

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

ČESKÁ AKUSTICKÁ SPOLEČNOST

105. AKUSTICKÝ SEMINÁŘ

27.–29. května 2024

Rychnov nad Kněžnou



Redakce sborníku:

Marek Brothánek, Radka Svobodová

Sborník 105. akustického semináře

Redakce sborníku: Ing. Marek Brothánek, Ph.D.
Mgr. Radka Svobodová

Vytištěno pro potřeby 105. akustického semináře,
konaného ve dnech 27.–29. května 2024 v Rychnově nad Kněžnou.

Příspěvky otištěné ve sborníku nebyly redakčně upravovány.

Copyright © České vysoké učení technické v Praze, 2024

ISBN 978-80-01-07301-8

Vydalo: České vysoké učení technické v Praze

Zpracovala: Fakulta elektrotechnická

Kontaktní adresa: Ondřej Jiříček, Technická 2, 166 27 Praha 6

 +420 22 435 2310

Náklad 200 výtisků, počet stran 32, pořadí vydání 1.

Tisk: ACAN, Družstevní 11, 252 06 Davle-Sloup

Obsah

Jiří Bečka Třepotavá ozvěna v tělocvičně – případová studie	5
Ondřej Jiříček Z historie české akustiky	15
Radek Kropelnický Změny v přístupu k posuzování a návrhu protihlukových opatření	23
Lenka Vaňková a Pavel Kreuziger Účinnost kolejnicových absorbérů	27



Třepotavá ozvěna v tělocvičně – případová studie

Jiří Bečka

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební,
Thákurova 2077/7, 166 29 Praha 6

jiri.becka@fsv.cvut.cz, becka.j@kontrahluk.cz

Abstract This case study demonstrates a development of a flutter echo in a gym. Sometimes even a small change to project can significantly affect the propagation of sound in an inner space. The gym room was measured before and after the precautions taken. Study also suggests how flutter should be treated and how to avoid it in general.

1 ÚVOD

Prostorová akustika, která se zabývá šířením zvuku v uzavřených prostorech, slouží k poslechu mluveného slova a hudby, je obor, který vyžaduje vedle nezbytných znalostí akustiky také zkušenosti projektanta. I s mnohaletou praxí občas ale nastávají situace, kdy výsledek akustika překvapí a může se z nich poučit.

Tento článek představuje právě takový případ. Odklonění od původní akustické studie způsobilo, že v prostoru nově vybudované tělocvičny se objevil nežádoucí jev, který se v prostorové akustice nazývá „třepotavá ozvěna“. Výpočet v softwaru jej nepredikoval, a přece se objevil. Cílem této případové studie není zpochybňovat závěry výpočetních programů, ale upozornit na to, že základní fyzikální principy šíření zvuku a z nich plynoucí pravidla pro uspořádání zvukového pole ve vnitřních prostorech je třeba mít vždy na paměti.

2 DOBA DOZVUKU A TŘEPOTAVÁ OZVĚNA

Při měření a hodnocení prostorové akustiky prostorů, v nichž záleží na srozumitelnosti mluveného slova a hudby, by mělo být sledováno více parametrů. Společně s běžně uvažovanou dobou dozvuku je možné hodnotit parametry, kterými jsou například hlasitost, jasnost, srozumitelnost, zřetelnost, difuzita atd. Vhodnost využití některého z uvedených parametrů závisí na typu posuzovaného prostoru. Tato případová studie se omezí pouze na základní parametr, kterým je doba dozvuku, protože pro potřeby příspěvku je postačující [1].

Doba dozvuku T (s) je definována jako doba, za kterou poklesne hladina akustického tlaku po vypnutí zdroje (a snížení o 5 dB) o 60 dB. Jako vše v akustice je kmitočtově závislá a sleduje se v oktavových pásmech (běžně 125, 250, 500, 1000, 2000 a 4000 Hz) [2].

V případě škol (posuzovaná tělocvična se nachází v objektu základní školy) je doba dozvuku požadována závaznou vyhláškou. Optimální dobu dozvuku T_0 (s) v tělocvičnách stanovuje ČSN 73 0527 v příloze B. Z ní poměrově vychází spodní ($T/T_0 = 0,8$) a horní limit ($T/T_0 = 1,2$) doby dozvuku, která se v tomto prostoru posuzuje pouze v oktavových pásmech 250 až 2000 Hz [6].

Aby byla v tělocvičně (a obecně v poslechových místnostech) zajištěna rovnoměrná distribuce zvukových vln (a odpovídající doba dozvuku), je potřebné v nich dosáhnout dostatečné difuzity. Zjednodušeně jsou předpoklady difuzního zvukového pole vyjádřeny takto:

- ve všech bodech uzavřeného prostoru je objemová hustota zvukové energie konstantní,
- v každém elementu uzavřeného prostoru je celková energie dána součtem středních hodnot všech energií, které do zvoleného bodu dospěly díky odrazům od stěn (ev. překážek),
- všechny úhly dopadu zvukových vln do libovolného bodu prostoru jsou stejně pravděpodobné [1].

Pokud jsou tyto předpoklady splněny, pohltivé materiály jsou efektivní a lze očekávat akustické chování vnitřního prostoru tak, jak jej pro dobu dozvuku výpočtově popsali Sabine a Eyring. Když zvukové pole není dostatečně difuzní, může se ve vnitřním prostoru objevit akustická „vada“, kterou je například právě třepotavá ozvěna (anglicky „flutter echo“).

Ta vzniká v prostorech s rovnoběžnými odrazivými (tuhými a hladkými) plochami, mezi kterými se zvuk opakovaně odráží a je utlumen mnohem pomaleji než odrazy zvuku od ostatních povrchů v prostoru. Než se tyto vlny konečně utlumí, dojde mezi rovnoběžnými odrazovými povrchy k jejich několikanásobným rychlým odrazům tam a zpět, což je provázeno charakteristickým zvukovým projevem, zabarvením dozvuku, které posluchač vnímá jako třepotání (často popisováno jako „tatatatata“). Lokálně se pak zvýší doba dozvuku, zhorší srozumitelnost řeči, lokalizovat přímo zdroj zvuku je obtížné a v pobytovém prostoru není obecně příjemné trávit čas [3, 6].

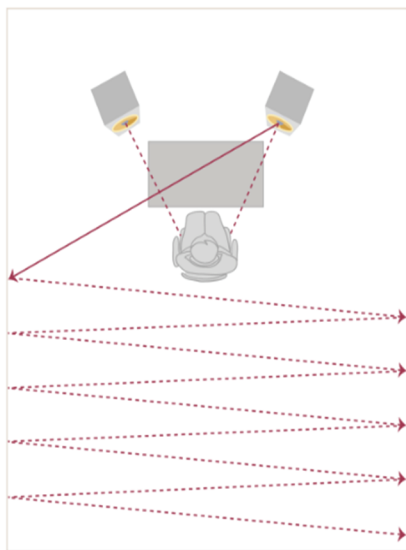
Zvýšení doby dozvuku je patrně prakticky ve všech oktavových pásmech, protože třepotavá ozvěna se vyhýbá pouze vlnám, které mají krátkou periodu (například 100 ms a méně). Projeví se tak mírně už například od 100 Hz, od 250 Hz a výše pak způsobuje výrazné navýšení doby dozvuku [4, 8].

Aby k třepotavé ozvěně došlo, opakované odrazy musí být ve zvukovém poli oproti jiným odrazům dominantní. To například nesplní nutně úplně prázdná místnost, zcela nezařízená a bez akustických úprav. K extrému naopak dojde v okamžiku, kdy některé povrchy prostoru jsou pro dopadající zvukové vlny velmi pohltivé, ale dva

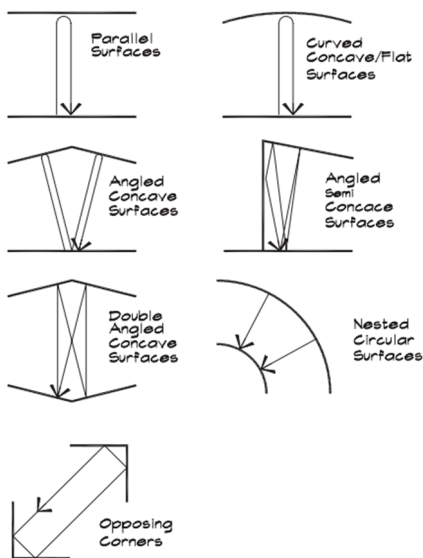
rovnoběžné (hladké a tuhé, tedy zcela nepohltivé) povrchy nezeslabují dopadající zvukové vlny a ani je nijak při odrazu nerozptylují. Ty se tak stanou oproti jiným zeslabeným vlnám zcela dominantními.

Často k tomuto problému dochází v malých místnostech (typu učeben, konferenčních místností, nahrávacích studií – viz obrázek 1), ale třepotavá ozvěna se nevyskytuje ani v větších prostorů, kterými jsou například koncertní sály a divadla, sportovní haly a tělocvičny, přednáškové místnosti a sály, nebo prostory „open space“. Stejně tak se třepotavá ozvěna může objevit v dlouhých chodbách (koridorech), kde strop, podlaha a boční stěny jsou pohltné, ale přední a zadní stěny jsou hladké a tvrdé [4, 5].

Ze zmíněného by mohl čtenář dojít k závěru, že třepotavá ozvěna se může týkat pouze prostorů, ve kterých jsou povrchy vůči sobě rovnoběžné. Na obrázku 2 je však patrné, že ozvěna může nastat i při jiném specifickém uspořádání prostoru. V kapitole 4 budou popsány způsoby, jak se třepotavé ozvěně vyhnout. Jedním z nich je i sklon jedné ze stěn oproti protilehlé. Zde je nyní na místě zmínit, že tento sklon nemusí být vždy efektivní, protože třetí přilehlý povrch může uzavřít smyčku odrazů tak, že se třepotavá ozvěna opět objeví (viz čtvrtá ukázka na obrázku 2) [3].



Obrázek 1. Třepotavá ozvěna v malé místnosti s odrazivými rovnoběžnými stěnami [8]



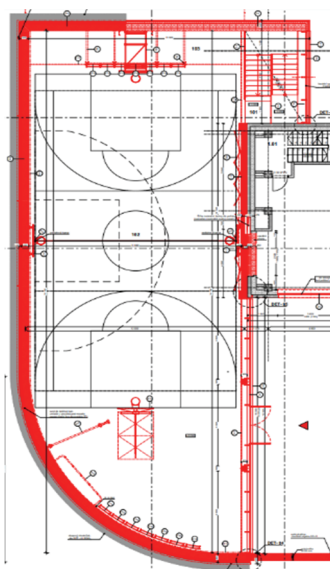
Obrázek 2. Konfigurace povrchů pro možný vznik třepotavé ozvěny. Převzato z [3]

3 POPIS POSUZOVANÉ TĚLOCVIČNY

Předmětem měření a posouzení byl prostor tělocvičny na nejmenované základní škole. Její rozměry jsou cca 31 m × 11,5 m, výška cca 6,1 m. Ve své spodní části (viz obrázek 3 – půdorys tělocvičny) má tvar kruhové výseče. Její objem byl stanoven na cca 2065 m³, z čehož vyplývá optimální doba dozvuku $T_0 = 1,34$ s a příslušné limity 1,07 s na spodní hranici a 1,61 s na horní hranici.

Požadované doby dozvuku mělo být dosaženo dle (jiným subjektem zajištěné) akustické studie pomocí laťových rezonátorů na dvou stěnách a pohltivého podhledu. Smrkové latě po obvodu byly uchyceny na nosný rošt, v němž byla vložena akustická izolace. Mezery mezi latěmi byly provedeny s jinou tloušťkou – ve spodní části rezonátoru byly mezery menší (tlumení zvuku okolo 800 Hz a výše), v horní naopak větší (což přispívalo k tlumení nízkých frekvencí). Na přání architekta nebyl nakonec realizován původně navrhovaný akustický podhled (i z důvodu hraničního splnění světlé výšky prostoru, ve kterém se měly odehrávat volejbalové zápasy), a strop tak zůstal pouze pohledový – předpjaté stropní ŽB panely.

Nášlapnou vrstvu podlahy tvořily dřevěné palubky. Zbylé stěny již pohltivou funkci neměly, přičemž jedna byla částečně prosklená. Pohled do prostoru tělocvičny ve výše popsané fázi stavební dokončenosti je na obrázku 4.



Obrázek 3. Půdorys posuzované tělocvičny

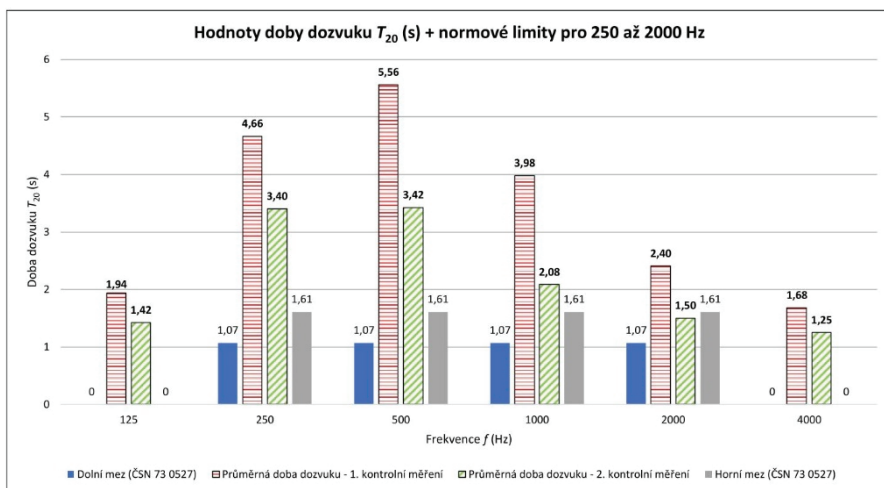


Obrázek 4. Pohled na tělocvičnu

4 NEVYHOVUJÍCÍ STAV A JEHO ŘEŠENÍ

Na základě pochybnosti stavební firmy ohledně vhodné akustiky prostoru bylo provedeno předběžné měření, ze kterého vyplynulo, že v prostoru tělocvičny se vyskytuje třepotavá ozvěna. Projevovala se už při samotné mluvě, tlesknutí či dupnutí do podlahy.

Pro zjištění stávajícího dosaženého stavu byly provedeny náměry pomocí startovací pistole. Výsledky s naměřenou dobou dozvuku jsou znázorněny v obrázku 5 ve sloupcovém grafu, ve kterém jsou pro informaci uvedena i v tělocvičnách neposuzovaná oktavová pásma 125 a 4000 Hz. Druhá sada výsledků představuje druhé kontrolní měření, jež si později vyžádal investor. Investora existence třepotavé ozvěny zarazila a zajímalo jej, co se stane, když se na podlahu v horní části tělocvičny umístí čtyři velké (cca 5×4 m) koberce (zároveň už byly na stěnách přichyceny ochranné sítě atd.). V místech instalace koberců došlo přirozeně ke zlepšení (hodnoty doby dozvuku pro čtyři oktavová pásma: 2,09 s, 1,22 s, 1,41 s a 1,39 s), ale z globálního pohledu (průměrné hodnoty uvedené ve sloupcovém grafu ve třetím sloupci) se prostor třepotavé ozvěny zbavit nemohl a doba dozvuku byla stále zvýšená.

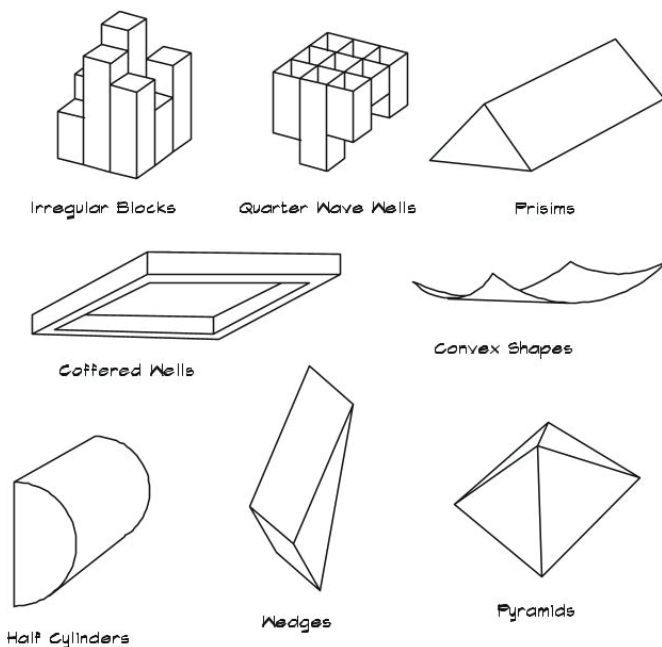


Obrázek 5. Výsledky doby dozvuku dvou kontrolních měření s třepotavou ozvěnou

Důvodem vzniku třepotavé ozvěny v tomto prostoru byla absence původně navrženého akustického podhledu. V dlouhé místnosti s relativně zatlumenými povrchy stěn (laťové rezonátory) tak docházelo k mnohonásobným odrazům zvukových vln mezi podlahou z dřevěných palubek a stropem z železobetonových stropních dílců. Oba povrchy jsou tuhé a hladké, tedy zcela nepohltivé.

Na základě zjištěného byl vyzván projektant akustiky, aby navrhnul jednoduché a efektivní řešení.

Nyní je vhodné zmínit, jaké možnosti nápravy připadají v úvahu, pokud se v prostoru objeví třepotavá ozvěna, kterou způsobují dominantní zvukové vlny, odrážející se v tomto případě mezi dvěma rovnoběžnými povrchy. Zvukové pole není nyní dostatečně difuzní. Doporučuje se tak alespoň na jeden z povrchů doplnit pohltivý obklad (tenká vrstva plsti, tkaniny, komerční produkt...). Není-li vhodné, aby byla v konkrétním prostoru přidáním obkladu dále snížena hustota zvukové energie, nabízí se možnost přidání difuzorů sloužících jako obklady, které zvuk rozptylují. Ukázky povrchů, působících jako difuzor, jsou na obrázku 6. Na principu difuze a pohltivosti by též fungovalo zvrásnění povrchů (například spodní strany stropních dílců).



Obrázek 6. Příklady povrchů a tvarů, které působí jako difuzor zvuku. Převzato z [3]

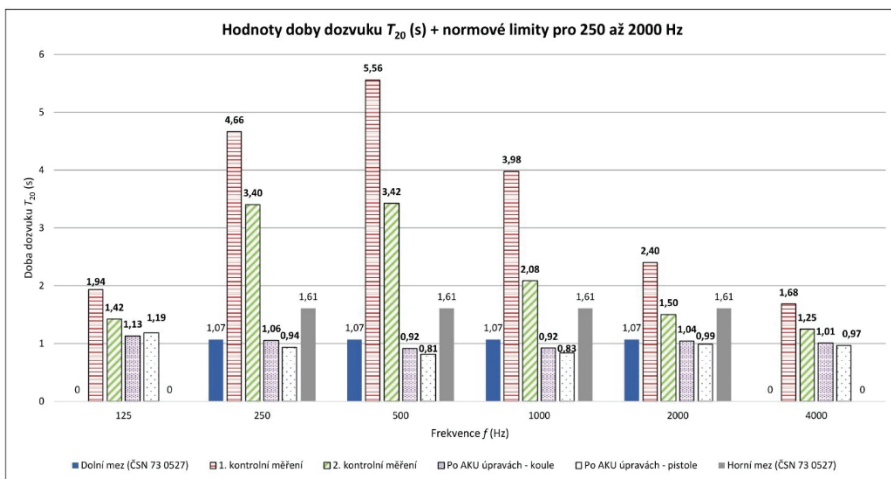
Dále se v prostorech doporučuje vytvořit sklon odlehklých stěn nejméně o 8° , optimálně více než o 10° . V případě malých místností je toto řešení často postačující, u velkých prostorů se už ale nemusí uplatnit a je lepší situaci řešit pohltivými obklady nebo difuzory [3, 5, 6].

V prostoru posuzované tělocvičny se již přirozeně dodatečný sklon povrchů vytvořit nemohl. Instalace difuzorů na spodní stranu stropu by kvůli limitující světlé výšce také nebyla vhodná. Například v případě „schodkových“ difuzorů musí schodky mít hloubku cca $\frac{1}{4}$ vlnové délky dané tlumené frekvence (pro 1000 Hz tedy hloubka přibližně 8 cm, ale pro 250 Hz již okolo 34 cm) [5]. Jediná možnost tak z pohledu projektanta spočívala v nalepení tenkého pohltivého obkladu (podhledu), což byl i požadavek architekta. Vybrán byl komerční výrobek o tloušťce 40 mm, lepen byl vždy v pásech ve dvou řadách, jeho celková plocha činila 102 m². Patrný je na obrázku 7.



Obrázek 7. Pohled na tělocvičnu po akustické úpravě

Takto upravený prostor tělocvičny byl opět změřen. Vyskytovalo se zde již navíc veškeré sportovní vybavení. Pro srovnání výsledků a další informaci byly provedeny dvě rozdílné metody měření – pomocí startovací pistole (metoda integrované impulsové odezvy) a pomocí všesměrového zdroje zvuku s růžovým šumem (metoda přerušného šumu) [7]. Konečné výsledky jsou i s původními hodnotami (před úpravou) patrný ve sloupcovém grafu na obrázku 8.



Obrázek 8. Výsledky doby dozvuku s třepotavou ozvěnou vs. po AKU úpravách

Nežádoucí třepotavou ozvěnu se podařilo po akustické úpravě stropu eliminovat. Rozdíl, který po ní nastal, je z hlediska doby dozvuku významný a ukazuje, do jaké míry dokáže třepotavá ozvěna degradovat akustiku prostorů. Výsledky jsou nyní dokonce pod hranici spodního limitu, který stanovuje ČSN 73 0527. V případě posuzované tělocvičny je ale toto mírné přetlumení spíše k užitku, protože se do budoucna předpokládá i její další možné využití ke kulturním účelům apod. Z hlediska srozumitelnosti řeči by pak vyšší doba dozvuku nemusela být žádoucí.

Metoda přerušného šumu poskytovala v posuzovaných oktavových pásmech mírně vyšší výsledky doby dozvuku oproti metodě integrované impulsové odezvy (maximální rozdíl 0,12 s). To souvisí především s nedostatečným vybuzením takto objemného prostoru.

5 ZÁVĚŘ

Tento příspěvek představil problematiku třepotavé ozvěny ve vnitřních prostorech. Z hlediska akustiky prostoru dokáže velice nepříjemně ovlivnit vnitřní prostředí. Tento jev byl ukázán na konkrétním příkladu tělocvičny a zároveň bylo vysvětleno, čím byl způsoben. Po instalaci pohltivého podhledu se jej podařilo potlačit.

Současně byly představeny možné další způsoby, jak se s třepotavou ozvěnou vypořádat, respektive jak jí ideálně předejít již v rámci projektu, tedy při návrhu prostoru, vnitřních povrchů a akustických úprav.

Je třeba vždy uvažovat nad tím, zda se případnou změnou projektu nemůže tato nežádoucí ozvěna objevit, ačkoliv to třeba výpočtový software předem nepredikuje. Zmenšení pohltivé plochy vede obecně vždy ke zvýšení doby dozvuku. Při nevhodné situaci to ale také může vést k extrémnímu případu, který byl představen v příspěvku. Nakonec tak záleží především na zkušenostech a uvažování projektanta akustiky.

PODĚKOVÁNÍ

Tato práce byla podpořena grantem Studentské grantové soutěže ČVUT č. SGS 24/004/OHK1/1T/11.

REFERENCE

- [1] Kolmer, Felix. *Prostorová akustika*. 2. nezm. vyd. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1982.
- [2] Kaňka, Jan. *Akustika stavebních objektů*. 1. Brno: ERA, 2009. Technická knihovna (ERA). ISBN 978-80-7366-140-3.
- [3] Long, Marshall. *Architectural acoustics*. Elsevier, 2005.
- [4] Kuttruff, Heinrich. *Room acoustics*. Crc Press, 2016.
- [5] Kleiner, Mendel, and Jiri Tichy. *Acoustics of small rooms*. CRC Press, 2014.
- [6] ČSN 73 0527. *Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Prostory pro kulturní účely – Prostory ve školách – Prostory pro veřejné účely*. Srpen 2023. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2023.
- [7] ČSN EN ISO 3382-2. *Akustika – Měření parametrů prostorové akustiky – Část 2: Doba dozvuku v běžných prostorech*. Únor 2009. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
- [8] Základní principy akustiky místnosti. Ekustik.cz [online]. Varnsdorf, 2021. Dostupné z: <https://www.ekustik.cz/tipy-a-triky/zakladni-principy-akustiky-mistnosti>



Z historie české akustiky

Ondřej Jiříček

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta elektrotechnická,
Technická 2, 166 27 Praha 6

jiricek@fel.cvut.cz

Abstract This text was created as a Czech version of a lecture on the history of acoustics in the Czech lands in the twentieth century, delivered at the Forum Acusticum 2023 congress. However, it is not identical, as it was modified for the needs of the 105th acoustic seminar. The text is divided into three parts: the history of science and research in the field of acoustics, the development of the acoustic industry (mainly electroacoustics) and information about professional groups and societies.

1 ÚVOD

Předně se musím přiznat, že nejsem tak starý, abych si mohl pamatovat hlavní momenty historie české akustiky ve 20. století. Nejsem ani historikem, abych mohl do hloubky rozebírat všechna hlediska rozvoje akustiky v Čechách a na Slovensku. Proto je tento text pouze shrnutím toho, co jsem slyšel, četl nebo viděl. České země byly v průběhu 20. století součástí různých státních uspořádání od Rakouska-Uherska přes první meziválečnou Československou republiku, Protektorát Čechy a Morava, Československou socialistickou republiku až po současnou Českou republiku a Slovensko. To ovlivnilo rozvoj všech vědních a průmyslových odvětví včetně akustiky. V textu se pokusíme nahlédnout do oblasti vědy a výzkumu, na rozvoj výrobních společností spojených s akustikou a nakonec na odborné společnosti či organizace zaměřené na akustiku.

2 VĚDA A VÝZKUM

Výzkum akustiky a dalších souvisejících jevů je v českých zemích spojen s řadou slavných jmen. Připomeňme, že v období rakousko-uherské monarchie byla Praha významným centrem vědy. Sídliila zde slavná Univerzita Karlova i dnešní České vysoké učení technické v Praze (které se v 19. století nazývalo Deutsche Technische Hochschule in Prag), založené císařem Josefem I. v roce 1707.

V Praze například 25. května 1842 přednesl Christian Doppler (1803–1853) na zasedání Královské společnosti nauk přednášku „O barevném světle dvojhvězd a některých jiných nebeských těles“. První experimenty potvrzující Dopplerův jev v akustice byly provedeny s využitím pískotu lokomotivy ve druhé polovině 19. století. Kvůli nemožnosti přímého záznamu a analýzy měnícího se zvuku byli pro vyhodnocování angažováni hudebníci s absolutním sluchem. Dalšími slavnými vědci, kteří jsou spojováni s akustikou a kteří si našli cestu do Prahy, jsou například česko-německý fyzik Ernst Mach (1838–1916), který se zabýval nadzvukovou mechanikou tekutin, rázovými vlnami (Machovo číslo), nebo krátkodobě Hermann von Helmholtz.

Nejvýznamnějším českým vědcem období Rakouska-Uherska, který se zapsal do dějin akustiky, byl Vincenc (Čeněk) Strouhal (1850–1922). Strouhal byl žákem zmíněného Ersta Macha. V roce 1878 ve Würzburgu obhájil habilitační práci s názvem „Eine besondere Art der Tonerregung“ (Zvláštní způsob buzení tónů), kde dosáhl originálních výsledků ve fyzice třecích tónů. Odvodil fyzikální vzorec pro výšku tónů způsobených víry v úplavu za překážkou (tóny produkované větrem obtékajícím válec nebo drát). Zavedl podobnostní číslo, které bylo později pojmenováno po něm – Strouhalovo číslo – a je obvykle označováno *Sr*. Jeho nejslavnější období je spojené s výstavbou Fyzikálního ústavu UK. V té době také vydal řadu učebnic experimentální fyziky, včetně díla „Akustika“ (1902). V letech 1903 až 1904 byl rektorem univerzity.

Po první světové válce se akustika nikde systematicky nevyučovala ani nestudovala. Jedinou výjimkou ve dvacátých letech byly přednášky Václava Dolejška o hudební akustice. V. Dolejšek se však proslavil především svými pracemi na téma RTG spektroskopie [1]. Současně probíhaly výzkumné práce v Československém rozhlasu, které byly zaměřeny na oblast prostorové akustiky a záznamu. V Praze byla v rozhlasových laboratořích vybudována také první bezodrazová místnost [2].

V meziválečném období proběhlo první systematické měření hluku v pražských ulicích (1935–1937) pořádané Státním zdravotním ústavem. Měřilo se na dvaceti dopravně frekventovaných místech, a 19. listopadu 1937 dokonce městská rada vyhlásila den ticha, jehož výsledkem bylo snížení hluku o 5–8 fónů [3].

Z hlediska akademického přístupu k akustice nelze nezmínit prof. Josefa Bartoloměje Slavíka (1900–1964). Narodil se českým rodičům v Bulharsku a do Československa se přestěhoval až po absolvování střední školy ve 20. letech 20. století. V roce 1927 získal titul inženýra na strojní a elektrotechnické fakultě ČVUT v Praze. V roce 1928 se stal odborným asistentem na Ústavu elektrotechniky. Později vystudoval fyziku na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy a v roce 1936 získal titul doktor přírodních věd. V té době se již plně věnoval akustice, zaměřil se především na prostorovou akustiku a ozvučení kin

a stadionů. Předválečné aktivity ukončilo uzavření vysokých škol v době druhé světové války. Nicméně v té době vyšla jeho první kniha s názvem „Akustika kinematografu“, která pak byla po mnoho let jedinou českou učebnicí akustiky.

Po skončení druhé světové války se prof. Slavík aktivně zapojil do obnovy českého vysokého školství. Byl u založení Fakulty elektrotechnické ČVUT v Praze v roce 1950, která vznikla rozdělením Fakulty strojního a elektrotechnického inženýrství na dvě samostatné fakulty. Prof. Slavík zde založil katedru fyziky, na kterou přenesl všechn akustický výzkum tehdy prováděný na ČVUT. Katedru vedl až do své náhlé smrti při přednášce v květnu 1964. J. B. Slavík ovlivnil celou generaci akustiků, jeho studenty a asistenty byli např. Jiří Tichý (1927–2019), Oldřich Taraba (1922–2007), Felix Kolmer (1922–2022), Oldřich Zadražil (1930–2006), Věra Chalupová (1934–1997) nebo Jan Kozák (1937–2017). Katedra fyziky je dodnes předním výzkumným pracovištěm v oboru akustiky v České republice. Od dob prof. Slavíka zde probíhal výzkum v oblastech prostorové akustiky, fyzikální akustiky a snižování hluku a vibrací, významná byla také ultrazvuková skupina vedená prof. Tarabou.

Pokračovatelem prof. Slavíka se měl stát Jiří Tichý, který však v roce 1969 emigroval do Spojených států, kde po mnoho let vedl Graduate Program in Acoustics na Pennsylvania State University. Za jeho působení se tato laboratoř stala největším akustickým výzkumným centrem na světě. Jeho práce se zprvu zaměřovaly na prostorovou akustiku a fyzikální akustiku. V Americe se pak zaměřil na nová měření v akustice, kam patřilo měření akustické intenzity nebo akustická holografie. Významné byly i jeho práce v oblasti aktivního snižování hluku a vibrací.

V oblasti elektroakustiky nelze opomenout prof. Josefa Merhauta (1917 až 2004), který začal studovat před druhou světovou válkou, ale dostudovat mohl až po ní. Po studiích nastoupil do nově založené společnosti TESLA, kde byl zodpovědný za vývoj elektroakustických měničů. V roce 1964 byl jmenován profesorem a přešel na ČVUT, kde založil katedru elektroakustiky a později katedru radioelektroniky. Na konci šedesátých let navrhl a zkonstruoval elektrostatický tlakový reproduktor, jehož řešení vzbudilo celosvětovou pozornost. Jeho asistentem a nástupcem byl prof. Zdeněk Škvor (1935–2015), který byl rovněž vynikajícím odborníkem na elektroakustické měniče a byl vynálezcem řady patentů. Po sametové revoluci se prof. Škvor významně zasloužil o rozvoj doktorského studijního programu Akustika.

Po roce 1945 vznikaly státní výzkumné ústavy. Některé se zaměřovaly na „čistou“ vědu, ty byly sdruženy v Československé akademii věd (ČSAV), a jiné, oborové, se zaměřovaly na aplikovaný výzkum. Mezi nimi je třeba zmínit Výzkumný ústav zvukové, obrazové a reprodukční techniky (VÚZORT), který byl založen v roce 1945 a představoval významné centrum pro studium akustiky

a záznamové techniky po celé období komunismu. Dlouhá léta byl ředitelem ústavu prof. Felix Kolmer. Dalším podobným ústavem byl VÚRT (Výzkumný ústav rozhlasu a televize), založený na konci čtyřicátých let, kde se zaměřovali nejen na elektroakustiku, ale také na stavbu nahrávacích a televizních studií nebo syntézu hudebních nástrojů. Po demokratických změnách v roce 1989 byla většina institucí zaměřených na aplikovaný výzkum a vývoj privatizována a následně převedena na jiný typ společnosti nebo zanikla.

3 PRŮMYSL

Historie akustického průmyslu v bývalém Československu mezi světovými válkami souvisí především s rozvojem elektroakustiky vyplývající (podobně jako rozvoj slaboproudé elektrotechniky) z širšího zavedení telefonů a rozhlasového vysílání. Najdeme zde například značky jako Microphona bratří Knotků (založena 1926), která vyráběla především telefony, telefonní ústředny a později i rozhlasové přijímače (MK204 a MK205). Zejména v Čechách bylo také možné najít pobočky tehdy začínajících koncernů jako Blaupunkt (původně Ideal) nebo Siemens. Vše přerušila druhá světová válka, kdy část výrobců pohltily německé firmy a provozy přešly na válečnou výrobu. Například společnost Microphona vyráběla letecké navigační přístroje. Jedna z největších společností se jmenovala Elektra Praha a byla založena 18. ledna 1921 s výhradně českým kapitálem a prodána koncernu Philips v roce 1932. Tato společnost měla široký sortiment výroby – žárovky, elektronky a rádiová zařízení včetně vysílačů a přijímačů.

Po válce byly v rámci konsolidace průmyslu všechny velké průmyslové podniky znárodněny (podle Benešových dekretů). V případě elektrotechnického průmyslu byly původně samostatné podniky sloučeny pod národní podnik TESLA Strašnice, který vznikl 10. srpna 1946. Jednalo se celkem o 81 společností, a to buď znárodněné československé podniky, nebo častěji pobočky zahraničních (vesměš německých) koncernů (Philips, Siemens-Radio, Telefunken, Tungsram...). Pojmenování firmy po geniálním chorvatském inženýrovi Nikolovi Teslovi (1856–1943) dokumentuje snahu o sblížení a spolupráci všech slovanských národů. Oficiálně byla TESLA nástupkyní Elektry Praha, slavnostně však byla založena v sídle společnosti Microphona.

V období socialismu a plánovaného hospodářství TESLA zahrnovala veškerý vývoj a výrobu slaboproudé elektrotechniky. Výrobní závody byly rozmístěny po celém Československu. Součástí podniku byly i některé výzkumné ústavy zaměřené především na spotřební elektroniku a telekomunikace. Například TESLA Valašské Meziříčí, založená v roce 1954, byla zaměřena na vývoj a výrobu reproduktorů, reproduktorových soustav a sluchátek. Z hlediska elektroakustiky je třeba zmínit i Teslu Litovel, kde se vyráběly gramofony a později

CD přehrávače. Na Slovensku zmiňme například Teslu Vráble, kde se vyráběly zesilovače a zvukové systémy pro kina a divadla.

V roce 1989 TESLA n. p. zahrnovala celkem 32 výrobních závodů v celém Československu. Po společenských změnách v roce 1989 se jednotlivé části podniku osamostatnily a zprivatizovaly. Většina těchto podniků postupem času zanikla, protože po dlouhé době komunistického hospodářství nebyly schopné odolat konkurenci v novém tržním prostředí. Jako příklad uveďme ještě jednu Teslu Valašské Meziříčí, která byla v roce 1993 privatizována a přejmenována na TVM. V konkurenčním prostředí přežila až do roku 2010, kdy zmizela bez náhrady.

Abych zmínil alespoň něco pozitivního, tak v roce 1994 se do České republiky přestěhoval italský konstruktér reproduktorových soustav a koncových zesilovačů Roberto Barletta a o dva roky později založil společnost Xavian Electronic. Ta se od té doby rozrostla a stala se jedním z hlavních hráčů ve světě Hi-Fi.

4 PROFESNÍ SKUPINY A SPOLEČNOSTI

O sdružení odborníků v oboru akustiky v meziválečném období toho mnoho nevíme. Je nám známo, že existovaly spolky zaměřené na reprodukovanou hudbu, tedy gramofonové desky. Také ve 30. letech 20. století byla založena první Československá akustická společnost, o jejímž zaměření a členech (kromě prof. Slavíka) však nic nevíme [2]. Po druhé světové válce došlo k prudkému rozvoji elektroniky, která navazovala na válečnou výrobu. To vedlo k zakládání různých spolků. Po komunistickém převratu však bylo podezřelé každé sdružení, které nekontroloval komunistický stát. To se týkalo i akustiky a příbuzných oborů.

V roce 1951 vznikla ICA (International Commission for Acoustics), kde bylo Československo zastoupeno. Po vzoru této mezinárodní organizace byla v roce 1959 při ČSAV ustavena Akustická komise pro zastupování Československa na ICA. Prvním prezidentem se logicky stal prof. Slavík a po jeho smrti v roce 1964 jej vystřídal prof. Kolmer. Tato akustická komise rovněž zastupovala naši zemi ve Federation of Acoustical Societies of Europe (FASE 1971–1996), předchůdkyni EAA, kde bylo Československo zakládajícím členem.

O rok později, v roce 1960, byla založena (státem řízená) Československá vědeckotechnická společnost, která zahrnovala řadu profesních sdružení a komisí. Jednou z nich byla Komise pro techniku prostředí, jejíž součástí byla i odborná skupina Hluk a environmentální akustika. Mezi zakladateli najdeme jména jako J. B. Slavík nebo Jiří Tichý, později se skupina rozšířila o lékaře zaměřené na hygienické aspekty (prof. J. Havránek) a sluch (prof. K. Sedláček) i elektroakustiku (prof. J. Merhaut) [4]. Do této skupiny patřili nejen pedagogové z vysokých škol, ale i výzkumní pracovníci ze státních výzkumných

ústavů. Členové této skupiny uspořádali s podporou Akustické komise v roce 1961 první mezinárodní akustickou konferenci. Těch se následně uskutečnilo celkem třicet. Hlavním počinem této skupiny bylo pořádání akustických seminářů, které se od roku 1964 konaly dvakrát ročně (s výjimkou let velkých mezinárodních kongresů v ČR a pandemie covidu) [5, 6]. Tradici těchto seminářů převzala Československá akustická společnost a po rozdělení republiky Česká akustická společnost a dodnes jich bylo zorganizováno 104.

Vznik standardní akustické společnosti souvisel s uvolněním politické situace v zemi na konci osmdesátých let. Přípravy na založení Československé akustické společnosti probíhaly již na podzim 1989 (před listopadem), ale první setkání se konalo 3. dubna 1990 za účasti 119 akustiků z Čech, Moravy a Slovenska. Společnost oficiálně zahájila svou činnost po první valné hromadě, která se konala 11. prosince 1990 na ČVUT v Praze. Přítomní zvolili prvním předsedou Dr. Pavla Urbana (1930–2021), který vedl společnost až do rozdělení republiky. Společnost se stejně jako republika rozdělila 1. ledna 1993 na českou a slovenskou část a prvním prezidentem České akustické společnosti se stal prof. Zdeněk Škvor.

Při výčtu skupin zaměřených na akustiku nelze opomenout Odbornou skupinu 09-Akustika při Fyzikálně vědecké sekci Jednoty československých matematiků a fyziků, která byla založena v roce 1974 [7]. Vůdčí osobností byl Jiří Wagner z VÚZORTu, avšak ve výboru skupiny najdeme další významná jména především české akustiky. Hlavním úkolem bylo pořádání specializovaných akustických seminářů, kterých bylo více než šedesát.

Na závěr připomeňme, že v České republice existují i další společnosti, které akustiku zahrnují. Velmi aktivní je například Česká společnost pro nedestruktivní testování, která mimo jiné sdružuje odborníky v oblasti ultrazvukových a akustických emisí. Od devadesátých let máme také českou sekci Audio Engineering Society. Členské základny jednotlivých společností se pochopitelně značně překrývají.

5 ZÁVĚR

Tento článek je pokusem o shrnutí vývoje akustiky v českých zemích. Snaží se prezentovat vývoj jak v lokálním politickém kontextu, tak v globálním měřítku. Autor není historik, a také proto pro něj nebylo snadné dohledat všechny potřebné informace. Je tedy pravděpodobné, že některé důležité události nebo osoby byly opomenuty, za což se omlouvám.

PODĚKOVÁNÍ

Tato práce byla podpořena projektem ČVUT č. SGS22/160/OHK3/3T/13 Akustická měření a aplikace.

REFERENCE

- [1] Rozsival, M.: Václav Dolejšek /1895–1945/, *Vesmír*, 74(6), 334, 1995.
- [2] Slavík, J. B.: Vývoj akustiky v našich zemích, *Pokroky matematiky, fyziky a astronomie*, 2(4), 466–470, 1957.
- [3] Zelený, F.: Hlukové poměry hlavního města Prahy, *Pokroky matematiky, fyziky a astronomie*, 1(5–6), 671–691, 1956.
- [4] Ransdorf, J., Chalupová, V.: Historie vzniku a rozvoje akustiky v Československu, *Bulletin Československé akustické společnosti*, 1, 5–7, 1990.
- [5] Urban, P.: Akustické semináře – historie jedné české profesionální skupiny, *Akustické listy*, 8(1), 3–5, 2002.
- [6] Urban, P.: Akustické semináře – pohled do jejich historie, *Sborník 80. akustického semináře*, 2010.
- [7] Vokurka, K.: Příspěvek k historii Odborné skupiny Akustika, *Československý časopis pro fyziku*, 67(2), 119, 2017.



Změny v přístupu k posuzování a návrhu protihlukových opatření

Radek Kropelnický

Ředitelství silnic a dálnic s. p., Na Pankráci 56, 140 00 Praha 4

radek.kropelnicky@rsd.cz

Abstract The Road and Motorway Directorate as a major investor in transport constructions in the Czech Republic is also one of the largest investors in noise protection measures. If it encounters inaccuracies or uncertainties in project preparation or tenders, it is indirectly also its task to set the record straight or to lay down specifications. The article focuses on the ongoing update of standards and technical regulations in the field of noise protection measures and their use in project preparation.

1 ÚVOD

Hluková zátěž a snižování hluku pomocí různých typů protihlukových opatření je dlouhodobě řešená problematika investorů z různých oborů činností. Ředitelství silnic a dálnic s. p. se problematice hlukové zátěže věnuje jak v rámci přípravy nových staveb, tak i v rámci provozu již realizovaných komunikací. Tento příspěvek se bude zabývat normami spojenými s požadavky na zařízení pro snížení hluku ze silniční dopravy, zejména pro případy protihlukových stěn.

2 AKTUÁLNÍ TVORBA NOREM A PŘEDPISŮ

Charakteristiky akustických i neakustických vlastností protihlukových stěn (dále jen „PHS“) jsou detailně řešeny evropskými normami, které jsou přejímány do soustavy českých norem ČSN.

Evropskými normami se zabývá *Evropský výbor pro normalizaci* (CEN), v rámci něhož působí technické komise a podřízené pracovní skupiny. V technické komisi *Silniční zařízení* (TC 226) je ustanovena pracovní skupina *Zařízení pro snížení hluku* (WG 6). Zmíněná pracovní skupina (CEN / TC 226 / WG 6) se zabývá aktualizací 12 norem a přípravou nových norem [1].

Z požadavků evropských norem následně čerpají technické podmínky *TP 104 Protihlukové clony pozemních komunikací* popisující požadavky pro projektanty PHS a technické kvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací, kapitola 25 *TKP 25*

Protihlukové clony stanovující technické detaily pro výběr zhotovitele PHS. Obě jsou vydávány Ministerstvem dopravy.

2.1 Evropské normy a jejich aktualizace

2.1.1 Aktualizace stávajících norem

V rámci pracovní skupiny CEN / TC 226 / WG 6 dochází v posledních několika letech ke snaze aktualizovat produktovou normu EN 14388, jejíž revize je nutná zejména ve vztahu k certifikaci výrobků – prohlášení o vlastnostech (označení CE). Certifikace výrobků se provádí použitím tzv. harmonizované normy. V případě EN 14388 byla poslední harmonizovaná verze z roku 2005. Ta je dnes v mnoha ohledech překonána (odkazuje se na již zastaralé metody měření, respektive neaktuální verze norem) a již několik let probíhá prozatím neúspěšná snaha provést takovou aktualizaci normy EN 14388, aby mohlo dojít zároveň k její harmonizaci. Stávající připravovaná aktualizace EN 14388 měla splňovat všechny zejména právní náležitosti, aby mohlo konečně k její harmonizaci dojít. V loňském roce však došlo na úrovni Evropské komise ke změně postupů, jež by vedly k harmonizaci normy.

Aktuálně nastavené procesy odkládají reálnou harmonizaci normy EN 14388 cca do roku 2030. Je otázkou, zda bude možné celý proces urychlit.

V rámci aktualizace norem souvisejících s EN 14388 dochází k probíhajícím úpravám norem řady EN 1793 pro akustické charakteristiky, řady EN 1794 pro neakustické charakteristiky a řady EN 14389 týkající se životnosti. Ruší se norma EN 1794-3 a její znění se přesouvá do EN 1794-2. Zároveň dochází ke sloučení norem EN 14389-1 a EN 14389-2 do jediné normy EN 14389 (pro tuto normu je v době zpracování článku připraven k uveřejnění překlad do češtiny). Předpoklad vydání konečných verzí norem je postupně v průběhu roku 2024.

2.1.2 Nová evropská norma

Novou normou je norma EN 17383, která se zabývá udržitelností výrobků. Vychází z obecné normy pro udržitelnost EN 15804. Bude obsahovat indikátory hodnocení vlivu na životní prostředí a definici environmentálního prohlášení o produktu (EPD) pro zařízení pro snížení hluku. Stanoví parametry pro výrobce pro modul A (výrobní proces) a modul C (konec používání), které vychází z normy EN 15804.

2.2 České předpisy a jejich úprava

V návaznosti na aktualizaci evropských norem, ale i v reakci na zkušenosti z výběrových řízení iniciuje Ředitelství silnic a dálnic s. p. úpravu národních předpisů. V loňském roce probíhala aktualizace *TP 104 Protihlukové clony pozemních komunikací* a *TKP 25 Protihlukové clony*. Dále byla vydána aktualizace *TP 170 Navrhování vozovek pozemních komunikací*.

2.2.1 Revize TKP 25

Poslední revize *TKP 25 Protihlukové clony* byla z roku 2009 a s ohledem na vývoj na trhu s materiály a zkušenosti z výběrových řízení došlo v roce 2023 k jejich aktualizaci. Nová verze byla přejmenována na *TKP 25 Protihlukové clony a další opatření* [2], protože se věnuje i materiálovým charakteristikám oken měněných v rámci snižování hlukové zátěže v chráněných vnitřních prostorech staveb, a je účinná od 1. 4. 2024. Hlavní myšlenkou nové verze je vyloučení specifikace konkrétních materiálů nosných panelů PHS v projektových a zadávacích dokumentacích, a to s ohledem na předcházení diskriminace uchazečů ve výběrových řízeních. Snahou Ředitelství silnic a dálnic s. p. je zadávat PHS do výběrových řízení ideálně parametricky, pokud není k dispozici architektonická studie, která by stanovila konkrétní materiál nosných panelů PHS.

2.2.2 Revize TP 104

Poslední revize *TP 104 Protihlukové clony pozemních komunikací* byla z roku 2016 a s ohledem na aktualizaci *TKP 25 Protihlukové clony a další opatření* a některých norem (zejména EN 1793-1 a EN 1793-2) bylo nutné provést jejich úměrné úpravy. V rámci těchto úprav bylo zrušeno dlouholeté užívání kategorií A s intervaly pro stanovení zvukové pohltivosti (A_0 – A_5) a kategorií B s intervaly pro stanovení vzduchové neprůzvučnosti (B_0 – B_4). Kategorie byly nahrazeny jednočíselnými hodnotami $DL_{\alpha, \text{NRD}}$ a DL_R . Aby uvedené označení bylo běžnou součástí parametrů PHS v hlukových studiích a následně v projektové přípravě, dochází k příslušné úpravě v textu TP 104. Schvalování aktualizované verze *TP 104 Zařízení pro snižování hluku pozemních komunikací* [3] probíhá na Ministerstvu dopravy ČR a lze ji očekávat v průběhu roku 2024.

2.2.3 Revize TP 170

Aktualizace *TP 170 Navrhování vozovek pozemních komunikací* [4] je účinná od 1. 3. 2024 a dochází v ní k upřesnění návrhových parametrů konstrukčních vrstev vozovek.

3 DŮSLEDKY AKTUALIZACÍ NOREM A PŘEDPISŮ

Z pohledu akustiky vedou úpravy výše uvedených norem a předpisů k následujícím důsledkům.

Je nutné opustit uvádění intervalů zvukové pohltivosti a vzduchové neprůzvučnosti PHS např. A_3/B_2 a dále používat pouze např. $DL_{\alpha, \text{NRD}} \geq 8 \text{ dB}$ (dle EN 1793-1) a $DL_R \geq 15 \text{ dB}$ (dle EN 1793-2). Zde je nutné poznamenat, že je důležité uvádět i normu, ke které se jednočíselná hodnota stanovuje. Normy EN 1793-5 a EN 1793-6 (které ovšem nejsou zahrnuty v rámci harmonizované normy EN 14388) uvádějí jednočíselné hodnoty zjišťované v přímém poli, tedy bez dozvuku v reálných podmínkách (in situ). Zároveň stanovují jiné veličiny DL_{RI} (odraz zvuku!) a DL_{SLG} . **NELZE přepočítávat mezi laboratorně stanovenými hodnotami (dle EN 1793-1**

a EN 1793-2) a hodnotami zjištěnými in situ (dle EN 1793-5 a EN 1793-6)! Je jisté, že v dohledné době bude tendence uveřejňovat v hlukových studiích i projektových dokumentacích (a výběrových řízeních) hodnoty stanovené v reálných podmínkách (in situ), a to zejména z důvodu přesnějšího zadání i z důvodu následné jednodušší kontroly účinnosti instalovaného výrobku (PHS) v místě realizace a dodržení požadavků objednatele.

Důsledkem aktualizace *TP 170 Navrhování vozovek pozemních komunikací* je možnost záměny povrchů SMA 11 za SMA 16, případně ACO 11 za ACO 16. Projektová příprava bude směřovat k využívání povrchů SMA 16, a to zejména v extravilánu s ohledem na nedostatek frakce kameniva 8/11. Všechny typy povrchů jsou uvedeny v Manuálu pro výpočet hluku z automobilové dopravy [5], kde povrchy SMA 11 a ACO 11 mají hodnotu koeficientu F_3 rovnu 1,0, kdežto povrchy SMA 16 a ACO 16 mají hodnotu F_3 rovnu 1,1. **Doporučuje se tedy při zpracování akustických studií uvažovat s povrchy SMA 16 a ACO 16.**

4 ZÁVĚR

Príspevek shrnul poslední aktualizace norem a předpisů ovlivňujících zpracování akustických studií pro účely projektové přípravy protihlukových opatření, ať již samostatných, nebo v rámci staveb komunikací. Zpracovatelé akustických studií by měli výše uvedené změny reflektovat ve zpracovávaných podkladech tak, aby nebyly v rozporu a odpovídaly aktuálním přístupům.

REFERENCE

- [1] Kropelnický, R.: *Zpráva gestora o činnosti pracovní skupiny CEN / TC 226 / WG 6*, 2023 a 2024.
- [2] Březina, J., Wilkonský, R.: *Technické kvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací, kapitola 25, Protihlukové clony a další opatření*, schváleno pod č.j. MD-10288/2024-940/2 ze dne 14. 3. 2024.
- [3] Březina, J., Wilkonský, R.: *TECHNICKÉ PODMÍNKY – TP 104 Zařízení pro snižování hluku pozemních komunikací*, verze 11/2023.
- [4] Zajíček, J. et kol.: *TECHNICKÉ PODMÍNKY – TP 170 Navrhování vozovek pozemních komunikací*, schváleno pod č.j. MD-6956/2024-940/2 ze dne 28. 2. 2024.
- [5] EKOLA group, spol. s r.o.: *Výpočet hluku z automobilové dopravy – aktualizace metodiky. Manuál 2018 – verze 2020*, schváleno Centrální komisí Ministerstva dopravy ČR pod č.j. 90/2019-910-UPR/3 ze dne 5. 2. 2019 a Ministerstvem zdravotnictví ČR pod č.j. MZDR 201516/2019-14/OVZ ze dne 30. 11. 2020.



Účinnost kolejnicových absorbérů

Lenka Vaňková a Pavel Kreuziger

Správa železnic, státní organizace
Dlážděná 1003/7, 110 00 Praha 1

VankovaL@spravazeleznic.cz

Abstract Rail dampers are already a commonly used measure to reduce noise from passing trains. However, there are still many doubts about their effectiveness. The subject of the contribution is a summary of the measurement results to date and recommendations regarding the optimal prediction of efficiency and the appropriate use of rail dampers.

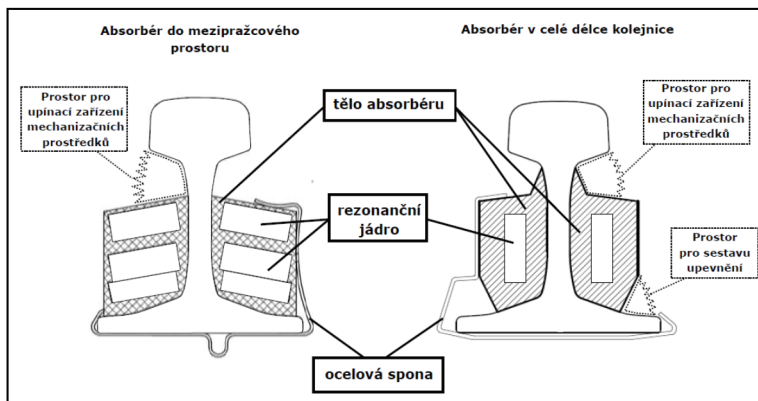
1 ÚVOD

Kolejnicové absorbéry představují technické opatření pro snížení hluku vznikajícího při průjezdu kolejových vozidel v důsledku styku kolo – kolejnice. Jedná se o pryžové (zpravidla s příměsí recyklátu) či polymerní bloky s ocelovým rezonančním jádrem, které se osazují z obou stran ke stojině kolejnice a na obou kolejnicových pásech (obrázek 1).

Z hlediska konstrukce existují dva základní typy kolejnicových absorbérů – typ umístěný průběžně v celé délce kolejnice a typ umístěný pouze v mezipražcovém prostoru (obrázek 1 a 2). Pro každý typ konstrukce platí rozdílné požadavky na rozměry těla absorbérů tak, aby nedocházelo ke kontaktu s jednotlivými prvky v uzlu upevnění a kolizím při nasazení běžné mechanizace pro údržbu železničního svršku. Například konstrukce průběžného absorbérů je dána omezením v oblasti upevnění kolejnice. To znamená menší tělo a menší hmotnost takového absorbérů. Naopak konstrukce absorbérů umístěného pouze do mezipražcového prostoru není oblastí upevnění striktně omezena. To znamená možnost rozměrnějšího těla absorbérů, a tím větší hmotnosti.

Princip snížení hluku spočívá ve snížení vibrační (dynamické) odezvy kolejnice (zejména stojiny kolejnice). Jejich účinnost tak závisí na stavu poježděné plochy kolejnice a stavu povrchu dvojkolí projíždějícího vlaku. Čím vyšší dynamické buzení na styku kolo – kolejnice vznikne, tím obtížnější je jeho tlumení za pomoci kolejnicových absorbérů. Nižší akustickou účinnost lze od absorbérů očekávat v případě,

pokud hluk projíždějícího vlaku z velké části nevzniká právě při odvalování kola po kolejnici, ale je způsoben hnacím agregátem na vozidle či vibracemi vycházejícími z vozové skříně vozu. Z tohoto důvodu vykazují kolejnicové absorbéry nejnižší účinnost při průjezdu nákladního vlaku. Naopak lepších výsledků je dosahováno u moderních vlaků osobní dopravy.



Obrázek 1. Příklad konstrukce kolejnicového absorberu



Obrázek 2. Příklad instalace mezipražcového kolejnicového absorberu (vlevo), příklad průběžného kolejnicového absorberu (vpravo)

2 ZÁKLADNÍ ZÁSADY POUŽITÍ KOLEJNICOVÝCH ABSORBÉRŮ

V kolejích Správy železnic je možné instalovat oba typy absorbérů, přičemž je preferován systém upevnění pouze ocelovými sponami, bez lepení, pro svoji snadnou montáž i demontáž a dlouhodobou stálost celé konstrukce, a tím stálou akustickou účinnost.

Účinnost kolejnicových absorbérů je omezena především technickým stavem železničního svršku. Kolejnicové absorbéry není vhodné dávat do stykové koleje,

bezстыkové koleje s vadami na pojížděné ploše (např. projeté svary), do koleje, kde je použito tuhé upevnění nebo kde je nízká traťová rychlost (40 km/h a méně, kdy se na celkové hladině hluku významně podílí trakce vozidla).

Optimální je absorbéry vkládat do koleje, jejíž technický stav se blíží ideálu. Primárně je vhodnější zlepšovat akustickou situaci modernizací železničního svršku, popřípadě náhradou již degradovaných součástí upevnění novými prvky (např. výměna pryžových podložek pod patu kolejnice) nebo přebroušením kolejnic. Pokud jsou možnosti snížení hluku v podobě obnovy železničního svršku vyčerpány, pak je vhodné kolejnicové absorbéry použít jako doplněk k souboru dalších aplikovaných protihlukových opatření.

Navrhování, instalace a údržba kolejnicových absorbérů je podrobněji řešena v metodickém pokynu Správy železnic SŽ S3/MP04.

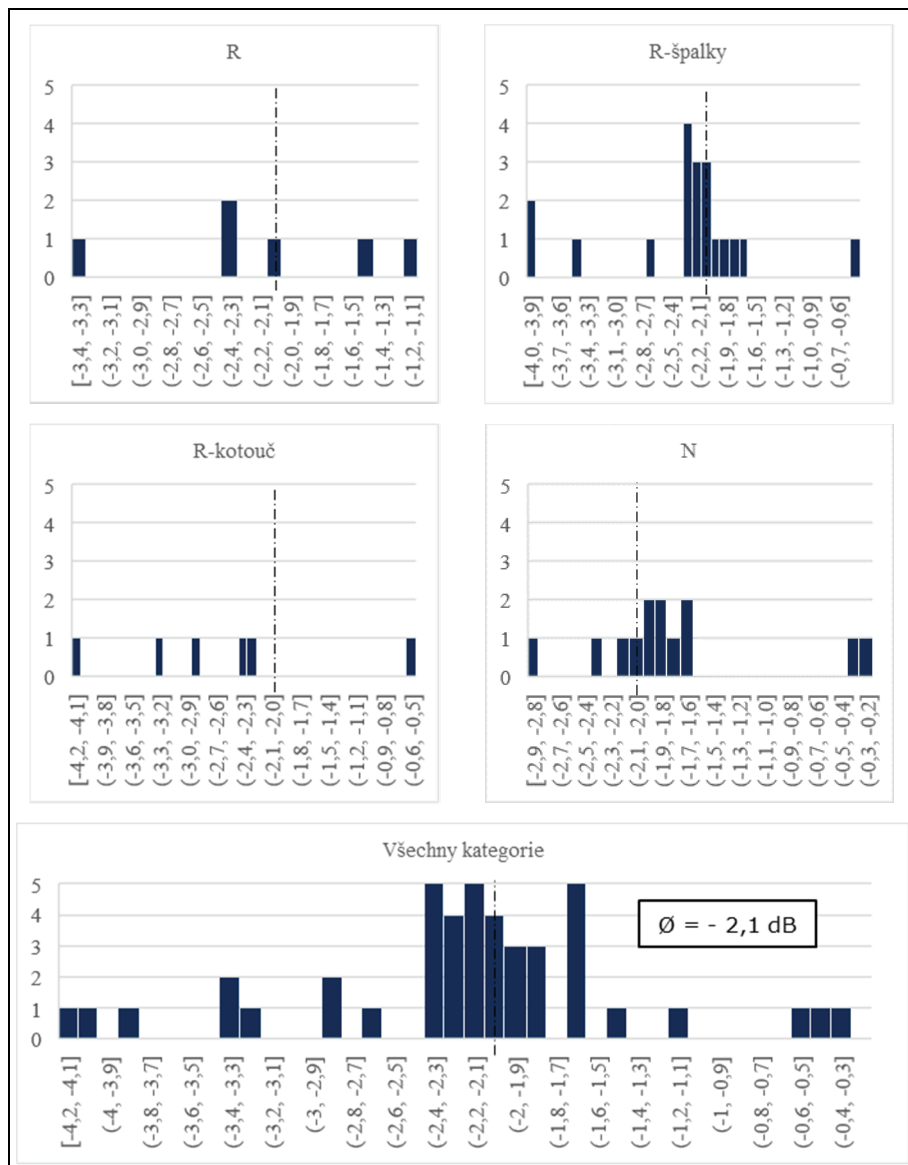
3 VÝSLEDKY DOSAVIDNÍ APLIKACE

První aplikace kolejnicových absorbérů byla realizována v roce 2009 v Poděbradech. Od té doby byly absorbéry použity v dalších deseti lokalitách v režimu provozního ověřování. V rámci provozního ověřování je sledována mj. účinnost kolejnicových absorbérů, kdy probíhá měření ekvivalentní hladiny akustického tlaku A před jejich instalací a po ní.

Jelikož však byly absorbéry instalovány především v lokalitách, kde vznikla potřeba snížení hluku, nebylo možné pro měření a zjištění účinnosti vždy zajistit optimální podmínky. Například nebylo možné zaznamenat stejné vlakové soupravy projíždějící stejnou rychlostí. Pro účely vzájemného porovnání naměřených dat tak byla hladina akustického tlaku A zjištěná během měření v dané lokalitě dopočítána pro referenční rychlost 80 km/h. Možná právě z důvodu nestejných podmínek měření nebyl výsledován jednoznačný rozdíl v účinnosti kolejnicových absorbérů pro jednotlivé kategorie vlaků. Navíc porovnání účinnosti, byť stejných absorbérů v jiné lokalitě s rozdílnými vlivy (jiné parametry tratě, jiné vlakové soupravy, jiná konfigurace okolí), zásadně komplikuje celé vyhodnocení.

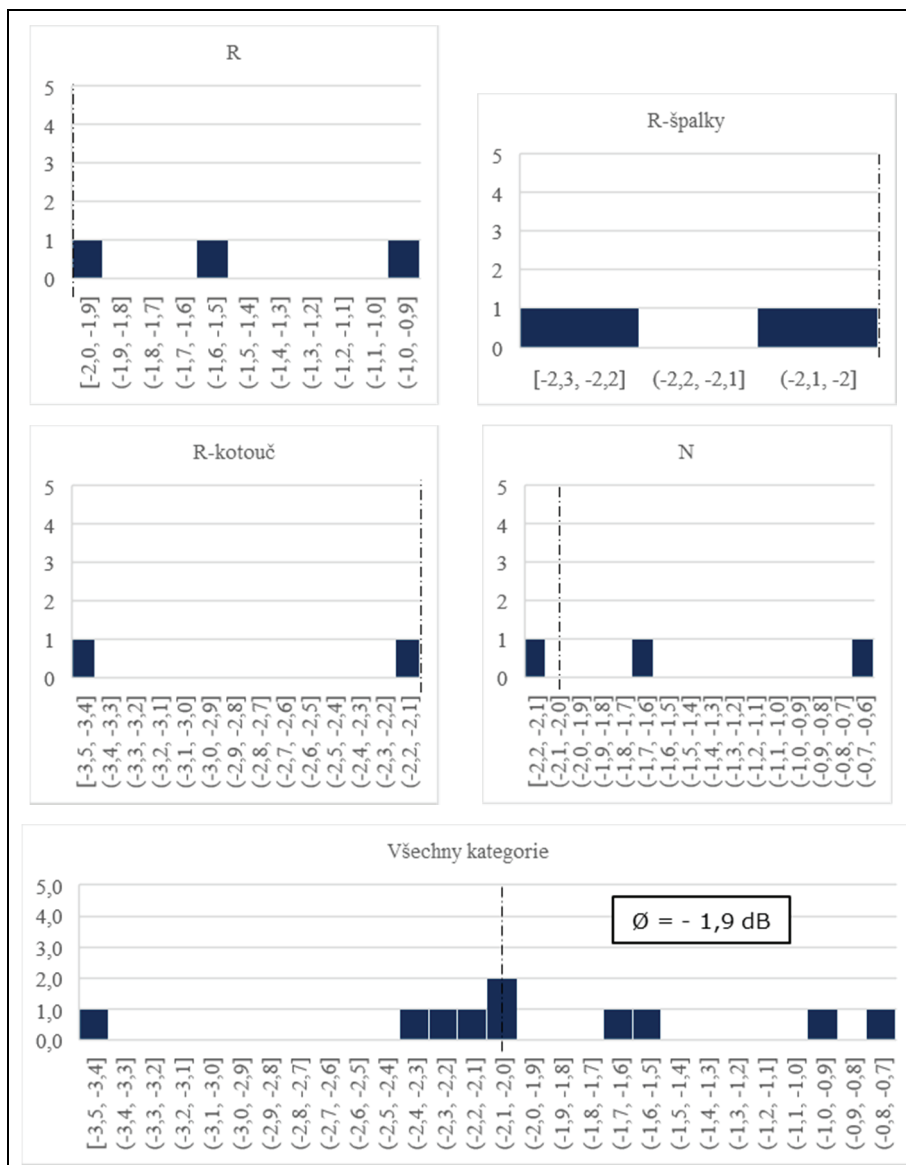
Na obrázcích 3 a 4 je pomocí histogramu znázorněna variabilita získaných dat o účinnosti kolejnicových absorbérů doposud vložených do kolejí v devíti lokalitách. Prezentována jsou data vztahující se k vlakům kategorie rychlík bez určení typu brzd (R), rychlík se špalkovými brzdami (R-špalky), rychlík s kotoučovými brzdami (R-kotouč) a nákladní vlak (N). Kategorie osobních vlaků není pro účely tohoto článku uvažována. Jednak u této kategorie nebyla zjevná korelace s žádnou hodnotou a jednak hluk z osobních vlaků ani nepřispívá významně k celkové hladině hluku způsobeného provozem železniční dopravy, takže související vlivy lze pro účely tohoto vyhodnocení obecně zanedbat. Data byla dále rozlišena zvlášť pro mezipražcový typ kolejnicového absorbérů a typ průběžný. Z hodnocených lokalit je průběžný typ instalován pouze ve třech traťových úsecích, zatímco typ mezipražcový v šesti traťových

úsecích. Pro přehlednější vzájemné porovnání dat je v grafech čerchovanou čarou vyznačena hodnota 2 dB.



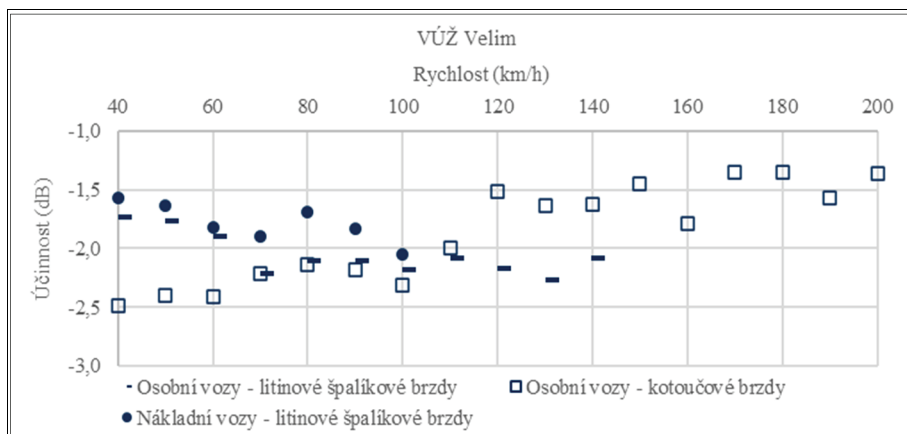
Obrázek 3. Účinnost mezipražcových absorbérů

Data zdánlivě potvrzují dlouhodobé předpoklady, že pro nákladní vlaky je účinnost kolejnicových absorbérů nižší než pro vlaky osobní.



Obrázek 4. Účinnost průběžných absorbérů

Avšak rozdíl není překvapivě nijak markantní. V případě nákladních vlaků se účinnost jeví lehce vyšší, než jaké byly původní předpoklady. Naopak u osobní dopravy je oproti očekávání výrazně nižší. Z hlediska typu absorberu se jejich účinnost s ohledem na omezené množství dat jeví srovnatelná.



Obrázek 5. Účinnost kolejnicových absorbérů v závislosti na rychlosti (mezipražcové)

Na obrázku 5 je dále znázorněn vliv účinnosti kolejnicových absorbérů v závislosti na rychlosti. Měření akustických emisí bylo provedeno na Zkušebním okruhu ve Velimi, kde bylo možné zajistit porovnatelné podmínky měření. Výsledky neprokázaly očekávané předpoklady, respektive ukazují na opačný trend, kdy v případě soupravy se špalíkovými brzdami účinnost absorbérů s rychlostí rostla, zatímco v případě soupravy s kotoučovými brzdami klesala, což má ovšem na celkové snížení hluku pozitivní dopad.

4 ZÁVĚR

Cílem příspěvku bylo prezentovat dostupná data ohledně účinnosti kolejnicových absorbérů. Jako optimální se při návrhu kolejnicových absorbérů jeví uvažovat jejich příspěvek ke snížení hluku ve výši 2 dB, bez rozlišení typu vlaku (a to s ohledem na postupnou modernizaci nákladních vozů). Kolejnicové absorbéry by tak měly být navrhovány až jako doplňkové opatření k souboru dalších protihlukových opatření, a to i z důvodu, že jejich použití přináší některá omezení pro provoz (např. zvýšení četnosti dohlédací činnosti).

REFERENCE

- [1] Správa železnic, státní organizace. SŽ S3/MP04 Navrhování, instalace a údržba kolejnicových a kolejových absorbérů, č. j. 86727/2020-SŽ-GŘ-O13 ze dne 18. 12. 2020 s účinností od 22. 12. 2020.
Dostupné z : https://www.spravazeleznic.cz/edap_szdc_download?guid=0462b811-ebc6-de18-e063-04b4630aa09d.