
Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	2
2. Alapfogalmak, hang és hallás	5
2.1. Hanghullám.....	5
2.2. Hangnyomás	5
2.3. Intenzitás	6
2.4. Fiziológiai tulajdonságai.....	7
2.5. A hallás, fülünk felépítése.....	8
3. A fülhallgatók	10
3.1. A fülhallgatókról általában	10
3.2. A Micro-Driveres típusú fülhallgatók szerkezeti felépítése	12
3.3. A kiválasztott fülhallgatók, és technikai információk.....	14
4. Objektív tesztek	17
4.1. A pulse rendszer	17
4.2. A pulse rendszer indítása.....	19
4.3. A mérés összeállítása, eszközök.....	22
4.4. Az összeállítás kalibrálása	24
4.5. Frekvencia átvitel mérése	26
4.5.1. Frekvencia-átvitel mérési eredmények.....	26
4.5.2. Frekvencia-átvitel mérési eredmények kiértékelése	29
4.6. Csillapítás mérése.....	30
4.6.1. Csillapítás mérés menete	30
4.6.2. Mérési összeállítás.....	31
4.6.3. Csillapítás mérési eredmények.....	32
4.6.4. Csillapítás mérés összegzése.....	39
4.7. Méréstechnikai problémák.....	40
5. Szubjektív tesztek.....	41
5.1. Szubjektív tesztek menete.....	41
5.2. Szubjektív teszteredmények.....	42
5.3. Szubjektív tesztek összesített értékelése.....	45
6. Összefoglalás	48
7. Ábrajegyzék	49
8. Függelék	51
9. Irodalomjegyzék.....	64

1. Bevezetés

Világunkban a szórakoztató technika fejlődése soha nem látott méreteket öltött az elmúlt néhány évtized során. Ennek köszönhetően folyamatosan jelennek meg az újabbnál újabb zenei és videó-anyag tárolására és lejátszására alkalmas apró hordozható eszközök. Ezek az eszközök temérdek zenét, videót és egyéb hanganyagot tudnak tárolni memóriájukban, tömegük, méretük, lejátszási kapacitásuk rendkívül túlmutatnak elődjeikhez képest, így érthető hogy a fiatalok széles körében elterjedtek.

Az MP3 technológia villámgyors térnyerését követően éppen ezért a világ minden tájáról elkezdtek szivárogni a hordozható MP3-lejátszók, melyek a kezdetekben szinte kizárólag flesh-memóriákon tárolták a beléjük töltött MP3 fájlokat, és hát valljuk be, ezen elsőgenerációs termékek még nagyon sok kívánnivalót hagytak maguk után, magas árukról nem is beszélve. Az idő azonban az MP3 technológiának dolgozott, így manapság az MP3-lejátszók már kiváló konkurenciát jelentenek a korábban szebb napokat is látott walkmaneknek, discmaneknek, valamint MiniDisk-lejátszóknak. Manapság tehát már a flash-memóriás MP3-lejátszók is sokkal többet tudnak és olcsóbbak is 1-2-5 évvel ezelőtti napvilágot látott elődeiknél, valamint a normál audio CD-k, valamint MP3 fájlokkal teli CD-R lemezek lejátszására képes eszközök is egyre jobban népszerűséget vesztenek.

Külön kategóriát képeznek a merevlemezrel szerelt MP3-lejátszók, melyek a legtöbb esetben asztali, vagyis hifitoronyba illeszkedő méretesebb eszközök, de a közelmúltban megjelentek a hordozható merevlemezes MP3-lejátszók is.

Ma egy korszerű multimédia lejátszó akár 160 GB-nyi adatot tud tárolni, 61,8 x 103,5 x 10,5 mm méretben, a vizuális élményekről egy 320x240 felbontású 2,5"-os színes LCD gondoskodik, valamint számtalan formátumot képes lejátszani, mindezt teszi akár 40 óra üzemideig, pedig csupán 162g-ot nyom!

Ezt tudja ma az Apple iPod 6.-ik generációja.

A gyártó cégek profitorientáltsága miatt, tisztelet a kivételnek nyugodt szível, csomagolnak az igen jó tulajdonságokkal rendelkező eszközök mellé egy silányabb minőségű néha hátborzongató átviteli karakterisztikával rendelkező fülhallgatót. Ez által be kell érünk egy lecsökkent, vagy megváltozott hangzásvilággal, amit számukra a mellékelt fül vagy fejhallgató ad. Ezek használata sajnos negatívan befolyásolhatja a zene élvezetét.

Ezek felváltására valamint a zenei élmény növelésére kínál néhány gyártó új fejlesztésű úgynevezett Microdriver típusú fülhallgatókat, azaz fülbe dugható hallgatókat, más néven In-Ear vagy Bass Bosot.

Előnyeik:

- erős teljes mélyhang kiemelés

- környező zajok kiszűrése

- nyugodtabb, élvezhetőbb műsorhallgatást nyújtanak általánosabb társaiknál

- különböző méretű (S/M/L) fülgumival, szilikon alapú szivaccsal csomagolva, minden fülbe megfelelően illeszkednek

- kis súlyuk miatt hosszú időn keresztül is élvezhető a viselete

Szakdolgozatom célja a micro-drive rendszerű fülhallgatók minősítése, melyeket objektív, és szubjektív teszteken keresztül mutatom be a jelenlegi piacról öt féle, különböző márkájú fülhallgató segítségével, hogy valóban kiemelkedő tulajdonságokkal rendelkeznek ezek a fülhallgatók.

Az objektív tesztelés folyamán bemutatom a Brüel & Kjaer által gyártott Pulse mérőrendszerrel és mérőfejjel megvalósított fülhallgató-vizsgálatok eredményeit. Valamint szubjektív teszt alkalmával jó néhány ember segítségét kértem, hogy a fülhallgatók tesztelésekor töltsenek ki egy kérdőívet mely segítségével megközelítő képet kapunk a különböző típusok tulajdonságairól.

A szubjektív tesztekhez egy válogatott zenei tartalommal rendelkező CD-t használtam amit egy Panasonic Discman-el játszottam le. A választásom azért esett az audio CD-re, mert nem akartam tömörített zenét használni.

2. Alapfogalmak, hang és hallás

Ebben a témakörben leírom a szükséges alapfogalmakat, ami a hang és hallás témakörébe vonatkozik.

2.1. Hanghullám

Hang fizikai értelemben akkor keletkezik, ha egy rugalmas test a hangforrás rezeg, és a rezgés által gerjesztett nyomáshullám sűrűsödés és ritkulás formájában, a környező levegőben – a hangéterben – tovaterjed. Jellemzi a frekvencia, az amplitúdó és a fázis. Hanghullámnak nevezünk minden olyan rezgő mozgást, amely 20 Hz-20 kHz közötti tartományban helyezkedik el.

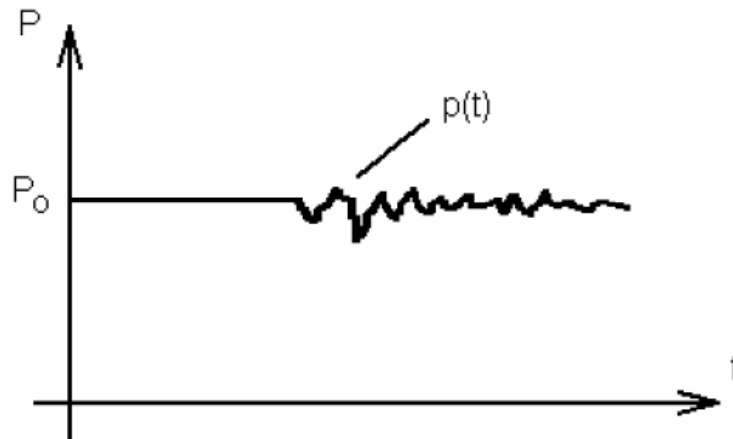
A rezgés általános alakja: $y(t) = A_0 + A \sin(\omega t + \varphi)$

ahol $y(t)$ a pillanatérték az idő függvényében, A az amplitúdó, ω a körfrekvencia [rad/sec]-ban, az A_0 amplitúdó egyen szintje.

2.2. Hangnyomás

Hangnyomásnak nevezzük a nyugalmi légnyomásra (P_0) szuperponálódó légnyomás változás. Időfővénye az 1. ábrán látható.

$$P(t) = P + p(t)$$



1. ábra A hangnyomás időfüggvénye

A hangnyomás effektívértéke alkalmas a hang fizikai jellemzésére.

Mértékegysége a Pascal

$$1Pa = \frac{1N}{m^2}$$

Definiált a vonatkoztatási szint, amely a még éppen hallható 1KHz-es hang hangnyomás értéke:

$$P_0 = 20 \cdot 10^{-6} Pa = 20 \mu Pa$$

Míg a hangnyomás szint SPL (Sound Pressure Level)

$$SPL = 20 \lg \frac{P}{P_0} [dB]$$

2.3. Intenzitás

Az intenzitás időegység alatt (1s) a felület egységen (1m²) áthaladó (átlag) energia.

Hanghullámok esetén fennálló összefüggés:

$$c \cdot v = f \cdot \lambda$$

Ahol c a hang terjedési sebessége (levegőben 340m/s), v a részecske sebesség, f a frekvencia és λ a hullámhossz.

A hangra igaz:

$$\frac{P}{v} = P_0 \cdot c$$

Ahol P_0 a légsűrűség ($1,29 \frac{kg}{m^3}$)

Hanghullámok esetén az intenzitás:

$$I = p \cdot v = \frac{p^2}{\rho_0 \cdot c}$$

Referencia szint a még hallható 1KHz-es hang intenzitása:

$$I_0 = 1 \frac{pW}{m^2}$$

Definíció szerint tehát a hangintenzitás SIL (Sound Intensity Level):

$$SIL = 10 \lg \frac{I}{I_0} [dB]$$

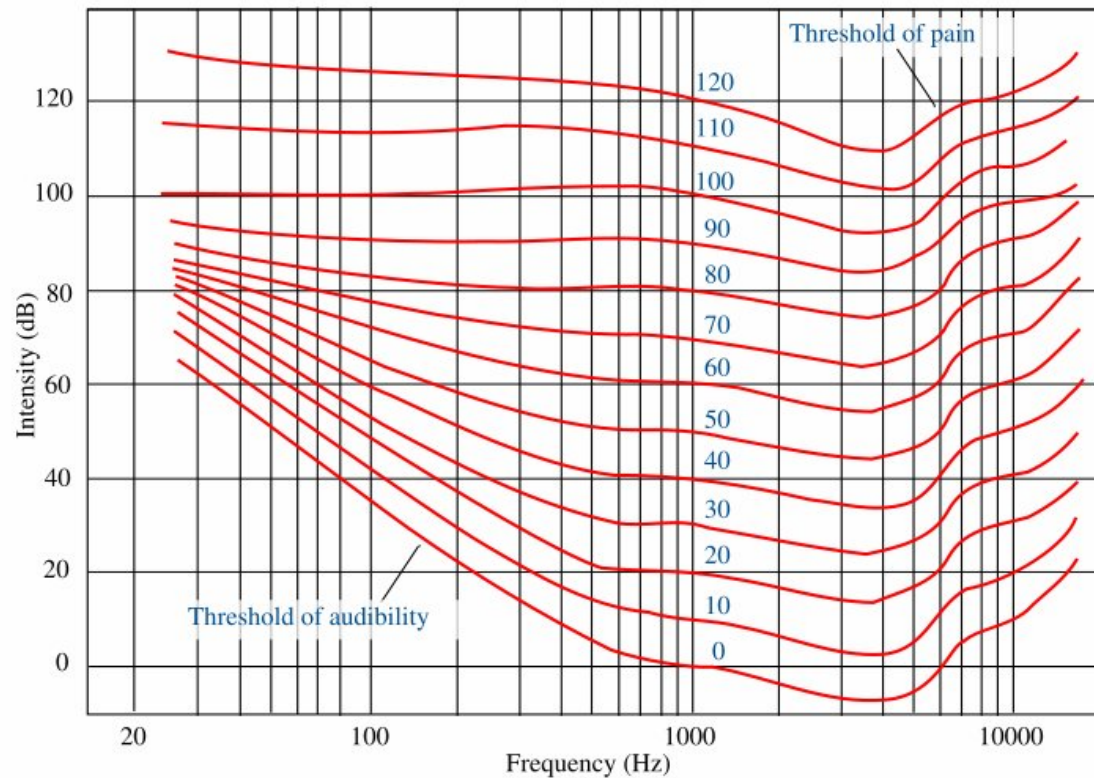
2.4. Fiziológiai tulajdonságai

Szubjektív hangosságérzet a hangerősség. Egy hang hangerőssége annyi Phon, ahány dB a vele azonos hangosságérzetet keltő 1 KHz-es hang hangnyomás szintje.

1. Táblázat Szubjektív hangosságérzet

SPL (dB)	Jellemző hely	SPL (dB)	Jellemző hely
0	Hallásküszöb	80	Gyár
10	Grand Cayon North RIM	108	Mennydörgés
25	Jó stúdió	135	Fájdalom küszöb
42	Hallgatóság zajszintje	155	Sugárhajtású repülő
68	Forgalmas utca	180	Úrrepülő start

Ha a frekvencia függvényében ábrázoljuk az azonos hangerősségű pontokat kapjuk a 2.ábrán látható Fletcher-Munson görbéket. Ezekből meghatározható a frekvencia és a hangnyomásszint függvényében a hangerősség.



2. ábra Fletcher-Munson-féle görbék

2.5. A hallás, fülünk felépítése

Az ember egyik legfontosabb észlelési lehetősége a hallás, ami szinte nélkülözhetetlen a kommunikációban. A hangot a hallórendszer fizikai ingerből az elektrofizikai ingerekké, majd ezen elektromos jeleket érzetté alakítja át. Az akusztikai inger a hallójáraton keresztül mozgásba hozza a dobhártyát, ami a levegőével csaknem megegyező akusztikai tulajdonságai következtében szinte veszteség nélkül adja át a hangrezgéseket a hallócsont láncolat – a kalapács, az üllő és a kengyel – kétkarú emelő rendszer által felerősítve, az ovális ablakba illeszkedő stapedalpon át, a belső fül folyadékrendszerének. Ezért, valamint a dobhártya–kengyeltalp felületkülönbségének következtében a hang-transzformáció kb. 24-26-szoros, így alig szenved gyengülést a hang a levegőből a folyadékba történő terjedésénél. A középfül védi is a belsőfület a túl erős hangingerekkel szemben.



3. ábra Fülünk felépítése

Az emberi fül frekvencia – megkülönböztető képessége 1000 Hz-es 40 dB-es hang esetében 3 Hz, de a zenészeké még ennél is jobb. A terjedelem 20-20000 Hz közötti, a beszédhangok az 500-3000 Hz-es sávban találhatók.

Az amplitúdó a rezgés által keltett nyomás, és a légnyomás közti különbség. Ez a hangnyomás egysége a Pascal. Ezzel rokon az intenzitás, ahol a fizikai inger okozta erősséget hang-intenzitásnak, az általa keltett érzet erősségét hangosságának nevezzük.

A hangosságérzet változása a fizikai inger változásának logaritmusával arányos. Egysége a Bel, tizedrésze a decibel, a dB. Egy Bel különbség esetén az egyik hang tízszer erősebb a másikinál. A hallásküszöb, amit az ember 1000 Hz-nél meghall, 20 μ Pa hangnyomáson jön létre. Az audiogramokon lévő 0 dB az az érték sok ezer normál hallású fiatalember hallása alapján meghatározott tapasztalati viszonyszám.

A normál beszédnél a tüdőben lévő levegő kiáramolva a gégében rezgésbe hozza a hangszalagokat és létrehozza a periodikus, harmonikus hangokat, melyek az alaphangokból és a felhangokból állnak. E hangot vezeti, transzformálja és dolgozza fel a hallószerv. A fülkagyló, mint lineáris szűrő, lineáris torzítással vesz részt a hallásban. Frekvencia átvitele irány- és távolságfüggő.

3. A fülhallgatók

Ebben a fejezetben bemutatom a fejhallgatók típusait, majd az általam bemutatásra szánt Micro-Driveres fülhallgatók szerkezeti felépítését, használatát.

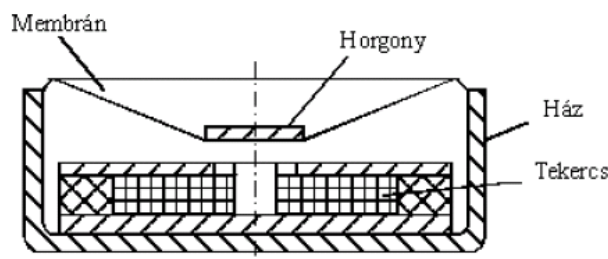
3.1. A fülhallgatókról általában

A fejhallgatós műsorhallgatás teljesen más akusztikai élményt ad, mint a hangszórós. A fejhallgató használatakor megszűnik a két fülbe jutó hanginformáció közötti akusztikai csatolás, elmaradnak a tökéletlen akusztikai tér káros hatásai, a fej mozgásával együtt mozog a hangkép is.

A fejhallgatóknak két típusa létezik:

A mágneses fejhallgató ritkábban használatos, nem stúdiótechnikai, átviteli sávja keskenyebb, ilyen van a telefonkagylókban. Ezeknek a fejhallgatók néhány száz Hz-től 3-4 kHz-ig frekvencia-átvitellel rendelkeznek. Mágneses előfeszítés szükséges.

A dinamikus fejhallgató nagyságrendekkel jobb hangminőséget produkál, hangátvitelhez alkalmasabb, jobb minőségű hasonló felépítésű dinamikus hangszórót tartalmaz, mint a normál hangszórók csak kisebb méretben. A mágnes kör légrése szándékosan nagy, ezért a mágneses erővonalak a mozgó horgonyon keresztül záródnak. A lágyvas horgonyt a rugalmas membrán tartja. A tekercs áramával gerjesztett tér növeli vagy csökkenti az állandó teret, így a horgony a nyugalmi helyzetéhez képest elmozdul.



4. ábra Fejhallgatóbetét szerkezeti felépítése

Ez a mozgás a fül zárt üregében nyomásváltozást produkál. Gyártáskor ügyelni kell a megfelelő légrés méret beállítására. A legfontosabb, hogy a fejhallgatók zárt térbe sugároznak. Ez a zárt tér a valóságban az emberi hallójárat, mérési célokra pedig műfül

üreg vagy műfej hallójárata. Tehát, a fejhallgató átviteli függvénye önmagában nem értelmezett, csak a lezáró impedanciával (az üreggel) együtt! Az ideális lezárás, tisztán kapacitív üreg, egy egyszerű akusztikus elem (mechanikai rugó, elektromos kondenzátor). Az ilyen „szűrő” ideális alul áteresztő jellegű, azaz akár DC-ig is átviheti a mélyfrekvenciás tartományt! A valóságban ez nem így van, hiszen lehetetlen egy fejhallgatót ideálisan a fülre helyezni, arra rányomni. Így a fejhallgató szivacsa és a fej között illesztet lenség lép fel, levegő fog „kiszuszogni”, veszteség fog fellépni. Az ideális tiszta kapacitív lezárás helyett egy valós veszteség fog bejönni a képbe, a C-tag RC-tagga változik, és ennek következménye a kisfrekvenciás átvitel romlása. Megszűnik az ideális alul-áteresztő jelleg, keletkezik egy alsó töréspont is. Minél nagyobb a veszteség, a kiszuszogás, annál magasabbra kerül ez.

Ezt egyszerű kísérlettel igazolhatjuk: tartsuk messzire a fejhallgatót a fülünktől, egyből eltűnnek a mély hangok, csak a magas hang marad. Ha közelítjük, egyre erősebben halljuk a mélyeket is, majd minél jobban rányomjuk a fejünkre, annál erősebben. Így tehát összegezhethetjük, hogy a hallójáratba illeszthető fülhallgatóknak gyakran sokkal jobb az átvitele drágább társainál. Ennek oka a jobb illesztettség. Ne keverjük tehát a fülhallgatót a fejhallgatóval.

A fejhallgatóknak gyakran használt paramétere az érzékenység:

$$\text{érzékenység} = \frac{P_{\text{üreg}}}{U_{\text{gerj}}}$$

ahol, P az üregben mért nyomás (méréskor a műfülüreg végén elhelyezett mérőmikrofon méri, halláskor a dobhártyán lép fel), U pedig a kapcsolatra adott gerjesztés. Nyilvánvalóan, minél nagyobb az érzékenység, annál jobb fejhallgató, mert ugyanakkora villamos feszültség hatására nagyobb nyomást tud létrehozni, ill. ugyanahhoz a nyomáshoz (hangerőhöz) kisebb feszültség is elég. A dinamikus fejhallgatók rendelkezhetnek papír, műanyag, fém membránnal. Valamint a minél nagyobb mágneses térerő érdekében neodýmium mágneset használnak. Dinamikus hallgatók 20Hz-től akár 30 kHz-ig visznek át. És nincs szükség mágneses előfeszítésre sem.

Mindkettő közös jellemzője tehát, hogy ideális esetben tökéletes alul-áteresztő átvitelük van. Az átvitel az érzékenység frekvenciamenete, felső töréspont után másodfokú

eséssel. Ez különlegességnek számít, hiszen a mély hangok lesugárzása szokott problémát okozni.



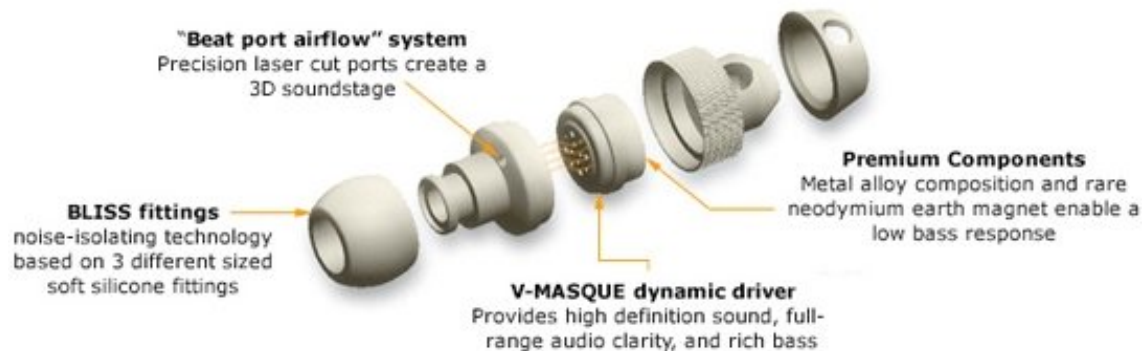
5. ábra Fejhallgató, Fülhallgató, Micro-Driver fülhallgatók

3.2. A Micro-Drivers típusú fülhallgatók szerkezeti felépítése

Tehát az előző részben bemutatott dinamikus fejhallgató jobb frekvencia átvitelt produkál, ha a fejhallgatót minél jobban a fülre nyomjuk, A kis méretű membránnal rendelkező fülkagylóba illeszthető párnaszivaccsal rendelkező fülhallgatók sem tudnak maradéktalan frekvencia átvitelt nyújtani, ugyanis ezeknél a típusoknál sem tökéletes a szigetelés a külső légtér felé. És mivel nincs közvetlen zárt légtér a dobhártyával, ezért alsó határfrekvenciája átlagos, nem kimondottan jónak mondható.

Ha viszont adott egy jó minőségű membránnal, erős mágnessel rendelkező fülhallgató, melyet csaknem légmentesen záródó kapcsolatba hozunk a dobhártyával igen jó eredmények születnek a frekvencia-átvitel szempontjából, főleg a mélyhang tartalmat figyelembe véve. Ilyenek a MicroDrivers típusú fülhallgatók. A 6.ábrán látható robbantott ábrán jól megfigyelhetjük a szerkezeti felépítést. Egy szokásos fülhallgatókban lévő hangszóróbetétnél kisebb méretű membrán szolgáltatja a hangot, mérete okán nagy mágneses erőterrel rendelkező neodímium mágneset használnak. A hangszóróbetétet egy átalakító adapter, ami a hang útját szűkíti be, hogy megfelelő méretű csövön jusson a hallójáratba. Erre a csövecskére van masszívan felhelyezve a

szilikon alapú rugalmas adapter szivacs. Általában három, de előfordul, hogy több méretben mellékelik az eszközhöz, hogy mindenki megtalálja a saját hallójáratának megfelelő méretet. Ez a szilikon alapú szivacs szolgálja a külső zajok kiszigetelését, és egyben a mechanikai tartást is, ugyanis más tartozék ezért nem felel. A fülhallgatóknak minimális súlya van.



6. ábra MicroDrivers Szerkezeti felépítés

1. Bliss fittings:

A zaj kiszűrése, és a tökéletes illesztés érdekében általában 3 féle méretű szilikon szivacs tartozékként.

2. Beat port airflow system:

Hang adapter, feladata az illesztés a dinamikus hangszóró és a fülüreg között.

3. V-masque dynamic driver:

Dinamikus hangszóró, magas hangminőséget, és a teljes sáv szélességben tiszta hangzást, valamint gazdag basszust ad.

4. Prémium components:

Fémötvözetű kompozíció és kiváló neodymium mágnes a kiváló mélyhangokért



7. ábra Fülben való elhelyezkedés



8. ábra Keresztmetszeti ábra

3.3. A kiválasztott fülhallgatók, és technikai információk

A fülhallgatók kiválasztásánál fontos szempont volt az árak, így a középkategóriás, márkásabb eszközöket vásároltam. Lehetőleg az ismertebb gyártóktól választottam, mint Sennheiser, Creative, Shure, Koss, Thomson márkákra. Az összehasonlítás tárgyául pedig egy általános, olcsó de jó tulajdonságokkal rendelkező Sony fülhallgató lett. A következő táblázatok, a fülhallgatók pontos típusát, és gyártó által megadott technikai információkat tartalmazza.

2. Táblázat Fülhallgatók adatai

Típus	Shure E3C	Sennheiser CX300	Creative EP635
Frekvencia átvitel	N.A.	18Hz - 21kHz	6Hz-23kHz
érzékenység	115dB SPL/mW (1kHz)	112 dB (SPL)	106dB/mW (1kHz)
Inpedancia	26 Ohm (1kHz)	16 Ohm	16ohm (1KHz)
Kábel hossz	1.45m (56 inches)	Bal: 0,7 m, Jobb: 1,1 mm	0. 6m
Súly	28g (0.9 oz)	12g	12g
Catlakozó	3.5 mm (1/8") aranyozott	3,5 mm (1/8") Jack	3.5 mm (1/8") aranyozott
Szivacs	8 Pár különféle keménységű és méretű szilikon alapú szivacs a tökéletes illesztés érdekében.	3 pár, különböző méretű szilikon alapú	3 pár, különböző méretű szilikon alapú
Egyébb	Típus: Wideband MicroDriver		- Mágnes mrete: 9mm Neodymium,



9. ábra Koss, Sennheiser, Creative

Típus	KOSS Spark Plug	Thomson HED 132N:	Sony Twinturbo MDR-E818LP
Frekvencia átvitel	10 - 20.000 Hz	20 - 20.000 Hz	12 - 22.000 Hz
érzékenység	112 dB SPL (1 mW)	101 dB (1 mW)	108 dB (1 mW)
Inpedancia	16 Ohm	16 Ohm	16 Ohm
Kábel hossz	1,25m	1,25m	1m
Súly	25g	15g	15g
Catlakozó	3.5 mm (1/8") aranyozott	3.5 mm (1/8") aranyozott	3,5 mm (1/8") Jack
Szivacs	2 pár, különböző méretű „emlékező” szivacs	3 pár, különböző méretű szilikon alapú	Egy általános régebbi típusú fülhallgató, melyhez a megszokott felhúzható szivacsos fülpárna tartozik.
Egyébb	- Torzítás: > 0,3%	- Torzítás: > 0,3%	„Fontopia fülhallgató, Turbo MegaBass, neodimium mágnes” Teljesítmény: 50mW



10. ábra Koss, Thomson, Sony

4. Objektív tesztek

A fülhallgatók objektív tesztelésére során kíváncsiak voltunk a fülhallgatók frekvencia-átvitelére, ezen belül főleg a mélyhang tartalomra, és a külső zajok elnyomásának mértékére

Budapesti Műszaki Egyetem Békésy György Akusztikai Kutatólaborjában volt alkalom ezeket a méréseket elvégezni.

4.1. A pulse rendszer

A Dán Brüel & Kjaer cég Pulse rendszerével végeztük az objektív teszteket. Akusztikai és rezgésmérésekre kifejlesztett moduláris mérőrendszer. Létezik labormunkához szánt „álló” és külső mérésekhez használt „mobil” rendszer is. A PULSE egyben tartalmazza a hardver részeket és a számítógépen futó szoftvert. A laboratóriumi berendezés általában nagyteljesítményű PC-ből és sokcsatornás mérő eszközből áll. A mobil eljárás olcsóbb, de csak korlátozottabb számú ki/bemenetekkel dolgozhatunk és általában noteszgépek, laptopok járnak hozzá.



11. ábra Pulse modulok

A Békésy György Akusztikai Kutatólaboratóriumban kétcsatornás kimenettel és négy-csatornás bemenettel rendelkező mobil mérőkeret (ún. front-end) található. A programban a kimenetekre tetszőleges generátor „definiálható”, így lehetőség van BNC csatlakozón át közvetlenül hangszórót, fejhallgatót igény szerinti akusztikus mérőjelekkel ellátni (szinuszos, zaj, véletlen zaj, sweep stb.). A bemenetek mindegyike rendelkezik BNC ill. előerősített LEMO mikrofon aljzatokkal, elsősorban BK és Falcon mikrofonok számára. A mérőrendszer másik fontos része a feldolgozó egység, a PULSE szoftver. A mérőkeret és a számítógép UTP LAN kapcsolatban állnak egymással. A teljes mérési feladatot a mérőkeret látja el, a számítógépet csak az adatok elemzésére és feldolgozására használjuk. A megvásárolt licenz adja meg a jogosultságot a mérésekben használható csatornaszámokhoz. A mérőprogram kezeli a kommunikációt a számítógép és a mérőkeret között. Lehetőség van az adatok széles körű

megjelenítésére, exportálásra Word ill. Excel formátumba, ábrák manipulálható vektorgrafikus mentésére, jegyzőkönyv nyomtatására, a mérendő és mérőeszközök kalibrálására, adatbázisba elmentésére, előhívásra. Minden folyamathoz sablonokat (template) használunk, így elégséges egyszer elvégezni a beállításokat, azt elmentve a munkát bármikor folytathatjuk.

4.2. A pulse rendszer indítása

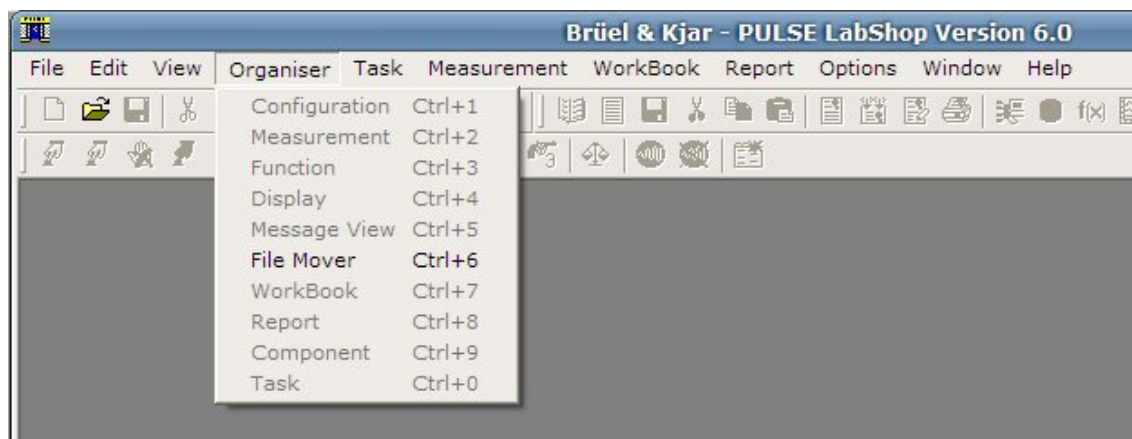
A mérőkeret működhet saját beépített akkumulátorról, de hálózati aljzat közelében használjuk saját tápegységét! A pulse rendszer telepítése után a LabShop nevű mérőszoftvert használjuk.

Szükséges rendszerkövetelmények a telepítőlemez alapján:

- Pentium III minimum 600MHz és minimum 256MB RAM
- Windows 2000 (Service Pack II)
- Microsoft Office 2000 (Service Release II)
- Microsoft Internet Explorer 5.5
- Adobe Acrobat Reader 5.0
- Pulse 6.0 Installációs CD
- HASP dongle, Pulse 6.0 License kulcs

Elindítása után természetesen a New Projekt ikonnal indíthatjuk a munkánkat. Saját, egyéni paraméter-beállításokat csinálhatunk, valamint választhatunk a gyári beállítás-sablonok közül (template). Saját beállításainkat elmenthetjük (pls kiterjesztésben) munkánk későbbi folytatásához. A program pozitívuma, hogy nem szükséges hardware-kulcsos gép, mérési adatainkat megnyithatjuk Hardware-kulcs, azaz licensz nélküli gépen is.

Mérési beállításokhoz az Organiser fül alatt található menüpontokon tudunk beállításokat végezni.



12. ábra LabShop menü

Következő beállítási sorrend szükséges:

1. Configuration Organiser

Itt választjuk ki a használt eszközöket, valamint hozzárendeljük őket a megfelelő bemenetekhez. Saját nevet is adhatunk nekik. Pl: input 1-hez a Signal-generátort rendeljük, Output 1-2 a generátor kimenetek. Megadjuk, hogy milyen eszközt csatlakoztattunk az eszköz bemenetére, ezt a Select Transducer menüpont alatt a már előre definiált eszközök vannak. Itt mi a Brüel fejben lévő mikrofónok típusszámát választottuk. De saját eszközök paramétereit is beadhatjuk.

2. Measurement Organiser

A kimenethez rendeljük vele az FFT analízátort. Megnyitás után egy Working és egy Setup ikon látható csak. Az első lépés, hogy „átöltjük” az előbbi konfigurációs beállításokat. Jobb klikk a Working template ikonra, majd Get Configuration. Megjelenik a front-end az ablakban, Signals és Groups almenükkel. Utóbbit érdemes kinyitni és ellenőrizni az előbb létrehozott jelcsoportunkat és elemeit. Jobb klikk a Setup ikonra, és válasszuk ki az Insert-et. Egy oldalmenü jeleneik meg azokkal a komponensekkel, amelyekért fizettünk és megrendeltük a cégtől. Válasszuk ki most az FFT analízátort. Jobb klikk a megjelenő FFT analízátor ikonra, és a Select Group-al hozzárendelhetjük az elkészített Signal Group 1 jelcsoportunkat (Add all). Amennyiben bele akarunk nyúlni az FFT analízátorba is, jobb klikk után válasszuk a Properties-t. Setup alatt megtaláljuk a spektrumvonalak számát (400), az átfogást (6,4 kHz), az átlagolási számot (10), stb. Fontos még a Record Trigger, ami ha Free Run-on van, akkor állandóan látni fogjuk a spektrum változásait. Valamint az Overload melletti Accept, ami ebben

az esetben akkor is fog mérni, ha túlvezérlést észlel a bemeneten. A Time fül alatt lehet megadni a mért időfüggvény adatait. Ha akarjuk, a két jelhez külön is megadhatjuk az FFT módját, akusztikus súlyozást, integrálást, ablakolást (Hanning) a Properties/Signal alatt. Legvégül még aktiválnunk kell a template-et, ehhez nyomjuk meg az F2-t. Ha egy template aktív, egy kis vörös LED világít a sarkában. Az ikonok pedig működésüktől függően színesekké válnak (sárga, kék), a mérőkeretben ekkor halk kattánás hallatszódik.

3. Function Organiser

Bezárás után készen állunk a mérésre, de az eredményeket akkor fogjuk látni is, ha megjelenítjük őket. Ehhez a Function Organiser-t kell megnyitni.

Csak két ikon jelenik meg: function organiser és a function group. Az FFT analízátor sok mindenre képes, most fogjuk megmondani, mit akarunk látni. Jobb klikk a function group-ra és Insert. A Propertiesben megadhatjuk, hogy mire vagyunk kíváncsiak, legyen ez most Autospectra az adott jelhez. Érdekes végignézni, hány funkciót lehet még kiszámoltatni (keresztkorreláció, SNR, időfüggvény stb.) Ugyanígy insertáljunk még egyet és a Properties-ben adjuk meg a másik csatorna autospektrumát is. Ha van kedvünk hasonló módon időfüggvényeket is megjeleníthetünk. A megjelent listában klikkeljünk rá az autospectrumokra és Show-al megnyílik a függvényablak, ahol látjuk a zajos alapjelet. (Vagy csak kettőt klikkelünk rá)

Mentsük el más néven az előállított projektünket a módosítások ellen.

4. Display Organiser

A Megnyitott ablakok arányában fog információ eljutni hozzánk. Most már teljesen készen vagyunk, indíthatjuk a mérést. Klikkeljünk a mérésindítási ikonra vagy nyomjuk meg az F5-t (F6-al állíthatjuk majd meg). Ha mindent jól állítottunk be, a mérés elindul és kvázi valós időben láthatjuk a spektrumokat. Füttyel tesztelhetjük. Mivel Free Run-t adtunk meg semmi triggerre nem vár így „szabadon fut” a spektrumanalízis a képernyőn addig, amíg F6-al le nem állítjuk a mérést. Érdekes közben állítani az FFT tulajdonságait (vonalak száma, átfogás, átlagolás) megjeleníteni az időfüggvényt is egyszerre nézni több diagramot és kipróbálni a megjelenítési opciókat, mint pl. az auto scale, amelyhez ball klikk kell a megfelelő tengelyre ügyeljünk arra, hogy túlvezérlés esetén a Signal-t a megfelelő értékre állítsuk. Signal-ra klikkelve, channel/max

peak input alatt állíthatjuk be! Ugyanitt tudjuk a polarizációs feszültséget bekapcsolni és a gain adjustot is beírni.

A bemeneti osztó szerepe az, hogy a 16 bites kvantálót minél jobban kihasználjuk. A properties alatt létezik olyan, hogy ezt 7 mV-tól 7 voltig állíthatjuk, ekkor mondjuk meg neki, hogy a maximum bemeneti jel mekkora lehet, és legyen az a 16 bitnek megfelelő. Mert ha ez túl nagy, akkor nagy lesz a kvantálási zaj, és pld. jel nélkül nagy szinteket fogunk mérni. Muszáj ezt mindig a lehető legkisebbre venni! Ha túl kicsi lenne, értelmezhetetlen mérési beállítás lesz azaz overload.

4.3. A mérés összeállítása, eszközök

A Békésy György Akusztikai Kutatólaborjában a Brüel & Kjaer 3560 c típusú kétsatornás front-end készülék található, egy számítógép, amin fut a LabShop program és vezérli, valamint egy Brüel & Kjaer 4128 típusú mérőfej. A mérőfejben 2804 típusú mikrofonok helyezkedtek el, a fülkagylótól kiképzett mesterséges hallójárat végén.



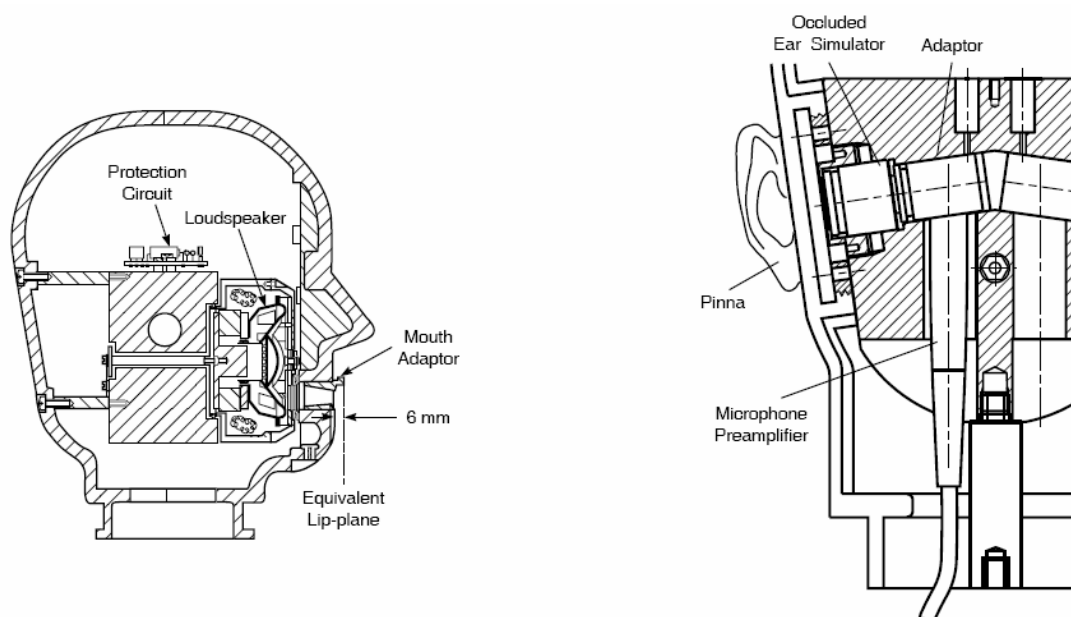
13. ábra B&K 4128



14. ábra B&K 3560 c

A mérőfej geometriai tulajdonságaival teljes egészben egy emberi fej leképzését hozza létre. Rugalmas anyagból élethűen utánozott fülkagylói vannak, mely csatlakozik a hallójáratához. Ennek végén helyezkednek el a rendkívül jó minőségű mikrofonok a dobhártya szerepét ellátva. Egy beépített hangszóró segítségével akár beszédre is bírhatjuk a kedves műfejet az ilyen jellegű mérések végett.

A fülkagyló típusa DZ 9629



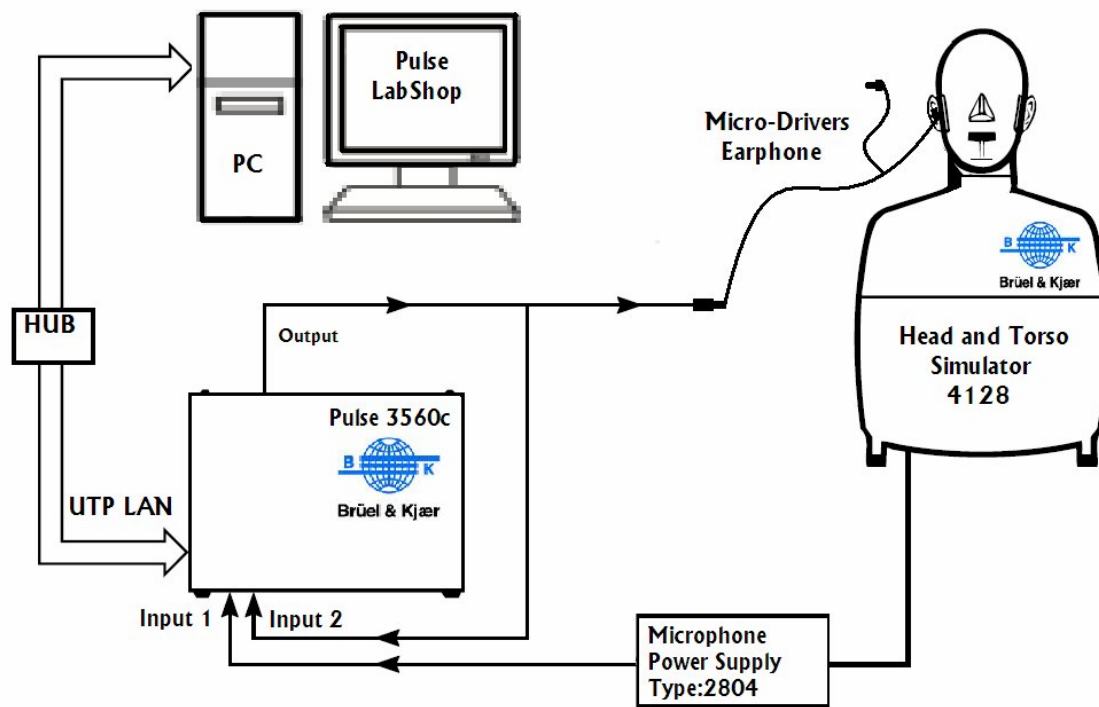
15. ábra B&K 4128 szerkezeti felépítése



16. ábra Műfülkagyló hallójárattal

A mérés összeállításához használtunk még egy Brüel & Kjaer 2804 típusú mikrofon tápegységet, ugyanis a mikrofonok előerősítője magában a fejben van.

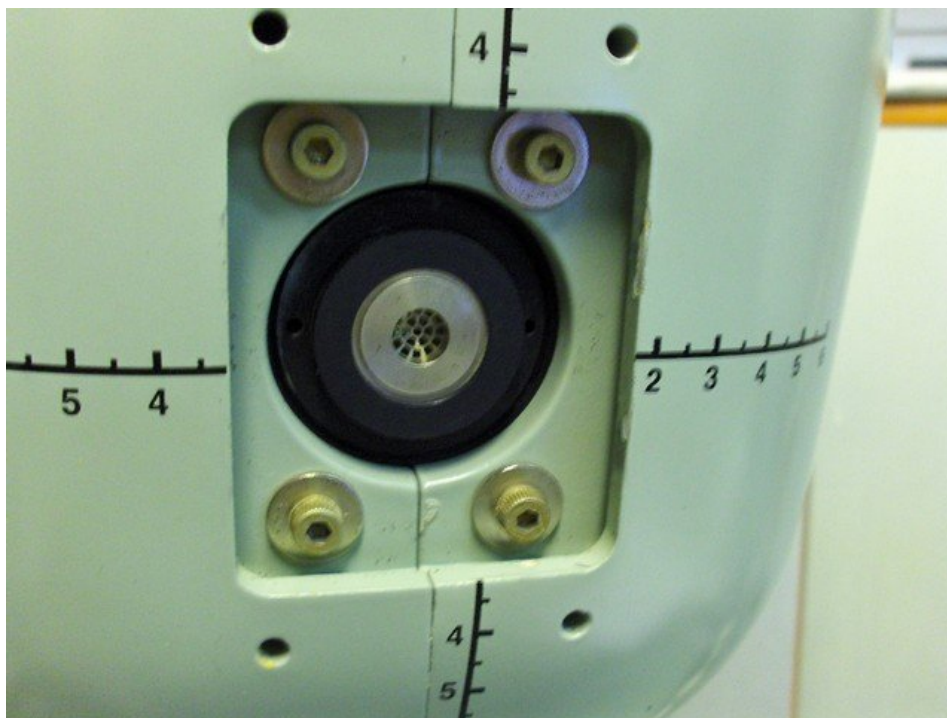
17. ábrán látható a mérési összeállítás



17. ábra Frekvencia-átvitel mérési összeállítása

4.4. Az összeállítás kalibrálása

Az egész rendszer kalibrálását egy úgynevezett Pistonphone nevű eszköz segítségével történik. Ez egy elemes hanggenerátor, mely előre meghatározott hangnyomás értékkel szól fix frekvencián. A kalibrálás első lépéseként le kell hogy szedjük a fejen lévő rugalmas fülkagylót. Így elénk tárul a fülüreg. A tartozékként meglévő UA 1034 típusú kalibrációs adaptert használjuk, amely pontos leképzést és illesztést nyújt a Pistonphone és a mérőfej között. A 18. ábrán látható, a mérőfej fülkagyló nélkül, szabad hallójáráttal.



18. ábra Fülkagyló nélkül

A kalibráláskor az adapterrel a műfül üreghez illesztett pistonphone-t megfűtjük, ekkor megadjuk a mérőrendszernek, mekkora hangnyomású hangot halott pontosan.



19. ábra Pistonphone

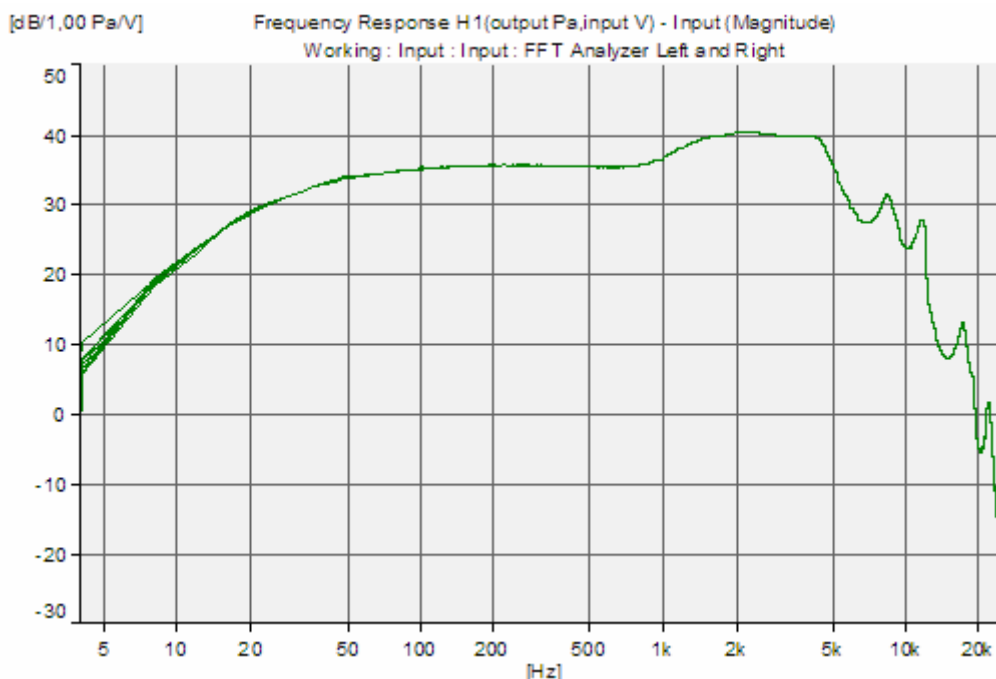
4.5. Frekvencia átvitel mérése

A fülhallgatók frekvencia átviteli mérése az általános módon történt, vesszük a két bemenet csatorna spektrumának a hányadosát, az egyik input a mért jel, a másik input-ra pedig a generátor outputját kell visszakötni. A hallgatókat a Pulse generátorából fehér zajjal hajtottuk meg. A fehérzaj olyan, hangtechnikában használatos véletlenszerű zaj, amire igaz az, hogy a teljes vizsgált frekvenciatartományban (emberi érzékelő esetén 20Hz – 20kHz) a hangnyomásszintje állandó. Az input-ra beállított FFT analízátor segítségével megnézzük hogy a teljes vizsgált frekvenciatartományban mekkora hangnyomásszintet hozott létre a fülben. Az FFT analízátor mérés közben folyamatosan átlagolja a mérést.

Egy mérés nem mérés ezért minden mérést tízszer ismételt meg, a mérések eredménygörbéit pedig egy grafikonon ábrázoltam fülhallgatónként.

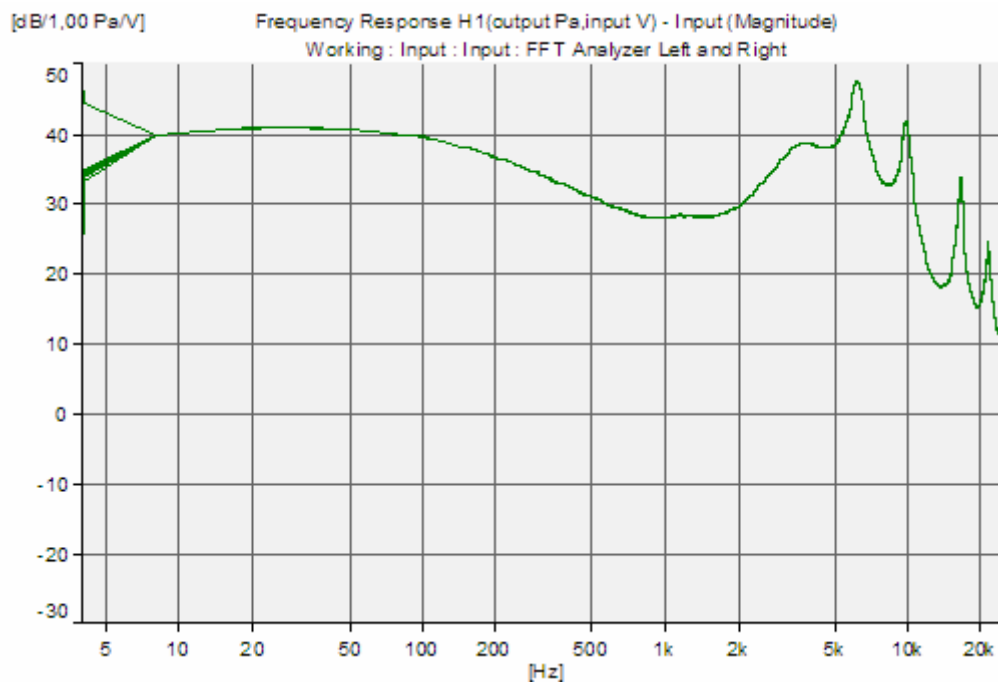
4.5.1. Frekvencia-átvitel mérési eredmények

1. Shure E3C



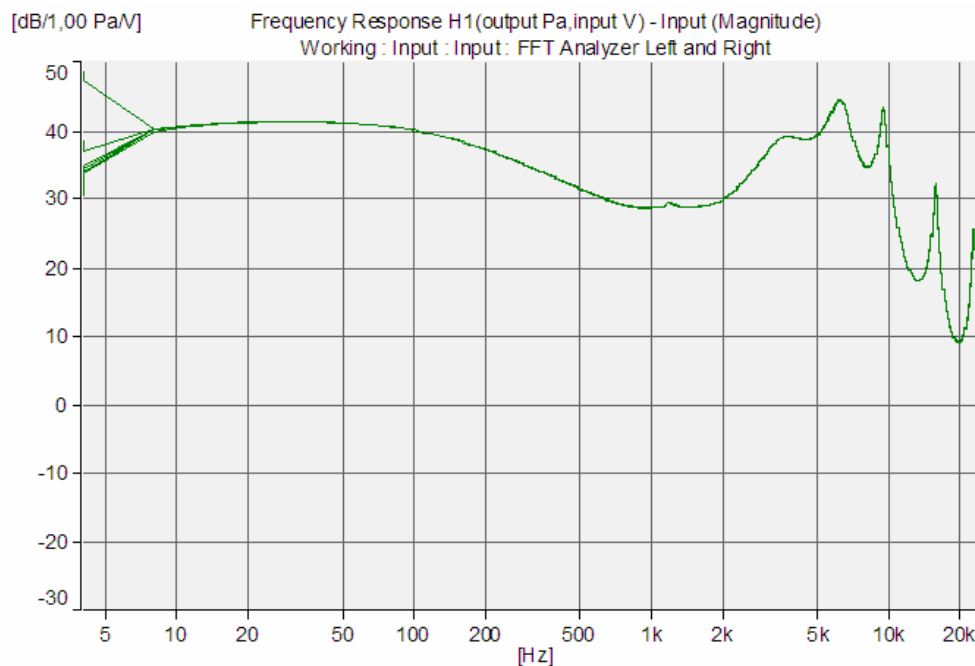
20. ábra Shure E3C Frekvencia-átvitele

2. Sennheiser CX300



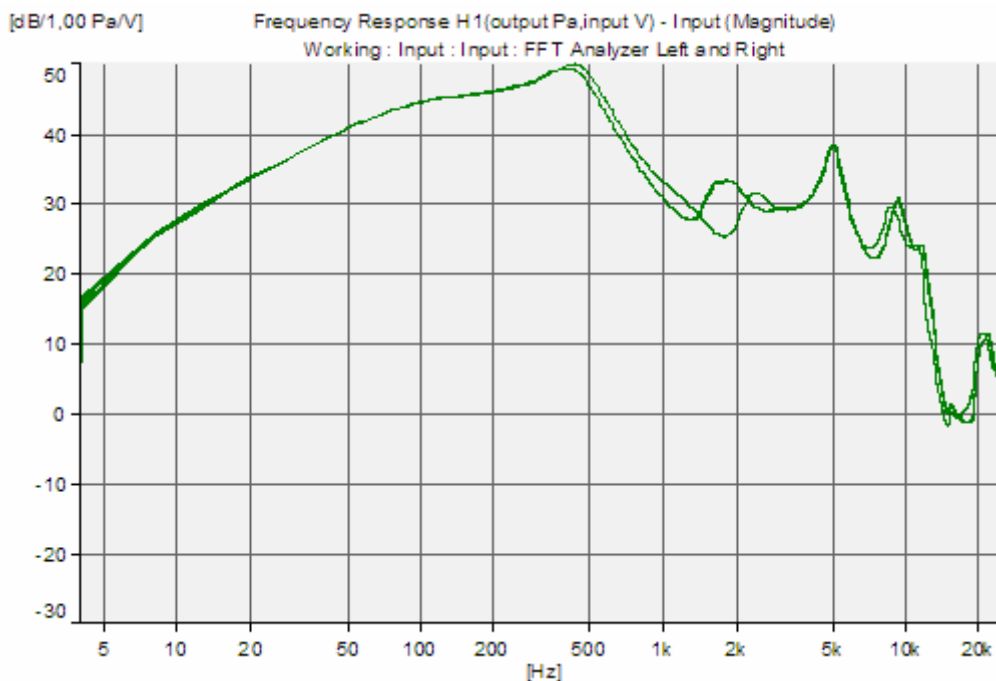
21. ábra Sennheiser CX300 Frekvencia-átvitele

3. Creative EP-635



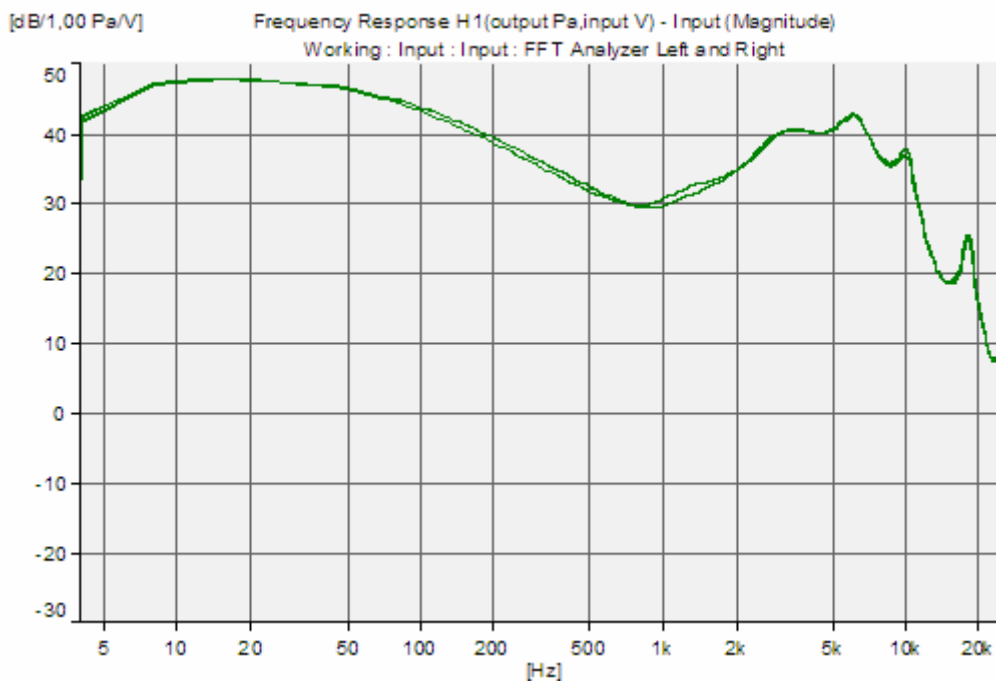
22. ábra Creative EP-635 Frekvencia-átvitele

4. Koss Spark Plug



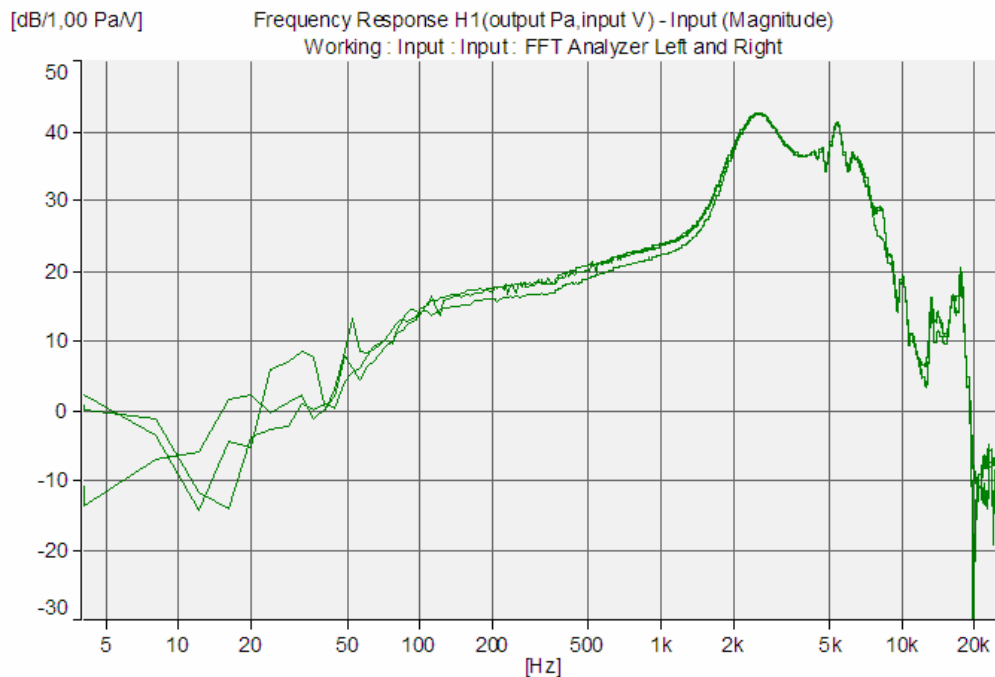
23. ábra Koss Spark Plug Frekvencia-átvitele

5. Thomson HED 132N



24. ábra Thomson HED 132N Frekvencia-átvitele

6. Sony MDR-E818LP



25. ábra Sony MDR-E818LP Frekvencia-átvitele

4.5.2. Frekvencia-átvitel mérési eredmények kiértékelése

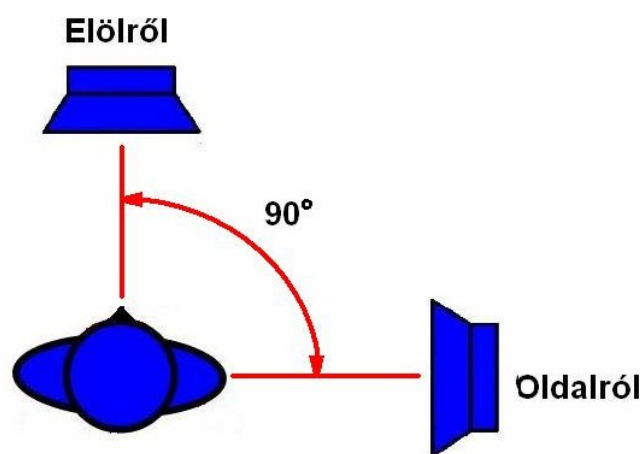
Összevetve az általános Sony és a MicroDriver-es fülhallgatók átviteli görbéit, kiválóan látszik hogy a mélyhangok terén az utóbbiak sokkal jobban teljesítenek. Így elő ránézésre is szembetűnőbb a különbség a összevetésben. A MicroDriver-esek közül a Sennheiser(21.ábra); Creative(22.ábra); Thomson(24.ábra)-nak gyönyörű frekvencia-átviteli görbéje van az egyszerű Sony-val(25.ábra) szemben, míg a Koss(23.ábra) és a Shure(20.ábra) elmarad kicsit a társaitól a mélyhangok terén. Érdekes a Koss-nak milyen nagy kiemelése van 300-400Hz környékén. A Sony-t az ábra alapján leghátulra sorolom. A méréstechnikai problémákról a 4.7.-ik bekezdés alatt foglalkozok.

4.6. Csillapítás mérése

A fülhallgatók külső zaj elleni csillapítás mérésére egyszerű módszert használtunk. A Pulse kimenetét jelgenerátorra alítottunk, a kimenő jelszintet egy erősítővel megemeltük, majd meghajtottunk vele egy hangfalat. A mérésekbe ismét csak egy oldali „fület” vontuk be. Két irányból, szemből és oldalról végeztük a mérést. Különböző frekvenciákon.

4.6.1. Csillapítás mérés menete

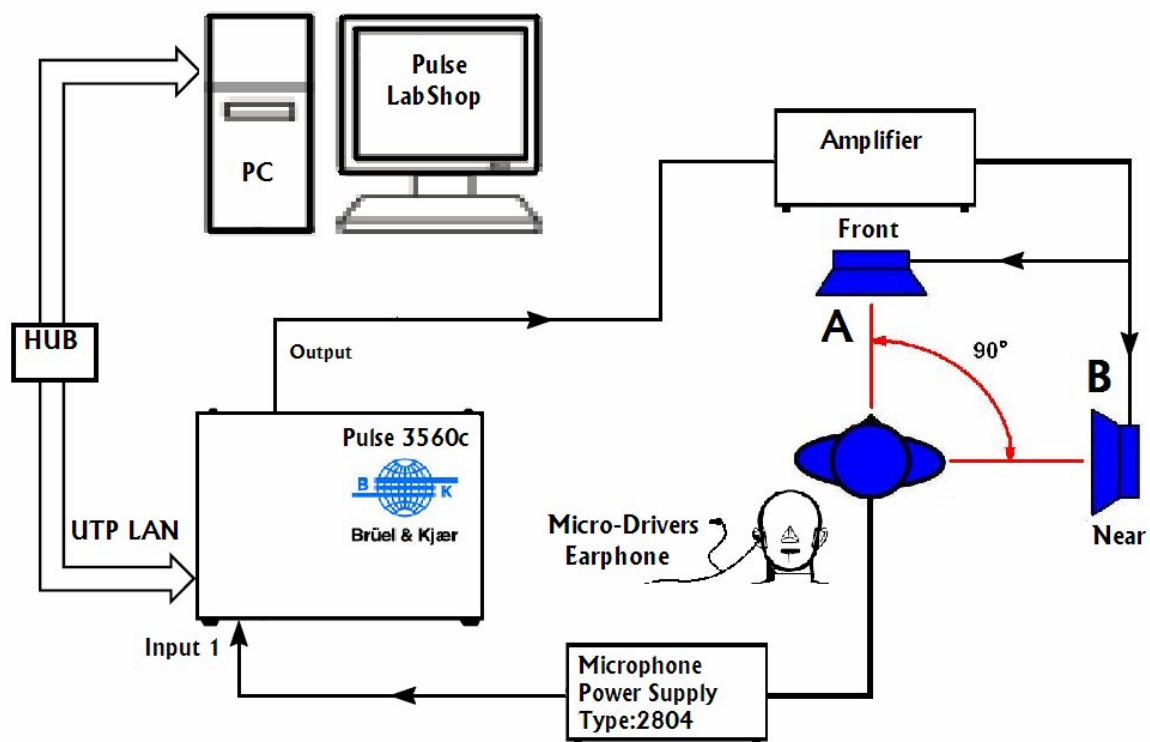
Azt vizsgáljuk, mennyivel csökken a hangnyomás a fülüregben, ha a fülhallgatót használjuk. Először szemből sugároztunk hangot a mérőfejre, nyitott hallójáratral megmértük a jelszintet, ez lesz az etalon csillapítás nélküli hangnyomásszint. Ezután sorban mindegyik fülhallgatót a hallójáratba téve megmértük a kapott jelszintet. A csillapítás nélküli, etalon jelszint, és a behelyezett fülhallgatóval mért jelszint különbsége adja a csillapítás értékét. Mindezt öt különböző frekvencián mértük, 500Hz, 1KHz, 2KHz, 4KHz, 8KHz. Minden esetben azonos jelszintet alkalmaztam, és különösen ügyeltem hogy a hallgatók cserélése közben semmiféle változás ne történjen a beállításokban és az elhelyezkedésben.



26. ábra Zajforrás iránya

4.6.2. Mérési összeállítás

A Pulse kimenete egyszerű jelgenerátor. A kimenő jel egy erősítőbe, majd egy hangfalba kerül. Első lépésként a 27.ábrán lévő összeállítás szerint szemből csillapítás nélkül, azaz üres, szabad fülüreggel megmérjük az alap hangnyomást mind az öt frekvencián, majd sorban bedugva a fülhallgatókat szintén megmérjük a hangnyomást, de ezúttal kevesebbet kell, hogy mérjünk, mégpedig pont annyival, amennyit a fülhallgatónk csillapít. Természetesen a fülhallgató csak szimplán, mint fül dugó szerepel a mérésben, nem adunk rá semmilyen jelet.



27. ábra Csillapítás mérési összeállítása

A méréseket Megismételjük oldalirányból, a fülre merőlegesen érkező hangra is. Szintén először csillapítás nélkül mérünk, majd a fülhallgatókkal. Ha helyesen mértünk, akkor minden esetben alacsonyabb hangnyomásszintet kellett kapjunk fülhallgatóval, mint nélküle.

4.6.3. Csillapítás mérési eredmények

1. Szemben elhelyezett zajforrás

Szemből érkező zajforrás csillapítás nélkül hangnyomás értékei a 3. ábrán olvashatók. Majd a 4.;5.;6.;7.;8.;9.-ik táblázatokon és 28.;29.;30.;31.;32.;33. ábrákon olvashatóak a fülhallgatók használatával mért csillapított hangnyomás értékek. Az ábrákon minden csillapított értéket összevetettem a csillapítás nélküli értékkel, hogy az eredmény szembeűnőbb legyen.

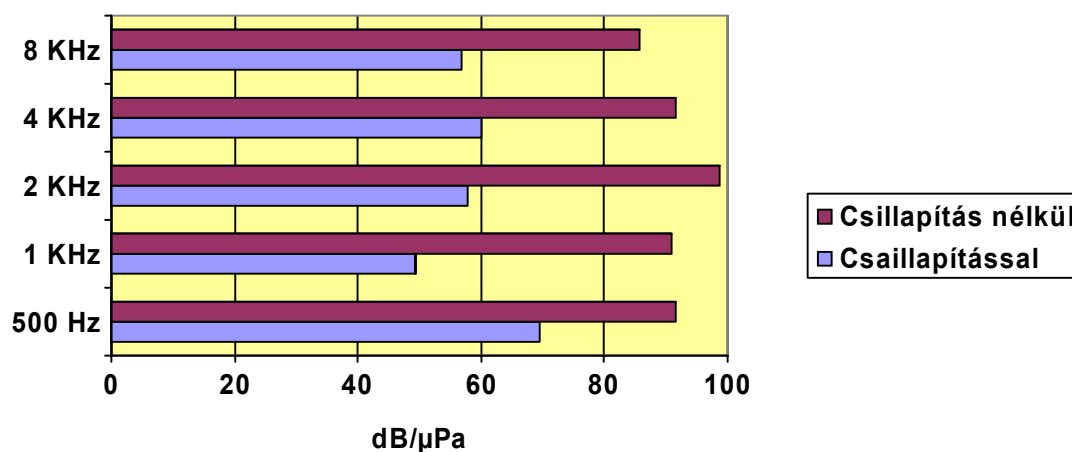
3. Táblázat Csillapítás nélküli hangnyomásértékek

Frekvencia	500 Hz	1KHz	2KHz	4KHz	8KHz
dB/20 μ Pa	91,6	91,1	98,7	91,5	85,7

Csillapítással, azaz fülűregben a fülhallgatókkal.

4. Táblázat Shure E3 C csillapítási eredménye

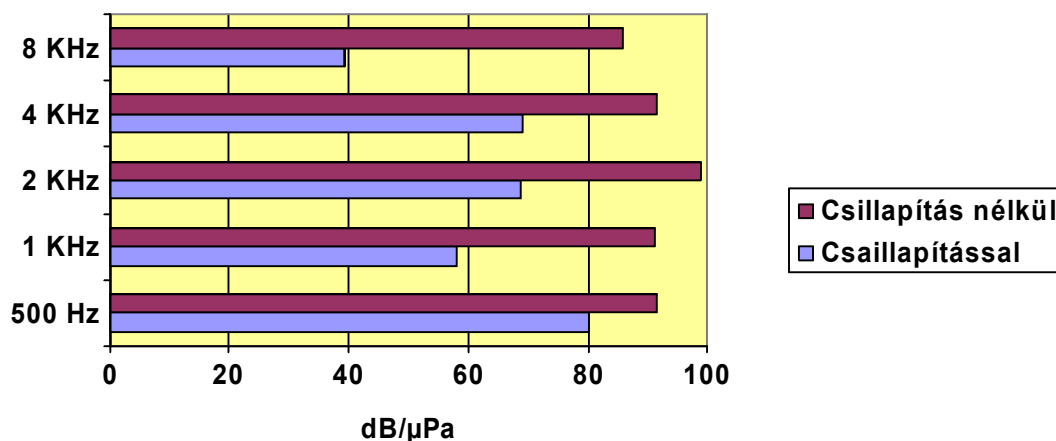
Shure E3C					
Frekvencia	500 Hz	1KHz	2KHz	4KHz	8KHz
dB/20 μ Pa	69,6	49,4	57,9	60	56,7



28. ábra Shure E3C szemből érkező zaj elleni csillapítása

5. Táblázat a Sennheiser CX300 csillapítási eredménye

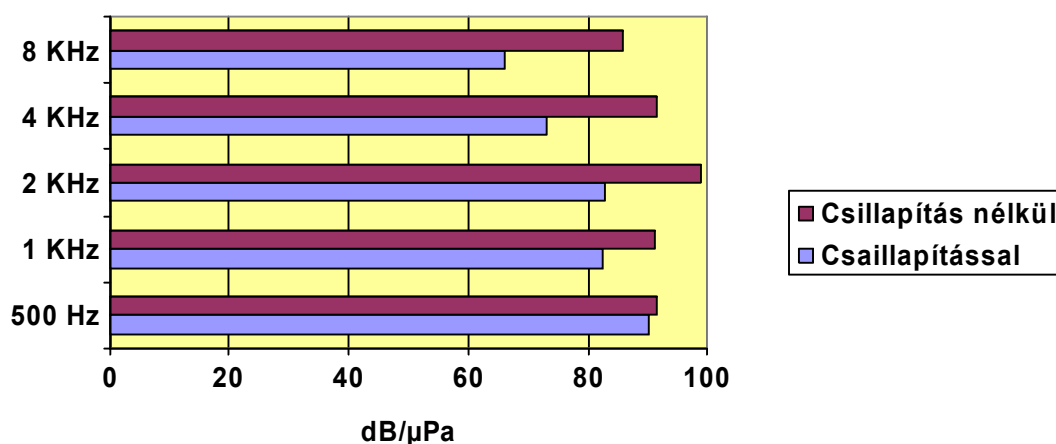
Sennheiser CX300					
Frekvencia	500 Hz	1KHz	2KHz	4KHz	8KHz
dB/20μPa	80,1	58,2	68,7	69	39,3



29. ábra Sennheiser CX300 szemből érkező zaj elleni csillapítása

6. Táblázat Creative EP635 csillapítási eredménye

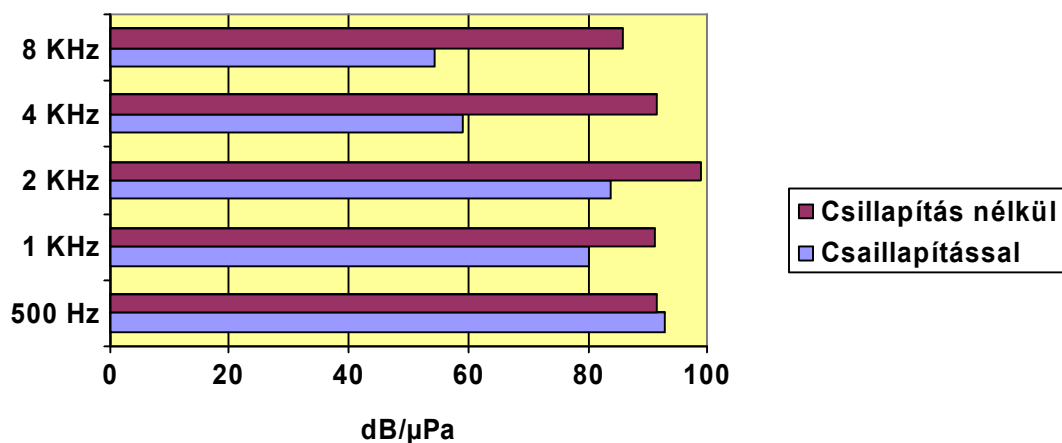
Creative EP-635					
Frekvencia	500 Hz	1KHz	2KHz	4KHz	8KHz
dB/20μPa	90	82,5	82,8	73	66



30. ábra Creative EP-635 szemből érkező zaj elleni csillapítása

7. Táblázat Koss Spark Plug csillapítási eredménye

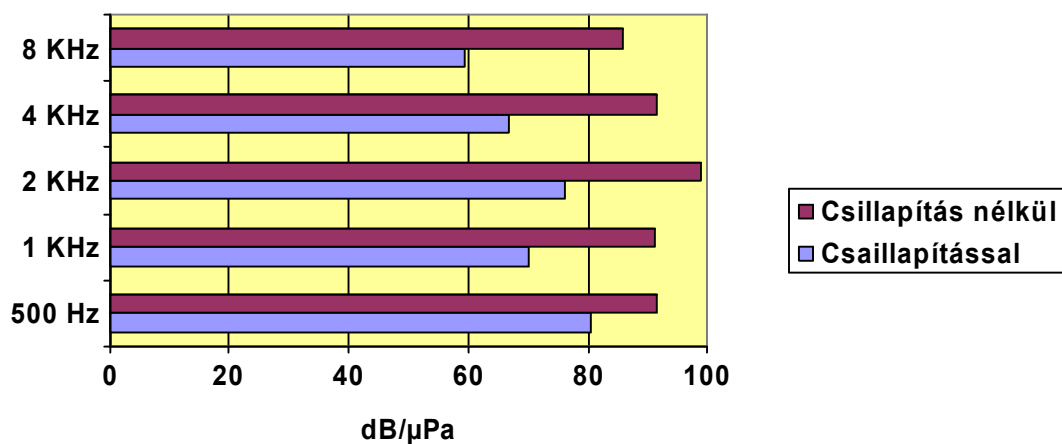
Koss Spark Plug					
Frekvencia	500 Hz	1KHz	2KHz	4KHz	8KHz
dB/20 μ Pa	92,9	80	83,7	59	54,3



31. ábra Koss Spark Plug szemből érkező zaj elleni csillapítása

8. Táblázat Thomson HED 132N csillapítási eredménye

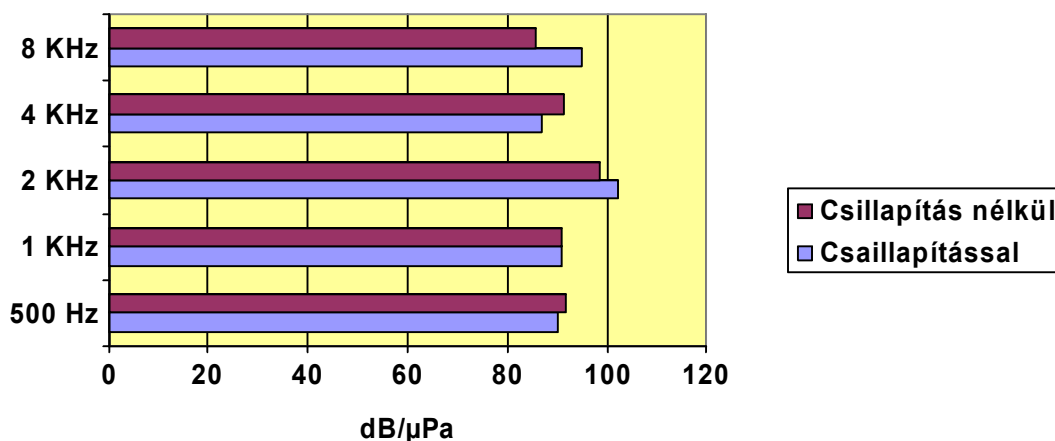
Thomson HED 132N					
Frekvencia	500 Hz	1KHz	2KHz	4KHz	8KHz
dB/20 μ Pa	80,3	70,1	76,1	66,7	59,5



32. ábra Thomson HED 132N szemből érkező zaj elleni csillapítása

9. Táblázat Sony Twinturbo csillapítási eredménye

Sony Twinturbo MDR-E818LP					
Frekvencia	500 Hz	1KHz	2KHz	4KHz	8KHz
dB/20μPa	90,2	91	102	86,9	95



33. ábra Sony Twinturbo MDR-E818LP szemből érkező zaj elleni csillapítása

2. Oldalirányban elhelyezett zajforrás

Oldalirányból érkező zajforrás csillapítás nélkül hangnyomás értékei a 10. ábrán olvashatók. Majd a 11.;12.;13.;14.;15.;16.-ik táblázatokon és 34.;35.;36.;37.;38.;39. ábrákon olvashatóak a fülhallgatók használatával mért csillapított hangnyomás értékek. Az ábrákon minden csillapított értéket összevetettem a csillapítás nélküli értékkel, hogy az eredmény szembetűnőbb legyen.

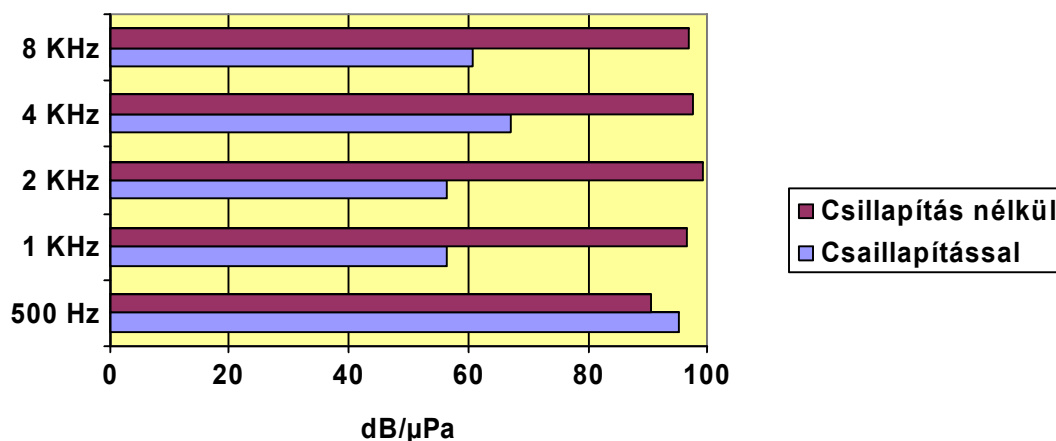
10. Táblázat Csillapítás nélküli hangnyomásértékek

Frekvencia	500 Hz	1KHz	2KHz	4KHz	8KHz
dB/20μPa	90,6	96,6	99,1	97,4	97

Oldalirányból a fülhallgatókkal csillapítva:

11. Táblázat Shure E3C csillapítási eredménye

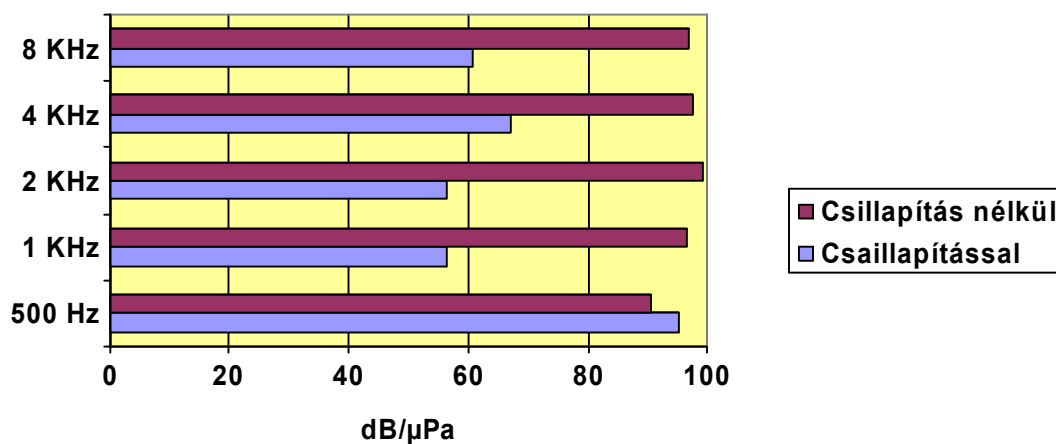
Shure E3C					
Frekvencia	500 Hz	1KHz	2KHz	4KHz	8KHz
dB/20μPa	95,3	56,4	56,5	67,2	60,8



34. ábra Shure E3C oldalirányból érkező zaj elleni csillapítása

12. Táblázat Sennheiser CX300 csillapítási eredménye

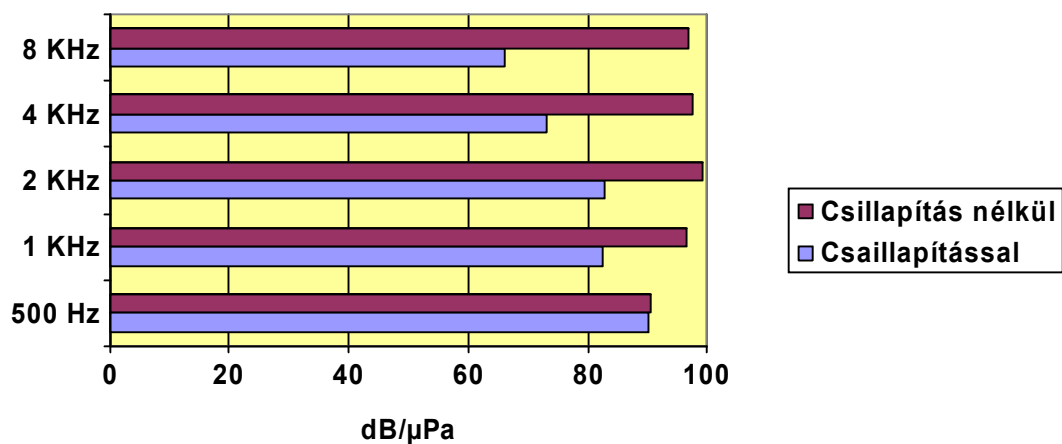
Sennheiser CX300					
Frekvencia	500 Hz	1KHz	2KHz	4KHz	8KHz
dB/20μPa	87,9	88,7	72,7	80	65,1



35. ábra Sennheiser CX300 oldalirányból érkező zaj elleni csillapítása

13. Táblázat Creative EP35 csillapítási eredménye

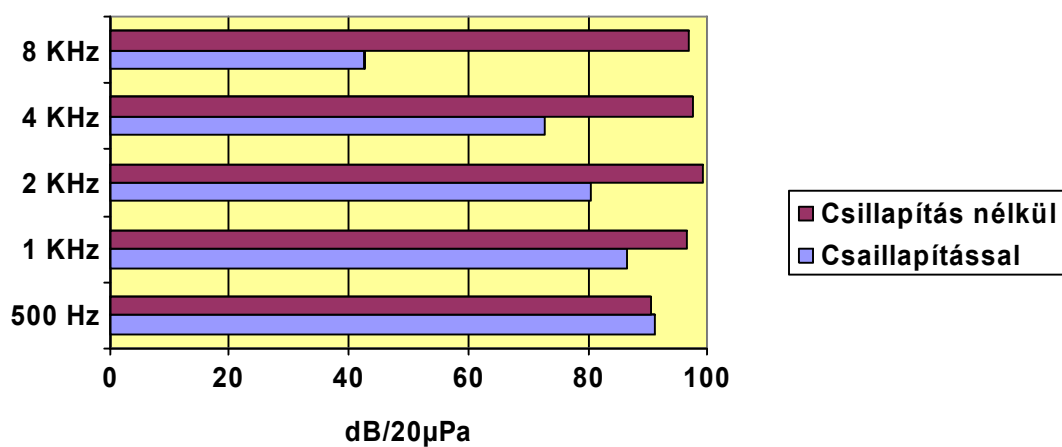
Creative EP-635					
Frekvencia	500 Hz	1KHz	2KHz	4KHz	8KHz
dB/20 μ Pa	90,1	85,2	75,4	80,9	63,8



36. ábra Creative EP-635 oldalirányból érkező zaj elleni csillapítása

14. Táblázat Koss Spark Plug csillapítási eredménye

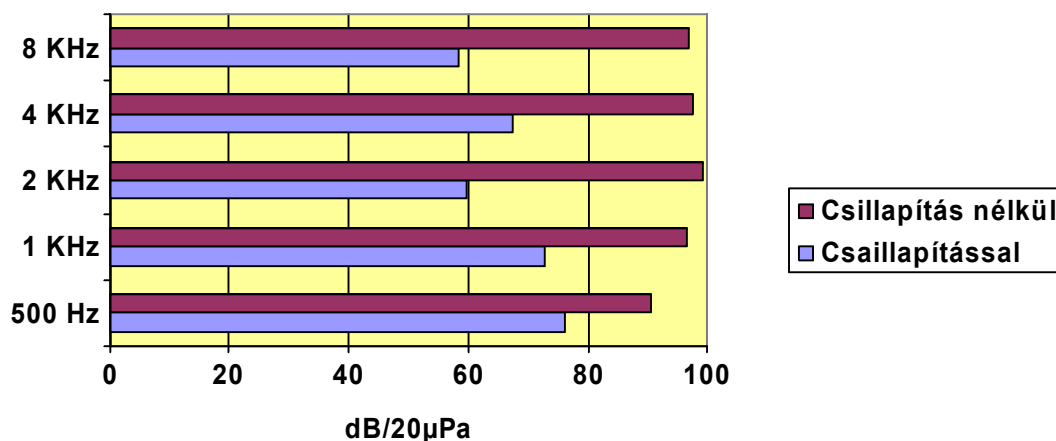
Koss Spark Plug					
Frekvencia	500 Hz	1KHz	2KHz	4KHz	8KHz
dB/20 μ Pa	91	86,6	80,6	72,6	42,7



37. ábra Koss Spark Plug oldalirányból érkező zaj elleni csillapítása

15. Táblázat Thomson csillapítási eredménye

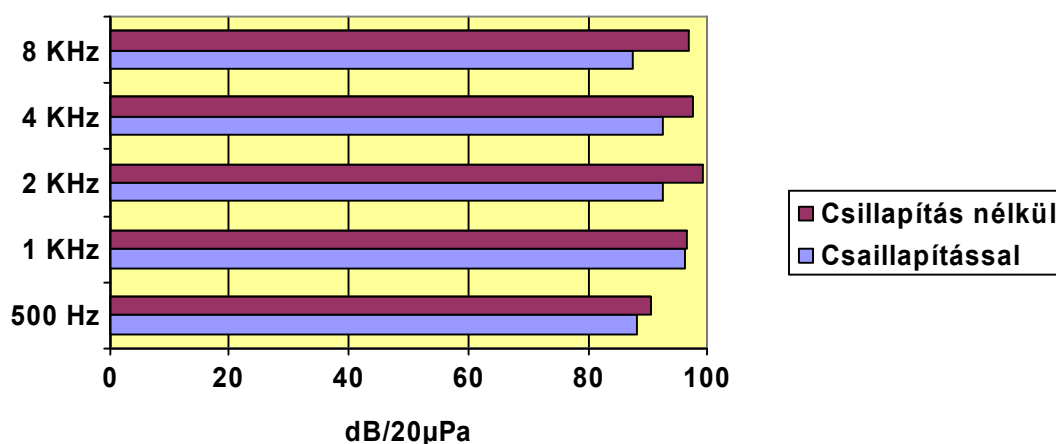
Thomson HED 132N					
Frekvencia	500 Hz	1KHz	2KHz	4KHz	8KHz
dB/20 μ Pa	76,1	72,7	59,6	67,5	58,4



38. ábra Thomson HED 132N oldalirányból érkező zaj elleni csillapítása

16. Táblázat Sony Twinturbo csillapítási eredménye

Siny Twinturbo MDR-E818LP					
Frekvencia	500 Hz	1KHz	2KHz	4KHz	8KHz
dB/20 μ Pa	88,2	96,1	92,5	92,4	87,5

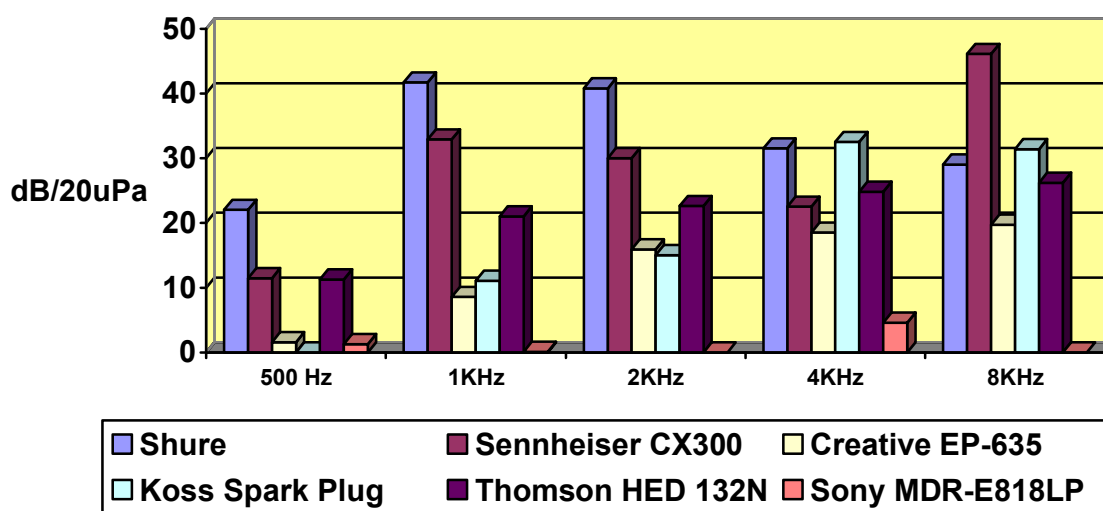


39. ábra Sony Twinturbo MDR-E818LP

4.6.4. Csillapítás mérés összegzése

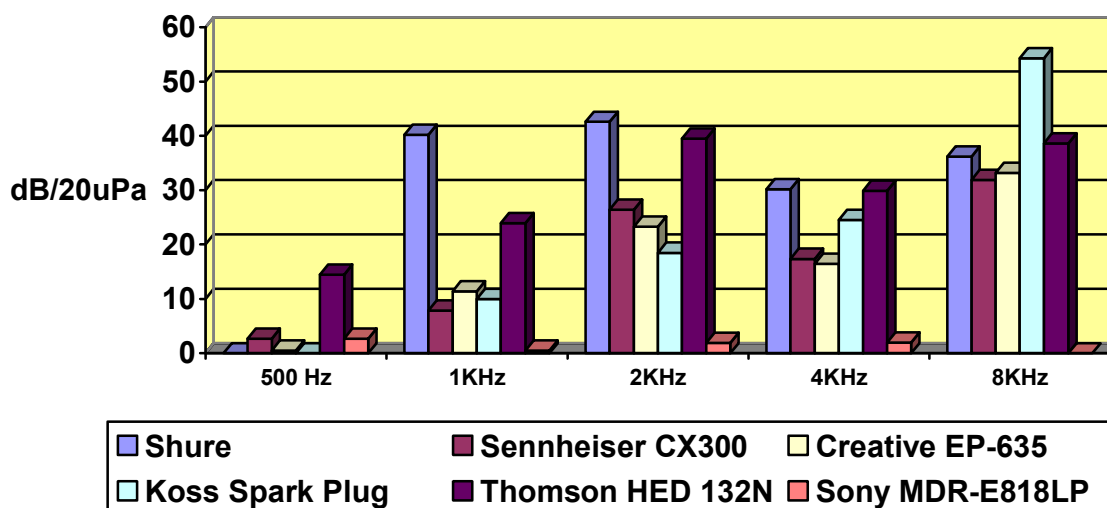
A 40. ábra a szemből érkező csillapítási értékeket ábrázolva, egy ábrán mutatva az összes fülhallgató csillapítási értékeit. Tehát az itt ábrázolt adatok a csillapítás nélküli hangnyomás érték, és a bedugott fülhallgatóval mért, hangnyomás érték különbségét mutatják, azaz a csillapítás értékét.

A mért eredményekből jól látszik, hogy jobb zajszigetelésük van a Micro-Driveres fülhallgatóknak, mint az általános egyszerű Sony-nak, aminek semmi, szinte a nullával egyenlő csillapítása van. Látványosnak mondható, a különbség az egész frekvencia-átvitelben.



40. ábra Csillapítási értékek szemből

Oldalirányból érkező zaj esetén átlagosan még nagyobb csillapítási értéket produkáltak a fülhallgatók. Ez a 41. ábrán látható. Összesített értékelés alapján a legnagyobb csillapítási értékkel rendelkező eszköznek a Shure E3C-t tartom. Nem hiába adott a gyártó mellékelve nyolc féle különböző méretű és anyagú fülpárnákat, mivel így mindenki megtalálja a neki legalkalmasabbat és legkomfortosabbat. Ez a gyártó vette a legkomolyabban a külső zajok elleni védelmet, de kár hogy a frekvencia-átvitel pocsék.



41. ábra Csillípítási érték oldalirányból

4.7. Méréstechnikai problémák

Természetesen akadtak problémák is a mérés alatt, mégpedig műfülüreg mérete miatt, azaz nem egészen élethű kialakítása, és rugalmassága volt. A fülhallgatókat nem a lehető legkönnyebben tudtam behelyezni, ügyelni lelett a megfelelő irányról. És vigyázni kellett, hogy ne forduljon, ill. akadjon el a szilikon szivacsparna. Törekedve arra, hogy mindig a legjobb pozícióban legyenek az eszközök, így hozva létre a lehető legnagyobb tömítettséget. 42.-ik ábrán látható hogy a fülhallgató szilikonja elferdült, de ez könnyen orvosolható egy kis mozgatással.



42. ábra Thomson HED 132N behelyezése

5. Szubjektív tesztek

Szubjektív tesztek alkalmával az emberek véleményére voltam kíváncsiak, döntsék el ők számukra melyik a legszimpatikusabb. Tesztelés elején csak a szükséges információkat mondtam el az eszközök használatával kapcsolatban. Elmondtam a kérdőív kitöltésének módját, valamint, hogy milyen tulajdonságokra figyeljenek. A kérdőív megtalálható a függelék elején. A szakdolgozathoz csatolt CD melléklet tartalmazza a tesztek során hallgatott zenei tartalmakat.

5.1. Szubjektív tesztek menete

Elvégzésében különböző korú, zenei beállítottságú egyének vettek részt. Szubjektív tesztekben összesen 32 ember segített nekem. Az összes fülhallgatóval egy előre válogatott zenei CD-t kellett meghallgatniuk, ill. a számokba belehallgatni. Tesztelés alatt természetesen ügyeltünk arra, hogy semmiféle mélyhang-kiemelés, illetve hangszín-változtatás ne történjen meg. Csak és kizárólag a hangerő változtatása volt megengedett. Így volt elérhető, hogy mindenki ugyanazokkal a beállításokkal tesztelje végig az eszközöket, valamint egymáshoz tudják hasonlítani a hallgatókat ugyanazon jelbemenetet használva. Ez főleg a normál Sony fülhallgató és Micro Driveres társai összehasonlításakor volt mérvadó.

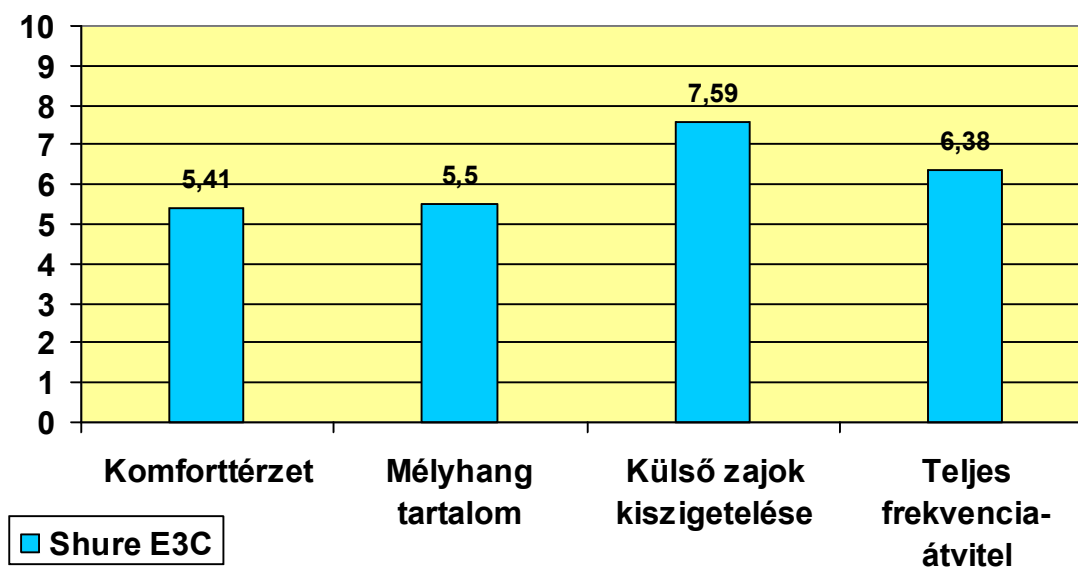
A delikvenseknek tesztelés közben vagy után egy kérdőívet kellett kitölteniük, mely tükrözte az eszközök közötti rangsort a szemszögükből. A kérdőív egyszerű és célratörő. A tesztelőknak 0-10-ig kellett értékelnie a fülhallgatókat a következő szempontok szerint:

- Komfortérzet
- Mélyhang tartalom
- Külső zajok kiszigetelése
- Átvitel a teljes frekvenciatartományban

5.2. Szubjektív teszteredmények

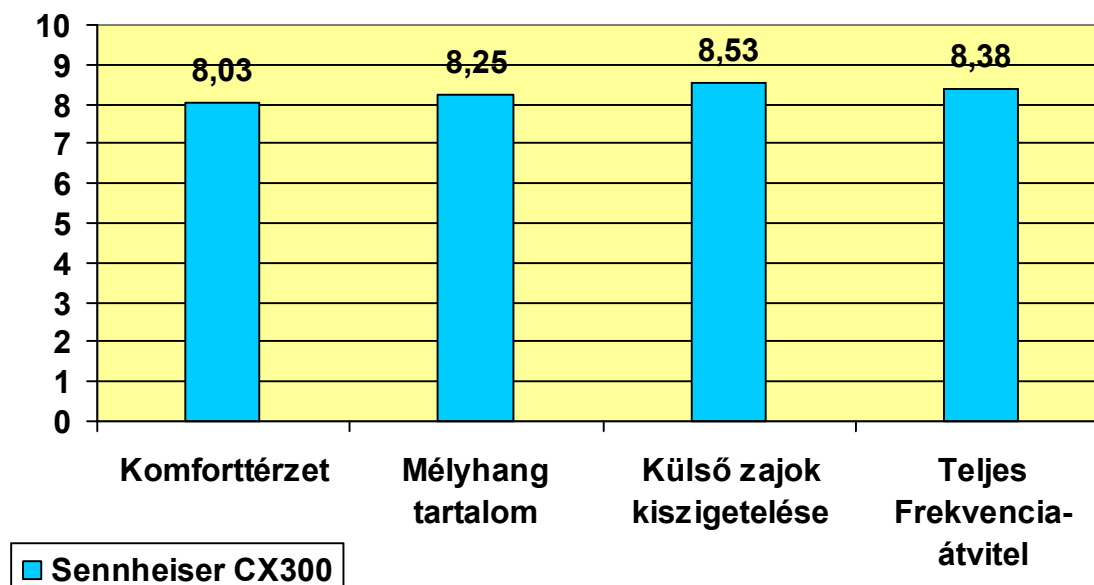
A szubjektív tesztek eredményeit fülhallgatónként, és szempontonként átlagoltam, mely eredmények az alábbi ábrákon láthatóak. Az összes adat, amiből átlagoltam a függelékben megtalálható, a kérdőív után. Az emberek személyes véleményét is mellékeltem.

1. Shure E3C



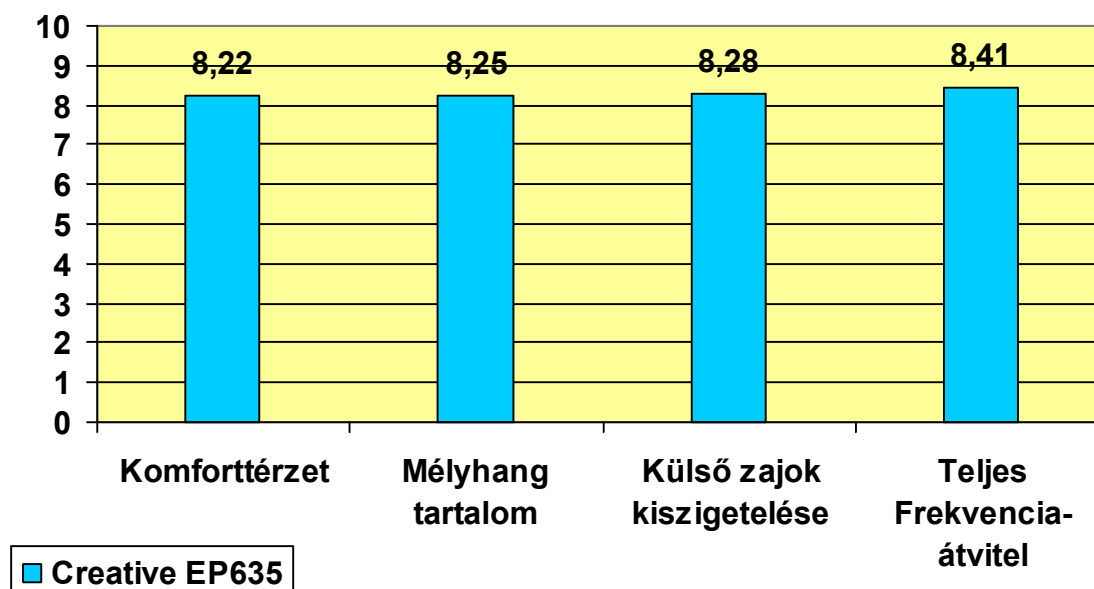
43. ábra Shure összesített eredmény

2. Sennheiser CX300



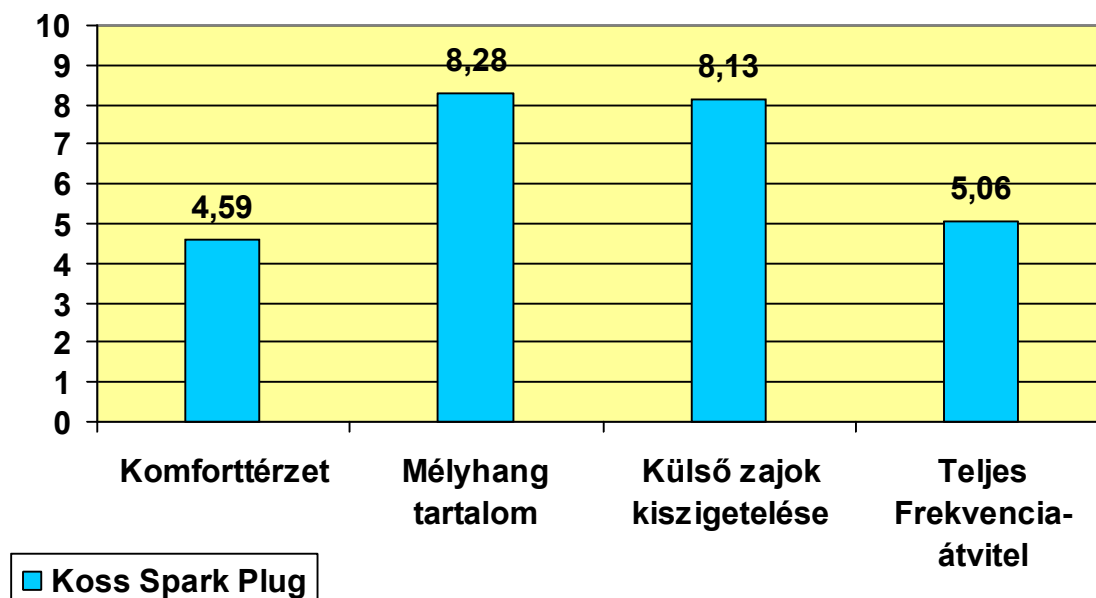
44. ábra Sennheiser CX300 összesített eredmény

3. Creative EP-635



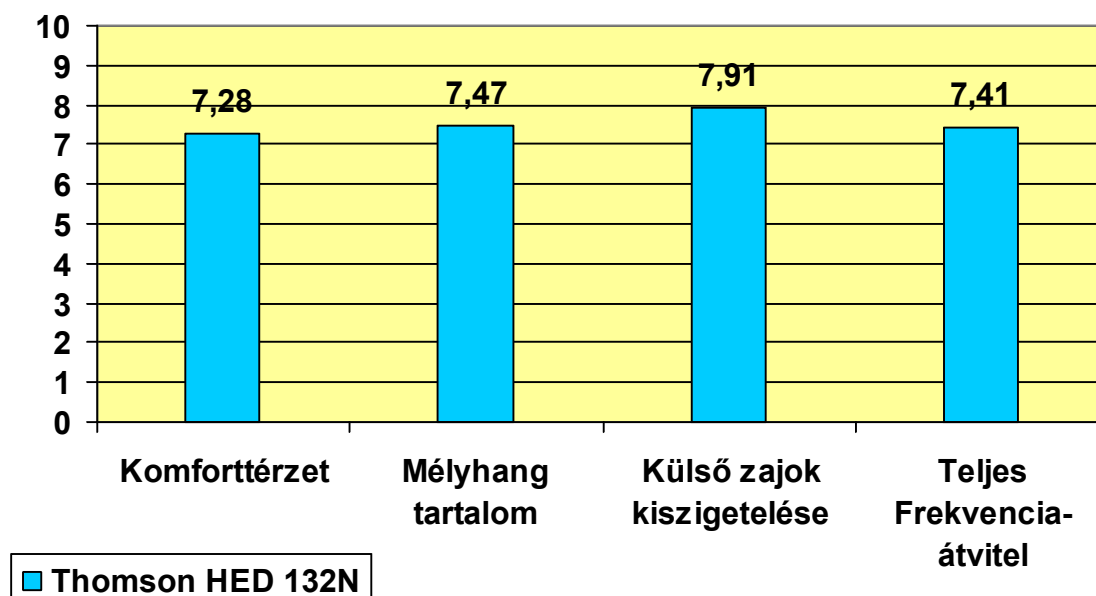
45. ábra Creative EP635 összesített eredmény

4. Koss Spark Plug



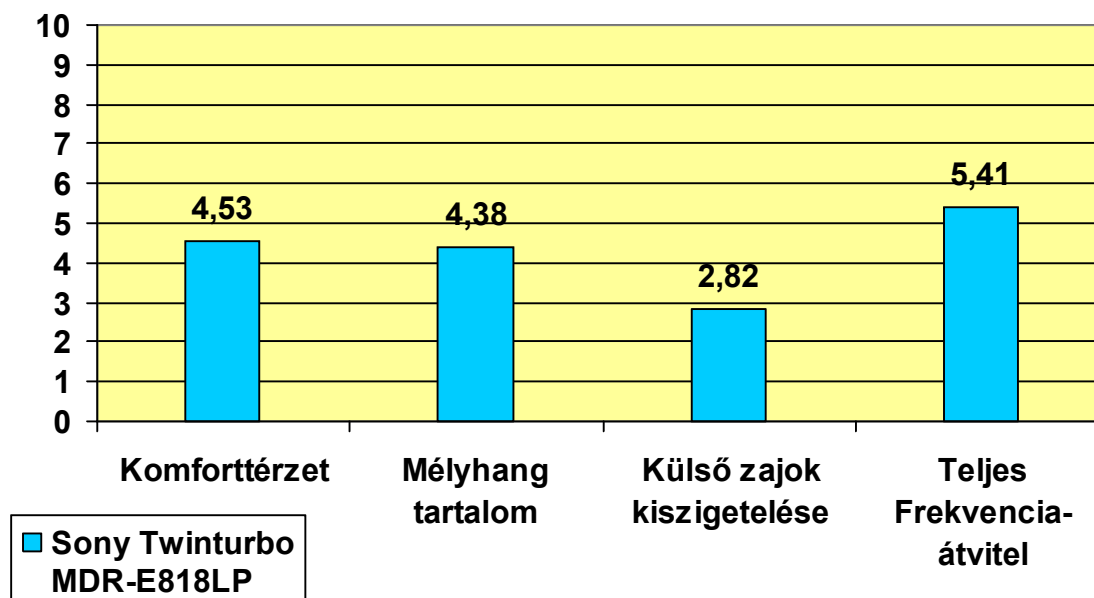
46. ábra Koss Spark Plug összesített eredmény

5. Thomson HED 132N



47. ábra Thomson HED 132N

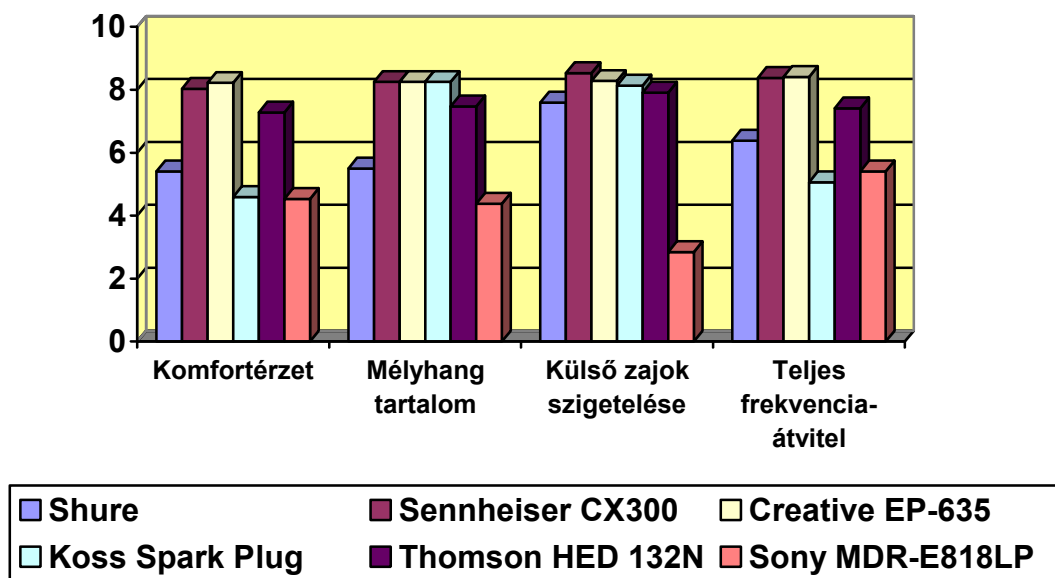
6. Sony Twinturbo MDR-E818LP



48. ábra Sony Twinturbo MDR-E818LP összesített eredmény

5.3. Szubjektív tesztek összesített értékelése

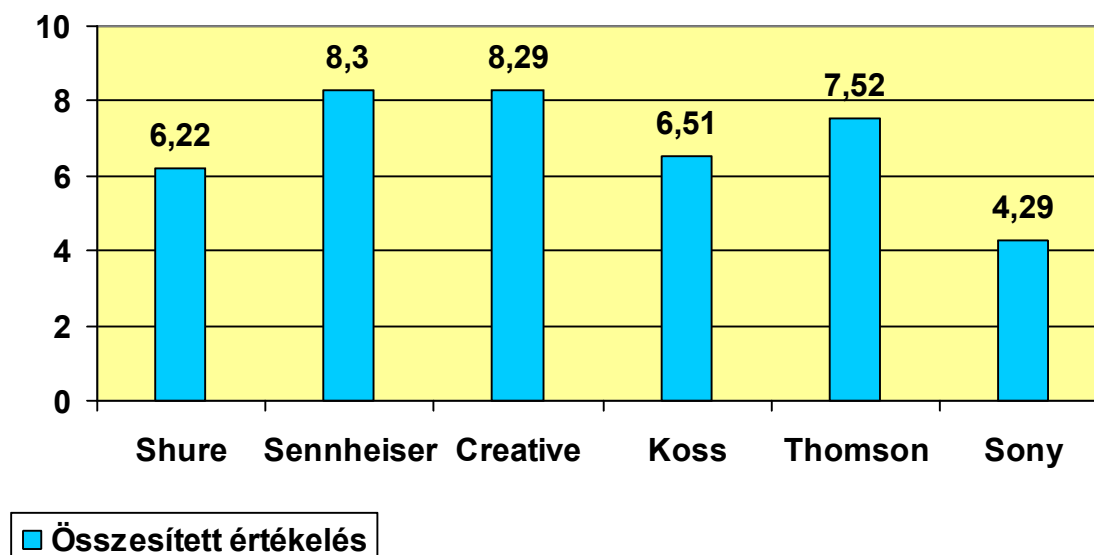
A 49.ábrán látható



49. ábra Összesített értékelés

Jól látható, egymás mellett a fülhallgató tulajdonságai alapján hova rangsorolhatóak. Az emberek véleménye általánosan az hogy az egyszerű Sony messzemenően elmarad a Micro Driveres társaitól.

Szubjektív tesztek összesített értékelése, ahol átlagolva vannak a fülhallgatók összes tulajdonságára kapott pontok.



50. ábra Összesített értékelés

A szubjektív tesztek alkalmával 32 ember véleménye alapján a Sennheiser CX300 típusú fülhallgató volt a legjobb, legszimpatikusabb.

Komfortérzetét: 8,03-ra értékelték a 10-ből

Mélyhang tartalmát: 8,25-re értékelték a 10-ből

Külső zajok kiszigetelését: 8,53-ra értékelték a 10-ből

Teljes frekvencia-átvitelét: 8,38-ra értékelték a 10-ből

A Tesztek alkalmával nem mindenki ismerte a fülhallgatók eme fajtáját, eleinte a behelyezés nehezen ment, de könnyen megbarátkoztak vele. Így kis gyakorlással hamar a helyes pozícióba tudták rakni a hallgatókat. Legelső észrevételük az volt, hogy mennyire jól kiszigetelik a külső zajokat, valamint kellő mélyhang tartalommal bírnak. Ezt főleg akkor konstatálták, mikor a Sony-val hasonlították össze.

1. Komfortérzet

A komfortérzet mindenkinél jelentős szempont volt, az egyik legmeghatározóbb. Rögön le is szögezték egy páran, hogy melyiket nem vennék meg, melyiket igen. A használhatóság, megfelelő kábelhossz, és a hosszabb használat során is kényelmes érzet sokat nyomott a latba az értékelésnél. Vásárlásnál egy laikus szemlélődő a csomagolásra, és a színre hagyatkozik.

2. Mélyhang kiemelés

A tesztelők szerint csaknem kétszer annyi mélyhang-tartalommal rendelkeznek a Micro Drivers fülhallgatók, mint egyszerűbb társaik. Ez már csak azért is fontos, mert a hang alacsony frekvenciás összetevője teszi ki a zenelejátszó eszköz által leadott teljesítmény nagy részét. Így ugyanannyi mélyhang tartalomhoz kevesebb teljesítmény szükséges, mint normál társának. Ez által nő az eszköz lejátszási ideje.

3. Külső zajok elszigetelése

Nagyon sokan dicsérték ezen tulajdonságát a fülhallgatóknak. Utcai használat mellett a szobai zenehallgatásra, illetve nyelvtanulásra is alkalmazzák.

4. Teljes frekvencia-átvitel

A Koss kivételével elégedettek voltak az eszközök átviteli tulajdonságaival, elegendő közép, és magas hang is társult a mélyhangok mellé. Az általános Sony itt is elmaradt a társaitól.

6. Összefoglalás

A szakdolgozat írása során közelebbről megismertem a Pulse front-end típusú mérőrendszerével, az eszközök tulajdonságaival és mindezek megértéséhez nélkülözhetetlen elméleti alapokkal. Alkalmam volt a feladat célkitűzésének megfelelően méréseket végezni egy nagy tudású műszerrel valamint betekintést nyertem a Békésy György Akusztikai Kutatólaboratóriumának roppant érdekes és értékes eszközparkjába.

A mérések és tesztek során a Micro-Driver-es fülhallgatók maximálisan hozták a vizsgálat elején kitűzött elvárásokat. Remek frekvencia-átvitellel, kiváló zajszigeteléssel, valamint kellő mélyhang-tartalommal bírnak. Túlmutatnak régi társaikon, kompakt és modern tervezés jellemzi őket. A mai szórakoztatóelektronikai piac hordozható eszközeinek kiváló tartozékaként lehetnek jelen. A gyártástechnológia fejlődésével egyre barátságosabb áron juthatunk ilyen készülékekhez. 5-10 ezer forintért már márkásabb, jobb minőségű fülhallgatót kaphatunk pénzünkért.

Köszönetet mondok Dr. Wersényi Györgynek és Dániel Istvánnak, akik készséggel álltak segítségemre munkámban.

7. Ábrajegyzék

1. ábra A hangnyomás időfüggvénye.....	6
2. ábra Fletcher-Munson-féle görbék.....	8
3. ábra Fülünk felépítése.....	9
4. ábra Fejhallgatóbetét szerkezeti felépítése.....	10
5. ábra Fejhallgató, Fülhallgató, Micro-Driver fülhallgatók.....	12
6. ábra MicroDrivers Szerkezeti felépítés.....	13
7. ábra Fülben való elhelyezkedés.....	14
8. ábra Keresztmetszeti ábra.....	14
9. ábra Koss, Sennheiser, Creative.....	15
10. ábra Koss, Thomson, Sony.....	16
11. ábra Pulse modulok.....	18
12. ábra LabShop menü.....	20
13. ábra B&K 4128.....	22
14. ábra B&K 3560 c.....	22
15. ábra B&K 4128 szerkezeti felépítése.....	23
16. ábra Műfülkagyló hallójáráttal.....	23
17. ábra Frekvencia-átvitel mérési összeállítása.....	24
18. ábra Fülkagyló nélkül.....	25
19. ábra Pistonphone.....	25
20. ábra Shure E3C Frekvencia-átvitele.....	26
21. ábra Sennheiser CX300 Frekvencia-átvitele.....	27
22. ábra Creative EP-635 Frekvencia-átvitele.....	27
23. ábra Koss Spark Plug Frekvencia-átvitele.....	28
24. ábra Thomson HED 132N Frekvencia-átvitele.....	28
25. ábra Sony MDR-E818LP Frekvencia-átvitele.....	29
26. ábra Zajforrás iránya.....	30
27. ábra Csillapítás mérési összeállítása.....	31
28. ábra Shure E3C szemből érkező zaj elleni csillapítása.....	32
29. ábra Sennheiser CX300 szemből érkező zaj elleni csillapítása.....	33
30. ábra Creative EP-635 szemből érkező zaj elleni csillapítása.....	33
31. ábra Koss Spark Plug szemből érkező zaj elleni csillapítása.....	34
32. ábra Thomson HED 132N szemből érkező zaj elleni csillapítása.....	34
33. ábra Sony Twinturbo MDR-E818LP szemből érkező zaj elleni csillapítása.....	35
34. ábra Shure E3C oldalirányból érkező zaj elleni csillapítása.....	36
35. ábra Sennheiser CX300 oldalirányból érkező zaj elleni csillapítása.....	36
36. ábra Creative EP-635 oldalirányból érkező zaj elleni csillapítása.....	37
37. ábra Koss Spark Plug oldalirányból érkező zaj elleni csillapítása.....	37
38. ábra Thomson HED 132N oldalirányból érkező zaj elleni csillapítása.....	38
39. ábra Sony Twinturbo MDR-E818LP.....	38
40. ábra Csillapítási értékek szemből.....	39
41. ábra Csillapítási érték oldalirányból.....	40
42. ábra Thomson HED 132N behelyezése.....	40
43. ábra Shure összesített eredmény.....	42
44. ábra Sennheiser CX300 összesített eredmény.....	43
45. ábra Creative EP635 összesített eredmény.....	43
46. ábra Koss SPark Pluf összesített eredmény.....	44

47. ábra Thomson HED 132N.....	44
48. ábra Sony Twinturbo MDR-E818LP összesített eredmény	45
49. ábra Összesített értékelés	45
50. ábra Összesített értékelés	46

8. Függelék

1. Szubjektív teszthez használt kérdőív

Fülhallgató-típusok közötti szubjektív tesztek:

Kérem értékelje a különböző típusokat 0-10-ig.
0-legrosszabb 10-kitűnő

	Komfortérzet	Mélyhang tartalom	Külső zajok kiszigetelése	Átvitel a teljes frekvenciatartományban
SHURE E3CSONY				
SENNHEISER CX 300				
CREATIVE EP-635				
KOSS SPARK PLUG				
THOMSON HED 132N				
SONY Twinturbo				

Kérem írja le egyéni véleményét a fülhallgatókról:

SHURE E3CSONY	
SENNHEISER CX 300	
CREATIVE EP-635	
KOSS SPARK PLUG	
THOMSON HED 132N	
SONY Twinturbo	

Szubjektív tesztelésnél az emberek egyéni véleménye a fülhallgatókról

Sajnos nem volt mind a 32 tesztelő embernek egyéni véleménye, ők csak a táblázatot töltötték, és pontoztak 0-10-ig. Az alábbiakban bemutatom a szubjektív teszteken adott pontokat fülhallgatónként, akinek volt annak megosztom a véleményét típusokra osztva.

Shure E3C szubjektív értékelések

Shure E3C	Komfortéret	Mélyhang tartalom	Külső zajok szigetelése	Teljes F.v.átvitel
1	5	2	9	4
2	4	6	5	6
3	7	9	9	8
4	9	8	9	9
5	6	8	10	10
6	6	4	8	4
7	4	8	8	6
8	4	5	7	7
9	6	4	9	5
10	7	9	8	10
11	10	10	10	10
12	2	6	8	7
13	0	6	7	7
14	5	6	6	6
15	6	7	8	9
16	7	4	6	7
17	3	4	7	7
18	7	5	9	4
19	5	5	9	6
20	8	8	5	6
21	7	5	7	6
22	7	8	7	8
23	4	3	6	5
24	2	4	3	3
25	3	4	7	6
26	3	6	4	4
27	2	4	5	6
28	7	3	10	6
29	6	3	10	5
30	8	7	9	6
31	7	3	10	6
32	6	2	8	5
6,22	5,41	5,50	7,59	6,38

Shure E3C egyéni vélemények

„Igen szegényes hangkép, mély nincs, se dinamika. A szivacs cserélése körülményes. Nem higiénikus Viselni. Jó a Doboz+ a kellékek. Jó a zajcsillapítás, a sárga szivacs a legjobb.”

„Kényelmes érzést kelt”

„Jobb fülembe nem éreztem volna, hogy tökéletesen illeszkedne”

„Kicsit nehéz a hallójáratba juttatni.”

„Jól szigeteli a külső zajokat.”

„Nem olyan jó a basszus benne.”

„Jól szigeteli a külső hangokat, de a hangzása túl mély.”

„Kényelmes, kellemes hangterjedelem, a mélyhangokból lehetne több.”

„Kellemes hangzás, letisztult hangzasképp, jó mély.”

„Szép elkülönült, letisztult hangkép, kellemes nem túl éles magas, jól bírta a mélyeket, kellemes hordani.”

„Ez az amit meg se néznék a boltban”

„Elég kényelmetlen”

„Kényelmetlen, és többet vártam.”

„Jól illeszkedik, kellemes a hordása”

„Nem találtam a basszust, elég kifinomult a többihez képest”

„Nagyon gyenge, kényelmetlen”

„Szép, drága, kevés mélyhang”

Sennheiser CX300 szubjektív eredmények

Sennheiser CX300	Komfortéret	Mélyhang tartalom	Külső zajok szigetelése	Teljes F.v.átvitel
1	7	7	7	8
2	10	10	10	10
3	7	10	10	8
4	10	7	10	9
5	10	7	6	8
6	8	6	10	6
7	5	8	10	5
8	6	7	8	9
9	5	3	4	3
10	9	9	9	10
11	7	9	10	7
12	5	9	10	10
13	8	8	6	8
14	6	7	5	6
15	9	8	7	9
16	8	6	7	8
17	6	9	9	10
18	9	10	9	9
19	9	9	10	8
20	6	8	6	6
21	8	6	6	7
22	8	9	9	9
23	7	8	10	9
24	8	10	10	8
25	8	9	9	10
26	10	10	10	10
27	9	10	9	8
28	10	8	9	10
29	10	10	9	10
30	10	9	9	10
31	10	9	10	10
32	9	9	10	10
8,30	8,03	8,25	8,53	8,38

Sennheiser CX300 egyéni vélemények

„Könnyű betenni, kényelmes, Basszus, és átvitel az egyik legjobb.”

„Nagyon jó.”

„Nagyon kényelmes volt. illeszkedett a hallójáráthoz.”

„Nagyon szépen szól, bár szerintem halkabb, mint a többi.”

„kicsi, kényelmes”

„Kényelmes, könnyű behelyezni. 6.-ik szám elején lüktet a fülem a basszustól, Nagyon jó.”

„A basszus jön át jól, mintha medencében hallgatná az ember a zenét, külső zajokat jól szigeteli.”

„Kényelmesen elhelyezkedik a fülben, mély és magas is egyaránt kiváló.”

„Se magas, se mély, főleg a mélyhangok jönnek át, az sem az igazi.”

„Jó magas, mélynél torzít kicsit, kevés mély.”

„Jó magas, kicsit éles, sziszeg, nagyon mély (~50HZ) hangoknál torzít. Kár érte, de különben jó lenne.”

„Csúcs ez is, de kényelmetlen”

„Jó, szép hangátvitel, ez sem volt kényelmes.”

„Könnyen be lehet rakni”

„A mélyhang-tartalom itt egész jó volt és a külső zajokat se lehetett annyira érzékelni.”

„Nagyon szép, egyszerű,de kiváló dizájn,remek illeszkedés, profi hegminőség

Kiváló”

Creative EP635 szubjektív eredmények

Creative EP-635	Komfortéret	Mélyhang tartalom	Külső zajok szigetelése	Teljes F.v.átvitel
1	7	7	7	7
2	9	8	9	8
3	8	10	10	8
4	8	7	6	8
5	10	8	4	8
6	8	8	10	8
7	8	9	10	8
8	7	8	9	9
9	8	3	7	4
10	6	7	7	8
11	6	7	9	5
12	7	10	8	10
13	8	9	8	9
14	6	7	6	5
15	8	9	7	10
16	8	7	6	9
17	9	8	8	9
18	9	9	9	10
19	10	9	8	10
20	7	8	6	6
21	10	8	10	9
22	9	10	9	9
23	8	9	10	10
24	10	9	10	8
25	8	9	10	10
26	8	9	8	9
27	8	10	10	9
28	9	9	9	10
29	9	9	9	9
30	8	7	9	9
31	9	9	9	9
32	10	8	8	9
8,29	8,22	8,25	8,28	8,41

Creative EP635 egyéni vélemények

„Jól illeszkedik, zajszűrés nagyon jó, van magas, mélye is elég jók, nyakba akasztható”

„Túl rövid vezeték”

„Viselete nem annyira kényelmes, volt ennél jobb is.”

„Nem volt kényelmes, kicsit furcsa volt mintha lötyögne.”

„kicsi, kényelmes”

„Stúdióhangzás! Viszem is! Kábelt venni kell hozzá?”

„Eddig ez a legjobb. A többihez képest érezhetően jobb.”

„Kellemes hallgatni a mélyhangokat jobban visszaadja, mint az egyszerű fülhallgatók, magas tartomány kicsit torznak tűnik.”

„A mély hangok nagyon gyengék, egyébként nem rossz.”

„Kellemes hangzás, nagyon kevés a mély, rövid kábel, mélynél torzít.”

„Lehetne több mély, ugyanaz, mint a sennheiser, csak az egész hangkép tompább, mosottabb.”

„Szerintem ez volt a legjobb”

„Jó hangú, és az egyik legkényelmesebb.”

„Ez volt a legjobb”

„Nagyon kényelmes”

„Számomra nem volt olyan kényelmes, mint a többi”

„Praktikus tartó, nem tetszik a fehér szín. Külső zajok kiváló szigetelése.”

„Rövid vezeték”

Koss Spark Plug szubjektív eredmények

Koss Spark Plug	Komfortéret	Mélyhang tartalom	Külső zajok szigetelése	Teljes F.v.átvitel
1	4	8	4	5
2	4	9	9	8
3	9	9	10	8
4	10	10	9	9
5	4	10	2	5
6	1	8	10	2
7	1	4	5	2
8	2	6	8	6
9	9	8	8	7
10	1	9	10	3
11	0	3	10	0
12	7	10	10	6
13	1	10	3	10
14	3	8	7	7
15	6	5	6	6
16	7	8	5	8
17	7	10	10	4
18	6	10	10	3
19	5	10	10	2
20	6	9	4	6
21	2	0	7	5
22	8	10	10	9
23	3	7	9	4
24	6	9	6	5
25	9	10	9	3
26	6	8	10	6
27	3	9	10	3
28	2	10	10	3
29	5	9	10	4
30	4	9	10	3
31	2	10	9	6
32	4	9	10	4
6,51	4,59	8,25	8,13	5,06

Koss Spark Plug egyéni vélemények

„A gumija nem túl jó, a mély nem rossz, viszont tompán szól, kicsi magas, nagy és nehéz a fülben”

„Kényelmetlen, nincs nyakba akasztó, de nagyon jó hangja van.”

„Behelyezése körülményes, utána meglepően kényelmes.”

„Szerintem ez mind közül idáig a legjobb.”

„Nagyon erős mélyhangok”

„Furcsa, kicsit feszít. A hang tompa, Sok a basszus. (nem gondoltam, hogy befér)”

„Nagyon Ócska, csak a mély szól igazából, ilyen biztos nem veszek!”

„Magas kevésnek tűnik, kényelmetlen, térhatás jó.”

„Végre van mély hang is! De itt meg a magas hangok hiányoznak.”

„Nincs magas, a mély jó, sok a mély, dobozhang. Mélyen van a hallójáratban, jól elszigeteli a környezeti zajokat.”

„Tompá, nincs magas, középtartományban kiemel, Jó mély, nagyon mélyre nem megy, dobozhangú, mosott hangkép. Munkavédelmi dugónak jó, de zenére....”

„Nincs magas, csak mélyhang”

„Elég kényelmetlen , de nagyon jó átvitel.”

„EZT nem az én fülemre tervezték, nagy és kényelmetlen, de nagyon jó frekvencia-átvitele van”

„Nagyon jó a mélyhang, de a magas hiányzott”

„Nem tetszik, nehéz berakni, nem lehet megtalálni a megfelelő állapotot”

„Nagyon tetszett, hogy a külső zajokból szinte semmit nem lehet hallani, és a basszus is nagyon jól halható.”

„Nagyon jó zajszigetelés, nagyon kellemes hordani a mérete ellenére. Magas és közép tartományban elég gyenge, szép basszus.”

„Füldugónak elmegy, de zenére nem.”

Thomson szubjektív eredmények

Thomson HED 132N	Komfortéret	Mélyhang tartalom	Külső zajok szigetelése	Teljes F.v.átvitel
1	5	6	6	6
2	8	10	10	10
3	7	10	10	8
4	10	9	8	7
5	7	3	3	5
6	8	6	10	8
7	2	8	10	5
8	5	6	8	8
9	5	5	8	4
10	9	8	8	9
11	6	7	9	6
12	10	10	9	10
13	8	7	8	8
14	6	6	5	6
15	8	8	8	9
16	9	8	7	9
17	9	8	7	8
18	7	7	8	8
19	7	8	8	9
20	6	7	6	6
21	9	7	9	10
22	6	9	8	10
23	8	9	9	7
24	8	7	6	6
25	7	8	8	6
26	8	7	7	7
27	10	8	8	6
28	6	8	9	9
29	6	8	8	7
30	8	8	8	7
31	8	7	8	7
32	7	6	9	6
7,52	7,28	7,47	7,91	7,41

Thomson 132N egyéni vélemények

„Könnyű, kényelmes, jó a nyakba a kasztó, magas jó, mély közepes, jól illeszkedik, zajsűrés közepes nem túl jó”

„Rövid a vezeték, emiatt kicsit kényelmetlen.”

„Behelyezve nem volt nagyon kényelmes.”

„Nagyon kényelmes jó használni.”

„Átlagos, de jó”

„Rövidebb kábel nem is lehetne hozzá...”

„Sok a mély, a magas meg recseg.”

„Magas hang jó minőségben hallatszik”

„Kicsit gyenge a mélyhangok átvitele, a közép is elég kevés.”

„Szépen kiadja a mélyeket, magasakat is, Kellemes hangzás, Könnyebb behelyezés, Rövid kábel”.

„Jó magas, kellemes hangú, mélyre megy, pontos, gyors mély.”

„Csúcs minden jól hangzott, ilyet vennék.”

„Ezt "elhallgatható" kategóriába sorolhatnám”

„Hó, hogy nyakba lehet rakni, The Best. Jó hangzás, és könnyű berakni”

„Az nem tetszett benne, hogy túl rövid volt a vezetéke”

„Sennheiser kialakításához hasonló, de egy árnyalatnyival job minőségű”

„Jó, rövid vezeték”

Sony Twinturbo szubjektív eredmények

Sony Twinturbo	Komfortéret	Mélyhang tartalom	Külső zajok szigetelése	Teljes F.v.átvitel
1	5	4	2	5
2	5	6	5	6
3	8	9	8	8
4	10	9	7	9
5	0	0	0	0
6	2	4	2	6
7	3	2	3	3
8	0	4	3	5
9	3	5	8	8
10	8	7	0	7
11	9	9	5	7
12	10	4	2	6
13	2	2	0	4
14	4	6	4	5
15	4	2	0	3
16	2	2	0	4
17	5	3	1	6
18	4	2	0	3
19	2	2	0	5
20	8	6	2	6
21	3	4	6	5
22	5	8	6	8
23	2	7	5	7
24	2	7	4	6
25	3	7	6	6
26	4	8	4	5
27	2	6	6	7
28	5	2	0	5
29	7	1	1	4
30	6	0	0	5
31	8	1	1	4
32	4	1	0	5
4,29	4,53	4,38	2,84	5,41

Sony Twinturbo MDR-E818LD

„Zajszűrés nem jó, kiseik a fülből, szivacs kéne rá, kényelmes viselet, átlagos átvitel.”

„A külső zajok kiszűrése elég gyenge.”

„Nem illeszkedik tökéletesen, folyamatosan ki akar esni, legalábbis ilyen érzést kelt.”

„Szerintem nagyon kényelmes, bár lehet most ez a legmegszokottabb,”

„Semmi különös nincs benne”

„Cicereg, basszus kevés, csak bűgás jön át szépen (dob) élvezhető, átlagos”

„Kevés a basszus, túl magas”

„A mélyhang gyatrának hallatszik az előzőekhez képest.”

„Tetszik. Kellemes a frekvencia-átvitele, minden megvan: mély-magas, sőt még közép is, épp annyit szól, amennyit kell”

„Külső zajokat egyáltalán nem szűri ki. A kialakítástól eltekintve szépen szól, bár ez is torzít, ez torzít a legjobban. Szép magas.”

„Jó magas, pontos erős mély.”

„Ez volt a legrosszabb”

„Alapkategóriás ciripelő, nem sok mélyel, de ez legalább nem törte a fületem.”

„Egy fokkal jobb, mint a Koss Spark”

„A külső zajokat nagyon lehetett hallani, lényeges különbség a többihez képest.”

„Régi stílusú, kevésbé kényelmes”

„Semmi mélyhang”

9. Irodalomjegyzék

1. Dr. Wersényi György: Műszaki akusztika jegyzet,
Elektronikus jegyzet, 2004
2. Dr. Wersényi György: Stúdiótechnika jegyzet,
Elektronikus jegyzet, 2004
3. Dr. Wersényi György: A térbeli hallás
Elektronikus publikáció
4. Dr. Wersényi György: Akusztikai átalakítók átviteli jellemzőinek mérése süketszo-
bában
Elektronikus publikáció
5. Brüel&Kjaer Product Data 4128 Adatlap
6. <http://www.bksv.com/>
7. <http://www.hit.bme.hu/musor/egyeb/>
8. http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:FletcherMunson_ELC.svg
9. <http://www.bksv.com/Products/PULSEAnalyzerPlatform/PULSEHardware.aspx>