

**STÁTNÍ ZDRAVOTNÍ ÚSTAV**  
**příspěvková organizace**  
100 42 Praha 10, Šrobárova 48

# **AUTORIZAČNÍ NÁVOD**

**AN 15/04**  
**Verze 5**

## **AUTORIZAČNÍ NÁVOD K HODNOCENÍ ZDRAVOTNÍHO RIZIKA EXPOZICE HLUKU**

Autorizační návody upravují způsob splnění  
Podmínek pro udělení autorizace podle zákona  
č. 258/2000 Sb., ve znění pozdějších předpisů

Říjen 2020

## Obsah:

1	ÚVOD.....	2
2	ZÁKLADNÍ POŽADAVKY NA AUTORIZOVANÉ HODNOCENÍ ZDRAVOTNÍCH RIZIK HLUKU .....	3
3	DOPORUČENÁ LITERATURA.....	6

## Seznam použitých zkratk

- ČSN - Česká norma (vydává Český normalizační institut)
- DALY- Disability-Adjusted Life Years – roky života vážené disabilitou
- ENG - Environmental Noise Guidelines for the European Region <sup>[44]</sup>
- EU - Evropská unie
- GPG - Good practice guide on noise exposure and potential health effects <sup>[18]</sup>.
- HRA - Health Risk Assessment – hodnocení zdravotních rizik
- ICHS - ischemická choroba srdeční
- PAF - Population Attributable Fraction – populační atributivní frakce
- WHO - World Health Organization – Světová zdravotnická organizace

## 1 Úvod

Cílem tohoto autorizačního návodu je sjednocení postupu při hodnocení a posuzování zdravotních rizik hlukové expozice obyvatel. Jsou zde uvedeny minimální požadavky, které musí splňovat protokol o autorizovaném hodnocení zdravotních rizik hluku. Dále se autorizační návod zaměřuje na základní doporučenou literaturu, kterou v současné době nelze opomenout jako informační zdroj při hodnocení zdravotních rizik hluku.

Hodnocení zdravotních rizik (Health Risk Assessment - HRA) vychází ze základních metodických postupů vypracovaných americkou Agenturou pro ochranu životního prostředí (US EPA). Tyto metodické postupy jsou sice primárně určeny k hodnocení rizika chemických látek z prostředí, ale principiálně je možné je využít i v případě hodnocení rizika fyzikálních faktorů prostředí. Obecný postup hodnocení zdravotního rizika sestává ze čtyř navazujících kroků: identifikace nebezpečnosti, charakterizace nebezpečnosti, hodnocení expozice a charakterizace rizika.

## **2 Základní požadavky na autorizované hodnocení zdravotních rizik hluku**

### **2.1 Obecné požadavky**

Při hodnocení zdravotních rizik jsou autorizované osoby povinny postupovat v rámci obecných pravidel metodiky HRA, na základě současného stavu poznání.

Při hodnocení autorizovaná osoba používá odborně správnou akustickou terminologii v souladu s požadavky ČSN 01 1600 <sup>[10]</sup>.

Protokol o autorizovaném hodnocení zdravotních rizik má být přehledně zpracovaný a jeho členění má odpovídat základním krokům metodiky HRA.

Protokol má obsahovat informaci o objednateli a účelu, pro který bylo hodnocení vypracováno.

### **2.2 Identifikace nebezpečnosti**

Obecným obsahem kroku identifikace nebezpečnosti je identifikace faktorů, které mají být hodnoceny, a popis jejich vlastností se zaměřením na nebezpečnost pro člověka. V případě hluku je obsahem tohoto kroku popis možných nepříznivých účinků hluku na lidské zdraví na základě současného stavu poznání. V kapitole doporučená literatura jsou uvedeny současné základní informační zdroje, nejde ovšem o vyčerpávající seznam. V konkrétních případech hodnocení rizik hluku z různých zdrojů je třeba využívat i další odbornou literaturu a zejména sledovat nově publikované poznatky. Zdroje hluku a situace, kterých se týká příslušné hodnocení, je třeba zpracovat s dostatečnou podrobností.

### **2.3 Charakterizace nebezpečnosti**

Charakterizace nebezpečnosti spočívá v identifikaci a stanovení vztahů mezi úrovní expozice a mírou rizika na základě dostupných literárních pramenů. Vztahy jsou popsány kvalitativně pomocí obecné charakterizace (slovního popisu) účinků, které mohou nastat po překročení určité hraniční hodnoty, např. prahové hodnoty, doporučené expoziční hodnoty (guideline exposure levels) podle ENG <sup>[44]</sup> popřípadě hraničních hodnot podle jiných literárních pramenů. Následuje kvantitativní popis vztahů dávka – účinek vyjádřený pomocí rovnic a/nebo grafů.

### **2.4 Hodnocení expozice**

Hodnocení expozice bývá nejsložitější krok v celém procesu. Měl by postihnout intenzitu působícího faktoru (hluku), velikost exponované populace a další okolnosti a vlivy, které modifikují působení hluku. Významně se zde též projevuje odlišný charakter hluku z různých zdrojů. Hodnocení expozice by mělo být zpracováno přehledně tak, aby byla popsána současná expozice, expozice po realizaci posuzovaného záměru a její případná změna.

Kromě hodnoceného zdroje hluku je třeba zohlednit i hlukovou expozici z ostatních zdrojů, i pokud hodnoceným zdrojem hluku nebude prakticky ovlivněna, a alespoň kvalitativně vyhodnotit její riziko. Při posuzování záměru umístění nových zejména průmyslových zdrojů hluku do území je vždy nutné zohlednit vliv nejen samotného posuzovaného zdroje hluku, ale také stávající zátěž stejnou kategorií zdrojů hluku ostatních provozovatelů.

V kapitole hodnocení expozice mají být stručně shrnuty všechny podklady, ze kterých hodnocení vycházelo. Autorizovaná osoba má vycházet pouze z kvalitních podkladů, které

obsahují informace dostatečné pro vypracování hodnocení. Měření by mělo odpovídat aktuálním metodickým návodům zveřejňovaným na stránkách Národní referenční laboratoře pro komunální hluk ([www.hluk.nrl.cz](http://www.hluk.nrl.cz)). Pokud podklady neodpovídají potřebám nebo jsou zjevně metodicky nesprávně zpracované, je třeba vyžádat jejich doplnění nebo přepracování.

Optimálním podkladem pro hodnocení expozice hluku u existujících zdrojů hluku je měření, popřípadě kombinace měření a přepočtu nebo akustické studie, přičemž výpočtový model by měl být vždy popsán a validován. V případě predikce budoucí hlukové zátěže je jediným možným podkladem akustická studie plánovaného zdroje spolu se zhodnocením stávající situace.

## 2.5 Charakterizace rizika

Charakterizace rizika je konečná část hodnocení. Jejím obsahem je kvalitativní a kvantitativní vyjádření míry pravděpodobného zdravotního rizika exponované populace, ke kterému hodnotitel dospěje integrací poznatků o nebezpečnosti působícího faktoru a odhadu konkrétní expoziční úrovně.

V kapitole charakterizace rizika mají být zhodnoceny ty účinky hluku, které odpovídají konkrétní situaci a okolnostem a pro které lze získat odpovídající podklady.

Hodnocení začíná **kvalitativním hodnocením** rizika, tj. zhodnocením hlukové expozice z hlediska překročení hraničních hodnot, což mohou být prahové hodnoty, doporučené expoziční hodnoty <sup>[44]</sup>, popřípadě jiné hraniční hodnoty pro konkrétní posuzovaný účinek a zdroj hluku. Očekávaným výstupem je stanovení počtu osob, které hraniční hodnotu překročí a obecný slovní popis účinků hluku, které u nich mohou nastat. Tento výstup je hlavní součástí odhadu rizika v případě, kdy není provedeno kvantitativní hodnocení. Kvalitativní hodnocení je třeba považovat za orientační krok. Tato skutečnost by měla být zdůrazněna v kapitole nejistoty.

Následuje provedení **kvantitativního hodnocení**, tj. výpočet velikosti rizika podle vztahů dávka-účinek. Standardní součástí kvantitativního hodnocení rizika je hodnocení podle vztahů uvedených v Annex III Směrnice komise (EU) 2020/367 <sup>[20]</sup> (dále jen Annex III) pro následující účinky hluku:

- vysoké obtěžování a rušení spánku pro hluk ze silniční, železniční a letecké dopravy
- ischemická choroba srdeční (ICHS) pro hluk ze silniční dopravy

Definice a popisy výpočtů jsou obsaženy v příloze k tomuto autorizačnímu návodu.

V konkrétních případech může hodnotitel zvolit i další účinky, jako např. obtěžování u hluku ze stacionárních zdrojů <sup>[13][32]</sup> nebo větrných elektráren <sup>[13][44]</sup>.

Kvantitativní hodnocení je možné provést pouze u těch účinků hluku, pro které existuje vztah dávka-účinek charakteristický pro příslušný zdroj hluku. Přednostně by měly být používány vztahy definované v Annex III <sup>[20]</sup>. Je možné použít i jiné vztahy, pokud vychází z vysoce kvalitních a statisticky významných studií a jejich metaanalýz. Pro obtěžování silničním hlukem existuje vztah pro evropský plochý terén (s vyloučením alpských a asijských studií) <sup>[22]</sup> a nově provedené analýzy časových trendů obtěžování <sup>[21]</sup> potvrzují také platnost původních vztahů podle Miedema Vos <sup>[30]</sup>. Při použití těchto alternativních vztahů doporučujeme provést

výpočet zároveň také podle vztahu stanoveného v Annex III <sup>[20]</sup> a výsledek uvádět jako rozmezí, ve kterém se obtěžování pohybuje na základě různých metod.

Výpočet je možné provést, pouze pokud posuzovaná expozice hluku leží uvnitř intervalu platnosti daného vztahu. Pokud tento interval není explicitně uveden, je třeba se řídit intervalem zobrazeným v grafickém znázornění daného vztahu v literatuře, která vztah definuje. Výjimku tvoří vztah pro obtěžování hlukem ze silniční dopravy (graf 6 v ENG <sup>[44]</sup>), kde doporučujeme používat interval platnosti až od  $L_{dvn}$  45 dB, aby křivka byla v celém rozsahu rostoucí.

Obvyklým výstupem kvantitativního hodnocení rizika obtěžování a rušení spánku je počet osob vysoce obtěžovaných resp. vysoce rušených ve spánku. V případě malého počtu zasažených osob může být výstižnější pouze uvedení procenta obtěžovaných nebo rušených ve spánku při dané expozici hluku (%HA, %HSD). Pokud je v konkrétní situaci použit jiný konečný výstup mělo by být uvedeno zdůvodnění.

Obvyklým výstupem kvantitativního hodnocení rizika ischemické choroby srdeční je buď populační atributivní frakce PAF (proporce případů, kterou lze přisoudit expozici hlukem ze všech případů daného onemocnění) nebo atributivní počet N (předpokládaný počet osob postižených daným onemocněním v důsledku hluku). Druhý z uváděných výstupů je považován za výstižnější při dostatečně velkém počtu zasažených osob. Postup výpočtu PAF a N je popsán v Annex III <sup>[20]</sup> a v příloze k tomuto autorizačnímu návodu.

Pokud není kvantitativní hodnocení provedeno vzhledem ke konkrétním okolnostem (např. malý počet zasažených osob) nebo vzhledem k účelu hodnocení, musí to hodnotitel řádně a konkrétně zdůvodnit.

Pro souhrnné vyjádření míry rizika byla navržena metoda „Burden of disease“ s výstupem ztracené roky života vážené disabilitou (DALY) <sup>[25]</sup> <sup>[41]</sup>. Tato metoda vznikla s cílem vytvořit jednotný ukazatel pro tvorbu politických strategií v ochraně zdraví na populační úrovni. Metoda je vhodná pouze pro hodnocení situací s velkým počtem zasažených osob (řádově v desítekách). Proto u většiny běžně posuzovaných záměrů v HRA není použita.

V rámci metodiky hodnocení zdravotních rizik v současnosti neexistuje nástroj pro hodnocení kombinovaného (synergického) působení hluku ze zdrojů různé kategorie (např. různé typy dopravního hluku).

## 2.6 Shrnutí a závěry posudku

Pokud je posuzované území již za stávajícího stavu zasaženo hlukem, musí být provedeno vyhodnocení expozice a charakterizace rizik pro stávající stav a poté pro stav vyvolaný posuzovaným záměrem. Tato rizika by měla být porovnána a následně zhodnocena závažnost navýšení rizika.

Součástí hodnocení zdravotních rizik může být také informace o současném stavu hlukové legislativy. Tato část je však pouze informativní a neslouží k formulování závěrů z hodnocení zdravotních rizik. Hygienický limit je považován za kompromis mezi snahou eliminovat účinky na zdraví a mezi možnostmi danými ekonomickými omezeními a snahou o sladění konkurujících si zájmů společnosti. Na rozdíl od toho hodnocení zdravotních rizik vychází při tvorbě závěrů pouze z vlastní metodiky založené na současném stavu poznání o vlivu hluku na zdraví člověka. Výsledkem hodnocení zdravotních rizik by proto mělo být především porovnání jednotlivých navrhovaných variant řešení (např. současný stav a stav po provedení záměru, stav bez protihlukových opatření a stav s těmito opatřeními apod.) z hlediska rizika

možného poškození zdraví hlukem, resp. pravděpodobných negativních účinků na lidské zdraví vyvolaných expozicí posuzovanému hluku. Porovnání hlukové expozice s hygienickými limity není předmětem charakterizace rizika, ani na tomto porovnání nemohou být založeny závěry o akceptovatelnosti rizika.

## 2.7 Nejistoty

Hodnocení zdravotních rizik je zatíženo řadou nejistot, jako jsou nejistoty vznikající při zjišťování vstupních dat, nejistoty dané použitými výpočetními modely, nejistoty způsobené použitím vztahů dávka-účinek vycházejících ze zahraničních studií, individuálními rozdíly v citlivosti na hluk (zvláště v případě malého počtu zasažených osob) a další. Součástí protokolu o autorizovaném hodnocení rizik je proto popis těchto nejistot a posouzení jejich vlivu na výsledek hodnocení.

## 3 Doporučená literatura

- [1] BABISCH W. *Transportation noise and cardiovascular risk: Updated Review and synthesis of epidemiological studies indicate that the evidence has increased*. Noise Health 2006; 8:1-29.
- [2] BABISCH W. *Road traffic noise and cardiovascular risk*. Noise & Health. 2008. Volume 10, Issue 38, Pages 27-33.
- [3] BABISCH W., VAN KAMP I. *Exposure – response relationship of the association between aircraft noise and the risk of hypertension*. Noise & Health. 2009. Volume 11, Issue 44, Pages 149 - 156.
- [4] BABISCH W., HOUTHUIJS D., PERSHAGEN G. et al. *Annoyance due to aircraft noise has increased over the years – Results of the HYENA study*. Environment International. 2009. Number 35, Pages 1169-1176.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412009001615>
- [5] BABISCH W. *Updated exposure-response relationship between road traffic noise and coronary heart diseases: A meta-analysis*. Noise & Health. 2014. Volume 16, Issue 68, Pages 1-9.
- [6] BASNER M., MULLER U., GRIEFAHN B. *Practical guidance for risk assessment of traffic noise effect on sleep*. Applied Acoustics. 2010. Issue 71, Pages 518-522.
- [7] BASNER M., MCGUIRE S. *WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Effects on Sleep*. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2018. 15, 519, Pages 1-45.
- [8] BERG F. V. D., PEDERSEN E. ET ALL. *Wind farm aural and visual impact in the Netherlands*. Acoustics 08 Paris. 2008. Pages 5029 - 5034
- [9] CLARK CH., PAUNOVIC K., *WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Cognition*. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2018. 15, 285, Pages 1-23.
- [10] ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT. *Akustika – Terminologie, ČSN 01 1600*. Praha. ČNI. 2003

- [11] ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT. *Větrné elektrárny - Metodika měření hluku, ČSN EN 61400-11 (2004) + Změna A1 (2007)*. Praha. ČNI. 2004, 2007.
- [12] DANIEL E. *Noise and Hearing Loss: A review*. Journal of School Health. 2007. Volume 77, Issue 5, Pages 225 - 231.
- [13] DELTA ACOUSTICS AND ELECTRONICS. *The "Genlyd" Noise Annoyance Model. Dose-Response Relationships Modelled by Logistic Functions*. [online]. 2007. [http://www.madebydelta.com/imported/images/DELTA\\_Web/documents/TC/acoustics/av110207-TheGenlydAnnoyanceModel.pdf](http://www.madebydelta.com/imported/images/DELTA_Web/documents/TC/acoustics/av110207-TheGenlydAnnoyanceModel.pdf)
- [14] DZHAMBOV A. M. *Long-term noise exposure and the risk for type 2 diabetes: A meta-analysis*. Noise & Health. 2015. Volume 17, Issue 74, Pages 23-33.
- [15] DZHAMBOV A. M., DIMITROVA D. *Exposure-response relationship between traffic noise and the risk of stroke: a systematic review with meta-analysis*. Arh Hig Rada Toksikol. 2016. Volume 2, Issue 67, Pages 136-151.
- [16] EUROPEAN COMMISSION WORKING GROUP ON DOSE-EFFECT RELATIONS. *Position paper on dose response relationships between transportation noise and annoyance*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. 2002. ISBN 92-894-3894-0
- [17] EUROPEAN COMMISSION WORKING GROUP ON HEALTH AND SOCIO-ECONOMIC ASPECTS. *Position Paper on Dose-Effects Relationships for Night Time Noise*. [online]. 2004. <http://ec.europa.eu/environment/noise/pdf/positionpaper.pdf>
- [18] EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. *Good practice guide on noise exposure and potential health effects*. Luxemburg. Office for Official Publications of the European Union. 2010. ISBN 978-92-9213-140-1. <http://www.eea.europa.eu/publications/good-practice-guide-on-noise>
- [19] EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY: *Noise in Europe 2014, EEA Report No 10/2014*, Luxemburg. Publications Office of the European Union. 2014. ISBN 978-92-9213-505-8. <https://www.eea.europa.eu/publications/noise-in-europe-2014>
- [20] EVROPSKÁ KOMISE. *SMĚRNICE KOMISE (EU) 2020/367 ze dne 4. března 2020, kterou se mění příloha III směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/49/ES, pokud jde o hodnocení škodlivých účinků hluku ve venkovním prostředí*. Evropská komise, Generální ředitelství pro životní prostředí. 2020. <https://op.europa.eu/cs/publication-detail/-/publication/14caf5ee-5ead-11ea-b735-01aa75ed71a1>
- [21] GJESTLAND T. *On the Temporal Stability of Peoples Annoyance with Road Traffic Noise*. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2020. 17, 1374, Pages 1-14.
- [22] GUSKI R., SCHRECKENBERG D., SCHUEMER R. *WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Annoyance*. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2017. 14, 1539, Pages 1-39.
- [23] GUSKI R., SCHRECKENBERG D., SCHUEMER R. *Supplementary Materials: WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Annoyance*. [online] <http://www.mdpi.com/1660-4601/14/12/1539/s1>
- [24] HAVRÁNEK J. a kol. *Hluk a zdraví*. Praha. Avicenum. 1990. ISBN 80 201 0020 2.

- [25] HELMUTH T., CLASSEN T., KIM R., KEPHALOPOULOS S. *Methodological guidance for estimating the burden of disease from environmental noise*. WHO, Regional Office for Europe. 2012.  
[http://www.euro.who.int/\\_data/assets/pdf\\_file/0003/177816/Methodological-guidance-for-estimating-the-burden-of-disease-from-environmental-noise.pdf](http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0003/177816/Methodological-guidance-for-estimating-the-burden-of-disease-from-environmental-noise.pdf)
- [26] CHRISTENSEN J.S., RAASCHOU-NIELSEN O. ET ALL. *Road Traffic and Railway Noise Exposures and Adiposity in Adults: A Cross-Sectional Analysis of the Danish Diet, Cancer and Health Cohort*. Environmental Health Perspectives. 2016. Volume 124, Pages 329-335.
- [27] JARUP L., BABISCH W., HOUTHUIJS D. ET ALL. *Hypertension and Exposure to Noise Near Airports: the HYENA Study*. Environmental Health Perspectives. 2008. Volume 116, Number 3, Pages 329-333.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2265027/?tool=pubmed>
- [28] VAN KEMPEN E., BABISCH W. *The quantitative relationship between road traffic noise and hypertension: a meta-analysis*. Journal of Hypertension. 2012. Volume 30, Issue 6, Pages 1075-1086.
- [29] VAN KEMPEN E., CASAS M., PERSHAGEN G., FORASTER M. *WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Cardiovascular and Metabolic Effects: A Summary*. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2018. 15, 379, Pages 1-59.
- [30] MIEDEMA H.M.E., VOS H. *Exposure-response relationships for transportation noise*. J. Acoustical Society of America. 1998. Volume 104, Issue 6, Pages 3432-3445.
- [31] MIEDEMA H.M.E., OUDSHOORN K. *Annoyance from Transportation Noise: Relationships with Exposure Metrics DNL and DENL and Their Confidence Intervals*. Environmental Health Perspectives. 2001. Volume 109, Number 4, Pages 409-416.
- [32] MIEDEMA H.M.E., VOS H. *Noise annoyance from stationary sources: Relationships with exposure metric day-evening-night (DENL) and their confidence intervals*. J. Acoustical Society of America. 2004. Volume 116, Issue 1, Pages 334-343.
- [33] MINISTERSTVO ZDRAVOTNICTVÍ ČR. *Metodický návod pro hodnocení hluku v chráněném venkovním prostoru staveb*. [online]. Praha. MZČR. 2010.  
<http://www.nrl.cz/index.php?cat=4>
- [34] MINISTERSTVO ZDRAVOTNICTVÍ ČR. *Metodický návod pro měření a hodnocení hluku v mimopracovním prostředí* [online]. Praha. MZČR. 2001.  
<http://www.nrl.cz/index.php?cat=4>
- [35] MINISTERSTVO ZDRAVOTNICTVÍ ČR. *Metodický návod pro měření a hodnocení hluku z leteckého provozu* [online]. Praha. MZČR. 2007.  
<http://www.nrl.cz/index.php?cat=4>
- [36] NIEMANN H., BONNEFOY X. ET ALL. *Noise-induced annoyance and morbidity results from the pan-European LARES study*. Noise & Health. 2006. Volume 8, Issue 31, Pages 63-79.
- [37] ORBAN E., McDONALD K. ET ALL. *Residential Road Traffic Noise and High Depressive Symptoms after Five Years of Follow-up: Results from the Heinz Nixdorf*



- Recall Study.** Environmental Health Perspectives. 2016. Volume 124, Number 5, Pages 578 – 585.
- [38] PEDERSEN E. *Human response to wind turbine noise* – Perception, annoyance and moderating factors. Goteborg. 2007. ISBN 978-91-628-7149-9
- [39] STANSVELD S.A., BERGLUND B. LOPEZ-BARRIO I. et al. *Aircraft and road traffic noise and children's cognition and health: a cross-national study.* Lancet 2005. Volume 365, Number June 4, Pages 1942 – 1949.  
[http://www.teamsofangers.org/publication/medical\\_journal\\_articles/Noise.pdf](http://www.teamsofangers.org/publication/medical_journal_articles/Noise.pdf)
- [40] VANDASOVÁ Z., FIALOVÁ A. *Vztahy mezi hlukovými ukazateli L<sub>dvn</sub> a L<sub>d</sub>n.* SZÚ Praha, 2019. [http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/hluk/Hluk\\_2.pdf](http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/hluk/Hluk_2.pdf)
- [41] WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Burden of disease from environmental noise. Quantification of healthy life years lost in Europe.* Bonn. WHO European Centre for Environment and Health, WHO Regional Office for Europe. 2011. ISBN 978 92 890 0229 5. <http://www.euro.who.int/en/what-we-publish/abstracts/burden-of-disease-from-environmental-noise.-quantification-of-healthy-life-years-lost-in-europe>
- [42] WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Guidelines for Community Noise.* [online]. (Berglund,B., Lindvall,T., Schwella,D., et al.). Geneva. WHO. 1999.  
<http://www.who.int/docstore/peh/noise/guidelines2.html>
- [43] WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Night Noise Guidelines for Europe (NNGL).* [online]. Copenhagen. WHO Regional Office for Europe. 2009.  
[http://www.euro.who.int/data/assets/pdf\\_file/0017/43316/E92845.pdf](http://www.euro.who.int/data/assets/pdf_file/0017/43316/E92845.pdf)
- [44] WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Environmental Noise Guidelines for the European Region.* [online]. Copenhagen. WHO Regional Office for Europe. 2018.  
<http://www.euro.who.int/en/publications/abstracts/environmental-noise-guidelines-for-the-european-region-2018>

MUDr. Helena Kazmarová

Koordinátor autorizačního setu I. Hodnocení zdravotních rizik expozice hluku

Zpracovali: MUDr. Zdeňka Vandasová, MUDr. Bohumil Havel, Ing. Tomáš Hellmuth,  
MUDr. Helena Kazmarová, Ing. Dana Potužníková

# Příloha k autorizačnímu návodu k hodnocení zdravotního rizika expozice hluku

Používané ukazatele a postupy výpočtů rizik

## 1 Seznam zkratk

AF	atributivní frakce
e	Eulerovo číslo, základ přirozených logaritmů
I	incidence
MKN	Mezinárodní klasifikace nemocí
ICHS	ischemická choroba srdeční
OR	odds ratio (poměr šancí)
PAF	populační atributivní frakce
R, AR	riziko, absolutní riziko
RR	relativní riziko
ÚZIS	Ústav zdravotnických informací a statistiky
%HA, %HSD	procento vysoce obtěžovaných, procento vysoce rušených ve spánku (percentage of highly annoyed, percentage of highly sleep-disturbed)
HA, HSD	vysoké obtěžování, vysoké rušení spánku

## 2 Používané ukazatele

### 2.1 Riziko

Riziko (R) je v epidemiologii definováno jako pravděpodobnost, se kterou dojde za definovaných podmínek v určitém časovém období k poškození zdraví, nemoci nebo smrti (viz pozn. 1). Kvantitativně se pohybuje od nuly (k poškození vůbec nedojde) do jedné (k poškození dojde ve všech případech) <sup>[4][5]</sup>. Riziko lze vyjádřit vztahem:

$$R = \frac{N}{P} \quad [5] \quad (\text{vzorec 1})$$

kde  $R$  riziko  
 $N$  počet jedinců, u kterých došlo ve sledovaném časovém období k poškození zdraví  
 $P$  celkový počet jedinců ve zkoumané části populace ve sledovaném období.

Pro lepší odlišení jednotlivých ukazatelů rizika se výše zmíněné riziko často označuje jako absolutní riziko (AR) - (viz poznámka 2). Tak je to i v Příloze III směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/49/ES <sup>[1][2]</sup> (dále jen Příloha III), která absolutní riziko definuje jako výskyt škodlivého účinku v populaci vystavené konkrétní hladině hluku ve venkovním prostředí. Povahu absolutního rizika má i riziko vysokého obtěžování a riziko vysokého rušení spánku uvedené v Příloze III.

## 2.2 Incidence

Incidence, též kumulativní incidence (I) označuje počet nových případů nemoci, které vzniknou v určitém časovém období v populaci jedinců, kteří jsou v riziku nemoci <sup>[5]</sup>. Jedním ze způsobů, jak incidenci kvantifikovat, je absolutní riziko <sup>[6]</sup> (viz též pozn. 3). Vzorec pro výpočet incidence pak odpovídá vzorci (1):

$$I = \frac{N}{P} \quad [3], [4]$$

(vzorec 2)

kde  $I$  incidence,  
 $N$  počet nových případů (onemocnění) ve sledovaném období,  
 $P$  celkový počet osob, střední stav populace ve sledovaném období.

Incidence může být podle kontextu vyjadřována jako počet nových případů připadající na počet osob vstupujících do studie nebo na celou populaci (např. obyvatelstvo ČR). Zpravidla se vyjadřuje v přepočtu na 100 000 osob, 1 000 nebo 100 osob tak, aby výsledek byl srozumitelnější<sup>[3]</sup>.

Vzorec (2) lze využít také ke zpětnému výpočtu počtu případů při známé incidenci:

$$N = I * P \quad (\text{vzorec 3})$$

**Ischemická choroba srdeční (ICHS)** je podle <sup>[1][2]</sup> definována pomocí kódů BA40 až BA6Z 11. revize Mezinárodní klasifikace nemocí (MKN-11) <sup>[10]</sup>, která ale dosud nevstoupila v platnost. V podmínkách ČR lze použít u nás aktuální MKN-10 <sup>[8]</sup> s kódy pro ICHS I20 – I25, které výše uvedené definici v zásadě odpovídají.

Podle údajů získaných z ÚZIS incidence ischemických nemocí srdečních (diagnózy I20 – I25 vykázaný na pozici hlavní diagnózy) v ČR v roce 2018 byla **98 780** na celou populaci ČR, což odpovídá **9,275** /1 000 osob a rok.

## 2.3 Relativní riziko

Relativní riziko (RR) obecně představuje poměr rizika u exponovaných a neexponovaných jedinců<sup>[5]</sup>.

$$RR = \frac{I_e}{I_n} = \frac{R_e}{R_n} \quad [7] [4] \quad (\text{vzorec 4})$$

kde  $RR$  relativní riziko  
 $I_e$  ( $R_e$ ) incidence (absolutní riziko) u exponovaných,  
 $I_n$  ( $R_n$ ) incidence (absolutní riziko) u neexponovaných.

Riziko ICHS ve vztahu k hluku se kvantitativně vyjadřuje jako relativní riziko <sup>[1][2]</sup> vztahující riziko v populaci exponované hluku k riziku v populaci hluku neexponované:

$$RR = \left( \frac{\text{pravděpodobnost výskytu škodlivého účinku} \\ \text{v populaci vystavené} \\ \text{konkrétní hladině hluku ve venkovním prostředí}}{\text{pravděpodobnost výskytu škodlivého účinku} \\ \text{v populaci nevystavené} \\ \text{hluku ve venkovním prostředí}} \right) \quad [1] \quad (\text{vzorec 5})$$

Relativní riziko lze odhadnout pomocí poměru šancí (odds ratio, OR), který je výstupem při statistickém zpracování některých typů epidemiologických studií a při použití některých statistických modelů (viz pozn. 3). Pokud je výskyt sledovaného jevu vzácný, potom je OR dobrým odhadem pro RR [7]. Ve studiích týkajících se ICHS z hluku se tento způsob odhadu běžně používá.

U hluku ze silniční dopravy bylo na základě meta-analýzy zjištěno, že relativní riziko vzniku ICHS je  $RR = 1,08$  na vzestup hluku o 10 dB [9]. Kvalita důkazů je považována za vysokou. Způsob výpočtu RR vzniku ICHS pro konkrétní expozici hluku silniční dopravy je uveden v Příloze III směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/49/ES [1] [2]. Lze jej zapsat takto:

$$RR_{ICHS, silnice} = \begin{cases} e^{[(\ln(1,08)/10) * (L_{dvn} - 53)]}, & \text{pokud } L_{dvn} > 53 \text{ dB} \\ 1, & \text{pokud } L_{dvn} \leq 53 \text{ dB}. \end{cases} \quad (\text{vzorec 6})$$

Pro  $L_{dvn} > 53$  dB lze vzorec zjednodušit do podoby:

$$RR_{ICHS, silnice} = 1,00773^{(L_{dvn} - 53)} \quad (\text{vzorec 7})$$

kde:  $e$  Eulerovo číslo, základ přirozených logaritmů  $e = 2,71828182\dots$   
 $L_{dvn}$  hlukový ukazatel pro den-večer-noc, charakterizující příslušnou expozici nebo střed expozičního pásma.

Pro  $L_{dvn} \leq 53$  je  $RR_{ICHS, silnice}$  vždy rovno jedné.

## 2.4 Atributivní frakce

Atributivní frakce nebo také atributivní frakce mezi exponovanými (AF) je proporce případů, které lze přisoudit expozici a kterým by bylo možno za ideálních okolností zabránit, kdyby k expozici vůbec nedošlo [7]. Alternativně lze AF interpretovat jako podíl všech nových případů, které jsou důsledkem expozice danému faktoru trvajícím po určité období [5].

$$AF = \frac{I_e - I_n}{I_e} \quad [5] [4] \quad (\text{vzorec 8})$$

kde: AF atributivní frakce,  
 $I_e$  incidence u exponovaných,  
 $I_n$  incidence u neexponovaných.

Atributivní frakci lze vyjádřit také pomocí relativního rizika (viz pozn. 4):

$$AF = \frac{RR-1}{RR} \quad [5] [7] \quad (\text{vzorec 9})$$

kde AF atributivní frakce,  
RR relativní riziko.

## 2.5 Populační atributivní frakce

Populační atributivní frakce (PAF) je atributivní frakce pro populaci, která se může skládat z exponovaných i neexponovaných osob (pozn. 5), popřípadě mohou být exponované osoby vystaveny rizikovému faktoru v různé míře. Jednotlivá expoziční pásma přispívají k celkové PAF v závislosti na porci osob, které se v nich vyskytují [2]:

$$PAF = \left( \frac{\sum_j [p_j \cdot (RR_j - 1)]}{\sum_j [p_j \cdot (RR_j - 1)] + 1} \right) \quad (\text{vzorec 10})$$

kde: PAF populační atributivní frakce pro sledovaný rizikový faktor a daný účinek,  
p<sub>j</sub> podíl osob v expozičním pásmu j vzhledem k celému souboru,  
RR<sub>j</sub> relativní riziko pro dané expoziční pásmo.

V Příloze III [1] je PAF označována jako podíl přiřaditelný populaci.

V případě rizika ICHS z hluku silniční dopravy je podle [1],[2]:

PAF populační atributivní frakce pro hluk ze silniční dopravy a incidenci ICHS,  
j pořadové číslo hlukového pásma o rozsahu max. 5 dB,  
p<sub>j</sub> podíl populace v hodnocené oblasti, která je vystavena hluku na úrovni pásma j, jež je spojováno s daným relativním rizikem RR<sub>j</sub>,  
RR<sub>j</sub> RR vypočítané pomocí vzorce 6 (resp. 7) pro střední hodnotu každého hlukového pásma.

## 3 Postup výpočtu pro riziko vysokého obtěžování resp. vysokého rušení spánku

- 1) Pro danou expozici nebo střed expozičního pásma stanovíme riziko vysokého obtěžování AR<sub>HA</sub>, resp. riziko vysokého rušení spánku hlukem AR<sub>HSD</sub> podle vzorce pro výpočet AR uvedeného v Příloze III [1][2] pro příslušný zdroj hluku.
- 2) Alternativně můžeme použít také jiný aktuálně platný vztah dávka – účinek (viz Autorizační návod k hodnocení zdravotního rizika expozice hluku AN 15/04 verze 5, kapitola 5.2) a vypočítat procento vysoce obtěžovaných %HA, resp. procento vysoce rušených ve spánku %HSD pro danou expozici a zdroj hluku. AR potom vypočteme podle vzorce:

$$AR_{HA} = \frac{\%HA}{100} \quad \text{resp.} \quad AR_{HSD} = \frac{\%HSD}{100} \quad (\text{vzorec 11})$$

Výpočty AR podle bodu 1) resp. 2) je možné provést, pouze pokud posuzovaná expozice hluku leží uvnitř intervalu platnosti daného vztahu. (Podrobněji viz Autorizační návod k hodnocení zdravotního rizika expozice hluku AN 15/04 verze 5, kapitola 5.2)

- 3) Stanovíme počet osob vysoce obtěžovaných, resp. vysoce rušených ve spánku ( $N_j$ ) pro každé jednotlivé expoziční pásmo  $j$  (viz též [1][2]) podle vzorce:

$$N_j = n_j * AR_j \quad (\text{vzorec 12})$$

kde  $n_j$  počet osob, které jsou vystaveny hluku v expozičním pásmu  $j$ ,  
 $AR_j$  absolutní riziko pro příslušné expoziční pásmo  $j$ .

- 4) Počty osob pro jednotlivá expoziční pásma sečteme a tím získáme celkový počet obtěžovaných resp. rušených osob  $N$ .

$$N = \sum_j N_j \quad (\text{vzorec 13})$$

Výpočet je třeba provádět odděleně pro jednotlivé zdroje hluku. Hodnotit kombinované působení hluku z různých zdrojů není aktuálně možné vzhledem k nedostatku důkazů o tomto působení.

## 4 Postup výpočtu pro riziko ICHS z hluku automobilové dopravy

- 1) Stanovíme velikost expozičních pásem a pro každé expoziční pásmo  $j$  stanovíme jeho střední hodnotu (Tabulka 1, sloupec B). Podle [1][2] je možné volit velikost hlukového pásma maximálně do 5 dB.
- 2) Stanovíme počet osob exponovaných hluku v každém expozičním pásmu (Tabulka 1, sloupec C) a podíl tohoto počtu osob k všem osobám v lokalitě –  $p_j$  (Tabulka 1, sloupec D).
- 3) Vypočítáme  $RR_j$  pro střední hodnotu každého expozičního pásma hluku podle vzorce 6 resp. 7 (Tabulka 1, sloupec E).
- 4) Vypočítáme  $p_j * (RR_j - 1)$  pro každé expoziční pásmo (Tabulka 1, sloupec G) a výsledky sečteme (Tabulka 1, buňka G5).
- 5) PAF vypočítáme tím, že výsledek v buňce G5 vydělíme (G5+1) podle vzorce 10.
- 6) Absolutní počet případů ICHS odhadovaný jako následek hluku ze silniční dopravy vypočítáme podle vzorce:

$$N = PAF * I * P \quad [1][2] \quad (\text{vzorec 11})$$

kde  $N$  počet odhadovaných případů ICHS (za období, za které je udávána incidence, typicky za rok),  
 $PAF$  populační atributivní frakce,  
 $I$  incidence ICHS, kterou lze získat ze statistik o zdraví (viz kapitola 2.3.); incidenci je třeba dosadit ve formě desetinného čísla (např. počet případů v ČR dělit počtem obyvatel ČR nebo incidenci udávanou na 1 000 dělit 1 000),  
 $P$  celkový počet obyvatel v hodnocené oblasti.

- 7) Pokud je odhadovaný počet případů menší než jeden za rok, je výstižnější vyjádřit ho jako odhadovaný počet případů za více let (např. 2 případy za 10 let).

**Tabulka 1: Modelový příklad dosazení do vzorce pro výpočet PAF:**

	A	B	C	D	E	F	G
	Expoziční pásmo j	Střed exp. pásma	počet osob v expozičním pásmu	podíl osob v expozičním pásmu	RR pro dané expoziční pásmo		
	$L_{dvn}$ [dB]	$L_{dvn}$ [dB]		$p_j$	$RR_j$	$RR_j-1$	$p_j * (RR_j-1)$
1	50 - 54,9	52,5	50	0,5	1	0	0
2	55 - 59,9	57,5	30	0,3	1,035	0,035	0,011
3	60 - 64,9	62,5	15	0,15	1,076	0,076	0,011
4	65 - 69,9	67,5	5	0,05	1,118	0,118	0,006
5		$\Sigma =$	100			$\Sigma =$	0,028

$$PAF = G5 / (G5+1) = 0,027$$

Pozn. 1: Při hodnocení zdravotních rizik je slovo riziko používáno i v obecnějším významu.

Pozn. 2: Zkratka AR může být v jiných literárních pramenech používána také pro atributivní riziko (rozdíl mezi rizikem škodlivého účinku způsobeného expozicí a rizikem tohoto účinku bez expozice), [5].

V případě obtěžování, resp. rušení spánku hlukem je absolutní riziko totožné s atributivním rizikem, protože bez expozice hluku je riziko ze své podstaty nulové.

Pozn. 3: Obecně je riziko vyjadřováno jako výskyt daného jevu vztažený ke všem pozorováním, zatímco odds (šance) je výskyt daného jevu vztažený k pozorováním, u nichž se jev nevyskytl. Počet nemocných je tudíž v případě rizika vztažen k počtu všech osob (zdravých + nemocných) a v případě odds jen k počtu zdravých. Míru výskytu jevu (incidenci) lze vyjadřovat jako riziko i jako odds, což může být zdrojem nedorozumění.

Dalším zdrojem nedorozumění je používání termínů riziko a šance také v obecném jazyce, kde se jako „riziko“ obvykle označuje pravděpodobnost nějakého nežádoucího jevu, např. nehody, zatímco „šance“ jako pravděpodobnost žádoucího jevu např. výhry. V odborném významu ale nezáleží na kladném nebo záporném hodnocení popisovaného jevu, rozdíl mezi rizikem a šancí je v základu, ke kterému se počet případů vztahuje.

Pozn. 4: Odvození je možné ze vzorce  $AF = \frac{I_e - I_n}{I_e}$  dosazením  $\frac{I_n}{I_e} = \frac{1}{RR}$ :

$$AF = \frac{I_e - I_n}{I_e} = \frac{I_e}{I_e} - \frac{I_n}{I_e} = 1 - \frac{1}{RR} = \frac{RR}{RR} - \frac{1}{RR} = \frac{RR - 1}{RR}$$

Pozn. 5: V případě jediného expozičního pásma, tedy pokud se v populaci vyskytují pouze exponovaní a neexponovaní jedinci, je PAF vyjádřena vzorcem:

$$PAF = \frac{p(RR-1)}{p(RR-1)+1} \quad [5] [4]$$

kde p podíl exponovaných osob vzhledem k celému souboru.

## Literatura:

- [1] Evropská komise. **Směrnice komise (EU) 2020/367, kterou se mění příloha III směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/49/ES, pokud jde o hodnocení škodlivých účinků hluku ve venkovním prostředí.** Evropská komise, Generální ředitelství pro životní prostředí. 2020. <https://op.europa.eu/cs/publication-detail/-/publication/14caf5ee-5ead-11ea-b735-01aa75ed71a1>
- [2] European Commission. **Commission directive (EU) 2020/367 amending Annex III to Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council as regards the establishment of assessment methods for harmful effects of environmental noise.** European Commission. 2020. <https://op.europa.eu/cs/publication-detail/-/publication/14caf5ee-5ead-11ea-b735-01aa75ed71a1/language-en/format-PDFA2A>
- [3] Göpfertová D. a kol. **Epidemiologie, průvodce epidemiologickou metodou.** Praha: Triton. 1999. ISBN 80-7254-037-8
- [4] Kleinbaum D.G., Sullivan K.M., Baker N.D. **A Pocket Guide to Epidemiology.** Springer. 2007. ISBN-10: 0-387-45964-2
- [5] Provazník K., Cikrt M., Komárek L. a kol. **Manuál prevence v lékařské praxi, Základy hodnocení zdravotních rizik.** Praha: SZÚ. 2000. ISBN 80-7071-161-2
- [6] dos Santos Silva, I. **Cancer Epidemiology: Principles and Methods.** Lyon: International Agency for Research on Cancer, 1999. ISBN 92-832-0405-0
- [7] Šejda J., Šmerhovský Z., Göpfertová D. **Výkladový slovník epidemiologické terminologie.** Grada Publishing a.s. 2005. ISBN 80-247-1068-4
- [8] Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR. **MKN-10: Mezinárodní klasifikace nemocí a přidružených zdravotních problémů: desátá revize.** UZIS 2020. <https://www.uzis.cz/index.php?pg=registry-sber-dat--klasifikace--mezinarodni-klasifikace-nemoci#publikace>
- [9] World Health Organization. **Environmental Noise Guidelines for the European Region.** Copenhagen. WHO Regional Office for Europe. 2018. <http://www.euro.who.int/en/publications/abstracts/environmental-noise-guidelines-for-the-european-region-2018>
- [10] World Health Organization. **International Classification of Diseases for Mortality and Morbidity Statistics, Eleventh Revision.** WHO 2018. <https://www.who.int/classifications/icd/en/>