

*Dokumentace hodnocení vlivů na životní prostředí podle
zákona č.100/2001 Sb., ve znění pozdějších předpisů*

Modernizace trati Praha-Dejvice (mimo) – Praha-Veleslavín (mimo)

*Hodnocení vlivů na veřejné zdraví
- zdravotní rizika hluku z železniční dopravy*

Zadavatel:

**ECO-ENVI-CONSULT
Sladkovského 111
506 01 Jičín**

Posudek zpracoval:

MUDr. Bohumil Havel, Větrná 9, 568 02 Svitavy

Tel.: 602 482 404, E-mail: bohumil.havel@centrum.cz

*Držitel osvědčení o autorizaci k hodnocení zdravotních rizik v autorizačních setech
expozice chemickým látkám v prostředí a expozice hluku vydaných Státním zdravotním
ústavem Praha pod č.008/04.*

*Držitel osvědčení odborné způsobilosti pro oblast posuzování vlivů na veřejné zdraví
vydaného MZ ČR pod pořadovým číslem 2/2019.*

Svitavy, srpen 2021

Obsah:

I. Zadání a výchozí podklady	2
II. Metodika a základní pojmy.....	3
III. Zdravotní riziko hluku.....	4
III. 1. Nebezpečnost hluku a vztahy expozice a účinku	4
III. 2. Hodnocení expozice a charakterizace rizika hluku	12
III. 3. Závěr	16
IV. Analýza nejistot.....	17
V. Příloha - citovaná a použitá literatura	18

I. Zadání a výchozí podklady

Na základě objednávky společnosti ECO-ENVI-CONSULT Jičín má být provedeno vyhodnocení údajů akustického posouzení záměru „Modernizace trati Praha-Dejvice (mimo) – Praha-Veleslavín (mimo)“ z hlediska zdravotních rizik hluku z železniční dopravy pro obyvatele dotčeného území.

Akustické posouzení (dále hluková studie) zpracované společností EKOLA Group, spol. s r.o. Praha, hodnotí vliv plánované modernizace železniční trati v úseku Praha-Dejvice (mimo) – Praha-Veleslavín (mimo) na akustickou situaci u nejbližších chráněných staveb v zájmovém území.

Vyhodnoceny jsou dva akustické stavy a sice počáteční akustická situace (PAS) a výhledový stav (akustická situace v roce 2030 po zprovoznění modernizace a novostavby navazujících úseků Praha-Veleslavín – Praha-Letiště Václava Havla a Praha-Bubny – Praha-Výstaviště a zprovoznění modernizace posuzovaného úseku).

Modernizace železniční trati v uvedeném úseku zahrnuje zdvoukolejnění a elektrifikaci stávající jednokolejné trati a její zatunelování v celkové délce přibližně 4,1 km. Stávající traťová rychlost 60 km/h se po modernizaci zvýší na 120 km/h. S nákladní dopravou se v posuzovaném úseku neuvažuje.

Výpočet ekvivalentních hladin akustického tlaku v denní a noční době je v hlukové studii proveden ve výpočtových bodech umístěných v chráněném venkovním prostoru nejbližších chráněných staveb v okolí. Výpočtové body byly umístěny ve vzdálenosti 2 m od fasády nejbližších chráněných staveb před okenními otvory. Výsledky jsou uváděny pro dopadající zvukovou vlnu bez odrazu od fasády.

Výpočtový model pro provoz železniční dopravy byl ověřen měřením ve shodných výpočtových bodech a je uvedena přesnost výpočtu $\pm 2,0$ dB.

Jako podklad pro hodnocení zdravotních rizik hluku z železniční dopravy byla v hlukové studii vypracována analýza počtu obyvatel ovlivněných v dotčeném území hlukem z provozu železniční dopravy v 5dB pásmech v hlukových deskriptorech L_d , L_n a L_{dn} .

Kromě hluku z železniční dopravy je ve výhledovém stavu vyhodnocen také hluk z provozu stacionárních zdrojů hluku (technologických objektů na odvětrávání tunelů)

Závěrem akustického posouzení je konstatováno, že vlivem modernizace trati, která v posuzovaném úseku povede v tunelech, dojde v nejbližších chráněných venkovních prostorech staveb k výraznému zlepšení akustické situace z provozu železniční dopravy oproti počáteční akustické situaci a hygienické limity pro hluk z železniční dopravy budou s velkou rezervou dodrženy.

Zákonná úroveň ochrany zdraví obyvatel před nepříznivými vlivy hluku je stanovena platnými hlukovými limity, jejichž dodržení ve vztahu k posuzovanému záměru hodnotí hluková studie.

Úkolem hodnocení zdravotních rizik je proto především doplnění informace pro potřebu orgánu ochrany veřejného zdraví i dalších účastníků řízení o zdravotní charakteristiku hluku, úroveň ochrany stanovené platnými limity a v rámci možností o vyhodnocení možných zdravotních dopadů vlivů posuzovaného záměru a expozice obyvatel zájmového území.

Pokud je obsahem tohoto vyhodnocení kvantifikace zdravotního rizika, je třeba si uvědomit, že za stavu dodržení platných limitů nejde o riziko nepřijatelné, neboť zejména limity pro hluk z dopravy představují kompromis mezi snahou o ochranu zdraví a dosažitelnou realitou a nezaručují úplnou ochranu zdraví a pohody obyvatel.

Související zdravotní riziko bylo vyhodnoceno a posouzeno již při stanovení těchto limitů a shledáno jako akceptovatelné. Přesto je užitečné toto riziko znát a zohlednit při rozhodování, např. při výběru z více variant.

Hodnocení zdravotních rizik je v souladu se zadáním zaměřeno na hlukovou expozici obyvatel dotčeného území z železniční dopravy.

Je zpracováno v souladu s obecnými metodickými postupy WHO a autorizačním návodem SZÚ Praha AN 15/04 VERZE 5¹ pro autorizované hodnocení zdravotních rizik dle § 83e zákona č. 258/00 Sb.² Současné jsou zohledněny aktuální poznatky o nebezpečnosti hluku z železniční dopravy.

Problematika zdravotních rizik hluku spadá do náplně oboru hygieny obecné a komunální. Zpracovatel hodnocení má v tomto oboru nástavbovou atestaci, licenci ČLK k výkonu funkce odborného zástupce a pro poskytování poradenských služeb a čtyřicetiletou praxi. Je též spoluautorem zmíněného autorizačního návodu.

II. Metodika a základní pojmy

V hodnocení závažnosti nepříznivých vlivů na veřejné zdraví je standardně využívána metoda hodnocení zdravotních rizik (Health Risk Assessment).

Tato metoda se používá především při přípravě podkladů ke stanovení přípustných limitů škodlivých látek v prostředí. Je též jediným způsobem, jak z hlediska ochrany zdraví hodnotit expozici lidí látkám, pro které nejsou stanoveny závazné limity.

Jak již bylo uvedeno, stanovené přípustné limity některých faktorů, v daném případě hluku, představují nezbytný kompromis mezi snahou o ochranu zdraví a dosažitelnou realitou a nemusí zaručovat úplnou ochranu, zejména skupin populace se zvýšenou citlivostí. Metoda hodnocení zdravotních rizik pak umožňuje v konkrétních situacích získání hlubší informace o jejich možném vlivu na zdraví a pohodu obyvatel, nežli je možné pouhým srovnáním expozice s limitními hodnotami.

Metodické postupy hodnocení zdravotních rizik byly vypracované Agenturou pro ochranu životního prostředí USA (US EPA) a Světovou zdravotnickou organizací (WHO). Z nich vycházejí i metodické podklady pro hodnocení zdravotních rizik v České republice.

K hodnocení rizik pro účely ochrany veřejného zdraví je povinná akreditace dle zákona č.258/2000 Sb., resp. v procesu EIA odborná způsobilost pro oblast posuzování vlivů na veřejné zdraví dle zákona č.100/2001 Sb., a vyhlášky MZ č. 490/2000 Sb.

Obecný postup hodnocení zdravotního rizika sestává ze čtyř navazujících kroků:

¹Autorizační návod AN 15/04 verze 5 – Autorizační návod k hodnocení zdravotního rizika expozice hluku, SZÚ Praha, září 2020

²Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů

Prvním krokem je **identifikace nebezpečnosti**, kdy se provádí výběr škodlivin, které mají být hodnoceny a soustřeďují se informace o tom, jakým způsobem a za jakých podmínek mohou nepříznivě ovlivnit lidské zdraví. V případě hluku je obsahem tohoto kroku popis možných nepříznivých účinků hluku na lidské zdraví.

Druhým krokem je **charakterizace nebezpečnosti**, která má objasnit kvantitativní vztah mezi dávkou dané škodliviny a mírou jejího účinku, což je nezbytným předpokladem pro možnost odhadu míry rizika. U hluku je situace specifická, neboť pro některé účinky hluku je obtížné hodnotit míru jejich zdravotní závažnosti. Místo referenčních hodnot je proto snaha odvodit vztahy expozice a účinků, které mohou být použity k jejich kvantifikaci, případně prahové hladiny, nad kterými se účinky začínají objevovat nebo se ukazují být závislé na velikosti expozice. Hodnocené účinky přitom mohou být zdravotně závažné (jako např. kardiovaskulární onemocnění) nebo jde o přirozeně se vyskytující efekty, jako obtěžování hlukem a rušení spánku, jejichž navýšení je považováno za potenciálně nepříznivé.

Třetí etapou standardního postupu je **hodnocení expozice**. Na základě znalosti dané situace se sestavuje expoziční scénář, tedy představa, jakými cestami a v jaké intenzitě a množství je konkrétní populace exponována dané škodlivině. Cílem je postihnout nejen průměrného jedince z exponované populace, nýbrž i reálně možné případy osob s nejvyšší expozicí.

U hlukové expozice se na rozdíl od expozice chemickým látkám podstatně více uplatňují různé okolnosti a vlivy ekonomického, sociálního či psychologického charakteru, které modifikují a spoluurčují výsledné zdravotní účinky působení hluku. Významně se zde též projevuje odlišný charakter hluku z různých zdrojů.

Čtvrtým konečným krokem v hodnocení rizika, který shrnuje všechny informace získané v předchozích etapách, je **charakterizace rizika**, kdy se pro danou situaci snažíme dospět ke kvantitativnímu vyjádření míry reálného konkrétního rizika.

U hluku je kvantitativní charakterizace zdravotních rizik možná v případě kontinuálního dlouhodobého působení hluku z dopravy na větší počet obyvatel.

Standardním výstupem podle aktuální verze 5 autorizačního návodu SZÚ, vycházející z nejnovějších poznatků, obsažených v nové hlukové směrnici WHO³, je odhad procenta obyvatel, u kterých lze očekávat vysoké subjektivní pocity obtěžování, rušení spánku a pro expozici hluku ze silniční dopravy výpočet atributivního rizika ischemické choroby srdeční.

Nezbytnou součástí hodnocení rizika je **analýza nejistot**, kterými je každé hodnocení rizika nevyhnutelně zatíženo. Jejich přehled a kritický rozbor zkvalitní pochopení a posouzení dané situace a je třeba je zohlednit při řízení rizika.

III. Zdravotní riziko hluku

III. 1. Nebezpečnost hluku a vztahy expozice a účinku

Jako hluk se obecně označuje jakýkoliv slyšitelný zvuk, který je nechtěný a obtěžující, a to bez ohledu na jeho intenzitu. Kromě psychosociálních účinků, spočívajících v rušivém vlivu na různé aktivity, soustředění, hlasovou komunikaci, relaxaci a spánek, může mít i závažnější přímé zdravotní účinky, které jsou většinou spojeny s dlouhodobou hlukovou zátěží.

Následující stručný popis vlivů hluku na zdraví vychází z odborné literatury a hlukových směrnic WHO, z nichž nejnovější směrnice pro Evropu byla publikována v roce 2018 [1].

Souhrn vztahů mezi hlukovou expozicí a nepříznivými účinky na zdraví, dříve doporučených k použití při hodnocení rizika hluku v zemích EU, byl obsažen např. ve zprávě Evropské agentury pro životní prostředí (EEA⁴) z října 2010 [2].

³Environmental Noise Guidelines for the European Region, WHO, 2018

⁴EEA – European Environment Agency

Vyhodnocení spolehlivosti podkladů a aktualizace těchto vztahů na základě nových epidemiologických studií obsahuje již zmíněná nová hluková směrnice WHO, která tak představuje současný aktuální vědecký rámec pro hodnocení zdravotních rizik hluku.

Dlouhodobé nepříznivé účinky hluku na zdraví je obecně možné s určitým zjednodušením rozdělit na specifické, projevující se při ekvivalentní hladině akustického tlaku nad 80 dB poruchami činnosti sluchového analyzátoru a na účinky nespecifické (mimo sluchové), projevující se ovlivněním funkcí různých systémů organismu.

Tyto nespecifické systémové účinky nejsou způsobeny přímo akustickou energií a projevují prakticky v celém rozsahu vnímané hlukové expozice. Jsou převážně důsledkem stresové reakce a ovlivnění nervové a hormonální regulace fyziologických funkcí a následných biochemických reakcí, ovlivnění spánku a vyšších nervových funkcí, jako je učení a zapamatování. V komplexní podobě se mohou projevit ve formě poruch emocionální rovnováhy, sociálních interakcí i ve formě nemocí, u nichž chronický stres způsobený hlukem může přispět ke spuštění nebo urychlení vlastního patogenetického děje.

Mezi kritické dostatečně prokázané nepříznivé zdravotní účinky hluku, na jejichž základě byla stanovena hluková doporučení v nové směrnici WHO, byla zařazena kardiovaskulární onemocnění, obtěžování, rušení spánku, nepříznivé ovlivnění osvojování řeči a čtení u dětí a poškození sluchového aparátu.

Mezi závažné zdravotní účinky, ale s nižší kvalitou důkazů WHO v současné době zařazuje metabolické účinky hluku (zvýšené riziko diabetes, obesity) nepříznivý vliv hluku na těhotenství a vývoj plodu, na kvalitu života, pohodu a duševní zdraví [1].

Poškození sluchového aparátu projevující se sluchovou ztrátou je záležitostí především vysokých pracovních expozic hluku. Z fyziologického hlediska jsou podstatou poškození zprvu přechodné a posléze trvalé funkční a morfologické změny smyslových a nervových buněk Cortiho orgánu vnitřního ucha.

Častým důsledkem vysoké akutní nebo chronické hlukové expozice je též tinitus (ušní šelest). Epidemiologické studie prokázaly, že u více než 95 % exponované populace nedochází k poškození sluchového aparátu ani při celoživotní expozici hluku v životním prostředí a aktivitách ve volném čase do 24hodinové ekvivalentní hladiny akustického tlaku $L_{Aeq,24h}$ 70 dB. S vyšší expozicí hluku v mimopracovním prostředí se můžeme setkat jen ve velmi výjimečných případech.

Závažné následky pro sluchové ústrojí ovšem mohou mít i některé zájmové aktivity. Nová směrnice WHO obsahuje i doporučení pro prevenci poškození sluchového aparátu hlukem z volnočasových aktivit s vysokou hladinou hluku (návštěvy nočních klubů, koncertů a festivalů, fit center, sportovních událostí, poslech elektroakusticky zesilované hudby), podle kterého by roční průměrná $L_{Aeq,24h}$ z těchto zdrojů hluku neměla přesáhnout 70 dB.

Směrnice obsahuje tabulku, umožňující přepočet hodinových L_{Aeq} v rozmezí 70–100 dB během týdne na průměrnou roční $L_{Aeq,24h}$.

Při nárazovém působení vysokých hladin akustického tlaku hrozí akutní akustické trauma s poškozením bubínku a struktur středního a vnitřního ucha při hodnotách akustického tlaku nad 130 dB. Práh bolestivosti při vnímání hlukových podnětů u zdravých osob je udáván mezi 110–130 dB, avšak vykazuje značnou individuální variabilitu. Práh nepříjemného vnímání hluku je mezi 80–100 dB.

V některých případech, jako jsou např. zánětlivá onemocnění bubínku a středního ucha, nebo Menierova nemoc, však práh bolestivého nebo nepříjemného vnímání hlukových impulsů může být i nižší. Toto platí i u osob používajících některé typy naslouchadel. K prevenci akutních sluchových poškození by hodnoty maximální hladiny akustického tlaku L_{Amax} měly být nižší, nežli 110 dB [3].

Zhoršení komunikace řečí v důsledku zvýšené hladiny hluku má řadu prokázaných nepříznivých důsledků v oblasti chování a vztahů, vede k podrážděnosti, nejistotě, poklesu pracovní kapacity a pocitům nespokojenosti. Může však vést i k překrývání a maskování důležitých signálů, jako je domovní zvonek, telefon, alarm. Nejvíce citlivou skupinou jsou staří lidé, osoby se sluchovou ztrátou a zejména malé děti v období osvojování řeči. Jde tedy o významnou část populace.

Pro dostatečně srozumitelné vnímání složitějších zpráv a informací (cizí řeč, výuka, telefonická konverzace) by rozdíl mezi hlukovým pozadím a hlasitostí vnímané řeči měl být nejméně 15 dB a to nejméně v 85 % doby. Při průměrné hlasitosti řeči 50 dB by tak nemělo hlukové pozadí v místnostech převyšovat 35 dB.

Zvláštní pozornost z tohoto hlediska zasluhují třídy předškolních a školních zařízení a domy, kde bydlí malé děti, neboť neúplné porozumění řeči u nich ztěžuje a poškozuje proces osvojení řeči a schopnosti číst s dalšími nepříznivými důsledky pro jejich duševní a intelektuální vývoj. Zvláště citlivé jsou pak děti s poruchami sluchu, potížemi s učením a děti, pro které vyučovací jazyk není jejich mateřským jazykem.

Obtěžování hlukem je nejobecnější reakcí lidí na hlukovou zátěž. Uplatňuje se zde jak emoční složka vnímání, tak složka poznávací při rušení hlukem při různých činnostech. Vyvolává celou řadu negativních emočních stavů, mezi které patří pocity rozmrzelosti, nespokojenosti a špatné nálady, deprese nebo úzkost.

U každého člověka existuje určitý stupeň senzitivity, respektive tolerance k rušivému účinku hluku, jako významně osobnostně fixovaná vlastnost. V normální populaci je 10–20% vysoce senzitivních osob, stejně jako velmi tolerantních, zatímco u zbylých 60–80% populace víceméně platí kontinuální závislost míry obtěžování na intenzitě hlukové zátěže [4].

Epidemiologické studie prokazují, že stejná úroveň hlukové expozice z průmyslových zdrojů nebo různých typů dopravy, vede k rozdílnému stupni obtěžování exponované populace. Intenzivnější reakce obyvatel byly pozorovány vůči hluku doprovázenému vibracemi a hluku obsahujícímu nízké frekvenční složky a hluku impulsního charakteru. Nepříjemnější je hluk s kolísavou intenzitou nebo obsahující výrazné tónové složky.

V praxi se často jedná o současnou expozici hluku z více rozdílných zdrojů. Možnosti hodnocení obtěžujícího účinku kombinované expozice hluku byly zkoumány v rámci přípravy nové hlukové směrnice WHO.

Je zřejmé, že obtěžující účinek kombinovaného hluku z různých zdrojů není funkcí celkového akustického tlaku. Na základě analýz existujících studií bylo konstatováno, že ani pro různé kombinace současné expozice hluku ze dvou různých typů dopravy není možné stanovit jednoduchý model.

V případě zdrojů hluku stejné intenzity bylo často zjištěno, že celkový obtěžující účinek je nižší nežli samostatný účinek jednotlivých zdrojů hluku, což se dá vysvětlit maskujícím efektem. U rozdílné intenzity hluku z různých zdrojů je často pozorován dominantní efekt, kdy je celkový obtěžující účinek určen hlasitějším zdrojem [5].

Při působení hluku však kromě senzitivity a fyzikálních vlastností hluku velmi záleží i na řadě dalších neakustických faktorů sociální, psychologické nebo ekonomické povahy. Významnou úlohu hraje vztah ke zdroji hluku, pocit do jaké míry jej člověk může ovlivňovat nebo zda pro něj má nějaký ekonomický význam.

Menší rozmrzelost působí hluk, u něž je předem známo, že bude trvat jen po určité vymezenou dobu. Závislost je i mezi nepříznivým prožíváním hluku a délkou pobytu v témže bytě či jiném prostředí. Rozmrzelost může vzniknout po víceleté latenci a s délkou konfliktní situace se prohlubuje a fixuje. Kromě toho může být významně ovlivněna zdravotním stavem.

V EU byly doposud k hodnocení obtěžování obyvatel hlukem z různých typů dopravy používány vztahy mezi hlukovou expozicí v L_{dn}^5 nebo L_{den}^6 a procentem obtěžovaných obyvatel, publikované v roce 2002 holandským institutem pro aplikovaný vědecký výzkum. Ukazovaly, že letecký hluk více obtěžuje nežli hluk z automobilové pozemní dopravy a hluk z automobilové dopravy má výraznější účinek, nežli hluk z dopravy železniční [2,6].

Procento obtěžovaných obyvatel při stejné hlukové expozici L_{den} 60 dB podle těchto vztahů pro jednotlivé typy dopravy (letecká-silniční-železniční) vychází v hodnotách 38%-26%-15%. Tento rozdíl v subjektivním obtěžujícím účinku hluku se jako tzv. železniční bonus promítá do současných hygienických limitů hluku některých zemí včetně ČR, kde jsou pro hluk ze železniční dopravy limitní ekvivalentní hladiny akustického tlaku A pro noční dobu o 5 dB vyšší nežli pro hluk z dopravy silniční.

Některé cílené studie v terénních i laboratorních podmínkách však opodstatněnost tohoto bonusu v noční době ve vztahu k ovlivnění spánku zpochybnily [7].

Cíleným výzkumem zdravotních účinků hluku a vibrací z železniční dopravy se zabýval švédský projekt TVANE⁷ [8]. Byl zaměřen na 4 hlavní oblasti:

- opodstatnění železničního hlukového bonusu
- vztah obtěžujícího účinku hluku a vibrací z provozu železnice
- efekt současné expozice hluku z automobilové a železniční dopravy
- účinky vysokých intenzit železniční dopravy v obytném území

Ve vztahu k prvnímu tématu byly v rámci uvedeného projektu provedeny terénní studie porovnávající účinky hluku ze silniční a železniční dopravy.

Výsledky potvrdily výraznější obtěžující účinek silniční dopravy, projevující se hlavně v rušení při relaxaci a odpočinku. Hluk z železniční dopravy měl při běžném počtu vlaků celkově nižší obtěžující účinek, avšak více vadil při aktivitách spojených s verbální komunikací (konverzace, poslouchání rozhlasu a televize). Významný rozdíl byl zjištěn i v subjektivně vnímaném rušení spánku, kde byl účinek automobilového hluku při expozici nad 50 dB L_{night} vyšší o 20–30% [9].

O efektu kombinované expozice hluku a vibrací z železnice je doposud málo poznatků. V rámci švédského výzkumného projektu byly tyto účinky na spánek sledovány jak v terénní dotazníkové studii, tak i v experimentální spánkové laboratoři. Bylo zjištěno, že vibrace z železnice mohou mít vyšší rušivý účinek na kvalitu spánku, nežli samotný hluk a mezi účinkem hluku a vibrací existuje interakce, vedoucí k vyššímu stupni rušivého účinku při současné expozici oběma faktorům. Při expozici nočnímu hluku L_{night} 55–59 dB byl rušivý efekt při současném působení silných vibrací při zavřených oknech až čtyřnásobný ve srovnání s pouze hlukovou expozicí. Možným vysvětlením je, že vibrace ztěžují vznik tolerance k vnímání hluku. Toto zjištění ukazuje, že k eliminaci obtěžování a rušení spánku provozem železnice nemusí stačit pouze protihlukové stěny a okna, pokud se nezabrání šíření silných vibrací [10].

V uvedeném experimentu byly ovšem použity vibrace řádově překračující současný hygienický limit vibrací v obytných místnostech v ČR.

Pro oblasti zatížené hlukem z trati s intenzivní dopravou je zásadním zjištěním, že obtěžující účinek hluku závisí kromě intenzity hluku i na počtu projíždějících vlaků. Při velmi vysoké frekvenci dopravy, kdy projíždí vlak každé 3 minuty, byl obtěžující účinek hluku z železniční dopravy vyšší nebo stejný jako stejně intenzivního hluku z dopravy silniční, což potvrdilo dřívější výsledky studií z Japonska a Koreje [11].

⁵ L_{dn} (Day-night level) – dlouhodobá ekvivalentní hladina akustického tlaku za 24 hodin s penalizací noční hladiny akustického tlaku o 10 dB.

⁶ L_{den} (Day-evening-night level) – dlouhodobá ekvivalentní hladina akustického tlaku za 24 hodin s penalizací večerní hladiny akustického tlaku o 5 dB a noční hladiny o 10 dB.

⁷ TVANE (Train Vibration and Noise Effects)

Kromě vibrací a počtu vlaků má podle další studie významný vliv na celkové obtěžování hlukem ze železnice i orientace obytných domů. Procento obyvatel vysoce obtěžovaných hlukem bylo o polovinu vyšší při orientaci ložnic a až dvojnásobné při orientaci balkonů a teras domů směrem k trati [12].

V nové směrnici WHO byly vyhodnoceny výsledky novějších epidemiologických studií a odvozeny nové vztahy pro jednotlivé typy dopravního hluku a vysokou úroveň obtěžování. Ve srovnání s doposud používanými vztahy indikují vyšší stupeň obtěžování, zejména u hluku z letecké a železniční dopravy, u které vychází vyšší obtěžující účinek nežli u dopravy silniční. Procento silně obtěžovaných obyvatel při stejné hlukové expozici L_{den} 60 dB podle těchto nových vztahů pro jednotlivé typy dopravy (letecká-silniční-železniční) vychází v hodnotách 36%-15%-17%.

V doporučení nová směrnice vychází ze zásady, že by hluk neměl vysoce obtěžovat více než 10% exponovaných obyvatel. Tomuto účinku odpovídá podle směrnice WHO expozice hluku z automobilové dopravy 53 dB L_{den} , u hluku z železniční dopravy 54 dB L_{den} [1].

Podkladem k odvození nového vztahu expozice a účinku pro obtěžování hlukem z železniční dopravy byly výsledky 10 studií, provedených v letech 1997–2010 ve Francii, Švédsku, Rakousku, Německu a Japonsku s celkovým počtem 10 970 respondentů. Procento vysoce obtěžovaných osob hlukem ze železniční dopravy zde vychází vyšší, nežli podle doposud používaného vztahu expozice a účinku z roku 2002, odvozeného ze starších studií. Nejnižší hodnocená úroveň hlukové zátěže ve studiích byla 40 dB L_{den} , které odpovídalo cca 1,5 % vysoce obtěžovaných obyvatel.

V souhrnu tyto nové studie sice poskytují spolehlivý důkaz o obtěžujícím účinku železničního hluku, avšak z hlediska kvantitativního odhadu míry tohoto účinku jsou rozdílné v řadě významných faktorů, které mohou vést k nadhodnocení efektu, jako jsou současné vibrace, odraz hluku v údolích, vysoká frekvence vlaků, odlišná definice vysoké míry obtěžování [13].

Pro hluk z některých stacionárních zdrojů publikovali Miedema a Vos v roce 2004 modely obtěžování zpracované obdobným způsobem, jako pro hluk z dopravy, a vycházející ze studií provedených v Holandsku. Byly odvozeny pro hluk z posunu na železnici (nádraží), pro hluk ze sezónních provozů a pro hluk z výrobních zařízení s celoročním provozem na základě hlukové expozice vyjádřené v L_{den} v rozmezí 35–65 dB. Vzhledem k omezenému počtu výchozích studií, zejména v případě nádraží a sezónní výroby a nižšímu počtu respondentů poskytují tyto vztahy spíše orientační výsledky a podle autorů vyžadují ověření a potvrzení dalšími studii [14]. Tyto vztahy zůstávají i v současné době jako jediná možnost kvantitativního odhadu obtěžujících účinků hluku ze stacionárních zdrojů. Nová hluková směrnice tyto zdroje hluku s výjimkou větrných elektráren nezahrnula z důvodu jejich příliš velké rozmanitosti, specifických rysů a velmi lokálnímu charakteru.

Jako prahové hladiny hlukové expozice v denní době, od kterých se u průměrně citlivých osob začíná projevat obtěžující účinek, uváděla bez rozlišení zdrojů hluku první hluková směrnice WHO z roku 1999 ekvivalentní hladinu akustického tlaku 50 dB pro mírné a 55 dB pro silné obtěžování [3]. EEA v roce 2010 uváděla obecně pro hluk z dopravy shodnou prahovou hladinu silného obtěžování 42 dB L_{den} [2]. Nově odvozené vztahy pro silné obtěžování jsou spočteny pro rozmezí 40–80 dB L_{den} a indikují prahovou hladinu hluku pro obtěžování i pod 40 dB L_{den} [1,13].

Nepříznivé ovlivnění spánku hlukem je objektivně prokazatelné hodnocením jednotlivých stádií spánkového rytmu a různých dalších fyziologických funkcí. Spánek je základní biologickou potřebou a jeho narušení a deficit nepříznivě ovlivňuje základní životní funkce a souvisí s řadou závažných zdravotních problémů.

Doporučené zdravotně zdůvodněné hladiny hluku jako podklad pro legislativu členských zemí v oblasti kontroly a usměrňování noční hlukové expozice obyvatel bez rozlišení zdrojů hluku byly stanoveny ve směrnici WHO pro noční hluk z roku 2009 [15].

Za dostatečně prokázány je zde považován vztah nočního hluku k subjektivnímu rušení spánku, k užívání sedativ a léků na spaní, k subjektivně udávaným zdravotním problémům a potížím s nespavostí.

Pro další závažné nepříznivé účinky narušení spánku hlukem sice získané důkazy z epidemiologických studií považuje WHO za omezené, avšak lze věrohodně vysvětlit jejich mechanismus. Kromě únavy, sníženého výkonu a zvýšeného rizika úrazů a nehod jde o zvýšení rizika kardiovaskulárních onemocnění, depresí a dalších duševních nemocí a obezity. Jako více citlivé skupiny populace k rušení spánku hlukem WHO uvádí děti, seniory, těhotné ženy, chronicky nemocné a osoby pracující na směny. Děti jsou zde zařazeny přesto, že mají vyšší práh probuzení, nežli dospělí a bývají proto považovány za méně citlivé k nočnímu hluku. Jsou však ve velmi citlivém období vývoje, a i relativně malé narušení spánku u nich může mít nepříznivý efekt. Kromě toho spí déle a obvykle usínají a vstávají v hodinách mimo klasickou noční dobu promítnutou do hlukových limitů.

Zatímco k subjektivnímu vnímání rušení spánkem a vědomému probouzení může vzniknout po několika dnech až týdnech určitá tolerance, na fyziologické reakce typu změn srdečního rytmu, krevního tlaku nebo zvýšené frekvence samovolných pohybů během spánku se adaptace neprojevuje.

Několik novějších studií naznačuje, že ani hluk z železniční dopravy se na rozdíl od nižšího subjektivního vnímání rušivého vlivu v těchto fyziologických reakcích příliš neodlišuje od hluku z ostatních typů dopravy [7,16,17,18].

K ochraně obyvatel včetně citlivých skupin populace byla v hlukové směrnici z roku 2009 doporučena cílová hodnota L_{night}^8 40 dB. V rozmezí 30–40 dB dochází k ovlivnění spánku ve více ukazatelích, avšak jen mírné úrovně a nebylo prokázáno, že by mělo nepříznivé účinky na zdraví. Hluková expozice v rozmezí L_{night} 40–50 dB již vyvolává nepříznivé zdravotní účinky a ovlivňuje život mnoha lidí. Jako prozatímní cíl pro země, ve kterých z různých důvodů není reálné v krátké době cílovou hodnotu 40 dB dosáhnout, WHO doporučovalo L_{night} 55 dB, která ovšem nechrání před nepříznivými účinky hluku citlivé skupiny populace. Hlukovou zátěž nad 55 dB WHO ve směrnici z roku 2009 označila za zvýšené nebezpečí pro veřejné zdraví, neboť nepříznivé zdravotní účinky při této úrovni hlukové expozice již mají častý výskyt, značná část populace je hlukem vysoce obtěžována a rušena a je prokázáno zvýšené riziko kardiovaskulárních onemocnění [15].

Při přerušovaném hluku narůstá rušení spánku s maximální hladinou hluku. I při nízké ekvivalentní hladině akustického tlaku ovlivňuje spánek již malý počet hlukových událostí s vyšší hladinou akustického tlaku. Podle hlukové směrnice WHO z roku 2009 je prahová hladina expozice pro zvýšení frekvence samovolných pohybů během spánku a pro narušení spánkového rytmu 32 dB, resp. 35 dB maximální hladiny hluku L_{Amax} uvnitř ložnice. Počet vědomých probuzení narůstá od L_{Amax} hlukových událostí 42 dB [15].

Ke kvantitativnímu odhadu rušivého účinku hluku na spánek byly doposud používány vztahy mezi noční hlukovou expozicí z různých typů dopravy a procentem osob udávajících při dotazníkovém šetření zhoršenou kvalitu spánku, vycházející ze statistického zpracování výsledků terénních studií z různých zemí [2,19]. Hluk z železniční dopravy má podle těchto vztahů podobně jako u obtěžování nejmenší účinek. Procento obyvatel subjektivně rušených ve spánku při stejné hlukové expozici L_{night} 55 dB vychází pro silniční a železniční hluk cca 18%, resp. 10%.

⁸ L_{night} – dlouhodobá ekvivalentní hladina akustického tlaku A v časovém úseku 8 hodin v noci na nejvíce exponované fasádě domu.

V nové směrnici WHO byly vyhodnoceny výsledky novějších epidemiologických studií a byly odvozeny nové vztahy mezi L_{night} a vysokým stupněm subjektivně pocíťovaného narušení spánku. Ve srovnání s doposud používanými vztahy indikují vyšší rušivý vliv železničního hluku, nežli hluku ze silniční dopravy a pro hluk z železniční a letecké dopravy ukazují vyšší procento rušených osob. V doporučení nová směrnice vychází ze zásady, že hluk by v noci neměl vysoce rušit ve spánku více než 3% exponovaných obyvatel.

Tomuto účinku odpovídá podle směrnice WHO expozice hluku z automobilové dopravy 45 dB L_{night} , u hluku z železniční dopravy expozice 44 dB L_{night} [1]

Podkladem k odvození nového vztahu expozice a účinku pro narušení spánku hlukem z železnice byly výsledky 9 studií ze Švédska, Německa, Japonska a Koreje, publikovaných v letech 2004–2015 s celkovým počtem 7133 respondentů. Jako spodní okraj rozmezí hodnocené hlukové zátěže bylo z důvodu možné nepřesnosti u nižších hodnot stanoveno 40 dB L_{night} které odpovídá cca 2% vysoce obtěžovaných obyvatel.

Procento vysoce rušených osob hlukem ze železniční dopravy podle tohoto vztahu vychází vyšší, nežli podle doposud používaného vztahu expozice a účinku z roku 2004, odvozeného ze starších studií a jak již bylo uvedeno dokonce převyšuje rušivý vliv dopravy silniční, což by vyvrátilo tzv. železniční bonus (u nás –5 dB) při stanovení hlukového limitu pro noční hluk z této dopravy.

Podle podkladové zprávy směrnice se na tomto rozdílu může podílet odlišná metodologie při odvození vztahu a též vliv asijských studií, kde může být expozice a odezva obyvatel odlišná od evropských zemí. Kromě toho byla v nových studiích vyšší frekvence nočních hlukových událostí, nežli ve starších studiích [20].

Jako prahové hladiny hlukové expozice v noční době, od kterých se u průměrně citlivých osob začínají projevoval nepříznivé účinky, uváděla hluková směrnice WHO z roku 2009 L_{night} 40 dB pro užívání sedativ a prášků na spaní, 42 dB pro objektivně prokázanou zvýšenou frekvencí pohybů ve spánku, subjektivní pocit rušení spánku a problémy s nespavostí. Z neúplně prokázaných účinků byla prahová hladina hluku 60 dB L_{night} pro psychické poruchy [15]. Nově byly odvozené vztahy pro silný stupeň rušení ve spánku pro rozmezí 40–65 dB L_{night} a indikují prahovou hladinu hluku pro tento účinek i pod 40 dB L_{night} [1,20].

Nepříznivé ovlivnění výkonnosti hlukem bylo zatím sledováno převážně v laboratorních podmínkách u dobrovolníků. Zvláště citlivá na působení zvýšené hlučnosti je tvůrčí duševní práce a plnění úkolů spojených s nároky na paměť, soustředěnou a trvalou pozornost a komplikované analýzy. Rušivý účinek hluku je významný zejména při činnostech náročných na pracovní paměť, kdy je třeba udržovat část informací v krátkodobé paměti, jako jsou matematické operace a čtení.

Nejvíce pozornosti včetně řady epidemiologických studií bylo doposud věnováno vlivu hluku na vývoj poznávacích kognitivních funkcí u dětí, který byl poprvé zjištěn u dětí ve školách ovlivněných vysokou úrovní leteckého hluku při ekvivalentní hladině hluku ve venkovním prostoru nad 70 dB. Nepříznivé ovlivnění kognitivních funkcí se projevovalo sníženou schopností motivace, nižší výkonností při poznávacích úlohách a deficitem v osvojení čtení a jazyka. Děti byly více roztržité a dělaly více chyb. Nepříznivý účinek byl větší u dětí s horšími školními výkony.

Vliv hluku na vývoj kognitivních funkcí u dětí byl posuzován i v rámci přípravy nové hlukové směrnice WHO. Kromě přímého vlivu hluku se předpokládá další souběžné působení hluku na pozornost, motivaci, neklid, frustraci žáků i učitelů. Byly vyhodnoceny výsledky 34 studií, většinou zaměřených na důsledky expozice škol hlukem z letecké dopravy. U leteckého hluku bylo zjištěno zpoždění o 1–2 měsíce ve vývoji porozumění řeči a čtení u dětí při zvýšení expozice v L_{den} o 5 dB s prahovou hladinou kolem 55 dB.

U hluku z automobilové nebo železniční dopravy nebylo ovlivnění vývoje kognitivních funkcí u dětí zjištěno. Dle WHO to ale nezbytně neznamená, že tento vliv neexistuje, nýbrž spíše indikuje potřebu více kvalitnějších studií [21].

Směrnice WHO vychází ze studií publikovaných cca do roku 2015. Souhrnné vyhodnocení pozdějších studií, věnovaných některým účinkům hluku, zpracované pro britské ministerstvo pro životní prostředí, potraviny a záležitosti venkova (DEFRA) bylo publikováno v loňském roce. Ve vztahu k ovlivnění kognitivních funkcí přineslo mírný posun pouze u hluku ze silniční dopravy a vlivu na pracovní paměť a pozornost u školních dětí, popsaného v jedné studii. U hluku z železniční dopravy žádné nové poznatky nebyly zjištěny [22].

Z přímých zdravotních účinků hluku je za nejzávažnější považováno **ovlivnění funkce kardiovaskulárního systému**. Akutní hluková expozice aktivuje jako nespecifický stresor autonomní nervový a hormonální systém a tím vyvolává přechodné změny fyziologických funkcí, jako je krevní tlak, srdeční tep, hladina krevních lipidů, glukózy, vápníku, hořčiku a faktorů krevní srážlivosti. Předpokládá se, že po dlouhodobé expozici mohou u citlivých jedinců tyto změny a dysregulace vést ke zvýšenému riziku kardiovaskulárních onemocnění, tj. hypertenze, ischemické choroby srdeční (nedostatečné prokrvení srdečního svalu, projevující se klinicky jako angina pectoris až infarkt myokardu) a cévních mozkových příhod.

Nejnovější studie indikují, že zejména noční hluková zátěž může vést k poškození endotelu cév oxidačním stresem a zánětlivou reakcí a tím přispívat k progresi aterosklerózy [23].

V posledním desetiletí byly k objasnění vztahů hluku z dopravy a rizika kardiovaskulárních onemocnění provedeny desítky studií a byla publikována řada souborných prací. Zvýšené riziko ICHS bylo nalezeno ve většině studií při hlukové expozici hluku ze silniční dopravy $L_{Aeq, 6-22h} > 60$ dB, nové studie však ukazují na mírné zvýšení rizika již mezi 55–60 dB.

V rámci tvorby nové směrnice WHO byla zhodnocena váha důkazů o kardiovaskulárním riziku hluku z různých zdrojů a na základě meta-analýzy novějších epidemiologických studií byly odvozeny nové vztahy expozice a účinku. Jako hlukový deskriptor je použita L_{den} . Nejspolehlivější podklady podle WHO existují pro vztah mezi hlukem ze silniční dopravy a rizikem ischemické choroby srdeční v úrovni RR 1,08 (95%CI = 1,01–1,15) pro 10 dB nárůst expozice s prahovou hladinou cca 53 dB. Byly též odvozeny vztahy pro další ukazatele kardiovaskulárních onemocnění, jako je hypertenze a cévní mozkové příhody, avšak s nízkým stupněm spolehlivosti.

V doporučení pro jednotlivé zdroje hluku nová směrnice WHO vychází ze zásady, že hluk by u exponovaných obyvatel neměl zvyšovat riziko ICHS o více než 5% a riziko hypertenze o více než 10%. Pro hluk ze silniční dopravy odpovídá podle nového vztahu 5% nárůst rizika ICHS dlouhodobá expozice L_{den} 59,3 dB.

Podkladové studie se doposud týkaly prakticky převážně hlukové expozice ze silniční, popř. letecké dopravy a přesvědčivé důkazy o kardiovaskulárním riziku pro železniční hluk neposkytují. Některé studie poukazují na rušení spánku, akutní odezvu kardiovaskulárního systému a možné riziko hypertenze ve vztahu zejména k noční expozici i u hluku z železniční dopravy [24,25,26].

Podle směrnice WHO a jejích podkladů však důkazy pro riziko kardiovaskulárních onemocnění a hluk z železniční dopravy nebyly nalezeny [1,27].

Směrnice WHO vychází ze studií publikovaných do roku 2015. Pozdější kvalitní kohortové studie poskytují další podporu pro asociaci hluku a zvýšeným rizikem cévních mozkových příhod a diabetu. Ve vztahu k hypertenzi nejsou výsledky nových studií konzistentní. Z kardiovaskulárních onemocnění nehodnocených v podkladech směrnice WHO nové studie našly souvislost silničního a/nebo leteckého hluku se zvýšeným rizikem incidence srdečního selhání a úmrtnosti a potenciálním zvýšením rizika případů síňové fibrilace [28].

Z hlediska charakterizace hlukové expozice některé poznatky naznačují, že pro akutní onemocnění je více relevantní přerušovaný noční hluk zejména s píky významně nad základní hladinou hluku, zatímco pro chronická kardiovaskulární onemocnění je více relevantní kontinuální denní expozice [28].

Jednoznačné nejsou výsledky studií zaměřených na *vztah hlukové expozice a projevů poruch duševního zdraví*. Naznačují, že hluk z prostředí zejména při vysoké úrovni má vztah k psychologickým symptomům a může zvyšovat pocity úzkosti a spotřebu sedativ, avšak je málo důkazů o závažnějších účincích.

Podle směrnice WHO pro noční hluk z roku 2009 existují některé doklady o tom, že intenzivní hluk ze silniční dopravy může vést k psychologickým symptomům. Je přitom možné, že noční hluk působící během doby spánku má účinky na duševní zdraví při nižší úrovni nežli hluk v denní době. Žádné důkazy neexistují o vlivu na duševní zdraví u hluku z železniční dopravy [15].

V podkladech směrnice WHO z roku 2018 se konstatuje nízká nebo velmi nízká váha důkazů o těchto účincích dopravního hluku hlavně z důvodu malého počtu studií [29].

Tato směrnice WHO vychází ze studií publikovaných do roku 2015. V posledních dvou letech bylo publikováno několik systematických vyhodnocení pozdějších studií, zabývajících se vlivem hluku na duševní zdraví, které však podstatnou změnu závěrů směrnice WHO nepřinesly [22, 30, 31].

Pouze u leteckého hluku byl meta-analýzou výsledků 5 studií nalezen statisticky významný vztah pro navýšení rizika deprese o 12 % při zvýšení expozice o 10 dB L_{den} . Pro hluk ze silniční a železniční dopravy sice studie naznačovaly malé zvýšení rizika deprese, nebylo ale statisticky významné a podobně tomu bylo u silničního hluku a rizika úzkostných stavů. Pro hluk ze železniční dopravy nebyl k vyslovení závěrů o účincích na duševní zdraví dostatek studií [31].

III. 2. Hodnocení expozice a charakterizace rizika hluku

Jako podklad pro hodnocení zdravotních rizik hluku byla v hlukové studii vypracována analýza počtu obyvatel ovlivněných hlukem z provozu železniční dopravy v 5dB pásmech v hlukových deskriptorech L_d , L_n a L_{dn} .

Analýza počtu ovlivněných obyvatel byla provedena pro široké území zahrnující části městských částí Praha 6, Praha 7 a část Prahy 1. Situace hodnoceného území a použitá metodika analýzy počtu ovlivněných obyvatel jsou detailně uvedeny v hlukové studii. Celkem je do analýzy zahrnuto 7 059 obytných objektů s celkovým počtem 103 873 obyvatel. Do hodnocení zdravotních rizik však bude zahrnutý podstatně nižší počet obyvatel s expozicí nad 40 dB ekvivalentních hladin akustického tlaku, pro kterou jsou odvozeny vztahy expozice a účinku. Počty obyvatel v hlukových pásmech jsou uvedeny pro počáteční akustickou situaci (PAS) a pro výhledový stav (situace v roce 2030 po zprovoznění modernizace a novostavby navazujících úseků Praha-Veleslavín – Praha-Letiště Václava Havla a Praha-Bubny – Praha-Výstaviště a zprovoznění modernizace a novostavby posuzovaného úseku).

Analýza vychází z dat ČSÚ o počtu obyvatel v dotčených městských částech k 31.12.2019. Tento podklad byl použitý i pro situaci v roce 2030, neboť pro tento časový horizont nejsou použitelné údaje. Rozdělení objektů do 5 dB pásem bylo provedeno podle nejvyšší hodnoty hlukového deskriptoru na fasádě objektu bez ohledu na umístění oken chráněných pobytových místností. Tím jsou výsledné počty obyvatel nadhodnoceny, tedy na straně bezpečnosti.

Výsledné počty obyvatel exponovaných hluku z železniční dopravy v hodnoceném území, které jsou podkladem ke kvantitativní charakterizaci rizika hluku, převzaté z hlukové studie, jsou uvedeny v tabulkách č. 1–3.

Tab. 1: Počet obyvatel v 5dB pásmech v denním období, deskriptor $L_{Aeq,16h}$ – železniční doprava

Posuzovaný stav	Rozdělení hodnocených obyvatel do 5 dB pásem dle nejvyšší zjištěné hodnoty $L_{Aeq,16h}$ 2 m před fasádou objektu								
	do 40 dB	40-45 dB	45-50 dB	50-55 dB	55-60 dB	60-65 dB	65-70 dB	70-75 dB	75 dB a více
PAS	87208	7507	4609	1769	2284	467	28	1	0
2030 výhledový	101654	663	879	459	218	0	0	0	0

Tab. 2: Počet obyvatel v 5dB pásmech v nočním období, deskriptor $L_{Aeq,8h}$ – železniční doprava

Posuzovaný stav	Rozdělení hodnocených obyvatel do 5 dB pásem dle nejvyšší zjištěné hodnoty $L_{Aeq,8h}$ 2 m před fasádou objektu								
	do 40 dB	40-45 dB	45-50 dB	50-55 dB	55-60 dB	60-65 dB	65-70 dB	70-75 dB	75 dB a více
PAS	95500	4168	1541	2297	343	23	1	0	0
2030 výhledový	102377	1007	243	246	0	0	0	0	0

Tab. 3: Počet obyvatel v 5dB pásmech pro deskriptor L_{dn} – železniční doprava

Posuzovaný stav	Rozdělení hodnocených obyvatel do 5 dB pásem dle nejvyšší zjištěné hodnoty L_{dn} 2 m před fasádou objektu								
	do 40 dB	40-45 dB	45-50 dB	50-55 dB	55-60 dB	60-65 dB	65-70 dB	70-75 dB	75 dB a více
PAS	82730	9927	4971	2872	2138	1149	82	4	0
2030 výhledový	101173	827	598	853	381	41	0	0	0

Jak již bylo uvedeno, aktuální podklady k hodnocení zdravotních rizik hluku na základě zhodnocení váhy současných důkazů o hlavních nepříznivých zdravotních účincích hluku včetně aktualizace dosavadních vztahů expozice a účinku přinesla nová hluková směrnice WHO, vydaná v roce 2018.

Na rozdíl od dřívějších směrnic se nezabývá hlukem obecně, nýbrž samostatně jednotlivými typy zdrojů hluku, v případě hluku z dopravy tedy hlukem z dopravy silniční, železniční a letecké. Pro každý z těchto typů hluku byly zhodnoceny nové poznatky pro rozhodující zdravotní účinky a na jejich základě stanoveny doporučené hladiny akustického tlaku v hlukových deskriptorech L_{den} a L_{night} .

Tyto doporučené hodnoty se vztahují na dlouhodobou hlukovou expozici. Nepředstavují přímo prahové hladiny zdravotních účinků hluku a nevedou k plné ochraně populace včetně citlivých skupin. Jejich překročení však podle současných poznatků vede k zvýšení rizika nepříznivých zdravotních účinků, které je již považováno za významné.

Pro hluk ze železniční dopravy nová směrnice WHO doporučuje redukovat průměrnou hlukovou expozici pod L_{den} 54 dB, která podle aktualizovaných vztahů expozice a účinku odpovídá 10% obyvatel vysoce obtěžovaných hlukem. Pro noční hlukovou expozici tomuto hluku nová směrnice WHO doporučuje redukovat noční hlukovou zátěž pod L_{night} 44 dB, která podle aktualizovaných vztahů expozice a účinku odpovídá 3% obyvatel vysoce rušených hlukem ve spánku.

Rušení spánku i obtěžování hlukem považuje WHO v souladu s definicí zdraví za významné zdravotní účinky, což je podle WHO podpořeno i důkazy o možném podílu těchto účinků na kauzálním mechanismu hlukem vyvolaných kardiovaskulárních a metabolických onemocnění [1].

Nová hluková směrnice WHO představuje aktuální vědecký rámec pro hodnocení zdravotních rizik hluku. Pro praktické výpočty při kvantitativní charakterizaci rizika hluku aktualizovaná verze 5 Autorizačního návodu SZÚ AN 15/04 k hodnocení zdravotního rizika expozice hluku doporučuje v zájmu sjednocení postupů používat vztahy expozice a účinku, uvedené v příloze III Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/49/ES o hodnocení a řízení hluku ve venkovním prostředí, která obsahuje vzorce vybraných vztahů expozice a účinku pro hodnocení rizika hluku v rámci strategického hlukového mapování, převzatých z nové hlukové směrnice WHO [32].

Pro odhad procenta obyvatel vysoce obtěžovaných hlukem (*HA – Highly Annoyed*) z železniční dopravy je zde uvedena rovnice: $\%HA = 38,1596 - 2,05538 \cdot L_{den} + 0,0285 \cdot L_{den}^2$ odvozená na základě systematického posouzení a meta-analýzy novějších epidemiologických studií publikovaných v letech 2003–2013 [1,13]. Ve srovnání s původními vztahy indikuje vyšší stupeň obtěžování hlukem z železniční dopravy i při nižší hlukové expozici.

Vztah byl odvozen pro hlukovou zátěž v L_{den} v rozmezí 40–80 dB. Nejnižší hladina hluku v podkladových studiích byla 40 dB a odpovídá cca 1,5% vysoce obtěžovaných obyvatel. Nelze jí tedy považovat za prahovou hladinu hluku pro obtěžující účinek.

Z výsledků analýzy počtu obyvatel ovlivněných hlukem z provozu železniční dopravy v 5dB pásmech uvedených v tabulkách č. 1–3 jednoznačně vyplývá výrazný příznivý efekt realizace záměru modernizace a novostavby železniční tratě a vedení trati v tunelech ve výhledovém stavu, kdy ve srovnání s PAS výrazně klesne počet obyvatel exponovaných hluku nad 40 dB ve všech hlukových deskriptorech L_d , L_n a L_{dn} .

Výsledky kvantitativního vyhodnocení příznivého efektu realizace záměru z hlediska počtu obtěžovaných obyvatel při aplikaci výše uvedeného vztahu expozice a účinku na základě údajů o expozici celkového počtu 103 873 obyvatel v 5db pásmech L_{dn} (tab. č. 3) jsou uvedeny v tabulce č. 4.

Při výpočtu byl k převedení deskriptoru L_{dn} na L_{dvn} použitý vzorec $L_{dvn} = L_{dn} + 0,4$ dB, odvozený na základě vyhodnocení dopravních a expozičních dat pro železniční dopravu [33]. Výpočet je proveden pro expozici od 40 dB L_{den} , pro kterou je použitelný výše uvedený vztah expozice a účinku.

Tab. 4 – Počet a procento obyvatel vysoce obtěžovaných hlukem z železniční dopravy				
Akustický stav	Počet obyvatel >40 dB L_{dvn}	%	Počet obtěžovaných	%
PAS	21143	20,4	1106	1,1
2030 výhledový stav	2700	2,6	174	0,2

Z výsledku vyplývá zásadní snížení počtu obyvatel exponovaných vyšším hladinám hluku z provozu železnice po realizaci záměru vůči PAS. Počet obyvatel vysoce obtěžovaných hlukem se snižuje vůči PAS z 1106 na 174 obyvatel, tedy o 84 %.

Pro odhad procenta obyvatel vysoce rušených ve spánku (*HSD – Highly Sleep Disturbed*) hlukem z železniční dopravy uvádí nová směrnice WHO rovnici:

$\%HSD = 67,5406 - 3,1852 \cdot L_{night} + 0,0391 \cdot (L_{night})^2$, odvozenou na základě systematického posouzení a meta-analýzy novějších epidemiologických studií publikovaných v letech 2004–2015 [1,20].

Vztah byl odvozen pro hlukovou zátěž v L_{night} v rozmezí 40–65 dB. Spodní hodnota 40 dB, která byla zvolena z důvodu možných nepřesností v odhadu nízkých hladin hluku, odpovídá cca 2% vysoce rušených obyvatel. Nelze jí tedy považovat za prahovou hladinu hluku pro tento účinek.

Výsledky kvantitativního vyhodnocení příznivého efektu realizace záměru z hlediska počtu obyvatel rušených hlukem ve spánku při aplikaci výše uvedeného vztahu expozice a účinku na základě údajů o expozici celkového počtu 103 873 obyvatel v 5db pásmech L_{night} (tab. č. 2) jsou uvedeny v tabulce č. 5. Výpočet je proveden pro expozici od 40 dB L_{night} , pro kterou je použitelný výše uvedený vztah expozice a účinku.

Akustický stav	Počet obyvatel >40 dB L_{night}	%	Počet rušených	%
PAS	8373	8,1	424	0,4
2028 výhledový stav	1496	1,4	59	0,06

Z výsledku vyplývá zásadní snížení počtu obyvatel exponovaných vyšším hladinám hluku z provozu železnice po realizaci záměru vůči PAS. Počet obyvatel vysoce rušených hlukem ve spánku se snižuje vůči PAS z 424 na 59 obyvatel, tedy o 86 %.

Výsledky v tabulkách č. 4 a 5 dokládají podstatné snížení hlukové zátěže z provozu železniční dopravy po realizaci záměru.

Vypočtené hodnoty ekvivalentní hladiny akustického tlaku A z provozu železniční dopravy se ve všech výpočtových bodech hlukové studie s velkou rezervou pohybují pod úroveň hygienického limitu. Tyto limity z hlediska akustického komfortu a pohody představují nevyhnutelný kompromis mezi snahou o ochranu obyvatel a reálnou situací a technickými a ekonomickými možnostmi. Kromě toho všeobecně při slyšitelné úrovni hluku je určitý podíl obyvatel pociťujících obtěžování a rušení hlukem vzhledem k velkému rozptylu individuální vnímavosti a dalších podmínek prakticky nevyhnutelný.

V tabulce č. 6 je pro znázornění úrovně legislativní ochrany před obtěžujícím a rušivým účinkem hluku, dané platnými hlukovými limity, uvedeno procento obyvatel vysoce obtěžovaných a rušených hlukem, které teoreticky odpovídá podle nových vztahů expozice a účinku současným limitům pro hluk z železniční dopravy. V podstatě tedy představuje společensky akceptovanou míru těchto nepříznivých účinků hluku.

$L_{Aeq,T den/noc}$ (dB)	železniční doprava	HA(%)	HSD(%)
70/65	stará hluková zátěž	40	26
60/55	ochranné pásmo dráhy (OPD)	22	11
55/50	mimo OPD	15	6

Výpočet procenta obtěžovaných nebo rušených obyvatel ve spánku je pouze velmi hrubým odhadem, neboť skutečný vliv hluku z těchto zdrojů závisí na řadě faktorů, jako je úroveň hlukového pozadí z ostatních zdrojů, zejména silniční dopravy, konkrétní situování domů, jejich místností sloužících k odpočinku a spaní, vztahu obyvatel k tomuto zdroji hluku apod. Jak již bylo uvedeno, určitý podíl obyvatel pociťujících obtěžování hlukem je při vnímatelné úrovni hluku vzhledem k velkému rozptylu individuální vnímavosti a dalších podmínek prakticky nevyhnutelný. Dokládají to i výsledky tohoto hodnocení.

Kromě hluku z železniční dopravy je ve výhledovém stavu hlukovou studií pomocí kontrolních výpočtových bodů vyhodnocen také hluk z provozu stacionárních zdrojů hluku (technologických objektů na odvětrávání tunelů). Výpočtové body byly umístěny ve vzdálenosti 2 m od fasády nejbližších chráněných staveb před okenními otvory.

Vypočtené hodnoty ekvivalentní hladiny akustického tlaku A z provozu těchto stacionárních zdrojů hluku se v denní době pohybují od $L_{Aeq,8h} = 22,0$ dB do $L_{Aeq,8h} = 35,9$ dB a v noční době od $L_{Aeq,1h} < 20,0$ dB do $L_{Aeq,1h} = 25,9$ dB. Hygienický limit z provozu stacionárních zdrojů hluku 50/40 dB (den/noc) tedy bude podle výsledků hlukové studie v zájmovém území dodržen.

Pro hluk ze stacionárních zdrojů v současné době nejsou k dispozici vztahy expozice a účinku pro kvantitativní charakterizaci případného zdravotního rizika. Tato situace se nezměnila ani po vyjití nové hlukové směrnice WHO, která tyto zdroje hluku s výjimkou větrných elektráren nezahrnuje z důvodu jejich příliš velké rozmanitosti, specifických rysů a velmi lokálního charakteru.

Je možné pouze orientačně odhadnout míru obtěžujícího účinku s použitím vztahů odvozených na základě několika holandských studií, publikovaných v roce 2004 [14]. Tyto vztahy však pro daný případ hluku z odvětrávání tunelů nelze použít, protože byly odvozeny pro vyšší úroveň hlukové zátěže.

III. 3. Závěr

Hodnocení zdravotního rizika hluku z železniční dopravy bylo provedeno v souladu s požadavky autorizačního návodu SZÚ Praha AN 15/04 verze 5, který zohlednil odborné podklady a vztahy expozice a účinku z nové hlukové směrnice WHO z roku 2018. Současně bylo přihlédnuto k výsledkům i nejnovějších studií zabývajících se zdravotními účinky dopravního hluku.

Použitým podkladem byly údaje hlukové studie, zejména analýza počtu obyvatel stávající obytné zástavby v dotčeném území, exponovaných hlukem z železniční dopravy v hlukových pásmech ekvivalentních hladin akustického tlaku.

Realizace záměru modernizace trati v úseku Praha-Dejvice (mimo) – Praha-Veleslavín (mimo) povede podle výsledků hlukové studie hlavně díky vedení v tunelech k zásadnímu snížení úrovně hlukové zátěže z železniční dopravy u obyvatel dotčeného území.

Snížení stávající poměrně vysoké úrovně hlukové zátěže povede podle provedeného kvantitativního vyhodnocení k výraznému snížení rizika hluku v hodnocených ukazatelích počtu obyvatel hlukem vysoce obtěžovaných a rušených ve spánku. Toto snížení dosahuje v počtu postižených obyvatel cca 85 % proti výchozí akustické situaci.

Obtěžující a rušivé vlivy hluku jsou ve slyšitelném pásmu v důsledku velkého rozptylu individuální vnímavosti a dalších podmínek v podstatě bezprahové. Malý podíl obyvatel je proto může pociťovat i při nízké podlimitní úrovni hlukové zátěže, což ukazují i výsledky provedeného hodnocení.

Tento závěr je platný za předpokladu platnosti poskytnutých výchozích podkladů.

IV. Analýza nejistot

Každé hodnocení vlivů na zdraví je nevyhnutelně zatíženo řadou nejistot. Proto je jednou z neopominutelných součástí hodnocení vlivů na zdraví i popis a analýza nejistot, kterých si je zpracovatel vědomý a ke kterým by se mělo přihlédnout v další etapě rozhodování.

V daném případě hodnocení zdravotních rizik hlukové zátěže obyvatel z provozu železniční dopravy vyplývají určité nejistoty jak z výchozích dat, na jejichž základě byla hodnocena expozice hluku, tak i ze současného stupně poznání jeho zdravotních účinků a rizik.

Konkrétně se jedná hlavně o tyto oblasti:

1. Výpočtový model hlukové studie byl validován na základě měření a vypočtené hodnoty ekvivalentních hladin akustického tlaku jsou uváděny s přesností $\pm 2,0$ dB.

Analýza počtu obyvatel ovlivněných hlukem z železniční dopravy byla provedena pro velmi široké území Prahy. K vlastnímu hodnocení rizika hluku byly použity pouze počty obyvatel s reálnou expozicí železničnímu hluku nad 40 dB ekvivalentních hladin akustického tlaku. Rozsah území analýzy počtu obyvatel proto není podstatný. Zařazení objektů obytné zástavby bylo podle nejvyšší zjištěné hodnoty hlukové expozice, vypočtené na fasádě celého objektu bez zohlednění chráněných místností. Výsledné počty obyvatel tak jsou především ve vyšších hlukových pásmech nadhodnoceny, tedy na straně bezpečnosti.

Hluková studie hodnotí pouze vliv železniční dopravy, neudává tedy celkovou hladinu hluku. Pro hodnocení zdravotních dopadů kumulované hlukové expozice z různých zdrojů však nejsou k dispozici ověřené metodiky, a proto nejsou pro tento kumulovaný hluk stanoveny ani hygienické limity. Vychází se z předpokladu, že při dodržení limitů pro jednotlivé zdroje hluku nedochází ke kumulaci hluku v takové úrovni, která by představovala významné zdravotní riziko.

Spolehlivý a ověřený model pro hodnocení kombinovaného účinku hluku z různých zdrojů nebyl vytvořen, neboť studie, které slouží jako podklad k odvození vztahů expozice a účinku vycházejí z expozice vztažené na převažující zdroj hluku. Na základě analýz existujících studií je zřejmé, že obtěžující účinek kombinovaného hluku z různých zdrojů není funkcí celkového akustického tlaku. V případě zdrojů hluku stejné intenzity bylo často zjištěno, že celkový obtěžující účinek je nižší nežli samostatný účinek jednotlivých zdrojů hluku, což se dá vysvětlit maskujícím efektem. U rozdílné intenzity hluku z různých zdrojů je často pozorován dominantní efekt, kdy je celkový obtěžující účinek určen hlasitějším zdrojem.

Ve švédské studii, zabývající se kombinovaným hlukem ze silniční a železniční dopravy bylo zjištěno, že kumulace obtěžujícího účinku se ve srovnání s oblastmi s jedním dominantním zdrojem hluku stejné intenzity začíná zřetelně projevovat až od 59 dB $L_{Aeq,24h}$ a kontinuálně narůstá se zvyšující se hlukovou zátěží [37].

Nové možnosti hodnocení kombinované expozice hluku z více zdrojů nepřinesla ani nová hluková směrnice WHO z roku 2018.

V daném případě vzhledem k jednoznačně příznivému efektu posuzovaného záměru na hlukovou zátěž z železniční dopravy a tím i na hlukovou zátěž celkovou tato nejistota není podstatná.

2. Pro charakterizaci rizika hluku byly v souladu s aktualizovanou verzí 5 AN SZÚ použity nové vztahy expozice a účinku ze směrnice WHO z roku 2018, které jsou obsaženy i v příloze III Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/49/ES o hodnocení a řízení hluku ve venkovním prostředí. Jde tedy o zcela aktuální podklady.

Při odhadu situace konkrétního hodnoceného záměru je ovšem aplikace vztahů, odvozených z meta-analýz studií z různých zemí vždy zatížena nejistotou, neboť účinky hluku a reakci obyvatel kromě vlastní hlukové zátěže a jejího charakteru významně ovlivňuje i řada místních neakustických faktorů.

Konkrétně u hluku z železniční dopravy se v podkladech nové hlukové směrnice WHO uvádí nejméně 6 faktorů, které mohou významně ovlivnit míru nepříznivých účinků v konkrétních podmínkách. Jedná se o současný vliv vibrací šířených podzemím, vzdálenost obytných budov od tratě, konstrukční typ budov, poměr osobních a nákladních vlaků, rozdíl běžných a vysokorychlostních tratí a dostupnost tiché fasády obytných budov [13].

V. Příloha – citovaná a použitá literatura

1. WHO: *Environmental Noise Guidelines for the European Region*, WHO, 2018
2. EEA: *Good practice guide on noise exposure and potential health effects*, EEA Technical report No 11/2010, EEA, 2010
3. WHO: *Guidelines for Community Noise*, 1999
4. Havránek J. a kol.: *Hluk a zdraví*, Avicenum Praha, 1990
5. Guski R., Schreckenberg D., Schuemer R.: *Supplementary Materials (S35): WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A systematic Review on Environmental Noise and Annoyance*, *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2017, 14, 1539
6. European Commission: *Position paper on dose response relationships between transportation noise and annoyance*, 2002
7. Griefahn, B., Marks, A., Banner, M.: *Assessment of Environmental Noise. The Validity of the Railway Bonus for Day- and Nighttime*, *Newsletter Europ. Academy*, No.64, 2006
8. Jerson T., Ögren M., Öhrström E.: *TVANE – Train Vibration and Noise Effects: Presentation of a Swedish research project*, *Inter Noise 2008*
9. Öhrström E., Gunnarsson A.G., Ögren M., Jerson T.: *Comparative Field Studies on the Effects of Railway and Road traffic Noise*, *Inter Noise 2010*
10. Öhrström E., Ögren M., Jerson T.: *Effects of railway noise and vibration in combination: field and laboratory studies*, *Euronoise 2009*
11. Gunnarsson A.G., Öhrström E., Ögren M., Jerson T.: *Comparative studies on railway and road traffic noise annoyances and the importance of number of trains*, *ICBEN 2011*,
12. Gunnarsson A.G., Ögren M., Jerson T., Öhrström E.: *Railway noise annoyance and the importance of number of trains, ground vibration, and building situational factors*, *Noise Health* 2012, 14:190-201
13. Guski R., Schreckenberg D., Schuemer R.: *WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A systematic Review on Environmental Noise and Annoyance*, *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2017, 14, 1539
14. Miedema, HME, Vos H: *Noise annoyance from stationary sources: Relationships with exposure metric day-evening-night (DENL) and their confidence intervals*, *J. Acoust. Soc. Am.* 116(1), July 2004
15. WHO, Regional Office for Europe: *Night noise guidelines for Europe*, WHO, 2009
16. Tassi P., Sazemi M., Schimchowitsch S., Eschenlauer A., Rohmer O., Muzet A.: *Cardiovascular response to railway noise during sleep in young and middle-aged adults*, *Europ J of Appl. Physiology*, 2010, 108, 4:671-680
17. Lercher P., Brink M., Rudisser J., Van Renterghem T., Botteldooren D., Baulac M., Defrance J.: *The effects of railway noise on sleep medication intake: Results from the ALNAP-study*, *Noise Health* 2010, 12:110-119

18. Basner M., Müller U., Elmenhorst EM.: *Single and combined effects of air, road, and rail traffic noise on sleep and recuperation, SLEEP 2011, 34(1):11-23*
19. *European Commission Working Group on Health and Socio-Economic Aspects: Position Paper on Dose-Effects Relationships for Night Time Noise, 2004*
20. Basner M., McGuire S.: *WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A systematic Review on Environmental Noise and Effects on Sleep, Int. J. Environ. Res. Public Health 2018, 15, 519*
21. Clark Ch., Paunovic K.: *WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A systematic Review on Environmental Noise and Cognition, Int. J. Environ. Res. Public Health 2018, 15, 285*
22. Clark Ch., Crumpler C., Notley H.: *Evidence for Environmental Noise Effects on Health for the United Kingdom Policy Context: A Systematic Review of the Effects on Environmental Noise on Mental Health, Wellbeing, Quality of Live, Cancer, Dementia, Birth, Reproductive Outcomes and Cognition, Int. J. Environ. Res. Public Health 2020, 17, 393*
23. Münzel T., Schmidt F.P., Steven S., Herzog J., Daiber A., Sørensen M.: *Environmental Noise and the Cardiovascular System, J. Am Coll. Cardiol. 2018, 71(6):688-97*
24. Sørensen et al.: *Exposure to road traffic and railway noise and associations with blood pressure and self-reported hypertension: a cohort study, Environmental Health 2011, 10:92*
25. Dratva et al.: *Transportation Noise and Blood Pressure in a Population-Based sample of Adults, Environ Health Perspect 2012 (120):50-55*
26. Münzel T., Gori T., Babisch W., Basner M.: *Cardiovascular effects of environmental noise exposure, European Heart Journal, 2014, 34:829-836*
27. 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, Int. J. Environ. Res. Public Health 2017, 15, 379*
28. Münzel T., Kröller-Schön S., Oelze M., Gori T.: *at al.: Adverse Cardiovascular Effects on Traffic Noise with a Focus on Nighttime Noise and the New WHO Noise Guidelines, Annu. Rev. Public Health 2020, 41:309-28*
29. Clark Ch., Paunovic K.: *WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A systematic Review on Environmental Noise and Quality of Life, Wellbeing and Mental Health, Int. J. Environ. Res. Public Health 2018, 15, 2400*
30. Dzhambov A.M., Lercher P.: *Road Traffic Noise Exposure and Depression/Anxiety: An Updated Systematic Review and Meta-Analysis, Int. J. Environ. Res. Public Health 2019, 16, 4143*
31. Hegewald J., Schubert M., Freiberg A., Starke K.R. et al.: *Traffic Noise and Mental Health: A Systematic Review and Meta-Analysis, Int. J. Environ. Res. Public Health 2020, 17, 6175*
32. *Evropská komise: Směrnice komise (EU) 2020/367 ze dne 4. března 2020, kterou se mění příloha III směrnice Evropského parlamentu a rady 2002/49ES, pokud jde o hodnocení škodlivých účinků hluku ve venkovním prostředí, EK, Gen. ředitelství pro životní prostředí, 2020*
33. Brink M., Schaffer B., Pieren R., Wunderli J.M.: *Conversion between noise exposure indicators Leq24h, LDay, LEvening, LNight, Ldn and Lden: Principles and practical guidance. Int. J. Hyg. Environ. Health. 2018;221:54–63*

34. Vandasová Z., Fialová A.: *Vztahy mezi hlukovými ukazateli L_{dvn} a L_{dn}*, SZÚ, 2019
35. Miedema, HME, Oudshoorn CGM.: *Annoyance from transportation noise: Relationships with Exposure metrics DNL and DENL and Their Confidence Intervals*, *Environ Health Perspect*, 2001, 109:409-416
36. *Evropská komise: Směrnice komise (EU) 2020/367 ze dne 4. března 2020, kterou se mění příloha III směrnice Evropského parlamentu a rady 2002/49ES, pokud jde o hodnocení škodlivých účinků hluku ve venkovním prostředí*, EK, Gen. ředitelství pro životní prostředí, 2020
37. Öhström E., Barregård B., Anderson E., Skånberg A., Svensson H., Ångerheim P.: *Annoyance due to single and combined exposure from railway and road traffic noise*, *Noise Notes*, 2008, 7(4): 41-60

Svitavy 3.8.2021

MUDr. Bohumil Havel

