

# ETSI ES 202 396-1 V1.4.1 (2012-10)



**Kvalita prenosu hovoru a multimédií (STQ);  
Kvalita hovoru s priestorovým hlukom;  
Časť 1: Spôsob simulácie priestorového hluku  
a databáza priestorového hluku**

Speech and multimedia Transmission Quality (STQ);  
Speech quality performance in the presence of background noise;  
Part 1: Background noise simulation technique  
and background noise database

***Európsky inštitút pre telekomunikačné normy***

***European Telecommunications Standards Institute***

---

**Dôležité upozornenie pre používateľov tejto slovenskej verzie**

ETSI je vlastníkom autorských práv tohto dokumentu ETSI.

V prípade nezrovnalostí medzi anglickou a slovenskou verziou platí anglická verzia tohto dokumentu ETSI.

ETSI neskontroloval preklad a nepreberá žiadnu zodpovednosť za presnosť prekladu tohto dokumentu ETSI.

Anglická verzia tohto dokumentu ETSI sa môže stiahnuť zo stránky:

<http://www.etsi.org/standards-search>

---

**Referenčné číslo**

RES/STQ-00139

---

**Kľúčové slová**

performance, quality, speech

**ETSI**

650 Route des Lucioles  
F-06921 Sophia Antipolis Cedex – France

---

Tel.: +33 4 92 94 42 00 Fax: +33 4 93 65 47 16

Siret N° 348 623 562 00017 - NAF 742 C  
Neziskové združenie registrované  
na podprefektúre de Grasse (06) N° 7803/88

---

**Dôležité upozornenie**

Jednotlivé kópie tohto dokumentu možno stiahnuť z

<http://pda.etsi.org>

Tento dokument môže byť dostupný vo viacerých elektronických verziách alebo v tlačenej forme. V prípade existujúceho alebo viditeľného rozdielu v obsahu medzi takýmito verziami je referenčnou verziou verzia v prenosnom dokumentovom formáte (Portable Document Format – PDF).

V prípade sporu je referenčným výtlačok vytlačený na tlačiarni ETSI z verzie PDF uchováanej na určenom sieťovom serveri sekretariátu ETSI.

Používatelia tohto dokumentu by mali brať do úvahy, že dokument môže byť revidovaný alebo sa môže zmeniť jeho postavenie. Informácie o postavení tohto dokumentu a ďalších dokumentov ETSI sú dostupné na

<http://portal.etsi.org/tb/status/status.asp>

Ak nájdete v tomto dokumente chyby, svoje pripomienky zašlite na

[http://portal.etsi.org/chaicor/ETSI\\_support.asp](http://portal.etsi.org/chaicor/ETSI_support.asp)

---

**Oznam o autorských právach**

---

Nijaká časť sa nesmie reprodukovať bez písomného povolenia.  
Autorské práva a z toho vyplývajúce obmedzenia sa vzťahujú na reprodukovanie všetkými druhmi médií.

© Európsky inštitút pre telekomunikačné normy 2012.  
Všetky práva vyhradené.

**DECT™**, **PLUGTESTS™**, **UMTS™** sú obchodné značky ETSI registrované na prospech jej členov.  
**3GPP™** a **LTE™** sú obchodné značky ETSI registrované na prospech jej členov a partnerských organizácií 3GPP.  
**GSM®** a logo GSM sú registrované obchodné značky vo vlastníctve asociácie GSM.

## Obsah

Obsah .....	3
Práva duševného vlastníctva .....	4
Predhovor .....	4
Úvod .....	4
1 Predmet .....	5
2 Referenčné dokumenty .....	6
2.1 Normatívne referenčné dokumenty .....	6
2.2 Informatívne referenčné dokumenty .....	6
3 Definície a skratky .....	8
3.1 Definície .....	8
3.2 Skratky .....	8
4 Prehľad existujúcich metód na reálnu akustickú reprodukciu .....	9
4.1 Úvod .....	9
4.2 Techniky priestorového ozvučenia .....	10
4.3 IOSONO .....	10
4.4 Eidofónia .....	11
4.5 Rozmiestnenie štyroch reproduktorov na prehrávanie binaurálne zaznamenaných signálov .....	12
4.6 Databáza priestorového hluku NTT .....	13
4.7 Všeobecné závery .....	14
5 Zostavenie nahrávania .....	15
5.1 Binaurálne vyrovnanie .....	15
5.2 Metóda vyrovňovania .....	15
6 Nastavenie reproduktora na simuláciu priestorového hluku .....	18
6.1 Požiadavky na skúšobnú miestnosť .....	18
6.2 Umiestnenie reproduktora .....	18
6.3 Vyrovnanie a kalibrácia .....	19
6.4 Presnosť reprodukcie zostavenia .....	25
6.4.1 Porovnanie medzi pôvodným zvukovým poľom a simulovaným zvukovým poľom .....	25
6.4.2 Premiestnenie skúšobnej zostavy v simulovanom akustickom poli .....	27
6.4.3 Prenos priestorového hluku: porovnanie výkonnosti koncového zariadenia v pôvodnom zvukovom poli a v simulovanom zvukovom poli .....	29
7 Simulácia priestorového hluku v autách .....	35
7.1 Všeobecné nastavenie .....	35
7.2 Nahrávacie zariadenie .....	36
7.2.1 Nastavenie záznamu s mikrofónom koncového zariadenia .....	36
7.2.2 Nastavenie záznamu s dvojicou kardioidných mikrofónov .....	37
7.3 Vyrovnanie a kalibrácia s mikrofónom koncového zariadenia .....	37
7.4 Vyrovnanie a kalibrácia s dvojicou kardioidných mikrofónov .....	43
7.5 Presnosť reprodukcie zostavenia .....	49
7.5.1 Porovnanie medzi pôvodným akustickým poľom a simulovaným akustickým poľom .....	49
7.5.2 Prenos priestorového hluku: porovnanie výkonnosti koncového zariadenia v pôvodnom akustickom poli a v simulovanom akustickom poli .....	50
8 Databáza priestorového hluku .....	55
8.1 Binaurálne signály .....	55
8.2 Stereofónne signály .....	57
Príloha A (informatívna) .....	58
Porovnanie skúšok vo vysielacom smere a skúšky hodnôt D vykonávaných v rozličných miestnostiach .....	58
A.1 Pokyny podľa používateľa .....	58
A.2 Výsledky skúšok .....	59
A.2.1 Vysielacie frekvenčné charakteristiky a SLR .....	59
A.2.2 Hodnota D s ružovým hlukom .....	59
A.2.3 Hodnota D s kaviarenským hlukom .....	60
A.3 Závery .....	60
Príloha B (informatívna) .....	61
Diagramy .....	61
História .....	69

---

## Práva duševného vlastníctva

Práva duševného vlastníctva, ktoré majú alebo môžu mať zásadný význam pre tento dokument, mohli byť oznámené organizácii ETSI. Informácie o týchto zásadných právach duševného vlastníctva, ak existujú, sú pre členov i nečlenov ETSI verejne dostupné a môžu ich nájsť v dokumente ETSI SR 000 314 s názvom Práva duševného vlastníctva (IPR), ktorý možno získať na sekretariáte ETSI. Najnovšie znenie je dostupné na serveri ETSI (<http://webapp.etsi.org/IPR/home.asp>).

V súlade so svojou politikou v oblasti práv duševného vlastníctva ETSI nevyhľadáva ani neskúma nijaké práva duševného vlastníctva. Neposkytuje ani záruku týkajúcu sa existencie iných IPR, ktoré nie sú uvedené v dokumente ETSI SR 000 314 (alebo v jeho aktualizovaných vydaniach na serveri ETSI), ktoré majú, môžu mať alebo môžu nadobudnúť zásadný význam pre predkladaný dokument.

---

## Predhovor

Túto normu ETSI (ES) vypracovala technická komisia ETSI "Kvalita prenosu hovoru a multimédií (STQ)".

Dokument je 1. časťou viacdielného dokumentu pokrývajúceho "Kvalitu prenosu hovoru a multimédií (STQ)". Kvalita hovoru s priestorovým hlukom je určená takto:

1. časť: "Spôsob simulácie priestorového hluku a databáza priestorového hluku";
2. časť: "Prenos priestorového hluku – Simulácia siete – Subjektívna skúšobná databáza a výsledky";
3. časť: "Prenos priestorového hluku – Objektívne skúšobné metódy".

---

## Úvod

Priestorový hluk sa v súčasnosti nachádza v mnohých hovoroch. Významne môže ovplyvniť výkonnosť komunikácie hovoru koncových zariadení a sieťových zariadení. Na skúšanie a optimalizáciu takýchto zariadení je nevyhnutné použiť reálne priestorové hluky. Pri všetkých skúškach sa ďalej požadujú reprodukovateľné podmienky, ktoré sa môžu zaručiť len v laboratórnych podmienkach.

Dokument pomenúva tento problém opisom metodiky zaznamenávania a prehrávania priestorových hlukov za veľmi dobre definovaných a kalibračných podmienok v prostredí laboratória. Ďalej je uvedená databáza reálnych priestorových hlukov.

---

## 1 Predmet

Kvalita prenosu priestorového hluku je dôležitý činiteľ, ktorý významne prispieva k vnímanej celkovej kvalite hovoru. Existujúce koncové zariadenia a hlavne nová generácia koncových zariadení, konfigurácie sietí a systémov, vrátane širokopásmových služieb, sa môžu významne zlepšiť s vhodným návrhom koncových zariadení a systémov v prítomnosti priestorového hluku. Tento dokument:

- opisuje prostredie so simulovaným hlukom použitím scenárov reálneho priestorového hluku na použitie v laboratóriu;
- obsahuje databázu so vzorkami dôležitých priestorových hlukov na subjektívne a objektívne vyhodnotenie.

Dokument poskytuje informácie o spôsoboch záznamu potrebných na zaznamenávanie priestorového hluku, zaoberá sa výhodami a nevýhodami existujúcich metód a charakterizuje požiadavky na laboratórne podmienky. Opísané je zostavenie reproduktorov, postupy kalibrácie a vyrovnania reproduktorov. Simulácia špecifikovaného prostredia sa môže použiť na vyhodnotenie a optimalizáciu koncových zariadení a úplné konfigurácie vrátane koncových zariadení, sietí a iných konfigurácií. Hlavná oblasť použitia sa má orientovať na kancelárske, domáce a vozidlové prostredie.

Nastavenie a databáza uvedené v tomto dokumente sa používajú na:

- objektívne vyhodnotenie výkonnosti koncových zariadení v prostrediach s rozličným (simulovaným) priestorovým hlukom;
- vyhodnotenie spracovania hovoru použitím predspracovaného signálu hovoru s výskytom priestorového hluku, zaznamenaného koncovým zariadením;
- subjektívne vyhodnotenie koncových zariadení vykonávaním konverzačných skúšok, špecifických skúšok dvojitého hovoru, alebo skúšok hovoriaceho alebo počúvajúceho s výskytom priestorového hluku;
- subjektívne vyhodnotenie nahraných vzoriek hovoru koncových zariadení s výskytom priestorového hluku pomocou skúšok nezainteresovaných počúvajúcich.

---

## 2 Referenčné dokumenty

Referenčné dokumenty sú špecifikované (určené dátumom vydania, číslom vydania, číslom verzie atď.) alebo nešpecifikované. V prípade špecifikovaného referenčného dokumentu sa používajú len uvedené verzie. V nešpecifikovanom referenčnom dokumente sa použije posledná verzia referenčného dokumentu (vrátane akýchkoľvek dodatkov).

Uvádzané referenčné dokumenty, ktoré nie sú verejne dostupné v predpokladanom mieste, sa môžu vyhľadať na <http://docbox.etsi.org/Reference>.

POZNÁMKA. – Pokiaľ akýkoľvek hyperlink obsiahnutý v tomto článku bol platný v čase publikovania, ETSI nemôže garantovať jeho platnosť z dlhodobého hľadiska.

### 2.1 Normatívne referenčné dokumenty

Uvedené dokumenty sú nevyhnutné na túto špecifikáciu.

Nepoužívajú sa.

### 2.2 Informatívne referenčné dokumenty

Uvedené dokumenty nie sú dôležité na túto technickú špecifikáciu, ale pomáhajú používateľovi v konkrétnej predmetnej oblasti.

[i.1] Surround Sound Past, Present, and Future: "A history of multichannel audio from mag stripe to Dolby Digital", Joseph Hull - Dolby Laboratories Inc.

[i.2] AES preprint 3332 (1992): "Improved Possibilities of Binaurálny Nahrávanie and Playback Techniques", K. Genuit, H.W. Gierlich; U. Künzli.

POZNÁMKA. – See at <http://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=6801>.

[i.3] AES preprint 3732 (1993): "A System for the Reproduction Technique for Playback of Binaurálny Nahrávanies", N. Xiang, K. Genuit, H.W. Gierlich.

POZNÁMKA. – See at <http://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=6501>.

[i.4] NTTAT Database: "Ambient Noise Database CD-ROM".

POZNÁMKA. – See at [http://www.ntt-at.com/products\\_e/noise-DB/index.html](http://www.ntt-at.com/products_e/noise-DB/index.html).

[i.5] ISO 11904-1: "Acoustics - Determination of sound immission from sound sources placed close to the ear - Part 1: Technique using a microphone in a real ear (MIRE technique)".

[i.6] Spatial Hearing: "The psychophysics of human sound localization", J. Blauert.

[i.7] ITU-T Recommendation P.57: "Artificial ears".

[i.8] ITU-T Recommendation P.58: "Head and torso simulator for telephonometry".

[i.9] ITU-T Recommendation P.340: "Transmission characteristics and speech quality parameters of hands-free terminals".

[i.10] ITU-T recommendation P.64: "Determination of sensitivity/frequency characteristics of local telephone systems".

[i.11] ITU-T Recommendation G.722: "7 kHz audio-coding within 64 kbit/s".

[i.12] Genuit, K.: "A Description of the Human Outer Ear Transfer Function by Elements of Communication Theory (No. B6-8)".

POZNÁMKA. – Proceedings of the 12th International Congress on Acoustics. Toronto published on behalf of the Technical Program Committee by the Executive Committee of the 12th International Congress on Acoustics.

[i.13] IEC 60050-722: "International Electrotechnical Vocabulary - Chapter 722: Telephony".

[i.14] "Wellenfeldsynthese - Eine neue Dimension der 3D-Audiowiedergabe"; Fernseh- und Kino-Technik, Nr. 11/2002, pp. 735-738.

[i.15] "The Iosono Sound Difference".

POZNÁMKA. – Pozri <http://www.iosono-sound.de>.

[i.16] "Ein neues Verfahren der raumbezogenen Stereophonie mit verbesserter Übertragung der Rauminformation"; P. Scherer, Rundfunktechnische Mitteilungen, 1977, pp. 196-204.

[i.17] ETSI EG 202 396-1 (V1.1.2): "Speech Processing, Transmission and Quality Aspects (STQ); Speech quality performance in the presence of background noise; Part 1: Background noise simulation technique and background noise database".

[i.18] ETSI TS 151 010-1: "Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Mobile Station (MS) conformance specification; Part 1: Conformance specification (3GPP TS 51.010-1)".

### 3 Definície a skratky

#### 3.1 Definície

V dokumente sa používajú termíny a definície:

**presluch (angl. crosstalk):** výskyt nežiaducej energie v kanáli, následkom prítomného signálu v inom kanáli, spôsobený napríklad indukciou, vodivosťou alebo nelinearitou

POZNÁMKA. – Pozri IEC 60050-722 [i.13].

#### 3.2 Skratky

V dokumente sa používajú skratky:

CD	Compact Disc	kompaktný disk
FFT	Fast Fourier Transform	rýchla Fourierova transformácia
FIR	Finite Impulse Response	časovo obmedzená impulzová charakteristika
HATS	Head And Torso Simulator	simulátor hlavy a trupu
IIR	Infinite Impulse Response	časovo neobmedzená impulzová charakteristika
MIRE	Microphone In Real Ear	mikrofón v reálnom uchu
NTT	Nippon Telegraph and Telephone corporation	Japonská telegrafná a telefónna spoločnosť
SLR	Send Loudness Rating	vysielacia miera hlasitosti
VHF	Very High Frequency	veľmi vysoká frekvencia



---

## 4 Prehľad existujúcich metód na reálnu akustickú reprodukciu

### 4.1 Úvod

Existujúce všeobecné metódy na priblíženie sa k pôvodnému akustickému záznamu a reprodukcii, zamerané na rozličné aplikácie sú:

- spôsoby určené na reprodukciu skutočného akustického poľa;
- spôsoby poskytujúce počúvanie zodpovedajúcich signálov (súvisiacich s uchom) v kanáli ľudského ucha;
- spôsoby generujúce umelé akustické prostredia.

V tomto článku sú stručne opísané rozličné metódy a píše sa o ich použiteľnosti v súvislosti s blízkosťou reprodukcie k pôvodnému zvuku. Skúmala sa rozličnosť metód a v tomto dokumente sa uvádza prehľad najdôležitejších metód a ich analýza na základe nasledujúcich požiadaviek:

- spôsob zaznamenávania priestorového hluku musí byť:
  - jednoduchý na použitie;
  - jednoduchý na kalibráciu;
  - prispôsobený na širokopásmové zaznamenávanie;
  - dostupný za primeranú cenu;
  - kompatibilný k existujúcim normám a postupom použitým v skúšaní v telekomunikáciách;
  - použiteľný v rozličných prostrediach (minimálne v kancelárii, domácnosti a aute);
- zostavenie simulácie priestorového hluku musí byť:
  - jednoduché na nastavenie;
  - jednoduché na simuláciu požiadavky, t. j. nepožaduje špeciálne akustické spracovanie;
  - prispôsobené na poskytovanie predovšetkým simulácie reálneho priestorového hluku vo všetkých typických priestorových hlukoch spojených s telekomunikačnými aplikáciami;

- jednoduché na kalibráciu;
- predovšetkým necitlivé na umiestnenie skúšaných objektov v simulovanom zvukovom poli;
- použiteľné vo všetkých typických koncových zariadeniach v telekomunikáciách;
- dostupné za primeranú cenu.

## 4.2 Techniky priestorového ozvučenia

Základy techniky priestorového ozvučenia sa nachádzajú v aplikáciách kina. Virtuálny obraz poskytovaný stereofónnou prezentáciou zvukov je pri veľkých premietacích plochách v kine nedostatočný. V päťdesiatych rokoch minulého storočia boli vyvinuté štvorkanálové a šesťkanálové zvukové záznamy k filmom na magnetických páskach, štvorkanálové a šesťkanálové reproduktorové systémy sa inštalovali do kín na reprodukciu viackanálových zvukov. Nové techniky boli, najčastejšie navrhované a distribuované pod značkou Dolby® [i.1]: Dolby Surround, Dolby Surround Pro Logic, Dolby Digital a Dolby Digital Surround. Najčastejšia konfigurácia je *konfigurácia 5.1*, použitá v kine, ale tiež v domácich aplikáciách. Reprodukčný systém obsahuje ľavý a pravý kanál, stredový reproduktor, dva okolité kanály (ľavý kanál a pravý kanál, usporiadané za poslucháčom) a nízkofrekvenčný kanál na nízkofrekvenčné efekty.

Cieľom celého systému priestorového zvuku je skôr vytvoriť umelý akustický obraz nahrávacieho štúdia, ako nahráť reálny akustický scenár a poskytnúť realitu vzhľadom na originálne možnosti plejbeku.

Na strane nahrávania sú použité špeciálne kódovače priestorového zvuku umožňujúce kódovanie päťkanálového signálu zo špeciálneho zmiešavacieho režijného zariadenia do digitálneho dátového toku 5.1. Prehrávací systém obsahuje špeciálny dekódovač umožňujúci oddelenie piatich kanálov a ich distribúciu na reproduktor prehrávacieho systému 5.1. Systémy sú kompatibilné so staršími monofónnymi a stereofónnymi systémami a môžu spracovať staršie štvorkanálové techniky priestorového zvuku pomocou špeciálneho dekódovača.

### Použitie

Typické aplikácie systémov priestorového zvuku sú kiná a domáce kiná. Zdrojový materiál je produkovaný profesionálnymi nahrávacími štúdiami použitím viackanálových zmiešavacích režijných zariadení a špeciálnych dekódovacích techník 5.1. V mnohých prípadoch sú vytvorené virtuálne prostredia, ktoré podporujú virtuálny obraz vhodným akustickým obrazom.

### Záver

Techniky priestorového ozvučenia sú navrhnuté tak, aby vytvárali akustické obrazy pred zaznamenávaním a reprodukovaním originálu. Hoci priestorový dojem poskytovaný technikami priestorového ozvučenia je niekedy mimoriadny, vytvorený akustický obraz je vždy umelý. Z dôvodu nedostatku je len málo jednoducho použiteľných záznamových techník priestorového zvuku, ktoré umožňujú priestorové nahrávanie zvukového poľa, nie sú vhodné na vytvorenie databázy priestorového hluku s reálnymi priestorovými hlukmi a kalibrovanými simulovanými priestorovými hlukmi v štúdiu.

## 4.3 IOSONO

Zvukový systém IOSONO® (pozri [i.14], [i.15] a [i.16]) je založený na syntéze vlnového poľa. Využíva Huygensov princíp vlnovej teórie. Tento princíp použitý v akustike znamená, že je možné

reprodukovat' akúkoľvek formu čelnej vlny s usporiadaním reproduktorov tak, že virtuálne zvukové zdroje sa môžu umiestniť kdekoľvek v oblasti počúvania. Z praktických dôvodov je potrebné rozmiestniť reproduktory okolo prehrávacej miestnosti. Na generovanie reálnych zvukových polí sa vstupný signál do každého reproduktora musí vypočítať samostatne. Na tento účel každý jeden zvukový zdroj (napríklad hlasy) sa musí nahrávať samostatne. Ak sa nahrávky robia v nahrávacej miestnosti, charakteristiky (napríklad odraz) sa musia nahrávať zvlášť. Všetky výsledky zvukových nahrávok sa potom zmiešajú a spracujú počas procesu editovania a reprodukcie.

Prirodzená a reálna priestorová reprodukcia zvuku sa potom dosiahne v širokej oblasti prehrávacej miestnosti. Všeobecné stereosystémy 5.1 dosiahnu *reálnu* reprodukciu zvuku len v malej oblasti prehrávacej miestnosti.

### **Použitie**

Typické aplikácie sú vo zvukových systémoch v domácnosti, kinách a iných zariadeniach na zábavu. Zvukový systém IOSONO je schopný prehrávať nahrávky vyrobené v bežom móde stereozvuku alebo technikami stereozvuku 5.1.

### **Záver**

Nevýhody tejto metódy sú v množstve potrebných komponentov: prepracovaný nahrávací systém, výkonná počítačová jednotka na zmiešanie veľkého počtu nahraných zvukových stôp v reálnom čase a množstvo reproduktorov, ktoré sa musia inštalovať v miestnosti. Napríklad v kine s priemernou veľkosťou je potrebných približne 200 reproduktorov.

Výhodou je, že zvukový systém IOSONO umožňuje veľmi realistickú reprodukciu zvuku, ale vyžaduje to mimoriadne úsilie, príliš vysoké na to, aby sa denne používal v laboratóriu.

## **4.4 Eidofónia**

Táto metóda (pozri [i.17]) bola navrhnutá na reprodukciu reálneho zvuku použitím prenosových techník VHF. Hlavným princípom je oddelenie základného signálu od časti signálu, ktorý obsahuje informáciu o smere výskytu zvuku.

Na nahrávanie sa používa gradientný mikrofón prvého rádu s kardioidnou smerovosťou. Počas nahrávania sa otáča jeho smerovosť na nahrávacej rovine pri frekvencii 38 kHz. Tento *otočný mikrofón* poskytuje na svojom elektrickom výstupe amplitúdovo modulovaný signál. Vzniknuté postranné pásma sú mimo prenášaného frekvenčnom rozsahu, ale obsahujú informáciu o smere výskytu zvuku. Použitím prenosových techník VHF sa táto informácia o fáze môže prenášať v druhom audiofrekvenčnom kanáli.

Reprodukcia zvuku je vytvorená priestorovou demoduláciou: prepínač je umiestnený pred každým reproduktorom a každý sa prepína synchronne so smerovosťou otáčania. Krátkodobá časť signálu obsahujúca informáciu o smerovosti výskytu zvuku je filtrovaná dolným priepustom a prehrávaná na každý reproduktor. Reprodukory sú umiestnené okolo prehrávacej miestnosti.

### **Použitie**

Eidofónia bola navrhnutá na poskytovanie reálneho zvukového prostredia použitím signálu prijatého z vysielacej stanice VHF. Použitím tejto techniky sa zlepšuje reprodukcia bežného stereozvuku. Eidofónia je kompatibilná aj s bežnými nahrávkami monofónneho zvuku a stereofónneho zvuku.

### **Záver**

Výhoda tohto systému je, že na produkciu reálneho zvukového poľa postačujú tri reproduktory. Pri reprodukcii priestorového zvuku s použitím viacerých reproduktorov (napríklad 16) nie je dôležitá

poloha počúvajúceho. Nezávislosť prenášaného zvuku od akusticky reprodukčnej miestnosti narastá s počtom použitých reproduktorov. Existujú významné obmedzenia tejto metódy, napríklad smerovosť mikrofónu je frekvenčne závislá a nie je ideálna, preto vzniká interferencia medzi rôznymi kanálmi. Druhý problém je so smerovosťou reproduktora, ktorá nie je kompatibilná so smerovosťou mikrofónu. Tento problém sa môže riešiť zvyšovaním počtu kanálov, čo je ale obmedzené smerovosťami použitých mikrofónov a ich usporiadaním.

Umiestnenie zvukových zdrojov sa zhoršuje vplyvom interferencie signálov mikrofónov a reproduktorov. Stupeň priblíženia sa k pôvodnej reprodukcii závisí od počtu použitých zvukových zdrojov a ich rozmiestnenia. Pri mnohých kombináciách zvukových zdrojov sa cieľ priblíženia k pôvodnej reprodukcii nemôže dosiahnuť.

Kódovacia technika, potrebná na nahratie zvukového poľa *otočného mikrofónu*, je zložitá a komerčne nedostupná. Ďalší nedostatok tejto metódy je komplikované dekódovanie potrebné na strane reprodukcie, ktoré je takisto komerčne nedostupné.

#### **4.5 Rozmiestnenie štyroch reproduktorov na prehrávanie binaurálne zaznamenaných signálov**

Tento postup reprodukcie bol pôvodne skúmaný na reprodukcii binaurálnych signálov nahraných použitím technológie umelej hlavy. Táto technológia zlepšuje dojem smerovosti a vzdialenosti. Štyri reproduktory sú obvyčajne umiestnené v štvorcovej formácii okolo stredového bodu (bod počúvania) rovnomerne, napríklad 2 m. Binaurálne nahrávky sú prehrávané späť nasledujúcim spôsobom: dva ľavé reproduktory prijímajú rovnaký signál vyrovnaného voľného poľa umelej hlavy len z ľavého kanála. Pravá strana je usporiadaná podobne. Na vyrovnanie sa prenosová funkcia z dvoch ľavých reproduktorov meria na kanáli ľavého ucha umelej hlavy. Podľa toho sa navrhli filtre IIR a FIR, s ktorými sa vstupný signál ľavých reproduktorov počas prehrávania filtruje takým spôsobom, že meraná prenosová funkcia kanála po ľavej strane umelých hláv je spektrálne plochá. Podobne sa vykonáva vyrovnanie pravých reproduktorov.

Pri postupe vyrovnávania sa neuvažuje s korekciou presluchu, to znamená, že ľavý kanál umelej hlavy je vyrovnaný len s ľavými reproduktormi, ale počas reprodukcie ľavý kanál tiež prijíma signál z reproduktorov napravo. Napriek tomuto zjednodušeniu postup vyrovnávania poskytuje dojem reálneho binaurálneho počúvania.

Výskumy [i.2] a [i.3] vykonávané v rozličných miestnostiach znázorňujú, že smerové počúvania a lokalizácia vzdialenosti pri reprodukcii zvuku s usporiadaním štyroch reproduktorov sú porovnateľné so zvukovou reprodukciiou v náhlavných súpravách.

Existuje niekoľko stratégií na vyrovnanie. Vyrovnanie sa môže jednak vykonávať s každým reproduktorom samostatne alebo s párami ľavý – pravý, predný – zadný.

#### **Použitie**

Praktickou aplikáciou je reprodukcia zvuku pri binaurálnych nahrávkach v typickej kancelárskej miestnosti, napríklad skúšky počúvajúceho alebo objektívne skúšky. Výskumy znázornené v [i.2] a [i.3] indikujú, že subjektívny vnem poskytovaný usporiadaním reproduktorov zodpovedá reprodukcii binaurálnych nahrávok s náhlavnými súpravami s ohľadom na vnímanie farby zvuku, vnímanie vzdialenosti (s určitými obmedzeniami) vzhľadom na umiestnenie zdroja zvuku. Poskytované dáta naznačujú, že nastavenie sa používa na objektívne merania, napríklad telekomunikačných koncových zariadení.

Usporiadanie štyroch reproduktorov sa používa aj na zdokonalené riadiace simulátory, ktoré obvyčajne poskytujú vizuálnu simuláciu situácie riadenia v dodatku k akustickému prehrávaciemu systému.

## Záver

Výhodou takéhoto usporiadania na strane nahrávania je kompatibilita so štandardnými záznamami monofónneho zvuku a stereofónneho zvuku. Takéto usporiadanie umožňuje jednoducho prehrávať binaurálne nahrávky pri subjektívnych a objektívnych experimentoch, alebo nahrávky monofónne/stereofónne v prípadoch, kde sa reprodukcia nemusí blížiť reálnej reprodukcii. S miernymi modifikáciami sa geometrické nastavenie môže použiť v iných prostrediach, napríklad v autách. Iným aspektom tohto usporiadania je mierny vplyv hardvéru.

Nevýhodou tohto usporiadania je, že následkom vkladaných reproduktorových signálov väčšinou v bezodrazových miestnostiach sa objaví rušenie. Na túto skutočnosť musia skúšajúce subjekty pamätať. Rušenie sa objaví na mnohých pevných pozíciách počas skúšok, ale zo skúšok aj vyplýva, že presná zvuková reprodukcia je možná len v malej oblasti bezodrazovej miestnosti. Inou nevýhodou binaurálnej reprodukcie je skutočnosť, že nie je možné s týmto usporiadaním dosiahnuť presné zamedzenie ozveny. Ale vo všeobecnosti sa táto technika javí ako najslubnejšia aj s danými obmedzeniami, ako sú mierny vplyv hardvéru pri nahrávaní, špeciálne na strane reprodukcie a blízkosť s pôvodnou reprodukciou a scenárov nahraných bez dodatočnej úpravy rozmiestnenia reproduktorov.

## 4.6 Databáza priestorového hluku NTT

Databáza priestorového hluku NTT [i.4], ktorá je komerčne dostupná v NTT, sa obyčajne používa na skúšky kodekov. Databáza obsahuje súbory hlukov, ktoré sa zaznamenali so štvorkanálovým nahrávaním s použitím štyroch smerových mikrofónov. Mikrofóny boli usporiadané v uhle 90 ° s uhlopriečkou 70 cm. Hoci pôvodné signály boli zaznamenané so šírkou pásma 20 kHz, signály komerčne dostupné sú špeciálne kódované na CD, poskytujúce šírku pásma 11 kHz/15 bitov v každom kanále. Špeciálny dekódovač je potrebný vtedy, ak sú signály prezentované akusticky na reproduktoroch. Usporiadanie reproduktorov je navrhnuté v zozname podmienok. Na kalibráciu sa poskytuje kalibračný tón, uvádza sa len kalibračná úroveň, nie je opísaný postup vyrovnávania.

V elektrických vyhodnocovacích systémoch je dostupné zmiešanie štvorkanálového nahrávania do monofónneho kanála so vzorkovacou frekvenciou 8 kHz. Tento signál je najčastejšie použitý na posúdenie nových rečových kodekov s cieľom vyhodnotenia vplyvu priestorového hluku na výkonnosť kódovačov.

## Použitie

Databáza NTT je najpoužívanejšia na vyhodnotenie kodekov hovoru použitím vzorkovacej frekvencie 8 kHz. Ak sa použije akustické štvorkanálové prehrávanie, najväčšie obmedzenie vznikne použitím šírky pásma 11 kHz, ktoré nemusí byť dostatočné na širokopásmové aplikácie v budúcnosti.

## Záver

Nedostatok tohto usporiadania je na strane nahrávania a prehrávania. Na nahrávanie je potrebné špeciálne usporiadanie mikrofónov a špeciálna technika kódovania. Signál na strane reprodukcie je pásmovo obmedzený a zrejme sa nebude dať použiť na širokopásmové aplikácie v budúcnosti. V súčasnosti nie je jasné, ako sa bude prehrávací systém kalibrovať a vyrovnávať na získanie blízkeho zvukového poľa s pôvodným zvukovým poľom, a ktoré postupy sa musia dodržať počas nahrávania na získanie správnej kalibrácie a nastavenia nahrávania. Vybraté usporiadanie mikrofónov sa javí nepraktické pri scenároch nahrávania v malých priestoroch, napríklad v autách.

Ďalšou nevýhodou je, že databázu priestorového hluku je potrebné zakúpiť na každú aplikáciu zvlášť, vrátane špeciálneho dekódovača. Nie je jasné, v akom rozsahu je komerčne dostupná technika nahrávania a kódovania.

#### **4.7 Všeobecné závery**

Hoci existujú rozmanité spôsoby reprodukcie, použiteľnosť takýchto metód v laboratórnych podmienkach je obmedzená najmä pre:

- jednoducho a dobre opísané techniky nahrávania;
- jednoduchú inštaláciu a jednoduché použitie techniky prehrávania s prijateľnými nákladmi;
- inštaláciu techniky prehrávania v rozličných miestnostiach s rozličnými akustickými podmienkami.

Spôsob nastavenia štvorkanálového reproduktora so súvisiacim basovým reproduktorom založeným na binaurálne nahranom materiáli sa vybral v ETSI ako základ na usporiadanie na simuláciu priestorového hluku.

## 5 Zostavenie nahrávania

### 5.1 Binaurálne vyrovnanie

Technika simulácie zvukového poľa opísaná v tomto dokumente je všeobecne založená na binaurálnej nahrávacej a reprodukčnej technike známej už mnoho rokov (pozri [i.6]). Všeobecným princípom nahrávacej a prehrávacej techniky je poskytovanie nahrávacích prístrojov (umelej hlavy alebo skúšaného subjektu s binaurálnymi snímacími mikrofónmi) ktoré umožnia nahrávanie signálov uší, obyčajne prijatými poslucháčmi v zvukovom poli, čo najbližšie k originálu. Ak sa používa umelá hlava (simulátor hlavy a trupu – HATS) tento môže reprezentovať *priemerného poslucháča*. Vhodný opis vlastností umelej hlavy použitý na nahrávacie techniky sa nachádza v odporúčaní ITU-T P.58 [i.8], ktoré opisuje simulátor trupu a hlavy na použitie v telefonometrii. Pretože charakteristiky umelej hlavy sú silne závislé od smeru, výstupné signály mikrofónov umelej hlavy sa nemôžu priamo porovnávať so signálom normálového meracieho mikrofónu, ale na získanie porovnateľných výstupných signálov sa musí použiť vyrovnávací postup. Môžu sa použiť rozličné druhy vyrovnávacích postupov na nahrávanie s umelou hlavou. Sú známe uvedené vyrovnávacie postupy.

#### Vyrovnanie voľného poľa

Umelá hlava je vyrovnaná takým spôsobom, že pri výskyte čelného zvuku v bezodrazových podmienkach je frekvenčná charakteristika umelej hlavy plochá.

#### Vyrovnanie difúzneho poľa

Umelá hlava je vyrovnaná v difúznom zvukovom poli. Pri výskyte náhodného zvuku je frekvenčná charakteristika umelej hlavy plochá (pozri tiež vyrovnanie difúzneho poľa mikrofónu).

#### Vyrovnanie nezávislé od smeru

Táto technika je založená na skutočnosti, že prenosové charakteristiky umelej hlavy sú ovplyvnené prvkami nezávislými od smeru (rezonancia *cavum concha*, funkcia prenosu ušného kanála) a prvkami ktoré v závislosti od smeru zvuku na meranú prenosovú funkciu. Vyrovnanie pôsobí len na prenosovú funkciu tých prvkov hlavy, ktoré sú nezávislé od smeru zvuku.

### 5.2 Metóda vyrovnávania

Vo všeobecnosti použitá umelá hlava (HATS) musí vyhovieť požiadavkám definovaným v odporúčaní ITU-T P.58 [i.8]. Všetky uvedené vyrovnávacie metódy sa môžu použiť, ale preferovanou je metóda vyrovnávania difúzneho poľa (ak je dostupná) alebo metóda vyrovnávania nezávislého od smeru zvuku. Je to z toho dôvodu že v prenosovej funkcii umelej hlavy v porovnaní s prenosovou funkciou vo voľnom poli sú menšie ostré hrany a sklony (pozri tiež odporúčanie ITU-T P.58 [i.8]).

#### Vyrovnanie voľného poľa

Vyrovnanie voľného poľa je vykonané s touto referenčnou polohou v bezodrazovej miestnosti. Referenčný zdroj je umiestnený na referenčnej osi HATS, v minimálnej vzdialenosti 1,5 m od krúžku pier HATS. Ak sa použije binaurálny mikrofón, tento bod zodpovedá rovine pier osoby s binaurálnym mikrofónom. Meraná charakteristika voľného poľa HATS je:

$$H_{ff}(0^\circ, 0^\circ, f).$$

Podľa tohto funkcia vyrovnania voľného poľa sa vypočíta:

$$H_{ff-EQ}(0^\circ, 0^\circ, f) = 1/H_{ff}(0^\circ, 0^\circ, f).$$

$H_{ff-EQl}(0^\circ, 0^\circ, f)$  sa nazýva vyrovnanie voľného poľa ľavého ucha,  $H_{ff-EQr}(0^\circ, 0^\circ, f)$  sa nazýva vyrovnanie voľného poľa pravého ucha.

Vyrovnanie musí byť správne v  $\pm 0,5$  dB vo frekvenčnom rozsahu od 50 Hz do 10 kHz namerané v 1/3 oktávovom pásme.

POZNÁMKA. – Vyrovnanie voľného poľa HATS požaduje veľmi pozorné zostavenie merania. Následkom smerovosti HATS malé odchýlky od referenčnej polohy ( $0^\circ, 0^\circ$ ) môžu spôsobiť chybné vyrovnané prenosové funkcie.

### Vyrovnanie difúzneho poľa

Vyrovnanie difúzneho poľa je vykonané s touto referenčnou polohou v difúznom zvukovom poli. Použije sa bezodrazová miestnosť, alebo usporiadanie viacerých reproduktorov, pričom každý je napájaný nekorelovaným hlukovým signálom generujúc skutočné difúzne zvukové pole. HATS je umiestnený v strede difúzneho zvukového poľa.

Nameraná charakteristika difúzneho poľa HATS je:

$$H_{df}(f).$$

Z tohto sa vypočíta funkcia vyrovnania difúzneho poľa:

$$H_{df-EQ}(f) = 1/H_{df}(f).$$

$H_{df-EQl}(f)$  sa nazýva funkcia vyrovnania difúzneho poľa ľavého ucha;  $H_{df-EQr}(f)$  sa nazýva funkcia vyrovnania difúzneho poľa pravého ucha.

Funkcia vyrovnania musí byť správne v tolerancii  $\pm 0,5$  dB vo frekvenčnom rozsahu od 50 Hz do 10 kHz nameraná v 1/3 oktávových pásmach.

### Vyrovnanie nezávislé od smeru

Nezávislé vyrovnanie smerovosti sa nemôže merať priamo, ale musí sa vypočítať výpočtom ovplyvnenia nepriamych prvkov hlavy týkajúcich sa prenosových funkcií a generovaním funkcie vyrovnania použitím inverzie identifikátora prenosovej funkcie. Ovplyvnenie kanála ucha a *cavum concha* je nezávislé od smeru, pokiaľ ovplyvnenie vonkajšieho ucha, hlavy, ramena a ľudského tela je závislé od smeru výskytu zvuku. Prenosová funkcia *cavum concha* a ušného kanála sa môžu modelovať dutinou nasledovanou akustickým kanálom, ktorý je ukončený ušným bubienkom. Vhodný model a postupy sú opísané napríklad v [i.12].

Nameraná charakteristika voľného poľa HATS sa môže rozdeliť do:

$$H_{ff}(f) = H_{dd}(f) + H_{id}(f).$$

$H_{dd}(f)$  – funkcia časti hlavy závislej od smeru, spojená s prenosovou funkciou.

$H_{id}(f)$  – funkcia časti hlavy nezávislej od smeru, spojená s prenosovou funkciou.

Z tohto funkcia vyrovnania nezávislého od smeru sa vypočíta:

$$H_{id-EQ}(f) = 1/H_{id}(f).$$

Funkcia  $H_{id-EQl}(f)$  sa nazýva vyrovnanie ľavého ucha s identifikátorom; funkcia  $H_{id-EQr}(f)$  sa nazýva vyrovnanie pravého ucha s identifikátorom.



Funkcia vyrovnávania musí byť správne v tolerancii  $\pm 0,5$  dB vo frekvenčnom rozsahu od 50 Hz do 10 kHz, nameraná v 1/3 oktávových pásmach.

Na umelú hlavu sa môžu použiť všetky techniky vyrovnávania, ako aj binaurálne snímacie mikrofóny, ktoré nosia samostatní používatelia namiesto použitia umelej hlavy. Ak sú použité techniky snímacieho mikrofónu, nazývané techniky MIRE – mikrofón v reálnom uchu, (pozri ISO 11904-1 [i.5]), použije sa rovnaká vyrovnávacia technika, ako sa používa pri HATS.

Preferovaná je metodika nahrávania s technikou umelej hlavy (HATS), pretože výkonové charakteristiky HATS sú dobre opísané a pravdepodobne nevzniknú problémy následkom chybného polohy, alebo následkom rozdielov pri použití binaurálneho mikrofónu a vyrovnávania chýb rôznymi osobami.

Vybratá technika vyrovnávania v nahrávacom procese musí byť rovnaká, ako sa používa v procese vyrovnávania reproduktorov (pozri článok 6.3).

Nastavenie nahrávania je všeobecne opísané na obrázku 1.



Obrázok 1 – Nastavenie nahrávania

---

## 6 Nastavenie reproduktora na simuláciu priestorového hluku

### 6.1 Požiadavky na skúšobnú miestnosť

Vybratá reprodukčná technika nepožaduje špecifické typy miestností, ako sú bezodrazové miestnosti. Technika je použiteľná v typických kancelárskych miestnostiach, ako aj v bezodrazových a poloodrazových miestnostiach. Prehrávacía miestnosť má spĺňať nasledujúce požiadavky:

- **Veľkosť miestnosti:**

musí byť v rozsahu medzi 2,5 m × 3 m a 3,5 m × 4 m; výška miestnosti musí byť v rozsahu medzi 2,20 m a 2,50 m.

- **Úprava miestnosti:**

kancelárske miestnosti majú mať na dlážke koberec a určité akustické tlmenie na strope, aké sa obyčajne nachádza v kancelárskych miestnostiach; záves má pokrývať jednu alebo dve steny na zamedzenie silných odrazov od tvrdých povrchov v miestnosti; dozvuk miestnosti má byť menší ako 0,7 s, ale vyšší ako 0,2 s vo frekvenčnom rozsahu od 200 Hz do 8 kHz.

Pri bezodrazovej alebo poloodrazovej miestnosti nie sú potrebné dodatočné úpravy.

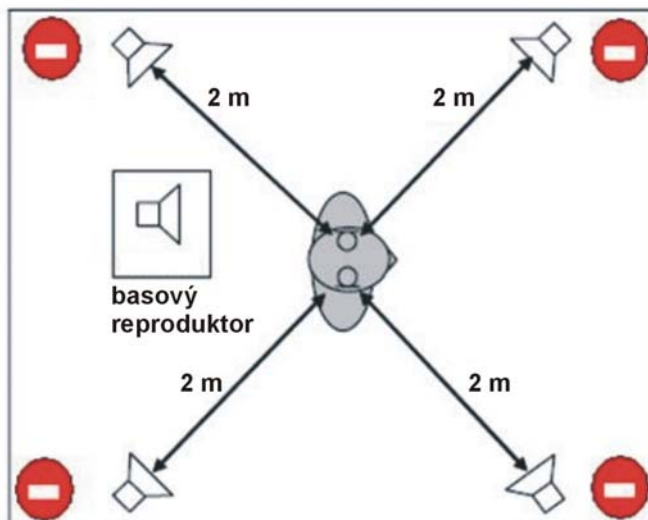
- **Dolná medza hluku:**

na zníženie vplyvu vonkajšieho hluku musí byť dolná medza hluku nameraná v miestnosti nižšia ako 30 dB<sub>SPL(A)</sub>.

### 6.2 Umiestnenie reproduktora

Reproduktor sa má umiestniť podľa obrázka 2. Vzdialenosť od stredu akustického poľa (poloha, ktorá sa používa na vyrovnanie, a kde je skúšobné zariadenie obyčajne umiestnené) má byť 2 m. V kancelárskych miestnostiach má byť vzdialenosť medzi každým reproduktorom a stredom nastavenia simulácie a medzi dvomi susednými reproduktormi väčšinou rovnaká. V závislosti od geometrie miestnosti sa môže preferovať mierne asymetrická poloha reproduktorov. Musí sa zamedziť umiestneniu blízko pri rohoch miestnosti, ak je to možné. Dobrým indikátorom neoptimálnej polohy je nameraná frekvenčná charakteristika. Vysokokvalitné reproduktory vo väčšine s plochou frekvenčnou charakteristikou, s odchýlkami viac ako 9 dB od plochej charakteristiky, indikujú silné ovplyvnenie miestnosťou, čo je spôsobené tvarom miestnosti alebo silnými odrazmi. Tieto reproduktory si vyžadujú veľké vyrovnanie a spôsobujú obyčajne priestorovú nestabilitu zvukového poľa. V bezodrazových miestnostiach môže silné *efekty hrebeňového filtra* spôsobené symetrickým usporiadaním pomôcť prekonať aj mierne asymetrická poloha. Vysokokvalitné mikrofóny s prevažne plochou frekvenčnou charakteristikou, ktoré majú neprímerane vysokú odchýlku od celkovej plochej frekvenčnej charakteristiky zvyčajne indikujú silný *efekt hrebeňového filtra*, zapríčinený symetrickým rozmiestnením alebo neoptimálnymi odchýlkami hodnotami oneskorenia (pozri článok 6.3).

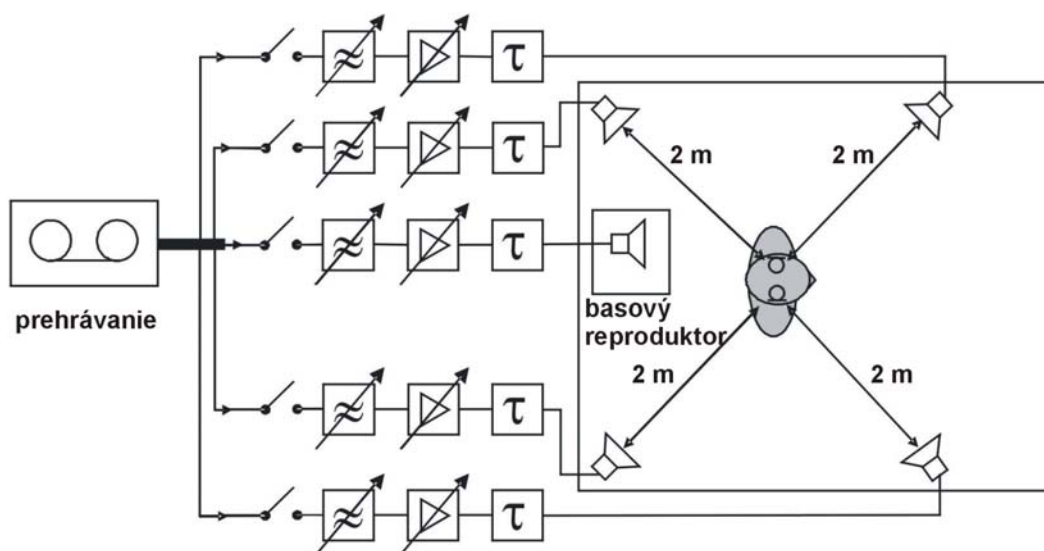
Výška štyroch reproduktorov sa musí vybrať tak, že stred akustického poľa je v rovnakej výške ako polohy reproduktorov. Umiestnenie basového reproduktora väčšinou nie je kritické, ale je potrebné zabrániť umiestneniu basového reproduktora priamo v rohu miestnosti.



Obrázok 2 – Zostava reproduktorov v štandardnej kancelárii

### 6.3 Vyrovnávanie a kalibrácia

Usporiadanie štyroch reproduktorov, ako je opísané v článku 6.2 je umiestnené v štandardnej kancelárskej miestnosti, opísanej v článku 6.1. Kompletná bloková schéma nastavenia je znázornená na obrázku 3.



Obrázok 3 – Všeobecné nastavenie zostavy vyrovnaných štyroch reproduktorov v kancelárii

Na vyrovnávanie umelej hlavy sa použije odporúčanie ITU-T P.58 [i.8]. Umeľá hlava (HATS) sa musí vyrovnáť tak, aby to zodpovedalo vyrovnaniu použitému na nahrávanie zvukového poľa (voľné pole, difúzne pole, ID; pozri článok 5.2). Umeľá hlava je umiestnená v strede akustického poľa (stred štyroch reproduktorov; pozri obrázok 3).

Všeobecne sa vyrovnávanie vykonáva binaurálne: dva reproduktory naľavo sú vyrovnávané k ľavému kanálu umelej hlavy a pravé reproduktory sú vyrovnávané k pravému kanálu umelej hlavy.

V praxi signál ľavých reproduktorov tiež dosiahne pravý kanál umelej hlavy, čo znehodnotí vyrovnanie. Vplyv tohto presluchu sa nemôže eliminovať, ale môže sa minimalizovať, ako je opísané v postupe vyrovnávania. Vo všetkých typoch miestností sú k jednotlivým reproduktorom pridané nasledujúce oneskorenia: 0 ms, 11 ms, 17 ms, 29 ms. Tieto dodatočné oneskorenia sú potrebné na zvýšenie rozptýlenia zvukového poľa. Ak nie je vyhovujúca miestnosť, vlastnosti reproduktorov, rozmery a polohy, ktoré nie sú vždy rovnaké, môžu sa tieto hodnoty oneskorenia nahradiť inými hodnotami, ktoré zlepšia vyrovnanie po filtrovaní IIR a FIR. Nemá sa použiť oneskorenie vyššie ako 50 ms. Dobrý indikátor výberu oneskorenia je výsledok celkovej frekvenčnej charakteristiky. Ak je väčšinou plochá (nameraná na obidvoch ušiach) môže sa predpokladať správna voľba oneskorenia. Ďalšie informácie sú v prílohe B. Okrem kompenzácie oneskorenia opísanej v kroku 5, v kancelárskych miestnostiach, postup vyrovnávania a kalibrácie je rovnaký vo všetkých miestnostiach.

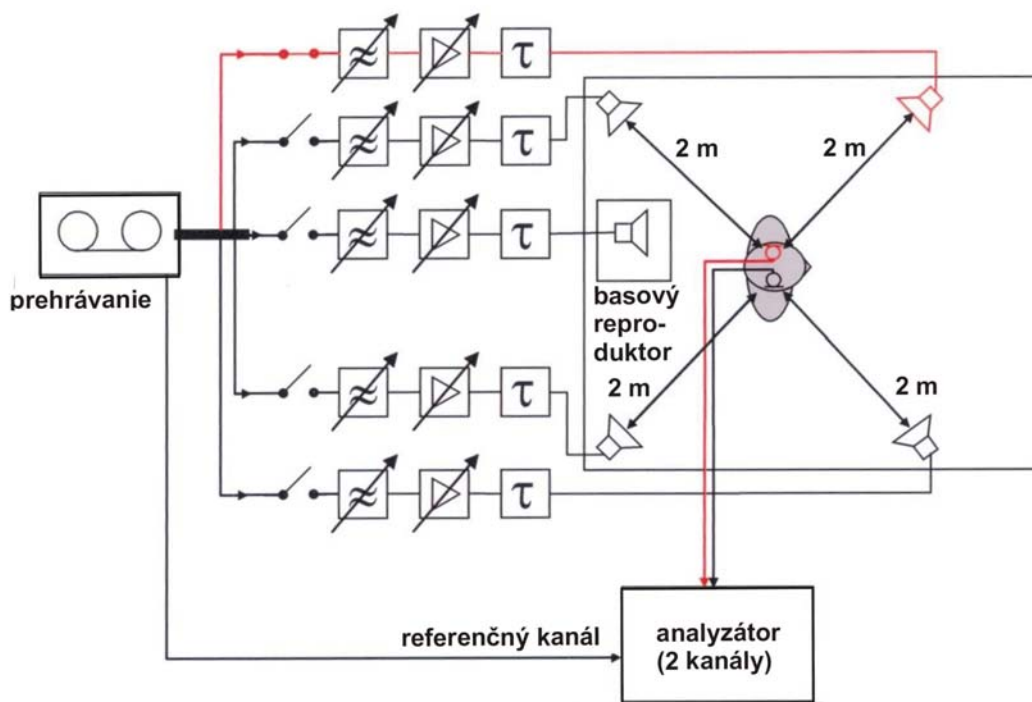
Vyrovnanie sa vykonáva v niekoľkých krokoch:

1. Samostatné vyrovnanie každého zo štyroch reproduktorov.
2. Samostatné nastavenie úrovne každého reproduktor.
3. Vyrovnanie dvoch ľavých a dvoch pravých reproduktorov.
4. Vyrovnanie a nastavenie úrovne basového reproduktora.
5. Kompenzácia oneskorenia.
6. Vyrovnanie všetkých reproduktorov (preskúšanie a zníženie presluchu).

Každý z krokov je opísaný takto:

7. Samostatné vyrovnanie každého zo štyroch reproduktorov.

Na vyrovnanie jedného reproduktora sa používa signál ružového hluku (pseudohluku). Je vedený postupne k prednému ľavému, zadnému ľavému, prednému pravému a zadnému pravému reproduktoru. Vstupný signál musí byť vo frekvenčnom rozsahu od 120 Hz do 20 000 Hz (len štyroch reproduktorov). Basový reproduktor má frekvenčný rozsah nižší ako 120 Hz. Ako príklad je uvedené vyrovnanie predného ľavého reproduktora (pozri obrázok 4). Pri ostatných reproduktoroch je proces rovnaký.



POZNÁMKA. – Signálna trasa pri vyrovnávaní predného ľavého reproduktora je označená červenou farbou.

**Obrázok 4 – Blokový diagram nastavenia vyrovnania**

Signál ružového hluku (pseudohluku) je filtrovaný horným priepustom 120 Hz a potom je vedený k prednému ľavému reproduktoru minimálne 2 s. Synchronne prehrávaný spätný signál je nahrávaný na výstupe ľavého ucha umelej hlavy. Výkonová hustota spektra sa potom vypočíta pri nahranom signále ucha a pri pôvodnom signále. Priemerná magnitúda dvoch spektier výkonovej hustoty sa vypočíta takýmto spôsobom:

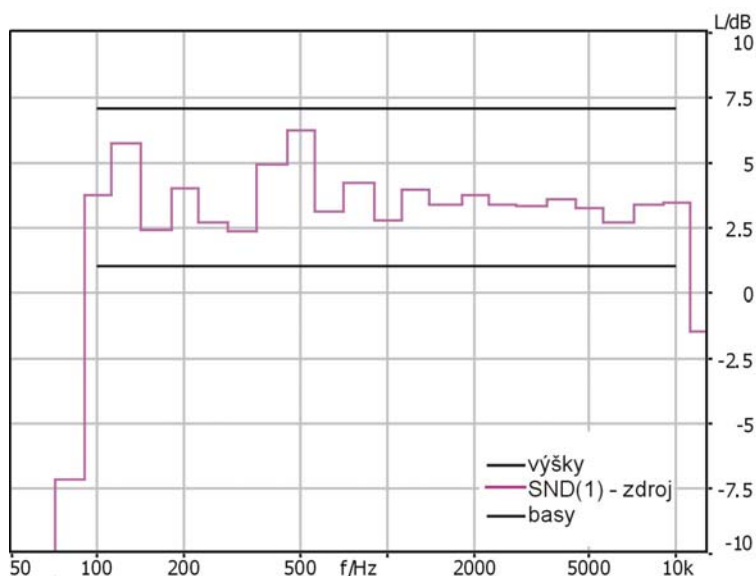
$$|H_{LS}(f)| = \frac{|S_{LS}(f)|}{|S_{pm}(f)|}$$

Funkcia  $H_{LS}(f)$  sa analyzuje v tretích oktávach. Nameraná výsledná frekvenčná charakteristika musí byť plochá medzi 120 Hz a 10 kHz s toleranciou  $\pm 3$  dB.

Na splnenie tejto podmienky je potrebné navrhnuť filter, ktorý kompenzuje frekvenčnú charakteristiku reproduktora v miestnosti. Kompenzačný filter nemá spôsobovať tlenie alebo zosilnenie vyššie ako 9 dB. Ak spôsobí, to znamená, že zostavenie usporiadania nie je optimálne a musí sa modifikovať. Frekvenčná charakteristika kompenzačného filtra sa vypočíta z počiatocne nameranej frekvenčnej charakteristiky reproduktora použitím inverznej funkcie filtra:

$$|H_{EQ}(f)| = \frac{1}{|H_{LS}(f)|}$$

Vyrovnaný pseudohlukový signál sa použije v prednom ľavom reproduktore. Obrázok 5 znázorňuje príklad merania frekvenčnej charakteristiky reproduktora po vyrovnávacom procese.



**Obrázok 5 – Rozdiel pôvodného signálu a vyrovnaného signálu prehratého predným ľavým reproduktorom, nameraný ľavým uchom umelej hlavy (s basovým reproduktorom)**

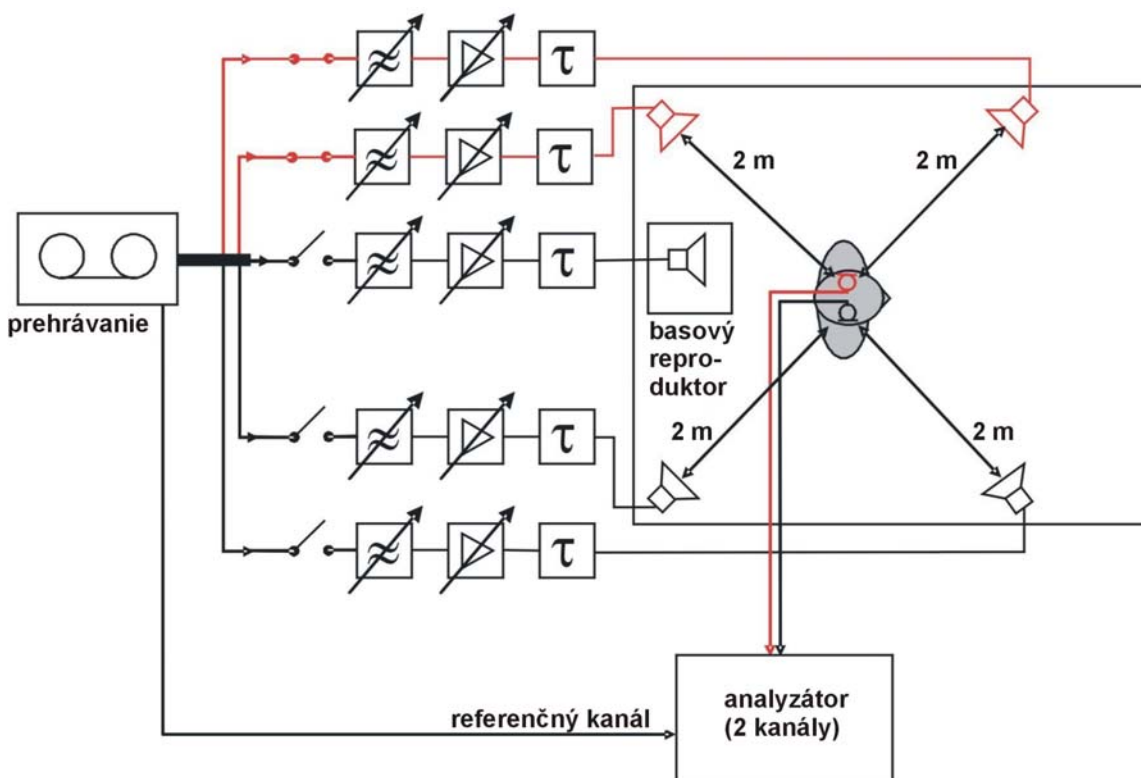
#### 8. Samostatné nastavenie úrovne každého reproduktora.

Po samostatnom vyrovňovaní každého reproduktora sa musí nastaviť úroveň tlaku zvuku každého reproduktora. Na reprodukciu pôvodnej úrovne ktoréhokoľvek zvukového zdroja, v tomto usporiadaní so štyrmi reproduktormi, úroveň každého zo štyroch reproduktorov musí byť o 6 dB nižšia, ako je úroveň pôvodného zvukového zdroja, následkom skutočnosti, že zdroj zvuku je reprodukován štyrmi reproduktormi.

Toto nastavenie úrovne sa môže dosiahnuť nahrávaním a analyzovaním spätne prehrávaného signálu každého reproduktora, ako je uvedené v prvom kroku, a potom nastavením úrovne na úroveň o 6 dB nižšie, ako je pôvodná úroveň.

#### 9. Vyrovnanie dvoch ľavých a dvoch pravých reproduktorov.

V treťom kroku sa vykoná vyrovnanie dvoch samostatných ľavých reproduktorov a zvlášť pravých reproduktorov v kombinácii (pozri obrázok 6). Ako skúšobný signál sa použije stacionárny, reálny, širokopásmový hluk (napríklad širokopásmový kancelársky hluk alebo hluk vo vozidle nahraný počas plynulej jazdy). Skúšobný signál sa použije na dosiahnutie rovnakej frekvenčne závislej korelácie, akú má typická nahrávka s umelou hlavou a na zamedzenie rušiacich vplyvov následkom periodicity ružového pseudohluku.



POZNÁMKA. – Signálna trasa na vyrovnanie kombinácie ľavých reproduktorov je označená červenou farbou.

### Obrázok 6 – Blokový diagram nastavenia vyrovnaní

Skúšobný signál je synchronne použitý s ľavými reproduktormi (predný a zadný) a podobne ako v kroku 1 je nahraný v ľavom kanáli umelej hlavy a spektrálne analyzovaný v tretích oktávach. Znova nameraný rozdiel nahraného a prehrávaného signálu musí splniť 6 dB tolerančného diagramu podľa obrázka 5.

Ak zaznamenaný signál nevyhoví tolerančnému diagramu, opakovane sa navrhne filter jedného alebo oboch ľavých reproduktorov na splnenie tolerančného diagramu.

POZNÁMKA. – Tolerančný diagram s jedným reproduktorom sa môže porušiť, ak vyrovnanie s kombinovanými ľavými reproduktormi vyhoví tolerančnému diagramu.

Vyrovnanie pravých reproduktorov je vykonané rovnako.

#### 10. Vyrovnanie a nastavenie úrovne basového reproduktora.

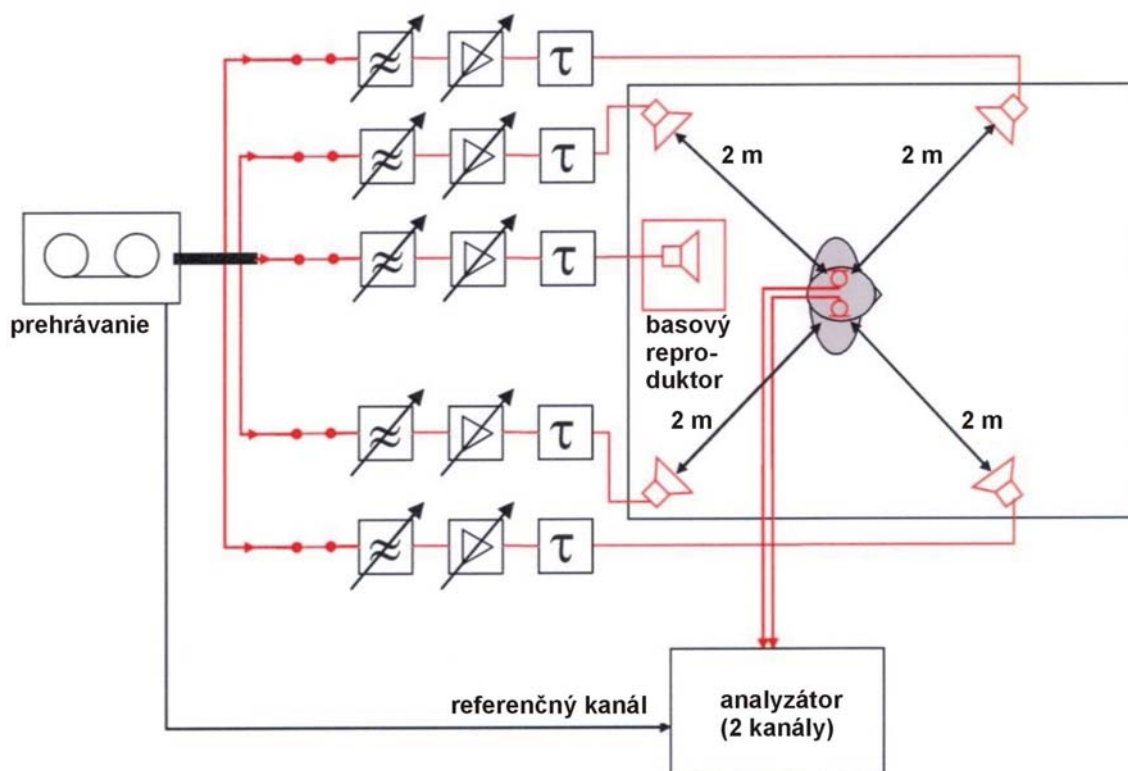
Vyrovnanie basového reproduktora sa vykoná vo frekvenčnom rozsahu od 30 Hz do 120 Hz. Uvedený je frekvenčný rozsah medznej hodnoty dolného priepustu s charakteristikami činiteľa *roll-off* minimálne 18 dB/oktávu. Na zamedzenie obsahu príliš nízkej frekvencie sa musí použiť horný priepust pod 50 Hz s charakteristikami činiteľa *roll-off* 12 dB/oktávu. Ako skúšobný signál sa použije znovu ružový pseudohluk. Podobne ako na vyrovnanie štyroch reproduktorov sa ružový pseudohluk prehráva basovým reproduktorom a zaznamenáva v pravom uchu. Na základe rozdielu nahraného a pôvodného spektra ružových pseudohlukov sa navrhne filter, s ktorým sa tento rozdiel, analyzovaný na tretích oktávach, vyrovná na spektrálne plochý signál v tolerančnom diagrame 6 dB.

Úroveň je nastavená na úroveň pôvodného zvukového zdroja.

#### 11. Kompenzácia oneskorenia.

12. Na usporiadanie štyroch reproduktorov vrátane basového reproduktora sa požaduje na dodržiavanie korelácie nahratého hluku kompenzácia oneskorenia jednotlivého reproduktora vzhľadom na stred akustického poľa. Chybné nastavenie oneskorenia môže viesť k javom kombinovaného filtra, čo vedie k neprirodzenému ozvučovaniu signálmi priestorového hluku. Typické hodnoty oneskorenia s usporiadaním štyroch reproduktorov sú: 0 ms, 11 ms, 17 ms, 29 ms. Typicky – následkom nízkych frekvencií produkovaných basovým reproduktorom nie je potrebná kompenzácia oneskorenia basového reproduktora. Ale toto nemusí byť optimálne nastavenie oneskorenia vo všetkých typoch miestností. Ak to nie je vyhovujúce, pretože vlastnosti miestností a reproduktorov, rozmery a polohy nie sú vždy rovnaké, tieto hodnoty oneskorenia sa môžu nahradiť lepšími hodnotami, čo sa prejaví na lepšom vyrovnaní po filtrovaní IIR a FIR. Na celkové vyrovnanie všetkých reproduktorov sa nesmú sa použiť žiadne oneskorenia vyššie ako 50 ms.

Posledným krokom je overenie procesu vyrovňovania vrátane kompenzácie oneskorenia. Stacionárny reálny vopred nahraný signál širokopásmového priestorového hluku je vedený na usporiadanie štyrmi reproduktormi. Všetky vyrovnávače, nastavenia úrovne a oneskorenia sú aktívne, signál sa prehráva všetkými reproduktormi vrátane basového reproduktora (pozri obrázok 7). Reprodukované zvukové pole sa nahráva v oboch ušiach umelej hlavy. V každom kanále ucha sú nahrávky spektrálne analyzované v tretích oktávach a porovnávané so spektrom pôvodného signálu. Nameraná frekvenčná charakteristika signálu ľavého ucha a signálu pravého ucha znovu má byť v tolerancii  $\pm 3$  dB, v každom kanále vo frekvenčnom rozsahu od 50 Hz do 10 kHz.



POZNÁMKA. – Signálne trasy na celkové vyrovnanie sú označené červenou farbou.

**Obrázok 7 – Blokový diagram nastavenia vyrovňovania**

Ak je výsledok mimo tolerancie, je potrebné kontrolovať, ktorý zo štyroch reproduktorov najviac prispieva k chybe vyrovňovania. Obyčajne tolerančný diagram je narušený len v malom frekvenčnom rozsahu.



V prvom kroku sa kontroluje, či chyba vyrovnania je následkom signálu presluchu. Preto reproduktory produkujúce signál presluchu sa vypnú. Ak sa teraz chyba vyrovnania stratí, prvý predný reproduktor (produkujúci signál presluchu) a potom zadný reproduktor (produkujúci signál presluchu) sa zapnú znovu. Podľa toho sa nájde reproduktor najčastejšie prispievajúci k chybe vyrovnania. Vyrovnanie tohto reproduktora je potom opravené a celkové vyrovnanie sa znovu kontroluje v ľavom a pravom kanále. Tento postup sa opakuje dovtedy, dokiaľ nie je chyba vyrovnania v požadovanej tolerancii obidvoch kanálov. Niekedy je potrebné opraviť vyrovnávač predného a zadného reproduktora.

Ak je chyba vyrovnania často následkom reproduktorov produkujúcich priamy zvuk v uvažovanom kanále, potom je potrebné opraviť vyrovnávače týchto reproduktorov. Postup je rovnaký ako už bolo opísané pri presluchu reproduktorov.

POZNÁMKA. – Vo výnimočných prípadoch je nutné vykonať korekciu vyrovnania reproduktorov s priamym zvukom a reproduktorov s presluchom. V takých prípadoch trasa, ktorá sa musí nasledovať, musí mať pozorne nastavené vyrovnanie rozličných reproduktorov prispievajúcich k chybe a nie skúšať minimalizovať chybu vyrovnania opravou vyrovnania jedného reproduktora veľkou zmenou filtra.

## 6.4 Presnosť reprodukcie zostavenia

Počas procesu potvrdzovania platnosti boli rozličné experimenty riadené za účelom odhadnutia presnosti reprodukcie usporiadania prehrávania štyrmi reproduktormi. Toto potvrdzovanie bolo spojené s rozličnými krokmi a celé sa vykonalo porovnaním dvanástej oktávy spektra a tretej oktávy spektra. Pretože výsledky nie sú všeobecne rozdielne, zobrazia sa len výsledky tretej oktávy.

### 6.4.1 Porovnanie medzi pôvodným zvukovým poľom a simulovaným zvukovým poľom

Dáta uvedené ďalej boli odvodené z nasledujúceho experimentu.

V kancelárskej miestnosti bolo generované zvukové pole priestorového hluku. Dva reproduktory a počítač, ktorý produkuje typický hluk ventilátora, boli umiestnené v kancelárskej miestnosti. Zvukové pole produkované v tomto usporiadaní bolo nahrané použitím umelej hlavy umiestnenej v strede miestnosti. Usporiadanie je znázornené na obrázku 8.

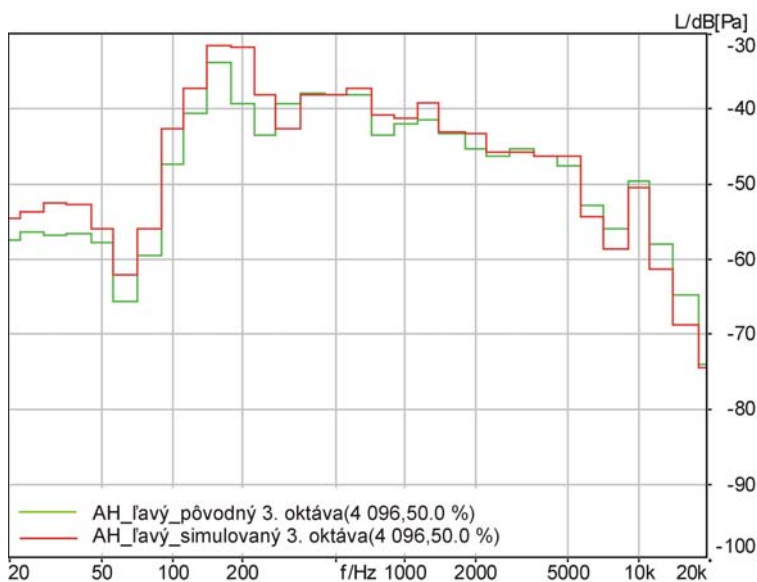


**Obrázok 8 – Simulácia zostavy v štandardnej kancelárii**

Navyše, usporiadanie štyroch reproduktorov bolo inštalované v rovnakej miestnosti. Inštalácia sa vykonala tak, že umelá hlava bola umiestnená v strede akustického poľa simulovaného usporiadania.

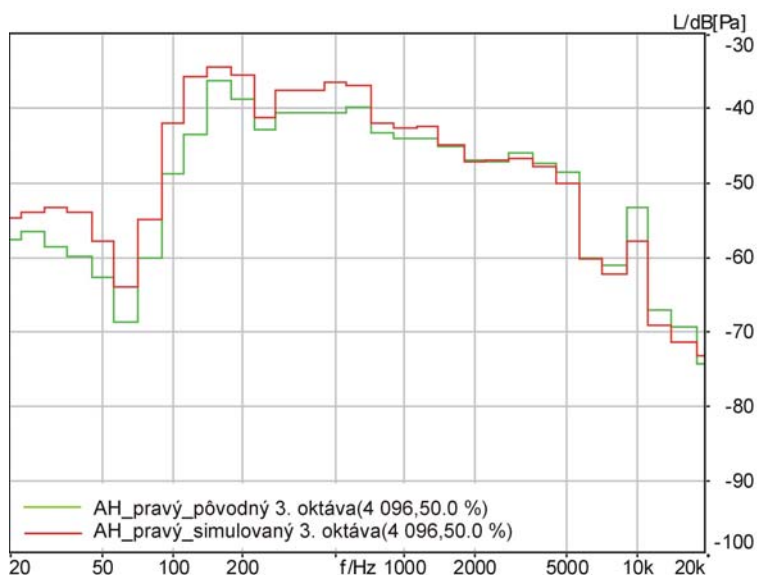
Porovnanie bolo vykonané nahraním pôvodného zvukového poľa a porovnaním nahraných signálov so signálmi nahranými s použitím systému simulácie so štyrmi reproduktormi.

Spektrá zaznamenané na pravom a ľavom uchu sú znázornené na obrázku 9 a 10. Je zrejmé, že spektrá pôvodného a simulovaného zvukového poľa sú dobre porovnateľné.



POZNÁMKA. – Pôvodné zvukové pole (zelená krivka), simulované zvukové pole (červená krivka).

**Obrázok 9 – Hustota výkonového spektra nameraná v ľavom uchu umelej hlavy**

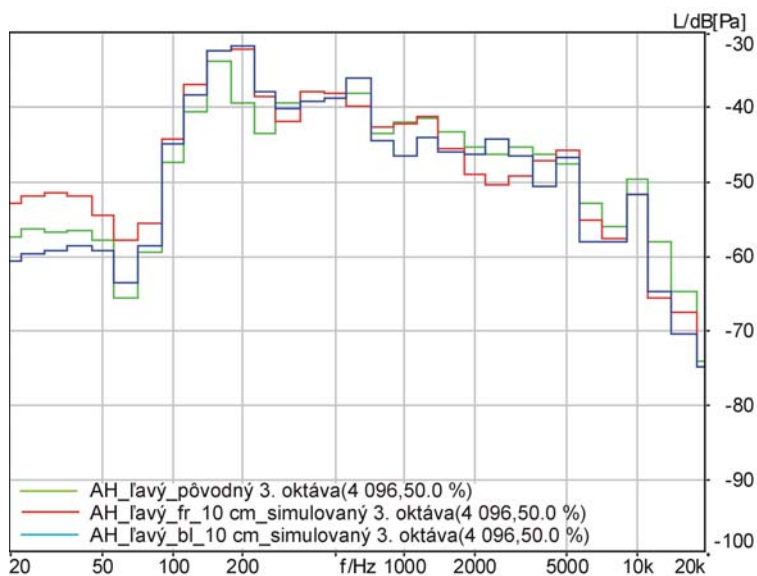


POZNÁMKA. – Pôvodné zvukové pole (zelená krivka), simulované zvukové pole (červená krivka).

**Obrázok 10 – Hustota výkonového spektra nameraná v pravom uchu umelej hlavy**

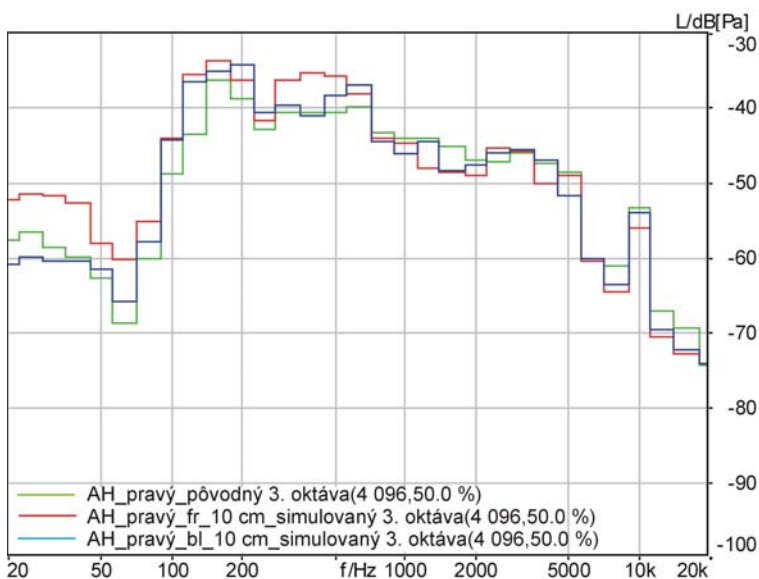
#### 6.4.2 Premiestnenie skúšobnej zostavy v simulovanom akustickom poli

Na tieto experimenty bol simulátor hlavy a trupu, použitý na merania, umiestnený 10 cm od predného pravého a 10 cm od zadného ľavého. V týchto pozíciách v porovnaní so stredovou polohou zvukového poľa, kde bola vyrovnaná umelá hlava, spektrálne rozdiely sú zobrazené na obrázku 11 a 12. Je zrejmé, že napriek premiestneniu nahrané spektrá zodpovedajú maximálnym chybám nameraných v tretích oktávach, ktoré sa môžu očakávať následkom chybného umiestnenia približne 5 dB.



POZNÁMKA. – Premiestnený o 10 cm k prednému pravému (červená krivka), premiestnený o 10 cm k zadnému ľavému (modrá krivka).

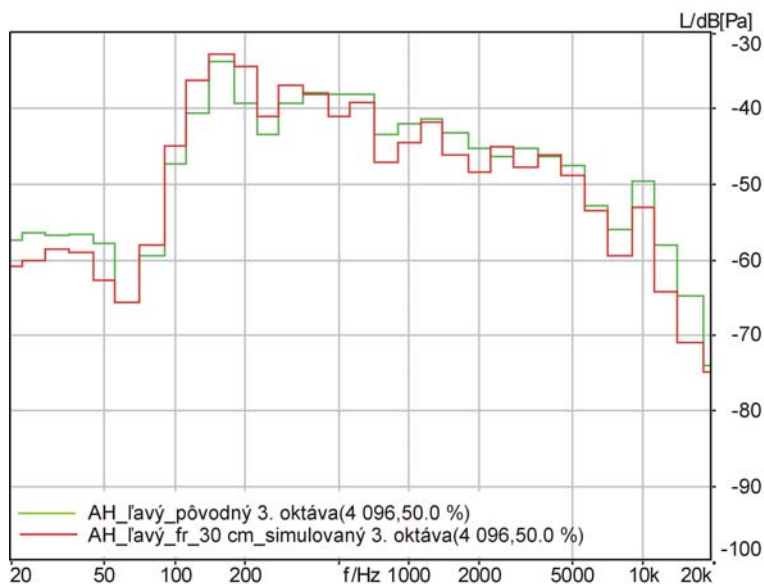
**Obrázok 11 – Pôvodná (zelená krivka) a simulovaná hustota výkonového spektra nameraná v ľavom uchu umelej hlavy**



POZNÁMKA. – Premiestnený o 10 cm k prednému pravému (červená krivka), premiestnený o 10 cm k zadnému ľavému (modrá krivka).

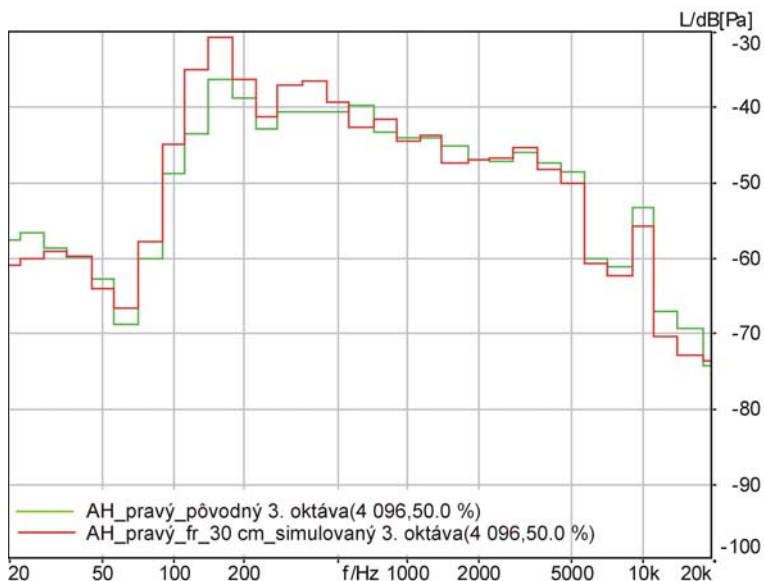
**Obrázok 12 – Pôvodná (zelená krivka) a simulovaná hustota výkonového spektra nameraná v ľavom uchu umelej hlavy**

Ďalšia skúška bola spojená s posunom umelej hlavy o 30 cm ďalej od stredu usporiadania štyroch reproduktorov k prednej pravej polohe. Znovu rozdiel spektra nahraného v tejto polohe je zobrazený s pravým a ľavým výstupným signálom umelej hlavy (pozri obrázky 13 a 14). Je zrejmé, že s ľavým uchom umelej hlavy teraz maximálny rozdiel nameraný v tretej oktáve sa zvýši približne o 7 dB v porovnaní s pôvodnou polohou. S pravým umelým uchom spektrum stále vyhovuje celkom dobre.



POZNÁMKA. – Premiestnený k prednému ľavému (červená krivka).

**Obrázok 13 – Pôvodná (zelená krivka) a simulovaná hustota výkonového spektra nameraná v ľavom uchu umelej hlavy**



POZNÁMKA. – Premiestnený 30 cm k prednému pravému (červená krivka).

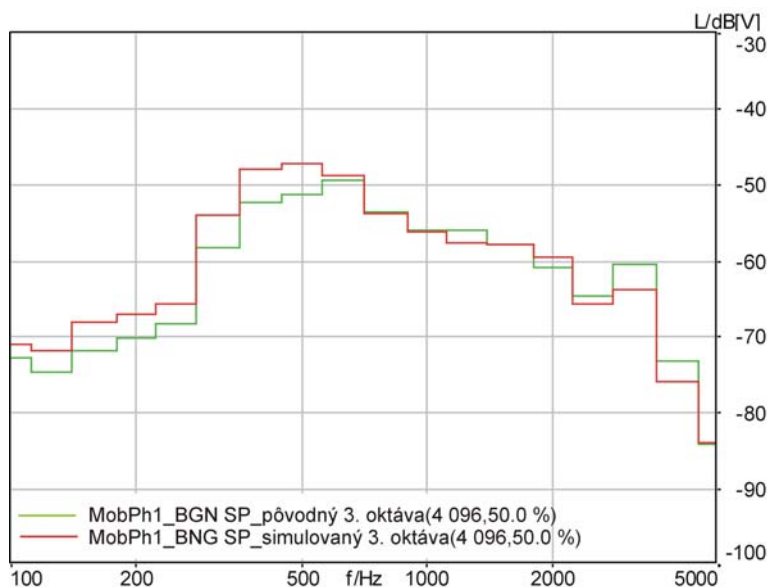
**Obrázok 14 – Pôvodná (zelená krivka) a simulovaná hustota výkonového spektra nameraná v pravom uchu umelej hlavy**

### 6.4.3 Prenos priestorového hluku: porovnanie výkonnosti koncového zariadenia v pôvodnom zvukovom poli a simulovanom zvukovom poli

#### Mikrotelefóny

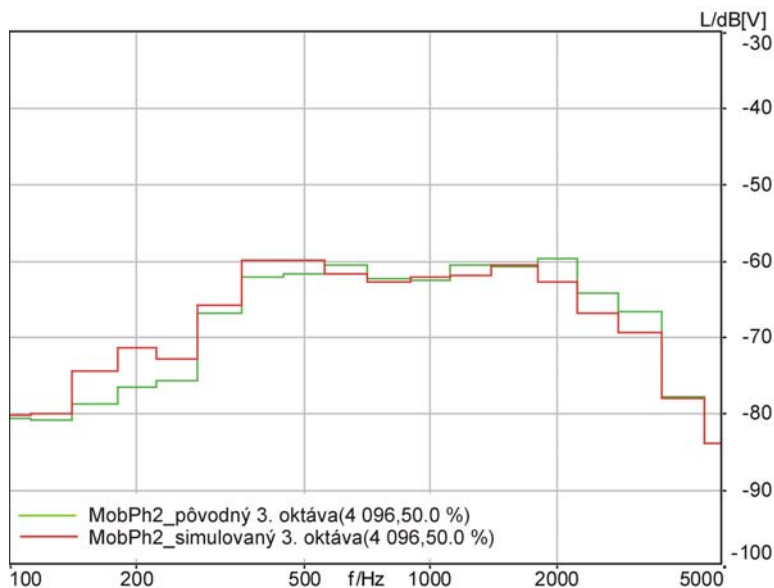
Ďalšie experimenty boli zamerané na potvrdenie výkonnosti usporiadania štyroch reproduktorov s typickými koncovými zariadeniami použitými na usporiadanie skúšky. Na skúšky koncového zariadenia simulátor hlavy a trupu podľa odporúčania ITU-T P.5 [i.8] vybavený umelým uchom podľa odporúčania ITU-T P.57 [i.7], typ 3.4 bol umiestnený v strede usporiadania štyroch

reproduktorov. Rozličné koncové zariadenia boli použité k HATS, umiestnené podľa odporúčania ITU-T P.64 [i.10]. Na porovnanie sa nahráli výstupné signály koncových zariadení vo vysielacom smere. Tieto nahrávky sa použili spolu s pôvodným poľom priestorového hluku a so simulovaným poľom priestorového hluku. Typické rozdiely namerané vo vysielacom smere pri koncovom zariadení so spracovaním signálu priestorového hluku sú znázornené na obrázku 15. Výsledok pri lineárnom koncovom zariadení bez spracovania signálu priestorového hluku je znázornený na obrázku 16.



POZNÁMKA. – Pôvodné zvukové pole (zelená krivka), simulované zvukové pole (červená krivka).

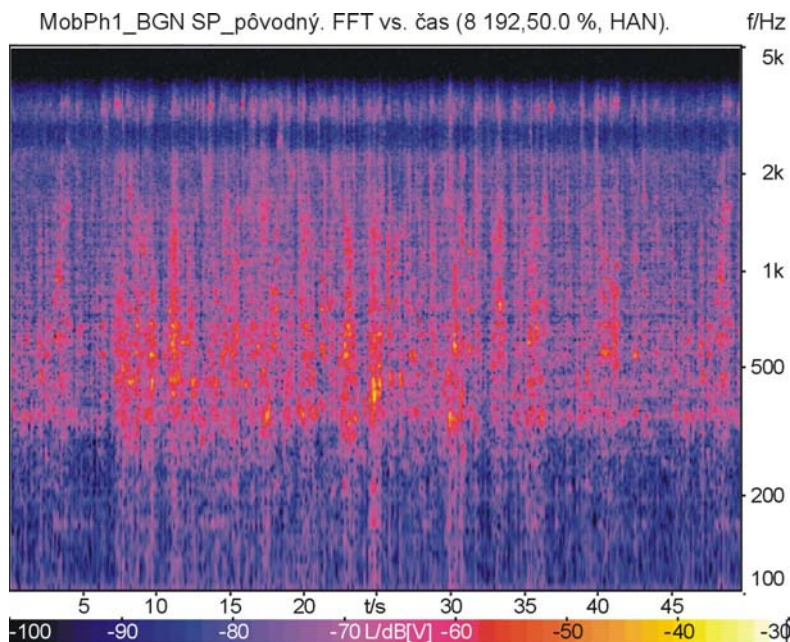
**Obrázok 15 – Hustota výkonového spektra nameraná s bežným mobilným telefónom (so spracovaním signálu priestorového hluku) umiestneným k pravému uchu umelej hlavy**



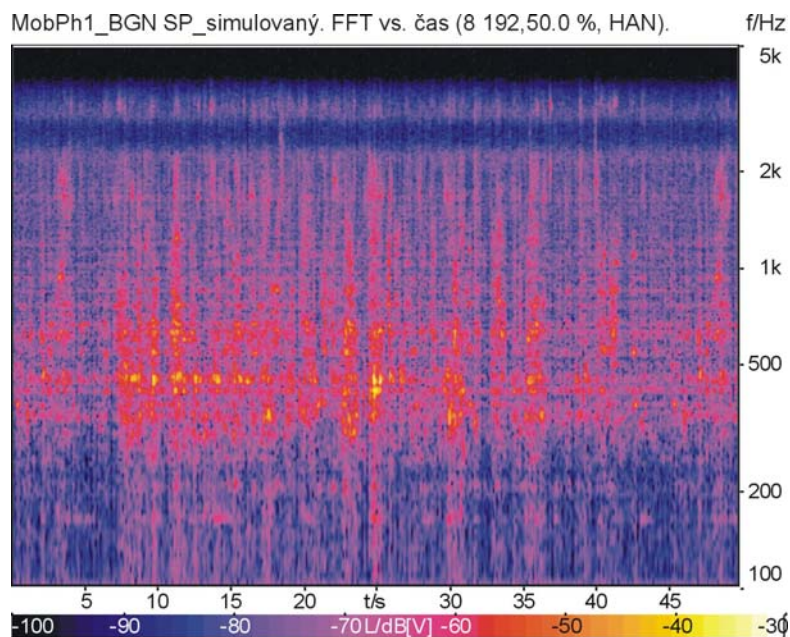
POZNÁMKA – Pôvodné zvukové pole (zelená krivka), simulované zvukové pole (červená krivka).

**Obrázok 16 – Hustota výkonového spektra nameraná s bežným mobilným telefónom (bez spracovania signálu priestorového hluku) umiestneným k pravému uchu umelej hlavy**

Ďalej bola vyhodnotená dočasná štruktúra vysielaného priestorového hluku. Porovnanie dočasnej štruktúry, keď sa používa pôvodné pole priestorového hluku v situácii so simulovaným poľom priestorového hluku, je znázornené na obrázkoch 17 a 18. Na obidvoch obrázkoch je znázornená spektrálna prezentácia výstupného signálu. Charakteristiky dočasnej štruktúry priestorového hluku sú porovnateľné. Je možné predpokladať, že aj pri iných typoch koncových zariadení s integrovaným spracovaním signálu bude simulované zvukové pole podobné hlukovému poľu s pôvodným koncovým zariadením.



**Obrázok 17 – 3D hustota výkonového spektra priestorového hluku nameraná s bežným mobilným telefónom (so spracovaním priestorového hluku): pôvodné zvukové pole**



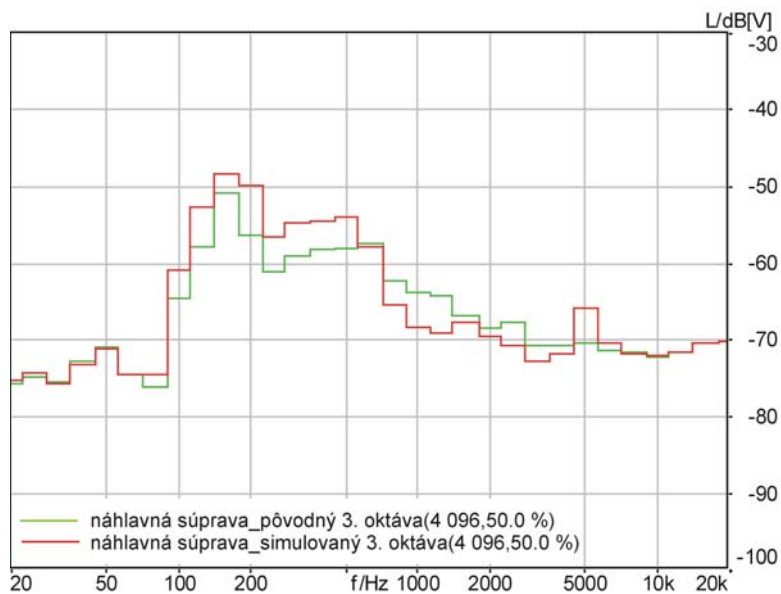
**Obrázok 18 – 3D hustota výkonového spektra priestorového hluku nameraná s bežným mobilným telefónom (so spracovaním priestorového hluku): simulované zvukové pole**

## Širokopásmová náhlavná súprava

Rovnaké typy už opísaných experimentov boli spojené s použitím širokopásmových náhlavných súprav vybavených so smerovými mikrofónmi. Výsledky: vysielané hlukové spektrá s pôvodným zvukovým poľom v porovnaní so simulovaným zvukovým poľom sú znázornené na obrázku 19. Pretože orientácia mikrofónu bola urobená takým spôsobom, že najnižšia citlivosť mikrofónu bola priamo zameraná na jeden z reproduktorov generujúcich hluk na ľavej strane, energia vysielaného signálu priestorového hluku je nižšia v pôvodnom zvukovom poli v porovnaní so simulovaným zvukovým poľom, ktoré je vytvorené pomocou viacerých zdrojov signálu. Nameraný rozdiel okolo 5 dB sa môže zohľadniť ako druh najhoršieho prípadu pri mnohodifúznom nahranom zvukovom poli, kde sa očakáva v simulácii menej chýb.

## Stolné koncové zariadenie s hlasitou prevádzkou

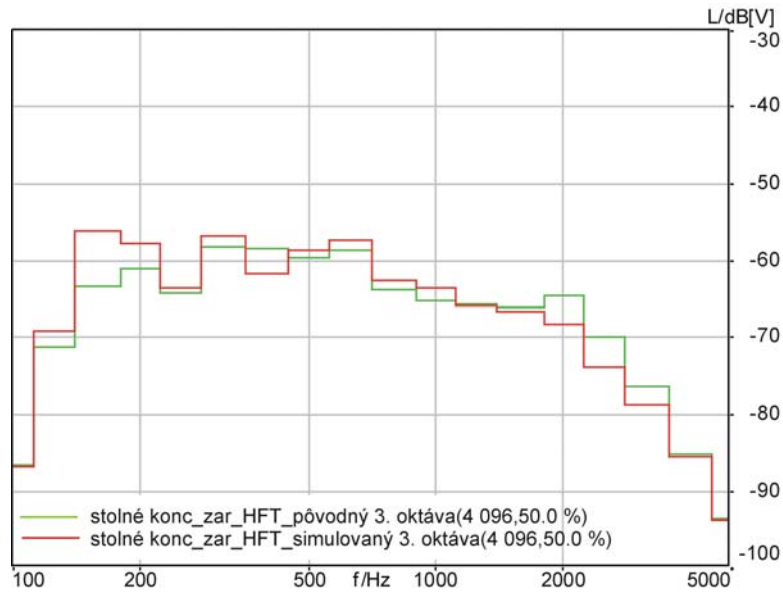
Pretože simulácia priestorového hluku má byť vhodná pri mikrotelefóne a hlasitých koncových zariadeniach, ďalší experiment bol spojený s použitím stolného koncového zariadenia s hlasitou prevádzkou v rovnakej skúšobnej miestnosti. Stôl bol umiestnený v skúšobnej miestnosti pred umelou hlavou, ktorá bola stále umiestnená v strede simulovaného akustického poľa. Koncové zariadenie s hlasitou prevádzkou bolo umiestnené podľa odporúčania ITU-T P.340 [i.9]. Opäť sa porovnával prenášaný signál priestorového hluku medzi pôvodným zvukovým poľom a simulovaným zvukovým poľom. Výsledná výkonová hustota spektra s prenášaným priestorovým hlukom je znázornená na obrázku 20. Hoci usporiadanie štyroch reproduktorov nebolo opakovaně vyrovnané po umiestnení stola do miestnosti, spektrum prenášaného priestorového hluku zodpovedá pomerne dobre. Je možné predpokladať, že so stolným koncovým zariadením s hlasitou prevádzkou, umiestnené v simulovanom prostredí je nameraný výkon priestorového hluku porovnateľný s nameranou hodnotou priestorového hluku v typických kancelárskych prostrediach.



POZNÁMKA. – Pôvodné zvukové pole (zelená krivka), simulované zvukové pole (červená krivka).

**Obrázok 19 – Hustota výkonového spektra nameraná s bežnou (širokopásmovou) náhlavnou súpravou so smerovým mikrofónom na umelej hlave**





POZNÁMKA. – Pôvodné zvukové pole (zelená krivka), simulované zvukové pole (červená krivka).

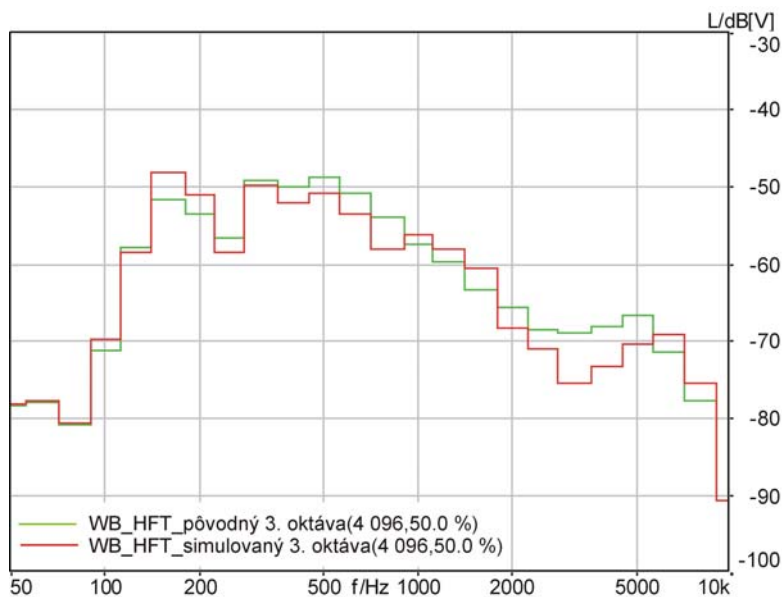
**Obrázok 20 – Hustota výkonového spektra nameraná so bežným stolným telefónom s hlasitou prevádzkou umiestneným pred umelou hlavou**

### Širokopásmový konferenčný systém

Konferenčný systém bol inštalovaný ako typický stolný hlasitý systém. Nastavenie je podľa odporúčania ITU-T P.340 [i.9], nastavenie je rovnaké ako už pri opísanej hlasitej prevádzke. Širokopásmový konferenčný systém bol vybavený smerovým mikrofónom (na stole), bolo použité kódovanie v odporúčaní ITU-T G.722 [i.11].

Rozdiel medzi vysielaným priestorovým hlukom pôvodného zvukového poľa a simulovaného zvukového poľa je znázornený na obrázku 21.

Ako je už známe s úzkopásmovým hlasitým systémom sa namerané spektrá stále blízke; maximálny rozdiel je približne 6 dB pri 3 kHz.



POZNÁMKA. – Pôvodné zvukové pole (zelená krivka), simulované zvukové pole (červená krivka).

**Obrázok 21 – Hustota výkonového spektra nameraná so širokopásmovým konferenčným systémom umiestneným pred umelou hlavou**

## 7 Simulácia priestorového hluku v autách

### 7.1 Všeobecné nastavenie

Určité druhy koncových zariadení sú najčastejšie použité vo vozidlách, napríklad prenosné jednotky s hlasitou prevádzkou s mobilnými telefónmi, alebo systémy koncových zariadení s hlasitou prevádzkou, ktoré sú integrované do áut. Pri prenosných telefónoch s hlasitou prevádzkou, nosené používateľom v aute, je proces nastavenia a vyrovnávania podobný tomu opísanému v kancelárskej miestnosti, okrem toho, že umelá hlava je umiestnená v polohe sedadla vodiča namiesto umiestnenia v strede miestnosti.

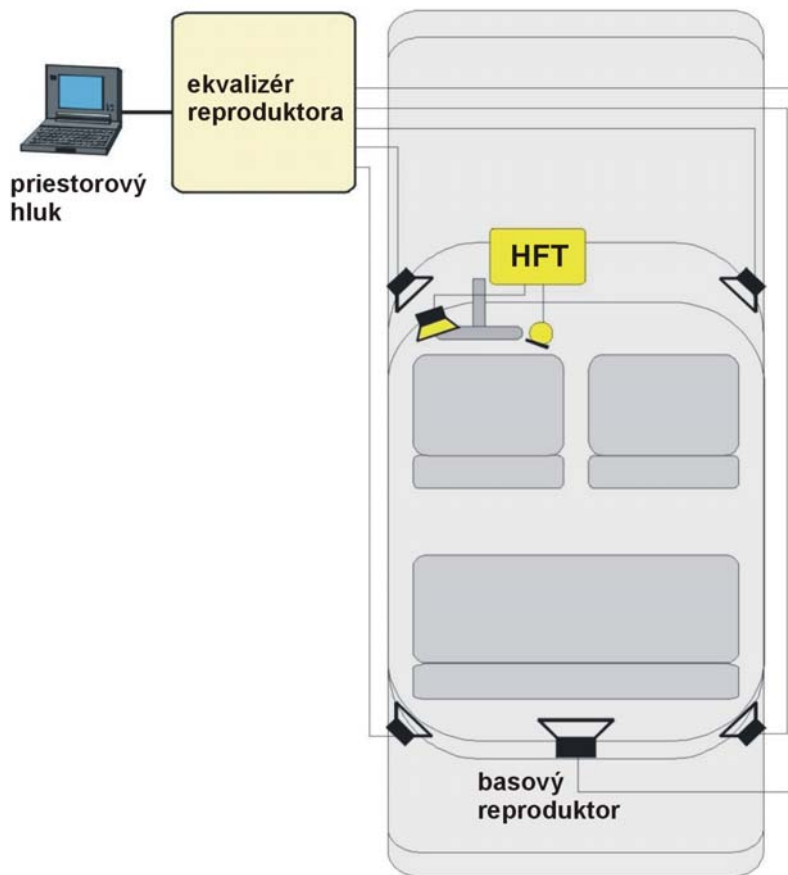
Na koncové zariadenia s hlasitou prevádzkou inštalované v aute sa v princípe používa rovnaké nastavenie simulácie priestorového hluku ako v kancelárskych miestnostiach. Použijú sa štyri reproduktory a basový reproduktor. Basový reproduktor je umiestnený v kufri auta. Dva zadné reproduktory sú umiestnené v zadnej časti auta medzi opierkou hlavy a oknom resp. podporným stĺpikom. Dva predné reproduktory sú umiestnené nad prístrojovým panelom, alebo dole v priestore nôh len v prípade, že poloha prístrojového panela neumožňuje túto realizáciu v závislosti od nastavenia skúšaného auta. Bloková schéma nastavenia je znázornená na obrázku 22.

Je nutné poznamenať, že usporiadanie štyroch reproduktorov v aute je veľmi citlivé vzhľadom na umiestnenie mikrofónu oproti simulácii v kancelárskej miestnosti. Túto citlivosť spôsobujú malé rozmery priestoru v kabíne auta obklopeného stojatými vlnami dozvuku okien a rušenia, ktoré vznikajú v kabíne auta.

Preto sa odporúča sa použiť rovnaký mikrofón na vyrovnávanie a skúšanie koncového zariadenia. Mikrofón sa môže oddeliť od koncového zariadenia s hlasitou prevádzkou a môže sa použiť na vyrovnanie systému, ako aj v kombinácii s koncovým zariadením s hlasitou prevádzkou. Mikrofón sa potom musí umiestniť v polohe určenej na použitie po inštalácii. Vyrovnávanie s mikrofónom koncového zariadenia je uvedené v článku 7.3. Tento postup zabezpečuje, že zvukové pole je presne reprodukované v príslušnej polohe.

Ak signál mikrofónu koncového zariadenia nie je dostupný, vo vyrovnávacom a kalibračnom systéme sa použije dvojica kardioidných mikrofónov. Musia sa umiestniť čo najbližšie k očakávanej polohe mikrofónu koncového zariadenia na poskytovanie simulovaného zvukového poľa a čo najbližšie k správnej polohe. Vyrovnávanie s dvojicou kardioidných mikrofónov je uvedené v článku 7.4.

Vo všeobecnosti opísané metódy sa môžu použiť s inými polohami mikrofónov v aute. Existuje vysoká istota, že pri akejkoľvek polohe mikrofónu určeného na prenos hlasu vodičov alebo hlasu spolujazdcov sa s opísanými metódami dosiahnu výsledky s rovnakou presnosťou, ako je uvedené. To sa očakáva aj vtedy, ak je použitý na nahrávanie a vyrovnanie pôvodný mikrofón umiestnený na iných miestach v aute. Technika so stereokardioidnými mikrofónmi na iných miestach v aute sa môže použiť, ale jej presnosť nebola preskúmaná v rámci tohto projektu.



**Obrázok 22 – Všeobecné nastavenie zostavy štyroch reproduktorov a koncového zariadenia s hlasitou prevádzkou v aute**

## 7.2 Nahrávacie zariadenie

Usporiadanie nahrávania závisí od nastavenia mikrofónu, ktoré sa použije na vyrovnávanie a kalibráciu.

### 7.2.1 Nastavenie záznamu s mikrofónom koncového zariadenia

Ak sa vyrovnávanie a kalibrácia vykonávajú s mikrofónom koncového zariadenia, nahrávky sa musia vykonať tiež s týmto mikrofónom. Mikrofón je potom umiestnený na mieste určenom na použitie s koncovým zariadením s hlasitou prevádzkou. Poloha mikrofónu musí byť rovnaká pri nahrávaní, kalibrácii, vyrovnávaní a pri skúšaní s usporiadaním simulácie. Bloková schéma usporiadania nahrávania je znázornená na obrázku 23.

V tejto konfigurácii sa nahrávky musia vykonať pri rozličnej rýchlosti vozidla, ako sa požaduje na simulovanie podmienok reálneho použitia. Má sa predísť priebehom s vedľajšími efektmi a nárazmi hluku počas jazdy.

**POZNÁMKA.** – Mikrofón sa musí pripevniť pevne na strop na zabránenie štruktúry vneseného hluku stimulovaného neúmyselnými pohybmi mikrofónu.



**Obrázok 23 – Nastavenie na zaznamenávanie mikrofónmi koncového zariadenia v autách**

### 7.2.2 Nastavenie záznamu s dvojicou kardioidných mikrofónov

Ak sa použije dvojica kardioidných mikrofónov, nahrávky sa musia vykonať s týmito mikrofónmi. Musia sa umiestniť čo najbližšie k očakávanej polohe mikrofónu s hlasitou prevádzkou (pozri obrázok 24). Ak sa použije zoskupenie mikrofónov ako mikrofón hlasitej prevádzky, stred poľa sa musí použiť ako referenčný bod na umiestnenie kardioidných mikrofónov.

Mikrofóny sa musia pripevniť s montovaním proti nárazom na zabránenie nahrávania štruktúry vnesených hlukov.



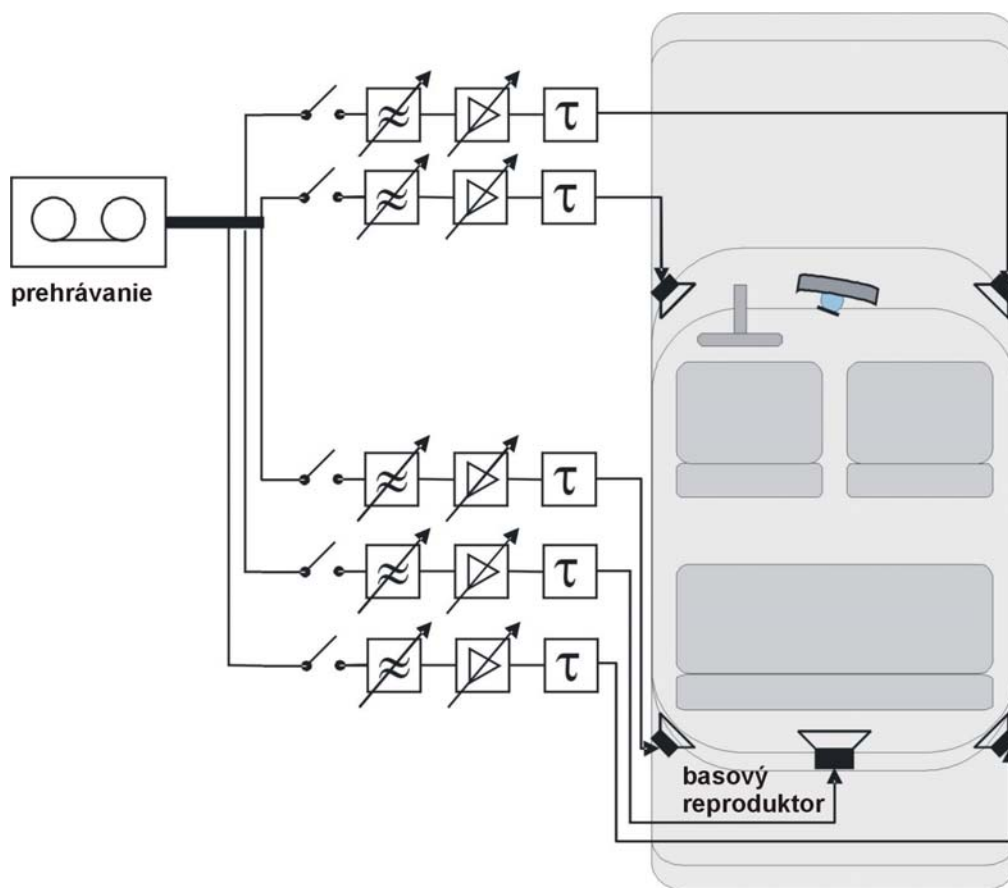
**Obrázok 24 – Nastavenie na nahrávanie dvojicou kardioidných mikrofónov v autách**

S touto konfiguráciou sa musia nahrávky vykonať pri rozličných rýchlostiach vozidla, ako sa požaduje na simulovanie podmienok reálneho použitia. Má sa zamerať priebehom s vedľajšími efektmi a cestnými nárazmi.

### 7.3 Vyrovnanie a kalibrácia s mikrofónom koncového zariadenia

Usporiadanie štyroch reproduktorov, ako je opísané v článku 7.1, sú umiestnené vo vozidle, v ktorom sa skúša koncové zariadenie. Úplný blokový diagram nastavenia je znázornený na obrázku 25.

Mikrofón koncového zariadenia sa musí pri vyrovnávaní umiestniť v polohe neskoršieho použitia účastníkmi, napríklad pod stropom alebo v spätnom zrkadle, alebo na jeho povrchu.



**Obrázok 25 – Všeobecné nastavenie vyrovnanej zostavy štyroch reproduktorov v aute**

Vyrovnanie sa vykoná v niekoľkých krokoch:

1. Samostatné vyrovnanie každého zo štyroch reproduktorov.
2. Samostatné nastavenie úrovne každého reproduktora.
3. Vyrovnanie dvoch ľavých a dvoch pravých reproduktorov.
4. Vyrovnanie a nastavenie úrovne basového reproduktora.
5. Nastavenie oneskorenia.
6. Celkové vyrovnanie.

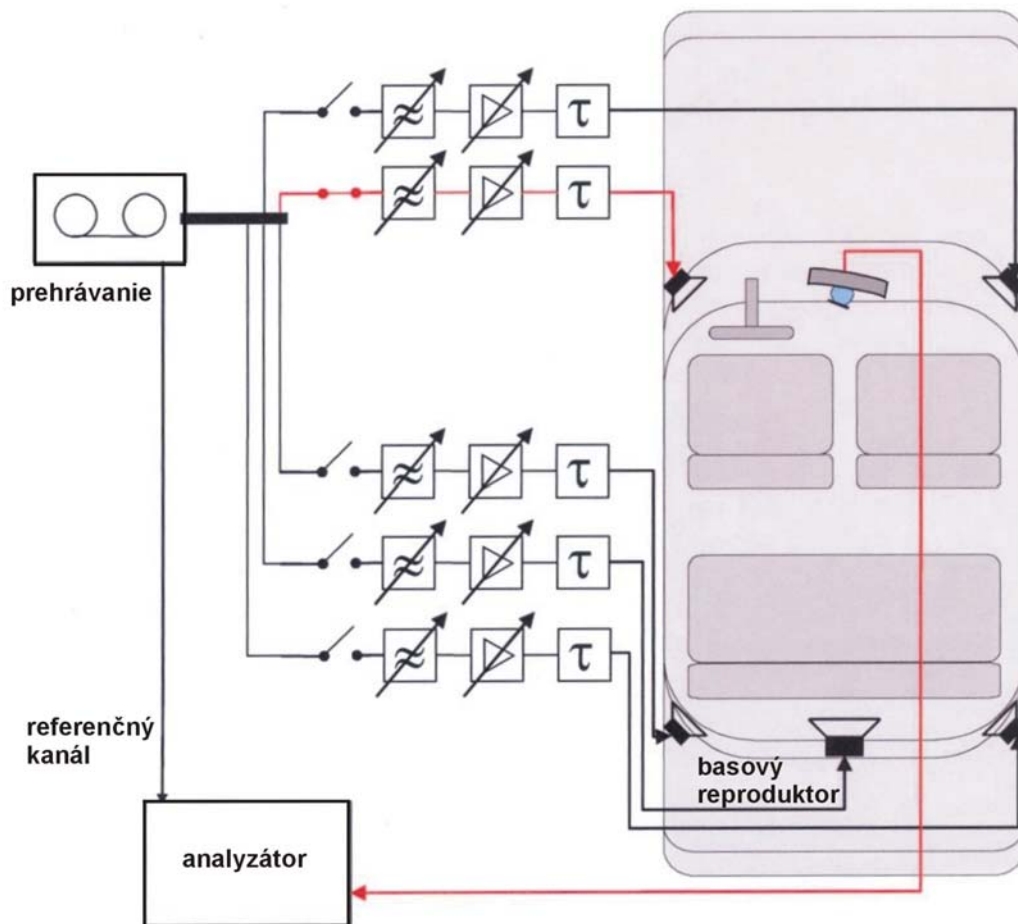
Každý krok je opísaný takto:

1. Samostatné vyrovnanie každého zo štyroch reproduktorov.

Pri vyrovnaní reproduktorov sa použije stacionárny reálny širokopásmový hluk (napríklad širokopásmový hluk auta nahraný za podmienok konštantného vedenia). Tento sa postupne vedie k prednému ľavému, zadnému ľavému, prednému pravému a zadnému pravému reproduktoru. Napájanie sa musí vykonať vo frekvenčnom rozsahu od 120 Hz do 20 000 Hz (len štyri reproduktory). Basový reproduktor pokrýva frekvenčný rozsah pod 120 Hz.

Príklad vyrovnania je opísaný s predným ľavým reproduktorom (pozri obrázok 26). S inými reproduktormi je proces rovnaký.

Stacionárny reálny širokopásmový hluk je filtrovaný horným priepustom 120 Hz a potom je vedený k prednému ľavému reproduktorovi minimálne 10 s. Synchronne prehrávaný signál je nahrávaný mikrofónom koncového zariadenia. Výkonová hustota spektra sa potom vypočíta podľa nahraného signálu mikrofónu a pôvodného signálu.



POZNÁMKA. – Signálna trasa na vyrovnávanie predného ľavého reproduktora je označená červenou farbou.

**Obrázok 26 – Blokový diagram nastavenia vyrovnania**

Priemerná veľkosť dvojice výkonovej hustoty spektra sa odčíta takýmto spôsobom:

$$|H_{LS}(f)| = \frac{|S_{LS}(f)|}{|S_{bbn}(f)|}$$

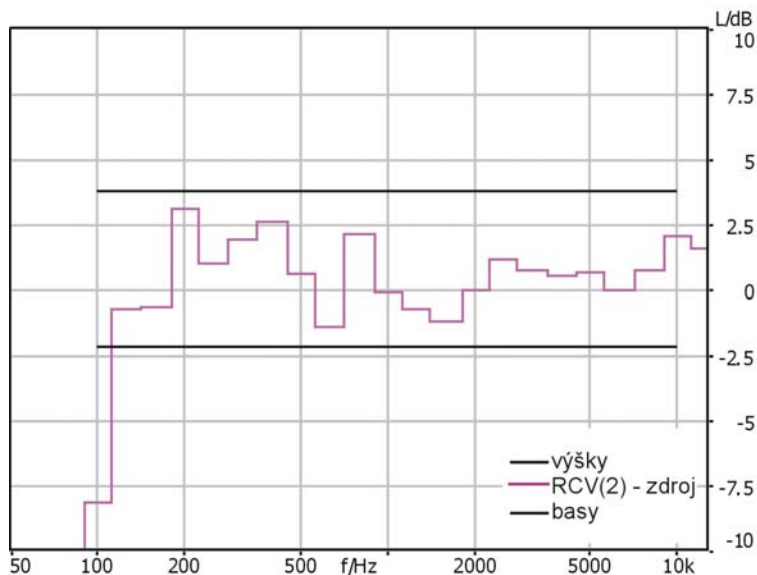
$H_{LS}(f)$  sa analyzuje v tretích oktávach. Nameraná výsledná frekvenčná charakteristika má byť plochá medzi 120 Hz a 10 kHz s toleranciou  $\pm 3$  dB.

Na splnenie tejto podmienky je potrebné navrhnuť filter, ktorý kompenzuje frekvenčnú charakteristiku reproduktora v aute. Frekvenčná charakteristika kompenzačného filtra sa

vypočíta z frekvenčnej charakteristiky počiatočne nameraného reproduktora použitím funkcie inverzného filtra:

$$|H_{EQ}(f)| = \frac{1}{|H_{LS}(f)|}$$

Vyrovnaný širokopásmový hluč sa používa znovu s predným ľavým reproduktorom. Obrázok 27 znázorňuje ako príklad nameranú frekvenčnú charakteristiku reproduktora po procese vyrovnania.



**Obrázok 27 – Rozdiel pôvodného signálu a vyrovnaného signálu prehratého predným ľavým reproduktorom nameraný mikrofónom koncového zariadenia (bez basového reproduktora)**

## 2. Samostatné nastavenie úrovni každého reproduktora.

Po samostatnom vyrovnaní každého reproduktora sa musí nastaviť úroveň tlaku zvuku každého reproduktora. Na produkciu pôvodnej úrovne ktoréhokoľvek zvukového zdroja s týmto usporiadaním štyroch reproduktorov musí byť úroveň každého zo štyroch reproduktorov nižšia o 6 dB ako úroveň pôvodného zdroja zvuku, následkom skutočnosti, že zdroj zvuku je teraz reprodukován štyrmi reproduktormi.

Toto nastavenie úrovne sa môže dosiahnuť nahrávaním a analyzovaním prehrávaného signálu každého reproduktora, ako je opísané v prvom kroku, a v ďalších krokoch: nastavenie úrovne na úroveň o 6 dB nižšie pod pôvodnú úroveň.

**POZNÁMKA.** – Pri mikrofónoch s dobrou smerovosťou k zadnej časti auta sa zlepšenie simulácie môže dosiahnuť zvýšením úrovne tlaku zvuku zadných reproduktorov približne o 5 dB a znížením úrovne tlaku zvuku predných reproduktorov približne o 3 dB. Je potrebné si uvedomiť, že celková úroveň tlaku zvuku je stále rovnaká, ako úroveň pôvodného zvuku.

## 3. Vyrovnávanie dvoch ľavých a dvoch pravých reproduktorov.

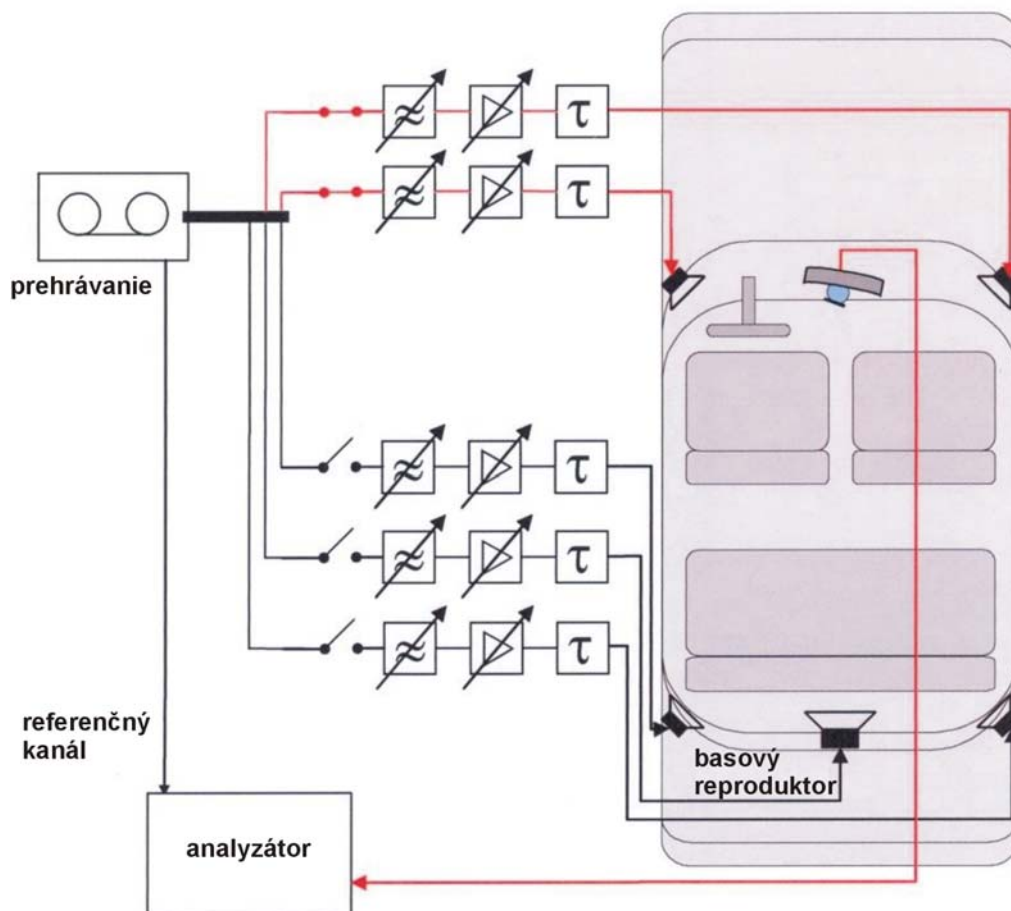
V treťom kroku sa vyrovnávanie vykonáva samostatné vyrovnávanie predných reproduktorov a jednotlivé vyrovnávanie zadných reproduktorov v kombinácii (pozri obrázok 28). Skúšobný signál sa synchronne použije k predným reproduktorom a podobne ako v kroku 1 sa nahráva mikrofónom koncového zariadenia a spektrálne analyzuje v tretích oktávach. Opäť nameraný rozdiel nahraného a prehratého signálu musí splniť tolerančný diagram 6 dB podľa obrázka 27. Ak



nahráný signál nevyhoví tolerančnému diagramu, filtre na jeden alebo obidva predné reproduktory sa musia opakovane navrhnuť tak, aby vyhoveli tolerančnému diagramu.

POZNÁMKA. – Tolerančný diagram s jedným reproduktorom sa nemusí splniť, ak vyrovnanie kombinovaných predných reproduktorov vyhovuje tolerančnému diagramu.

Vyrovnanie zadných reproduktorov sa vykonáva rovnako.



POZNÁMKA. – Signálne trasy vyrovnávania kombinovaných predných reproduktorov sú označené červenou farbou

**Obrázok 28 – Blokový diagram nastavenia vyrovnania**

#### 4. Vyrovnanie a nastavenie úrovne basového reproduktora.

Vyrovnanie basového reproduktora sa vykoná vo frekvenčnom rozsahu medzi 30 Hz a 120 Hz. Horná medza frekvenčného rozsahu je obmedzená dolnopriepustným filtrom poskytujúcim charakteristiky činiteľa *roll-off* minimálne 18 dB/oktávu. Znovu sa ako skúšobný signál použije stacionárny reálny širokopásmový hluk. Podobne na vyrovnanie štyroch reproduktorov sa širokopásmový hluk prehráva basovým reproduktorom a nahráva mikrofónom koncového zariadenia. Na základe rozdielu nahraného a pôvodného širokopásmového hlukového spektra sa navrhne filter (analyzovaný v tretích oktávach), s ktorým musí byť tento rozdiel spektrálne plochý v tolerančnom diagrame 6 dB.

Úroveň je nastavená na úroveň pôvodného zdroja zvuku.

## 5. Nastavenie oneskorenia.

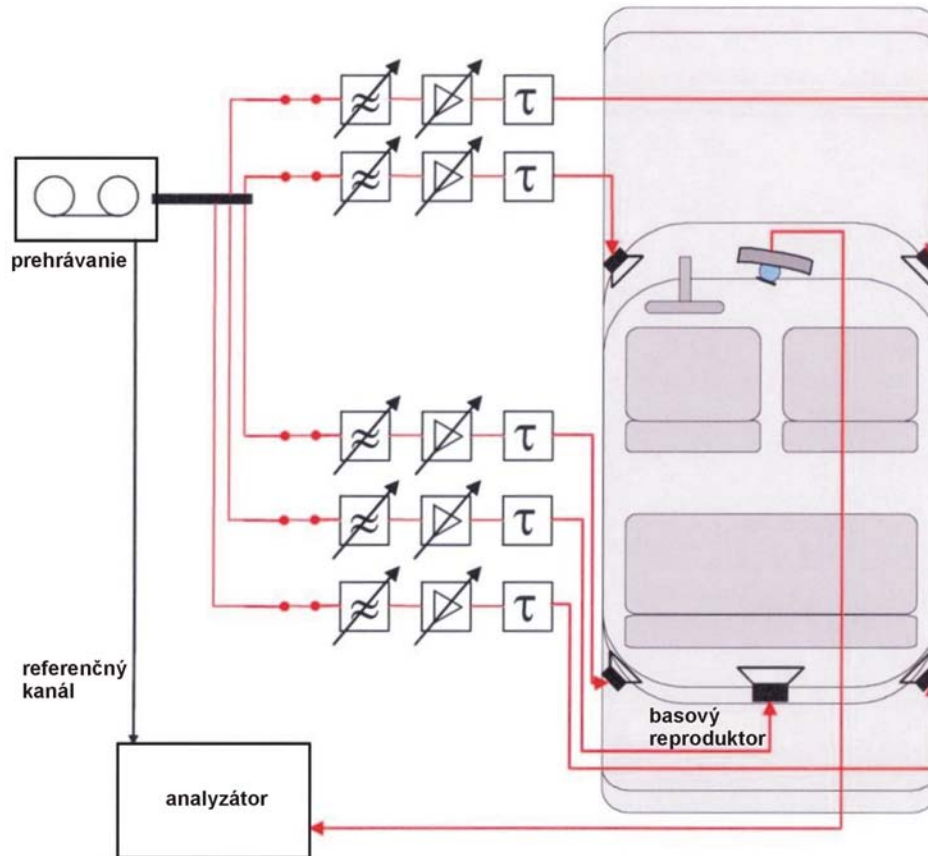
Oneskorenie z každého reproduktora k polohe mikrofónu sa musí merať a nastaviť. Nemôže sa kompenzovať jedným spoločným oneskorením so všetkými reproduktormi, ktoré budú produkovať najvyšší korelačný signál v polohe mikrofónu. Oneskorenia sú nastavené k hodnotám, ktoré neposkytujú vysokú koreláciu v polohe mikrofónu, ale ktoré budú poskytovať maximálne difúzne zvukové pole. S touto metódou smerovosť zvuku nie je správne reprodukovaná, ale vyrovnanie len s jedným mikrofónom je v akomkoľvek prípade neschopné reprodukovať smerovosť zvuku. Výhoda poskytovania difúzneho zvukového poľa v polohe mikrofónu je taká, že spektrálne vyrovnanie sa vykonáva veľmi dobre.

Na nastavenie oneskorenia je potrebné riadiť sa nasledujúcimi pravidlami:

- oneskorenie predných reproduktorov musí byť menšie ako zadných reproduktorov;
- minimálny rozdiel oneskorení musí byť väčší ako použitá dĺžka FFT (obyčajne > 20 ms);
- oneskorenia obsahujúce akustické oneskorenie sa musia vybrať tak, že sa nezmiešavajú navzájom.

## 6. Celkové vyrovnanie.

Posledným krokom je overenie procesu vyrovnania vrátane kompenzácie oneskorenia. Stacionárny signál reálneho širokopásmového priestorového hluku je vedený na usporiadanie štyroch reproduktorov. Všetky vyrovnávače, nastavenia úrovne a oneskorenia sú aktívne, signál sa prehráva všetkými reproduktormi vrátane basového reproduktora (pozri obrázok 29). Reprodukované zvukové pole je nahrané mikrofónom koncového zariadenia. Nameraná frekvenčná charakteristika v polohe mikrofónu má byť v tolerancii  $\pm 3$  dB vo frekvenčnom rozsahu od 50 Hz do 10 kHz.



POZNÁMKA. – Signálne trasy na celkové vyrovnanie sú označené červenou farbou.

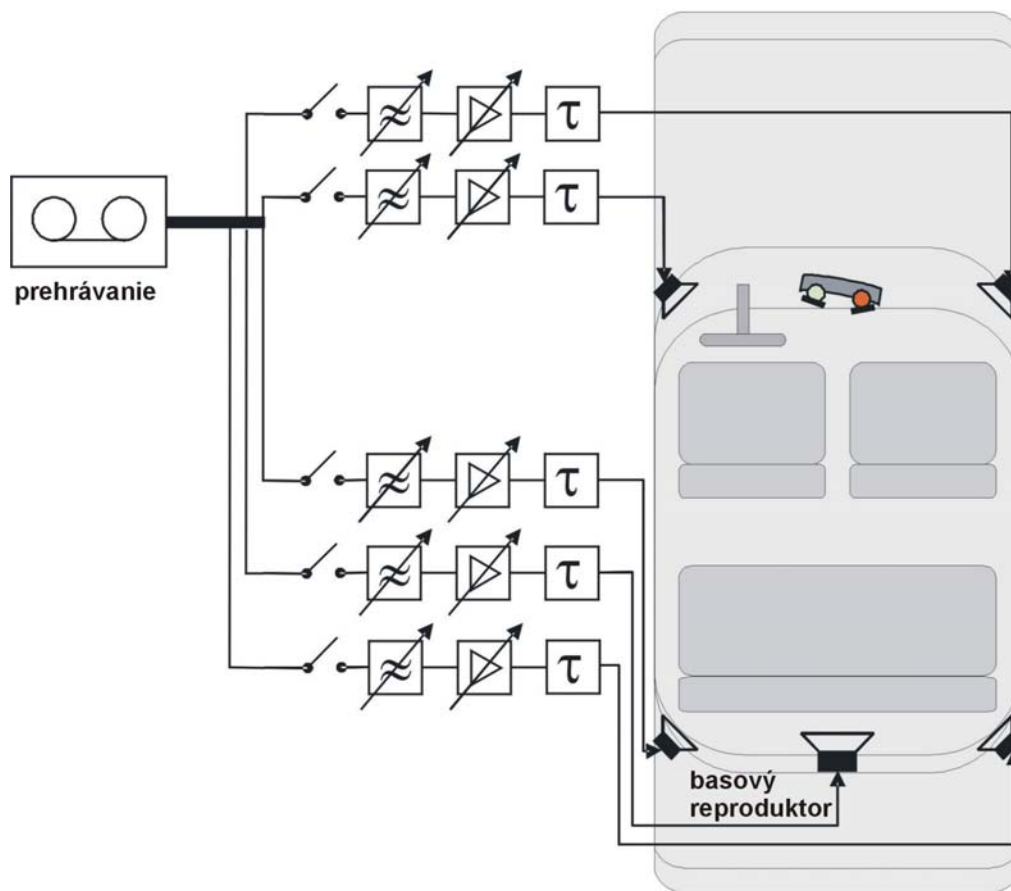
**Obrázok 29 – Blokový diagram nastavenia vyrovnania**

Ak je výsledok mimo tolerancie, je potrebné zistiť, ktorý zo štyroch reproduktorov najviac prispieva k chybe vyrovnania. Typicky chyba vzniká len v malom frekvenčnom rozsahu. V tomto frekvenčnom rozsahu je potrebné vyhodnotiť frekvenčné charakteristiky z každého jedného reproduktora do mikrofónu a pri reproduktore, ktorý najviac prispieva k chybe vyrovnania, sa musí opraviť filter.

#### 7.4 Vyrovnanie a kalibrácia s dvojicou kardioidných mikrofónov

Ak sa na vyrovnanie používa dvojica kardioidných mikrofónov, musí sa dohliadnuť na to, aby v požadovanom frekvenčnom rozsahu boli ich frekvenčné charakteristiky dostatočne ploché ( $\pm 1$ dB). Ak sa to nemôže dosiahnuť nastavením dvojice mikrofónov, môže sa použiť vhodné vyrovnanie.

Na skúšanie koncového zariadenia je použité usporiadanie štyroch reproduktorov, opísané v článku 7.1, ktoré je umiestnené v aute. Úplný blokový diagram nastavenia je znázornený na obrázku 30.



**Obrázok 30 – Všeobecné nastavenie vyrovnanej zostavy štyroch reproduktorov v aute**

Pri vyrovnávaní dvoch kardioidných mikrofónov sa tieto musia umiestniť čo najbližšie k očakávanej polohe mikrofónu koncového zariadenia, neskôr použitého účastníkmi, napríklad pod stropom alebo v spätnom zrkadle, alebo na vrchu spätného zrkadla. Ľavý mikrofón musí smerovať k ľavému zadnému sedadlu a pravý k pravému zadnému sedadlu.

Vyrovnávanie sa vykonáva v niekoľkých krokoch:

1. Párové vyrovnanie ľavých reproduktorov.
2. Samostatné nastavenie úrovne ľavých reproduktorov.
3. Párové vyrovnanie a samostatné nastavenie úrovne pravých reproduktorov.
4. Vyrovnanie a nastavenie úrovne basového reproduktora.
5. Kompenzácia oneskorenia.
6. Celkové vyrovnanie.

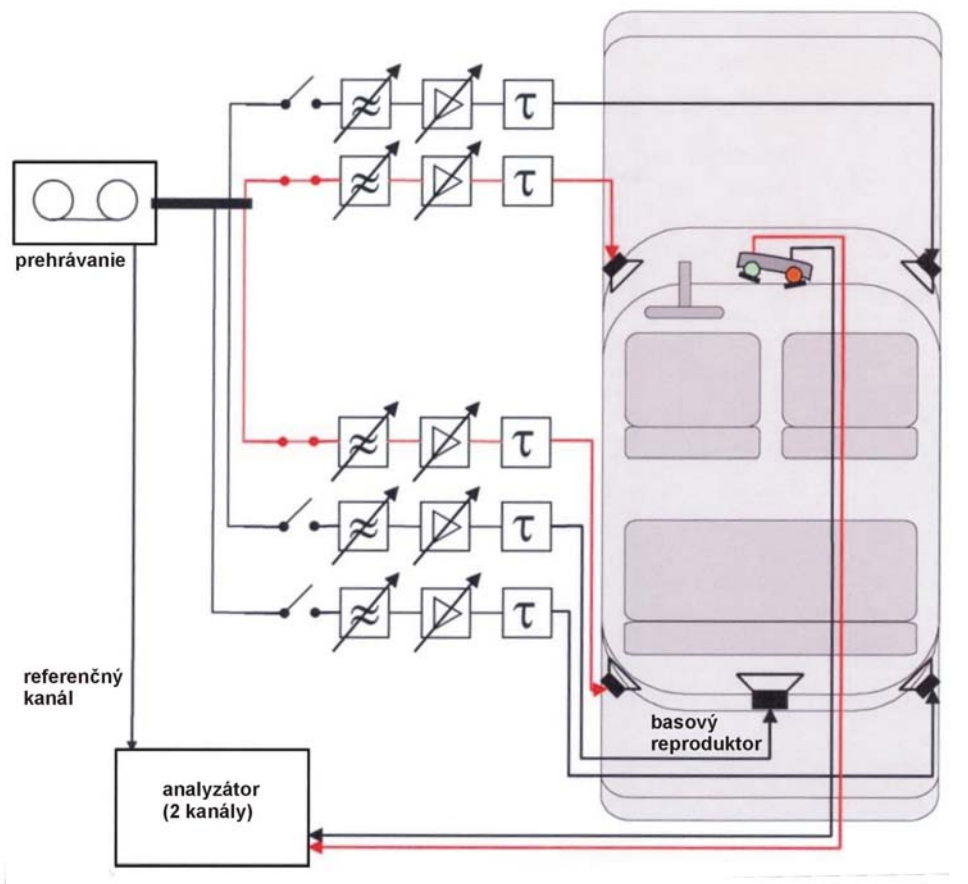
Každý z krokov je opísaný takto:

1. Párové vyrovnanie ľavých reproduktorov.

Najskôr sa musia nastaviť približne na rovnakú úroveň úroveň predného ľavého reproduktora a zadného ľavého reproduktora.

Na vyrovnanie reproduktorov sa používa stacionárny reálny širokopásmový hluk, napríklad širokopásmový hluk auta nahraný za podmienok konštantného vedenia. Napájanie sa musí vykonať pri frekvenčnom rozsahu od 120 Hz do 20 000 Hz (len so štyrmi reproduktormi). Basový reproduktor pokrýva frekvenčný rozsah pod 120 Hz.

Blokový diagram nastavenia je znázornený na obrázku 31.



POZNÁMKA. – Signálne trasy na vyrovnanie kombinácie ľavých reproduktorov sú označené červenou farbou.

**Obrázok 31 – Blokový diagram nastavenia vyrovnaní**

Signál širokopásmového hluku je filtrovaný horným priepustom 120 Hz a potom je synchronne vedený k ľavým reproduktorm minimálne 10 s. Synchronne prehrávaný signál je nahrávaný ľavým kardioidným mikrofónom. Výkonová hustota spektra sa potom vypočíta pri nahranom signále ucha a pri pôvodnom signále. Priemerná veľkosť dvojice výkonovej hustoty spektra sa vypočíta takto:

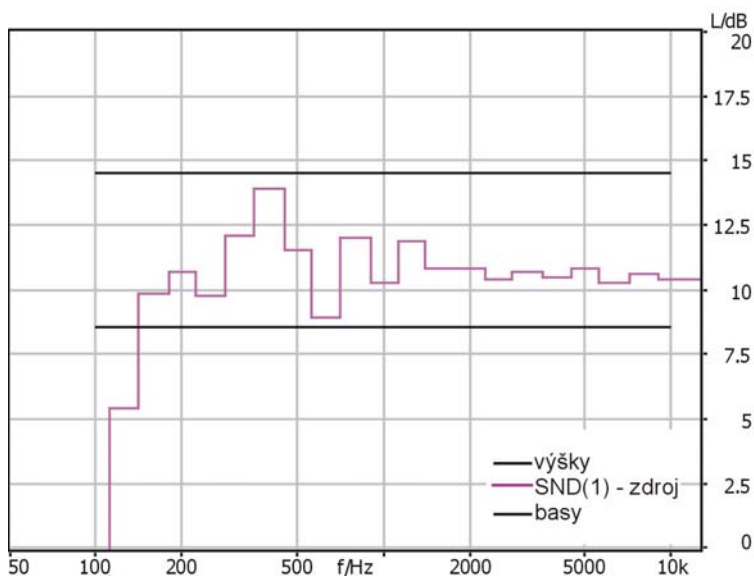
$$|H_{LS}(f)| = \frac{|S_{LS}(f)|}{|S_{bbn}(f)|}$$

$H_{LS}(f)$  sa analyzuje v tretích oktávach. Nameraná výsledná frekvenčná charakteristika musí byť plochá medzi 120 Hz a 10 kHz, s toleranciou  $\pm 3$  dB.

Na splnenie tejto podmienky je potrebné navrhnuť filter, ktorý kompenzuje frekvenčnú charakteristiku reproduktora v aute. Frekvenčná charakteristika kompenzačného filtra sa vypočíta z počiatočnej frekvenčnej charakteristiky nameraného reproduktora použitím inverznej funkcie filtra:

$$|H_{EQ}(f)| = \frac{1}{|H_{LS}(f)|}$$

Vyrovnaný širokopásmový hlukový signál sa použije v ľavých reproduktoroch. Obrázok 32 znázorňuje príklad nameranej frekvenčnej charakteristiky reproduktora po procese vyrovnania.



**Obrázok 32 – Rozdiel pôvodného signálu a vyrovnaného signálu prehratého predným ľavým reproduktorom nameraný ľavým kardioidným mikrofónom (bez basového reproduktora)**

## 2. Samostatné nastavenie úrovne ľavých reproduktorov.

Po kombinovanom vyrovnaní ľavých reproduktorov sa musí nastaviť úroveň tlaku zvuku každého reproduktora. Na reprodukciu pôvodnej úrovne akéhokoľvek zdroja zvuku s usporiadaním štyroch reproduktorov sa úroveň každého zo štyroch reproduktorov nastaví o 6 dB nižšie ako úroveň pôvodného zdroja zvuku následkom skutočnosti, že zdroj zvuku je teraz reprodukovaný štyrmi reproduktormi.

Toto nastavenie úrovne sa môže dosiahnuť nahrávaním a analyzovaním spätne prehrávaného signálu každého jedného reproduktora, ako bolo opísané v prvom kroku pri kombinácii ľavých reproduktorov, a potom nastaveníme úrovne na úroveň o 6 dB nižšie ako je pôvodná úroveň.

Má sa tiež overiť, že počas prehrávania s obidvomi ľavými reproduktormi je úroveň na ľavom mikrofóne o 3 dB nižšia, ako je pôvodná úroveň. V opačnom prípade sa musí opakovaně nastaviť úroveň predného ľavého reproduktora alebo zadného ľavého reproduktora.

## 3. Párové vyrovnanie a samostatné nastavenie úrovne pravých reproduktorov.

Párové vyrovnávanie a samostatné nastavenie úrovne pravých reproduktorov sa vykonáva rovnako ako vyrovnávanie ľavých reproduktorov, ako je opísané v krokoch 1 a 2.

#### 4. Vyrovnávanie a nastavenie úrovne basového reproduktora.

Vyrovnávanie basového reproduktora sa vykonáva vo frekvenčnom rozsahu medzi 30 Hz a 120 Hz. Uvedený frekvenčný rozsah je obmedzený dolným priepustom poskytujúcim charakteristiky činiteľa *roll-off* minimálne 18 dB/oktávu. Ako skúšobný signál sa znovu použije reálny širokopásmový hluk. Rovnako ako pri vyrovnávaní štyroch reproduktorov sa širokopásmový hluk prehráva basovým reproduktorom a nahráva pravým mikrofónom. Na základe rozdielu nahraného a pôvodného širokopásmového hlukového spektra je navrhnutý filter, s ktorým je tento rozdiel (analyzovaný v tretích oktávach) spektrálne plochý v tolerančnom diagrame 6 dB.

Úroveň je nastavená na úroveň pôvodného zdroja zvuku.

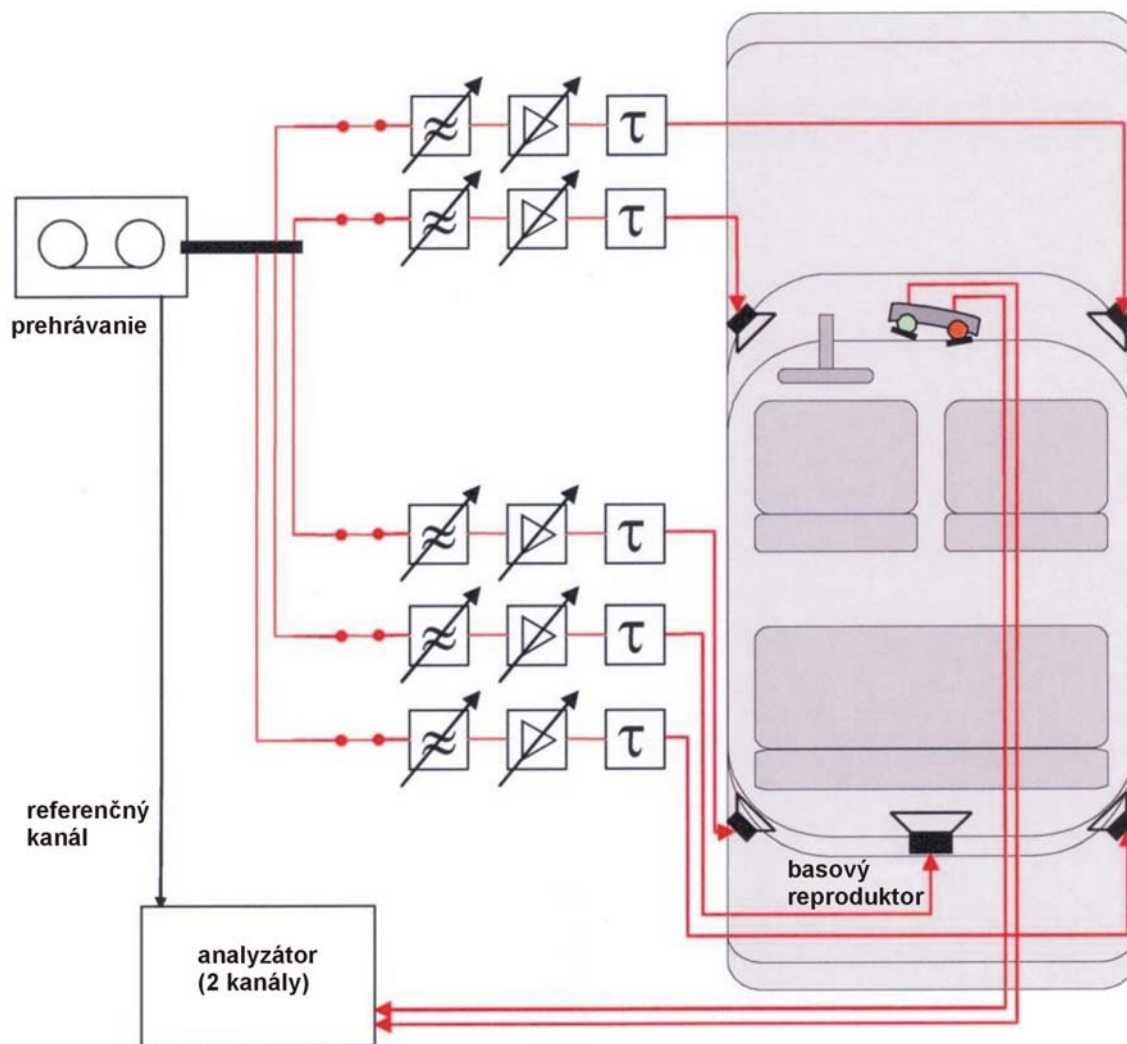
#### 5. Kompenzácia oneskorenia.

Na usporiadanie štyroch reproduktorov, vrátane basového reproduktora, sa požaduje kompenzácia oneskorenia jednotlivých reproduktorov do polohy kardioidných mikrofónov na dodržanie korelácie nahraného hlukového materiálu vzhľadom na polohu mikrofónu v akustickom poli. Chybné nastavenie oneskorenia môže spôsobiť účinky kombinovaného filtra, ktorý spôsobí neprirodený zvuk signálov priestorových hlukov. Preto je potrebné kompenzovať oneskorenia všetkých použitých reproduktorov jedným spoločným oneskorením. Sú merané nasledujúce oneskorenia a zodpovedajúce signálne trasy sa kompenzujú najdlhším oneskorením (najčastejšie spôsobené basovým reproduktorom):

- oneskorenie ľavých reproduktorov k ľavému mikrofónu (samostatne predné reproduktory a zadné reproduktory);
- oneskorenie od pravých reproduktorov k pravému mikrofónu (samostatne predné reproduktory a zadné reproduktory);
- oneskorenie od basového reproduktora k pravému mikrofónu.

#### 6. Celkové vyrovnanie.

Posledným krokom je overenie procesu vyrovnania vrátane kompenzácie oneskorenia. Stacionárny reálny signál širokopásmového priestorového hluku sa vedie k usporiadaniu štyroch reproduktorov. Všetky vyrovnávače, nastavenia úrovne a oneskorenia sú aktívne, signál sa prehráva všetkými reproduktormi vrátane basového reproduktora (pozri obrázok 33). Reprodukované zvukové pole sa nahráva obidvomi kardioidnými mikrofónmi. Nahrávky v každom kanále mikrofónu sa spektrálne analyzujú v tretích oktávach a porovnávajú sa so spektrom pôvodného signálu. Nameraná frekvenčná charakteristika signálu ľavého ucha a signálu pravého ucha znovu musí byť v tolerancii  $\pm 3$  dB, v každom kanále vo frekvenčnom rozsahu od 50 Hz do 10 kHz.



POZNÁMKA. – Signálne trasy na celkové vyrovnanie sú označené červenou farbou.

### Obrázok 33 – Blokový diagram nastavenia vyrovnaní

Ak sú výsledky mimo tolerancie, je potrebné kontrolovať, ktorý zo štyroch reproduktorov najviac prispieva k chybe vyrovnaní. Obyčajne chyba vzniká len v malom frekvenčnom rozsahu.

V prvom kroku sa kontroluje, či chyba vyrovnaní je dôsledkom presluchového signálu. Preto reproduktory produkujúce presluchový signál sa postupne vypnú. Ak sa teraz chyba vyrovnaní stratí, prvý predný reproduktor (produkujúci presluchový signál) a potom zadný reproduktor, produkujúci presluchový signál, sa znovu zapnú. Podľa toho sa nájde reproduktor najviac prispievajúci k chybe vyrovnaní. Vyrovnanie tohto reproduktora sa potom opraví a celkové vyrovnanie sa znovu kontroluje s ľavým a pravým kanálom. Tento postup sa opakuje, pokiaľ chyba vyrovnaní nebude v požadovanej tolerancii s obidvoma kanálmi. Niekedy je potrebné opraviť vyrovnávače predného reproduktora a zadného reproduktora.

Ak je chyba vyrovnaní spôsobená väčšinou reproduktormi produkujúcimi priamy zvuk v uvažovanom kanále, potom je potrebné korigovať vyrovnávače týchto reproduktorov. Postup je rovnaký, ako už bolo uvedené pri presluchoých reproduktoroch.



POZNÁMKA. – Vo výnimočných prípadoch je potrebné použiť korekciu vyrovnania priamych zvukových reproduktorov a aj presluchoových reproduktorov. V takých prípadoch trasa, ktorá sa musí dodržiavať, musí mať spoľahlivo nastavené vyrovnanie rôznych reproduktorov prispievajúcich k chybe, a nie je potrebné minimalizovať chybu vyrovnania korekciou vyrovnania jedného reproduktora výraznou zmenou filtra.

## 7.5 Presnosť reprodukcie zostavenia

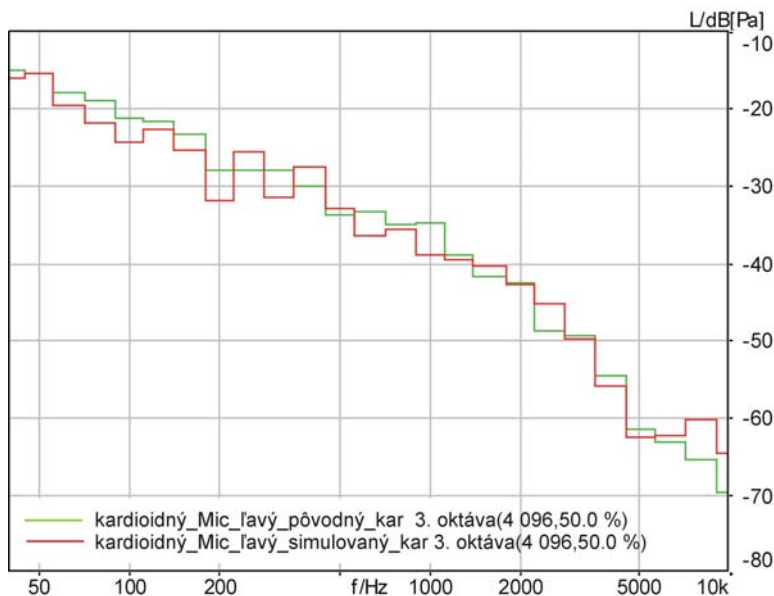
### 7.5.1 Porovnanie medzi pôvodným akustickým poľom a simulovaným akustickým poľom

Uvedené údaje sú odvodené z nasledujúcich experimentov:

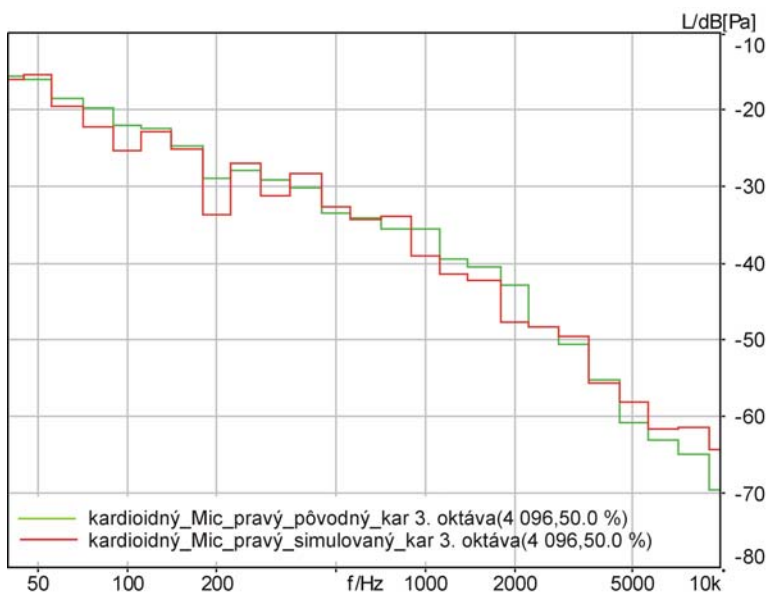
Dvojica kardioidných mikrofónov bola pripojená blízko spätného zrkadla v aute. S týmito mikrofónmi sa vykonali nahrávky počas jazdy na diaľnici pri 130 km/hod. Ďalej v texte sú tieto nahrávky označené "originalCar" (pôvodné auto).

Simulácia nahrávania pri rýchlosti 130 km/hod. bola prehrávaná cez vyrovnané usporiadanie štyroch reproduktorov + jeden reproduktor v aute a znovu nahraná s dvomi kardioidnými mikrofónmi. Ďalej sú v texte nahrávky počas simulácie zvukového poľa označené "simulatedCar" (simulované auto).

Porovnanie pôvodného spektra zvukového poľa nahraného s dvojicou kardioidných mikrofónov a simulovaného spektra zvukového poľa je znázornené na obrázkoch 34 a 35. Je zrejmé, že spektrá pôvodného zvukového poľa a simulovaného zvukového poľa sú približne rovnaké. Maximálna odchýlka je približne 4 dB.



POZNÁMKA. – Pôvodné zvukové pole (zelená krivka), simulované zvukové pole (červená krivka).

**Obrázok 34 – Hustota výkonového spektra nameraná ľavým kardioidným mikrofónom**

POZNÁMKA. – Pôvodné zvukové pole (zelená krivka), simulované zvukové pole (červená krivka).

**Obrázok 35 – Hustota výkonového spektra nameraná pravým kardioidným mikrofónom**

### 7.5.2 Prenos priestorového hluku: porovnanie výkonnosti koncového zariadenia v pôvodnom akustickom poli a v simulovanom akustickom poli

Ďalšie experimenty boli zamerané na potvrdenie výkonnosti usporiadania štyroch reproduktorov s typickými koncovými zariadeniami použitými v usporiadaní skúšky. Skúšky sa vykonali s dvomi koncovými zariadeniami s hlasitou prevádzkou v aute a zoskupením mikrofónov s integrovaným spracovaním signálu priestorového hluku.

Nahrávanie sa vykonávalo počas jazdy s každým koncovým zariadením cez mikrofón koncového zariadenia a so samotným koncovým zariadením (označené ako *originalCar*) synchronne s dvomi kardioidnými mikrofónmi.

S koncovým zariadením v simulovanom zvukovom poli sa nahrávka z kardioidného mikrofónu počas jazdy v aute prehrávala cez vyrovnané usporiadanie štyri reproduktory + jeden reproduktor v aute a vysielala sa cez koncové zariadenie (označené "simulatedCar").

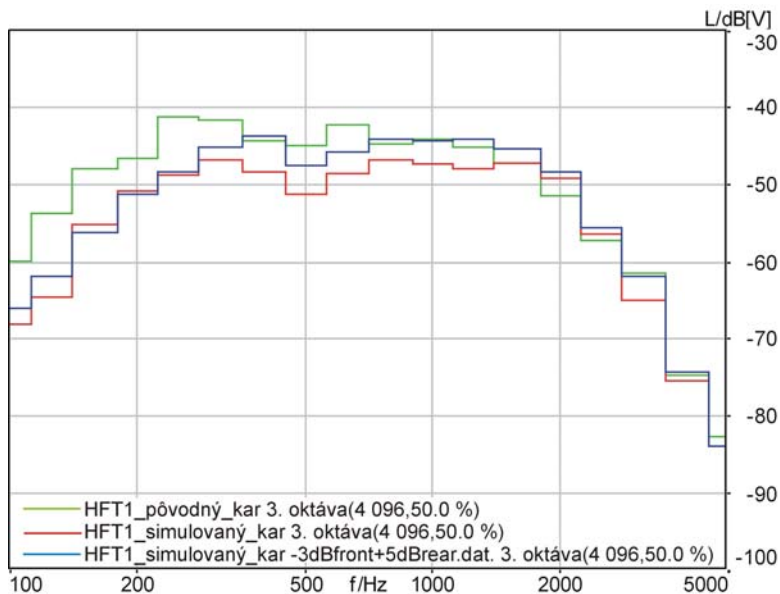
POZNÁMKA. – Vyrovnanie sa vykonalo s dvojicou kardioidných mikrofónov umiestnených blízko spätného zrkadla, ale všetky mikrofóny koncového zariadenia boli pripojené na strope. V dôsledku veľkosti použitých kardioidných mikrofónov sa vyrovnanie nevykonalo v presnej polohe mikrofónov s hlasitou prevádzkou. Toto spôsobilo rozdiely medzi spektrom pôvodného zvukového poľa a simulovaného zvukového poľa.

#### Koncové zariadenie s hlasitou prevádzkou vo vozidle I

Obrázok 36 znázorňuje spektrum pôvodného zvukového poľa (zelená krivka) a simulovaného zvukového poľa (červená krivka) s koncovým zariadením s hlasitou prevádzkou I. Je zrejmé, že krivky sa nezhodujú vo frekvenčnom rozsahu pod 1 400 Hz. Ďalšie skúmania viedli k záverom, že jav vzniká v dôsledku skutočnosti, že mikrofón koncového zariadenia s hlasitou prevádzkou je veľmi citlivý na štruktúru vnášaného hluku. Počas jazdy táto štruktúra vnášaného hluku sa pripočíta k palubnému hluku. Štruktúra prvku vnášaného hluku chýba v simulácii, pretože sa simuluje len palubný hluk. Iná možná príčina rozdielov môže vyplývať z neznámej smerovosti mikrofónu. Ak smerovosť obsahuje výrazné laloky zamerané smerom k zadnej časti auta, koncové zariadenie môže nahráť počas jazdy hlavne hluk zo zadnej časti.

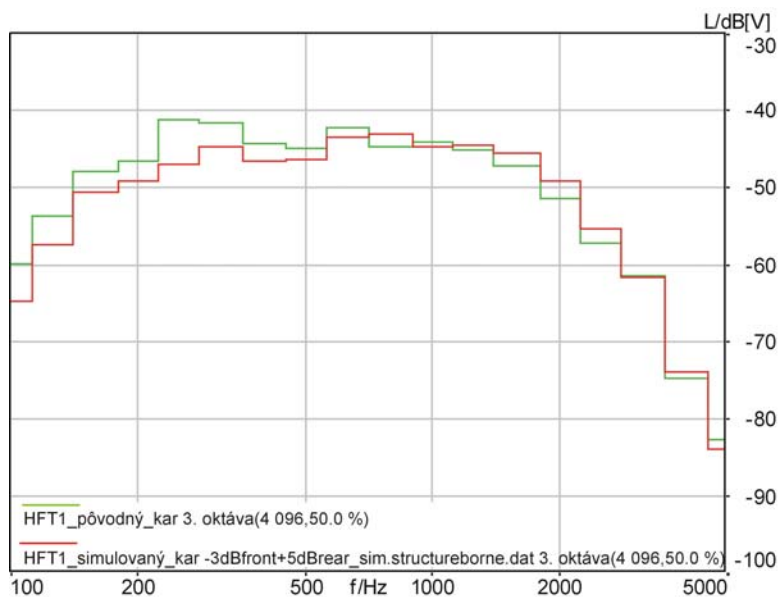
Výsledky s dvomi modifikovanými nastaveniami pri skúške sú znázornené na obrázkoch 36 a 37. Na prenos so simulovaným zvukovým poľom sa úroveň tlaku zvuku zadných reproduktorov zvýšila o 5 dB a úroveň tlaku zvuku predných reproduktorov sa znížila o 3 dB. Výsledok je znázornený na obrázku 36 (modrá krivka). V porovnaní s predchádzajúcim výsledkom (červená krivka) výsledné spektrum je blízke k pôvodnému spektru, ale existujú stále odchýlky pri frekvenciách nižších ako 350 Hz.

Obrázok 37 znázorňuje spektrum simulovaného zvuku s modifikovanými úrovňami tlaku zvuku (-3 dB predné, +5 dB zadné) a simulovanou štruktúrou vnášaného hluku. Tieto dve činnosti v kombinácii obyčajne spôsobia zlepšenie, maximálna odchýlka od pôvodného spektra je približne 6 dB.



POZNÁMKA. – Pôvodné zvukové pole (zelená krivka), simulované zvukové pole (červená krivka), simulované zvukové pole so zníženou úrovňou tlaku zvuku o 3 dB na predných reproduktoroch a so zvýšenou úrovňou tlaku zvuku o 5 dB na zadných reproduktoroch (modrá krivka).

**Obrázok 36 – Hustota výkonového spektra nameraná bežným koncovým zariadením s hlasitou prevádzkou (so spracovaním signálu priestorového hluku) umiestneným na strope blízko spätného zrkadla**



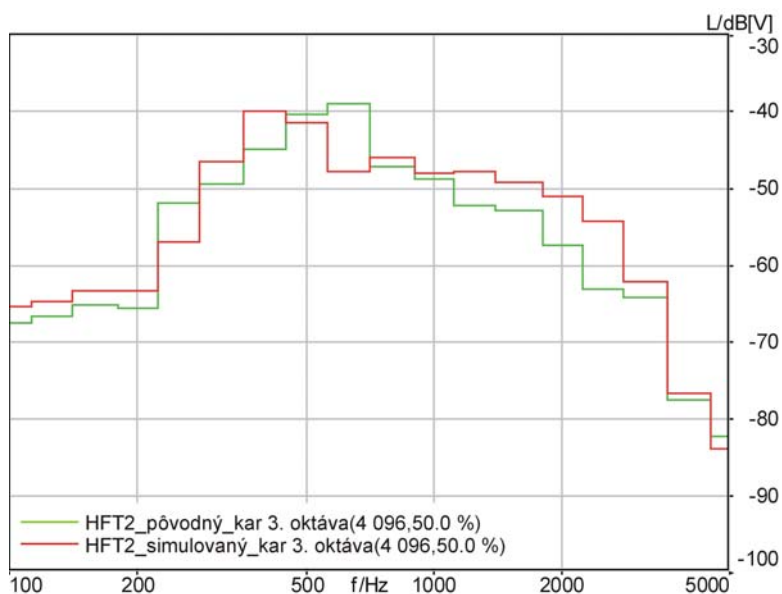
POZNÁMKA. – Pôvodné zvukové pole (zelená krivka), simulované zvukové pole so zníženou úrovňou tlaku zvuku o 3 dB na predných reproduktorech a so zvýšenou úrovňou tlaku zvuku o 5 dB na zadných reproduktorech a simulovaná štruktúra vnášaného hluku (červená krivka).

**Obrázok 37 – Hustota výkonového spektra nameraná bežným koncovým zariadením s hlasitou prevádzkou (so spracovaním signálu priestorového hluku) umiestneným na strope blízko spätného zrkadla**

#### Koncové zariadenie s hlasitou prevádzkou II

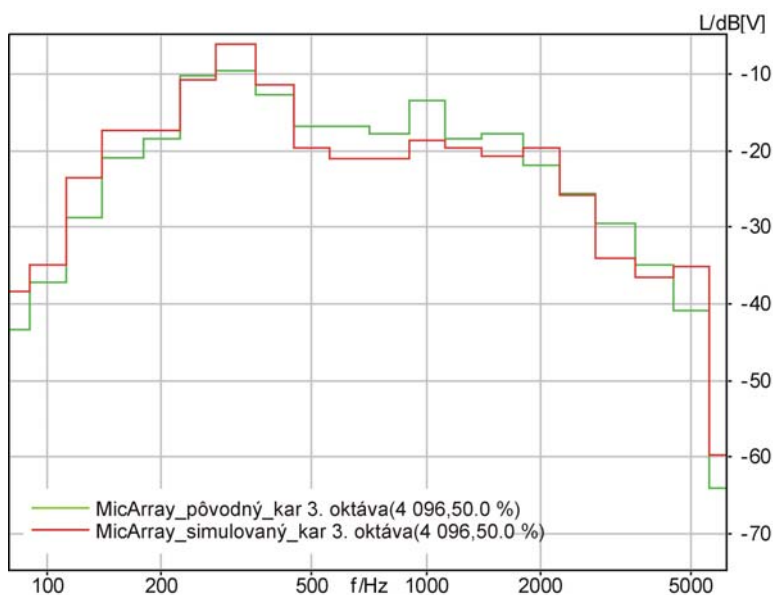
Obrázok 38 znázorňuje spektrum pôvodného zvukového poľa a simulovaného zvukového poľa s koncovým zariadením s hlasitou prevádzkou II. Pri mikrofóne tohto koncového zariadenia sa neprihliadalo na citlivosť štruktúry vneseného hluku.

Je zrejmé, že existujú rozdiely približne 9 dB. Sú spôsobené vyrovnaním polohy kardioidného mikrofónu.



POZNÁMKA. – Pôvodné zvukové pole (zelená krivka), simulované zvukové pole (červená krivka).

**Obrázok 38 – Hustota výkonového spektra nameraná bežným koncovým zariadením s hlasitou prevádzkou (so spracovaním signálu priestorového hluku) umiestneným na strope blízko spätného zrkadla**



POZNÁMKA. – Pôvodné zvukové pole (zelená krivka), simulované zvukové pole (červená krivka).

**Obrázok 39 – Hustota výkonového spektra nameraná so zoskupením mikrofónov (so spracovaním signálu priestorového hluku) umiestnených na strope blízko spätného zrkadla**

### **Zoskupenie mikrofónov**

Zoskupenie mikrofónov sa skúšalo bez koncového zariadenia. Na skúšku sa použil len signál poskytovaný zoskupením, ktorý obsahuje signál spracovaný typickým prvkom zoskupených mikrofónov.

Na obrázku 39 je znázornené spektrum pôvodného zvukového poľa a simulovaného zvukového poľa prenášaného zoskupením mikrofónov. Maximálna odchýlka od pôvodného spektra je približne 5 dB.

## 8 Databáza priestorového hluku

Databáza priestorového hluku je dostupná oddelene od normy. Všetky súbory sú dvojkanálové \*.wav súbory so vzorkovacou rýchlosťou 48 kHz.

Priestorové hluky, názvy súboru a úrovne pôvodných signálov sa nachádzajú v uvedenom zozname. Informácia o úrovniach sa môže použiť na nastavenie mierky \*.wav súborov na reprodukciu použitého usporiadania.

Každý súbor je skrátený na maximálnu dĺžku 30 s. Ak je potrebná dlhšia prezentácia priestorového hluku, súbory sa môžu prehrávať periodicky s prekryvaním (nasledujúci súbor už zaznieva, kým predchádzajúci súbor ešte doznieva).

POZNÁMKA. – Tieto súbory sa nachádzajú na adrese:

<http://portal.etsi.org/docbox/stq/Open/EG%20202%20396-1%20Background%20noise%20database>

### 8.1 Binaurálne signály

<b>Hluk v aute, obsadené auto 1</b>				
Opis	Názov súboru	Trvanie	Úroveň	Typ
Nahrávanie na mieste vodiča	Fullsize_Car1_80Kmh_binaurálny	30 s	L: 63,4 dB(A) R: 61,8 dB(A)	binaurálny
Nahrávanie na mieste vodiča	Fullsize_Car1_100Kmh_binaurálny	30 s	L: 65,4 dB(A) R: 63,2 dB(A)	binaurálny
Nahrávanie na mieste vodiča	Fullsize_Car1_130Kmh_binaurálny	30 s	L: 69,1 dB(A) R: 68,1 dB(A)	binaurálny

<b>Hluk v aute, stredne obsadené auto 1</b>				
Opis	Názov súboru	Trvanie	Úroveň	Typ
Nahrávanie na mieste vodiča	Midsize_Car1_80Kmh_binaurálny	30 s	L: 62,3 dB(A) R: 61,4 dB(A)	binaurálny
Nahrávanie na mieste vodiča	Midsize_Car1_100Kmh_binaurálny	30 s	L: 63,4 dB(A) R: 62,6 dB(A)	binaurálny
Nahrávanie na mieste vodiča	Midsize_Car1_130Kmh_binaurálny	30 s	L: 67,0 dB(A) R: 65,9 dB(A)	binaurálny

<b>Hluk v aute, stredne obsadené auto 2</b>				
Opis	Názov súboru	Trvanie	Úroveň	Typ
Nahrávanie na mieste vodiča	Midsize_Car2_Car_80Kmh_binaurálny	30 s	L: 68,3 dB(A) R: 67,8 dB(A)	binaurálny
Nahrávanie na mieste vodiča	Midsize_Car2_100Kmh_binaurálny	30 s	L: 70,6 dB(A) R: 70,4 dB(A)	binaurálny
Nahrávanie na mieste vodiča	Midsize_Car2_130Kmh_binaurálny	30 s	L: 74,4 dB(A) R: 74,5 dB(A)	binaurálny

<b>Hluk v autobuse</b>				
Opis	Názov súboru	Trvanie	Úroveň	Typ
Nahrávanie v priestore pre cestujúcich	Inside_Bus_Noise_binaurálny	30 s	L: 75,8 dB(A) R: 77,6 dB(A)	binaurálny

<b>Hluk vo vlaku</b>				
Opis	Názov súboru	Trvanie	Úroveň	Typ
Nahrávanie v priestore pre cestujúcich	Inside_Train_Noise1_binaurálny	30 s	L: 73,0 dB(A) R: 72,9 dB(A)	binaurálny
Nahrávanie v priestore pre cestujúcich	Inside_Train_Noise2_binaurálny	30 s	L: 62,1 dB(A) R: 64,8 dB(A)	binaurálny
Nahrávanie v priestore pre cestujúcich	Inside_Train_Noise3_binaurálny	30 s	L: 79,17 dB(A) R: 80,52 dB(A)	binaurálny

<b>Hluk v lietadle</b>				
Opis	Názov súboru	Trvanie	Úroveň	Typ
Nahrávanie v priestore pre cestujúcich	Inside_Aircraft_Speech_binaurálny	30 s	L: 80,4 dB(A) R: 79,9 dB(A)	binaurálny
Nahrávanie v priestore pre cestujúcich	Inside_Aircraft_Noise1_binaurálny	30 s	L: 74,6 dB(A) R: 75,1 dB(A)	binaurálny
Nahrávanie v priestore pre cestujúcich	Inside_Aircraft_Noise2_binaurálny	30 s	L: 81,4 dB(A) R: 81,1 dB(A)	binaurálny

<b>Hluk prevádzky vonkajšej ulice</b>				
Opis	Názov súboru	Trvanie	Úroveň	Typ
Nahrávanie na chodníku	Outside_Traffic_Crossroads_binaurálny	20 s	L: 69,1 dB(A) R: 69,6 dB(A)	binaurálny
Nahrávanie na chodníku	Outside_Traffic_Road_binaurálny	30 s	L: 74,9 dB(A) R: 73,9 dB(A)	binaurálny

<b>Hluk na verejných priestoroch</b>				
Opis	Názov súboru	Trvanie	Úroveň	Typ
Nahrávanie v hostinci	Pub_Noise_binaurálny_V2	30 s	L: 75,0 dB(A) R: 73,0 dB(A)	binaurálny
Nahrávanie v kaviarni	Mensa_binaurálny	22 s	L: 63,4 dB(A) R: 61,9 dB(A)	binaurálny
Nahrávanie počas chôdze	Shopping_Center_binaurálny	30 s	L: 68,3 dB(A) R: 67,8 dB(A)	binaurálny
Nahrávanie v telocvični v medznej polohe	Sports_Noise1_Indoor_Soccer_binaurálny	30 s	L: 68,0 dB(A) R: 68,7 dB(A)	binaurálny
Nahrávanie v telocvični v medznej polohe	Sports_Noise2_Badminton_binaurálny	30 s	L: 68,0 dB(A) R: 68,7 dB(A)	binaurálny
Nahrávanie na nástupišti odchodov	Train_Station_binaurálny	30 s	L: 68,2 dB(A) R: 69,8 dB(A)	binaurálny
Nahrávanie pri pokladni	Cafeteria_Noise_binaurálny	30 s	L: 68,4 dB(A) R: 67,3 dB(A)	binaurálny

<b>Hluk na pracovisku</b>				
Opis	Názov súboru	Trvanie	Úroveň	Typ
Nahrávanie v podnikovej kancelárii	Work_Noise_Office_Callcenter_binaurálny	30 s	L: 56,6 dB(A) R: 57,8 dB(A)	binaurálny
Nahrávanie vedľa cestárskych prác	Work_Noise_Jackhammer_binaurálny	30 s	L: 76,2 dB(A) R: 78,4 dB(A)	binaurálny
Nahrávanie v obchode so strojmi	Work_Noise_Machine_Shop_binaurálny	30 s	L: 78,1 dB(A) R: 78,8 dB(A)	binaurálny

<b>Hluk v obytnej miestnosti</b>				
Opis	Názov súboru	Trvanie	Úroveň	Typ
Nahrávanie v súkromnej obytnej miestnosti	Living_Room_Noise_binaurálny	30 s	L: 56,6 dB(A) R: 57,8 dB(A)	binaurálny

<b>Hluk detí</b>				
Opis	Názov súboru	Trvanie	Úroveň	Typ
Nahrávanie v priestore na hranie	Kindergarten_Noise1_binaurálny	30 s	L: 73,20 dB(A) R: 71,94 dB(A)	binaurálny
Nahrávanie v priestore na hranie	Kindergarten_Noise2_binaurálny	30 s	L: 80,59 dB(A) R: 80,38 dB(A)	binaurálny
Nahrávanie na školskom dvore	Schoolyard_Noise2_binaurálny	30 s	L: 67,89 dB(A) R: 68,07 dB(A)	binaurálny

<b>Hluk v prírode</b>				
Opis	Názov súboru	Trvanie	Úroveň	Typ
Nahrávanie v lese	Nature1_Forest_Noise_binaurálny	30 s	L: 41,85 dB(A) R: 41,24 dB(A)	binaurálny
Nahrávanie v lese	Nature2_Creek_Noise_binaurálny	30 s	L: 65,93 dB(A) R: 56,51 dB(A)	binaurálny
Nahrávanie na obilnom poli	Nature3_Open_Field_Noise_binaurálny	30 s	L: 42,63 dB(A) R: 42,90 dB(A)	binaurálny



Jeden hlas, muž		Trvanie	Úroveň	Typ
Opis	Názov súboru			
Nahrávanie v tichej miestnosti	Male_Single_Voice_Distractor_binauralny	36 s	L: 68,4 dB(A) R: 68,2 dB(A)	binaurálny

## 8.2 Stereofónne signály

<i>Hluk v aute, obsadené auto 1</i>				
Opis	Názov súboru	Trvanie	Úroveň	Typ
Nahrávanie v mieste zrkadla	Fullsize_Car1_80Kmh_2cardiod_mics	30 s	L: 61,5 dB(A) R: 61,1 dB(A)	2 kardioidné mikrofóny
Nahrávanie v mieste zrkadla	Fullsize_Car1_100Kmh_2cardiod_mics	30 s	L: 62,7 dB(A) R: 62,4 dB(A)	2 kardioidné mikrofóny
Nahrávanie v mieste zrkadla	Fullsize_Car1_130Kmh_2cardiod_mics	30 s	L: 68,4 dB(A) R: 67,4 dB(A)	2 kardioidné mikrofóny

<i>Hluk v aute, stredne obsadené auto 1</i>				
Opis	Názov súboru	Trvanie	Úroveň	Typ
Nahrávanie v mieste zrkadla	Midsize_Car1_80Kmh_2cardiod_mics	30 s	L: 60,3 dB(A) R: 58,8 dB(A)	2 kardioidné mikrofóny
Nahrávanie v mieste zrkadla	Midsize_Car1_100Kmh_2cardiod_mics	30 s	L: 61,9 dB(A) R: 60,2 dB(A)	2 kardioidné mikrofóny
Nahrávanie v mieste zrkadla	Midsize_Car1_130Kmh_2cardiod_mics	30 s	L: 65,9 dB(A) R: 64,4 dB(A)	2 kardioidné mikrofóny

<i>Hluk v aute, stredne obsadené auto 2</i>				
Opis	Názov súboru	Trvanie	Úroveň	Typ
Nahrávanie v mieste zrkadla	Midsize_Car2_80Kmh_2cardiod_mics	30 s	L: 68,3 dB(A) R: 67,8 dB(A)	2 kardioidné mikrofóny
Nahrávanie v mieste zrkadla	Midsize_Car2_100Kmh_2cardiod_mics	30 s	L: 70,6 dB(A) R: 70,4 dB(A)	2 kardioidné mikrofóny
Nahrávanie v mieste zrkadla	Midsize_Car2_130Kmh_2cardiod_mics	30 s	L: 74,4 dB(A) R: 74,5 dB(A)	2 kardioidné mikrofóny

---

## Príloha A (informatívna)

### Porovnanie skúšok vo vysielacom smere a skúšky hodnôt D vykonávaných v rozličných miestnostiach

Príloha A uvádza výsledky porovnávacích skúšok uskutočnených v kancelárskej miestnosti, poloodrazovej komore a bezodrazovej komore podľa EG 202 396-1 [i.17].

---

#### A.1 Pokyny podľa používateľa

Všetky ďalej uvedené skúšky sa vykonali s rozličnými mobilnými telefónmi, ktoré sa použili preto, lebo znázorňujú veľkú rozmanitosť rozličných návrhov a mnohé používajú integrované techniky na zamedzenie hluku. Musí sa vyhodnotiť vplyv akustického/mechanického návrhu ako aj vplyv techník zamedzenia hluku.

Použili sa nasledujúce typy telefónov od rozličných výrobcov:

- telefón 1 – telefón s kamerou so zamedzením hluku;
- telefón 2 – krátky telefón so zamedzením hluku;
- telefón 3 – krátky telefón s miernym zamedzením hluku;
- telefón 4 – dlhý telefón so smerovým mikrotelefónom bez zamedzenia hluku;
- telefón 5 – stredný telefón s výrazným zamedzením hluku;
- telefón 6 – stredný klasický "podnikový telefón" so zamedzením hluku;
- telefón 7 – krátky telefón so zamedzením hluku;
- telefón 8 – telefón s kamerou so zamedzením hluku.

Všetky skúšky sa vykonali s HATS vyhovujúcemu odporúčaniu ITU-T P.58 [i.8] vybaveného umelým uchom typu 3.4 podľa odporúčania ITU-T P.57 [i.7]. Telefóny boli umiestnené podľa odporúčania ITU-T P.64 [i.10].

Skúšky sa vykonali podľa TS 151 010-1 [i.18]. Použili sa dva druhy priestorových hlukov: v jednom experimente sa generovalo difúzne pole ružového hluku s použitím štyroch nekorelovaných hlukových zdrojov, prezentovaných štyrmi vyrovnanými reproduktormi a kalibrovanými v rozličných skúšobných miestnostiach.

Simulácia priestorového hluku v kancelárskej miestnosti bola vyrovnaná a kalibrovaná podľa EG 202 396-1 [i.17]. Ak sa inštaluje simulácia priestorového hluku v bezodrazovej a poloodrazovej miestnosti, použije sa rovnaké nastavenie, ale namiesto časovej synchronizácie štyroch reproduktorov v každej trase usporiadanie prehrávania bolo vložené oneskorenie na zvýšenie difúznosti binaurálne nahratého priestorového hluku z databázy v EG 202 396-1 [i.17] na zamedzenie stojatých vln v bezodrazovej skúšobnej miestnosti. Oneskorenia vložené v každej trase boli 0 ms, 11 ms, 17 ms, 29 ms. Po vložení oneskorení sa použije proces vyrovnania a kalibrácie podľa EG 202 396-1 [i.17]. Na tieto skúšky sa použil kaviarenský hluk podľa databázy v EG 202 396-1 [i.17].

Všetky skúšky sa vykonali v nasledujúcich miestnostiach:

- miestnosť R1 – bezodrazová komora;

miestnosť R2 – kancelárska miestnosť;

miestnosť R3 – poloodrazová miestnosť (bezodrazová nad 300 Hz).

## A.2 Výsledky skúšok

V prílohe B sa nachádzajú všetky namerané charakteristiky, ktoré sú základom rôznych ďalej uvedených výpočtov.

### A.2.1 Vysielacie frekvenčné charakteristiky a SLR

V prvom kroku sa namerali vysielacie frekvenčné charakteristiky všetkých telefónov v rozličných miestnostiach na určenie hlavných rozdielov, ktoré sa môžu očakávať pri týchto najjednoduchších a reprodukovateľných skúškach (z pohľadu zostavenia). Ďalej sa určili SLR.

**Tabuľka A.1 – SLR rozličných telefónov nameraná v rozličných miestnostiach**

SLR									
Telefón č.	1	2	3	4	5	6	7	8	
R1 (bezodrazová)	12,7	10,0	11,6	13,3	8,5	5,2	10,9	13,6	
R2 (kancelária)	12,1	9,1	11,4	11,8	7,0	4,9	9,6	13,1	
R3 (poloodrazová)	12,9	12,4	10,0	11,6	9,1	5,1	10,1	13,7	

Z nameraných frekvenčných charakteristík ako aj z výsledkov SLR je zrejmé, že hoci umiestnenie a kalibrácia sa vykonali veľmi pozorne, je možné očakávať rozdiely. To je dané obmedzenou presnosťou umiestnenia, ako aj v dôsledku skutočnosti, že väčšina telefónov používa nelineárne a časovo premenlivé spracovanie signálu. Toto spracovanie signálu môže spôsobiť mierne rozdiely v úrovniach signálov (napríklad sa prejaví vplyv mierne odlišného spracovania druhého rádu). K rozličným výsledkom sa môže dôjsť aj vplyvom veľkosti pamäte, ak sa meria telefón v rôznych časoch počas spojenia. Tabuľka A.1 znázorňuje, že SLR sa môže odchýliť o 3 dB v závislosti od typu telefónu.

### A.2.2 Hodnota D s ružovým hlukom

V druhom experimente sa pri skúškach telefónov na simuláciu "normálneho" priestorového hluku použilo nastavenie obsahujúce štyri reproduktory, produkujúce nekorelované hlukové pole, na určenie hodnoty D. Výsledky sú uvedené v tabuľke A.2.

**Tabuľka A.2 – Hodnota D s ružovým hlukom rozličných telefónov nameraná v rozličných miestnostiach**

SLR									
Telefón č.	1	2	3	4	5	6	7	8	
R1 (bezodrazová)	13,7	5,9	3,3	0,4	-3,0	0,4	0,5	10,7	
R2 (kancelária)	13,2	5,5	3,3	-0,6	12,9	1,5	-0,1	8,4	
R3 (poloodrazová)	14,1	4,6	0,6	-1,4	-5,6	-2,9	-1,6	9,3	

Ako je zrejmé pri skúškach frekvenčnej charakteristiky, sú namerané rozdiely hodnoty D v rozsahu do 4 dB, okrem mobilného telefónu č. 5, ktorý si zaslúži určitú podrobnejšiu diskusiu. Mobilný telefón č. 5 znázorňuje správanie, ktoré sa môže nachádzať častejšie v moderných návrhoch. V závislosti od typu telefónu, úrovne a trvania signálu priestorového hluku telefón pri vysielaní drasticky mení svoje správanie. Určite je to spôsobené najmä jednoduchým signálom priestorového hluku, ktorý môžu mnohé telefóny jednoducho identifikovať a to obyčajne vedie k výraznejšiemu zamedzeniu priestorového hluku, ako k reálnym priestorovým hlukom. Namerané

výsledky sa môžu trochu líšiť v závislosti od podmienok pri skúškach. Správanie tohto telefónu ukazuje, že podmienky skúšania vrátane potrebných skúšobných úprav je potrebné definovať dôkladnejšie, ako to bolo v minulosti. Ďalej sa môže stanoviť, že všetky rozdielne hodnoty D sa môžu vyskytnúť v reálnom živote v závislosti od podmienok používania.

### A.2.3 Hodnota D s kaviarenským hlukom

V treťom experimente sa vykonala simulácia kaviarenskeho hluku, prevzatá z databázy priestorového hluku ETSI. Nastavenie v kancelárskej miestnosti sa použilo podľa EG 202 396-1 [i.17]. V bezodrazovej miestnosti, ako aj poloodrazovej miestnosti sa použilo modifikované podľa uvedeného opisu. Namerané frekvenčné charakteristiky, ktoré sú základom na výpočet hodnoty D, sa nachádzajú v prílohe B.

**Tabuľka A.3 – Hodnota D rozličných telefónov pri kaviarenskom hluku nameraná v rozličných miestnostiach**

SLR								
Poradie telefónu	1	2	3	4	5	6	7	8
R1 (bezodrazová)	-1,8	-10,4	-9,6	-3,4	-10,3	-9,3	-9,2	2,7
R2 (kancelária)	-1,8	-10,4	-9,7	-3,9	-12,9	-10,1	-9,5	0,0
R3 (poloodrazová)	-3,0	-12,2	-9,9	-6,4	-14,7	-11,7	-10,5	-0,1

Rozdiely vo výsledkoch sú v podobnom rozsahu, ako sa namerali predtým. Veľké rozdiely namerané s mobilným telefónom č. 5 sa namerali aj s kaviarenským hlukom. Výsledný dokument, ktorý modifikuje nastavenie EG 202 396-1 [i.17], ak sa použije v bezodrazovej miestnosti alebo poloodrazovej miestnosti, vedie k rovnakým výsledkom ako pri použití pôvodného nastavenia v kancelárskych miestnostiach. Namerané rozdiely sú v rovnakom rozsahu, ktorý sa môže očakávať, ak sa merajú rovnaké telefóny niekoľkokrát. Hodnota citlivosti nameraného difúzneho poľa v kaviarni je obvyčajne bližšia k hodnote citlivosti nameraného difúzneho poľa medzi rozdielnymi miestnosťami ako pri meraní s ružovým hlukom. Niekedy rozličné hodnoty D sú spôsobené hlavne rozličnou citlivosťou priamych zvukov.

---

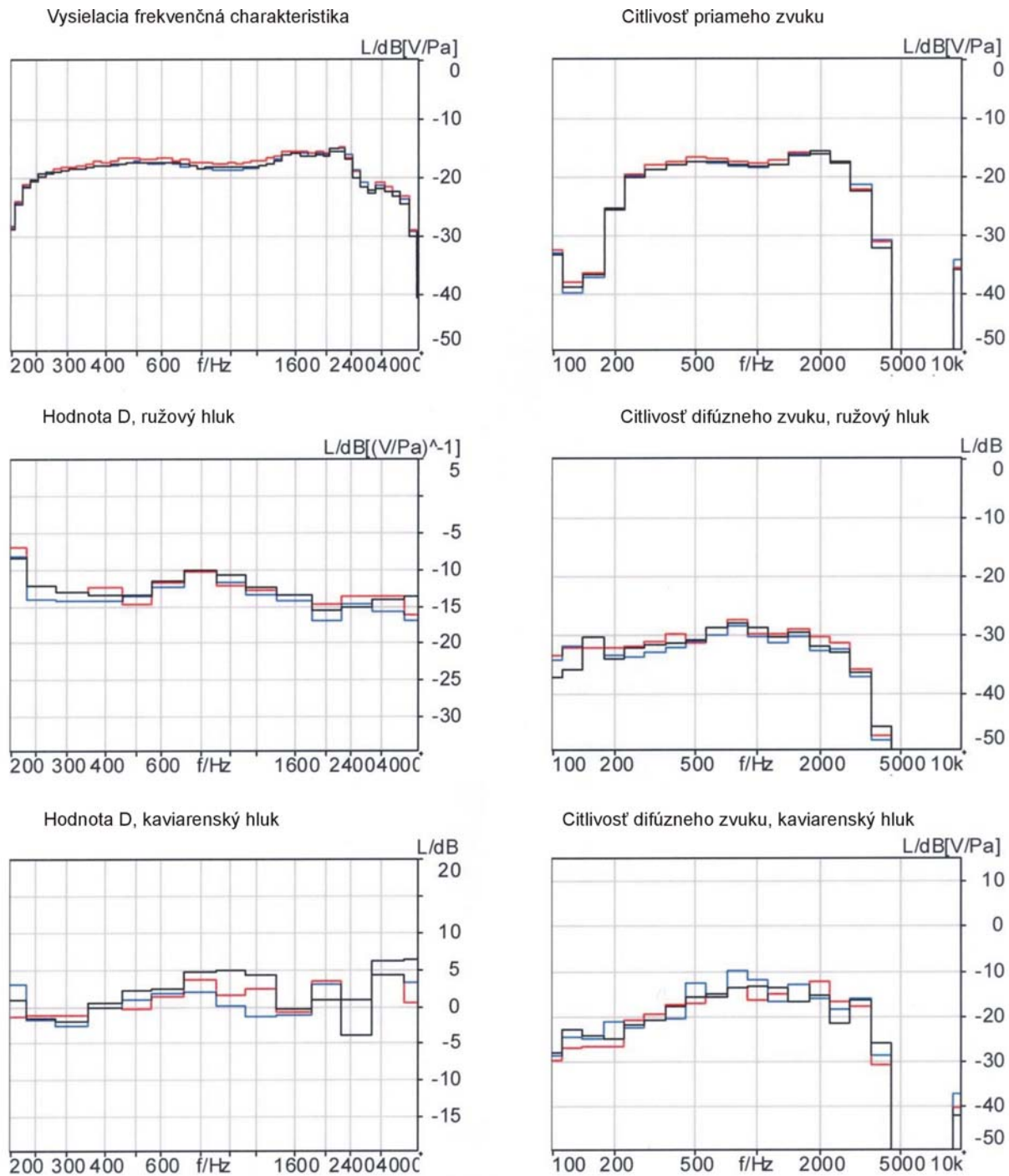
## A.3 Závery

Vykonané experimenty vedú k nasledujúcim záverom:

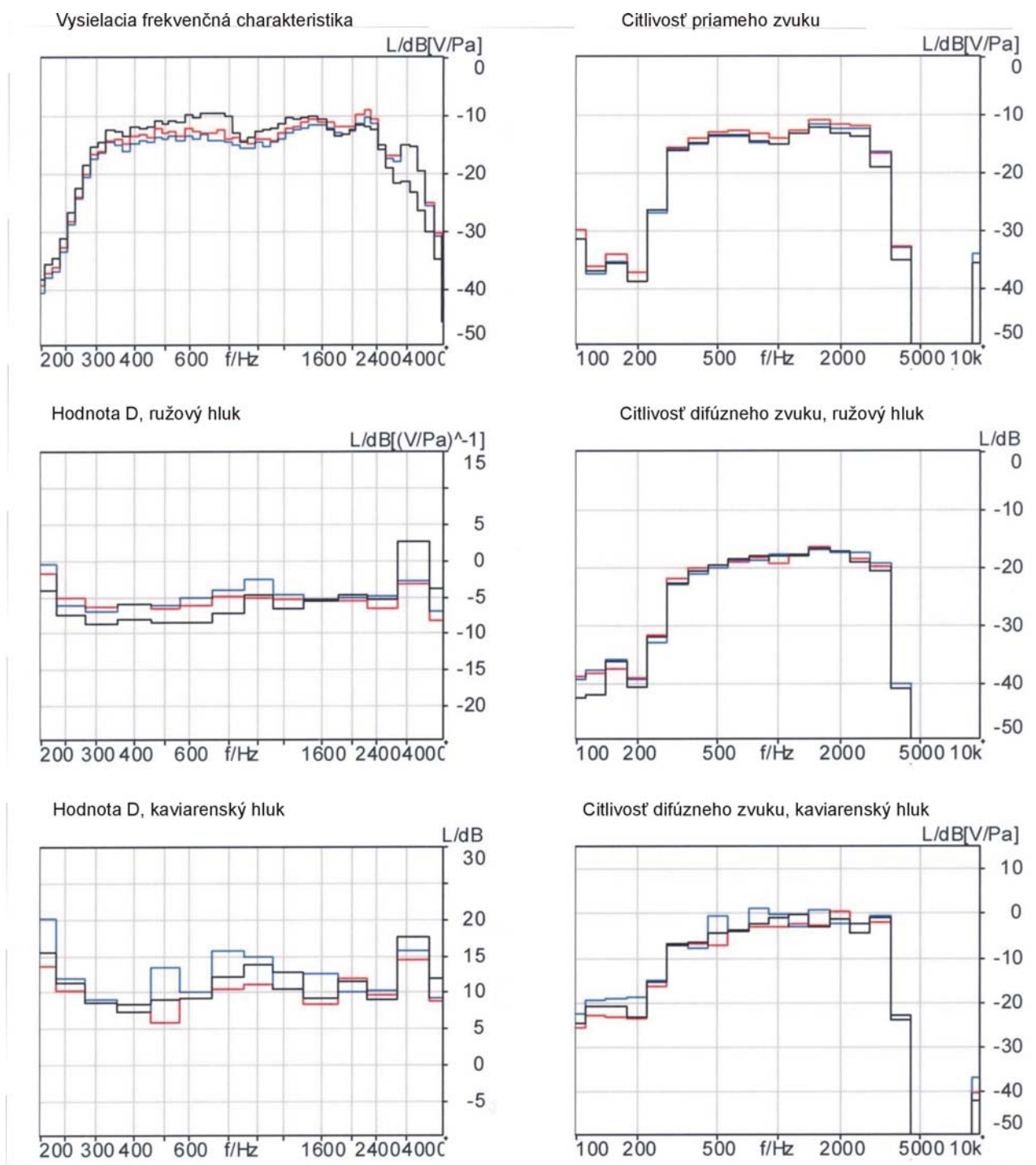
- opakovateľnosť skúšok mobilných telefónov vo vysielacom smere je o trochu viac kritickejšia ako sa očakáva, frekvenčné charakteristiky ako aj SLR sa môžu líšiť až o 3 dB;
- hlavnou príčinou pozorovaných rozdielov je vysoká nelinearita a časovo premenné techniky spracovania signálu, použité v moderných telefónoch; mierne nepresnosti umiestnenia môžu ďalej prispievať k týmto rozdielom (niekedy je to druhoradý efekt spôsobený nepatrnými rozdielmi v úrovniach skúšaného signálu v mobilnom mikrotelefóne);
- namerané rozdiely hodnoty D sú v rovnakom rozsahu ako s SLR;
- nastavenie ružového hluku môže spôsobiť väčšie rozdiely ako s použitím reálneho kaviarenskeho priestorového hluku;
- použitie nastavenia podľa EG 202 396-1 [i.17] v rozličných miestnostiach dáva porovnateľné výsledky s rozličnými skúšanými telefónmi.

## Príloha B (informatívna)

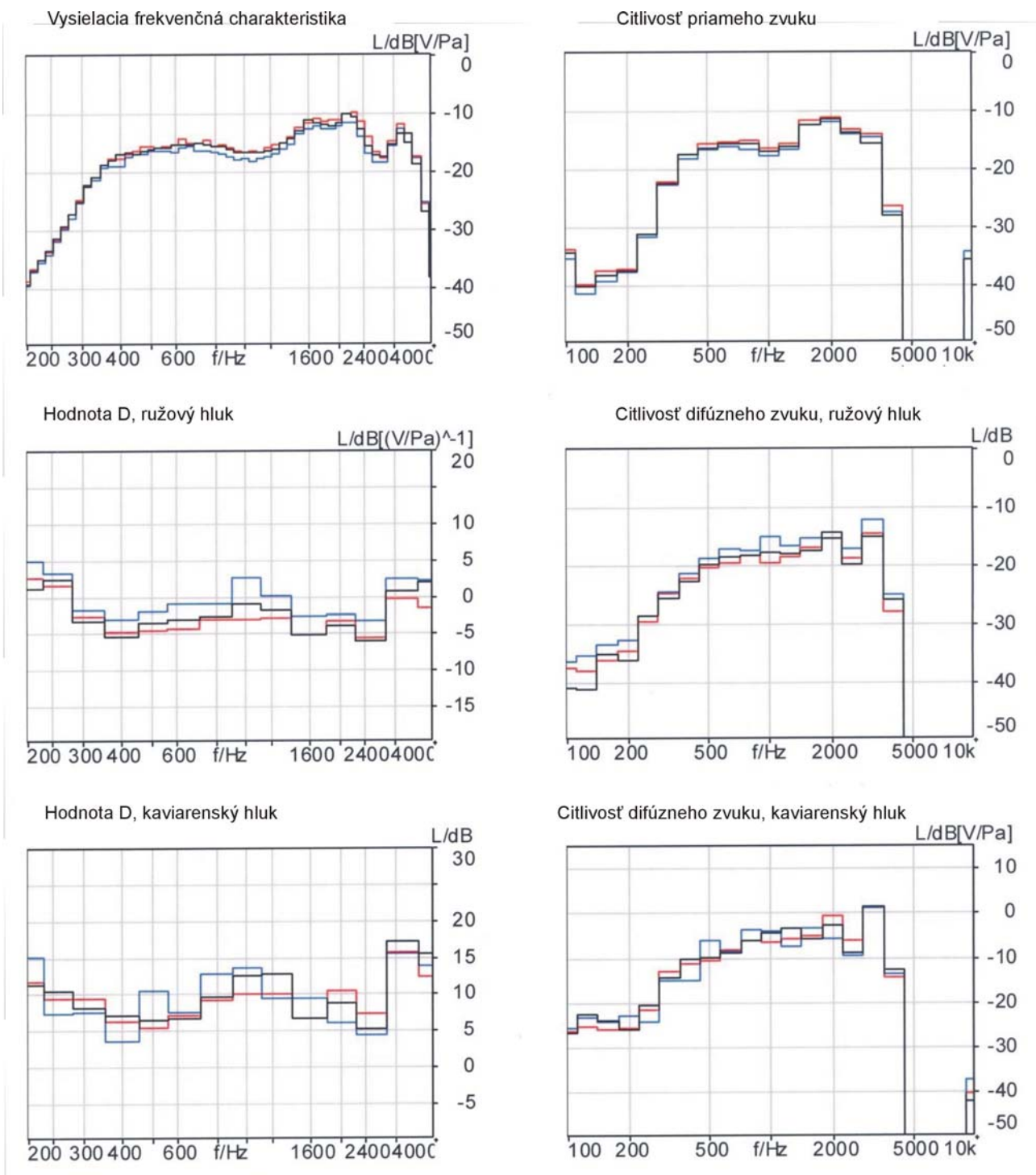
## Diagramy



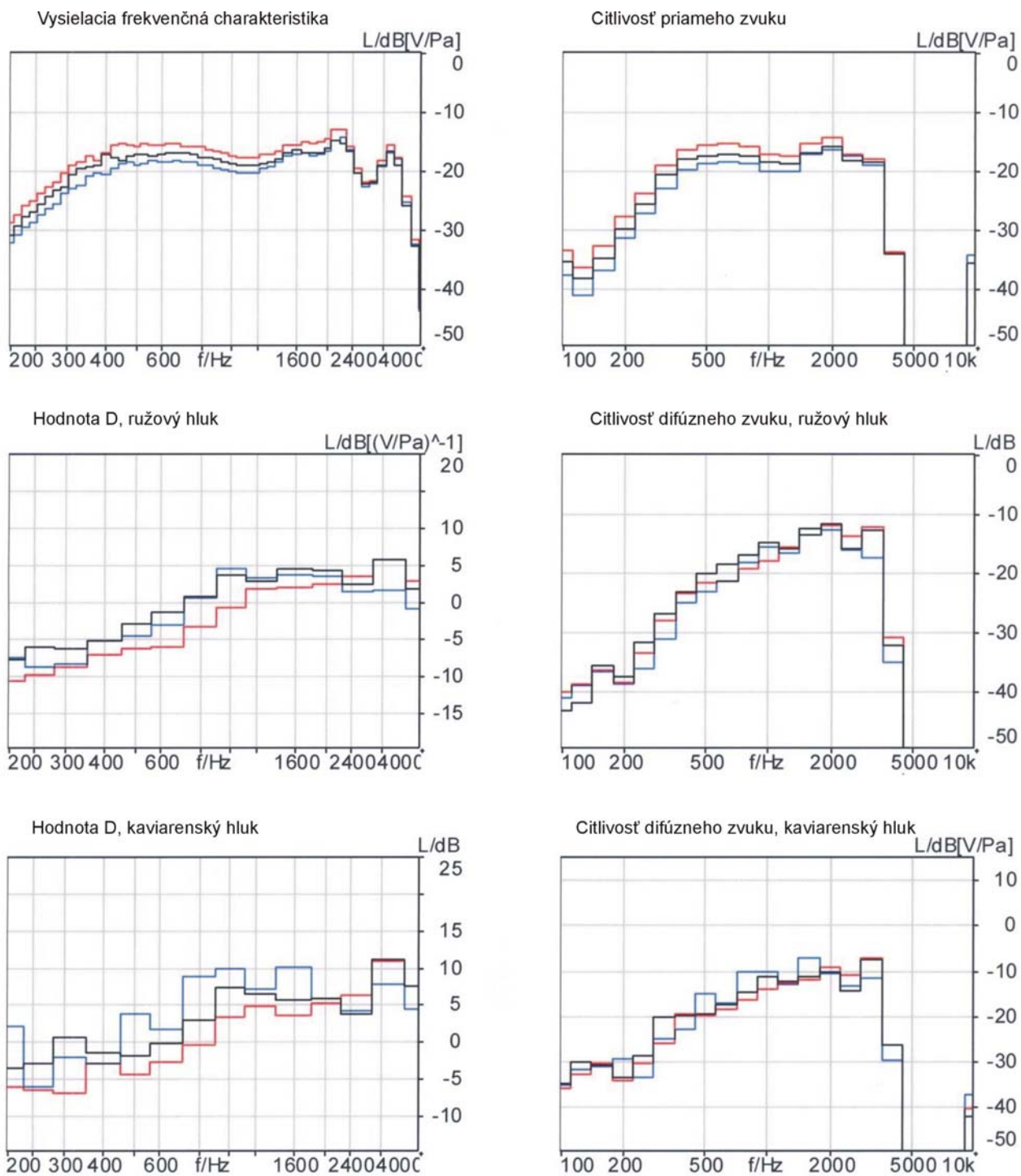
Obrázok B.1 – Merania telefónu 1: čierna – bezodrazová;  
červená – kancelárska miestnosť; modrá – poloodrazová



**Obrázok B.2 – Merania telefónu 2: čierna – bezodrazová; červená – kancelárska miestnosť; modrá – poloodrazová**



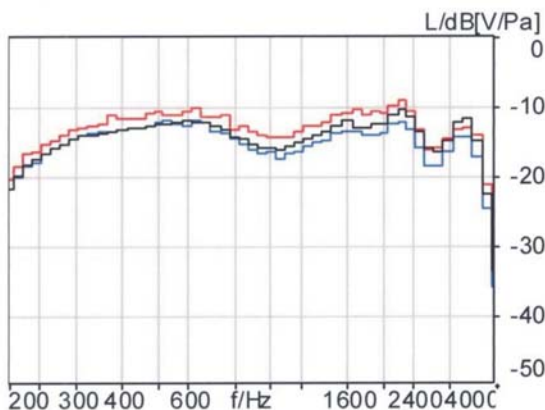
**Obrázok B.3 – Merania telefónu 3: čierna – bezodrazová; červená – kancelárska miestnosť; modrá – poloodrazová**



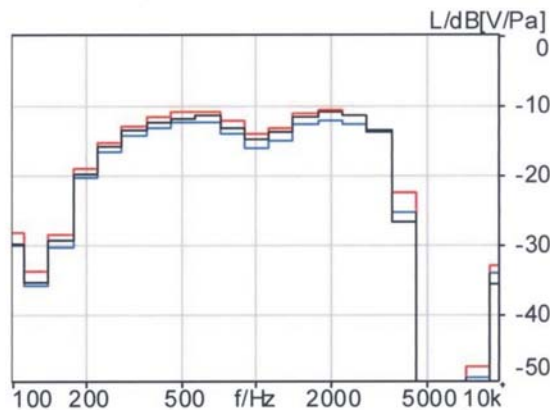
**Obrázok B.4 – Merania telefónu 4: čierna – bezodrazová; červená – kancelárska miestnosť; modrá – poloodrazová**



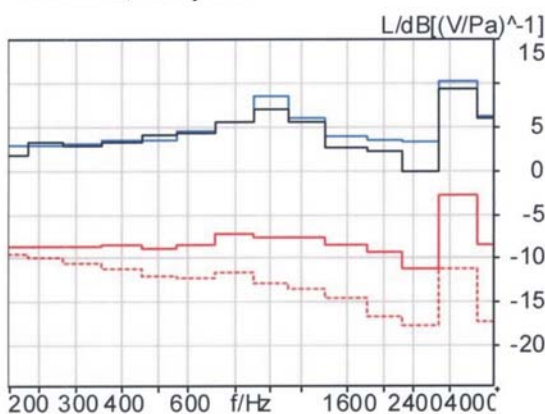
Vysielacia frekvenčná charakteristika



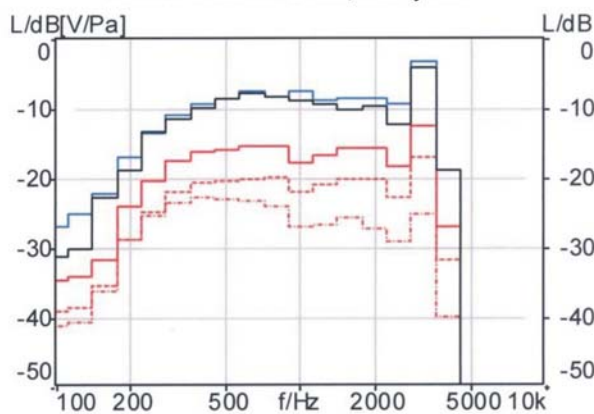
Citlivosť priameho zvuku



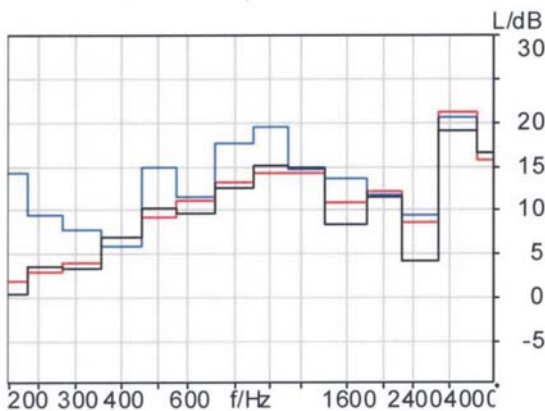
Hodnota D, ružový hluk



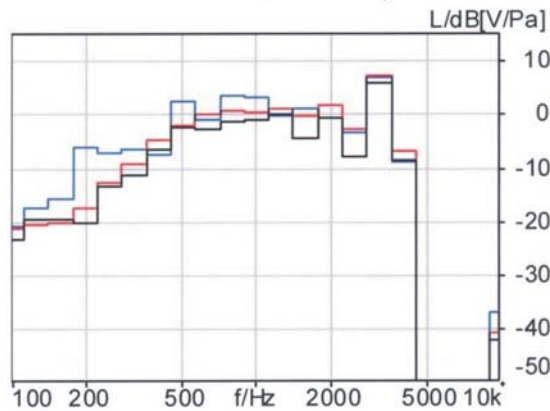
Citlivosť difúzneho zvuku, ružový hluk



Hodnota D, kaviarenský hluk

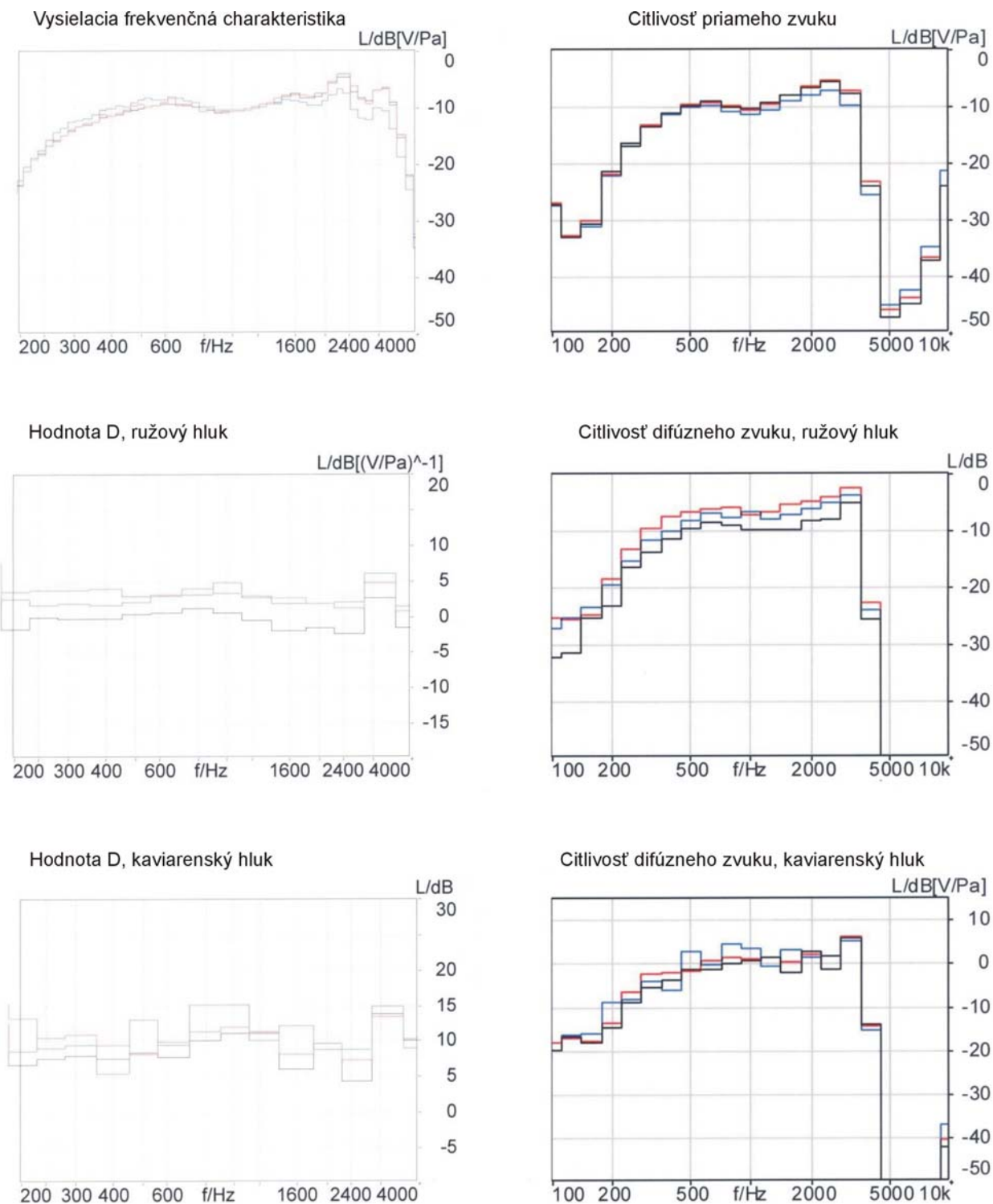


Citlivosť difúzneho zvuku, kaviarenský hluk

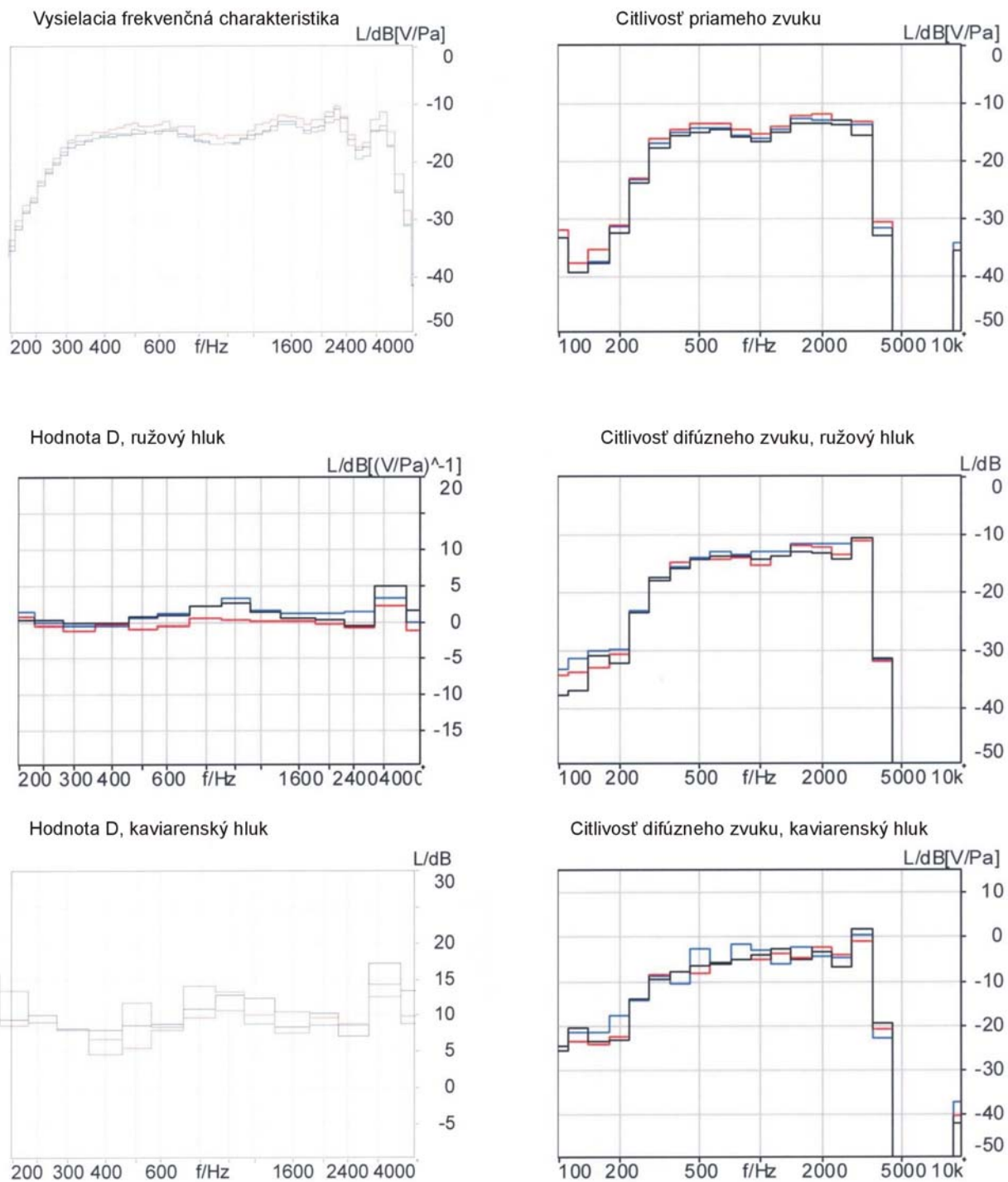


POZNÁMKA. – Rozličné druhy kriviek = rovnaké nastavenie skúšky vykonávané niekoľkokrát s poľom ružového hluku.

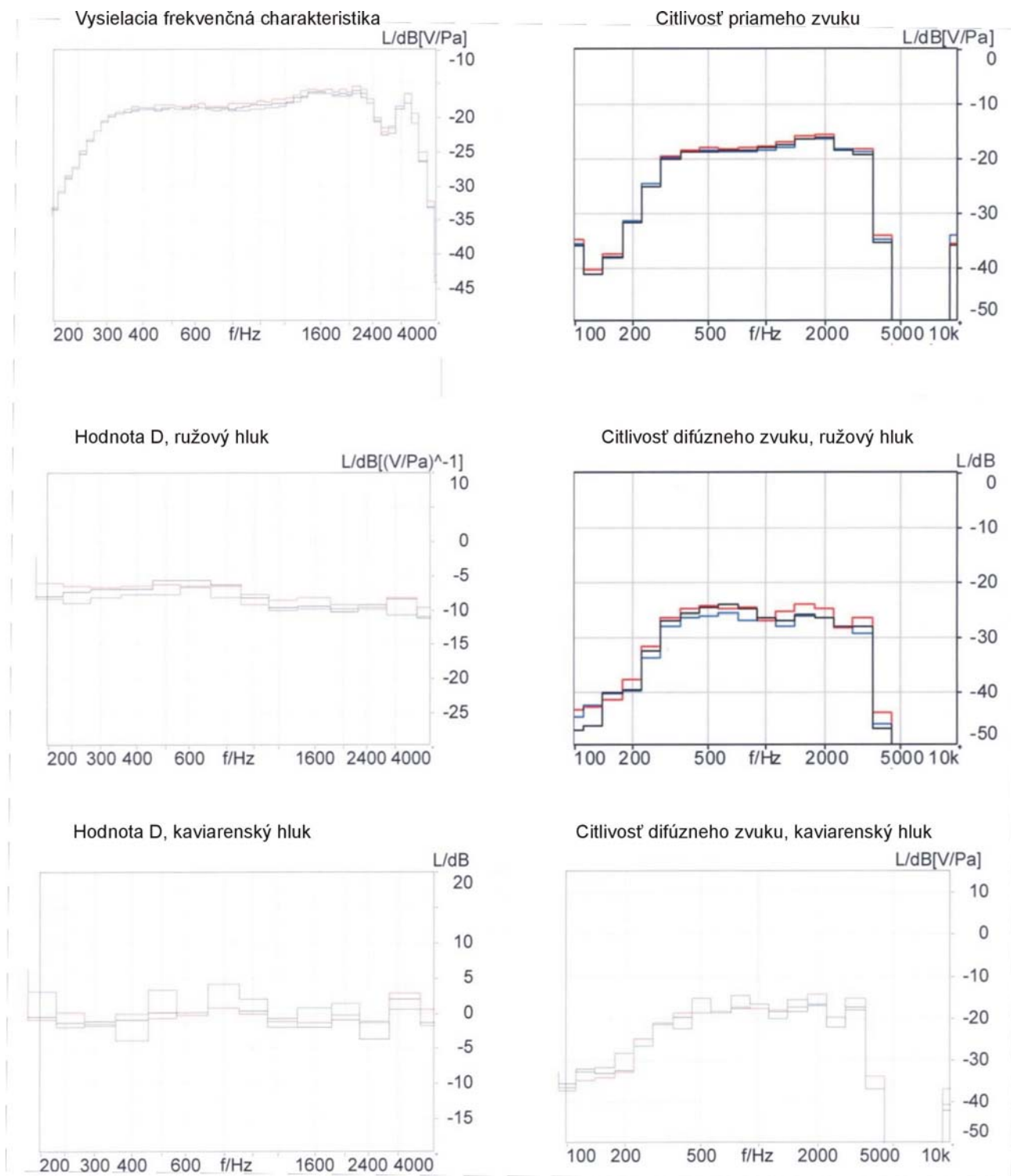
**Obrázok B.5 – Merania telefónu 5: čierna – bezodrazová; červená – kancelárska miestnosť; modrá – poloodrazová**



**Obrázok B.6 – Merania telefónu 6: čierna – bezodrazová; červená – kancelárska miestnosť; modrá – poloodrazová**



**Obrázok B.7 – Merania telefónu 7: čierna – bezodrazová; červená – kancelárska miestnosť; modrá – poloodrazová**



**Obrázok B.8 – Merania telefónu 8: čierna – bezodrazová; červená – kancelárska miestnosť; modrá – poloodrazová**

---

**História**

<b>História dokumentu</b>		
V1.1.1	november 2005	Publikovaná ako EG 202 396-1
V1.1.2	január 2006	Publikovaná ako EG 202 396-1
V1.2.2	september 2008	Publikovaná ako EG 202 396-1
V1.2.3	marec 2009	Publikovaná ako EG 202 396-1
V1.2.4	február 2011	Publikovaná ako EG 202 396-1
V1.4.0	august 2012	Členský schvaľovací postup MV 20121002: od 2012-08-03 do 2012-10-02
V1.4.1	október 2012	Publikovanie