



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Název projektu	Rozvoj vzdělávání na Slezské univerzitě v Opavě
Registrační číslo projektu	CZ.02.2.69/0.0./0.0/16_015/0002400

Zvukové praktikum

Distanční studijní text

Ing. Jaroslav Menšík

Opava 2019



**SLEZSKÁ
UNIVERZITA**
FILOZOFICKO-
PŘÍRODOVĚDECKÁ
FAKULTA V OPAVĚ

Obor: Multimediální techniky

Klíčová slova: Zdroj zvuku, šíření zvuku, akustika prostředí, snímání a záznam zvuku

Anotace: Toto zvukové praktikum je doplňujícím kurzem Záznamu a zpracování zvuku a je zaměřené na hlubší pochopení vlastností zvuku v souvislosti s prostředím, ve kterém se šíří, a v němž se jej chystáme za pomoci nově nabytých praktických poznatků kvalitně zvukově snímat a zaznamenávat.

<

Autor: Ing. Jaroslav Menšík

Toto dílo podléhá licenci:



Creative Commons Uveďte původ-Zachovejte licenci 4.0

Znění licence dostupné na:

<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0>

Obsah


ÚVODEM.....	5
RYCHLÝ NÁHLED STUDIJNÍ OPORY.....	6
1 ZVUK A JEHO AKUSTICKE VLASTNOSTI	7
1.1 Zdroj zvuku.....	8
1.2 Vibrace a šíření zvuku v prostředí	11
1.3 Sluch a vnímání zvuku.....	12
1.3.1 Lidské ucho	13
1.3.2 Lidský sluch a sluchová hygiena	14
1.4 Parametry zvukové vlny	17
1.4.1 Amplituda, akustický tlak, decibel.....	18
1.4.2 frekvence - základní	21
1.4.3 Tvar vlny - barva, základní a vyšší harmonická frekvence	28
1.4.4 Zvuková obálka ADSR	33
1.5 Zvuk a jeho šíření v prostoru	43
1.5.1 Zvuková vlna v různém prostředí a za různých podmínek	45
1.5.2 Šíření zvukové vlny v otevřeném prostoru	47
1.6 Šíření zvukové vlny v uzavřeném prostoru - odraz, pohlcení, přenos.....	51
1.6.1 Odrazy zvukové vlny v místnosti	52
1.6.2 Absorpce zvukové vlny a pohltivost materiálů.....	65
1.6.3 Přenos zvuku z / do místnosti	67
1.7 Akusticky vhodné prostory	73
1.7.1 Volba akusticky vhodné místnosti a pozice pro zvukový záznam	73
1.7.2 správné umístění akustických prvků.....	76
1.7.3 Vlastnosti a optimalizace místností pro poslech zvuku	79
1.7.4 Akustické prvky a jejich užití při akustické úpravě místnosti	83
2 ZÁZNAM ZVUKU – TOK SIGNÁLU.....	91
2.1 Signálový tok zvuku	92
2.2 Mikrofony podle principu fungování.....	94
2.2.1 dynamický mikrofon.....	95
2.2.2 kondenzátorový mikrofon.....	97
2.3 Mikrofony podle typu směrové charakteristiky.....	100
2.3.1 Kulová (omni) charakteristika	101
2.3.2 Osmičková (Figure 8) charakteristika.....	102
2.3.3 Kardiovídní (ledvinová) charakteristika	103
2.3.4 Shotgun („puška“).....	105


2.4	Další důležité parametry mikrofonu	107
2.5	Vybrané příslušenství k mikrofonu.....	109
2.6	Kabeláž a bezdrátový přenos	110
2.7	Záznamová zařízení a zvukový záznam	114
2.7.1	Zvukový formát a optimální signálová úroveň.....	116
2.8	Kombinované techniky záznamu zvuku pro video a film	119
LITERATURA		126
SHRNUTÍ STUDIJNÍ OPORY		128
SEZNAM LICENCOVANÝCH OBRAZKU		129
PŘEHLED DOSTUPNÝCH IKON.....		131

ÚVODEM

Předpokladem pro úspěšné absolvování kurzu je především aktivní zájem o práci se zvukem. Vážnému zájemci se nabízí nepřehledné množství textových i zvukově obrazových studijních materiálů v rozsáhlém webovém prostoru. Ne vždy však informace tam prezentované musí být správné či prověřené. Mohou však zájemci pomoci orientovat se v dané problematice a podnítit jej k dalšímu studiu.

Studijní text se skládá z teoretické části propojené s praktickými souvislostmi. Druhá část se pak zabývá praktickými postupy a popisem technických prostředků potřebných pro pořízení zvukového záznamu.

Nejčastěji používaným distančním prvkem je prvek se zdviženým prstem , který slouží ke zdůraznění významu určité problematiky, k zapamatování jednoduchého principu, definice či pomůcky.

Na konci každé hlavní kapitoly jsou položeny kontrolní otázky. 

RYCHLÝ NÁHLED STUDIJNÍ OPORY

Cílem kurzu je poskytnout čtenáři souhrn základních znalostí a dovedností v oblasti akustiky, záznamových zařízení a potřebného vybavení, metod záznamu i následného zpracování zvuku.

Student by měl po absolvování kurzu přistupovat k problematice záznamu a zpracování zvuku bez obav a s hlubšími teoretickými a praktickými poznatky. Získané dovednosti by měl být schopen při tvorbě audio nebo audiovizuálního díla volit s ohledem na prostředí a podmínky natáčení. Měl by být schopen pro daný úkol vhodně volit vybavení a techniku záznamu. Výsledkem by měl být kvalitní zvukový záznam.

Zvuková složka by u vnímavého studenta měla být prosta rušivého zvukového pozadí – tedy v dobré srozumitelnosti, barvě, bez zkreslení, šumů, pazvuků a přeslechů.

Čím více bude začínající zvukař vědět o vlastnostech vzniku, šíření, vnímání a problematice záznamu zvuku, tím snáze se vypořádá při vlastní realizaci záznamu s nástrahami a nečekanými problémy, kterým se ani sebelépe připravený profesionál často nemůže vyhnout.

1 ZVUK A JEHO AKUSTICKE VLASTNOSTI

RYCHLÝ NÁHLED KAPITOLY



V této kapitole se blíže seznámíme s pojmem zvuku, jeho fyzikálními vlastnostmi a parametry. Popíšeme si, jak vzniká, jakým způsobem se šíří, co ovlivňuje jeho šíření. Budeme se zabývat otázkou vnímání zvuku lidským sluchem a psychoakustickými jevy, které vnímání ovlivňují.

Popíšeme si blíže i akustické prostředí, ve kterém se zvuk pohybuje. Prozkoumáme volné šíření zvuku i jeho chování při kontaktu s překážkou. Probereme jevy, které s touto interakcí souvisejí a jejichž výsledek má vliv na kvalitu námi pořizovaného zvukového záznamu.

CÍLE KAPITOLY



Student by měl pochopit klíčové vlastnosti zvuku. Měl by porozumět parametrům, které zvuk popisují. Dále by se měl zorientovat v problematice akustického prostředí, vzniku a šíření zvuku. Měl by pochopit, jak zásadní vliv má akustika prostředí na parametry šířeného zvuku, jeho vnímání i na možnosti praktické realizace kvalitního zvukového záznamu.

KLÍČOVÁ SLOVA KAPITOLY



- zdroj zvuku a jeho parametry
- zvukové vlnění a šíření v prostoru
- sluch a vnímání zvuku
- měření zvuku, veličiny
- akustika prostředí – přímý a odražený zvuk

1.1 Zdroj zvuku

Pokud se v prostředí (jiném, než ve vakuu) nachází vibrující těleso, budou se tyto vibrace přenášet do okolního prostoru v podobě zvukové vlny. Charakter zvukové vlny bude především záležet na zdroji zvuku a způsobu, jakým vibrace vytváří.

Například hudební nástroje můžeme rozdělit do skupin podle zdroje zvuku na:

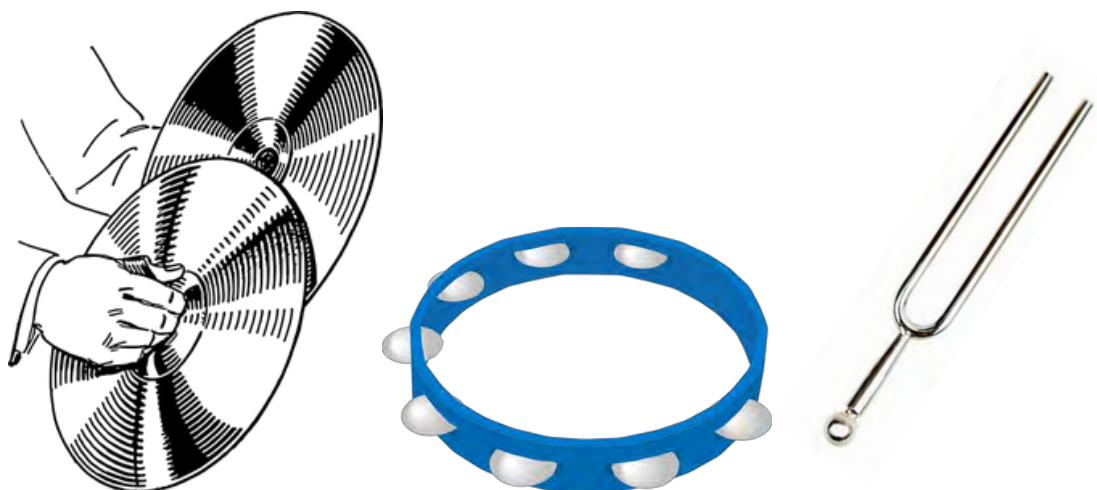
1. Strunné s vibrující strunou (kytara, housle, klavír, harfa) - *Chordophones*



2. Bicí s vibrující membránou (buben, tamburína s blánou) - *Membranophones*



3. Bicí s vibrujícím pevným tělesem (činel, tamburína, dřívka, marimba) - *Idiophones*



4. Dechové s vibrujícím plátkem (hoboj, klarinet) - *Aerophones*



5. Dechové s vibrací rtů muzikanta (trumpeta, píšťalka, trombon) - *Aerophones*



6. Vokál s vibrací hlasivek



7. Elektronické, kde signál vzniká v elektrickém obvodu – oscilátoru, je zesilován a přenášen vibracemi reproduktoru - *Electrophone*



K ZAPAMATOVÁNÍ

Předmět či hudební nástroj může vibrovat i ve vakuu, nicméně zde nebude možné vibrace slyšet, ani je snímat jinak, než kontaktní metodou.

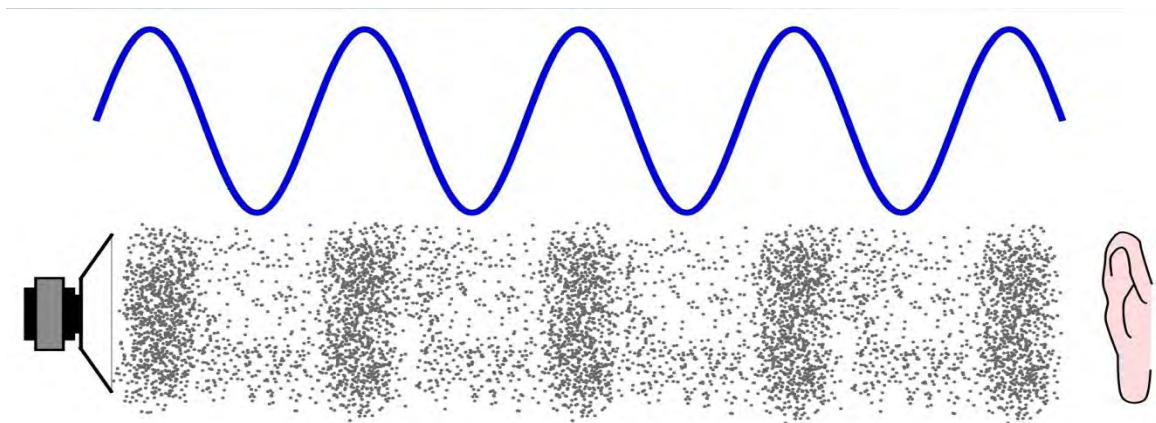
1.2 Vibrace a šíření zvuku v prostředí

Jak již bylo zmíněno na konci předchozí kapitoly, zvuk se ve vakuu nešíří. Takže střelba a exploze při bitvách v mezihvězdném prostoru mnoha sci-fi filmů je doplněna o zvukové efekty nekorektně a s notnou dávkou umělecké licence za účelem dramaturgizace děje.

Zvuk se naopak dobře šíří v pevných látkách, kapalinách a plynech. Pro účely tématu této publikace nás bude hlavně zajímat šíření zvuku v plynu, resp. v atmosférickém vzduchu.

V závislosti na nadmořské výšce a dalších klimatických faktorech má vzduch, který nás obklopuje, určitou rovnoměrnou hustotu molekul. Tato hustota je definována jako atmosférický tlak. Pokud se v takovém prostředí rozvibruje pevné těleso, například rezonanční deska kytary (vibrující struna kytary rezonuje s tělem kytary) nebo pro lepší názornost membrána reproduktoru, svým cyklickým pohybem vpřed a vzad (v případě jednoduchého periodického vlnění) naráží do rovnoměrně rozmístěných molekul vzduchu a způsobuje jejich střídavé *zhuštění* a *zředění*. Tento *rozruch* se předává ve směru šíření této podélné vlny působením *pružných sil* na sousedící molekuly. Takto dochází ke vzniku a šíření zvukové vlny (viz Obrázek 1).

Čím větší *amplitudu* zdroj vlnění má, tedy čím silněji brkneme do struny a více síly vynaložíme na přemístění struny z její klidové polohy, tím s větší silou a s větším rozkmitem struna bude vibrovat. Větší amplituda vibrací struny přenáší do média větší množství *energie* a molekuly vzduchu jsou pak vychylovány ze své klidové pozice na větší vzdálenost.



Obrázek 1 Podélné šíření zvukové vlny

Zvuková vlna není molekulou vzduchu nesena, ale jen předávána další sousední molekule jako vzorec zhuštění a zředění, podobně jako řada kulečnickových koulí po nárazu první do druhé, atd. nebo jako „mexická vlna“ tvořena diváky sportovního utkání či posluchači koncertu.

Zvuková vlna představuje periodické stlačování a následné rozpínání pružného prostředí, v našem případě vzduchu, ve kterém se šíří. Dochází tak k periodickým změnám atmosférického tlaku, které uchem vnímáme jako zvuk určité hlasitosti. **Hlasitost** zvuku je

subjektivní veličina závislá na citlivosti sluchu, věku posluchače i na frekvenci zvukové vlny.

Změny tlaku molekul vzduchu kmitající zvukové vlny jsou superponovány na tlaku atmosférickém a jsou definovány jako **Akustický tlak**. Nejmenší hodnota amplitudy akustického tlaku, kterou je lidské ucho schopno rozpoznat, je *hodnota* $2 \times 10^{-5} \text{ Pa} = 20 \text{ } \mu\text{Pa}$.

Pro objektivní a měřitelné posouzení kvality zvuku se používá veličina **Intenzita zvuku I**, která je definována jako množství energie přenesené kolmo orientovanou plochou v daném časovém úseku. Množství energie za jednotku času nám definuje výkon. Jde tedy o podíl výkonu zvukového vlnění a plochy, kterou vlna prochází za jednotku času:

$$I = \frac{P}{S}, (\text{W} \cdot \text{m}^{-2})$$

Hladina intenzity zvuku L (hlasitost) se pak jako logaritmická jednotka zavádí pro zjednodušení výpočtů i zobrazování v grafech. Změna intenzity o jeden řád znamená změnu hladiny intenzity o pouhých 10 dB. Viz Tabulka 1.

$$L = 10 \log \frac{I}{I_0}, \text{ kde } I_0 = 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$$

$I_0 = 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \sim 0 \text{ dB}$ odpovídá prahu slyšení, $I = 1 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \sim 120 \text{ dB}$ pak odpovídá prahu bolesti.



K ZAPAMATOVÁNÍ

Zvuková vlna se tvoří a nese na v prostoru rozmístěných vibrujících molekulách vzduchu, který slouží jako *pružné přenosové medium*. Nedochází přitom ke změně klidové polohy molekuly. Vlastnímu jednosměrnému pohybu molekul vzduchu říkáme vítr.

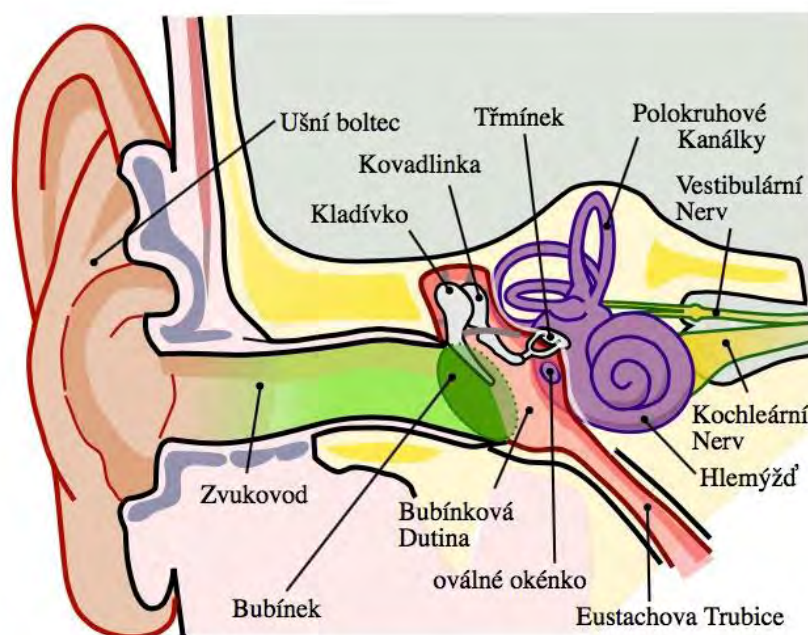
1.3 Sluch a vnímání zvuku

Lidský sluch patří mezi evolučně mimořádně vyvinuté smysly. Nedá se vypnout, je stále aktivní. Zvuk vnímáme ze všech směrů. Tam, kde nedosáhne lidský zrak, je sluch na stráž a včas nás varuje před blížícím se nebezpečím. Evoluce nám dopřála dostatek času pro vyvinutí úžasného smyslu, jakým sluch nesporně je.

Zvuková vlna (opakovaně střídající se zhuštění a zředění molekul vzduchu) nakonec dorazí současně k oběma či postupně k jednomu a s určitým zpožděním k druhému uchu v závislosti na orientaci hlavy ke směru zvukové vlny. Prochází zvukovodem a naráží na

ušní bubínek. Ten jako membrána rezonuje s přicházející zvukovou vlnou a takto rekonstruuje vibraci původního zdroje. Vibrace se dále přenáší do středního a vnitřního ucha, kde je nakonec převedena na nervové impulzy. Tyto impulzy z obou uší pokračují k dalšímu zpracování v našem mozku. Ten přicházející data vyhodnotí a překládá informaci o charakteru a poloze zdroje zvuku i prostředí, které jeho vibrace doručilo, našemu vědomí.

1.3.1 LIDSKÉ UCHO



Obrázek 2 Lidské ucho

Vibrace zdroje přicházejícího signálu narážejí na členitý povrch obou ušních boltců. Toto členění napomáhá k prostorové lokalizaci zdroje i odhadu jeho vzdálenosti. Zvukovodem *vnějšího ucha* se signál přesouvá k bubínku, který je rozkmitán. Zvukovod má vlastní rezonanční frekvenci někde mezi 3 kHz až 4 kHz. V tomto rozmezí dochází k zesílení příchozího signálu až o 15 dB. Tento jev má souvislost s evolučním vývojem člověka. Naši předci se naučili být více vnímavými k životně důležitým zvukům spadajícím do této frekvenční oblasti – křik dítěte, praskot větviček plížící se šelmy, apod. Více se tímto jevem zabývá psychoakustika, například v souvislosti s křivkami stejné hlasitosti (Fletcher a Munson).

Vibrace bubínku pokračují ve *středním uchu* přes soustavu kůstek: kladívko, kovanlinka, třmínek. Třmínek svým napojením na blanku oválného okénka ukončuje prostor středního ucha. Střední ucho slouží jako transformátor intenzity - kompresor přicházejícího signálu a mimo jiné chrání takto vnitřní ucho před nepřiměřenými změnami a poškozením.

Vnitřní ucho obsahuje trubici ve tvaru spirály – hlemýždě, který je naplněn kapalinou, a kde se také nachází vlastní smyslový orgán sluchu – Cortiho ústrojí. Tento orgán obsahuje asi 30 000 vláskových buněk, které jsou různě citlivé na různé frekvence příchozího signálu. Vnitřní ucho nakonec předává informaci o intenzitě a rychlosti kmitu příchozího sig-

nálu jako nervové vzruchy, které putují dále ke zpracování do mozku. Mozek tyto informace spolu s dalšími vyhodnotí, zvaží i informace a zkušenosti jedincem nabyté a uložené v mozku již v minulosti, a poskytne našemu vědomí komplexní informaci o barvě, intenzitě a frekvenci zdroje zvuku.

Na základě porovnání rozdílné intenzity a rozdílného času dopadu zvukové vlny na ušní boltce je také vyhodnocena informace o poloze a umístění zdroje zvuku.

Lidský sluch se tedy skládá ze dvou procesů:

- **Převod zvuku** - akustický signál je převeden pomocí mechanického systému ucha na nervové impulzy (podobně jako mikrofon převádí akustický signál na elektrický).
vzduch → membrána → kost → kapalina → nervový (elektrický) vzruch
- **Zvukové vnímání** - nervové podněty jsou v mozku v součinnosti s dalšími parametry, jakými jsou například paměť, historická zkušenost, interpretace, kombinace, porovnávání, rozlišování, vyhodnocena ve výsledný tón, hlas či hluk.

1.3.2 LIDSKÝ SLUCH A SLUCHOVÁ HYGIENA

Obecně je známo, že člověk může slyšet zvuky v rozsahu frekvencí 20 Hz až 20.000 Hz, a to navíc nelineárně v různé intenzitě (Fletcher-Munson křivka). Ovšem v tomto rozsahu jde jen o výjimečné jedince, a jen určitého věku. Sluch se postupně od dospívání zhoršuje a s věkem nad 50 let klesá horní hranice pod 15.000Hz (dochází k poškození či absenci vláskových buněk). Omezený frekvenční rozsah mohou často mít i mladí lidé, pokud opakovaně a často vystavují svůj sluch nebezpečně vysokým intenzitám (koncerty, hlasitý poslech přes sluchátka, apod.)



SLUCHOVÝ ROZSAH NĚKTERÝCH ŽIVOČICHŮ

- SLON: 16 – 12.000 Hz
- ČLOVĚK: 20 – 20.000 Hz
- PES: 40 – 60.000 Hz
- MYŠ: 1.000 – 80.000 Hz
- NETOPÝR: 2.000 – 120.000 Hz
- DELFÍN: 75 – 150.000 Hz

Z hlediska dynamického rozsahu vnímáme zvuky od 0 dB SPL (práh slyšení) až po 120 dB SPL (práh bolesti).

Sluch lze nenávratně poškodit nejen při krátkodobém vystavení se vysoké intenzitě (110 - 120 dB SPL), ale i při dlouhodobém pobytu v prostorách s intenzitou, která je krátkodobě neškodná (80 - 100 dB SPL).

Prvním příznakem nepřiměřeného vystavení se vysoké hladině zvuku je ztráta citlivosti sluchu ve vyšších frekvencích a takzvané *zvonění v uších* (nepřetržitý tón o vysoké frekvenci), které v lepším případě odezní během jednoho dne.

Pokud se vystavujeme bez ochrany sluchu vysokým intenzitám opakovaně a často, může dojít k poruše zvané *Tinnitus*, kdy se občasné zvonění v uších stane trvalým.

Nachází-li se člověk trvale v pracovním prostředí s nebezpečně vysokou intenzitou hluku, je potřeba sluch chránit ochrannými pomůckami a dodržovat sluchovou hygienu a omezit dobu pobytu v takovém prostředí.

Denní doporučené limity pro pobyt v hlučném prostředí stanoví příslušné hygienické normy. Doporučená hlasitost poslechu hudby ve zvukovém studiu je 83 dB SPL, ale i v tomto případě je vhodné dělat během poslechu časté pauzy a nechat sluch odpočinout.

Profesionální hudebníci (bubeníci, apod.) nebo zvukaři hlasitých koncertů by měli používat ochranné „špunty do uší“, které v případě profesionálního provedení dokážou utlumit hladinu zvuku vyrovnaně v celém frekvenčním poslechovém pásmu (na rozdíl od laciných molitanových ucpávek vhodných pouze pro občasné hlučné řemeslné práce).

I HUDBA MŮŽE UBLIŽOVAT



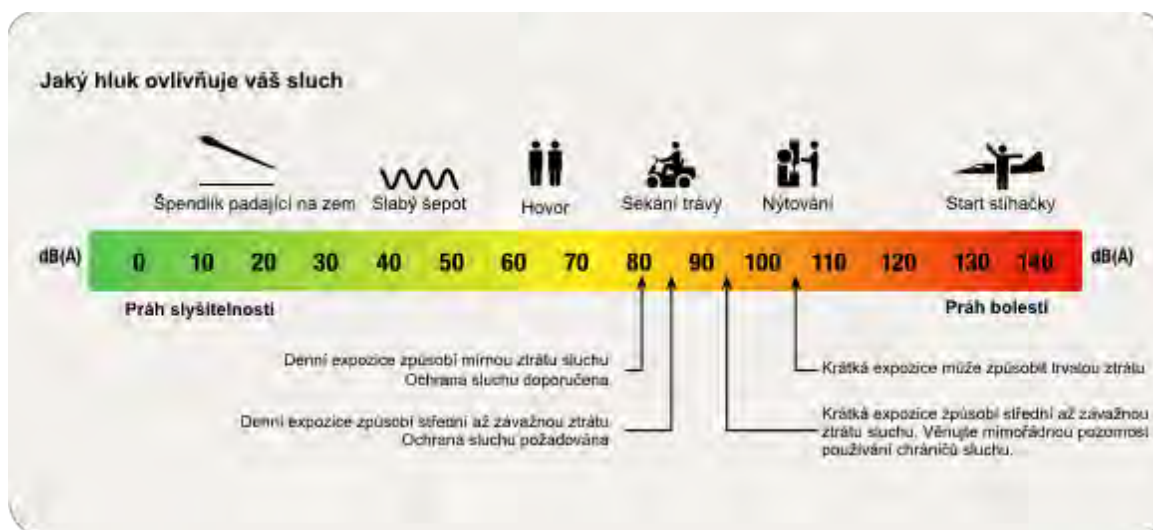
Poslechu hlasité hudby na koncertu (100 – 110 dB SPL), případně extrémně hlasitému poslechu reprodukované hudby se sluchátky, bychom se měli souvisle denně věnovat maximálně ½ až 2 hodiny.



Obrázek 3 Chrániče sluchu

Tabulka 1: Dynamický rozsah sluchu (přesnost hodnot souvisí se vzdáleností od zdroje)

Hladina intenzity zvuku (dB SPL)	Akustický tlak v Pa	Intenzita zvuku ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$)
130	Start tryskového letadla ve vzdálenosti 100 m	10
120	Sbíječka, blízký výstřel (20 Pa). Práh bolesti (individuální)	1
110	Řetězová pila vzdálená 1 m	10^{-1}
100	Hlasitá akustická hudba, hlasitá sluchátka (2 Pa)	10^{-2}
90	Rušná ulice	10^{-3}
80	Průměrná úroveň poslechu hudby (0,2 Pa)	10^{-4}
70	Méně hlasitá úroveň poslechu hudby	10^{-5}
60	Průměrná hlasitost rozhovoru, vysavač, pračka	10^{-6}
50	Průměrná hlasitost domácnosti	10^{-7}
40	Tichá místnost, tikot hodin (0,02 Pa)	10^{-8}
30	Šepot	10^{-9}
20	Velmi tichá izolovaná místnost (0,002 Pa)	10^{-10}
10	Anechoidní komora – akusticky izolovaná místnost bez odrazů stěn	10^{-11}
0	Práh slyšení ($2 \times 10^{-5} \text{ Pa} = 20\mu\text{Pa}$)	10^{-12}

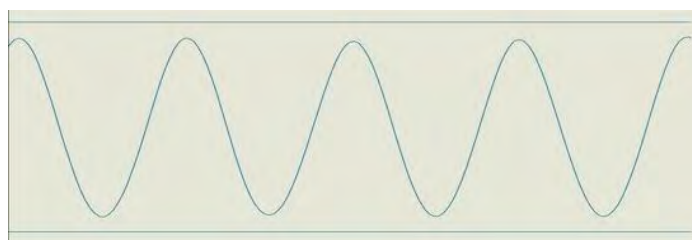


Obrázek 4 Hluková stupnice

Rozmezí mezi prahem slyšení a prahem bolesti určuje *dynamický rozsah lidského sluchu*.

1.4 Parametry zvukové vlny

Zvuková vlna, v závislosti na zdroji zvuku, může nabývat tvaru jednoduché sinusové křivky (viz Obrázek 5) v případě jednoduchého periodického zdroje zvuku (např. testovací elektronický sinusový signál 1 kHz či základní zvuk – hlas oscilátoru hudebního syntezátoru).



Obrázek 5 Jednoduchý periodický zvukový signál

Může však také nabývat komplexního složitého tvaru (viz Obrázek 6). Děje se tak v případě např. hudebního nástroje či lidského hlasu, kdy zdroj zvuku nevibruje pouze na jedné základní frekvenci, ale zní bohatě součtem frekvence základní a dalších vyšších harmonických frekvencí umocněných rezonancí vlastního těla zdroje a dalšími faktory.



Obrázek 6 Složený periodický zvukový signál



Obrázek 7 Komplexní zvukový periodický signál

V každém případě se dá taková zvuková vlna měřit a popsat fyzikálními veličinami i psychoakustickými pojmy. Zvuková vlna nám pak názorně svým vzhledem a naměřenými hodnotami pomáhá orientovat se, správně reagovat a provádět adekvátní operace během poslechu, zvukové analýzy, záznamu, editace v DAW (*Digital Audio Workstation* – program na úpravu a mix zvuku v počítači) či v následném mixu nebo během jejího přehrávání.

Každá zvuková vlna má tři základní měřitelné parametry:

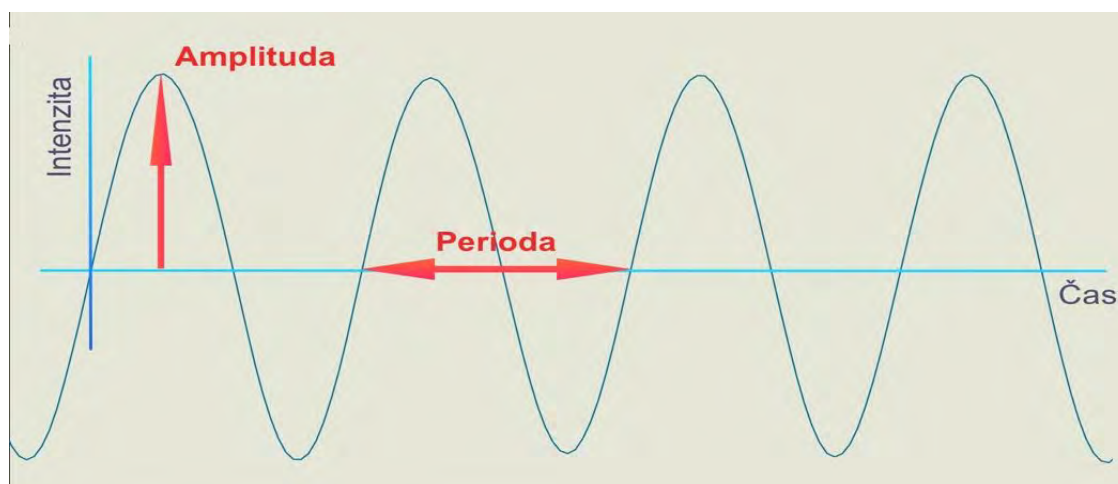
Tabulka 2: Parametry zvukové vlny

<i>parametr</i>	<i>popis</i>	<i>vnímání smysly</i>
Amplituda	Intenzita, síla vibrace	Hlasitost tónu
Frekvence	Rychlost opakování vibrace	Výška tónu
Obálka	Obálka vibrace	Barva tónu

1.4.1 AMPLITUDA, AKUSTICKÝ TLAK, DECIBEL

Amplituda zvukové vlny nás informuje o intenzitě vibrace. Například pokud rozeznáme strunu kytary lehkým pohybem trsátka, bude se struna chvět s malou výchylkou a nízkou intenzitou. Pokud však do struny udeříme s velkou razancí, bude vibrovat a vychylovat se ze své rovnovážné polohy s mnohem větší odchylkou, vyšší intenzitou i výraznější barvou.

Struna i rezonanční deska kytary uvede do kmitavého pohybu okolní molekuly, ty svým zhuštěním a zředěním prostředí generují akustickou vlnu. Ta se nese po molekulách vzduchu až k sluchovému orgánu nebo membráně mikrofonu, kde dojde k jejímu zachycení a převedení na elektrický signál či smyslovou informaci.



Obrázek 8 Parametry zvukové vlny

Elektrický signál odpovídající dané amplitudě zvukové vlny lze vyjádřit různými jednotkami v závislosti na fyzické formě vlny a druhu měření.

Amplituda zvukové vlny ve vzduchu (intenzita zhuštění a zředění molekul vzduchu – **akustický tlak**) je měřena fyzikální jednotkou **Pascal - Pa**. Tato jednotka je totožná s veličinou určující atmosférický tlak vzduchu, a pro zajímavost se dá říci, že atmosférické změny tlaku vzduchu (tlaková výše, níže, přechod) v podstatě popisují extrémně pomalou zvukovou vlnu s amplitudou v hektopascalech - hPa, kterou samozřejmě slyšet nemůžeme.

AMPLITUDA – INTENZITA VIBRACE JE VNÍMÁNA JAKO HLASITOST



Hodnota 2×10^{-5} Pa udává nejnižší intenzitu (amplitudu) zvukové vlny, kterou ještě lidské ucho rozpozná. Jde o takzvaný **práh slyšení**.

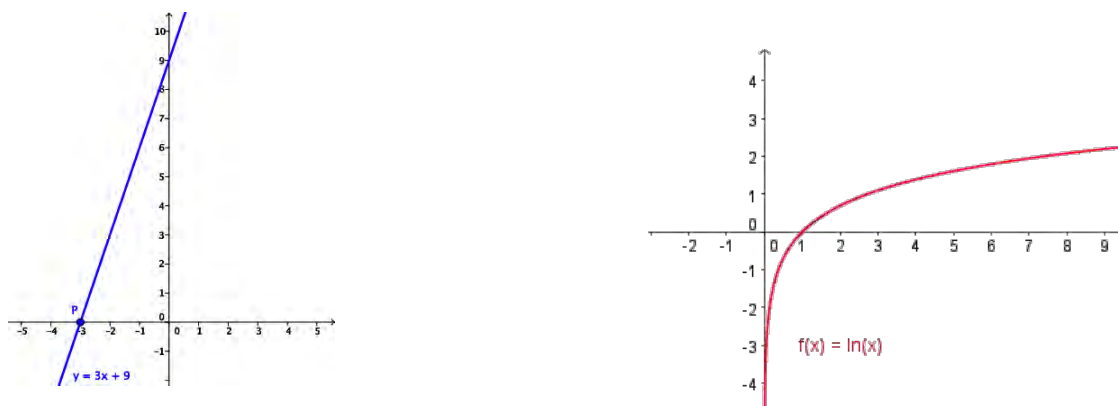
V okamžiku, kdy zvuková vlna dorazí k mikrofonu a rozkmitá jeho membránu, objeví se na jeho výstupu příchozímu signálu odpovídající střídavé napětí, jehož amplitudu měříme ve **voltech – V**.

Pokud toto elektrické napětí zesílíme a příchozí vlnu pak reprodukuje pomocí zvukové aparatury, používá se pro určení zvukového výkonu ve vztahu k amplitudě jednotka **Watt – W**.

Výše uvedené jednotky ve vztahu k lidskému sluchu nabývají hodnot v řádech několika nul (například 20 μPa až cca 200 Pa u akustického tlaku).

Z důvodu nepraktičnosti práce s tak rozsáhlou stupnicí veličin a s přihlédnutím k faktu, že lidské ucho se při zpracovávání zvuku nechová lineárně (nelineární transformace amplitudy zvuku ve středním uchu), ale právě logaritmicky, využívá se v akustice, a při práci se zvukem obecně, stupnic logaritmických s jednotkou **dB**. Stupnice zobrazena v decibelech vyjadřuje rozdíl v úrovních (např. amplitudy) jako poměr dvou úrovní – v praxi pojmenováno jak **dB Gain** (zisk). Informuje nás o tom, jak velká je změna měřené hodnoty od hodnoty předchozí.

Pokud pro měřenou veličinu definujeme hodnotu referenční, výsledná logaritmická hodnota pak vyplývá z poměru měřené hodnoty k hodnotě referenční – v praxi pojmenováno jako **dB Level** (úroveň). Informuje nás o tom, jak velká je měřená hodnota ve vztahu k hodnotě referenční (prahové, nulové, maximální, doporučené).



Obrázek 9 Grafy lineární a logaritmické funkce

Vztah mezi lineární a logaritmickou stupnicí amplitudy zvuku je zobrazen v Tabulce 3.

Tabulka 3: Lineární x logaritmická stupnice

<i>Fyzická forma zvuku</i>	<i>Fyzická (lineární) stupnice</i>	<i>Audio (logaritmická) stupnice</i>
Akustická zvuková vlna	Pascal - Pa	dB SPL (sound pressure level)
Elektrická zvuková vlna	Volt - V	dBu (Pro Audio), dBV
El. zvuková vlna - výkon	Watt - W	dBm

Pro výpočet logaritmu intenzity se používá vzorec: $20 \log (V_2 / V_1)$.

Pro výpočet logaritmu výkonu se používá vzorec: $10\log(W2 / W1)$.

1.4.2 FREKVENCE - ZAKLADNÍ

Frekvence popisuje rychlost, s jakou zdroj periodického vlnění kmitá. Tedy jde o počet kmitů za vteřinu a udává se v jednotce Hertz – **Hz**. Například 20 Hz = 20 celých periodických kmitů za sekundu, 1 kHz = 1000 kmitů za sekundu.

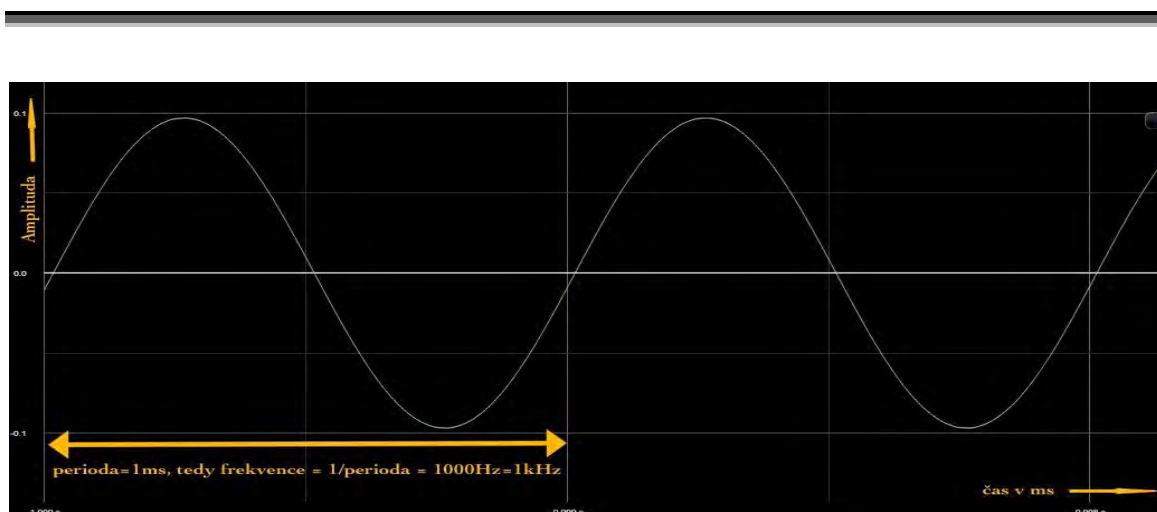
Jak již bylo dříve zmíněno, lidské ucho je u novorozence schopno rozeznat frekvence v rozsahu 15 Hz až 20.000 Hz. Každý rok se pak rozsah sluchu u zdravého jedince snižuje o 100 – 200 Hz od horní hranice 20 kHz. Z toho vyplývá, že člověk ve věku 50-ti let již nemusí dobře slyšet frekvence nad 15 kHz.

Ke snížení rozsahu sluchu či k omezení schopnosti vnímat určité frekvence dochází také poškozením sluchu při vystavení se extrémním zvukovým intenzitám (výbuch granátu, výstřel, apod.) či dlouhodobému působení vyšších hlukových intenzit (častá návštěva hlasitých koncertů, nepřiměřeně hlasitý poslech hudby přes sluchátka).

Z pohledu vnímání zvuku je údajně naše mysl schopna identifikovat frekvence v rozsahu 1 Hz - 45.000 Hz¹.

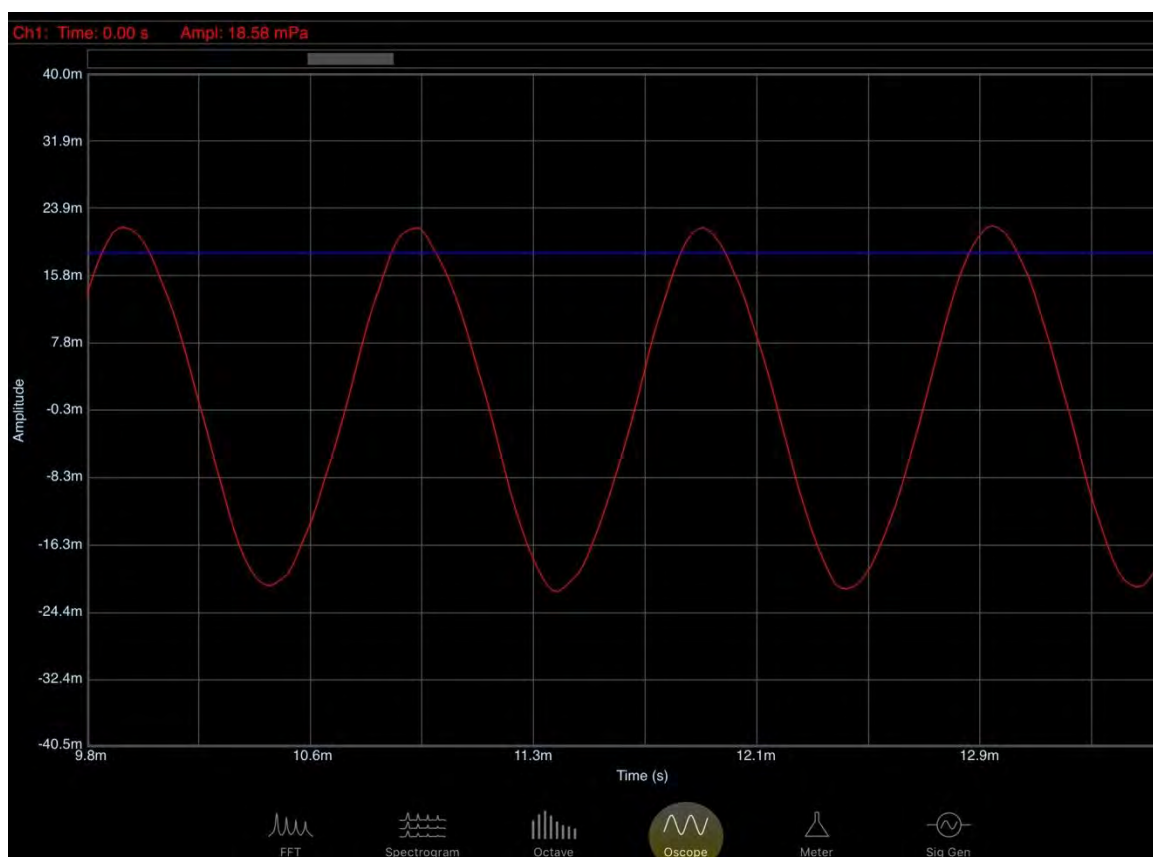


FREKVENCE – RYCHLOST VIBRACE - VNÍMÁNA JAKO VÝŠKA TÓNU



Obrázek 10 Graf závislosti amplitudy na čase – signál 1kHz (Osciloskop A)

¹ Spatial Audio by Francis Rumsey, 2000



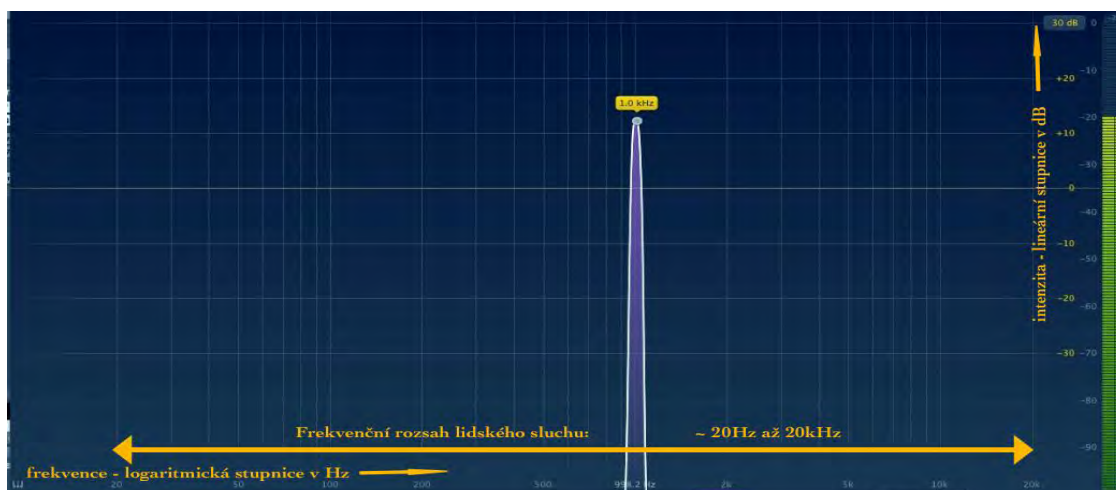
Obrázek 11 Graf závislosti amplitudy na čase – signál 1kHz (Osciloskop B)

Obrázky 10 a 11 nám zobrazují jednoduchý periodický signál – sinusoidu o frekvenci 1kHz tak, jak by se nám zobrazila na měřicím přístroji – osciloskopu. Zde se perioda opakuje každou milisekundu. Toto zobrazení poskytuje informaci o charakteru a složitosti periodického signálu. V našem případě jde o nejjednodušší průběh – sinusoidu.

Diskrétní frekvence nebo i komplexní zvukový signál (složený z mnoha frekvencí) se obecně zobrazuje na **grafu frekvenční charakteristiky**, který popisuje složení frekvencí a jejich amplitudy v širokém rozsahu frekvenčního pásma v krátkém časovém okamžiku nebo jako průměr za určitý časový úsek. Vodorovná frekvenční osa bývá z důvodu přehlednosti většinou logaritmická.

Obrázek 12 zobrazuje náš jednoduchý signál 1kHz jako úzkou grafickou výseč na hodnotě 1kHz stupnice s referenční úrovní (hlasitostí) -20 dBFS².

² Jednotlivé užitečné typy stupnic popisujících intenzitu zvukového signálu budou popsány v některé z dalších kapitol.



Obrázek 12 Graf frekvenční charakteristiky zvukového signálu 1kHz, -20dBFS

S grafem popisujícím průběh frekvenční charakteristiky (viz Obrázek 13) se můžeme setkávat jak ve zvukové praxi, tak i ve zvukové postprodukci:

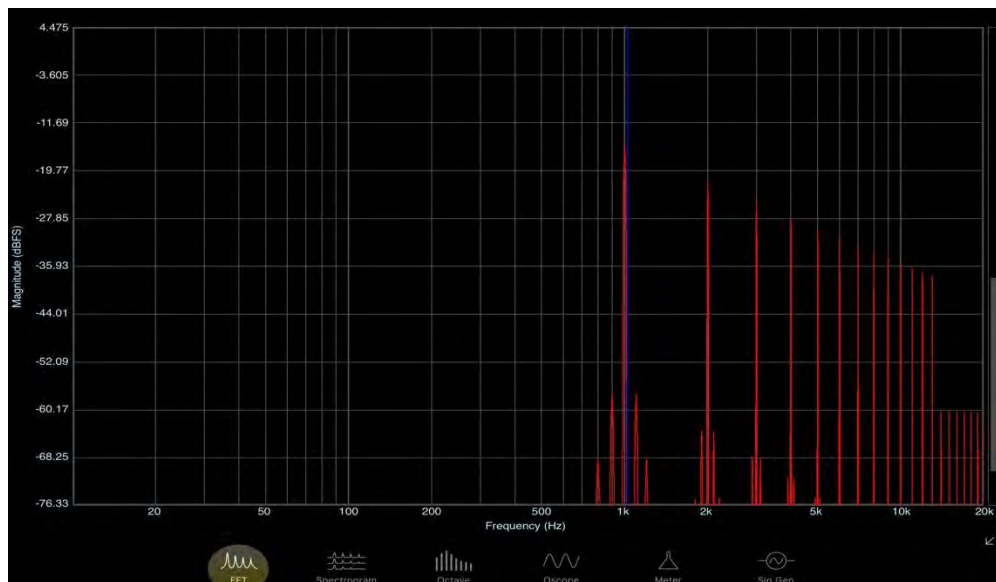
- zvukař před koncertem na displeji mixážního pultu (nebo na externím měřicím zařízení) nastavuje správnou frekvenční vyváženost zvukové aparatury
- zvukař během koncertu na displeji mixážního pultu kontroluje frekvenční vyváženost živého zvukového mixu
- zvukový inženýr ve zkoumaném prostoru analyzuje danou akustickou odezvu
- zvukový inženýr v postprodukci na displeji počítače v okně zvukového programu analyzuje akustiku studia
- zvukový inženýr v postprodukci na displeji počítače v okně zvukového programu kontroluje frekvenční vyváženost studiového zvukového mixu
- zvukový inženýr v postprodukci na displeji počítače v okně zvukového programu lokalizuje rušivé frekvence a jiné nežádoucí zvuky

Ještě do nedávné doby, před nástupem výkonných počítačů, byly pro potřeby okamžitého měření k dispozici pouze speciální analogové měřicí a zobrazovací přístroje – RTA (real-time analyzer), které zobrazují informaci o složení a intenzitě signálu uvnitř předem definovaných úseků stupnice frekvenčního rozsahu 20 Hz až 20 kHz (v případě běžných akustických měření). Stupnice bývá rozdělena na oktávy, ty pak na třetiny v případě třetino-oktávového analyzáru), kdy přístroj zobrazuje měřenou sumu informací s rozlišením třetiny oktávy. Přesnější přístroje pak dělí oktávy na více měřených úseků.



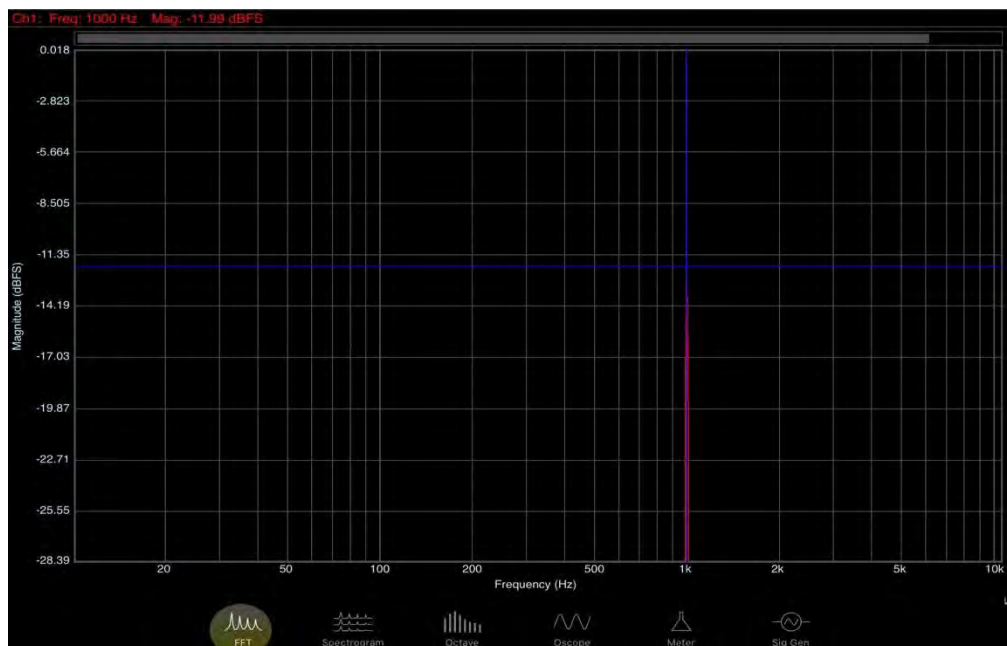
Obrázek 13 Třetino-oktávový RT analyzátor

S nástupem výkonné digitální měřicí a zvukové techniky se stále více také používá takzvaný **FFT³ analyzátor**. Ten umí digitálně s pomocí Fourierovy matematické transformace zpracovat zvukový signál (u výkonného systému i v reálném čase) a následně jej zobrazit na grafu frekvenční závislosti jako množinu diskrétních frekvencí, ze kterých je komplexní signál složen (Obrázek 14).



Obrázek 14 FFT graf frekvenční závislosti - složitý periodický signál

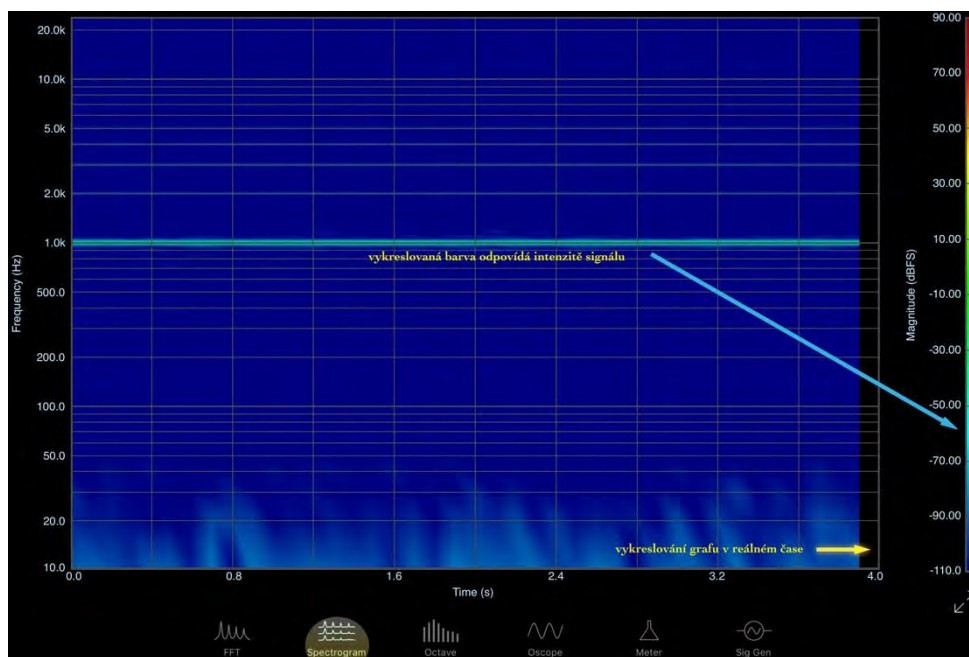
³ FFT – Fast Fourier Transformation = rychlá Fourierova transformace



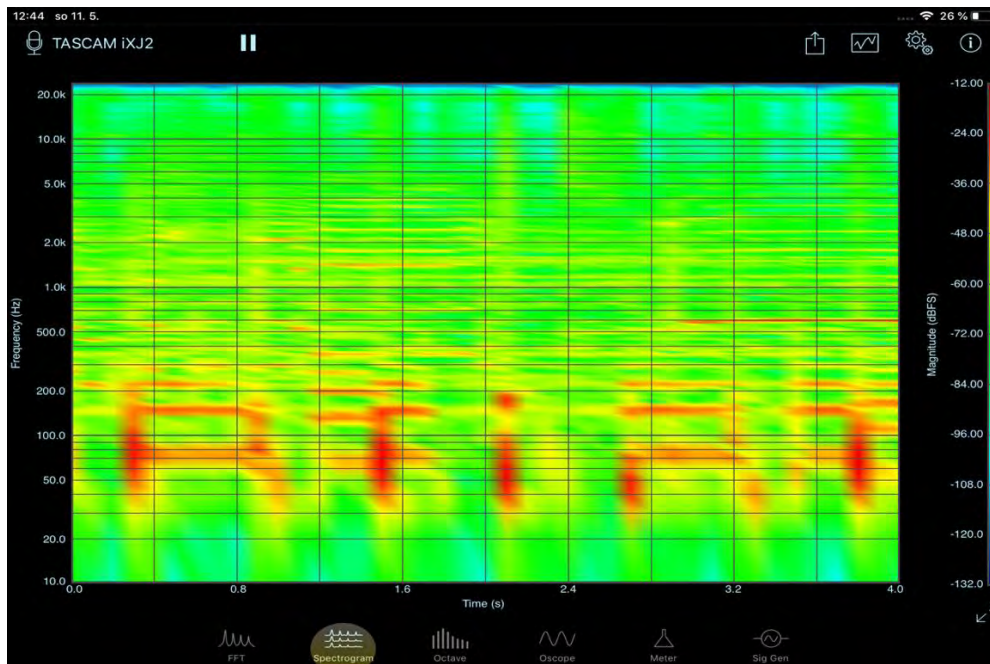
Obrázek 15 FFT graf frekvenční závislosti – sinus 1kHz

V případě jednoduchého periodického signálu jde o zobrazení jednoduché (Obrázek 15).

Další možností analýzy a grafické prezentace zvukového signálu je **Spektrogram** (Obrázek 16). Ten nám podává užitečnou informaci o průběhu audio signálu v čase. Tedy přehledně nás informuje o tom, jak a kdy došlo ke změně intenzity (amplitudy) či frekvence.



Obrázek 16 Spektrogram - sinus 1kHz

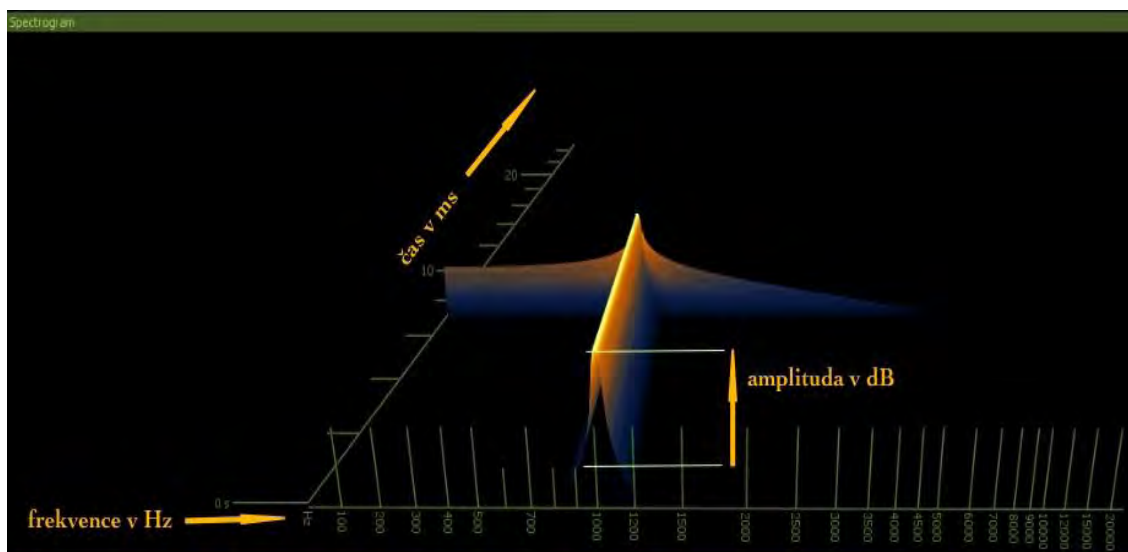


Obrázek 17 Spektrogram – hudba

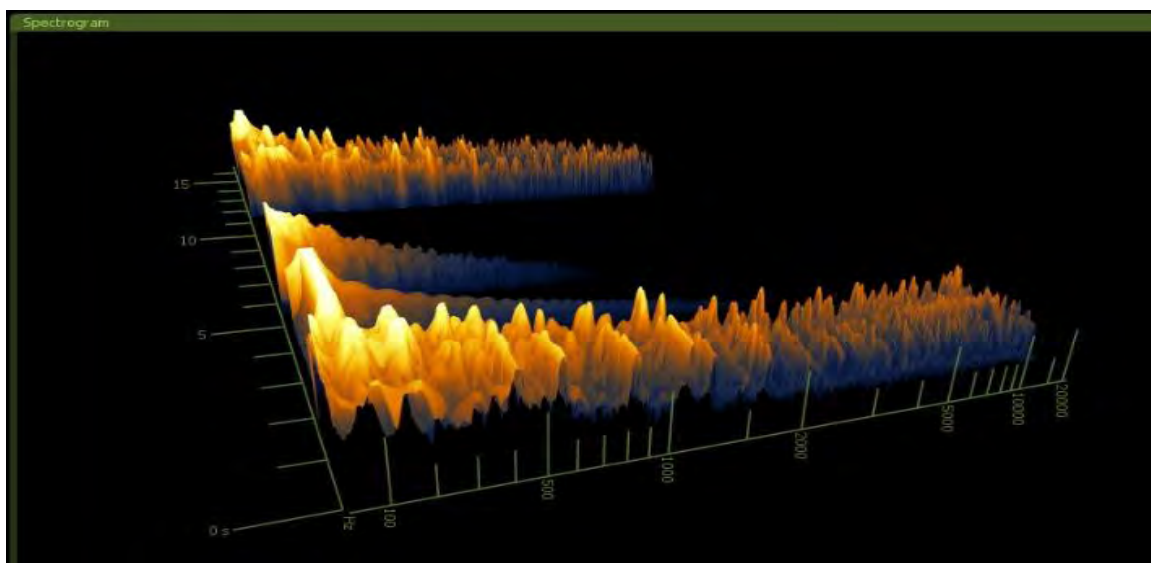
Na Obrázek 17 je zobrazena 4 sekundy dlouhá časová výseč skladby *The Wall, Part II* skupiny Pink Floyd. Intenzita a tóny basové kytary na spektrogramu vykreslily zajímavý „šifrovaný“ text.

3-D verze spektrogramu – tzv. **Waterfall** Obrázek 18 nemá časovou osu zleva doprava, jak tomu bylo na Obrázek 16, ale vzdaluje se směrem od pozorovatele. Používá se například při měření komplexní akustické odezvy – dozvuku místnosti, kde zkoumáme, k jak rychlému poklesu dozvuku na určitých frekvencích dochází.

Pozn.: V případě našeho trvale znějícího jednoduchého signálu 1kHz na obrázku 18 k žádné změně v čase nedochází.



Obrázek 18 Spektrogram („waterfall“) - signál 1kHz, -20dBFS



Obrázek 19 Spektrogram („waterfall“) komplexní časově proměnný zvukový signál

Na Obrázek 19 můžeme přehledně vizuálně analyzovat složitý zvukový signál - v tomto případě časovou výseč hudební nahrávky tak, jak se intenzitou i obsahem frekvencí postupem času proměňovala.

Při zpracovávání zvuku na počítači, tabletu či mobilu se většinou setkáváme se zobrazením jednoduché vlny či komplexního audio signálu ve formě regionu (*Region*) – klipu (*Clip*) zobrazeného jako vykreslený obdélník umístěný v příslušné stopě zvukového programu, kam jsme jej importovali jako zvukový soubor nebo přímo do programu nahráli. Na Obrázek 20 je znázorněn audio soubor umístěný ve stopě jako celý klip, na Obrázek 21 pak jako detailní zobrazení pomocí lupy (*Zoom*) programu.



Obrázek 20 Audio klip sinus 1kHz (celek) ve stopě zvukového programu ProTools

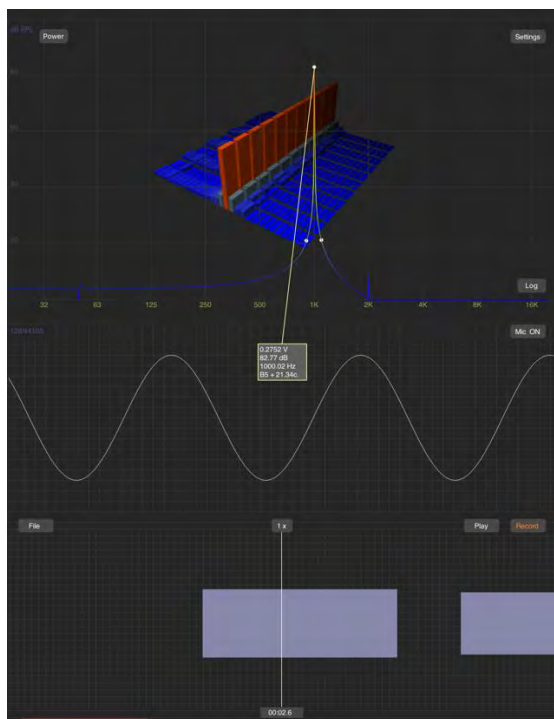


Obrázek 21 Audio klip sinus 1kHz (detail) ve stopě zvukového programu ProTools

1.4.3 TVAR VLNY - BARVA, ZÁKLADNÍ A VYŠŠÍ HARMONICKÁ FREKVENCE

Doposud jsme v textu většinou uváděli jednoduchý sinusový periodický signál. Ten je obvykle uměle generován elektronicky a slouží k testovacím a měřicím účelům, případně jako základní stavební kámen – hlas (*voice*) zvukové syntézy hudebních syntezátorů.

K dalším podobným jednoduchým elektronicky generovaným signálům patří průběh obdélníkový, pilový, trojúhelníkový, k složitějším pak například tzv. růžový šum, bílý šum, apod. Viz náhledově sdružené obrázky 22 až 29 (region, osciloskop, FFT, spektrogram).

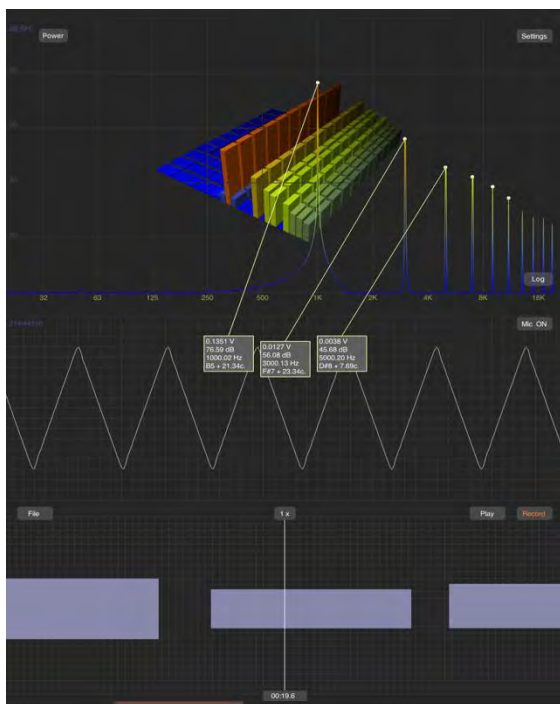


Sinus 1kHz obsahuje jen základní takzvanou harmonickou složku f_1 o frekvenci 1kHz zobrazenou na příslušných grafech jako žlutý vrchol nebo červená zeď neměnná v čase. Průběh vlny má tvar hladké sinusoidy.

FFT → f_1



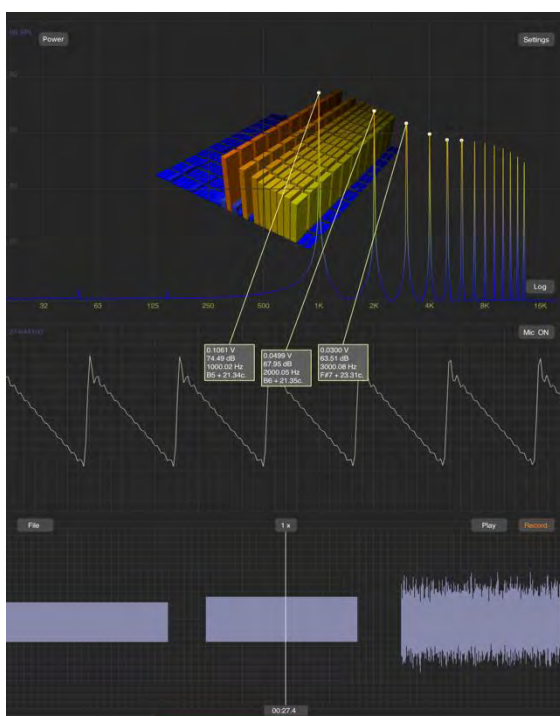
Obrázek 22 Sinus 1kHz



Obrázek 23 Trojúhelník 1kHz

Trojúhelník 1kHz obsahuje základní harmonickou složku f_1 o frekvenci 1kHz a vyšší liché harmonické f_3, f_5, f_7, \dots
Liché harmonické dodávají zvuku ostrost.
Průběh vlny má tvar hladkého trojúhelníku.

FFT \longrightarrow $f_1 + f_3, f_5, f_7, f_9, \dots$

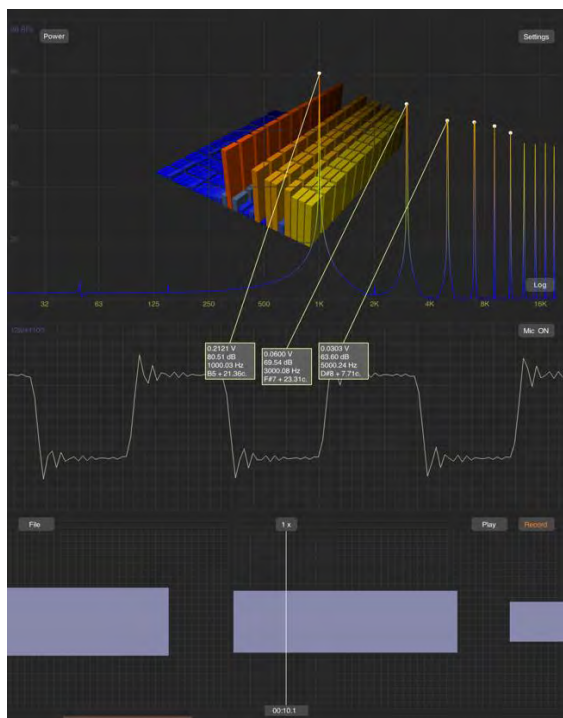


Obrázek 24 Pila 1kHz

Pila 1kHz obsahuje základní harmonickou složku F_1 o frekvenci 1kHz a všechny vyšší harmonické $f_2, f_3, f_4, f_5, \dots$
Používá se při tvorbě tónu u syntezátorů.
Průběh vlny má tvar hladké pily.

FFT \longrightarrow $f_1 + f_2, f_3, f_4, f_5, \dots$



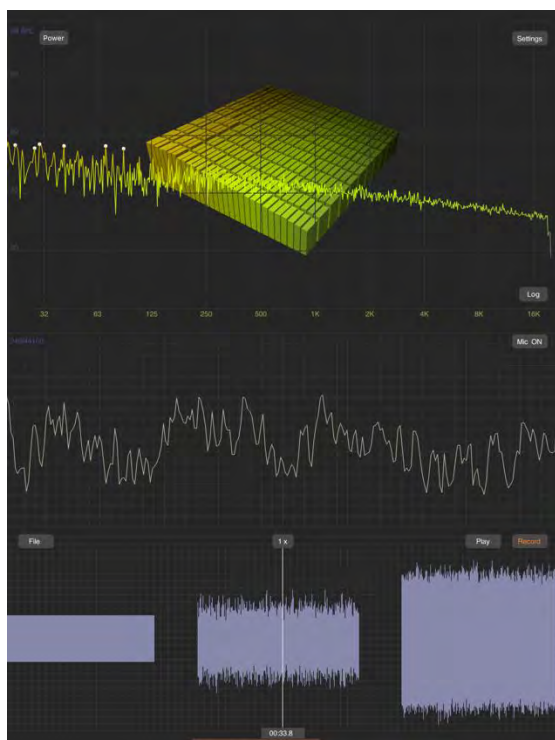


Obdélník 1kHz obsahuje základní harmonickou složku f_0 o frekvenci 1kHz a vyšší liché harmonické f_3, f_5, f_7, \dots
Průběh vlny má tvar obdélíku.

FFT \longrightarrow $f_1 + f_3, f_5, f_7, f_9, \dots$



Obrázek 25 Obdélník 1kHz

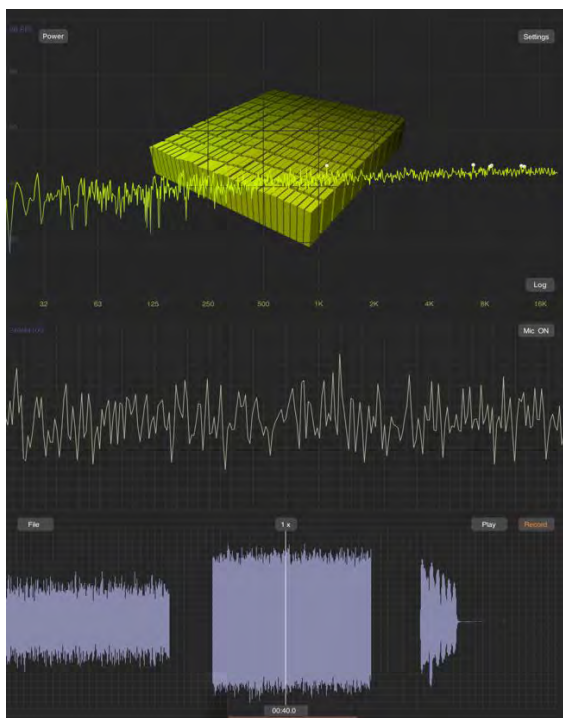


Růžový šum obsahuje kompletní spektrum všech frekvencí a to s takovou intenzitou jednotlivých složek, že suma energie je v úseku každé jedné oktávy stejná.

Tedy např. oblast 100-200 Hz má stejnou energii jako 1000-2000 Hz. Rovnoměrnost energie v jednotlivých oktávách odpovídá lidskému vnímání zvuku, proto se růžový šum používá pro měřicí účely v akustice. Například se reprodukuje reproduktorovou soustavou v měřené místnosti a zkoumá se linearita akustické odezvy místnosti ve sluchovém rozmezí 20 Hz až 20 kHz. Případně se nastavuje správná poslechová hlasitost.

Průběh vlny je komplexní.

Obrázek 26 Růžový šum



Bílý šum obsahuje kompletní spektrum všech frekvencí a to s takovou intenzitou jednotlivých složek, že suma energie je v úseku stejně širokého frekvenčního pásma stejná.

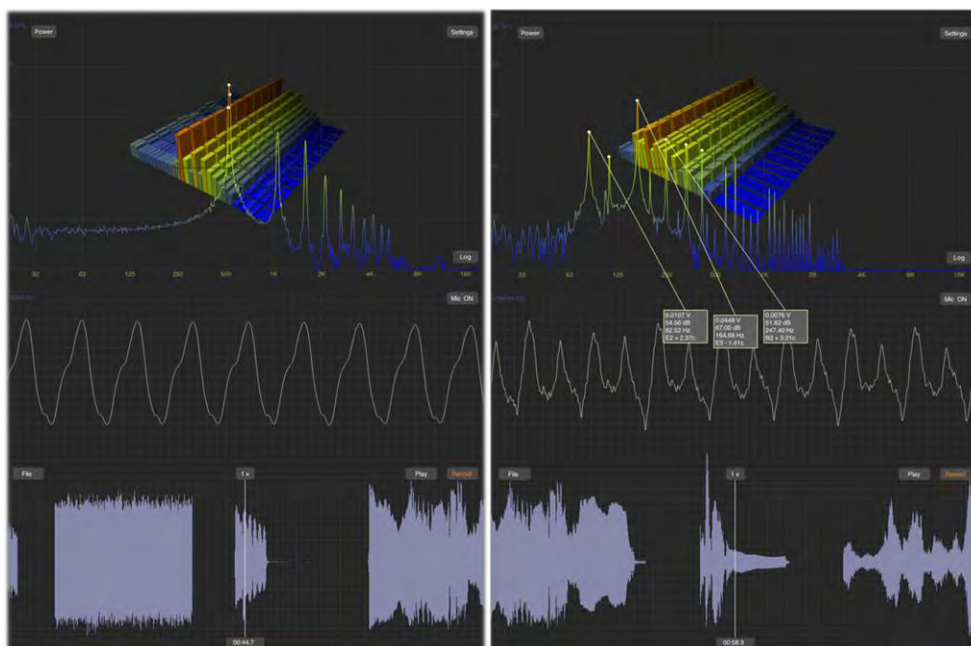
Tedy např. oblast 100-200 Hz má stejnou energii jako 1000-1100 Hz.

Používá se pro měřicí účely v elektronických zařízeních,

Průběh vlny je komplexní - spojitý.

Obrázek 27 Bílý šum

V reálném prostředí se s takto jednoduchými výše uvedenými signály prakticky nesečkáváme. Pokud zahrajeme na hudebním nástroji – například na kytáře jeden tón, neuslyšíme (případně na osciloskopu nevidíme) jednoduchý sinusový průběh a barva tónu se bude lišit od stejné frekvence generované elektroniky. Nezaujatý posluchač navíc jednoznačně poslechem pozná, že nejde o zvuk z generátoru, ale o tón kytary nebo flétny.



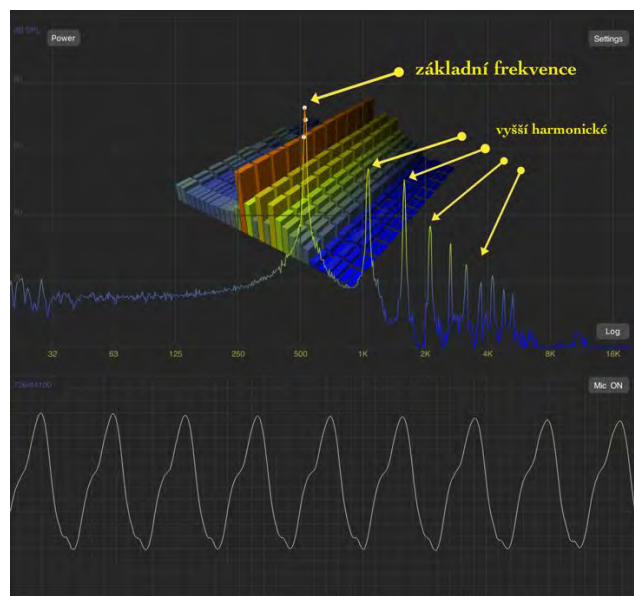
Obrázek 28 Tón flétny (vlevo) s akustické kytary (vpravo)

Průběh vlny a frekvenční spektrum tónu akustického hudebního nástroje není sice tak komplexní jako u šumu, zato nabývá složitější podoby, než je tomu u jednoduchých průběhů jako je sinus, pila apod., třebaže reprezentuje zvuk o stejné základní frekvenci. Rozeznělá struna kytary, která vibruje na frekvenci základní a současně i na frekvencích vyšších harmonických, nevibruje izolovaně, ale je pevnou součástí celku hudebního nástroje – kytary tvořené z různých částí (ozvučných desek, komor,...) i materiálů. Tak dochází k především pozitivním rezonancím s harmonickými frekvencemi generovanými vibrující strunou. K tomu se mohou přidat i další rezonující neharmonické frekvence. Takto se skládá a vzniká složitější vzor vlnění a „balíček“ harmonického spektra, které pak posluchač vnímá a rozpoznává jako konkrétní tón určité výšky a barvy generovaný určitým nástrojem určité kvality.

Čím složitější vzor vibrací je (obsahuje mnoho harmonických složek), tím je tón frekvenčně bohatší a zajímavější, a my jej pak, díky naší zkušenosti a zvukové paměti, dokážeme jednoznačně přiřadit ke konkrétnímu hudebnímu nástroji či obecnému zdroji zvuku.

Snadno tedy odlišíme stejný tón hraný na piano, kytaru, mandolínu, apod., přestože se jedná u všech o vibrace struny na stejné základní frekvenci. U některých hudebních nástrojů roste podíl neharmonických složek – například tympán, marimba, vibrafon, ale stále jsme schopni rozpoznat základní harmonickou složku, tedy i ladění nástroje. U činelu nebo gongu neharmonické složky převládají a základní tón prakticky většinou určit nelze.

Základní frekvence s nejvyšší amplitudou (první harmonická) nám určuje vnímanou výšku tónu. Nicméně lidská mysl (díky nabyté zkušenosti) je schopna rozpoznat základní tón, i když první harmonická složka chybí. Proto jsme schopni vnímat i basové frekvence u reprosoustav, které fyzicky basové tóny nejsou schopny generovat. Také dokonale sladěný sbor je schopen „rozeznít“ i tóny o frekvencích, které běžně lidský hlas není schopen tvořit.



Obrázek 29 Flétna - tón 523Hz - nota C5



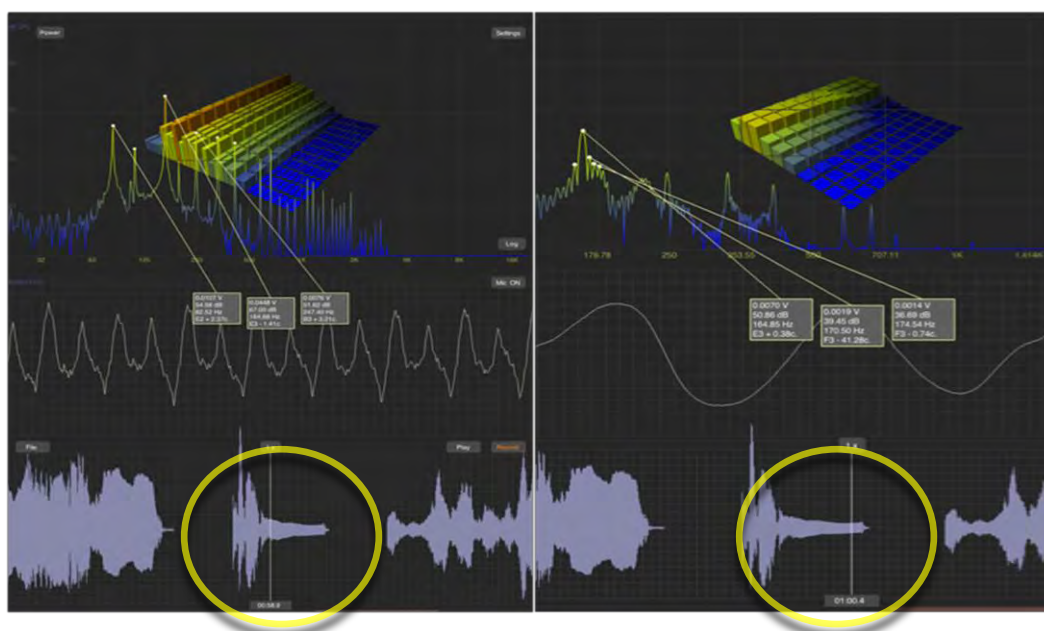
TVAR VLNY – VZOR VIBRACE JE VNÍMÁN JAKO BARVA VIBRACE – TÓN

1.4.4 ZVUKOVÁ OBÁLKA ADSR

Pokud rozeznáme hudební nástroj, můžeme na spektrálním grafu pozorovat jednotlivé harmonické složky tónu od základní po vyšší a případně i další neharmonické, jejichž intenzita v čase většinou není statická. Při odeznívání tónu obvykle slábnou nejdříve vyšší harmonické frekvenční složky, které mají nižší energii a amplitudu. Nakonec odezní i tón základní. V praxi se to projevuje změnou barvy tónu z jasného v tlumenější.

Průběhu změny amplitudy jednotlivých frekvenčních složek od rozeznění po doznění tónu se říká **zvuková obálka**, a je pro každý daný hudební nástroj specifická a dodává mu určitou zvukovou kvalitu. Její průběh je dán především způsobem a technikou tvorby tónu daného hudebního nástroje.

Nejenže hudební nástroj generuje paletu základních a vyšších harmonických a neharmonických frekvencí měnících se v čase, ale i hudebník svojí technikou hry (přtlakem na struny, rozezněním smyčcem či trsátkem, úderem do klávesy, způsobem foukání do dechového nástroje, volbou paličky a místa při úderu na buben) modifikuje vlastní konečný průběh tónu – jeho intenzitu i barvu. Tím je umělecký zvukový projev více zajímavý, expresivní, procítěný...



Obrázek 30 Tón kytary - průběh v čase



ZVUKOVÁ OBÁLKA – TVAR PRŮBĚHU INTENZITY ZVUKU (TÓNU)

Na Obrázek 30 je vidět proměna (úbytek) vyšších harmonických (případně i neharmonických) frekvencí a to uprostřed tónu (na obrázku vlevo), u konce znějícího tónu kytary (obrázek vpravo). Úbytek vyšších frekvencí můžeme rozpoznat i úbytkem ostrosti průběhu signálu zobrazeného na osciloskopu. Vlevo je průběh zubatý a ostrý, vpravo pak při doznívání se na obrázku více začíná podobat průběhu hladkému sinusovému.

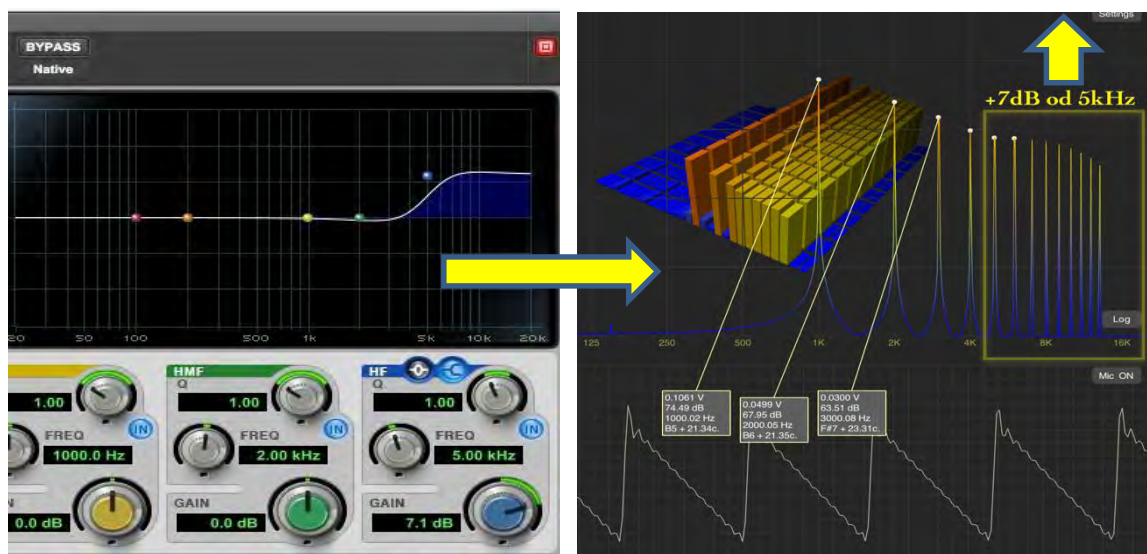
Jak jsme si již dříve řekli, barva tónu a příslušný obsah vyšších harmonických (i dalších neharmonických) frekvencí závisí na druhu použitého hudebního nástroje (zdroje zvuku), na jeho mechanickém zpracování (vliv materiálu, rezonance ozvučných desek, komor, ...), na technice hry (úder, trsátka, prst, smyčec, foukání, ...) a na uměleckém projevu (kolísání v přítlaku smyčce, foukání do dechového nástroje, razanci úderu na buben, volbou paličky, napnutím blány bubnu, apod.).

Změnu obsahu, intenzity či tvorbu dalších vyšších harmonických frekvencí u tónu hudebního nástroje lze také provádět pomocí různých efektových zařízení (nástrojů), a to jak při živém přednesu (vystoupení), tak i při následné zvukové postprodukci.

K nejjednodušším nástrojům patří **ekvalizér** (Obrázek 31), s jehož pomocí jsme schopni zdůraznit či potlačit amplitudu harmonických složek v námi vybrané frekvenční oblasti.



Obrázek 31 Software Plug-in EQ (ekvalizér) v základním nastavení bez vlivu na průchozí signál



Obrázek 32 Aplikace EQ na vybraný frekvenční úsek

Na Obrázek 32 jsme pomocí software ekvalizéru aplikovali 7 dB zesílení harmonických složek frekvenčního spektra obsaženého v signálu pily v oblasti 5 kHz a výše. Tím jsme zdůraznili vyšší harmonické frekvence a dosáhli ještě ostřejší a jasnější barvy signálu (tónu) pily.

Ke změně barvy tónu se v hudební praxi také často používá princip **zkreslení** signálu (jinde jev nežádoucí). Viz Obrázky 33 až 37. Při tomto procesu dochází k deformaci vstupního signálu a k tvorbě dalších vyšších harmonických složek, které výslednou barvu tónu obohacují, činí často zajímavější, konkrétnější, čitelnější a více se prosazující například při živém vystoupení nebo v hudebním mixu. Příkladem může být elektrická kytara, jejíž poměrně barevně chudý tón obohacujeme průchodem analogovým obvodem **elektronkového zesilovače**, kde při zesílení nad prahovou úroveň dochází k saturaci elektronky a „hřejivému“ zkreslení průchozího signálu. Poněkud „ostřejšího“ zkreslení dosáhneme použitím a saturací **tranzistorových obvodů** (kytarové „pedalboardy“ nejrůznějších provedení). Dalším typem užitečného zkreslení je tzv. „**clipping**“. Ten se používá především v digitální doméně v DAW aplikacích. Zde se zesiluje amplituda signálu k horní povolené hranici 0 dBFS. Dochází tak k řízené „destrukci“ – odříznutí špiček signálu, které by jinak chtěly překročit horní digitální mez. Protože lidské ucho je na zkreslení citlivé, přiměřené užití „clipping“ efektu v nás subjektivně vyvolává pocit zesílení signálu, aniž by k němu skutečně došlo. V hudební praxi se dále používá princip příjemné saturace magnetofonového záznamového pásu nebo jeho software emulací.



Obrázek 33 Efekt pro tvorbu harmonického zkreslení



Obrázek 34 Software Plug-ins pro simulaci lampového zkreslení



Obrázek 35 Software Plug-in pro simulaci "Tape Saturation"



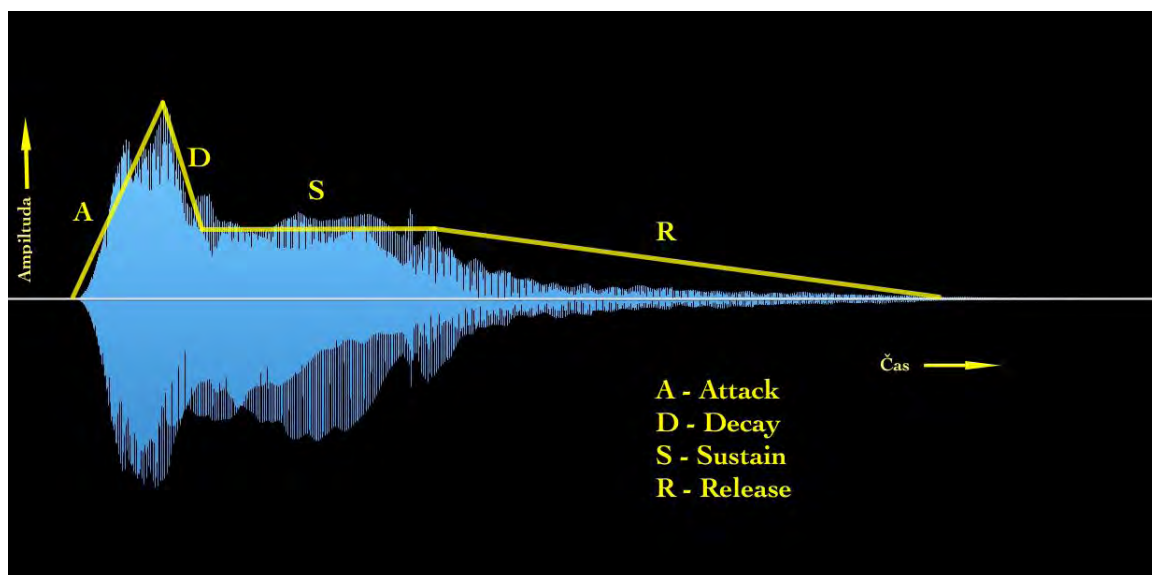
Obrázek 36 Software Plug-in pro sofistikovanou saturaci a kompresí



Obrázek 37 Software Plug-in pro "Clipping" efekt

Na Obrázek 30 jsme se soustředili především na zobrazení charakteru signálu (tónu) viděného pomocí osciloskopu, a na jeho interpretaci pomocí Fourierovy transformace jako řady harmonických frekvencí s proměnnou amplitudou po dobu znění tónu.

Nyní se podíváme na průběh tónu z makro pohledu (na obrázku 30 zobrazení v dolní části žlutě zakroužkované) a popíšeme si podrobněji zvukovou obálku tónu obecně s pomocí tzv. ADSR křivky.

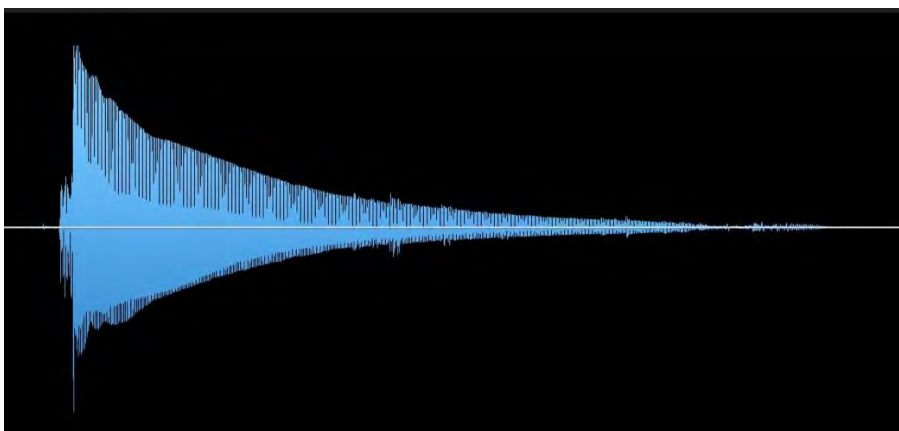


Obrázek 38 ADSR zvuková obálka

Na Obrázek 38 je pro názornost graficky znázorněna změna amplitudy tónu syntezátoru v průběhu času. Žlutá křivka zobrazuje zjednodušeně průběh tónu a definuje čtyři základní části zvukové obálky.

- **A**ttack - **náběh**, nástup: udává dobu, za jakou se signál po rozeznění tónu (např. po stisku klávesy, po úderu do bubnu) dostane na maximální úroveň. Např. rychlé náběhy mají perkusivní zvuky nebo rozeznění kytary trsátkem.
- **D**ecay - **útlum**: udává dobu, za jakou signál poklesne z maxima na následující úroveň Sustain. U perkusivních nástrojů bývá tato doba většinou krátká.
- **S**ustain - **podržení**: po určitou dobu si může tón uchovat setrvalou úroveň (např. podržení stisknuté klávesy varhan, tón trumpety, houslí, apod.).
- **R**elease - **uvolnění**: udává dobu úplného odeznění (např. povolení klávesy hudebního nástroje).

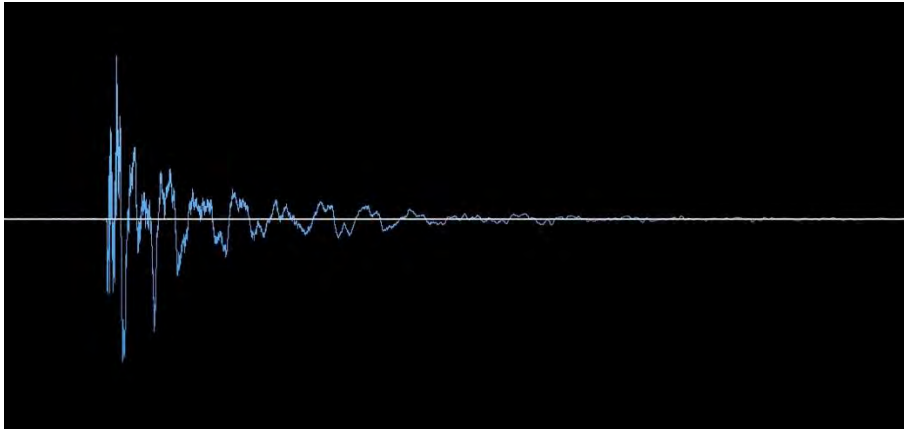
Délka jednotlivých ADSR složek (Obrázky 39 až 43) závisí na zdroji tvorby zvuku – tónu. Sustain může zvláště u perkusivních zvuků zcela chybět.



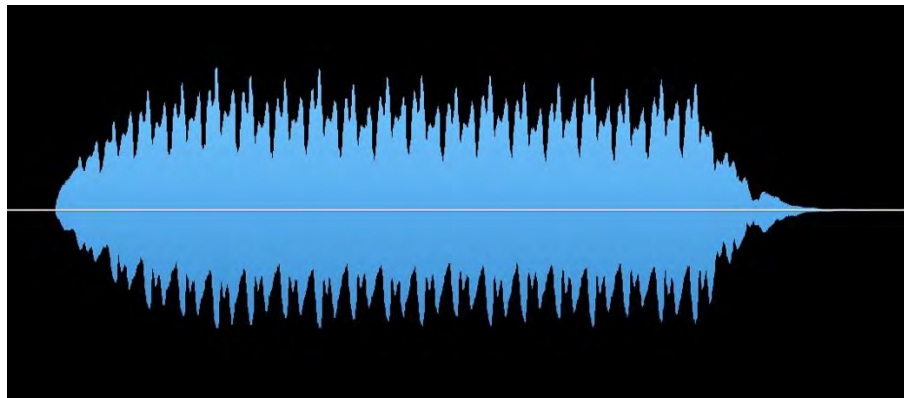
Obrázek 39 Obálka tónu elektrické kytary zahraného trsátkem



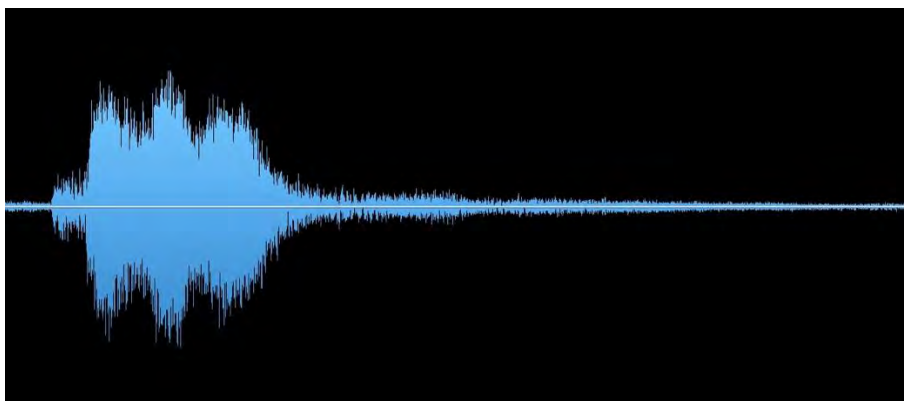
Obrázek 40 Obálka tónu elektrických varhan



Obrázek 41 Obálka úderu na buben



Obrázek 42 Obálka tónu houslí hraného smyčcem



Obrázek 43 Zpívaná slabika "Há"

S pojmy ADSR se můžeme setkávat a zúročit jejich pochopení a význam při tvorbě tónu s pomocí hardware nebo software syntezátorů. Zde je ADSR obálka základním stavebním prvkem hlasu elektronického nástroje, případně jeho další úpravy a modulace (Obrázek 44).



Obrázek 44 Modul software syntezátoru



Obrázek 45 Sekce pro nastavení ADSR obálek u hardware syntezátoru

Parametry ADSR také nalezneme při kreativní práci se zvukem a zvukovým mixem u efektů, jakými jsou například kompresor, reverb, delay, apod. (Obrázek 46 a Obrázek 47).



Obrázek 46 Plug-in software modul AVID kompresor



Obrázek 47 Plug-in software modul AVID reverb

V kapitole 1.2 jsme si řekli, že se zvuk nese na molekulách vzduchu jako v čase a prostoru opakovaný, byť slábnoucí vzorec zhuštění a zředění molekul, který je nejsrozumitelněji demonstrován na průběhu periodického sinusového signálu – jeho frekvenci a intenzitě. Místo zhuštění je místo s vyšším tlakem molekul vzduchu a naopak. Dále jsme si popsali schopnost sluchu detekovat tyto tlakové změny – jejich rychlost střídání - frekvenci jako tóny v rozsahu 20 Hz až 20 kHz.



RYCHLÉ ZMĚNY TLAKU VZDUCHU VNÍMÁME JAKO ZVUK (< 50MS ~ 20HZ)

V kapitole 1.4 jsme rozebrali parametry zvukové vlny a význam vyšších harmonických i neharmonických frekvencí, které nám pomáhají identifikovat konkrétní zdroj zvuku (hudební nástroj, lidský hlas, šum větru, výbuch granátu). Například nejvyšší tón houslí může dosahovat kolem 3,5 kHz a ze všech nástrojů orchestru snad jen varhany vibrují rychleji než je frekvence 5 kHz. Přesto je jejich zvukové spektrum mnohem bohatší a zasahuje do vyšších frekvencí (případně i nižších), než je tón základní.



NEJNIŽŠÍ TÓN PIANA JE 28HZ, NEJNIŽŠÍ TÓN 4-STRUNNÉ BASKYTARY JE 41HZ.

Složitější spektrum pak mají atonální zvuky, u kterých nelze detekovat základní frekvenci – tón, ale spíše je popisujeme délkou zaznění a barvou podle obsahu převažujících frekvencí. Například šustění listů je tvořeno shlukem nahodilých frekvencí umístěných ve střední a vyšší části zvukového spektra (např. 800 Hz až 10 kHz). Naopak hřmění hromu při úderu blesku obsahuje spíše množinu basových frekvencí sahajících až pod práh slyšení – hluboko pod 20 Hz.

Lidský hlas je pak kombinací harmonických i neharmonických zvuků a hluků. U samohlásek (á, é, í,..) jsme schopni určit základní frekvenci, u většiny souhlásek tomu tak obvykle není (ch, k, p f,...).

Zvuková obálka (její průběh) nám podává další informaci o tom, co slyšíme a jak rozeznáváme hudební nástroje či lidskou řeč. Změna intenzity tlaku se děje v delším časovém úseku desetin sekundy, až jednotek sekund (úder na buben, dlouhý tón flétny, zpívaná fráze či úsek dialogu).



POMALEJŠÍ ZMĚNY TLAKU VZDUCHU VNÍMÁME JAKO OBÁLKU (> 50MS)

V kapitole 1.3.1 a v následujících jsme se zmínili, že lidské ucho je schopno detekovat zvukovou vlnu v neuvěřitelném rozsahu **20 μ Pa** až **200 Pa**. Proto jsme schopni slyšet extrémně tiché zvuky – dopad špendlíku, vzdálený bzukot komára, křik dítěte, výstřel ze zbraně či průlet tryskového letounu. Intenzitu signálu ucho zpracovává logaritmicky - poměrově.

Náš mozek tyto informace zpracuje na principu poměru toho, co slyší právě teď nebo po určitý časový úsek a toho, co slyšel před chvílí (sekundou, minutou, hodinou). Proto nám křik dítěte v tiché čekárně u lékaře přijde bolestivě hlasitý, zatímco stejný křik téhož dítěte na hypotetickém rockovém koncertu prakticky neuslyšíme. Podobně nám připadá výrazně hlasitá hudba na koncertu zpočátku téměř nesnesitelná, protože je srovnávána s předchozí výrazně tišší hlukovou hladinou. Naopak, po více než hodinovém poslechu hlučného koncertu, ještě po dobu několika minut až desítek minut nejsme schopni vnímat tišší hladinu zvuků noční ulice a zdá se nám, jako bychom měli ucpávky v uších do té doby, než se náš sluch znovu poměrově přizpůsobí aktuální hlasitosti okolí. I v tomto případě se dá popsat určitá - pomalá křivka změny tlaku molekul (intenzity zvuku) v čase sekund, minut či hodin - **hlasitost (loudness⁴)**.

⁴ Anglický termín Loudness (LU, LUFS) byl jako jednotka zaveden poměrně nedávno. Slouží s ohledem na specifika lidského slyšení k objektivnímu popisu hlasitosti měřené v intervalu necelé sekundy (Momentary), sekund (Short term), či délky měřeného zvukového programu (Program).



**POMALÉ ZMĚNY TLAKU VZDUCHU VNÍMÁME JAKO „LOUDNESS“
(>400MS AŽ DESÍTKY MINUT)**

Pro úplnost je třeba znovu zmínit i pojem počasí, kde znovu nacházíme oblasti s různým tlakem - kumulací molekul vzduchu, jakými jsou tlaková výše, tlaková níže a změny tlaků během hodin či dnů.



VELMI POMALÉ ZMĚNY TLAKU VZDUCHU VNÍMÁME JAKO POČASÍ



!!! KMITÁNÍ MOLEKUL VZDUCHU = ZVUK , POHYB MOLEKUL VZDUCHU = VÍTR

1.5 Zvuk a jeho šíření v prostoru

Ve vakuu se zvuk nemůže šířit, protože zde chybějí molekuly kmitající nosné látky – vzduchu. Na Zemi jsme molekulami vzduchu zcela obklopeni, takže přenos zvuku považujeme za samozřejmost. Rychlost šíření zvuku můžeme při určité teplotě vzduchu považovat za konstantní. Pro teplotu 20°C je rychlost 343 m/s, při teplotě 0°C pak 331 m/s.

K přesnému výpočtu rychlosti zvuku pro danou teplotu prostředí slouží vzorec:

$$V = (331 + 0.6 \times t) , \text{ kde } t = \text{teplota vzduchu ve stupních Celsia}$$



PŘI BĚŽNÝCH VÝPOČTECH DOSAZUJEME PRO RYCHLOST ZVUKU HODNOTU 340 m/s

Pro výpočet frekvence či vlnové délky daného signálu používáme klasický vzorec pro výpočet rychlosti:

$$\text{rychlost} = \frac{\text{dráha}}{\text{čas}} \sim v = \frac{\lambda}{T} \sim v = \lambda \times f \sim \lambda = \frac{v}{f} \sim \lambda = v \times T$$

rychlost v = rychlost zvuku; dráha λ = vlnová délka; čas T = 1/frekvence f

Tedy například pro frekvenci 1000 Hz vypočteme vlnovou délku $\lambda = \frac{340\text{m/s}}{1000\text{Hz}} = 0,34 \text{ m}$
nebo také $\lambda = 340 \times 0,001\text{s} = 0,34\text{m}$

Z toho plyne, že zvuk urazí za jednu milisekundu 34 cm, za jednu sekundu 340 m.

Tabulka 2 Příklady vlnové délky různých frekvencí

Frekvence zvukové vlny	Vlnová délka
10 Hz	34 m
20 Hz	17 m
100 Hz	3,4 m
1000 Hz	34 cm
10000 Hz	3,4 cm
20.000 Hz	1,7 cm



VE VZDÁLENOSTI 1m OD ZDROJE SLYŠÍME ZVUK ZPOŽDĚN O 3,4 MILISEKUNDY

Pokud si za bouřkového počasí spočítáme, kolik sekund uplyne mezi zábleskem a úderem hromu a vynásobíme celkový čas rychlostí zvuku, získáme informaci o tom, jak je bouřka od naší pozice vzdálena.

Např. pro odpočet 3 sekundy: $3 \times 340 = 1020 \text{ m} \rightarrow$ bouřka je vzdálena asi 1 km.

1.5.1 ZVUKOVÁ VLNA V RŮZNÉM PROSTŘEDÍ A ZA RŮZNÝCH PODMÍNEK

V předchozí kapitole jsme zmínili rychlost zvuku ve vzduchu, která je pro účely práce se zvukem nejdůležitější. Tabulka 3 udává další hodnoty rychlosti zvuku v různých prostředích. Vyplývá z ní, že se zvuk lépe pohybuje v kapalinách a pevných látkách než v plynech.



ČÍM VYŠŠÍ HUSTOTA NOSNÉHO PROSTŘEDÍ, TÍM VYŠŠÍ RYCHLOST

I pouhé zvýšení vlhkosti vzduchu způsobí zrychlení šíření zvuku, proto po dešti slyšíme lépe a dále.

Z westernových filmů známe scény, kdy se Indiáni připravují na přepadení vlaku a s velkým předstihem zkoumají přiložením ucha na kolejnici, zda vlak již jede.

Tabulka 3 Rychlost šíření zvuku v různých prostředích

PROSTŘEDÍ	RYCHLOST v m/s	TEPLOTA v °C
kaučuk	40	-
Guma	160	-
Oxid uhličitý	259	0
Kyslík	316	0
Vzduch	331	0
Vzduch	343	20
Vodní páry	405	0
Helium	970	0

Metyl alkohol	1140	25
Vodík	1290	0
Benzín	1320	25
Rtuť	1450	25
Destilovaná voda	1490	25
Mořská voda	1533	25
Zlato	3240	-
Měď	3560	-
Led	3840	-
Dřevo	3960	-
Cihla	4180	-
Ocel	5000	-
Hliník	5100	-
Sklo	5200	-
Diamant	12000	-

1.5.2 ŠÍŘENÍ ZVUKOVÉ VLNY V OTEVŘENÉM PROSTORU

V ideálním světě bychom generovali dokonalý zvuk z dokonalého zdroje. Ten by se následně beze ztrát přenesl prostředím bez rušivých prvků až k dokonalému snímacímu zařízení, které by jej, po dokonalém zesílení na optimální úroveň a po dokonalém převodu na dokonalý digitální signál, zaznamenal na ideální paměťové medium. Z tohoto media bychom pak byli znovu schopni rekonstruovat a přehrát na dokonalém reprodukčním zařízení věrnou kopii původního zvuku.

Nic z toho však zatím bohužel není možné, přestože v mnoha částech tohoto výše zmíněného hypotetického řetězce dochází v posledních desetiletích k výrazným pozitivním kvalitativním posunům. I o tom budou následující kapitoly.

Pokud umístíme malý (bodový) zdroj zvuku v prostoru bez překážek, budou se jeho zvukové vlny šířit identicky všemi směry jako kulová vlnoplocha. Viz. Obrázek 48.

Vlnoplocha je definována jako množina bodů, do kterých dospělo šířící se vlnění za jednotku času.



Obrázek 48 Zdroj periodického signálu – kulová vlnoplocha v otevřeném prostoru

Na základě tzv. Huygensova principu se kulová vlnoplocha s narůstající vzdáleností od zdroje vlnění dá považovat za vlnoplochu rovinnou. Viz Obrázek 49.

Oblast kulové vlnoplochy je definována jako **blízké akustické pole (Fresnelovo)**, oblast rovinné vlnoplochy pak jako **vzdálené akustické pole**.

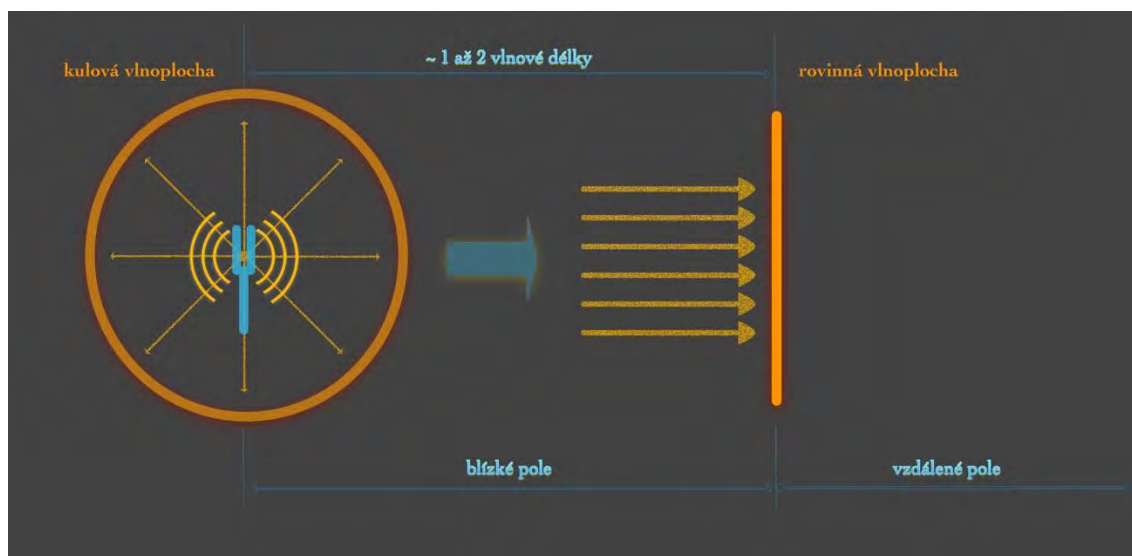
Pole vzdálené dále dělíme na:

- **Volné pole** – pole přímých vln rovnoměrně, bez deformací šířících se v prostoru
- **Difúzní pole** – pole překrývajících se odražených vln po dopadu na překážku

Blízké pole vykazuje složitější chování kmitajících zvukových částic, a proto jsou zde akustické veličiny obtížně měřitelné a obvykle se zde měření neprovádí.

Blízké pole přechází ve vzdálené obecně někde mezi $\frac{1}{4}$ až dvěma vlnovými délkami daného vlnění. Hranice přechodu je tedy závislá na frekvenci kmitajícího zdroje. Pro akus-

tická měření se často používá signál 1 kHz ve vzdálenosti 1 m od zdroje. 1 kHz má vlnovou délku 34 cm, takže vzdálenost 1 m spadá pohodlně do definice *vzdáleného pole*, které je pro měření vhodné.



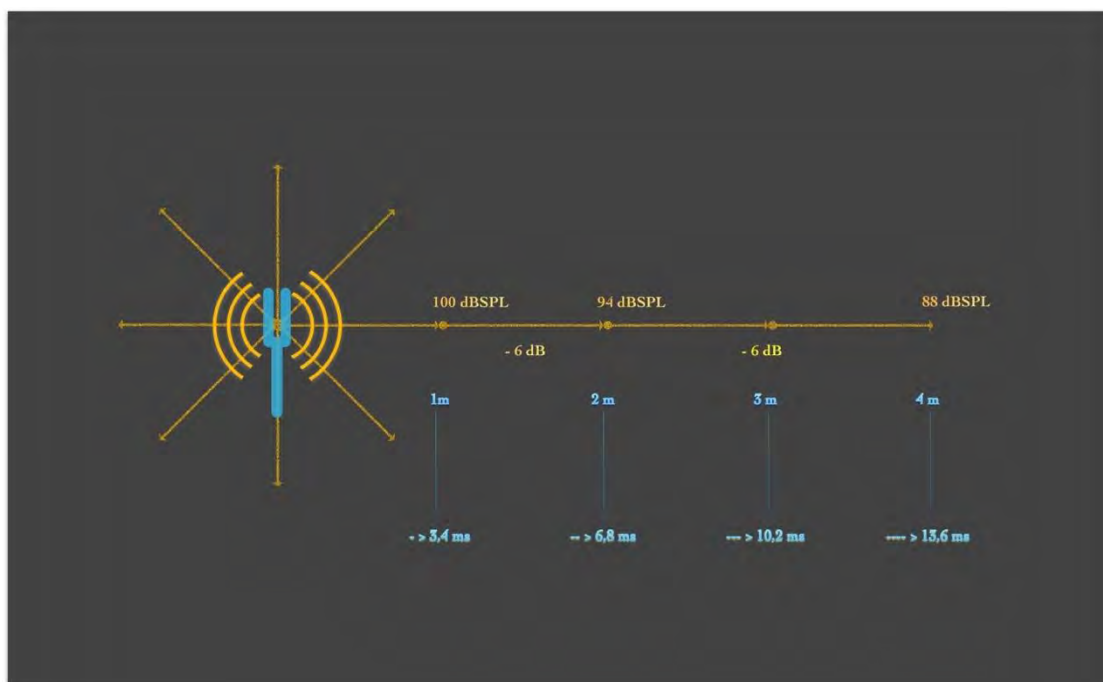
Obrázek 49 Blízké a vzdálené akustické pole

Zvukové vlnění vlivem tření molekul ztrácí postupně svoji energii, až úplně odezní. V otevřeném prostředí bez překážek platí ve *vzdáleném akustickém poli* zákon, že intenzita zvuku (stejně jako jeho amplituda) klesá s druhou mocninou vzdálenosti. V logaritmické stupnici to v praxi znamená, že s každým zdvojnásobením vzdálenosti od zvukového zdroje *intenzita zvuku (jeho energie)* poklesne o 6 dB. Viz Obrázek 50.



INTENZITA ZVUKU KLESÁ SE ČTVERCEM VZDÁLENOSTI

Zákon poklesu intenzity se čtvercem vzdálenosti i fakt, že se zvuk s každým narůstajícím metrem vzdálenosti od zdroje zpožďuje o cca 3 ms, jsou důležité informace pro správné a dostatečně výkonné vyladění zvukového systému koncertu tak, aby i posluchači v zadní části otevřeného prostranství či hlediště slyšeli dění na podiu uspokojivě hlasitě a bez rušivého překrývání se časově posunutých signálů v závislosti na poloze zdroje - reprosoustav. Z požadované hlasitosti pro zadní řady i další pozice posluchačů pak zvukař, instalující zvukový systém, umí spočítat množství i umístění potřebných reprosoustav a k tomu požadovaný napájecí výkon zesilovačů a nastavit i vhodné zpožďovací linky pomocí zvukových procesorů.

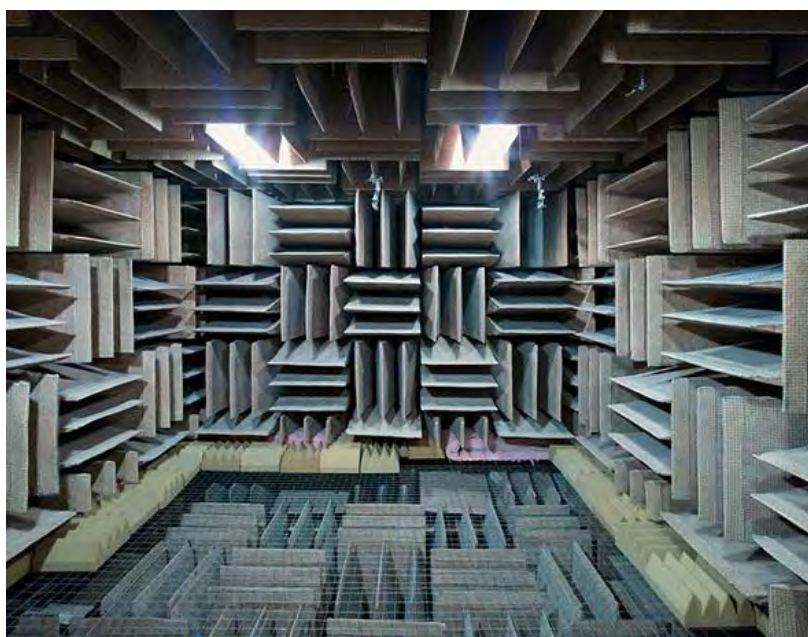


Obrázek 50 Šíření zvukové vlny ve vzdáleném akustickém poli a její přirozený útlum a zpoždění

Pro účely měření v simulovaném otevřeném prostoru se používají anechoické (bezodrazové, bezdozvukové) neboli „mrtvé“ komory (Obrázek 51). Jedná se o zvukotěsné místnosti dokonale izolované od okolního prostředí, které mají speciálně upravené stěny, strop i podlahu tak, aby se veškerý zvuk uvnitř generovaný neodrážel od stěn, ale byl jimi zcela pohlcen. Celá místnost je v podstatě betonový sarkofág s tloušťkou stěn v řádu desítek cm. Tak je zajištěna izolace od ruchů vnějšího prostředí. Vnitřní stěny jsou pokryty vrstvou absorbujícího materiálu (minerální vata, apod.) Od stěn do prostoru pak ční složitý systém jehlanů, které zvětšují pohltivou plochu a směřují zvuk do prostoru absorpce. Podlaha je plovoucí tvořena průzvučným roštem.

Pro různá akustická měření se jedná o prostředí ideální, pro delší pobyt člověka však o místo špatně snesitelné. Zatímco u velmi tiché místnosti je udávaná hladina intenzity zvuku nad 20 dB SPL (viz Tabulka 1), v anechoické komoře dosahuje hodnot pod 10 dB SPL. V takovém prostředí je pak jediný zdroj zvuku vlastní tělo posluchače – tlukot srdce, pohyb chlopní, proudění krve, tinnitus (zvonění, šelest v uších). Pokud se navíc zhasne, ztrácí mozek - v dokonalé tmě a prostoru bez odrazů i okolního hluku – orientaci a bez vnějších podnětů začíná vytvářet vlastní – halucinace, mohou se přidružit i závratě a nevolnost. Maximální doba pobytu v takové prostoře pak bývá často jen několik desítek minut pro psychicky odolnější jedince.

Na světě je mnoho takových bezodrazových komor. Ty menší slouží k testování elektroakustických systémů a elektroniky obecně. Například se používají k měření frekvenčních charakteristik mikrofónů, reproduktorů, hlasitosti zobrazovacích displejů apod. Většími komorami disponuje průmysl či armáda a může se do nich vejít osobní automobil i tryskové letadlo za účelem měření akustických vlastností, útlumu hluku, odrazivosti apod.



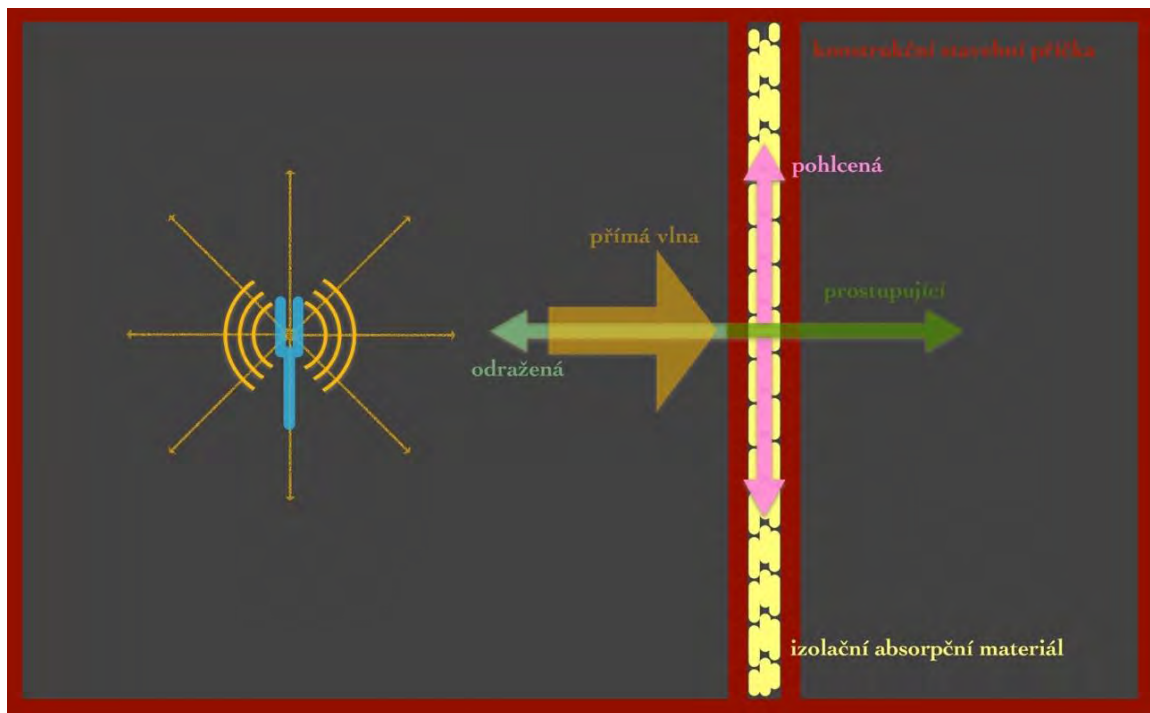
Obrázek 51 Anechoická (bezodrazová) a zvukotěsná komora

1.6 Šíření zvukové vlny v uzavřeném prostoru - odraz, pohlcení, přenos

Obrázek 52 zobrazuje základní chování zvukové vlny v případě, kdy jí do cesty postavíme překážku – v našem modelovém případě příčku v místnosti.

Celková dopadající energie vlny je rozložena na:

1. energii vlny **odražené** od příčky
2. energii vlny **pohlcené** materiálem příčky
3. energii vlny **prostoupené** příčkou do další místnosti



Obrázek 52 Chování vlny při dopadu na překážku v uzavřeném prostoru

Poměrové složení těchto tří složek se mění podle frekvence dopadající vlny a závisí také na struktuře a materiálu, ze kterého je příčka (stěna, podlaha, strop, překážka) zhotovena.

Schopnost předmětu (stěny) odrážet zvuk je charakterizována **koeficientem zvukové odrazivosti β** , který je dán poměrem intenzity zvuku vlny odražené od stěny k intenzitě zvuku vlny na stěnu dopadající a pohybuje se v rozmezí 0 - 1, kde $\beta = 1$ znamená stěnu s dokonalou odrazivostí zvuku.

Schopnost předmětu (stěny) pohlcovat zvuk je charakterizována **koeficientem zvukové pohltivosti α** , který je dán poměrem intenzity zvuku vlny pohlcené stěnou k intenzitě zvuku

vlny na stěnu dopadající a pohybuje se v rozmezí 0-1, kde $\alpha = 1$ znamená stěnu s dokonalou pohltivostí zvuku.

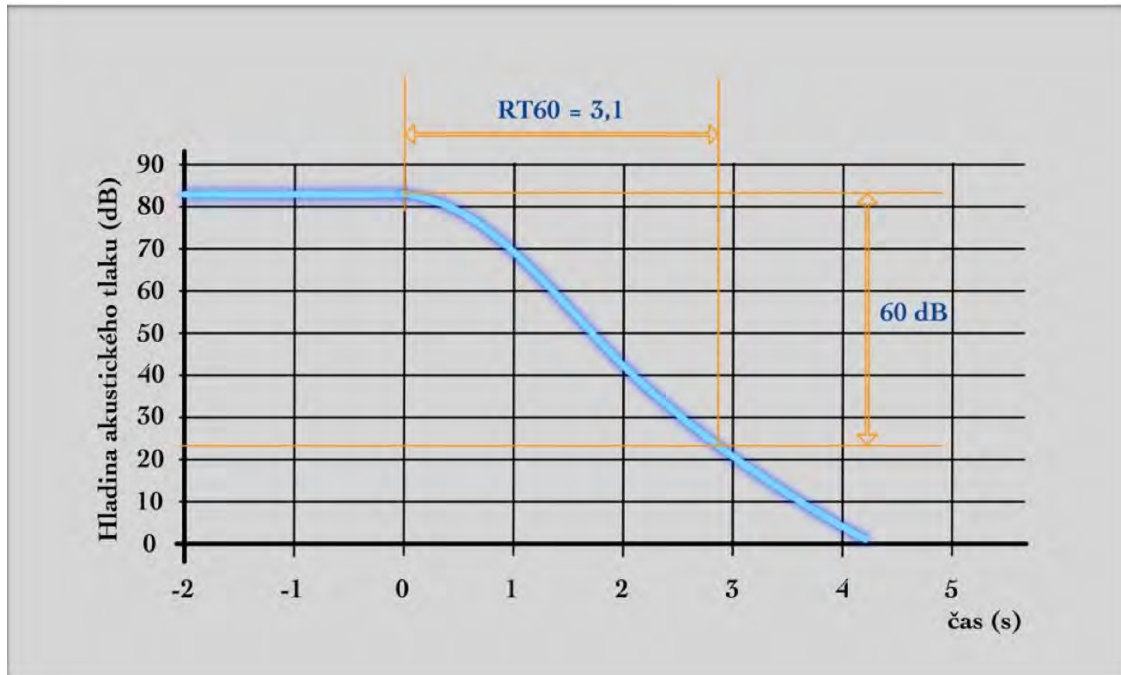
S energií zvukové vlny, která proniká příčkou, souvisí **koeficient neprůzvučnosti R**. V praxi se často pro měření průchodnosti zvuku používá parametr **Třída přenosu zvuku STC** (Sound Transmission coefficient), který se udává v decibelech.

1.6.1 ODRAZY ZVUKOVÉ VLNY V MÍSTNOSTI

Zvuk v místnosti se šíří postupně od zdroje zvuku volným prostorem jako **volné pole** přímých vln (viz Kapitola 1.5.2). Při své cestě narazí na příčku, strop či podlahu, případně na další překážky uvnitř místnosti. S výjimkou dříve zmíněné bezodrazové místnosti dochází (kromě pohlcení a průchodu zvukové energie) vždy k odrazu zvuku zpět do místnosti (viz Obrázek 54). Platí přitom, že úhel odrazu zvukové vlny se rovná úhlu dopadu. Odražené vlnění pak vytváří **difúzní pole** odražených vln. To spolu s volným polem přímých vln definuje celkovou hladinu akustického tlaku v uzavřeném prostoru.

Pokud je místnost malá, volné pole se nevytváří a celý prostor je vyplněn polem difúzním.

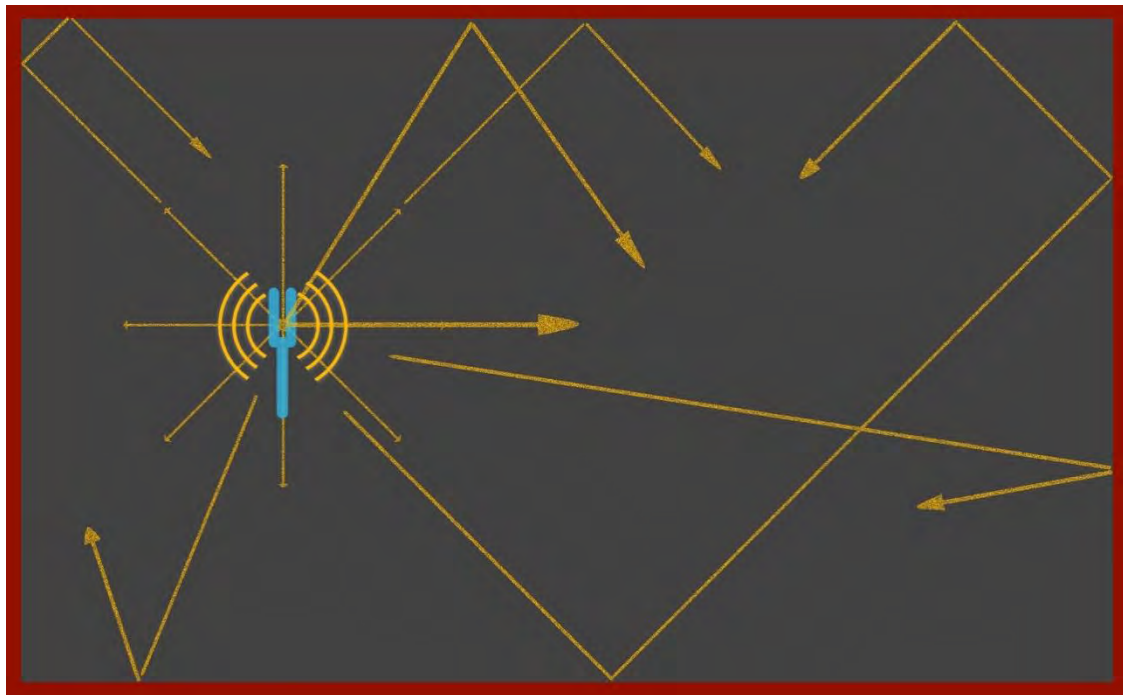
V difúzním poli definujeme pojem **dozvuk**, který popisuje průběh doznívání v místnosti po vypnutí zdroje zvuku. V souvislosti s ním zavádíme veličinu **doba dozvuku RT60 (reverberation time)**, která je dána jako časová hodnota, za kterou poklesne intenzita zvuku o 60 dB (viz Obrázek 53). Dlouhou dobu dozvuku mají prostorné a současně málo pohltivé místnosti – nádražní hala, kostel, katedrála, apod., kde přímá vlna naráží na velké množství holých kamenných a cihlových povrchů v různé, především velké vzdálenosti od zdroje. Množství a intenzita odrazů nám pak díky naší zkušenosti poskytuje (i se zavřenýma očima) informaci o charakteru prostoru, ve kterém se nacházíme. Naopak krátkou dobu dozvuku má například ztlumená komora pro nahrávání mluveného slova nebo zpěvu, kde je většina odrazné plochy pokryta absorpčním povrchem. Hodnoty RT60 pro velké prostory, jako kostely či katedrály se pohybují v řádu jednotek sekund, menší místnosti pak spíše v řádu desetin sekundy. Místnosti s $RT60 < 0,3$ s jsou považovány za „akusticky mrtvé“. Protože RT hodnoty mohou dosahovat právě i několika sekund a při tak dlouhém měření s průběžně klesající intenzitou dozvuku může nastat problém s hladinou okolního hluku, měří se často doba dozvuku RT20 nebo RT30 a vynásobí x2, případně x3. Samozřejmě odeznívání dozvuku nemusí nutně být lineární, takže tento způsob měření je méně přesný než skutečně změřená hodnota TR60.



Obrázek 53 Odvození RT_{60} z grafu měření dozvuku



DOBA DOZVUKU RT UDÁVÁ ČAS, ZA KTERÝ POKLESNE INTENZITA DOZVUKU O 60 DECIBEL



Obrázek 54 Odraz zvukové vlny v uzavřeném prostoru



ÚHEL ODRAZU ZVUKOVÉ VLNY SE ROVNÁ ÚHLU JEJÍHO DOPADU.

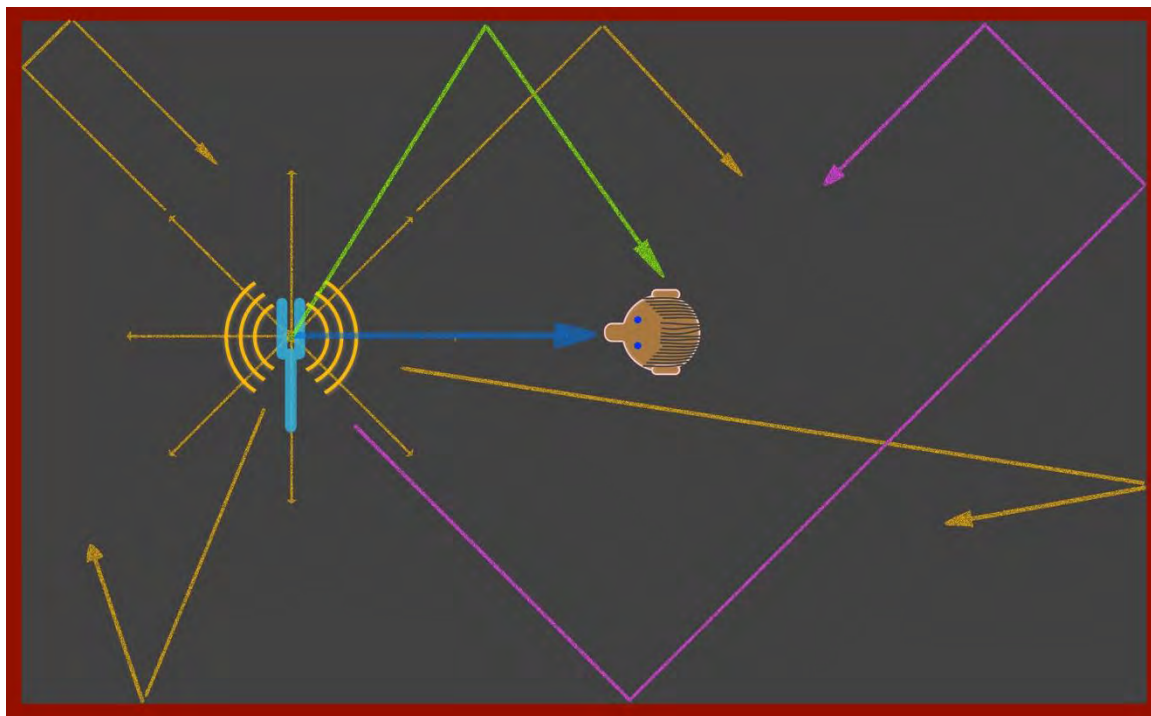
V místnosti (Obrázek 54) se zvukové vlny šíří od zdroje všemi směry a postupně narážejí na stěny, strop i podlahu. Odrážejí se zpět do prostoru a posléze znovu odrážejí od jiné stěny atd. Pokud si představíme zvukové vlnění jako periodicky se střídající větší a menší shluk molekul – zhuštění a zředění postupující vlny v prostoru (viz. Obrázek 1), dochází vzájemnou interakcí vln ke složitým akustickým poměrům, kdy v různých bodech místnosti dochází k různé míře posílení či zeslabení těchto shluků a hladina akustického tlaku v různých místech místnosti nabývá výrazně odlišných hodnot v závislosti na zvukové frekvenci, rozměrech místnosti, pohltivosti a odrazivosti.

Na Obrázek 55 posluchač v místnosti neuslyší pouze přímý (modrý) harmonický signál generovaný ladičkou, ale jeho mix se signálem od zdi odraženým (zelený) a další odražené signály více či méně opožděné vlivem vícenásobných odrazů od blízkých či vzdálenějších stěn. Delší dráhu od zdroje k posluchači urazí signál fialový. Pokud tento bude vůči přímému signálu opožděn o více než 30 – 50 ms (v závislosti na charakteru obálky zdrojového signálu), bude naše mysl schopna odlišit přímý i odražený zvuk jako dva zvuky samostatné a odraženému pak říkáme *echo*. Příkladem dlouhého echa je *ozvěna* ve skalnatém horském terénu. Pokud tleskneme rukou či vykřikneme a ozvěnu odrazem od vzdálené hladké skály uslyšíme například za sekundu (1000 ms), víme, že při rychlosti zvuku 340 m/s urazil náš výkřik 170 metrů ke skále a dalších 170 metrů odrazem zpět k nám. Tedy skála je 170 m vzdálena od naší pozice.

V naší místnosti – pokoji na Obrázek 55 samozřejmě tak dlouhé echo slyšet nemůžeme. Časové zpoždění signálu odraženého od vzdálených stěn (fialová) vůči signálu přímému se spíše právě pohybuje v přechodové oblasti výše uvedeného rozmezí 30 – 50 ms. Posluchač pak výsledný zvuk vnímá jako nepříjemné *zdvojení* (zvláště u perkusivních zvuků).

Mezi přímým (modrým) a odraženým (zeleným) signálem pak bude zpoždění nejkratší a bude se pohybovat v jednotkách milisekund. V takovém případě pak vnímáme kombinaci obou signálů (vln) jako signál jeden interferující. Pokud se jedná o jednoduchý harmonický signál, vnímáme interferenci jen jako změnu hlasitosti. Pokud je zdrojem signál harmonicky komplexnější, vnímáme interferenci jako změnu hlasitosti i barvy signálu.

Vlastnosti splynutí obou vln závisí na tom, v jaké fázi se vlivem zpoždění oba signály setkají (viz. Obrázek 56, Obrázek 57, Obrázek 58).

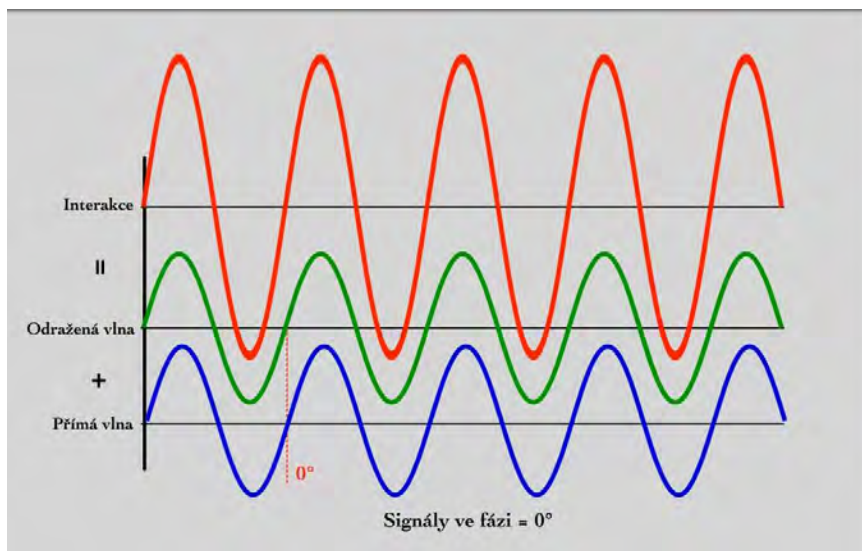


Obrázek 55 Interakce přímé a odražené vlny



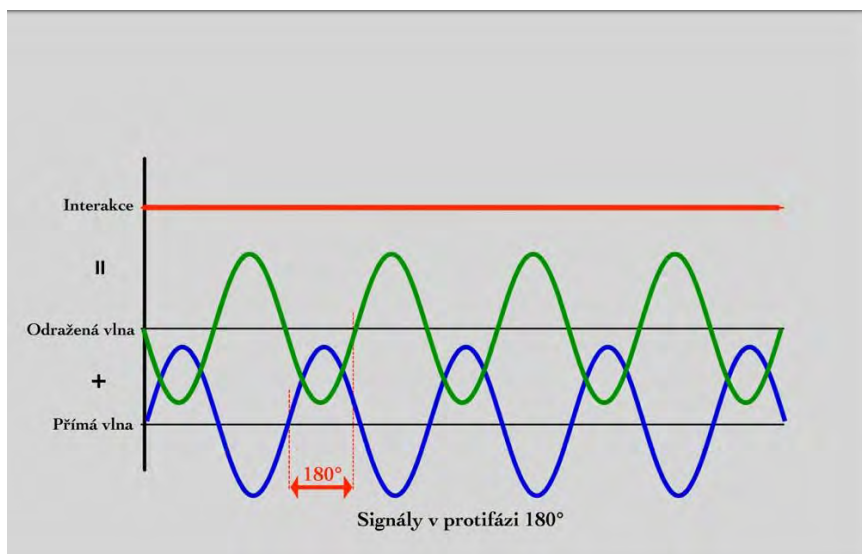
HAASŮV JEV – PSYCHOAKUSTICKÁ SCHOPNOST INTERPRETOVAT PŘÍMÝ A ODRAŽENÝ INTERFERUJÍCÍ ZVUK JAKO JEDEN (DO 30-50 MS) NEBO JAKO DVA (NAD 30-50 MS).

Součástí Haasova jevu je také tzv. *jev Priority* (Precedence Effect):
Dorazí-li k nám přímý a zpožděný zvuk ze dvou stran nebo dvou od sebe vzdálených reproduktorů, budeme vnímat lokalizaci zdroje zvuku podle toho, do kterého ucha dorazí zvukové vlnění dříve, a to i v případě, že intenzita zpožděného zvukového vlnění v druhém uchu je až o 10 dB vyšší. To platí až do zpoždění kolem 30 – 50 ms.



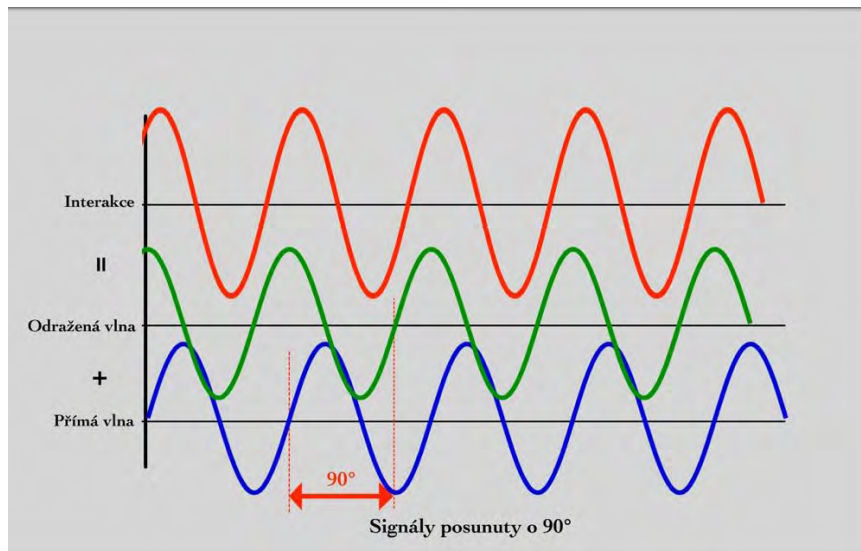
Obrázek 56 Interference dvou jednoduchých harmonických signálů ve fázi = 0°

Pokud se přímý a odražený signál setkávají ve fázi, tedy oba signály (o stejné frekvenci) mají nulový fázový posun, interferencí obou vln dochází k součtu obou signálů a ke zdvojnásobení amplitudy na ucho dopadající výsledné zvukové vlny a my slyšíme daný zvukový signál v konkrétním poslechovém místě hlasitěji o 6 dB.



Obrázek 57 Interference dvou signálů s fázovým posunem 180° = v protifázi

Složení dvou stejných vln v protifázi (fázový posun signálu o 180°) dojde k vzájemnému odečtu amplitud a posluchač výslednou vlnu neuslyší.

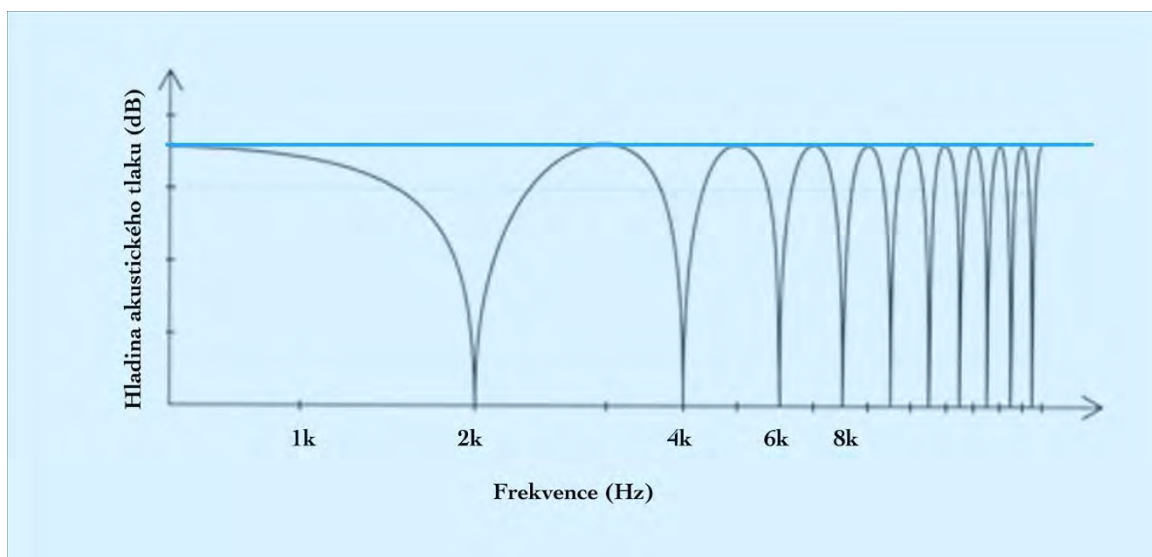


Obrázek 58 Interference dvou signálů s fázovým posunem 90°

Samozřejmě v praxi se nejedná o interakci (interferenci) pouze jedné přímé a jedné odražené vlny, ale o interferenci velkého množství odražených vln od stěn, stropu, nábytku a dalších překážek, které se v daném bodě (uchu posluchače nebo membráně mikrofону) setkávají.

Jakýkoliv fázový posun přímé a odražené vlny pro posluchače tedy znamená změnu vnímané intenzity původního přímého zvuku. V praxi obvykle neposloucháme jen čistou harmonickou frekvenci (obvykle 440 Hz) generovanou ladičkou, jakou jsme použili na našich obrázcích s šířením zvuku v prostoru, ale posloucháme skutečný hudební nástroj nebo lidský hlas, a to buď přímo nebo zprostředkovaně z reproduktoru. Takový zdroj zvuku pak generuje komplexní spektrum harmonických i případných neharmonických frekvencí, které k posluchači dorazí přímým i odraženým vlněním. První odrazy přicházejí k posluchači se zpožděním jednotek milisekund a vlivem různých fázových posunů (viz Obrázek 56 až Obrázek 58) dochází k posílení, oslabení či vynulování jednotlivých základních i vyšších harmonických frekvencí. Posluchač pak neslyší výchozí zvuk v původní podobě, tak jak by jej slyšel v otevřeném prostoru nebo anechoické komoře, ale vnímá jej jako výsledek interference všech na ucho (mikrofon) dopadajících přímých a odražených různě fázově posunutých frekvencí s výslednou různě posílenou či oslabenou amplitudou. Změna složení amplitudy harmonických složek znamená změnu obálky i barvy původního přímého zvuku (Viz Kapitola 1.4.3).

Pokud zaznamenáme výše uvedené probíhající změny amplitud vlivem jednotlivých harmonických složek na grafu frekvenční závislosti, bude vypadat původně lineární průběh jako řada zubů hřebenu. Proto se tomuto akustickému jevu říká **hřebenová filtrace** tak, jak je zobrazen na Obrázek 59. Modrou vodorovnou čarou je pak naznačen průběh ideálního signálu měřeného v anechoické komoře.



Obrázek 59 Hřebenová filtrace



HŘEBENOVÝ FILTR – ZMĚNA V BARVĚ HARMONICKY BOHATÉHO TÓNU VLIVEM FÁZOVÉ INTERFERENCE NEPATRNĚ ZPOŽDĚNÉHO ODRAŽENÉHO SIGNÁLU (JEDNOTKY MILISEKUND) VŮČI SIGNÁLU PŘÍMÉMU

Pokud zdroj bohatě harmonického signálu nebo posluchač (měřící mikrofon) změní polohu, mění se i zpoždění mezi přímým a odraženým signálem a mění se i průběh grafu hřebenové filtrace. Hřebenová filtrace nastává i v případě, kdy snímáme jeden nástroj dvěma rozdílně umístěnými mikrofony. Má většinou degradující účinek na výslednou kvalitu zvuku. Podobný jev nastává i v případě, kdy dva stejné nástroje hrají identický hudební materiál. V takovém případě vlivem nedokonalosti (nebo chcete-li jedinečnosti) techniky hráčů a lehké odlišnosti v barvě tónu obou nástrojů vnímáme souzvuk obvykle jako harmonicky i barevně komplexnější, plnější i obvykle výrazně zajímavější.

Výše zmíněných akustických jevů, jakými jsou

- fázový posun a interference dvou vln
- hřebenová filtrace
- echo
- odraz
- Haasův jev

se využívá při provádění akustických úprav prostor, k návrhu i aplikaci speciálních zvukových efektů a tvorbě zvukového mixu. Patří zde například zpoždovací efekty (Delay,

Reverb, Chorus, Flanger), efekty pro změnu barvy zvuku či efekty pro rozšíření sterea či vytvoření stereofonního zvuku z monofonního.

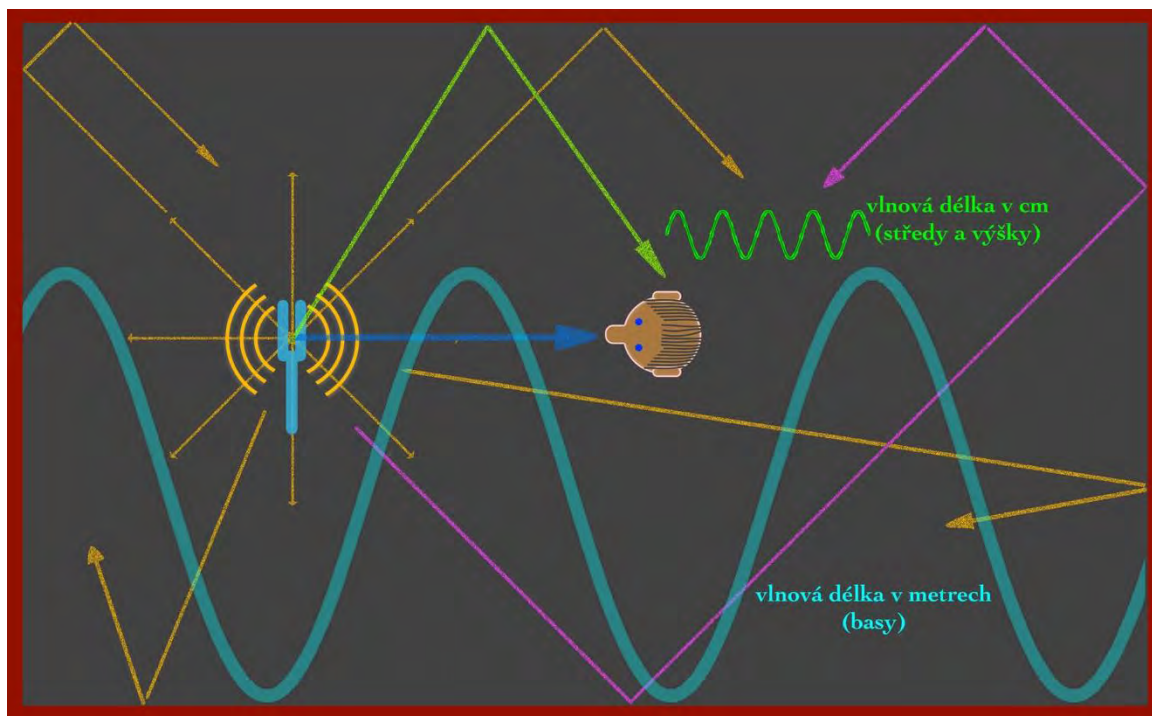
Odrazy zvukového vlnění v uzavřené místnosti a s ním související výše popsaný fázový posun dvou vln a vznik hřebenového filtru se projevují především v oblasti středních a vysokých frekvencí. V jejich důsledku vnímáme barvu příchozího zvukového signálu (hlasu, hudby) v porovnání s původním signálem jako zkreslenou a rozostřenou s nádechem „barevně kovové příměsi“.

Není to ovšem jediný akustický problém, se kterým se především v menších místnostech při poslechu či práci na zvukovém mixu potýkáme. Největší překážkou pro návrh optimální poslechové místnosti, a s tím související komplikací při provádění zvukového mixu, je vliv basových frekvencí (obecně 300 Hz a méně). Zde nabývají na významu rozměry místnosti (jednotky metrů), které mohou odpovídat zlomkům či násobkům vlnové délky znějící basové frekvence (viz Tabulka 2). Dochází pak k rezonanci místnosti sycené rezonanční frekvencí a ke vzniku **stojatého vlnění**. To má v každém bodě stálou amplitudu - vždy u překážky (zdi), na kterou naráží, své **maximum - vrchol – kmitnu** a ve čtvrtině stojatého vlnění své **minimum – uzel**.



STOJATÉ VLNĚNÍ VZNIKÁ REZONANCÍ MÍSTNOSTI S FREKVENCEMI O VLNOVÝCH DÉLKÁCH V CELÉM NÁSOBKU ROZMĚRŮ MÍSTNOSTI.

Jak jsme se již dříve zmínili, u vyšších frekvencí, jejichž vlnová délka odpovídá centimetrům, dochází (vlivem fázového posunu) k interferenci přímé a odražené vlny, a tedy ke vzniku posílení či oslabení intenzity v místě interakce. Místa, kde k interferencím dochází jsou tedy rozprostřena víceméně rovnoměrně v prostoru celé místnosti. Vliv hřebenového filtru má pak na zabarvení zvuku podobný dopad bez ohledu na to, ve které části místnosti se zrovna vyskytujeme. Basové frekvence mají vlnové délky až v jednotkách metrů. Pokud tedy dochází k odrazům basové vlny mezi dvěma rovnoběžnými stěnami, k interferenčnímu posílení či zeslabení amplitudy vlny nedochází rovnoměrně, ale v jen určitých místech místnosti. Posluchač pak v závislosti na své poloze slyší výrazný rozdíl v intenzitě různých basových frekvencí.



Obrázek 60 Délka zvukové vlny v místnosti

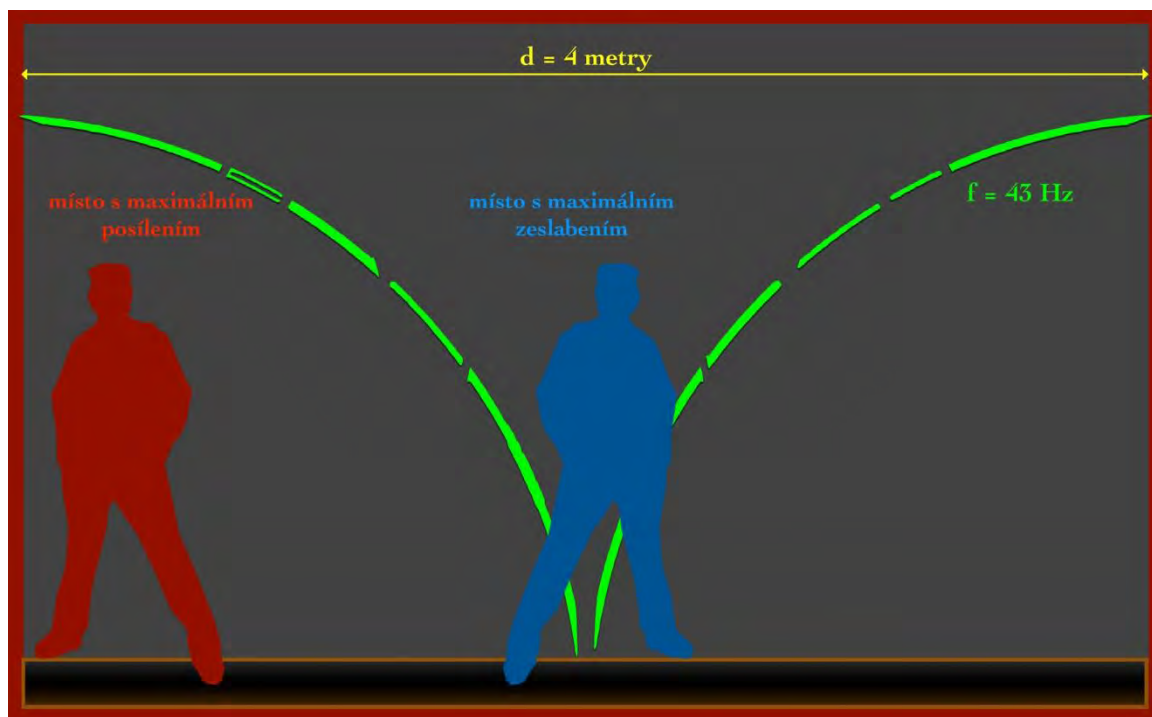
Obrázek 61 znázorňuje stojatou vlnu (zeleně), jejíž vlnová délka je dvojnásobkem délky místnosti. Pokud bude například vzdálenost rovnoběžných stěn místnosti $d = 4 \text{ m}$, pak ze vzorce **rychlost** $= \frac{\text{dráha}}{\text{čas}} \sim v = \frac{\lambda}{T} \sim v = \lambda \times f$ (Kapitola 1.5) bude její vlnová délka $f = \frac{v}{\lambda} \sim f = \frac{340}{2 \times 4} \sim f = 43 \text{ Hz}$.

Pokud tedy v místnosti o délce 4 metry budeme generovat harmonický signál o frekvenci 43 Hz, červený posluchač stojící u zdi uslyší posílené basové dunění, zatímco modrý posluchač uprostřed místnosti neuslyší prakticky žádný basový zvuk. Stojaté vlnění má ve svém vrcholu (u zdi) své **tlakové maximum (kmitnu)** - molekuly vzduchu kmitající zvukové vlny vzduchu zde narážejí na překážku a úplně se zastaví. Zvuková vlna zde tedy má naopak **minimum rychlosti**. V **čtvrtině vlnové délky (v uzlu)** daného stojatého vlnění je **tlakové minimum**, zato **rychlost zvukové vlny** (molekul vzduchu) je zde maximální.



PRŮBĚH AKUSTICKÉHO TLAKU JE PROTI PRŮBĚHU AKUSTICKÉ RYCHLOSTI POSUNUT O ¼ VLNOVÉ DÉLKY

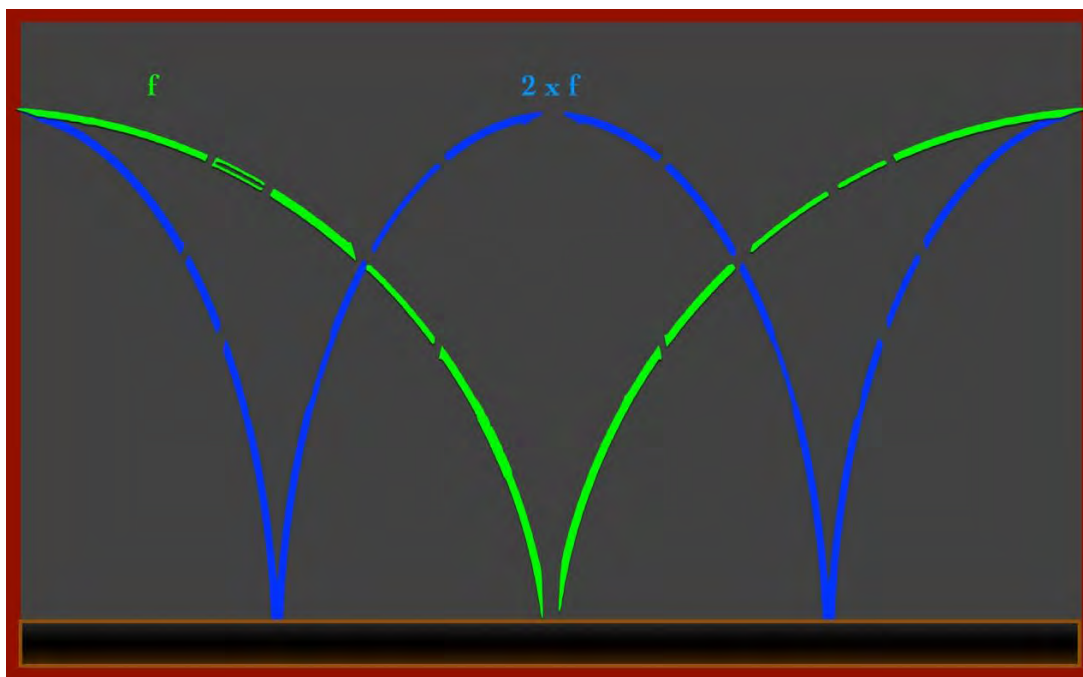
Tento poznatek se využívá v praxi prostorové akustiky, kde se navrhují a umisťují zvukové absorpéry právě do vzdálenosti ¼ vlnové délky frekvence, jejíž energii chceme v daném prostoru oslabit. Rychle pohybující se molekuly vzduchu zde pronikají absorpčním materiálem, kde třením a rezonancemi ztrácejí svoji kinetickou energii, a tedy i amplitudu intenzity zvukové vlny.



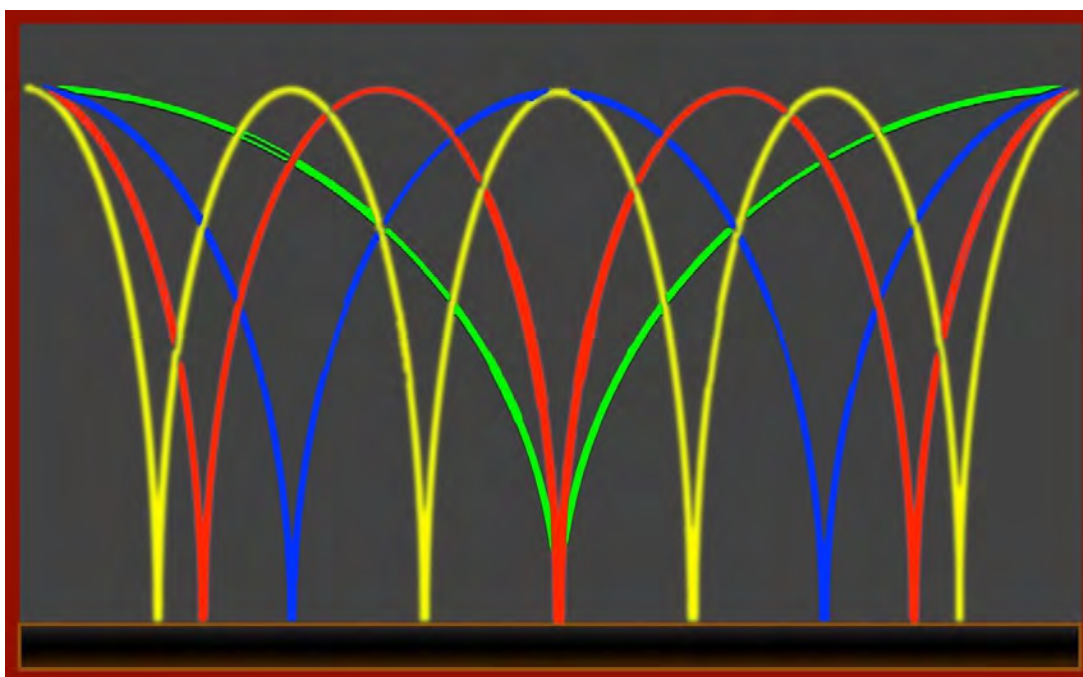
Obrázek 61 Stojaté vlnění – frekvence o vlnové délce dvojnásobku délky místnosti

Frekvence f je tzv. 1. módem místnosti. Další módy odpovídají celým násobkům f , tedy $2f$, $3f$, U komplexního harmonického signálu se tedy jedná o vlastní vyšší harmonické složky. Jelikož každá frekvenční složka vytváří v určeném místě místnosti uzly a kmitny, a navíc ke stojatému vlnění dochází mezi stěnami podél, napříč i mezi podlahou a stropem místnosti, bude i v tomto případě při poslechu harmonicky bohatých signálů kvalita poslechu záležet na místě, kde se zrovna posluchač nachází. Čím bude harmonická frekvence vyšší, tím bude kratší vlnová délka i vzdálenost mezi uzlem a kmitnou a menší bude také energetický příspěvek k soustavě stojatého vlnění. Někde kolem frekvence 300 Hz je vliv stojatého vlnění natolik zanedbatelný, že začínáme zvažovat spíše Haasův efekt.

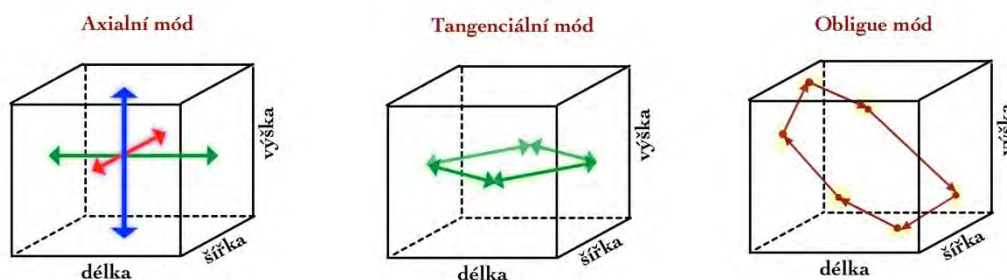
Výše uvedeným módům, které vznikají mezi dvěma protilehlými plochami se říká *Axiální mód*. K dalším módům pak patří *Tangenciální mód* (probíhá plynule mezi čtyřmi sousedními plochami) a *Obligie mód* (mezi všemi šesti plochami místnosti). Všechny 3 módy zobrazuje **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** Pro akustiku místnosti má především zásadní vliv axiální mód (viz Obrázek 62), méně pak Tangenciální (poloviční energie módu axiálního) a nakonec Obligie mód (čtvrtinová energie). Úbytek energie souvisí s větším množstvím odrazných ploch a delší trasou.



Obrázek 62 Stojaté vlnění: 1. a 2. axiální mód mezi dvěma protějšními stěnami



Obrázek 63 Stojaté vlnění: První 4 axiální módy mezi dvěma protějšními stěnami



Obrázek 64 Axiální, Tangenciální a Oblique módy místnosti

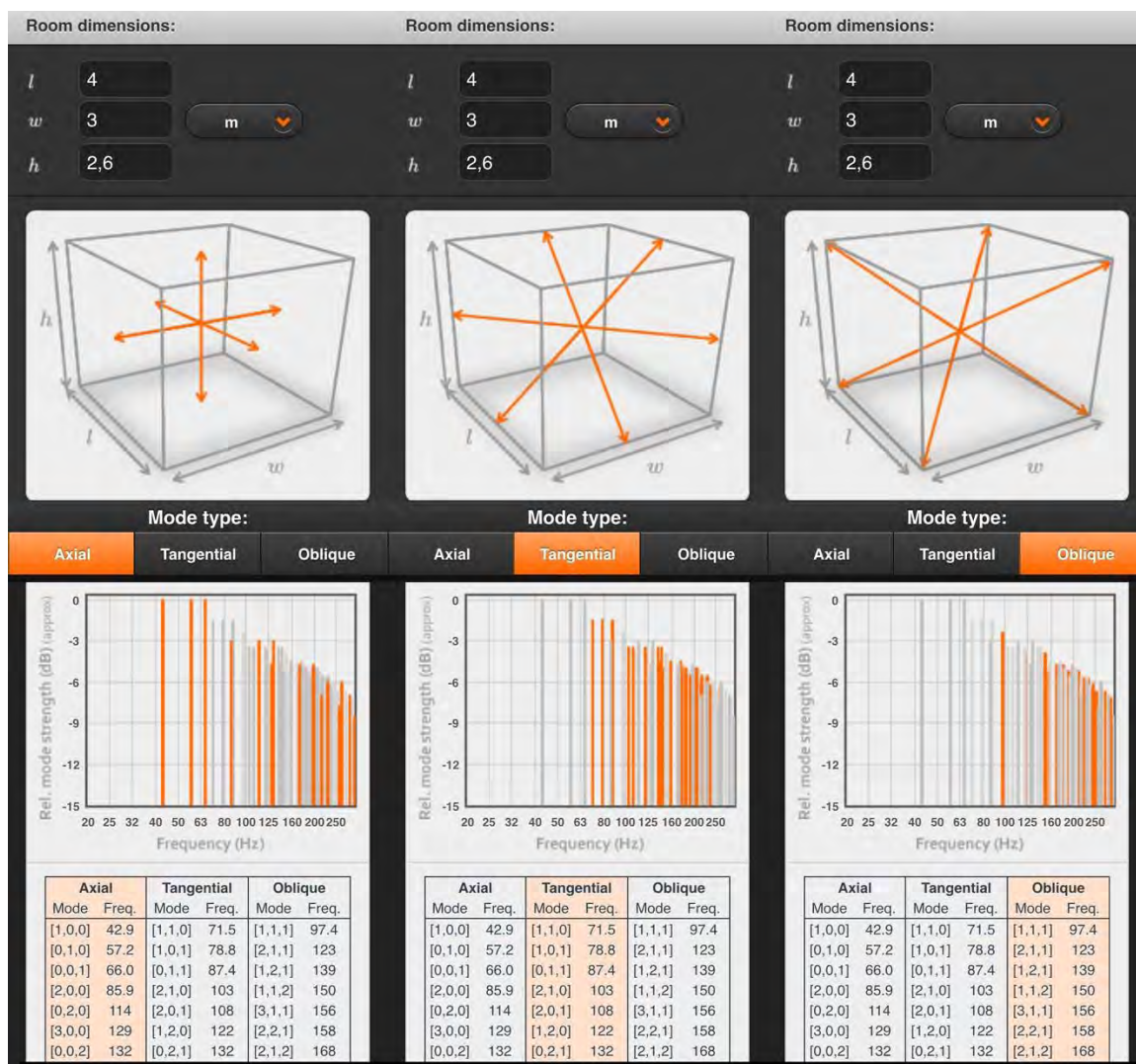
Na Obrázek 64 jsou všechny možné varianty daného módu a pro lepší srozumitelnost barevně zobrazeny jen u módu axiálního. Pro výpočty se používají kalkulačky módů (Room Mode Calculator), které jsou volně dostupné na webu nebo jako placené aplikace (viz Obrázek 65). Kalkulčka po zadání rozměrů místnosti módy automaticky vypočítá a zobrazí. Distribuce jednotlivých módů uvnitř místnosti, a tedy i rozložení akustické energie se liší v závislosti na měnících se rozměrech (tvaru) místnosti. Existují doporučení pro vhodné poměry rozměrů za účelem dosažení optimálních akustických vlastností místnosti (viz Tabulka 4). Při návrhu a budování poslechové místnosti je pak vhodné k doporučeným poměrům přihlídnout.

Tabulka 4 Doporučené poměry rozměrů akusticky optimální místnosti

	výška	šířka	délka
A	1.00	1.14	1.39
C	1.00	1.28	1.54
D	1.00	1.30	1.90
E	1.00	1.40	1.90
F	1.00	1.50	2.50
G	1.00	1.60	2.33

Například při výšce místnosti 2.5 m (dle doporučených poměrů A Tabulky 4) vychází šířka 2.9 m a délka 3.5 m.

Nejméně vhodnými rozměry místnosti jsou rozměry s jejich vzájemným násobkem. U jednotlivých variant módů v takovém případě pak tyto generují stojatá vlnění o stejné frekvenci, což akustické problémy místnosti dále výrazně prohlubuje.



Obrázek 65 Výpočet a zobrazení módu místnosti s pomocí programu Acoustassist

Obrázek 65 názorně demonstuje u místnosti s rozměry $l \times w \times h$ (délka x šířka x výška) pro jednotlivé typy módů konkrétní hodnoty i relativní hladiny intenzity. Je zde zřejmé (jak již bylo dříve zmíněno), že nejvýraznější módy stojatého vlnění vznikají u typu Axiálního. První podélný axiální mód 42.9 Hz (~ 43 Hz) (viz Obrázek 61) je v tabulce uveden vedle zápisu módu (1, 0, 0). Například zápis (0, 2, 0) pak znamená druhý axiální mód příčný, (1, 1, 0) je jeden z prvních módů tangenciálních a (1, 1, 1) znamená první oblique mód.

1.6.2 ABSORPCE ZVUKOVÉ VLNY A POHLTIVOST MATERIÁLŮ

Obrázek 52 nám zobrazuje chování zvukové vlny dopadající na překážku. Jevy spojené s odrazem vlnění jsme si popsali v kapitole 1.6.1.

Nyní si alespoň v základech přiblížíme chování zvukové vlny při průniku do překážky v případě, kdy tato není stoprocentně odrazivá.

Jak jsme si již řekli, schopnost objektu (stěny, akustického panelu) pohlcovat zvuk je charakterizována **koeficientem zvukové pohltivosti α** , který je dán poměrem intenzity zvuku vlny pohlcené stěnou k intenzitě zvuku vlny na stěnu dopadající a pohybuje se v rozmezí 0 - 1, kde $\alpha = 1$ znamená stěnu s dokonalou pohltivostí zvuku (odpovídá vlastnostem anechoické komory či otevřeného okna do volného prostoru). Koeficient u daného materiálu je proměnlivý a závisí na frekvenci dopadajícího zvukového vlnění i na tloušťce daného materiálu.

Obecně platí, že měkké, pórovité či vláknité materiály mají velice dobré absorpční vlastnosti a v závislosti na hustotě a složení **prodyšné** porézní struktury i tloušťce daného materiálu jsou schopny, v určitém rozsahu zvukových frekvencí, absorbovat často i většinu dopadající akustické energie.

Při absorpci dochází, vzhledem k viskózní vlastnosti vzduchu, při jeho průchodu porézním materiálem, k přeměně akustické energie v energii tepelnou. Ta se uvolňuje třením vibrujících molekul vzduchu o strukturu absorbujícího materiálu. Čím více jsou otvory, póry, komůrky, dutiny struktury absorbujícího materiálu rozměrově blíže vlnové délce zvukové vlny, tím k většímu tření dochází, a tím větší je pak i míra absorpce.

Z výše uvedeného vyplývá, že doposud často používané obaly od vajíček jako akustický prvek na stěny a stop amatérských zkušeben či „zvukových studií“ má zanedbatelný absorpční účinek. Až na nepatrnou schopnost difúze zvuku a na určité estetické vlastnosti (stěna pokrytá jehlanovitou strukturou obalů od vajíček vzdáleně připomíná stěny studií pokryté skutečnými akustickými jehlany) jsou tedy tyto obaly pro akustické účely zcela nevhodné.



ABSORPCE ZVUKU X IZOLACE ZVUKU

Často dochází k zaměňování pojmů zvukové pohltivosti (absorpce) a zvukové izolace.

Z hlediska materiálového složení má zvukově izolační materiál vysokou materiálovou hustotu s nízkým procentem pohltivosti a s vysokou mírou odrazivosti. Materiál, který zvuk pohlcuje má naopak hustotu nižší s prodyšnou pórovitou strukturou s vysokou mírou absorpce zvuku a nízkou schopností zvukové izolace.

Tabulka 5 Absorpční koeficient některých materiálů

Absorpční koeficient některých běžných materiálů							
materiál	tloušťka v mm	frekvence v Hz					
		125	250	500	1000	2000	4000
sklo	10	0,18	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02
hladký beton		0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
linoleum	5	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04
pěnový polystyren	20	0,02	0,02	0,03	0,08	0,14	0,3
sádrokarton	10	0,11	0,12	0,05	0,02	0,02	0,03
zeď cihlová		0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
dřevotříska	10	0,28	0,22	0,17	0,09	0,1	0,11
Heraklith	25	0,1	0,19	0,22	0,42	0,81	0,82
těžký koberec na betonu		0,02	0,06	0,14	0,37	0,6	0,65
těžký koberec s dlouhým vláknem na betonu		0,08	0,24	0,57	0,69	0,71	0,73
minerální vata	40	0,05	0,11	0,23	0,45	0,8	0,75



MEZERA MEZI ABSORPČNÍM PANELEM A PEVNOU ZDÍ – ZVÝŠENÍ ABSORPCE

Pokud umístíme absorpční materiál před pevnou překážku a ponecháme mezi nimi určitou vzduchovou mezeru, zvýší se jeho absorpční vlastnost i rozsah pohlcovaných frekvencí.

V Kapitole 1.6.1 jsme se dozvěděli, že u stojatého vlnění u zdi je průběh akustického tlaku posunut proti průběhu akustické rychlosti o čtvrt vlnové délky frekvence dopadající vlny. Pokud tedy umístíme absorbující překážku ve vzdálenosti čtvrtiny vlnové délky zvukové frekvence ode zdi, bude docházet k absorpci v místě s nejvyšší rychlostí vibrujících molekul vzduchu, a tedy i k efektivní míře absorpce vlny dané frekvence.

Například pokud chceme v místnosti utlumit výrazné stojaté vlnění na frekvenci 250 Hz, předsadíme vhodný akustický panel před stěnu místnosti ve vzdálenosti cca 30 cm.

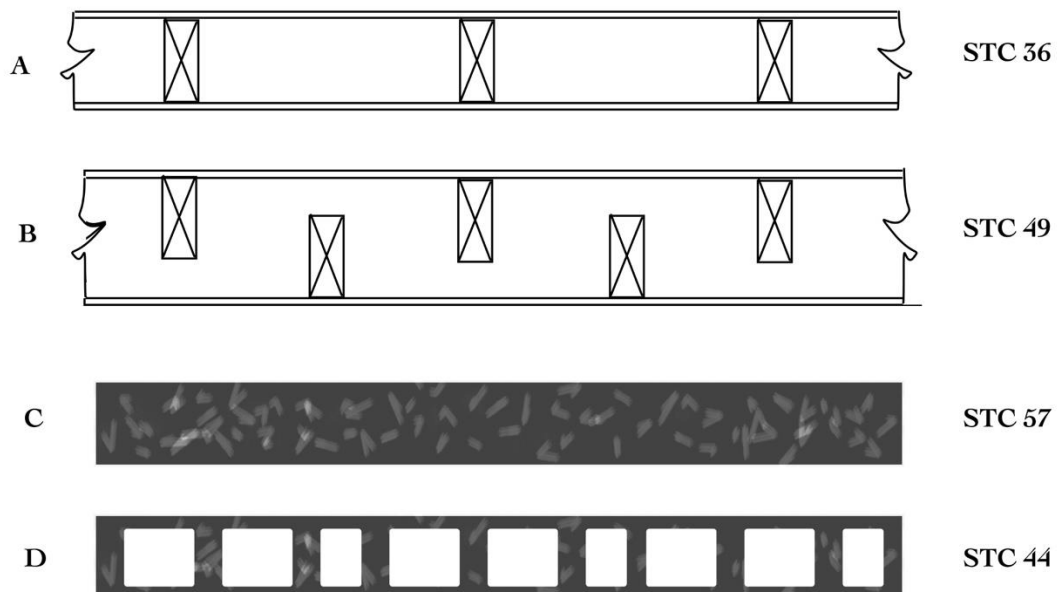
1.6.3 PŘENOS ZVUKU Z / DO MÍSTNOSTI

Obrázek 52 nám dále zobrazuje část dopadajícího vlnění jako vlnění prostupující přepážkou a vstupující do sousední místnosti.

Rozeznáváme dva druhy neprůzvučnosti:

- **Vzduchová neprůzvučnost** – přímý zvuk ze zdroje proniká ze vzduchu přes příčku do vzduchu druhé místnosti vlivem rezonance příčky a případných otvorů či netěsností v příčce. Je přímo závislá na hmotnosti či hustotě materiálu příčky, u lehčených příček pak šířkou vzduchové dutiny mezi stěnami příčky a vhodnou pohltivou výplní dutiny.
- **Kročejová neprůzvučnost** – je způsobena vibracemi chodu pračky či lidskými kroky apod.

Třída přenosu zvuku (STC) je hodnocení přiřazené materiálu nebo soustavě materiálů, které způsobují ztrátu přenosu nebo snížení hladiny zvuku mezi zdrojem a cílem. Neprůzvučnost takovýchto přepážek se testuje v akustických laboratořích na šesti postupných frekvencích (125, 250, 500, 1000, 2000, 4000) Hz, což zjednodušeně odpovídá rozsahu lidského hlasu (řeči).



Obrázek 66 STC dřevěné (A, B) a betonové (C, D) příčky

Obrázek 66 zobrazuje několik příkladů odlišné konstrukce stavební příčky a odpovídajících STC hodnot *vzduchové neprůzvučnosti*.

Příklad A zobrazuje jednoduchou konstrukční příčku tvořenou svislými hranoly, ke kterým je z obou stran upevněna sádkartonová deska. Obě protilehlé desky jsou přímo napojeny na hranol, takže dochází k průniku (průchodu) zvuku konstrukcí i dutinou příčky.

Příklad B má výrazně vyšší STC koeficient, protože protilehlé příčky nejsou navzájem propojené a k průniku dochází především přes vzduchovou dutinu. Pokud bychom prostor mezi příčkami vyplnili pohlcujícím materiálem – například minerální vlnou, docházelo by zde navíc k částečné absorpci a hodnota STC by se dále zvýšila.

Příklad C znázorňuje pevnou betonovou příčku. Molekuly vzduchu hladkým a neporézním povrchem neprojdou, odrážejí se zpět, a k přenosu dochází pouze vibrací celé stěny především v basovém pásmu (v takovém případě uslyšíme typický hluk z večírku ve vedlejším bytě pouze jako basové dunění).

Příklad D zobrazuje příčku postavenou z dutých betonových prefabrikátů. Hodnota STC klesla dokonce pod hodnotu v případě dřevěné příčky. Zvuk se přenáší konstrukcí, vzduchovými kapsami i štěrbinami vyplněnými pojivovým materiálem mezi jednotlivými dílci prefabrikátů.

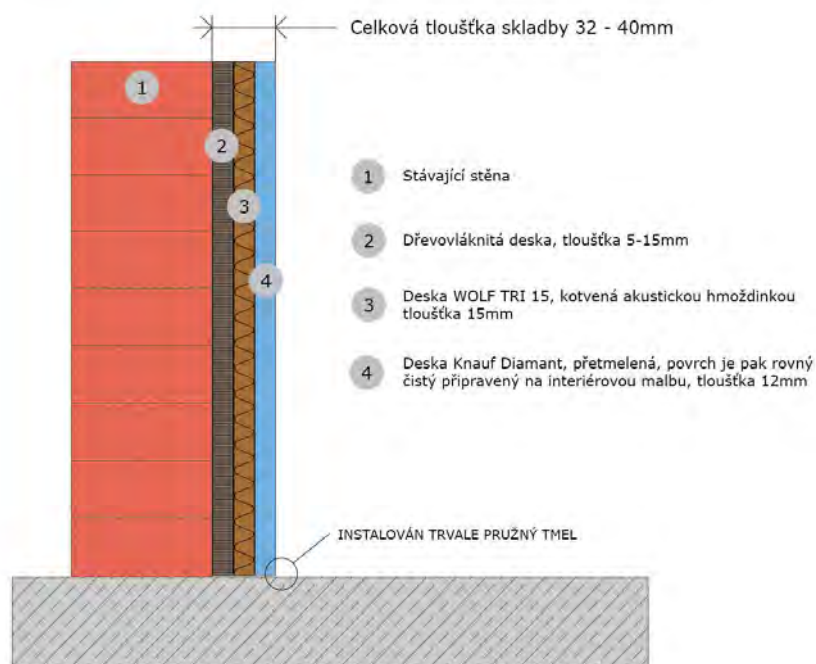
Pokud bude mít příčka například hodnotu $STC = 25$ dB, lze v druhé místnosti slyšet běžný hovor. Při $STC = 50$ bychom teoreticky již ve vedlejším pokoji neměli slyšet ani hlasitou hudbu.



HODNOTA NEPRŮZVUČNOSTI ROSTE S HUSTOTOU A TLOUŠŤKOU PŘÍČKY

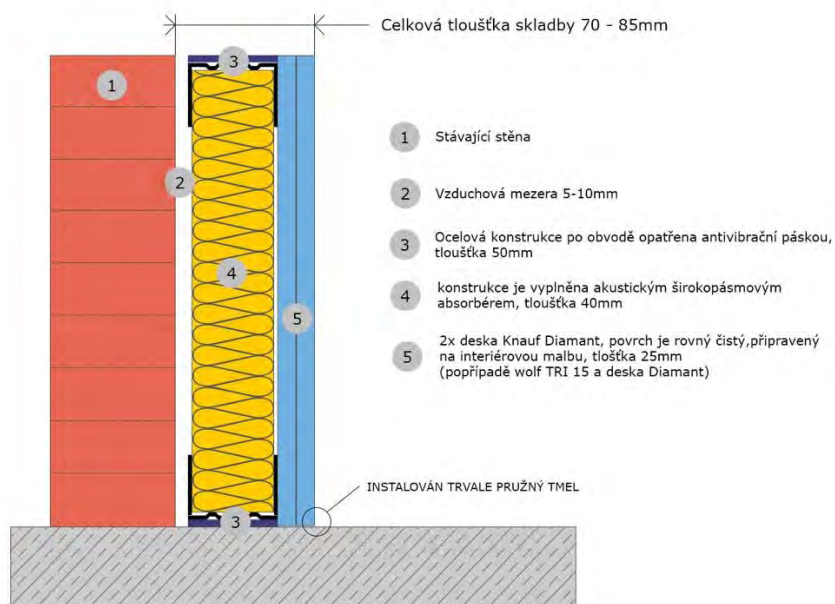
Pro potlačení průchodu zvuku z místnosti do vedlejšího pokoje, případně ven z budovy, nebo naopak pro omezení hluku z okolního prostředí, je vhodné použít materiál příčky o vysoké hustotě a tloušťce. Dalšího posílení efektu neprůzvučnosti pak dosáhneme například předsazením plovoucích (s nosnou příčkou fyzicky nepropojených) předstěn se vzduchovou mezerou vyplněnou absorbujícím materiálem.

Odhlučnění stěny Jednoduchá předsazená stěna – kontaktní systém



Obrázek 67 Konstrukční řešení odhlučnění stěny navržené firmou Noitami.cz

Odhlučnění stěny Jednoduchá předsazená stěna – bezkontaktní systém



Obrázek 68 Konstrukční řešení bezkontaktního odhlučnění stěny



KDE PROJDE VZDUCH, PROJDE I ZVUK

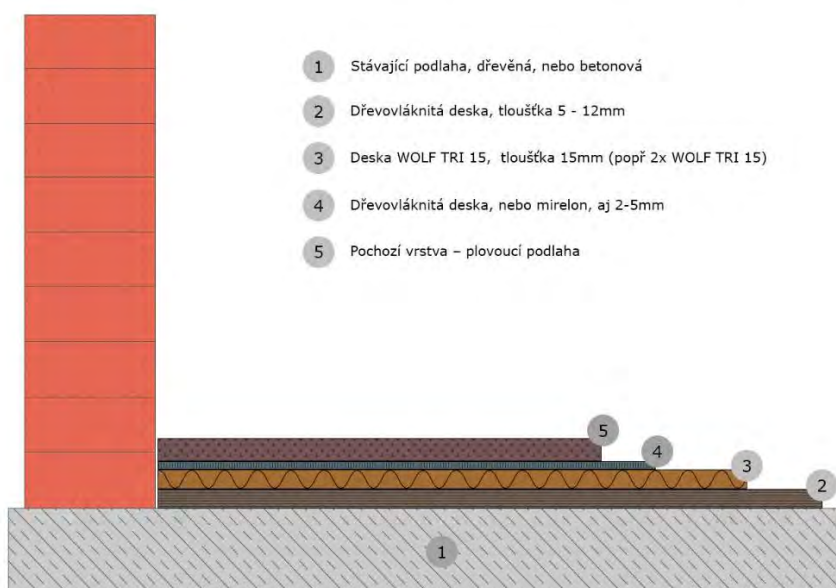
Pro zamezení průniku zvuku je dále důležité dobře utěsnit vhodnými pružnými tmely napojení příčky k bočním stěnám či vyplnit jakoukoliv skulinu či škvíru v konstrukci jako takové. Častým zdrojem průchodu zvuku je špatně zabudovaná elektrická zásuvka či vedení kabeláže.



Obrázek 69 Speciální akustická elektroinstalační dvojkrabice

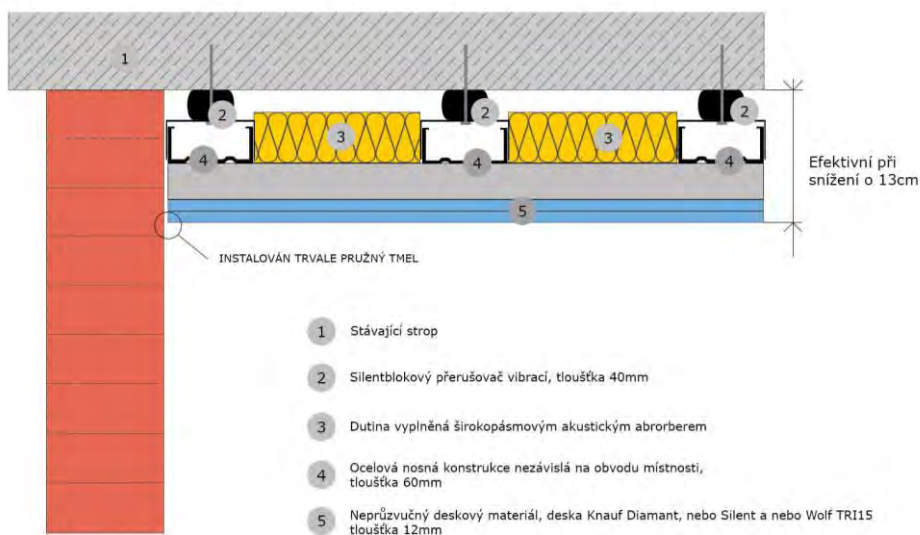
Specifickým typem neprůzvučnosti je *Kročejová neprůzvučnost*. Ta není způsobována dopadem zvukové vlny, ale přímým kontaktem vibrujícího tělesa s příčkou. Jde například o běžící pračku v případě, kdy není dostatečně staticky vyvážená či vybavena anitivibrační pružnou (gumovou) podložkou (rýhovaná guma). Dále jde o chůzi osob po podlaze o patro výše či o klepot, bušení či vrtání do příčky. V takovém případě se jako řešení nabízí zhotovení plovoucí podlahy s pružným izolačním podkladem. Pokud toto není možné, dá se kročejový hluk z bytu o patro výše potlačit zhotovením odsazeného stropu s akusticky absorbující výplní.

Odhlučnění podlahy Jednoduchá neprůzvučná podlaha



Obrázek 70 Konstrukční řešení odhlučnění podlahy navržené firmou Noitami.cz

Odhlučnění stropu Jednoduchý neprůzvučný pohled



Obrázek 71 Konstrukční řešení odhlučnění stropu

Obrázek 67 a Obrázek 70 zobrazují příkladové studie používající pro zvýšení neprůzvučnosti moderní ekologický materiál – Wolf Phonestar, který je tvořen vrstvami vlnitého papíru vyplněného křemičitým pískem (Viz Obrázek 72).

Zvuková vlna v podobě mechanického vlnění prochází střídavě vrstvami papíru a písku. Energie vlny rozkmitává jednotlivá zrna křemičitého písku a oslabuje se. Hodnota vzduchové neprůzvučnosti této tenké a poměrně lehké desky je 36 dB.



Obrázek 72 Akustická deska Wolf

Akustická deska Wolf poskytuje zajímavé řešení v otázce neprůzvučnosti. Má vysokou hustotu (je tvořena křemičitým pískem) a současně je pružná, takže je vhodná i pro potlačení kročejového hluku.

1.7 Akusticky vhodné prostory

1.7.1 VOLBA AKUSTICKY VHDNÉ MÍSTNOSTI A POZICE PRO ZVUKOVÝ ZÁZNAM

V kapitole 1.6 jsme se seznámili s jevy souvisejícími s šířením zvukového vlnění a s problémy, které mohou vzniknout. Chceme-li nahrát mluvené slovo (komentář, výpověď) pro účely reklamy, filmu či zvukové knihy, bude mít místnost, ve které bude osoba s mikrofonem umístěna, výrazný vliv na výslednou kvalitu zvukové nahrávky.



NENÍ VHDNÉ SPOLÉHAT SE NA RČENÍ: „FIX IT IN THE MIX“ („OPRAVÍ SE PŘI MIXU“).

Záznam provedený v akusticky nevhodném prostředí již často nelze ve zvukové postprodukci upravit do požadované kvality. Pokud předem nevynaložíme dostatečné úsilí při úpravě záznamové místnosti a přípravě záznamu (nevyužíváme-li přímo prostory komerčního zvukového studia), může se stát, že nahrávka bude ve výsledku nepoužitelná a opakování záznamu nebude možné z důvodu časové tísně, emotivní neopakovatelné výpovědi či úmrtí nahrávané osoby.

Ve většině případů je vhodné provádět záznam mluveného slova v místnosti s vysokou mírou absorpce - v tzv. (akusticky) *mrtvé místnosti*.

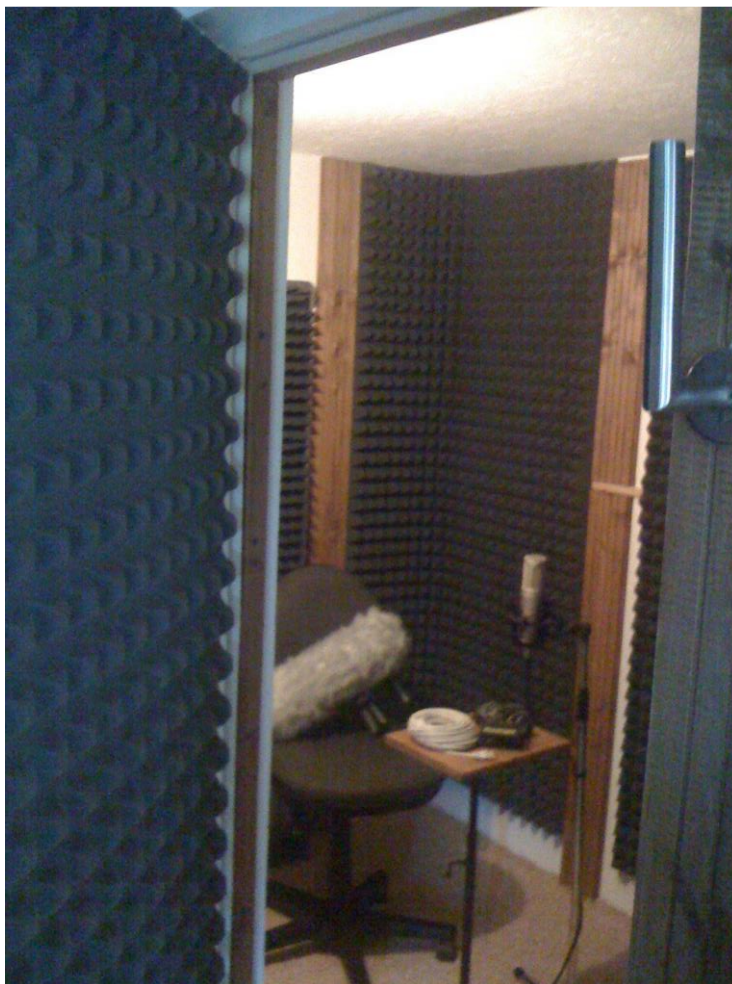
Dozvuku místnosti při záznamu hlasu je dobré se vyhnout z mnoha důvodů:

- Dozvuk místnosti posouvá ve zvukovém mixu hlas do pozadí a činí jej méně srozumitelným. Pocitově je nám příjemný hlas, který k nám promlouvá z blízké vzdálenosti několika desítek centimetrů.
- Malá živá (odrazivá) místnost vnáší do zaznamenávaného hlasu nepříjemné (amatérské) zabarvení.
- Případná korekce výšky hlasu (pitch correction) je hůře proveditelná, pokud nahrávka hlasu obsahuje výrazný dozvuk místnosti.
- Při zvukovém mixu často dochází k úpravě dynamiky hlasu pomocí zvukové komprese. V takovém případě se často nepříliš slyšitelný dozvuk neúmyslně zesílí nad hranici možného užití.
- Stejný hlas zaznamenaný stejným mikrofonem ve dvou různých akustických prostředích, z nichž alespoň jedno je „živé“, bude výrazně odlišný a v postprodukci bude obtížné oba navzájem přiblížit, pokud to dramaturgie pořadu bude vyžadovat.

Dalším problémem akusticky živé místnosti je fakt, že přímé odrazy od blízké zdi a přímý zvuk hlasu způsobují interferenci, kterou snímáme mikrofonom a zaznamenáváme. (viz Kapitola 1.6.1).

Přímý odraz, který je opožděn o více než 30 ms, se projevuje postupně jako stále více zřetelné echo. Pokud je jeho zpoždění pod 30 ms, dochází k problematickému, nám již známému jevu – hřebenové filtraci, která hlasu dodává nepříjemné kovové zbarvení a mění jeho harmonické složení.

Často užívaným řešením výše uvedených problému je použití hlasatelny, takzvané „Vocal booth“ (Obrázek 73). Jde o malou místnost - komoru obvykle s rozměry minimálně 1,5 x 2 metry. Bývá dobře konstrukčně řešena tak, aby byla dobře izolována od okolního hluku či v případě umístění v rámci větší nahrávací místnosti od zvuků ostatních hrajících hudebních nástrojů.



Obrázek 73 Vocal Booth – komora pro izolovaný záznam hlasu

Akustická úprava takových místností však bývá často nepřiměřeně nadbytečně vyplněna absorpčním materiálem. Dochází tak k nevhodnému pohlcování vyšších frekvencí hlasu, který pak zní nepřírodně tlumeně. To je nežádoucí jak pro poslech (Doba dozvuku RT60 bývá do 100 ms), tak i pro kvalitu výsledné nahrávky.

Dalším problémem jsou módy malé místnosti. Proto se u kvalitnějších komor používají sofistikované akustické panely – basové pasti (např. Tube traps) a různé difuzory, které umožňují kvalitní a pocitově příjemný záznam i při době dozvuku komory 300 ms.

Pro úspěšný a kvalitní záznam hlasu není vždy nezbytné vyhledávat malou zvukovou komoru, zvláště když její akustické vlastnosti nemusí zaručovat optimální kvalitu hlasu. Dobrých výsledků se dá dosáhnout i v běžném pokoji, a dokonce i ve velké „živé místnosti“, zvolíme-li vhodnou pozici a orientaci pro hlasatele i mikrofon a obklopíme-li oba akustickými absorpčními panely. Pokud nemáme k dispozici profesionální akustické prvky, lze je vyrobit z minerální vlny potažené prodyšnou textilií nebo improvizujeme s využitím předmětů domácnosti (uvedeny v pořadí významu užití):

- několik matrací umístěných do tvaru trojúhelníku kolem hlavy a mikrofonu
- hrubé přikrývky vyvěšené na mikrofonních stojanech či věšáku na prádlo
- silné závěsy případně vícekrát přeložené a vyvěšené
- hrubé ručníky ve vrstvách
- polštáře

Velká živá místnost se pro záznam hlasu volí v případě zpěvu, kdy:

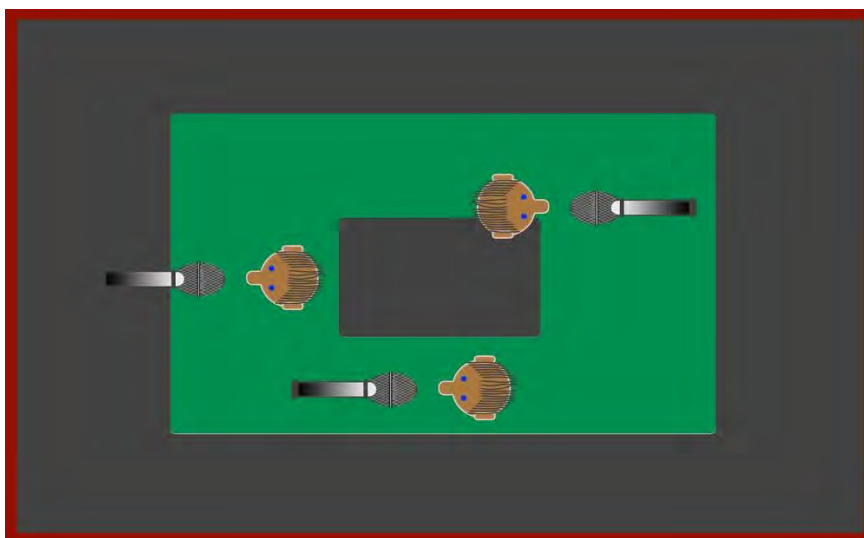
- zpěvák potřebuje pro správnou atmosféru a umělecký výkon sdílet stejnou místnost s ostatními hudebníky
- byla již pořízená nahrávka ve stejném akustickém prostoru a záznam hlasu se stejnou mírou a barvou dozvuku je umělecky žádoucí
- přímé odrazy (pokud možno rozptýlené difuzory) mohou umělecky navodit pocit vhodného prostoru. Dosáhneme toho orientací mikrofonů od zdí a pomocí absorpčních panelů eliminujeme příchod nepřímých odrazů od vzdálených stěn

Jako optimální varianta záznamu hlasu se jeví buď využití větší nepříliš mrtvé hlasové komory nebo záznam v akusticky dobře upravené živé místnosti s využitím vhodně rozmístěných akustických panelů k potlačení nevhodných zvukových odrazů.

Dříve než obklopíme umělce a mikrofon akustickými panely, je potřeba zvolit vhodné místo pro mikrofon. Platí zde dvě základní pravidla:

- umístit mikrofon co nejdále od zdí z důvodu problémů s odrazy a dozvukem
- neumísťovat mikrofon uprostřed místnosti z důvodu problému nevhodného nárůstu akustické energie vlivem stojatého vlnění

Tedy vhodná poloha bude mimo střed co nejdále od zdí v naznačeném zeleném sektoru (Viz Obrázek 74).



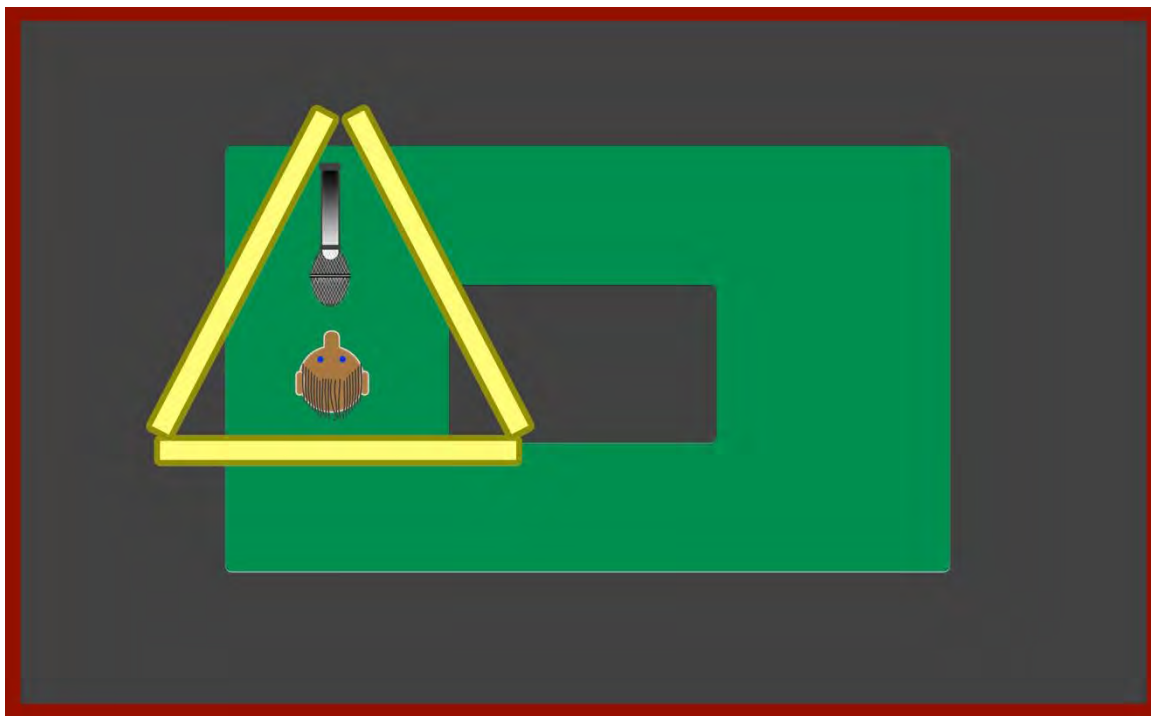
Obrázek 74 Vhodné umístění mikrofonu v zeleném sektoru místnosti

1.7.2 SPRÁVNÉ UMÍSTĚNÍ AKUSTICKÝCH PRVKŮ

Při umísťování akustických panelů kolem umělce a mikrofonu chceme dosáhnout dvou cílů:

- potlačit hlavně první přímé odrazy od nejbližších stěn, stropu, případně podlahy
- snížit vliv doby dozvuku místnosti

Nejjednodušší metodou je simulace hlasové komory tak, že obklopíme umělce i mikrofon absorpčními akustickými panely viz Obrázek 75 .



Obrázek 75 Improvizovaná hlasová komora

Pokud taková konstrukce není z praktického důvodu možná nebo není umělci pohodlná, je potřeba především akusticky absorpčně ošetřit místa v následujícím pořadí:

- **Za umělcovou hlavou** – v případě použití kardioidního mikrofonu (velmi pravděpodobné užití tohoto typu). Dojde k potlačení akustických odrazů za umělcovou hlavou, které by jinak pronikaly přímo do mikrofonu.
- **Nad umělcovou hlavou** - strop bývá často nejbližší stěnou a zapomíná se na to. Jeho negativní dopad může být stejný jako v případě stěn.
- **Mezi umělcem a nejbližšími odrazivými povrchy** - omezí se vliv hřebenového filtru.
- **Po stranách mikrofonu** - omezení vlivu bočních odrazů.
- **Za mikrofonem** - u kardioidního mikrofonu není až tak zásadní. Naopak důležité při užití hyperkardioidního nebo kulového mikrofonu.

Pokud umělec používá stojan na text, jedná se o další blízkou odrazivou plochu. Je vhodné stojan potáhnout pohltivým obalem a vhodně naklopit. Úhel náklonu správně nastavíme s pomocí zrcadla položeného na stojan. Pokud umělec v zrcadle uvidí mikrofon, je náklon stojanu nevhodný.



Obrázek 76 Mobilní akustický panel pro záznam hlasu značky Alcron



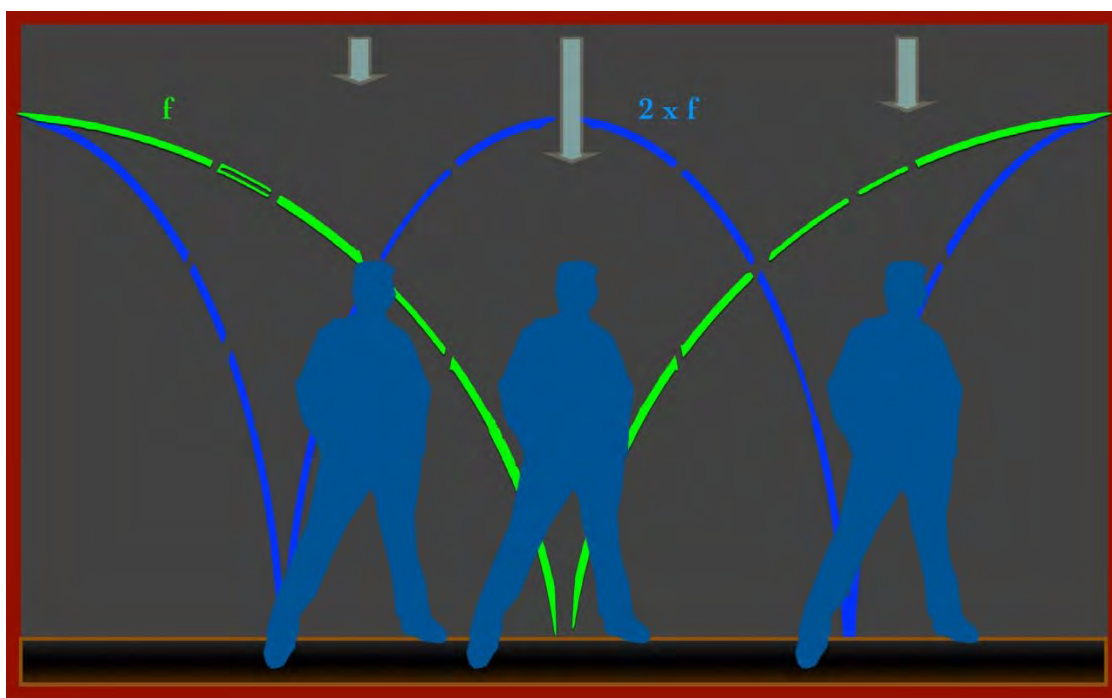
Obrázek 77 Mobilní hlasová komora značky Auralex

1.7.3 VLASTNOSTI A OPTIMALIZACE MÍSTNOSTÍ PRO POSLECH ZVUKU

V kapitole 1.7.2 jsme uvedli do kontextu vliv akustického chování místnosti na zaznamenávaný zdroj zvuku – hlas. V této kapitole probereme podobnou problematiku z pohledu zvukaře pracujícího na zvukovém mixu ve své zvukové pracovně (control room).

V kapitole 1.6.1 jsme podrobně probrali vliv basových frekvencí na rezonanci místnosti (podobně jako trubice s uzavřenými konci) a na vznik stojatého vlnění.

Stojaté vlnění, které by mělo v otevřeném prostoru jinak ideálně vyvážené a rovnoměrně rozložené frekvenční basové spektrum, nám v závislosti na rozměrech místnosti tuto rovnoměrnost „pokazí“ a ustálená zvuková energie a hladina intenzity jednotlivých basových složek se nerovnoměrně, byť pravidelně rozprostře po prostoru místnosti. Víme, že je nejvyšší u stěn místnosti a v případě prvních (nejvýraznějších) módů stojatého vlnění i uprostřed. V těchto místech posluchač slyší basy nejvýrazněji, zatímco intenzita v jiných částech místnosti může značně kolísat (viz Obrázek 78). Může být tedy problematické objektivně posoudit, zda zvuk vnímaný v místnosti je ve své původní podobě obohacen či ochuzen o basovou složku.

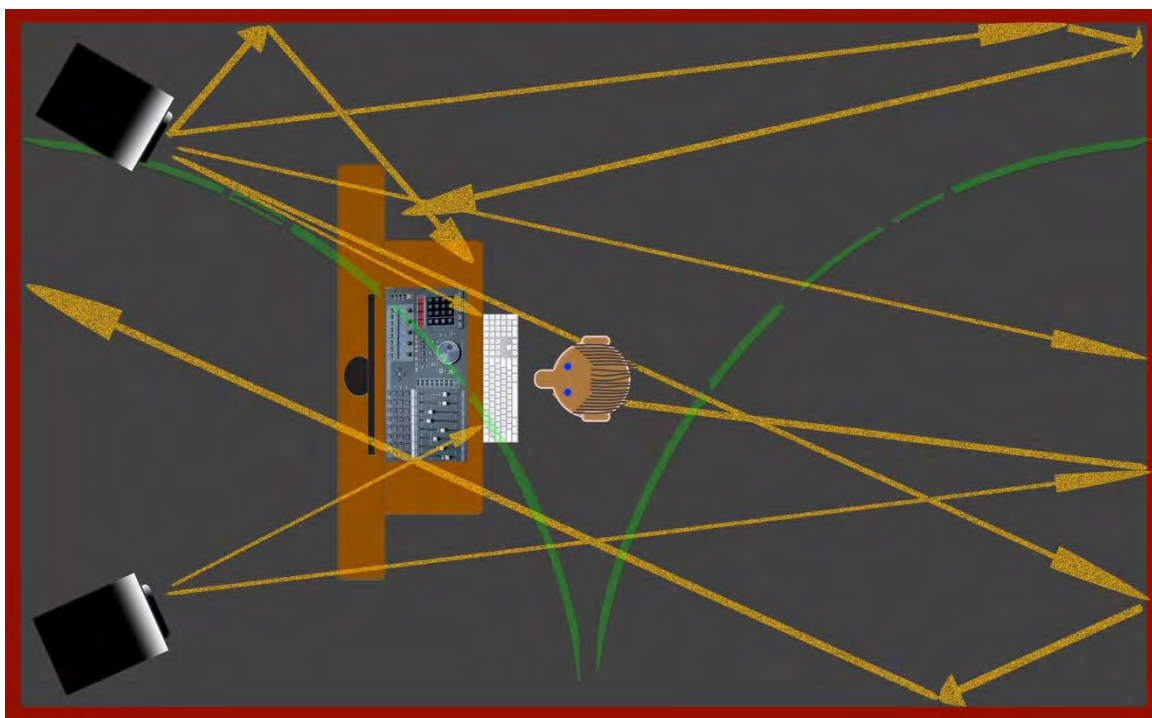


Obrázek 78 Stojaté vlnění a jeho vliv na vnímání hlasitosti basů v místnosti

Pro kritický poslech je potřeba si vliv tohoto jevu dobře uvědomovat, pokud k poslechu dochází zrovna v méně ideálních akustických podmínkách.

Dalším dříve již zmíněným problémem šíření středních až vysokých frekvencí je interference přímého a odraženého vlnění (zvláště vliv prvních přímých odrazů – „early reflections“ od stěn a stropu, případně podlahy), které způsobuje hřebenovou filtraci. K tomu přičítáme vznik samostatně vnímaného dozvuku odražených vln od vzdálenějších stěn (nad

50 až 80 ms) a nakonec vznik sumy všech odrazů, které vnímáme jako (pro danou místnost) charakteristický dozvuk („reverb“).



Obrázek 79 Nevhodná akustika a poloha posluchače v místnosti

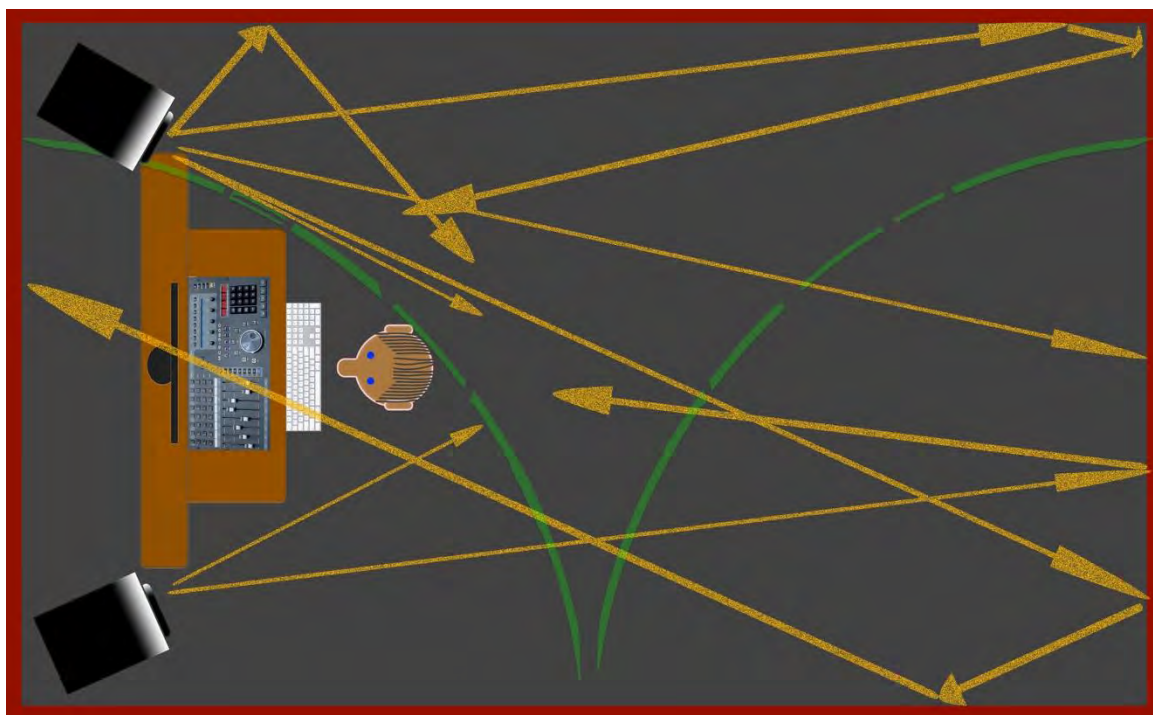
Obrázek 79 zobrazuje nevhodně umístěné vybavení i polohu sedícího „zvukaře“. Hlava se nachází v minimu prvního módu stojatého vlnění (zelená křivka). Reproboxy jsou umístěny přímo v rozích místnosti – bodech, kde se všechny typy stojatého vlnění setkávají ve svých maximech. Nekontrolovaný odraz a interference způsobuje výrazné posílení vlivu hřebenového filtru a míra dozvuku zahlcenost místnosti na středních a vysokých frekvencích. V takovém případě zvukař není schopen kritického poslechu a nemůže objektivně provádět správné operace k dosažení kvalitní výsledné (smíchané) nahrávky.

Přestože zvukař udělá maximum pro dobře znějící mix ve své míchací místnosti, tento mix většinou nezní vyváženě při poslechu v jiném prostředí na jiných reprobednách, mobilu či sluchátkách. Mix je pak často „přebasovaný“ nebo naopak příliš ostrý a usyčený s nepřírozenou barvou hlasu a jednotlivých nástrojů s nadměrným či nedostatečným množstvím umělého dozvuku („reverbů“) do mixu umělecky dodaného. Frustrace z takového výsledku bývá často značná, pokud zvukař není obeznámen se základními problémy akustiky místnosti a neví o jejich možných negativních dopadech.

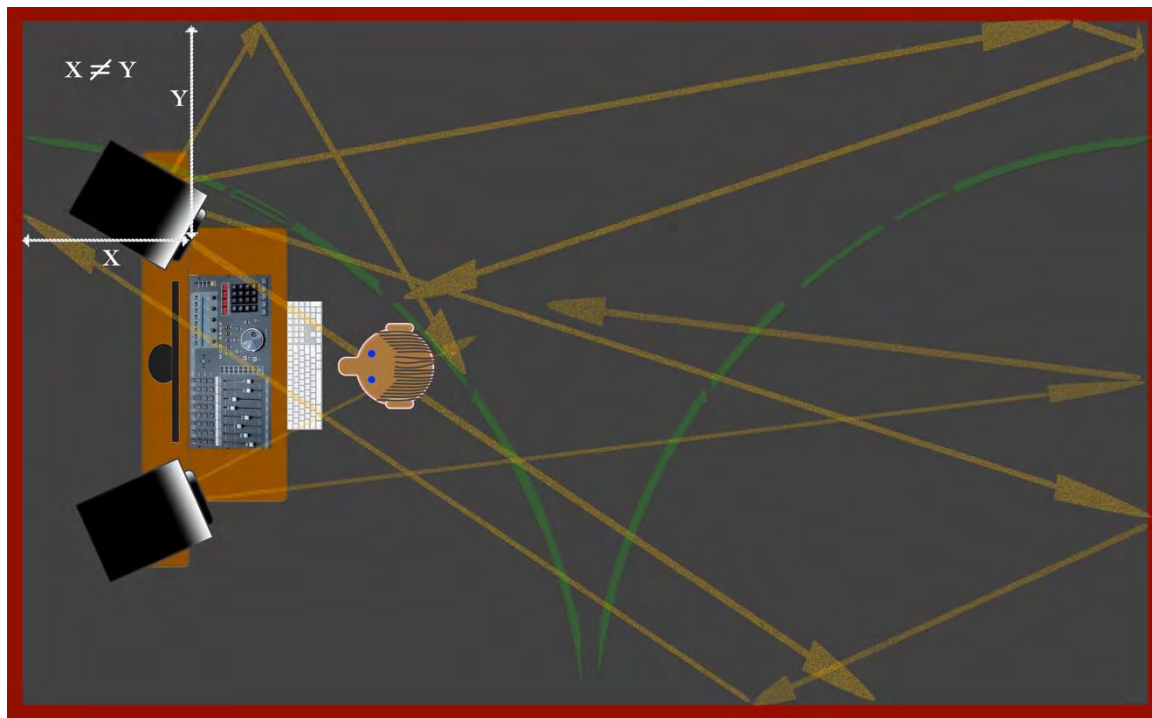


POZICE POSLUCHAČE UPROSTŘED MÍSTNOSTI JE PRO OPTIMÁLNÍ POSLECH NEJMÉNĚ VYHOVUJÍCÍ.

Optimální pozice posluchače je v asi 1/4 místnosti, což je vhodný kompromis vzhledem k vlivům stojatého vlnění. Odrazy od zadní stěny musí urazit k posluchači delší dráhu, takže jejich negativní dopad je také oslaben. Viz **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů..**



Obrázek 80 Optimální pozice posluchače (zvukaře)



Obrázek 81 Optimální umístění reproboxů

Obrázek 81 zobrazuje přesun reproboxů z nevhodného rohového umístění do takzvané „nearfield monitoring“ pozice. Poloha reproboxů má tvořit s posluchačem rovnostranný trojúhelník. Výškové reproduktory by měly být v úrovni uší. Pokud to technicky není proveditelné, nakloníme reproboxy tak, aby osa výškového reproduktoru ideálně protínala stranově příslušné ucho. Dále se doporučuje reprobox umístit tak, aby jeho vzdálenost od sousedících (rohových) stěn nebyla stejná $X \neq Y$. Reprobox zvláště u nižších frekvencí vyzařuje prakticky všemi směry. Vhodným umístěním tak dochází k rovnoměrnějšímu rozložení stojatého vlnění. Navíc se sníží vzdálenost mezi reproboxem a posluchačem, a naopak zvýší mezi reproboxem a stěnami. Odrazy od bočních stěn pak doletí k uchu posluchače s větším zpožděním oproti signálu přímému a snižuje se vliv hřebenové filtrace.

Je potřeba zde zmínit, že podobně jako v kapitole 1.7.2, kde nám mohly v hlasové komoře způsobit komplikace odrazy od stojanu s textem, i v případě místnosti se zvukařem hrají určitou nezanedbatelnou negativní roli i odrazy od plochy stolu, mixážního pultu či klávesnice. Proto je dobré používat stůl s co nejmenší plochou a s případným absorbujícím povrchem. Můžeme stůl nebo alespoň největší plochu (obvykle mixážní pult) také vhodně naklonit, aby odrazy přímého signálu z reproboxu nesměřovaly k uchu zvukaře. Podobně negativní dopad může mít plocha monitoru, která spíše může bránit přímému dopadu části vyššího frekvenčního spektra. Proto je vhodné naopak umístit monitor co nejdále od zvukaře a v souvislosti s tím případně pořídit monitor větší.

1.7.4 AKUSTICKÉ PRVKY A JEJICH UŽITÍ PŘI AKUSTICKÉ ÚPRAVĚ MÍSTOSTI

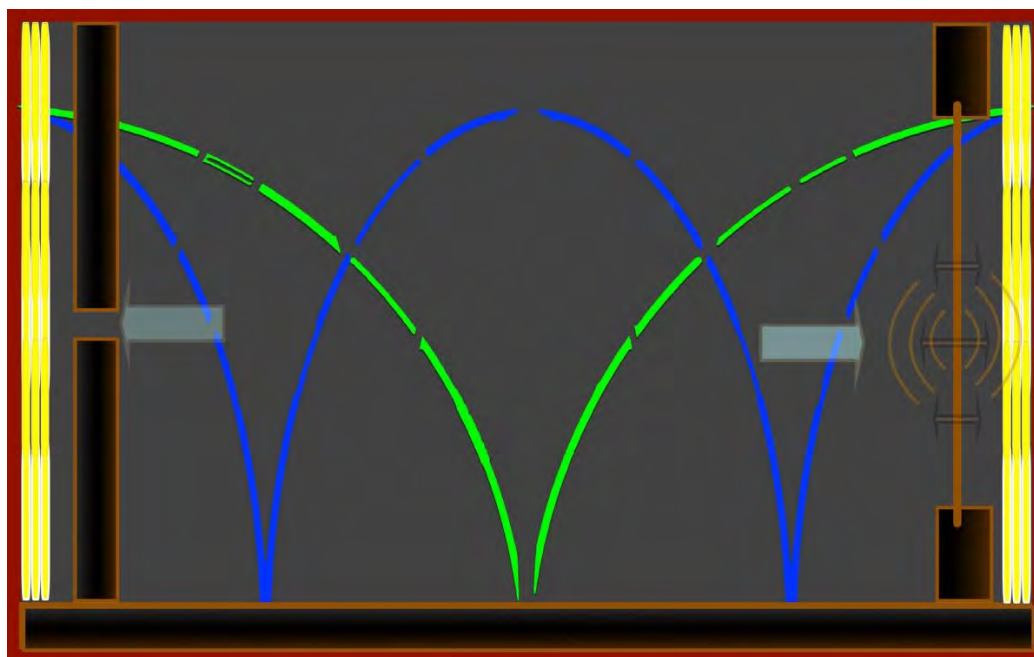
V místnosti pro kontrolní či kritický poslech nebo mix potřebujeme především objektivně slyšet to, co reprodukuje reproboxy, a to s minimem vlivu akustiky místnosti. Pokud bychom podobně jako v případě hlasové komory, celou místnost vyplnili absorpčními panely, potlačili bychom sice vliv zvukových odrazů, nicméně by se v takovém prostoru, pro svoji akustickou nepřirozenost, nedalo dlouho vydržet. Navíc i ty nejlépe provedené nahrávky a mixy se nakonec od pultu zvukaře dostanou k posluchači a jeho zvukové soupravě v jeho poslechové místnosti (obývacímu pokoji apod.), kde je akustika posluchačovy místnosti do původního mixu poslechově přimíchávána.

Každopádně pro zvukový mix, poslech či záznam není žádoucí, aby odrazy a dozvuk místnosti dominovaly. S pomocí akustických prvků a konstrukčních řešení se negativní vlivy akustiky místnosti korigují tak, aby akustické vlastnosti odpovídaly optimálně účelu dané místnosti.

Stojaté vlnění se řeší při konstrukci akustické místnosti hned na počátku vhodným zvolením poměrů rozměru stěn či pro dosažení vhodného poměru vestavbou vhodně umístěných příček. Pokud to rozměry dovolují, zabudovávají se přímo do stěn **basové pasti** („bass traps“) nebo **basové rezonátory**, které rezonují na naladěné nežádoucí frekvenci či frekvencích místnosti, a takto absorbují jejich energii.

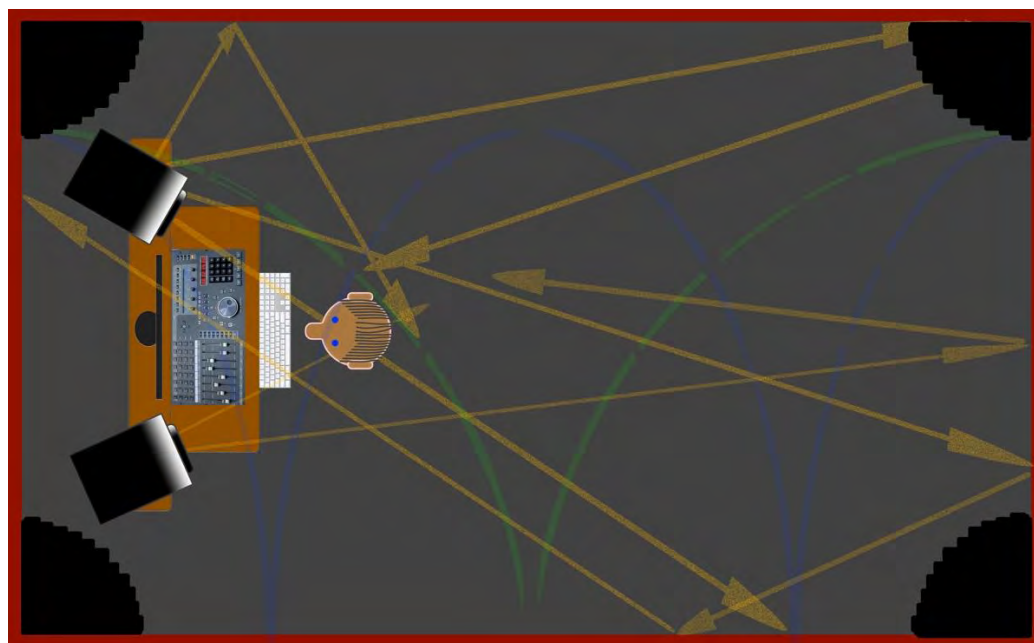
Obrázek 82 zobrazuje nalevo místnosti svisle zabudovanou basovou past na principu Helmholtzova rezonátoru. Basové frekvence pronikají štěrbinou do prostoru za přepážkou který je vyplněný akustickou vatou. Zde, podobně jako při foukání do lahve, vzniká rezonanční frekvence a dochází k útlumu energie vlny. U pravé zdi dochází k pohlcování energie basové frekvence kmitáním pružné desky uchycené v rámu. Konstrukční řešení je opět vyladěno tak, aby deska rezonovala na dominantní nežádoucí frekvenci místnosti.

Pokud řešíme akustiku místnosti již existující, lze její akustické vlastnosti dodatečně upravit. V případě dostatečně velké místnosti použijeme obdobné řešení, jako v předchozí situaci, nebo použijeme komerčně vyráběné akustické prvky, které umístíme především do rohů místnosti, kde se módy stojatého vlnění sčítají.



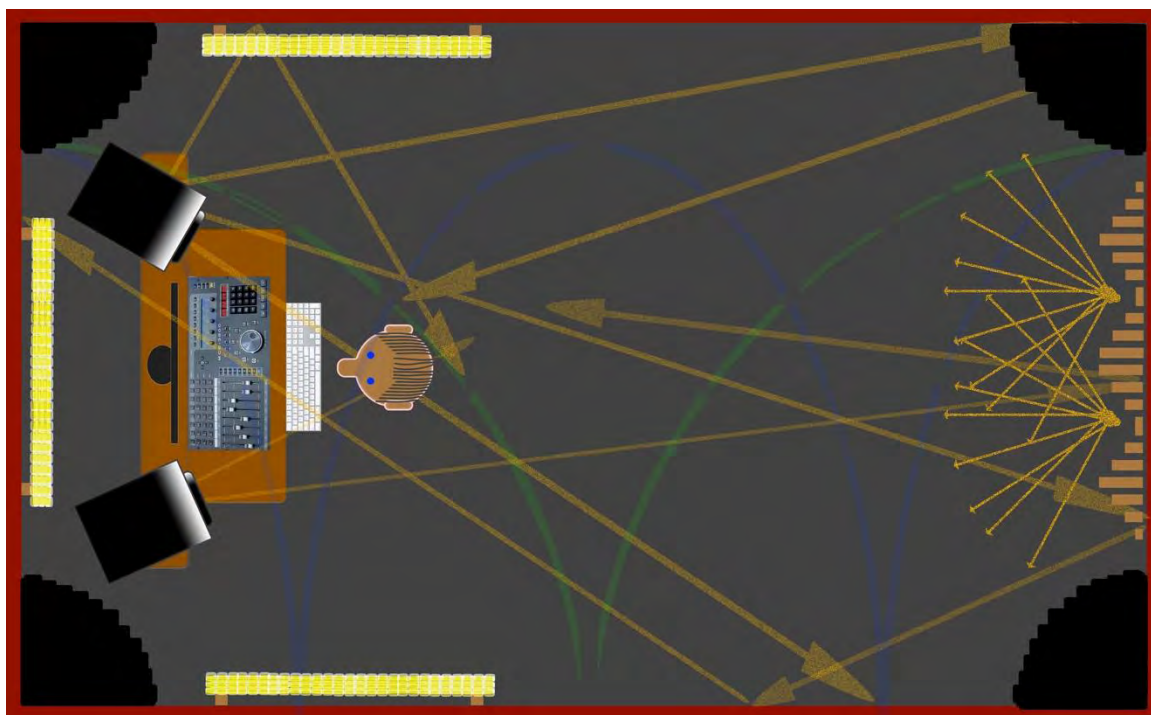
Obrázek 82 Basová past – Helmholtzův rezonátor (vlevo) a deskový rezonátor (vpravo)

Řešení na Obrázek 82 může být velice účinné, ale výrazně zmenšuje celkový objem místnosti. Úspornější, avšak méně účinná varianta útlumu basů je na Obrázek 83. Takový rohový panel je často tvořen v celém svém objemu hutnější minerální vlnou nebo prodyšným molitanem.



Obrázek 83 Moduly basových pastí (v rozích)

Co se týče řešení odrazů naší zvukové místnosti, je žádoucí eliminovat první blízké odrazy nejbližších stěn, stropu či podlahy a vzdálené odrazy spíše rozptýlit do rovnoměrného difuzního pole – dozvuku místnosti („reverbu“) viz Obrázek 84.



Obrázek 84 Absorber zvuk (3 x žlutý) a difuzor (hnědý na zadní stěně místnosti)

Obrázek 84 doplnil naši upravovanou místnost o absorbéry středních a vyšších frekvencí. Většinou jde o varianty kompaktního prodyšného materiálu a lze je poměrně snadno zhotovit i v domácích podmínkách. Stačí zakoupit desku minerální či skelné vaty o tloušťce min 50 mm nebo lépe 100 mm, umístit ji do rámu nebo jen zabalit do prodyšné textilie. Takový modul pak postupně umístíme mezi, případně i částečně za reprobedny, další pak po stranách a nad zvukařem. Pro zvýšení pohltivosti směrem k nižším frekvencím při dané tloušťce panelu, je dobré tyto odsadit ode zdi o několik cm, stropní pak případně vyvěsit do prostoru.

Pomůckou pro správné umístění bočních a stropních panelů bývá zrcadlo. Zvukař sedí na své optimální pozici a asistent posouvá zrcadlo po boční stěně. V momentě, kdy zvukař uvidí reprobox, našli jsme střed pro umístění bočního panelu. Podobně se dá vyladit i panel stropní. Doporučuje se pod pozici zvukaře umístit menší hrubý koberec pro posílení absorpce odrazů od podlahy.

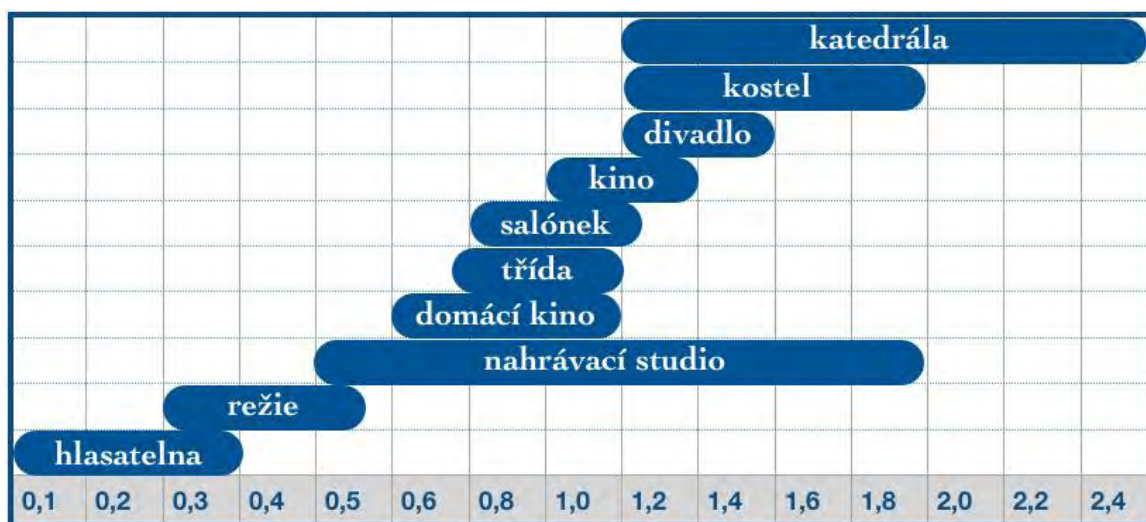
Jako difuzor pro rozptýlení vzdálených odrazů lze v případě nouze použít i police s knížkami, jako absorbéry pak těžké závěsy, čalouněný nábytek, matrace apod.

Obrázek 82 až Obrázek 84 pouze naznačily základní řešení akustických úprav místnosti pro potřebu kritického poslechu a mixu. Akustika je komplexní obor, který musí řešit často mnoho specifických problémů spojených s úpravami konkrétního prostoru. Navíc neexistuje jediná schůdná cesta, ale výborných výsledků se dá dosáhnout za použití odlišných

technologií a nejrůznějších klasických i moderních a vizuálně atraktivních akustických modulů, kterých je na trhu nepřehledné množství. Vhodné akustické řešení pak tedy nemusí být pouze funkční, ale může mít i vysoce estetickou kvalitu viz Obrázek 85 až 91.

Míra pokrytí plochy naší místnosti akustickými panely pro pohlcení středních a vyšších frekvencí závisí na přesném účelu takové místnosti. V kapitole 1.7.1 jsme se v souvislosti s hlasovou komorou zmínili, že doba dozvuku pod 100 ms může být nevhodná nejen pro pořízení kvalitního záznamu hlasu, ale i pro pocitovou pohodu pobytu v ní. Naopak velká zvuková studia mohou mít rozměrnější akustické prostory pro záznam větších hudebních těles s dobou dozvuku až 2 sekundy. Doba dozvuku pro vybraná prostředí je uvedena v Tabulka 6.

Tabulka 6 Doba dozvuku vybraných prostor (v sekundách)



Obrázek 85 Basová past (Acousticfoam Basstrap)



Obrázek 86 Basová past – rezonátor (Streckkod HP)



Obrázek 87 Akustický absorber / rezonátor (Mega Acoustic FiberPro 60 AcouSphere)



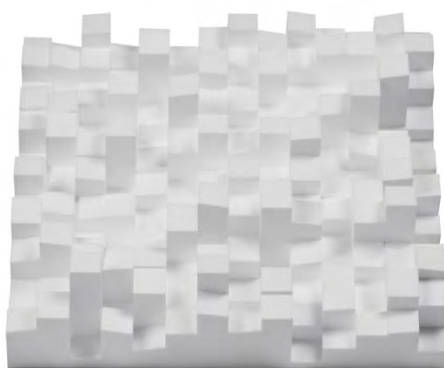
Obrázek 88 Akustický absorber (Pyramid Acoustic Foam)



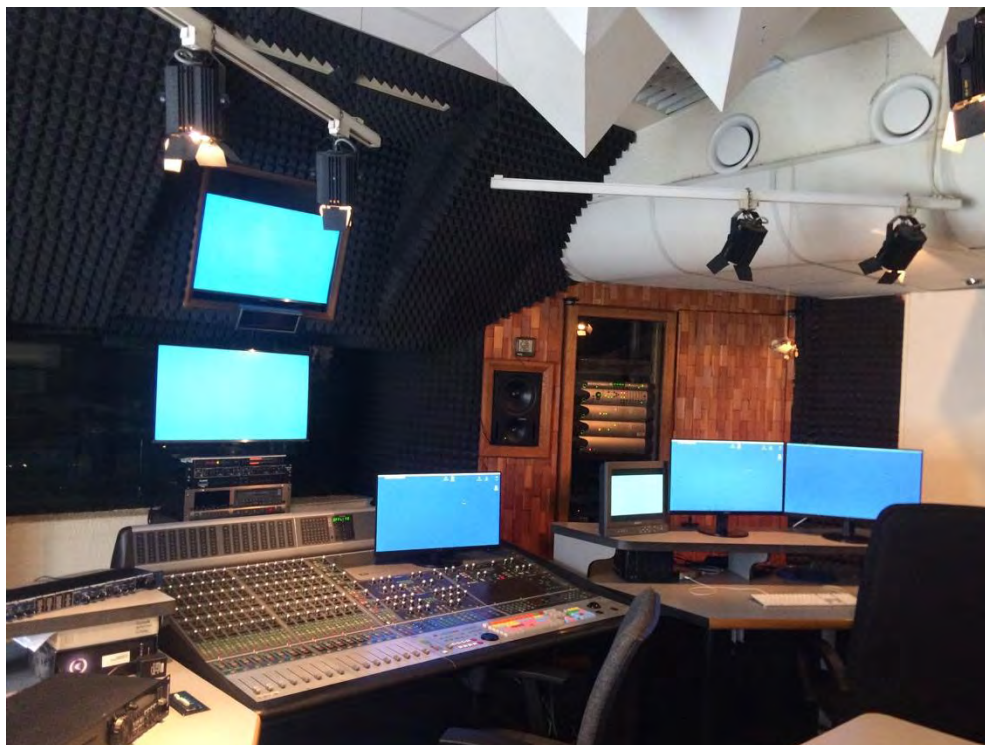
Obrázek 89 Akustický difuzor (Mega Acoustic Schroeder Diffuser)



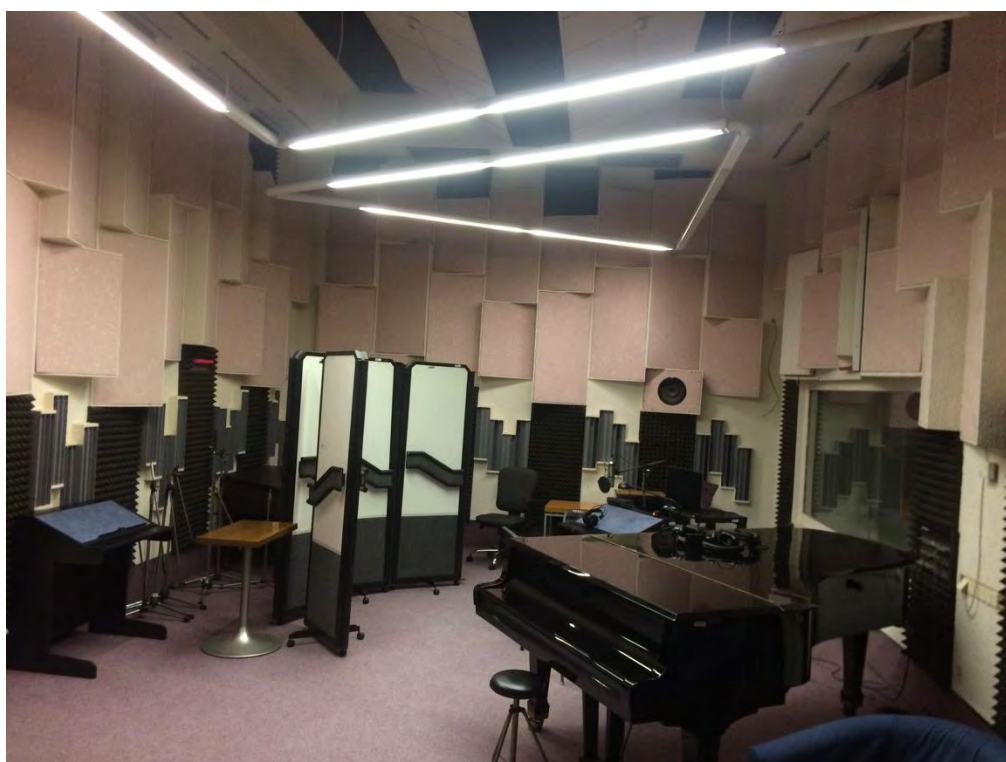
Obrázek 90 Akustický difuzor (WoodenBlocks)



Obrázek 91 Akustický difuzor - polystyren (Vicoustic Multifuser DC2)



Obrázek 92 Zvuková režie - Control Room



Obrázek 93 Studio - Live Room



SHRNUTÍ KAPITOLY

Seznámili jsme se s definicí zvukové vlny, s podmínkami šíření zvukové vlny v prostoru. Dále jsme probrali jevy, které při interakci zvukové vlny s prostředím vznikají.

Popsali jsme metody akustických úprav pro eliminaci nežádoucích akustických vlivů na kvalitu poslechu či záznamu zvuku.

Po prostudování této kapitoly by se měl student lépe orientovat v problematice akustiky, měl by být schopen nabytých znalostí adekvátně využít v praxi a aplikovat na proces vlastního snímání a záznamu zvuku.



KONTROLNÍ OTÁZKY

1. Pokud použijeme zesílený a reprodukováný generátor frekvencí v místnosti o délce 6 metrů, jakou frekvenci uprostřed místnosti neuslyšíme?
2. Jaká je vlastní rezonanční frekvence zvukovodu lidského ucha?
3. Co svým způsobem lze považovat za extrémně dlouhou zvukovou vlnu?
4. Jaký materiál použijeme na pohlcení frekvencí 4 kHz až 10 kHz?
5. V čem se šíří zvuk nejrychleji?

2 ZÁZNAM ZVUKU – TOK SIGNÁLU

RYCHLÝ NÁHLED KAPITOLY



V Kapitole 1 jsme se zabývali popisem vzniku a šíření zvuku a probrali jsme dále jeho specifické chování v závislosti na prostředí, ve kterém se šíří.

V Kapitole 2 se budeme zabývat praktickou problematikou pořízení zvukového záznamu především v terénu (exteriérech). Popíšeme si celý signálový tok od zdroje zvuku až po pořízený zvukový záznam, který bude připraven pro další postprodukční zpracování ve zvukové režii.

Podrobněji se seznámíme s typy mikrofonů, principem jejich fungování a s příslušenstvím potřebným pro pořízení kvalitního zvukového záznamu.

Popíšeme si způsob užití zvukové techniky v závislosti na jejích specifických vlastnostech. Probereme si přípravu a metody kvalitního snímání a pořízení záznamu.

CÍLE KAPITOLY



Cílem kapitoly je pomoci studentům zorientovat se v problematice zvukového záznamu. Po prostudování studijního textu by měli být schopni samostatně a úspěšně vytvořit požadovanou zvukovou nahrávku. Měli by prokázat schopnost vhodně vybrat zařízení a zvolit správný postup záznamu dle požadavků dané konkrétní situace v terénu. Ve výsledku by měli být schopni odevzdat kvalitní zvukový materiál.

KLÍČOVÁ SLOVA KAPITOLY



- Signálová cesta
- Mikrofon dynamický, kondenzátorový
- Mikrofonní charakteristika kulová, kardioidní, osmičková
- Frekvenční charakteristika mikrofonu

- Citlivost a dynamický rozsah mikrofonu
 - Úroveň signálu
 - Fantomové napájení
 - Analogový a digitální rekordér
-

2.1 Signálový tok zvuku

Signálovým tokem z našeho pohledu rozumíme celý technický proces, metody i technologie potřebné k pořízení kvalitního zvukového materiálu. Viz Obrázek 94.



Obrázek 94 Rozbor cesty pořízení zvukového záznamu

Před vlastní realizací záznamu je dobré si uvědomit okolnosti, které budou s vlastní činností souviset. V tomto duchu často filmové štáby jezdí na takzvané „obhlídky“, kde ještě často i dny předem navštíví lokalitu akce a seznámí se s fyzickými podmínkami prostředí natáčení. Zvukař si tak s předstihem může promyslet, jakou metodu pro svou práci v daném případě zvolit, jakou zvukovou techniku či další speciální pomůcky připravit. Může také navrhnout potřebné úpravy prostředí nebo doporučit změny v natáčecím plánu z důvodu možných komplikací při náběru zvuku (například se zjistí, že se v den natáčení má poblíž konat vojenská přehlídka, jejíž zvuková kulisa by úspěšný zvukový záznam neumožňovala).

I v době natáčení se zvukař nevyhne nenadálým problémům, které se ovšem většinou dají úspěšně vyřešit přímo na místě. Může poprosit pána od vedle, aby odložil kosení své zahrady motorovou sekačkou na později, přimět pracovní četou s elektrickým agregátem renovující pouliční osvětlení, aby začala s pracemi na opačném konci ulice. Domluvit se s personálem tiché kavárny, pokud to provozní okolnosti dovolí, aby během natáčení vypínali chladicí pulty se zákusky, klimatizaci či zhasli pазvuky generující zářivky.

S ohledem na objekt - zdroje zvuku, jehož záznam se má zajistit, musí zvukař rozhodnout několik bodů:

- Vybrat přesné místo a orientaci objektu záznamu - mluvící osoba stojící těsně před kašnou s vodotryskem zajistí ve výsledku hezké video s postavou respondenta, jehož výpověď zaniká v hluku padající vody.
- Zvolit vhodný mikrofon či mikrofony – v hlučném prostředí dynamický mikrofon do ruky, v emotivně citlivé či vizuálně složité situaci klopový, pokud situace vyžaduje, použít úzce směrový mikrofon – „pušku“ na tyči.
- Použít optimální způsob propojení se záznamovým zařízením (rekordérem nebo kamerou) – na kratší vzdálenost či statickou situaci propojit vhodným kvalitním kabelem, ve složitějších případech využít bezdrátových technologií.
- Zvolit záznam analogový nebo digitální – záznam do analogového pásu studiového rekordéru nebo řezací hlavy stroje na výrobu gramofonových desek.
- Vybrat vhodné záznamové zařízení – samostatný miniaturní rekordér u objektu záznamu (např. záznam v plném jedoucím autě), jednoduchý stereo rekordér do ruky zvukaře, vícestopý rekordér do brašny zvukaře nebo profesionální studiový rekordér či zvuková stanice, přímo do kamery nebo kombinace výše zmíněného (duplikace záznamu jako pojistka v případě selhání techniky).

Další kroky naznačuje Obrázek 94 ve vztahu ke zvukové postprodukci, která jako téma je mimo obsahový rámec této práce.

2.2 Mikrofony podle principu fungování

Mikrofony stojí na začátku samotného technického záznamového řetězce. Zajišťují nám přeměnu akustického vlnění (Pascal) na vlnění elektrické (volt). Liší se provedením, parametry, velikostí, tvarem i kvalitou zpracování a v neposlední řadě cenou.



Obrázek 95 Mikrofony – přehled

Obrázek 95 zobrazuje (zleva doprava) příklady zástupců běžně užívaných druhů mikrofonů od pódiových a studiových dynamických přes kondenzátorové až po speciální mikrofony pro práci v terénu a u filmu. Mnoho výrobců nabízí rozsáhlou škálu prověřených a zavedených (často velmi drahých) mikrofonů. Kromě toho přicházejí neustále na trh s novými modely s inovativním řešením či dostupnější cenou.

Kvalitou i akustickými vlastnostmi mohou být mnohé modely různých značek (výrobců) podobné a pro daný účel použití stejně vhodné. Každý zkušený zvukař si s nárůstem zkušeností z praxe vytváří vlastní představu a případně i skutečnou vlastní kolekci svých oblíbených mikrofonů (pokud mu to finance dovolí). Levný mikrofon ještě nutně nemusí znamenat „levný“ zvuk, ale záleží na schopnostech zvukaře a zvolené technice snímání zvuku. Naopak použití mikrofonu za desítky tisíc ještě nemusí ve výsledku znamenat dodání kvalitního zvukového materiálu.

Abychom mohli dobře posoudit vlastnosti mikrofonu z hlediska kvality a možností užití, zajímají nás především následující parametry:

- Princip přeměny akustické energie na elektrickou
- Snímací charakteristika
- Frekvenční rozsah a frekvenční charakteristika
- Dynamický rozsah
- Citlivost
- Vlastní šum mikrofonu

2.2.1 DYNAMICKÝ MIKROFON



Obrázek 96 Dynamické mikrofony

V podstatě se dá říct, že dynamické mikrofony jsou vlastně reproduktory s obrácenou funkcí. U reproduktoru je kulaté vinutí cívky z drátu umístěné ve štěrbině silného magnetu. Pokud připojíme na svorky cívky elektrické napětí zesíleného zvukového signálu, dojde vlivem interakce mezi magnetickou indukcí cívky a permanentním magnetem k vychýlení reproduktorové membrány s cívkou pevně spojené. Vibrací membrány dochází ke vzniku akustické vlny (viz Obrázek 1).

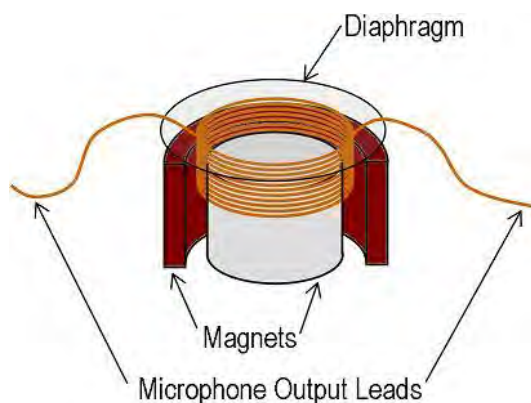
U dynamického mikrofonu dopadá zvuková vlna na tenkou membránu („diaphragm“ - Obrázek 97) a na výstupu cívky (mezi konci drátu) je generováno proměnné elektrické napětí odpovídající dopadající vlně, které je pak potřeba zesílit na úroveň potřebnou pro přenos a další zpracování signálu.

Někdy se dokonce pro záznam zvuku místo mikrofonu skutečně používá reproduktor – například pro specifické snímání „subbasů“ basového bubnu bicí soustavy, kde výrazná

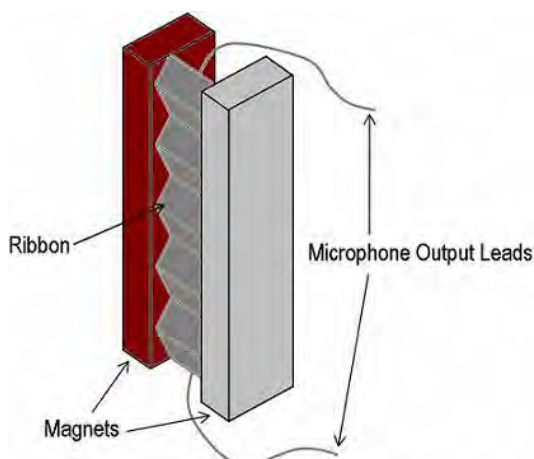
energie úderu mechanické “šlapky“ do membrány velkého bubnu generuje dostatečnou energii na rozkmitání membrány reproduktoru před tímto bubnem umístěného. Z toho vyplývá, že dynamický mikrofon má nízkou citlivost z důvodu poměrně těžkého kmitavého ústrojí (vinutí cívky) a potřebuje silnou příchozí zvukovou vlnu, aby na výstupu generoval dostatečně velký elektrický signál. K jeho zesílení slouží na výstupu zabudovaný malý transformátor. Nízká citlivost znamená, že mikrofon hůře reaguje na příchozí akustickou vlnu o vyšší frekvenci nebo s rychlou změnou průběhu signálu („transient“). Moderní dynamické mikrofony pro zvýšení citlivosti často používají velice silné neodymové magnety a odlehčenou membránu a cívku.

U některých nových modelů se postupně svými akustickými vlastnostmi dynamické mikrofony přibližují kvalitě mikrofonů kondenzátorových bez potřeby napájecího napětí. Jsou jednoduché bytelné konstrukce, a proto jsou vhodné pro ozvučení či záznam živých vystoupení a koncertů a pro hlučná prostředí vůbec (např. reportér s dynamickým mikrofonem v ruce popisující průběh demonstrace).

Nectností dynamických mikrofonů je takzvaný *proximity efekt* - pokud budeme mikrofon přibližovat ke zdroji na vzdálenost několika centimetrů, bude ve výstupním signálu výrazně narůstat složka basových frekvencí. Někteří výrobci i tento problém umí konstrukčně řešit (u některých dražších modelů). Navíc se tohoto jevu dá občas i kreativně využít. Pokud má například zpěvačka příliš ostrý hlas a zvukař by nakonec stejně na ekvalizéru mixážního pultu basy přidával, je vhodné ji poskytnout mikrofon s výrazným proximity efektem.



Obrázek 97 Princip dynamického mikrofónu



Obrázek 98 Princip páskového (ribbon) mikrofonu

Zvláštním případem dynamického mikrofonu je mikrofon páskový („ribbon mic“). Obrázek 98 zobrazuje jeho princip. Namísto cívky je do magnetického pole mikrofonu umístěn kovový tvarovaný proužek. Ten se vlivem i nepatrné akustické vlny rozkmitá a převádí opět přímo akustickou vlnu na elektrickou. Signál je obvykle velice slabý a vyžaduje napojení mikrofonu na speciální předzesilovač s velkým zesílením a nízkým vlastním šumem.

2.2.2 KONDENZÁTOROVÝ MIKROFON



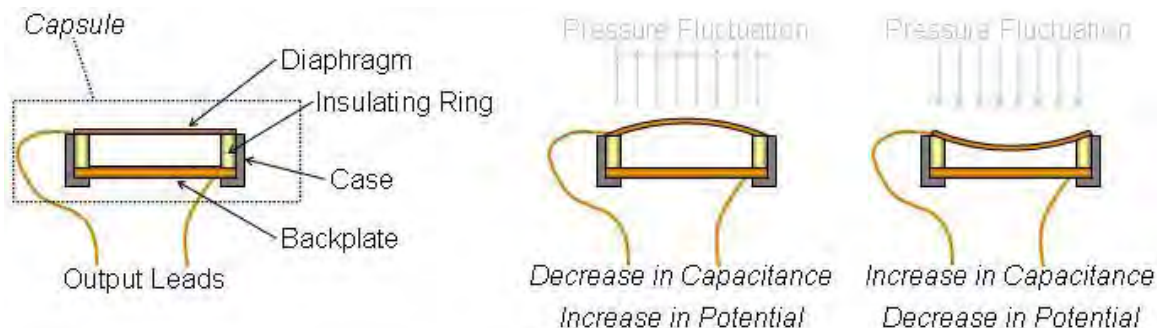
Obrázek 99 Kondenzátorové mikrofony s příslušenstvím (velká a malá membrána)

Kondenzátorový mikrofon nepřevádí akustickou energii přímo v elektrickou. Přeměnu zajišťuje elektrický obvod zabudovaný přímo v těle mikrofonu. Tento obvod pracuje se

změnou kapacity kondenzátoru tvořeného většinou jednou pevnou kovovou deskou a druhou deskou z velice tenké plastové pokovené membrány mikrofonu. Elektrický obvod mikrofonu, který vyžaduje napájení buď z 12V baterie uložené v těle nebo dodávaný po mikrofonním kabelu od vstupního zesilovače mixážního pultu v podobě fantomového napětí („Phantom Power“) o velikosti obvyklých 48 V, pak tyto změny zpracovává a zesiluje na vhodnou úroveň pro další zpracování. U takzvaných **elektretových kondenzátorových mikrofonů** není potřeba napájení. Elektrického náboje na pokovené membráně mikrofonu je dosaženo chemicky. Takového principu využívají mikrofony klopové (nad / pod oblečením respondenta) nebo mikrofony zabudované do elektroniky – počítačů, mobilů apod. Elektretové mikrofony mají nižší citlivost, a kromě drahých profesionálních modelů mají poměrně vysoký vlastní šum, který se při nedodržení optimálního nastavení hlasitosti v jednotlivých fázích zvukového řetězce může ve výsledku značně negativně projevit.

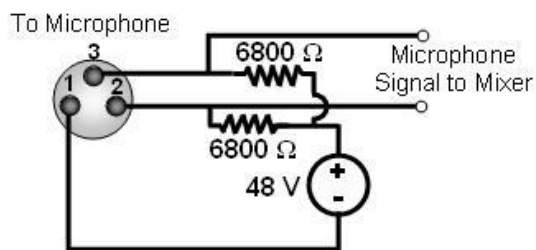
Kondenzátorové mikrofony mají vysokou citlivost. Jejich lehká membrána lépe reaguje na příchozí zvukové vlnění v širokém rozsahu frekvencí i intenzity. Studiové verze mívají (na rozdíl od elektretových) velice nízký šum a jsou vhodné jak pro práci při záznamu hudebních nástrojů ve studiu, hlasů či ruchů ve zvukové postprodukci, tak i při natáčení v exteriérech (externí ruchy, stereo ambience, směrové mikrofony u filmu, parabolické mikrofony pro lov vzdálených hlasů ptáků a zvířet).

Některé modely mají výměnné mikrofonní kapsle (hlavy). K danému tělu vybavenému diskretní elektronikou či obvody s elektronkou (drahé lampové studiové mikrofony) se dají rychle přimontovat kapsle o různé směrové charakteristice nebo citlivosti.

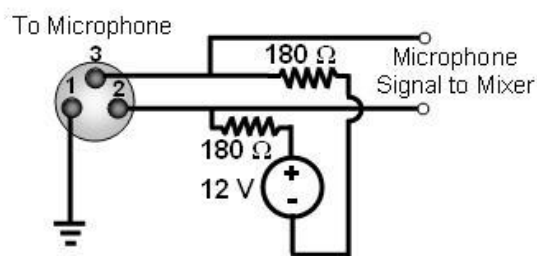


Obrázek 100 Princip kondenzátorového mikrofonu

48 Volt Phantom Powering:



12 Volt T-Powering:



Obrázek 101 Schéma fantomového napájení kondenzátorového mikrofonu (48 V dodávaných aktivací napájení na mixážním pultu, 12 V z baterie v mikrofonu)

Pro situaci, kdy mikrofon požaduje 48 V fantomové napájení a záznamové zařízení tuto funkci nenabízí, můžeme použít speciální 48 V modul s baterií (většinou 9 V), viz Obrázek 102. Ten vřadíme do kabelové cesty mezi mikrofon a rekordér.



Obrázek 102 Modul pro fantomové napájení 48 V

2.3 Mikrofony podle typu směrové charakteristiky

Volba mezi dynamickým a kondenzátorovým mikrofonom není obvykle tak zásadní, jako je volba mezi mikrofony, které reagují na příchozí akustickou vlnu z různých směrů s různou účinností. Směrovost je dána především tvarem a konstrukcí mikrofону se systémem postranních otvorů a vnitřních přepážek. Zvukové vlnění nedopadá pouze přímo čelně na membránu vložky mikrofону, ale proniká i těmito bočními otvory a se zpožděním (fázovým posunem) dopadá na membránu z druhé strany. Konstrukčně umožněný fázový posuv navzájem odečítá zvukové vlny přicházející z nežádoucího směru.



Obrázek 103 Postranní štěrbinu úzce směrového mikrofónu RTG 3 („puška“)

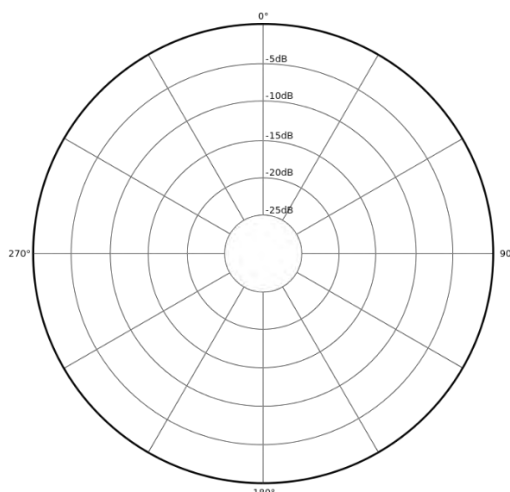
Jiné řešení nabízejí mikrofony s proměnnou (volitelnou) směrovou charakteristikou. Zde se používá zapojení dvou membrán. Elektricky se pak dá ovlivnit vzájemná fáze a ve výsledku tedy i směrovost mikrofónu.



Obrázek 104 Mikrofon se dvěma mikrofonními vložkami s přepínatelnou směrovostí

Směrovost konkrétního provedení mikrofonu není stejná pro všechny frekvence. Obecně platí, že směrovost klesá s klesající frekvencí. Je potřeba si uvědomit fakt, že luxus požadované vyšší směrovosti si vybírá daň změnou barvy snímaného zvuku podobně jako při vzniku hřebenového filtru u interakce přímé a odražené zvukové vlny v místnosti (viz Obrázek 59).

2.3.1 KULOVÁ (OMNI) CHARAKTERISTIKA



Obrázek 105 Kulová charakteristika mikrofonu

Všesměrovou kulovou charakteristiku nalezneme obvykle u mikrofonu klopových (Viz Obrázek 106 - vlevo). Mikrofon uchycený na snímané osobě bude sice stejně citlivý na ze všech směrů příchozí okolní zvuky, nicméně vzdálenost mezi mikrofonem a žádoucím zdrojem zvuku - hlasem je velmi krátká. Při adekvátně hlasitém hlasovém projevu v běžně hlučném prostředí pak bude mít výsledný záznam postačující dynamický odstup hlasitosti respondenta od hluku pozadí. Výhodou tohoto řešení je tolerance k způsobu upevnění mikrofonu na těle osoby. Klopový mikrofon s kulovou charakteristikou nemusí nutně svým

vrchlíkem mířit nahoru k hlavě. Naopak je tomu v případě klopového mikrofonu směrového, který použijeme v hlučnějším prostředí, a jehož membrána musí mířit směrem k zdroji zvuku – hlavě (Obrázek 106 – vpravo).

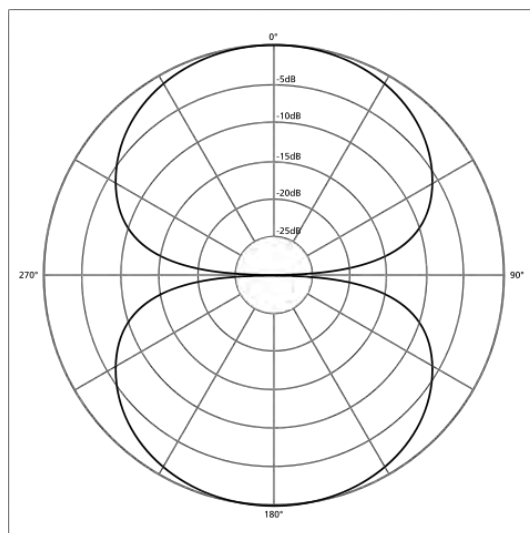


Obrázek 106 Klopový mikrofon („lavalier“)

Mikrofony s kulovou charakteristikou, především ty studiové, mají obvykle vyvážený frekvenční průběh a příjemné barevné podání, takže jsou vhodné tam, kde je akustika prostoru v nahrávce žádoucí. Používají se tedy často ve dvojici pro zachycení stereo zvuku celého hudebního tělesa v místnosti.

2.3.2 OSMIČKOVÁ (FIGURE 8) CHARAKTERISTIKA

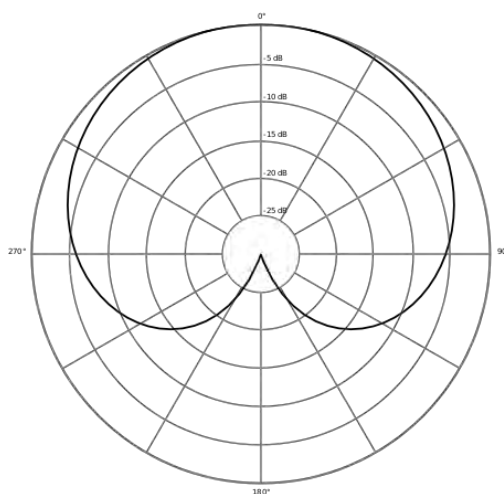
Osmičková charakteristika Obrázek 107 se nepoužívá běžně, ale najde zajímavé využití při záznamu rozhovoru dvou osob (například v rádiu) nebo zpěváků, kdy mezi ně stačí umístit jen jeden mikrofon. V takové konfiguraci je záznam velice imunní proti zvukům přicházejícím kolmo k ose obou respondentů. Vyhneme se tak při záznamu zvuku případnému rušení částečně vlivem nevhodné akustiky bočních stěn, stropu i podlahy (stolu) a problémům s posunem fáze (vlivem vzájemných přeslechů hlasů do dvou vzdálených mikrofonů), pokud bychom použili pro každou osobu samostatný mikrofon.



Obrázek 107 Osmičková charakteristika mikrofonu

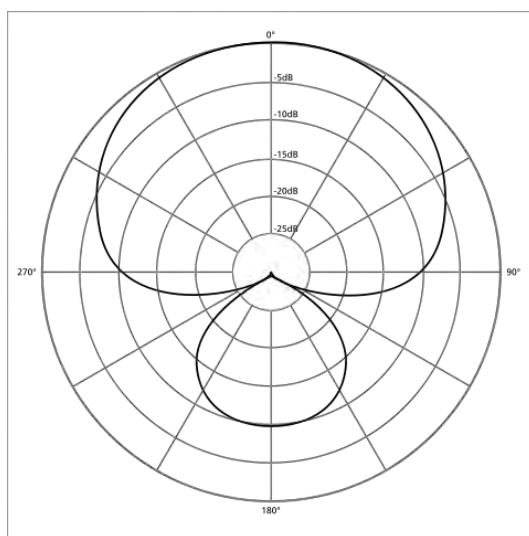
2.3.3 KARDIOIDNÍ (LEDVINOVÁ) CHARAKTERISTIKA

S mikrofony se směrovou charakteristikou (kardioidní, superkardioidní, hyper,...) se setkáváme asi nejvíce. Obvykle potřebujeme snímat zvuk, který v té či oné míře potřebujeme odseparovat od okolního prostředí. Intimní nebo detailní záznam hlasu, záznam nebo poslechový mix konkrétního nástroje v kontextu znějícího celého hudebního tělesa, záznam zvuků objektu vzdáleného – to vše jsou příklady, ve kterých se hodí užší směrovost mikrofonu při snímání zdroje zvuku.



Obrázek 108 Kardioidní (ledvinová) charakteristika mikrofonu

Obrázek 108 zobrazuje snímací charakteristiku ledvinového průběhu. Je z něj patrna imunnost mikrofonu proti signálu přicházejícím zezadu osy mikrofonu (180°). V přední hemisféře ještě vzdáleně připomíná křivku kulové charakteristiky. Mikrofon bude optimálně snímat signál zepředu s postupným lehkým poklesem až k vodorovné ose a je vhodný pro mluvené slovo a zpěv zvláště v hlučnějším prostředí. Navíc má zpěvák poměrně dost prostoru pro pohyb před mikrofonem bez výrazné ztráty úrovně a barvy hlasu. Pro zpěváka na podiu z důvodu eliminace zpětné vazby zvukař umístí pódiový monitor (odposlech) v ose za mikrofon.



Obrázek 109 Superkardioidní charakteristika mikrofonu

Superkardioidní charakteristika Obrázek 109 má čelní lalok po stranách více zúžený, takže je víc směrový. Vedlejším produktem této zlepšené směrovosti je vzniklý zadní menší lalok, který nemusí ale může být problémem, pokud se zezadu šíří výraznější hluk. Pro zpěváka na podiu zbyde užší manévrovací prostor z důvodu zúžené směrové charakteristiky. Na druhé straně budou do tohoto mikrofonu pronikat přeslechy nástrojů spoluhráčů výrazně méně. Zvukař pro zpěváka na podiu ideálně umístí po jednom pódiovém odposlechu v ose 150° a 210° , tedy v úhlech s minimální citlivostí mikrofonu tak, aby byla opět eliminována možnost vzniku zpětné vazby snímáním a zesílením signálu nabraného zadním lalokem.



NEBLOKUJTE PŘI ZPĚVU OTVORY MŘÍŽKY HLAVICE I TĚLA MIKROFONU

Otvory po stranách mřížky hlavice směrového mikrofonu, případně štěrby na těle mikrofonu není vhodné zakrývat rukama či jiným způsobem. Eliminuje se tím pak směrová vlastnost mikrofonu. Ze směrové (kardioidní, superkardioidní) charakteristiky vlastní da-

nému modelu se pak stává téměř charakteristika kulová. To má za následek v lepším případě změnu barvy snímaného zdroje, v horším pak způsobení vzniku zpětné vazby přes signál pódiových odposlechů v případě užití zpěvákem na koncertu. Zakrývat hlavici mikrofonu mají ve zvyku především rapperi nebo metalisté při tzv. „growlingu“ a zvukovým FOH inženýrům („Front Of House“) v takovém případě přibývají vrásky na čele.

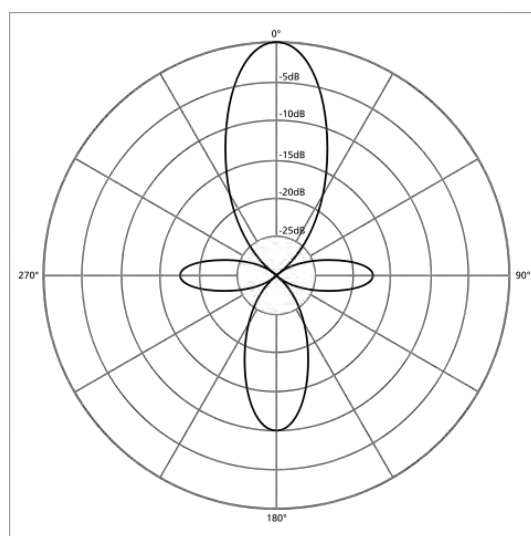


Obrázek 110 Hlavice mikrofonu s kardioidní snímací charakteristikou

2.3.4 SHOTGUN („PUŠKA“)



Obrázek 111 Směrový mikrofon - puška (Shotgun) s antivibrační a protivětrnou ochranou



Obrázek 112 Směrová charakteristika mikrofonu typu „puška“ (Shotgun)

U směrové charakteristiky mikrofonní pušky (Obrázek 112) pozorujeme další výrazné zúžení hlavního – předního laloku. Současně nám narostl menší zadní a po stranách další dva malé laloky. Vysoká směrovost je dána prodloužením mikrofonu se zvýšeným množstvím postranních štěrbin zpoždovacího labyrintu mikrofonu (Obrázek 103). Vlivem principu fázového odečítání signálu je nám dopřána vysoká směrovost za cenu ztráty barevné přirozenosti mikrofonem „sejmutého“ zvuku. Takovou daň ale zaplatíme rádi, pokud se ke zdroji zvuku nemůžeme přiblížit na optimální vzdálenost. Úroveň zhoršení barevnosti je nejvýraznější u levných mikrofonních pušek a klesá s se vzrůstající cenou modelů renomovaných výrobců.

Protože většinou používáme mikrofonní pušku ve směru osy hlavního laloku šikmo dolů ke zdroji zvuku, existence prodlouženého zadního laloku, a tedy i zvýšená schopnost mikrofonu snímat zvuk ze zadu může způsobit nezáměrné snímání zvukových odrazů od stropu místnosti nebo šumění listů v korunách stromů a podobně.



Obrázek 113 Parabolický reflektor k směrovému mikrofonu pro „lov zvuků“

2.4 Další důležité parametry mikrofonu

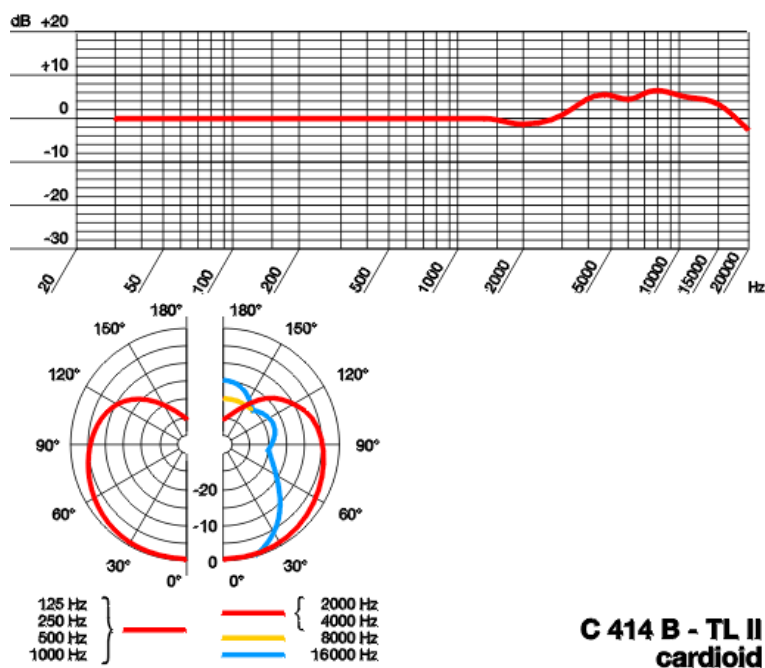
Pokud si chceme pořídit nový mikrofon nebo si jen ověřit parametry cizího mikrofonu, je dobré si k němu najít technický list s popsány vlastnostmi a příslušnými grafy.

C 414 B-XLS / -XL II	
Type:	1-inch large-diaphragm pressure gradient microphone
Polar patterns:	Omnidirectional, wide cardioid, cardioid, hypercardioid, figure eight
Sensitivity:	23 mV/Pa (-33 dBV) \pm 0.5 dB
Frequency range:	20 to 20,000 Hz (see frequency response traces)
Electrical impedance:	\leq 200 ohms
Recommended load impedance:	\geq 2,200 ohms
Bass cut filter slope:	12 dB/octave at 40 Hz and 80 Hz; 6 dB/octave at 160 Hz
Preattenuation pads:	-6 dB, -12 dB, -18 dB, switchable
Equivalent noise level (CCIR 468-2):	20 dB (0 dB preattenuation)
Equivalent noise level (DIN 45 412, A-weighted):	6 dB-A (0 dB preattenuation)
Signal-to-noise ratio re 1 Pa (A-weighted):	88 dB
Maximum SPL for 0.5% THD:	200/400/800/1600 Pa \triangleq 140/146/152/158 dB SPL (0/-6/-12/-18 dB)
Dynamic range:	134 dB minimum
Environment:	Temperature range: -10° C to +60° C (14° F to 140° F) Relative humidity: 95% (+20° C/68° F), 85% (+60° C/140° F)
Powering:	48 V phantom power to DIN/IEC
Current consumption:	approximately 4.5 mA

Obrázek 114 Technický list mikrofonu AKG C 414 – parametry

Obrázek 114 nám zvládně zobrazuje nejdůležitější informace:

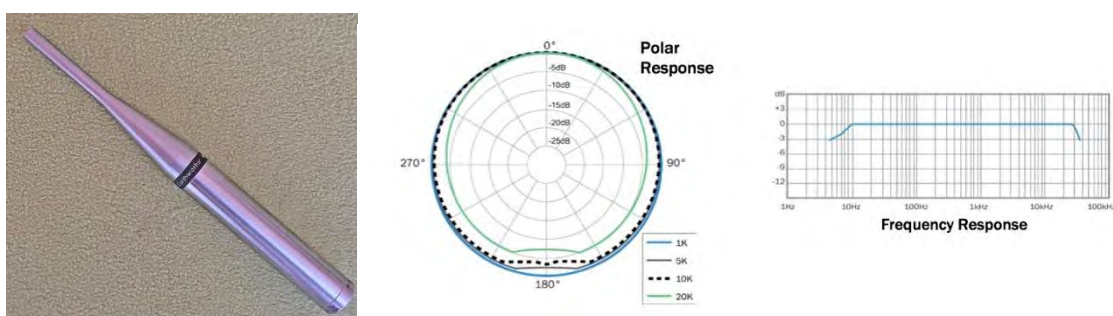
- **Polar patterns** – udává směrovou charakteristiku mikrofonu. V našem případě lze na mikrofonu přepínat všechny běžné průběhy směrovosti.
- **Frequency range** – rozsah frekvencí, které mikrofon umí vyváženě snímat.
- **Signal to noise ratio** – odstup užitečného signálu od vlastního šumu mikrofonu. Měří se ve vztahu k akustickému tlaku 1 Pa, což v převodu na logaritmy vzhledem k referenční hodnotě 2×10^{-5} Pa (práh slyšení) znamená 94 dB SPL. Tedy vlastní šum, který bude náš mikrofon generovat má hodnotu $96 \text{ dB} - 88 \text{ dB} = 6 \text{ dB}$ (viz Equivalent noise level, DIN na obrázku 113).
- **Maximum SPL** – maximální akustický tlak, který je mikrofon schopen sejmout, elektronicky zpracovat a na svém výstupu nabídnout, jako nezkreslený napěťový signál. AKG 414 zvládá extrémně silné akustické signály (až 158 dB SPL !, viz také Tabulka 1) s pomocí přepínání útlumu mikrofonu pomocí přepínače na těle mikrofonu.



Obrázek 115 AKG C 414 – grafy frekvenční a směrové charakteristiky

Frekvenční charakteristika AKG C 414 (viz Obrázek 115) je velice vyrovnaná od basových frekvencí až někde po 3 kHz, kde postupně o 6 dB narůstá, aby někde kolem 18 kHz klesla na původní úroveň. Měří se jako závislost výstupního napětí mikrofону na frekvenci zvukové vlny při zachování konstantního akustického tlaku.

Zcela rovnou frekvenční charakteristiku v celém pásmu slyšitelných frekvencí mají speciální měřicí mikrofóny.

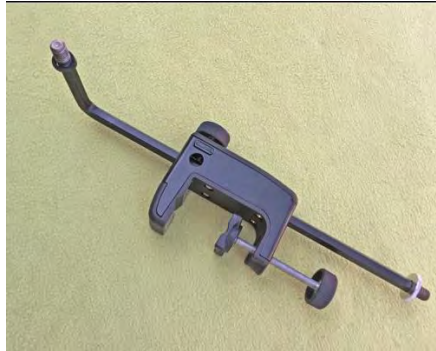


Obrázek 116 Měřicí mikrofón Earthworks M30

Kvalitní mikrofón nemusí mít vyrovnanou frekvenční charakteristiku. Je ale dobré znát její průběh a nerovnosti využít ve svůj prospěch. Například pokud se hlas respondenta nebo zpěváka málo prosazuje, použijeme mikrofón, který zdůrazňuje frekvence někde mezi 3 kHz až 7 kHz (třeba zrovna náš výše uváděný příklad – AKG C 414).

Je dobré si také povšimnout (Obrázek 115, Obrázek 116), že průběhy grafů směrových charakteristik se liší v závislosti na měřeném rozsahu frekvencí.

2.5 Vybrané příslušenství k mikrofonu



Obrázek 117 Praktický mikrofonní držák pro složitější záznamové situace



Obrázek 118 Držák pro dvojici mikrofonů pro stereofonní techniky



Obrázek 119 Protivětrné ochrany mikrofonu

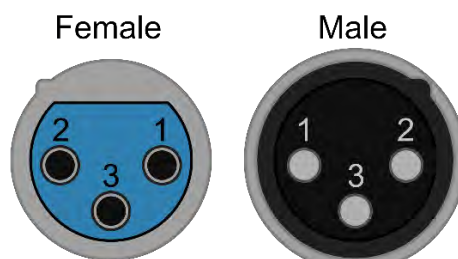
Protivětrnou ochranu je vhodné u citlivých kondenzátorových mikrofonů používat i v interiéru. Pokud je mikrofon bez ochrany během záznamu v pohybu (dynamické filmová scéna), dochází k náběru pазvuků jako v případě zafoukání větru při natáčení v exteriéru.



Obrázek 120 Mobilní zvukařský mixážní 3-kanálový pultík SQN s brašnou

Používá se jako profesionální mezičlánek mezi mikrofony a obrazovou kamerou, která slouží i jako zvukový rekordér. Zvukař má zcela pod kontrolou zapojení klopových i směrových mikrofonů, nastavení vstupních záznamových úrovní, zapnutí fantomového napájení pro kondenzátorové mikrofony a nakonec správnou úroveň dvou výstupních zvukových kanálů vedoucích obvykle stereo kabelem do zvukového vstupu kamery. (Nastavení správných úrovní viz Kapitola 2.7.1).

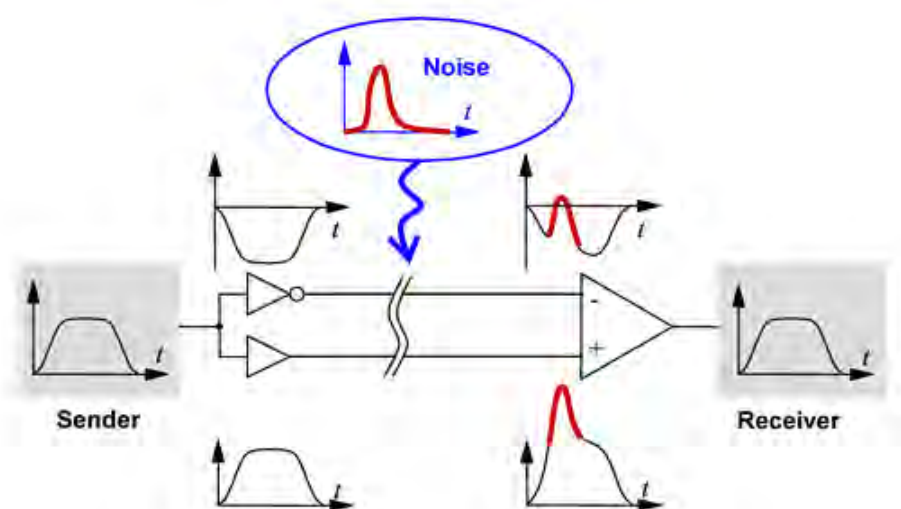
2.6 Kabeláž a bezdrátový přenos



Obrázek 121 XLR audio kabel a konektory - samice (Female), samec (Male)

1 - země (stínění) 2 - pozitivní polarita (+ "hot") 3 - Negativní polarita (- "cold")

XLR audio kabel je nejběžnějším typem kabelu používaným při práci se zvukem. Konektorům se říká „kanon“ (podle autora konektoru je J.H. Cannon), případně „neutrik“ podle jednoho z výrobců. Tento typ kabelů je velice odolný proti elektromagnetickému rušení. Pozitivní a negativní verze téhož signálu (signály s opačnou polaritou) se na straně zesilovače po obrácení negativní polarity sečtou ve dvojnásobnou úroveň, zatímco rušivý signál, který se může po délce kabelu naindukovat se stejnou polaritou, se ve výsledku odečte. Proto se takovému typu propojení říká *symetrické* (Viz Obrázek 122).



Obrázek 122 Schéma symetrického zapojení a eliminace rušení audio signálu

Symetrické propojení se používá u profesionálního zvukového vybavení s referenční úrovní +4 dBu (1,23 V). Nesymetrické pak většinou u spotřební elektroniky s referenční napětíovou úrovní audio signálu -10 dBV (1V). Obrázek 123 zobrazuje jednoduchý mixpult s konektory pro oba typy zapojení:

- Červená – symetrický XLR konektor
- Žlutá – symetrický nebo nesymetrický stereo Jack konektor
- Modrá – stereo nesymetrický sluchátkový stereo Jack konektor
- Zelená – nesymetrický cinch konektor

Kromě *XLR* kabelů (symetrické) se v praxi setkáváme také s kabely s *Jack* konektory (mono nebo stereo nesymetrické, mono symetrické) nebo *Cinch* konektory (nesymetrické).



Obrázek 123 Mixpult a typy konektorů



Obrázek 124 Kabely s Jack a Cinch konektory

Pokud při záznamu hlasu není možné nebo vhodné použít propojení kabelové, nabízí se řada řešení bezdrátových viz Obrázek 125:

- Vlevo na obrázku vidíme zpěvový či řečnický mikrofonní set do ruky nebo na mikrofonní stativ.
- Uprostřed je řešení pro bezdrátové propojení běžného XLR mikrofonu s rekordérem nebo mixpultem. Užívá se často u mikrofonní pušky na mikrofonní tyči v případě, že nechceme mít kolem tyče omotaný mikrofonní kabel a riskovat přenos hluku po kabelu do mikrofonu.
- Vpravo pak souprava vysílače pro uchycení na tělo osoby snímané a přijímače na straně zvukařova rekordéru či těla kamery pro přímý záznam přímo do ní. (Viz také Obrázek 126).



Performer Kit new

Perfect for vocal performance and presentation



Newsshooter Kit

Perfect for newsgathering and interviews



Filmmaker Kit

Perfect for crystal clear filmmaking and broadcast sound

Obrázek 125 Bezdrátové řešení snímání zvuku



Obrázek 126 Bezdrátová zvuková souprava pro klopový mikrofon

U bezdrátových systémů je potřeba dávat pozor na nastavení nezarušených frekvencí přenosu vhodných pro místo natáčení. Základní jednoduchá pomůcka k prověření vhodné nerušené frekvence (bez využití scannerů frekvencí) je postup:

- Zapneme přijímač s nastavenou výchozí frekvencí.
- Pokud indikátor síly signálu zobrazuje detekci vnějšího přijímaného signálu, je potřeba přepnout frekvenci.
- Pokud je indikátor bez detekce, zapneme náš vysílač a naladíme frekvenci totožnou s přijímačem.
- Prověříme správnost funkce bezdrátového signálu.

Dále je potřeba prověřit, zda váš bezdrátový systém splňuje normy a rozsah nastavitelných frekvencí vysílače odpovídá povoleným frekvencím pro zvukové užití. Pro aktuální stav je potřeba navštívit nejlépe webové stránky Českého telekomunikačního úřadu, který frekvence podle možností užití rozděluje (viz <https://www.ctu.cz/vyuzivani-vymezenych-radiovyh-kmitoctu>).

Před použitím jakéhokoliv bezdrátového setu je potřeba seznámit se s jeho vlastnostmi a způsobem optimálního užívání a nastavování tak, abychom jeho možností využili naplno, a dosáhli tak nejlepšího možného výsledku při přenosu / záznamu snímaného zdroje zvuku.



POZOR NA SPRÁVNÉ NASTAVENÍ VSTUPNÍCH A VÝSTUPNÍCH ÚROVNÍ ZESÍLENÍ ZVUKOVÉHO SIGNÁLU VYSÍLAČE A PŘIJÍMAČE

V kapitole 2.4 jsme se u popisovaného mikrofonu AKG zmínili o možnosti přepnout útlum mikrofonu v závislosti na akustické intenzitě snímaného zvuku tak, aby vstupní elektronické obvody mikrofonu nebyly přebuzené, a nedocházelo tak ke zkreslení signálu na výstupu mikrofonu. Podobné elektronické obvody mají i bezdrátový vysílač a přijímač. Tyto obvody produkují šum (v závislosti na kvalitě daného modelu). I klopové mikrofony mají poměrně vysoký vlastní šum (nízký odstup signálu od šumu). Proto je nezbytně nutné nenastavovat na vysílači útlum, pokud si to situace vysloveně nežadá.

Před natáčením je potřeba pracovat s umělcem, požádat jej o hlasitější hlasový projev (např. smích), než jaký se dá pak během natáčení očekávat, a přitom sledovat indikátor vybuzení (přebuzení) vysílače. Pokud k přebuzení dojde, použijeme přepínač útlumu (fyzický nebo v softwarovém nastavení). Pokud přebuzení nenastává, necháme přepínač útlumu vysílače v továrním nastavení (většinou 0 dB) nebo jej do něj přepneme, pokud byla jeho hodnota při předešlém užití změněna z důvodu jiných záznamovým podmínek.

Podobně obvykle necháváme výstupní úroveň přijímače v továrním nastavení a doladíme optimální úroveň hlasitosti na vstupu rekordéru či kamery. Pouze v případě, kdy se na záznamovém zařízení pohybujeme mimo optimální oblast regulátoru hlasitosti (u nuly nebo téměř v maximu), použijeme na přijímači přepínač pro změnu výstupní úrovně snímaného zvukového signálu. Takto uchováваме maximálně možný odstup signálu od šumu v celém zvukovém řetězci s výslednou kvalitou danou kvalitou jednotlivých komponent.

Na trhu jsou bezdrátové systémy v cenách od několika po desítky tisíc korun. Proto i jejich parametry a nakonec i výsledný zvuk budou dosahovat různých kvalit.

2.7 Záznamová zařízení a zvukový záznam

V závislosti na požadavcích na kvalitu záznamu, účel užití, vlastnosti snímaného zdroje zvuku, a nakonec i na náročnost i rozsahu projektu, lze vybrat pro pořízení nahrávky z velké

nabídky spotřebních, poloprofesionálních i profesionálních zařízení v cenové relaci od jednotek po stovky tisíc Kč. S tím také souvisí odpovídající kvalita a mechanická odolnost zařízení, kvalita elektronických obvodů s odpovídajícím množstvím vlastního šumu zařízení, a v neposlední řadě i množství funkcí a variabilita propojení. U profesionálních zařízení pak narůstá počet zvukových vstupů, a tedy i kanálů pro záznam, možnost duplicitního záložního záznamu na další paměťové medium a také bytelnější řešení bateriového napájení s mnohem delší výdrží.



Obrázek 127 Kapesní rekordér Tascam DR 08

Kapesní rekordér je vhodný pomocník pro spouštění playbacku podkladů v místě natáčení nebo pro zajištění pomocného či záložního stereo záznamu. Obvykle mívá poměrně vysoký vlastní šum, takže se nehodí pro záznam intenzitou slabého zdroje zvuku. Díky svým malým rozměrům jej lze namontovat například do prostoru motoru automobilu a zaznamenat tak samostatný výrazný ruch. Je málo praktický z důvodu málo přímo dostupných ovládacích prvků.



Obrázek 128 Ruční rekordér ZOOM H6 („Field Recorder“)

Poloprofesionální rekordér nám nabízí již celou škálu pokročilých vlastností. Převodníky mají lepší odstup signálu od šumu, nabízí možnost záznamu do více stop než v případě

stereo rekordéru, podstatné ovládací prvky jsou přímo dostupné na jeden dotek, velký displej nám dává přehlednou informaci o záznamových úrovních, volné kapacitě záznamového media a stavu napájecích baterií.



Obrázek 129 Profesionální terénní rekordér Sound Devices 664

Profesionální rekordér může dále navyšovat počet stop, kvalitu svých převodníků, lepší odstup signál – šum i vyšší kapacitu baterií, a tedy i delší dobu spolehlivého záznamu. Obvykle poskytuje záznam na dvě samostatná zvuková media (karty). Většinou nabízí vstup i výstup s časovým kódem pro profesionální synchronizaci s dalšími zařízeními (druhý rekordér, kamera, elektronická klapka apod.).

2.7.1 ZVUKOVÝ FORMÁT A OPTIMÁLNÍ SIGNÁLOVÁ ÚROVEŇ

Epocha analogových rekordérů již prakticky odezněla. Robustní analogové stroje nacházejí poslední uplatnění v profesionálních studiích pro jejich vlastnost teple zabarvit nahrávaný zvuk.

Ve zvukové terénní praxi se již budeme nejspíše setkávat jen s rekordéry digitálními.

U digitálního zvukového rekordéru před realizací záznamu především nastavujeme:

- **Samplovací frekvenci** – četnost s jakou A/D převodník vzorkuje příchozí na vstupu zesílený analogový signál. Doporučuje se používat minimálně frekvence 48 kHz pro filmová natáčení. V profesionálních studiích se pro záznam především akustické hudby doporučují i smplovací frekvence vyšší (96 kHz nebo 128 kHz).
- **Bitovou hloubku** – ta nám udává, na kolik dílků umí rozdělit A/D převodník analogový signál v daném smplovacím okamžiku a přecíst tak více nebo méně detailní informaci o okamžité hlasitosti vzorku. V mobilním rekordéru nastavujeme vždy bitovou hloubku 24 Bit, ve studiu na zvukové stanici i dokonce 32 Bit. 1 bit odpovídá

úrovni 6 dB, takže 24bitový záznam umí uchovat záznam o dynamickém rozsahu 144 dB. Protože lidské ucho umí zpracovat dynamiku od ticha po práh bolesti v rozsahu 120 dB, poskytuje nám digitální rekordér rezervu až 24 dB pro bezpečný kvalitní a nezkrácený záznam s uchovanou kvalitou odstupů signál – šum.

Digitální rekordéry používají obvykle digitální měřicí stupnici dBFS, kde maximální přípustná úroveň je 0 dBFS a doporučená záznamová referenční úroveň se pak pohybuje někde v rozmezí -20 dBFS až -12 dBFS podle profesionality zařízení nebo podle dynamiky zvukového zdroje. Dynamiku v rozsahu 20 dB od tichých pasáží přes střední hlasitost až po nejhlasitější hudební momenty mívá často zvuk orchestru, někdy i lidský hlas zblízka, proto nastavujeme úroveň zesílení na mikrofonním vstupu tak, aby se nám hlasitost na displeji rekordéru zobrazovala většinou někde mezi -20 až -18 dBFS. Pokud se dá očekávat nižší dynamika, lze používat bezpečnou referenční hodnotu někde kolem -14 až -12 dBFS, což také často bývá referenční hodnotou a optimální úrovní zaznamenávaného signálu na zvukovém vstupu kamery. Pokud nám displej méně profesionální kamery nenabízí přehledné znázornění úrovní a my nevíme, kde se nachází optimální bezpečná zobrazovaná hlasitost, je dobré na chvíli zapnout funkci ALC automatického nastavení hlasitosti a chvíli do kamery mluvit výrazným hlasem. Automat se sám bude snažit zesílit nebo zeslabit příchozí zvukový signál tak, aby se pohyboval kolem oné referenční hodnoty kamery. Tak získáme informaci o doporučeném bodu, po který můžeme zesílený zvukový signál do kamery bezpečně posílat. Důležité je po testu nezapomenout ALC funkci vypnout. Pro profesionální práci je její užití nepřijatelné.

- **Fantomové napájení** – v případě připojení kondenzátorového mikrofonu.
- **Aktivaci stop určených pro záznam** - u vícestopých rekordérů nahráváme jen kanály, které potřebujeme zaznamenat. Šetříme tím místo i přehlednost v organizaci záznamu.
- **Vstupní úroveň zvukového signálu** – podle zvolené nebo továrně nastavené reference udržujeme indikaci měření intenzity vstupního signálu daného kanálu na displeji rekordéru po hodnotu reference s občasným krátkým přetečením přes tuto mez. Signál od ticha po referenční hodnotu je většinou na displeji indikován zeleně a referenční hodnota se obvykle nachází v polovině stupnice měření.
- **Výstupní úroveň zvukových kanálů** – v případě propojení s kamerou provádíme obvykle na rekordéru takzvaný „downmix“ smícháním hlasitostně vyvážených vstupních kanálů s připojenými klopovými mikrofony. Tento downmix posíláme do výstupního kanálu 1 (Levý) a downmix mikrofonních pušek do kanálu 2 (Pravý). Takto pak v postprodukcí může střihač pracovat s kvalitním zvukem. Přitom má možnost, v případě potřeby, sáhnout do dat jednotlivých stop zaznamenaných rekordérem. Při nastavení výstupní úrovně rekordéru a vstupní úrovně kamery opět dbáme na správnou referenční hlasitost. Obvykle ponecháme výstup rekordéru na továrním nastavení (0 dB, apod.) a dorovnáme hlasitost referenční úrovně na displeji kamery. Některé lepší rekordéry mají funkci generování referenčního signálu. Obvykle jde o signál 1 kHz s úrovní -18 dBFS. Pokud signál generujeme a posíláme na vstup kamery, můžeme nastavit vstupní zesílení na referenční hodnotu kamery. Pokud pak při natáčení zvukař uhlídá optimální vstupní hlasitost, nebude docházet v celém

zvukovém řetězci k zbytečnému zesilování či utlumování a výsledný záznam v kameře bude mít kvalitní signál bez zkreslení a s nejlepší dosažitelnou hodnotou poměru signál - šum.

V praxi se zvukař může setkávat i se stupnicí analogovou, a to například na analogových mixážních pultech nebo analogových zvukových procesorech, viz Obrázek 130.



Obrázek 130 Analogový VU metr mobilního analogového zvukového mixeru

0 dB na Obrázek 130 určuje analogovou referenční hodnotu, které by měla úroveň signálu po většinu času záznamu proměnlivě dosahovat. Obvykle odpovídá referenční hodnotě -18 dBFS na stupnici digitálního rekordéru.

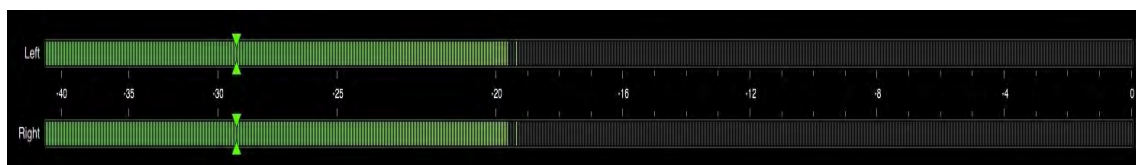


Obrázek 131 Displej digitálního vícekanálového metru vstupních úrovní digitálního profesionálního rekordéru

Displej na Obrázek 131 zobrazuje úroveň aktuálně příchozího signálu zelenou úsečkou až po hranici danou referenční úrovní. V našem případě je na displeji referenční hodnota v místě označeném hodnotou 0 dB na stupnici končící hodnotou 20. Tedy rekordér má po

naplnění zelené úrovně daného kanálu ještě dalších 20 dB rezervu („headroom“) do dosažení stropu - digitální nuly. Z pohledu naší digitální stupnice dBFS („decibel full scale“) je zde tedy referenční hodnota -20 dBFS a tam, kde je na displeji rekorduru v popisce vpravo uvedena hodnota 20, si můžeme představit 0 dBFS. Jde jen o jiný popis stejných úrovněových vzdáleností.

Kanál s označením Lav2 například překročil referenční (bezpečnou) úroveň o oranžový úsek.



Obrázek 132 Digitální stupnice dBFS se signálem kolem -20 dBFS

2.8 Kombinované techniky záznamu zvuku pro video a film

Pořízení zvukového záznamu ve vztahu k video produkci sebou nese řadu komplikací a lokace natáčení, ať už v interiéru či v exteriérech, jsou obecně svými akustickými kvalitami velmi vzdálené ideálním podmínkám tichého a izolovaného zvukového studia. Často bývá nedostatek času na pořádnou přípravu a natočení scény či třeba výpovědi pamětníka může mít jen jeden jediný pokus bez možnosti opakování.

Přestože se filmové řemeslo vyvíjí již několik desetiletí, stále se nějak úloha zvukaře a přínos jeho profesních kvalit pro úspěšné vytvoření zvukově - obrazového díla nějak nedoceňuje. Zvláště v první fázi výroby, při natáčení v terénu, je často zvukař z neznalosti souvislostí ostatními členy natáčecího štábu mnohdy považován za zbytečně komplikující a rušivý element. Je snad jediným, kdo vedle režiséra může přerušit natáčení třeba z důvodu právě přelétajícího vojenského letounu, ale i tak spíše stojí v pozadí dění a snaží se minimálně invazivně dělat svoji tichou práci s často hlasitým zvukem.

Občas je těžké se rozhodnout, jaký postup pro zvukový záznam dané situace (scény) zvolit. Někdy to za nás rozhodne nedostatek času na přípravu zvláště v situaci, kdy je záběr potřeba zachytit nenadále mimo plán. Pak se obvykle sáhne po směrovém mikrofonu – pušce na mikrofonní tyči, přiblíží se co nejvíce ke zdroji zvuku tak, aby se tyč či mikrofon (často s protivětrnou ochranou) nedostal do záběru, a spustí se záznam. Bez možnosti si scénu vyzkoušet nemáme jistotu, zda námi nastavená úroveň zesílení na rekorduru či přenosném mixpultu propojeném s kamerou nezpůsobí zkreslení záznamu, pokud bude zdroj zvuku nečekaně hlasitý.

Obecně, pokud nám to čas a situace dovolí, počítáme při natáčení scény s kombinací využití mikrofonní pušky („shotgun mic“) na tyči („boompole“) a s instalací klopových mikrofonů na těle umělce či respondentu. U projektů s větším rozpočtem se o pušku na tyči

stará asistent zvuku a zvukař pak zpracovává všechny příchozí signály do vhodné úrovně pro výsledný záznam do kamery či stop samostatného rekordéru nebo obojí současně.

Směrový mikrofon – puška, pokud je nám umožněno přiblížit se dostatečně blízko ke zdroji, má výhodu lepšího barevného podání a zvuk v záznamu má příjemný podíl ambientní složky, takže zvláště při hraných scénách se přirozeněji pojí s obrázkem. Obvykle míříme k ústům mluvící postavy v potřebném úhlu shora. Vždy dbáme na to, abychom se s mikrofonem mohli přiblížit co nejvíce, aniž bychom se dostali do zorného pole kamery. Je dobré si vhodný úhel a výšku držení mikrofonu vyzkoušet, ve spolupráci s kameramanem, ještě před vlastním natáčením scény. Pokud si zvukař při zkoušce promítne spojnicí mezi svým zrakem a koncem mikrofonu na nejbližší překážku (strom, zeď, skála), může si takto definovat na horizontu vodorovnou hranici, pod kterou během natáčení nesmí s mikrofonem klesnout. Tím si zajistí ke spokojenosti všech kvalitní blízky záznam mez komentářů typu „Zase vlezl do záběru!“.

Pokud není možné točit zvuk z nadhledu, použije se podhled či jiná skrytá poloha. Nicméně zde je třeba počítat s tím, že úzce směrový mikrofon nezachytí dobře jen hlas osoby natáčené, ale i zesílené dění a ruchy přírody v pozadí (vítr, listí, ulice, vzdálený vlak apod.). Pokud nelze použít směrový mikrofon s tyčí vůbec, je dalším řešením ukryt statický směrový mikrofon poblíž nahrávané osoby mimo záběr kamery.

Samozřejmě, že se většinou nespolehneme jen na mikrofonní pušku. Především v dokumentární tvorbě a reportážích se s oblibou používají mikrofony klopové, a to obvykle s bezdrátovou soupravou. Umožňují větší svobodu osoby snímané i větší pohodlí zvukaře za předpokladu, že je vše dobře a správně uchyceno a emotivní respondent nepřejíždí při náhlých slzách kapesníkem po extrémně citlivé mikrofonní kapsli uchycené na límci.

Klopové mikrofony v střední cenové relaci nemají tak dobré barevné podání, jsou více náchylné poryvům větru či právě neúmyslnému otěru o přilehlý oděv, šálu či šperk a to obzvláště v případech, kdy je požadováno jejich úplné skrytí před okem kamery.

Je také potřeba si uvědomit, že citlivá mikrofonní kapsle je umístěna velmi blízko hlasu, tedy že zvuky a atmosféra okolí budou zachyceny minimálně. Je to sice výhoda při natáčení v hlučnějším prostředí, zato například hotové záběry člověka mluvícího v parku s hlasem postrádajícím zvuky okolí působí ve výsledku nepřírozně.

Pokud zvukař zvládne dobře, sám nebo s pomocí asistenta, zaznamenat do dvou nezávislých stop rekordéru jak směrový mikrofon na tyči, tak i mikrofon klopový, může se pak v postprodukci využít různé kombinace obou stop:

- Záznam pouze ze směrového mikrofonu, pokud zvuk odpovídá obrazové vzdálenější scéně a zvukové pozadí ambientu (okolního prostředí) je vítán.
- Kombinace obou mikrofonů pro detailní a přitom přirozeně zasazený zvuk v prostředí. Zde je potřeba si uvědomit, že pokud bude směrový mikrofon na tyči vzdálen od klopového například tři metry, bude jím snímaný zvuk opožděn asi o 10 ms (3,3ms na 1 m), což znamená při mixu k vzniku fázového posunu obou stop a k nepříjemnému výslednému zabarvení zvuku. V takovém případě se doporučuje ve zvukovém software, před mixem, opožděnou stopu zarovnat se stopou mikrofonu klopového.

- Pouze klopový mikrofon dodá hlasu intimitu . Pozor ale na nárůst šumu, pokud budeme se zvukem ve zvukové postprodukci výrazně dynamicky pracovat. Klopové mikrofony (zvláště ty levnější) mají často výraznou hladinu vlastního šumu.
- Použijeme vhodně zvolenou jednu stopu. Pokud v nějakém místě objevíme zvukový výpadek či jinou technickou chybu, nahradíme daný úsek zvukem ze stopy záznamu druhého mikrofonu.

Dobrá práce s mikrofonní puškou na tyči vyžaduje poměrně zkušeného, šikovného a fyzicky zdatného asistenta. Ten by měl:

- být schopen nehybně udržet mikrofonní set nad hlavou po celou dobu natáčení záběru.
- při dynamické scéně či rozhovoru svižně, ale neslyšně, reagovat pootočením mikrofonní tyče od prvního mluvícího směrem k druhému. Zde je dobré poznamenat, že se mikrofonní tyč neotáčí klouzavě v dlani, ale je oběma rukama pevně držena a pohybuje se pouze zápěstím či změnou polohy celého těla.
-



Obrázek 133 Správné držení vzorové mikrofonní tyče-)

- znát ideálně scénář a vědět, kdo má kdy hovořit, a tedy být připraven včas změnit polohu mikrofonu.
- mít dobrý sluch a při poslechu na sluchátka dobře rozpoznat optimální náklon pro dobrou barevnost a srozumitelnost hlasu.
- být schopen polohovat mikrofon mimo záběr kamery, ale velice blízko ke zdroji zvuku. Dostatečná vzdálenost je ta, kdy mluvící postava na mikrofon dosáhne. Každý centimetr blíže ke zdroji znamená výrazně kvalitnější zvukový záznam.
- Správně anatomicky držet směrový mikrofon na tyči nad hlavou. Je lépe mít ruce rovnoběžně, než ve tvaru písmene V. Svaly se později unaví.



Obrázek 134 Vhodné držení mikrofonní pušky na tyči

Dobré zkušenosti také vyžaduje práce s klopovým mikrofonem. Pokud se bude jednat o běžnou reportáž a redaktor nebude chtít použít ruční dynamický mikrofon, který by pro takovou scénu byl z hlediska zvukové kvality nejlepší (zvláště v hlučném prostředí), použijeme klopový mikrofon s klipsnou a protivětrnou ochranou, který umístíme na oděv obvykle v úrovni prsou. Zde je umístění, pokud je možné, nejvhodnější. Výše, směrem ke krku nám brada vytváří stále výraznější překážku k šíření hlasu do mikrofonu.

Pokud je požadavek, aby mikrofon nebylo vůbec vidět, je potřeba hledat vzhledem k osobě a oblečení nejvhodnější místo pro skrytí mikrofonu při zachování nejlepších možných podmínek snímání hlasu osoby.

Pokud nelze k uchycení použít klipsnu, používají se magnety nebo se mikrofon lepí na oděv nejlépe mezi dvě vrstvy (např. mezi límcem a košilí, v překryvu košile u zapínání apod.). Dále se dají pořídit profesionální speciální pomůcky, jakými jsou šperky či doplňky maskující uchycení mikrofonu nebo různá gumová pouzdra a ochranné obaly bránící vzniku pazvuků otěrem mikrofonu o oděv při pohybu. Prodávají se speciální lepicí pásky („tejpy“), které lze lepit přímo na tělo, kde dobře drží. Na ně se pak přilepí oboustranně lepicí páskou vlastní mikrofonní kapsle.

Pokud to je jen trochu možné a mikrofon může být uchycen na oblečení nebo alespoň může nenápadně „vykukovat“ skulinou či v záhybu oděvu, vždy takto dosáhneme výrazně lepší barvy hlasu, než v případě mikrofonu zcela ukrytého pod oblečení. Navíc kvalitní mikrofony určené k umístění pod oblečení jsou obvykle velmi drahé a mají speciální frekvenční průběh se zdůrazněnými výškami, které právě kompenzují jejich útlum vlivem průchodu hlasové vlny materiálem oblečení.

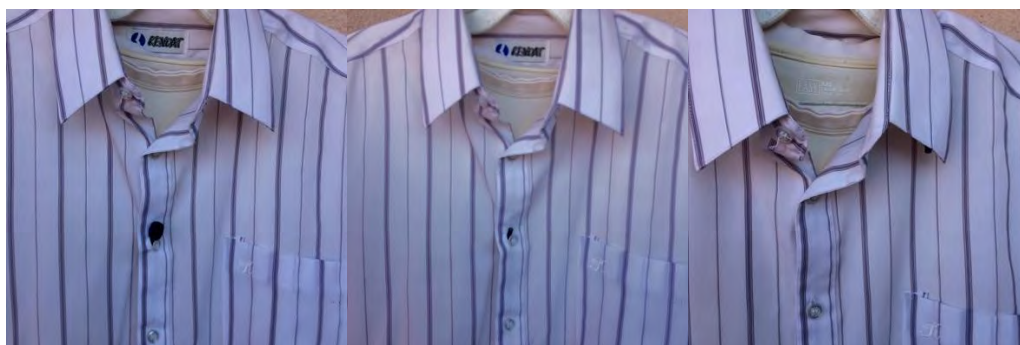
Při uchycování klopového mikrofonu na osobu je dobré věnovat pozornost nejen mikrofonu samotnému, ale i kabelu a vysílači. Krátce za mikrofonní kapslí je dobré po krátkém průvěsu kabelu udělat krátkou smyčku a tu nad a pod přilepit k oděvu. Jednak se tím zajistí, že se nenadálým pohybem mikrofon nestrhne, ale hlavně smyčka eliminuje průchod pazvuků po kabelu až k mikrofonní kapsli. Dále je vhodné mít k dispozici opasek či pružné obinadlo. Pokud osoba nemá pevný oděv, ke kterému by se dal vysílací modul uchytit, připevňuje se pod oblečení opasek či obinadlo a vysílač se skrytě zavěsí na něj.

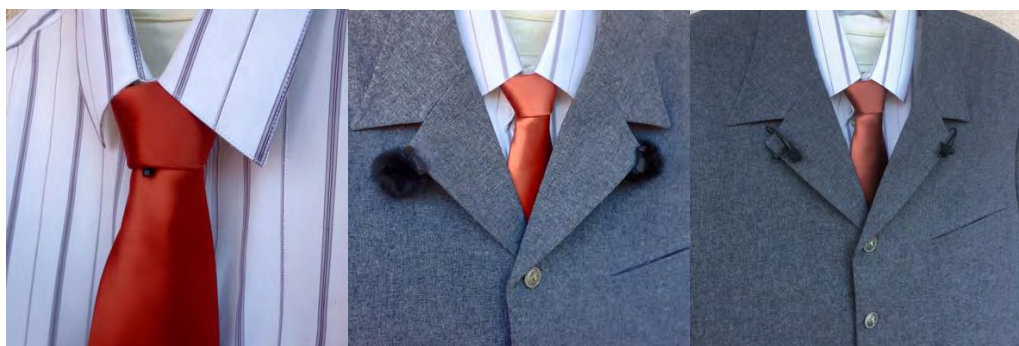
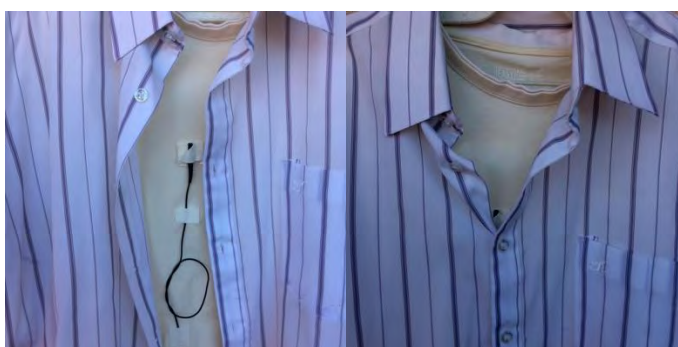
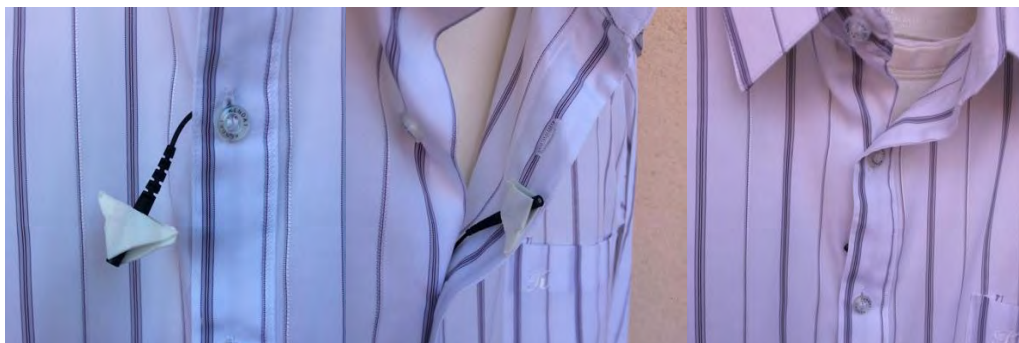
Klopové mikrofony mají výrazně vyšší vlastní šum, než kondenzátorové směrové mikrofonní pušky. Navíc u klopových bezdrátových systémů je potřeba být neustále ve střehu a hlídat stav baterií jak vysílač, tak přijímače a nakonec i mobilního rekordéru. Zvukař by měl mít při sobě vždy dostatečný počet baterií náhradních a s předstihem před úplným vybitím je preventivně měnit.

Při záznamu v terénu je dobré požádat štáb o dvě minuty klidu a nahrát si tzv. „Room Tone“. Jde o kousek ambientu prostředí, kterým pak ve zvukové postprodukci můžeme vyplnit mezery (nepůvodní pauzy) v sestříhané verzi zvukového materiálu.

Pokud nám objektivní okolnosti nedovolily zachytit kvalitní zvuk, například při průletu letadla nebo není pro zvukové vybavení a zvukaře při natáčení prostor, ale režisér trvá na použití natočeného obrazového materiálu, poslední záchranou může být nový zvukový záznam stejné scény již bez kamer. Výsledný záznam pak v postprodukci, podobně jako v případě postsynchronní editace, zvukově časově sladíme s původním nepoužitelným zvukem materiálem a přiřadíme k výchozímu obrazovému sestříhu.

Následující doplňující obrázky ukazují možné způsoby uchycení klopového mikrofonu k tělu snímané osoby:





Dva mikrofony po stranách se používají v případě, kdy chceme zajistit kvalitní hlasový záznam se stejnou hlasitostí a barevnou kvalitou.



SHRNUTÍ KAPITOLY

V této kapitole jsme se seznámili s procesem pořízení záznamu zvuku s důrazem na záznam lidského hlasu. Popsali jsme si možné i nutné podmínky pro zajištění úspěšného zvukového záznamu. Seznámili jsme se s potřebným vybavením od mikrofону po záznamové zařízení.

Dále jsme upozornili na úskalí zvukového záznamu v různém prostředí. Zmínili jsme se také o nutnosti potřebné znalosti, zkušenosti i fyzické i psychické zdatnosti zvukaře k tomu, aby byl schopen správně vyhodnotit natáčecí scénu včetně objektu natáčení a jeho akustických vlastností, a tedy byl schopen promptně pořídit kvalitní zvukový záznam pro přímé užití či další zpracování v postprodukci.

KONTROLNÍ OTÁZKY



1. Jaká je obvyklá referenční hodnota pro zvukový záznam na profesionálním mobilním rekorderu?
2. Jaký typ mikrofonu byste použili pro záznam jelena v říji v lese?
3. Jaký typ mikrofonu nevyžaduje fantomové napájení?
4. Jakou sampovací frekvenci a bitovou hloubku je vhodné nastavit pro záznam v terénu?

LITERATURA

SYROVÝ, VÁCLAV. Hudební akustika. 3. dop. vyd.. Praha: Nakladatelství AMU, 2013. 440 s. ISBN 978-80-7331-297-8.

BRIXEN, EDDY BØGH. Audio Metering. Broadcast Publishing & DK Audio A/S, Denmark, 2001. ISBN 87-987116-0-1.

AMENT, VANESA THEME. The foley grail: the art of performing sound for film, games, and animation. Focal Press, Elsevier, Inc. USA, 2009. ISBN 978-0-240-81125-3.

KATZ, ROBERT A. Mastering Audio: the art and the science. Focal Press, Elsevier Science, 2002. ISBN 0-240-80545-3.

ROSE, JAY. Producing Great Sound for Film & Video. Focal Press, Elsevier Inc., USA, 2008. ISBN 978-0-240-80970-0.

BEAUCHAMP, ROBIN. Designing Sound for Animation. Focal Press, Elsevier, USA, 2005. ISBN 0-240-80733-2.

MOYLAN, WILLIAM. The Art of Recording: Understanding and Crafting the Mix. Focal Press, Elsevier Science, USA, 2002. ISBN 0-240-80483-X.

JEANS, JAMES. Science & Music. Dover Publications, Inc. USA. ISBN 0-486-61964-8.

DALLIN, LEON. Listeners Guide to Musical Understanding. Wm. C. Brown Publishers, USA. 1986. ISBN 0-697-00299-3.

BURROWS, Thomas D., WOOD Donald N., GROSS Lynne Schafer. Television Production. Wm. C. Brown Publishers, USA. 1992. ISBN 0-697-12917-9.

PIERCE, JOHN ROBINSON. The Science of Musical Sound. Scientific American Books, Inc., USA. 1983. ISBN 0-7167-1508-2.

EARGLE, JOHN. Handbook Of Recording Engineering. Van Nostrand Reinhold, USA. 1986. ISBN 0-442-22290-4.

Handbook for Sound Engineers. The New Audio Cyclopedia. Editor Glen Ballou. Howard W. Sams & Company, USA. 1991. ISBN 0-672-22752-5.

HUBER, DAVID MILES. Microphone Manual. Design and Application. Howard W. Sams & Company Audio Library, USA. 1988. ISBN 0-672-22598-0.

DENISON, DAVID C. As Seen On TV. Fireside, USA. 1992. ISBN 0-671-72619-6.
WHITE, PAUL. Recording & production techniques. London: Sanctuary Publishing, Ltd. ISBN 1-86074-188-6.

WILLIAMS, MICHAEL. Microphone Arrays for Stereo and Multichannel Sound Recording. Milano: Editrice Il Rostro, 2004. ISBN 88-7365-073-2.

EVEREST, FREDERIC ALTON. Sound studio construction on a budget. McGraw-Hill Companies, Inc, USA, 1997. ISBN 0-07-021382-8.

SHRNUTÍ STUDIJNÍ OPORY

Zvuk nás obklopuje po celý život od prvního výkřiku po poslední vydechnutí. Mnoho toho, co o zvuku víme, k nám přichází postupně v průběhu každodenního života a poznatky nabýváme jak vědomě tak i nevědomě.

Pasivní běžný posluchač si večer pustí oblíbenou desku a relaxuje... Nechává na sebe působit tóny hudby, dynamiku, barevnost zvuku nástrojů, harmonii, rytmus. Zaposlouchá se do podmanivého nebo naopak velmi expresivního hlasu zpěváka či herce. Obvykle nevnímá racionálně to, co slyší – mix různých frekvencí, úseky spíše temné s množstvím basů nebo naopak ostré a pronikavé či vzdálené zahalené v oparu dozvuku, echa a dalších efektů.

V momentě, kdy se zájemce rozhodne pracovat se zvukem aktivně, znamená to osvojit si celou řadu teoretických i praktických poznatků a dovedností. Bude muset překonat úskalí opakovaných nezdarů a frustrace ze sebe či svého okolí.

Pracovat se zvukem je pouť fascinující, dobrodružná, plná krásných zážitků a prožitků a je na ní neustále co objevovat, poznávat, zkoušet a učit se. Každý nový krok je neopakovatelný vlivem neustále se měnících podmínek. Zvuk nelze jednoduše uchopit, stejně jako nelze jednoduše vypnout naše smysly jej vnímat.

Pokud zájemci, který se chce nebo potřebuje vydat po této dobrodružné zvukové cestě, bude toto Zvukové praktikum k užitku a pomůže mu lépe se zorientovat v teoretických souvislostech, principech a zvukových zákonitostech, splní svůj účel. Stejně tak tomu bude i v případě, kdy mu praktická část tohoto zvukového praktika pomůže při správném výběru technického vybavení, při volbě správných praktických kroků a postupů s pořízením kvalitního záznamu souvisejících.

Nepovede se hned vše na poprvé, bude potřeba zkoušet znovu i jinak. Dělat chyby, poučit se z nich a postoupit se zájmem a nadšením k další zvukové výzvě znamená již dílčí úspěch na cestě k poznání a dovednostem zkušeného a dobrého zvukaře.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Podélné šíření zvukové vlny by By Pluke - Own work, CC0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=18413169>

Obrázek 2 Lidské ucho by Anatomy_of_the_Human_Ear.svg: Chittka L, Brockmann derivative work: H.karasek (talk) derivative work: H.karasek (talk) - Anatomy_of_the_Human_Ear cs.svg, CC BY 2.5, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=9831297>

Obrázek 4 by 1 <https://www.nahlavnisoupravy.cz/image/catalog/!blog/Jak-pracoviste-muze-ovlivnit-vas-sluch.png>

Obrázek 97 Princip dynamického mikrofону By English Wikibooks user Doktorcik, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=8643457>

Obrázek 98 Princip páskového (ribbon) mikrofону By Doktorcik at English Wikibooks - Transferred from en.wikibooks to Commons., GFDL, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=61789096>

Obrázek 100 Princip kondenzátorového mikrofону By Doktorcik at the English Wikipedia [GFDL (<http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html>)]

Obrázek 101 Schéma fantomového napájení kondenzátorového mikrofону By Doktorcik at the English Wikipedia [GFDL (<http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html>)]

Obrázek 105 Kulová charakteristika mikrofону By Galak76 - self-made, Adobe Illustrator, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1998459>

Obrázek 107 Osmičková charakteristika mikrofону By Galak76 - self-made, Adobe Illustrator, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2025970>

Obrázek 108 Kardiovídní (ledvinová) charakteristika mikrofону By Nicoguardo - Own work, CC BY 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=50230608>

Obrázek 109 Superkardiovídní charakteristika mikrofону By Galak76 - self-made, Adobe Illustrator, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2025987>

Obrázek 112 Směrová charakteristika mikrofonu typu „puška“ (Shotgun) By Galak76 - self-made, Adobe Illustrator, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2025846>











Obrázek 121 by By Omegatron - The source code of this SVG is valid. This vector image was created with Inkscape by user Omegatron., CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2341958>

Obrázek 122 by Linear77 [CC BY 3.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>)]

Obrázek 125 by <https://www.rote.com/rodelink>

Obrázek 133 By victorgrigas - Own work, CC0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=47828143>

PŘEHLED DOSTUPNÝCH IKON

	Čas potřebný ke studiu		Cíle kapitoly
	Klíčová slova		Nezapomeňte na odpočinek
	Průvodce studiem		Průvodce textem
	Rychlý náhled		Shrnutí
	Tutoriály		Definice
	K zapamatování		Případová studie
	Řešená úloha		Věta
	Kontrolní otázka		Korespondenční úkol
	Odpovědi		Otázky
	Samostatný úkol		Další zdroje
	Pro zájemce		Úkol k zamyšlení

Název: **Zvukové praktikum**

Autor: **Ing. Jaroslav Menšík**

Vydavatel: Slezská univerzita v Opavě
Filozoficko-přírodovědecká fakulta v Opavě

Určeno: studentům SU FPF Opava

Počet stran: 133

Tato publikace neprošla jazykovou úpravou.