

# O hluku

## Fyzikální vymezení

Hlukem rozumíme jakýkoliv zvuk, který působí škodlivě, rušivě nebo nepříjemně. Zdraví může být ovšem poškozováno i zvukem, který lidé vyhledávají (sami jej za hluk nepovažují), ale je už příliš silný. Zvuk je mechanické kmitání pružného prostředí šířící se jako vlnění, vzduchem, kapalinami, ale i pevnými předměty, z nichž se kmity mohou přenášet do sluchového ústrojí zejména kostrou. Je-li na nějaké frekvenci jeho intenzita výrazně vyšší, vnímáme ji jako výšku tónu.

Frekvencí rozumíme počet kmitů prostředí za vteřinu. Jednotkou je Hertz (Hz), 1 Hz odpovídá jedné vlně za vteřinu. Lidské ucho je adaptováno na frekvence v rozsahu přibližně 16 Hz až 16.000 Hz. Při analýze frekvenčního pásma můžeme odlišit zvuk s tónovými složkami<sup>1</sup>.

Vnímání intenzity hluku je závislé na příkonu zvukových vln rozkmitávajících receptory, výběžky vláskových buněk. Platí zde obecná zásada, že následek nemůže nastat bez expozice, takže např. neslyšící člověk nemůže být obtěžován např. rušivým působením tónové složky zvuku. V praxi se spíše setkáváme se situacemi, kdy osoby s poruchami sluchu zesilují např. rozhlasové a televizní přijímače a stávají se tak původcem rušivého hluku pro svoje okolí.

Při vnímání obecně, nejen u zvuku, registrujeme poměry signálů, čili například o kolik procent či řádů se signál zesílí či zeslabí. Nevnímáme tedy absolutní přírůstky, ale relativní. Ty lze vyjádřit jako přírůstek logaritmu (Weberův-Fechnerův zákon). V případě zvuku to vyjadřujeme jako dekadický logritmus podílu hustoty toku energie, což je totéž, jako logritmus podílu druhých mocnin amplitudy, tedy rozdílu maximálního a minimálního tlaku během zvukového vlnění (obecně je u vlnění tok hustota toku energie úměrná kvadrátu amplitudy).

Základní úroveň hustoty toku akustické energie (aneb *intenzity zvuku*  $J$ , to jest měrného akustického příkonu na plošku kolmou ke směru šíření zvuku) je konvenčně přítomna, která se bere jako práh vnímání pro zdravého mladého člověka, jde o jeden pikowatt na metr čtvereční,  $J_0 = 1 \text{ pW/m}^2 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$ .

**Hladina intenzity zvuku**  $L$  je pak logaritmická veličina  $L = 10 \text{ dB} \cdot \log(J / J_0)$ . Zvýšení této hladiny o 1 B, jeden bel (fonetická podoba příjmení [Alexander Graham Bell](#)) by znamenalo desetkrát větší intenzitu zvuku, o tři bely by to byl tisícnásobek. V praxi se používá jednotka desetinná, decibel. Zvýšení hladiny o *tři decibely* znamená dvojnásobnou intenzitu zvuku (a pro zopakování, o 30 dB tisícnásobnou).

Zvýší-li se hladina intenzity zvuku na 10 dB (intenzita zvuku vzroste na desetnásobek oproti možnému prahu vnímání) ze stavu, kdy byla pod 0 dB, to jako změnu postřehne už každý mladý člověk adaptovaný na ticho. Zkuste spočítat, jaký příkon tedy vyvolá takový vjem, dopadá-li zvukové vlnění na bubínek, který samozřejmě nemá obsah metr čtvereční, ale řekněme centimetr čtvereční! Zjistíte, že to velice malý přísun energie. To, že jej dokážeme zaznamenat, je díky „kvantovým

---

<sup>1</sup> Tón je zvuk s periodicky se opakujícími frekvencemi a zpravidla nese informační hodnotu, ke které může mít příjemce negativní, neutrální, nebo pozitivní vztah. Tónové složky má lidský hlas, hudba, hlahol zvonů, zpěv ptáků apod. Přítomnost tónové složky může pro svoji informační hodnotu zvyšovat rušivý účinek hluku.

zesilovačům“, oscilátorům naladěným na tu či onu frekvenci a tenkým jen pár mikrometrů, tzv. vláskovými buňkami, viz <http://www.cochlea.eu/en/hair-cells>.

A jaký příkon na centimetr čtvereční představuje hladina 110 dB? Taková, které bychom se měli za život vystavovat co nejméně minut? (Jde jen o sčítání řádů, o sto decibelů více znamená o deset řádů více.)

Z hlediska intenzity zvuku můžeme zvuk charakterizovat jako ustálený nebo proměnný. Za proměnný označujeme hluk, který se během hlukové expozice mění o více než 5 dB, což je poměr 1:3. Zvláštním případem proměnného hluku je hluk impulzní. Jde o krátké epizody velmi intenzivních expozic, jako jsou výbuchy trhavin v lomech, střelba, hluk vznikající při demoličních procesech, některých odvětvích (zvláště těžkého) průmyslu, ale též sonické třesky z provozu např. nadzvukových letadel.

Nepříznivé účinky hluku na zdraví vyplývají z

- a) Absorbované energie lidským uchem. Projevují se na sluchovém orgánu, na němž vyvolávají vratné nebo nevratné změny
- b) Informační hodnoty hluku (přítomnost nežádoucí hlukové expozice vyvolávající dráždění nervových vláken sympatiku vedoucí ve svém důsledku ke stresové odpovědi organismu.

## Účinky hluku na sluchový orgán

Účinky na sluchový orgán jsou specifické a můžeme je rozlišit jako změny vedoucí k dočasnému nebo trvalému zvýšení sluchového prahu a v systému Mezinárodní klasifikace nemocí, 10. revize, odpovídají kódu H 83.3 – Účinky hluku na vnitřní ucho:

- Akustické trauma
- Nedoslýchavost, ztráta sluchu způsobená hlukem

Nepříznivé účinky na sluchový orgán se dostávají v závislosti na intenzitě hluku, které byly postižené osoby vystaveny. Platí zde, že nepříznivý účinek se při vyšších intenzitách dostavuje rychleji a že lze stanovit bezpečnou hladinu hlukové expozice. Ta se, pokud jde o ochranu sluchového orgánu, pohybuje kolem 70 dB, bez ohledu na původ hluku v prostředí člověka.

Pronikání hluku do uší, zejména nad hladinou 80 dB, trvá-li hodiny denně, lze velmi účinně tlumit levnými chrániči, jako jsou „hluchátka“ podobná velkým sluchátkům, ale dnes i hi-tech aktivní sluchátka vytvářející kmity opačné ke hluku pronikajícímu zvenčí. Je snadné kdykoliv použít vatové (ale i jen z papírového kapesníku či toal. papíru) zátky, účinnější jsou zátky pěnové, pár za několik korun či desetikorun (ear plugs, „špunty do uší“). Pohodlnější je ovšem se takové hlukové expozici úplně vyhnout nebo ji co nejvíce zkrátit.

Časté dlouhé expozice hladinám nad 90 dB, ba i opakované, ač jen chvilkové nad 100 dB už poškozují vnější vláskové buňky (viz <http://www.cochlea.org/en/noise>) a tím velmi urychlují zhoršování sluchu, které je spojené s věkem, viz <http://www.cochlea.eu/en/pathology/presbycusis> nebo výzkum <https://www.jneurosci.org/content/40/33/6357>. Nejhorší je přitom ztráta nejsubtilnějších vlásků na oněch buňkách, které zesilují vysoké frekvence. Právě ty jsou klíčové k tomu, abychom rozuměli lidské řeči.

Musíte počítat s tím, že už lidé nad 50, 60, 70, 80, natož více let, vám z toho důvodu budou dobře rozumět jen tehdy, když kromě vaší řeči bude ticho, a když budou pěkně váš obličej a hlavně ústa

(nesmíte stát mezi oknem a jimi, pak vás vnímají jen jako tmavou siluetu). A že lépe rozumějí hlasu hlubokému než vysokému („nezvyšujte hlas“, raději mluvte pomalu a s mimikou). Oni vás sice slyší, ale už nejsou schopni snadno rozpoznat zejména souhlásky, to bez vnímání vysokých frekvencí nejde.

Bohužel, ztráta citlivosti na vysoké tóny postihuje dnes i mladé lidi, pokud hodiny denně poslouchají velmi hlasitou hudbu, i když třeba nenápadně ze sluchátek. Nemusí je to příliš omezovat ve středním věku, ale ve stáří už ano. Vnoučátka a pravnoučátka mají vysoké hlásky. Komunikace s nimi bývá pro seniory největší radostí, je škoda o ni přijít – a je to škoda i pro ty děti. Odjakživa se nejmladší generace učily od těch nejstarších, které na ně měly čas a trpělivost. Chraňte si proto svůj sluch, ať vám vydrží dobrý až do smrti.

## **Systémové účinky hluku**

Nepříznivé účinky, které se projevují mimo sluchový orgán, jsou nespecifické a spíše než z pozorování je můžeme vyvozovat z výsledků epidemiologických studií. Jejich základním principem je porovnání zdravotního stavu skupin obyvatelstva dlouhodobě pobývajících v hlukově exponovaných a hlukově neexponovaných oblastech. Jako rizikové pro zdraví se ukázaly dlouhodobé expozice hladinám již od 45 dB.

Nejsilněji se biologický účinek dostavuje prostřednictvím stimulace sympatiku a dysbalance stresových hormonů vedoucí k vazokonstrikci a následné elevaci systémového krevního tlaku. Tento účinek se dostavuje dokonce i při expozicích, které nastávají během spánku. Následky pak můžeme pozorovat na výskytu chorob kardiovaskulárního systému a chorob metabolických, ačkoliv mechanismus jejich rozvoje není ještě ve všech hlediscích zcela prozkoumán. Z epidemiologických studií se vyvozuje, že chronická hluková expozice zvyšuje pravděpodobnost vzniku kardiovaskulárních a metabolických onemocnění o 5 až 10 % (WHO).

Dalším intenzivně studovaným následkem hlukových expozic je rušení spánku zkrácováním jeho délky a snížením kvality REM-fáze. Ačkoliv REM fáze spánku u dospělého člověka zahrnují asi jen 25 % celkové doby spánku, jeho úloha je zcela zásadní pro obnovu funkcí CNS.

Nadměrný hluk v místě bydliště lidí snižuje kvalitu bydlení, zhoršuje mezilidské vztahy a bývá předmětem stížností. Snížená kvalita bydlení vlivem hluku bývá spojená také s omezením větrání okny s cílem utlumit hluk výplní oken. Takové opatření však vede ke zhoršení kvality vzduchu v interiérech, v létě pak znemožňuje chlazení příbytků nočním průvanem. Jistě, hluku se lze bránit oněmi „špunty do uší“, pro spánek je jako nouzové opatření velmi doporučujeme. Mírné nepohodlí při usínání je odměněno klidným spánkem včetně patřičných REM-fází, nezbytných k tomu, aby si člověk trvale zapamatoval, co se předtím učil.

Hluk je opak ticha, které je pro spánek potřeba stejně jako přírodní noční tma.

## **Účinky ultrazvuku a „infrazvuku“**

Zdravotní důsledky zvuků o frekvencích, které člověk neslyší, jsou oproti zvukům, které vnímáme jako sluchový vjem, většinou nevýznamné. Šíření ultrazvuku (frekvence nad 20 kHz, tedy vlnové délky pod 1,7 cm) brání i relativně malé překážky, nicméně při pobytu člověka v přímém působení vysoce energetického ultrazvuku (výhradně průmyslové použití) hrozí závažné škody na zdraví (poškození sluchu, systémová poškození organismu, smrt).

Účinky infrazvuku, což jsou konvenčně frekvence pod 20 Hz nebo 16 Hz (subkontra dis nebo subkontra c, vlnová délka 2 m), jsou patrně stejné jako účinky nad touto frekvencí. Ve skutečnosti totiž lze slyšet i frekvence o několika hertzech, jen práh jejich slyšitelnosti stoupá postupně až nad 100 dB (Maijala et al. 2020, str. 4). A už v nich nejsou poznat tóny. Dokud jejich hladina intenzity nedosáhne prahu slyšitelnosti, který je ovšem velmi individuální, samy o sobě nevadí. Mohou jen modulovat svou frekvencí pocit hlasitosti u dosti hlubokých zvuků v pásmu Velké oktávy (sahající od 65 Hz do 123 Hz, viz třeba <https://pages.mtu.edu/~suits/notefreqs.html>), což může být rušivé. Případů, kdy je infrazvuk zvenčí sluchem vnímán, je málo, jde např. o blízkost mostů rezonujících pod těžkou dopravou. Častější jsou případy silných zdrojů uvnitř budov (větrací systémy, různé stroje). Ty může tělo samozřejmě vnímat i jako vibrace přenášené kostrou, bez vlivu na sluch. Přehled poznatků viz Moyano a Lezcano (2020). Samostatně o vlivu větrných turbín, který je zřejmě, pokud jde o samotný (infra)zvuk, hygienicky bezvýznamný viz van Kamp a van den Berg (2020).

## Ochrana před hlukem

Opatření k ochraně před hlukem mohou být navržena v rovině technické, organizační a individuální:

- a) Technická opatření: spočívají v samotném odstranění zdroje hluku z prostředí člověka. Jedná se zpravidla o volbu takového technického řešení, které je spojeno s menší emisí hluku do prostředí. V oblasti dopravy se může jednat o úpravu nebo změnu pohonu vozidel; lidé je ovšem často detekují právě dle hluku motoru a tichého elektromobilu si nemusí všimnout, což může mít zlé následky. Prodej velkých domácích spotřebičů je v současnosti neodmyslitelně spojen s údajem o hlučnosti na energetickém štítku spotřebiče při běžném provozu, v průmyslu je samozřejmostí volba méně hlučných technologií nebo odhlučněných strojů a zařízení všude tam, kde je to možné. Při uvědomění si, že hluk je vlastně šířením mechanických kmitů v prostředí, pak už pouhé snížení počtu volně pohyblivých součástí stroje nebo jeho pružné ukotvení k podložce přináší podstatný efekt ke snížení hlučnosti.
- b) Organizační opatření jsou velmi často doplňkem opatření technických. Asi k nejdůležitějším lze počítat časové omezení hlučných provozů, vč. např. kulturních, společenských a zábavních akcí, respektování doby tzv. nočního klidu obvykle mezi 22. a 06. hodinou, změna organizace dopravy ve městech apod. Velmi účinným opatřením je snížení povolené rychlosti. Zejména v noci, vytvoří-li se inverze, může být hluk z dálnice velmi rušivý i ve vzdálenosti kilometrů, a snížení rychlosti alespoň na 90 km/h emise sníží řádově (je to běžná praxe v Rakousku). Jelikož účinek hluku na sluchový orgán je úměrný množství absorbované energie, změna organizace práce v podnicích, v nichž se využívají hlučná zařízení, např. zkrácení pracovní směny nebo přechod k méně hlučně exponované práci po určité části pracovní směny, může výrazně přispívat k ochraně zdraví osob.
- c) Individuální opatření bývají často na prvním místě při průmyslových aplikacích. Sluch osob profesně exponovaných hluku lze účinně chránit chrániči sluchu, které dle intenzity hluku mohou mít podobu ušních zátek, kochleárních chráničů, v extrémních případech až přileb, které zamezují i kostnímu vedení zvuku. V mimopracovním prostředí mají individuální opatření nezřídka povahu opatření organizačních, protože spočívají ve změně trávení volného času v místech, které jsou hluku vystavena méně, zkrácení času spojeného s volnočasovými aktivitami, které produkují hluk (travní sekačky, kutilství), vytvoření alespoň jedné, před hlukem chráněné prostory ve vnitřních dispozicích bytu.

## Odkazy

- Kamp, I. van, a G. P. van den Berg. 2020. „Health Effects Related to Wind Turbine Sound: An Update". Report. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu RIVM. <https://rivm.openrepository.com/handle/10029/624452> .
- Maijala, Panu, Anu Turunen, Ilmari Kurki, Lari Vainio, Satu Pakarinen, Crista Kaukinen, Kristian Lukander, et al. 2020. „Infrasound Does Not Explain Symptoms Related to Wind Turbines". Sarjajulkaisu. valtioneuvoston kanslia. 22. červen 2020. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/162329> .
- Moyano, David Baeza, a Roberto Alonso González Lezcano. 2020. „Effects of infrasound on health: Looking for improvements in housing conditions." *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics* 0 (ja): 1–34. <https://doi.org/10.1080/10803548.2020.1831787> .

## Otázky

Vědecká evidence o vztahu hypertenze a hlukových expozic je

\*Silná

Slabá

Žádná

Může expozice hluku přispívat k rozvoji metabolických onemocnění?.

\*Ano

Ne

Ano, ale převážně u dětí

Závislost expozice hluku a vlivů na zdraví je

\*Logaritmická

Exponenciální

Lineární

Jako velmi snesitelnou hlukovou zátěž byste hodnotili

\*45 dB

65 dB

75 dB