

OSNOVNA ŠOLA GUSTAVA ŠILIHA VELENJE
OSNOVNA ŠOLA ŠALEK VELENJE

MLADI RAZISKOVALCI ZA RAZVOJ ŠALEŠKE DOLINE

RAZISKOVALNA NALOGA

MP3-PREDVAJALNIK, PRIJATELJ ALI SOVRAŽNIK MOJEMU SLUHU?

Tematsko področje: FIZIKA IN ASTRONOMIJA

Avtorja:

Niky Grabant, 9 razred

Maruša Rihar, 9 razred

Mentorja:

dr. Nikola Holeček

Nedeljko Grabant



Velenje, 2008

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- KG zvok, akustika, akustične meritve, MP3-prevajalnik, sluh, bolezni sluha, zvočna moč, zvočni tlak, slušni prag, slušni aparat
- AV GRABANT, Niky / RIHAR, Maruša
- SA dr. HOLEČEK, Nikola / GRABANT, Nedeljko
- KZ 3320 Velenje, SLO, Vodnikova 3 in Šalek 87
ZA Osnovna šola Gustava Šiliha, Velenje in Osnovna šola Šalek, Velenje
- LI 2008
- IN MP3-PREDVAJALNIK, PRIJATELJ ALI SOVRAŽNIK MOJEMU SLUHU?
- TD RAZISKOVALNA NALOGA
- OP V, 52s. , 5 tab. , 31 graf. ,32 sl.
- IJ SL
- JI sl
- AI Namen te raziskovalne naloge je bila želja po ugotovitvi, ali je resnična domneva, da MP3-predvajalniki škodujejo sluhu.
Vsem uporabnikom MP3-predvajalnikov priporočamo, da ne poslušajo zelo glasno oziroma nad 80 % od stopnje moči, ki jo podpira njihov MP3-predvajalnik. Najbolj priporočljivo bi sicer bilo, da bi ga uporabljali tako, da bi nemoteno slišali pogovor oziroma dogajanje med ljudmi oz. na cesti. S tem nam bo naš sluh ostal „hvaležen“, kar pa je najbolj pomembno, da bomo dalj časa imeli odličen sluh.

Kazalo

1	Uvod.....	1
1.1	Hipoteze raziskovalne naloge.....	2
2	PREGLED OBJAV.....	3
2.1	Zvok.....	3
2.2	Kaj je zvok?.....	4
2.3	Osnovne značilnosti zvočnega valovanja.....	4
2.3.1	Valovna dolžina.....	5
2.3.2	<i>Hitrost zvoka</i>	5
2.3.3	<i>Glasnost</i>	6
2.3.4	Jakost zvoka.....	7
2.3.5	Spektri zvoka.....	7
2.3.6	Absorpcija zvoka.....	8
2.3.7	Zvočni valovi in valovna dolžina.....	8
2.3.8	Mejne frekvence slušnega zaznavanja.....	9
2.3.9	Vrste zvočnih valovanj glede na obliko spektra.....	9
2.3.10	Dinamično območje ušesa.....	11
2.4	Hrup.....	11
2.5	Zapis zvoka MP3.....	13
2.5.1	Kakovost zapisa MP3.....	13
2.6	Poslušanje oblike zvočnega zapisa MP3.....	14
2.6.1	MP3 v domačih in prenosnih napravah.....	14
2.6.2	Patenti nad tehnologijo MP3.....	14
2.7	Uho.....	14
2.7.1	Uho in narava.....	14
2.7.2	Zaznavanje zvoka.....	15
2.8	Poškodbe sluha.....	16
2.8.1	Naglušnost.....	16
2.8.2	Senzorinevralna naglušnost.....	16
2.8.3	Akustični nevron.....	16
2.8.4	Tinitus.....	16
3	METODE DELA.....	17
3.1	Anketa.....	17
3.1.1	Priprava ankete.....	17
3.2	Ekperimentalna metoda.....	20
3.3	Opis akustičnega laboratorija v Gorenju, d. d.....	20
3.3.1	Merilna oprema za merjenje in izračun zvočne moči v polgluhi sobi.....	20
3.3.2	Postopek meritve.....	21
3.3.3	Razporeditev mikrofонов v prostem zvočnem polju.....	22
3.3.4	Merilni sistem PULSE za določanje ravni zvočne moči po absolutni metodi.....	22
3.3.5	Komponente merilnega sistema.....	22
3.4	METODE DELA.....	25
4	REZULTATI.....	27
4.1	REZULTATI ANKETE.....	27
4.2	Laboratorijske meritve v akustičnem laboratoriju.....	33
4.3	Meritve v avdiostimulacijski ambulanti.....	40
5	RAZPRAVA.....	44
6	ZAKLJUČEK.....	47
7	POVZETEK.....	49
8	ZAHVALA.....	50

9	VIRI IN LITERATURA	51
10	O AVTORJIH	52

Kazalo slik:

Slika 1: Različne vrste iPod MP3-predvajalnikov	1
Slika 2: Nihanje materialnih delcev okrog neke ravnotežne lege	3
Slika 3: Nihanje zvočnega tlaka	3
Slika 4: Kundtova cev	4
Slika 5: Grafična ponazoritev frekvenčnega obsega: infrazvoka, zvoka in ultrazvoka	4
Slika 6: Valovanje z označeno valovno dolžino	5
Slika 7: Moči, ki jih oddajajo različna zvočila	6
Slika 8: Preglednica s glasnostjo v fonih in jakost zvoka v W/cm^2	7
Slika 9: Zvezni spekter in višji harmoniki	8
Slika 10: Primer absorpcije zvoka pri prehodu skozi steno	8
Slika 11: Zvok potrebuje zrak, kot nosilec energije za njegovo širjenje	9
Slika 12: Ton, zven, šum, kompleksen zvok, beli in rožnati šum	10
Slika 13: Frekvenčno območje spektra slišnega zvoka	11
Slika 14: Standardizirane izofonske krivulje po Churchu in Kingu	11
Slika 15: Vpliv hrupa in vibracij na človeka	12
Slika 17: Bazilarna opna v ušesu razstavi zvok na sinusne sestavine in naredi Fourierovo analizo	15
Slika 18: Konfiguracija PULSE 3560D Bruel&Kjaer, za večkanalno merjenje in analizo zvoka	21
Slika 19: Merilni sistem PULSE v Gorenju	21
Slika 23: V polgluhi komori so: dr. Nikola Holeček, Rok Janžovnik, Maruša Rihar in Niky Grabant (z leve proti desni)	26
Slika 24: Odprtina slušnega kanala	33
Slika 25: Glasbena skupina SpineShank	34
Slika 26: Meritve smo izvajali s pomočjo mikrofona, ki je bil nameščen v sredini človeške lobanje	34
Slika 29: Tri glavne vrste slušnih aparatov: sluhovodni, vušesni, zauheljni (z leve proti desni)	42
Slika 30: <i>Na obisku v avdiovestibuloški ambulanti: Nedeljko Grabant, Niky Grabant, Dr. Lea Zupan, Franci Urankar (z leve proti desni)</i>	43
Slika 31: Zauheljni slušni aparat	48
Slika 32: Maruša Rihar in Niky Grabant	52

Kazalo grafov:

Graf 1: Primeri glasnosti v fonih	6
Graf 2: Uporaba MP3-predvajalnika	27
Graf 3: Časovna uporaba MP3-predvajalnika	27
Graf 4: Dnevno poslušanje glasbe prek MP3-predvajalnika	28
Graf 5: Pogostost uporabe MP3-predvajalnika	28
Graf 6: Uporaba MP3-predvajalnika doma	28
Graf 7: Stopnja glasnosti pri poslušanju glasbe z MP3-predvajalnikom	29
Graf 8: Mnenje o stopnji glasnosti	29
Graf 9: Mnenje o vplivu MP3-predvajalnika	29
Graf 10: Znamke MP3-predvajalnikov	30

Rihar M., Grabant N.: MP3-predvajalnik, prijatelj ali sovražnik mojemu sluhu?
Raz. nal., OŠ Gustava Šiliha in OŠ Šalek, 2008

Graf 11: Uporaba slušalk, ki so bile priložene MP3-predvajalniku.....	30
Graf 12: Znamke slušalk	31
Graf 13: Seznanjenost z zmanjšano jakostjo na 100dB	31
Graf 14: Uporaba MP3-predvajalnika, če bi anketiranec vedel o njegovi škodljivosti za sluh	31
Graf 15: Financiranje nakupa MP3-predvajalnika	32
Graf 16: Vpliv na nakup MP3-predvajalnika	32
Graf 17: Branje navodila pred uporabo MP3-predvajalnika	32

Kazalo tabel:

Tabela 1: Hitrost zvoka, gostota medija in specifična akustična impendanca	5
Tabela 2: Enačbe za hitrosti potovanja zvoka skozi različna agregatna stanja snovi	5
Tabela 3: Pozicije Mikrofonov	22
Tabela 4: Oznaka vzorca in pripadajočega MP3-predvajalnika.....	33
Tabela 5: Oznaka vzorca slušalke in pripadajočih oznak oz. proizvajalca slušalk	33

Rihar M., Grabant N.: MP3-predvajalnik, prijatelj ali sovražnik mojemu sluhu?
Raz. nal., OŠ Gustava Šliha in OŠ Šalek, 2008

Raziskovalna naloga je bila opravljena na OŠ Gustava Šliha in OŠ Šalek, 2008.

Mentorja:
dr. Nikola Holeček
Nedeljko Grabant

Datum predstavitve april, 2008

1 Uvod

MP3-predvajalnike (slika 1) srečamo danes na vsakem koraku, saj so zaradi razširjenosti skoraj nepogrešljiv del življenja, predvsem mlajše populacije. So različnih oblik, s pestro opremo, dodatki, navodili, posledično temu se cenovno med sabo zelo razlikujejo. Namen uporabe pa je vedno isti, predvajanje različnih zvrst glasbe, kar uporabnikom omogoča užitek ali izpolnitev prostega časa.

MP3 je postal nepogrešljivi spremljevalec pri vsakdanjih opravilih in različnih aktivnostih tako, da se je v javnosti zastavilo vprašanje o škodljivosti pretirane uporabe. Prav to je bil osrednji motiv izdelave naše raziskovalne naloge. Torej, zastavili smo si vprašanje, ali so MP3-predvajalniki res nevarni za sluh in kako lahko takšno tveganje čimbolj omilimo.

V prvem ali teoretičnem delu naloge bomo najprej obravnavali osnovne definicije zvoka, hrupa in velikine povezane z zvokom. Sledil bo opis MP3-formata in predvajalnikov, govorili bomo tudi o zgradbi in poškodbah človeškega sluha.

Drugi ali praktični del bo obravnaval metode našega raziskovalnega dela, to je anketiranje in izvajanje eksperimentalnih meritev v pogojih prostega zvočnega polja v neodmevni sobi podjetja Gorenje d.d. ter avdiostimulacijski ambulanti Splošne bolnišnice Celje.

Na različnih MP3-predvajalnikih in slušalkah smo opravili avdio meritve in v razpravi analizirali njihov vpliv na človeški slušni organ. Vprašali smo se ali so možni škodljivi vplivi odvisni od cenovnega razreda, saj so na današnjem trgu zelo različni MP3-predvajalniki, ki stanejo od 30 do 400 € ali več...

V zaključku bomo odgovorili na zastavljene hipoteze in predlagali nasvete in ukrepe, da ostane sluh uporabnikov MP3-predvajalnikov v največji mogoči meri neprizadet.



Slika 1: Različne vrste iPod MP3-predvajalnikov

1.1 Hipoteze raziskovalne naloge

Pred raziskovanjem smo postavili naslednje hipoteze s katerimi predvidevamo, da:

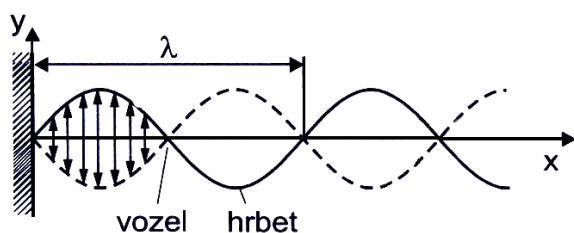
1. MP3-predvajalniki škodujejo sluhu.
2. Vsaj polovica uporabnikov uporablja MP3-predvajalnik na preveliki jakosti.
3. Velika večina uporabnikov, ki uporabljajo MP3-predvajalnike je med 14. in 18. letom.
4. Vsaj 80% uporabnikov posluša večino časa skladbe na najvišji jakosti.
5. Populacija med 14. in 18. letom uporablja MP3 predvajalnike vsaj tri ure na dan.
6. Če bi ljudje, ki uporabljajo MP3-predvajalnik vedeli za okvare sluha, bi ga manj uporabljali, oziroma zmanjšali njegovo jakost.
7. Pri različnih MP3-predvajalnikih oznaka za jakost ne pomeni isto na vsakem predvajalniku (v dB).
8. Vsaj 90% uporabnikov MP3-predvajalnikov ne prebere priporočil glede jakosti predvajanja teh naprav, kot jih priporoča proizvajalec.

2 PREGLED OBJAV

Po pregledu literature o zvoku, o ušesu in sluhu, poškodbah sluha in zapisu zvoka MP3 smo nekaj osnovne teorije strnili v le dvajset strani.

2.1 Zvok

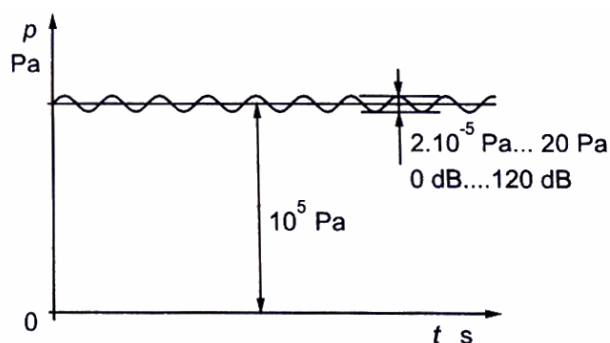
Zvok ali zvočni valovanje je pojav, ki nastane pri mehanskem nihanju materialnih delcev v nekem mediju, ki ima maso in elastičnost, v slišnem področju frekvenc. Taki mediji so: plini, tekočine in toga telesa (v vakuumu zvok ne more nastajati in se tudi ne more širiti). Nihanje materialnih delcev se kaže kot periodično nihanje tlaka (gostote in hitrosti delcev) okrog neke ravnotežne lege (slika 2).



Slika 2: Nihanje materialnih delcev okrog neke ravnotežne lege

Ravnotežna lega pri zvoku v zraku je atmosferski tlak 10^5 Pa (slika 3). Zvočni tlak je dinamični tlak, ki je proti statičnemu tlaku okolice razmeroma majhen. Pri normalnem govoru je višina zvočnega tlaka okrog 0,1 Pa nad in pod atmosferskim tlakom na razdalji 1 m od govornika in znaša komaj milijoninko statičnega tlaka okolice.

Nihanja v zraku (plini) povzročajo zračni ali aerodinamični zvok, v tekočinah (vodi, olju) tekočinski ali hidrodinamični zvok in v togih telesih oz. strukturi strukturalni zvok. Nihanja v togih telesih imenujemo tudi tresljaji ali vibracije. Z vibriranjem struktur se nihanja prenašajo na okoliški zrak, ki ga slišimo kot zvok.



Slika 3: Nihanje zvočnega tlaka

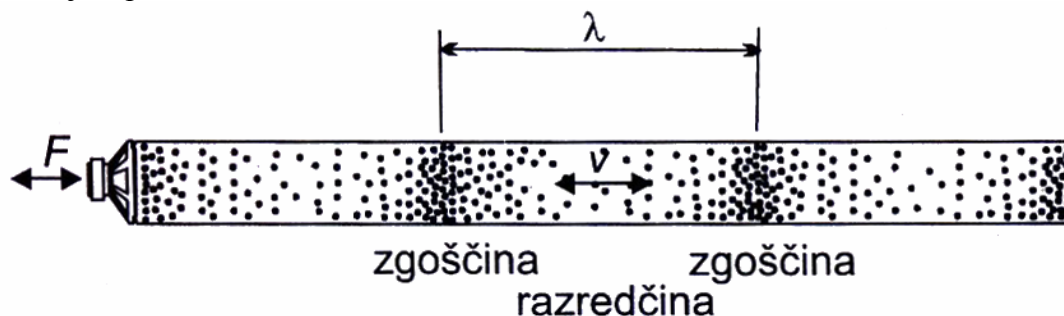
Hrup je ena od oblik zvočnega valovanja. Vsako zvočno valovanje nosi določeno informacijo. Če je ta informacija razumljiva, koristna ali prijetna, potem je to zaželena informacija, ki jo imenujemo signal ali melodija, če pa je informacija nerazumljiva, nekoristna ali moteča, potem je to nezaželena informacija, ki jo imenujemo hrup, šum ali trušč.

Piezoelektrični izviri zvoka izkoriščajo nihanje piezoelektričnih kristalov, ki ga zbudamo električno. Uporabljamo jih navadno kot izvire ultra zvoka.

Zvočniki in slušalke so zvočila, ki jih poganjamo z električnim tokom.

Elektromagnetni zvočniki imajo z opno zvezano tuljavico. Opna zaniha, ko speljemo izmenični tok po tuljavici v reži trajnega magneta.

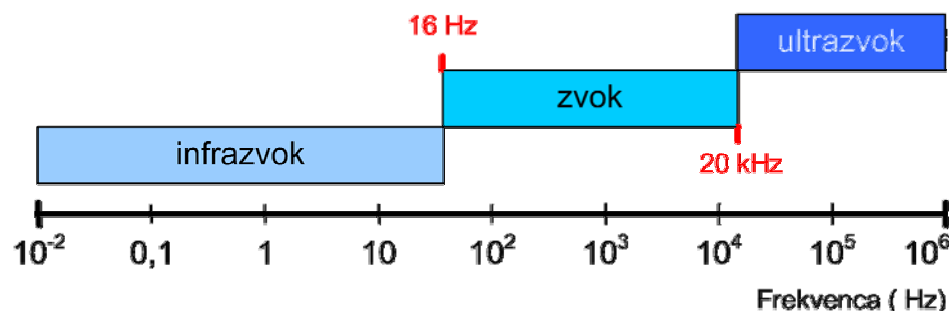
Zvok v zraku lahko neposredno opazujemo s Kundtova cevjo (slika 4) po Augustu Kundtu (1839 do 1894). V dolgo vodoravno cev spravimo malo plutovinastega prahu. Eno krajišče zapremo z batom, ki ga lahko premikamo, na drugem krajišču pa sega v cev kovinska palica. Na sredini vpeto palico podrgnemo, da jo spravimo v longitudinalno nihanje, ki se prenese na zračni stolpec v cevi. S premikanjem bata dosežemo, da je zračni stolpec v resonanci z nihanjem palice.



Slika 4: Kundtova cev

2.2 Kaj je zvok?

Longitudinalno valovanje v zraku s frekvenco na območju od 16 do 20.000 s⁻¹ slišimo kot zvok (slika 5). Nižjo frekvenco ima infrazvok in višjo ultrazvok, ki ju ne zaznavamo z ušesom.



Slika 5: Grafična ponazoritev frekvenčnega obsega: infrazvoka, zvoka in ultrazvoka

Zvok potuje po plinih, kapljevinah in trdninah. Zanj velja kot za vsako valovanje zveza:

$$\text{Enačba 1: } c = \lambda v$$

Povezuje valovno dolžino λ , frekvenco v in hitrostjo valovanja s hitrostjo valovanja c . Zvočila. Izvirom zvoka pravimo zvočila. Zvočila so telesa ki, oddajajo zvok z eno od svojih lastnih frekvenc, ko jo spravimo v nihanje, na primer struna.

2.3 Osnovne značilnosti zvočnega valovanja

Našteli bomo osnovne značilnosti zvočnega valovanja:

1. Da bi se lahko ustvarilo in prenašalo valovanje v nekem mediju, mora medij imeti dve lastnosti: vztrajnost in elastičnost. Vztrajnost je lastnost, ki omogoča enemu elementu medija prenašati vzbujano nihanje na sosedne elemente in je v zvezi z gostoto medija, to je z maso elementa. Elastičnost je lastnost, ki vzbuja silo na premaknjenem elementu in ga potem vrne v njegovo ravnotežno stanje.

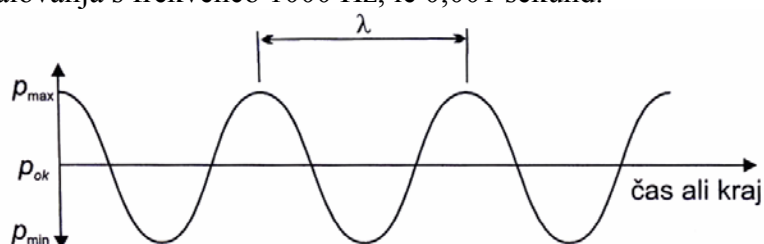
- Zrak ima maso in elastičnost. Njegova masa je podana z gostoto, ki znaša $1,18 \text{ kg/m}^3$ pri nadmorski višini 0 m in temperaturi 22°C . Da ima zrak tudi elastičnost, lahko najlažje razložimo z žogo: prazna žoga po padcu običi na tleh, napihnjena z zrakom pa odskoči kvišku.
- Vsako zvočno valovanje je definirano s frekvenco, valovno dolžino in hitrostjo širjenja zraka.
- Frekvenca zvočnega valovanja je lastnost osnovnega tona nekega zvočnega valovanja je določena s številom tlačnih sprememb na sekundo, pri katerih motnje zvočnega tlaka nihajo med pozitivno in negativno vrednostjo. Fizikalno merilo teh nihanj je frekvenca f , ki pomeni število ciklov ali sprememb na sekundo. Enota za frekvenco je s-1 ali hertz Hz. Frekvenca vsiljenega valovanja je odvisna le od vzbujanja, ki povzroča valovanje.

2.3.1 Valovna dolžina

Valovna dolžina λ zvočnega valovanja (slika 6) je razdalja med analognima točkama nekega valovanja oziroma med dvema zaporednima hriboma ali zgoščinama. Valovna dolžina je odvisna od medija, v katerem se valovanje širi in od vira valovanja. Valovna dolžina je razmerje med hitrostjo zvoka in frekvenco zvoka:

$$\text{Enačba 2: } \lambda = c/f = c \cdot T$$

-pri tem sta c hitrost zvoka in T čas, ki ga potrebuje valovanje, da prepotuje razdaljo, enako valovni dolžini λ , imenujemo ga tudi perioda. To je čas, ki je potreben za celoten cikel in je enak recipročni vrednosti frekvence, $T=1/f$. Tako je čas potreben za celoten cikel zvočnega valovanja s frekvenco 1000 Hz , le $0,001$ sekund.



Slika 6: Valovanje z označeno valovno dolžino

2.3.2 Hitrost zvoka

Nihanje v mediju oziroma zvočno valovanje se širi od izvora s hitrostjo zvoka c , ki je definirana z enačbo: *Enačba 3: $c = \lambda \cdot f \text{ m/s}$*

Dejanska hitrost zvoka je karakteristična za dani medij in je odvisna od vrste in lastnosti medija, v katerem se valovanje širi (tabela 1).

Tabela 1: Hitrost zvoka, gostota medija in specifična akustična impendanca

Snov	jeklo	steklo	beton	opeka	les	voda	pluta	guma	zrak
$c \text{ (m/s)}$	5200	5000	4000	4300	4000	1480	500	60-150	343
$\rho \text{ (kg/m}^3\text{)}$	7900	2700	2000	1500	500	1000	200	1000-2000	1,2
$\rho_c \text{ (kg/m}^2\text{s)}$	$41 \cdot 10^6$	$13,5 \cdot 10^6$	$8 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^6$	$1,48 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^5$	$(0,6-3) \cdot 10^5$	413

Določamo jo s pomočjo enačb, ki so v naslednji tabeli (tabela 2).

Tabela 2: Enačbe za hitrosti potovanja zvoka skozi različna agregatna stanja snovi

Vrsta medija	Plini	Tekočine	Toga telesa
Hitrost zvoka $c \text{ (m/s)}$	$c = \sqrt{(k \cdot p / \rho)} = \sqrt{(k \cdot R \cdot T)}$	$c = \sqrt{(K / \rho)}$	$c = \sqrt{(E / \rho)}$

Pri tem so $k=c_p/c_v$ razmerje specifičnih toplot pri konstantnem tlaku in konstantnem volumnu; za zrak je pri običajnih temperaturah $k=1,4$; ρ – gostota medija v kg/m^3 , R – plinska konstanta v J/kgK ,

T – absolutna temperatura v K, p , K , E pomenijo tlak, stisljivost in modul elastičnosti v Pa.

Pri temperaturi zraka $20\text{ }^\circ\text{C}$ in plinski konstanti za zrak $R=287\text{ J/kgK}$ je hitrost zvoka $c=343\text{ m/s}$.

2.3.3 Glasnost

Glasnost vpeljemo tako, da večja glasnost ustreza izdatnejšemu občutku (slika 7).

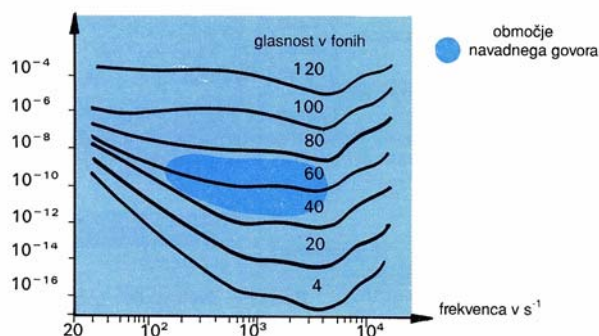
Zvočilo	P (W)
sirena	3000
velik zvočnik	100
orgle (največ)	10
velik orkester	5
trobenta (največ)	0,3
klavir (največ)	0,2
violina (največ)	10^{-3}
govor	10^{-5}

Slika 7: Moči, ki jih oddajajo različna zvočila

Pri tem je j jakost zvoka in $j_0 = 10^{-12}\text{ W/m}^2$ jakost zvoka, ki ga pri frekvenci 1 kHz komaj še zaznamo. Tedaj izražamo glasnost v fonih, čeprav ima sicer enoto 1. Med frekvencama 2 kHz in 3 kHz zazna uho še nekoliko šibkejši zvok.

$$\text{Enačba 4: } \text{glasnost} = 10 \log \frac{j}{j_0}$$

Glasnost 30 fonov ustreza na primer jakosti 10^{-9} W/m^2 . Ko naraste glasnost od 10 na 20 fonov, se jakost poveča desetkrat. Ko naraste od 30 na 80 fonov, se jakost poveča stotisočkrat. Dve zvočili z glasnostjo po 80 fonov dasta glasnost 83 fonov. Uho zazna spremembo glasnosti za približno 1 fon (graf 1).



Graf 1: Primeri glasnosti v fonih

Glasnost merimo z mikrofonom, ojačevalnikom in galvanometrom. Galvanometer prej umerimo s primerjalnim zvočilom s frekvenco 1kHz.

Nekateri vpeljejo glasnost še kot: $\text{Enačba 5: } \text{glasnost} = 10 \log \frac{j(\nu)}{j_0(\nu)}$

- jakost zvoka s frekvenco ν in ν imenovalcu jakost zvoka $j_0(\nu)$, ki ga pri tej frekvenci komaj še zaznamo.
- $j(\nu)$ izmerjena jakost zvoka.

Običajni pogovor ima jakost približno 60 dB, glasen orkestrski ali rock koncert 80-90 dB, bolečinski prag pa nastopi pri 120 dB. Živa bitja lahko umrejo, če so izpostavljena zvokom z jakostjo več kot 150 dB – to je skrajni izraz moči zvoka in zvočnih nihanj.

Hrup je rezultat neurejenih, neorganiziranih zvočnih valov, katerih frekvence in jakost niso medsebojno odvisne.

V tem primeru glasnost izražajo v decibelih.

2.3.4 Jakost zvoka

Jakost zvoka, to je gostoto energijskega toka, torej energijo (slika 7), ki jo valovanje prenese skozi presek 1 kvadratnega metra v eni sekundi, podaja enačba 6:

$$\text{Enačba 6: } j = \frac{1}{2} c \rho \omega s_0^2$$

Pri tem je $\omega = 2\pi\nu$ krožna frekvenca, ν frekvenca, c hitrost zvoka, ρ gostota snovi in s_0 amplituda odmika delov snovi.

Razmerje dveh jakosti j_1 in j_2 pogosto izrazimo kot $\log(j_2/j_1)$. Ta izraz ima enoto 1. Pogosto pa ga izrazimo v belih po Alexandru Bellu (1847 do 1922). Desetkrat manjša enota je decibel.

zvočilo	glasnost v fonih	jakost v W/cm^2
prag	4	$2,4 \cdot 10^{-16}$
šepet	20	$1 \cdot 10^{-14}$
prometni šum	30	$1 \cdot 10^{-13}$
pogovor	40	$1 \cdot 10^{-12}$
godba na pihala	60	$1 \cdot 10^{-10}$
kričanje	80	$1 \cdot 10^{-8}$
fanfara	90	$1 \cdot 10^{-7}$
kladivo na stisnjen zrak	110	$1 \cdot 10^{-5}$
letalo na tleh	120	$1 \cdot 10^{-4}$
meja bolečine	130	$1 \cdot 10^{-3}$

Slika 8: Preglednica s glasnostjo v fonih in jakost zvoka v W/cm^2

2.3.5 Spektri zvoka

Zvočila oddajajo zvok z različnimi spektri.

Ton je sinusno nihanje z določeno frekvenco. V njegovem spektru je ena sama ostra črta.

Zven je sestava več tonov (slika 9). V njegovem spektru je več črt. Glasbeni instrumenti oddajajo zven. Sestavljajo jih osnovni toni z osnovno lastno frekvenco in višji harmonični toni z višjimi harmoničnimi lastnimi frekvencami. Spekter tona in zvena je črtast.

Barvo glasbenega instrumenta določa razmerje med amplitudami višjih harmoničnih tonov in osnovnega tona. K njej prispevajo tudi prehodni pojavi na začetku in na koncu nihanja.

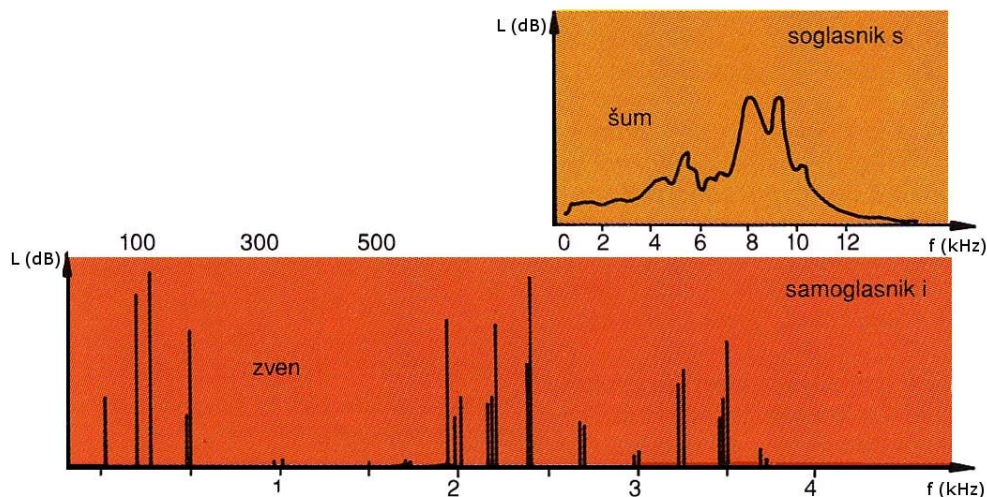
Šum je zvok z zveznim spektrom, v njem so zastopane sinusne sestavine z vsemi frekvencami na širokem pasu. Od oblike zveznega spektra je odvisno, kakšno šumenje slišimo: izgovorjava šumnikov in sičnikov, piš vetra, trganje papirja, plosk z rokami. K temu sodi poleg izgovarjanja soglasnikov tudi zvok nekaterih instrumentov: bobnov, činel, kastanjet. Pri izgovarjanju nekaterih soglasnikov, na primer t in p, se pojavi sunek šuma. Tudi pok je kratkotrajen šum.

V belem šumu so enako izdatno zastopane vse sinusne sestavine na širokem pasu frekvenc.

Ultrazvok ima frekvenco nad najvišjo frekvenco, ki jo še slišimo, to je okoli $20\,000\text{ s}^{-1}$.

Ultrazvok sega do frekvence 10 GHz , to je 10^{10} s^{-1} , kjer se začne območje hiperzvoka.

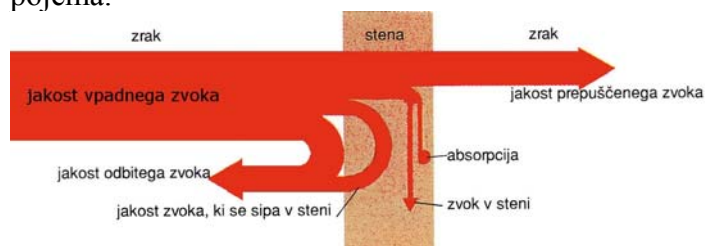
Zvok s frekvenco od 10^{10} Hz do 10^{13} Hz, ki ga nekateri imenujejo hiperzvok, se zelo absorbira v trdninah. Pri višjih frekvencah ni mehničnega valovanja, kjer mora biti valovna dolžina večja od dvojnega razmika med sosednjima gradnikoma kristala. V železu z razmikom med atomi $2,9 \cdot 10^{-10}$ m in hitrostjo zvoka $6 \cdot 10^3$ m/s je mejna frekvenca približno 10^{13} Hz.



Slika 9: Zvezni spekter in višji harmoniki

2.3.6 Absorpcija zvoka

Zvok pri prehodu skozi snov oslabi (slika 10). Pri tem jakost in amplituda zvoka eksponentno pojema.



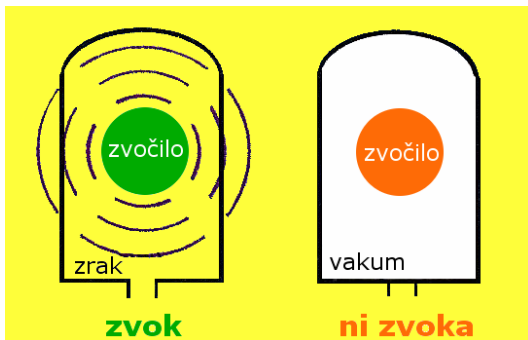
Slika 10: Primer absorpcije zvoka pri prehodu skozi steno

2.3.7 Zvočni valovi in valovna dolžina

Ko kraka glasbenih vilic vibrirata, izmenoma stiskata in raztegujeta zrak okoli sebe. Zrak sestavljajo v zraku lebdeče molekule. Vsak nihaj kraka glasbenih vilic najprej stisne bližnje zračne molekule in jih nato razširi oziroma povleče narazen. Ti "valovi" stiskanja in raztezanja potujejo po zraku od vilic navzven kot valovi na ribniku, vendar v treh smereh. To so zvočni valovi. V resnici so zvočni valovi v zraku sestavljeni iz zračnih molekul, ki se zibljejo sem ter tja oziroma logitudinalno. Vendar pa jih ponavadi grafično prikazujejo v obliki enakomernega dvosmernega gibanja, torej v obliki sinusne krivulje, ki jo vidimo na strani 3. Na sinusni krivulji je valovna dolžina zvočnega vala predstavljena kot razdalja med enakima točkama v dveh zaporednih zvočnih valovih, na primer od enega vrha do drugega. Valovna dolžina enočrtnega C je 1,22 metra. Med valovno dolžino in frekvenco je neposreden matematični odnos. Višja je frekvenca, krajša je valovna dolžina.

Zvočno valovanje se ne širi samo po zraku. Prenaša se tudi z enega nihajočega trdnega telesa na drugo, ki je v stiku z njim (slika 11). Za vibrirajte kraka glasbenih vilic in postavite držalo na neko telo, ki bo prevzelo nihanje, recimo na votel predmet iz tanke kovine, stekleno posodo ali mizo. Poslušajte zvok, ki prihaja iz drugega telesa. Tudi če držalo glasbenih vilic

položite na vrh glave, lahko odkrijete prenos nihajev! V resnici lahko zvok kot valovanje potuje po katerikoli snovi - zraku, kovini, vodi, steklu, lesu in drugih.



Slika 11: Zvok potrebuje zrak, kot nosilec energije za njegovo širjenje

2.3.8 Meje frekvence slušnega zaznavanja

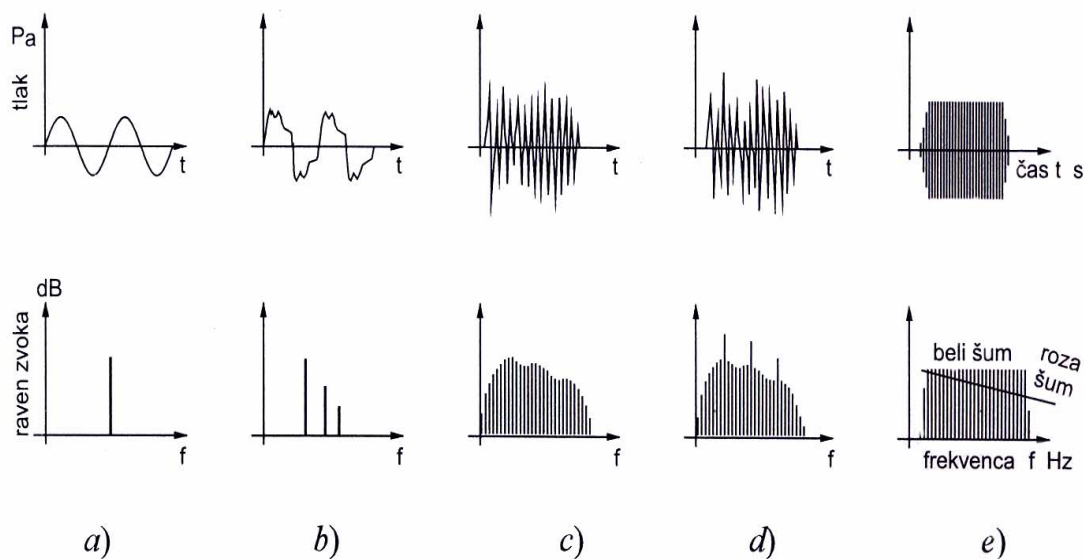
Zvočni valovi potujejo z najrazličnejšimi frekvencami, od milijoninke Hertza do milijon Hertzev. Živali, kot so netopirji, mačke psi in delfini, imajo zelo široko polje slušnega zaznavanja, do 200000 Hz in več. Človeško uho pa zaznava le omejen del frekvenc. Ko govorimo o zvoku, mislimo na to omejeno področje.

Večina ljudi ne zaznava zvokov s frekvencami, nižjimi od 20 Hz ali v nekaterih primerih nižjimi od 17 Hz. Nižjih frekvenc ne moremo slišati, lahko pa jih zaznamo s telesom. Zato lahko čutimo, kako se med nevihto zrak tiho "trese". Zvoke s frekvencami, ki so prenizke, da bi jih človeško uho zaznavalo imenujemo infrazvočne. Podobno pa večina ljudi ne zaznava zvokov s frekvencami, višjimi od 20000 Hz ali še nižje. Na splošno lahko tako visoke frekvence zaznavajo predvsem otroci; zaznajo lahko na primer izredno visok cvilež netopirja na lovu, česar mnogi odrasli ne zmorejo. Zgornja meja zaznavanje frekvenc se z leti niža in se zmanjša na 12000 Hz ali še nižje. Zvoke s frekvencami višjimi od tistih, ki jih zaznava človeško uho imenujemo ultrazvočne.

2.3.9 Vrste zvočnih valovanj glede na obliko spektra

Spekter v splošnem predstavlja potek neke fizikalne veličine (npr. zvočnega tlaka, intenzivnosti, moči itn.), ki se pojavlja v širokem območju amplitud in v funkciji frekvenc (slika 12). S pomočjo spektra in spektralne analize določimo sestavo zvočnega valovanja oziroma hrupa. Glede na obliko zvočnega spektra delimo zvočno valovanje na ton, zven in širokopasovno obliko spektra ter na širokopasovni spekter z izrazitimi toni diskretnih frekvenc.

Zvočni spekter določa sila, ki vzbuja zvočno valovanje. Če ima nihanje zvočnega tlaka obliko ene same sinusoide, imenujemo tak zvok **ton**.



Slika 12: Ton, zven, šum, kompleksen zvok, beli in rožnati šum

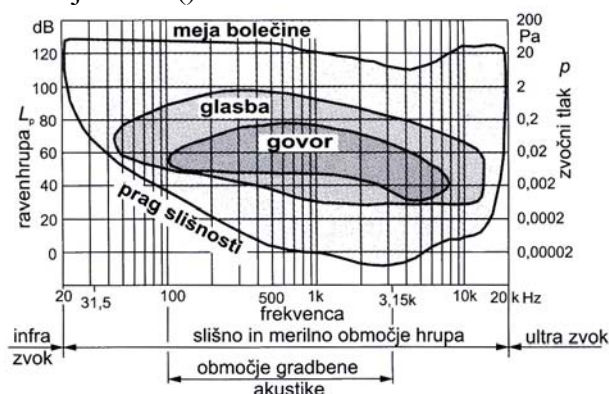
V frekvenčnem spektru je ton prikazan diskretno, z samo črto. Seboj v celoštevilčni (harmonični) zvezi, tako da je frekvenca vsakega vala celoštevilčni mnogokratnik najnižje ali osnovne frekvence, govorimo o zvenu. Zven ima linijski spekter. Višji harmoniki zvena in njihove amplitude določajo barvo osnovnega tona. Glasbene tone pa ne smemo zamenjati s prej opisano fizikalno definicijo tona kajti ton v glasbi pomeni to, kar v fiziki označuje zven. Ton in zven sta mogoča samo v laboratorijskih razmerah. V praksi imamo opravka z neperiodičnim zvočnim valovanjem, z velikim številom naključnih frekvenc in amplitud. V teh primerih govorimo o šumu hrupu ali trušču. Šum ima kontinuiran – širokopasoven spekter. Procesji v strojih so posledica različnih vzbujevalnih sil, zato je slika spektra pogosto kompleksna in je kombinacija širokopasovnega in linijskega spektra. Vzbujevalne sile v strojih so lahko periodične ali neperiodične, zato so periodične ali neperiodične tudi hitrosti nihanja delcev in zvočni tlaki kakor valovanje na sploh. Periodično valovanje se ponavlja v pravih časovnih presledkih, medtem ko se neperiodično valovanje spreminja naključno. Najpreprostejši primer periodičnega zvočnega valovanja je čisti ton, pri katerem tlačne motnje nihajo sinusoidno z eno samo frekvenco.

Če so amplitude zvočnega tlaka enake pri vseh frekvencah, govorimo o "belem" šumu (analogno z belo svetlobo), ta se uporablja pri različnih preizkusih z zvokom. Če se amplitude zvočnega tlaka znižujejo z večanjem frekvenc, tako da se pri vsaki podvojitvi frekvenc amplitude znižujejo za dvakrat, govorimo o "roza" šumu (analogno z rdečo svetlobo). In nasprotno, če se znižuje zvočni tlak proti nizkim frekvencam govorimo o "modrem" šumu (analogno z modro svetlobo).

Pri kompleksnem valovanju sestavo hrupa določimo s spektralno analizo (imenovana tudi harmonična ali frekvenčna analiza). Pri spektralni analizi se vrednost zvočnega tlaka (ali raven zvočnega tlaka) nekega zvočnega valovanja določi v vsakem od vrste pasov znotraj celotnega frekvenčnega območja. Vrednost je narisana kot funkcija centralne frekvence posameznega pasu ali pa se podrejajo kakšni drugi zakonitosti. Širino pasu izberemo glede na potrebe, ki jih moramo zadovoljiti pri analizi. S frekvenčno analizo dobimo informacije o amplitudah zvočnega tlaka pri dani frekvenci ali frekvenčnem pasu.

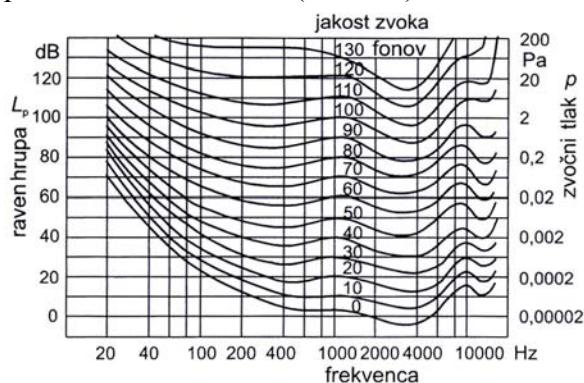
2.3.10 Dinamično območje ušesa

Človeško uho lahko zazna najrazličnejše tone, zvone, šume in njihove lastnosti, vendar samo v določenem obsegu frekvenc in višine zvočnega tlaka. Mlad zdrav človek sliši v frekvenčnem območju med 20 do 20000 Hz (slika 6). Pod 20 Hz je polje neslišnega-infra zvoka, nad 20000 Hz pa polje neslišnega-ultra zvoka. Slišnost ušesa je omejena tudi po jakosti, saj lahko slišimo le zvok z zvočnim tlakom od $2 \cdot 10^{-5}$ Pa (prag slišnosti) do 20 Pa (meja bolečine), ali izraženo z ravniyo zvočnega tlaka od 0 do 120 dB (za definicijo dB oziroma decibela). Te vrednosti veljajo le pri 1000 Hz, pri drugih frekvencah so te vrednosti drugačne, saj slišnost človeškega ušesa ni enakomerna pri vseh frekvencah in se tako meja bolečine spreminja s frekvenco. Najnižji prag slišnosti je pri približno 3000 Hz, zato uho najboljše sliši v frekvenčnem območju med 1000 in 4000 Hz. Pod 1000 Hz slišnost ušesa zelo hitro upada; pri 20 Hz, npr., je slišnost ušesa slabša od vrednosti izmerjenim z mikrofonom za skoraj 70 dB ().



Slika 13: Frekvenčno območje spektra slišnega zvoka

To pomeni da dva zvoka enake ravni pri različnih frekvencah po subjektivni oceni nimata enake jakosti. Zaradi tega je bila vpeljana enota za subjektivno oceno jakosti zvoka- fon, medtem ko je decibel merilo za objektivno jakost zvoka. Fon je po definiciji enak decibelu le pri frekvenci 1000 Hz (slika 14).



Slika 14: Standardizirane izofonske krivulje po Churchu in Kingu

Pri drugih frekvencah se jakost zvoka v fonih razlikuje od vrednosti ravni zvoka v dB. Odstopanje slišnosti ušesa od izmerjene vrednosti z mikrofonom korigiramo s pomočjo krivulje A-vrednoteno, ki dejansko prilagodi frekvenčno karakteristiko (spekter) mikrofona frekvenčni karakteristiki človeškega ušesa.

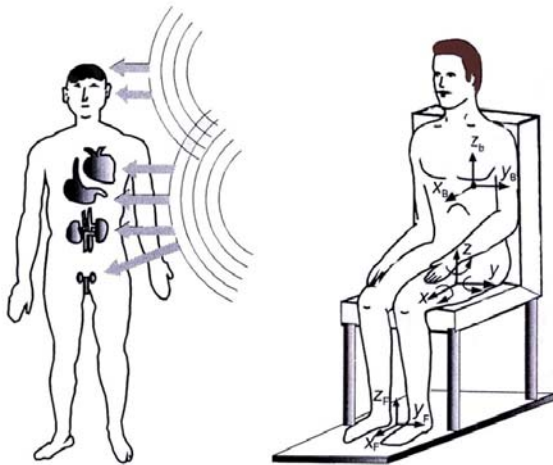
2.4 Hrup

Hrup je nezaželena oblika zvoka, katerega definicija ni odvisna od jakosti zvoka ali njegove frekvence, ampak od poslušalca samega, njegovega trenutnega razpoloženja, utrujenosti, zdravstvenega stanja, starosti, spola, socialnega, kulturnega in ekonomskega položaja ter od

časa in kraja. Na primer, vpitje otroka na ulici je v splošnem nezaželen zvok, torej hrup. Za mammo tega otroka je to koristna informacija ali signal, ker ve, kje je otrok. Ropot ventila pri motorju je znamenje, da je z motorjem nekaj narobe in pomeni za lastnika nezaželeno informacijo ali hrup, za mehanika je to koristna informacija, ker pozna vzrok ropota in lahko hitro odpravi napako.

Hrup je torej predvsem subjektivna kategorija, ki negativno vpliva na zdravje in počutje ljudi. Prekomerni hrup povzroča poškodbo sluha, utrujenost, vpliva na koncentracijo pri delu, študiju in počitku, povzroča poškodbo sluha, utrujenost, vpliva na koncentracijo pri delu, študiju in počitku, povzroča psihofizične motnje, travmo, motnje v krvnem obtoku, vpliva na potenco itn.

Učinek hrupa je odvisen od njegove ravni (slika 15). Daljša izpostavljenost hrupu nad 80 do 90 dB navadno povzroča poškodbo ali celo izgubo sluha. V teh primerih si prizadevamo za zmanjšanje hrupa ali za zaščito človeka pred hrupom.



Slika 15: Vpliv hrupa in vibracij na človeka

Vibracije so nihanja mehanskih sistemov ali posameznih delov strukture. Zaradi tega nastane vibracijski ali strukturalni hrup. Vibracije so lahko lastne ali naravne in vsiljene. Vibracije lahko delimo tudi glede na število prostorskih stopenj gibanja. Število prostorskih stopenj ustreza številu neodvisnih koordinat, ki so potrebne za popis kompletnega gibanja. Z vibriranjem struktur se nihanja prenašajo na okoliški znak, to se kaže kot zvok oziroma hrup. Vibracije strukture lahko povzročijo tudi zvočno gibanje, ki prihaja na strukturo, če je ta toliko elastična, da jo majhna energija zvoka spravi v gibanje. Frekvenca nihanja vibracij je v spodnjem frekvenčnem področju, do približno 1000 Hz (slika 6). Močne vibracije se pojavijo v področju infra zvoka, pod 20 Hz. Teh vibracij ne slišimo, ampak jih občutimo kot tresljaje ali v obliki dražljajev. Če so amplitude vibracij velike, so lahko posledice katastrofalne, npr. pri potresih od 6. do 8. stopnje Rihterju. Vibracije nastanejo zaradi prostega ali vsiljenega nihanja strukture in se jim praktično ne moremo izogniti. V vsakdanje življenje smo izpostavljeni vibracijam manjših amplitud, npr. pri vožnji z avtomobilom ali avtobusom. Te vibracije so v glavnem škodljive.

Vibracije kateri je izpostavljen delavec pri ravnanju s pnevmatičnim orodjem (npr. pnevmatično dleto ali vibrator), so lahko izredno škodljive in povzročajo trajne posledice. Vibracije lahko delujejo na človeški organizem prek nog, zadnjice in hrbta ali prek rok. Človeški organizem je občutljiv na nizke vibracije, do približno 80 Hz. Včasih vibracije ustvarimo namenoma, npr. za izvajanje tehnološkega procesa (vibracijski dodajalniki) ali za utrjevanje tal pred betoniranjem oziroma asfaltiranjem. En sam večji valjasti vibrator tal povzroči vibracije oziroma tresenje celega naselja. Niso redki primeri, ko taki valjasti vibratorji povzročajo razpoke na stenah bližnjih hiš. Če vibracije zaradi vsiljenih nihanj

pridejo v resonanco z lastnim nihanjem sistema lahko pride do porušitve sistema, npr. mostu pri paradnem korakanju vojakov.

Vibracije imajo lahko različno smer delovanja, zato jih merimo in analiziramo v vseh treh smereh koordinatnega sistema, v smereh x, y in z. Praviloma so največje amplitude v smeri osi z zaradi delovanja mase sistema in gravitacije.

2.5 Zapis zvoka MP3

Zapis zvoka MP3 je priljubljena digitalna oblika zapisa glasbenih datotek, ki je bila razvita z namenom zmanjšanja velikosti slednjih. V ne stisnjeni obliki le-te zasedajo veliko prostora.

Lastnosti zvočnega zapisa MP3

MP3 je oblika zapisa glasbe z izgubami. Omogoča predstavitev PCM (angl. pulse-code modulation) oblike zapisa analognega signala na racionalnejši način. To se doseže tako, da se frekvence zvoka, ki jih človeško uho ne zazna oziroma prezre, preprosto izpusti in s tem prihrani prostor. Zaradi tega se tej obliki zapisa pravi zapis z izgubami, kar pomeni, da se zvočne informacije ob pretvorbi skazijo. Na podoben način pri slikovnih podatkih deluje zapis JPEG.

Srce oblike zapisa MP3 je hibridna transformacija, ki pretvori časovni signal v frekvenčno področnega:

- 32-kanalni večfazni kvadrturni filter (angl. polyphase quadrature filter)
- 36- ali 12-čepni MDCT¹ (angl. Modified Discrete Cosine Transform); velikost je lahko izbrana neodvisno za nižji kanal 0...1 in 2...31
- Prekrivajoče zmanjšanje poobdelave (angl. aliasing reduction postprocessing)

Decembra 2004 se je pojavila nova oblika zapisa MP3, in sicer angl. Surround MP3 (prostorski MP3). Ta oblika omogoča 5.1 kanalski zvok. Kljub spremembam je zapis kompatibilen s prejšnjimi različicami, prav tako so podobno velike tudi datoteke.

2.5.1 Kakovost zapisa MP3

Ker je MP3 izgubni (angl. lossy) glasbeni zapis, ima številne nastavitve bitne hitrosti (bitrate). Bitna hitrost je število bitov, ki predstavljajo kodirane podatke za 1 sekundo zvoka. Tipična bitna hitrost je od 96 do 256 kilobitov na sekundo. Glasbeni CD, na katerem je glasba zapisana brez stiskanja, ima bitno hitrost okoli 1400 kilobitov na sekundo. Večja kot je hitrost, večja je datoteka. Datoteke MP3, ki so stisnjene z zelo majhno bitno hitrostjo, so slabe kakovosti. V tem primeru je popačenje zvoka zelo očitno. Najbolj se učinek izgub ne kompresije sliši pri aplavzu. Nepozoren poslušalec zapisa MP3 ne loči od zapisa CD, kadar je njegova bitna hitrost najmanj 128 kilobitov na sekundo.

Seveda kakovost ni odvisna le od bitne hitrosti. Na kakovost odločilno vpliva tudi kodirnik (encoder), to je program, ki skrbi za ustrezno pretvorbo. Kakovosten brezplačen in odprto kodni kodirnik je LAME.

LAME² LAME ni MP3 kodirnik in prekodirnik oz. program, ki zapiše določeno glasbeno datoteko v drug želen format.

1 angl. modified discrete cosine transform spremenjena diskretna kosinusna transformacija

2 angl. LAME Ain't an MP3 Encoder, vir: <http://en.wikipedia.org/wiki/LAME>, 13. 12. 2007

2.6 Poslušanje oblike zvočnega zapisa MP3

Za odkodiranje oziroma poslušanje datotek MP3 je potrebno dekodiranje, programsko knjižnico, ki opravlja dekodiranje imenujemo kodek. Nekateri operacijski sistemi kodek MP3 vsebujejo že kot del standardnih knjižnic, drugod pa je implementiran znotraj prevajalnega programa. Prvi realno časovni predvajalnik, ki se je pojavil je bil Winplay3 (izdan 9. septembra 1995), danes pa imamo na voljo številne, ki podpirajo še druge formate zapisa.

Nekateri popularni predvajalniki MP3:

- BsPlayer (<http://en.wikipedia.org/wiki/Bsplayer>, 10. 1. 2008)
- Winamp (<http://en.wikipedia.org/wiki/Winamp>, 10. 1. 2008)
- Windows Media Player (http://en.wikipedia.org/wiki/Windows_media_player, 10. 1. 2008)
- XMMS (<http://en.wikipedia.org/wiki/XMMS>, 10. 1. 2008)
- iTunes (<http://en.wikipedia.org/wiki/iTunes>, 10. 1. 2008)

2.6.1 MP3 v domačih in prenosnih napravah

MP3 se ne uporablja le na osebnih računalnikih. Podporo zanj najdemo tudi v mobilnih telefonih, DVD-/DivX-predvajalnikih, avdio komponentah in žepnih MP3-predvajalnikih (<http://sl.wikipedia.org/w/index.php?title=MP3-predvajalnik&action=editredlink>). MP3 je med glasbenimi napravami najbolj podprt izmed vseh stisnjenih zapisov zvoka. Prav tako se pojavljajo tudi storitve, kjer lahko preko interneta kupimo datoteke MP3 in si jih prenesemo na računalnik ali zunanjo napravo.

2.6.2 Patenti nad tehnologijo MP3

MP3 se ne uporablja le na osebnih računalnikih. Podporo zanj najdemo tudi v mobilnih telefonih, DVD-/DivX-predvajalnikih, avdio komponentah in žepnih MP3-predvajalnikih. MP3 je med glasbenimi napravami najbolj podprt izmed vseh stisnjenih zapisov zvoka. Prav tako se pojavljajo tudi storitve, kjer lahko preko interneta kupimo datoteke MP3 in si jih prenesemo na računalnik ali zunanjo napravo.

2.7 Uho

[1] Uho³ je človeški organ za zaznavanje zvoka. Izraz se uporablja bodisi za celoten sistem za zbiranje in zgodnjo obdelavo zvoka (začetni del slušnega sistema), bodisi samo za njegov zunanji vidni del (slika 7). Različne živali imajo ušesa na različnih delih telesa.

Uho sesalcev sestavlja zunanje uho, srednje uho in notranje uho.

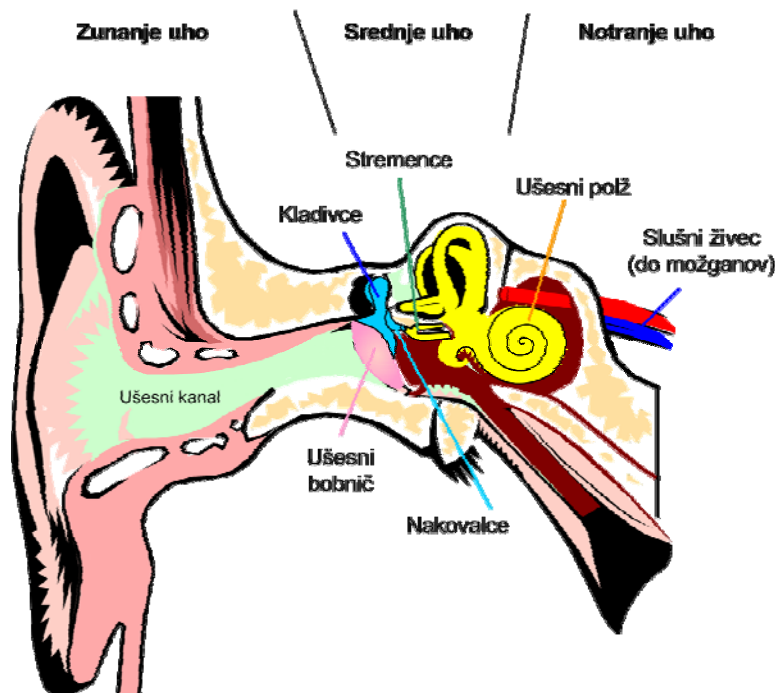
Zunanje uho sestavljata uhelj in sluhovod. Vloga uhlja je zbiranje zvočnega valovanja. Številni sesalci lahko uhlje premikajo in s tem osredotočijo svoje poslušanje na določeno smer, podobno kot lahko obračajo oči. Ljudje smo to lastnost večinoma izgubili. Iz uhlja vstopa zvočno valovanje v sluhovod, ki deluje kot resonator in ojača zvok s frekvencami v območju med 3 kHz in 12 kHz.

2.7.1 Uho in narava

Pri razvijanju metod za zdravljenje z zvokom so dolgo preučevali povezavo med obliko posameznih delov ušesa in drugimi oblikami v naravi. Zunanje uho ima na primer obliko

3 <http://sl.wikipedia.org/wiki/Zvok>, 12. 1. 2008

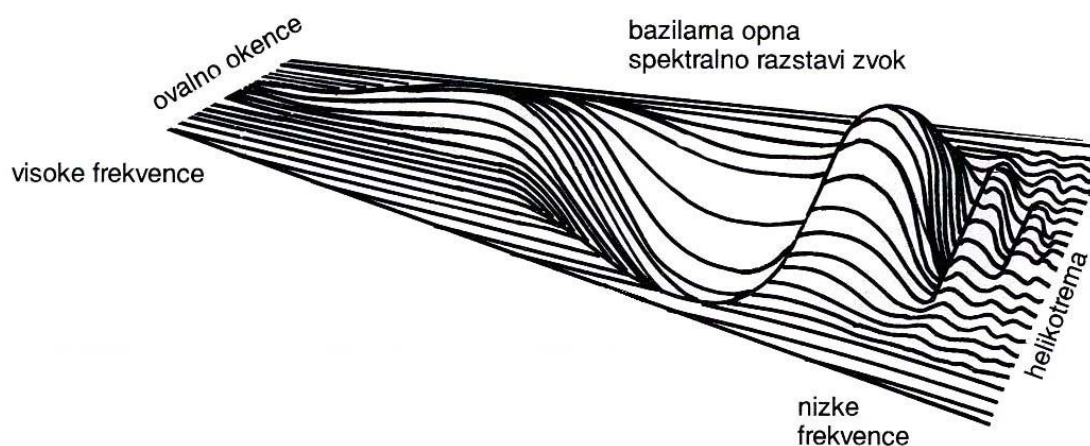
obrnjenega zarodka v maternici. Ušesni polž, podobno kot školjke, ponavlja spiralni motiv galaksij, vremenskih sistemov in vrtincev, ki jih povzročajo zvočni valovi.



Slika 16: Zgradba ušesa v prerezu

2.7.2 Zaznavanje zvoka

Slišimo z ušesi. Zvok dospe v zunanje in notranje uho, od koder stečejo dražljaji do možganov. Pri tem gre za verigo več pojavov. Vpadajoči zvok zbere uhelj in sluhovod ga vodi do bobniča, ki zaniha. Tri slušne koščice vodijo nihanje do ovalnega okenca in s tem do perilimfe v notranjem ušesu. Ta kapljevina izpolnjuje kanal v polžu, ki ga tanki opni, Reissnerjeva in bazilarna, vzdolž delita na tri dele. Ti so na vrhu polža povezani v helikotremi. Deli open v polžu zanihajo v smeri pravokotno na opno. Od frekvenca je odvisno, kateri del zaniha najmočneje. Uho tako razstavi zvok na sinusne sestavine, naredi Fourierovo analizo. Visoko frekvenčne sestavine zbudijo predvsem nihanje delov ob vhodu v polža, sestavine z najnižjo frekvenco pa helikotremo (slika 17).



Slika 17: Bazilarna opna v ušesu razstavi zvok na sinusne sestavine in naredi Fourierovo analizo

Približno 30 tisoč živčnih celic oddaja električne dražljaje, ki jih slišni živec prenese v možgane. Veliko frekvenčno ločljivost ušesa omogoča obdelava dražljajev v slišnem centru. Razstavitev na sinusne sestavine v bazilarni opni je samo začetna stopnja. Bazilarna opna ni napeta, tega želatinasta tvorba sploh ne bi prenesla. To ni niz Helmholtzovih resonatorjev. Kljub temu se v bazilarni opni, ki jo obdaja perlimfa, izoblikuje stoječe valovanje v treh razsežnostih. Bazilarna opna je pravi sprejemnik zvoka.

Občutek o tem, kako je glasen zvok, je po Weber-Fechnerjevem zakonu sorazmeren z logaritmom jakosti zvoka. Približni zakon sta splošno izrekla Ernst Weber (1795 do 1878) in Gustav Fechner (1801 do 1887).

2.8 Poškodbe sluha

Notranje uho je sestavljeno iz čutnih celic, ki spremenijo zvočno valovanje v živčne impulze, ki jih razumejo možgani. Če so čutne celice izpostavljene zelo močnim zvokom, jih ti lahko poškodujejo ali celo uničijo. Ker se te celice ne morejo niti obnoviti niti pozdraviti, je lahko posledica poškodbe ali uničenja trajna izguba sluha. Zato je pomembno, da skrbimo za naš sluh in ga po nepotrebnem ne izpostavljamo hrupu. V nadaljevanju so opisane različne vrste slušne prizadetosti.

2.8.1 Naglušnost

Prevodna naglušnost je posledica oviranega prevajanja zvoka v notranje uho. Pri odraslih je najpogostnejši vzrok ušesno maslo, ki zamaši zunanji sluhovod. Redkeje pride do prevodne naglušnosti zaradi poškodbe bobniča ali otrdelosti stremenca v srednjem ušesu (otoskleroze). Pri sensorinevralni naglušnosti se zvok, ki doseže notranje uho, ne prevaja v možgane zaradi okvare struktur v notranjem ušesu ali slušnega živca.

2.8.2 Senzorinevralna naglušnost

Okvare notranjega ušesa so lahko prirojene ali tudi posledica jemanja nekaterih zdravil, dolgotrajne izpostavljenosti glasnemu hrupu, povečane količine tekočine v kanalih labirinta (Menierova bolezen) ali naravne degeneracije zaradi staranja. Senzorinevralne naglušnosti navadno ne moramo ozdraviti, prizadeti pa si lahko pomagajo s slušnimi pripomočki, ki ojačijo zvok. Nov dosežek na področju zdravljenja sensorinevralne naglušnosti je kohlearni vsadek, ki prevaja zvočne signale iz zunanjega oddajnika v elektrode, vsajene v polža.

2.8.3 Akustični nevron

Benigni tumor se razraste iz opornih celic, ki obdajajo slušni živec, na katerega potem pritiska. Lahko povzroči gluhost. Akustični nevron lahko operativno odstranimo.

2.8.4 Tinitus

Tinitus doživljamo kot popolnoma različne zvoke, kot so piskanje, šuštenje, žvižganje, topotanje, zvenenje, praskanje ... Kadar je povezan s težjimi poškodbami sluha, ga lahko zaznavamo tudi v obliki melodije. Včasih se lahko pojavi več šumov hkrati, lahko jih zaznavamo samo v enem ušesu, v obeh ušesih ali v glavi.

Vzroki za nastanek tinitus so poleg stresa, preobremenitve in hrupa lahko tudi mehanska (nesreča) ali organska poškodba (vnetje).

Travme zaradi poka je možno skoraj vedno pozdraviti s pravočasno obravnavo.

3 METODE DELA

Za pripravo in izdelavo naše raziskovalne naloge smo uporabili najsodobnejšo elektronsko opremo (osebne računalnike in drugo digitalno opremo). V nadaljevanju sledijo podrobnejši opisi uporabljenih metod in opreme.

3.1 Anketa

Metoda anketiranja:

Pri izdelavi ankete smo uporabili odprti in zaprti tip vprašanj, saj so nas zanimala mnenja uporabnikov mp3 predvajalnikov.

Z anketo smo želeli ugotoviti, kako pogosto najstniki od 10 do 18 leta uporabljajo MP3-predvajalnike, na kolikšni glasnosti poslušajo glasbo prek mp3 predvajalnika, ali preberejo navodila preden uporabijo mp3 predvajalnik, ali so seznanjeni, da so ponekod zmanjšali jakost predvajalnikov na 100 dB.

Sprva smo morali ugotoviti, komu razdeliti anketo in kakšna vprašanja sestaviti.

Skupaj z mentorjem smo se odločili, da znanje današnje populacije o kamerah, e-fotografiji in drugih splošnih zadevah, ki so predmet te raziskovalne naloge, preverimo z javno mnenjskimi raziskavami. Odločili smo se za metodo anketiranja.

Anketo smo razdelili med učence osmih razredov OŠ Gustava Šiliha in med dva prva letnika, enega tretjega in enega četrtega na srednji šoli ŠCV (Šolskega centra Velenje) ter nekaj odraslih.

3.1.1 Priprava ankete

Med sestavljanjem ankete smo ugotovili, da so lahko vprašanja izbirnega (obkroževanje) in odprtega (naloge z dopisovanjem) tipa. Uporabili smo oba, saj imamo nekaj vprašanj, kjer anketiranelec samo obkroži navedeni odgovor, nekaj pa takih, kjer dopiše zahtevano v obliki svojega mnenja.

Potem smo se morali odločiti še, v kakšnem vrstnem redu bomo zapisali vprašanja. Nato smo se odločili, da bomo v prvem delu uporabili splošno znanje anketirancev, v drugem pa jih bomo povprašali po njihovi MP3-predvajalnikih in lastnem mnenju o obravnavani temi.

Ugotovili smo, da smo sestavili vzpodbudno anketo za reševanje in razmišljanje o navideznih sklopih.

Uporabljeni anketni vprašalnik

ANKETA

Spol: moški ženska

Starost: _____

1.1. Ali uporabljaš mp3 predvajalnik?

DA

NE

1.2. Zakaj ne? (v primeru, da si obkrožil odgovor ne)

2. Koliko časa že imaš mp3 predvajalnik?

5. manj, kot 1 leto
6. več, kot 1 leto
7. 2 – 3 leta
8. drugo _____

3. Koliko časa na dan poslušáš glasbo prek mp3 predvajalnika?

- 1 uro
- 2 uri
- drugo _____

4. Kako pogosto uporabljaš mp3 predvajalnik?

1. vsak dan
2. vsak drug dan
3. enkrat na teden
4. drugo _____

5. Ali uporabljaš mp3 predvajalnik v šoli?

- vedno
- včasih
- nikoli

6. Ali uporabljaš mp3 predvajalnik doma?

- vedno
- včasih
- nikoli

7. Na kolikšni glasnosti poslušáš glasbo z mp3 predvajalnikom?

- 1-5
- 5-10
- 10-15
- 15-20
- 20-25
- 25 in več
- največ možno

8. Meniš, da je stopnja glasnosti na kateri poslušáš glasbo z mp3 predvajalnikom prevelika (normalna)?

9. Meniš, da imaš občutek, da poslušanje glasbe prek mp3 predvajalnika negativno vpliva nate? Kako?

10. Kakšne znamke je tvoj mp3 predvajalnik?

11.1. Ali uporabljaš slušalke, ki so bile priložene zraven mp3 predvajalnika?

- DA
- NE

11.2. Kakšne znamke so tvoje slušalke?

12. Si seznanjen, da so v nekaterih državah evropske unije zmanjšali jakost mp3 predvajalnikov na 100dB?

13. Če bi vedel, da mp3 predvajalniki škodujejo sluhu bi jih še uporabljal?

14. Kdo ti ponavadi kupi mp3 predvajalnik?

15. Kaj vpliva pri nakupu mp3 predvajalnika?

16. Ali prebereš navodila za uporabo preden uporabiš mp3 predvajalnik?

DA
NE

3.2 Eksperimentalna metoda

Eksperimentalne metode so potekale v polgluhi komori (Gorenje d. d), kjer je merilni sistem, ki ga sestavlja 20 mikrofонов razporejenih po določenih standarda, 20 pripadajočih mikrofonskih predojačevalnikov in merilni sistem PULSE.

V tej sobi smo merili zvočno moč mp3 predvajalnikov. Za takšne meritve obstaja posebej oblikovana glava, ki pa jo na žalost nismo mogli pravočasno dobiti, zato smo uporabili pravo lobanjo in na sredino umestili mikrofón. Na ušesni odprtini v lobanji smo namestili slušalke, ki so bile povezane z mp3 predvajalnikom. Ko smo vklopili mp3 predvajalnik in začeli s predvajanjem glasbe smo zapustili komoro in po 30 sekundah smo začeli meriti zvočno moč, merjenje je trajalo 30 sekund. Merjenje smo ponovili štirikrat z različnimi mp3 predvajalniki. Nato pa smo izbrali mp3 predvajalnik z največjo zvočno močjo in z njim opravili še meritve z različnimi slušalkami, saj nas je zanimalo, če slušalke vplivajo na zvočno moč.

3.3 Opis akustičnega laboratorija v Gorenju, d. d.

Laboratorij v katerem smo imeli akustične meritve je v Gorenju, d. d. Bili smo veseli da smo dobili prosto mesto v njem, saj je za tako stvar potrebno posebno dovoljenje s strani vodstva. Laboratorij je pol gluha komora, kar pomeni da je iz treh strani izoliran s posebno peno. V njem samo tla niso izolirana, so pa zato vse druge stene. V sobi imajo merilno polje od 20 mikrofónov. Mogli smo paziti da se jih nebi dotikali oziroma, da jih nebi poškodovali. Mikrofonni so zelo dragi.

3.3.1 Merilna oprema za merjenje in izračun zvočne moči v polgluhi sobi

Zvočne moči ni mogoče meriti, pač pa jo je potrebno izračunati iz zvočne ravni in površine na kateri je bila raven izmerjena. Zelo preprosto na prvi pogled. V resnici temu ni tako, saj je posredi vrsta dejavnikov, ki močno otežujejo merjenje. Naj naštejemo samo najpomembnejše:

- lastnosti polgluhe sobe (spodnja frekvenca in izoliranost od okolja),
- lastnosti objekta mejenja (jakost vira, sevalni faktor, poudarjene frekvence),
- merilna oprema (uporabnost, natančnost, zanesljivost, kalibracija),
- hitrost izvajanja meritev,
 - izdelava poročila.

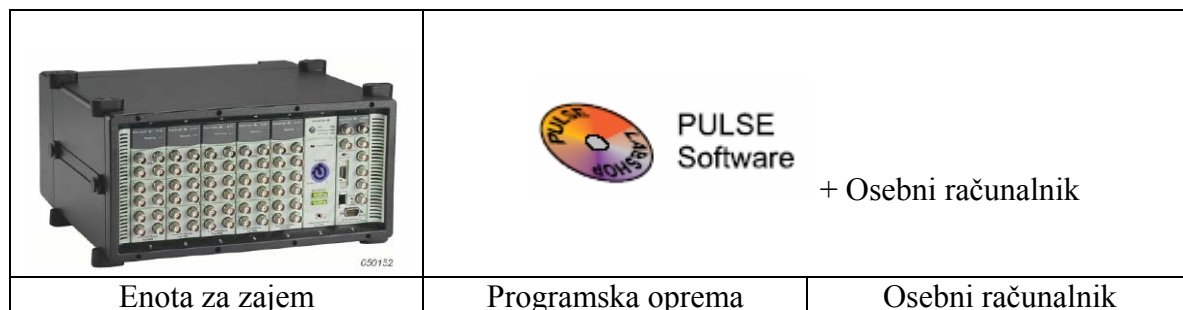
Na prvi dve postavki ne moremo vplivati saj je prva dana, druga pa je neznana in je predmet merjenja.

Merilni sistem (slika 8) sestavlja polje 20 mikrofónov razporejenih po določenih standarda, 20 pripadajočih mikrofonskih predojačevalnikov in merilni sistem PULSE. Strojni del merilne opreme PULSE je sestavljen iz dveh enot za zajem in kondicioniranje 3038, napajalnika 2826 in modula za sinhronizacijo in povezavo z računalnikom 7536. Merilni del je z računalnikom povezan z LAN kablom. Vsi mikrofóni so opremljeni z elektronskim zapisom TEDS v katerem so vse pomembne lastnosti mikrofóna. Protokol IEEE 1451.4 omogoča, da merilni sistem PULSE samodejno zazna in razporedi mikrofóne na prave vhode.

Ključni del merilnega sistema PULSE je programska oprema za analizo zvoka in vibracij nadgrajena s številnimi aplikacijami med katerimi merjenje zvočne moči predstavlja pomembno mesto.

3.3.2 Postopek meritve

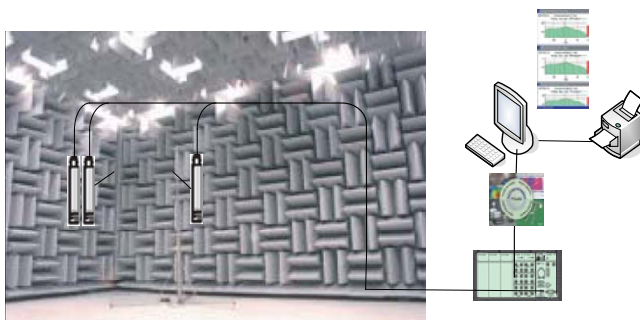
Meritev zvočne moči po metodi Prostega zvočnega polja v polgluhi sobi se izvaja skladno z zadnjimi zahtevami mednarodnih standardov ISO 3745 -2004. Raven zvočnega tlaka se na 20-ih merilnih točkah (slika 9), razporejenih po ovojnici polkrogle (slika 10), meri istočasno.



Slika 18: Konfiguracija PULSE 3560D Bruel&Kjaer, za večkanalno merjenje in analizo zvoka

PULSE večkanalni multianalizator je v funkciji zajema, kondicioniranja in analize izmerjenih signalov mikrofonskih vhodov. Izmerjeni signali so na voljo za nadaljnji izračun v obliki časovnega zapisa, kot oktavnimi, 1/3 oktavnimi ali 1/n oktavnimi spektri.

Za izračun zvočne moči je PULSE program preko OLE⁴ vmesnika povezan z aplikacijo 7799, ki skrbi za manipuliranje, izračun in izdelavo poročila o izmerjeni zvočni moči v skladu z izbranim standardom.



Slika 19: Merilni sistem PULSE v Gorenju

4 [angl. Object Linking and Embedding](#)

3.3.3 Razporeditev mikrofona v prostem zvočnem polju

Podatki vseh 20 mikrofona povezanih z enakomernimi površinami na merilni površini krogle s polmerom r je prikazana v tabeli 1. Podajajo nam pozicijo mikrofona z izhodiščem v akustičnem centru vira.

Tabela 3: Pozicije Mikrofona

Št. mikrofona	x/r	y/r	z/r
1	-1,00	0	0,05
2	0,49	-0,86	0,15
3	0,48	0,84	0,25
4	-0,47	0,81	0,35
5	-0,45	-0,77	0,45
6	0,84	0	0,55
7	0,38	0,66	0,65
8	-0,66	0	0,75
9	0,26	-0,46	0,85
10	0,31	0	0,95
11	1,00	0	-0,05
12	-0,49	0,86	-0,15
13	-0,48	-0,84	-0,25
14	0,47	-0,81	-0,35
15	0,45	0,77	-0,45
16	-0,84	0	-0,55
17	-0,38	-0,66	-0,65
18	0,66	0	-0,75
19	-0,26	0,46	-0,85
20	-0,31	0	-0,95

3.3.4 Merilni sistem PULSE za določanje ravni zvočne moči po absolutni metodi

Vsi elementi merilnega sistema vključno z mikrofoni in kabli ustrezajo **razredu 1** instrumentov v skladu z IEC 61672-1: 2002. Uporabljeni filtri ustrezajo **razredu 1** instrumentov v skladu z IEC 61260: 1995.

3.3.5 Komponente merilnega sistema

PULSE je preizkušena programska oprema z multianalizo, ki uporablja procesiranje signala v realnem času. Osnovne komponente Bruel&Kjaer PULSE merilnega sistema za merjenje zvočne moči so naslednje:

1. Enota za zajem 3560D,
2. Analiza hrupa in vibracij (Noise and Vibration Analysis 7771),
3. Določanje zvočne moči (Sound power Application 7799),
4. 20 x mikrofonski predojačevalnik DeltaTron-Type 2671 (Brüel & Kjaer),
5. 20 x mikrofona model Falcon™ Range ½", tip 4189 A21 (Brüel & Kjaer),
6. senzorji za temperature, tlak in vlago.

Enota za zajem in kondicioniranje signala 3560D (acquisition unit, slika 11) je vmesni člen med mikrofonskim izhodom in vhodom v računalnik. Sestavljena je iz ohišja z napajalnikom, ki lahko sprejme do sedem različnih modulov za zajem in kondicioniranje signala. Od sedmih modulov eden služi kot napajalnik 2826, drugi pa je namenjen nadzoru in povezavi z računalnikom. Preostalih pet modulov omogoča priključitev do 60 signalov, ki so lahko mikrofonski ali direktni. Enota se napaja z enosmerno napetostjo 10 do 32V iz akumulatorja ali priloženega usmernika ZG 0430. Zaradi možnosti priključitve velikega števila vhodnih signalov je 3560D opremljen z ventilatorjem za hlajenje, ki ga v okoljih, kjer so merjene ravni nižje od 30 dB izključimo.

Kontrolni modul 7536 (slika 4.10, spodaj levo) skrbi za komunikacijo z računalnikom na eni



Slika 20: Enota za kondicioniranje signala 3560D. Na levi spodaj je kontrolni modul 7536 in spodaj desno 12 kanalni vhodni modul 3040.

strani ter posreduje ukaze vhodnim modulom na drugi strani. Vsa komunikacija poteka preko LAN kabla, kar zagotavlja največjo mogočo fleksibilnost v namestitvi merilnega sistema. Modul je opremljen z dodatnimi 12 kanali za zajem pomožnih parametrov, kot so: temperatura, tlak, vlaga, napetost, tok itn. Vzorčenje poteka 10 krat

na sekundo. RS-232 priključek je namenjen upravljanju sonde za zvočno intenziteto in za nastavitve LAN naslova.

12 – kanalni vhodni modul 3038 (slika 11, spodaj desno) je namenjen sočasemu zajemu 12 akustičnih ali vibracijskih signalov. Vsak vhod je neodvisno programiran za CCLD (Constant Current Line Drive, ekvivalentno ICP) ali direktni AC/DC signal in lahko sprejme ICP® in DeltaTron® pretvornike. Svetleče diode okrog vsakega vhoda signalizirajo aktivnost vhoda (zeleno) in opozarjajo na morebitno prekrmljenje (rdeče). Za pretvorbo iz analognega v digitalni signal skrbi 24 bitni A/D pretvornik v frekvenčnem območju od 0 do 25,6 kHz po kanalu. V izogib motnjam z ozemljitvijo je mogoča neodvisna izbira plavajočega vhoda in DC offset kompenzacije. Vsi vhodi podpirajo standard IEEE P 1451.4 in pretvornike opremljene s TEDS tehnologijo.



Slika 21: Programski del – CPB analiza zvoka in vibracij 7771

Vsi programski paketi delujejo v pravem Microsoft Windows 2000 ali XP okolju. Program 7771 (slika 12) je osnova PULSE programske platforme, namenjen merjenju in analizi zvoka v realnem času, ti. 1/n oktavna CPB multi-analiza. Znotraj 7771 se konfigurira in nastavlja celotna merilna veriga, zahtevane nastavitve analizatorja, kalibracija, postprocesiranje, prikaz in dokumentiranje rezultatov. Na voljo so tri vrste analiz: 1/n oktavna analiza, celotna (angl. overall) analiza ter analiza pomožnih parametrov.

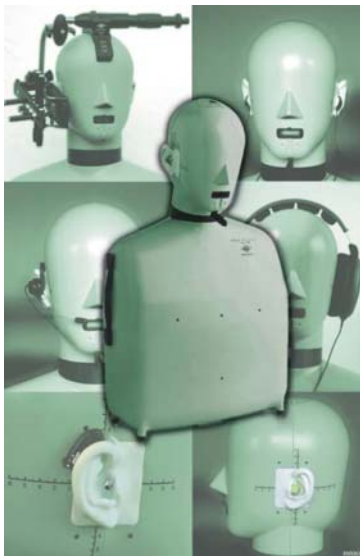
Kalibracijski master je namenjen kalibraciji merilne verige od pretvornika do prikazanega rezultata na zaslonu. Odlikuje se po tem, da prepozna strojni del merilnega sistema in zazna kalibracijski signal. Uporabnik namesti izbran kalibrator na poljubni pretvornik, ga vključi in sistem bo prepoznal signal in izvedel kalibracijo kanala. Rezultat kalibracije za izbran pretvornik in kanal na vhodnem modulu se avtomatsko zapiše v spomin in merilno predlogo.

Vse kalibracije merilnih kanalov se zapišejo v bazo podatkov od koder jih je mogoče kadarkoli priklicati in jim časovno slediti (globalna kalibracija in »calibration histories«).

3.4 METODE DELA

Meritve smo opravili v polgluhi komori v Gorenje d. d. Namen teh meritev je bil izmeriti jakost različnih MP3-predvajalnikov in lastnosti slušal. Na podlagi meritev smo želeli ugotoviti razliko med MP3-predvajalniki in slušalkami.

Namen je bil izmeriti različne MP3-predvajalnike in na podlagi meritev ugotoviti razliko med njimi. Najprej smo se domenili z mentorjem za primeren kraj (saj ne sme biti zunanega hrupa ker vpliva na meritev). Mentor nam je rezerviral polgluho komoro v Gorenje d. d. Tam smo najprej namestili vse stvari, ki smo jih potrebovali pri meritvah. S sabo smo imeli več različnih MP3-predvajalnikov, saj smo na podlagi različnih predvajalnikov lahko sklepali o različnih meritvah.



Slika 22: Profesionalni simulator glave in prsnega koša (levo) in za meritve uporabljena človeška lobanja (desno)

Da bi prikazali čim bolj realne pogoje smo vse aparature, ki smo jih potrebovali namestili v pravo lobanjo. Saj je zanimivost da tudi kosti prevajajo zvok, ne pa samo sluhovod do polkrožnih kanalov in možganov. Vse skupaj smo namestili 2 metra na tlemi in za meritve uporabili 20 mikrofonov.

Najprej smo hoteli uporabiti simulator glave in prsnega koša¹³, a bi ga lahko dobili šele aprila. Zato smo uporabili model prave človeške lobanje⁵.

Tam smo najprej namestili vse naprave in merjence, ki smo jih potrebovali pri meritvah. Ko je bilo vse pripravljeno smo vključili MP3-predvajalnik in hitro odšli iz polgluhe komore. Imeli smo 30 sekund, saj je šele po 30-ih sekundah po pritisku na gumb za predvajanje začelo meriti v komori. Merilni proces je trajal 30 sekund, nakar smo dobili graf na računalniku in zapis različnih ugotovitev.



Slika 23: V polgluhi komori so: dr. Nikola Holeček, Rok Janžovnik, Maruša Rihar in Niky Grabant (z leve proti desni)

Meritve smo ponovili za vse MP3-predvajalnike in na koncu smo ugotovili kateri predvajalnik ima najmanjšo preprečitev za predvajanje glasbe (kateri najbolj škoduje sluhu). Nato smo pa pri tem predvajalniku zamenjali slušalke in ugotavljali razlike med njimi. Za vsake slušalke smo dobili različne grafe.

Pri delu smo si pomagali pri prevajanju različne literature iz tujih jezikov, saj je na tem področju zelo malo domačega materiala. Grafe smo določili po različnih standardih (ISO-standard⁶).

⁵ <http://www.bksv.com/pdf/Bp0521.pdf>, 15.2.2008

⁶ angl. International Organization For Standardization⁶ (Mednarodna organizacija za standarde).

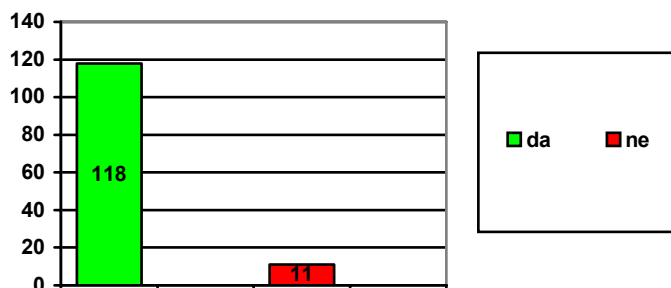
4 REZULTATI

Sledili bodo rezultati ankete, laboratorijske meritve v akustičnem laboratoriju Gorenje, d. d. in avdi vestibuloški ambulanti Splošne bolnišnice Celje.

4.1 REZULTATI ANKETE

1. Ali uporabljaš MP3-predvajalnik?

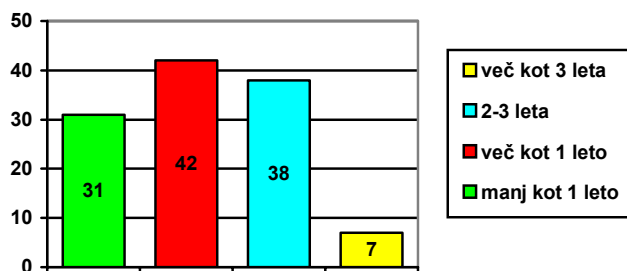
Iz grafa 2 je razvidno, da od 129 anketiranih 118 anketiranih uporablja MP3-predvajalnik, 11 anketiranih pa MP3-predvajalnika ne uporablja.



Graf 2: Uporaba MP3-predvajalnika

2. Koliko časa že uporabljaš MP3-predvajalnik?

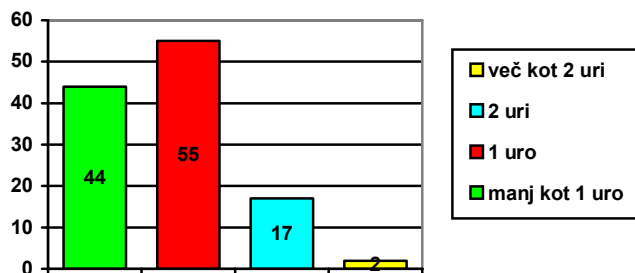
Iz grafa 3 je razvidno, da od 118 anketiranih, ki uporabljajo MP3-predvajalnik, 31 anketiranih uporablja MP3-predvajalnik manj, kot eno leto, 42 anketiranih uporablja MP3-predvajalnik več, kot eno leto, 38 anketiranih uporablja MP3-predvajalnik dva do tri leta, 7 anketiranih pa več kot tri leta.



Graf 3: Časovna uporaba MP3-predvajalnika

3. Koliko časa na dan poslušáš glasbo prek MP3-predvajalnika?

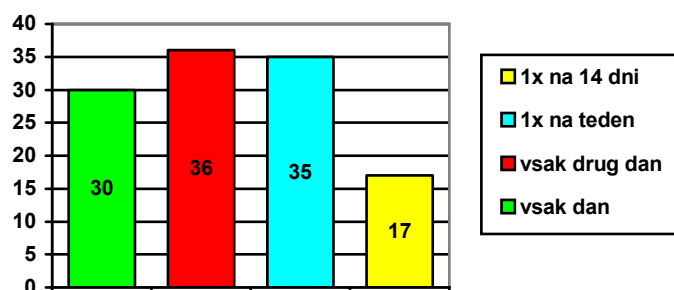
Iz grafa 4 je razvidno, da od 118 anketiranih 44 anketiranih poslušá glasbo prek MP3-predvajalnika manj, kot eno uro na dan, 55 anketiranih eno uro na dan, 17 anketiranih dve uri na dan in 2 anketirana več kot dve uri na dan.



Graf 4: Dnevno poslušanje glasbe prek MP3-predvajalnika

4. Kako pogosto uporabljaš MP3-predvajalnik?

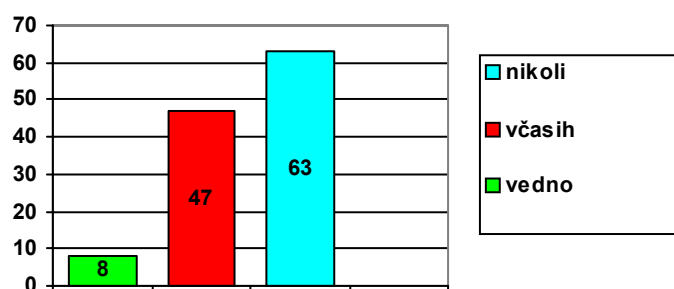
Iz grafa 5 je razvidno, da od 118 anketiranih 30 anketiranih uporablja MP3-predvajalnik vsak dan, 36 anketiranih vsak drug dan, 35 anketiranih enkrat na teden in 17 anketiranih enkrat na 14 dni.



Graf 5: Pogostost uporabe MP3-predvajalnika

5. Ali uporabljaš MP3-predvajalnik v šoli?

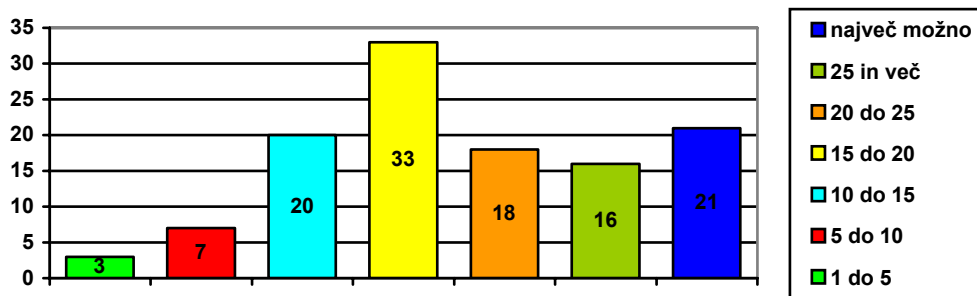
Iz grafa 6 je razvidno, da od 118 anketiranih 8 anketiranih vedno uporablja MP3-predvajalnik v šoli, 47 anketiranih včasih uporablja MP3-predvajalnik v šoli in 63 anketiranih nikoli ne uporablja MP3-predvajalnika v šoli.



Graf 6: Uporaba MP3-predvajalnika doma

7. Na kolikšni glasnosti poslušáš glasbo z MP3-predvajalnikom?

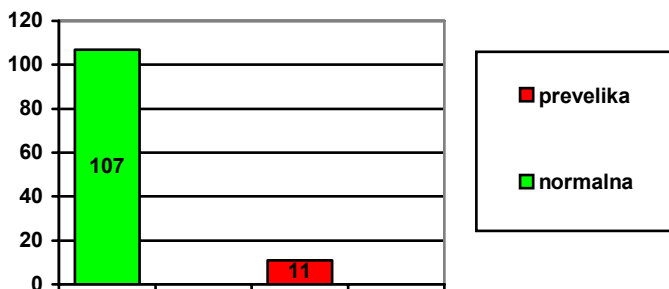
Iz grafa 7 je razvidno, da od 118 anketiranih, 3 anketirani poslušajo glasbo na glasnosti od 1 do 5, 7 anketiranih poslušá glasbo na glasnosti od 5 do 10, 20 anketiranih poslušá glasbo na glasnosti od 10 do 15, 33 anketiranih poslušá glasbo na glasnosti od 15 do 20, 18 anketiranih poslušá glasbo na glasnosti od 20 do 25, 16 anketiranih poslušá glasbo na glasnosti 25 in več in 21 anketiranih poslušá glasbo na največji glasnosti.



Graf 7: Stopnja glasnosti pri poslušanju glasbe z MP3-predvajalnikom

8. Meniš, da je stopnja glasnosti na kateri poslušáš glasbo z MP3-predvajalnikom prevelika ali normalna?

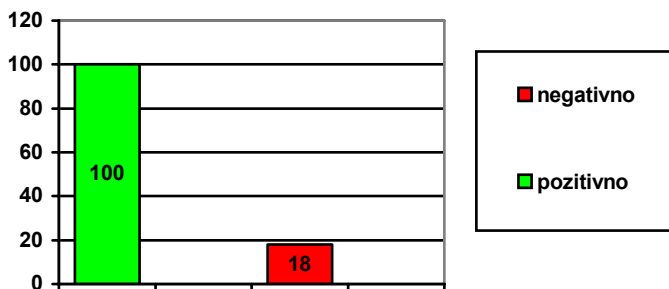
Iz grafa 8 je razvidno, da od 118 anketiranih, 107 anketiranih meni, da je glasnost na kateri poslušá glasbo z MP3-predvajalnikom normalna, 11 pa jih meni, da je glasnost na kateri poslušá glasbo z MP3-predvajalnikom prevelika.



Graf 8: Mnenje o stopnji glasnosti

9. Meniš, da imaš občutek, da poslušanje prek MP3-predvajalnika negativno vpliva nate?

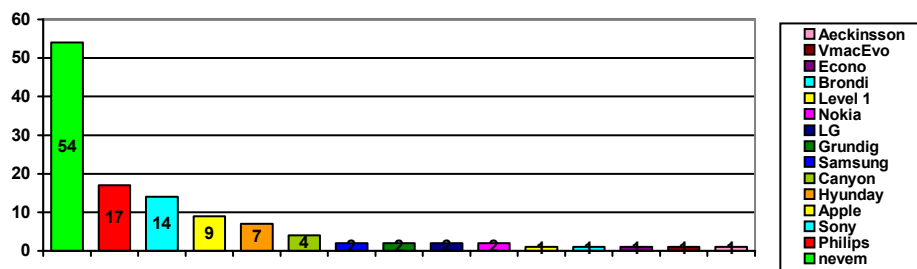
Iz grafa 9 je razvidno, da od 118 anketiranih 100 anketiranih meni, da poslušanje prek MP3-predvajalnika pozitivno vpliva nanje, 18 anketiranih pa meni, da poslušanje prek MP3-predvajalnika negativno vpliva nanje.



Graf 9: Mnenje o vplivu MP3-predvajalnika

10. Kakšne znamke je tvoj MP3-predvajalnik?

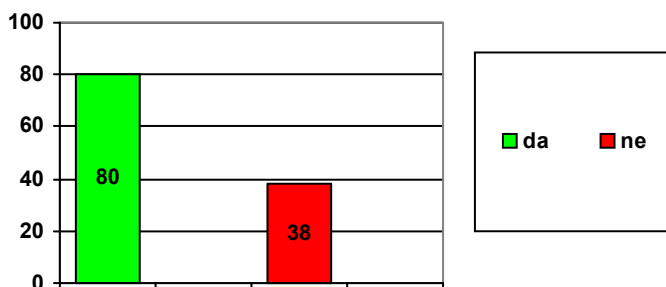
Iz grafa 10 je razvidno, da od 118 anketiranih 54 anketiranih ne ve kakšne znamke je njihov MP3-predvajalnik, 17 anketiranih uporablja MP3-predvajalnik znamke Philips, 14 anketiranih uporablja MP3-predvajalnik znamke Sony, 9 anketiranih uporablja MP3-predvajalnik znamke Apple, 7 anketiranih uporablja MP3-predvajalnik znamke Hyundai, 4 anketirani uporabljajo MP3-predvajalnik znamke Canyon, po 2 anketirana uporabljata MP3-predvajalnik znamke Samsung, Grundig, LG, Nokia, po 1 anketiran uporablja MP3-predvajalnik znamke Level 1, Brondi, Econo, VmacEvo, Aeckinsson.



Graf 10: Znamke MP3-predvajalnikov

11. Ali uporabljaš slušalke, ki so bile priložene zraven MP3-predvajalnika?

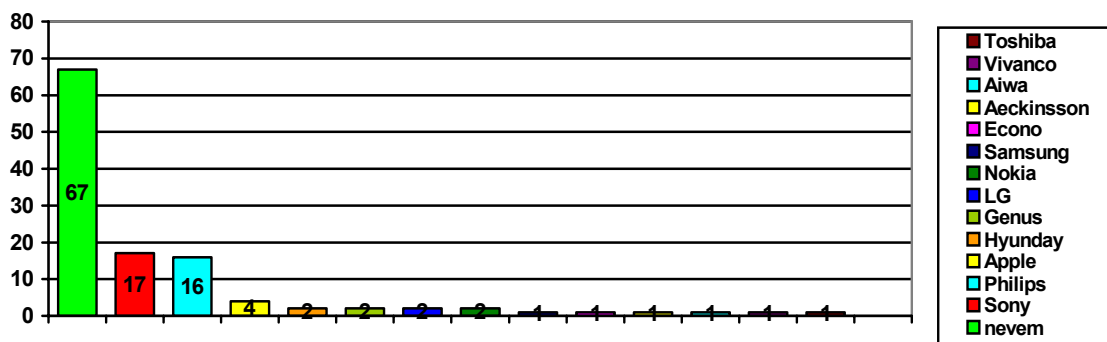
Iz grafa 11 je razvidno, da od 118 anketiranih 80 anketiranih uporablja slušalke, ki so bile priložene MP3-predvajalniku, 38 anketiranih pa ne uporablja slušalk, ki so bile priložene MP3-predvajalniku.



Graf 11: Uporaba slušalk, ki so bile priložene MP3-predvajalniku

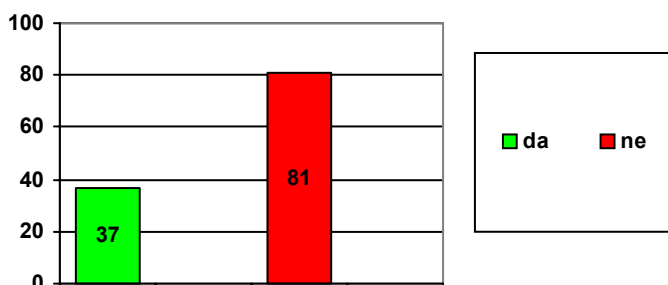
12. Kakšne znamke so tvoje slušalke?

Iz grafa 12 je razvidno, da od 118 anketiranih 67 anketiranih ne ve kakšne znamke so njihove slušalke, 17 anketiranih uporablja slušalke znamke Sony, 16 anketiranih uporablja slušalke znamke Philips, 4 anketirani uporabljajo slušalke znamke Apple, po 2 anketirana uporabljata slušalke znamke Hyunday, Genius, LG, Nokia, po 1 anketiran uporablja slušalke znamke Samsung, Econo, Aeckinsson, Aiwa, Vivanco, Toshiba.



Graf 12: Znamke slušalk

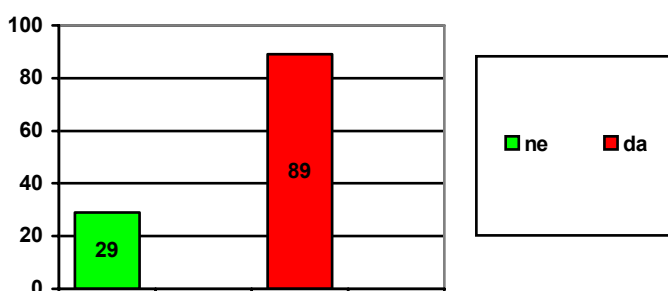
13. Si seznanjen, da so v nekaterih državah evropske unije zmanjšali jakost na 100dB?
 Iz grafa 13 je razvidno, da je od 118 anketiranih 37 anketiranih seznanjenih, da so v nekaterih državah evropske unije zmanjšali jakost na 100dB, 81 anketiranih pa ni seznanjenih, so v nekaterih državah evropske unije zmanjšali jakost na 100dB.



Graf 13: Seznanjenost z zmanjšano jakostjo na 100dB

14. Če bi vedel, da MP3-predvajalniki škodujejo sluhu bi jih še uporabljal?

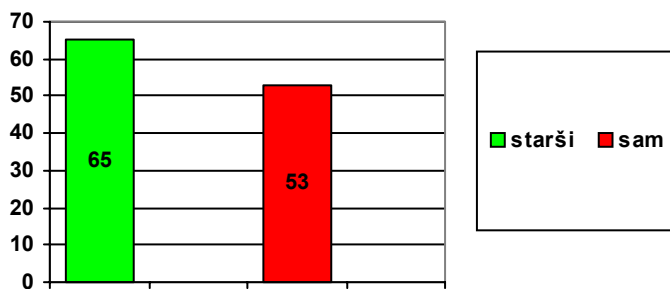
Iz grafa 14 je razvidno, da bi od 118 anketiranih 29 anketiranih prenehalo z uporabo MP3-predvajalnikov, 89 anketiranih pa bi MP3-predvajalnike še uporabljalo (vendar manj, ali z manjšo jakostjo).



Graf 14: Uporaba MP3-predvajalnika, če bi anketiranec vedel o njegovi škodljivosti za sluh

Kdo ti ponavadi kupi MP3-predvajalnik?

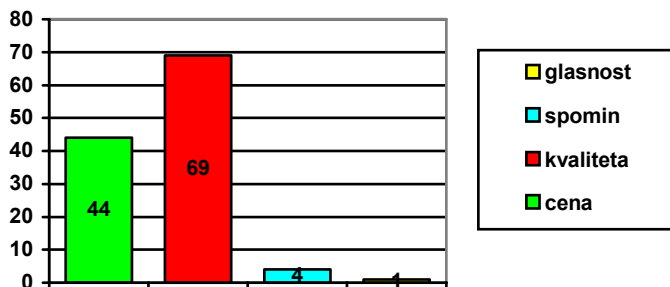
Iz grafa 15 je razvidno, da od 118 anketiranih 65 anketiranih dobi MP3-predvajalnik od staršev, 53 anketiranih pa si MP3-predvajalnik kupi samih.



Graf 15: Financiranje nakupa MP3-predvajalnika

16. Kaj vpliva pri nakupu MP3-predvajalnika?

Iz grafa 16 je razvidno, da od 118 anketiranih 44 anketiranih upošteva pri nakupu ceno MP3-predvajalnika, 69 anketiranih upošteva pri nakupu kvaliteto MP3-predvajalnika, 4 anketirani upoštevajo pri nakupu spomin MP3-predvajalnika, 1 anketiran pa upošteva glasnost pri nakupu MP3-predvajalnika.



Graf 16: Vpliv na nakup MP3-predvajalnika

16. Ali prebereš navodila za uporabo preden uporabiš MP3-predvajalnik?

Iz grafa 17 je razvidno, da od 118 anketiranih 116 anketiranih ne prebere navodil za uporabo, preden uporabi MP3-predvajalnik, 2 anketirana pa prebereta navodila za uporabo, preden uporabita MP3-predvajalnik.



Graf 17: Branje navodila pred uporabo MP3-predvajalnika

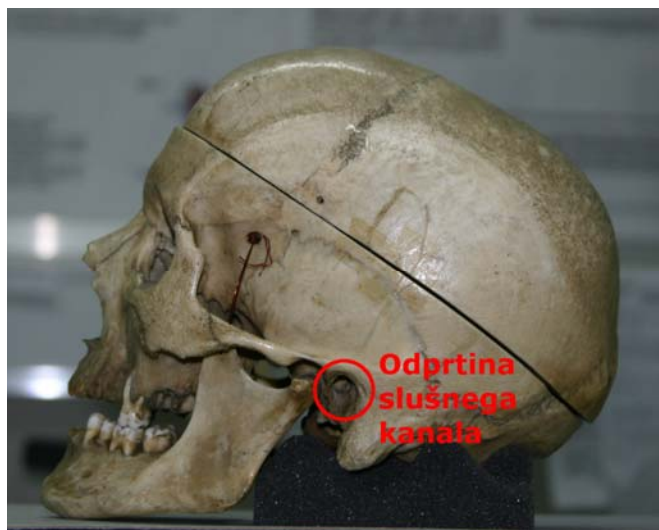
4.2 Laboratorijske meritve v akustičnem laboratoriju

V laboratorijskih meritvah smo merili štiri različne MP3-predvajalnike (tabela 2).

Tabela 4: Oznaka vzorca in pripadajočega MP3-predvajalnika

Oznaka vzorca	Vrste MP3-predvajalnikov
Vzorec 1	Apple Ipod Nano 2 nd Gen.
Vzorec 2	Phillips
Vzorec 3	Canyon 01/črn
Vzorec 4	Canyon 01/oranžen

Najprej smo merili jakosti zvoka s pomočjo merilnega mikrofona, ki je bil sredi človeške lobanje (slika 26). Zvok smo predvajali s pomočjo slušalk, ki smo bile nameščene na lobanjskih odprtinah v sluhovod (slika 24).



Slika 24: Odprtina slušnega kanala

Pri merjenju različnih MP3-predvajalnikov so bile uporabljene slušalke proizvajalca Philips (tabela 5). Pri oddajanju zvoka s slušalkami so se vse pet slušalke zamenjale, ko je bil uporabljen isti MP3-predvajalnik Canyon 01/črn.

Tabela 5: Oznaka vzorca slušalke in pripadajočih oznak oz. proizvajalca slušalk

Oznaka slušalke	Oznak oz. proizvajalec slušalk
Slušalke številka 1	Sony
Slušalke številka 2	Canyon
Slušalke številka 3	Sweex
Slušalke številka 4	Philips
Slušalke številka 5	Sped Link

Za predavanje na MP3-predvajalniku smo uporabili vedo isto skladbo Synthetic (album: The Height of Callousness) glasbene skupine SpineShank⁷ (slika 25).

⁷ <http://en.wikipedia.org/wiki/Spineshank>, 10. 3. 2008



Slika 25: Glasbena skupina SpineShank

Na naslednji sliki je s pomočjo fotomontaže dodan mikrofonski element (slika 26), ki je bil sredi lobanje in se na posnetku ne vidi.



Slika 26: Meritve smo izvajali s pomočjo mikrofona, ki je bil nameščen v sredini človeške lobanje

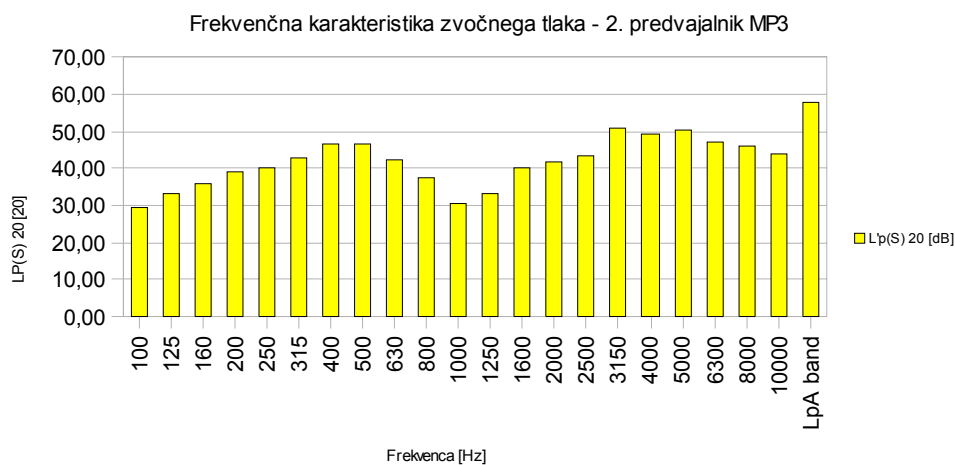
V naslednjem grafu 19 je vidna frekvenčna karakteristika za prvi MP3-predvajalnik Apple



Graf 18: Frekvenčna karakteristika zvočnega tlaka - 1. predvajalnik MP3

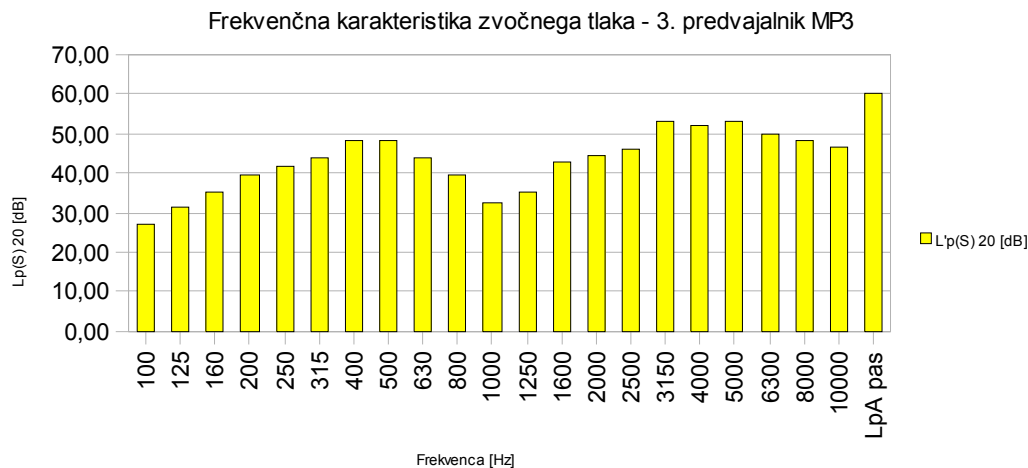
Ipod Nano 2nd Gen. Na začetku frekvenčne karakteristike in okoli 1 kHz je viden upad zvočnega tlaka.

V naslednjem grafu 20 je vidna frekvenčna karakteristika za prvi MP3-predvajalnik Phillips. Na začetku frekvenčne karakteristike in okoli 1 kHz je viden večji upad zvočnega tlaka. Cel graf je podoben prvemu.



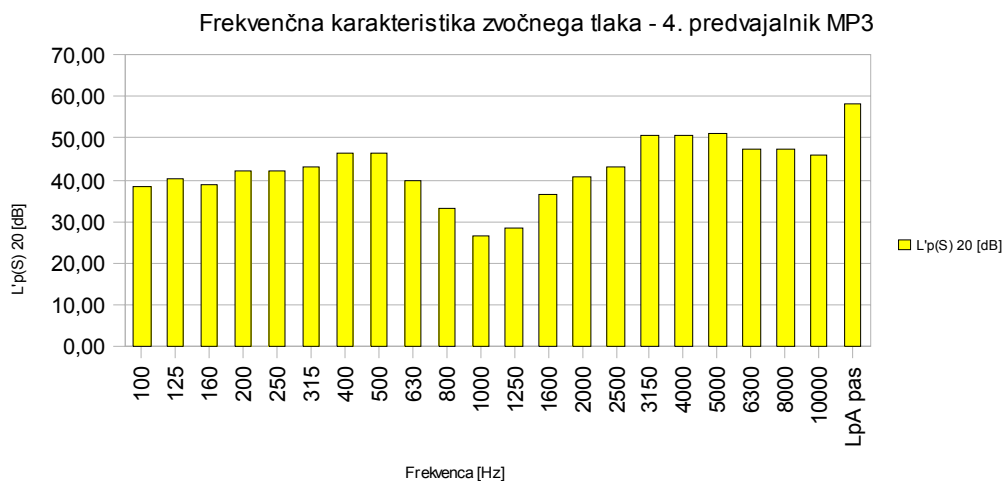
Graf 19: Frekvenčna karakteristika zvočnega tlaka - 2. predvajalnik MP3

V naslednjem grafu 21 je vidna frekvenčna karakteristika za prvi MP3-predvajalnik Canyon 01/črn. Na začetku je padec, večji kot pri drugih grafih. Pri tem MP3-predvajalniku nam pokaže da doseže največjo stopnjo glasnosti in da nižje frekvence ne predvaja tako glasno kot ostali MP3-predvajalniki.



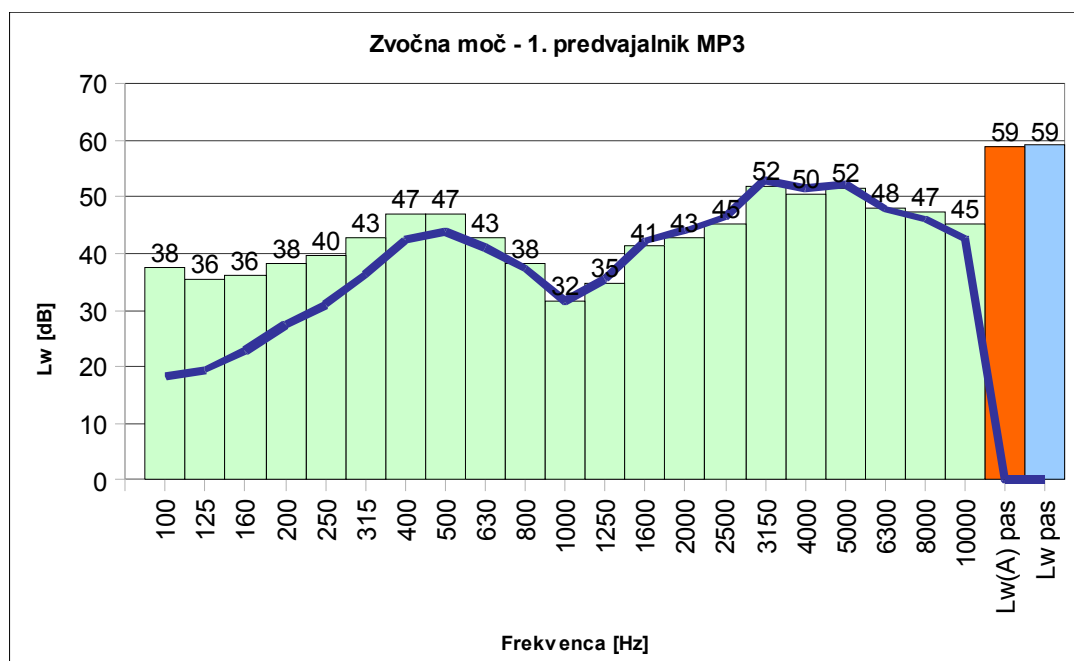
Graf 20: Rezultati meritev frekvenčne karakteristike zvočnega tlaka – 3. predvajalnik MP3

V grafu 22 je vidna frekvenčna karakteristika za prvi MP3-predvajalnik Canyon 01/oranžen. Na začetku je zelo dobra vrednost amplitud, pri sredini je manjši padec oziroma večji, kot pri prvih treh. Iz tega sklepamo, da je kakovost predvajanja tega MP3-predvajalnika najboljša.



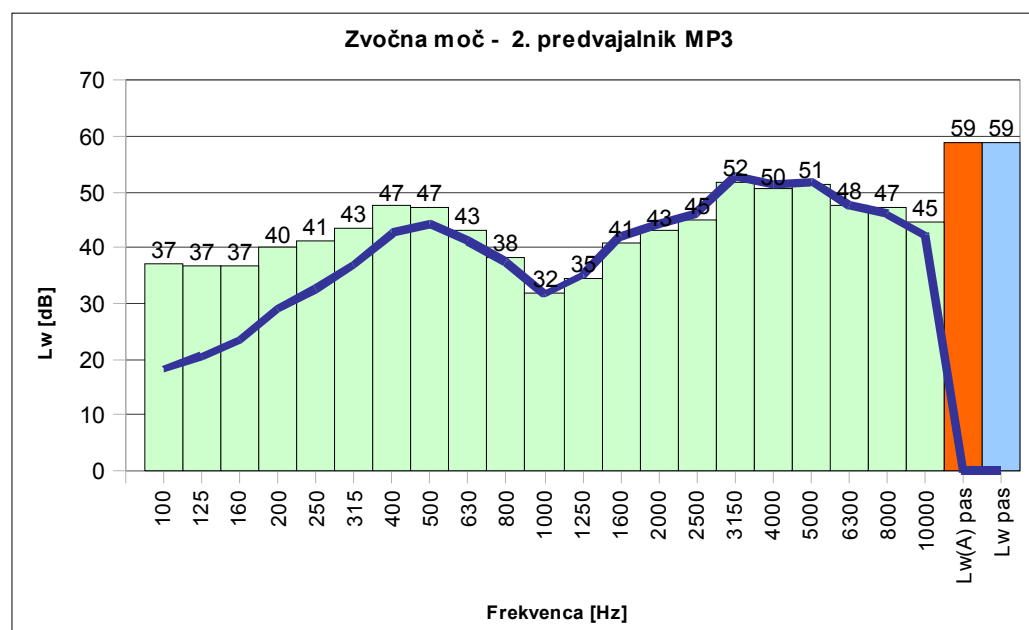
Graf 21: Rezultati meritev frekvenčne karakteristike zvočnega tlaka – 4. predvajalnik MP3

Pri merjenju frekvenčne karakteristike zvočne moči za 1. MP3-predvajalnik je stolpčni del na grafu 23 podoben prejšnjemu grafikonu 38. Z modro črto je označena popravljena vrednost glede na A-karakteristiko občutljivosti človeškega ušesa. V sredini frekvenčnega pasu okoli 1 kHz se vidi v karakteristiki zmanjšana zvočna moč. V tem območju je sicer občutljivost človeškega ušesa do približno 3.5 kHz največja.



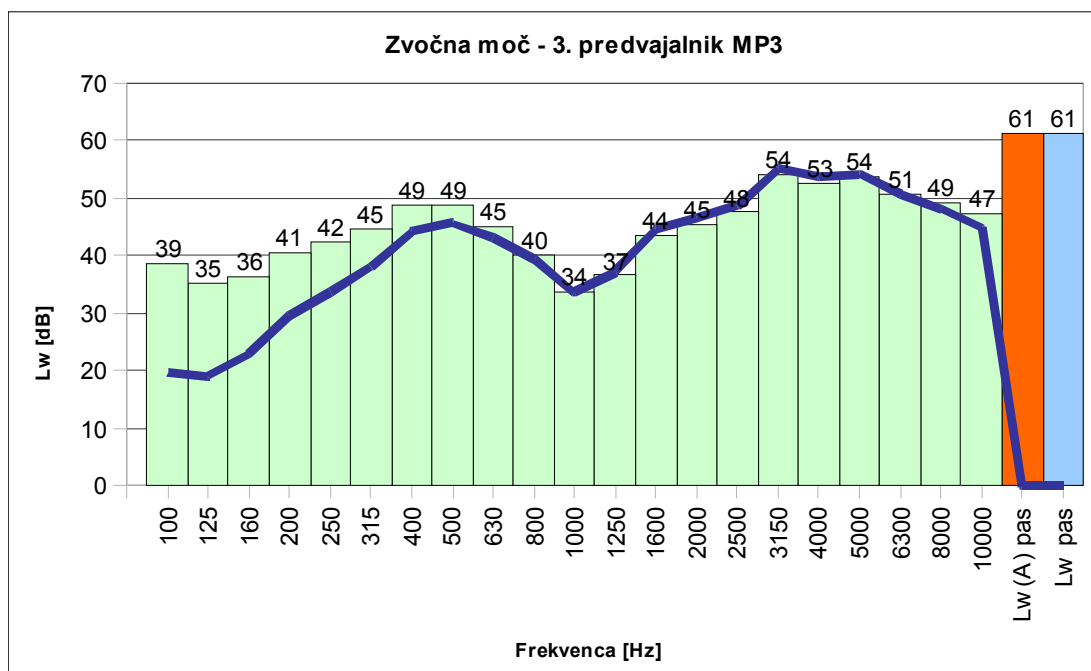
Graf 22: Rezultati meritev frekvenčne karakteristike zvočne moči – 1. predvajalnik MP3

Drugi MP3-predvajalnik ima zelo podobno karakteristiko (graf 24), kot že prejšnji graf. 22.



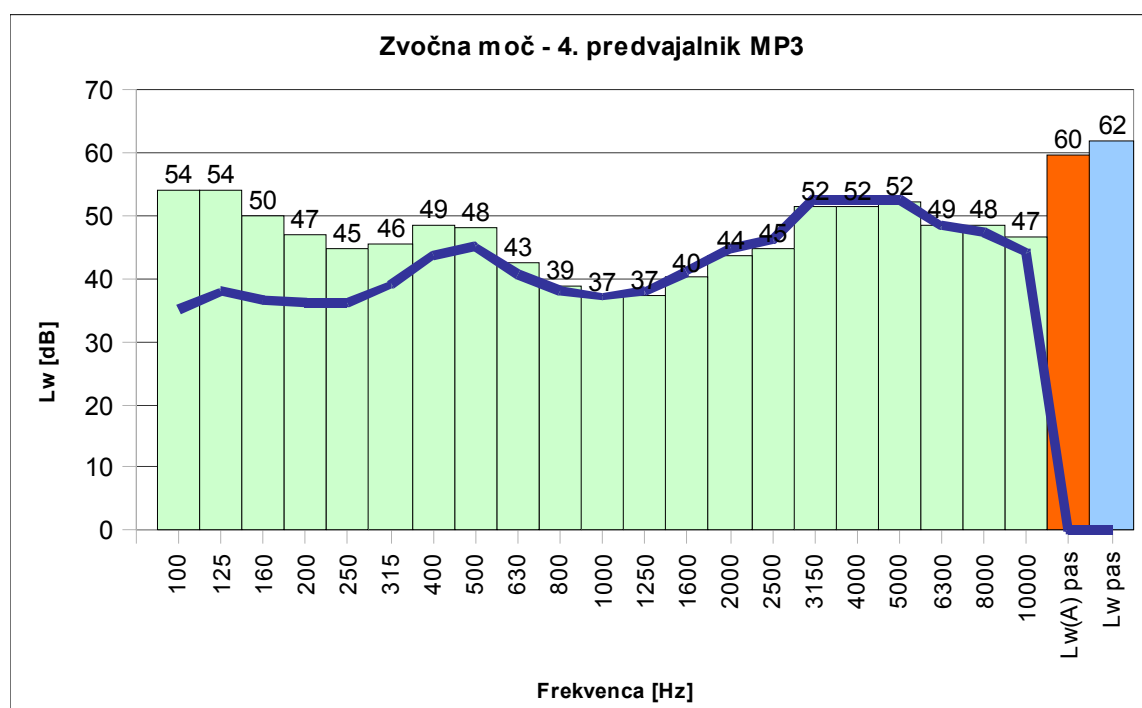
Graf 23: Rezultati meritev frekvenčne karakteristike zvočne moči – 2. predvajalnik MP3

Tretji grafikon 25 s karakteristike zvočne moči je podoben prejšnjim dvema, le da so vrednosti nekoliko višje za približno 2 dB.

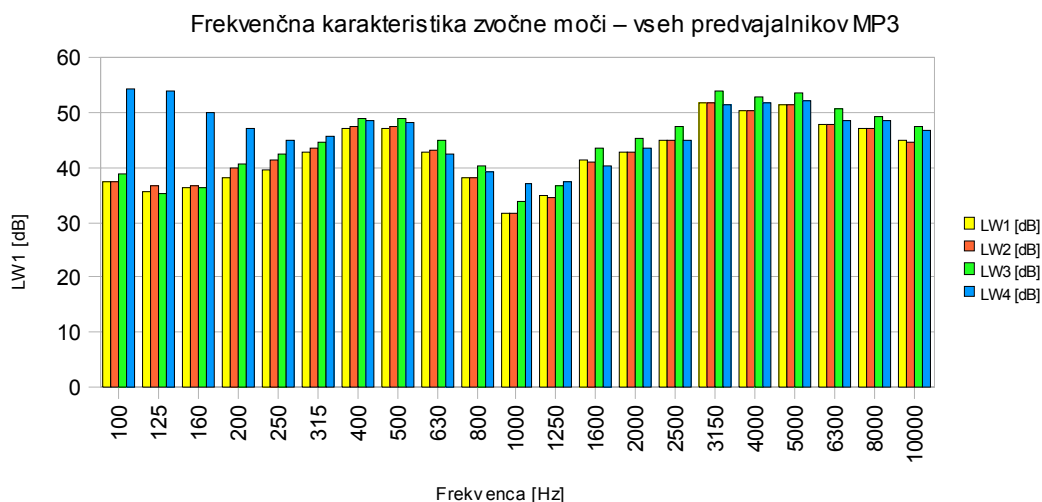


Graf 24: Rezultati meritev frekvenčne karakteristike zvočne moči – 3. predvajalnik MP3

Pri frekvenčne karakteristike zvočne moči za četrty MP3-predvajalnik (graf 26) je začetni del karakteristike bolj položen, kakor tudi sredina, s tem je bolj položna modra črta oziroma popravljena vrednost glede na A-karakteristiko občutljivosti človeškega ušesa.

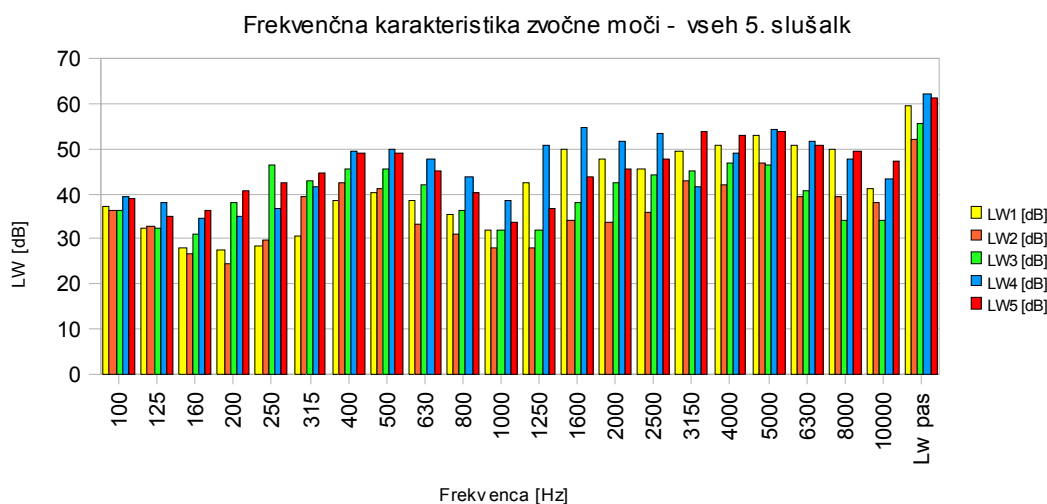


Iz frekvenčne karakteristike zvočne moči vseh MP3-predvajalnikov (graf 27) je bil četrti MP3-pretvornik najboljši nizkem in srednjem frekvenčnem pasu (najbolj enakomeren).



Graf 26: Rezultati meritev frekvenčne karakteristike zvočne moči – vseh predvajalnikov MP3

Iz frekvenčne karakteristike zvočne moči vseh slušalk (graf 28) so četrte slušalke bile najglasnejše v srednjem frekvenčnem pasu).



Graf 27: Rezultati meritev frekvenčne karakteristike zvočne moči – vseh 5. slušalk

4.3 Meritve v avdi vestibuloški ambulanti

V avdi vestibuloški ambulanti nas je gospa Dr. Lea Zupan prijazno sprejela. Povedala nam je, da imajo v njihovi ambulanti veliko dela s pacienti, ki imajo poškodovan sluh, oziroma imajo probleme z ušesom. Najpogostejše okvare sluha nastanejo pri kontinuiranih izpostavitvah v preglasnem okolju. Saj se zvočni dražljaji ciklično ponavljajo, kar ima za posledico zmanjšanja slušnega praga. Pri tem se najpogosteje zgodi pade praga v območju med 6 in 10 kHz s časoma se ta prestavi na nižje frekvenčno področje in ponavadi potrebujemo glasnejšo okolje za nemoteno sporazumevanje. Pri delu v npr. kakšnih tovarnah so delavci izpostavljeni zelo glasnem okolju in bi po predpisih morali nositi zaščitno opremo. Na nekaterih delovnih mestih za sluh ni poskrbljeno, pri nekaterih pa delavec sam noče uporabljati zaščitne opreme. S tem si sluh zelo uniči in že po kakšnem letu takšnega delovanja se njegov sluh ne more več regenerirati. Priporočljivo je, da delavci, ki delajo v takšnih tovarnah potrebujejo najmanj 16 ur, da se jih sluh obnovi. Možnost pa so tudi aktivni in neaktivni čepi, ki znižajo frekvenčno območje in zmanjšajo zvočno moč za 10-20 dB. Tudi na drugih delovnih mestih je problem, npr. v glasbi. Bobnarji so si pridobili pravico, da imajo po nekaj letih poklicno bolezen zaradi izpostavitve na hrupu. Zobozdravniki pa niso izpostavljeni glasnemu hrupu, temveč visokim frekvencam, ki jih oddajajo visoko frekvenčne turbine, katere uporabljajo. Ko se enkrat naredi taka poškodba, katere ne moremo več pozdraviti, nam pomagajo le še slušni aparati. Oni so zelo dober nadomestek oziroma, za poboljšanje zvoka. Slušni aparat je praktično ojačevalec, ki neke frekvence preoblikuje oziroma jih prilagodi, da jih lahko poškodovano uho lahko sliši. Kar je pa res, da vsaj večini ljudi ni prijetno nošenje slušnega aparata. Tudi njegova cena za eno uho je kar visoka saj se gibata med 300-1500 €.

Zanimalo nas je ali mladi raziskovalec Niky Grabant, ki sam dalj časa uporablja MP3-predvajalnik ima okvaro sluha in zaradi tega je preveril svoj sluh (slika 15) v tihi kabini **SAW2**. ta je narejena po standardu ISO 6189 in ISO 8253 (Avdiometrijske preizkusne metode) podala najvišje še dovoljene ravni okoliškega hrupa, da je meritev slušnega praga še točna. Ta kabina duši zunanji zvok s 44dB.

Vsak terek imajo v Splošni bolnišnici Celje oz. v avdi vestibuloški ambulanti preglede in možnost, da pacienti dobijo slušne aparate. Tako je bil prisotnem tudi Franci Urankar⁸ samostojni akustik za slušne aparate, ki nam je veliko povedal o tehnični plati aparatov, njihovih karakteristik, cen, meritev, uporabe in postopka kako izbrati ustrezen aparat. Za vsakega pacienta vzamejo odtis in se ušesni vložek individualno izdelata z računalnikom oz. z njim se izdelajo datoteke za 3D-tiskanje in se te natisnejo iz plastike na Danskem.

Meritve je potekala s pošiljanjem določenih frekvenc v slušalke, kjer je oseba v tihi kabini (slika 30) s pritiskom na gumb sporočila, osebju, da je slišalo zvok. Jakost zvoka se je povečala za korak 10 dB, dokler oseba za preizkušanje sluha ni slišala oddano frekvenco. Na koncu meritev so se posamezne vrednosti shranile v elektronski obliki in ustvarilo se je poročilo o merjenju. Meritve so bile opravljene po zračni poti. Pri prizadetem sluhu se meri še sluh po kostni poti in hkrati se nasprotno uho maskira z zvokom v nasprotni slušalki. Ker v našem primeru ni bil prizadet sluh raziskovalca Niky Grabant, nismo merili slišnost po kostni poti.

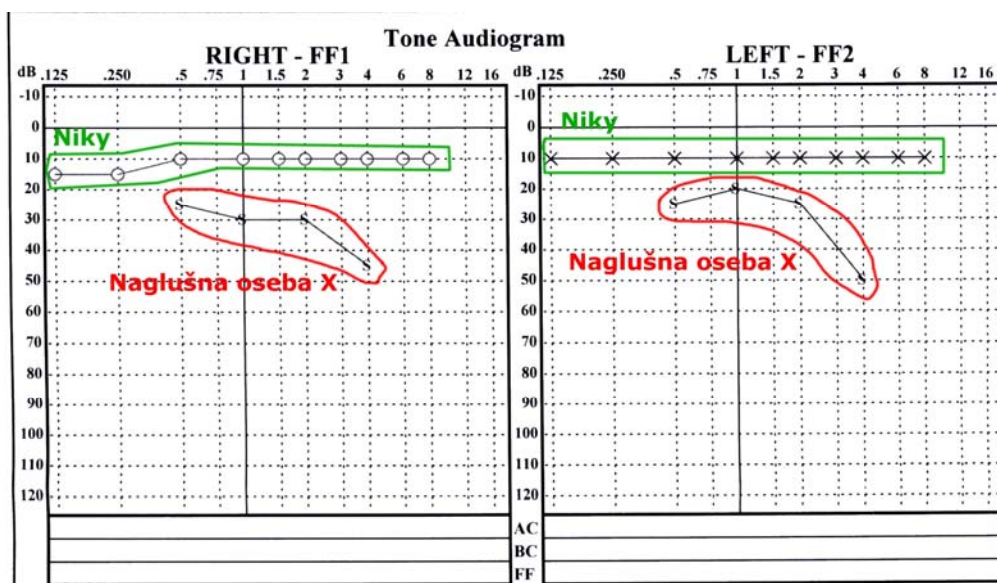
⁸ Iz podjetja widex.si/, ki ima spletni naslov: <http://www.widex.si>, 5. 3. 2008



Slika 27: Preverjanje sluha od Nikyja Grabanta v tihi kabini

Na osnovi merite se je izrisal avdiogram (graf 29). Na njem so na abscisni osi zapisane frekvence v kHz, v ordinati pa oddane jakosti zvoka na slušalkah v dB.

Na zgornjem delu avdiograma je skoraj položna karakteristika za oba ušesa (na desnem sliši Niky malo slabše). V spodnjem delu je primer avdiograma osebe, ki je naglušna in potrebuje pripomoček za sluh oz. slušni aparat.



Graf 28: Avdiogram Niky Grabanta (zgoraj na grafu) in naglušne osebe (spodaj na grafu)

Za popravljanje naglušnosti oz. slušne prizadetosti se uporabljajo različne vrste ušesnih vložkov, ki jim pravimo tudi olive.



Slika 28: Različni ušesni vložki (olive)

Danes poznamo tri glavne vrste slušnih aparatov: **zauheljni, vušesni, sluhovodni** (slika 29). Slušni aparat je elektronski pripomoček zauheljne ali vušesne oblike, v osnovi sestavljajo mikrofonski, slušalka (zvočnik) in ojačevalni blok, ki ga napaja majhna baterija. Zaradi razvoja digitalne tehnologije in napredka elektronike, so danes slušni aparati tako majhni, da so v sluhovodu skoraj nevidni. Kljub majhnosti ni kakovost predvajanega zvoka nič slabša. Predvajanje zvoka je primerljivo z jasnostjo zvoka z zgoščenke.



Slika 29: Tri glavne vrste slušnih aparatov: sluhovodni, vušesni, zauheljni (z leve proti desni)

Čeprav slušni aparat uporabniku ne more povrniti normalnega sluha, mu lahko v veliki meri pomaga premagati težave, ki jih ima zaradi okvare. Eden najpogostejših problemov, s katerimi se srečujejo uporabniki slušnih aparatov, je moteči hrup v ozadju. Računalniška vezja oz. mikrokontrolerji, ki so danes sestavni del najbolj izpopolnjenih slušnih aparatov, so sposobni zmanjšati hrup in učinkovito, enostavno in samodejno poudariti govor.

Obisk v avdiovestibuloški ambulanti pri Dr. Lea Zupan in Franciju Urankarju, je bil zelo zanimiv in poučen (slika 30).



Slika 30: Na obisku v avdiovestibuloški ambulanti: Nedeljko Grabant, Niky Grabant, Dr. Lea Zupan, Franci Urankar (z leve proti desni)

5 RAZPRAVA

Predelali smo kar nekaj člankov, knjig, raznih zapisov in internetnih strani. Ugotovili smo, da MP3 predvajalniki škodujejo sluhu. Namen je bil, da bi raziskali delovanje MP3-predvajalnika. Podatkov je bilo zelo malo saj to področje večinoma ni raziskano. Nekateri podatki, ki pa smo ji našli, so bili v tujem jeziku. Zato smo si pomagali s prevajanjem iz tujih jezikov v materinščino.

Lotili smo se metode anketiranja s katero smo ugotovili razširjenost uporabe MP3-predvajalnikov. Anketo smo razdelili med učence stare med 10 let in 18 let. Največ uporabnikov MP3-predvajalnikov je starih med 14 ali 15 let. Večina anketiranih, ki ne uporabljajo MP3-predvajalnika poslušajo glasbo prek CD-predvajalnika ali računalnika. 1/3 učencev ima MP3-predvajalnik več, kot eno leto. Druga tretjina uporablja MP3-predvajalnik 2-3 leta, drugi pa ga imajo manj kot eno leto. Majhen odstotek anketiranih pa uporablja MP3-predvajalnik več kot 3 leta. Polovica anketiranih uporablja MP3-predvajalnik 1 uro na dan. Tretjina anketiranih uporablja MP3-predvajalnik manj kot eno uro na dan. Preostanek anketiranih pa uporablja MP3-predvajalnik 2 uri ali več na dan. Polovica anketiranih ne uporablja MP3-predvajalnika v šoli, saj uporaba le tega ni dovoljena. Malo manj, kot polovica anketiranih včasih uporablja MP3-predvajalnik v šoli, ker so dežurni. Majhen odstotek anketiranih, ki jim je dolgčas med odmori vedno uporablja MP3-predvajalnik v šoli. Več, kot polovica anketiranih včasih uporablja MP3-predvajalnik doma, ker se lažje pomirijo in naredijo domačo nalogo. Tretjina anketiranih vedno uporablja MP3-predvajalnik doma, preostali pa raje poslušajo glasbo prek računalnika. Največ anketiranih poslušajo glasbo prek MP3-predvajalnika na glasnosti 15-20. Večji odstotek oz. 90 % anketirancev meni, da je stopnja glasnosti normalna, če pa se jim zdi prevelika jo temu ustrezno zmanjšajo. Samo 10 % meni, da je glasnost prevelika, saj ne slišijo zvoka iz okolice. Večina anketiranih ima občutek, da MP3-predvajalniki pozitivno vplivajo nanje, saj jih sproščajo. Nekaj anketiranih pa meni, da MP3-predvajalniki negativno vplivajo nanje, saj jih včasih bolijo ušesa ali glava. Presenetljivo pa je bilo, da polovica anketiranih sploh ne ve kakšne znamke je njihov MP3-predvajalnik. 1/3 anketiranih ve, da so v nekaterih državah evropske unije zmanjšali jakost na 100 dB. Več, kot polovica bi še vedno uporabljala MP3-predvajalnik, četudi bi vedela, da škodujejo sluhu, vendar bi zmanjšala z uporabo MP3-predvajalnika. Manjšina pa bi popolnoma prenehala z uporabo. Polovici anketiranih MP3-predvajalnik kupijo starši ali sorodniki, druga polovica anketiranih pa si MP3-predvajalnik kupi kar sama. Več, kot polovica anketiranih pri nakupu upošteva kvaliteto MP3-predvajalnika, ostali pa pri nakupu upoštevajo ceno, glasnost in spomin.

Vsaj polovica uporabnikov uporablja MP3-predvajalnik na preveliki jakosti. To hipotezo smo potrdili, saj več kot polovica uporabnikov MP3-predvajalnikov poslušajo glasbo prek MP3-predvajalnika z glasnostjo 15 in več.

Velika večina uporabnikov, ki uporabljajo MP3-predvajalnike je med 14. in 18. letom. To hipotezo smo potrdili, saj je bilo več, kot pol anketiranih uporabnikov MP3-predvajalnikov starih nad 14. let.

Vsaj 80 % uporabnikov poslušajo večino časa skladbe na najvišji jakosti. To hipotezo smo ovrgli, saj glasbo na najvišji jakosti prek MP3-predvajalnika poslušajo le 16 % vseh anketiranih.

Populacija med 14 in 18 letom uporablja MP3 predvajalnike vsaj 3 ure na dan. To hipotezo smo ovrgli, saj večina uporablja MP3-predvajalnike manj, kot 2 uri na dan.

Če bi ljudje, ki uporabljajo MP3-predvajalnik vedeli za okvare sluha, bi ga manj uporabljali, oziroma zmanjšali njegovo jakost. To hipotezo smo potrdili, saj je večina anketirancev odgovorila, da bi zmanjšala oziroma prenehala z uporabo MP3-predvajalnika.

Pri različnih MP3-predvajalnikih oznaka za jakost ne pomeni isto na vsakem predvajalniku (v dB). To hipotezo smo potrdili, saj ima vsaka znamka svojo jakost in svojo stopnjo glasnosti.

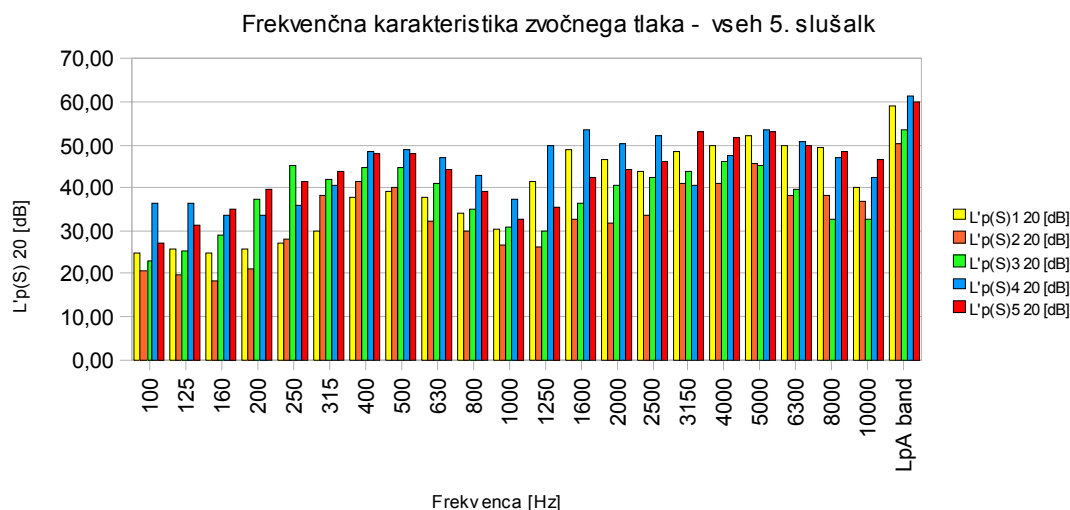
Vsaj 90 % uporabnikov MP3-predvajalnikov ne prebere priporočil glede jakosti predvajanja teh naprav, kot jih priporoča proizvajalec. To hipotezo smo potrdili, saj je anketa pokazala, da navodila prebere le 1,7 % anketiranih.

Od cene je odvisna tudi kapaciteta MP3-predvajalnika, če primerjamo dva predvajalnika s kapaciteto 1 GB, so na našem trgu cene med 30-120 €.

Podjetje Apple, ki je zaslovelo z njihovim modelom iPod, ima zelo veliko ceno. Za njihov MP3-predvajalnik iPod 1GB brez zaslona je potrebno odšteti 90 €, kar je zelo velika cena. iPod model s kapaciteto 1GB in zaslonom stane okrog 120 €. Ta cena je zelo visoka v primerjavi z navadnim MP3-predvajalnikom z zaslonom in kapaciteto 1GB, ki stane med 30 - 40 €.

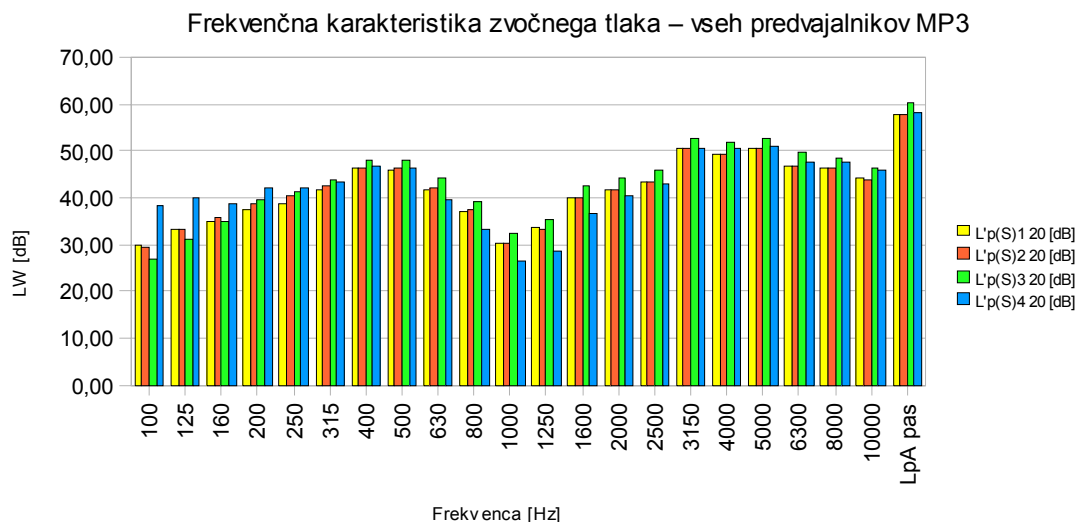
Za vsake slušalke smo dobili različne grafe. Te grafe smo obdelali in jih uredili v preglednice. Ugotovili smo, da so si vse slušalke podobne. Ne samo po ceni, med sabo se ločijo tudi po kvaliteti izdelave in kakovosti oddajanja zvoka. Priporočamo, da bi si naj ljudje, ki uporabljajo MP3-predvajalnik priskrbeli, večje slušalke, ki ne gredo v sluhovod. Saj leto štiti uho in sluh pred napačnimi zvoki, oziroma toni, ki uničujejo bobnič. Take slušalke niso dokončna zaščita. Zraven je potrebno je poslušanje MP3-predvajalnika na zmerni jakosti oziroma da uporabnik sliši nemoteno okolje. Ker prekomerno uporablja MP3-predvajalnik zelo škoduje sluhu, tudi priporočamo da ga naj doma ne uporabljajo ampak da poslušajo kolikor se da na zvočnike oziroma na drugih napravah, ki ne usmerjajo zvoka direktno v uhelj. Nekateri MP3-predvajalniki imajo funkcijo za preprečitev preglasnega zvoka oziroma da si lahko nastavimo, da lahko uporabljamo MP3-predvajalnik samo na določeni jakosti. To pomaga, da sluh ostane nepoškodovan, seveda pa more biti jakost pravilno izbrana. Saj če je jakost izbrana na previsoki ravni nam ta tudi ne pomaga. Možnost pa je tudi, da bi naj populacija uporabljala slušalke, ki ne vodijo direktno v uhelj, temveč so samo naslonjene k ušesu (velike slušalke). Pri meritvah s takimi slušalkami smo videli, kar veliko odstopanje saj te slušalke zvoke ne usmerjajo direktno v sluhovod temveč se porazdeli po uhlju. To je zelo pozitivno, ampak se pojavi slaba stran teh slušalk, če na primer človek gleda le na trenutni modni trend oziroma sam izgled ni tako lep. Druga stvar pa je da niso tako praktične saj se snemajo iz uhlja hitreje, ko pa tiste ko vodijo direktno v sluhovod. Tako, da še do zdaj niso izumili slušalk, ki bi ustrezale vsem tem pogojem. Nekateri so res boljše so pa zato tako drage da je treba za njih seči z roko krepko v žep, tako da tudi take niso vedno boljše od cenejši.

Frekvenčna karakteristika zvočnega tlaka, ki smo jo merili z oddajanjem slušalk je bila najbolj enakomerna pri petih slušalkah (graf 30).



Graf 29: Frekvenčna karakteristika zvočnega tlaka, ki so oddajale vse slušalke

Glede na največjo občutljivost ušesa in frekvenčno območje pomembno za sporazumevanje (med 1 kHz in 4 kHz) je bil tretji MP3-predvajalnik najboljši (graf 31). MP3-predvajalniki škodujejo sluhu. To hipotezo smo potrdili, saj več kot polovica populacije uporablja MP3-predvajalnik na preveliki stopnji jakosti in sistem uničuje sluh.



Graf 30: Frekvenčna karakteristika zvočnega tlaka vseh štirih MP3-predvajalnikov

Potrdili smo domnevo, da čeprav je zvočna energija majhna ima zelo velik učinek na zaznavanje in nam zelo pomaga kot čutilo. Če bi ostali brez sluha, bi izgubili 12 % zaznavanj iz okolja. Sicer se zdi da to ni tako veliko v primerjavi z vidom, ampak je vseeno. Predstavljajte si, da nikoli več v življenju ne zaznate zvoka. Z zdravnico smo se pogovarjali in ugotovili, da ljudje, ki so nemi imajo ogromne probleme. Že v orientaciji se pojavi zelo velik problem.

6 ZAKLJUČEK

Pri iskanju informacij smo predelali kar nekaj člankov, knjig, informacij o različnih formatih zvočnih zapisov ter internetnih strani o uporabi MP3-predvajalnikov, sluhu in naglušnosti. Metode našega dela so poleg anketiranja uporabnikov MP3-predvajalnikov bile še akustične meritve na samih predvajalnikih in slušalkah podprte z audiološkimi meritvami na uporabniku MP3-predvajalnika.

Po opravljeni anketi, ki je potrdila našo domnevo o prepogosti in nepravilni uporabo smo bili dodatno motivirani, da smo skrbno in natančno pristopili k izvajanju meritev na MP3-predvajalnikih.

Meritve smo opravili v neodmevni (polgluhi) komori Akustičnega laboratorija v Gorenju d. d. Izmerili smo raven zvočnega tlaka in določili raven zvočne moči, ki jih oddajo različni MP3-predvajalniki s pomočjo slušalk.

Po preučitvi različnih člankov in standardov o akustičnih meritvah tovrstnih naprav smo zvedeli, da zvok doseže slušni organ v centru naše glave po dveh različnih poteh: to je direktno po sluhovodu in strukturalno po kosteh glave in čeljusti. Za postavitev takšnih, resničnih pogojev uporabe smo potrebovali standardizirani tako imenovani »merilni torzo«. Ker bi nanj iz firme B&K na Danskem čakali še 4 mesece smo se spomnili, da bi uporaba prave človeške lobanje lahko bila zelo dober nadomestek merilnega pripomočka, celo bi lahko ustvarili bolj realne merilne pogoje. Uspelo nam je dobiti pravo človeško lobanjo. V njeno sredino smo postavili merilni mikrofoni in potem izvedli različne akustične oz. audiološke meritve. Vzporedno smo na polkrogli s dvajsetimi mikrofoni določali zvočno moč, ki jo oddajajo slušalke.

Rezultati so nedvoumno pokazali, da MP3-predvajalniki škodujejo sluhu, če ga poslušamo preglasno, v našem primeru na najvišji nastavitvi za glasnost. To hipotezo smo potrdili, saj smo iz ankete izvedeli, da več kot polovica populacije uporablja MP3-predvajalnik na preveliki stopnji jakosti in si s tem očitno uničujejo sluh. V neki meri se to lahko omili, če med poslušanjem delamo več urne presledke. O poškodbi sluha nam je dr. Lea Zupan povedala lepo primerjavo nekega strokovnjaka: »Sluh je kot trava, če se enkrat pohodi se čez noč poravna in vrne v začetni oz. poravnan položaj, če to počnemo vsak dan preneha rasti in je ni več«.

Odgovor o možnih poškodbah sicer ni preprost, saj so meje prevelike glasnosti, ki povzročajo poškodbe individualno odvisne od starosti, časa izpostavljenosti, zgradbe oz. fiziologije posameznika, delovnega okolja, fizičnega in psihičnega počutja poslušalca. Pomemben je preprost nasvet, da daljši čas ne poslušamo glasbo preveč na glas in vmes vedno omogočimo sluhu, da se spočije (po večji glasnosti je to okoli 16 ur).

Zanimivo je da bi več, kot polovica anketirancev še vedno uporabljala MP3-predvajalnik, četudi bi vedela, da škodujejo sluhu, vendar bi zmanjšala samo uporabo MP3-predvajalnika, le manjšina bi popolnoma prenehala z uporabo.

Na podlagi meritev smo ugotovili razliko med posameznimi MP3-predvajalniki in različnimi slušalkami. Ugotovili smo, da so lastnosti slušalk podobne. Ne le cena, ki jih med seboj ločuje, pomembnejša je kakovosti zvoka. Slušalke, ki pokrijejo ali zaobjamejo celo uho imajo ponavadi večjo membrano ter s tem lažje proizvajajo nizkofrekvenčni zvok, kar da lepši in polnejši zvok in hkrati s tem ni več potrebno preglasno poslušanje, kar lahko zmanjša možnost poškodbe sluha. Saj se naprej okvari območje slišnosti višjih frekvenc med 6 - 10 kHz in se pozneje to območje prestavi na nižje frekvenčno področje. Ko ta doseže območje med 1 - 4 kHz, ki je najpomembnejše za razumevanje govora, oseba zazna da je naglušna.

Kakovost predvajanja zvoka oz. frekvenčnega območja z različnimi merjenimi MP3-predvajalniki je delno različna. Iz frekvenčne karakteristike zvočnega tlaka in zvočne moči vseh MP3-predvajalnikov je bil četrti MP3-predvajalnik najboljši na nizkem in srednjem

frekvenčnem pasu (najbolj enakomeren s poudarjenimi »basi«). Ker ta ni bil najdražji temveč srednji cenovni razred, iz tega ne moremo sklepati, da cena naprave ima direktni vpliv na kakovost predvajanega zvoka. Na kakovost in uporabnost MP3-predvajalnika vpliva tudi prijaznost uporabe, možnosti ki jo naprava nudi, velikosti spominskega prostora, videz itn... Priporočamo, da bi si naj ljudje, ki uporabljajo MP3-predvajalnik priskrbeli prevleke, ki gredo čez slušalke in s tem zadušijo nekaj zvoka. Prevleke sicer niso dolgoročna rešitev, bolje je poslušanje MP3-predvajalnika na zmerni jakosti, oz. da uporabnik sočasno lahko sliši zvoke iz okolja.

Priporočamo, da se glasba doma posluša na zvočnikih oziroma na napravah, ki ne usmerjajo zvoka neposredno v slušni kanal tako, da se zmanjša raven zvočnega tlaka, ki pride do bobniča in s tem raven zvoka, ki lahko povzroči poškodbo sluha.

In kaj pa če pride do naglušnosti? Priporočamo, da si oseba čim prej nabavi slušni aparat. Kljub dejstvu, da imajo ljudje veliko predsodkov glede uporabe slušnih aparatov (da je ta pripomoček le za stare osebe, da ti pripomočki na osebi čudno izgledajo...).

Padec slušnega praga je počasen vendar neizprosni proces in ponavadi potrebuje 10 let, da se ta razvije in potem preraste v določeno stopnjo naglušnosti (slika 31).



Slika 31: Zauheljni slušni aparat

Zaradi težje možnosti normalnega sporazumevanja z okolico se naglušne osebe vedno bolj izolirajo od okolice, so v zadregi, ker ne slišijo. Kakovost njihovega življenja se bistveno osiromaši, zoži se socialno okolje.

To pa ni edina posledica preglasnega poslušanja. Vsakodnevno poslušanje povzroča dvigovanje ravni adrenalina, posledično krvnega tlaka, ravni sladkorja, frekvence bitja srca in posledično uporabnika sili v stanje »bojne pripravljenosti«, kar na daljši rok utruja vse vitalne človeške funkcije. Lahko bi rekli, da se prej postaramo...

Da ne pride do tega priporočamo zmerno glasnost pri poslušanju MP3-predvajalnikov in drugih virov (zvočil) zvoka. Preventiva je boljše kot kurativa (preprečiti je boljše kot zdraviti). Zanimivo je da se zvok, ki ga proizvaja gong ali harfa, uporablja tudi za zdravljenje stresnih in psihično neuravnovešenih stanj.

7 POVZETEK

Namen te raziskovalne naloge je bila želja po ugotovitvi, ali je resnična domneva, da MP3-predvajalniki škodujejo sluhu. Iz različnih virov smo preučevali teorijo zvoka, sluh, bolezni oziroma poškodbe sluha, delovanje MP3-predvajalnika, in vse to smo preverili s praktičnim delom. Z metodo anketiranja smo raziskali razširjenost uporabe MP3-predvajalnika. Z njo smo želeli ugotoviti, ali se populacija, ki uporablja MP3-predvajalnik, sploh zaveda, da je škodljivo, če ga poslušajo na preveliki jakosti zvoka. V akustičnem laboratoriju podjetja Gorenje, d. d., smo izvedli akustične meritve (določanje zvočne moči in zvočnega tlaka) različnih MP3-predvajalnikov in slušalk. Ugotovili smo, da imajo različni MP3-predvajalniki različne moči predvajanja. Škodljivi vpliv je odvisen od fiziologije poslušalca, stopnje glasnosti na katerem uporabljamo MP3-predvajalnik in od časa izpostavljenosti zvoku. Po evropskih normativih je največja dovoljena zvočna moč, ki jo MP3-predvajalniki lahko dosežejo, 100 dB (pri naši merilni metodi je ta meja 70 dB). Če to moč primerjamo z normami v Ameriki, da so ta zelo popustljivi, saj njihovi MP3-predvajalniki dosežejo zvočno moč tudi do 130 dB. Dober sluh je še zmeraj zelo pomemben za nemoteno in pravilno komunikacijo. Saj če bi izgubili sluh, bi bili prikrajšani za 12 % čutnih zaznav. Sluh nam razen komunikacije omogoča tudi lahko orientacijo in izogib raznim nevarnostim.

Vsem uporabnikom MP3-predvajalnikov priporočamo, da ne poslušajo zelo glasno oziroma nad 80 % od stopnje moči, ki jo podpira njihov MP3-predvajalnik. Najbolj priporočljivo bi sicer bilo, da bi ga uporabljali tako, da bi nemoteno slišali pogovor oziroma dogajanje med ljudmi oz. na cesti. S tem nam bo naš sluh ostal „hvaležen“, kar pa je najbolj pomembno, da bomo dalj časa imeli odličen sluh.

8 ZAHVALA

Zahvaljujeva se:

- Mentorjema g. Nedeljku Grabantu in g. dr. Nikoli Holeček, ki sta naju spodbujala in nama vztrajno pomagala skozi celoten postopek pri raziskovalni nalogi.
- OŠ Gustava Šiliha in OŠ Šalek za vso podporo.
- Dr. Lea-ji Zupan, ki nama je omogočila srečanje v katerem smo odšli na oddelek ORL in imeli pregled nad njihovimi aparaturami. Gospa Lea-a nama je tudi povedala o poškodbah sluha in o delu, ki ga opravljajo na njihovem oddelku.
- g. Franciju Urankarju akustiku za slušne aparate, ki nama je veliko povedal njihovem delovanje, njihovi uporabo in merjenju poškodbe sluha.
- g. Roku Janžovniku, ki nama je pomagal pri laboratorijskih meritvah v Gorenje d. d.
- ga. Metki Vajdič za letoriranje.

Hvala vsem
Niky in Maruša

9 VIRI IN LITERATURA

Knjige:

[1] <http://sl.wikipedia.org/wiki/Zvok>, 12. 1. 2008

ATLAS klasične in moderne FIZIKE, Hans Breuer, Rosemarie Breuer, DZS 1993

[2] Slikovni pojmovnik fizika, Chris Oxlade, Corinne Sotckley, Jane Wertheim, oblikovali
Chris Scollen, Stephen Wright, Roger Berry, Tehniška založba Slovenije 1991

[3] Vodnik po telesu, dr. Tony Smith, DZS 1996

[4] Tehnična Akustika Mirko Čudina Ljubljana 2001 Fakulteta za Strojništvo

Spletne strani:

<http://www.bksv.com/pdf/Bp0521.pdf>, 15.2.2008

<http://en.wikipedia.org/wiki/Spineshank>, 10. 3. 2008

<http://www.widex.si>, 5. 3. 2008

10 O AVTORJIH

Sem Niky Grabant star 15 let. V prostem času se ukvarjam s »hecanjem« staršev in pa z rolkanjem. Hodim na osnovno šolo Gustava Šiliha v Velenju. Trenutno delam raziskovalno nalogo o MP3-predvajalnikih, ki mi krajša čas in v njej uživam. Ideja o njej se mi je zdela zanimiva saj delam raziskovalno nalogo prvič.

Sem Maruša Rihar in stara 15 let. Hodim v 9. razred osnovne šole Gustava Šiliha. V prostem času se ukvarjam s petjem in z bordanjem. Kot dodaten konjiček sem s izbrala raziskovalno noalogo o MP3-predvajalnikih, o katerih sem se veliko naučila. Naloga se mi zdi zelo zanimiva.



Slika 32: Maruša Rihar in Niky Grabant