

MOŽNOSTI OBJEKTIVIZACE HLUKU PŘÍRODNÍCH ZDROJŮ – HAVRANI

POSSIBILITIES OF OBJECTIFYING NOISE OF NATURAL SOURCES – ROOKS

DANA POTUŽNÍKOVÁ, PAVEL JUNEK, TOMÁŠ HELLMUTH, ALEŠ JIRÁSKA, DAVID KRESL, EDUARD JEŽO

Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě, Národní referenční laboratoř pro komunální hluk, Ústí nad Orlicí, Česká republika

SOUHRN

Cílem odborné expertízy bylo posouzení a analýza hluku vyvolaného křikem havranů hnízdících na stromech parkové zeleně panelového sídliště v Táboře. Výsledky obsahují popis a vyhodnocení měření, modelování imisní akustické situace a hodnocení zdravotních rizik hluku (HRA) pro odhad hlukové zátěže obyvatel obytné zástavby městského sídliště a školy.

Měření hluku bylo organizováno jako technické měření v pěti dílčích lokalitách v chráněném venkovním prostoru a na jednom místě uvnitř školy. Měření probíhalo nepřetržitě s kontinuálním záznamem se vzorkovací frekvencí 1 s. K vyhodnocení byl použit program Brüel & Kjaer Evaluator Type 7820. Akustický model byl vytvořen v prostředí výpočtového softwaru LimA. Hodnocení zdravotních rizik (HRA) bylo zpracováno dle vybraných částí Autorizačního návodu AN 15/04 SZÚ. Pro dokumentaci výsledků byla také použita akustická kamera SoundCam.

Naměřené hodnoty ekvivalentních hladin akustického tlaku $L_{Aeq,T}$ křiku havranů se pohybovaly ve venkovním prostoru sídliště od 61,5 do 68,0 dB, hladina zbytkového hluku se pohybovala od 26,9 až do 29,1 dB. Uvnitř školy při otevřeném okně byla naměřena hodnota $L_{Aeq,T} = 64,8$ dB.

Negativní účinek vlivu hluku na veřejné zdraví z křiku hnízdících havranů lze předpokládat v oblasti obtěžování a rušení spánku, které mohou být vyvolány stresovou reakcí na vysoké hladiny hluku a jeho charakter. Pro hodnocení tohoto zdroje hluku nejsou stanoveny hygienické limity, proto bylo použito hodnocení podle vztahů pro obtěžování průmyslovým hlukem. Procento vysoce obtěžovaných osob lze označit za neakceptovatelné.

Klíčová slova: hluk – vliv na zdraví, hodnocení zdravotních rizik (HRA), hluk z přírodních zdrojů, havran polní (*Corvus frugilegus*)

SUMMARY

The aim of the consultant's report was to assess and analyze noise caused by the screams of rooks nesting in the trees of the greenery of a housing estate in Tábor. The results include a description and evaluation of the measurements, modeling of the immission acoustic situation and assessment of the health risks of noise (HRA) for the estimation of the noise burden on the residents of the urban housing estate and the school.

The noise measurement was organized as a technical measurement in five sub-locations in a protected outdoor area and in one location inside the school. The measurement took place continuously with a continuous recording with a sampling frequency of 1 s. The Brüel & Kjaer Evaluator Type 7820 program was used for the evaluation. The acoustic model was created in the LimA computing software environment. The HRA was processed according to selected parts of the Authorization Instructions AN 15/04 SZÚ. A SoundCam acoustic camera was also used to document the results.

The measured values of the equivalent sound pressure levels $L_{Aeq,T}$ of rooks' screams ranged from 61.5 to 68.0 dB in the outdoor area of the housing estate, the residual noise level ranged from 26.9 to 29.1 dB. Inside the school, with the window open, the value $L_{Aeq,T} = 64.8$ dB was measured.

The negative impact of noise on public health from the screeching of nesting rooks can be anticipated in the area of annoyance and sleep disturbance, which may be caused by the stress response to high noise levels and its character. Hygienic limits are not set for the evaluation of this noise source, therefore the evaluation according to the industrial noise disturbance relations was used. The percentage of highly annoyed people can be described as unacceptable.

Key words: effects of noise on health, health risk assessment (HRA), noise from natural sources, rook (*Corvus frugilegus*)

<https://doi.org/10.21101/hygiena.a1829>

Úvod

Hlasové projevy lidí a zvířat jsou vyjmuty ze státního zdravotního dozoru. Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, v § 30 nezahrnuje pod státní zdravotní dozor hlasové projevy zvířat (1), proto ani nařízení vlády

č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, nestanovuje pro tento hluk hygienický limit (2). Cílem práce byla hluková analýza hluku vyvolaného křikem havranů hnízdících na stromech parkové zeleně panelového sídliště v Táboře. Tato analýza zahrnovala měření hluku z křiku havranů v době jejich hnízdění v předem vybraných lokalitách a dále

modelování hlukových imisí s cílem vytvoření hlukové mapy pro odhad zátěže obytné zástavby městského sídliště a školy. Akustická situace byla také dokumentována za pomoci akustické kamery SoundCam. Dále byla zpracována literární rešerše za účelem získání podkladů z odborné literatury pro zpracování autorizovaného hodnocení zdravotních rizik (HRA) a vlastní stanovení zdravotních rizik jako podklad pro jednání s orgány ochrany životního prostředí.

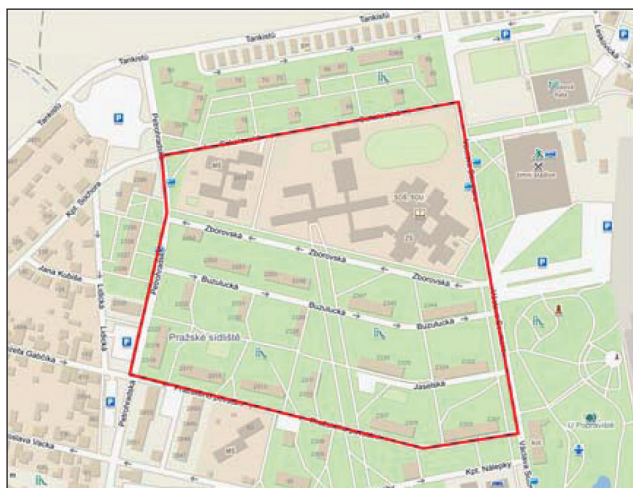
Metodika

Ve zkoumané lokalitě městského panelového sídliště je celkem cca 172 stromů, z nichž cca 18 stromů bylo v době měření obsazeno přibližně 61 hnízdy havranů (obr. 1).

Havrani hnízdí a vyvádějí mladé přibližně od dubna do konce června a v tomto období je jejich křik nejintenzivnější. Měření probíhalo během jednoho dne koncem května 2019 nepřetržitě od 2:00 h do 7:00 h, a to současně na všech vybraných místech měření ve venkovním prostoru v bezprostřední blízkosti panelových domů a na jednom místě uvnitř školy, kde měření probíhalo do 8:00 h. Rozsah území, v němž probíhalo měření hluku, je patrný z obrázku 2. V posuzovaném území bylo zvoleno 5 reprezentativních dílčích lokalit (obr. 3).



Obr. 1: Koruna stromu s hnízdy havranů.



Obr. 2: Zájmové území. (zdroj: Mapy.cz)

Lokalita č. 1 reprezentuje hlukem méně zatížené území, lokality č. 2, 3 a 4 nejvíce zatížené území. Lokalita č. 5 byla zvolena za účelem posouzení ovlivnění objektu ZŠ a posouzení průniku hluku z křiku havranů přes obvodový plášť do chráněných vnitřních prostorů ZŠ (učeben), kdy útlum obvodovou stěnou západního křídla ZŠ byl zjišťován jako rozdíl hladin akustického tlaku zjištěných simultánním měřením na místech měření č. 5 (před fasádou) a č. 6 (uvnitř ZŠ).

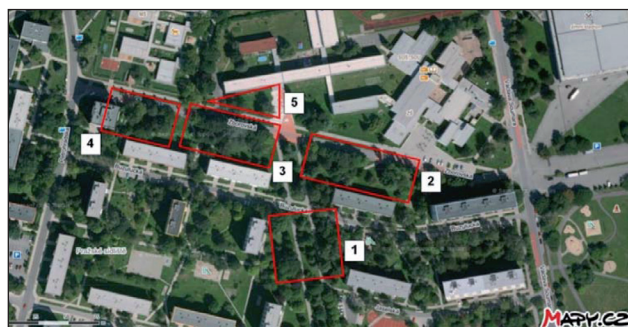
Měření bylo provedeno dle ČSN ISO 1996-1,2 Akustika – Popis, měření a posuzování hluku prostředí (3, 4) a Metodického návodu MZ ČR pro měření a hodnocení hluku v mimopracovním prostředí (5). Na všech místech měření byla kontinuálně zaznamenávána hladina akustického tlaku se vzorkovací frekvencí 1 s a ukládána do paměti měřicího přístroje. K vyhodnocení byl použit program Brüel & Kjær Evaluator Type 7820, verze 4.16.7. Pro posouzení útlumu bylo vybráno 19 platných naměrů jednotlivých akustických událostí (křik havranů), které bylo možno jednoznačně identifikovat v jinak spojitým průběhu hladin akustického tlaku, protože výrazněji překračovaly průměrné hodnoty.

Pro akustický model, resp. výpočet hlukové mapy (obr. 4), byly jako zdroje hluku uvažovány všechny jednotlivé stromy v zájmové oblasti, jejichž akustická emise byla pro jednotlivé měřené oblasti stanovena přepočtem naměřených hodnot $L_{Aeq,T}$ na průměrnou výšku zdroje 12 m a následně rozpočtena na jednotlivé stromy v dané oblasti. Polohy jednotlivých zdrojů hluku (stromů) byly převzaty z digitální vrstvy zeleně poskytnuté zadavatelem. Takto stanovené emisní hodnoty vztažené k jednotlivým stromům a jejich poloha tvořily vstupní data akustického modelu, který byl vytvořen v prostředí výpočtového softwaru LimA, verze 11.1. Uvedený akustický model představuje značné zjednodušení skutečné situace a je třeba ho interpretovat pouze jako přibližnou informaci.

Během měření byla použita také akustická kamera SoundCam pro dokumentování měření a pro ověření možností použití tohoto zařízení pro podobné účely.

Výsledky

Během měření se havrani ozývali ojedinelé od cca 2:50 h v noci, přičemž postupem času četnost hlasových projevů havranů stoupala a od cca 4:45 h byl křik havranů prakticky souvislý a nepřetržitý. Tato situace trvala v tomto období do cca 22:00 h večer každého dne. Pozadí a zbytkový hluk byly zjišťovány v době od 2:00 h do 4:00 h, kdy byly hlasové projevy ptáků minimální.



Obr. 3: Lokality měření hluku. (zdroj: Mapy.cz)

Podrobné výsledky měření ve venkovním prostoru (místa měření č. 1 až 5) jsou uvedeny v tabulce 1. Z hladin expozice zvuku jednotlivých akustických událostí (L_{AE}), které převyšují 100 dB, je patrné, jak velká energie je v akustickém signálu křiku havranů obsažena. Pro srovnání L_{AE} průjezdu osobního automobilu ve vzdálenosti 6 m se pohybuje mezi 70 dB a 80 dB, L_{AE} průjezdu vlaku ve vzdálenosti 50 m se pohybuje v rozmezí 80–85 dB. Hladiny L_{AE} křiku havranů jsou srovnatelné s měřeními hodnotami závodních automobilů na sportovním okruhu ve 20 m.

Hodnoty zbytkového hluku (hluku bez křiku havranů a vyloučených dalších identifikovatelných zdrojů hluku) jsou v posuzovaných lokalitách velmi nízké, nedosahují ani 30 dB. Z hlediska hlukové zátěže bez křiku havranů se tedy jedná o velmi klidnou rezidenční oblast. Křik havranů je v prostředí sídlištní zástavby velmi výrazným zvukem – oproti hladině zbytkového hluku je křik havranů v $L_{Aeq,T}$ o 30 až 40 dB vyšší. V prostředí obytné zástavby dosahuje křik havranů vysokých hodnot $L_{Aeq,T} = 61,5$ až 68 dB s maximální hladinou L_{Amax} až 81,6 dB. Pro hlasové projevy zvířat není stanoven hygienický limit hluku, ale pro srovnání: hodnota hygienického limitu pro průmyslové zdroje hluku a noční dobu $L_{Aeq,1h} = 40$ dB a pro silniční dopravu na komunikaci I. třídy $L_{Aeq,8h} = 50$ dB.

Výsledky měření hluku ve venkovním a vnitřním prostoru ZŠ (místa měření 5 a 6) jsou uvedeny v tabulce 2. Uvnitř učebny objektu ZŠ byla při otevřeném okně naměřena hodnota $L_{Aeq,T} = 45,8$ dB. Při zavřeném okně byla v učebně naměřena hodnota $L_{Aeq,T} = 26,6$ dB. Hodnota hygienického limitu pro vnitřní prostory staveb pro předškolní a školní výchovu a vzdělávání je

Tab. 2: Výsledky měření hluku ve venkovním a vnitřním prostoru ZŠ

Okno	$L_{Aeq,T}$ (dB)			
	T (h)	Místo měření		Rozdíl D
		5	6	
Zavřené	4:30–5:30	64,8	26,6	38,2
Otevřené	5:30–8:00	64,8	45,8	19,0

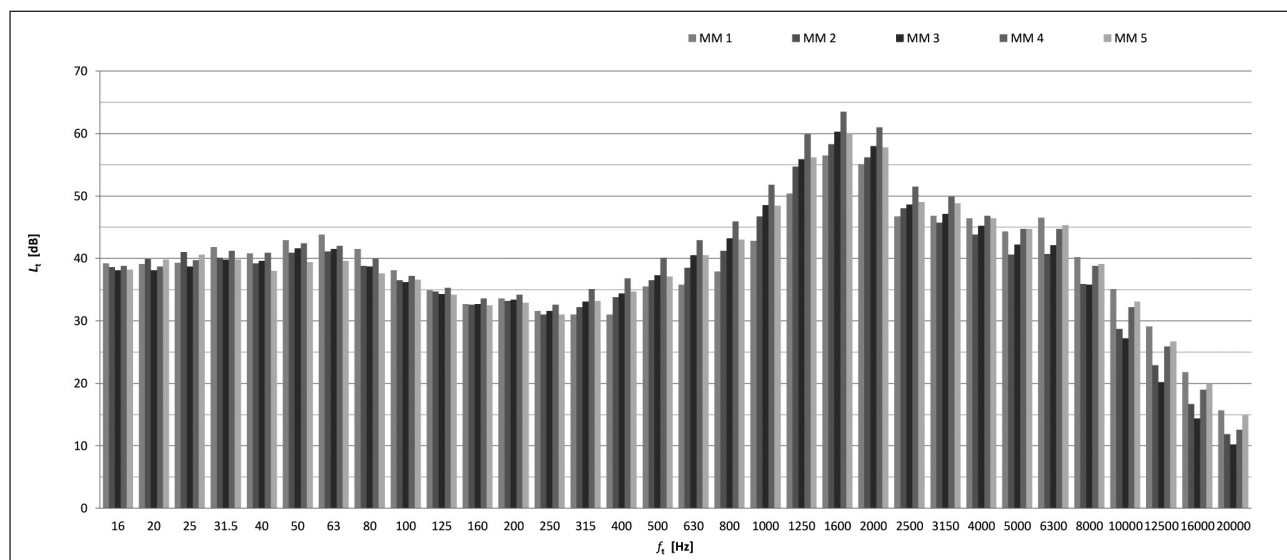
$L_{Aeq,T} = 45$ dB (nevztahuje se však na hlasové projevy lidí a zvířat). Výuka tedy může nerušeně probíhat pouze při zavřených oknech, což vzhledem k zateplení obvodového pláště školy může být v rozporu s požadavky na potřebné větrání učeben přivracených ke vzrostlým stromům, na nichž havrani hnízdí.

Z analýzy frekvenčního spektra zvuku křiku havranů z míst měření 1 až 5 (obr. 4) je patrné, že převážná část akustické energie křiku havranů je soustředěna do oblasti frekvencí nad 500 Hz, a proto se dobře tlumí obvodovým pláštěm budov. V případě otevřených oken je útlum výrazně nižší, což potvrzují výsledky měření na měřicích místech 5 a 6 (objekt ZŠ před fasádou a uvnitř). Křik havranů se oproti hluku pozadí projevuje výraznými frekvenčními složkami v oblasti frekvenčních pásem $f_c = 1\,250$ – $2\,000$ Hz, které jsou výrazně rušivé.

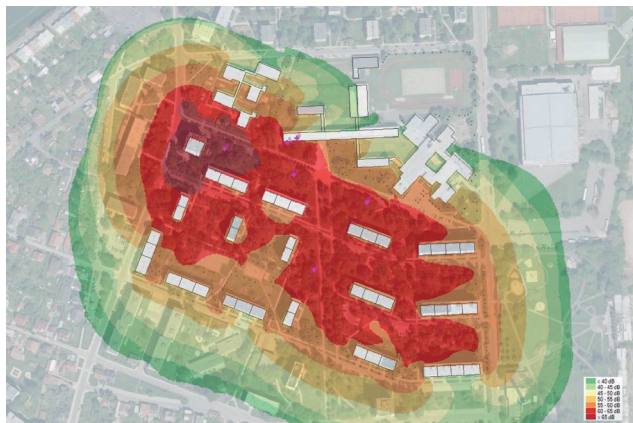
Horší situaci pak lze s největší pravděpodobností očekávat v obytných místnostech bytových domů přivracených ke stromům, v nichž mají havrani hnízda, což vyplývá z akustického modelu – hlukové mapy, která byla zpracována na základě naměřených hodnot $L_{Aeq,T}$ (obr. 5). Hluková mapa zachycuje hrubý odhad rozložení akustického pole hluku křiku havranů v posuzované lokalitě, která byla reprezentována 45 bytovými domy s 1 278

Tab. 1: Výsledky měření hluku pro venkovní lokality

Místo měření/ lokalita	Havrani				Zbytkový hluk
	T (h)	L_{AE} (dB)	$L_{Aeq,T}$ (dB)	L_{Amax} (dB)	$L_{Aeq,T}$ (dB)
1	4:45–7:00	100,4	61,5	76,2	28,2
2	4:45–7:00	102,0	63,0	75,1	27,8
3	4:45–7:00	103,8	64,7	76,0	29,1
4	4:45–7:00	106,5	68,0	78,5	27,4
5	4:45–7:00	105,4	64,8	81,6	26,9



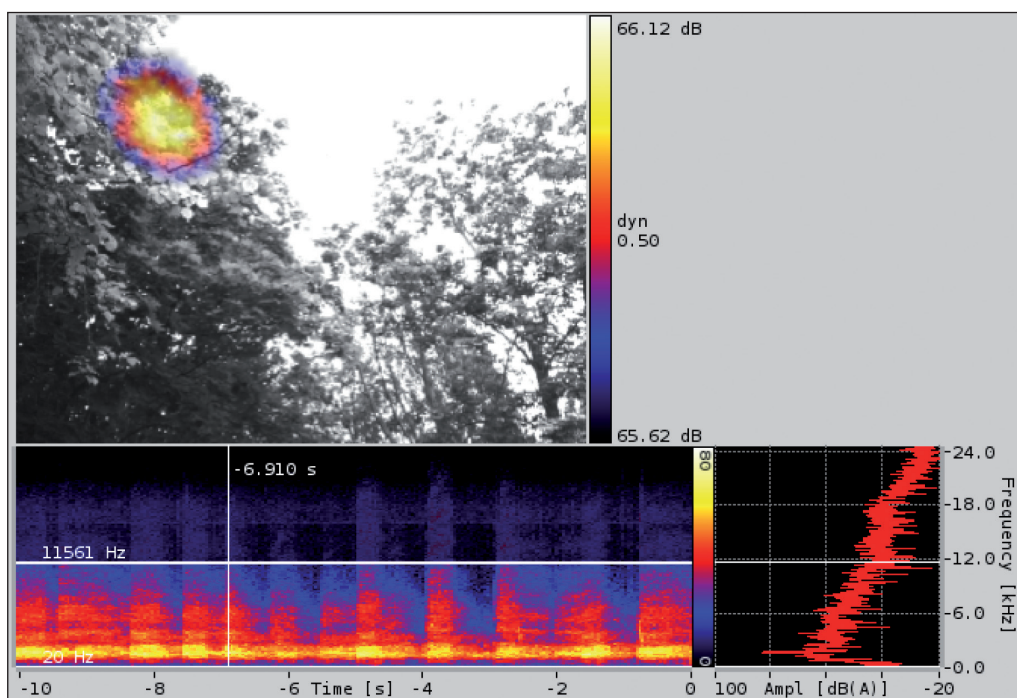
Obr. 4: Frekvenční spektrum zvuku křiku havranů z míst měření 1–5.



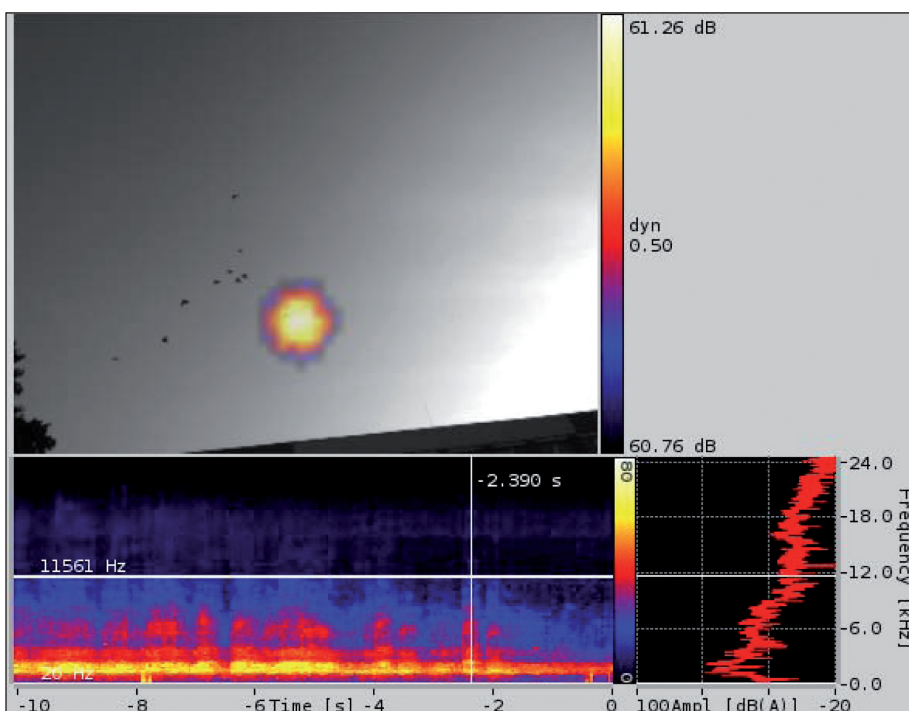
Obr. 5: Hluková mapa hluku z křiku havranů při hnízdění a vyvádění mláďat.

obyvateli. Na jejím základě pak byl učiněn odhad zdravotních rizik dle vybraných částí Autorizačního návodu AN 15/04 SZÚ (6). Pokud by byl zvuk křiku havranů hodnocen podle vztahů pro obtěžování průmyslovým hlukem, bylo by možné očekávat cca 17,4 % vysoce obtěžovaných osob. Pokud by bylo hodnocení provedeno podle vztahů pro sezónní hluk, bylo by možné očekávat cca 5,2 % vysoce obtěžovaných osob.

Během měření byla použita akustická kamera SoundCam pro dokumentování polohy hnízd havranů na stromech. Jde o unikátní přenosné zařízení, které umožňuje zobrazovat akustické zdroje v obraze a pořizovat video-sekvence měřených akustických dějů. Přímo v obraze je barevně zobrazen zdroj hluku podle výše hladiny akus-



Obr. 6: Výstup akustické kamery SoundCam.



Obr. 7: Identifikace jedinců pomocí akustické kamery SoundCam.

tického tlaku, pod obrazem je znázorněn spektrogram měřeného zvuku (frekvenční a časová osa signálu) s určením dominantních frekvencí. Z výstupu na obrázku 6 vyplývá, že pomocí tohoto zařízení je možné identifikovat hnízda na stromech, na obrázku 7 je dokumentace zvukového projevu jedince.

Použití akustické kamery tohoto typu může být velmi zajímavé pro identifikování rychlých akustických dějů. Výhodou zařízení SoundCam je jeho přenositelnost a operabilita. Výstupy je možné zobrazovat nejen graficky a pomocí videosekvencí, ale je možné je i dále analyzovat ve speciálním vyhodnocovacím softwaru. Toto vyhodnocení nebylo součástí tohoto úkolu.

Diskuze

Opakované obtěžování z krátkodobých expozic hlukem může v některých případech vést ke zhoršení celkového zdravotního stavu exponovaných osob. Za krátkodobé expozice hluku lze například považovat řeč, některé hudební projevy, hluky z kulturních a volnočasových aktivit, akustické projevy zvířat; tedy expozice, které se vyskytují pouze během několika dní nebo týdnů během roku. V tomto případě se jedná o nepříjemné zdravotní účinky, které nelze jednoznačně kvantifikovat, protože dosud nejsou známy vztahy pro hodnocení vlivu krátkodobých expozic hluku.

Havrani hnízdí a vyvádějí mladé přibližně od dubna do konce června a v tomto dvoutměsíčním období je křik nejintenzivnější. Výsledkem je hluk, který je v jinak tichém prostředí sídlištní zástavby velmi výrazným zvukem – oproti hladině hluku pozadí je křik havranů o 30 až 40 dB vyšší s maximální hladinou L_{Amax} i přes 81 dB. Charakter tohoto zvuku je prakticky stejný po celou dobu expozice. Havrani se začínají zvukově projevovat v noci, přičemž během času četnost hlasových projevů havranů stoupá a v ranních hodinách je jejich křik prakticky souvislý a nepřetržitý. Tato situace se opakuje během hnízdění každý den. Jednoznačně tedy u exponovaných osob v přilehlých domech může docházet k obtěžování a rušení spánku hlukem. Tomu nasvědčují opakované stížnosti osob bydlících na tomto sídlišti.

Senioři a mladistvé osoby jsou podle WHO (7) považovány za citlivé skupiny, které by měly být zejména chráněny, což je případ osob bydlících na dotčeném sídlišti. Vzhledem k akustickým parametrům a charakteru zvuku z křiku havranů lze u těchto citlivých skupin rušení spánku oprávněně předpokládat.

Křivky funkční závislosti expozice-odezva nejsou pro rušení spánku hlukem a obtěžování z těchto zdrojů hluku obecně definovány, protože v současné době není k dispozici dostatek znalostí pro odvození metody hodnocení zdravotních důsledků. Pro subjektivní obtěžování byla tedy použita metodika doporučená WHO pro průmyslové zdroje hluku (7), podle níž bylo spočítáno procento vysoce obtěžovaných osob 17,4 %, přičemž limit pro akceptovatelné obtěžování se v některých zemích EU podle zprávy IGNA (8) pohybuje v rozmezí 9–15 %. Z tohoto pohledu lze tedy vysoké obtěžování u 17,4 % exponovaných osob označit za neakceptovatelné. Procento osob rušených ve spánku nebylo možné stanovit, protože metodika použitá v době zpraco-

vání měření neobsahovala vztahy dávka-účinek pro rušení spánku průmyslovým hlukem.

K obtěžování obyvatel mohou kromě akustických vlivů přispívat další negativní jevy spojené s hnízděním, jako je znečištění veřejných ploch (trávníky, komunikace, chodníky) i osobního majetku (vozidla, dětské kočárky, oblečení) trusem ptáků, peřím, úlomky hnízd, zbytky potravy i uhynulými ptáky. Tyto negativní vlivy prakticky znemožňují po dobu hnízdění ptáků využívat městský mobiliář zrevitalizovaného sídliště, neumožňují sušení prádla ve venkovním prostoru, procházky s dětskými kočárky apod., což vše vede k narušení pohody bydlení obyvatel zájmové lokality. Doprovodné negativní vlivy však nelze kvantifikovat ve vazbě na zdraví lidí.

Dostupná odborná literatura uvádí pouze studie zaměřené na vliv hluku a městského prostředí na ptactvo, nikoliv vliv křiku ptáků na zdraví lidí (9–16). Není tedy možné naše výsledky porovnat s výstupy jiných odborných prací.

Obyvatelé sídliště se opakovaně obracejí na místní samosprávu s žádostí o pomoc a řešení celé situace. Problémem je však skutečnost, že havran polní je zařazen v Červeném seznamu ČR jako zranitelný druh a v ČR je chráněn na základě směrnice Evropského parlamentu a rady 2009/147/ES, o ochraně volně žijících ptáků (17), implementované do zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny (18). Není tedy možné provést jakákoliv opatření, která by ptáky fyzicky ohrozila.

Závěry

Bylo provedeno měření a analýza hluku hlasových projevů havranů v době jejich hnízdění na městském sídlišti. Měření bylo provedeno současně na pěti vybraných lokalitách ve venkovním prostoru a jednom místě ve vnitřním prostoru. Na základě naměřených hodnot byla vytvořena mapa hlukové zátěže obytné zástavby na sídlišti. Byla ověřena možnost využití akustické kamery pro identifikaci zdrojů hluku – jednotlivých hnízd.

Negativní účinky vlivu hluku na veřejné zdraví z křiku hnízdících havranů lze předpokládat v oblasti obtěžování a rušení spánku, které mohou být způsobeny stresovou reakcí na vysoké hladiny hluku a jeho charakteristiky, zejména frekvenční průběh akustického signálu s možným tónovým charakterem. Křivky funkční závislosti expozice-odezva pro obtěžování a rušení spánku hlukem z těchto zdrojů hluku nejsou definovány. Při informativním hodnocení tohoto zvuku podle vztahů pro obtěžování průmyslovým hlukem lze procenta vysoce obtěžovaných osob označit za neakceptovatelná. Procenta osob rušených ve spánku nebylo možné stanovit, protože metodika použitá v době zpracování měření neobsahovala vztahy dávka-účinek pro rušení spánku průmyslovým hlukem.

Výsledky této expertízy byly samosprávou města použity jako pomocný odborný podklad pro jednání s orgány ochrany životního prostředí na všech jejích úrovních s cílem získat podporu a pomoc při řešení neúnosné situace v části sídliště.

Orgán ochrany veřejného zdraví nemá ze zákona č. 258/2000 Sb. pravomoc k výkonu státního zdravotního dozoru v oblasti hluku působeného zvukovými projevy zvířat. Avšak otázkou zůstává např. oblast epidemi-

ologická, kdy část hustě obydleného sídliště je zcela paralyzována dalšími negativními efekty, jakými je masivní znečištění exkrementy, peřím, mrtvými ptáky i hlodavci. I přes každodenní úklid je udržení veřejných prostor ve standardním stavu zcela nemožné.

Střet zájmů: žádný.

ORCID

Dana Potužníková <https://orcid.org/0000-0002-1712-0418>

Pavel Junek <https://orcid.org/0000-0001-5862-7197>

Tomáš Hellmuth <https://orcid.org/0000-0003-0828-5779>

Aleš Jirásková <https://orcid.org/0000-0003-0421-7365>

David Kresl <https://orcid.org/0000-0001-6177-5115>

Eduard Ježo <https://orcid.org/0000-0003-1271-8661>

LITERATURA

1. Zákon č. 258 ze dne 14. července 2000 o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů. Sbírka zákonů ČR. 2000;částka 74:3622-62.
2. Nařízení vlády č. 272 ze dne 24. srpna 2011 o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, ve znění pozdějších předpisů. Sbírka zákonů ČR. 2011;částka 97:3338-51.
3. ČSN ISO 1996-1: Akustika - Popis, měření a hodnocení hluku prostředí - Část 1: Základní veličiny a postupy pro hodnocení. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví; 2017.
4. ČSN ISO 1996-2: Akustika - Popis, měření a posuzování hluku prostředí - Část 2: Určování hladin hluku prostředí. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví; 2018.
5. Metodický návod pro měření a hodnocení hluku v mimopracovním prostředí. Věstník MZ ČR. 2017;částka 11:2-35.
6. Autorizační návod AN 15/04 k hodnocení zdravotního rizika hluku v mimopracovním prostředí. Verze 4. Praha: SZÚ; 2017.
7. Environmental Noise Guidelines for the European Region. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2018.
8. Peeters B, Nusselder R. Overview of critical noise values in the European Region. Wolfskamerweg: M+P raadgevende ingenieurs BV; 2019.
9. Dooling RJ, Leek MR, Popper AN. Effects of noise on fishes: what we can learn from humans and birds. Integr Zool. 2015 Jan;10(1):29-37.
10. Grade AM, Sieving KE. When the birds go unheard: highway noise disrupts information transfer between bird species. Biol Lett. 2016 Apr;12(4):20160113. doi: 10.1098/rsbl.2016.0113.
11. Zollinger SA, Slater PJB, Nemeth E, Brumm H. Higher songs of city birds may not be an individual response to noise. Proc Biol Sci. 2017 Aug 16;284(1860):20170602. doi: 10.1098/rspb.2017.0602.
12. Brumm H, Naguib M. Chapter 1 Environmental acoustics and the evolution of bird song. Adv Study Behav. 2009;40:1-33.
13. Bermúdez-Cuamatzin E, Ríos-Chelén AA, Gil D, Garcia CM. Experimental evidence for real-time song frequency shift in response to urban noise in a passerine bird. Biol Lett. 2011 Feb 23;7(1):36-8.
14. Nemeth E, Brumm H. Birds and anthropogenic noise: are urban songs adaptive? Am Nat. 2010 Oct;176(4):465-75.
15. Vail DD. Book review: Joeri Bruyninckx. Listening in the field: recording and the science of birdsong. Hum Wildl Interact. 2018;12(2):291-2.
16. Slabbekoorn H, Yang XJ, Halfwerk W. Birds and anthropogenic noise: singing higher may matter. Am Nat. 2012 Jul;180(1):142-5; author reply 146-52.
17. Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/147/ES ze dne 30. listopadu 2009 o ochraně volně žijících ptáků. Úřední věstník EU. 2010;53(L20):7-24.
18. Zákon České národní rady č. 114 ze dne 19. února 1992 o ochraně přírody a krajiny, ve znění pozdějších předpisů. Sbírka zákonů ČSFR. 1992;částka 28:666-92.

*Došlo do redakce: 21. 2. 2023
Přijato k tisku: 21. 3. 2023*

*Ing. Dana Potužníková, Ph.D.
Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě
Tvardkova 1191
562 01 Ústí nad Orlicí
Česká republika
E-mail: dana.potuznikova@zuova.cz*