

## Hluk ze železniční dopravy – porovnání účinku pasivních protihlukových opatření

Příspěvek je zaměřen na problematiku hluku ze železniční dopravy. Úvodem jsou zmíněny hlavní zdroje hluku z tohoto druhu dopravy, spolu se shrnutím platné legislativy. Následuje vlastní metodika měření, doplněná o ukázky z měření v konkrétních lokalitách. V diskusní části příspěvku jsou změřená data statisticky vyhodnocena. V závěru jsou pak získaná data shrnuta a jsou vyslovena doporučení pro návrh i údržbu železniční infrastruktury.

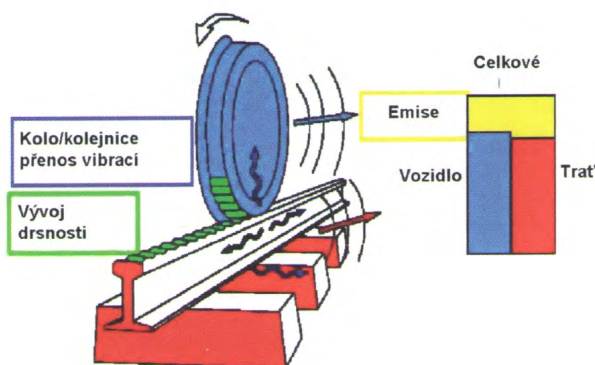
### ÚVOD

Hluk z dopravy patří mezi významné současné environmentální problémy. Příspěvek si klade za cíl seznámit aspoň rámcově čtenáře s problematikou hluku z dopravy železniční, kromě stručného přehledu a platné legislativy shrnuje úvodem také základní zdroje hluku emitované tímto druhem dopravy. Protože na železnici v podmínkách ČR je dominantním hlukem především hluk valení, který vzniká při styku kola a kolejnice, zabývá se právě tímto typem hluku projekt, jehož výsledky jsou v příspěvku uvedeny. Teoretická část je doplněná o ukázky z terénních měření, kdy byly vybrány dvě různé lokality a na kterých je také demonstrována účinnost realizace protihlukových stěn.

### ZDROJE HLUKU ZE ŽELEZNIČNÍ DOPRAVY

Železniční doprava se řadí mezi druhy dopravy environmentálně velmi šetrné, nicméně je významným producentem hlukových emisí. Mezi zdroje hluku z železniční dopravy řadíme hluk sběrače, aerodynamický hluk, hluk hnacího stroje a hluk valivý. Význam uvedených složek se mění s rychlostí jízdy železničních vozidel; s mírným zjednodušením lze konstatovat, že u rychlostí do 60 km/h převažuje hluk trakce (tzn. hluk vycházející z pohonných jednotek), v pásmu 60 až 160 km/h má dominantní vliv hluk valení a při rychlostech nad 160 km/h je nejvýznamnějším aerodynamický hluk. Mezi další dílčí složky hlukové zátěže se řadí kupř. hluk brzd, akustická sdělení rozhlasem, zvukové návěsti související s provozováním drážní dopravy apod. Význam uvedených složek tvořících celkovou hlukovou emisi je závislý na celé řadě faktorů, mimo jiné na způsobu vedení trasy a intenzitě provozu. Velkou roli hraje rychlost a druh trakce, často opomíjený je hluk, jehož zdrojem jsou rotující části podvozku železničních vozidel. Nezanedbatelný, byť mnohdy přeceňovaný, je podíl hlukových emisí plynoucích z použité konstrukce a technického stavu železničního svršku. Právě této problematice se věnuje projekt TAČR „Vliv opatření na infrastrukturu železniční dopravy na snížení vzniku a šíření hluku od jedoucích vlaků“. Vzhledem k traťovým rychlostem na železniční síti v ČR má nejvyšší význam hluk valení, na nějž je třeba se zaměřit i při snaze o snížení hlukové zátěže obyvatelstva v okolí železničních tratí.

Valivý hluk je vyvolán především stykem dotykové plochy kola s kolejnicí, dále pak vzniká ve všech místech v podvozku, kde se vlivem otáčení dvojkolí vyskytuje tření. Vznik, vývoj a přenos valivého hluku je zobrazen na obrázku 1 [1].



Obr. 1 – Valivý hluk, jeho vývoj, přenos a emise [1]

### LEGISLATIVNÍ RÁMEC ŽELEZNIČNÍHO HLUKU

Jednou z mnoha aktivit majících za cíl snížení hlukového zatížení obyvatel je definování jeho limitních hodnot. Na našem území byly limity součástí vyhlášky MZd č. 13/1977 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací z roku 1977. V roce 2000 byl přijat základní právní předpis v oblasti akustiky – zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, který nabyl účinnosti 1. ledna 2001. V návaznosti na tento zákon pak bylo přijato nařízení vlády č. 502/2000 Sb., které bylo několikrát novelizováno, naposledy v roce 2011, kdy bylo přijato nařízení vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. Tímto nařízením jsou stanoveny nejvyšší přípustné hygienické limity hluku v chráněném vnitřním prostoru staveb, chráněném venkovním prostoru staveb a chráněném venkovním prostoru.

V současné době probíhá mezirezortní připomínkové řízení návrhu věcného záměru zákona o ochraně veřejného zdraví před hlukem a řízení hluku v komunálním prostředí (zákon o hluku), který předložilo ministerstvo zdravotnictví. Tento zákon zcela nově zavádí hlukové zóny, které jsou vymezeny na základě míry zdravotního rizika. Pro hluk z dopravy jsou zóny vymezeny pro každý dopravní zdroj a vymezují se jak pro denní, tak také pro noční dobu.

### MĚŘENÍ HLUKU ZE ŽELEZNIČNÍ DOPRAVY A ZJIŠŤOVANÉ PARAMETRY

Zvuk je nedílnou součástí životního prostředí člověka, jehož prostřednictvím člověk získává důležitý podíl informací o okolním světě. Z fyzikálního hlediska je zvuk postupné podélné mechanické vlnění pružného prostředí, které vnímáme sluchem.

Hluk je pak definován, jako každý zvuk, který je nežádoucí, rušivý, obtěžující nebo lidskému zdraví jinak škodlivý.

Legislativně zavedeným deskriptorem pro hodnocení hluku v životním prostředí je ekvivalentní hladina akustického tlaku LAeq,T která se vždy vztahuje k určitému časovému intervalu. Tato veličina je definována jako hladina akustického tlaku zvuku ustáleného, který by měl v daném časovém intervalu energetický obsah stejný jako daný zvuk proměnný a tedy i předpokládané stejné škodlivé účinky.

Dalším deskriptorem, který je používán především tam, kde je hluk prostředí výsledkem řady identifikovatelných hlukových událostí (diskrétní hlukové události např. jednotlivé průjezdy vozidel daným úsekem, přelety letadel), deskriptor nazvaný hladina expozice zvuku LAE. Jedná se o tzv. sekundovou hladinu SEL (sound exposure level), kdy je naměřený akustický tlak hodnocený v libovolně dlouhém časovém intervalu vztahen na normovanou dobu T = 1 s, což umožňuje porovnávat jednotlivé události mezi sebou. Pokud známe hodnoty hladiny expozice zvuku jednotlivých událostí a jejich četnost, můžeme na základě definovaného vztahu určit ekvivalentní hladinu akustického tlaku v daném místě za zvolené časové období:

$$L_{AE} = 10 \log \left[ \frac{1}{t_0} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \right] \text{ [dB]}$$

Kde:  
 $p_A(t)$  okamžitý akustický tlak  $A$  zvukového signálu [dB]  
 $p_0$  referenční hodnota akustického tlaku ( $2 \cdot 10^{-5}$  Pa)  
 $T = t_2 - t_1$  časový interval [s], stanovený tak, aby obsahl  
 veškerý podstatný zvuk posuzované oblasti  
 $t_0$  referenční časový interval (1 s)  
 $L_{AEi}$  hladina expozice hluku  $i$ -té události  
 série  $n$  událostí za časovou periodu  $T$

V rámci projektu byla prováděna právě měření jednotlivých průjezdů vlaků, kdy byly měřeny hodnoty  $L_{AE}$ . Měření probíhala vždy současně na dvou místech vybrané trati s rozdílným stavem svršku nebo, jako v následujícím příkladě, se stejným stavem železničního svršku, ale s realizací a bez realizace protihlukové stěny.

Měření probíhala v souladu s normou ČSN EN ISO 3095 „Železniční aplikace – Akustika – Měření hluku vyzařovaného kolejovými vozidly“ ze září 2006. Měření probíhala synchronně třemi mikrofony, které byly od osy sledované koleje ve vzdálenosti 7,5 m a 25 m. Výška mikrofonů nad temenem nepřevyšované kolejnice dosahovala  $1,2 \pm 0,2$  m a  $3,5 \pm 0,2$  m pro vzdálenosti 7,5 m a  $3,5 \pm 0,2$  m pro vzdálenosti 25 m od osy koleje. Kromě naměřené hodnoty LAE byly zjišťovány další údaje, a to sestava a technický stav železničního svršku, druh trakce, celkový počet náprav, počet činných hnacích vozidel (HV) v soupravě a podíl ložených vozů u nákladních vlaků. Dále pak podíl vozů/náprav s kotoučovými brzdami u osobních vlaků, hmotnost a délka vlaku, jeho okamžitá rychlost a případná protihluková opatření (tlumicí bokovnice, protihluková stěna). Získaná data byla statisticky vyhodnocena. Řešitelé projektu sestavili pro vyhodnocování naměřených hodnot závislosti hladiny akustického tlaku na relevantních proměnných s využitím vícerozměrné regrese (v prvním kroku lineární, ve druhém nelineární), v němž nelineární regresní model umožnil vyjádřit faktor rychlosti pro konstrukční sestavy železničního svršku.

K prezentaci výsledků projektu v tomto článku byly pro svou názornost vybrány dvě lokality ležící na téže trati s železničním svrškem s pružným bezpodkladnicovým upevněním kolejnic W14 ve výborném technickém stavu (obr. 2).



Obr. 2 – Upevnění kolejnic v lokalitě Svojšovice [autoři]

Obě lokality uváděné měřicí kampaně leží v traťovém úseku Říčany – Strančice na IV. tranzitním koridoru. Vlastní měření probíhala nedaleko obce Otice (obr. 3), kde protihluková clona realizována není, a druhým měřicím místem byla lokalita v obci Svojšovice (obr. 4), kde protihluková clona zbudována je právě z důvodu průchodu trati urbanizovaným územím, jež přiléhá jednostranně k trati. Obě místa zvolená pro experimentální měření leží na témže traťovém úseku, a tak neměnné technické parametry vlaků umožňují co nejobektivnější porovnání hlukové zátěže z železničního provozu. Právě měření hlukové zátěže vždy od jednoho vlaku na dvou, parametry železničního svršku nebo existenci protihlukových opatření rozdílných úsecích, bylo nosnou myšlenkou a základním stavebním pilířem celého projektu. Probíhající závěrečná vyhodnocování dokazují, že zvolená cesta dvou měření byla správná a její pomocí je možné s vysokou mírou objektivity popsat vliv konstrukce a skutečného stavu opotřebení železničního svršku na velikost emisí hluku do bezprostředního okolí dráhy.



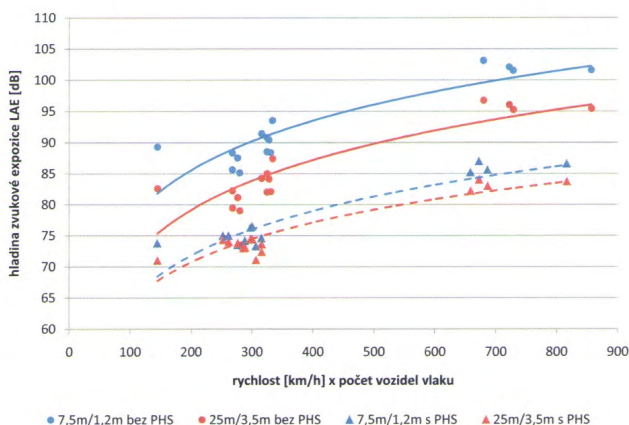
Obr. 3 – Otice [autoři]



Obr. 4 – Svojšovice [autoři]

Měřeny byly hladiny zvukové expozice jednotlivých průjezdů shodných vlakových souprav (probíhala simultánní měření). Okamžité rychlosti jízdy vlaků v měřeném profilu se pohybovaly v rozmezí 70 – 110 km/h, kromě jednoho vlaku byly všechny vedeny hnacím vozidlem elektrické traktice.

Následující graf (obr. 5) výsledky měření hladiny zvukové expozice na součinu rychlosti a počtu vozidel pro obě lokality shrnuje.



Obr. 5 – Závislost hladiny zvukové expozice na součinu rychlosti a počtu vozidel vlaku ze zvukoměrů umístěných ve vzdálenosti 7,5 a 25 m od osy koleje a výšce 1,2 a 3,5 m nad temenem kolejnice [autoři].

Z grafu je zřejmá účinnost protihlukové clony (v grafu značené jako PHS) a také je patrné, že útlum způsobený protihlukovou clonou (rozdíl hladin akustického tlaku v úseku bez clony vs. se clonou) ve vzdálenosti 25 m od osy vykazuje v porovnání se vzdáleností 7,5 m od osy koleje nižší hodnotu, což vyplývá z principu šíření zvukových vln („ohyb“ přes vrchol protihlukové clony).

## ZÁVĚR

V souladu se zásadami trvale udržitelného rozvoje je nutné klást důraz na využívání hromadné dopravy s upřednostňováním dopravy co možná nejšetrnější k životnímu prostředí. Proto i evropská dopravní politika má ve svých koncepcích rozvoj železniční dopravy. Modernizace a optimalizace železničních tratí, které v posledních letech probíhají i na našem území, s sebou nesou také snížení hluku a vibrací. Přesto však hluk ze železniční dopravy zůstává nadále jedním z mála jejích významných negativních vlivů na životní prostředí vyžadujících řešení.

Jedním z výstupů projektu, který se komplexně zabýval vlivem konstrukce železniční koleje a jejího vlivu na emise hluku, je srovnání jednotlivých typů upevnění. Lze konstatovat, že nejméně emisí

vzniká při jízdě na železničním svršku s pružným bezpodkladnicovým upevněním, kdy oproti běžnému tuhému upevnění dochází ke snížení emisí hluku o 3 až 6 dB. Snížení hlučnosti z provozu po železničních tratích se u modernizovaných úseků s pružným bezpodkladnicovým upevněním zvýrazní při průjezdu vozidel s moderními podvozky vybavenými kotoučovou brzdou. Měření jednoznačně prokázala, že investice výhradně do železniční dopravní infrastruktury musí být doplněna o investice do vozového parku. V opačném případě nedojde k maximálnímu možnému zhodnocení finančních prostředků vložených do modernizace železničních tratí, protože zastaralá vozidla (případně vozidla v technickém stavu na hranici provozovatelnosti) degradují maximální možný přínos.

Velmi diskutovanou problematikou je realizace protihlukových clon. Výstavba protihlukových clon podél železničních tratí se mnohdy setkává s odporem jak místních obyvatel, kteří místo do volné krajiny hledí na betonovou stěnu, tak také ze strany cestujících ve vlacích. Hodnoty uvedené v obr. 5 jsou důkazem, že zřízení protihlukových clon může přinést očekávaný efekt, tj. ochránit obyvatele před hlukem, který vzniká ze železniční dopravy. Vždy je však třeba zvážit, zda se realizací protihlukové clony docílí očekávaného efektu a jestli její vybudování nepřinese obyvatelům více negativ, než převáží přínos z vlastního snížení hlukové zátěže. Nejen s ohledem na hledisko estetické a ekonomické, ale i z pohledu bezpečnosti železničního provozu (protihlukové stěny vytvářejí v podstatě neproniknutelnou zeď vedenou rovnoběžně těsně podél vnějších kolejí, která se může stát pastí pro cestující v případě železniční nehody) by mělo být vždy důkladně zváženo, neexistují-li jiná řešení, než výstavba protihlukové clony, neboť ta má představovat až možnost poslední.

Příspěvek vznikl s podporou projektu TAČR TA01030087 – „Vliv opatření na infrastrukturu železniční dopravy na snížení vzniku a šíření hluku od jezdících vlaků“.

Ing. Martin Jacura, Ph.D.,  
doc. Ing. Kristýna Neubergová, Ph.D.,  
Ing. Libor Ládyš,  
Ing. David Vašica,  
ČVUT V Praze, Fakulta dopravní,  
neubergova@fd.cvut.cz

Recenze: RNDr. Miloš Liberko

## LITERATURA:

- [1] HLAVÁČEK, Jan. Technické specifikace pro interoperabilitu subsystému „Hluk“. Vědeckotechnický sborník Českých drah [online]. 2004, 18, [cit. 2011-08-18]. Dostupný z WWW: <<http://www.cd.rail.cz/VTS/CLANKY/vts18/18cl09.pdf>>. ISSN 1214-9047.
- [2] NELSON, James. Wheel/Rail Notes Kontrol Manual : Transit Cooperative Research Program Report 23 [online]. Washington : National Academy Press, 1997 [cit. 2011-08-18]. Dostupné z WWW: <[http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/tcrp/tcrp\\_rpt\\_23.pdf](http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/tcrp/tcrp_rpt_23.pdf)>. ISBN 0309060605.

## Noise From the Railway Transportation – Comparison of the Effect of Passive Anti-noise Measures

The article is focused on the topic of noise in railway transportation. In the beginning, there are main noise sources mentioned from this type of transportation, along with a summary of valid legislation. It is followed by a measuring method itself, completed with examples of the measurements in specific locations. In the discussion part, the measured data are statistically evaluated. Toward the end, the obtained data are summarised and recommendations for planning and maintenance of railway infrastructure are given.