

Problematika hluku ze železniční dopravy



Doc. Ing. Kristýna Neubergová, Ph.D.

Od roku 1998 působí na Fakultě dopravní ČVUT v Praze, v Ústavu dopravních systémů, kde se zabývá problematikou dopravy a životního prostředí. Kromě výuky odborných předmětů (např.: Ekologie, Doprava a životní prostředí, Udržitelná doprava, Posuzování dopravních staveb apod.) a vedení studentského projektu Doprava a životní prostředí se podílí na řešení celé řady grantů, mimo již zmíněných, s jejichž podporou tento článek vznikl, je to například projekt FR – T12/601 Systém analýzy a vizualizace hlukových polí.

E-mail: neubergova@fd.cvut.cz

Příspěvek se zabývá hlukem ze železniční dopravy a možnostmi jeho eliminace. Úvodem jsou shrnuty základní zdroje hluku ze železniční dopravy a vlivy, kterými jsou ovlivněny. V následující části jsou pak uvedena protihluková opatření pasivní i aktivní, jejich účinnost a možnosti jejich aplikace. V závěru jsou jednotlivá protihluková opatření porovnávána na pozadí evropského projektu STAIRRS a jsou konstatována doporučení ve vztahu k železničnímu hluku.

Železniční doprava je dopravou environmentálně šetrnou, přesto je však významným producentem hlukových emisí. Hlukové mapování, které bylo v roce 2007 prováděno na základě směrnice 2002/49/ES, ukázalo, že 40 % evropské populace je vystaveno takové míře hluku, která může způsobit škody na zdraví. Hlukem z železniční dopravy přesahujícím 55 dB je vystaveno přes 10 milionů obyvatel Evropské unie. Probíhající rekonstrukce a modernizace železničních tratí s sebou jako vedlejší efekt přináší snížení hluku. Přesto je však třeba k problematice železničního hluku přistupovat komplexně a navrhovat vhodná eliminační opatření.

Zdroje hluku ze železniční dopravy

Mezi zdroje hluku z železniční dopravy řadíme hluk sběrače, aerodynamický hluk, hluk hnacího stroje a hluk valivý. Dále pak vzniká ještě lokální dopravní hluk vyvolaný hlukem brzd, místním

▼ Obr. 1. Typy hluku z železniční dopravy [4]



rozhlaselem, zabezpečovacím zařízením apod. Jednotlivé typy hluku jsou znázorněny na následujícím obr. 1 [4].

Hlukové emise jsou ovlivňovány celou řadou faktorů, především pak způsobem vedení trasy, druhem trakce, rychlostí vlaků, konstrukcí a technickým stavem železničního svršku a vozidel a intenzitou provozu. Dále je pak šíření hluku závislé na klimatických podmínkách, konfiguraci okolního terénu a druhu jeho povrchu.

Významným faktorem určujícím převažující typ hluku je právě rychlost. Obecně platí, že při nízkých rychlostech bude dominantní hluk hnacího vozidla, jako například hluk ventilátorů apod., zatímco při středních rychlostech se již projeví hluk valivý. U rychlostí vyšších pak nastupuje hluk aerodynamický. Každý z těchto hluků roste v závislosti na rychlosti jinak. Závislost hodnot akustického tlaku na rychlosti a zdroje hlukových emisí a jejich podíl na celkovém hluku zobrazuje graf na obr. 2 [1].

Při rychlostech nižších než 60 km/h dominuje hluk hnacího vozidla. Hladina akustického tlaku se s rychlostí nemění vůbec nebo jen málo a závislost je v rozsahu $(0-20) \cdot \log V$, kde V je rychlost vlaku v km/h. Ve středním rychlostním pásmu, pro rychlosti v rozmezí 60–200 km/h, dominuje hluk valivý, který je závislý na drsnosti povrchu kol i kolejnic, rychlostní závislost se pohybuje v rozmezí $(25-35) \cdot \log V$. Přesahuje-li rychlost 200 km/h, začíná být dominantní hluk aerodynamický, rychlostní závislost se pohybuje v rozmezí $(50-70) \cdot \log V$ [1].

Lze konstatovat, že zatímco hluk hnacího stroje je stejně jako hluk aerodynamický pro daný typ vlaku konstantní, hluk valivý nezávisí jen na vozidle, ale také na stavu kolejnice a jízdni plochy kola.

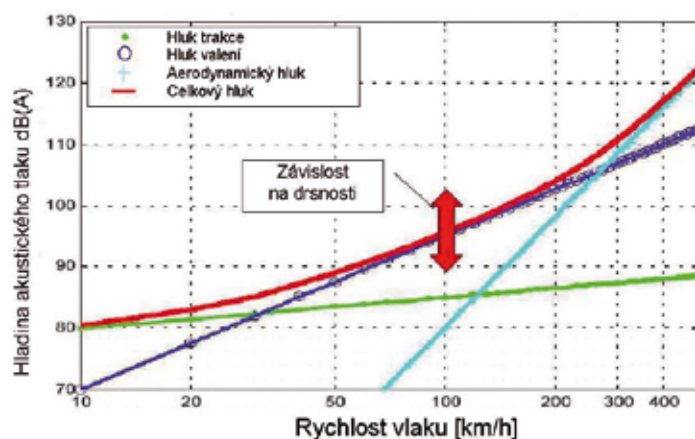
Vliv konstrukce a kvality železničního svršku je dalším významným faktorem. Hluk železničního vozidla se šíří nejen vzduchem, ale také přenosem přes kolo a kolejnici do konstrukce železničního svršku. Tento hluk lze kompenzovat vhodnou úpravou konstrukce tratě a její údržbou. Další vliv na tvorbu hluku mají nerovnosti kolejnice a vlnovitost.

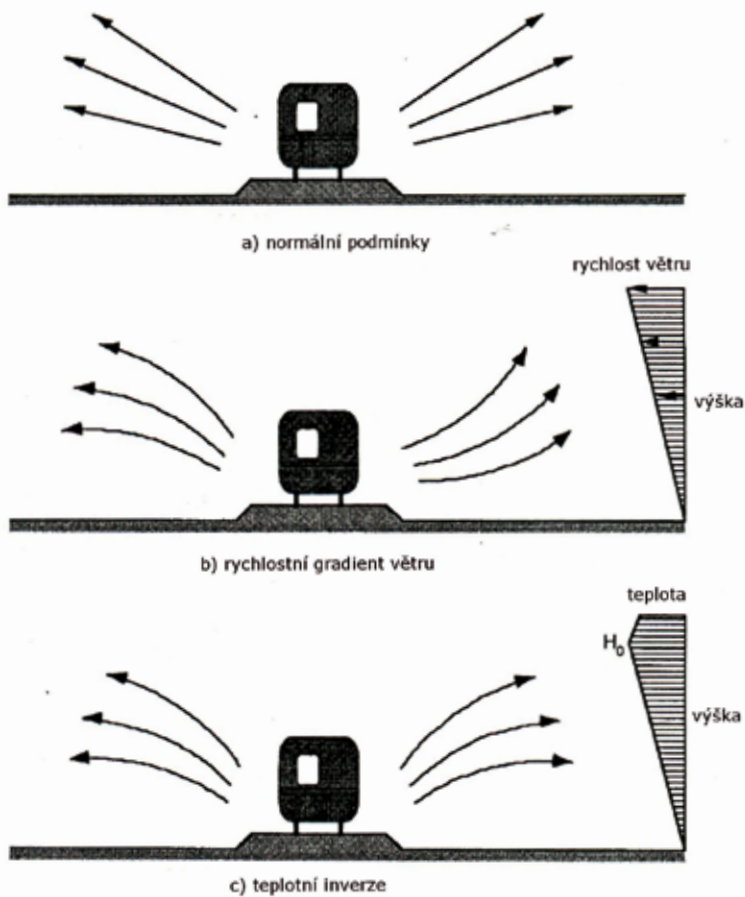
Vliv směrového vedení tratě se projevuje zejména v oblouku, kde dochází ke zvyšování hladiny hluku vlivem většího tření okolku železničních vozidel o hlavu kolejnice. Snížení této hladiny hluku lze dosáhnout například konstrukční úpravou podvozku nebo parametrů tratě (změnou převýšení v oblouku).

Určující je také vliv vzdálenosti od zdroje, kdy hladina hluku klesá úměrně se vzdáleností od zdroje hluku.

Podstatný vliv na šíření hluku do okolí má také okolní terén. Setkáváme se zde s pohlcováním zvukových vln terénem nebo okolní zástavbou, případně odrazy zvukových vln od překážek nebo od okolní zástavby. Nejvýznamněji se na šíření hluku projevují překážky v nejbližším okolí trati.

▼ Obr. 2. Zdroje hlukových emisí a jejich podíl na celkovém hluku [1]





▲ Obr. 3. Vliv klimatických podmínek na šíření hluku [5]

Při stanovení ekvivalentní hladiny hluku, tedy při zahrnutí delšího časového období, se projeví také počet vlakových souprav. Co se týká vlivu zvukových signálů, lze obecně říci, že tento druh hluku není pro stanovení ekvivalentní hladiny hluku rozhodující. Jedná se zpravidla o hluk s vysokou intenzitou (nesmí však překročit 140 dB), ale krátkým trváním, který lze díky náhodnému výskytu a velmi rozdílné frekvenci jen těžko postihnout.

Vliv počasí na úroveň hluku se výrazně projevuje až ve vzdálenostech od cca 100 m. Při vzdálenosti menší než 100 m se může projevit například absorpce sněhem, mohou se projevit také odrazy zvukových vln od různých vrstev vzduchu. Díky vlhkosti vzduchu se však zvuk může nést i dále než ve vzduchu suchém.

Na obr. 3 [5] je znázorněn vliv větru na šíření hluku a také vliv teploty. Vliv rychlosti větru na šíření hluku je zobrazen na obr. 3b. Běžně rychlost větru roste s výškou nad terénem. Šíří-li se hluk proti směru větru, jsou paprsky lomené nahoru. Při šíření po větru jsou naopak lomené dolů. Při šíření zvuku ve větru tak může docházet na jedné straně k jeho zeslabení u protivětru a naopak k nárůstu při šíření hluku po směru větru. Rychlost a směr větru tak mohou významně ovlivnit šíření zvuku i jeho očekávané hodnoty.

Vliv na šíření hluku má také teplotní gradient (obr. 3c). Při normálních klimatických podmínkách (za jasného odpoledne), kdy teplota s rostoucí výškou klesá, jsou zvukové vlny ohnuté směrem nahoru. Pokud však dojde k inverzi, kdy teplota s rostoucí výškou roste, je směr zvukových vln opačný a směřuje dolů.

Protihluková opatření

Aktivní protihluková opatření

Protihluková opatření lze rozdělit do dvou základních skupin, a to na opatření aktivní a opatření pasivní. Aktivní opatření lze tak obecně rozdělit na opatření urbanistická, architektonická, dopravně-orga-

nizační a technická. V železniční dopravě pak mezi opatření aktivní, tedy taková, která brání samotnému vzniku hluku, řadíme mimo jiné omezení rychlosti v určitém úseku, přesunutí určitých dopravních úkonů (např. posun nebo rozpouštění vozů na svážném pahrbku a sestavování souprav nebo výměna hnacího vozidla) na jinou denní dobu nebo do jiné stanice, redislokaci železničních vozidel či změnu jejich oběhu tak, aby v určitém kritickém úseku jezdila méně hlučná vozidla.

Opatření technická mohou být realizována buď přímo na kolejových vozidlech, nebo na železniční dopravní cestě. Kromě již zmiňovaných modernizačních patří k nejčastějším opatřením na železniční dopravní cestě broušení nebo frézování kolejnic, případně aplikace kolejnicových absorbérů hluku. Zatímco renovací trati s následující standardní údržbou je možné dosáhnout snížení hluku až o 10 dB, aplikací tlumičů kolejnic se snížení pohybuje v intervalu 1–4 dB a odstranění zvlnění broušením pak sníží hluk až o 20 dB [7]. Všechna zmiňovaná opatření vztahující se k dopravní infrastruktuře však mají na rozdíl od opatření na vozidlech pouze lokální působnost.

Technickým opatřením realizovaným na vozidlech je, kromě modernizace vozidlového parku a tlumičů kol, výměna litinových brzdových špalíků u nákladních vozů.

Právě valivý hluk z nákladní dopravy je významným zdrojem železničního hluku. Při brzdění dochází k tomu, že běžně užívané litinové brzdové špalíky zdrsní povrch kol i kolejnic. Řešením je používání brzdových špalíků z kompozitních materiálů, které umožní snížit valivý hluk až o 50 %. Přes nesporné klady přináší však výměna brzdových špalíků nemalé investiční náklady.

V současné době se využívají dva typy brzdových špalíků, a to typ K a typ LL. Právě špalíky typu LL byly vyvinuty speciálně pro dodatečné přestrojení vozů.

Zatímco aplikace tlumičů kol snižuje hluk o 1 až 4 dB, dodatečná montáž kompozitních brzdových špalíků pak sníží hluk o 8 až 10 dB [7]. Výhodou protihlukových opatření aplikovaných na vozidlech je jejich účinnost v celé síti, avšak pro dostatečný efekt je potřeba vyměnit brzdové zdrže na velkém množství vozů.

Pasivní protihluková opatření

Opatření pasivní jsou taková opatření, která omezují již vzniklý hluk. Typickým představitelem tohoto typu opatření je realizace protihlukových clon, především pak protihlukových stěn, případně zemních valů.

Historie budování protihlukových stěn sahá do poloviny 20. století, kdy ve Spojených státech vyrostly první stěny, chránící obyvatele před hlukem ze silniční dopravy.

Na území ČR došlo k rozvoji budování protihlukových stěn koncem 80. a počátkem 90. let 20. století, kdy narůstala doprava, především pak doprava automobilová, a spolu s ní rostly emise hluku do okolního prostředí a došlo také ke změně politicko-společenskému pohledu na ochranu životního prostředí a ochranu práv občanů.

Podél železničních tratí se protihlukové stěny začaly budovat v první polovině 90. let, a to v souvislosti s modernizací železničních tratí. K výraznému nárůstu pak došlo po roce 2005, a to proto, že bylo přijato nařízení vlády č. 148/2006 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, kterým byly stanoveny nejvyšší přípustné hygienické limity hluku v chráněném vnitřním prostoru staveb, chráněném venkovním prostoru staveb a chráněném venkovním prostoru.

První protihlukové stěny byly konstruovány jako samonosné monolitické stěny s většinou hladkým povrchem. Vizualní působení těchto stěn bylo často zanedbáno a stěny většinou nezapadaly do okolního prostředí. Postupem času začaly být na stěny kladeny také požadavky z hlediska jejich estetického a architektonického ztvár-



▲ Obr. 4. Železniční koridor z Rotterdamu do Německa, podél dálnice A15. Použity jsou zakřivené betonové panely doplněné v horní části transparentním materiálem [3] Řešení této protihlukové stěny je zajímavé z estetického hlediska avšak o její funkčnosti by se vzhledem k blízkosti dálnice, dalo pochybovat.



▲ Obr. 5. Zajímavá konstrukce protihlukových stěn z hlediska architektonického ztvárnění [3]



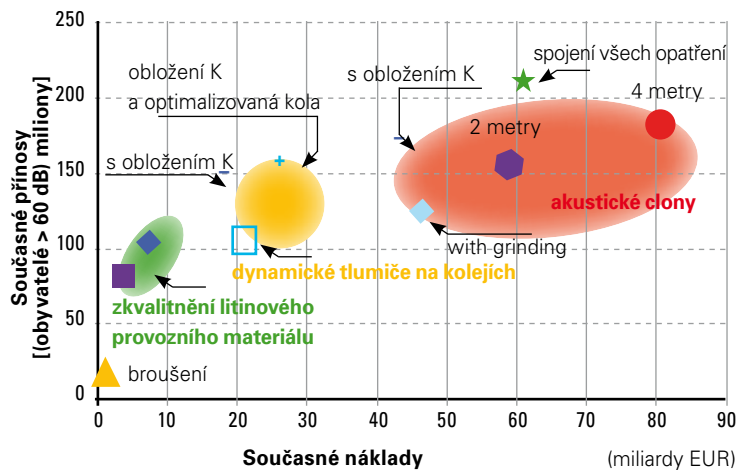
nění a začaly se budovat stěny členěné. Na základě akustických vlastností lze protihlukové stěny rozdělit do dvou skupin, a to na stěny pohltivé, jež svou konstrukcí pohlcují hluk, a stěny odrazivé, od nichž se hluk z větší části odráží. Zvláštní skupinu pak tvoří stěny reaktivní, což jsou stěny, které obsahují dutiny nebo rezonátory.

Konstrukce stěny a její vzhled je do značné míry determinován právě jejím akustickým působením. Zatímco stěny pohltivé i reaktivní jsou poměrně masivní, stěny odrazivé mají konstrukci lehčí a často bývají transparentní.

Při realizaci protihlukových stěn podél železničních tratí je třeba

dbát na celou řadu podmínek a konstrukčních požadavků, mezi něž patří:

- výška stěny;
- plošná hmotnost (nejméně 10 kg/m²);
- uzavřená plocha bez větších otvorů, mezer apod.;
- u dlouhých stěn musí být navrženy a realizovány únikové otvory;
- musí se respektovat uložení inženýrských sítí (případně je přeložit);
- v neposlední řadě je dbáno na architektonické řešení stěny.



▲ Obr. 6. Výsledky projektu STAIRRS [8]

Akustické i estetické působení protihlukových stěn je ovlivněno jejich tvarem a použitým materiálem. Mezi nejužívanější patří beton, dřevo, cihly, kov, akrylátové sklo a stále širší využití nalézají také recykláty. Přestože beton nabízí široké možnosti ztvárnění stěn, ať už z hlediska jejich formy, barvy nebo textury, velmi často bývají tyto klady především z finančních důvodů opomíjeny.

Následující obr. 4 [3] zachycuje zajímavá řešení protihlukových stěn podél železničních cest v zahraničí.

Největší nevýhodou pasivních protihlukových opatření je jejich lokální působnost. Účinnost protihlukových stěn je v závislosti na jejich výšce 5 až 15 dB a kromě lokální působnosti a značných investičních nákladů s sebou přináší další negativa. Zhoršují údržbu tratí i zásah integrovaných záchranných sborů v případě nehodové události ovlivňují okolní krajinu, snižují komfort cestujících stejně jako rezidentů žijících v okolí tratí.

Dalším pasivním opatřením je instalace zvukoizolačních oken, jejichž účinnost se, pouze jsou-li zavřená, pohybuje v rozmezí 10 až 30 dB.

Projekt STAIRRS

Snižování hluku ze železniční dopravy patří k prioritám dopravní politiky Evropské unie i jejích členských států, Českou republiku nevyjímaje. Protihlukovým opatřením na železničních tratích je věnována velká pozornost a probíhala celá řada projektů, která se danou problematikou zabývala.

Jedním z nejvýznamnějších pak byl tříletý projekt STAIRRS – Strategie and Tools to Assess and Implement Noise Reduction Measures for Railway Systems, který byl na půdě Evropské unie zahájen v roce 2000 [8]. Cílem tohoto projektu bylo zhodnocení efektivnosti různých opatření snižujících železniční hluk. V rámci projektu bylo provedeno srovnání efektivnosti protihlukových opatření prostřednictvím nákladů a dosaženého účinku u 21 evropských zemí. V grafu na obr. 6 [8] jsou zachyceny hlavní výsledky projektu STAIRRS. Tento graf znázorňuje, že používáním kompozitového brzdového obložení se ušetří významné částky ve srovnání s řešením výhradně na základě akustických clon. Z projektu také vyplynulo, že nejučinnější v boji proti hluku je kombinace různých protihlukových opatření. Mezi technické dopady projektu patří následující zjištění.

- Kompozitní brzdové špalíky pro nákladní kolejová vozidla mají nejvyšší účinnost (účinnost/náklady), ale neposkytují dostatečný přínos ke splnění budoucích cílů ke snížení hluku z železniční dopravy.
- Kdykoliv jsou hladká kola v kombinaci s jiným protihlukovým opatřením, protihlukový účinek se zvyšuje a náklady klesají.
- Největších přínosů je dosaženo kombinací K-bloků, optimalizovaných kol, železničních absorbérů, broušení kolejnic a protihlukové stěny ne vyšší než 2 m.
- Účinná jsou opatření proti valivému hluku na trati v kombinaci s opatřeními na kolejových vozidlech.
- Protihlukové stěny, především ty, které dosahují výšky až 4 m, nejsou efektivní.

Typ vlaku	Hluk z valivého pohybu (stykem kol s kolejnicemi)	Hnací mechanismus a pomocná zařízení	Hluk vytvářený aerodynamickými vlivy
Nákladní vlaky	velmi podstatný vliv	podstatný vliv	
Vysokorychlostní vlaky	velmi podstatný vliv	podstatný vliv	velmi podstatný vliv
Vlaky Intercity	velmi podstatný vliv	podstatný vliv	
Městské vlaky	velmi podstatný vliv	podstatný vliv	

▲ Tab. 1. Hlavní zdroje hluku pro čtyři typy vlaků [2]

- Náklady na izolační protihluková okna jsou vysoké.
- Snížení hluku samotného zdroje je účinnější než protihlukové stěny.

Kromě technických závěrů vyplynula z projektu také jasná fakta politická.

- Snížování hluku z železniční dopravy je nákladné. Finanční prostředky by měly být použity k realizaci efektivních opatření, i za cenu revize právních předpisů EU.
- Důraz by měl být kladen především na vozidla. Je třeba stanovit limity hladin hluku pro kolejová vozidla tak, aby tyto hodnoty byly realistické a ekonomicky dosažitelné.
- Snížení hluku provozními opatřeními, například snížením rychlosti, nejsou vhodná, protože snižují konkurenceschopnost železniční dopravy ve vztahu s dopravou silniční.

Závěr

Závěrem nezbývá než konstatovat, že dopravní hluk je sice nedílnou součástí našeho životního prostředí, je však třeba se všemi dostupnými prostředky snažit o jeho snížení. Mluví-li se o negativních dopadech dopravy na prostředí i lidské zdraví, většinou je zcela právem zmiňována doprava silniční, přesto však nelze dopravu železniční opomíjet. Zejména v oblasti hlukové zátěže hraje nezanedbatelnou roli, byť v porovnání s emisemi hluku od dopravy silniční nepoměrně menší. Také ze vzájemného porovnání hluku z hlediska jeho vnímání vychází hluk z dopravy železniční lépe než z dopravy silniční. Kontinuální hluk ze silniční dopravy působí rušivěji než jednotlivé průjezdy vlaků. Následující tabulka 1 [2] shrnuje závažnost jednotlivých typů hluku v závislosti na typu vlaku.

Z tabulky 1 je patrné, že největším problémem z hlediska hlukových emisí pro rychlosti do 200 km/h je právě hluk valivý, kterému je třeba věnovat prvořadou pozornost a na jehož snížení má podstatný vliv právě používání kompozitních brzdových špalíků. Přestože mnohé výzkumy i praktické zkušenosti jasně ukazují, že pouhá výstavba protihlukových stěn není vhodným řešením, jsou stále ve velké míře realizovány. Je třeba tento přístup přehodnotit, k řešení železničního hluku přistupovat komplexně a zaměřit se především na taková opatření, jejich působnost není pouze lokální.

Zpracováno za podpory projektu TA01030087 Vliv opatření na infrastrukturu železniční dopravy na snížení vzniku a šíření hluku od jedoucích vlaků a výzkumného záměru MSM 6840770043 Rozvoj metod návrhu a provozu dopravních sítí z hlediska jejich optimalizace.

Použitá 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>](http://www.cd rail.cz/VTS/CLANKY/vts18/18cl09.pdf). ISSN 1214-9047.
- [2] Hübner, Peter; Jäcker-Cüppers, Michael. Priority a strategie pro snížení hluku z železniční dopravy v Evropě: Návrh ze zprávy

shrnující postoj pracovní skupiny EU pro hluk z železniční dopravy. *Odis – Edice: Doprava a životní prostředí* [online]. 2004, 1, [cit. 2011-08-18]. Dostupný z [www: <http://edice.cd.cz/edice/Zivpro/DZP5_04.pdf>](http://edice.cd.cz/edice/Zivpro/DZP5_04.pdf).

- [3] Kotzen, Benz; English, Colin. *Environmental Noise Barriers: A Guide To Their Acoustic and Visual Design*. Second. London: Spon Press, 2009. 288 s. ISBN 978-0419231806.
- [4] Moehler, Udo, et al. The new German prediction model for railway noise “Schall 032006”: Potentials of the new calculation method for noise mitigation of planned rail traffic. In *Noise and Vibration Mitigation for Eail Transportation Systems: Proceedings of the 9th International Workshop on Railway Noise*. Munich, Germany: Munich, 2007. s. 187–192.
- [5] Nelson, James. *Wheel/Rail Notes Kontrol Manual: Transit Koooperative 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.
- [6] Neubergová, Kristýna: *Protihlukové clony – jejich ztvárnění a estetické působení*. *Silnice železnice*, 2010, 5, s. II–III. Dostupný také z [www: <http://www.silnice-zeleznice.cz/clanek/protihlukove-clony-jejich-ztvarneni-a-esteticke-pusobeni/>](http://www.silnice-zeleznice.cz/clanek/protihlukove-clony-jejich-ztvarneni-a-esteticke-pusobeni/). ISSN 0012-5520.
- [7] Oertli, Jakob; Hübner, Peter. Noise reduction in rail freight. In *A 2007 report on the state of art* [online]. Paris: UIC, 2008 [cit. 2011-08-30]. Dostupné z [www: <http://www.uic.org/IMG/pdf/UIC-FRET-GB.pdf>](http://www.uic.org/IMG/pdf/UIC-FRET-GB.pdf).
- [8] *Transport research knowledge centre* [online]. 2009 [cit. 2011-08-18]. METARAIL – Methodologies and Actions for Rail Noise and Vibration Control. Dostupné z [www: <http://www.transport-research.info/web/projects/project_details.cfm?id=514&backlink=%2Fweb%2Fcommon%2Fsearch.cfm&referer=searchstring*metarail|x*0|y*0>](http://www.transport-research.info/web/projects/project_details.cfm?id=514&backlink=%2Fweb%2Fcommon%2Fsearch.cfm&referer=searchstring*metarail|x*0|y*0).

english synopsis

The issue of noise from rail traffic

The paper deals with noise from rail transport and the possibilities of its elimination. Introduction summarizes the main sources of noise from rail transport and influences, which are affected. The following are given anti-noise measures, both passive and active, their effectiveness and possibilities of their applications. In conclusion, the various noise reduction measures compared to the background of the European project STAIRRS statement and recommendations in relation to railway noise.

klíčová slova:

železniční doprava, hluk, protihluková opatření, protihlukové stěny

keywords:

rail transport, noise, noise measures, noise barriers