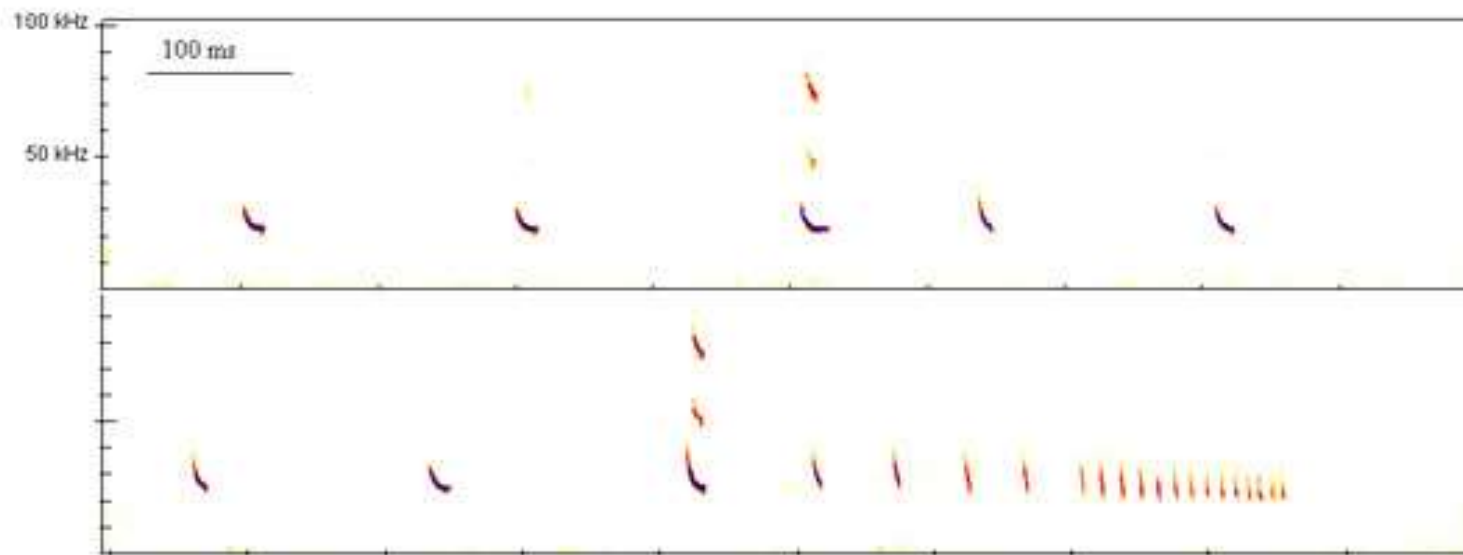
Znečištění zvukem



Zvuk a jeho využití

- Lidský sluch 16 Hz -20 kHz, infrazvuk, ultrazvuk
- **Hlodavci až 80 kHz**
- Šimpanz až 35 kHz
- **Kočky až 70 kHz**
- Netopýři až 120 kHz
- **Kytovci až 200 kHz**

Akustické signály netopýra rezavého (*Nyctalus noctula*)

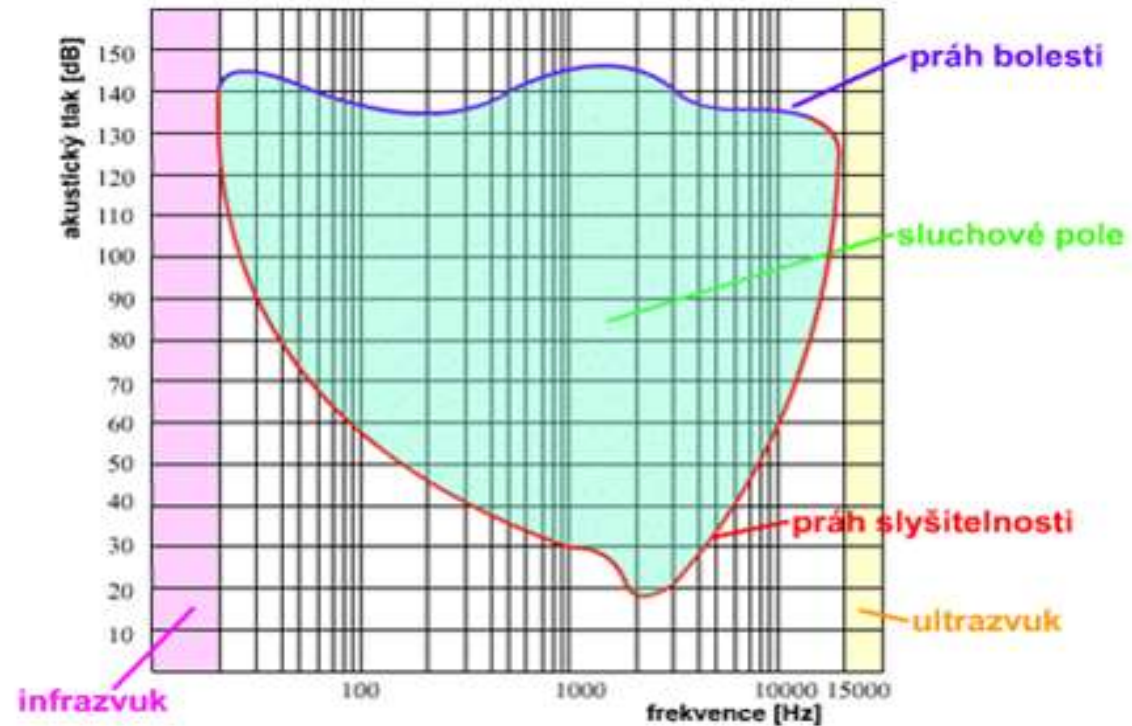


Online zdroj 3



Zvuk a jeho využití

- **Sluchové pole** – rozsah všech zvuků, které dokáže jedinec vnímat (záleží na intenzitě i na frekvenci)
- **Práh slyšitelnosti** – zvuk dané frekvence s nejnižší intenzitou, kterou dokáže jedinec vnímat
- **Práh bolesti** – zvuk dané frekvence nad jejíž intenzitou je zvuk bolestivý a může vyvolat poškození sluchového orgánu



Zvuk a jeho využití

- Akustické signály, ať nízko nebo vysokofrekvenční hrají důležitou součást komunikačních kanálů všech živočišných skupin
- Akustická komunikace (mimo hlasové ústrojí) – bezobratlí - hmyz stridulační a sluchové orgány, ryby vydávají zvuky pomocí vzduchového měchýře nebo třením šupin, zrohovatělé šupiny u chřestýšů, ptáci klapají zobáky nebo křídly, savci funí, dupou



J. Pikula

Konipas luční (*Motacilla flava*)



J. Pikula

Kobylka rodu *Conocephalus*

Zvuk a jeho využití

- Sluch je využíván zejména jako prvek ochranného a partnerského chování (detekce predátora, či jiného ohrožení, námluvy, lákání partnera)
- **Zvuky jsou důležité při orientaci v prostoru, lovu potravy i komunikaci v rámci skupin (delfín najde pingpongový míček na vzdálenost 20 m)**



J. Pikula

Slon africký (*Loxodonta africana*)



J. Pikula

Delfín skákavý (*Tursiops truncatus*)

Zvuk a jeho využití

- Čápi vracející se z teplých krajín se zdraví klapáním zobáku:

<https://www.youtube.com/watch?v=wp1Tf4vDA2o>

- **Samci žab lákají samice k páření, hlasy jsou druhově specifické:**

<https://www.agri-nostra.cz/Hlasy-zab---poznejte-kdo-kunka.html>

- Hlasové projevy ptáků lze určovat pomocí aplikací:

<https://play.google.com/store/apps/details?id=cz.kle.hlas-yptaku>



V. Baláž

Ropucha obecná (*Bufo bufo*)



J. Pikula

Brhlík lesní (*Sitta europea*)

Znečištění prostředí hlukem

- Hlukové limity pro člověka jsou ustanoveny Nařízením vlády o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací č. 272/2011 Sb.
- **Denní limit nesmí překročit 83 dB**
- **Noční limit nesmí překročit 40 dB**
- Dle WHO je hluk vydávaný člověkem uznáván jako globální znečišťující látka



Online zdroj 4

Znečištění prostředí hlukem

- **Noise pollution** – nežádoucí nebo rušivý zvuk v prostředí, který ovlivňuje zdraví a pohodu lidí a jiných živých organismů
- **Hluk může ovlivnit fyziologii a chování zvířat, energetickou bilanci, reprodukční úspěch a dlouhodobé přežití**
- **Zdroje** – zvuky lodní dopravy, průzkumné vrty ropy a plynu, vojenské sonary, podvodní výbušniny, letecká doprava, silniční a železniční infrastruktura



Znečištění prostředí hlukem

- **Akustické trauma** – poranění akustickým podnětem
- Poškozeny mohou být jednotlivé buňky – statocysty - informují o rovnováze, orientaci a poloze u bezobratlých
- U ryb může dojít k prasknutí plynového měchýře dezorientaci a úmrtí
- U vyšších obratlovců nejčastěji dochází k mechanickému poškození kůstek vnitřního ucha nebo tlakem poškozeno středouší
- **Příznaky:**
 1. Akutní – bolest, poruchy sluchu, šelest
 2. Chronická – závratě, tlak v uších, částečná až úplná ztráta sluchu

Suchozemský ekosystém

- Křeček bavlníkový (*Sigmodon hispidus*) – populace v okolí frekventovaného letiště až 5x nižší než v habitatech bez hluku
- Nadměrný hluk zvyšuje hladinu kortikosteronu u různých skupin živočichů – mořský koník, závojnátka, slepice, myš, pes
- U březích samic laboratorních potkanů vystavených nadměrnému hluku dochází k narušení regulace vápníku a mláďata se rodila s růstovými abnormalitami
- U samců potkanů bylo prokázáno snížené množství testosteronu vlivem nadměrného hluku



Suchozemský ekosystém

- Embrya kachny pižmové (*Cairina moschata*) reagují na podněty okolního hluku ještě ve vejci, může být narušena mezivaječná komunikace, desynchronizováno líhnutí a rozdíly ve velikosti mláďat mohou vést k vyhladovění a smrti
- **Sýkora koňadra (*Parus major*) snáší menší množství vajec ve snůšce při zvýšeném hluku**
- Vrabec domácí (*Passer domesticus*) – akusticky stresovaná mláďata (chov v blízkosti frekventované silnice) měla kratší telomery
- **Telomery chrání chromozomy při buněčném dělení a předpokládá se, že jejich délka souvisí s délkou života jedince.**



Kachna pižmová (*Carinia moschata*)



Snůška sýkory koňadry (*Parus major*)

Vodní ekosystém



Kreveta rodu *Crangon*
Online zdroj 8

- **Přirozené zvuky** – vlny, vítr, proudění vody, počasí, praskající led v polárních oblastech, seismická aktivita (40 – 70 dB)
- **Krevety a rybí jikry vystavené nadměrnému hluku vykazovaly pomalejší vývoj**
- Také dospělci krevet vystavených nadměrnému hluku se méně věnovali hledání potravy a měli nižší váhový přírůstek
- **Larvy hřebenatek vystavené seismickým pulsům vykazovaly o 46 % vyšší množství malformací lastur**

Vodní ekosystém

- Slávka jedlá (*Mytilus edulis*) přisedá na čluny lodí a tím je „biologicky znečišťuje“
- Toto „biologické znečištění“ způsobuje přisun invazních druhů až ze 75 %
- Náklady v USA jsou každý rok 1 mil USD na očištění
- V experimentu slávky přisedaly o 40 % rychleji při zvýšeném hluku (130 dB). Čím intenzivnější je hluk, tím je usazování rychlejší



Slávka jedlá (*Mytilus edulis*)
Online zdroj 9

Vodní ekosystém

- Langusta evropská (*Palinurus elephas*) – jedinci vystavení hluku lodí v nádržích byli pohybově aktivnější, netvořili skupinové formace (přirozená reakce na hrozbu) a měli zvýšené stresové hormony
- Závojnátky (*Carassius auratus*) vystavené na 24h 160 dB vykazovaly významnou ztrátu sluchu po dobu 18 dní
- Chňápalové chování v mírně hlučných akvakulturách (120 dB) se po 2 týdnech expozice snížil práh slyšitelnosti o 10 dB, což znamená snížení slyšitelnosti o 50% oproti divoce žijícím jedincům

Vodní ekosystém



Žabohlavec americký (*Opsanus tau*)
Online zdroj 10

- Samci žabohlavce amerického (*Opsanus tau*) lákají samice k páření hlasovými projevy
- **Ty však mohou být zachyceny jejich predátory – delfíny**
- Žabohlavci sníží svoji reprodukční aktivitu až o 50 %, pokud zachytí delfíní sonar
- **V přítomnosti hluku projíždějících lodí vydávali žabohlavci více zvuků a hlasitěji než v době ticha**
- Zvýšená vokalizace při častém projíždění lodí – zvýšené predáční riziko (přeslechnutí rybou nebo objevení predátorem), snížený reprodukční úspěch, vyčerpání

Světlo a hluk jako zdroje znečištění

- Některá zvířata se mohou zotavit z behaviorálních a fyziologických dopadů neboť jsou vratné
- Některé dopady jako je změna DNA nebo poranění některých orgánů jsou nevratné a smrtelné
- Všechny tyto dopady mohou mít široké důsledky pro ekosystém, populační biologii a ekologii druhů
- Je chybné se domnívat, že zvířata jsou schopna utéct před znečištěním a tím se mu vyvarovat

Světlo a hluk jako zdroje znečištění

- Celá řada živočichů brání svá teritoria nebo úkryty a nejsou ochotni znečištěná místa opustit
- Častou úlekovou reakcí je strnutí na místě
- Poškození způsobené znečištěním může přetrvávat dlouho poté, co je jedinec mimo jeho zdroj
- Dezorientovaná a oslabená zvířata jsou vystavena vyššímu tlaku predace a depresi imunitního systému
- Jejich chování je narušeno, čímž může být narušen tok živin v celém ekosystému

Otázky a úkoly

- Která část světelného spektra ovlivňuje ptáky při migraci?
- Uveďte 3 příklady změny chování živočichů na nadměrné osvětlení
- Může antropogenní světlo působit pozitivně?
- Co je akustické trauma? Uveďte příklad.
- Co znamená biologické znečištění? Uveďte příklad.

Online zdroje

1. https://cs.wikipedia.org/wiki/Barevn%C3%A9_spektrum
2. <https://www.batcon.org/article/pest-control/>
3. www.ceson.org
4. <https://www.naslouchatko.cz/naslouchatko-do-ucha-zinbest-hap-20t>
5. https://cs.wikipedia.org/wiki/K%C5%99e%C4%8Dek_bavln%C3%ADkov%C3%BD
6. <http://www.chovzvirat.cz/clanek/359-chov-kachen-pizmovych/>
7. <https://mptaci.webnode.cz/sykora-konadra/>
8. https://www.researchgate.net/figure/Crangon-crangon-brown-shrimp-C-2008-Hamal_fig2_336563047
9. <https://www.marlin.ac.uk/species/detail/1421>
10. <https://www.biolib.cz/cz/taxonimage/id437660/?taxonid=316132&type=1>

Literární droje

- Azam, C., Kerbiriou, C., Vernet, A., Julien, J. F., Bas, Y., Plichard, L., ... & Le Viol, I. (2015). Is part-night lighting an effective measure to limit the impacts of artificial lighting on bats?. *Global Change Biology*, 21(12), 4333-4341.
- Byrkjedal, I., Lislevand, T., & Vogler, S. (2012). Do passerine birds utilise artificial light to prolong their diurnal activity during winter at northern latitudes?. *Ornis Norvegica*, 35, 37-42.
- Da Silva, A., Valcu, M., & Kempenaers, B. (2015). Light pollution alters the phenology of dawn and dusk singing in common European songbirds. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 370(1667), 20140126.
- Foster, J. G., Algera, D. A., Brownscombe, J. W., Zolderdo, A. J., & Cooke, S. J. (2016). Consequences of different types of littoral zone light pollution on the parental care behaviour of a freshwater teleost fish. *Water, Air, & Soil Pollution*, 227(11), 1-9.
- Laforge, A., Pauwels, J., Faure, B., Bas, Y., Kerbiriou, C., Fonderflick, J., & Besnard, A. (2019). Reducing light pollution improves connectivity for bats in urban landscapes. *Landscape Ecology*, 34(4), 793-809.
- Meillère, A., Brischoux, F., Ribout, C., & Angelier, F. (2015). Traffic noise exposure affects telomere length in nestling house sparrows. *Biology letters*, 11(9), 20150559.
- Minnaar, C., Boyles, J. G., Minnaar, I. A., Sole, C. L., & McKechnie, A. E. (2015). Stacking the odds: light pollution may shift the balance in an ancient predator–prey arms race. *Journal of applied ecology*, 52(2), 522-531.
- Rich, C., & Longcore, T. (Eds.). (2013). *Ecological consequences of artificial night lighting*. Island Press.
- Schoeman, M. C. (2016). Light pollution at stadiums favors urban exploiter bats. *Animal Conservation*, 19(2), 120-130.
- Stone, E. L., Jones, G., & Harris, S. (2009). Street lighting disturbs commuting bats. *Current biology*, 19(13), 1123-1127.
- Stracey, C. M., Wynn, B., & Robinson, S. K. (2014). Light pollution allows the northern mockingbird (*Mimus polyglottos*) to feed nestlings after dark. *The Wilson Journal of Ornithology*, 126(2), 366-369.
- Russ, A., Rüger, A., & Klenke, R. (2015). Seize the night: European Blackbirds (*Turdus merula*) extend their foraging activity under artificial illumination. *Journal of Ornithology*, 156(1), 123-131.
- Weilgart, L. I. N. D. Y. (2018). The impact of ocean noise pollution on fish and invertebrates. *Report for OceanCare, Switzerland*.