



Česká metrologická společnost, z.s.

Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1

tel/fax: 221 082 254

e-mail: cms-zk@csvts.cz

www.spolky-csvts.cz/cms

Metodika provozního měření

MPM 8.2.1/01/22

METODIKA MĚŘENÍ DOPRAVNÍHO HLUKU

Praha

říjen 2022

Vzorový metodický postup byl zpracován a financován ÚNMZ v rámci Plánu standardizace – Program rozvoje metrologie 2022

Číslo úkolu: VII/3/22

Zadavatel: Česká republika – Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, organizační složka státu

Řešitel: Česká metrologická společnost, z.s.

© ÚNMZ, ČMS

Neprodejné: Metodika je volně k dispozici na stránkách ÚNMZ a ČMS. Nesmí však být dále komerčně šířena.

1 Předmět metodiky

Tato metodika se zabývá specifikami při měření dopravního hluku (hluk silniční, železniční a letecký).

2 Související normy a metrologické předpisy

Číslo normy	Název	
ČSN ISO 1996-1	Akustika – Popis, měření a hodnocení hluku prostředí – Část 1: Základní veličiny a postupy pro hodnocení	[L1]
ČSN ISO 1996-2	Akustika – Popis, měření a hodnocení hluku prostředí – Část 2: Určování hladin akustického tlaku	[L2]
ČSN EN ISO 11200	Akustika – Hluk vyzařovaný stroji a zařízeními – Návod pro používání základních norem pro určování hladin emisního akustického tlaku na stanovišti obsluhy a dalších stanovených místech	[L3]
ČSN EN ISO 11204	Akustika – Hluk vyzařovaný stroji a zařízeními – Určování hladin emisního akustického tlaku na stanovišti obsluhy a dalších stanovených místech s použitím přesných korekcí na prostředí	[L4]
ČSN EN ISO 3744	Akustika – Určování hladin akustického výkonu a hladin akustické energie zdrojů hluku pomocí akustického tlaku - Technická metoda pro přibližně volné pole nad odrazivou rovinou	[L5]
ČSN EN 61672-1	Elektroakustika – Zvukoměry – Část 1: Technické požadavky	[L6]
ČSN EN 60268-4	Elektroakustická zařízení – Část 4: Mikrofony -	[L7]
ČSN EN 60942	Elektroakustika – Akustické kalibrátory	[L8]
ČSN ISO 9613-1	Akustika. Útlum při šíření zvuku ve venkovním prostoru – Část 1: Výpočet pohlcování zvuku v atmosféře	[L9]
ČSN EN 61260	Elektroakustika – Oktávové a zlomkooktávové filtry	[L10]
ČSN EN ISO 3095	Akustika. Železniční aplikace Měření hluku vyzařovaného kolejovými vozidly	[L11]
Zákon č. 505/1990 Sb.	Zákon o metrologii v platném znění	[L12]
Vyhláška č. 345/2002 Sb.	Vyhláška Ministerstva průmyslu a obchodu, kterou se stanoví měřidla k povinnému ověřování a měřidla podléhající schválení typu, v platném znění	[L13]
Nářízení vlády č. 272/2011 Sb.	Nářízení vlády o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací	[L14]

MZČR – 1. 11. 2010	Ministerstvo zdravotnictví – hlavní hygienik ČR Metodický návod pro hodnocení hluku v chráněném venkovním prostoru staveb	[L15]
Beran Vlastimil	Chvění a hluk, skripta vydavatelství ZČU, 1996	[L16]
Planeta 2/2005	Hluk v životním prostředí	[L17]

3 Kvalifikace pracovníků provádějících měření

Kvalifikace pracovníků provádějících měření je dána příslušným předpisem organizace. Tito pracovníci se seznámí s metodickým postupem upraveným na konkrétní podmínky daného pracoviště provádějícího měření a případnými (interními) souvisejícími předpisy.

Doporučuje se potvrzení odborné způsobilosti těchto pracovníků prokázat vhodným způsobem, například osvědčením o interním zaškolení, o absolvování odborného kurzu, nebo certifikátem odborné způsobilosti. Úroveň školení závisí na zařazení pracovníka a důležitosti prováděné měřicí operace.

4 Názvosloví, definice

Názvosloví a definice jsou obsaženy v příslušných normách [L1, L2] a v publikacích o metrologické terminologii [L12, L13]. Pro účely tohoto dokumentu platí následující termíny a definice:

4.1 Zvuk

Zvuk je vjem sluchového orgánu, jehož objektivní příčinou je akustické vlnění. Jedná se o mechanické vlnění pružného prostředí v kmitočtovém rozsahu slyšitelném lidskému uchu (u zdravého člověka přibližně 20 Hz – 20 kHz). Rychlost šíření zvuku ve vzduchu je za běžných klimatických podmínek 340 m/s.

4.2 Hluk

Hluk je každý nežádoucí zvuk, který vyvolává rušivý nebo nepříjemný vjem, případně i poškozují lidské zdraví.

Norma [L1] člení hodnotící hladiny hluku pro jeden zdroj, kombinované zdroje nebo složené celodenní hodnotící hladiny.

Emise hluku je hodnota hladiny hluku produkovaného z daného zařízení.

Imise hluku je hodnota hladiny hluku na místě pozorovatele, stanovištích obsluhy v daném prostředí.

4.3 Zvukoměr

Zvukoměr je řetězec mikrofону, zesilovačů a filtrů, kde se převádí elektrické napětí z mikrofону na číselnou hodnotu. Mikrofon převádí akustické vlnění na elektrickou veličinu.

4.4 Váhový filtr

Lineární charakteristika mikrofону s konstantní citlivostí je upravována váhovými filtry. Pokud je zpracování signálu bez úprav, pracuje v poloze „LIN“. Váhové filtry upravují frekvenční charakteristiku měřicí soustavy (tj. zvukoměru s měřícím mikrofonom a zesilovačem tak, aby výsledná charakteristika odpovídala citlivosti (vjemu) lidského ucha. Nejrozšířenějším je váhový filtr „A“. Filtry „B“ a „C“ lépe vyjadřují subjektivní vjem při vyšších hladinách hluku, které odpovídají křivkám slyšitelnosti 70–100 fonů. Váhový filtr „D“ je používán při měření vysokých rázových hladin v letecké dopravě. [L16]

Hodnoty hluku se vyjadřují ekvivalentními hladinou akustického tlaku $L_{Aeq,T}$ a maximální hladinou akustického tlaku L_{Amax} . Ekvivalentní hladina akustického tlaku $L_{Aeq,T}$ se v denní době stanoví pro 8 souvislých a na sebe navazujících nejhlučnějších hodin $L_{Aeq,8h}$, v noční době pro nejhlučnější 1 hodinu $L_{Aeq,1h}$. Pro hluk z dopravy na pozemních komunikacích (s výjimkou účelových komunikací) a pro hluk v z leteckého provozu se ekvivalentní hladina akustického tlaku $L_{Aeq,T}$ stanoví pro celou denní dobu ($L_{Aeq,16h}$) a celou noční dobu ($L_{Aeq,8h}$). V případě hluku z leteckého provozu se hygienický limit vztahuje na charakteristický letový den.

4.5 Akustická výchylka

Akustická výchylka je vektorová veličina charakterizující okamžitou vzdálenost částice prostředí od její rovnovážné polohy. Značí se písmenem u a je udávána v metrech.

$$u = u_0 \sin(\omega t + \varphi_0) \quad (4.1)$$

kde:

u_0	(m)	amplituda akustické výchylky
φ_0	(rad)	fázový úhel

4.6 Rychlost zvuku

Je to rychlost šíření rozruchu, značí se písmenem c a je udávána v metrech za sekundu

Pro určení okamžité akustické výchylky je nutné stanovit odlehlost y od počátku šíření vlnění a čas Δt , který je nutný k uražení této dráhy rychlostí zvuku.

$$\Delta t = \frac{y}{c} \quad (4.2)$$

kde:

y	(m)	vzdálenost od počátku šíření akustického vlnění
c	(m/s)	rychlost šíření akustické vlny

Pro výchylku kmitajícího bodu lze napsat:

$$u = u_0 \sin \omega \left(t \pm \frac{y}{c} \right) \quad (4.3)$$

Záporné znaménko je ve vzorci uvedeno pro šíření akustické vlny v kladném smyslu, kladné znaménko naopak.

Vlnová délka λ je vzdálenost mezi dvěma body akustické vlny, v nichž je v daném časovém okamžiku stejný akustický stav. Mezi délkou vlny, frekvencí a rychlostí šíření zvuku platí vztah:

$$\lambda f = c \quad (4.4)$$

kde:

f	(Hz)	frekvence kmitání
-----	------	-------------------

4.7 Akustická rychlost

Akustická rychlost je rychlost, s jakou kmitají částice prostředí, v němž se šíří akustické vlnění. Označuje se písmenem v a jednotkou jsou metry za sekundu. Výraz pro její výpočet se získá derivací akustické výchylky podle času.

$$v = \frac{du}{dt} = \omega u_0 \cos \left[\omega \left(t \pm \frac{y}{c} \right) \right] \quad (4.5)$$

Součin amplitudy výchylky a kruhové frekvence dává amplitudu akustické rychlosti.

$$v_0 = \omega u_0 \quad (4.6)$$

Akustická rychlost je o mnoho řádů menší než rychlost šíření zvuku.

4.8 Akustický tlak

Akustický tlak je základní akustickou veličinou, jeho jednotkou je pascal. Je to skalární veličina, která má vlnový charakter a je přímo měřitelná. Celkový statický tlak je součet středního barometrického tlaku a tlaku akustického. Hodnota barometrického tlaku je přibližně 100 kPa, kdežto akustický tlak je mnohonásobně nižší. Hodnoty slyšitelné lidským uchem se pohybují od $2 \cdot 10^{-5}$ Pa (práh slyšitelnosti).

Pro harmonický průběh akustického tlaku platí vztah:

$$p = p_0 \cos \left[\omega \left(t \pm \frac{y}{c} \right) \right] \quad (4.7)$$

kde:

p_0 (Pa) amplituda akustického tlaku

Pro plyny a kapaliny platí, že změna tlaku je úměrná modulu objemové pružnosti K a podílu změny objemu ku celkovému objemu plynu nebo kapaliny:

$$\Delta p = -K \frac{\Delta V}{V} \quad (4.8)$$

kde:

Δp	(Pa)	změna tlaku
K	(-)	modul objemové pružnosti
ΔV	(m ³)	změna objemu kapaliny nebo plynu
V	(m ³)	objem kapaliny nebo plynu

Modul objemové pružnosti závisí na rychlosti šíření vlnění a hustotě prostředí dle vzorce:

$$K = c^2 \rho \quad (4.9)$$

kde:

ρ (kg/m³) hustota prostředí

Pro nekonečně malý element prostředí dy platí:

$$p = -K \frac{du}{dy} \quad (4.10)$$

Derivací akustické výchylky u dle y se získá výraz:

$$\frac{du}{dy} = u_0 \left(-\frac{\omega}{c} \right) \cos\left[\omega \left(t - \frac{y}{c} \right) \right] \quad (4.11)$$

Akustické veličiny jsou obvykle měřeny v hladinách L a jejich jednotkou je decibel (dB). Hladina akustického tlaku se značí L_p a výpočet se provádí logaritmem poměru efektivní hodnoty akustického tlaku k referenčnímu tlaku.

$$L_p = 10 \log \frac{p^2}{p_0^2} = 20 \log \frac{p}{p_0} \quad (4.12)$$

kde:

p_0	(Pa)	referenční akustický tlak, $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Pa
p	(Pa)	sledovaný akustický tlak
$L_p = 0$ dB		práh slyšitelnosti
$L_p = 140$ dB		práh bolesti

4.9 Časové konstanty

Lidský sluch vnímá přechodné zvuky trvající kratší dobu než 125 ms méně hlasitě. Pro vnímání plné hlasitosti musí zvuky trvat alespoň po dobu integračního času sluchu. Tuto vlastnost lidského sluchu simulují zvukoměry časovým vážením – časová charakteristika

FAST. Kromě této charakteristiky bývají zvukoměry vybaveny ještě dalšími – SLOW a PEAK. Důležité je vědět, že použitá časová konstanta může výrazně ovlivňovat zjištěné maximální hodnoty a má významný vliv na tvar průběhu hladiny akustického tlaku v čase.

4.10 Sledovaný frekvenční rozsah

Frekvenční rozsah zahrnující oktávová pásma se středními frekvencemi od 125 Hz do 8000 Hz.

4.11 Ekvivalentní hladina akustického tlaku

V případech, kdy hluk výrazněji kolísá s časem, není možné jednočíselně charakterizovat hlukovou situaci hladinou akustického tlaku A . Proto byla pro hodnocení proměnných akustických signálů zavedena ekvivalentní hladina akustického tlaku A , $L_{Aeq,T}$ (dB).

Při hodnocení časového průběhu hladin hluku se uvažuje v ustáleném hluku aritmetický průměr z řady odečtů v měřeném časovém intervalu. Pokud je rozptyl naměřených hodnot větší než 5 dB, tedy jde o hluk proměnný, musí se stanovit energetický průměr. Pokud tak neučiníme, budou vyšší hladiny podhodnoceny. Obě uvedené hodnoty nerespektují časový faktor působení hluku. Biologické účinky hluku jsou ale závislé na celkové akustické energii, kterou je organismus exponován. Proto byla zavedena ekvivalentní trvalá hladina hluku.

Je to fiktivní ustálená hladina akustického tlaku A , která má během sledovaného časového úseku T stejné účinky jako proměnlivá hladina akustického tlaku A . Celkový negativní účinek hluku je úměrný celkové emisi akustické energie za sledovaný čas T dle rovnice:

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p_A^2(\tau)}{p_0^2} dt \right] = 10 \log \left[\frac{1}{T} \int_0^T 10^{0,1L_{pA}} dt \right] \quad (4.13)$$

kde:

$p_A(\tau)$ (Pa) okamžitý akustický tlak A zvukového signálu

4.12 Měřicí plocha

Měřicí plocha je imaginární plocha v blízkosti komunikace, na níž jsou umístěny měřicí body.

4.13 Zkušební prostředí

Zkušební prostředí mohou být ve vnitřním prostředí nebo venku s jednou nebo více rovinami odrážejícími zvuk, na které nebo blízko kterých je zkoušený zdroj zvuku upevněn.

4.14 Hluk pozadí

Hluk pozadí je každý měřený hluk mimo hluku zkoušeného objektu.

4.15 Kritéria hluku pozadí

Hladiny akustického tlaku A hluku pozadí, průměrované přes polohy nebo dráhy mikrofonu na měřicí ploše musí být alespoň o 3 dB nižší než hladina střední hodnoty akustického tlaku zkoušeného zdroje hluku v provozu, měřené za přítomnosti tohoto hluku pozadí.

Výsledná hladina zkoumaného objektu po odečtení hluku pozadí:

$$L_p = L_{pC} + 10 \log[1 - 10^{-0,1(L_{pC}-L_{pN})}] \quad (4.14)$$

5 Měřidla a pomocná měřicí zařízení

5.1 Hlavní měřidla

Jedinou přímo měřitelnou akustickou veličinou je akustický tlak. Zařízení pro měření akustického tlaku se nazývá zvukoměr. Mikrofon, který je součástí zvukoměru, snímá hodnotu akustického tlaku a převádí ji na elektrickou veličinu. Nejrozšířenějším typem jsou kapacitní mikrofony, a to především pro jejich vysokou citlivost a konstrukční jednoduchost. Výběr mikrofonu závisí na frekvenčním rozsahu, citlivosti (mV/Pa) a typu zvukového pole (odrazivé/volné). Dalšími částmi zvukoměrů jsou předzesilovač, detektor přetížení, váhové filtry, zesilovač, detektor efektivní hodnoty, paměťové a indikační zařízení. Součástí většiny dnešních zvukoměrů je i výstup na PC. Součástí příslušenství zvukoměru bývá i software pro zobrazení a vyhodnocení výsledků.

5.2 Pomocná měřidla a pomůcky

Pomocná měřidla umožňují provádět interní kontrolu zvukoměru mezi lhůtami ověřování. Pro interní kontrolu se používá v praxi akustický kalibrátor nebo pistonfon.

Zvukoměr včetně mikrofonu je doplněn kabely a krytem proti větru, pokud se používá během měření.

Stativy se používají pro nastavení polohy a orientace zvukoměru v kontrolním bodě.

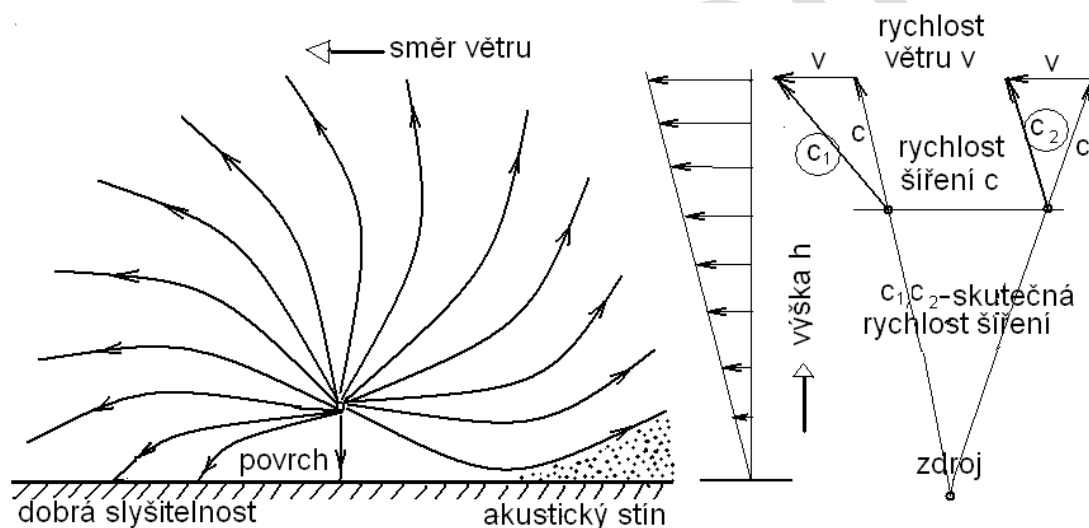
6 Obecné podmínky měření – veličiny ovlivňující výsledky měření

Měření dopravního hluku je prováděno ve vnějším (životním) prostředí, a proto je ovlivněno meteorologickými podmínkami. Tj. důvod, proč se měří tyto meteorologické parametry:

- Rychlost větru a směr větru (vhodné měřit ve výšce 10 m nad zemí),
- Teplota vzduchu,
- Relativní vlhkost,
- Výskyt srážek,
- Oblačná pokrývka (oblačnost nebo sněhová pokrývka),
- Stabilita atmosféry (oblačná pokrývka, denní nebo noční doba).

6.1 Vliv větru

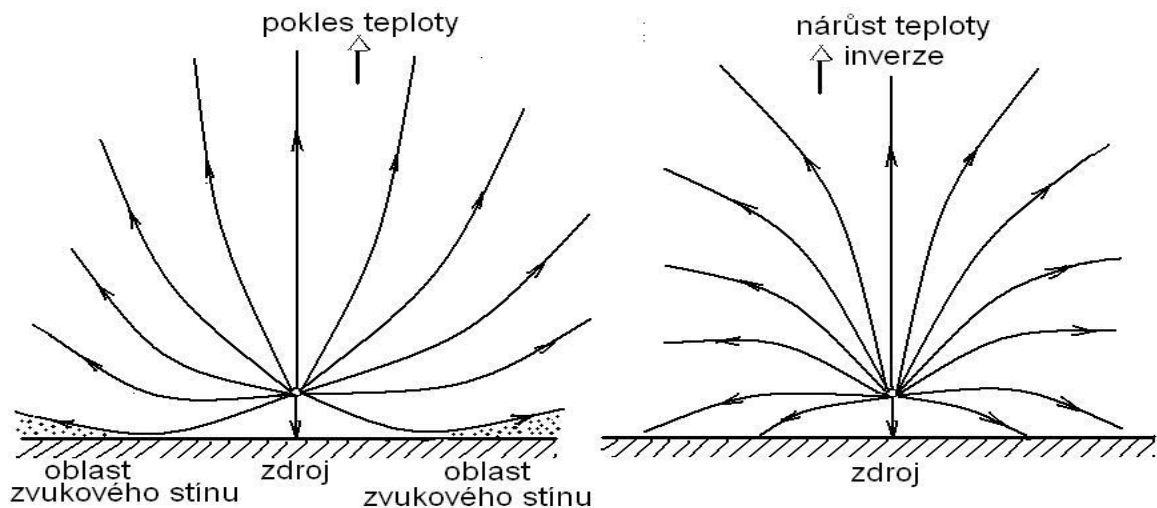
Atmosféra Země je v neustálém pohybu, vlivem překážek a tření je pohyb vzduchu těsně u povrchu roven nule a rychlost narůstá směrem vzhůru. Na obr. 6.1 je naznačena konstrukce rychlosti šíření rozruchu při předpokládané konstantní rychlosti větru. Výsledkem je ohyb paprsků a vznik tzv. akustického stínu, který se projeví nejvíce, stojí-li posluchač vzhledem ke zdroji, v místě proti směru větru. V protilehlých místech dochází naopak k jevu opačnému, kdy existují místa s dobrou slyšitelností. Vyhledávání takových míst je velice obtížná záležitost, vzhledem k proměnné rychlosti větru.



Obr. 6.1: Vliv větru na šíření zvuku [L16]

6.2 Vliv teploty

Rychlost zvuku s rostoucí teplotou roste. Při normálních podmínkách v atmosféře teplota s rostoucí výškou klesá. Výjimkou je tzv. inverze, kdy do určitých nadmořských výšek naopak teplota roste. Tvar akustického pole pro tyto dva případy, za předpokladu konstantní rychlosti větru, jsou zde uvedeny.



Obr. 6.2: Vliv klesající a rostoucí teploty s výškou při inverzi [L16]

7 Metrologické meze využití metody měření

Celý měřicí systém přístroje obsahuje zvukoměr včetně mikrofону, kabelů a krytu proti větru, pokud se používá během měření. Tento systém musí splňovat požadavky normy IEC 61672-1:2002 na přístroje třídy 2. Požadavek na přístroje třídy 2 je akceptovatelný pro ustálené hluky, ale je vhodnější používat přístroje třídy 1.

Hladina hluku je technická veličina, která se v praxi používá pro vyjádření kvantitativních požadavků na hluk a její jednotkou je decibel (dB). Požadované hodnoty závisí na typu komunikace, charakteristikách dopravy a okolního prostředí, na geometrickém uspořádání komunikace a jsou uvedeny v příslušné technické normě.

Metodika provozního měření dopravního hluku na pozemních komunikacích slouží pro terénní měření, není tedy určena pro přesná měření laboratorní. Silniční dopravní hluk závisí na vlastnostech povrchu vozovky, které se mění v průběhu provozu a které jsou ovlivněny i klimatickými podmínkami. Terénní měření hluku u komunikací se provádí:

- V běžných pracovních dnech, tj. úterý, středa nebo čtvrtek v měsících březen až červen a září až listopad, pokud jsou pracovními dny i pondělí a pátek.
- Sleduje se intenzita dopravy – tj. počet vozidel, které projedou daným místem za určitý časový úsek (jedna hodina, den, rok). Obdobně je tomu u dopravy železniční.
- Sledují se vozidla, která se dělí na osobní (tj. každé vozidlo s celkovou hmotností do 3,5 tuny včetně jednostopých), nákladní vozidla, nákladní soupravy a autobusy.

Při nevhodných klimatických podmínkách (děšť, sníh, mlha) se měření hluku pozemní komunikace neprovádí.

Hodnoty hladiny dopravního hluku na pozemních komunikacích se pohybují řádově v rozmezí

desítek decibelů.

Hladina leteckého hluku v blízkosti letišť může dosahovat až hodnoty 100-120 dB.

8 Kontrola měřidla před použitím a příprava na měření

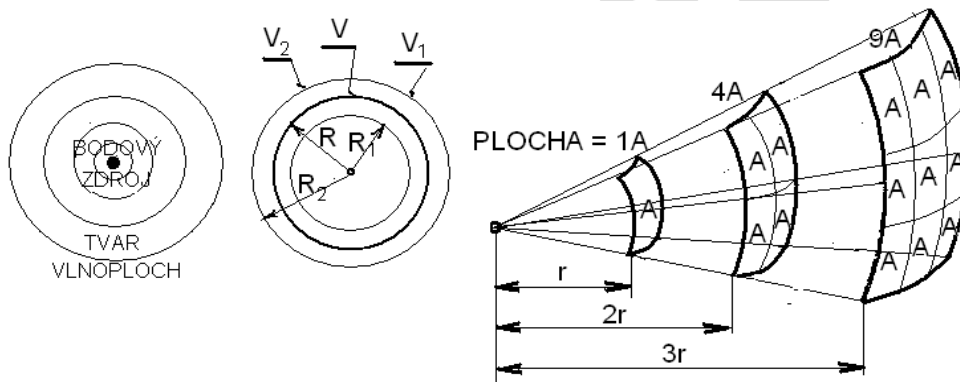
Zvukoměr spolu s mikrofonem jsou stanovenými měřidly (viz §3 zákona 505/1990 Sb. O metrologii v platném znění a vyhláška č. 345/2002 v platném znění) – doba ověření jsou 2 roky a provádí je autorizované metrologické středisko nebo ČMI.

Před použitím se doporučuje provést interní kontrolu akustickým kalibrátorem nebo pistonfonem. Před zahájením vlastního provozního měření je třeba provést vždy tuto přípravu.

8.1 Shromáždění informací o měřené pozemní komunikaci nebo prostoru

8.1.1 Popis a vlastnosti zdrojů hluku

a) Bodový zdroj



Obr. 8.1: Model bodového akustického zdroje ve volném poli [L16]

Bodový zdroj nultého řádu je nejjednodušším typem zvukového zdroje. Představu splňuje koule velmi malých rozměrů (až bod), která zvětšuje a zmenšuje svůj objem (dýchá). Akustická energie vystupuje všemi směry rovnoměrně, vlnoplochy mají tvar soustředných koulí. Intenzita klesá s druhou mocninou vzdálenosti od zdroje, při dvojnásobku vzdálenosti klesne 4krát. Z hladiny intenzity L_1 je pokles na hladinu L_2 , která je 4krát nižší, tj.

$$L_2 = L_1 - 10 \cdot \log 4 = L_1 - 6 \text{ dB}, \quad (8.1)$$

nebo hladinami akustického tlaku SPL:

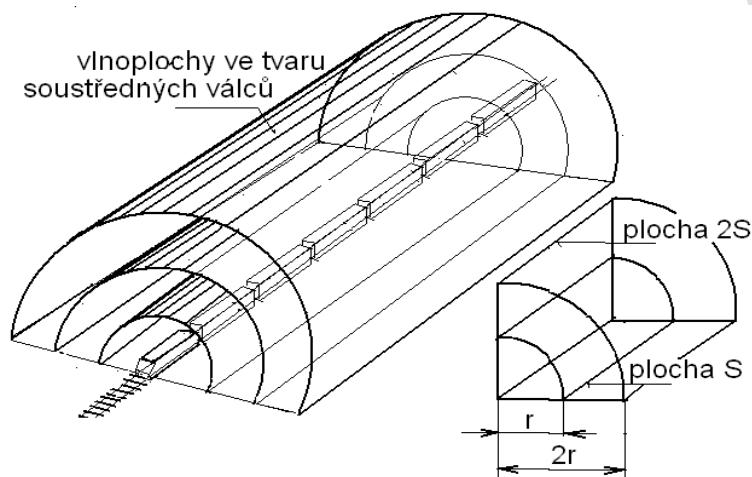
$$\text{SPL}_2 = \text{SPL}_1 - 20 \cdot \log \frac{2r}{r} \quad (8.2)$$

je pokles stejný:: $20 \cdot \log 2 = 20 \cdot 0,301 = 6 \text{ dB}$. (8.3)

V technické praxi se tento typ zdroje vyskytuje méně často (vzdálené letadlo, konec výfukového potrubí).

b) Liniový (přímkový) zdroj

Významný typ akustického zdroje, kdy jsou jednotlivé nebo osamocené zdroje seřazeny v řadě za sebou do přímky. Příkladem může být dlouhé potrubí, ve kterém je dopravován sypký materiál, nebo hluk vznikající turbulencemi plynu, struna hudebního nástroje, železnice při průjezdu dlouhé vlakové soupravy, dálnice apod.



Obr. 8. 2: Model liniového akustického zdroje hluku s vyznačenými vlnoplochami [L16]

Úbytek intenzity zvuku s rostoucí vzdáleností od zdroje je lineární, mnohem nižší než u bodového zdroje, kde pokles intenzity se vzdáleností je kvadratický. S tím jsou spojeny potíže při snaze o snižování hluku kolem dálnic a železnic.

8.2 Definování kontrolních bodů a polohy pozorovatele

Na základě informací o měřeném prostoru se stanoví poloha kontrolních bodů:

- orientace srovnávací roviny,
- výška srovnávací roviny u pozemních komunikací,
- kontrolní body se rozmísťují obvykle pravidelně na celé srovnávací rovině. Pravidla pro stanovení kontrolních poloh jsou uvedena v technické normě.

8.3 Příprava měřené soustavy

Dopravní hluk se měří obvykle ve dnech úterý až čtvrtek (viz odst. 7 tohoto MPM) v denní i noční dobu v intervalech uvedených legislativou. Legislativa také stanoví měsíce v roce, kdy se měření má provádět a uvádí i meteorologické podmínky, kdy se měření provádět nemá.

Letecký hluk se stanoví z měření ekvivalentní hladiny hluku L_{eq} reprezentativního provozu na letišti. To zahrnuje dopravní pohyby (použití dráhy, vzlet, přistávání, rozložení dopravy během dne atd.).

8.4 Příprava měřicího přístroje

Měření se provádí stanoveným měřidlem – zvukoměrem s mikrofonom, které mají platné ověření.

Před měřením provádíme vizuální kontrolu zvukoměru, mikrofону a spojovacích kabelů a provedeme také interní kontrolu nastavení přístroje akustickým kalibrátorem nebo pistonfonem. Na zvukoměru se nastaví typ váhového filtru a časová konstanta pro úpravu měřeného signálu.

Před a po každé sérii měření musí být mikrofón interně kontrolován akustickým kalibrátorem nebo pistonfonem splňujícím třídu 1, aby se ověřilo nastavení celého měřicího systému na jedné nebo více frekvencích sledovaného frekvenčního rozsahu. Bez dalšího nastavování musí být rozdíl mezi odečtenými hodnotami před a po každé sérii měření menší, nanejvýš roven 0,5 dB. Kdyby byl rozdíl větší, musí se výsledky této série měření vyřadit.

9 Postup měření

Existují dvě základní strategie měření hluku:

- Proveďte se jedno měření za velmi dobře definovaných meteorologických podmínek a pečlivého sledování provozních podmínek zdroje,
- Proveďte se dlouhodobé měření nebo hodně krátkodobých měření rozprostřených v delším časovém intervalu. Opět se sledují meteorologické podmínky prostředí.

V tabulce 3 [L2] je uvedena minimální doba, mezi dvěma měřeními, aby byla vůči sobě nezávislá.

Dopravní hluk lze rozdělit na:

- Hluk silniční, viz odst. 7.2 [L2],
- Hluk železniční, viz odst. 7.3 [L2],
- Hluk letecký, viz odst. 7.4 [L2].

Podle toho, který hluk měříme, postupujeme dále podle platné legislativy. Proveďte se přesný a reprodukovatelný postup měření, který se následně uvede do Záznamu o měření (viz odst. 11). Před vlastním měřením se provede výběr časového intervalu měření.

9.1 Doplnkové měření

Měření teploty

Doporučuje se provést měření teploty na začátku a konci měření.

Měření rychlosti a směru větru

Rychlost větru se měří anemometrem.

Kontrola napájecího zdroje hlukoměru

Před měřením musí být napájecí zdroj (baterie) hlukoměru ve stavu, který je požadován pro správné měření přístroje.

9.2 Hlavní měření.

- Měření imisí hluku se provádí na kontrolních místech, která jsou uvedena na situačním výkresu.
- Zvukoměr se umístí do předepsané polohy.
- Pokud se měření hluku provádí v chráněném venkovním prostoru staveb, měří se výsledné hladiny hluku při umístění mikrofonu ve vzdálenosti 0,5 až 2 m před odrazivým povrchem (viz ČSN příloha B.3, až B.8).
- V předepsané poloze se přístroj umístí do předepsané výšky (podle typu dopravního hluku a okolního prostředí).
- Před měřením je třeba eliminovat všechny parazitní zdroje hluku, které přispívají k imisí hluku v daném místě měření, nebo pokud to není možné, změřit jejich hladiny hluku a uvést je do protokolu jako hluk pozadí.
- Je vhodné o umístění a orientaci měřicího systému pořídít fotodokumentaci.

9.3 Vyhodnocení měření

Měření se vyhodnocuje obvykle některým z validovaných software.

Stanovení korekcí se provádí podle příloh v [L1], z nichž nejpoužívanější jsou dále uvedené.

Korekce pro hodnotící hladiny zdrojů zvuku jsou uvedeny v Příloze A [L1], viz Tabulka A.1 – Typické korekce hladiny podle kategorií zdroje zvuku a denní doby.

Příloha B [L1] řeší výpočty pro vysokoenergetické impulzní zvuky.

Příloha C [L1] podrobněji informuje o zvuku s významným nízkofrekvenčním obsahem.

V příloze D [L1] jsou uvedeny vztahy pro odhad procenta vysoce obtěžované populace a predikčního intervalu 95 %, jako funkce korigovaných hladin zvuku pro den-večer-noc a hladin zvuku pro den-noc.

V příloze E [L1] je uveden odhad výskytu vysoce obtěžované populace jako funkce korigovaných hladin zvuku pro den-večer-noc nebo den-noc s použitím veličiny hladiny společenské tolerance.

10 Stanovení nejistoty měření

Norma [L1] uvádí na str. 13 vzorec (4), kde je odhadnutá hodnota hladiny hluku za specifických podmínek stanovená ze změřené hodnoty včetně zbytkového hluku, samotného zbytkového hluku, dále ze vstupních veličin, které reprezentují jakékoliv nejistoty, způsobené odchylkami od očekávaných provozních podmínek, odchylkami od očekávaných meteorologických podmínek a odchylkami způsobenými výběrem místa

příjmu (vše v jednotkách dB). Příklad výpočtu řešení takové nejistoty je uveden v Tabulce 1 [L1].

Zde je uvedeno zjednodušené řešení stanovení nejistoty měření, které je pro názornost postačující.

10.1 Metodika stanovení nejistot měření

Nejistota měření hladiny akustického tlaku $u(L_p)$ v decibelech je rovna celkové směrodatné odchylce σ_{tot} .

Směrodatná odchylka se spočte dle vzorce:

$$u(L_p) = \sigma_{tot} = \sqrt{\sigma_{MS}^2 + \sigma_{omc}^2}$$

kde:

σ_{MS}	(dB)	směrodatná odchylka, která kvalifikuje standardní nejistotu měřicího systému (zvukoměr s příslušenstvím),
σ_{omc}	(dB)	směrodatná odchylka, která kvalifikuje nejistotu související s nestabilitou provozních a meteorologických podmínek pro konkrétní měření.

Rozšířená nejistota závisí na pořadovém stupni konfidence. Pokud je konfidenční interval 95 % a předpokládáme pravděpodobnostní rozdělení normální, je činitel rozšíření $k = 2$. Pokud se ale změřená hladina emisního akustického tlaku srovnává s nějakou limitní hodnotou, je vhodnější použít činitel rozšíření $k = 1,6$. Ten odpovídá jednostrannému normálnímu rozdělení.

10.2 Příklad

1. Odhad směrodatné odchylky podle třídy zvukoměru:

- | | | | |
|----|--------------------------|-------------------|------------------------|
| a) | Standardní nejistota u | zvukoměru třídy 1 | $\sigma_{MP} = 0,5$ dB |
| b) | Standardní nejistota u | zvukoměru třídy 2 | $\sigma_{MP} = 1,5$ dB |

(viz Tab. 1 – Příklad rozpočtu nejistoty pro měřenou hodnotu [L2])

2. Odhad standardní nejistoty související s nestabilitou meteorologických podmínek pro konkrétní měření

$$\sigma_{omc} = 1,5 \text{ dB}$$

3. Celková standardní nejistota měření:

- | | | |
|----|--|-------------------|
| a) | $u(L_p) = \sigma_{tot} = \sqrt{\sigma_{MS}^2 + \sigma_{omc}^2} = 1,58$ | zaokrouhlo 1,6 dB |
| b) | $u(L_p) = \sigma_{tot} = \sqrt{\sigma_{MS}^2 + \sigma_{omc}^2} = 2,12$ | zaokrouhlo 2,2 dB |

4. Rozšířená nejistota měření

– normální pravděpodobnostní rozdělení:

- a) $U = 2 u_{tot} = 3,2$ dB

b) $U = 2 u_{\text{tot}} = 4,4 \text{ dB}$

– jednostranné normální pravděpodobnostní rozdělení:

a) $U = 1,6 u_{\text{tot}} = 2,56$ zaokrouhlo 2,6 dB

b) $U = 1,6 u_{\text{tot}} = 3,52$ zaokrouhlo 3,6 dB

11 Záznamy o měření

Protokol o provozním měření dopravního hluku má obsahovat následující informace potřebné pro kontrolu a možnost reprodukce měření:

- označení pozemní (silniční nebo železniční) komunikace a úseku této komunikace,
- datum a čas měření,
- účel, druh a stupeň přesnosti měření,
- informace o použitých měřicích přístrojích (kalibrační list),
- charakteristika komunikace (rozměry, účel apod.),
- podmínky a postup měření,
- časový interval (referenční, dlouhodobý),
- výkresy se zakreslením kontrolních bodů a poloh pozorovatele,
- výsledky měření v podobě tabulky nebo zápisu do výkresu, použité korekce,
- vyhodnocení měření, porovnání výsledků s požadavky,
- seznam osob účastnících se měření,
- objednatel,
- podpis odpovědného pracovníka.

Protokol o provozním měření hluku má mít jedinečné kódové označení pro jeho jednoznačnou identifikaci. Jednotlivé strany protokolu mají být očíslovány.

Příklad struktury protokolu o provozním měření, viz níže.

A. Identifikační údaje

- A1 Název projektu;
- A2 Druh měření (měřené veličiny, typ měření);
- A3 Objednatel;
- A4 Zpracovatel;
- A5 Osoby provádějící měření;
- A6 Datum a čas měření.

B. Podklady

- B1 Seznam vstupních podkladů (projektová dokumentace, fotodokumentace);
- B2 Seznam použitých technických norem a právních předpisů.

C. Prostředí, okolí

C1 Popis posuzovaného místa včetně topologie, geometrie budov, pokrytí a stav terénu pozemní komunikace;

C2 Typ pozemní komunikace (označení, účel);

C3 Stínící překážky hluku.

D. Měřená soustava

D1 Popis zdroje hluku nebo zdrojů zahrnutých do referenčních časových intervalů;

D2 Popis provozních podmínek zdroje/zdrojů zvuku.

E. Parametry prostředí

E1 Popis meteorologických podmínek během měření a zejména směr a rychlost větru, oblačnost a zda se vyskytl déšť nebo mlha;

E2 Teplota prostředí.

F. Měřicí přístroje

F1 Hlavní měřicí přístroje (zvukoměr a mikrofon s dešťovou krytkou a protivětrnou ochranou), typ, výrobce, číslo, ověření;

F2 Pomocné měřicí přístroje (anemometr, teploměr).

G. Měření

G1 Stav měřené soustavy;

G2 Typ měření časové intervaly měření (referenční, dlouhodobý);

G3 Měřená pole (umístění a výška), hodnotící hladina a její složky;

G4 Kontrolní body měření;

G5 Naměřené (popř. korigované) hodnoty (tabulka);

G6 Korekční činitelé a nejistoty měření;

G7 Stanovení požadovaných korigovaných hodnot s vyjádřením rozšířené nejistoty.

H. Vyhodnocení měření

H1 odstraní se všechna data, která obsahují nežádoucí události;

H2 Proveďte se úprava neúplných nebo poškozených dat;

H3 Stanoví se standardní nejistota jako kombinovaná nejistota imise hladiny hluku a meteorologických podmínek;

H4 Porovnání výsledků s požadavky legislativy;

H5 Zhodnocení měření (zda hladina hluku vyhovuje/nevyhovuje);

H6 Podpis zodpovědné osoby.

Přílohy

P1 Výkres situace s rozmístěním zdrojů hluku;

P2 Naměřené hodnoty hladin hluku v kontrolních bodech;

P3 Listy ověření stanovených měřidel (zvukoměrů a mikrofonů);

P4 Odborná způsobilost osoby zodpovědné za měření.

12 Péče o metodický postup

Originál metodického postupu je uložen u jeho zpracovatele, další vyhotovení jsou předána příslušným pracovníkům podle rozdělovníku (viz čl. 13.1 tohoto postupu).

Změny, popř. revize metodického postupu provádí jeho zpracovatel. Změny schvaluje vedoucí zpracovatele nebo metrolog organizace.

13 Rozdělovník, úprava a schválení, revize

Uvedený příklad je pouze orientační a subjekt si může tuto dokumentaci upravit podle interních předpisů o řízení dokumentů.

13.1 Rozdělovník

Metodický postup		Převzal		
Výtisk číslo	Obdrží útvar	Jméno	Podpis	Datum

13.2 Úprava a schválení

Metodický postup	Jméno	Podpis	Datum
Upravil			
Úpravu schválil			

13.3 Revize

Strana	Popis změny	Zpracoval	Schválil	Datum

Upozornění

Tento metodický postup je třeba považovat za vzorový. Doporučuje se, aby jej organizace přizpůsobila svým požadavkům s ohledem na své metrologické vybavení a konkrétní podmínky.