



УНИВЕРЗИТЕТ „СВ. КИРИЛ И МЕТОДИЈ“  
ФИЛОЗОФСКИ ФАКУЛТЕТ – СКОПЈЕ  
ИНСТИТУТ ЗА ДЕФЕКТОЛОГИЈА



**КЛИНИЧКА ВАЛИДАЦИЈА НА ФОНЕТСКИ БАЛАНСИРАНИ  
ЛИМИНАРНИ И СУПРАЛИМИНАРНИ ТЕСТОВИ ЗА ПРОЦЕНА  
НА ИНТЕЛИГИБИЛНОСТА НА ГОВОРОТ**

- докторска дисертација -

Кандидат:  
м-р Лидија Ристовска

Ментор:  
проф. д-р Зора Јачова

СКОПЈЕ  
ноември, 2020

м-р Лидија Ристовска

## **КЛИНИЧКА ВАЛИДАЦИЈА НА ФОНЕТСКИ БАЛАНСИРАНИ ЛИМИНАРНИ И СУПРАЛИМИНАРНИ ТЕСТОВИ ЗА ПРОЦЕНА НА ИНТЕЛИГИБИЛНОСТА НА ГОВОРОТ**

Комисија за оцена на  
докторската дисертација:

1. д-р Зора Јачова, редовен професор, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Филозофски факултет, Институт за дефектологија
2. д-р Јасмина Ковачевиќ, редовен професор, Универзитет во Белград, Факултет за специјална едукација и рехабилитација
3. д-р Владимир Трајковски, редовен професор, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Филозофски факултет, Институт за дефектологија
4. д-р Даниела Димитрова-Радојичиќ, редовен професор, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Филозофски факултет, Институт за дефектологија
5. д-р Људмил Спасов, редовен професор, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Филолошки факултет „Блаже Конески“, Катедра за македонски јазик и јужнословенски јазици

*Ја изразувам мојата голема благодарност кон мојот ментор, проф. д-р Зора Јачова, за нејзината помош и поддршка нашите идеи да станат реалност.*

*Изразувам голема благодарност и кон г-ѓа Ленче Смилевска и г. Владо Денчов од Македонската радио-телевизија кои ги снимиле листите на зборови со кои се изведува говорната аудиометрија.*

## СКРАТЕНИЦИ

<b>ABG</b>	= Air-bone gap (воздушно-коскен процеп)
<b>AC</b>	= Air conduction (воздушна спроводливост)
<b>AI</b>	= Articulation index (артикулациски индекс)
<b>AI</b>	= Audibility index (индекс на аудибилност)
<b>ANSI</b>	= American National Standards Institute (Американски национален институт за стандарди)
<b>ASHA</b>	= American Speech-Language-Hearing Association (Американска асоцијација за говор, јазик и слух)
<b>BC</b>	= Bone conduction (коскена спроводливост)
<b>BEL</b>	= Basic English Lexicon Sentences Test
<b>BKB</b>	= Bamford-Kowal-Bench Test
<b>BKB-SIN</b>	= Bamford-Kowal-Bench Speech in Noise Test
<b>CASPA</b>	= Computer-Assisted Speech Perception Assessment Test
<b>CCT</b>	= California Consonant Test
<b>CID</b>	= Central Institute for the Deaf (Централен институт за глуви)
<b>CNC</b>	= Consonant – nucleus – consonant (консонант – нуклеус – консонант)
<b>CST</b>	= Connected Speech Test
<b>CUNY</b>	= City University of New York Sentences Test
<b>CUNY-NST</b>	= City University of New York Nonsense Syllable Test
<b>dB SPL</b>	= dB sound pressure level (dB ниво на звучен притисок)
<b>DR</b>	= Dynamic range (динамичен опсег)
<b>EARS</b>	= Evaluation of auditory responses to speech protocol (Протокол за евалуација на аудитивни одговори на говор)
<b>EHFA</b>	= Extended high-frequency audiometry (проширена високофреквентна аудиометрија)
<b>EML</b>	= Effective masking level (ефективно маскирачко ниво)
<b>ESP</b>	= Early Speech Perception Test
<b>FFT</b>	= Fast Fourier transform (брза Фуриерова трансформација)
<b>HINT</b>	= Hearing in Noise Test
<b>HL</b>	= Hearing level (ниво на слух)
<b>IA</b>	= Interaural attenuation (интераурална атенуација)
<b>IPA</b>	= International phonetic alphabet (меѓународна фонетска азбука)
<b>ICRA</b>	= International Collegium of Rehabilitative Audiology (Интернационален колегиум за рехабилитатиска аудиологија)
<b>KB</b>	= консонант-вокал
<b>LDL</b>	= Loudness discomfort level (ниво на непријатна гласност)
<b>LNT</b>	= Lexical Neighborhood Test
<b>LPC</b>	= Linear predictive coding (линеарно предиктивно кодирање)
<b>LTASS</b>	= Long-term average speech spectrum (долговременски просечен спектар на говорот)
<b>MCL</b>	= Most comfortable loudness level (најпријатно ниво на гласност)
<b>MLV</b>	= Monitored live voice (мониториран глас во живо)
<b>MRT</b>	= Modified Rhyme Test
<b>NIHL</b>	= Noise-induced hearing loss (редукција на слухот предизвикана од бучава)

<b>NST</b>	= Nonsense Syllable Test
<b>NU-6</b>	= Northwestern University Auditory Test No. 6
<b>NU-CHIPS</b>	= Northwestern University-Children's Perception of Speech Test
<b>OE</b>	= оклузивен ефект
<b>PAL</b>	= Psychoacoustic Laboratory (психоакустична лабораторија)
<b>PB</b>	= Phonetic balanced (фонетски балансирани)
<b>PBK</b>	= Phonetically Balanced Kindergarten Test
<b>PSI</b>	= Pediatric Speech Intelligibility Test
<b>PTA</b>	= Pure tone average (просечна вредност на прагот на слухот)
<b>PTS</b>	= Permanent threshold shift (трајно кревање на прагот)
<b>QuickSIN</b>	= Quick Sentence in Noise Test
<b>RCL</b>	= Range of comfort loudness (опсег на пријатна гласност)
<b>RMCT</b>	= Rhyming Minimal Contrasts Test
<b>RR</b>	= Rollover ratio (сооднос „rollover“)
<b>SAT</b>	= Speech awareness threshold (праг на свесност за говорот)
<b>CD</b>	= Стандардна девијација
<b>SDS</b>	= Speech discrimination score (скор на дискриминација на говорот)
<b>SDT</b>	= Speech detection threshold (праг на детекција на говорот)
<b>SII</b>	= Speech intelligibility index (индекс на интелигибилност на говорот)
<b>SNR</b>	= Signal-to-noise ratio (сооднос сигнал/шум)
<b>SNR</b>	= Speech-to-noise ratio (сооднос говор/шум)
<b>SL</b>	= Sensation level (ниво на сензација)
<b>SPIN</b>	= Speech Perception in Noise Test
<b>SRT</b>	= Speech recognition threshold (праг на препознавање на говорот)
<b>SRT</b>	= Speech reception threshold (праг на рецепција на говорот)
<b>SSI</b>	= Synthetic Sentence Identification Test
<b>STI</b>	= Speech transmission index (индекс на трансмисија на говорот)
<b>СЗО</b>	= Светска здравствена организација
<b>TD</b>	= Threshold of discomfort (праг на некомфорност)
<b>ТЛА</b>	= Тонална лиминарна аудиометрија
<b>TTS</b>	= Temporary threshold shift (времено кревање на прагот)
<b>UCL</b>	= Uncomfortable loudness level (непријатно ниво на гласност)
<b>ВК</b>	= вокал-консонант
<b>VOT</b>	= Voice onset time (време на настапување на звучност)
<b>VTMR</b>	= Verbal Tasks and Motor Responses Test
<b>VU meter</b>	= Volume Unit meter (мерач за единица на волумен)
<b>WIPI</b>	= Word Intelligibility by Picture Identification Test
<b>WRS</b>	= Word recognition score (скор на препознавање на зборовите)
<b>W3FA</b>	= Weighted three-frequency average (пондерирана средна вредност на прагот на слухот на три фреквенции)

## СОДРЖИНА

СКРАТЕНИЦИ.....	4
РЕЗИМЕ.....	9
ABSTRACT.....	11
ВОВЕД.....	13
<b>I ТЕОРЕТСКИ ОСНОВИ НА ПРОБЛЕМОТ.....</b>	<b>15</b>
1. АУДИОЛОШКА ПРОЦЕНА НА ЛИЦАТА СО РЕДУКЦИЈА НА СЛУХОТ.....	15
1.1. Тонална лиминарна аудиометрија.....	15
1.1.1. Основни компоненти и функции на аудиометарот.....	19
1.1.2. Праг на слухот при воздушна спроводливост на тоновите.....	21
1.1.3. Праг на слухот при коскена спроводливост на тоновите.....	25
1.1.4. Транскранијална атенуација и маскирање.....	28
1.2. Аудиометриски дескриптори на редукцијата на слухот.....	34
1.2.1. Тип на редукција на слухот.....	35
1.2.2. Степен на редукција на слухот.....	38
1.2.3. Аудиометриска конфигурација.....	39
1.3. Интерпретација на аудиограмот.....	43
1.4. Артикулациски индекс.....	46
2. ПРОДУКЦИЈА И ПЕРЦЕПЦИЈА НА ГОВОРОТ.....	48
2.1. Фонациско-кинестетски аспекти на говорот.....	49
2.1.1. Артикулација.....	53
2.1.2. Коартикулација.....	58
2.2. Поделба на гласовите во македонскиот јазик.....	61
2.2.1. Поделба на вокалите.....	62
2.2.2. Поделба на консонантите.....	62
2.3. Акустична структура на гласовите.....	63
2.3.1. Акустична структура на вокалите.....	66
2.3.2. Акустична структура на консонантите.....	70
2.4. Перцепција на говорот.....	75
2.5. Интелигибилност на говорот.....	80

3. ГОВОРНА АУДИОМЕТРИЈА.....	82
3.1. Развој на говорната аудиометрија.....	83
3.2. Презентирање на говорните стимули.....	87
3.2.1. Презентирање со мониториран глас во живо.....	87
3.2.2. Презентирање на снимен материјал.....	89
3.3. Лиминарни и супралиминарни мерења.....	90
3.3.1. Праг на детекција на говорот.....	90
3.3.2. Праг на препознавање на говорот.....	92
3.3.3. Скор на препознавање на зборовите.....	98
3.3.4. Најпријатно ниво на гласност и праг на некомфорност.....	106
3.4. Процедури за маскирање.....	108
3.5. Тестови за говорна аудиометрија.....	110
3.5.1. Тестови со еднословни зборови.....	111
3.5.2. Тестови со двословни зборови.....	117
3.5.3. Тестови со реченици.....	121
3.5.4. Тестови со говор во бучава.....	123
3.6. Критериуми за релијабилност на тестовите.....	129
3.6.1. Избор на познати зборови.....	129
3.6.2. Фонетски баланс.....	131
3.6.3. Хомогеност во однос на аудибилноста.....	133
<b>II МЕТОДОЛОГИЈА НА ИСТРАЖУВАЊЕТО.....</b>	<b>137</b>
1. ПРЕДМЕТ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО.....	137
2. ЦЕЛ И КАРАКТЕР НА ИСТРАЖУВАЊЕТО.....	137
3. ЗАДАЧИ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО.....	137
4. ХИПОТЕЗИ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО.....	138
5. ВАРИЈАБЛИ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО.....	139
6. МЕТОДИ, ТЕХНИКИ И ИНСТРУМЕНТИ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО.....	139
7. ПОПУЛАЦИЈА И ПРИМЕРОК.....	140
8. СТАТИСТИЧКА ОБРАБОТКА НА ПОДАТОЦИТЕ.....	141
9. ОРГАНИЗАЦИЈА И ТЕК НА ИСТРАЖУВАЊЕТО.....	141
<b>III РЕЗУЛТАТИ ОД ИСТРАЖУВАЊЕТО.....</b>	<b>143</b>

<b>IV ДИСКУСИЈА НА РЕЗУЛТАТИТЕ.....</b>	<b>217</b>
<b>V ОГРАНИЧУВАЊА И НАСОКИ ЗА ИДНИ ИСТРАЖУВАЊА.....</b>	<b>240</b>
<b>VI ЗАКЛУЧОЦИ.....</b>	<b>241</b>
<b>VII ПРЕДЛОЗИ.....</b>	<b>242</b>
<b>VIII КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА.....</b>	<b>243</b>
<b>IX ПРИЛОЗИ.....</b>	<b>267</b>



## РЕЗИМЕ

**Ристовска, Л., Клиничка валидација на фонетски балансиранли лиминарни и супралиминарни тестови за процена на интелигибилноста на говорот, Докторска дисертација, Филозофски факултет: Скопје, 2020; 1-270.**

**Вовед:** Говорната аудиометрија е метод што користи говорни стимули за процена на аудитивната функција. Постојат два типа на лиминарни мерења: праг на детекција на говорот и праг на препознавање на говорот. Најчесто супралиминарно мерење во тишина е скорот на препознавање на зборовите. Критериуми за конструирање на тестовите се: зборовите да бидат познати, фонетски баланс и хомогеност во однос на аудибилноста.

**Цел:** Целта на истражувањето беше да се конструираат фонетски балансиранли тестови за говорна аудиометрија и да се одреди дали постои корелација помеѓу параметрите од говорната аудиометрија и прагот на слухот.

**Материјал и методи:** Оваа проспективна студија вклучува примерок од 110 пациенти со редуција на слухот, 50 машки и 60 женски, на возраст од 5 до 75 години (средна возраст  $51,2 \pm 19,5$  години). Од нив, 12 се деца на возраст од 5 до 14 години (средна возраст  $7,7 \pm 2,7$  години) и 98 се возрасни лица од 22 до 75 години (средна возраст  $56,5 \pm 12,9$  години). Тоналната лиминарна аудиометрија и говорната аудиометрија се изведени со аудиометарот MADSEN Astera<sup>2</sup> и Sennheiser HDA 300 циркумаурални слушалки. Прагот на слухот е одреден со модифицираната Хјусон-Вестлејк (Hughson-Westlake) техника. Одредени се и артикулацискиот индекс, прагот на детекција на говорот, прагот на препознавање на говорот и скорот на препознавање на зборовите. За статистичка анализа на податоците користевме Хи-квадрат тест, Fisher Exact тест и Пирсонов коефициент на корелација. За статистички значајна разлика се сметаше  $p < 0,05$ .

Контролната група за утврдување на хомогеноста во однос на аудибилноста на конструираниите тестови се состоеше од 30 лица со уреден слух, 15 машки и 15 женски, на возраст од 18 до 30 години (средна возраст  $24,3 \pm 3,6$  години). Дополнително, примерокот на истражувањето за акустичната анализа на македонските фонеме и на другите говорни примероци се состоеше од 15 родени говорители на македонски јазик, пет мажи, пет жени, на возраст од 26 до 50 години (средна возраст  $38,9 \pm 9,6$  години) и пет деца, две момчиња и три девојчиња, на возраст од 9 до 14 години (средна возраст  $10,6 \pm 1,9$  години).

Акустичната анализа е изведена во компјутерската програма Praat, Верзија 6.0.43. Измерени се фреквенциите на формантите и  $F_0$  на вокалите, на назалите и на латералите, спектралните моменти на консонантите и анализирана е коартикулацијата. Конструирани се вкупно 4 тестови од отворен-сет формат, 2 теста со 50 еднословни зборови и 2 теста со 36 двословни зборови. Тестовите се снимени во Македонската радио-телевизија.

**Резултати:** Средната вредност на  $F_0$  кај мажите беше во опсег 109-131 Hz, кај жените 205-259 Hz и кај децата 251-285 Hz. Средната вредност на  $F_1$  на сите вокали беше во опсег 299-1060 Hz,  $F_2$  995-3023 Hz,  $F_3$  2404-4319 Hz,  $F_4$  3438-5575 Hz и  $F_5$  4344-7106 Hz. Средната вредност на центарот на гравитација на консонантите во контекст беше во опсег 428-4021 Hz, а спектралната стандардна девијација беше во опсег 363-3108 Hz. Средната вредност на наклонот на спектарот и на куртозисот беа позитивни кај сите консонанти, освен куртозисот кај фрикативот /ш/ кај женските говорители (-1,4).

Разликата помеѓу прагот на детекција на говорот и прагот на препознавање на говорот најчесто е  $\leq 12$  dB ( $p = 0,0177$ ). Максималниот скор на препознавање на зборовите се добива на ниво на презентација 25-40 dB SL ( $p = 0,0149$ ). Утврдена е позитивна корелација помеѓу прагот на детекција на говорот и најдобриот праг на слухот ( $r = 0,9902$ ), помеѓу прагот на препознавање на говорот и средната вредност на прагот на слухот на фреквенциите 500, 1000 и 2000 Hz ( $r = 0,9965$ ) и помеѓу прагот на препознавање на говорот и прагот на слухот на фреквенцијата 1000 Hz ( $r = 0,9892$ ). Разликата помеѓу нивоата на интензитет на кој испитаниците ги препознаваат сите зборови беше  $\leq 4$  dB.

**Заклучок:** Консонантите како изолирани гласови имаат концентрација на акустична енергија во пониските фреквенции, за разлика од консонантите во контекст на вокали. Транзициите на формантите на вокалите, особено на  $F_2$ , укажуваат на местото на артикулација на соседните консонанти. Освен од коартикулацијата, препознавањето на зборовите зависи и од лексичката блискост. Прагот на детекција на говорот е во највисока корелација со најдобриот праг на слухот. Прагот на препознавање на говорот е во највисока корелација со средната вредност на прагот на слухот на фреквенциите 500, 1000 и 2000 Hz и со прагот на слухот на фреквенцијата 1000 Hz. Конструираниите листи со фонетски балансираните зборови се хомогени во однос на аудибилноста.

**Клучни зборови:** *говорна аудиометрија, фонетски баланс, говор, интелигибилност*

## ABSTRACT

**Ristovska, L., Clinical validation of phonetic balanced threshold and suprathreshold test for speech intelligibility assessment, Doctoral dissertation, Faculty of Philosophy: Skopje, 2020; 1-270.**

**Introduction:** Speech audiometry is a method that uses speech stimuli to assess auditory function. There are two types of threshold measures: speech detection threshold and speech recognition threshold. The most common suprathreshold measure in quiet is word recognition score. Criteria for development of tests are the following: word familiarity, phonetic balance and homogeneity with respect to audibility.

**Objective:** The objective of the study was to develop phonetically balanced tests for speech audiometry and to determine if there is a correlation between the speech audiometry parameters and the hearing threshold.

**Material and methods:** This prospective study includes a sample of 110 patients with hearing loss, 50 males and 60 females, aged 5 to 75 years (mean age of  $51.2 \pm 19.5$  years). From them, 12 are children aged 5 to 14 years (mean age of  $7.7 \pm 2.7$  years) and 98 are adults aged 22 to 75 years (mean age of  $56.5 \pm 12.9$  years). Pure tone audiometry and speech audiometry were performed with the audiometer MADSEN Astera<sup>2</sup> and Sennheiser HDA 300 circumaural earphones. Hearing threshold was obtained using the modified Hughson-Westlake technique. Articulation index, speech detection threshold, speech recognition threshold and word recognition score were also determined. For statistical data analysis we used Chi-square test, Fisher Exact test and Pearson correlation coefficient. For statistically significant difference was taken  $p < 0.05$ .

The control group for determination of homogeneity with respect to audibility of developed tests contains 30 subjects with normal hearing, 15 males and 15 females, aged 18 to 30 years (mean age of  $24.3 \pm 3.6$  years). Additionally, the research sample for acoustic analysis of Macedonian phonemes and other speech samples contains 15 native speakers of Macedonian, five males, five females, aged 26 to 50 years (mean age of  $38.9 \pm 9.6$  years) and five children, two boys and three girls, aged 9 to 14 years (mean age of  $10.6 \pm 1.9$  years). The acoustic analysis was performed in computer program Praat, Version 6.0.43. Formant frequencies and  $F_0$  of the vowels, nasals, and laterals, as well as the spectral moments of consonants were measured, and

the coarticulation was analyzed. A total of 4 tests in an open-set format were developed, 2 tests with 50 monosyllabic words and 2 tests with 36 disyllabic words. The tests were recorded in Macedonian Radio Television.

**Results:** Mean  $F_0$  in males was in the range of 109-131 Hz, in females 205-259 Hz, and in children 251-285 Hz. Mean  $F_1$  of all vowels was in the range of 299-1060 Hz,  $F_2$  995-3023 Hz,  $F_3$  2404-4319 Hz,  $F_4$  3438-5575 Hz, and  $F_5$  4344-7106 Hz. Mean center of gravity of consonants out of context was in the range of 428-4021 Hz, and spectral standard deviation was in the range of 363-3108 Hz. Mean skewness and kurtosis were positive in all consonants, except kurtosis in fricative /ʃ/ in female speakers (-1.4).

The most common difference between speech detection threshold and speech recognition threshold is  $\leq 12$  dB ( $p = 0.0177$ ). Maximum word recognition score was determined at the presentation level 25-40 dB SL ( $p = 0.0149$ ). There was a positive correlation between speech detection threshold and the best hearing threshold ( $r = 0.9902$ ), between speech recognition threshold and pure tone average at frequencies of 500, 1000, and 2000 Hz ( $r = 0.9965$ ), and between speech recognition threshold and hearing threshold at frequency of 1000 Hz ( $r = 0.9892$ ). The difference between the intensity levels at which the examiners recognized all words was  $\leq 4$  dB.

**Conclusion:** The consonants as isolated sounds had concentration of acoustic energy in lower frequencies in contrast to consonants in context of vowels. Formant transitions in vowels, especially  $F_2$ , are cues for place of articulation of neighboring consonants. Except from the coarticulation, the word recognition also depends on lexical neighborhood. Speech detection threshold was in the highest correlation with the best hearing threshold. Speech recognition threshold was in the highest correlation with the pure tone average at frequencies of 500, 1000, and 2000 Hz, and with the hearing threshold at frequency of 1000 Hz. Developed phonetic balanced word lists are homogenous with respect to audibility.

**Keywords:** *speech audiometry, phonetic balance, speech, intelligibility*

## ВОВЕД

Редукцијата на слухот претставува сериозен социомедицински проблем, особено во детската возраст. Таа има директно влијание врз развитокот на јазикот и на говорот, како и развитокот на личноста во целина.

Целта на аудиолошката процена на лицата со редукција на слухот е да се утврди состојбата на аудитивната функција. Притоа треба да се има предвид дали резултатите од аудиолошките испитувања даваат добар приказ на интелигибилноста на говорот.

Аудиолошката процена вклучува повеќе дијагностички методи. Тоналната лиминарна аудиометрија како основен метод во аудиолошката клиничка пракса, иако дава податоци за вредноста на прагот на слухот на говорните фреквенции, сепак, не дава прецизни податоци за интелигибилноста на говорот.

Во клиничката пракса кај одредени пациенти се сретнуваат слични наоди на тонална лиминарна аудиометрија, но различна разбирливост на говорот. Затоа, неопходно е вклучување на говорната аудиометрија во аудиолошката процена. Во комбинација со тоналната лиминарна аудиометрија, таа може да помогне во детерминирање на типот и на степенот на редукција на слухот. Со говорната аудиометрија се добиваат и информации за непријатност или толеранција кон говорните стимули и информации за способноста за препознавање на зборовите.

Исто така, доколку постои потреба за користење на слушен амплификатор, неопходно е да се одредат параметрите за разбирливоста на говорот коишто се добиваат со говорната аудиометрија. На тој начин ќе се одреди со кој слушен апарат се постигнува најдобра разбирливост на говорот.

За разлика од чистите тонови што се користат при тоналната лиминарна аудиометрија, говорната аудиометрија користи аудитивни сигнали коишто се присутни во секојдневната комуникација и на пореален начин покажува како аудитивните заболувања влијаат на комуникацијата во секојдневниот живот, а може и да укаже во кој дел од аудитивниот систем постои патолошка промена.

Бидејќи постои утврдена релација помеѓу слушањето на чистите тонови и слушањето на говорот, говорната аудиометрија може да послужи и за проверка на наодот

добиеен при тоналната лиминарна аудиометрија, односно проверка на валидноста на тоналниот аудиограм.

Говорната аудиометрија се изведува на тој начин што се емитуваат фонетски балансирани зборови со одреден интензитет. Најважни параметри коишто се добиваат со говорната аудиометрија се: прагот на детекција на говорот, прагот на препознавање на говорот и скорот на препознавање на зборовите.

Сметавме дека е потребно да се изработи предложената теза, бидејќи во моментот во нашата држава не се изведуваше методот говорна аудиометрија со снимени говорни материјали односно со тестови коишто се конструирани според востановените критериуми. Во неколку здравствени установи направени се обиди за примена на овој метод со мониториран глас во живо и примена на снимен материјал, но не постојат стандардизирани тестови за говорна аудиометрија на македонски јазик.

Тестовите се конструираат по строго утврдени правила коишто се однесуваат на изборот на зборовите, односно типот на говорните стимули и техничките аспекти. Треба да се користат фонетски балансирани листи на зборови во кои фреквенцијата на фонемите е приближна на фреквенцијата на фонемите во секојдневната конверзација на јазикот на којшто се конструира тестот за говорна аудиометрија.

Исто така, треба да се внимава зборовите да им бидат познати на испитаниците. Генерално е прифатено дека доколку зборовите во тестот му се познати на испитаникот, тоа влијае на зголемување на скорот на препознавање на зборовите. Овој критериум ја гарантира сигурноста дека се мери аудитивниот праг, а не лексичкото знаење.

Друг битен аспект при изборот на говорниот материјал е аудибилноста на зборовите во рамките на тестот. Зборовите треба да бидат хомогени во однос на аудибилноста, односно не треба да постои голема разлика во интензитетот на кој се презентираат за да бидат препознаени.

Во однос на методот на презентација, се преферира говорна аудиометрија со снимен материјал, бидејќи при изведување на говорната аудиометрија со мониториран глас во живо испитувачот не може да го контролира интензитетот на гласот при изговарање на зборовите. Со користењето на снимен материјал може да се стандардизира презентацијата на листите за тестирање. Постои добра контрола на интензитетот на стимулите и говорните стимули се изговорени на ист начин за сите испитаници.

# **I ТЕОРЕТСКИ ОСНОВИ НА ПРОБЛЕМОТ**

## **1. АУДИОЛОШКА ПРОЦЕНА НА ЛИЦАТА СО РЕДУКЦИЈА НА СЛУХОТ**

Аудиолошката проценка на лицата со редукција на слухот се изведува со цел да се утврди состојбата на аудитивната функција. Објективната аудиолошка проценка може да се изведе на која било возраст бидејќи пациентот не е потребно да соработува во текот на тестирањето (Elloy, 2011). Објективната проценка ги вклучува физиолошките методи: аудитивни евоцирани потенцијали на мозочното стебло, аудитивни стабилизирани евоцирани одговори, електрокохлеографија, отоакустични емисии, тимпанометрија и акустичен рефлекс (Gelfand, 2016).

При изведување на бихевиористичките методи потребен е одговор од пациентот. Во зависност од возраста на пациентот, може да се изведат следните аудиолошки методи: аудиометрија со визуелно засилување, кондиционирана аудиометрија низ игра, тонална лиминарна аудиометрија и говорна аудиометрија (Johnson, 2002).

### **1.1. Тонална лиминарна аудиометрија**

Тоналната лиминарна аудиометрија (ТЛА) е основен тест за испитување на слухот. Таа вклучува одредување на најниските нивоа на звучен притисок за различни чисти тонови што испитаникот може да ги слушне. Најниското ниво на звучен притисок на чистиот тон на коешто испитаникот одговара во најмалку 50% од времето, односно од вкупниот број на презентации, се нарекува праг на слухот за таа фреквенција. Со ТЛА се одредува прагот на слухот на чистите тонови со фреквенции во опсег од 250 до 8000 Hz, кои се најрелевантни за гласовите од говорот. Тестирањето се изведува со воздушна и со коскена спроводливост на тоновите (Kramer и Brown, 2019).

Чистите тонови се наједноставни звуци и се опишуваат според нивната фреквенција, амплитуда, фаза и времетраење. Најважни карактеристики на чистите тонови за ТЛА се фреквенцијата и амплитудата на тонот, односно нивото на интензитет. Постојат две главни причини зошто чистите тонови се користат за аудиометрирање. Тие обезбедуваат информации за типот на редукцијата на слухот, а исто така специфично по

фреквенции го квантифицираат кревањето на прагот на слухот што резултира од оштетување на аудитивниот систем. Чистите тонови ја разграничуваат редукцијата што настанува при патолошки промени на ниво на кондуктивниот систем, односно надворешното и средното уво, од промените што настануваат на ниво на кохлеата и на аудитивниот нерв. Оштетувањето на аудитивниот систем често резултира со намалување на сензитивноста што е фреквенциски специфично. На пример, при проблеми во средното уво кога се испитува прагот на воздушна спроводливост на тоновите, зголемувањето на крутоста резултира со намален слух на ниските фреквенции, а зголемувањето на масата резултира со намален слух на високите фреквенции. Исто така се добиваат дијагностички информации за проблеми во кохлеата или ретрокохлеарни промени. Аудитивниот систем е организиран тонотопски, односно постои мапирање на одредена фреквенција на одредено место од кохлеата до кортексот. Високите фреквенции го претставуваат базалниот крај на кохлеата, а ниските фреквенции го претставуваат апикалниот крај. Оштетувањето на сензорните клетки на кохлеата на специфично место по должината на базиларната мембрана може да резултира со редукција на слухот што кореспондира со фреквенциите што се кодирани на тоа место. На тој начин тестирањето на прагот на слухот на чистите тонови обезбедува детални информации што не можат да се добијат при тестирање со широкопојасен стимул како говорот (Schlauch и Nelson, 2015).

Испитувањето на слухот се изведува во „тивка кабина“ која на посебен начин е акустички изолирана за да ги елиминира јаките звуци од околината. На тој начин испитувањето може да се изведе без бучава во позадина (Elberling и Worsoe, 2006). Пациентите кои имаат клаустрофобија или се вознемирени не мора да се тестираат во „тивка кабина“ (Sataloff и Sataloff, 2005). Бучавата во околината може да предизвика кревање на прагот на слухот, особено на ниските фреквенции. Затоа нивото на звук во околината не треба да ги надмине пропишаните стандарди (Walker, et al., 2013).

За да се утврди дали одредена просторија е доволно тивка за аудиолошко тестирање, нивото на амбиенталната бучава во просторијата треба да се измери со мерач на нивото на звук што има сет на филтри од октавен појас или појас од една третина октава. Нивото на звучен притисок во октавниот појас се нарекува ниво на октавниот појас, а нивото на звучен притисок во појасот од една третина октава се нарекува ниво на појас од една третина октава. Овие нивоа на амбиентална бучава се компарираат со



максималните дозволени нивоа на амбиентална бучава. Доколку не се надмине нивото на максимална амбиентална бучава, лице со нормален слух може да слушне тон презентирани на ниво 0 dB ниво на слух – hearing level (HL). Според стандардот на Американскиот национален институт за стандарди – American National Standards Institute (ANSI) S3.1-1999 (R2008), при тестирање на фреквенциите од 250 до 8000 Hz, кога ушите се покриени со супрааурални слушалки, максималните нивоа на дозволена бучава од октавен појас се движат од 21 dB кога фреквенцијата 500 Hz е централна фреквенција на октавниот појас до 39 dB кога фреквенцијата 125 Hz е централна фреквенција на октавниот појас. Кога ушите не се покриени при тестирање на коскена спроводливост на тоновите, максималните нивоа на дозволена бучава од октавен појас се движат од 11 dB кога фреквенцијата 4000 Hz е централна фреквенција на октавниот појас до 35 dB кога фреквенцијата 125 Hz е централна фреквенција на октавниот појас (Gelfand, 2016).

При изведување на ТЛА на испитаникот му е потребна концентрација. Тој не треба да биде вознемирен и освен со високо ниво на амбиентален звук, неговото внимание не треба да се одвлекува и со визуелни дразби (Arlinger, 2008). Поради можноста да настане замор, треба да се внимава испитувањето на слухот да не трае подолго од 20 минути. По одредена пауза, испитувањето може да се повтори (Спиров и Шукаров, 1984).

Пред да се тестира пациентот треба кратко да се поразговара со него. Секогаш се прашува пациентот дали има некакви промени во однос на слушањето доколку претходно е тестиран, се бараат кратки информации за симптомите, а испитувачот треба да знае дали пациентот подобро слуша на едното уво или не забележува поголема разлика во слушањето на двете уши. Во краткиот разговор испитувачот треба да стекне впечаток за аудитивниот статус со набљудување на пациентот. Особено треба да се забележи дали пациентот се обидува да слуша со едното уво, дали има потреба да чита говор од устата на соговорникот, дали бара да се повтори прашањето и дали бара помош од својот придружник бидејќи не ги слуша прашањата. Информациите што ќе се добијат од разговорот се потребни и при давање на инструкциите за тестот (Gelfand, 2016).

Пред да му се дадат инструкции на пациентот за начинот на којшто се одвива тестирањето, тој треба да се подготви. Доколку носи очила или накит, обетки, потребно е да ги извади. На главата не треба да има капа или марама. Му се кажува на пациентот да прави колку што може помалку движења за да не се создава звук во тивката кабина и не

треба да се слуша свонење на мобилен телефон. Некои пациенти потешко ги разбираат инструкциите, а тоа може да влијае на одредениот праг на слухот. За пациентите кои потешко ги разбираат насоките поради јазична бариера, потешкотии во комуникацијата поради редуцијата на слухот, когнитивни ограничувања, деменција или други фактори, инструкциите треба да се дадат на колку што може поедноставен начин и да се повторуваат повеќе пати ако е потребно (DeRuiter и Ramachandran, 2017).

Поделени се мислењата во однос на тоа дали пациентот треба да го гледа испитувачот во текот на тестирањето или треба да биде свртен кон друга страна. Доколку пациентот го гледа испитувачот, од неговата фацијална експресија може да заклучи кога се презентира тон или да го забележи вклучувањето на индикаторот на аудиометарот кога се презентира тон. Од друга страна, кога пациентот е свртен кон испитувачот, испитувачот може да забележи движења на очите кога пациентот го слуша тонот или движење на рацете пред да одлучи пациентот да ја крене раката за да одговори. Понекогаш на пациентот треба да му се повторат инструкциите во текот на тестирањето. Постои компромисно решение, пациентот да седи наспроти испитувачот, но под одреден агол за да не може да го гледа испитувачот (Gelfand, 2016).

Важно е да се нагласи дека прагот на слухот одреден со ТЛА не мора секогаш да кореспондира со субјективното чувство на пациентот за неговиот слух. Многу надворешни фактори имаат влијание на актуелното ниво на нарушување на комуникацијата (Squires, Colombo и McKinney, 2019).

Покрај тоа што ТЛА обезбедува информации за типот и за степенот на редуцијата на слухот, одредувањето на прагот на слухот има и друга апликативна вредност. Тој служи како основно мерење во превентивните програми за зачувување на слухот, има улога во мониторирање на слушањето во текот на третманот или прогресијата на одредено заболување, се користи за скрининг на редуција на слухот, за одредување дали пациентот е кандидат за слушен апарат или кохлеарен имплант и при подесување на слушните апарати. Прагот на слухот на чистите тонови обезбедува и референтно ниво за супралиминарното тестирање на препознавањето на говорот и за интерпретација на други аудиолошки тестови, како на пример, отоакустичните емисии и праг на акустичниот рефлекс. Прагот на чистите тонови се користи и за процена на функционалната атенуација на уредите за заштита на слухот од прекумерна бучава (Schlauch и Nelson, 2015).

### 1.1.1. Основни компоненти и функции на аудиометарот

Есенцијална алатка за проценка на аудитивната функција е аудиометарот. Аудиометарот е електронска направа за презентирање на калибрирани аудитивни стимули до трансдјусерите. Трансдјусерите го пренесуваат аудитивниот сигнал до пациентот. На контролниот панел на аудиометарот се селектира типот на аудитивниот сигнал што се презентира: тон, шум или говор (DeRuiter и Ramachandran, 2017).

Аудиометарот има неколку основни компоненти и функции: селекторот на фреквенции ја одредува фреквенцијата на чистиот тон, осцилаторот продуцира чист тон на селектираната фреквенција, атенуаторот го менува интензитетот на сигналот, селекторот на трансдјусерите одредува како ќе се пренесе сигналот, рутерот го насочува сигналот до тестираното уво, прекинувачот го презентира сигналот до пациентот и индикаторот за одговор покажува дали пациентот одговорил (Kramer и Brown, 2019).

Постојат два основни типови на аудиометри: аудиометри за скрининг и аудиометри за клиничка употреба. Аудиометрите што се дизајнирани за скрининг најчесто се едноканални, односно со нив може да се презентира само еден сигнал. Аудиометрите за клиничка употреба се двоканални, што значи дека може да се презентираат два различни сигнали во исто време на едното или на двете уши. Аудиометрите може да бидат самостојни апарати или да бидат зависни од компјутер (DeRuiter и Ramachandran, 2017).

Најголем број аудиометри ги вклучуваат фреквенциите 125, 250, 500, 750, 1000, 1500, 2000, 3000, 4000, 6000 и 8000 Hz (Gelfand, 2016). Апаратите се калибрирани така што тонот со ниво на интензитет нула на секоја фреквенција е гласност на тон што е еднакво чујно за уво со нормален слух (Hall, 2011).

Звукот претставува промена на притисокот во воздухот. Кај чистиот тон, промените на притисокот во воздухот се јавуваат во форма на синусоиден бран. Таквиот бран може да се опише според неговата амплитуда (големина на промената на притисокот, односно јачина на циклусот) и фреквенција (број на циклуси во секунда). Јачината на чистиот тон се изразува во децибели (dB), а фреквенцијата во херци (Hz), при што 1Hz претставува 1 циклус во секунда (Goldstein, 2010).

Гласноста (loudness) е квалитет на звукот најмногу поврзан со амплитудата на звучниот притисок, што се нарекува и ниво на аудитивниот стимул. Звук со гласност 0 dB

е едвај детектабилен, а звук со 120 dB е екстремно гласен. Перципираната фреквенција на звукот (pitch) е најмногу поврзана со физичката карактеристика фреквенција (frequency). Гласноста зависи од звучниот притисок и од фреквенцијата (Goldstein, 2010).

Чистите тонови и другите сигнали се пренесуваат до пациентот преку трансдјусери. Електричните сигнали од осцилаторот го активираат трансдјусерот и тој ги конвертира електричните сигнали во вибрации што може да се слушнат. Трансдјусерот е поврзан со аудиометарот и испитувачот го селектира соодветниот трансдјусер преку кој треба да се пренесе сигналот. Постојат неколку типови на трансдјусери: супрааурални слушалки, инсерт слушалки, циркумаурални слушалки, коскен вибратор и звучници. *Супраауралните и инсерт слушалките* се дизајнирани за воздушна спроводливост на тоновите со фреквенции од 125 до 8000 Hz со максимално ниво на аутпут од 110 до 120 dB. *Циркумауралните слушалки* се користат за воздушна спроводливост на тоновите со стандардни фреквенции, од 125 до 8000 Hz, како и за проширена високофреквентна аудиометрија – Extended high-frequency audiometry (EHFA), од 9000 до 16000 Hz. *Коскениот вибратор или осцилатор* е трансдјусер за коскена спроводливост на тоновите со фреквенции од 250 до 4000 Hz со максимален интензитет од 70 или 80 dB. *Звучниците* се користат за аудиометрија во слободно поле само во исклучителни ситуации бидејќи со нив не може да се тестира секое уво одделно (Kramer и Brown, 2019).

Супраауралните и циркумауралните слушалки се дизајнирани во различна боја, црвена боја за десното уво и сина боја за левото уво. Овие слушалки правилно се поставуваат на тој начин што дијафрагмата на слушалката се центрира над ушниот канал и потоа држачот се затегнува доволно слушалките да се наоѓаат перпендикуларно во однос на подот кога испитаникот седи исправено. Испитувачот треба да го гледа секое уво при поставување на слушалките. Кај инсерт слушалките, прво се прицврстува делот од слушалките што треба да биде поставен на облеката на пациентот, а потоа се компресира пената и се внесува во надворешниот слушен канал. Коскениот вибратор се поставува на мастоидниот продолжеток. Вибраторот не треба да ја допира аурикулата и не треба да се поставува врз косата. Коскениот вибратор може да се постави и на челото, но постојат разлики помеѓу прагот одреден на тој начин и со поставување на мастоидниот продолжеток на исто ниво на звук презентирани преку коскениот вибратор. Со слушалките за воздушна спроводливост на тоновите може да се тестира секое уво одделно. При

испитување на коскената спроводливост на тоновите, за да се испита секое уво одделно со поставување на коскениот вибратор, треба да се презентира маскирачки шум на контралатералното уво (Schlauch и Nelson, 2015).

Од технички аспект, за да бидеме сигурни во точноста на добиените резултати, потребно е редовно калибрирање на опремата за аудиометрија. Иницијалната аудиометриска калибрација обезбедена од производителот не е доволна гаранција дека аудиометарот ќе функционира коректно со текот на времето. Потребна е периодична проверка на следните параметри: фреквенција, ниво на звучен притисок и време. За калибрација на аудиометрите се користат неколку електроакустични и електронски инструменти: мерач на нивото на звукот, мултимерач, бројач на фреквенции, осцилоскоп и дигитален спектрален анализатор (Wilber и Burkard, 2015).

Електроакустичната калибрација на аудиометриската опрема се изведува најчесто на годишно ниво, но во кое било време може да се случат неправилности во функционирањето. Заради континуирано мониторирање на функционалноста на опремата, корисно е да се направи дневна биолошка проверка на аудиометарот. Се користи терминот *биолошка* бидејќи проверката се прави со слушање, за разлика од електроакустичната проверка со посебна опрема, којашто претставува физичко мерење. Испитувачот може сам да го провери апаратот или со друго лице кое ќе ги слуша тоновите. Треба да се проверат сите трансдјусери. За да се провери интензитетот, нивото на тонот се зголемува постепено и потребно е да се забележи дали расте гласноста. За да се провери фреквенцијата, испитувачот треба да забележи дали постои раст или паѓање на перципираната фреквенција на звукот (DeRuiter и Ramachandran, 2017).

### **1.1.2. Праг на слухот при воздушна спроводливост на тоновите**

Прагот на слухот претставува психофизичка мерка кај која постои поврзаност на физичките карактеристики на тонот и бихевиористичкиот праг (Schlauch и Nelson, 2015).

Генерално прифатените процедури за одредување на прагот на слухот се засновани на модифицираната Хјусон-Вестлејк (Hughson-Westlake) техника, опишана од Кархарт (Carhart) и Јергер (Jerger) во 1959 година. Денес процедурата се нарекува и „10 надолу-5

нагоре“ (“down-10-up-5”) процедура. Иако постојат одредени варијации во нејзиното спроведување, најчесто се следат следните чекори:

- На пациентот му се даваат инструкции како на пример: „Треба да го одредиме најниското ниво на кое ќе можеш да слушнеш тонови со различни фреквенции. Слушај внимателно и притисни го тастерот (или крени ја раката) кога ќе слушнеш звук и ослободи го копчето (или спушти ја раката) кога ќе престане да се слуша звукот. Ќе го тестираме секое уво одделно.“
- Се става соодветниот трансдјусер во правилна позиција. На пациентот не му се дозволува сам да ги става слушалките. Неправилното поставување ќе резултира со несигурен праг на слухот. Се тестира прво воздушна спроводливост на тоновите, а потоа коскена спроводливост. Прво се тестира подоброто уво ако се знае кое е подобро или ако пациентот посочил.
- Одредувањето на прагот на слухот со воздушна спроводливост на тоновите започнува со фазата на запознавање на пациентот со процедурата. Таа вклучува презентирање на тон со фреквенција 1000 Hz на лесно аудиабилно ниво (на пример 30 до 40 dB над проценетиот праг) за да се запознае пациентот со задачата и да бидеме сигурни дека тој ја разбира задачата. Ако пациентот не го слушне тонот на иницијалното ниво, се зголемува нивото во чекори од 20 dB додека да се добие одговор. Често, оваа фаза продолжува со намалување на нивото на чистиот тон во чекори од 10 dB додека да прекине да одговара пациентот. Тоа претставува почеток на фазата на барање на прагот. Алтернативен метод на запознавање е да му се презентира континуиран тон на пациентот на најниското ниво на интензитет и постепено да се зголемува нивото на тонот додека да одговори пациентот, а потоа да се намали нивото за 10 dB за да се означи почетокот на фазата на барање на прагот на слухот.
- Тестирањето вообичаено започнува со фреквенцијата 1000 Hz бидејќи тој тон генерално лесно се перципира. Се сугерира фреквенциите да се тестираат по следниот редослед: 1000, 2000, 4000, 8000, 500, 250 Hz. Се препорачува ретестирање на фреквенцијата 1000 Hz кај увото што прво се тестира заради можен подобар одговор со увежбување на процедурата. Фреквенцијата од 125 Hz се вклучува во тестирањето на воздушната спроводливост при редуција на слухот на

ниските фреквенции или подобро карактеризирање на резидуалниот слух на ниските фреквенции. Фреквенциите 750, 1500, 3000 и 6000 Hz треба да се тестираат доколку постои разлика поголема од 20 dB на прагот на слухот помеѓу последовалните октавни фреквенции.

- Се презентира чистиот тон со притискање и ослободување на прекинувачот. Поголем број на дијагностички аудиометри имаат опција за емитување на пулсирачки тон, при што е активиран прекинувачот и се презентира серија на кратки тонови. Серијата на пулсирачки тонови често се користи бидејќи тие полесно се перципираат и полесно се разликуваат од кое било зуење што пациентот можеби го има во ушите. Презентирањето на тоновите или серијата на пулсирања треба да трае 1 до 2 секунди. Треба да постојат различни паузи (1 до 4 секунди) помеѓу презентациите, пациентот да не го предвиди ритамот на презентации.
- Започнува фазата на барање на прагот на слухот со процедурата „10 надолу-5 нагоре“. Тоа значи дека: кога пациентот ќе одговори, нивото на чистиот тон се намалува за 10 dB. Ако пациентот не одговори, тогаш се зголемува интензитетот на тонот за 5 dB додека да се добие одговор.
- Овој процес продолжува додека да се одреди прагот на слухот којшто е дефиниран како најмало ниво на интензитет на кое пациентот одговара во најмалку 50% од сериите на асцендентни презентации со најмалку два одговори од најмалку три обиди за исто ниво. Кај пациентите со неконзистентни одговори потребни се дополнителни мерења (Kramer и Brown, 2019).

При тестирањето, во праксата почесто се презентираат континуирани тонови. Кога пациентите имаат потешкотии во перципирањето на континуираниот тон, треба да се користи пулсирачки тон. На пример, пациентите со тинитус имаат проблем при перципирањето на тонови кои имаат слична фреквенција на фреквенцијата на нивниот тинитус (DeRuiter и Ramachandran, 2017).

Освен одредувањето на слухот на стандардните фреквенции од 125 до 8000 Hz, некои аудиометри имаат можност и за изведување на проширена високофреквентна аудиометрија од 9000 до 20000 Hz. Таа може да биде многу корисна за рана детекција на сензонеурална редуција на слухот (Rodriguez Valiente, et al., 2016).

Според Харисон (Harrison) (2016) стандардниот аудиограм и неговата интерпретација се неадекватни за многу проблеми со слушањето кои се препознаваат денес. Познато е дека мерењето на прагот на слухот, односно аудиограмот, често не е во корелација со вистинските потешкотии при слушањето. Поновите истражувања упатуваат на „скриена редукција на слухот“, односно покажуваат дека изложувањето на прекумерна бучава може повеќе да ги оштети аудитивните неврони отколку сензорните клетки на кохлеата. Стандардната аудиометрија не може да детектира суптилни промени поврзани со „скриената редукција на слухот“. Бидејќи се знае дека најголем број на проблемите со слушањето започнуваат на високите фреквенции, потребно е да се мери целиот високо-фреквенциски опсег на слушањето, а не само до 8000 Hz. Оштетувањето од ототоксичните лекови, презбијакузијата и акустичната траума може да предизвикаат оштетување на повисоки фреквенции од оние што рутински се тестираат. Некои студии кои вклучуваат пациенти со тинитус и „нормален аудиограм“ покажале дека постои редукција на слухот на фреквенциите над 8000 Hz. Затоа аудиометриското тестирање на високите фреквенции треба да стане стандардна клиничка процедура.

Опиц (Oppitz), et al. (2018) го евалуирале прагот на слухот на високите фреквенции над 8000 Hz кај лица на возраст од 18 до 58 години кои имале уреден слух на стандардните фреквенции од 250 до 8000 Hz. Резултатите од истражувањето покажале раст на прагот на слухот кај сите фреквенции пропорционално со возраста на пациентот.

При тестирање на воздушната спроводливост на тоновите како проблем може да се јави колабирање на слушниот канал. Како резултат на притисокот од слушалките врз аурикулата може да дојде до колабирање на ’рскавичниот дел на надворешниот слушен канал. На тој начин се опструира протокот на звукот, се јавува кондуктивна редукција на слухот на високите фреквенции и лоша тест-ретест релијабилност. Проблемот почесто се јавува кај повозрасните лица поради намалување на еластицитетот на ткивото со возраста. При сомневање за постоење на овој проблем треба да се направи ретестирање на воздушната спроводливост со инсерт слушалки. Друг начин за надминување на овој проблем е при ретестирањето пациентот да ја држи вилицата отворена. Бидејќи мандибулата придонесува за сидот на надворешниот слушен канал, со нејзино отворање ќе се отвори колабираниот канал. Ако со примена на овој метод прагот на слухот се подобри за  $\geq 15$  dB, тогаш најверојатно каналот бил колабиран (Gelfand, 2016).



### 1.1.3. Праг на слухот при коскена спроводливост на тоновите

Одредувањето на прагот на слухот со коскена спроводливост на тоновите се изведува на истиот начин како воздушната спроводливост, а во однос на редоследот на фреквенциите што се тестираат, препорачаната секвенца е: 1000, 2000, 4000 Hz, ретестирање на 1000 Hz, потоа 500 и 250 Hz (Kramer и Brown, 2019).

Процената на прагот на слухот при коскена спроводливост на тоновите овозможува одредување на типот на редукција на слухот: кондуктивна, сензонеурална или мешана. Идентификацијата на воздушно-коскениот процеп – air-bone gap (ABG) често е неопходно во одредување на можната етиологија на редукцијата на слухот, на пример Кархартов скотом (Carhart's notch) кај отосклероза (Wolfe, 2020).

Кархартовиот скотом претставува влошување на прагот на коскена спроводливост, најмногу на фреквенцијата 2000 Hz, но тој не претставува сензорна редукција на слухот на 2000 Hz. Отосклерозата го менува придонесот на оскуларниот синцир при тестирањето на коскената спроводливост. Постојат три елементи што придонесуваат за нормален праг на коскена спроводливост:

- *Дисторзиона коскена спроводливост* – стимулација на сензорните клетки во кохлеата предизвикана од вибрација на черепот со коскениот осцилатор;
- *Инерцијална коскена спроводливост* – мало заостанување во движењето на оскуларниот синцир при вибрирање на черепот;
- *Осео-тимпанична коскена спроводливост* – мали вибрации во надворешниот слушен канал коишто можат да го придвижат ушното тапанче.

Кај отосклерозата, стапесот е фиксиран за овалното прозорче и затоа инерцијалната и осео-тимпаничната коскена спроводливост се компромитирани. Најизразен е падот на фреквенцијата 2000 Hz, резонантната фреквенција на оскулите (Venema, 2010).

Слушањето преку коскена спроводливост на тоновите вклучува вибрација на базиларната мембрана како одговор на градиентот на притисокот на која било страна на мембраната. Вибрацијата на базиларната мембрана може да биде намерно предизвикана при поставување на коскениот вибратор на мастоидниот продолжеток или ненамерно при тестирање на едното уво со воздушна спроводливост на тоновите и трансмисија на звукот до контралатералното уво (Dauman, 2013).

Имајќи го предвид максималниот аутпут на коскениот вибратор, прагот на слухот при коскена спроводливост на тоновите не може да се измери на високи нивоа на интензитет. Тоа значи дека во некои случаи не може да се направи компарација на прагот на воздушна и прагот на коскена спроводливост на тоновите. На пример, ако нема одговор на лимитот на коскениот вибратор на 70 dB, а прагот на воздушна спроводливост на истата фреквенција изнесува 100 dB, во тој случај не може да се одреди дали се работи за сензонеурална редукција или постои и кондуктивна компонента (Schlauch и Nelson, 2015).

При тестирање на коскената спроводливост на тоновите како проблем се јавува акустичната радијација. Таа претставува звучна енергија што потекнува од коскениот вибратор, а може да се детектира преку механизмите на воздушна спроводливост. Присуството на акустичната радијација може да резултира со нереален праг на коскена спроводливост и формирање на нереален АВГ на високите фреквенции, а најмногу на фреквенцијата 4000 Hz (de Matos, 2010).

Постојат и други ограничувања на методот ТЛА. Особено треба да се земат предвид тест-ретест релијабилноста, појавата на вибротактилен праг и фактот дека прагот на коскена спроводливост на тоновите не претставува сигурна процена на сензонеуралната резерва. Прагот на слухот на чистите тонови не е прецизен и постои *тест-ретест варијабилност*. Со промена на положбата на слушалките може да се добие различен праг на слухот на иста фреквенција. Прагот на коскена спроводливост на тоновите не е секогаш во линија со прагот на воздушна спроводливост кај лицата со сензонеурална редукција на слухот. Се појавуваат лажни воздушно-коскени процепи и коскено-воздушни процепи (прагот на коскена е полош од прагот на воздушна спроводливост). Варијабилноста настанува како резултат на повеќе фактори: процесот на донесување на одлука на пациентот, физиолошки шумови, повисок критериум за одговор и разлики во поставувањето на трансдјусерите (Schlauch и Nelson, 2015).

Во однос на прецизноста на прагот на слухот, познато е дека кога интензитетот на чистиот тон ќе се спушти до нивото на кое едвај се слуша, неговиот квалитет започнува да се менува. Прагот на слушност (аудибилитет) треба да се разликува од прагот на детектабилитет што е за неколку децибели понизок и се карактеризира со извесно чувство дека постои некоја звучна појава. Одредувањето на вистинскиот праг на слухот е несигурно. Испитувањата покажале дека дури за 5 dB над прагот одговорот станува

сигурен. Во овој поглед голема улога има и времетраењето на емитувањето на тонот, начинот на емитување (континуиран, варијабилен, пулсирачки тон) и промената од помал кон поголем интензитет, асцендентно или обратно, десцендентно (Simonović, 1977).

Кај лицата со сигнификантна редукција на слухот, звучните вибрации од коскениот вибратор или од слушалките може да се перципираат преку сетилото за допир. Тој праг не е аудитивен, туку *вибротактилен праг*. Прагот што ќе се јави во опсегот на можни вибротактилни реакции не е сигурен. Тој може да биде и праг на слух и вибротактилен праг. При коскена спроводливост на тоновите на фреквенциите 250 Hz и 500 Hz забележан е низок вибротактилен праг и најверојатно поради тоа се појавуваат лажни воздушно-коскени процепи на аудиограмот кај лицата со сигнификантна сензонеурална редукција на слухот на тие фреквенции. Некои автори сметаат дека пациентот треба да се праша дали го „чувствува“ или го „слуша“ стимулот за да се направи диференцирање помеѓу двата вида на праг (Schlauch и Nelson, 2015).

Фреден Јансон (Fredén Jansson), et al. (2017) исто така утврдиле дека може да настане конфузија помеѓу вибротактилниот праг и прагот на коскена спроводливост на тоновите на фреквенциите 250 Hz и 500 Hz.

Во врска со фактот дека *прагот на коскена спроводливост на тоновите не претставува сигурна процена на сензонеуралната резерва*, познато е дека прагот на коскена спроводливост на тоновите понекогаш е под влијание на физиолошките карактеристики на надворешното, на средното и на внатрешното уво, а целта на тестирањето на коскената спроводливост на тоновите е да се процени сензонеуралната резерва. Со вибрирањето на коските на черепот под дејство на коскениот вибратор се стимулира кохлеата, но тоа не се случува изолирано. При вибрирање на черепот, осикулите во средното уво исто така се придвижуваат и тој инерцијален одговор на осикуларниот синцир има придонес кон прагот на слухот при коскена спроводливост на тоновите. Патолошките промени во надворешното и во средното уво можат да го модифицираат придонесот на инерцијалниот одговор што ќе резултира со сигнификантни промени во прагот на коскена спроводливост на тоновите. Кархартовиот скотом како типичен пад на коскена спроводливост на тоновите кај отосклерозата исчезнува по успешен оперативен третман, што претставува доказ дека не постојат промени на ниво на кохлеата. Освен кај отосклерозата, прагот на коскена спроводливост на тоновите е

афектиран и кај отитис медија со ефузија, но во тој случај повеќе се засегнати фреквенциите до 1000 Hz. Лажно влошување на прагот на коскена спроводливост на ниските фреквенции се добива и при оклузија на надворешниот слушен канал со супрааурални слушалки. Тој оклузивен ефект (ОЕ) мора да се земе предвид при затворање на увото што не се тестира заради презентирање на маскирачки шум при испитување на коскена спроводливост. Слично влошување на прагот на коскена спроводливост може да се јави и кај дехисценција на горниот полукружен канал (Schlauch и Nelson, 2015).

#### 1.1.4. Транскранијална атенуација и маскирање

При тестирање на едното уво, некои звуци можат да бидат доволно гласни за да го стимулираат увото што не се тестира. Тоа се нарекува преминување на звукот од едното уво на другото (crossover). Преминувањето на звукот се случува преку коскена спроводливост. Кога звукот што е емитиран во тестираното уво има доволно висок интензитет, тој предизвикува вибрирање на коските на черепот и на тој начин се стимулира кохлеата на контралатералното уво. Кога интензитетот на звукот што достигнал до контралатералното уво ќе го надмине прагот на коскена спроводливост на тоа уво, звукот ќе се перципира. Тоа се нарекува *преслушување* (cross hearing). Преслушувањето може да настане кај двата начини на тестирање: со воздушна спроводливост и со коскена спроводливост на тоновите (DeRuiter и Ramachandran, 2017).

Преслушувањето настанува поради лимитираната *транскранијална* или *интераурална атенуација* – interaural attenuation (IA). Таа се однесува на редукцијата на енергија при премин од едното до другото уво и се изразува како разлика во децибели помеѓу нивото на слух (HL) на сигналот на тестираното уво и нивото на сигналот што стигнува до контралатералното уво:

$$IA = \text{dB HL}_{\text{тестирано уво}} - \text{dB HL}_{\text{контралатерално уво}}$$

Интерауралната атенуација при испитување на воздушна спроводливост на тоновите зависи од три фактори: типот на слушалки, фреквенцискиот спектар на сигналот и индивидуата што се тестира. Во однос на типот на слушалки, IA е најголема кај инсерт слушалките, потоа кај супраауралните и најмала кај циркумауралните слушалки. Во клиничката аудиолошка пракса најчесто се користат супраауралните слушалки. Покрај

варијациите помеѓу субјектите и различна фреквенција на тоновите, генерално се смета дека IA за супраауралните слушалки изнесува 40 dB на сите фреквенции. Кај коскена спроводливост на тоновите IA изнесува 0 dB на сите фреквенции (Yacullo, 2015).

Вредностите на IA за инсерт слушалките се поголеми на ниските фреквенции, отколку на високите фреквенции. Вредностите зависат и од тоа колку длабоко се внесени слушалките. Ако не се внесени доволно длабоко, IA може да биде помала. Но генерално се смета дека IA за инсерт слушалките изнесува 55 dB (Kramer и Brown, 2019).

Перципирањето на сигналот од страна на увото што не се тестира може да се превенира со презентирање на шум. Тоа се нарекува *маскирање*. Целта на маскирањето е да се елиминира можноста увото што не се тестира да го слушне сигналот. Маскирањето овозможува сигурност дека сигналот што е презентира се перципира од страна на тестираното, а не од контралатералното уво (DeRuiter и Ramachandran, 2017).

Маскирањето може да се дефинира како процес при кој прагот на слухот за еден звук се зголемува во присуство на друг (маскирачки) шум (Yacullo, 2015).

За маскирање може да се користат различни шумови. Чистиот тон може да се маскира со широко-појасен шум, но во тој случај само одреден појас на фреквенции, критичен појас, учествува во маскирање на тонот. Деловите од широко-појасниот шум што се повисоки или пониски од критичниот појас не помагаат во маскирање на чистиот тон, туку прават шумот да звучи погласно. Оптимален маскирачки шум за чистиот тон е тесно-појасниот шум центриран на тестираната фреквенција. Тој може да биде во опсег од една третина, половина октава или друга ширина (Gelfand, 2016).

Доколку постои потреба за маскирање на контралатералното уво при *воздушна спроводливост на тоновите*, треба да се земат предвид три фактори: IA, немаскираниот праг на тестираното уво при воздушна спроводливост – air conduction (AC) и прагот на коскена спроводливост – bone conduction (BC) на контралатералното уво. Ако разликата помеѓу овие два прага е еднаква или поголема од IA (40 dB), тогаш прагот на воздушна спроводливост на тестираното уво мора да се одреди со контралатерално маскирање. Тоа правило може да се изрази на следниот начин:

$$AC_{\text{тестирано уво}} - BC_{\text{контралатерално уво}} \geq IA$$

Иако во овој случај е потребен прагот на коскена спроводливост, прелиминарната одлука дали да се маскира може да се донесе уште при испитување на воздушната

спроводливост со компарација на прагот на двете уши. Контралатералното маскирање е потребно кога немаскираниот праг на воздушна спроводливост на тестираното уво е еднаков или го надминува прагот на воздушна спроводливост на контралатералното уво за вредноста на IA (40 dB):

$$AC_{\text{тестирано уво}} - AC_{\text{контралатерално уво}} \geq IA$$

Треба да се има предвид дека преслушувањето настанува примарно преку механизмот на коскена спроводливост на тоновите. Иако немаскираниот праг на коскена спроводливост е претходно претпоставен, по неговото одредување треба да се ре-евалуира одлуката за маскирање при воздушна спроводливост (Yacullo, 2015).

При тестирање на *коскена спроводливост на тоновите*, не знаеме со сигурност на кое уво е слушнат сигналот. Бидејќи IA во овој случај е незначителна или воопшто не постои, без оглед на тоа на која страна е поставен вибраторот, не се знае која кохлеа одговара. Од ова произлегува дека секогаш кога се тестира коскена спроводливост на тоновите, контралатералното уво треба да се маскира (Gelfand, 2016).

Иако теоретски секогаш е потребно маскирање, во практиката имајќи ја предвид целта на одредувањето на прагот на коскена спроводливост, контралатералното маскирање не е потребно секогаш. Генерално, тој праг е потребен за одредување на типот на редукција на слухот. Присуството на ABG покажува дека постои кондуктивна компонента на редукцијата на слухот. Користењето на контралатералното маскирање е потребно кога резултатите од коскена спроводливост без маскирање сугерираат присуство на воздушно-коскен процеп на тестираното уво од 15 dB или поголем:

$$ABG_{\text{тестирано уво}} \geq 15 \text{ dB}$$

каде што

$$ABG = AC_{\text{тестирано уво}} - \text{немаскиран BC}$$

Ако воздушно-коскениот процеп изнесува 10 dB или помалку, нема потреба од маскирање. Ако не постои сигнификантен ABG, тогаш е отфрлена можноста за постоење на кондуктивна компонента (Yacullo, 2015).

Маскирачкиот шум се емитува преку посебен канал на аудиометарот. Интензитетот на маскирачкиот шум се намалува или се зголемува независно од сигналот на тестираното уво. Шумот се презентира континуирано за разлика од сигналот за тестирање којшто се презентира интермитентно. На пациентот мора да му се дадат инструкции бидејќи

презентирањето на звуци на двете уши истовремено ја отежнува задачата. При маскирањето клучно е одредувањето на *ефективното маскирачко ниво* (effective masking level). Тоа е нивото на кое маскирачкиот шум има доволно висок интензитет ефикасно да го препокрие сигналот што преминал на контралатералното уво, но доволно низок за да не се слушне на тестираното уво (DeRuiter и Ramachandran, 2017).

Сите пристапи кон клиничкото маскирање вклучуваат одговор на две основни прашања. Прво, кое е минималното ниво на шум што е потребно да го елиминира одговорот на увото што не се тестира? Тоа е, всушност, минимално маскирачко ниво што е потребно за да се избегне недоволно маскирање (undermasking), односно перципирање на сигналот во увото што не се тестира и покрај присуство на контралатерален маскирачки шум. Второто прашање е: кое е максималното ниво на шум емитуван на контралатералното уво што нема да го смени вистинскиот праг на тестираното уво? Тоа е, всушност, максималното маскирачко ниво што може да се користи без прекумерно маскирање (overmasking), односно промена на вистинскиот праг или одговор на тестираното уво со емитување на контралатерален маскирачки шум (Yacullo, 2015).

При премаскирањето интензитетот на маскирачкиот шум е толку висок што шумот преминува до тестираното уво по пат на коскена спроводливост. Ако е доволно гласен може да предизвика маскирање и на тестираното уво (DeRuiter и Ramachandran, 2017).

За да се одреди минималното маскирачко ниво, прво треба да се пресмета иницијалното маскирачко ниво. При тестирање на воздушна спроводливост на тоновите, тоа се пресметува со додавање на 10 dB на прагот на воздушна спроводливост на увото што не се тестира:

$$\text{Иницијалното маскирачко ниво} = \text{АС}_{\text{контралатерално уво}} + 10 \text{ dB}$$

При тестирање на коскена спроводливост на тоновите, тестираното уво не се покрива со слушалка за да се избегне оклузивниот ефект. Но слушалката го покрива увото што не се тестира и во него може да се креира ОЕ. Тоа уво станува почувствително на звуците пренесени преку коска за фреквенциите под 2000 Hz особено кога се користат супрааурални слушалки (Yacullo, 2015).

При појава на ОЕ, прагот на коскена спроводливост може да стане подобар за 10 dB. Бидејќи оклузивниот ефект може да се предвиди, може да се модифицира иницијалното ниво на презентација на маскирачкиот шум. За фреквенциите 250 и 500 Hz

треба да се додадат дополнителни 20 dB покрај почетните 10 dB, а за фреквенцијата 1000 Hz, се додаваат дополнителни 5 dB (DeRuiter и Ramachandran, 2017).

Равенката за иницијалното маскирачко ниво при коскена спроводливост на тоновите може да се претстави на следниот начин:

$$\text{Иницијалното маскирачко ниво} = \text{AC}_{\text{контралатерално уво}} + \text{OE} + 10 \text{ dB}$$

Потребно е да се истакне дека OE се намалува или е отсутен кај кондуктивна редукција на слухот. Ако на увото што не се тестира се појави потенцијален воздушно-коскен процеп од 20 dB или повеќе, тогаш оклузивниот ефект не треба да се додава на иницијалното маскирачко ниво на таа фреквенција. Второто важно прашање при маскирањето е максималното маскирачко ниво коешто претставува максимално ниво на шум презентирани на контралатералното уво што нема да го крене или промени вистинскиот праг на тестираното уво. На ова ниво на шум влијаат два фактори: прагот на коскена спроводливост на тестираното уво и IA на маскирачкиот стимул спроведен преку воздух. Максималното маскирачко ниво – maximum masking level ( $M_{\max}$ ) може да се изрази на следниот начин:

$$M_{\max} = \text{BC}_{\text{тестирано уво}} + \text{IA} - 5 \text{ dB}$$

Ако прагот на коскена спроводливост на тестираното уво и IA се доволни за да продуцираат премаскирање, тогаш треба да се користи маскирачко ниво што е малку помало од калкулираната вредност. Затоа 5 dB се одземени од нивото што теоретски продуцира премаскирање. Равенката за максимално маскирачко ниво е иста и за воздушна и за коскена спроводливост на тоновите. Маскирачкиот шум секогаш се емитува преку трансдјусер за воздушна спроводливост (супрааурални, циркумаурални или инсерт слушалки) без оглед на тоа дали трансдјусерот за мерење на прагот на слухот е за воздушна или за коскена спроводливост на тоновите (Yacullo, 2015).

Најпознат метод за маскирање е *Методот на Худ (Hood)* кој уште се нарекува и „*Плато*“ метод. Концептот се заснова на претпоставката дека емитувањето на маскирачкиот шум на увото што не се тестира ќе предизвика маскирачки ефект, односно кревање на прагот на слухот. На почетокот на процедурата маскирачкиот шум и одговорите на пациентот се зголемуваат линеарно. Тоа е регијата на недоволно маскирање. Секогаш кога интензитетот на маскирачкиот шум се зголемува, се зголемува и нивото на интензитет на коешто одговара пациентот. Тоа продолжува додека да се



достигне регијата „плато“. Тоа е опсег во кој нема промена на нивото на интензитет на коешто одговара пациентот и покрај зголемувањето на нивото на маскирачкиот шум. Тоа значи дека нивото на интензитетот на маскирачкиот шум е доволно високо за да го препокрие стимулот што е презентираан на тестираното уво. Доколку има три одговори на пациентот на исто ниво и покрај зголемувањето на интензитетот на маскирачкиот шум може да се смета дека нивото на коешто одговара пациентот е праг на слухот на тестираното уво (DeRuiter и Ramachandran, 2017).

Худ истакнал два есенцијални чекори на процедурата за маскирање: демонстрирање на ефектот на засенчување и идентификација на точката на менување. Клиничка цел на процедурата „Плато“ е да се одреди нивото на кое прагот на чистиот тон останува непроменет со зголемување на нивото на маскирачкиот шум. Две важни варијабли што се поврзани со процедурата се: опсегот на порастот на маскирачкиот шум и бројот на пораста што е потребен за да се достигне маскирачкото плато. Се препорачува порастот на интензитетот на шумот да изнесува 5 dB. Генерално е прифатено дека маскирачкото плато е постигнато кога нивото на шумот може да се зголеми во опсег од најмалку 15 до 20 dB без да се промени прагот на чистиот тон. Препорачаната клиничка процедура заснована на главните компоненти на техниката на Худ, може да се сумира на следниот начин:

- Се емитува маскирачки шум на контралатералното уво на иницијално маскирачко ниво. Повторно се одредува прагот на чистиот тон;
- Нивото на тонот или на шумот се зголемува за 5 dB. Доколку има одговор на тонот во присуство на шумот, нивото на шумот се зголемува за 5 dB. Ако нема одговор на тонот во присуство на шумот, нивото на тонот се зголемува во чекори од 5 dB додека да се добие одговор;
- Платото се достигнува кога нивото на шумот може да се зголеми во опсег од 15 до 20 dB без да се промени прагот на чистиот тон. Тоа кореспондира со одговор на тонот на исто ниво кога маскирачкиот шум е зголемен во три до четири последователни нивоа;
- Маскираниот праг на чистиот тон кореспондира со нивото на тонот на кое се достигнало маскирачко плато (Yacullo, 2015).

Во врска со маскирањето, постои специфичен случај кога се јавува прекумерно маскирање уште на иницијалното маскирачко ниво. Овој случај се нарекува *дилема за маскирање* (masking dilemma). Проблемот се јавува кога немаскираниот аудиограм покажува големи воздушно-коскени процепи на двете уши (Gelfand, 2016). Феноменот се нарекува уште и *дилема за маскирање на Нонтон* (Naunton's masking dilemma) според авторот што прв го опишал (Seneviratne, et al., 2019).

Во овој случај невозможно е да се одреди ефективното ниво на маскирачкиот шум, а дилемата се јавува секогаш кога разликата помеѓу прагот на коскена спроводливост на тестираното уво и прагот на воздушна спроводливост на контралатералното уво ја надминува интерауралната атенуација, односно е поголема од 40dB (Stach, 2010).

Во таков случај кога постои значителна кондуктивна компонента на редукцијата на слухот на двете уши не може да се постигне платото при маскирањето. При одредување на немаскираниот праг на коскена спроводливост на тоновите со поставување на коскениот вибратор на кое било уво, поради постоење на сигнификантен АВГ знаеме дека барем на едното уво има кондуктивна редукција на слухот, но не знаеме на кое. Исто така, не знаеме дали на другото уво има кондуктивна, сензонеурална или мешана редукција на слухот. При презентирање на маскирачкиот шум на иницијално маскирачко ниво, односно 10 dB над прагот на воздушна спроводливост на тонот на контралатералното уво може да дојде до прекумерно маскирање. Во такви случаи мора да се земат предвид наодите од други методи за процена на аудитивниот систем (DeRuiter и Ramachandran, 2017).

## **1.2. Аудиометриски дескриптори на редукцијата на слухот**

Според Американската асоцијација за говор, јазик и слух – American Speech-Language-Hearing Association (ASHA) (2015) при опишување на редукцијата на слухот, генерално се разгледуваат три аспекти: типот на редукција на слухот, степенот на редукција на слухот и аудиометриската конфигурација, односно формата на аудиограмот. Другите дескриптори на редукцијата на слухот вклучуваат поделба на редукцијата на слухот во однос на тоа дали се јавува на едното уво или билатерално, дали е симетрична или асиметрична, дали прогредира со текот на времето или настанува за многу кратко време, дали се менува, флукутира со текот на времето или е стабилна.

### 1.2.1. Тип на редукција на слухот

Постојат три основни типови на редукција на слухот: кондуктивна, сензонеурална и мешана редукција.

*Кондуктивна редукција* на слухот се јавува при нарушена трансмисијата на звукот преку надворешното и/или средното уво. Кондуктивната редукција на слухот може да биде предизвикана од церумен во ушниот канал, оштетување на ушното тапанче поради инфекција или траума, оштетување или затегнување на оскуларниот синџир или присуство на течност во средното уво (Moore, 2007). Воспалението може да се јави на надворешното уво или на средното уво, а може да постои и аурална атрезија, стеноза и колапс на слушниот канал (Shipleу и McAfee, 2016).

Во однос на зачестеноста на причините за кондуктивна редукција, инфламаторните процеси заземаат доминантно место (Брајовић, et al., 1997). Кондуктивната редукција е најчест тип на редукција на слухот кај децата (Guida и Diniz, 2008).

Истражувањата покажуваат дека најчеста причина за кондуктивна редукција на слухот кај децата е отитис медија со ефузија (Gilford, Holmes и Bernstein, 2009).

Отитис медија со ефузија е присуство на течност во средното уво без знаци за акутна инфекција на увото. Постојат неколку можни теории за неговата етиопатогенеза кои вклучуваат дисфункција на Евстахиевата туба, супклиничка бактериска инфекција и настанување како резултат на акутен отитис медија (Atkinson, Wallis и Coatesworth, 2015). Кај децата со отитис медија со ефузија утврдена е просечна редукција на прагот на слухот од 26 dB на фреквенциите 500, 1000, 2000 и 4000 Hz (Ristovska, et al., 2017).

Честа причина за кондуктивна редукција на слухот е перфорацијата на ушното тапанче. Редукцијата на слухот зависи од дијаметарот и локацијата на перфорацијата и евентуалното вклучување на други структури од средното уво (Schlauch и Nelson, 2015). Перфорацијата на ушното тапанче може да настане од повеќе причини. Како најчеста причина се наведуваат воспалителните процеси во средното уво, а во помал број на случаи се работи за траума или за јатрогена причина (Ristovska, et al., 2016).

Кондуктивна редукција на слухот се јавува и кај отосклероза. Отосклерозата претставува херeditарна болест на двата коскени лабиринта со фиксација на стапесот. Коскениот лабиринт на човекот на одредени места покажува остатоци на ембрионална

’рскавица. Кај отосклерозата настанува окоснување на ’рскавицата што се наоѓа пред предниот крај на базалната плоча на стапесот. Подоцна настанува склерозирање на новосоздадената коска. Појавата на новата коска го зафаќа блискиот стапес и доведува до негова фиксација со следствена наглувост од кондуктивен тип која е изразена во зоната на ниските фреквенции, бидејќи е оштетена амплификаторската функција на оскуларниот систем. Со ширење на процесот во внатрешното уво настанува и перцептивна наглувост во зоната на високите фреквенции, бидејќи најчесто се оштетени невроепителните елементи на базалните завои на кохлеата (Трајковски, 2008).

Кондуктивната редукција често настанува од заболувања кои можат медицински да се третираат. Во тој случај кондуктивната редукција трае кратко време и импактот на комуникацијата е транзиентен. Но во некои случаи кондуктивната редукција може да биде перманентна и пациентот да има потреба од слушен амплификатор (Stach, 2010).

*Сензонеурална редукција* на слухот се јавува при оштетување на клетките на кохлеата или на слушниот нерв. Постојат повеќе причини за сензонеурална редукција: генетски фактори, инфекции (менингитис или рубеола кај мајката), аноксија или сифилис за време на раѓањето, презбиакузија, ототоксичност и Мениерова болест (Shipley и McAfee, 2016). Сензонеуралната редукција е најчест тип на редукција на слухот кај возрасните лица (Bist, et al., 2017).

Како две најчести причини за сензонеурална редукција на слухот кај возрасните се сметаат: ефектите на стареењето и изложувањето на прекумерна бучава (Maltby, 2005).

Презбиакузијата вклучува неколку различни структурни промени во кохлеата: дегенерација на клетките, васкуларни промени што доведуваат до оштетување на клетките на кохлеата и промени во други структури на Кортиевиот орган што ја нарушуваат трансмисијата во кохлеата. Презбиакузијата е симетрична сензонеурална редукција на слухот, најчесто со поизразен пад на високите фреквенции (Hersh и Johnson, 2003).

Акустичната траума е сензонеурална редукција на слухот што настанува по еднократни изложувања на високи нивоа на импулсивна бучава, а редукцијата на слухот предизвикана од бучава – noise-induced hearing loss (NIHL) претставува сензонеурална редукција на слухот што се развива по долгогодишно изложување на умерено високи нивоа на бучава (Pawłaczyk-Łuszczynska, et al., 2013).

Ототоксичноста може да биде кохлеарна и вестибуларна. Ототоксични лекови се: аминокликозидите, макролидите, цитотоксичните лекови како цисплатинот, диуретиците на Хенлеовата петелка, ацетилсалицилната киселина, нестероидните антиинфламаторни лекови, кинин и други лекови (Zarandy и Rutka, 2010). Некои лекови предизвикуваат трајно оштетување на структурите на увото, а некои времено оштетување. Редукцијата на слухот започнува на високите фреквенции, а потоа прогредира кон средните и ниските фреквенции (Welling и Ukstins, 2019).

Мениеровата болест го зафаќа периферниот вестибуларен орган. Карактеристични симптоми се вртоглавица, тинитус и намалување на слухот. За време на нападот кај пациентот се јавува чувство како да има вода во увото. Причина за Мениеровата болест може да биде зголемувањето на ендолимфата во лабиринтот, заради што доаѓа до проширување на Reissner-овата мембрана. Хидропсот настанува поради претерано создавање и недоволна ресорпција на ендолимфата која циркулира во лабиринтот. Исто така може да настане поради нарушување на осмотската рамнотежа (Трајковски, 2008).

Постои акутна сензонеуралната редукција на слухот која се јавува ненадејно, во период до три дена. Редукцијата е  $\geq 30$  dB на најмалку три последователни аудиометриски фреквенции. Како можни причини за ваквата редукција на слухот се сметаат: вирусни инфекции, компромитирана васкуларизација на внатрешното уво, руптура на интралабиринтните мембрани и автоимуно заболување. Со исклучување на можните причини за акутното намалување на слухот, се поставува дијагноза *Идиопатска акутна сензонеурална редукција на слухот* (Zarandy и Rutka, 2010).

Редукцијата на слухот во детството влијае не само на развојот на говорот и на јазикот, туку исто така и на когнитивниот, на социјалниот и на емоционалниот развој (Albert, 2007). Околу 1-2 на 1000 деца страдаат од неонатален билатерален траен губиток на слухот (Јачова и Каровска, 2009). Покрај разликите во дефинирањето на перманентната редукција на слухот во детството, најголем број на ретроспективни студии покажале преваленција 1,1 до 1,7 на 1000 деца (Davis, Davis и Mencher, 2009).

Во однос на етиологијата, кај 50% од децата со конгенитална сензонеурална редукција на слухот влијаеле генетските фактори. Од нив, 15% имаат синдромско, а 35% имаат несиндромско оштетување на слухот. Најчеста форма на синдромско оштетување на слухот е Pendred синдром (Smith, Bale и White, 2005).

Доколку редукцијата на слухот се јави само поради оштетување на слушниот нерв или на аудитивниот кортекс, тогаш се работи за ретрокохлеарна редукција на слухот (Moore, 2007). Во однос на ретрокохлеарната патологија, акустичниот неурином е најчеста неоплазма во понтоцеребеларниот агол (Corbridge, 2011).

*Мешаната редукција* на слухот вклучува комбинација на кондуктивна и на сензонеурална редукција. Кај овој тип на редукција постои истовремено нарушување на воздушната и на коскената трансмисија на аудитивните стимули, односно постои оштетување на ниво на надворешното или средното уво и на ниво на кохлеата и слушниот нерв (Shipley и McAfee, 2016).

### **1.2.2. Степен на редукција на слухот**

Степенот на редукција на слухот се градира на следниот начин:

- 0-20 dB HL (уреден слух)
- 20-40 dB HL (лесна редукција)
- 40-60 dB HL (умерена редукција)
- 60-95 dB HL (тешка редукција)
- >95 dB HL (глувост) (Филипче и Давчева-Чакар, 2009).

Според Светската здравствена организација (СЗО) (2019) степените на редукција на слухот и импликациите од редукцијата кај децата се следните:

- 26-40 dB HL – лесна редукција (Slight/Mild) – детето со овој степен на редукција на слухот има проблем при слушање и разбирање на тивок говор, говор од поголемо растојание и говор со присутна бучава во околината;
- 41-60 dB HL – умерена редукција (Moderate) – детето со овој степен на редукција на слухот има проблем при слушање на говор на нормално конверзациско ниво, дури и на мало растојание;
- 61-80 dB HL – тешка редукција (Severe) – детето со овој степен на редукција на слухот може да слушне само многу гласен говор или силни звуци во околината. Тоа не може да слушне голем дел од конверзацискиот говор;
- >81 dB HL – многу тешка редукција (Profound) – детето со овој степен на редукција на слухот може да перципира силни звуци како вибрации.

Поделени се мислењата помеѓу авторите во врска со горната граница на нормален слух. Притоа се земаат предвид импликациите од редукцијата врз разбирањето на говорот. Во литературата се сретнуваат различни класификации на редукцијата на слухот во кои горната граница на уреден слух е 15, 20 или 25 dB. Исто така, некои автори сметаат дека треба да се разликува горната граница на уреден слух кај децата и кај возрасните лица, односно кај децата на возраст од 2 до 18 години таа треба да изнесува 15 dB, а кај возрасните да биде повисока. Треба се има предвид фактот дека и покрај тоа што прагот на слухот е во опсегот на нормален слух, сепак може да постои одреден патолошки процес на увото. На пример, доколку постои сигнификантен ABG, тој може да укажува на патологија на средното уво и покрај тоа што прагот на воздушна спроводливост е во границите на нормален слух (Schlauch и Nelson, 2015).

Истражувањето на глобалната и на регионалната преваленција на слухот покажало дека глобалната преваленција на редукцијата на слухот  $\geq 35$  dB кај машките на возраст  $\geq 15$  години изнесува 12,2%, кај женските на возраст  $\geq 15$  години изнесува 9,8%, а кај децата на возраст 5-14 години изнесува 1,4%. Во однос на степенот на редукција на слухот, преваленцијата на лесната редукција (20-34 dB HL) била 22,7% кај машките, 19,0% кај женските и 62,2 деца на 1000 деца. Преваленцијата на умерената редукција (35-49 dB HL) била 8,4% кај машките, 6,8% кај женските и 10,7 на 1000 деца. Преваленцијата на умерено-тешката редукција (50-64 dB HL) била 2,6% кај машките, 2,0% кај женските и 2,1 на 1000 деца. Преваленцијата на тешката редукција (65-79 dB HL) била 0,8% кај машките, 0,6% кај женските и 0,5 на 1000 деца. Преваленцијата на многу тешка редукција (80-94 dB HL) била 0,2% кај машките, 0,2% кај женските и 0,1 на 1000 деца. Преваленцијата на тотална глувост ( $\geq 95$  dB HL) била 0,2% кај машките, 0,2% кај женските и 0,1 на 1000 деца. Просечната вредност на прагот на слухот била дефинирана како средна вредност од прагот на фреквенциите 500, 1000, 2000 и 4000 Hz (Stevens, et al., 2011).

### **1.2.3. Аудиометриска конфигурација**

Иако вообичаено при интерпретација на аудиограмот се реферира за типот и за степенот на редукцијата на слухот, важен аспект при опишување на редукцијата на слухот

е *аудиометриската конфигурација*, односно формата на аудиограмот. Генерално, формата на аудиограмот може да се дефинира на следниот начин:

- ❖ *Рамна (Flat)* – разликата помеѓу прагот на слухот на сите фреквенции е  $\leq 20$  dB;
- ❖ *Асцендентна (Rising)* – прагот на слухот на ниските фреквенции е најмалку 20 dB полош од прагот на слухот на високите фреквенции;
- ❖ *Десцендентна (Sloping)* – прагот на слухот на високите фреквенции е најмалку 20 dB полош од прагот на слухот на ниските фреквенции;
- ❖ *Нискофреквентна* – постои редукција на слухот само на ниските фреквенции;
- ❖ *Високофреквентна* – постои редукција на слухот само на високите фреквенции;
- ❖ *Стрмно десцендентна (Precipitous)* – редукција на слухот на високите фреквенции од најмалку 20 dB по октава (Stach, 2010).

Се сретнува и друга поделба на десцендентната аудиометрирска конфигурација во зависност од наклонот на кривата:

- ❖ *Постепено десцендентна (Gradual slope)* – разликата помеѓу максималниот праг на слух и минималниот праг на слух е помала од 50 dB и
- ❖ *Стрмно десцендентна (Steep slope)* – разликата помеѓу максималниот праг на слух и минималниот праг на слух е поголема од 50 dB (Pan, et al., 2009).

Питман (Pittman) и Стелмахович (Stelmachowicz) (2003) користат посебни алгоритми за дефинирање на два типа на аудиометрирска конфигурација во однос на тоа како се разликуваат фреквенциите помеѓу 500 и 4000 Hz од пониските и од повисоките фреквенции:

- ❖ *У-форма (U-shaped)* – еден или повеќе соседни прагови помеѓу 500 и 4000 Hz се  $\geq 20$  dB во однос на полошиот праг на 250 или 8000 Hz и
- ❖ *Шатор-форма (Tent-shaped)* – еден или повеќе соседни прагови помеѓу 500 и 4000 Hz се  $\leq 20$  dB во однос на подобриот праг на 250 или 8000 Hz.

Аудиометриската конфигурација У-форма е позната и како *колаче (Cookie bite)* конфигурација (Hannula, et al., 2011). Аудиометриската конфигурација налик на шатор се нарекува и *превртена У-форма (Inverted “U” shape)*. Пан (Pan), et al. (2009) ја дефинираат оваа форма на следниот начин: „Прагот на слухот на 1000 Hz и/или 2000 Hz е 20 dB HL понизок од прагот на слухот на 500 Hz и на 4000 Hz.“



Постои аудиометриска конфигурација којашто е карактеристична за редуција на слухот при изложување на прекумерна бучава:

- ❖ *Скотом (Notch)* конфигурација – нагло паѓање на слухот на 4000 или на 6000 Hz од најмалку 15 dB во однос на прагот на слухот на фреквенциите од 1000 до 3000 (4000) Hz и прагот на 8000 Hz (Pawlaczyk-Luszczynska, et al., 2017).

Понекогаш се јавува резидуален слух само на ниските фреквенции. Оваа конфигурација е позната како *аголна (Corner)* конфигурација (Kramer и Brown, 2019).

Најчеста аудиометриска конфигурација кај возрасните лица е десцендентната конфигурација, а кај децата не постои значајна разлика во однос на формата на аудиограмите (Pittman и Stelmachowicz, 2003). Други автори, исто така, ја потврдуваат десцендентната конфигурација како најчеста кај возрасните лица (Hannula, et al., 2011). Кај деца на возраст од 5 до 10 години, најчеста била рамната аудиометриска конфигурација (Guida и Diniz, 2008).

Постои типична аудиометриска конфигурација за одредено заболување или за тип на редуција на слухот. *Скотом конфигурација* е карактеристична за редуцијата на слухот предизвикана од прекумерна бучава. На аудиограмот постои поголем пад на слухот на 4000 Hz и подобрување на 8000 Hz. Една од причините е тоа што акустичниот рефлекс е најсилен за ниските фреквенции и затоа тие се најзаштитени. Импулсивната бучава од пиштол настанува побрзо од времето на реакција на акустичниот рефлекс и оштетувањето се случува пред да се појави рефлексот. Лошата циркулација во соодветниот регион на внатрешното уво е друга причина за најголемо оштетување на слухот на фреквенцијата 4000 Hz. Исто така, резонанциите на надворешното уво имаат ефект. Бучавата ги оштетува клетките на внатрешното уво просечно половина октава повисоко од фреквенцијата на самата бучава. Бидејќи резонанцијата на надворешното уво додава 15-20 dB на звукот, бучавата постојано се филтрира низ таа резонанција. Пикот на 2700 Hz ќе се помести за половина октава повисоко, на околу 4000 Hz (Venema, 2010).

Кај пациентите кои краткотрајно биле изложени на импулсивна бучава или долготрајно изложени на бучава над 85 dB се наведуваат неколку типови на аудиометриска конфигурација. Најчеста конфигурација е скотом на 4000 Hz, а потоа следи десцендентна конфигурација со пад на 2000 Hz, рамна конфигурација, десцендентна со пад на 4000 Hz и скотом на 2000 Hz (Ristovska, Jachova и Atanasova, 2015).

Изложувањето на екцесивни нивоа на бучава може да предизвика временна или трајна редукција на слухот. Скотомот на аудиограмот кај луѓето кои се изложени на прекумерна бучава на работното место или рекреативно, најчесто се јавува во опсегот од 3000 до 6000 Hz. Времената редукција на слухот се нарекува *времено кревање на прагот* – temporary threshold shift (TTS), а перманентните промени се нарекуваат *трајно кревање на прагот* – permanent threshold shift (PTS). Редукцијата на слухот од прекумерна бучава може да биде постепено прогресивна или рапидно да се менува, како на пример, при изложување на импулсивна бучава (Schlauch и Nelson, 2015).

Најчеста аудиометриска конфигурација кај презбикузијата е *десцендентната конфигурација* со постепен пад на високите фреквенции. Ова особено се однесува на редукцијата на слухот кај мажите. Некои истражувања покажуваат дека кај жените најчеста е рамната конфигурација (Fitzgibbons и Gordon-Salant, 2010).

Кај кондуктивната редукција на слухот поизразен е падот на ниските фреквенции и најчесто се јавува *асцендентна аудиометриска конфигурација* (Schlauch и Nelson, 2015). Аудиометриската конфигурација може да биде и *превртена У-форма* или *рамна конфигурација* со мало подобрување на слухот на фреквенцијата 2000 Hz и постепен пад на повисоките фреквенции (Cai и McPherson, 2016). Истражувањето на механизмите на редукција на слухот кај отитис медија со ефузија покажало дека примарен механизам на редукција на слухот на ниските фреквенции е намалувањето на адмитансата на средното уво поради заменување на воздухот со течност (Ravicz, Rosowski и Merchant, 2004).

За Мениеровата болест е карактеристична *асцендентната конфигурација*. Болеста се карактеризира со зголемено количество на ендолимфа во скала медија на кохлеата. Зголеменото количество на течност во скала медија ги потиснува нејзините мембранозни сидови на местото каде што тие се најголеми и најфлакцидни. Затоа екцесивниот притисок на ендолимфата е најизразен на врвот (арех) на кохлеата и најмногу се афектирани клетките во тој дел и ниските фреквенции на аудиограмот (Venema, 2010).

Постојат и други дескриптори поврзани со редукцијата на слухот. Врз основа на повеќе критериуми, редукцијата на слухот може да се дефинира на следниот начин:

- *билатерална* и *унилатерална* – билатералната е редукција на слухот на двете уши, а унилатералната само на едното. Во однос на степенот, унилатералната редукција

на слухот може да варира од лесна до многу тешка. Таа може да се јави и кај возрасните и кај децата;

- *симетрична* и *асиметрична* – кај симетричната редукција на слухот, степенот и конфигурацијата на редукцијата се слични на двете уши, а кај асиметричната редукција тие се различни;
- *прогресивна* и *акутна* – редукцијата на слухот се смета за прогресивна доколку таа станува полоша со текот на времето, а редукцијата е акутна ако настане за кратко време. Потребно е брзо откривање на причината за акутната редукција;
- *флукуирачка* и *стабилна* – флукуирачката редукција на слухот се менува со текот на времето, понекогаш слухот станува подобар, а потоа се влошува. Стабилната редукција на слухот не се менува (ASHA, 2015).

### 1.3. Интерпретација на аудиограмот

Аудиограмот е графички приказ на состојбата на редукција на слухот добиен со стандардно регистрирање на прагот на слухот за воздушна и за коскена спроводливост на тоновите. На ординатата се внесени вредностите на редуцираниот слух во децибели (dB), а на апсцисата се внесени фреквенциите во херци (Hz). За разбирање на изговорените зборови најважен е опсегот од 500 Hz до 4000 Hz (Savić, 1994).

Одредувањето на прагот на слухот и комплетирањето на аудиограмот е основа на аудиолошката евалуација. Иако концептот и стратегијата се многу едноставни, одредувањето на прагот на слухот може да биде најтешко од сите испитувања во аудиолошката батерија на тестови. Тоналната лиминарна аудиометрија е така структурирана и заснована на правила, што наизглед може да биде автоматизирано тестирање со помош на компјутер. Тестирањето може да биде едноставно доколку испитаниците се возрасни лица што соработуваат. Но во праксата пациентите се на различна возраст, со различен степен и тип на редукција на слухот, одредувањето на прагот на слухот е предизвик и потребно е големо искуство на испитувачот (Stach, 2010).

Типичниот аудиограм има опсег на интензитет од  $-10$  до  $120$  dB HL и опсег на фреквенции од  $125$  до  $8000$  Hz. Карактеристично за аудиограмот е тоа што графиконот има превртена позиција, така што звуците со помал интензитет се наоѓаат на горниот дел,

а звуците со поголем интензитет се наоѓаат на долниот дел на графиконот. За аудиометриското тестирање се користат различни симболи за да се означат кое уво е тестирано, дали е користен трансдјусер за воздушна или за коскена спроводливост на тоновите и дали е користен маскирачки шум при тестирањето. Аудиограмот ги содржи следните симболи за означување на прагот на слухот:

	немаскиран	маскиран
десно – воздушна спроводливост	○	△
лево – воздушна спроводливост	×	□
десно – коскена спроводливост	<	⌈
лево – коскена спроводливост	>	⌋

Доколку пациентот не одговори на максималниот интензитет на тонот, се користи симболот „без одговор“ ✓ за десното уво и симболот ✗ за левото уво заедно со соодветниот симбол за воздушна или за коскена спроводливост на тоновите. Постојат стандарди за конструкција на аудиограмот и најчесто покрај аудиограмот се наоѓа легенда со симболите кои се користат (DeRuiter и Ramachandran, 2017).

Праговите на воздушна спроводливост се центрирани на вертикалните линии на соодветните фреквенции и симболите вообичаено се поврзуваат со полна линија. Симболите за коскена спроводливост на тоновите се поставуваат или на вертикалните линии или веднаш до нив. Тие симболи не се поврзуваат со линија или се поврзуваат со испрекината линија (Kramer и Brown, 2019).

Симболите за маскиран и немаскиран праг на слухот се разликуваат и во однос на тоа дали се однесуваат на воздушна или на коскена спроводливост на тоновите, а исто така и во однос на увото, десно или лево. Затоа не е неопходно да бидат специфицирани со различна боја. Особено треба да се внимава на ознаките за отсуство на одговор при лимитот на интензитетот, односно максималниот аутпут на трансдјусерот да не се протолкуваат како одговор (Stach, 2010).

Осетливоста на увото на човекот не е подеднаква во целото слушно поле. Лице со нормален слух слуша интензитет на звук од само неколку dB ниво на звучен притисок – sound pressure level (dB SPL) на фреквенцијата од 1000 Hz, а кон крајните гранични подрачја осетливоста значително опаѓа. На фреквенцијата од 125 Hz изнесува 40 dB SPL, а на фреквенцијата од 8000 Hz изнесува 30 dB SPL. Од практичен аспект пресметана е просечната вредност на прагот на слухот кај здрави лица со нормален праг на слух и

добиените вредности во dB SPL се сведени на вредност 0 dB ниво на слух – hearing level (dB HL) за секоја фреквенција. На тој начин се добива линеарен запис, а во исто време се објаснува како здраво лице може да слуша на 0 dB HL (Филипче и Давчева-Чакар, 2009).

Тоа ниво се нарекува *аудиометриска нула* и не значи „отсуство на звук“, бидејќи кореспондира со различно ниво на децибели на SPL скала (dB SPL). Затоа на графиконот постојат и негативни вредности коишто означуваат дека лицето може да го слушне звукот на пониско ниво од лице со просечно нормален слух (Welling и Ukstins, 2019).

Тоналниот аудиограм дава податоци за типот и за степенот на редукција на слухот. Кај *кондуктивна редукција на слухот*, аудиограмот покажува редукција на слухот при испитување на воздушната спроводливост на тоновите и нормален слух при испитување на коскената спроводливост. На аудиограмот постои воздушно-коскен процеп (ABG). Генерално, за сигнификантен се смета  $ABG > 10$  dB. Кај *сензоневрална (перцептивна) редукција на слухот*, се регистрира намалена воздушна и коскена спроводливост на тоновите. Воздушно-коскениот процеп на аудиограмот не е сигнификантен и изнесува 5 до 10 dB. Кај *мешана редукција на слухот*, постои редукција и при воздушна и при коскена спроводливост на тоновите. Воздушно-коскениот процеп на аудиограмот е сигнификантен, односно  $\geq 15$  dB (Kramer и Brown, 2019).

Воздушната спроводливост на тоновите ги рефлектира заболувањата во целиот кондуктивен и сензоневрален систем, од средното уво до кохлеата и слушниот нерв. Генерално се смета дека коскената спроводливост на тоновите ги рефлектира заболувањата на кохлеата и на слушниот нерв. Сигналот што е пренесен преку коска стигнува директно до кохлеата со заобиколување на надворешното и на средното уво. Но сепак, промените во динамиката на средното уво ја афектираат сензитивноста при коскена спроводливост на тоновите на предвидлив начин (Stach, 2010).

Просечната вредност на прагот на слухот – pure tone average (PTA) е средна вредност од прагот на воздушна спроводливост на тоновите на фреквенциите 500, 1000 и 2000 Hz. Со PTA се сумира степенот на редукција на слухот (Gelfand, 2016).

Во студијата за глобална и за регионална преваленција на редукцијата на слухот, PTA се дефинира како средна вредност од прагот на слухот на фреквенциите 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz и 4000 Hz (Stevens, et al., 2011). При процената на глобалната преваленција на умерената и на тешката редукција на слухот, авторите ја користат дефиницијата на СЗО,

којашто ја вклучува просечната вредност на прагот на слухот на фреквенциите 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz и 4000 Hz (Olusanya, Neumann и Saunders, 2014).

#### 1.4. Артикулациски индекс

Најраниот обид да се предвиди вкупната интелигибилност на говорот е направен од страна на Френч (French) и Стајнберг (Steinberg) во 1947 година и Флечер (Fletcher) во 1950 година и се нарекува *артикулациски индекс* – Articulation index (AI) или *индекс на аудибилност* – Audibility index (AI). Тој подоцна е ревидиран и е наречен *индекс на интелигибилност на говорот* – Speech intelligibility index (SII). Основниот принцип на SII се заснова на следното: колку е помал говорниот спектар што е аудибилен поради редукцијата на слухот, толку е полоша разбирливоста на говорот. Индексот на интелигибилност на говорот се пресметува во опсегот од 0.0 (нема достапни говорни акустични информации) до 1.0 (сите говорни акустични информации се достапни). Бидејќи била сложена постапката за пресметување, со текот на времето овој концепт е направен полесен за пресметување (Kramer и Brown, 2019).

Милер (Mueller) и Килион (Killion) (1990) го воведуваат т.н. *Метод на броење на точки* (Count-the-dots method) и го презентираат аудиограмот за калкулирање на артикулацискиот индекс според тој метод.

Артикулацискиот индекс е развиен врз основа на голем број на перцептивни експерименти со користење на бесмислени слогови. Ограничувањето на AI и SII е тоа што постојат неколку дисторзии на говорот, како на пример, реверберацијата на говорниот сигнал и бучавата во околината коишто влијаат на интелигибилноста на говорот. Затоа подоцна е развиен *индексот на трансмисија на говорот* – Speech transmission index (STI) којшто ја користи рамката на AI (Bruce, 2017).

Методот на броење на точки е ревидиран од страна на авторите од кои е воведен. За калкулирање на артикулацискиот индекс по методот броење на точки спектарот на говорот е поделен на сто точки. Секоја точка претставува 1% и збирот на „аудибилни точки“ го покажува процентот на артикулацискиот индекс што се движи од 0 до 100%. Бидејќи некои фреквенциски региони придонесуваат повеќе за интелигибилноста на

говорот, а некои помалку, фреквенциите со поголем придонес кон препознавањето на говорот се застапени со повеќе точки (Killion и Mueller, 2010).

Концептот на аудибилност на говорот нема големо влијание во клиничката пракса. Тестирањето на препознавањето на зборовите е префериран метод за процена на интелигибилноста на говорот. Еден од проблемите поврзан со клиничката употреба на AI е тоа што тој не е доволно разбран. Сепак, артикулацискиот индекс има најмалку три корисни клинички апликации:

- може да служи како одлична алатка на пациентот да му се објасни влијанието на редукцијата на слухот врз способноста за разбирање на говорот;
- бидејќи AI има позната поврзаност со способноста за препознавање на зборовите, скорот на препознавање на зборовите може да се предвиди од AI или ако се мери директно, може да се компарира со очекуваниот скор базиран на AI;
- може да биде корисен при подесувањето на слушните амплификатори, бидејќи може да служи како мерка колку е аудибилен говорот со конкретното слушно помагало (Stach, 2010).

Аудиометриските дескриптори на степенот на редукцијата на слухот (уреден слух, лесна, умерена, тешка редукција и глувост) не се доволно сензитивни предиктори на аудитивното функционирање и не даваат насоки за нивото на едукативна поддршка којашто им е потребна на децата со редукција на слухот. Артикулацискиот индекс е алтернативен метод за процена на редукцијата на слухот (Brett, 2003).

Постојат ограничувања на методот во однос на степенот на редукција на слухот. Истражувањата покажуваат дека AI е валиден предиктор за интелигибилноста на говорот кај најголем број лица со лесна до умерена редукција на слухот, но не и кај лица со потешка редукција на слухот. Во случаи на тешка сензонеурална редукција на слухот се намалува можноста да се добијат информации што придонесуваат за интелигибилноста на говорот и перформансите во однос на интелигибилноста на говорот се лоши и покрај адекватната аудибилност (Amlani, Punch и Ching, 2002).

Истражувањето на поврзаноста помеѓу редукцијата на слухот на високите фреквенции и артикулацискиот индекс покажало дека билатералниот артикулациски индекс кај уреден слух е поголем од 95%, кај лесна редукција се движи од 80% до 100% и кај умерена редукција се движи од 70% до 95% (Vermiglio, et al., 2012).

## 2. ПРОДУКЦИЈА И ПЕРЦЕПЦИЈА НА ГОВОРОТ

Говорот е комплексен, временски варијабилен акустичен сигнал. Тој има многу различни акустични и лингвистички својства коишто можат, во различен степен, да бидат информативни за да се разбере пораката што треба да се пренесе (Fogerty и Humes, 2012).

Говорот е акустички динамичен и комплексен затоа што постојано се менува во фреквенција, интензитет и време. Говорот не се состои само од поединечни гласови, односно тој нема само сегментални карактеристики. Промените на фреквенцијата, интензитетот, ритмот, времетраењето и брзината се супraseгментални аспекти и опфаќаат мултипли сегменти. На просечно конverzациско ниво, интензитетот на говорот изнесува просечно 65 dB SPL (45 dB HL), со позитивни пикови на сигналот на 12 dB над просечното ниво и негативни пикови на 18 dB под просечното ниво. Така интензитетот на говорот е во опсег од 47 до 77 dB SPL. Интензитетот на гласниот говор е во просек 85 dB SPL (65 dB HL), а интензитетот на тивкиот говор е во просек 45 dB SPL (25 dB HL). Во однос на фреквенцијата, енергијата на вокалите е повеќе во ниските фреквенции и најмногу придонесуваат за енергијата на говорот, а консонантите се послаби и придонесуваат повеќе за енергијата на високите фреквенции и за интелегибилноста на говорот. *Долговременскиот просечен спектар на говорот* – Long-term average speech spectrum (LTASS) претставува анализа на снимен глас на еден говорител или на повеќе говорители со цел да се одреди нивото на звук на различни делови од фреквенцискиот опсег. Опсегот на говорот е во просек од 100 до 10000 Hz. Забележано е дека LTASS расте полека во интензитет од 100 до 500 Hz, а потоа опаѓа просечно за 10 dB по октава на високите фреквенции. Гласовите од говорот варираат во времетраењето и стапката на продукција. Просечното времетраење на еден глас е околу 30-300 ms. Вокалите траат просечно 130-360 ms, а консонантите траат просечно 20-150 ms (Lawson и Peterson, 2011).

Процесите што ја контролираат продукцијата на говорот се: фонација, резонација и артикулација. *Фонацијата* е процес на конвертирање на воздушниот притисок во звук со помош на гласилките. *Резонацијата* е процес на засилување на одредени фреквенции од резонанциите во вокалниот тракт. *Артикулацијата* е процес на менување на резонанциите на вокалниот тракт за да се продуцираат различни гласови. Од лингвистичка гледна точка,



продукцијата на говорот опфаќа иницијација, фонација, артикулација и процеси на прозодиска организација (Abhang, Gawali и Mehrotra, 2016).

Продукцијата на говорот бара прецизна контрола на движењата на вокалниот тракт за да се генерираат говорни гласови коишто брзо се организираат во комплексни секвенци (Bouchard и Chang, 2014). Како комплексен звук, говорот може да се анализира во однос на интензитетот и фреквенцијата. Овие акустични карактеристики на говорниот глас зависат од полот, фонемата, содржината на конверзацијата и емоциите (Kim, et al., 2018).

Фонемата е најмалата единица во говорот каде што супституција на една единица со друга може да направи разлика во значењето (Holmes и Holmes, 2001). Фонемите може да диференцираат еден збор од друг. Тие прават лексички дистинкции (Ogden, 2009).

Говорот, всушност, започнува во мозокот како мисловен процес кога тој може да се смета за превербална порака. Оваа фаза се нарекува концептуализација. Втората фаза од процесот на продукција на говорот е формулација на говорот кога превербалната порака се конвертира во лингвистичка форма. Оваа фаза може да се подели на два дела:

- ❖ лексикализација – мислите се конвертираат во соодветни зборови;
- ❖ синтаксичко планирање – зборовите се уредени на синтаксички коректен начин.

Гласот е терминална фаза на говорниот аутпут кога звуците се продуцираат за да ја пренесат пораката (Abhang, Gawali и Mehrotra, 2016).

## **2.1. Фонациско-кинестетски аспекти на говорот**

Вокалниот тракт може да се подели на три празнини: фаринкс (од ларинксот до мекото непце и до средниот дел на јазикот), орален тракт (од фаринксот до усните) и носна празнина (D'Alessandro, 2009).

Основен фонациски орган е ларинксот, а фонацијата настанува со вибрации на гласилките. За настанување на вибрациите потребен е субглотилен притисок. Секој глас е резултат на координирана напнатост на гласилките и еспирациониот субглотилен притисок. Главна улога при настанување на гласот имаат констрикторите на ларинксот. Основниот глас настанува во генераторот на гласот – ларинксот, а вокалите и консонантите се формираат во продолжението на фонаторниот апарат, односно во

резонаторот – усната празнина, која може да го менува својот облик, а со тоа и видот на гласот (Savić, 1982).

Кога гласилките се приближени и вибрираат, тие се во *фонаторен мод*. Бројот на оддалечувања и приближувања на гласилките во секунда се нарекува основна фреквенција ( $F_0$ ) на фонацијата (Raphael, Borden и Harris, 2011). Основната фреквенција, всушност, претставува стапка на вибрација на гласилките. Покрај основната фреквенција, периодичниот сигнал вообичаено има енергија и на други фреквенции познати како хармоници. Тие се мултипликација на основниот тон. Ако глоталниот глас има основна фреквенција од 100 Hz, тогаш ќе постојат хармоници на 200 Hz, 300 Hz, 400 Hz итн. Генерално, хармониците се послаби од основниот тон, но се слушаат и тие му даваат тембр, односно боја на гласот. Вокалниот тракт ги модифицира хармониците и така се менува бојата на гласот. Тој не ја менува основната фреквенција или фреквенциите на хармониците, туку ја менува само релативната јачина на хармониците (Taylor, 2009).

Гласилките произведуваат чисти тонови чија висина и интензитет зависат од обликот на ларинксот, должината на гласилките, нивната напнатост и брзина на треперење. Сите овие особини на гласот се различни кај луѓето, но и кај иста индивидуа се менуваат во текот на зборувањето. Кај мажите  $F_0$  е најниска, најчесто се движи од 80 Hz до 180 Hz (треперења во секунда), кај жените се движи од 180 Hz до 230 Hz, а кај децата од 230 Hz до 300 Hz (Vladislavljević, 1981).

Според Огден (Ogden) (2009) просечната вредност на  $F_0$  кај мажите изнесува околу 120 Hz, а кај жените изнесува 220 Hz. Типичниот опсег на  $F_0$  во конверзацијата е 70-250 Hz кај мажите и 120-300 Hz кај жените. Ниската основна фреквенција кај мажите е поврзана со задебелувањето и издолжувањето на гласилките како резултат на хормонски промени во пубертетот (Warren, 2008).

Преферирана единица мерка за  $F_0$  е херц. Понекогаш се користат и единиците мел (mel) и полутон (semitone) како мерки за фреквенција. Анатомски и функционално, гласилките го претставуваат центарот на ларинксот. Должината на ларинксот кај мажите изнесува околу 5 cm, а кај жените изнесува околу 4 cm. Кај нормално гласен говор, положбата на гласилките се менува од отворени конфигурации до позиција на аддукција за иницирање на звучност (Ludlow, Kent и Gray, 2019).

Должината на гласилките кај жените изнесува 18-20 mm и 22-25 mm кај мажите. Гласилките го регулираат протокот на воздухот од белите дробови со стеснување и ширење на отворот во вид на пукнатина. При изговор на звучните гласови, гласилките се затегнати и преминот на воздушната струја предизвикува нивно треперење. При изговор на беззвучните гласови гласилките се опуштени и воздушната струја поминува без да предизвика нивно треперење (Drinčić, Pravica и Novković, 2018).

Гласилките се два лигаменти, односно фиброзно ткиво покриено со мукозна мембрана. Вибрациите на гласилките се предизвикани од одредена тензија врз гласилките, односно напнатост. Кога гласилките се затворени, воздухот под нив не може да излезе, а притисокот од меѓуребрните мускули го турка воздухот кон надвор. Притисокот под глотисот се зголемува и кога ќе стане доволно голем ги принудува гласилките да се отворат. Кога тие ќе се отворат, воздухот поминува низ глотисот и воздушниот притисок над и под глотисот се изедначуваат. Тогаш нивната напнатост ги принудува повторно да се приближат и да го затворат просторот помеѓу нив. Процесот пак се повторува, воздухот не може да излезе преку глотисот, расте притисокот под него и гласилките пак се отвораат. Овој циклус на отворање и затворање е аеродинамичен ефект што се нарекува *Ефект на Бернули* (Bernoulli) (Ogden, 2009).

При формирање на фонемите се случуваат два процеси кои се тесно поврзани: перцептивен и артикулациски. Кога ќе се востанови нуклеусот на фонемата како нејзина семантичка основа, фонемските транзиции во гласовниот кластер се занемаруваат. Тоа занемарување на безначајните елементи доведува до стабилизација на јадрото на фонемата (Костић и Владисављевић, 1993).

Контролата на фонетскиот квалитет на гласот и неговото времетраење од страна на говорителот зависат од пет главни процеси во продукцијата на говорот:

- Иницијацијата и насоката на воздушниот проток;
- Типот на фонација;
- Артикулација;
- Интерсегменталната координација;
- Темпоралната организација.

Постојат три категории на *иницијација на воздушниот проток* и две насоки. Најчест иницијатор на воздушниот проток во говорот е пулмоналниот механизам кој го

истуркува воздухот во насока кон надворешната атмосфера. Тоа е пулмонален егресивен (egressive), односно издишувачки проток на воздух. Говорот што е продуциран со пулмонален ингресивен (ingressive), односно вдишувачки механизам се користи само паралингвистички, на пример за изразување на чувства. Втор иницијатор на воздушниот проток е ларинксот со глоталниот механизам. Глоталните издишувачки гласови се нарекуваат ејективи (ejectives), а глоталните вдишувачки гласови се нарекуваат импловиви (implosives). Третиот иницијатор на воздушниот проток е јазикот, односно веларниот или лингвален механизам. Гласот продуциран со веларниот вдишувачки механизам се нарекува клик. Во однос на *типот на фонација*, може да се продуцира звучен глас, безвучен глас, шепот, крцкав глас (creaky voice) и глас со призвук на издишување или шум (breathy voice, murmur). *Артикулацијата* се разликува во однос на местото и начинот на којшто се изведува. Во однос на *интер-сегменталната координација*, фонетски процеси што вклучуваат координација на соседните сегменти се феномените на обезвучување, аспирација (одложена појава на звучност), ослободување на компресирано воздух кај пловивите, африкација (бавно ослободување на оклузијата), коартикулација (влијание на еден сегмент врз друг во рамките на зборот) и асимилација (меѓусебно влијание на сегментите вон границите на зборот). *Темпоралната организација* на говорот се однесува на времетраењето на гласовите (Laver, 2003).

За разлика од гласниот говор, кај *шепотот* постои стеснување на гласилките, така што просторот помеѓу нив, глотисот, не е затворен и гласилките не вибрираат. Но глотисот е тесен и кога воздухот ќе помине низ него, воздушниот проток станува турбулентен. Шепотот се користи како начин да се зборува тивко или тајно. Говорителот може да го менува квалитетот на својот глас со зголемување на F<sub>0</sub> над нормалниот опсег. На тој начин се продуцира *фалсет* (falsetto). Гласилките се затегнати и издолжени, а глотисот не е комплетно затворен. Фалсетот се користи во пеењето, но се појавува и во конверзацискиот говор (Ogden, 2009).

Резултатите од акустичната анализа на гласовите во шепотот, односно детерминирањето на траењето и на интензитетот на консонантите, покажува високо ниво на зачувани прозодиски карактеристики кај шепотот што претставува главна причина за висока интелигибилност кај овој тип на говор (Jovičić и Šarić, 2008).

Крцкавиот глас настанува кога гласилките се отворени само на едниот крај и вибрираат многу полека. Ваков глас може да се слушне понекогаш спорадично во говорот, а се сретнува и кај пушачи или при настинка. Гласот со призвук на издишување е тип на фонација што настанува кога гласилките се одвоени, но сепак приближени за разлика од состојбата на безвучност. Силата на воздушниот проток предизвикува вибрација којашто е поинаква од звучноста (Lodge, 2009).

Сите јазици користат промени во основната фреквенција (pitch) за да се изразат некои аспекти на мислењето. Лингвистичката употреба на одредени Fo контури во продукцијата на говорот се нарекува *интонација*. Носител на интонациската контура може да биде главниот акцентиран слог (Ogden, 2009).

### **2.1.1. Артикулација**

Гласовите се артикулираат (создаваат) со посебна положба на устата и на фаринксот. Основна карактеристика на артикулирање на самогласките е формирањето при релативно широк резонаторен апарат. При артикулација на согласките не е неопходно треперење на гласилките, некои од нив се артикулираат и при мирување на гласилките. Втора значајна карактеристика е формирањето на пречки во одредени делови на резонаторниот апарат. Тие пречки го отежнуваат минувањето на воздушната струја или целосно го прекинуваат по што се формираат гласови со примеси и карактеристики на шумови (Трајковски, 2008).

Експириумот ја обезбедува артикулацијата на тој начин што воздухот на патот од белите дробови се пробива низ ларингеалната, фарингеалната, носната и усната празнина. Воздушните бранови при протокот низ системот на артикулатори се обликуваат во однос на висината и на интензитетот коишто варираат и така се формира орално-гласовната експресија – говорот (Vlajić, 1992).

Артикулаторите се делови од вокалниот тракт што се користат за продукција на говорните гласови. Тие често се групираат во два вида: активни и пасивни. *Активни артикулатори* се тие што се движат, како на пример јазикот. *Пасивни артикулатори* се тие што не се движат, но претставуваат цел на активните артикулатори. Активните артикулатори се приближуваат до нив. Пасивен артикулатор е коскениот гребен позади

горните заби, познат како алвеоларен гребен. Многу места на артикулација се опишуваат во однос на пасивниот артикулатор (Ogden, 2009).

Најголем број на гласови се образуваат со јазикот во правилно извиткана форма (конвексен и надолжно и странично), со затворено меко непце и со помалку или повеќе стабилна состојба на стриктурата за време на медијалната фаза во *едно, неутрално место на артикулација*. Но активните артикулатори на вокалниот тракт се доволно флексибилни и адаптабилни за да можат да креираат артикулациски стриктури на две различни места симултано (на пример делење на иста медијална фаза). Кога двете стриктури се од еднаков степен, конформацискиот аспект на артикулацијата покажува *двојна артикулација*. Трите варијанти на двојната артикулација се: лабијално-алвеоларна, лабијално-палатална и лабијално-веларна. Кога едната стриктура е од поголем степен од другата за време на заедничката медијална фаза, се смета дека потесната стриктура е *примарна артикулација*, а поотворената стриктура е *секундарна артикулација*. Аудитивниот ефект на секундарната артикулација вообичаено е модифицирање на перцептивниот квалитет на примарната артикулација (Laver, 2003).

Се смета дека секундарната артикулација се случува само на билабијална, палатална, веларна и фарингеална позиција. Доколку еден глас се изговори со заокружување на усните што е потребно за изговор на следниот глас, велиме дека тој е лабијализиран, а појавата се нарекува *лабијализација*. Останатите видови на секундарна артикулација се случуваат со додавање на специфична резонанција на консонантите. Постојат неколку варијации: *палатализација* (предниот дел на јазикот е поткренат кон тврдото непце), *веларизација* (задниот дел на јазикот е поткренат кон мекото непце) и *фарингеализација* (коренот на јазикот е ретрахиран кон задниот ѕид на фаринксот). Гласовите што притоа се продуцираат се нарекуваат палатализирани, веларизирани и фарингеализирани гласови (Ashby, 2005).

**Вокалите** се звучни гласови. За време на нивниот изговор гласилките треперат, усните имаат различен облик, а јазикот се движи во устата, но никаде не создава препрека за воздушната струја. Со сложената активност на артикулаторите се создава систем на резонатори од ларинксот до усните во коишто се концентрира и се засилува акустичната енергија карактеристична за вокалот што се изговара. Секој глас се формира со различни артикулациски движења и затоа има различна акустична структура. За обликување на

вокалите придонесуваат гласилките, мекото непце, движењата на јазикот, движењата на долната вилица и усните (Vladislavljević, 1981).

Поради отсуството на препреки кои би предизвикале триење на воздухот, основната особина на вокалите е отсуство на фриксиониот елемент, па акустичната енергија се однесува хармонично (Kostić, 1971).

При изговорот на вокалите може да се јави и феноменот назализација. Назализацијата претставува спуштање на мекото непце, така што воздушната струја поминува симултано низ носната празнина и устата. Назализацијата може да биде и карактеристика на квалитетот на гласот (MacMahon, 2006).

Вокалите можат да бидат назализирани во специфични контексти, како на пример кога се следени од назални консонанти (Birjandi и Salmani-Nodoushan, 2005). Назалната празнина е вклучена во артикулацијата на вокалите само кога тие се наоѓаат до назален глас. Таа е генерално исклучена од нивната продукција со мекото непце (Gelfand, 2010).

Друга карактеристика што може да биде асоцирана со вокалите е ротицизација или р-обојување. Оваа појава настанува како резултат на влијанието на гласот „р“ на соседниот вокал. Во некои варијации на англискиот јазик, во зборовите со глас „р“ во финална позиција, вокалот пред тој глас често е ротицизиран (Davenport и Hannahs, 2010).

Иако постојат разлики во изговорот на вокалите во различни јазици, тие вообичаено се опишуваат во однос на следните пет критериуми:

- висината достигната со највисоката точка на јазикот (високи, средни, ниски);
- делот на јазикот што е подигнат (предни, средни, задни);
- формата на усните (незаокружени, заокружени);
- позицијата на мекото непце (подигнато за оралните вокали, спуштено за назалните вокали);
- времетраење на вокалот (кратки, долги).

Покрај оваа генерална поделба, некои вокали бараат подетално специфицирање. Во некои јазици, како на пример во јапонскиот јазик, постојат и безвучни вокали. Тие се продуцирани без вибрирање на гласилките. За францускиот јазик карактеристични се неколку назални вокали. Во некои јазици, како на пример во англискиот јазик, постојат дифтонзи. Дифтонг е спој на две различни самогласки кои се изговараат како еден слог, односно јазикот стартува во една позиција и се придвижува кон друга. Во некои варијации

на англискиот јазик се јавуваат и трифтонзи. Тоа се вокали со три различни позиции на јазикот (Liddicoat и Curnow, 2004).

Според начинот на образување, **консонантите** се поделени во неколку групи: плозиви, африкати, фрикативи, назали и латерали. **Плозивите** се карактеризираат со запирање на воздушната струја со помош на преграда (оклузија), а потоа нагло ослободување на воздушната струја (експлозија). Преградата се создава со помош на различни делови на говорните органи. За изговор на некои гласови најважни се усните, кај други гласови најактивен е врвот на јазикот или најмногу е ангажиран задниот дел на јазикот (Vladislavljević, 1981).

Плозивите се гласови што се артикулираат со најголем степен на опструкција. При артикулирање на сите плозиви неопходни се две симултани оклузии: велофарингеална оклузија, што ја одвојува носната празнина од останатиот дел на вокалниот тракт и оклузијата што се формира со усните или со јазикот во усната празнина. Финалната фаза кај најголем број артикулации на овие гласови е фазата на „ослободување“. Таа не се случува во некои фонетски контексти (Raphael, Borden и Harris, 2011).

**Африкатите** содржат преграда позади која следи африкација во вид на карактеристични шумови. Тие се создаваат со запирање на воздушната струја со помош на говорните органи. Постои разлика помеѓу плозивите и африкатите во начинот на ослободување на воздушната струја. Експлозијата кај плозивите настанува со нагло отворање на преградата, додека кај африкатите преградата се отвора постепено, прво во средишниот дел, а потоа се шири кон страните на јазикот. Тоа доведува до ослабување на експлозијата и до засилување на шумот, африкацијата. Африкацијата претставува спојување на плозивните и на фрикативните елементи на шумот во нов гласовен квалитет. Затоа африкацијата е поостра веднаш по пробивањето низ преградата, за потоа постепено да се претвори во чиста фрикација, односно шум (Vladislavljević, 1981).

**Фрикативите** се нарекуваат струјни или шумни гласови. Тие се континуирани гласови што значи дека за време на нивниот изговор воздушната струја од глотисот до излезот од говорните органи тече без задржување. Говорните органи не создаваат прегради, па затоа нема прекин на воздушниот тек. Но наместо прегради, говорните органи создаваат теснеци низ кои се пробива воздушната струја. Подрачјето на создавање на теснеци заедно со големината на резонаторот пред и позади теснецот, односно нивниот



сооднос, како и присуство или отсуство на ларингеална звучност ги дава диференцијалните карактеристики на секој фрикатив (Vladislavjević, 1981).

Овие гласови се наречени фрикативи поради турбуленциите на воздушната струја коишто пробивајќи се низ теснеците создадени од артикулаторите продуцираат шум што звучи како фриксија, односно триење (Bickford и Floyd, 2006). Фрикативната артикулација е резултат на апроксимација на два артикулатори во толкав степен на стриктура што дозволува воздухот да помине помеѓу нив (Ogden, 2009).

Главни фактори што одредуваат дали воздушниот проток е турбулентен се: големината на каналот, односно теснецот низ којшто поминува воздухот и брзината на воздушниот проток. Амплитудата на турбулентниот шум е детерминирана од брзината на молекулите на воздухот кога тие поминуваат низ каналот. Колку побрзо се движат молекулите на воздухот, толку е погласен звукот. Бидејќи брзината на честичките е поврзана и со големината на каналот, колку е потесен каналот, толку ќе биде погласен турбулентниот шум (Johnson, 2003).

Бидејќи за изговор на фрикативите потребен е релативно прецизен артикулациски процес, првенствено поради теснецот што се создава во усната празнина, може да се очекува лицата со нарушувања на говорот и на јазикот да имаат проблеми при изговорот на овие гласови. Анализата на фрикативите треба да ги опфати следните сегменти: амплитудата на шумот, траењето на шумот, моделирањето на глоталната ексцитација и спектралните моменти (Kent и Kim, 2008).

**Назалите** се создаваат со синергија на преградата во устата и отворање на носниот резонатор. Со движење на усните и на јазикот се влијае на спуштањето на мекото непце и на обликувањето на назофарингеалниот и носниот резонатор. Ларингеалната звучност и големиот резонантен простор на назофарингсот и носните хоани внесуваат вокални елементи во овие гласови. Назалите обединуваат многу артикулациски и акустични елементи: оклузивност, струјност, експлозивност, вибрации на гласилките и полувокалност. Преградата нема цел да го запре текот на воздушната струја, таа цело време тече низ ноздрите. Преградата и протокот на воздушна струја настануваат паралелно. Со движење на усните, а особено на јазикот се влијае на промена на резонаторот. Пред крај на изговорот на назалите, односно во моментот на отворање на преградата се јавува краткотрајна експлозија со слаб интензитет (Vladislavjević, 1981).

Кај *латералите* јазикот се наслонува или со врвот на горните секачи или со горниот дел на тврдото непце. Во текот на траењето на преградата, бочните површини на јазикот се слободни и овозможуваат премин на воздушната струја унилатерално или билатерално. Квалитетот на латералност се добива со создавање на преграда и истовремено дејство на воздушната струја која се ослободува во устата и образните резонатори. Текот на воздушната струја е озвучен со треперење на гласилките. При попречното стеснување на јазичните мускули и подигање на врвот на јазикот или средниот дел на јазикот, резонантните простори под и околу јазикот се зголемени и овозможуваат создавање на полувокални елементи, а преминот преку страничните теснеци придонесува за создавање на помали примеси на шум. Присуството на шумот што настанува при отворање на преградата на крајот на гласот е со послаб интензитет, а поизразени се карактеристиките на вокалност и затоа латералите по својата акустична структура се блиски на вокалите (Vladislavljević, 1981).

### 2.1.2. Коартикулација

Коартикулацијата генерално во литературата се дефинира како влијание на еден фонетски сегмент врз друг. Артикулациската фонологија ја третира коартикулацијата како феномен на копродукција (Marchal, 2009).

Врз основа на сфаќањето на коартикулацијата како резултат од влијанието на артикулативниот сегмент врз соседните сегменти, коартикулаторните ефекти може да се поделат во две групи:

- лево кон десно или *преносни* ефекти, кај кои својствата на сегментот се пренесуваат за да влијаат на својствата на следниот сегмент;
- десно кон лево или *антиципаторни* ефекти, кај кои својствата на сегментот влијаат на својствата на претходните сегменти.

Коартикулацијата е универзална во смисла на тоа дека во сите јазици постои интеракција на соседните сегменти, но степенот на ефектите и балансот на двете можни насоки на ефектите се различни. На пример, во англискиот јазик има многу забележливи коартикулаторни ефекти, а во однос на насоката, антиципаторните ефекти се почести од преносните ефекти (Tatham и Morton, 2006).

Артикулациско-акустичната шема за одреден глас идеално постои само при изолиран изговор на гласот. Во говорот, поради меѓусебното влијание на гласовите доаѓа до значителни промени и во артикулациска и во акустична смисла. Гласовите во говорот се слеани меѓу себе. Зборот не претставува редување на глас по глас, туку тој самиот е единствена акустична целина, а гласовите во него се значително адаптирани за да се поврзат меѓусебно и говорот да биде флуентен (Vladisavljević, 1981).

Говорот претставува сукцесивен редослед на гласови. Крајот на првиот глас и почетокот на следниот глас артикулациски и фреквенциски се менуваат. Особено видлива е транзицијата на формантите на вокалите кои фреквенциски се спуштаат или се подигаат за да се сретнат со следниот глас кај којшто исто така се случуваат промени. Сите промени се резултат на менување на големината на резонаторите, бидејќи јазикот и останатите говорни органи уште при изговарање на првиот глас заземаат положба за изговор на гласот што следи (Vladisavljević, 1981). Најчести се транзициите на вториот формант на вокалот, но во помал обем се присутни и кај другите форманти. Централниот дел на вокалот каде што има сосема мали промени на фреквенциите се нарекува *стабилна состојба* (steady state). Шумот на консонантот е примарен знак во процесот на препознавање, но транзициите можат исто така да бидат многу важни (Maltby, 2002).

Во слоговите каде што пловите се продуцирани заедно со вокал во комбинации консонант-вокал (КВ) или вокал-консонант (ВК), транзициите на формантите се креирани со отворање на вокалниот тракт од констрикцијата на пловитот до вокалот – КВ транзиција или со затворање на вокалниот тракт од вокалот до констрикцијата на пловитот – ВК-транзиција (Kent и Kim, 2008).

Транзициите на формантите се детерминирани од движењата на јазикот и мандибулата затоа што овие структури се поместени кон вокалот од конфигурациите што тие мора да ги претпостават за да ја формираат оклузијата на пловитот (Stevens, 2000).

Голем број студии ја демонстрирале важноста на транзициите на формантите на вокалот што следи за идентификација на местото на артикулација на пловите. Иако транзициите на третиот формант (F3) придонесуваат за дискриминацијата, најмногу од неопходните информации се однесуваат на вториот формант (F2) (Baken и Orlikoff, 2000).

Утврдено е дека перципирањето на гласовите во слоговите со фонетски контрасти зависи од времетраењето на транзицијата. Кога транзицијата траела пократко од 40-60 ms,

гласот се перципирал како пловив; кога траела подолго од 40-60 ms, но сепак пократко од 100-150 ms, гласот се перципирал како глајд и кога траела 100-150 ms и подолго, гласот се перципирал како вокал (Kent и Read, 2002). Траењето на транзицијата кај пловивите е кратко, 50-80 ms, а кај глајдовите е 90-150 ms (Ludlow, Kent и Gray, 2019).

Коартикулацијата влијае на процесот на препознавање на зборовите (Archibald и Gathercole, 2007). Истражувањето на Вудс (Woods), et al. (2015) покажало дека испитаниците со редукција на слухот полесно ги идентификуваат консонантите во контекст на вокалот /a/, за разлика од вокалот /u/, а особено вокалот /i/. Во зависност од идентификацијата на англиските консонанти од страна на лица со уреден слух, авторите ги поделиле консонантите на три групи: консонанти кои лесно се идентификуваат (/t/, /s/, /ʃ/, /tʃ/, /z/, /dʒ/ и /r/), консонанти кои потешко се идентификуваат (/k/, /f/, /d/, /g/, /m/, /n/ и /l/) и консонанти кои најтешко се идентификуваат (/p/, /θ/, /b/, /v/, /h/, /ð/ и /ŋ/).

Транзицијата на формантите може да биде *асцендентна* (rising) и *десцендентна* (falling) транзиција (Lieberman и Blumstein, 1988). Исто така, се јавува и речиси *рамна* (flat) транзиција (Ludlow, Kent и Gray, 2019).

Важен концепт во опишувањето и разбирањето на транзициите на формантите е *локусот на формантот* (formant locus) затоа што транзициите се јавуваат во КВ или ВК секвенци. Локусот е карактеристична вредност за секое место на артикулација на консонантите. Локусот на F2 е од особен интерес, бидејќи тој помага да се дефинира транзицијата на F2 што игра важна улога во интелегибилноста на говорот. Локусот е претпоставена вредност и не е веднаш видлива во акустичната анализа на формантите. Таа е како претпоставена целна фреквенција за одредено место на артикулација, а тоа е корисно за разбирање на формантските модели за КВ или ВК секвенците. На пример, за машките говорители на англиски јазик F2 локусот е околу 800 Hz за билабијалните консонанти во секвенца со вокал, 1800 Hz за алвеоларните консонанти во секвенца со вокал и варира кај веларните консонанти (Ludlow, Kent и Gray, 2019).

Друг параметар поврзан со транзицијата на формантите е *наклонот на формантот* (formant slope). Тој се калкулира како промена во фреквенцијата на формантот во текот на интервалот на транзиција на формантот. При мерење на наклонот на формантот се применува правилото 20-Hz. Имено, појавата (*onset*) на транзицискиот сегмент се дефинира како прва точка во времето од која порастот од 20 ms е придружен од најмалку

20 Hz промена и крајот (*offset*) се дефинира како следна точка во времето од која пораст од 20 ms нема кореспондирачка промена од 20 Hz или повеќе. *Времетраењето на транзицијата* (transition duration) се изразува во ms, а *размерот на транзицијата* (transition extent) претставува разлика помеѓу onset и offset фреквенциите и се изразува во Hz (Ludlow, Kent и Gray, 2019).

Размерот на транзицијата е мерка за размерот на промени во конфигурацијата на вокалниот тракт и секако големината на промените. *Наклонот на транзицијата* (transition slope) се пресметува на тој начин што размерот на транзицијата ќе се подели со времетраењето. Тој се изразува во Hz/ms. Наклонот на транзицијата е мерка за брзината на промените во конфигурацијата на вокалниот тракт (Куо, 2013). *Стапката на транзиција* (transition rate) на формантот се однесува на брзината со која јазикот се поместува од една позиција во усната празнина до друга. Повисока стапка значи релативно побрзо движење, а пониска стапка, побавно движење на јазикот (Chang, Ohde и Conture, 2002).

## **2.2. Поделба на гласовите во македонскиот јазик**

Во македонскиот стандарден јазик има 31 глас и за секој глас постои графички знак што се нарекува буква. Врз основа на движењето и положбата на говорните органи при артикулацијата, како и движењето на воздушната струја, гласовите се делат на повеќе групи и подгрупи. Најопшта е поделбата на самогласки (вокали) и на согласки (консонанти) што се прави врз основа на присуство или отсуство на пречка при движењето на воздушната струја (Леонтиќ, 2018). Гласот е најмал и понатаму неделив елемент на јазикот. Делот од лингвистиката што го проучува образувањето и изговорот на гласовите се нарекува фонетика (Тоциновски и Младеновски, 2010).

При зборувањето гласовите меѓу себе се поврзуваат во групи и на тој начин се создаваат слоговите. Тие се секвенци, односно низи најчесто од два или повеќе гласа, а некогаш и од еден глас. Слогот мора да содржи самогласка, бидејќи таа го претставува неговиот најважен и најистакнат дел – јадрото. Кон јадрото се приклучуваат помалку истакнатите делови – согласките (Бојковска, и сор., 1999).

Гласот /p/ може да врши функција на самогласка, односно да се јави како носител на слогот, а со тоа и на акцентот (Гајдова, и сор., 2017).

### 2.2.1. Поделба на вокалите

Во македонскиот стандарден јазик има пет самогласки (вокали): а, е, и, о, у. Тие се делат на неколку подгрупи:

1. Според положбата на јазикот во усната празнина во хоризонтала:

- ❖ предни самогласки: **е, и**
- ❖ средна самогласка: **а**
- ❖ задни самогласки: **о, у**

2. Според степенот на издигањето на јазикот кон непцето во вертикала:

- ❖ високи самогласки: **и, у**
- ❖ средно високи самогласки: **е, о**
- ❖ ниска самогласка: **а**

3. Според положбата на усните:

- ❖ незаокружени самогласки: **а, е, и**
- ❖ заокружени самогласки: **о, у**

Вокалите се образуваат на предната, на средната или на задната страна на усната празнина. Притоа јазикот се издигнува кон непцето во различен степен, а усните се исправаат или се заокружуваат (Леонтиќ, 2018).

### 2.2.2. Поделба на консонантите

Во македонскиот стандарден јазик има 26 согласки (консонанти). Тие имаат различни артикулациски и акустички карактеристики. Имајќи ги предвид тие карактеристики, консонантите можат да се поделат во повеќе групи според неколку критериуми:

1. Според местото на образувањето:

- ❖ уснени (лабијални): **б, п, м, в, ф**
- ❖ забновенечни (дентално-алвеоларни): **д, т, л, н, с, з, ц, ш**
- ❖ венечни (алвеоларни): **ж, ш, ц, ч, љ, р**
- ❖ тврдонепчени (палатални): **џ, к, ј, њ**
- ❖ меконепчени (веларни): **к, г, х**

2. Според начинот на образувањето:

- ❖ преградни или избувливи (оклузивни): **п, б, м, т, д, н, њ, к, г**
- ❖ теснински или струјни (фрикативни): **с, з, ш, ж, в, ф, л, љ, ј, р, х**
- ❖ преградно-теснински (африкативни): **ќ, ѓ, ч, џ, с, ц**

3. Според треперењето или мирувањето на гласните жици, односно според звучноста:

- ❖ звучни: **б, в, г, д, ѓ, ж, з, с, ц**
- ❖ беззвучни: **п, ф, к, т, ќ, ш, с, џ, ч, х**
- ❖ сонанти: **р, л, љ, м, н, њ, ј**

Поделбата на консонантите според начинот на образувањето за основа го има видот на пречката на патот на воздушната струја при изговорот на согласките. При образувањето на некои согласки, јазикот прави краткотрајна целосна преграда на патот на воздушната струја. Кај друга група согласки воздушната струја минува низ теснина што ја прават горните заби и јазикот. Неколку согласки се образуваат на таков начин што прво се создава една мошне краткотрајна преграда, која веднаш потоа преминува во теснина. Според признакот звучност, најзвучни се сонантите, по нив следат звучните, а на последно место се беззвучните согласки (Бојковска, и сор., 2008).

### 2.3. Акустична структура на гласовите

Основните карактеристики на гласовите се однесуваат на звучната слика – фонема и на визуелната слика – артикулема. Звучната слика ја опфаќа акустичната структура на гласовите и дистрибуцијата на звучната енергија во зависност од положбата на артикулаторите при изговорот на гласот и обликот на резонаторите. Визуелната слика ги опфаќа карактеристиките на положбата на артикулаторите при изговорот (Vlajić, 1992).

Акустичната анализа на говорот во минатото се изведувала со звучен спектрограф. Звучниот спектрограф е конструиран во раните четириесетти години на минатиот век во лабораториите на Бел телефонијата (Bell Telephone Laboratories, денес Nokia Bell Labs). Апаратот се состоел од серија на теснопојасни филтри што се користеле за скенирање на повторувањата на снимениот говорен примерок (Warren, 2008). Дисплејот на којшто бил прикажан краткотрајниот спектар бил наречен спектрограм (Kent и Read, 2002).

Денес постојат многу софтвери за анализа на говорот. Графичкиот софтвер овозможува акустична анализа со визуелизирање на говорот. За анализа на гласови коишто имаат стационарен дел, како вокалите, фрикативите и назалите, соодветен е методот на Фуриер (Fourier). За другите гласови со карактеристични динамични промени, како плозивите, техниката за анализа мора да вклучува промена во време (Voersma, 2014).

Системите за анализа на говорот генерално се засновани на спектралната анализа со брзата Фуриерова трансформација – fast Fourier transform (FFT) и линеарното предиктивно кодирање – linear predictive coding (LPC). Развиени се и нелинеарни методи за спектрална анализа (Ludlow, Kent и Gray, 2019).

Графичката претстава на трите димензии на звуците во однос на нивните компонентни фреквенции се нарекува спектрограм. Тој е визуелна претстава на акустичниот сигнал. Од спектрограмот се добиваат значајни информации за квалитетот на говорот, бидејќи тој содржи квантитативни податоци за звукот (Gunasekar, et al., 2017).

Спектрограмот е спектро-темпорална претстава на звукот. Хоризонталната насока на спектрограмот го претставува времето, а вертикалната насока ја претставува фреквенцијата (Proverbio, et al., 2016). Нивото на затемнување ја покажува амплитудата. Темниот дел покажува присуство на сигнификантна енергија на таа фреквенција во тоа време (Taylor, 2009). Спектрограмите се класифицирани во два главни типа: широкопојасен (wide-band) и теснопојасен (narrow-band). Широкопојасниот спектрограм е основна алатка за спектрална анализа (Anil Kumar, et al., 2015).

Поделбата на широкопојасен и на теснопојасен спектрограм се прави врз основа на големината на прозорецот. Кај широкопојасниот спектрограм се користи прозорец со кратко траење, помалку од еден  $F_0$  период (времетраење на еден циклус на вибрација на гласилките), типично 10 ms. Тоа овозможува добра временска резолуција, но ја растегнува структурата на хармониците. Кај теснопојасниот спектрограм се користи прозорец со долго траење, во должина од најмалку два  $F_0$  периоди. Ваквиот спектрограм овозможува добра фреквенциска резолуција, но лоша временска резолуција. Заради зголемената фреквенциска резолуција, хармониците на  $F_0$  може да се набљудуваат како хоризонтални линии за време на звучните сегменти на говорот (Wölfel и McDonough, 2009).

Во процесот на препознавање на говорот важна улога имаат прозодиските информации. Најважни прозодиски карактеристики на говорниот сигнал се:



- *Енергија* – основна и најважна карактеристика на говорниот сигнал;
- *Основна фреквенција* – главен акустичен корелат на интонацијата;
- *Форманти* – спектрални пикови во спектарот на гласот;
- *Интензитет* – јачина на гласот што може да се контролира со промени настанати над ларинксот (прилагодувања во вокалниот тракт), промени во ларинксот (активност на ларингеалните мускули) и промени под ларинксот (контрола на дишењето, промени на белодробниот притисок);
- *Гласност* – перципираната гласност (loudness) варира во зависност од основната фреквенција, бидејќи човечкото уво не е еднакво чувствително на сите фреквенции. Најчувствително е на фреквенциите во опсег од 1000 Hz до 3000 Hz. На пример, повисоки или пониски фреквенции, иако продуцирани со ист интензитет, би звучеле потивко;
- *Времетраење на сигналот* – важно е за препознавањето на говорот;
- *Фреквенција на семплирање (sampling rate) на снимениот говор* – исто така игра важна улога. Варијациите на фреквенцијата на семплирање се: 8000, 16000, 24000 и 44500 Hz (Abhang, Gawali и Mehrotra, 2016).

Дигиталниот сигнал е дискретен во време (discrete-time) бидејќи е семплиран во регуларни интервали, што се нарекува фреквенција на семплирање и дискретен во амплитуда бидејќи таа димензија е квантифицирана или претставена во мали пораста (кванти). За да се претстават брзите високи фреквенции, семплирањето мора да биде со повисока стапка за да може да ги претстави брзите промени во сигналот. Многу апарати за дигитално снимање на говорот користат фреквенција на семплирање 44100 примероци во секунда. Тоа е фреквенцијата на аудио сигналот снимен на CD. Оваа фреквенција се користи бидејќи опсегот на човечкиот слух оди до околу 22 kHz. Со фреквенција на семплирање од 44000 примероци во секунда во глас со  $F_0$  200 Hz, ќе има околу 220 примероци за секој циклус на вибрација што можеби би било потребно за одредување на периодичните флукуации на  $F_0$  (Ludlow, Kent и Gray, 2019).

На спектрограмот може да се забележи дека говорот се состои од континуирани и од дискретни елементи. Континуираните елементи ги рефлектираат симултаните движења на артикулаторите. Континуираните елементи се испрекинати со дискретни паузи, на пример при преминот од звучност кон беззвучност и помеѓу звук и тишина (Fant, 2004).

### 2.3.1. Акустична структура на вокалите

Артикулациските дескриптори на вокалите најчесто се поврзуваат со одредување на актуелните фреквенции на формантите (Ladefoged и Johnson, 2011).

Со брзото отворање и затворање на гласилките настанува звук познат како основен ларингеален тон или основна фреквенција на говорот. Резонантните празнини ја концентрираат енергијата во одредени фреквенциски региони. Концентрациите на енергија во тесни појаси се база за формантите на вокалите. Големината и формата на резонантните празнини ги одредуваат резонантните фреквенции (Maltby, 2002). Според Савицка и Спасов (1997) средната вредност на  $F_0$  на вокалите во различни позиции во зборот изнесува 193 Hz.

Формантите се дефинирани како спектрални пикови на звучниот спектар на гласот. Еден од елементите на акустичната анализа е мерењето и компарацијата на формантите (Raina, Chakraborty и Velankar, 2014). Терминот формант потекнува од латинскиот збор *formaire* што значи форма. Првите три форманти се од примарен интерес бидејќи тие се доволни за разликување на вокалите и ги претставуваат основните акустични информации за фонетска анализа (Ludlow, Kent и Gray, 2019). Според некои автори, перципирањето на првите два форманти е неопходно за да се слушнат вокалите, а за тоа слухот до 3000 Hz треба да биде зачуван (Maltby, 2002).

Формантот е концентрација на акустична енергија околу одредена фреквенција на звучниот бран. Формантите се означуваат како  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$ ,  $F_4$  итн. почнувајќи со најниската фреквенција. Технички, формантот претставува сет од соседни хармоници, засилени од резонанцијата во некои делови од вокалниот тракт. На широкопојасниот спектрограм формантите се прикажуваат како темен појас што кореспондира со резонанцијата на вокалниот тракт (Gunasekar, et al., 2017). На спектрограмот се забележуваат и карактеристичните вертикални ленти на хармониците (Taylor, 2009).

Освен според нивните фреквенции, формантите може да се опишат и според фреквенцискиот опсег и амплитудите. Фреквенциите на формантите се најчестите акустични мерења на говорот. Тие се користат во апликации како автоматското препознавање на говорот, проучување на продукцијата на говорот и перцепцијата на

говорот кај различни говорители и клиничка процена на нарушувања на гласот, говорот и јазикот (Kent и Vorperian, 2018).

Фреквенцијата на формантот на вокалот е детерминирана од конфигурацијата на вокалниот тракт на којашто може да влијаат повеќе фактори: внатрешната големина на вокалниот тракт, големината на јазикот, големината и конфигурацијата на усната празнина, големината и конфигурацијата на фарингеалната празнина и конфигурацијата на јазикот (Liu и Ng, 2009). Пиковите во спектарот на вокалите кореспондираат со основните фреквенции на вибрациите на воздухот во вокалниот тракт (Ladefoged, 1996).

Во однос на поврзаноста на фреквенциите на формантите со артикулацијата, се истакнува дека F1 примарно е поврзан со висината на јазикот, така што високите вокали имаат ниска фреквенција, а ниските вокали имаат висока фреквенција на првиот формант. Вториот формант најмногу се поврзува со поместувањето на јазикот кон напред (антеро-постериорна позиција), така што задните вокали имаат ниска фреквенција, а предните вокали имаат висока фреквенција на вториот формант (Ludlow, Kent и Gray, 2019).

Најниската резонантна фреквенција, односно F1, најмногу одговара на промените при отворање на устата. Гласовите за кои е потребно малку да се отвори устата имаат ниска фреквенција на првиот формант. Гласовите кај кои при изговорот устата е отворена имаат релативно висока фреквенција на првиот формант, но тоа е сепак најниската резонанција на вокалниот тракт. Вториот формант најмногу одговара на промените во големината на усната празнина. Повлекувањето на јазикот кон назад или заокружувањето на усните може да ја намали фреквенцијата на овој формант, но секоја активност на јазикот и на долната вилица што го стеснува просторот во усната празнина каде што притисокот е релативно висок предизвикува зголемување на F2. Третиот формант одговара на предна наспроти задна констрикција (Raphael, Borden и Harris, 2011).

Амплитудата на формантот е релативна амплитуда на формантите во формантскиот модел. Постојат две главни правила во врска со амплитудата на формантите:

- Кога два форманти се приближуваат во однос на фреквенцијата, амплитудата расте и кај двата;
- Кога фреквенцијата на првиот формант опаѓа (или расте), сите повисоки форманти тежнеат кон опаѓање (или растење) на амплитудите.

На амплитудата на формантот може да влијаат својства како назализацијата. Назализираниот вокал има намалена амплитуда. Друга карактеристика на формантот е фреквенцискиот опсег или појас (bandwidth), но мерењата на појасот често се критикувани во литературата како несигурни. Назализацијата исто така влијае и на формантскиот појас, така што доведува до негово зголемување. Формантскиот појас расте и со бројот на формантот, вториот појас е поголем од првиот, а исто така се смета дека децата имаат поголем формантски појас во однос на возрасните (Ludlow, Kent и Gray, 2019).

Говорителот може да го контролира својот глас со зголемување на притисокот врз гласилките. Со зголемување на притисокот, гласилките побрзо вибрираат што доведува до повисока  $F_0$ , хармоници во поширок распон и гласот се перципира како да има повисока фреквенција. Фреквенциите на формантите се менуваат со движење на различни делови од вокалниот тракт наречени артикулатори. Тоа се усните, вилицата, јазикот и мекото непце. Со движење на артикулаторите се менува формата и големината на резонантните празнини во вокалниот тракт со што се менуваат нивните резонантни фреквенции, односно формантите (Schnupp, Nelken и King, 2011).

Важни фактори за препознавање на говорот се времетраењето и интензитетот на гласот. Генерално, вокалите се подолги од консонантите, но постојат разлики во времетраењето на секој вокал поединечно. Времетраењето на вокалот во одреден степен е зависно од консонантот што следи. Вокалот ќе биде подолг ако по него следи краток консонант и обратно. Вокалите имаат поголем интензитет од консонантите. Нивото на интензитет варира постојано во зависност од тоа дали зборуваме погласно или потивко, но релативната разлика помеѓу гласовите останува иста, без оглед на тоа кој интензитет се користи (Maltby, 2002).

За да се измери времетраењето на вокалот користени се различни критериуми. Стабилната состојба на вокалот е траењето на интервалот во кој формантскиот модел (особено  $F_1$  и  $F_2$ ) е стабилен. Овој акустичен интервал најверојатно го рефлектира периодот на стабилна артикулациска конфигурација за вокалот и се преферира како интервал за пресметување на фреквенцијата и фреквенцискиот појас на формантот. Но стабилната состојба не е присутна во многу случаи, така што потребни се други критериуми за мерење на траењето на вокалот. Генерално, критериумите го елиминираат делот на сигналот што е под влијание на консонантскиот контекст. Траењето на вокалите

во конверзацијата се движи од минимум 50 ms за неакцентираниите вокали до повеќе од 200 ms за вокалите во акцентираниите слогови (Ludlow, Kent и Gray, 2019).

Акустичната анализа на осцилограмите на вокалите овозможува да се направат неколку мерења за квалитетот на гласот. *Јитер* (Jitter) е мерка за периодични флукуации на основната фреквенција. *Шимер* (Shimmer) се однесува на пертурбациите на амплитудата на звучниот сигнал. *Соодносот хармоници/шум* (Harmonics-to-noise ratio) е јасно поврзан со квалитетот на гласот. Со него се одредува дополнителниот шум во говорниот сигнал. Тој исто така обезбедува информации за емоционалната состојба на говорителот (Abhang, Gawali и Mehrotra, 2016).

Пертурбацијата на гласот може да се дефинира како отстапување од потполно периодичен и регуларен модел на вибрација на гласилките. Јитер може да се прикаже како апсолутна вредност (во ms) или како релативна вредност (процент калкулиран со делење на апсолутната вредност со средната вредност на  $F_0$  периодот). Шимер се прикажува или како апсолутна вредност (вообичаено во dB) или како релативна вредност (процент). Соодносот хармоници/шум уште се нарекува и *сооднос сигнал/шум* – signal-to-noise ratio (SNR). Развиени се различни алгоритми за калкулирање на мерките за пертурбација на гласот (Ludlow, Kent и Gray, 2019).

Варијациите во гласот се случуваат затоа што човечкиот глас не е перфектно периодичен. Тој се нарекува квази-периодичен. Два последователни циклуси не продуцираат идентични бранови (Datta, 2018).

Постојат разлики во акустичната структура на вокалите кај различни групи на говорители, во однос на полот и на возраста. Генерално, децата имаат помал вокален тракт од возрасните, а жените имаат помал вокален тракт од мажите. Затоа постојат разлики во формантските модели и квалитетот на вокалот. Во зависност од просечната должина на вокалниот тракт кај различни говорители, гласовите кореспондираат физиолошки со специфична артикулација којашто вклучува специфичен модел на резонанција и акустички со специфичен формантски модел (Mauger, 2016).

Нивото на звучен притисок на вокалите рефлектира неколку нелингвистички и лингвистички фактори: растојанието од говорителот, вокалниот напор и квалитетот на вокалот. При зголемен вокален напор зголемени се  $F_0$  и  $F_1$  (Eriksson и Traunmüller, 2002).

Керамитчиевски (1964) ја проучувал акустичната структура на фонемите во македонскиот јазик и закономерниот сооднос помеѓу двете физички димензии: фреквенција и интензитет во структурирањето на фонемите при изолиран изговор. Споредувајќи ги спектрограмите на фонемите во македонскиот јазик со резултатите од акустичната анализа на фонемите во англискиот, рускиот и српскохрватскиот јазик, заклучил дека секоја фонема во македонскиот јазик е фонолошки изградена и специфично оформена, како и дека специфичната артикулациска база условува специфична акустична структура на фонемите.

### 2.3.2. Акустична структура на консонантите

Консонантите се карактеризираат со комплетна или парцијална констрикција на вокалниот тракт при продукцијата и високофреквентна енергија (Chen, Wong и Wong, 2013). Консонантите генерално се многу пократки од вокалите и временски поваријабилни (Konan, et al., 2016). Фреквенциите на консонантите можат да варираат во зависност од претходните и од следните гласови (Kramer и Brown, 2019).

*Плозивите* имаат неколку карактеристики што се видливи на широкопојасниот спектрограм: моментот на експлозија, предзвучниот период за време на оклузијата, аспирацијата што го следи ослободувањето на оклузијата, звучност придружена со повеќе издишан воздух по ослободувањето и транзициите на формантите на вокалите кои влегуваат во оклузијата или излегуваат од неа (Fulop, 2011).

Бидејќи плозивите се комбинација на тишина и на експлозија на шум, во нивното проучување од особен интерес биле акустичните карактеристики: периодот на тишина, експлозијата, транзицијата на формантите и времето на настапување на звучност – voice onset time (VOT). VOT има особено значење во идентификација на одредени нарушувања на говорот. Тој акустичен интервал помеѓу експлозијата и настапувањето на периодична енергија кореспондира со физиолошкиот интервал помеѓу ослободувањето на констрикцијата и настапување на вибрации на гласилките (Kent и Kim, 2008).

При акустичната анализа, настапувањето на звучност може да се детектира на повеќе начини:

- појава на првиот циклус на периодична енергија видлив на осцилограмот;

- појава на вертикални линии во спектрограмот (striations) како знак за вибрација на гласилките;
- појава на ред на вертикални линии (voice bar) во спектрограмот;
- формантската структура на вокалот што следи.

Најчесто настапувањето на звучноста во спектрограмот се маркира со појавата на редот на вертикални линии што кореспондира со  $F_0$  (Ludlow, Kent и Gray, 2019).

Времето на настапување на звучноста се мери во милисекунди. Доколку звучноста настапи пред експлозијата, тогаш VOT има негативна вредност. Некои јазици, како на пример синдскиот, имаат многу звучни пловиви со многу негативен VOT. Други јазици, како англискиот, имаат малку или воопшто немаат звучност за време на оклузијата иако на пловивот му претходел звучен глас со вибрирање на гласилките, а во таков случај вибрациите може да продолжат и во текот на оклузијата (Ladefoged и Johnson, 2011).

Постојат четири акустични карактеристики на пловивите што произлегуваат од нивниот начин на артикулација. Првата карактеристика е постоењето на „период на тишина“. Тој настанува како резултат на застојниот период во артикулацијата за време на кој нема проток на воздух надвор од вокалниот тракт. Втората карактеристика на продукцијата на пловивите е експлозијата на шум во моментот на ослободување. Експлозијата, којашто на спектрограмот се прикажува како вертикални шилци кои следат по периодот на тишина е посилна кај безвучните отколку кај звучните пловиви. Експлозијата трае многу кратко (10 до 35 ms), но често покрива широк опсег на фреквенции со различен интензитет. Третата карактеристика е брзината со која акустичниот сигнал постигнува максимален интензитет (за пловивите во иницијална позиција во слогот) или паѓа до минималниот интензитет (за пловивите во финална позиција). Времето за кое се постигнуваат овие две состојби се нарекува *време на растење* (rise time) и *време на опаѓање* (fall time). Двете времиња се рапидни кај пловивите. Четвртата карактеристика е промената во фреквенцијата на првиот формант што настанува со промена на формата на вокалниот тракт по експлозијата кај пловивите во иницијална позиција кога  $F_1$  рапидно расте и пред настанување на оклузијата кај пловивите во финална позиција кога  $F_1$  рапидно паѓа (Raphael, Borden и Harris, 2011).

Во врска со концентрацијата на акустична енергија, за да се перципираат пловивите, потребен е слух до 4000 Hz (Maltby, 2002).

Плозивите имаат две акустични карактеристики поврзани со нивното место на артикулација. Фреквенцијата на транзиентната експлозија на шум поврзана со фазата на ослободување зависи од местото на оклузија во усната празнина. Експлозијата на шумот кај лабијалните плозиви генерално има пик во спектарот на ниските фреквенции, околу 600 Hz и пониско. Високите фреквенции околу 3000 Hz се најинтензивни во спектарот на дентално-алвеоларните плозиви. Кај веларните плозиви постојат повеќе варијации. Спектралните пикови на шумот се поврзани со F2 на вокалот што следи по плозивот. Кај веларните плозиви, најинтензивниот шум најчесто се наоѓа неколку стотици Hz повисоко од вториот формант на соседниот вокал. Втората акустична карактеристика е насоката на промена на фреквенцијата на вториот формант на вокалот што му претходи на плозивот или следи по него. За време на формирање на оклузијата, односно фазата на затворање и веднаш по ослободување на оклузијата, брзите движења на артикулаторите предизвикуваат нагли промени во пиковите на резонанциите на вокалниот тракт. Тие промени се транзициите на формантите (Raphael, Borden и Harris, 2011).

При акустичната анализа на *фрикативите* широкопојасниот спектрограм обезбедува основни информации во однос на тоа дали се работи за звучен глас, дали спектарот на шумот значително се менува за целото времетраење, а исто така дозволува и анализа на транзициите на формантите на околните вокали, што може да помогне во потврдување на местото на артикулација. За анализата на фрикативите важно е да се користи фреквенциски опсег што ги опфаќа високите фреквенции (Fulop, 2011).

При анализата на фрикативите, нивните апериодични вибрации во високите фреквенции се прикажуваат како ирегуларни, темни, вертикални линии во горниот дел на спектрограмот. Транзициите даваат корисни информации и за местото на артикулација на фрикативите. На пример, алвеоларниот консонант предизвикува асцендентна транзиција на вториот формант пред предните вокали и десцендентна транзиција пред задните вокали. Истото се случува и со лабијалните консонанти. Кога консонантот го следи вокалот, насоката на транзицијата е обратна. Кога преден вокал се наоѓа пред алвеоларен консонант, фреквенцијата на вториот формант опаѓа кон артикулацијата на консонантот, а ако заден вокал се наоѓа пред алвеоларен консонант, фреквенцијата на вториот формант расте (Davenport и Hannahs, 2010).



За одредување на местото на артикулација на фрикативите битни се транзициите на формантите на вокалите што му претходат или што го следат фрикативниот шум. Ова особено се однесува на транзициите на вториот формант (Pisoni и Remez, 2005).

Акустички, фрикативите не покажуваат формантна структура како резонантните консонанти (назалите и латералите). Апериодичниот звук е креиран во вокалниот тракт со премин на воздушната струја преку констрикциите што се формирани во вокалниот тракт. Воздушниот проток треба да биде доволно силен, а констрикцијата доволно тесна за да го направи воздушниот проток турбулентен и да се креира фрикација. Така фрикативите се продуцираат со компресирање на континуираниот проток на воздух низ констрикцијата што е формирана со приближување на два артикулатори. За разлика од пловивите, фрикативите можат да бидат продолжени. Тоа се случува бидејќи фрикативите се континуирани гласови (Raphael, Borden и Harris, 2011).

Спектралните карактеристики на консонантите може да се анализираат со одредување на спектралните моменти. Првиот спектрален момент *центар на гравитација* или *тежиште* (center of gravity, centroid, mean) е средна вредност на фреквенциите во спектарот. Тој ја рефлектира централната концентрација. Вториот спектрален момент *стандардна девијација* или *варијанса* (standard deviation, variance) ја рефлектира дисперзијата на фреквенциите во однос на тежиштето (Schiavetti, Whitehead и Metz, 2004). Третиот спектрален момент *наклон на спектарот* (skewness) ја рефлектира асиметријата на фреквенциите во спектарот. Асиметријата е мерка што покажува како се дистрибуирани фреквенциите на спектарот околу средната вредност. Четвртиот спектрален момент *куртозис* (kurtosis) е индикатор за пикот на дистрибуција на фреквенциите во спектарот (Ferreira-Silva, Pacheco и Cagliari, 2015).

Анализата на спектралните моменти првенствено се користела за да се карактеризира спектарот на шумот на експлозијата кај пловивите и кај фрикативите. Спектарот на тој шум многу тешко може да се карактеризира и спектралните моменти нудат алгоритамско решение. Процедурата се изведува на спектар заснован на FFT за селектиран интервал (прозорец) на непериодична енергија. Важно е да се наведе опсегот на фреквенции на спектралната анализа (Ludlow, Kent и Gray, 2019).

**Африкатите** акустички се презентираат со комбинација на карактеристиките на пловивите и на фрикативите. На спектрограмот на африкатите се забележува периодот на

тишина што кореспондира со оклузијата. Исто така, се забележуваат експлозијата на шумот во фазата на ослободување и продолженото траење на апериодичност (фрикација) кои се карактеристики на фрикативите (Raphael, Borden и Harris, 2011).

Звучните консонанти како *назалите* и *латералите* имаат специфични форми на вокалниот тракт коишто се карактеризираат со фреквенциите на формантите. Тие се разликуваат од вокалите во нивната продукција, но можат да бидат специфицирани во однос на нивните фреквенции на форманти (Ladefoged, 2014).

Од сите консонанти, само сонантите имаат форманти (Kopan, et al., 2016). Артикулаторите што се користат при нивната продукција формираат само минимални констрикции во вокалниот тракт што резултира со формантна структура слична на вокалите (Raphael, Borden и Harris, 2011).

При продукција на одредени гласови се јавува феноменот назализација. Тој е присутен кај назалните консонанти и назализираните вокали. Назалите имаат неколку карактеристики, но три од нив се од примарно значење:

- Нивните резонанции имаат ниска фреквенција поради поголемото растојание од глотисот до ноздрите, за разлика од растојанието од глотисот до усните;
- Формантите на назалите се многу придушени (со помала амплитуда), бидејќи звучната енергија е апсорбирана од структурите во носната празнина;
- Функцијата трансфер на назалите се состои и од форманти и од антиформанти.

Овие три карактеристики го прават назалниот шум (murmur) карактеристична појава на спектрограмот (Ludlow, Kent и Gray, 2019).

Акустички, назалите се релативно слаби гласови поради неколку причини. Прво, нивните артикулатори креираат *антирезонанции* во вокалниот тракт. Антирезонанциите се фреквенциски региони во кои амплитудите на звукот се многу атенуирани. Резонанциите и антирезонанциите можат да влијаат едни на други на повеќе начини. На пример, ако тие се доволно блиски во фреквенцијата, можат да се поништат меѓусебно. Друга причина за релативно слабиот интензитет на назалните гласови е издолжувањето на вокалниот тракт предизвикано од отворањето на велофарингеалниот порт (премин во носната празнина од фарингеалната и оралната празнина). Антирезонанциите предизвикуваат атенуација на повисоките форманти на консонантите во однос на формантите на соседните вокали. Назалите го губат интензитетот и поради тоа што звукот

се апсорбира од меките сидови на носната празнина. Носните конхи коишто се покриени со мукозна мембрана ја апсорбираат звучната енергија. Дополнително, бидејќи усната празнина е комплетно затворена, целата воздушна струја мора да помине низ ноздрите коишто имаат релативно мали отвори (Raphael, Borden и Harris, 2011).

Назалите имаат еден широк формант на фреквенција околу 300 Hz што е предизвикан од резонанција во носната празнина. Бидејќи носната празнина не се менува, резонанцијата секогаш се случува на исто место (Taylor, 2009).

#### 2.4. Перцепција на говорот

Комуникацијата со помош на говорот претставува трансмисија на мисли и чувства помеѓу соговорниците. Кога ја примаат говорната порака слушателите користат нешто повеќе од акустична информација. Тие го користат нивното знаење за ситуацијата за која се зборува, знаењето за говорникот, како и визуелните карактеристики добиени со гледање на лицето и гестовите на говорникот. Без оглед на тоа како слушателот ја анализира пораката, податоците со кои располага се акустични модели на говорот. Затоа, есенцијален чекор е слушателот да го слушне говорот (Raphael, Borden и Harris, 2011).

За разлика од продукцијата на говорот којашто претставува процес на конвертирање на лингвистичката порака во говор, перцепцијата на говорот е обратен процес и претставува детерминирање на пораката од говорот (Taylor, 2009).

Акустичниот говорен сигнал што го прима слушателот зависи од изворот, растојанието, раната реверберација, доцната реверберација и од шумот (Boothroyd, 2004).

Перцепцијата на говорот е мултимодална. Таа може да биде под влијание на информации од различни сетила. Влијанието на визуелните информации при перцепција на говорот може да се демонстрира со перцептивниот феномен познат како *Ефект на Мек Гурк* (McGurk). Визуелните информации што се добиваат при гледање на лицето на соговорникот влијаат на перципирањето на аудитивните информации. Ефектот на Мек Гурк е еден пример за аудиовизуелна перцепција на говорот. Друг пример е начинот на кој луѓето рутински ги користат информациите добиени од движењето на усните на соговорникот за да го разберат говорот во услови на бучава (Goldstein, 2010).

Иако акустичниот сигнал генерално е доволен за да гарантира потполно разбирање на говорната порака, визуелните информации добиени од лицето на говорникот овозможуваат одредена компензација на акустичната деградација што може да се случи во неповолни услови за слушање (Guiard-Marigny, 2009).

Во случаи кога поради бучава или реверберација говорниот сигнал не може да се перципира аудитивно, визуелната перцепција на говорниот сигнал со доминантната аудитивна перцепција го забрзува процесот на разбирање на говорот. Улогата на визуелната перцепција врз говорната дразба во разбирањето на говорната порака во услови на бучава, при реверберација, дури и во ситуации кога говорната дразба може добро да се слушне, но е отежнато разбирањето поради лингвистичката или содржинската комплексност, претставува многу значаен комплементарен влез за аудитивната перцепција како примарен модалитет на говорот (Јачова, 2006).

Освен читањето на говор од уста, во конверзацијата ние користиме визуелни знаци и за да го процениме нашето растојание од соговорникот со цел да го адаптираме нивото на нашиот глас (Warren, 2008).

Анализата на перцепцијата на говорот не може да се сведе на перцепција на фонемите. Треба да се анализира идентификацијата на зборовите и речениците во континуираниот флуентен говор. Неколку акустични карактеристики го диференцираат говорот од другите аудитивни сигнали. Од тие акустични карактеристики зависи перцепцијата на гласовите (Cleary и Pisoni, 2005).

Голем број истражувања покажале дека полесно се перципираат фонемите што се јавуваат во контекст со значење. Фонемите што се наоѓале на почетокот на реален збор се идентификувале побрзо во однос на фонемите што се наоѓале на почетокот на бесмислени слогови. Перцепцијата на зборовите е поголема во контекст на реченица отколку изговорени изолирано (Goldstein, 2010).

Постојат три линии на експериментални докази што укажуваат на тоа дека слушателот не може директно да ги перципира фонемите во континуираниот говор, туку нивното присуство е претпоставено со претходна идентификација на поголеми единици:

- неможноста да се разликуваат гласови што се „слушнати“ кога ќе се заменат со шум (ефект на реставрација на фонеме) од тие што се физички присутни;

- потребата да се идентификува организацијата на слогот пред да се идентификуваат фонемите што го сочинуваат;
- неможноста да се идентификуваат кратките фонетски компоненти (стабилни вокали) кога се поврзани во секвенца иако тие се лесно препознатливи кога се презентираат поединечно (Warren, 2008).

*Вокалите* се едни од перцептивно најистакнатите гласови во јазикот. Тие се звучни гласови со релативно висок интензитет. Иако се смета дека се потребни само првите два форманти за да се идентификува вокалот, истражувањата покажуваат дека може да се користат и информациите од F3 и од Fo (Raphael, Borden и Harris, 2011).

Релативното позиционирање на првите два или три форманти помага перцептивно да се разликуваат различните вокали. Формантите како концентрации на акустична енергија креирани со засилување на интензитетот на одредени хармоници на Fo и атенуација на други хармоници заради природните резонантни карактеристики на вокалниот тракт, претставуваат најважни артикулаторни и акустични корелати на перцепцијата на вокалите (Cleary и Pisoni, 2005). Амплифицирањето и атенуирањето на хармониците се нарекува филтрирање. Вокалниот тракт ги филтрира хармониците со менување на амплитудата на секој хармоник (Taylor, 2009).

Перцепцијата на *пловивите* најдобро покажува како слушателите го користат акустичното преклопување на фонемите во говорот. Најважен акустички корелат на перцепцијата на *фрикативите* е шумната, апериодична компонента со релативно долго траење. *Африкатите* ги содржат акустичните карактеристики за перцепција што се наоѓаат и кај пловивите и кај фриктивите. Во нивната идентификација веројатно се користат: периодот на тишина, експлозијата на шум, фрикацијата и транзицијата на формантите на соседните гласови. За перцепција на *назалите* важно е местото на артикулација, односно дали назалот е лабијален, денално-алвеоларен или палатален. Перцепцијата на местото на артикулација кај назалите главно е означено со насоката на транзицијата на формантите (особено F2) кон или од соседниот вокал. За перцепција на *латералите* потребни се првите три форманти (Raphael, Borden и Harris, 2011).

Секој модел на перцепција на говорот треба да ги земе предвид модификациите што може да настанат од прозодиски фактори, истакнување на гестовите и преклопување на гестовите (Stevens, 2005).

Сите акустични знаци поврзани со перцепцијата на говорните сегменти може да се поделат на: знаци за перцепција на начинот на артикулација, на местото на артикулација и на звучноста. За да се идентификува начинот на артикулација на гласовите, слушателите одредуваат дали гласот е хармонично структуриран, без шум или содржи апериодична компонента. Периодичните, хармонично структурирани класи имаат релативно ниски фреквенции, а апериодичните, шумни класи на говорни гласови имаат релативно високи фреквенции. Акустичните знаци поврзани со местото на артикулација кај резонантните гласови се однесуваат на фреквенциите на првите два форманти коишто зависат од положбата на артикулаторите, а кај пловивите, фрикативите и африкатите значајни се транзициите на F2 и фреквенцијата на шумните компоненти. Акустичните знаци за звучноста на консонантите зависат од релативното траење на аспирацијата, на фрикацијата, на оклузијата, на претходниот вокал и на VOT. Карактеристиките помалку зависат од разликите во фреквенцијата и интензитетот (Raphael, Borden и Harris, 2011).

Прозодиските (супрасегментални) карактеристики на говорот, коишто вклучуваат интонација, акцент и јунктура се перципираат од слушателот во однос на варијациите и контрастите на основната фреквенција, гласноста и должината. Перцепцијата на интонацијата бара способност да се следат промените на Fo. За перцепција на акцентот слушателот треба да ги лоцира пиковите на Fo. Основната фреквенција е повисока кај акцентираниите слогови. Перцепцијата на јунктурата може да зависи од неколку акустични карактеристики, како периодот на тишина, продолжување на вокалот и присуство или отсуство на фонација и аспирација (Raphael, Borden и Harris, 2011).

Главен проблем во разбирањето на перцепцијата на говорот е варијабилната поврзаност на акустичниот сигнал и гласовите што ги слушаме. Еден акустичен сигнал може да продуцира неколку различни звуци. Акустичниот сигнал поврзан со фонемата се менува во зависност од нејзиниот контекст. Тоа се случува поради транзицијата на формантите. Акустичниот сигнал за еден ист консонант изговорен во контекст на различни вокали е различен заради коартикулацијата. Втората варијабилност е изговорот на зборовите на различен начин од страна на различни говорители. Перципираната фреквенција на гласот на говорителот може да биде висока или ниска, некои говорители зборуваат многу брзо, други многу полека, а постои разлика и во акцентирањето на зборовите. Третата варијабилност е погрешниот изговор на зборовите (Goldstein, 2010).

Моторниот кортикален центар за формулација на говорот се наоѓа во Брокината (Broca) регија во долниот дел на прецентралниот гирус и задниот дел на фронталниот гирус на доминантната хемисфера на мозокот (Трајковски, 2008).

Брокината регија функционира во тесна поврзаност со Верникеовата (Wernicke) регија. Оваа регија е важна за разбирање на јазикот и се наоѓа зад примарниот аудитивен кортекс во задниот дел на горниот гирус на темпоралниот лобус (Hall, 2011). Според некои автори, улогата на Верникеовата регија е препознавање на фонемите и зборовите, а поголем дел од мозокот е вклучен во разбирање на јазикот (Ardila, Bernal и Rosselli, 2016).

Постојат два аспекти на комуникацијата: сензорен аспект (јазичен инпут), којшто ги вклучува ушите и очите и моторен аспект (јазичен аутпут) којшто ја вклучува вокализацијата и нејзината контрола. Оштетувањето на делови од аудитивните или визуелните асоцијативни регии на кортексот може да резултира со неможност за разбирање на изговорениот или пишаниот збор. Процесот на говорот вклучува две фази:

- формирање на мислите што треба да се изразат и избор на зборови што ќе се користат – тоа се функции на сензорните асоцијативни регии на мозокот (Верникеовата регија) и
- моторна контрола на вокализацијата и самиот акт на вокализација – за контролата на артикулаторите е одговорна Брокината регија (Hall, 2011).

Артикулацијата претставува вокализирана невроелектрична материјализација на апстракцијата. Во овие исклучително суптилни процеси изразен е реципроцитет на механизмот на повратна спрега – слух-фонација. Имено, фонаторните органи емитираат звучни бранови коишто ги перципира увото на соговорникот, трансформирајќи ги во нервна активност. Овие невроимпулси се пренесуваат до одредени центри во кортексот, каде што низ процесот на мислење се изведува нивна обработка. Новоформируваниот невроимпулс еферентно испраќа сигнал на органите за фонација и артикулација предизвикувајќи контракција и релаксација на нивните мускули, што како краен производ има емисија на гласот односно на зборовите. На овој начин оштетувањето на слухот предизвикува нарушување на говорот, чијашто тежина директно зависи од времето кога настанало оштетувањето на слухот (Трајковски, 2008).

Перципирањето на слушнат збор и потоа изговор на истиот збор може да се прикаже како секвенца:

- ❖ прием на звучните сигнали што ги кодираат зборовите во примарната аудитивна регија;
- ❖ интерпретација на зборовите во Верникеовата регија;
- ❖ детерминирање на мислите и зборовите што ќе се изговорат исто така во Верникеовата регија;
- ❖ трансмисија на сигнали од Верникеовата до Брокината регија преку аксонскиот тракт *arcuate fasciculus*;
- ❖ активирање на моторните програми во Брокината регија за контрола на образувањето на зборовите;
- ❖ трансмисија на соодветни сигнали во моторниот кортекс за контрола на мускулите што учествуваат во продукција на говорот.

При перципирањето на пишан збор, односно читање, а потоа изговарање на истиот збор, иницијалната рецептивна регија за зборот е во примарната визуелна регија, наместо во примарната аудитивна регија. Потоа информациите поминуваат низ раните фази на интерпретација во регионот *angular gyrus* и го достигнуваат целосното препознавање во Верникеовата регија. Од тој момент секвенцата е идентична како за зборување коешто е одговор на слушнат збор (Hall, 2011).

Електроенцефалографското снимање при континуиран говор покажува дека одговорите на различни категории на фонемите се организирани според карактеристиките на фонемите. Утврдено е дека секоја инстанца на фонемата во континуираниот говор продуцира различни нервни одговори што се појавуваат од 50 ms до 400 ms по појавата на фонемата. Наодите обезбедуваат нов доказ за динамичното процесирање на говорниот сигнал (Khalighinejad, Cruzatto da Silva и Mesgarani, 2017).

## **2.5. Интелигибилност на говорот**

Интелигибилноста на говорот може да се дефинира како релативна мерка за степенот до кој е разбран говорниот сигнал на говорителот, со тоа што релативитетот минимално зависи од идентитетите на говорителот и на слушателот, од тоа што се зборува и каде се зборува (Weismer, 2008).



Клучна фреквенција за интелигибилноста на говорот е фреквенцијата 2000 Hz. На 2000 Hz (+ или – ½ октава) достапни се следните информации за говорот: вториот и третиот формант на вокалите, консонант-вокал и вокал-консонант транзицијата, експлозијата кај плозивите и африкатите, турбуленцијата кај фрикативите и важни акустични знаци за местото на артикулација (Flexer, 1993).

Најмногу информации пренесени преку говорот се наоѓаат над 1000 Hz. Бидејќи интелигибилноста е мерка за тоа колку е разбирлив говорот, таа се концентрира на содржината на говорот што носи информации. Најчесто се мери според способноста на испитаниците коректно да идентификуваат зборови, фрази и реченици, но може да се тестира и во однос на препознавање на фонеме, слогови и значење на пасус. Се смета дека за разбирањето на говорот придонесуваат следните фактори:

- ❖ *Контекстуалните информации* – тие информации често го компензираат недостигот на оригинални информации;
- ❖ *Редунданцијата* – претставува непотребно повторување на информации во речениците. Таа може да се постигне и со употреба на долги фрази или описи наместо познати скратеници;
- ❖ *Обемот на вокабуларот* – ограничувањето на обемот на вокабуларот, на пример според контекст, доведува до зголемување на бројот на препознаени зборови од страна на слушателот (McLoughlin, 2009).

Говорот не е само звук, тој е и визуелен процес. Гледањето на соговорникот е есенцијално во многу ситуации во секојдневниот живот. Визуелните информации носат дополнителна интелигибилност на говорот. Гледањето на говорникот помага подобро да се разбере содржината на говорната порака (Feng и Girin, 2009).

Предикторите на интелигибилноста на говорот се моќна алатка за евалуација на начинот на кој околината, процесирањето на сигналот и редукцијата на слухот влијаат на говорната комуникација. Иако првиот индекс за интелигибилност на говорот, артикулацискиот индекс, бил наменет за евалуација на системите за говорна комуникација како аналогната телефонска мрежа, набрзо се увидело дека тој може да претставува значајна алатка во аудиологијата, а потоа следеле негови модификации (Bruce, 2017). Интелигибилноста на говорот се проценува и со различни лиминарни и супралиминарни мерења во рамките на говорната аудиометрија (McArdle и Hnath-Chisolm, 2015).

### 3. ГОВОРНА АУДИОМЕТРИЈА

Говорната аудиометрија е метод со кој се евалуира како пациентот слуша и разбира специфични говорни стимули (Kramer и Brown, 2019). Говорната аудиометрија, заедно со тоналната аудиометрија, е критичен елемент од сложената евалуација бидејќи нашето слушање не се состои од серија на тонови во октавни или полуоктавни појаси, туку е комплексен невролошки процес наречен перцепција на говор (Welling и Ukstins, 2019).

Говорната аудиометрија вклучува проценка на сензитивноста за говорот и проценка на јасноста на говорот што е слушнат. Овие концепти се познати како аудибилна компонента на редуцијата на слухот која се однесува на губење на сензитивноста и дисторзиона компонента која се однесува на губење на јасноста. Аудибилната компонента се квантифицира со проценка на препознавањето на говорот во тишина. Дисторзионата компонента е намалување на способноста да се разбере говорот, особено при бучава, без оглед на нивото на презентација. Квантифицирањето на дисторзионата компонента најчесто вклучува проценти на точно повторени стимули на супралиминарно ниво за скорот на препознавање на говорот (McArdle и Hnath-Chisolm, 2015).

Говорот е составен од реченици, речениците од зборови, а зборовите од гласови. Гласот во акустична смисла е потполно различен од тонот, а во однос на својата структура е многу сложен. Затоа, со текот на времето и покрај големото искуство со тоналната лиминарна аудиометрија се јавувале случаи на несогласување на аудиометриските наоди и вистинскиот степен на редуција на социјалниот контакт и се размислувало за испитување на слухот со човечкиот глас, но со користење на предностите на електро-акустичните апарати (Pražić, 1960).

Слухот во прв ред служи за меѓусебно комуницирање на луѓето. Тоналниот аудиограм не ги дава потребните податоци за способноста за разбирање на говорот, затоа треба да се изведе говорна аудиометрија со којашто ќе се одреди колку е отежната разбирливоста на говорот при одредена редуција на слухот и какви се можностите за рехабилитација (Savić, Svejić и Kosanović, 1983).

Постојат повеќе причини за изведување на говорната аудиометрија:

- да се потврдат степенот и типот на редуција на слухот одредени со ТЛА;
- да се одреди едукативниот и социјалниот хендикеп;

- да се евалуира бенефитот од слушниот амплификатор;
- успешно да се спроведе аудитивниот тренинг (Baldwin и Watkin, 1997).

Говорната аудиометрија помага и во дијагностика на ретрокохлеарните оштетувања, како и во откривање на симулација и на агравација (Katić, et al., 2009).

За говорната аудиометрија се користат истите трансдјусери како кај тоналната лиминарна аудиометрија: супрааурални слушалки, циркумаурални слушалки, инсерт слушалки и коскен вибратор. Говорните стимули може да се презентираат и преку звучници во слободно поле. Говорната аудиометрија треба да се изведува во услови со дозволена максимална бучава во околината, односно во „тивка кабина“ како тоналната лиминарна аудиометрија (Lawson и Peterson, 2011).

Исто како калибрацијата на чистите тонови кај ТЛА, нивото на интензитет при емитување на говорните стимули се калибрира според одредени стандарди. Зборовите и речениците како стимули варираат во интензитетот и тешко е да се постави прецизно ниво за зборовите. Поради тоа, референтното ниво на звучниот притисок за говорниот канал се поставува врз основа на чист тон од 1000 Hz презентираан преку говорниот канал, така што измерениот аутпут е 12,5 dB SPL повисок од референтното ниво на звучен притисок за чист тон од 1000 Hz за соодветниот трансдјусер (Kramer и Brown, 2019).

### **3.1. Развој на говорната аудиометрија**

Аудитивната процена со користење на говорни стимули има долга историја во евалуацијата на слушањето. Уште во 1821 година Итард (Itard), кој има голем придонес во едукацијата на глувите лица, ги разликувал лицата кои се наглуви од оние кои се глуви врз основа на тоа дали можат да разберат говорна порака (McArdle и Hnath-Chisolm, 2015).

За воведување на методот при кој за аудиометрирање се користи човечкиот глас заслужни се американските автори. Пионерската работа им припаѓа на Флечер (Fletcher) и Стајнберг (Steinberg) во 1929 година. Разработена е посебна методика за испитување на слухот со помош на човечкиот глас преку електроакустичка апаратура. Новиот метод бил наречен „speech audiometry“ (говорна аудиометрија) и претставувал чекор напред во подетално испитување на слухот. Потоа и во многу други земји почнале да се применуваат американските принципи на говорна аудиометрија адаптирани на јазикот на

тие земји. Изработени се елементите на говорната аудиометрија за холандски, дански, фински, француски, италијански, германски, шведски, чехословачки, шпански и руски јазик (Pražić, 1960).

Џонс (Jones) и Нусен (Knudsen) во 1924 година конструирале аудиометар со којшто можеле да се изведуваат тонална и говорна аудиометрија. Речиси во исто време Флечер конструирал аудиометар за говорна аудиометрија (Western Electric 4A) што вклучувал фонограф и снимени цифри (Lawson и Peterson, 2011).

На тестовите со еднословни зборови, двословни зборови и реченици коишто денес се користат за говорна аудиометрија им претходеа тестови со други говорни елементи: бесмислени слогови и зборови, самостојно презентирани гласови, броеви и вистински зборови за препознавање на фонеме.

Во 1929 година Флечер и Стајнберг составиле низи на говорни елементи без смисла и значење. Говорните елементи се состоеле од разни комбинации на консонанти и на вокали, а подоцна се наречени *логатоми*. Логатомите се составени на одреден принцип при што се внимавало да се опфати најголем дел од консонантите и сите вокали. Се групирале консонанти и вокали во моносилабични групи со таква комбинација на гласови што би ги опфатила следните варијациони можности:

- консонант-вокал-консонант
- консонант-полувокал-консонант
- консонант-консонант-вокал-консонант
- консонант-вокал-консонант-консонант

Со логатомите се настојувало точно и објективно да се регистрира интелигибилноста, односно прагот на перцепција за секој глас (Pražić, 1960).

Бесмислените слогови (логатоми) конструирани уште во 1929 година биле едни од првите материјали користени за проценка на способноста за препознавање на говорот во развојот на телефонијата (McArdle и Hnath-Chisolm, 2015).

Покрај логатомите брзо се појавиле и *тестови со броеви*. Во англискиот јазик првите десет броеви имаат слична гласовна структура и речиси сите се еднословни. Се составувале листи со низи од комбинации на тие десет броеви, така што секоја низа имала по шест групи, а секоја група по три броја. Имало вкупно 7-10 низи. Овој принцип го

прифатиле и државите во чиј јазик броевите се слично градени по формантските карактеристики и се едносложни (Pražić, 1960).

Клиничката употреба на цифрите како стимули во *4-C test* е опишана уште од Флечер во 1929 година. Тој тест е рутински користен во педесеттите години на минатиот век за одредување на прагот на препознавање на говорот. Денес се смета дека тестовите со цифри можат да се користат за тестирање на испитаници што не се родени говорители на јазикот на којшто се изведува тестирањето. На пример, во англискиот јазик цифрите се наоѓаат помеѓу 500 најчесто употребувани зборови и голема е веројатноста испитаникот да ги познава (Ramkisson, 2001).

Првиот снимен тест за мерење на прагот за говор *4A* (подоцна наречен *4C*) се состоел од парови на цифри продуцирани како спондејски зборови. Тој бил исклучен од употреба по востановувањето на критериумите за конструирање на тестовите за говорна аудиометрија: избор на познати зборови, фонетска различност, фонетски баланс и хомогеност во однос на аудибилноста (Ramkisson, et al., 2002).

Флечер и Стајнберг со помош на логатомите добивале задоволувачки резултати во своите испитувања, барем на почетокот, но со текот на времето нивните оригинални листи со говорни елементи претрпеле многу измени. Бидејќи целта на испитувањето со логатомите е да се одреди прагот на перцепција и прагот на интелигибилност за поедини гласови кои ги творат логатомите, поедноставно, а во исто време и посигурно било испитувањето да се прави со помош на слободни, изолирани, *самостојно презентирани гласови* од целата азбука (Pražić, 1960).

Врз основа на резултатите од акустичната анализа на српските гласови што ја извршил Костиќ (Костић), Пражиќ (Пражић) конципирал тестовен материјал со гласови. Тој тестовен материјал бил електроакустички балансиран. Се сметало дека на тој начин тестовниот материјал со гласови може да се користи за испитување на слухот со поголема прецизност од логатомите (Влајић, 1995).

Со користење на речениците за интелигибилност на Бел телефонијата (Bell Telephone Intelligibility Sentences), Хјусон (Hughson) и Томпсон (Thompson) во 1942 година ја развиле техниката на користење на мониториран глас во живо за одредување на прагот за говор (Lawson и Peterson, 2011).

Втората светска војна го поттикнала тестирањето на интелигибилноста на говорот поради комуникациските проблеми во опкружување со бучава од бродови, подморници и авиони. По примена на тестовите со бесмислени слогови или зборови се преминало на тестирање со реченици (Speaks, 2018).

Во 1946 година Кархарт заклучил дека прагот одреден со спондејски зборови е корисен исто колку и прагот одреден со тестовите со реченици за чија примена било потребно многу време. Во Харвардската психоакустична лабораторија во 1947 година Хацинс (Hudgins), Хокинс (Hawkins), Карлин (Karlin) и Стивенс (Stevens) го прикажале конструирањето и користењето на снимени говорни материјали коишто вклучувале и спондејски зборови. Иген (Egan), покрај останатите во Харвардската психоакустична лабораторија, во 1948 година конструирал листи со 50 зборови што ги вклучувале фонетските карактеристики на американскиот англиски јазик и помогнал да се постави основата за развој на модерната говорна аудиометрија (Lawson и Peterson, 2011).

Минимизирањето на лексичкиот контекст и ефектот на познавање на зборовите може да се постигне со користење на тестови од затворен-сет формат со вистински зборови како стимули. Класични тестови за препознавање на фонеме се: *Modified Rhyme Test (MRT)* и неговите варијации *Rhyming Minimal Contrasts Test (RMCT)* и *California Consonant Test (CCT)* кои се од затворен-сет формат (McArdle и Hnath-Chisolm, 2015).

*MRT* го конструирале Хаус (House), Вилијамс (Williams), Хекер (Heker) и Крајтер (Kryter) во 1965 година, а тој претставува модификација на оригиналниот *Rhyme Test* конструиран од Фербанкс (Fairbanks) во 1958 година (Logan, Greene и Pisoni, 1989). Тестот се состои од 50 ајтеми. За секој ајтем се понудени по шест можни одговори. Вкупно 25 ајтеми од тестот се разликуваат по иницијалниот консонант, а 25 ајтеми по финалниот консонант (McArdle и Hnath-Chisolm, 2015).

Во седумдесеттите години на минатиот век кај пациентите со редукција на слухот голема примена имале тестовите со логатоми *City University of New York Nonsense Syllable Test (CUNY-NST)* на Левит (Levitt) и Резник (Resnick) и *Nonsense Syllable Test (NST)* на Едгертон (Edgerton) и Данхауер (Danhauer). *CUNY-NST* е тест од затворен-сет формат и се состои од седум тестови кои содржат по седум до девет консонант-вокал или вокал-консонант слогови. *Edgerton-Danhauer NST* е тест од отворен-сет формат којшто содржи 25 бесмислени бисилабични консонант-вокал-консонант-вокал ајтеми со што може да се

процени перцепцијата на 50 консонанти и 50 вокали како стимули. Се сметало дека ефектите од лексичкиот контекст и познавањето на зборовите врз резултатите од тестирањето може да се минимизираат со користење на тестови со бесмислени слогови (McArdle и Hnath-Chisolm, 2015).

### **3.2. Презентирање на говорните стимули**

Постојат два методи за презентација на говорните стимули: презентирање со мониториран глас во живо и презентирање на снимен материјал. Во сите случаи, презентацијата на снимени материјали е метод на избор за презентација на стимулите. Употребата на снимени материјали овозможува компарација на резултатите од повеќе тестирања и компарација со нормативните вредности (DeRuiter и Ramachandran, 2017).

#### **3.2.1. Презентирање со мониториран глас во живо**

Во минатото, мерачот за единица на волумен – Volume Unit (VU) meter се користел за испитувачот да ја „мониторира“ енергијата на својот глас додека ги презентира говорните стимули преку говорниот аудиометар (McArdle и Hnath-Chisolm, 2015). На овој начин зборовите се презентираат со мониториран глас во живо – monitored live voice (MLV) преку микрофон, а испитувачот го мониторира нивото на гласот на VU-мерачот. Тестирањето дозволува флексибилност во текот на процедурата (Gelfand, 2016).

Овој начин на презентирање може да биде погоден во одредени ситуации, особено при тестирање на деца или други лица кои не соработуваат (Lawson и Peterson, 2011). Малите деца се чувствуваат попријатно при презентирање на стимулите на овој начин отколку при презентирање на снимени говорни материјали. Предноста на овој начин на презентирање е тоа што не е потребна посебна опрема и испитувачот може да ја менува стапката на презентација на стимулите (Tye-Murray, 2020).

Според препораките на ASHA (1988) недостаток на овој метод на презентирање е тоа што говорните стимули тешко може да се презентираат на конзистентно ниво на интензитет. Не може секој збор да се презентира на ист начин кај сите испитаници, дури и кога секој слог од зборот достигнува 0 dB на VU-мерачот. Исто така, оневозможено е и

мониторирањето на промените на скорот кај ист пациент. Поради можните разлики во скоровите при различен метод на презентација на стимулите користењето на овој метод на презентација треба да се евидентира во резултатите.

При презентирање на говорните материјали, VU-мерачот има индикатор што флукутира со менување на нивото на сигналот. VU-мерачот има средна точка означена со 0 dB, а неговиот опсег е од -20 dB до +10 dB во однос на калибрациската точка на 0 dB. Пред да се изведе тестирањето со мониториран глас во живо, испитувачот треба да го прилагоди инпут нивото со изговарање на неколку зборови. VU-мерачот треба да достигне 0 dB на презентирање на зборовите. Потоа испитувачот мора континуирано да го мониторира VU-мерачот за да се осигура дека нивото е стабилно (Kramer и Brown, 2019).

Овој начин на презентирање има повеќе недостатоци. Постои разлика во изговорот помеѓу презентерите, а постои разлика во презентирањето на зборовите и од страна на ист испитувач. Можна е појава на вокален замор кај испитувачот, грешки при изговор на гласовите, а големо влијание има и неговиот акцент (Mikolaj и Mroz, 2010).

Постојат повеќе разлики помеѓу испитувачите, но генерално може да се сумираат во следните варијабли:

- *Основна фреквенција* – жените имаат повисока основна фреквенција и може да бидат потешки за разбирање од машките говорители чиј глас има пониска фреквенција. Погolem број на пациенти имаат подобар слух на ниските фреквенции, за разлика од средните и од високите фреквенции;
- *Интонација* – речениците кои се изговорени со соодветна и експресивна интонација генерално се полесни за разбирање во однос на тие што се изговорени со монотона и несоодветна интонација. Презентерот што користи модулација на гласот додека ги изговара речениците ќе може полесно да се разбере;
- *Стапка на говорот* – се однесува на брзината на изговор на зборовите, брзиот говор е многу потежок за разбирање во однос на умерено бавниот говор;
- *Правилна артикулација* – јасно артикулираниот говор се препознава полесно од конверзацискиот говор;
- *Физички карактеристики* – во услови на гледање и на слушање на испитувачот, неговиот изглед и експресивните фацијални движења може да придонесат за читање на говорот од уста (Tye-Murray, 2020).



### 3.2.2. Презентирање на снимен материјал

Презентирањето на снимен материјал за тестирање е префериран метод. Со користењето на снимен материјал може да се стандардизира презентацијата на листите за тестирање. Постои добра контрола на интензитетот на стимулите и говорните стимули се изговорени на ист начин за сите испитаници. Материјалите што се презентираат дигитално се уредени (ASHA, 1988).

Дигитализираните снимки ја подобруваат прецизноста на лиминарните и на супралиминарните мерења со обезбедување на конзистентно ниво на интензитет за сите ајтеми во тестот (McArdle и Hnath-Chisolm, 2015).

Генерално, снимените материјали овозможуваат поголема релијабилност на тестовите за разлика од презентирањето на говорните стимули со мониториран глас во живо. Скоровите на повторното тестирање се слични со резултатите што се добиени на првото тестирање (Bess and Humes, 2008).

Истражувањето во кое испитаниците се тестирани со презентирање на говорните стимули со мониториран глас во живо и со снимен материјал, покажува дека тестирањето со снимен материјал дава посигурни резултати (Roeser и Clark, 2008). Мендел (Mendel) и Овен (Owen) (2011) го одредиле времетраењето на презентацијата на говорните стимули кај група испитаници со уреден слух и со редуција на слухот. Презентирани се снимени материјали и со мониториран глас во живо. Презентацијата со мониториран глас во живо траела незначително пократко и тие го препорачуваат презентирањето на снимени материјали како посигурен метод.

При одредување на кандидатите за кохлеарна имплантација императив е да се користат снимени говорни материјали. Препознавањето на еднословните зборови зависи од перцепцијата на ниските консонанти што не можат добро да се мониторираат со брзото функционирање на VU-меработ (Wolfe, 2020).

Кај најголем број на снимени материјали за тестирање презентерот е возрастна лице со јасен изговор. Но постојат уште два типа на снимени материјали што понекогаш се користат за проценка на препознавањето на говорот: синтетизиран говор и модифициран говор. *Синтетизираниот говор* е креиран со компјутер, а не од човечкиот вокален тракт. Тој може да се користи ако испитувачот сака да одреди како пациентот користи

специфични знаци за препознавање на говорот. На пример, може да се направат систематски варијации на VOT за одреден плозив и потоа да се одреди кога пациентот точно го препознава гласот, а кога го заменува со неговиот безвучен парник. *Модифицираниот говор* е човечки говор што е снимен, а потоа модифициран на некој начин со компјутерски софтвер. Модифицираниот говор може да биде временски компресиран, проширен или филтриран (Tye-Murray, 2020).

### **3.3. Лиминарни и супралиминарни мерења**

Говорната аудиометрија опфаќа лиминарни и супралиминарни мерења. Постојат два типа на лиминарни мерења со користење на говорни стимули: праг на детекција на говорот – speech detection threshold (SDT) и праг на препознавање на говорот – speech recognition threshold (SRT). Најчесто супралиминарно мерење е скор на препознавање на зборовите – word recognition score (WRS). Овие лиминарни и супралиминарни мерења се изведуваат во тишина (McArdle и Hnath-Chisolm, 2015).

Лиминарните мерења се реализираат со цел да се одреди сензитивноста на пациентот за детектирање или за препознавање на говорот. Дополнително, тие се користат за проверка на прагот на слухот на пациентот добиен со тонална лиминарна аудиометрија и одредување на соодветното ниво на презентација на говорните стимули за супралиминарните мерења (DeRuiter и Ramachandran, 2017).

#### **3.3.1. Праг на детекција на говорот**

Прагот на детекција на говорот (SDT) претставува параметар за детектабилност на говорот и може да се дефинира како ниво на коешто испитаникот може да го детектира присуството на говорниот стимул. Времетраењето на презентацијата на стимулот најчесто изнесува две до четири секунди. Говорот може да се детектира на пониско ниво на интензитет од она на коешто може да се разбере. Разликата во нивото на интензитетот најчесто изнесува 8 до 12 dB (Diefendorf, 2015).

Со SDT се проценува нивото на коешто испитаникот детектира присуство на говор во 50% од времето, односно од презентираниите стимули и се изразува во dB HL. Тој

најчесто се користи за да се одреди нивото на свесност за говорните стимули од страна на малите деца или возрасни лица кои не можат вербално да одговорат или способноста за препознавање на говорот им е толку намалена што тие не се способни да ги препознаат спондејските или сложените зборови. Прагот на детекција на говорот понекогаш се нарекува и праг на свесност за говор – *speech awareness threshold (SAT)*, иако терминот *SDT* е префериран од *ASHA* (McArdle и Hnath-Chisolm, 2015).

При изведување на тестирањето од пациентот се бара да одговори секогаш кога ќе слушне говор. Одредувањето на *SDT* се постигнува на асцендентен начин со иницијално презентирање на сигналот под очекуваното ниво на одговор и зголемување на интензитетот на сигналот во чекори од 5 dB. Кога ќе одговори пациентот, интензитетот на сигналот се намалува и започнува процесот на барање на прагот со модифицираната Хјусон-Вестлејк техника, одредувајќи го нивото на кое пациентот го слуша сигналот во 50% од времето (DeRuiter и Ramachandran, 2017).

Најчесто користени говорни стимули за одредување на *SDT* се спондејските зборови. Тие се двосложни зборови со еднаков акцент на двата слога. Се користат и познати зборови, континуиран говор и повторувани бесмислени слогови (Stach, 2010).

Начинот на одговарање кај говорната аудиометрија генерално е вербален. За *SDT* начинот на одговарање може да биде сличен на начинот на одговарање кај тоналната аудиометрија, односно пациентите да притиснат копче или да кренат рака кога ќе слушнат говорни стимули. Одговор со пишување генерално се избегнува поради подолго траење на тестот (McArdle и Hnath-Chisolm, 2015).

Конструирани се и тестови во кои се избегнува вербалниот одговор. Тестот со вербални задачи и моторни одговори *Verbal tasks and motor responses (VTMR) test* е дизајниран како комплементарен тест за говорна аудиометрија за да се процени способноста на испитаникот да разбере и да изврши едноставни моторни задачи со тродимензионални објекти (Di Berardino, Forti и Cesarani, 2012).

Постои поврзаност помеѓу *SDT* и прагот на слухот на чистите тонови. Најважната клиничка вредност на *SDT* е тоа што тој треба да биде сличен на најдобриот праг на чист тон во аудиометрискиот фреквенциски опсег (Stach, 2010).

Кога *SDT* се користи за да се провери ПТА, особено треба да се разгледа дали постои согласување со најдобриот праг на слух во опсегот помеѓу 250 и 4000 Hz. Ако *SDT*

е повеќе од 20 dB понизок од просечната вредност на прагот на најдобрите две фреквенции, тогаш двете мерења треба да се повторат (Kramer и Brown, 2019).

Интерпретацијата на вредностите на SDT е еднаква на интерпретацијата на степенот на редукција на слухот кај ТЛА (Oeding, Listenberger и Smith, 2016).

### 3.3.2. Праг на препознавање на говорот

Прагот на препознавање на говорот – speech recognition threshold (SRT), кој понекогаш се нарекува и праг на рецепција на говорот – speech reception threshold (SRT), се дефинира како ниво на коешто испитаникот може да повтори 50% од спондејските зборови. Прагот на препознавање на говорот најчесто се изразува во dB HL или dB SPL. За одредување на SRT генерално се користат спондејски зборови. Критериумите за селекција на зборовите вклучуваат: избор на добро познати зборови, фонетска различност и хомогеност во однос на аудибилноста (McArdle и Hnath-Chisolm, 2015).

Одредувањето на SRT вклучува четири чекори: инструкции, запознавање на пациентот, иницијална фаза и фаза на тестирање за десцендентната техника и калкулирање на прагот. На пациентот му се даваат *инструкции* за тоа кои стимули ќе се користат, како треба да одговори (вербално или со пишување) и дека зборовите ќе ги слуша многу тивко. Потоа следи *запознавање* на пациентот со листата на зборови што ќе се користи со нивно емитување на лесно аудиабилно ниво или му се дава листата на зборови на пациентот да ја прочита. *Одредувањето на прагот на препознавање на говорот* се одвива на следниот начин:

- ❖ *Одредување на стартното ниво* – се презентира еден спондејски збор на ниво 30 до 40 dB HL над претпоставениот SRT. Ако се добие точен одговор, се намалува нивото во чекори од 10 dB додека да се појави неточен одговор. Кога ќе се појави неточен одговор, вториот спондејски збор се презентира на исто ниво. Ако тој е повторен точно, се намалува нивото во чекори од 10 dB додека да се погрешат два збора на исто ниво. Тогаш се зголемува нивото за 10 dB. Тоа е стартното ниво;
- ❖ *Процена на прагот во чекори од 2 dB* – се презентираат два спондејски збора на стартното ниво. Потоа се презентираат два збора на ниво пониско за 2 dB. Пациентот треба точно да ги повтори првите пет од шест збора, во спротивно,

стартното ниво треба да се зголеми за 4 до 10 dB. Ако најмалку пет од првите шест збора се точно повторени, продолжува намалувањето на нивото за 2 dB додека пациентот да пропушти пет од шест презентации;

- ❖ *Процена на прагот во чекори од 5 dB* – се презентираат пет спондејски збора на стартното ниво. Пациентот треба точно да ги повтори првите пет збора на тоа ниво. Потоа се намалува нивото за 5 dB и се презентираат пет збора. Се продолжува со тоа намалување на нивото во чекори од 5 dB додека пациентот да ги погреша сите пет збора на исто ниво.

Последниот чекор е *калкулирање на прагот на препознавање на говорот* врз основа на равенката на Спирман-Кербер (Spearman-Kärber). Прагот на препознавање на говорот се калкулира со одземање на бројот на точно повторени зборови на стартното ниво и додавање на корекциски фактор од 1 dB при користење на чекори од 2 dB или корекциски фактор од 2 dB при користење на чекори од 5 dB (McArdle и Hnath-Chisolm, 2015).

Опишаната десцендентна процедура при која зборовите прво се презентираат на повисоко ниво од проценетиот праг, а потоа на десцендентни нивоа е препорачана од ASHA. Постојат и други процедури за одредување на SRT. Може да се користи методот „10 надолу-5 нагоре“ како кај ТЛА, но тој не е инкорпориран во професионалните стандарди или упатства за одредување на SRT. Друга процедура користи блокови на зборови (4 до 5 збора во блок) на секое ниво со посебни правила кога да се зголеми или да се намали нивото на презентација. Повеќето процедури имаат иницијална фаза на брзо барање на прагот со цел да не се троши време за презентирање на повеќе зборови на нивоа што се многу повисоки или пониски од вистинскиот праг. Во процедурите со асцендентно барање на прагот, зборовите прво се презентираат под проценетиот праг на пациентот, а потоа на асцендентни нивоа. Познат асцендентен метод е *Методот на Даунс (Downs) и Минард (Minard)*. Тој се состои од следните чекори:

- ❖ Се започнува со презентирање на еден спондејски збор на најниското ниво на аудиометарот или најмалку 30 dB под проценетиот или познат РТА (или на 0 dB HL ако не може да се процени). Потоа се продолжува со презентирање на еден збор во асцендентни чекори од 10 dB додека пациентот точно да повтори еден збор;
- ❖ Се намалува нивото за 15 dB (повторно се доаѓа под прагот) – тоа е стартното ниво за фазата на барање на прагот;

- ❖ На стартното ниво и на секое ниво во асцендентни чекори од 5 dB HL се презентираат блокови од два, три или четири спондејски зборови додека пациентот точно повтори два спондејски збора. Тоа ниво е SRT (Kramer и Brown, 2019).

Понекогаш во клиничката пракса за да се намали времетраењето на тестирањето не се почитува правилото за претходно запознавање на пациентот со листата на зборови. Направено е истражување во кое биле вклучени 40 возрасни лица со уреден слух кај кои бил одреден SRT. Пред започнување на тестирањето, 20 испитаници биле запознаени со спондејските зборови што ќе се презентираат, а 20 не биле запознаени. Резултатите од истражувањето покажале дека испитаниците кои биле запознаени со зборовите имале подобар SRT за 5 dB во однос на другите испитаници. Авторите заклучиле дека претходното запознавање на пациентите со зборовите од тестот е важно процедурално барање (Eggebraaten и Вае, 2017).

Како еден аспект на генералниот концепт на запознавање со зборовите може да се смета бројот на повторување на говорните стимули. Докажано е дека бројот на повторување на стимулите влијае на скорот на интелигибилноста и тој треба задолжително да се евидентира во резултатите од тестирањето (Lagerberg, et al., 2015).

Освен преку слушалките за воздушна спроводливост, говорните стимули може да се презентираат и преку коскениот вибратор. Одредувањето на SRT преку коскена спроводливост на стимулите се користи за да се утврди дали е присутна кондуктивна редукција на слухот со компарирање на SRT одреден преку воздушна спроводливост кај децата или кај пациентите со несигурни резултати од ТЈА, за да се процени состојбата на кохлеата пред и по операција на средното уво и да се потврди прагот на слухот што е одреден со коскена спроводливост на тоновите. Постојат референтни вредности за презентирање на говорните стимули преку коскена спроводливост (Gelfand, 2016).

Постојат специфичности при одредувањето на SRT кај децата. Поради промени во јазикот и во вокабуларот, кај малите деца тешко се одредува SRT и алтернативен пристап е одредувањето на SDT. Одредувањето на SRT може да се вклучи во батеријата на тестови тогаш кога ќе се добијат податоци од родителите за одредени комуникациски вештини кај детето според кои ќе се заклучи дали детето може да соработува при тестирањето. На возраст на која ќе може да се изведе аудиометрија низ игра, најверојатно ќе може да се одреди и SRT со емитување на стимулите преку инсерти слушалки. Таблата со слики кои ги

претставуваат спондејските зборови што се презентираат е многу корисна. Без оглед на тоа дали одговорот е вербален или со покажување на сликата, пред изведување на тестот се препорачува детето да се запознае со говорните стимули и да се елиминираат зборовите што не се наоѓаат во рецептивниот вокабулар на детето. Ако одговорот не е вербален, туку со покажување на слики или предмети, тогаш бројот на ајтеми во тестот треба да се лимитира на помалку од 10. Воведувањето на носечка фраза „Посочи...“ или „Покажи ми...“ може да го фокусира вниманието на детето (Diefendorf, 2015).

Причината за одредување на SRT во аудиолошката клиничка пракса е валидација на прагот на слухот на чистите тонови, процена на комуникациската попреченост и поставување на основа за супралиминарното тестирање (McArdle и Hnath-Chisolm, 2015).

Интерпретацијата на вредностите на SDT е еднаква на интерпретацијата на степенот на редукција на слухот кај ТЈА (Oeding, Listenberger и Smith, 2016).

Постои корелација помеѓу SRT и прагот на слухот. Бидејќи за одредување на SRT се користат говорни стимули, праговите на чистите тонови со фреквенции што се најбитни за разбирање на говорот треба да бидат многу слични на SRT. Просечната вредност на прагот на слухот како средна вредност на прагот на фреквенциите 500, 1000 и 2000 Hz треба да се разликува од SRT за 7 до 10 dB (DeRuiter и Ramachandran, 2017).

Доколку SRT е одреден со спондејски зборови, тој е во добра корелација со прагот на чистите тонови за ниските фреквенции. Спондејските зборови лесно се препознаваат. Испитаникот треба само да ги препознае вокалите за да може точно да ги идентификува овие зборови. Утврдено е дека прагот на спондејските зборови е поблиску поврзан со просечната вредност на прагот на слухот на фреквенциите 500 и 1000 Hz. Во случај на асцендентна аудиометриска конфигурација, повисока корелација постои помеѓу SRT и РТА на фреквенциите 1000 и 2000 Hz. Прагот на спондејските зборови и РТА на две фреквенции речиси секогаш се совпаѓа за  $\pm 10$  dB кај пациентите кои соработуваат. Оваа поврзаност го прави прагот на спондејските зборови одлична проверка на валидноста и релијабилноста на аудиограмот. Оваа компарација особено е потребна кај децата. Таа исто така е важна за процена на прагот на чистите тонови кај возрасните лица кои даваат неконзистентни одговори (Schlauch и Nelson, 2015).

Некои автори сметаат дека постои висока корелација помеѓу SRT и РТА доколку разликата помеѓу нив не е поголема од 12 dB (Dutta, et al., 2016). Според Хамид (Hamid) и

Бруклер (Brookler) (2006) SRT е нормално 10 dB повисок од PTA на 500, 1000 и 2000 Hz. Ако разликата е поголема од 10 dB се поставува прашањето за релијабилноста на тестот.

Исклучок од правилото за корелација може да се забележи кај псевдохипоакузија или кај десцендентна аудиометриска крива каде што SRT може да биде поблизок до прагот на слухот на најдобрата фреквенција, а не до просечната вредност на прагот на слухот на фреквенциите 500, 1000 и 2000 Hz (Babu, 2013).

Поради тоа, некои автори сметаат дека PTA не треба да се пресметува на фреквенциите 500, 1000 и 2000 Hz. Препознавањето на говорот всушност зависи од многу поширок опсег на фреквенции. Кога PTA на овие три фреквенции не е во согласност со SRT, особено при стрмно десцендентна аудиометриска конфигурација, во тој случај подобро е да се пресмета PTA на двете најдобри од овие три фреквенции (најчесто 500 и 1000 Hz) или ако кај овој тип на конфигурација се разгледува совпаѓањето на SRT само со една фреквенција, најголема корелација е утврдена со фреквенцијата 1000 Hz. Понекогаш, ако е многу стрмен аудиограмот, потребно е да се компарира SRT со една фреквенција со најдобар праг (често 500 Hz, а понекогаш 250 Hz) за да постои корелација помеѓу прагот на слухот и прагот на препознавање на говорот (Gelfand, 2016).

Кога не постои добра корелација помеѓу PTA и SRT важно е да се разгледа можноста за симулација или агравација, како и централна аудитивна дисфункција. Ако SRT е многу подобар од PTA, може да се работи за псевдохипоакузија. Ако PTA е значително подобар од SRT, треба да се разгледа можноста за нарушување од централно потекло (Squires, Colombo и McKinney, 2019).

Чиен (Chien), et al. (2006) ја истражувале корелацијата помеѓу SRT и прагот на слухот на чистите тонови. За говорната аудиометрија тие користеле говорни материјали на кинески јазик што се состоеле од 18 спондејски зборови. Испитаниците биле на возраст над 60 години. Генерално се смета дека кај повозрасните испитаници релијабилноста на PTA е полоша во однос на помладите испитаници. Варијаблите кои ја афектираат сензитивноста на прагот на чистите тонови најчесто се: слабото внимание, задоцнетиот одговор, интерференцијата со тинитусот и личната мотивација. Статистичката анализа покажала највисока корелација помеѓу SRT и прагот на слухот на фреквенцијата 1000 Hz. Потоа следуваат фреквенциите 500 Hz, 250 Hz и 2000 Hz. Поради највисока корелација



помеѓу SRT и прагот на слухот на фреквенциите 1000 Hz и 500 Hz, авторите заклучиле дека постои поврзаност помеѓу SRT и прагот на слухот на ниските говорни фреквенции.

Истражувана е корелацијата помеѓу SRT и прагот на слухот кај пациенти на возраст над 60 години кои имаат сензонеурална редукција на слухот. Авторите ја пресметале просечната вредност на прагот на слухот на четири начини, со вклучување на различни фреквенции. Тие заклучиле дека кај десцендентната аудиометриска конфигурација SRT е во најголема корелација со PTA што го вклучува прагот на слухот на фреквенциите 500, 1000 и 2000 Hz. При одредување на корелацијата одделно на различни фреквенции, најголема корелација е забележана помеѓу SRT и прагот на слухот на фреквенцијата 1000 Hz (dos Anjos, et al., 2014).

Ким (Kim), et al. (2016) ја истражувале корелацијата помеѓу SRT и просечната вредност на прагот на слухот калкулирана на повеќе начини, со вклучување на различни фреквенции со цел да се утврди која формула за PTA е во најголема корелација со SRT кај различна аудиометриска конфигурација. Кога ќе се вклучат сите типови на аудиометриска конфигурација, највисока корелација се забележува помеѓу SRT и пондерираната средна вредност на прагот на слухот на три фреквенции – weighted three-frequency average (W3FA). Таа го опфаќа прагот на слухот на фреквенциите 500 Hz, 1000 Hz и 2000 Hz со тоа што прагот на фреквенцијата 1000 Hz е калкулиран два пати. Висока корелација се забележува и помеѓу SRT и прагот на слухот на три фреквенции – three-frequency average (3FA) при што PTA се калкулира на фреквенциите 500 Hz, 1000 Hz и 2000 Hz. Со вклучување на фреквенциите над 2000 Hz во PTA се намалува коефициентот на корелација, особено кај стрмно десцендентните аудиограми. Кај тој тип на конфигурација, за предвидување на SRT од PTA метод на избор треба да биде W3FA.

Спроведено е истражување на корелацијата помеѓу SRT и PTA кај асцендентна и десцендентна аудиометриска конфигурација кај пациентите со сензонеурална редукција на слухот со цел да се утврди кои фреквенции кај овие типови на конфигурација најдобро го претставуваат SRT. Утврдена е повисока корелација помеѓу SRT и PTA на фреквенциите 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz и 4000 Hz, отколку PTA на фреквенциите 500 Hz, 1000 Hz и 2000 Hz. Авторите заклучиле дека фреквенциите 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz и 4000 Hz се најсигнификантни за предвидување на SRT (de Andrade, et al., 2013).

Маеда (Maeda), et al. (2018) ја истражувале поврзаноста помеѓу наодите од ТЛА и перцепцијата на говорот кај лица на возраст  $\geq 65$  години. Утврдена е добра корелација помеѓу SRT и средната вредност на прагот на слухот на сите седум тестирани фреквенции (125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz и 8000 Hz).

### 3.3.3. Скор на препознавање на зборовите

Скорот на препознавање на зборовите (WRS) е најчесто супралиминарно тестирање и тој генерално се изразува во проценти коректно на ниво (dB HL) во однос на SRT или просечната вредност на прагот на слухот. Скорот на препознавање на зборовите се нарекува и скор на дискриминација на говорот – speech discrimination score (SDS), но дискриминацијата подразбира дека треба да се направи разликување помеѓу два или повеќе специфични стимули, а тоа не е задача во повеќето супралиминарни мерења за препознавање на говорот (McArdle и Hnath-Chisolm, 2015).

За одредување на WRS се користат фонетски балансирани едносложни зборови. Фонетски балансирани значи дека релативната фреквенција на фонемите во тестот е приближна на фреквенцијата на фонемите во секојдневната конверзација на јазикот на којшто е конструиран тестот. Вкупниот број на зборови во тестот изнесува 50 и секој точно повторен збор се вреднува со 2% (Stach, 2010).

Освен калкулирање на скорот на препознавање на зборовите со броење на точно повторени зборови, постојат и тестови со едносложни зборови кои се состојат од три фонеме и резултатот се изразува со број на точно повторени фонеме (phoneme scoring). Тестот *Computer-Assisted Speech Perception Assessment (CASPA) Test* користи 10 зборови, односно 30 фонеме на секое ниво на презентација. Тој се состои од 16 различни листи на зборови. Софтверот го калкулира бројот на точно повторени фонеме и/или точно повторени зборови (Kramer и Brown, 2019).

Постои *тестирање на фонеме* со кое се истражуваат фонетските грешки. Ајтемите во тестот можат да бидат дизајнирани за процена на препознавањето на консонантите или на вокалите. Иако се нарекува тестирање на фонеме, технички, стимулите се бесмислени слогови (Tye-Murray, 2020).

Добиените вредности се прикажуваат и графички. Кривата на препознавање на говорот се нарекува функција на перформанса-интензитет (performance-intensity function). Кај кондуктивна редукција на слухот кривата е поместена кон високите фреквенции, но сепак постигната е 100% разбирливост на зборовите на доволно високо ниво на интензитет. Кај сензонеурална редукција на слухот не се постигнува 100% разбирливост на зборовите и покрај високите интензитетски нивоа (Probst, Grevers и Iro, 2006).

Особено кај тешка сензонеурална редукција на слухот, не се постигнува 100% разбирливост на зборовите и кога интензитетот на стимулите ќе го достигне нивото на некомфорност. Кај десцендентната аудиометриска конфигурација особено е отежнато препознавањето на високофреквентните консонанти (Hoth и Valjić, 2017).

Влијанието на нивото на презентација врз перформансите најдобро се опишува со психометриските функции. Кај функцијата се мери промената во зависната варијабла (на ординатата се прикажува процентот коректно, што претставува психолошка варијабла) врз основа на промените на независната варијабла (на апсцисата се прикажува нивото на презентација во dB HL, што претставува физичка варијабла). При опишување на перформансата важна е формата на кривата. Прикажаните вредности се калкулираат од динамичниот дел на функцијата којшто е во опсегот од 20% до 80%. Скоровите под 20% тешко се одредуваат, бидејќи задачата е тешка на многу ниски интензитетски нивоа за да се прикажат суптилни промени во перформансата, а скоровите над 80% се афектирани од тоа што задачата е премногу лесна на повисоки интензитетски нивоа за да биде сензитивна на промените на перформансата (McArdle и Hnath-Chisolm, 2015).

Функцијата на перформанса-интензитет, всушност, ја опишува перформансата во проценти на точно препознавање на зборовите како функција на интензитетот на говорниот сигнал (Bess and Humes, 2008).

При графичкото претставување на скоровите, постојат типични криви на говорниот аудиограм, односно психометриски функции за секој тип на редукција на слухот. Нормалната крива има форма на издолжена „S“ буква. Кривата кај кондуктивната редукција на слухот ја задржува истата форма, но е поместена кон десно, односно кон високите фреквенции. Тоа значи дека кај кондуктивна редукција на слухот може да се постигне 100% разбирливост на зборовите, но потребно е говорните стимули да се презентираат на повисоко ниво на интензитет. Кај сензорна редукција на слухот, односно

кај кохлеарна патологија, често не се постигнува 100% WRS, има мал пад на врвот на кривата и потоа перформансата останува иста и покрај зголемувањето на интензитетот на стимулите. Кај ретрокохлеарната патологија, исто така, не се постигнува 100% разбирливост на зборовите, скорот достигнува одредена максимална вредност и потоа почнува да опаѓа со зголемување на интензитетот на стимулите. Кривата има форма на своно и тоа се нарекува „rollover“ ефект (McArdle и Hnath-Chisolm, 2015).

Зголемувањето на нивото на презентација на говорните стимули треба да резултира со зголемување на скорот на препознавање на зборовите. Доколку WRS опаѓа со зголемување на нивото на презентација и на графичкиот приказ се добие типичната превртена крива (rollover), тоа може да укаже на ретрокохлеарна патологија (Babu, 2013).

Парадоксалниот „rollover“ ефект на говорниот аудиограм се добива во случаите кога се јавува помал WRS на повисоко ниво на интензитет. Максималната перформанса, односно максималниот скор на препознавање на фонетски балансираните зборови – phonetic balanced (PB) се означува како  $PB_{max}$ , а најнискиот WRS што се забележува на највисокиот интензитет се нарекува  $PB_{min}$ . Компарацијата на  $PB_{max}$  и  $PB_{min}$  се нарекува сооднос rollover – rollover ratio (RR) и се калкулира на следниот начин:

$$RR = (PB_{max} - PB_{min}) / PB_{max}$$

Соодносот Rollover се нарекува и rollover индекс. За да се дефинира комплетно соодносот, тестирањето треба да се заврши на високо ниво на презентација до интензитет што пациентот може да го толерира, односно не е непријатно гласен. За листите на зборови *Northwestern University Auditory Test No. 6 (NU-6)* се смета дека ако соодносот rollover е  $> 0,35$ , тоа укажува на можно вклучување на вестибулокохлеарниот нерв (Kramer и Brown, 2019). За листите *PAL PB-50* се смета дека  $RR > 0,45$  укажува на ретрокохлеарна патологија (Gelfand, 2016). Полошото препознавање на зборовите во однос на очекуваното според калкулираната вредност на РТА се нарекува *тон-говор дисоцијација* – tone-speech dissociation (Iurato, 2010).

Скорот на препознавање на зборовите е мерење на способноста на пациентот да го разбере говорот кога тој е презентираан на ниво на коешто може лесно да се слушне (Baloh и Jen, 2016). Тој се користи за да се процени како редукцијата на слухот на пациентот влијае на разбирањето на говорот на нормално конверзациско ниво, на интензитет од 45 до 50 dB HL (Kramer и Brown, 2019).

Бидејќи лицата со уреден слух, во просек, постигнуваат максимална перформанса при препознавање на говорот на 30 до 40 dB ниво на сензација – sensation level (SL) во однос на SRT, тестирањето на пациентите треба да се изведе на едно од овие две нивоа затоа што најверојатно тоа ќе резултира со максимална перформанса. Процентата на перформансата треба да се направи на повеќе нивоа на презентација. Доколку се изведе процена само на едно ниво на презентација може да се добијат лимитирани информации за дијагностиката или за рехабилитацијата, особено кај лицата со сензоневрална редукција на слухот (McArdle и Hnath-Chisolm, 2015).

Нивото на презентација на говорните стимули од 30 до 40 dB SL е аудибилно и пријатно за пациентите. Тие можат да го слушнат говорот и да го толерираат нивото на коешто е презентираан (Paul и Whitelaw, 2011).

Кархарт, еден од пионерите на аудиолошката евалуација, сметал дека доколку прво се одреди прагот за препознавање на говорот (SRT) и потоа се презентираат зборовите на ниво 25 dB над SRT, процентот на точно повторување на зборовите ќе покаже како лицето го разбира говорот на тоа уво. Затоа добиениот скор на константно супралиминарно ниво бил наречен *скор на дискриминација* под претпоставка дека е пропорционален со способноста на лицето да „дискриминира“ помеѓу одделните гласови од говорот. Оваа базична аудиометриска парадигма, *скор на проценти точно на дефиниран SL над SRT* ја формирала рамката за аудиолошките рехабилитациски процедури што се користат и денес. Но модерната клиничка пракса започнува да ја напушта идејата за изедначување на ушите со користење на еднаков SL. Се појавува пракса на тестирање и компарирање на ушите на еднаков SPL и барање на максималниот скор на препознавање на зборовите на високи нивоа на интензитет (Stach, 2010).

Некои истражувања покажуваат дека тестирање на ниво 40 dB SL во однос на SRT не ја покажува максималната перформанса кај сите испитаници. Во процедурата предложена од Вилсон (Wilson) се користат најмалку две нивоа со презентирање на 25 зборови на секое ниво. Кај лицата со нормален слух или лесна редукција на слухот кои имаат  $PTA \leq 35$  dB HL на 500, 1000 и 2000 Hz, првото ниво треба да биде 50 dB HL, а второто ниво 70 dB HL. Кај лицата со поголема редукција на слухот, првото ниво треба да биде 10 dB повисоко од PTA на фреквенциите 500, 1000 и 2000 Hz, а второто ниво треба да биде 20 dB повисоко од првото ниво. Ако второто ниво не може да се зголеми за 20 dB

во однос на првото ниво заради достигнување на нивото на непријатна гласност, тоа ќе се зголеми колку што е можно над првото ниво (McArdle и Hnath-Chisolm, 2015).

Според Гелфанд (Gelfand) (2016) рутинското тестирање на 40 dB над SRT не е секогаш најдобар избор од две причини. Прво, многу пациенти со сензонеурална редукција на слухот имаат десцендентна аудиометриска конфигурација, често со многу подобар праг на чистите тонови на ниските фреквенции и многу полош праг на високите фреквенции. Имајќи предвид дека SRT често е сличен на подобриот праг на ниските фреквенции, тестирањето на тој пациент на 40 dB над SRT ќе значи дека тој нема да може слушне некои високофреквентни знаци што се потребни за разбирање на говорот.

За интерпретацијата на скорот на препознавање на зборовите постојат неколку категории со кои се опишува способноста за препознавање на зборовите:

- 90-100% – нема нарушување, одлично е препознавањето на зборовите;
- 75-89% – лесно нарушување, добро е препознавањето на зборовите;
- 60-74% – умерено нарушување;
- 50-59% – лошо препознавање на зборовите;
- <50% – многу нарушена способност за препознавање на зборовите.

Кај лицата со нормален слух и лицата со кондуктивна редукција на слухот, WRS најчесто изнесува над 90%. Разликата е во тоа што кај лицата со кондуктивна редукција на слухот тој е добиен со повисоко ниво на презентација на стимулите. Кај кохлеарната редукција на слухот, скорот значително се разликува во зависност од степенот на редукција на слухот и од аудиометриската конфигурација. Кај ретрокохлеарната патологија, WRS може да биде полош од очекуваното врз основа на наодот од тоналната аудиометрија. Оваа појава се нарекува *фонемска регресија* (Kramer и Brown, 2019).

Генерално се смета дека лицата со уреден слух треба да имаат скор 90-100%. Кај лицата со кондуктивна редукција на слухот, скорот се движи од 80% до 100%, на пример кај отитис медија и отосклероза, но најдени се ниски вредности како на пример 60% во случаи на гломус тумор. Кај сензонеурална редукција на слухот опсегот е од 0 до 100% во зависност од етиологијата и од степенот на редукцијата на слухот. Генерално, скоровите кои се „абнормално ниски“ се асоцирани со ретрокохлеарна патологија. Но пониски скорови може да се добијат и при тестирање на ниво што не е доволно високо. Затоа

секогаш кај атипично низок скор треба да се повтори тестирањето со повисоко ниво на интензитет при презентација на стимулите (Gelfand, 2016).

Постојат неколку причини за изведување на ова супралиминарно тестирање. Вредноста на WRS како дијагностички индикатор е значајна. Препознавањето на зборовите може да се предвиди од аудиограмот, но во некои случаи, како на пример ретрокохлеарна патологија, скорот на препознавање на зборовите може да биде полош од очекуваното. Така тестирањето ќе укаже на можната патологија. Тестирањето е корисно и при процена на разбирањето на говорот во случаи на рехабилитација на редукцијата на слухот, односно помага да се предвиди ефектот од амплификацијата. WRS се користи и за проверка на прагот на слухот. Ако WRS е значително подобар од прагот на слухот, тоа може да укаже на функционално или неорганско оштетување на слухот. Тестирањето се изведува со презентирање на фонетски балансиран збор на коишто им претходи носечка фраза, на пример „Кажи го зборот...“. Презентирањето на снимени материјали е префериран метод во однос на презентирањето со мониториран глас во живо. Секој точно презентирани збор носи 2%. Зборовите се презентираат на различни нивоа на интензитет и на крајот се калкулира вкупниот скор. Резултатите од тестот можат да се прикажат табеларно или графички (DeRuiter и Ramachandran, 2017).

При планирање на аудитивната рехабилитација за одреден пациент потребни се повеќе информации за препознавањето на говорот од страна на пациентот од оние што се добиваат со рутинската аудиолошка евалуација. Целта на тестирањето на препознавањето на говорот вклучува:

- *Да се испита потребата за амплификација* – ако пациентот има намалено препознавање на говорот, тогаш најверојатно ќе биде потребна амплификација;
- *Да се компарира перформансата со слушното помагало и перформансата без помагало* за да се зголеми довербата кај пациентот – компарацијата се прави со мерење на препознавањето на говорот со и без слушното помагало. Резултатот може да го мотивира пациентот да го користи амплификаторот;
- *Да се компарираат различни слушни помагала* – пациентот може да се тестира со различни слушни помагала и на тој начин ќе се утврди со кое помагало се постигнува најдобра перформанса. Треба да се компарираат две или три помагала;

- *Да му се демонстрира на пациентот дека неговата способност да го препознае говорот е нарушена* – информациите што се добиени при тестирањето на говорот може да илустрираат колку разбирањето на говорот е нарушено во однос на лицата кои имаат нормален слух;
- *Да се добијат информации што може да разјаснат прашања поврзани со слушање во бучно опкружување* – со изведување на тестирањето во присуство на бучава и компарирање на резултатите со перформансата при тестирање во тишина на пациентот може да му се објаснат потешкотиите со слушањето;
- *Перформансата да се проценува лонгитудинално* – во одредени случаи потребно е да се мониторира препознавањето на говорот со текот на времето за да се утврди дали перформансата се менува како резултат на аудитивниот тренинг или дали постои влошување на слухот со користење на слушното помагало;
- *Да се одреди потребата за аудитивен тренинг* – доколку пациентот има потешкотии во препознавањето на говорот и покрај користење на соодветна амплификација, тогаш тој може да биде кандидат за тренинг;
- *Да се одреди местото во рамките на курикулумот за тренирање* – сите пациенти не го започнуваат аудитивниот тренинг со иста задача. Целите на тренингот се поставуваат индивидуално;
- *Да се одреди дали е постигнат очекуваниот бенефит* – една цел на слушното помагало и спроведувањето на аудитивниот тренинг е да се подобри препознавањето на говорот. Перформансата на пациентот може да се компарира со перформансите на лица со слична редукција на слухот или лица кај кои се применети слични интервенции (Tye-Murray, 2020).

Постои корелација помеѓу WRS и PTA кај пациентите со сензорна редукција на слухот. Ако зборовите се презентираат на доволно високо ниво за да биде аудибилен говорот, кај лицата со лесна сензорна редукција на слухот ќе се постигне висок WRS, а кај тие со тешка редукција на слухот ќе се добијат ниски скорови. Ако WRS е абнормално низок во споредба со PTA, во тој случај може да се работи за неколку состојби, вклучително акустичен тумор, мултипла склероза, Мениерова болест и аудитивна невропатија и кохлеарни мртви региони. Кога постојат мртви региони (делови од кохлеата без внатрешни сензорни клетки), прагот на чистите тонови може да биде подобар од



очекуваното поради распространување на енергијата по должина на кохлеата. Здравите сензорни клетки кои се во непосредна близина на тие региони ќе одговорат на чистите тонови презентирани на фреквенцијата на мртвиот регион (Schlauch и Nelson, 2015).

Бидејќи тестовите за одредување на WRS содржат 50 зборови, презентирањето на сите зборови одзема време и во праксата се прават обиди да се одреди WRS со презентирање на половина листа на зборови или помалку. Истражувана е тест-ретест релијабилноста на WRS во таквите ситуации. Ким (Kim), et al. (2015) го одредиле WRS со презентирање на 50, 25 и 10 зборови кај возрасни испитаници и заклучиле дека неопходно е презентирање на најмалку 25 зборови за да биде релијабилно тестирањето. Доколку од која било причина некој испитаник треба да се тестира со презентирање на 10 зборови, во тој случај треба да се додаде 95% предикционен интервал, еден од индексите за тест-ретест релијабилноста којшто претставува процена на интервалот во кој со одредена веројатност би се нашле резултатите од ретестирањето, земајќи ги предвид резултатите од претходното тестирање.

Спроведено е истражување со цел да се анализираат грешките во одговорите на испитаниците на тест за препознавање на зборовите од отворен-сет формат. Авторите го анализирале погрешното заменување на консонантите во KBK зборови, во однос на можноста за одбирање на одреден консонант врз основа на акустичко-фонетски, лексички и фреквенциски варијабли. Резултатите укажуваат на тоа дека погрешните замени на консонантите повеќе се поврзани со лексичките информации, отколку со акустичните карактеристики на зборовите. Кога недостасува дел од говорниот сигнал, испитаникот одбира стимул со лексичка блискост којшто е дел од неговиот вокабулар. Испитаникот, сепак, не преферира збор што почесто се слуша во соодветниот јазик за разлика од зборовите што се помалку фреквентни. Заменувањето на консонантите е високо афектирано од лингвистичкото знаење. Задачите за повторување на зборовите обезбедуваат комбиниран аудитивно-лингвистички профил на пациентот и не се ограничени само на мерење на слушната перформанса (Coene, van der Lee и Govaerts, 2015).

Како проблем при тестирањето на препознавањето на говорот се јавува тест-ретест варијабилноста. Перформансата особено варира кај децата. Се добиваат различни скорови на последователните тестирања и при користење на ист тест. Неколку фактори може да придонесуваат за тест-ретест варијабилноста. Една од причините може да се однесува на

испитаникот. Децата понекогаш се мотивирани да постигнат подобар резултат, а понекогаш се незаинтересирани и тоа влијае на резултатите од тестот. Подобрувањето и влошувањето на скоровите со текот на времето не е резултат на тренингот, туку се јавува како резултат на замор, интерес и расположение. Варијабилноста може да биде резултат на промена на условите на тестирање. Промена во некоја од следните варијабли може да влијае на скорот од тестирањето:

- *Начин на презентација* – ако стимулите се презентираат со мониториран глас во живо, а на следното тестирање се презентираат снимени материјали;
- *Место на тестирање* – ако тестирањето се изведува во тивка кабина, а на следното тестирање надвор од кабината;
- *Презентер* – при презентирање на стимулите со мониториран глас во живо полесно се разбира презентерот што е познат, а во однос на полот подобро се разбираат машките презентери;
- *Број на повторувања на стимулот* – ако стимулот се презентира два пати по барање на пациентот, тоа влијае на скорот (Tye-Murray, 2020).

Посебен проблем при тестирање на препознавањето на зборовите претставува изборот на говорни стимули за билингвалната популација, односно кога испитаникот не е роден говорител на јазикот на којшто е конструиран тестот (Gaeta и John, 2015).

### **3.3.4. Најпријатно ниво на гласност и праг на некомфорност**

Со говорните стимули може да се одредат најпријатното ниво на гласност – most comfortable loudness level (MCL) и непријатното ниво на гласност – uncomfortable loudness level (UCL) кое уште се нарекува и праг на некомфорност – threshold of discomfort (TD) и ниво на непријатна гласност – loudness discomfort level (LDL). Со варијации на интензитетот на говорот од пациентот се бара да го одреди најпријатното ниво на слушање на говорот. Прагот на некомфорност е границата на прифатлива гласност во dB над која слушањето ќе биде непријатно, па дури и болно (Welling и Ukstins, 2019).

Со користење на спондејски зборови може да се добијат релијабилни и валидни мерења на MCL и UCL за говорот. Овие две нивоа може да се одредат во протокол комбиниран со SRT. Се препорачува асцендентно мерење на MCL (Punch и Rakerd, 2019).

Кај некои пациенти се јавува побрз раст на гласноста од нормалниот. Наместо лесно зголемување на интензитетот на стимулот да предизвика лесно зголемување на перципираната гласност, што е типично за лицата со нормален слух, кај нив се јавува нагло растење на перципираната гласност на звукот и покрај тоа што интензитетот е малку зголемен. Овој феномен се нарекува *рекрутман* (Heinz, Issa и Young, 2005).

Присуството на рекрутман е типично за кохлеарна лезија. Отсуството на рекрутман во случај на сензонеурална редукција на слухот не исклучува кохлеарна патологија, само укажува на можна ретрокохлеарна патологија (Roeser, Valente и Hosford-Dunn, 2000).

Прагот на некомфорност се одредува на тој начин што од пациентот се бара да одреди кога презентираниот стимул ќе го достигне нивото над кое стимулот би станал нетолерантен. Овој параметар е особено важен за евалуација, селекција и мониторирање на слушните амплификатори. Разликата помеѓу најниското ниво на кое пациентот почнува да го слуша говорот и горната граница на комфор (UCL) се нарекува динамичен опсег – *dynamic range (DR)* или опсег на пријатна гласност – *range of comfort loudness (RCL)* бидејќи го претставува опсегот на гласност на стимулот што нема да предизвика непријатност или болка (Welling и Ukstins, 2019).

Нивоата MCL и UCL се користени во истражувањето што имало цел да се одреди нивото на презентација на зборовите на кое ќе се постигне максималниот скор на препознавање на зборовите. Функцијата на перформанса-интензитет е одредена кај пациенти со сензонеурална редукција на слухот со користење на *CASPA* при што е одреден скорот на препознавање на фонемите. Аудиометриската конфигурација била постепено десцендентна или стрмно десцендентна. Нивоата на презентација на стимулите биле во опсег од 10 dB над SRT до 5 dB под UCL. Скоровите добиени на UCL –5 dB (максималното ниво под нивото на непријатна гласност) се компарирани со четири методи на алтернативно ниво на презентација: ниво на сензација (SL) над прагот на фреквенцијата 2000 Hz; SL над SRT; фиксно ниво (95dB SPL) и најпријатното ниво на гласност (MCL). Кај пациентите со лесна до умерена редукција на слухот и во случаите на постепено десцендентна и стрмно десцендентна конфигурација, методите UCL –5 dB и SL над прагот на 2000 Hz резултирале со највисоки скорови без да се надмине UCL. Кај пациентите со умерено тешка и тешка редукција на слухот, највисоки скорови на препознавање на фонемите се добиени со методот UCL –5 dB (Guthrie и Mackersie, 2009).

### 3.4. Процедури за маскирање

Принципите за маскирање при изведување на говорната аудиометрија се исти како принципите за ТЛА. Маскирањето е потребно секогаш кога транскранијалната или интераурална атенуација (IA) е надмината и сигналот што е презентираан на тестираното уво може да се слушне и на контралатералното уво преку коскена спроводливост. За говорната аудиометрија, маскирањето е потребно секогаш кога нивото на презентација на говорните материјали на тестираното уво ја надминува IA и може да се јави преслушување на контралатералното уво (Kramer и Brown, 2019).

Говорот е широкопојасен сигнал. Тој се состои од многу различни фреквенции. Сите тие фреквенции имаат различни нивоа на IA. При маскирањето на говорот, минималната IA за говорниот сигнал е најниското ниво на IA за чистите тонови од говорните фреквенции. За супраауралните слушалки минималната IA изнесува 40 dB. Исто како кај ТЛА, треба да се одреди соодветното ниво на маскирачкиот шум за да се избегне недоволно или прекумерно маскирање (DeRuiter и Ramachandran, 2017).

Како маскирачки шум се користи шум со говорен спектар (speech spectrum noise). Главни компоненти на говорната аудиметрија се: мерење на прагот на детекција на говорот, прагот на препознавање на говорот и супралиминарно препознавање на говорот. Процедурата за маскирање којашто се користи за маскирање на чистите тонови, процедура „плато“, може ефикасно да се применува при мерење на SDT. Но метод на избор при одредување на SRT и WRS е *процедурата за акустично маскирање* (acoustic masking procedure), бидејќи процедурата „Плато“ одзема премногу време. Ако се примени процедурата „Плато“, за одредување на SRT на тестираното уво шумот се емитува на контралатералното уво на иницијално маскирачко ниво со додавање на 10 dB како сигурносен фактор:

$$\text{Иницијално маскирачко ниво} = \text{SRT}_{\text{контралатерално уво}} + 10 \text{ dB}$$

Потоа треба да следи пораст на интензитетот на маскирачкиот шум во чекори од 5 или од 10 dB додека да се достигне платото. Бидејќи треба да се одреди 50% точно препознавање на зборовите, тие ќе треба да се емитуваат на секое ниво на интензитет (Yacullo, 2015).

Наместо процедурата „Плато“, подобро е да се одбере едно ниво на шум врз основа на очекуваното ниво на говорот. Нивото на маскирачкиот шум се одбира така што

разликата помеѓу очекуваниот SRT на тестираното уво минус маскираниот најдобар праг на коскена спроводливост на контралатералното уво е помала од IA за користениот трандјусер за воздушна спроводливост. Доколку претходно е одреден маскиран праг на чисти тонови, тогаш SRT може да се процени врз основа на прагот на воздушна спроводливост што кореспондира со најдобриот праг на коскена спроводливост или да се користи РТА (Kramer и Brown, 2019).

*Процедурата за акустично маскирање* е заснована на калкулирање на проценетите акустични нивоа на стимулите за тестирање и маскирање на двете уши за време на тестирањето и врз таа основа селектирање на соодветно маскирачко ниво. За спроведување на процедурата потребни се податоци за воздушно-коскените процепи на двете уши добиени со ТЛА. Големината на воздушно-коскените процепи на контралатералното уво е потребна за да се калкулира минималното маскирачко ниво – minimum masking level ( $M_{Min}$ ). Информацијата за коскената спроводливост на тестираното уво е потребна за да се калкулира максималното маскирачко ниво – maximum masking level ( $M_{Max}$ ). Минималното маскирачко ниво за говорот може да се дефинира со следната равенка:

$$M_{Min} = \text{ниво на презентација}_{\text{тестирано уво}} - IA + \text{најголем } ABG_{\text{контралатерално уво}}$$

Нивото на презентација на тестираното уво претставува ниво (dB HL) на говорниот сигнал. Присуството на ABG на контралатералното уво ќе ја намали ефективноста на маскирачкиот шум. Во тој случај минималното маскирачко ниво треба да се зголеми. Максималното маскирачко ниво може да се зголеми со следната равенка:

$$M_{Max} = \text{најдобар } BC_{\text{тестирано уво}} + IA - 5 \text{ dB}$$

Оптималното маскирачко ниво се наоѓа над минималното и под максималното ниво на маскирачкиот шум. Главна цел на акустичниот или „формула“ пристап е да се одреди средното маскирачко ниво – midmasking level ( $M_{Mid}$ ). Се смета дека тоа може да се одреди како аритметичка средина од минималното и максималното маскирачко ниво:

$$M_{Mid} = (M_{Min} + M_{Max})/2$$

Оваа процедура за маскирање има две предности: прво, елиминирана е IA како извор на грешка при одредување на соодветното ниво за маскирање и второ, средното маскирачко ниво може да се одреди и за лиминираните и за супралиминарните говорни мерења со користење на истиот „формула“ пристап (Yacullo, 2015).

Постои и друга формула за калкулирање на ефективно маскирачко ниво – effective masking level (EML) при одредување на SRT и WRS:

$$\text{EML} = \text{ниво на презентација}_{\text{тестирано уво}} - 20 \text{ dB}$$

Оваа формула генерално може да се користи во случаи без АВГ. Кога постои АВГ и кога се користат повисоки нивоа на презентација со супрааурални слушалки, корисна е следната формула:

$$\text{EML} = \text{ниво на презентација}_{\text{тестирано уво}} - \text{IA} + \text{најголем АВГ}_{\text{контралатерално уво}} + \max 20 \text{ dB}$$

Максималното ниво од 20 dB што се додава претставува сигурносен фактор и не мора да биде секогаш потребно (DeRuiter и Ramachandran, 2017).

### 3.5. Тестови за говорна аудиометрија

Тестовите за говорна аудиометрија содржат различни говорни стимули и во зависност од видот на мерењето може да се поделат на лиминарни тестови со кои се реализираат лиминарните мерења и супралиминарни тестови коишто се користат при супралиминарните мерења. Во однос на можните одговори, тестовите можат да бидат од *отворен-сет* (open-set) формат кај кој пациентот треба да одговори без да знае кои се алтернативите или од *затворен-сет* (closed-set) формат, што значи дека на пациентот му се нуди избор на неколку можни одговори (Lawson и Peterson, 2011).

Тестовите од затворен-сет формат имаат неколку предности во однос на тестовите од отворен-сет формат. Тој вид на тестирање ги намалува ефектите од фреквенцијата на зборовите во јазикот, ефектите од блискоста на зборовите, односно фактот дека на пациентот му се познати зборовите и алтернативните избори, а се намалува и ефектот на запомнување на зборовите. Дополнителна предност на тестовите од затворен-сет формат е тоа што тие можат да се фокусираат на одделни аспекти на препознавањето на говорот со внимателно одбирање на можните избори за секој стимул и грешките на пациентот ќе може детално да се анализираат (Gelfand, 2016).

Во однос на видот на говорни стимули, најчесто се користат тестови со еднословни зборови и тестови со двословни зборови, а постојат и тестови со реченици и континуиран дискурс (Stach, 2010).

Употребата на носечките (carrier) фрази во тестовите се смета дека нема големо значење за препознавањето на говорот. Тоа се реченици од типот: „Кажи го зборот...“ коишто им претходат на презентираниите зборови. Кај некои пациенти имале позитивен ефект дејствувајќи како предупредувачки сигнали, додека, пак, други пациенти биле деконцентрирани од нив (Gelfand, 2016).

При конструирањето на тестови на други јазици директно по аналогија на тестовите со говорни стимули на англиски јазик, се наидува на потешкотии. На пример, формата на зборови консонант-нуклеус-консонат што често се применува при тестирање на препознавањето на зборовите, не се појавува во шпанскиот јазик. Спондејските зборови исто така се невообичаени за шпанскиот јазик, бидејќи постои поинаков начин на акцентирање во јазикот. Друг проблем се разликите во дијалектот што го користи испитувачот. Бидејќи презентирањето на снимен материјал е префериран метод во однос на презентирањето на стимулите со мониториран глас во живо, оневозможено е испитаникот да ги слуша стимулите на дијалектот што му е поблизок. Дијалектот има влијание и при одговарањето на пациентот (Gaeta и John, 2015).

При одредувањето на соодветен говорен материјал за тестирање треба да се земат предвид варијаблите како когнитивното/лингвистичко ниво и степенот на редукција на слухот. Разгледувањето на овие варијабли ќе помогне да се одберат говорните стимули, начинот на одговарање, условите за тестирање и начинот на презентирање на говорните стимули. За да се тестира пациентот потребни се когнитивни вештини. Несоодветно е да се очекува повозрасен пациент со деменција да повтори реченица со седум зборови. Степенот на редукција на слухот и искуството со слушното помагало влијаат на изборот на тестот. На пример, кај пациент кратко време по кохлеарна имплантација не треба да се применува тест со едносложни зборови само во услови на слушање и присутна бучава. Во однос на начинот на одговарање, одговорот може да се запишува (Tye-Murray, 2020).

### **3.5.1. Тестови со едносложни зборови**

Бидејќи тестовите со логатоми и тестовите со броеви имале недостатоци, набрзо со помош на низи од различни зборови составени се *моносилабични тестови*, односно тестови со едносложни зборови. На почетокот таквите тестови се составувале без

одредени критериуми, а потоа елиминирани се нивните недостатоци од страна на психоакустичната лабораторија на Харвардскиот универзитет во САД со *принципите на фонетско балансирање на говорните елементи* кои се употребуваат при составување на тестовите. Принципите по кои е извршено фонетско балансирање се следните:

- Моносилабична структура – сите зборови во тестовите се еднословни што е од првенствена важност за квалитетот на аудиометриското испитување;
- Еднаков просек и еднаква тежина на перцепцијата на презентираниите зборови – сите зборови во тестовите се добро познати, често се употребуваат, имаат одредена и јасна смисла и јасна структура;
- Еднаква фонетска композиција – зборовите ги содржат сите вокали и сите консонанти во опсегот карактеристичен за англискиот јазик. Зборовите почнуваат и со консонанти и со вокали и завршуваат и со консонанти и со вокали, а опфатени се разни синтаксички облици (Pražić, 1960).

Употребата на еднословни зборови за тестирање на препознавањето на зборовите започнува со креирање на тестот *PAL PB-50* во 1948 година од страна на Иген кој работел во психоакустичната лабораторија – Psychoacoustic Laboratory (PAL) на Харвардскиот универзитет. Неговиот оригинален тест содржел 1000 зборови, односно 20 листи по 50 зборови. Се сметало дека сите листи се фонетски балансирани, така што сите 50 зборови од кои се состоеле листите биле пропорционално коректна репрезентација на фонетските елементи во англискиот јазик. Уште во 1944 година поставени се принципите врз кои ќе се креираат листите (McArdle и Hnath-Chisolm, 2015).

За да се подобри фонетскиот баланс и да се вклучат зборови кои се повеќе познати, Ајра Хирш (Ira Hirsh) и соработниците од Централниот институт за глуви – Central Institute for the Deaf (CID) во 1952 година селектирале 120 зборови од листите *PAL PB-50* со 1000 зборови и одбрале 80 други зборови за да креираат нови листи на зборови. Така со 200 зборови составиле четири листи по 50 зборови кои биле наречени *CID W-22* листи на зборови. Зборовите биле снимени на лента изговорени од Ајра Хирш кој го мониторираше својот глас на VU-мерањач. На секој збор му претходела носечката фраза „Ќе кажеш“ (You will say) и секој збор се ставал на крајот на фразата. *CID W-22* се едни од најчесто користените листи на зборови за супралиминарните мерења на препознавање на зборовите во тишина (McArdle и Hnath-Chisolm, 2015).



Лехисте (Lehiste) и Питерсон (Peterson) во 1959 година креирале *CNC* листи со збир консонант – нуклеус (вокал) – консонант (consonant – nucleus [vowel] – consonant) кои биле фонемски балансираны наместо фонетски балансираны. Тоа значи дека фонетски балансираните листи не ја земаат предвид позицијата на гласот во зборот и како акустичната реализација на гласот ќе биде афектирана од коартикулаторните фактори. Авторите тврделе дека фонемското балансирање може да се оствари ако се дозволи фреквенцијата на појавување на секој иницијален консонант, вокал како јадро и финален консонант да биде слична во *CNC* листите на зборови. Првите 10 листи на зборови подоцна се ревидирани и креирани се четири листи по 50 зборови кои денес се познати како *NU-6* (McArdle и Hnath-Chisolm, 2015).

Исто така и тестот *Maryland CNC Test* користи стимули од фонемски балансираните листи на зборови на Лехисте и Питерсон. Секоја листа содржи *CNC* едносложни зборови. Секој иницијален консонант, секој вокал и секој финален консонант се појавуваат со иста фреквенција во секоја листа (Mendel, Mustain и Magro, 2014).

При конструирање на тестовите со едносложни зборови треба да се посвети внимание на факторот *коартикулација*. Со исклучок на *MRT*, ајтемите на тестот се ставаат на крај на фразата, како на пример „Ќе кажеш ...“ или „Кажи го зборот ...“ за да се олесни мониторирањето на вокалниот интензитет. Продукцијата и идентификацијата на консонантите зависат од формантските карактеристики на соседниот вокал и од транзицијата на формантите. Со цел да се вклучат ефектите на транзициите консонант-вокал и вокал-консонант, секој збор како стимул може да се стави во фразата „Кажи ... повторно“ (Say the ... again). *Maryland CNC Test* е снимен на тој начин. Зборовите во тестот се на англиски јазик. Гласот шва (schwa) „ə“ што се јавува во финалната позиција на „the“ и во иницијалната позиција на „again“ е фонема што обезбедува минимално влијание на соседните стимули, бидејќи таа не е акцентирана и има неутрална артикулаторна позиција. Со ставање на оваа фонема пред и по зборот, ефектот на коартикулацијата е присутен, но е минимизиран (Causey, et al., 1984).

Бидејќи овие тестови биле оригинално конструирани за процена на препознавањето на зборовите кај возрасните, на многу деца со вокабулар за возраст од пет до шест години ќе им бидат непознати повеќе зборови (Wolfe, 2020).

За тестирање на препознавањето на зборовите кај децата се користат неколку познати тестови со едносложни зборови. При нивното конструирање првенствено се внимавало на рецептивниот вокабулар на децата. Во 1949 година Хаскинс (Haskins) го конструирала тестот *Phonetically Balanced Kindergarten (PBK) Test* којшто се состои од едносложни зборови од рецептивниот вокабулар на децата со уреден слух на возраст од најмалку 6 години (Diefendorf, 2015). Бројот на ајтеми во тестот изнесува 50, а конструирани се 4 листи на зборови (Bess и Humes, 2008).

Тестот *PBK* е еден од најчесто користените тестови за процена на препознавањето на говорот кај децата со редуција на слухот кои користат кохлеарни импланти. Но неколку студии покажуваат лоша перформанса на децата со кохлеарни импланти при користење на овој тест (Kant и Vanik, 2017).

За да се избегне можноста на децата да не им бидат познати зборовите во тестот, Рос (Ross) и Лерман (Lerman) во 1970 година го конструирале тестот *Word Intelligibility by Picture Identification (WIPI) test*. Тестирањето се изведува на тој начин што детето го слуша снимениот збор, а потоа ја покажува сликата што кореспондира со перципираниот збор. На секоја страна на делот на тестот со можни одговори има по 6 илустрации. Носечката фраза кај тестовите од ваков тип најчесто е „Посочи“ (Point to) и „Покажи ми“ (Show me). Тестот е соодветен за деца на возраст од најмалку 4 години (Diefendorf, 2015). Конструирани се вкупно 4 листи со по 25 едносложни зборови. Се смета дека *WIPI* како тест од затворен-сет формант, односно со ограничен избор на понудени одговори дава подобар скор на препознавање на зборовите (Bess и Humes, 2008).

Заради потребата да се процени препознавањето на зборовите кај помалите деца, Елиот (Elliott) и Катц (Katz) во 1980 година го конструирале *Northwestern University-Children's Perception of Speech (NU-CHIPS) test*. Тестот се состои од едносложни зборови од вокабуларот на деца со уреден слух на возраст од 3 години (Diefendorf, 2015). Бројот на ајтеми во тестот изнесува 50, а конструирани се 4 листи на зборови (Bess и Humes, 2008).

Од седумдесетите години на минатиот век истражувањето на процената на перцепцијата на говорот го рефлектира сознанието дека перцепцијата на говорот мора да ги вклучува процесите што стојат зад перцепцијата на одделните консонанти и вокали и идентификацијата на изговорените зборови. Многу актуелни пристапи за мерење на препознавањето на изговорените зборови се засноваат на теоријата дека перцепцијата на

говорот вклучува два фундаментални процеси: активација и конкуренција. Клучна карактеристика на процесот на дискриминација е конкуренција помеѓу повеќе алтернативни зборови активирани во меморијата и еден избор на клучен збор од сите алтернативи на лексичката близина. Според овој модел на активација и конкуренција, зборовите постојат во лексичка близина каде што еден збор се разликува од другите само по една фонема. Доколку се направи супституција, бришење или вметнување на фонема во клучниот збор, тогаш се добива друг збор што се наоѓа во неговата лексичка близина. Овој модел ги дели зборовите на лесни зборови, коишто имаат само неколку лексички блиски зборови и тешки зборови, коишто имаат многу лексички блиски зборови. Лесните зборови побрзо се препознаваат и полесно се процесираат. Конструирани се тестови врз основа на теоретските принципи на овој модел (Mendel, 2008).

Кирк (Kirk), et al. (1995) го конструирале тестот *Lexical Neighborhood Test (LNT)* за процена на препознавањето на зборовите и лексичката дискриминација кај децата со редукција на слухот. Примарна цел на конструирањето на овој тест била да се селектираат зборови од вокабуларот на децата со тешка редукција на слухот. Теоретската рамка за конструирање на тестот ги опфаќа тврдењата дека фреквенцијата на зборовите и лексичката сличност влијаат на препознавањето на зборовите. Конструирани се две листи на „лесни“ зборови и две листи на „тешки“ зборови. Секоја од листите се состои од 25 ајтеми. Поделбата на лесни и тешки зборови е направена врз основа на фреквенцијата на зборовите и лексичката сличност. Лексички слични се зборовите што се разликуваат само по една фонема.

Тестот *LNT* е применет кај деца со кохлеарни импланти и утврдено е дека тестот е ефикасен за процена на перформансата на препознавање на говорот. Скоровите се одредени со броење на зборови или броење на фонеме. Не е забележана поголема разлика во препознавањето на „лесните“ и на „тешките“ зборови што ги содржи тестот. Тестот не е само квантитативен, туку и дескриптивен. Тој овозможува анализа на фонолошките процеси што ги користат децата со кохлеарни импланти за пристап до зборовите од менталниот лексикон (Kant и Banik, 2017).

За следење на напредокот на децата кои користат кохлеарни импланти корпорацијата Мед-Ел (Med-El) го користи Протоколот за евалуација на аудитивни одговори на говор – Evaluation of auditory responses to speech (EARS) protocol. Протоколот

се состои од неколку тестови со различна тежина кои се соодветни за деца на возраст од 1 до 18 години со различно ниво на аудитивно искуство и јазичен развој. Покрај другите тестови, протоколот ги содржи тестовите со едносложни зборови: *Early speech perception (ESP) test*, *NU-CHIPS* и *WIPI*. Протоколот го нагласува развојот на аудитивните вештини (детекција, дискриминација, идентификација, препознавање и разбирање). Тестовите се применуваат со користење на аудитивен инпут (Mendel, 2008).

Првите тестови за говорна аудиометрија биле конструирани на англиски јазик. Подоцна се публикувани студии за конструирање и клиничка валидација на тестови за говорна аудиометрија на различни јазици кои се конструирани земајќи ги предвид специфичностите на секој јазик.

Дуранкеја (Durankaya), et al. (2014) конструирале тест за препознавање на зборовите на турски јазик. Листите на зборови се состоеле од 50 фонемски балансираны едносложни зборови коишто биле избрани како најфреквентни од соодветниот корпус. По испитување на хомогеноста во однос на аудибилноста и клиничката валидација на три листи со зборови авторите заклучиле дека тестот е соодветен за употреба. Со користење на тестот кај лица со различна аудитивна патологија ќе се одреди дали тестот може да помогне во дистинкција на случаите според локацијата на патолошкиот процес.

Во 2017 година конструиран е тестот *University of Jordan word recognition test*. Тој се состои од 4 листи со по 25 зборови и е наменет за тестирање на препознавањето на говорот кај возрасни говорители на арапски јазик што живеат во Јордан. Спроведеното истражување со примена на тестот покажало дека постои висока корелација помеѓу SRT и РГА и слична перформанса за сите четири листи. Авторите заклучиле дека тестот е соодветен за клиничко тестирање (Garadat, Abdulbaqi и Haj-Tas, 2017).

Ратна Кумар (Rathna Kumar), et al. (2016) конструирале тест за одредување на скорот на препознавање на зборовите на јазикот *марати* (Marathi) што се зборува во Индија. Тестот се состои од 4 листи со по 25 зборови, од кои 60% се едносложни со КВК-структура и 40% се двосложни со КВКВ-структура. При конструирање на тестот авторите ги почитувале следните критериуми: фонемски баланс, избор на познати зборови и честа употреба на зборовите. Евалуацијата покажала дека листите се еднакви по тежина и се сметаат за валидни говорни материјали.

Тестовите со еднословни зборови се најчесто користен говорен материјал при подесување на слушните амплификатори. Но некои автори не се согласуваат дека најдобриот избор е препознавањето на еднословни зборови без компетитивна бучава, во аудиометриска кабина без реверберација и со ниво на презентација коешто често не е просечното ниво на конверзацискиот говор (Mueller, 2001).

### 3.5.2. Тестови со двословни зборови

Првите тестови во кои како говорни елементи се користеле двословни зборови биле *спондејските дисилабични тестови*. Тестовите содржеле добро познати зборови кои биле едноставни и со јасно значење (Pražić, 1960). *Спондејските зборови* (spondaic words, spondees) се двословни зборови кои се изговараат со еднаков акцент на двата слога и може да се направат хомогени во однос на аудибилноста (Stach, 2010).

Во Харвардската психоакустична лабораторија во 1947 година Хацинс, Хокинс, Карлин и Стивенс креирале спондејски тестови со 42 збора. Тие се обиделе да користат фонетски различни зборови од познатиот вокабулар коишто ги претставувале гласовите од англискиот јазик и биле колку што е можно похомогени во однос на аудибилноста. Листите PAL биле достапни во два снимени формати: сите спондејски зборови биле снимени на исто ниво во *PAL Test No. 14*, додека, пак, во *PAL Test No. 9* тие биле атенуирани за 4 dB по секој шести збор. Во 1952 година Хирш и соработниците од Централниот институт за глуви (CID) ги подобриле оригиналните спондејски материјали редуцирајќи ја листата на 36 најпознати зборови и ги снимиле на тој начин што ќе бидат хомогени во однос на тежината. При снимањето за полесните зборови нивото на интензитетот го намалиле за 2 dB, а за потешките го зголемиле за 2 dB. Шест рандомизации од листата биле снимени со сите спондејски зборови на исто ниво во тестот *CID W-1* и со атенуација од 3 dB на секој трет збор во тестот *CID W-2*. На секој збор му претходела носечката фраза „Кажи го зборот...“ (Say the word...) што била снимена на 10 dB повисоко ниво од самиот збор (Gelfand, 2016).

Керамитчиевски (Keramičievski) (1971) наведува дека покрај стандардите за позиција на гласовите, при конструирање на листи со двословни зборови, треба да се исполнат и други барања:

- Зборовите мора да бидат познати и да одговараат на интелектуалното ниво и возраста;
- Зборовите во една листа треба да имаат иста фонетска композиција, што значи ист број на слогови;
- Зборовите треба да имаат употребна вредност, односно треба да произлегуваат од говорната средина на испитаникот;
- Во зборовите од листата треба да се застапени сите говорни гласови – фонемите на јазикот чијашто разбирливост се испитува;
- Застапеноста на фонемите во листата на зборови треба да биде пропорционална на нивната застапеност во говорот;
- Во еден збор не треба да се повторува ист глас;
- Во листата не треба да се повторува ист збор;
- Во позициите консонант-консонант треба да се води сметка за акустичната сличност на гласовите;
- Редоследот на зборовите во листата треба да биде таков што ќе се оневозможи асоцијација по смисла;
- Зборовите според значењето не смеат да бидат алтернативни;
- Кај консонантните композиции треба да се води сметка еден ист глас да не се најде повеќе пати во иста гласовна позиција и место во зборот;
- Треба да се внимава на односот помеѓу акустиката на зборот и акустичната структура на нагласениот слог;
- Треба да се избегнуваат композиции со исти почетни и завршни гласови;
- Еден збор може да биде употребен само еднаш во тестовите.

Trimis (Trimmis), et al. (2006) конструирале листи за супралиминарно тестирање за препознавање на зборовите на грчки јазик. Тие утврдиле дека листите на зборови коишто се користеле не се фонетски балансираны, а исто така зборовите не биле доволно познати во популацијата. Материјалот за тестирање што го конструирале се состоел од четири листи со по 50 двосложни зборови. Тестовите се од отворен-сет формат. Листи со едносложни зборови не се конструирани бидејќи процентуалната застапеност на едносложни зборови во грчкиот јазик е мала. Листите биле фонемски балансираны и содржеле зборови коишто се слични по тежина. Прелиминарните резултати со примена на

тестовите кај 10 изворни говорители на грчки јазик со уреден слух покажале дека листите се соодветни за клиничка примена.

Хабело (Rabelo) и Шошеч (Schochat) (2007) конструирале компресиран говорен тест на португалски јазик и го примениле на возрасни испитаници со уреден слух. Целта на студијата била и да се утврди која од компресираните листи со процентуална застапеност од 50%, 60% или 70% е најсоодветна за употреба во дијагностиката. Резултатите покажале дека и кај листите со едносложни и со двосложни зборови просечната вредност на точните одговори опаѓа со раст на процентот на компресија. Листите со едносложни и со двосложни зборови со компресија од 60% биле постабилни во однос на другите листи со просечна вредност на точни одговори од околу 90%.

Шридар (Sreedhar), et al. (2012) конструирале тестови со парирани зборови за праг на препознавање на говорот на јазикот *телугу* (Telugu) што се зборува во Индија. Тие ги компариле новите листи со листите коишто во моментот се користат во клиниките. Во студијата биле вклучени 100 испитаници чијшто мајчин јазик е телугу. Истражувањето покажало дека тестовите со парирани зборови можат да се користат како алтернатива на тестовите со двосложни зборови коишто се користат во повеќе клиници.

Дата (Dutta), et al. (2016) конструирале и стандардизирале листи со спондејски зборови на бенгалски (Bangla) јазик. Од првата листа со 40 зборови, формирани се две листи со по 20 зборови кои се слични во однос на тоа колку им се познати на испитаниците. Тестирањето на испитаници со уреден слух покажало дека листите се хомогени во однос на аудибилноста. SRT кај сите испитаници бил до 20 dB HL, а разликата помеѓу SRT и PTA била +/- 6 dB. Поради високата корелација помеѓу SRT и PTA се смета дека тестовите се соодветни за тестирање на возрасни лица, родени говорители на бенгалски јазик.

Конструиран е тест за процена на прагот на препознавање на говорот на јазикот телугу. Тестот се состои од две листи со по 25 сложени зборови. Авторите поврзале два двосложни збора во една целина. Резултатите од тестирањето покажале дека постои висока корелација помеѓу PTA и SRT, листите се еднакви по тежина и се еквивалентни на постоечките листи (Rathna Kumar, et al., 2016).

Евалуиран е тестот за одредување на SRT конструиран на јазикот *сесото* (Sesotho), еден од африканските јазици. За конструирање на тестот избрани се зборови што се добро

познати. Валидацијата на тестот е извршена со тестирање на испитаници со уреден слух, родени говорители на јазикот сесото, но го зборуваат и англискиот јазик. Компарирани се резултатите од тестирањето со примена на новите листи на јазикот сесото и резултатите од тестирањето на испитаниците со примена на тестот *CID W-1* којшто содржи зборови на англиски јазик. Авторите констатирале дека постои добра корелација помеѓу РТА и SRT при примена на новиот тест (Khoza-Shangase и Mokoena, 2014).

Харис (Harris), et al. (2007) конструирале тест за одредување на прагот на препознавање на говорот на руски јазик. Авторите селектирале 25 двосложни зборови кои потоа биле снимени и дигитално уредени во однос на интензитетот за SRT да биде приближен на просечната вредност на прагот на слухот на тестираните испитаници кои се родени говорители на руски јазик.

Ратна Кумар и Моханти (Mohanty) (2012) конструирале тест со двосложни зборови за одредување на WRS на јазикот телугу. Тестот се состоел од 4 листи со по 25 зборови. По тестирањето на испитаници со уреден слух на возраст од 18 до 25 години констатирана е задоволителна релијабилност и валидност на листите на зборови и авторите заклучиле дека тие можат да се употребуваат за одредување на скорот на препознавање на зборовите. Авторите сметаат дека истиот говорен материјал може да се користи за конструирање на тестови со говор во бучава.

При тестирање на препознавањето на говорот посебен проблем се јавува кога испитувачот не го зборува јазикот на пациентот што треба да го тестира. Во тој случај проблемот се решава со конструирање на модифицирани тестови. Таков пример е тестот *The Spanish Picture-Identification Test* што се применува во САД кај пациентите кои не се родени говорители на англискиот јазик и го зборуваат само шпанскиот јазик. Тестот содржи 50 листи на зборови кои се изговорени во контекст на носечка фраза. Зборовите се чести двосложни именки и глаголи што може лесно да се претстават со слики. Ајтемите се презентирани во затворен-сет формат со четири избори, односно постојат алтернативни одговори римувани со клучниот збор. Можните одговори му се презентираат на пациентот на мониторот на компјутерот. Предноста на ваквиот формат е тоа што испитувачот не мора да го познава шпанскиот јазик за да го тестира пациентот. Резултатите од затворениот-сет формат биле слични на резултатите добиени при презентирање на тестот во отворен-сет формат (Tye-Murray, 2020).



### 3.5.3. Тестови со реченици

Препознавањето на говорот може да се тестира и со презентирање на говорен материјал во форма на реченици. Резултатот најчесто се изразува како процент на коректно препознаени зборови во секоја реченица. Процентот може да се однесува на сите зборови во реченицата или само на одредени клучни зборови (Gelfand, 2016).

Тестовите со реченици овозможуваат пософистицирано тестирање на перцепцијата на говорот, бидејќи речениците ги вклучуваат граматичките и семантичките правила на говорот, како и индивидуалните зборови. Освен разбирањето тие ја тестираат и дискриминацијата што може да биде предност или недостаток во зависност од целта за којашто се применува тестот (Maltby и Knight, 2000).

Иако оптоварувањето поради концентрацијата и психолошката обработка на двосложните зборови како говорни стимули е помало во однос на едносложните зборови, сепак, при нивното користење може да се јави замор и губење на концентрацијата. Затоа, за да му се олесни концентрирањето на пациентот, а да се намали напорот на психолошката обработка, во Харвардската психоакустична лабораторија е изработен принцип на тестови со прашални реченици. Пациентот треба да ја слушне реченицата во целина, да го разбере прашањето и да одговори на него. Речениците се презентираат на претпоставеното ниво на интелигибилност на говорот (Pražić, 1960).

Тестовите за препознавање на говорот коишто содржат реченици од секојдневната конверзација овозможуваат процена на нивото на перформанса во ситуации на дневна комуникација. Но секојдневните реченици содржат контекстуални знаци за идентификација на секојдневните зборови. Така, при користење на вакви материјали за тестирање се појавува загриженост во кој обем синтаксичките, семантичките и лексичките контекстуални знаци влијаат на вкупната перформанса и интеракцијата на овие фактори со познавањето на јазикот на испитаникот (Dobie и Van Hemel, 2004).

Тестот *CID Everyday Sentences* е прв прифатен тест со реченици во клиничката пракса во 1955 година, конструиран од Силверман (Silverman) и Хирш. Тестот се состои од 10 листи со 10 реченици со вкупно 50 клучни зборови во секоја листа. Во листите се вклучени прашални, заповедни и декларативни реченици. Одговорите можат да бидат вербални или пишани, а резултатот се изразува како скор на точно препознаени клучни

зборови. За лицата со тешка редукција на слухот конструиран е *City University of New York) Sentences (CUNY) Test*. Тестот се состои од 72 сета на реченици на 12 познати теми: храна, семејство, работа, облека, животни, дом, спорт/хоби, време, здравје, сезони/одмори, пари и музика. Речениците се состоеле од 3 до 12 зборови, а вкупниот број на зборови во еден сет изнесува 102. Перформансата се пресметува како број на точно повторени зборови (McArdle и Hnath-Chisolm, 2015).

Кај децата, најчесто користени тестови со реченици се: *Bamford-Kowal-Bench (BKB) test*, којшто е соодветен за деца на возраст од 8 до 15 години, а се состои од 16 листи со по 21 или 11 реченици и *Pediatric Speech Intelligibility (PSI) test* за деца на возраст од 3 до 10 години којшто содржи едносложни зборови и реченици (Bess и Humes, 2008).

Во аудиолошката литература поделени се мислењата во однос на тоа дали да се користат зборови или реченици за испитување на препознавањето на говорот. Речениците можат да бидат пореалистичен тип на говорни стимули за испитување на перцепцијата на флуентниот говор, но контекстот многу придонесува за интелигибилноста и тешко е да се одреди аудитивната функција. Друг недостаток на речениците како стимули, особено кога се испитува препознавањето на говорот во бучава кај постари лица е тоа што повторувањето на такви материјали во бучава бара покомплексни когнитивни вештини за разлика од едноставен едносложен збор (Wilson и McArdle, 2005).

Бел (Bell) и Вилсон (Wilson) (2001) конструирале тестови со реченици за одредување на скорот на препознавање на зборовите на англиски јазик. Тестовите се состоеле од 500 реченици, а секоја реченица содржела 3 клучни едносложни зборови со КВК-структура. Зборовите биле карактеризирани како зборови со ниска и со висока фреквенција на употреба и како зборови со ниска и со висока лексичка сличност. Процената на фреквенцијата на употреба била извршена според публикувани индекси за фреквенција на зборовите, а процената на лексичката сличност била направена според бројот на слични зборови по алгоритмот замена на една фонема. За евалуација на тестовите извршено е тестирање на 32 испитаници со уреден слух на едно од седум нивоа на интензитет. Дополнително, извршено е тестирање на други 32 испитаници со презентирање на материјалите заедно со фиксно ниво на околна бучава и еден од шест SNR. Тестирањето покажало дека и во тишина и во присуство на бучава во околината,

зборовите што почесто се употребуваат имаат подобра интелигибилност. Позицијата на клучниот збор во реченицата е исто така сигнификантен фактор.

Полат (Polat), Булут (Bulut) и Аташ (Ataş) (2016) направиле процена на интелигибилноста на говорот кај возрасни лица корисници на кохлеарен имплант со примена на тестот *Turkish Matrix Test* во тишина и со бучава на различни нивоа. Резултатите од тестирањето покажале корелација помеѓу PTA и SRT со примена на тестот во тишина. Не е најдена корелација помеѓу SRT одреден во тишина и SRT одреден со презентирање на речениците заедно со бучава во околината. Исто така не е најдена корелација помеѓу PTA и SRT при презентирање на стимулите во присуство на бучава.

Посебен вид на говорен материјал за тестирање е континуираниот дискурс или континуиран говор. При тестирањето се презентираат повеќе реченици, но споени во еден пасус. Проблемот при ваквиот пристап е редуванцијата на информации што ги содржи континуираниот говор (Stach, 2010).

#### **3.5.4. Тестови со говор во бучава**

Покрај тестирањето со презентирање на говорни материјали во тивко опкружување, постојат голем број на тестови со говор во бучава (speech-in-noise). Говорните стимули се снимени заедно со бучава во позадината затоа што се смета дека на тој начин ќе се обезбедат информации за разбирањето на говорот во услови на реално опкружување (Dalebout, 2009).

Постојат неколку причини за вклучување на тестовите со говор во бучава во аудиолошката евалуација:

- Тестирањето се однесува на најчестата причина поради која се жалат лицата со редукција на слухот, а тоа е дека не можат да го разберат говорот особено кога има бучава во околината;
- Податоците од тестирањето обезбедуваат увид во најсоодветната амплификациона стратегија за пациентот;
- Резултатите се користат при советување на пациентите, особено во врска со бенефитот од слушните помагала и слушањето во бучава (Wilson и McArdle, 2005).

Тестовите се дизајнирани за да се процени како пациентот го препознава говорот со различни нивоа на бучава во околината. Презентирањето на говорните материјали со одредено ниво на шум се нарекува *сооднос говор/шум* – speech-to-noise ratio (SNR). Најчесто користени тестови се: *NU-6* со шум од говорен спектар или истовремено говорење на повеќе лица (multitalker babble); *Speech Perception in Noise (SPIN) test*; *Synthetic Sentence Identification (SSI)*; *Quick Sentence in Noise (QuickSIN) test*; *Bamford-Kowal-Bench Speech in Noise (BKB-SIN)* и *Hearing in Noise test (HINT)*. Кај некои тестови, речениците се презентираат на исто ниво, а се менува интензитетот на шумот, а кај други тестови, се менува интензитетот на речениците како говорни стимули, а околната бучава е на исто ниво на интензитет (Kramer и Brown, 2019).

Тестовите кај кои се менува или интензитетот на говорот или интензитетот на шумот, односно се менува соодносот сигнал/шум – signal-to-noise ratio (SNR), се нарекуваат *адаптивни SNR-тестови*. Најчесто користени адаптивни тестови се: *HINT* и *QuickSIN test*. Постојат и *тестови со фиксен SNR*. Најпознати тестови од тој тип се: *Connected Speech Test (CST)* и *SPIN test* (Taylor, 2003). Тестот *QuickSIN test* е конструиран со цел да се намали времетраењето на тестирање со говор во бучава. Една листа на тестот се администрира за околу една минута (Killion, Niquette и Gudmundsen, 2004).

Со примена на тестовите кои содржат стимули презентирани заедно со бучава во позадина може да се одреди уште еден параметар значаен за разбирливоста на говорот кај лицата со редукција на слухот – *редукција на соодносот сигнал/шум (SNR loss)*. Редукцијата на соодносот сигнал/шум се дефинира како намалување на способноста да се разбере говорот на SNR што се користи кај лицата со уреден слух. Кај лицата со редукција на слухот SNR се зголемува. На пример, на лице со уреден слух му се потребни 2 dB SNR за да идентификува 50% од клучните зборови во речениците на тест со говор во бучава (говорот е за 2 dB погласен од бучавата), а на лице со редукција на слухот му се потребни 8 dB SNR за да идентификува 50% од зборовите. Тоа значи дека лицето со редукција на слухот има 6 dB редукција на соодносот сигнал/шум (Killion, 2002).

Милер (2001) дава краток опис на карактеристиките на тестовите со реченици и бучава во околината кои најчесто се користат:

- *HINT* – се презентираат групи од 10 реченици заедно со шум од говорен спектар. Пациентот треба да ги повтори сите клучни зборови во реченицата за да се

евидентира точен одговор. Бучавата типично се презентира со интензитет 65 dB SPL, а нивото на презентација на речениците се менува адаптивно, во чекори од 2 dB, погласно по неточен одговор и потивко по точен одговор. Скорот се изразува во SNR на кој точно се повторени 50% од речениците;

- *QuickSIN* – се состои од 18 листи на реченици, по 6 реченици во секоја листа и 5 клучни зборови во секоја реченица. Околниот шум претставува истовремено говорење на повеќе лица (multitalker babble). Речениците и шумот се презентираат заедно на претходно снимени различни нивоа на SNR. Се користи десцендентен метод, односно се започнува со 25 dB SNR и потоа нивото се намалува во чекори од 5 dB до 0 dB SNR. Скорот може да се изрази во вкупен процент на точно повторени зборови, SNR-50 (SNR за 50% точно повторени зборови) или редуција на соодносот сигнал/шум (разликата помеѓу SNR-50 на пациентот и SNR-50 на лицата со уреден слух);
- *CST* – секој ајтем на тестот е пасус што содржи 9 или 10 реченици за позната тема. Околниот шум е истовремено говорење на повеќе лица што може да се подесува на различен SNR. Скорот на пасусот се заснова на процент на точно повторени 25 клучни зборови во секој пасус. Конечниот скор најчесто се пресметува како средна вредност од скоровите за неколку пасуси;
- *SPIN* – се состои од реченици што содржат 5 до 8 зборови, презентирани со истовремено говорење на повеќе лица. Само последниот збор во реченицата, секогаш едносложна именка е ајтем од тестот. Половина од ајтемите во тестот имаат висока предвидливост (синтаксички и семантички карактеристики), а половина од ајтемите имаат минимални контекстуални знаци. Скорот се пресметува во процент на точно повторени зборови, најчесто посебно за двете групи на ајтеми, со висока и со ниска предвидливост;
- *SSI* – се презентираат групи од 10 реченици заедно со шум што претставува порака од еден говорител. Пациентот треба да го идентификува само бројот на презентирани реченици. Скорот се пресметува како процент на точни одговори за секоја листа на реченици. Тестот најчесто се презентира на различни нивоа на интензитет за да се пресмета функцијата на перформанса-интензитет.

Дефиницијата за редукција на соодносот сигнал/шум е аналогна на дефиницијата за редукција на слухот. Во двата случаи нормалната перформанса е на нивото нула. Иако не постои скала на степени на редукцијата на соодносот сигнал/шум, се сугерираат неколку категории: лесна редукција (0-4 dB), умерена редукција (5-10 dB), тешка редукција (11-19 dB) и многу тешка редукција (20 dB). Редукцијата на соодносот сигнал/шум не може да се предвиди од аудиограмот. Одредувањето на редукцијата на соодносот сигнал/шум е потребно за подобро подесување на слушните амплификатори (Killion и Niquette, 2000).

Резултатите од тестирањето со говорни стимули во бучава исто како и тестирањето во тивко опкружување можат да се изразат со броење на точно повторени зборови и точно повторени фонемите. Предност на броењето на фонемите е тоа што тестот се изведува за пократко време, за разлика од броењето на зборовите. Спроведеното истражување со примена на тестот *NU-6* покажало дека скоровите добиени со броење на фонемите биле до 30% подобри од скоровите добиени со броење на зборови (Billings, et al., 2016).

Тестот *Basic English Lexicon (BEL) Sentences Test* којшто е конструиран во 2012 година овозможува тестирање на препознавањето на говорот кај лица кои се родени говорители на англиски јазик и кај лица кои не се родени говорители. Конструирани се вкупно 20 листи со по 25 реченици. Секоја реченица содржи 4 клучни зборови. Речениците се презентирани на фиксен интензитет од 65 dB SPL, а бучавата на интензитет од 70 dB SPL, така што SNR изнесува -5 dB (Calandruccio и Smiljanic, 2012).

Тестот со BEL-реченици кој содржи говорен материјал на англиски јазик е користен и за тестирање на поголем број на испитаници кои не се родени говорители на англиски јазик и резултатите од тестирањето покажале дека тој е соодветен за тестирање на перцепцијата на говорот кај таа популација (Rimikis, Smiljanic и Calandruccio, 2013).

Конструиран е тест со говор во бучава на кинески јазик *Mandarin Quick Speech-in-Noise (M-Quick SIN) test* којшто претставува варијанта на *Quick SIN test* но адаптиран на специфичностите на кинескиот јазик. Тестот се состои од 11 листи на зборови. Секоја листа содржи 6 реченици и 30 клучни зборови. Клиничката валидација на тестот вклучила испитаници со уреден слух и со редукција на слухот (Zhou, et al., 2017).

Вудс, et al. (2015) спровеле истражување со цел да се утврди способноста за перципирање на говорот кај лица на возраст над 60 години кои користат слушни апарати. Испитаниците имале лесна, умерена и тешка редукција на слухот, а аудиометриската

конфигурација кај сите била десцендентна. Перцепцијата на говорот е испитувана со и без слушниот амплификатор. Авторите го анализирале прагот на идентификација на консонантите и конфузијата на консонантите во иницијална позиција и кода во слогови со структура консонант-вокал-консонант. Словите биле презентирани заедно со шум на SNR-нивоа специфични за консонанти. Исто така бил одреден и прагот на препознавање на реченици со тестовите *QuickSIN* и *HINT*. Во споредба со возрасните лица со уреден слух, испитаниците без амплификација имале просечно најмалку 35 dB полош праг на идентификација на консонантите, што било во корелација со редукцијата на слухот на средните фреквенции. Слушните амплификатори го подобриле прагот на идентификација на консонантите просечно за повеќе од 17 dB со сигнификантен бенефит од слушниот апарат кај 83% од испитаниците. При препознавањето на речениците испитаниците имале варијабилни наоди за праг на препознавање на стимулите и неконзистентен бенефит од амплификаторот, којшто изнесувал само 2 dB подобрување на прагот. Само 38% од испитаниците имале сигнификантно подобрување. Авторите заклучиле дека тестовите за идентификација на консонанти обезбедуваат подетална и прецизна процена на дефицитот во процесирање на говорот и бенефитот од слушните апарати во однос на тестовите со реченици.

Важна цел во аудиологијата е да се креираат стандардизирани тестови за препознавање на говорот во тишина или во бучава што може да се применат и да се интерпретираат на ист начин на различни јазици. Интернационалниот колегиум за рехабилитатиска аудиологија – International Collegium of Rehabilitative Audiology (ICRA) (2015) изготвил упатства за креирање на два типа тестови за перцепција на говорот од затворен-сет формат што можат да се применат и да се интерпретираат на ист начин на различни јазици. Упатствата се однесуваат на тест со три цифри (*Digit triplet test*) и тест со матрица од реченици (*Matrix sentence test*) коишто често се користат за тестирање на препознавањето на говорот во бучава. Тестовите ги креирала работната група за мултилингвални говорни тестови на ICRA. Препораките се засновани на евалуацијата на тестовите и истражувачкото искуство на членовите на работната група, а опфаќаат повеќе аспекти: дизајнирање на тестот и одбирање на зборови, карактеристики на презентерот, аудио снимање и подготовка на стимулите, маскирачки шум, примена на тестот и валидација на тестот. Со следење на упатствата за креирање на нов тест од таков вид ќе

може да се компарираат резултатите од студии на различни јазици. Главните препораки за *тестот со цифри* се следните:

- Комбинација на три цифри од 0 до 9 како еден стимул;
- Секоја листа на тестот ја содржи секоја цифра три пати;
- Бројот на слогови е балансиран;
- Кратка носечка фраза за да се фокусира вниманието, снимена на повисок интензитет (до 3 dB) во однос на стимулите;
- Презентерот треба да биде роден говорител на јазикот на кој се конструира тестот и да има добра дикција;
- Просечната стапка на говорот зависи од јазикот а се движи од 200 до 350 слогови во минута;
- Стимулите се снимаат со кратка пауза помеѓу цифрите;
- Тестот се изведува на фиксен SNR со ниво на шум од 65 dB (ниво 55-75 dB е прифатливо);
- Скорот се калкулира со броење на зборови или на трите цифри.

Главните препораки за *тестот со матрица од реченици* се следните:

- Основна матрица од 50 зборови (10 имиња, 10 глаголи, 10 броеви, 10 придавки и 10 предмети);
- Редот на зборовите е специфичен за секој јазик;
- Сите комбинации на зборови резултираат со граматички точни реченици;
- Изговорот на зборовите е еднаков во сите комбинации во реченицата;
- Бројот на слогови во групите на зборови е балансиран;
- Зборовите имаат голема фреквенција на употреба, по можност да им се познати на децата;
- Зборовите и речениците се семантички неутрални;
- Дистрибуцијата на фонемите е специфична за секој јазик;
- Се снимаат 100 реченици со внимавање на коартикулацијата помеѓу зборовите;
- Се прават сите комбинации на два последователни зборови (10 реализации на сите 50 зборови);
- Секоја листа содржи 10 реченици во кои се употребени сите 50 зборови од основниот матрикс;



- Тестирањето се изведува на фиксен SNR за секоја листа (вкупно 2 или 3 SNR);
- Скорот се калкулира со броење на зборови;
- Маскирачкиот шум кај двата типа на тестови треба да има ист долговременски спектар како говорниот материјал и да биде без модулации на амплитудата.

### 3.6. Критериуми за релијабилност на тестовите

Тестовите за говорна аудиометрија се конструираат врз основа на утврдени правила. Постојат неколку есенцијални критериуми при селектирање на ајтемите во тестот за да се гарантира релијабилност на тестовите: зборовите да им бидат познати на испитаниците, листите на зборови да бидат фонетски балансираны и зборовите во листите да бидат хомогени во однос на аудибилноста (McArdle и Hnath-Chisolm, 2015). Истите критериуми се однесуваат на тестовите за деца и за возрасни лица (Diefendorf, 2015).

#### 3.6.1. Избор на познати зборови

Генерално прифатено е дека доколку зборовите во тестот му се познати на испитаникот, тоа влијае на зголемување на скорот на препознавање на зборовите. Овој критериум претставувал главна цел при креирање на листите *CID W-22* и *CNC* на Лехисте и Питерсон. Освен изборот на познати зборови при креирање на тестот, важен предуслов при одредување на прагот на препознавање на говорот е запознавањето на пациентот со зборовите во тестот (Lawson и Peterson, 2011).

Овој критериум ја гарантира сигурноста дека се мери аудитивниот праг, а не лексичкото знаење. Поголемата фреквенција на појавување на зборот, на пример во медиумите или во литературата, ја зголемува можноста тој да биде познат затоа што испитаниците биле повеќе изложени на него (Ramkisson, 2001).

Селектирањето на зборови кои се познати на поголем дел од популацијата некои автори го прават на тој начин што консултираат лингвисти, но тоа може да се направи и на друг начин. Авторите што го конструирале тестот *University of Jordan word recognition test*, наменет за тестирање на препознавањето на говорот кај возрасни говорители на арапски јазик што живеат во Јордан, спровеле анкета за да се оцени колку се познати

зборовите кои ги селектирале во иницијалната фаза. Тие селектирале 160 спондејски зборови и 350 еднословни зборови од различни извори, како на пример, учебници, книги со приказни за деца и дневни весници, а вклучиле и познати зборови од секојдневната комуникација. Анкетата е спроведена на 600 испитаници. Тие требало да оценат дали се познати зборовите на скала со следните степени: зборот не е познат, зборот е малку познат, зборот е познат и зборот е многу познат. Според резултатите од анкетата одбрани се зборовите за конечните листи (Garadat, Abdulbaqi и Naj-Tas, 2017).

При конструирањето на листи со двосложни зборови за говорна аудиометрија на португалски јазик авторите особено внимавале зборовите да бидат познати. За да започне процесот на валидација, 442 зборови биле рангирани од страна на 15 експерти, логопеди кои работат на полето на аудиологијата и на фонологијата и 10 лица кои не се експерти. Тие требало да го рангираат секој збор на Ликертовата скала во следните степени: екстремно познат, многу познат, познат, малку познат и непознат. Следниот чекор бил селектирање на зборовите кои се рангирани како екстремно познати и многу познати од поголем број на оценувачи. Во следната фаза одбраните зборови се класифицирале како соодветни и несоодветни за вклучување во тестот. Во финалната фаза одбрани се пет листи кои се сметале за еквивалентни. Секоја од листите содржела 25 двосложни зборови (Hennig, de Almeida Vaucher и Costa, 2018).

Истражувано е лексичкото влијание на препознавањето на спондејски зборови кај лицата со редукција на слухот. Фреквенцијата на појавување на зборовите влијае на нивното препознавање, но авторите забележале влијание на фреквенцијата на зборовите во минатото. Кај повозрасните пациенти утврдена е повисока корелација помеѓу скоровите од тестирањето и фреквенцијата на зборовите во нивната младост, отколку зборовите кои често се појавуваат во дневната комуникација и на кои се повеќе изложени во тековниот период (Moulin и Richard, 2015).

Особено треба да се внимава дали зборовите во тестот се познати кога се тестираат деца. Тестовите треба да бидат соодветни на вокабуларот на конкретната возраст на детето. Изборот на познати зборови при конструирање на тестовите е тесно поврзан со ефектот на фреквенцијата на зборот. Зборовите што почесто се појавуваат во конверзацијата, полесно се препознаваат при тестирањето (Gelfand, 2016).

Утврдено е дека скорот на препознавање на зборовите кај децата со редуција на слухот, освен од резидуалниот слух и способноста за продукција на говорот, многу зависи и од лексичкото знаење (Paatsch, et al., 2004).

Тестовите од англосаксонско говорно подрачје, креирани во педесеттите години на минатиот век се валидни и релијабилни, но се смета дека е потребно да се заменат зборовите во листите што не им се познати на новите генерации бидејќи ретко се употребуваат и тоа може да влијае на резултатите од тестирањето (Bialostozky, 2016).

Иако познавањето на ајтемите во тестот е предуслов за тестирање на препознавањето на говорот, понекогаш ефектот на учењето се јавува како проблем при тестирањето. Пациентот ги запомнува ајтемите во тестот кога тие се презентираат повеќе пати, дури и кога тестирањето се спроведува неколку недели по претходното тестирање. Во тој случај како резултат на ефектот на учење доаѓа до подобрување на перформансата кај пациентот и тоа не е резултат на интервенциите од аудитивната рехабилитација, како на пример аудитивниот тренинг. Тоа се случува особено при презентирање на реченици. Еден од начините на решавање на овој проблем е користењето на еквивалентни листи. Тие претставуваат сет на реченици за кои се смета дека се еднакво тешки за препознавање. Еквивалентноста се воспоставува со примена на одделни тестови кај поголема група на испитаници. Ако просечно испитаниците препознаат еднаков број на зборови во секоја листа, тогаш се смета дека листите се еквивалентни (Tye-Murray, 2020).

### **3.6.2. Фонетски баланс**

Фонетското балансирање значи дека фреквенцијата на фонемите во тестот е приближна на фреквенцијата на фонемите во секојдневната конверзација на јазикот на којшто е конструиран тестот (Bess и Humes, 2008).

Првиот тест со еднословни зборови *PAL PB-50* што го конструирал Иген во 1948 година се состоел од 20 листи на зборови. Секоја листа содржела 50 зборови кои биле фонетски балансирани. Фонетскиот баланс се засновал на анализата на 100.000 зборови од весници што ја направил Дуи (Dewey) во 1923 година. Подоцна тие листи на зборови се ревидирани и подобрен е фонетскиот баланс (Gelfand, 2016).

Доколку се избегне фонетското балансирање при конструирањето на тестови за деца, можат да се сретнат зборови во листите што се непознати за децата со редукција на слухот. Лексичкиот пристап кон конструирањето на тестовите со запазување на фреквенцијата на појавување на зборовите и лексичката сличност на избраните зборови може да резултира со поголема сигурност при тестирањето на препознавањето на зборовите кај децата со редукција на слухот (Diefendorf, 2015).

Доколку не е позната фреквенцијата на фонемите на јазикот на којшто треба да се конструира тестот и не постои речник со фреквенција на појавување на зборовите, за да се конструираат фонески балансирани листи на зборови, фреквенцијата на фонемите треба да се пресмета на друг начин. Сагон (Sagon) и Учански (Uchanski) (2006) ги прикажале резултатите од конструирање на четири листи со по 50 зборови на јазикот *илокано* (Посано) што се зборува на Филипините. Тие ја одредиле фреквенцијата на фонемите и најчестата структура на слоговите со анализа на околу 3000 зборови од три статии од неделен весник. Потоа 372 двосложни зборови биле градирани во однос на зачестеноста и направени се различни комбинации од двосложни зборови за да се конструираат конечните четири листи на зборови. Сите листи биле фонетски балансирани. Секоја листа на зборови имала дистрибуција на фонемите како дистрибуцијата којашто била утврдена со фонетската анализа на селектираните зборови.

Данскиот тест за интелигибилност на говорот наменет за проценка на SRT во бучава е конструиран со вклучување на 180 реченици распоредени во 18 фонетски балансирани листи. Речениците се од отворен-сет формат и базирани се на секојдневната конверзација. При конструирање на тестот користен е нов метод на изедначување кој се заснова на субјективната проценка на речениците. Финалните листи на реченици се креирани за да бидат колку што може повеќе фонетски балансирани. Вкупната фонетска дистрибуција за сите реченици е одредена со процедурата „обид и грешка“. Тестот е верифициран со примена кај испитаници со уреден слух (Nielsen и Dau, 2009).

Фонетски балансираните листи на зборови на филипински јазик се состоеле од двосложни и тросложни зборови. Зборовите се селектирани од учебници што се користат во јавните училишта на Филипините. Авторите издвоиле 16 статии кои содржеле вкупно 9768 зборови. Направена е анализа на фреквенцијата на зборовите, фонетската структура и

бројот на слогови. Конечната листа на фонетски балансиран зборови содржела 257 двосложни и 212 тросложни зборови (Farjardo и Kim, 2015).

Некои автори сметаат дека фонетскиот баланс не влијае на скорот на препознавање на зборовите и тој не треба да претставува критериум при конструирање на тестовите. Мартин (Martin), Чамплин (Champlin) и Перез (Perez) (2000) извршиле тестирање со едносложни зборови на испитаници со уреден слух и со редуција на слухот. За тестирањето биле користени 4 фонетски балансирани листи на зборови и 4 листи кои содржеле случајно одбрани зборови од речник. Истражувањето покажало дека не постои значајна разлика во скоровите во зависност од тоа која листа на зборови е користена. Според авторите, многу фактори влијаат на WRS, како на пример нивото на презентација, фреквенцијата на користење на зборовите, дали зборовите се познати, дијалектот на спикерот и лексичката блискост, но фонетскиот баланс не е еден од нив.

### **3.6.3. Хомогеност во однос на аудибилноста**

Хомогеноста во однос на аудибилноста значи дека секој ајтем во тестот се препознава на слично ниво на интензитет без оглед на начинот на презентација, со мониториран глас во живо или презентација на снимен материјал (Ramkisson, 2001).

Хомогеноста може да се испита со евалуација на еквивалентноста помеѓу листите на зборови, варијабилноста помеѓу зборовите во секоја листа и варијабилноста помеѓу тестираните субјекти. Реализирана е психометриска валидација на две листи на зборови конструирани на бенгалски јазик. Листите биле конструирани според следните критериуми: избор на познати зборови, хомогеност во однос на аудибилноста и фонемски баланс. Клиничката валидација кај лица со уреден слух покажала варијабилност помеѓу зборовите и помеѓу субјектите за двете листи: 4,3 dB и 4,5 dB за првата и 3,5 dB и 3,4 dB за втората листа. Психометриската функција на двете листи е одредена мануелно и покажала наклон од 3,5%/dB и 3,6%/dB од 20% до 80% точно препознавање на зборовите. Листите биле соодветни за одредување на WRS (Santra, Chatterjee и Chatterjee Shahi, 2016).

Харис, et al. (2007) конструирале тест за одредување на скорот на препознавање на зборовите на руски јазик. Листите со едносложни зборови биле снимени и дигитално уредени за да бидат релативно хомогени во однос на аудибилноста. За да се евалуираат

листите на зборови извршено е тестирање на испитаници со уреден слух кои се родени говорители на руски јазик. Психометриската функција покажала наклон од 12,1%/dB и 9,9%/dB од 20% до 80% точно препознавање на зборовите.

Вилсон и Картер (Carter) (2001) ја истражувале поврзаноста помеѓу наклонот на психометриската функција на препознавање на зборовите и хомогеноста во однос на аудибилноста на говорните материјали кај лица со уреден слух. Зборовите се презентирани на 8 нивоа на интензитет во чекори од 8 dB во опсег од 0 до 56 dB HL. Тие заклучиле дека колку е поголема хомогеноста на говорните материјали, толку е пострмен наклонот на кривата.

Пандеј (Panday), et al. (2018) реализирале клиничка валидација на тестот за препознавање на говорот којшто го конструирале. Особено внимание обрнале на хомогеноста во однос на аудибилноста на зборовите презентирани од говорник на јазикот *исизулу* (isiZulu) којшто се зборува во Јужна Африка. Критериумот за хомогеност во однос на аудибилноста е одреден со снимање на претходно идентификувани 58 зборови изговорени од машки спикер и емитување на тие зборови на шест нивоа на интензитет на 30 испитаници со уреден слух на возраст од 18 до 25 години. Тие ја одредиле психометриската функција на сите снимени зборови и утврдиле дека само 28 двосложни зборови го задоволиле критериумот за хомогеност.

Чи (Ji), et al. (2011) конструирале тест со еднословни зборови на кинески јазик. Авторите особено внимание посветиле на хомогеноста на зборовите во однос на аудибилноста. Тие ја евалуирале еквивалентноста на листите со емитување на зборовите на 80 студенти со уреден слух чиј мајчин јазик е кинески. Евалуирани се 10 листи со по 25 еднословни зборови. Секвенците се состоеле од пет презентации со различни нивоа на интензитет. Евалуацијата покажала добра еквивалентност помеѓу листите. Средната вредност на наклонот на психометриската функција од 20% до 80% била  $5,0 \pm 0,29\%/dB$ .

Харис, et al. (2004) конструирале тест со двосложни зборови на полски јазик за одредување на прагот на перцепција на говорот. Авторите прво селектирале 70 двосложни зборови со акцент на првиот слог, ги снимиле и извршиле тестирање на испитаници со уреден слух кои ги слушале зборовите на 15 нивоа на интензитет. Откако ги одбрале најдобрите 25 зборови, помеѓу нив постоела голема варијабилност во однос на прагот на аудибилноста. За да се подобри хомогеноста во однос на аудибилноста, снимените

зборови биле дигитално уредени во однос на интензитетот, така што прагот на секој збор бил еднаков на средната вредност на прагот на слухот на тестираните испитаници. Средната вредност на наклонот на психометриската функција од 20% до 80% била 10,1%/dB за машкиот спикер и 9,8%/dB за женскиот спикер. Во конечната верзија на тестот двосложните зборови биле хомогени во однос на аудибилноста и тестот можел да се применува за одредување на прагот на препознавање на говорот кај лица кои се родени говорители на полскиот јазик.

Тестот за препознавање на зборовите на турски јазик што го конструирале Дуранкеја, et al. (2014) се состоел од три листи на едносложни зборови. Секоја од листите содржела 50 едносложни фонемски балансираны зборови со КВК-структура. Хомогеноста во однос на аудибилноста авторите ја испитале со презентирање на зборовите на шест нивоа на интензитет кај испитаници со уреден слух. Психометриската функција на 345 најпознати едносложни зборови е одредена со презентирање на зборовите на нивоа од 0, 10, 20, 30, 40 и 50 dB HL на испитаниците од првата група и од 5, 15, 25, 35, 45 и 55 dB HL на испитаниците од втората група. Средната вредност на наклонот на психометриската функција од 20% до 80% била 5,4%/dB.

Тестот со двосложни зборови за одредување на прагот на препознавање на зборовите на виетнамски јазик содржи 48 зборови кои се снимени и дигитално уредени за да имаат 50% интелигибилност на ниво на средната вредност на РГА на групата испитаници со уреден слух. Испитаниците кои биле родени говорители на виетнамски јазик ги повторувале зборовите на нивоа на интензитет од -10 до 20 dB HL. Конечната листа содржи само зборови што се хомогени во однос на аудибилноста со стрмни наклони на психометриската функција. Средната вредност на наклонот на психометриската функција од 20% до 80% била 9,6%/dB за машките и 8,2%/dB за женските спикери. Средната вредност на наклонот на ниво на презентација на кое се постигнува 50% интелигибилност била 11,3%/dB за машките и 10,2%/dB за женските спикери. Доколку наклонот е поголем од 10%/dB, тоа ќе придонесе за намалување на времето што е потребно за одредување на прагот на препознавање на зборовите (Харис, et al., 2017).

При конструирање на тестовите за говорна аудиометрија, авторите применувале различни критериуми, како на пример: фонемски баланс; баланс на бројот на слогови; користење на двосложни зборови во јазиците каде што не постојат спондејски зборови;

користење на двосложни зборови за супралиминарно тестирање наместо едносложни; снимање на зборовите со и без носечка фраза; избор на зборови во зависност од густината на лексичката блискост и други правила во зависност од специфичностите на јазикот на кој се конструира тестот. Но најчесто се почитувале следните критериуми: зборовите да им бидат познати на испитаниците, листите на зборови да бидат фонетски балансирани и зборовите во листите да бидат хомогени во однос на аудибилноста.



## **II МЕТОДОЛОГИЈА НА ИСТРАЖУВАЊЕТО**

### **1. ПРЕДМЕТ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО**

Предмет на истражувањето е конструирање на фонетски балансиран тестови за говорна аудиометрија и нивна клиничка валидација кај лица со редуција на слухот коишто се прегледани на Одделот за оториноларингологија и Аудиолошкиот кабинет во Градската општа болница „8-ми Септември“, Скопје.

### **2. ЦЕЛ И КАРАКТЕР НА ИСТРАЖУВАЊЕТО**

Целта на истражувањето беше да се конструираат фонетски балансиран тестови за говорна аудиометрија и да се одреди корелацијата помеѓу параметрите од говорната аудиометрија и прагот на слухот одреден со тоналната лиминарна аудиометрија. Истражувањето е проспективно, квантитативно, дескриптивно и евалуативно.

### **3. ЗАДАЧИ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО**

1. Да се направи акустична анализа на гласовите во македонскиот јазик.
2. Да се анализира коартикулацијата во слогови со различна позиција на консонантите и на вокалите.
3. Да се одреди фреквенцијата на фонемите во македонскиот јазик.
4. Да се анализираат стандардизираните тестови за говорна аудиометрија коишто се користат во светски рамки.
5. Да се конструираат фонетски балансиран тестови за говорна аудиометрија.
6. Да се одреди типот на редуција на слухот кај пациентите.
7. Да се одреди степенот на редуција на слухот.
8. Да се одреди типот на аудиометриската конфигурација.
9. Да се пресмета артикулацискиот индекс.
10. Да се одреди прагот на детекција на говорот (SDT).
11. Да се одреди прагот на препознавање на говорот (SRT).

12. Да се пресмета скорот на препознавање на зборовите (WRS).
13. Да се утврди корелацијата помеѓу параметрите на говорната аудиометрија и прагот на слухот.
14. Да се одреди разликата помеѓу нивоата на интензитетот на кои се препознаваат зборовите кај лицата со уреден слух.

#### **4. ХИПОТЕЗИ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО**

**X0** Се претпоставува дека со фонетски балансираните тестови ќе се утврди корелација помеѓу параметрите од говорната аудиометрија и прагот на слухот одреден со тоналната лиминарна аудиометрија.

**X1** Се претпоставува дека најчест тип на редукција на слухот кај возрасните е сензонеуралната редукција, а кај децата е кондуктивната редукција.

**X2** Се претпоставува дека во однос на степенот на редукција, најчеста е лесната редукција на слухот.

**X3** Се претпоставува дека најчеста аудиометриска конфигурација е десцендентната конфигурација.

**X4** Се претпоставува дека во најголем број на случаи, разликата помеѓу прагот на детекција на говорот (SDT) и прагот на препознавање на говорот (SRT) е  $\leq 12$  dB.

**X5** Се претпоставува дека максималниот скор на препознавање на зборовите (WRS) се добива на ниво на презентација од 25 dB до 40 dB над SRT.

**X6** Се претпоставува дека кај лесна редукција на слухот најчесто се постигнува скор на препознавање на зборовите (WRS)  $\geq 90\%$ .

**X7** Се претпоставува дека прагот на детекција на говорот (SDT) е во највисока корелација со најдобриот праг на чистите тонови.

**X8** Се претпоставува дека прагот на препознавање на говорот (SRT) е во највисока корелација со РТА (500, 1000, 2000 Hz).

**X9** Се претпоставува дека во однос на одделните фреквенции, прагот на препознавање на говорот (SRT) е во највисока корелација со прагот на слухот на фреквенцијата 1000 Hz.

**X10** Се претпоставува дека листите со фонетски балансиран зборови се хомогени во однос на аудибилноста.

## **5. ВАРИЈАБЛИ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО**

### **Зависна варијабла**

- тестови за процена на интелигибилноста на говорот

### **Независни варијабли**

- редуција на слухот
- пол
- возраст

## **6. МЕТОДИ, ТЕХНИКИ И ИНСТРУМЕНТИ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО**

Во истражувањето се применети методите на дескриптивната и на компаративната анализа. Од техниките, применета е анализата на документација. Анализирани се наоди од тонална лиминарна аудиометрија – аудиограми со калкулиран артикулациски индекс, наоди од говорна аудиометрија и специјалистички извештаи за оториноларинголошки преглед на пациентите со редуција на слухот.

Акустичната анализа на гласовите во македонскиот јазик и на другите говорни примероци е изведена во компјутерската програма Praat, Верзија 6.0.43 (Boersma и Weenink, 2018). Параметрите за анализа се поставени на следниот начин: *број на форманти: 5* и *максимална фреквенција на форманти: 5000 Hz* за мажите, *5500 Hz* за жените и *8000 Hz* за децата. Истите фреквенции се поставени и за спектрограмот во делот *преглед на опсегот*.

Конструирани се два теста со 50 еднословни зборови и два теста со 36 двословни зборови. Сите тестови се од отворен-сет формат.

Конечните листи на зборови за говорна аудиометрија се снимени во Македонската радио-телевизија. Зборовите се изговорени од машки и од женски спикер со добра дикција. На сите зборови им претходи носечката фраза „Кажете го зборот...“ што е снимена

на исто ниво на интензитет како зборовите. Зборовите од секој тест се изговорени од машки и од женски спикер, така што вкупно се снимени осум тестови. При снимањето користен е микрофон Sennheiser e840 (Sennheiser electronic, Германија), поставен на растојание 5-10 cm од устата. При дигиталното снимање на говорот користена е фреквенцијата на семплирање 44100 примероци во секунда.

Тоналната лиминарна аудиометрија и говорната аудиометрија се изведени со аудиометарот MADSEN Astera<sup>2</sup> (GN Otometrics, Данска) и Sennheiser HDA 300 (Sennheiser electronic, Германија) циркумаурални слушалки во „тивка кабина“. За одредување на прагот на слухот користена е модифицираната Хјусон-Вестлејк техника. Прагот на слухот е одреден на фреквенциите: 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 6000 и 8000 Hz и калкулиран е артикулациониот индекс.

Снимените говорни материјали се инсталирани во софтверот OTOsuite аудиометриски модул на аудиометарот MADSEN Astera<sup>2</sup> и изведени се лиминарните и супралиминарните мерења: праг на слухот, праг на детекција на говорот, праг на препознавање на говорот и скор на препознавање на зборовите кај лицата со уреден слух и лицата со редукција на слухот.

## **7. ПОПУЛАЦИЈА И ПРИМЕРОК**

Примерокот на истражувањето е случаен. Во истражувањето беа вклучени лица со редукција на слухот кај кои е направена комплетна аудиолошка евалуација на Одделот за оториноларингологија и Аудиолошкиот кабинет во Градската општа болница „8-ми Септември“, Скопје. Примерокот се состои од 110 пациенти, 50 машки и 60 женски, на возраст од 5 до 75 години (средна возраст  $51,2 \pm 19,5$  години). Во однос на возраста, 12 се деца на возраст од 5 до 14 години (средна возраст  $7,7 \pm 2,7$  години) и 98 се возрасни лица на возраст од 22 до 75 години (средна возраст  $56,5 \pm 12,9$  години).

Критериуми за вклучување во студијата беа: унилатерална или билатерална редукција на слухот; лесна, умерена или тешка редукција на слухот и пациентот да биде роден говорител на македонски јазик. Критериуми за исклучување беа: возраст под 5 години кај децата и возраст над 75 години кај возрасните лица, а во однос на степенот на редукција на слухот, критериум за исклучување беше глувост.

Контролната група на испитаници за утврдување на хомогеноста во однос на аудибилноста на листите со зборови се состоеше од 30 испитаници со уреден слух, 15 машки и 15 женски, на возраст од 18 до 30 години (средна возраст  $24,3 \pm 3,6$  години). Испитаниците од оваа група беа исто така родени говорители на македонски јазик.

Примерокот на истражувањето за акустичната анализа на гласовите и на другите говорни примероци се состоеше од 15 родени говорители на македонски јазик, пет мажи, пет жени, на возраст од 26 до 50 години (средна возраст  $38,9 \pm 9,6$  години) и пет деца, две момчиња и три девојчиња, на возраст од 9 до 14 години (средна возраст  $10,6 \pm 1,9$  години).

## **8. СТАТИСТИЧКА ОБРАБОТКА НА ПОДАТОЦИТЕ**

Статистичката анализа на податоците е направена со дескриптивни и аналитички методи. Беа применети Хи-квадрат тест, Fisher Exact тест, R x C табели на контингенција и Пирсонов коефициент на корелација. За статистички значајна разлика се сметаше разликата на ниво на значајност од  $p < 0,05$ .

Користени се апсолутните броеви на испитуваната појава, нивната процентуална структура и истите се прикажани табеларно и графички.

## **9. ОРГАНИЗАЦИЈА И ТЕК НА ИСТРАЖУВАЊЕТО**

Истражувањето се одвиваше во периодот од мај 2018 до февруари 2020 година. При конструирање на тестовите за говорна аудиометрија беа почитувани критериумите: избор на познати зборови, фонетски баланс и хомогеност во однос на аудибилноста.

Во иницијалната фаза на истражувањето изведена е акустична анализа на гласовите во македонскиот јазик и други говорни примероци во компјутерската програма Praat, Верзија 6.0.43. MP3 моно звучните фајлови на снимените вокали и консонанти беа прво отворени во Praat за да се сегментира и да се меморира гласот како WAV-фајл. Беа направени неколку сетови на акустични мерења: основна фреквенција ( $F_0$ ) и фреквенции на формантите од F1 до F5 на вокалите, на назалите и на латералите, како и спектралните моменти на консонантите: центар на гравитација, спектрална стандардна девијација, наклон на спектарот и куртозис.

По акустичната анализа на изолираните гласови, се пристапи кон анализа на коартикулацијата во снимени логатоми со различни комбинации на вокали и на консонанти и реални зборови. Беше анализирана транзицијата на формантите на вокалите, локусот на формантите и спектралните моменти на консонантите во контекст на вокали.

Еднословните и двословните зборови беа селектирани од Правописниот речник на македонскиот литературен јазик (Конески, 1999). Зборовите што се одбрани за конструирање на тестот им се познати и на децата и на возрасните лица. Конечните листи на зборови беа одобрени од двајца лингвисти.

За да се конструираат фонетски балансираните тестови за говорна аудиометрија, потребно беше да се одреди фреквенцијата на фонемите во македонскиот јазик. Таа е пресметана врз основа на корпус од 178 реченици коишто ги содржат најчестите зборови во македонскиот јазик. Тие реченици беа претходно селектирани во истражување спроведено на Факултетот за информатички технологии и компјутерско инженерство, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје. Ние ги користевме резултатите од истражувањето од одбранетиот магистерски труд „Примена на машинско учење за моделирање на интонација во систем за синтеза на говор на македонски јазик“ на кандидатот Горан Пешански, под менторство на проф. д-р Ѓорѓи Маџаров. За изработка на систем за синтеза на говор на македонски јазик, корпусот од реченици е издвоен од околу 2,5 милиони електронски статии од македонските интернет портали.

Врз основа на резултатите од акустичната анализа и пресметаната фреквенција на фонемите во македонскиот јазик конструиравме 4 листи на зборови. Снимањето на конечните листи на зборови за говорна аудиометрија се реализираше во Македонската радио-телевизија. Зборовите се изговорени од машки и од женски спикер. Снимени се два теста со 50 еднословни зборови и два теста со 36 двословни зборови.

Клиничката валидација на тестовите се одвиваше во Аудиолошкиот кабинет на Одделот за оториноларингологија во Градската општа болница „8-ми Септември“, Скопје. Тоналната лиминарна аудиометрија и говорната аудиометрија се изведени кај лица со уреден слух и кај пациенти со редукција на слухот.

Спроведувањето на студијата е одобрено од Етичката комисија на Градската општа болница „8-ми Септември“, Скопје. Бројот на протоколот за етичко одобрение е: 24/89-1 од 08.1.2019 година.

### III РЕЗУЛТАТИ ОД ИСТРАЖУВАЊЕТО

Во иницијалната фаза на истражувањето направена е акустична анализа на вокалите и на консонантите во македонскиот јазик. Снимени се изолирани гласови изговорени од 15 родени говорители на македонски јазик. Анализирани се вкупно 75 WAV-фајлови на снимени вокали. Средната вредност на основната фреквенција (Fo) и фреквенциите на формантите е калкулирана одделно за сите три групи на испитаници: мажи, жени и деца. Прикажан е и опсегот на фреквенциите на формантите и Fo. Покрај македонската графема, даден е и симболот за конкретниот глас од Меѓународната фонетска азбука – International phonetic alphabet (IPA).

Во Табела 1 е прикажана основната фреквенција на вокалите. Дадена е средната вредност со стандардната девијација (SD). Fo на вокалот /a/ (a) е во опсегот од 98 Hz кај мажите до 326 Hz кај децата. Fo на вокалот /e/ (e) измерена е во опсегот од 111 Hz кај мажите до 293 Hz кај децата. Fo на вокалот /i/ (i) е во опсегот од 99 Hz кај мажите до 300 Hz кај децата. Fo на вокалот /o/ (o) е во опсегот од 105 Hz кај мажите до 299 Hz кај децата. Најниската Fo на вокалот /y/ (u) е 112 Hz кај мажите, а највисоката Fo е 319 Hz кај децата.

Табела 1. Основна фреквенција на вокалите (во Hz)

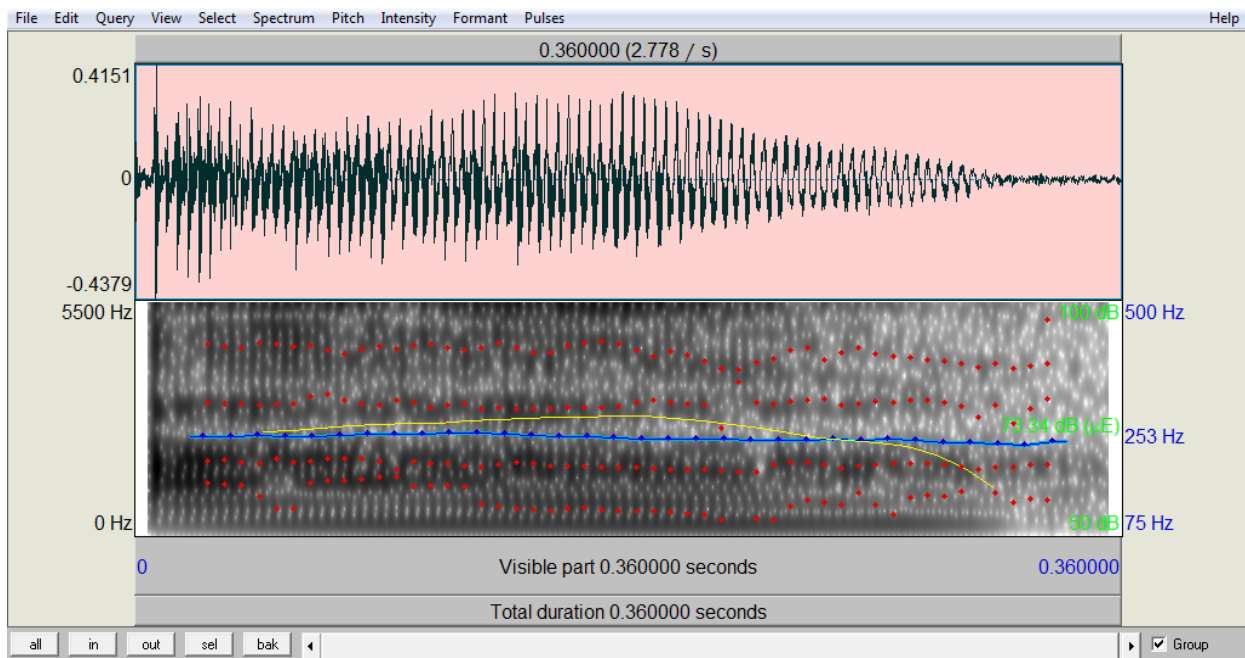
Вокали		Мажи		Жени		Деца	
МК	IPA	Средна вредност±SD	Опсег	Средна вредност±SD	Опсег	Средна вредност±SD	Опсег
а	а	109±7,9	98-120	205±37,7	167-254	251±45	211-326
е	е	122±14,9	111-148	213±20,1	184-241	253±31,3	209-293
и	и	118±17,7	99-147	230±17,5	203-250	279±18,7	254-300
о	о	119±11,5	105-133	208±22	172-229	260±25,2	232-299
у	у	131±13,8	112-151	259±26,1	221-294	285±30,7	245-319

Во Табела 2 се прикажани фреквенциите на формантите (во Hz) на вокалот /a/ (a). Фреквенцијата на F1 е во опсег од 633 Hz кај мажите до 1270 Hz кај децата. Најниската фреквенција на F2 е 1051 Hz кај мажите, а највисоката фреквенција е 2039 Hz кај децата. Фреквенцијата на F3 е во опсег од 2542 Hz кај мажите до 3979 Hz кај децата. Најниската фреквенција на F4 е 3240 Hz кај мажите, а највисоката е 5145 Hz кај децата. Фреквенцијата на F5 е во опсег од 3971 Hz кај мажите до 6977 Hz кај децата.

Табела 2. Фреквенции на формантите на вокалот /a/ (а)

Форманти	Мажи		Жени		Деца	
	Средна вредност±SD	Опсег	Средна вредност±SD	Опсег	Средна вредност±SD	Опсег
F1	710±69,7	633-822	836±130,2	671-985	1060±144,9	896-1270
F2	1129±45,2	1051-1167	1469±196,3	1288-1720	1563±271,5	1348-2039
F3	2686±135,1	2542-2861	2894±229,1	2627-3039	3530±358,8	3020-3979
F4	3440±198,5	3240-3704	3912±276	3624-4275	5064±229,8	4754-5145
F5	4431±397,4	3971-4814	4949±253,1	4522-5040	6436±518,5	5665-6977

На Слика 1 е прикажан вокалот /a/ (а) кај женски говорител во компјутерската програма Praat. Горниот дел на прозорецот го покажува *осцилограмот*. Долната половина покажува неколку акустични анализи: *спектрограмот* е обоен во нијанси на сива боја, *контурата на фреквенцијата* е прикажана како сина крива, *контурата на интензитетот* е прикажана како жолта крива и *контурите на формантите* се прикажани како црвени точки. Хоризонталната насока го покажува времето, а вертикалната насока ја покажува фреквенцијата. Потемните делови на спектрограмот покажуваат поголема густина на енергија, а посветлите делови покажуваат помала густина на енергија.



Слика 1. Осцилограм и спектрограм на вокалот /a/ (а) кај женски говорител



Во Табела 3 се прикажани фреквенциите на формантите (во Hz) на вокалот /e/ (e). Фреквенцијата на F1 е во опсег од 482 Hz кај мажите до 713 Hz кај децата. Најниската фреквенција на F2 е 1732 Hz кај мажите, а највисоката фреквенција е 2900 Hz кај децата. Најниската фреквенција на F3 е 2268 Hz кај мажите, а највисоката фреквенција на F3 е 4179 Hz кај децата. Фреквенцијата на F4 е во опсег од 3275 Hz кај мажите до 5331 Hz кај децата. Најниската фреквенција на F5 е 4245 Hz кај мажите, а највисоката фреквенција е 7226 Hz кај децата.

**Табела 3. Фреквенции на формантите на вокалот /e/ (e)**

Форманти	Мажи		Жени		Деца	
	Средна вредност±SD	Опсег	Средна вредност±SD	Опсег	Средна вредност±SD	Опсег
F1	483±41,6	482-555	514±60,6	417-576	646±68,6	565-713
F2	1791±52	1732-1853	2385±165,8	2209-2602	2706±149,3	2526-2900
F3	2404±166,4	2268-2694	2923±143,8	2720-3068	3629±330	3297-4179
F4	3465±222,4	3275-3784	4190±273,8	3902-4641	4919±258,8	4679-5331
F5	4487±162,9	4245-4701	4845±279	4428-5163	6350±525,6	5940-7226

Во Табела 4 се прикажани фреквенциите на формантите (во Hz) на вокалот /и/ (i). Фреквенцијата на F1 е во опсег од 253 Hz кај мажите до 519 Hz кај децата. Најниската фреквенција на F2 е 2055 Hz кај мажите, а највисоката фреквенција е 3248 Hz кај децата. Најниската фреквенција на F3 е 2658 Hz кај мажите, а највисоката фреквенција на F3 е 4777 Hz кај децата. Фреквенцијата на F4 е во опсег од 3281 Hz кај мажите до 5730 Hz кај децата. Најниската фреквенција на F5 е 3807 Hz кај мажите, а највисоката фреквенција е 7400 Hz кај децата.

**Табела 4. Фреквенции на формантите на вокалот /и/ (i)**

Форманти	Мажи		Жени		Деца	
	Средна вредност±SD	Опсег	Средна вредност±SD	Опсег	Средна вредност±SD	Опсег
F1	299±28,4	253-321	300±35,5	266-353	393±86,8	295-519
F2	2116±93,3	2055-2278	2401±197,7	2245-2688	3023±253,5	2614-3248
F3	2799±133,5	2658-2978	3074±163	2914-3320	4289±350,1	3828-4777
F4	3438±131,1	3281-3611	4258±240,1	3961-4613	5401±231,4	5159-5730
F5	4344±308,3	3807-4537	4873±180,6	4571-5021	6788±502,9	6039-7400

Во Табела 5 се прикажани фреквенциите на формантите (во Hz) на вокалот /o/ (o). Фреквенцијата на F1 е во опсег од 379 Hz кај мажите до 797 Hz кај децата. Најниската фреквенција на F2 е 827 Hz кај мажите, а највисоката фреквенција е 2579 Hz кај децата. Најниската фреквенција на F3 е 2254 Hz кај мажите, а највисоката фреквенција на F3 е 4390 Hz кај децата. Фреквенцијата на F4 е во опсег од 3366 Hz кај мажите до 5760 Hz кај децата. Најниската фреквенција на F5 е 4394 Hz кај мажите, а највисоката фреквенција е 7013 Hz кај децата.

**Табела 5. Фреквенции на формантите на вокалот /o/ (o)**

Форманти	Мажи		Жени		Деца	
	Средна вредност±SD	Опсег	Средна вредност±SD	Опсег	Средна вредност±SD	Опсег
F1	501±80,6	379-597	526±33,2	479-572	727±54,8	666-797
F2	1002±245,4	827-1413	1227±194,5	984-1475	1773±519,3	1296-2579
F3	2671±250,5	2254-2869	3128±115,8	2954-3270	4008±362,8	3562-4390
F4	3561±112	3366-3643	3985±186,2	3703-4205	5438±291,5	5016-5760
F5	4538±121,1	4394-4703	4927±261,5	4483-5121	6445±404,1	5954-7013

Во Табела 6 се прикажани фреквенциите на формантите (во Hz) на вокалот /y/ (u). Фреквенцијата на F1 е во опсег од 306 Hz кај мажите до 607 Hz кај децата. Најниската фреквенција на F2 е 809 Hz кај мажите, а највисоката фреквенција е 2099 Hz кај децата. Фреквенцијата на F3 е во опсег од 2438 Hz кај мажите до 4867 Hz кај децата. Фреквенцијата на F4 е во опсег од 3310 Hz кај мажите до 5999 Hz кај децата. Најниската фреквенција на F5 е 4284 Hz кај мажите, а највисоката фреквенција е 7564 кај децата.

**Табела 6. Фреквенции на формантите на вокалот /y/ (u)**

Форманти	Мажи		Жени		Деца	
	Средна вредност±SD	Опсег	Средна вредност±SD	Опсег	Средна вредност±SD	Опсег
F1	367±55,5	306-456	422±61,5	360-518	530±85,2	399-607
F2	995±172,6	809-1272	1410±218,1	1233-1721	1801±191,8	1647-2099
F3	2615±152,3	2438-2772	3136±288,1	2844-3523	4319±455,3	3694-4867
F4	3572±176,1	3310-3764	4220±225,5	4022-4574	5748±176,4	5575-5999
F5	4482±137,3	4284-4631	4928±101	4800-5052	7106±598,1	6113-7564

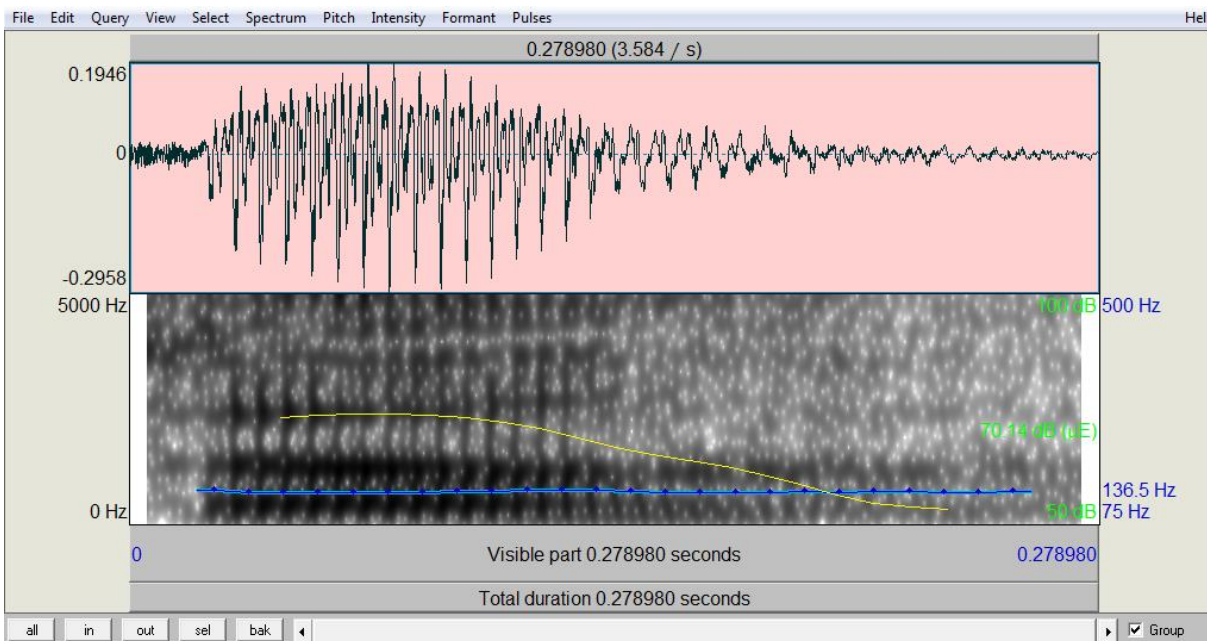
За акустичната анализа на консонантите беа користени 390 WAV-фајлови на снимени консонанти. Спектралните карактеристики на консонантите беа анализирани со одредување на спектралните моменти: центар на гравитација или тежиште, спектрална стандардна девијација (СД), наклон на спектарот и куртозис. Исто така беа одредени и основната фреквенција и фреквенциите на формантите кај назалите и кај латералите. Средната вредност на спектралните моменти,  $F_0$  и фреквенциите на формантите беше калкулирана одделно за сите три групи на испитаници: мажи, жени и деца.

Во Табела 7 е прикажана средната вредност на спектралните моменти кај пловивите: /б/ (b), /г/ (g), /д/ (d), /к/ (k), /п/ (p) и /т/ (t). Кај сите пловиви средната вредност на тежиштето беше во опсег од 456 до 557 Hz кај мажите, 601 Hz до 773 Hz кај жените и 673 Hz до 788 Hz кај децата. Средната вредност на СД беше во опсег од 479 Hz до 727 Hz кај мажите, 632 Hz до 999 Hz кај жените и 363 Hz до 985 Hz кај децата. Сите говорители имаа позитивни вредности на наклонот на спектарот и куртозис.

**Табела 7. Спектрални моменти кај пловивите**

Фонеме		Говорители	Тежиште (Hz)	Спектрална СД (Hz)	Наклон на спектарот	Куртозис
МК	IPA					
б	b	Мажи	503	479	8,5	166,2
		Жени	601	632	8,6	164,2
		Деца	709	555	5,1	61,4
г	g	Мажи	468	554	8,1	114,4
		Жени	709	999	5,3	47,6
		Деца	680	570	9,2	148,6
д	d	Мажи	456	511	9,4	167,7
		Жени	611	750	7,0	81,0
		Деца	673	686	8,4	108,2
к	k	Мажи	557	727	7,4	92,3
		Жени	718	904	5,3	65,4
		Деца	688	712	7,1	73,3
п	p	Мажи	514	512	7,5	100,1
		Жени	617	696	6,3	80,4
		Деца	696	363	8,1	140,6
т	t	Мажи	551	692	6,1	57,6
		Жени	773	865	5,8	77,4
		Деца	788	985	6,7	65,3

На Слика 2 се прикажани осцилограмот и спектрограмот на пловивот /т/ (t) кај машки говорител. На спектрограмот се забележува концентрација на акустична енергија во ниските фреквенции. Измерени се следните спектрални моменти: тежиште 535 Hz, спектрална стандардна девијација 633 Hz, наклон на спектарот 7,2 и куртозис 75,9.



**Слика 2. Осцилограм и спектрограм на консонантот /т/ (t) кај машки говорител**

Во Табела 8 е прикажана средната вредност на спектралните моменти кај фрикативите: /в/ (v), /ж/ (z), /з/ (z), /ј/ (j), /п/ (r), /с/ (s), /ф/ (f), /х/ (h) и /ш/ (j). Кај сите фрикативи, средната вредност на тежиштето беше во опсег од 491 до 2207 Hz кај мажите, 529 Hz до 2842 Hz кај жените и 590 Hz до 4021 Hz кај децата. Средната вредност на спектралната СД беше во опсег од 504 Hz до 2421 Hz кај мажите, 672 Hz до 3076 Hz кај жените и 533 Hz до 3108 Hz кај децата. Средната вредност на наклонот на спектарот беше позитивна кај сите фрикативи, но еден машки говорител и две жени имаа негативен наклон на спектарот на фрикативот /ш/ (j) и две деца имаа негативен наклон на спектарот на фрикативот /с/ (s). Еден машки говорител имаше наклон на спектарот нула на фрикативот /с/ (s) и една жена имаше наклон на спектарот нула на фрикативот /ш/ (j). Средната вредност на куртозисот беше позитивна кај сите фрикативи, освен кај фрикативот /ш/ (j) кај жените. Но при анализа на куртозисот одделно кај секој говорител, измерен е негативен куртозис на фрикативот ж/ (z) кај еден машки говорител и три женски

говорители, негативен куртозис на фрикативот /z/ (z) кај едно дете, негативен куртозис на фрикативот с/ (s) кај тројца машки говорители и две деца и негативен куртозис на фрикативот ш/ (ʃ) кај тројца машки говорители, четири женски говорители и едно дете.

**Табела 8. Спектрални моменти кај фрикативите**

Фонеми		Говорители	Тежиште (Hz)	Спектрална СД (Hz)	Наклон на спектарот	Куртозис
МК	IPA					
в	v	Маж	515	504	8,9	167,8
		Жени	692	682	7,1	122,0
		Деца	759	1007	7	89,1
ж	ʒ	Маж	1395	1651	2,8	16,7
		Жени	1763	1969	1,7	6,0
		Деца	1024	1490	3,0	10,5
з	z	Маж	874	1546	3,9	19,7
		Жени	1312	2299	2,9	8,9
		Деца	1592	2262	4,8	37,1
ј	j	Маж	491	657	6,4	55,4
		Жени	529	745	6,6	93,2
		Деца	590	748	6,2	55,5
р	r	Маж	542	630	7,1	117,8
		Жени	607	672	6,5	91,2
		Деца	723	533	8,9	145,4
с	s	Маж	2207	2421	2,0	9,3
		Жени	2380	3076	1,9	4,0
		Деца	4021	3108	1,8	7,3
ф	f	Маж	589	755	7,5	97,9
		Жени	820	1035	7,8	123,7
		Деца	947	1339	5,4	41,4
х	h	Маж	549	641	6,3	72,7
		Жени	801	834	5,7	89,1
		Деца	734	708	7,2	81
ш	ʃ	Маж	1919	1881	1,5	4,4
		Жени	2842	2320	0,4	-1,4
		Деца	1606	1999	2,3	6,4

Во Табела 9 е прикажана средната вредност на спектралните моменти кај африкатите: /f/ (ɸ), /s/ (ɸz), /k/ (c), /t/ (ts), /tʃ/ (tʃ) и /dʒ/ (dʒ). Кај сите африкати, средната

вредност на тежиштето беше во опсег од 496 до 1741 Hz кај мажите, 881 Hz до 2041 Hz кај жените и 690 Hz до 2208 Hz кај децата. Средната вредност на спектралната СД беше во опсег од 667 Hz до 1986 Hz кај мажите, 1262 Hz до 2288 Hz кај жените и 826 Hz до 2511 Hz кај децата. Средната вредност на наклонот на спектарот беше позитивна кај сите африкати. Средната вредност на куртозис беше исто така позитивна кај сите африкати, но најдовме негативен куртозис на африкатот /ц/ (ts) кај тројца машки говорители и едно дете, негативен куртозис на африкатот /ч/ (tʃ) кај двајца машки говорители и три жени, како и негативен куртозис на африкатот /џ/ (dʒ) кај еден машки говорител и три женски говорители.

**Табела 9. Спектрални моменти кај африкатите**

Фонем		Говорители	Тежиште (Hz)	Спектрална СД (Hz)	Наклон на спектарот	Куртозис
МК	IPA					
r	ʒ	Маж	496	667	6,8	87,3
		Жени	881	1262	3,7	25,1
		Деца	690	826	6,6	58,5
s	dʒ	Маж	876	1534	4,1	23,5
		Жени	997	1490	5,4	70,8
		Деца	1585	2209	4,6	30,7
k	c	Маж	519	703	7,7	107,4
		Жени	1091	1366	3,7	30,4
		Деца	795	980	5,6	45,9
ц	ts	Маж	1741	1986	3,9	50,8
		Жени	1282	1992	3,0	10,1
		Деца	2208	2511	3,4	14,2
ч	tʃ	Маж	1359	1794	2,2	8,4
		Жени	2041	2288	0,8	0,6
		Деца	1158	1431	3,8	26,9
џ	dʒ	Маж	957	1373	3,7	28,1
		Жени	1755	2030	2,0	6,2
		Деца	772	980	5,5	42

Во Табела 10 е прикажана средната вредност на спектралните моменти кај назалите: /м/ (m), /н/ (n) и /њ/ (ɲ). Кај сите назали, средната вредност на тежиштето беше во опсег од 428 до 471 Hz кај мажите, 479 Hz до 564 Hz кај жените и 529 Hz до 587 Hz кај

децата. Средната вредност на спектралната СД беше во опсег од 532 Hz до 651 Hz кај мажите, во опсег од 605 Hz до 708 Hz кај жените и во опсег од 614 Hz до 658 Hz кај децата. Кај назалите, сите говорители имаа позитивни вредности на наклонот на спектарот и куртозис.

**Табела 10. Спектрални моменти кај назалите**

Фонеми		Говорители	Тежиште (Hz)	Спектрална СД (Hz)	Наклон на спектарот	Куртозис
МК	IPA					
м	m	Мажи	471	532	7,4	111,0
		Жени	564	650	5,8	108,3
		Деца	587	614	6,2	80,9
н	n	Мажи	428	549	8,3	113,6
		Жени	479	605	6,2	90,5
		Деца	529	658	7,5	82,8
њ	ɲ	Мажи	435	651	8,9	159,7
		Жени	502	708	6,6	93,4
		Деца	566	618	6,1	61,3

Во Табела 11 е прикажана средната вредност на спектралните моменти кај латералите: /л/ (l) и /љ/ (ʎ). Средната вредност на тежиштето беше во опсег од 480 до 526 Hz кај мажите, 606 Hz до 631 Hz кај жените и 547 Hz до 621 Hz кај децата. Средната вредност на спектралната СД беше во опсег од 549 Hz до 591 Hz кај мажите, 689 Hz до 871 Hz кај жените и 458 Hz до 598 Hz кај децата. Кај сите говорители се измерени позитивни вредности на наклонот на спектарот и куртозис.

**Табела 11. Спектрални моменти кај латералите**

Фонеми		Говорители	Тежиште (Hz)	Спектрална СД (Hz)	Наклон на спектарот	Куртозис
МК	IPA					
л	l	Мажи	526	591	7,4	100,5
		Жени	606	689	7,0	115,9
		Деца	621	598	8,2	101,7
љ	ʎ	Мажи	480	549	8,2	135,7
		Жени	631	871	5,6	52,4
		Деца	547	458	11,6	350,4

Во Табела 12 е прикажана основната фреквенција на назалите и на латералите. Фо на назалот /м/ (m) е во опсегот од 83 Hz кај мажите до 272 Hz кај децата. Фо на назалот /н/ (n) е во опсегот од 101 Hz кај мажите до 279 Hz кај децата. Фо на назалот /њ/ (ɲ) е во опсегот од 89 Hz кај мажите до 276 Hz кај децата. Фо на латералот /л/ (l) е во опсегот од 78 Hz кај мажите до 262 Hz кај децата. Фо на латералот /љ/ (ʎ) е во опсегот од 81 Hz кај мажите до 267 Hz кај децата.

**Табела 12. Основна фреквенција на назалите и на латералите (во Hz)**

Назали		Мажи		Жени		Деца	
МК	IPA	Средна вредност±SD	Опсег	Средна вредност±SD	Опсег	Средна вредност±SD	Опсег
м	m	102±17,8	83-132	201±20,9	180-229	249±28,5	201-272
н	n	107±11	101-127	197±22,3	173-230	247±25,7	209-279
њ	ɲ	104±15,8	89-131	201±19,9	182-233	252±23	220-276
л	l	103±17	78-126	191±23	162-226	245±19,3	217-262
љ	ʎ	99±11,9	81-113	197±17,1	177-224	243±15,8	225-267

Во Табела 13 се прикажани фреквенциите на формантите од F1 до F5 на назалот /м/ (m). Фреквенцијата на F1 беше во опсегот од 357 Hz кај мажите до 844 Hz кај децата. Најниската фреквенција на F2 беше 1106 Hz кај мажите, а највисоката фреквенција беше 2273 Hz кај децата. Фреквенцијата на F3 беше во опсег од 2184 Hz кај мажите до 4652 Hz кај децата, фреквенцијата на F4 беше во опсег од 3378 Hz кај мажите до 6240 Hz кај децата и фреквенцијата на F5 беше во опсег од 4442 Hz кај мажите до 7206 Hz кај децата.

**Табела 13. Фреквенции на формантите на назалот /м/ (m)**

Форманти	Мажи		Жени		Деца	
	Средна вредност±SD	Опсег	Средна вредност±SD	Опсег	Средна вредност±SD	Опсег
F1	471±114,7	357-635	696±127,1	547-873	758±79,7	644-844
F2	1293±147,2	1106-1481	1575±297,8	1305-1912	1925±214,3	1684-2273
F3	2573±221,9	2184-2726	3145±280,3	2767-3429	4067±393,8	3633-4652
F4	3535±116,6	3378-3693	4076±258,6	3707-4280	5518±531,5	4821-6240
F5	4547±73,4	4442-4625	4856±172,7	4655-5087	6383±536,3	5906-7206



Во Табела 14 се прикажани фреквенциите на формантите од F1 до F5 на назалот /н/ (n). Фреквенцијата на F1 беше во опсег од 380 Hz кај мажите до 676 Hz кај децата. Најниската фреквенција на F2 беше 1288 Hz кај мажите, а највисоката фреквенција беше 2304 Hz кај децата. Фреквенцијата на F3 беше во опсег од 2425 Hz кај мажите до 3869 Hz кај децата, фреквенцијата на F4 беше во опсег од 3127 Hz кај мажите до 5413 Hz кај децата и фреквенцијата на F5 беше во опсег од 4339Hz кај мажите до 7291 Hz кај децата.

**Табела 14. Фреквенции на формантите на назалот /н / (n)**

Форманти	Мажи		Жени		Деца	
	Средна вредност±SD	Опсег	Средна вредност±SD	Опсег	Средна вредност±SD	Опсег
F1	422±41,5	380-479	525±67,4	446-625	591±72	484-676
F2	1372±48,9	1288-1410	1626±173,7	1356-1839	1944±222,9	1694-2304
F3	2586±115,6	2425-2750	3049±176	2841-3233	3650±224,2	3299-3869
F4	3455±285	3127-3835	4211±114	4066-4381	5112±234,1	4841-5413
F5	4595±201,6	4339-4805	4758±283,8	4329-5007	6449±492,7	6097-7291

Фреквенциите на формантите од F1 до F5 на назалот /њ/ (n) се прикажани во Табела 15. Фреквенцијата на F1 беше во опсег од 335 Hz кај мажите до 700 Hz кај децата. Најниската фреквенција на F2 беше 1477 Hz кај мажите, а највисоката фреквенција беше 2417 Hz кај децата. Фреквенцијата на F3 беше во опсег од 2278 Hz кај мажите до 3863 Hz кај децата, фреквенцијата на F4 беше во опсег од 3249 Hz кај мажите до 5748 Hz кај децата и фреквенцијата на F5 беше во опсег од 4117 Hz кај мажите до 7264 Hz кај децата.

**Табела 15. Фреквенции на формантите на назалот /њ/ (n)**

Форманти	Мажи		Жени		Деца	
	Средна вредност±SD	Опсег	Средна вредност±SD	Опсег	Средна вредност±SD	Опсег
F1	420±88,6	335-563	478±48,7	424-547	581±83,7	482-700
F2	1541±49,6	1477-1603	1779±91,8	1651-1892	2216±126,3	2090-2417
F3	2433±114,2	2278-2558	2946±68,4	2857-3033	3691±172,9	3437-3863
F4	3395±93,9	3249-3490	4081±127,6	3878-4226	5393±221,3	5165-5748
F5	4488±252,5	4117-4696	4934±146,9	4683-5043	6627±470,7	6044-7264

Во Табела 16 се прикажани фреквенциите на формантите од F1 до F5 на латералот /л/ (l). Фреквенцијата на F1 беше во опсег од 396 Hz кај мажите до 871 Hz кај децата.

Најниската фреквенција на F2 беше 973 Hz кај мажите, а највисоката фреквенција беше 2269 Hz кај децата. Фреквенцијата на F3 беше во опсег од 2380 Hz кај мажите до 4360 Hz кај децата, фреквенцијата на F4 беше во опсег од 3306 Hz кај мажите до 5674 Hz кај децата и фреквенцијата на F5 беше во опсег од 4369 Hz кај мажите до 7267 Hz кај децата.

**Табела 16. Фреквенции на формантите на латералот /л/ (l)**

Форманти	Мажи		Жени		Деца	
	Средна вредност±SD	Опсег	Средна вредност±SD	Опсег	Средна вредност±SD	Опсег
F1	451±54,8	396-532	540±40,2	485-590	683±121,9	549-871
F2	1073±85,2	973-1209	1239±155,9	998-1363	1575±408,3	1222-2269
F3	2713±196,9	2380-2866	317±83,4	3070-3266	4143±155,5	3939-4360
F4	3551±204,1	3306-3774	4119±223,4	3754-4361	5251±327,8	4882-5674
F5	4514±171,7	4369-4799	5026±239,1	4742-5253	6411±506,6	6055-7267

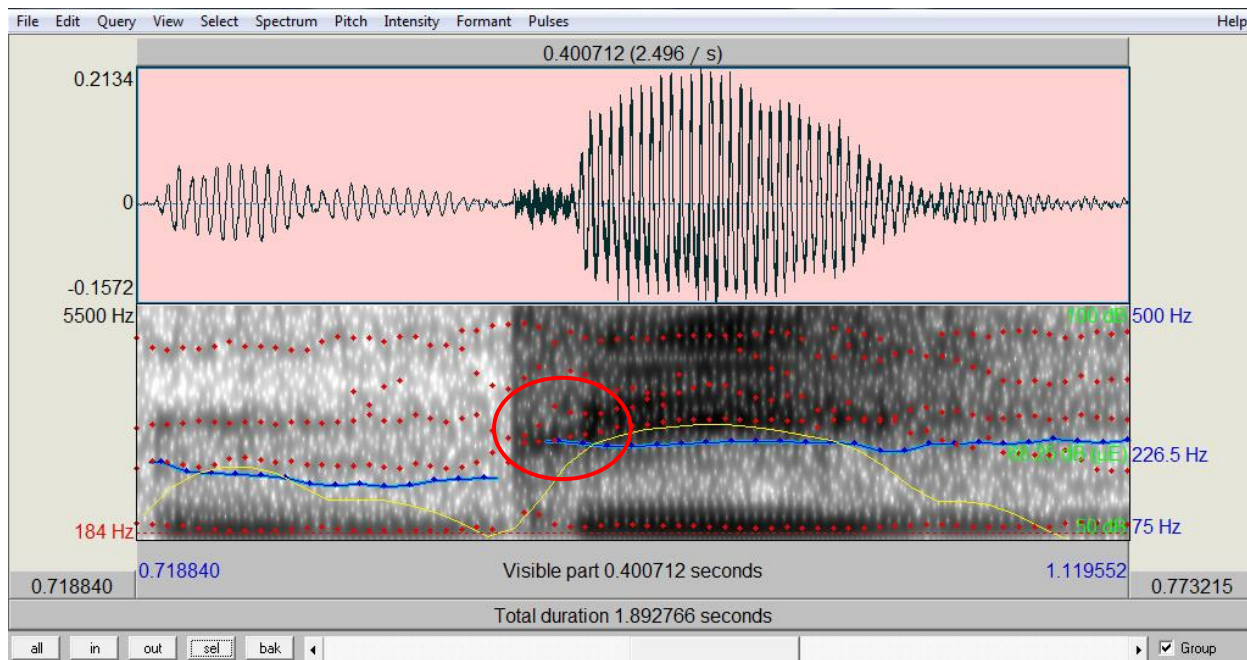
Во Табела 17 се прикажани фреквенциите на формантите од F1 до F5 на латералот /љ/ (lj). Фреквенцијата на F1 беше во опсег од 354 Hz кај мажите до 1045 Hz кај децата. Најниската фреквенција на F2 беше 1546 Hz кај мажите, а највисоката фреквенција беше 2568 Hz кај децата. Фреквенцијата на F3 беше во опсег од 2332 Hz кај мажите до 4073 Hz кај децата, фреквенцијата на F4 беше во опсег од 3190 Hz кај мажите до 5816 Hz кај децата и фреквенцијата на F5 беше во опсег од 4291 Hz кај мажите до 7178 Hz кај децата.

**Табела 17. Фреквенции на формантите на латералот /љ/ (lj)**

Форманти	Мажи		Жени		Деца	
	Средна вредност±SD	Опсег	Средна вредност±SD	Опсег	Средна вредност±SD	Опсег
F1	392±32,2	354-427	475±81,8	415-616	676±219,1	470-1045
F2	1649±133,4	1546-1872	1959±82,8	1878-2085	2321±152	2204-2568
F3	2530±175,3	2332-2709	2980±68,8	2884-3073	3761±394,4	3111-4073
F4	3397±191,5	3190-3614	4150±259,6	3879-4429	5334±413,9	4833-5816
F5	4496±160,4	4291-4689	4974±166,5	4759-5145	6654±479,8	6163-7178

По акустичната анализа на вокалите и на консонантите како изолирани гласови, направена е анализа на коартикулацијата во снимени логатоми со различни комбинации на вокали и на консонанти и реални зборови.

Ги прикажавме покарактеристичните примери на коартикулација со забележлива транзиција на формантите на вокалите во контекст на консонанти. На Слика 3 се прикажани осцилограмот и спектрограмот на слогот [ди] изговорен од женски говорител. Времетраењето на слогот изнесува 401 ms, а по извршената сегментација времетраењето на вокалот /и/ (i) е 245 ms. Забележлива е асцендентна транзиција на вториот формант на вокалот /и/ (i) која трае 45 ms. Тој дел е означен со црвен круг на спектрограмот. Формантите се претставени како црвени точки. На почетокот на транзицијата измерена е фреквенција на вториот формант 2460 Hz, а на крајот на транзицијата фреквенција 2782 Hz. Фреквенцијата расте нагло за 322 Hz за време од 45 ms, а потоа следи „стабилна состојба“ на формантот без поголеми промени на фреквенцијата.



**Слика 3. Спектрограм на слогот [ди] со транзиција на вториот формант**

Фреквенцијата на првиот формант е многу пониска од фреквенцијата на вториот формант. На сликата може да се забележи концентрација на акустична енергија во ниските делови на спектрограмот и во опсегот над 2500 Hz.

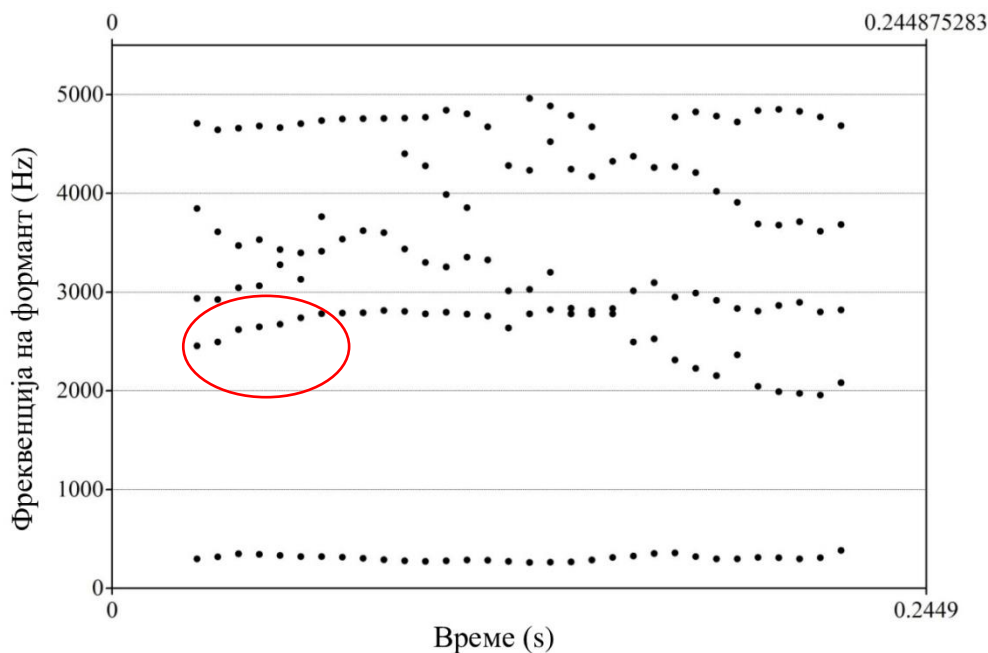
Во Табела 18 ја прикажавме  $F_0$  и фреквенциите на формантите од  $F_1$  до  $F_5$  на вокалот /и/ (i) како изолиран глас и во контекст на пловивот /д/ (d) изговорен од истиот женски говорител. Средната вредност на  $F_1$  изнесува 305 Hz и е многу блиска на

основната фреквенција. Средната вредност на F2 на вокалот /и/ (i) во контекст на пловивот /д/ (d) изнесува 2542 Hz и е повисока во споредба со изговорот на изолиран глас /и/ (i).

**Табела 18. Fo и фреквенции на формантите на вокалот /и/ (i)**

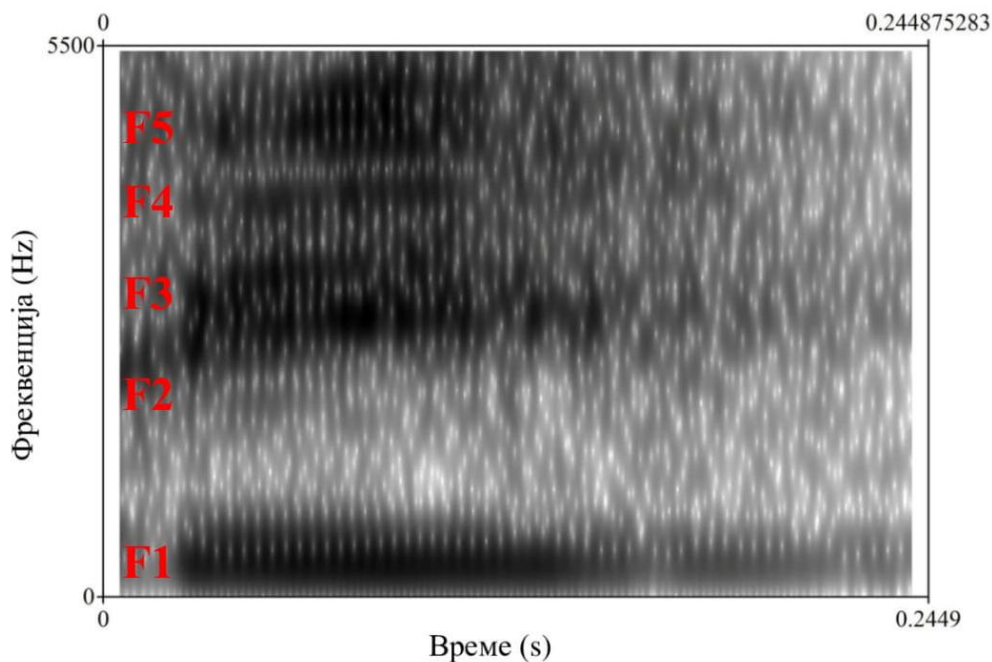
Фо и форманти	Изолиран глас /и/ (Hz)	/и/ во контекст на /д/ (Hz)
F0	250	250
F1	283	305
F2	2293	2542
F3	3134	3089
F4	4294	4051
F5	4924	4763

На Слика 4 ги прикажавме одделно формантите од F1 до F5 на вокалот /и/ (i) во контекст на пловивот /д/ (d). На сликата се забележува асцендентната транзиција на вториот формант. Исто така, видлива е големата разлика помеѓу фреквенциите на првиот и на вториот формант на вокалот /и/ (i).



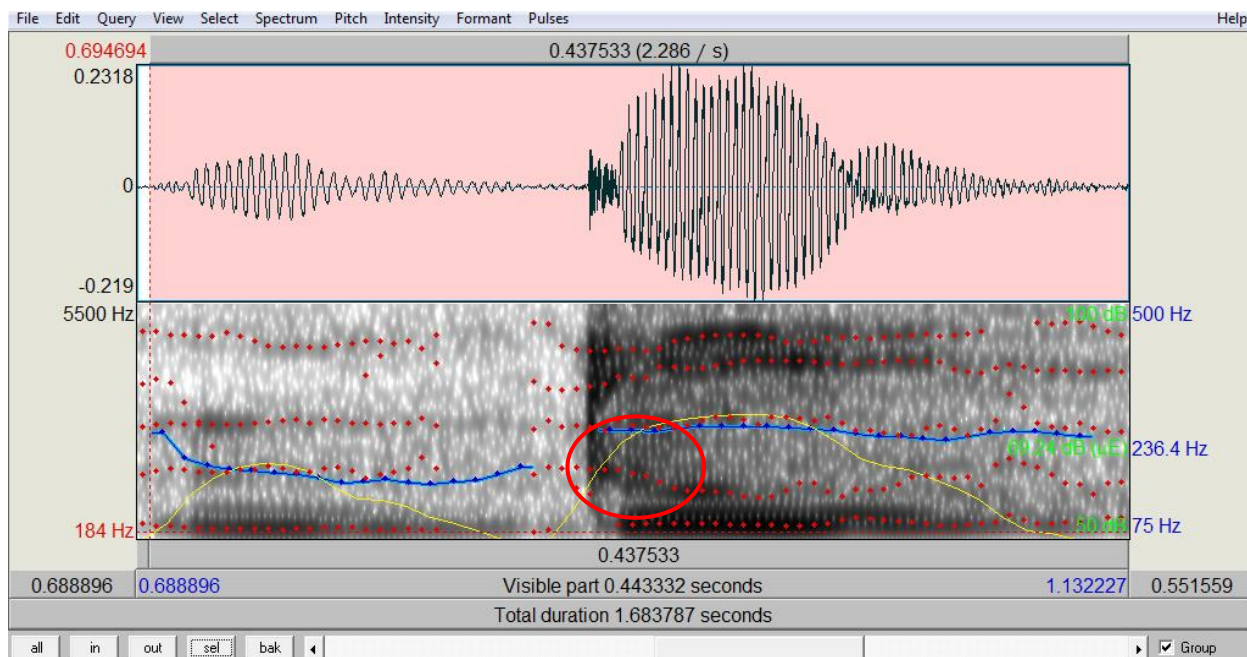
**Слика 4. Форманти на вокалот /и/ (i) во контекст на пловивот /д/ (d)**

На Слика 5 го прикажавме одделно спектрограмот на вокалот /и/ (i) во контекст на плозивот /д/ (d). На спектрограмот се забележува концентрација на акустична енергија во долните партии, во фреквенцискиот опсег на F1. Во фреквенцискиот регион околу 2500 Hz се забележува благо издигнување на потемниот дел во делот на транзицијата на F2, а во продолжение хоризонтално поставување на потемниот дел. Во горниот дел на спектрограмот се наоѓаат уште три концентрации на акустична енергија во фреквенцискиот опсег на F3, F4 и F5.



**Слика 5. Спектрограм на вокалот /и/ (i) во контекст на плозивот /д/ (d)**

На Слика 6 се прикажани осцилограмот и спектрограмот на слогот [ду] изговорен од женски говорител. Времетраењето на целиот слог изнесува 438 ms, а по извршената сегментација времетраењето на вокалот /у/ (u) изнесува 248 ms. Забележлива е десцендентна транзиција на вториот формант на вокалот /у/ (u) која трае 56 ms. Тој дел е означен со црвен круг на спектрограмот. На почетокот на транзицијата измерена е фреквенција на вториот формант 1506 Hz, а на крајот на транзицијата измерена е фреквенција 978 Hz. Фреквенцијата опаѓа нагло за 528 Hz во период од 56 ms. Потоа следи „стабилна состојба“ на формантот.



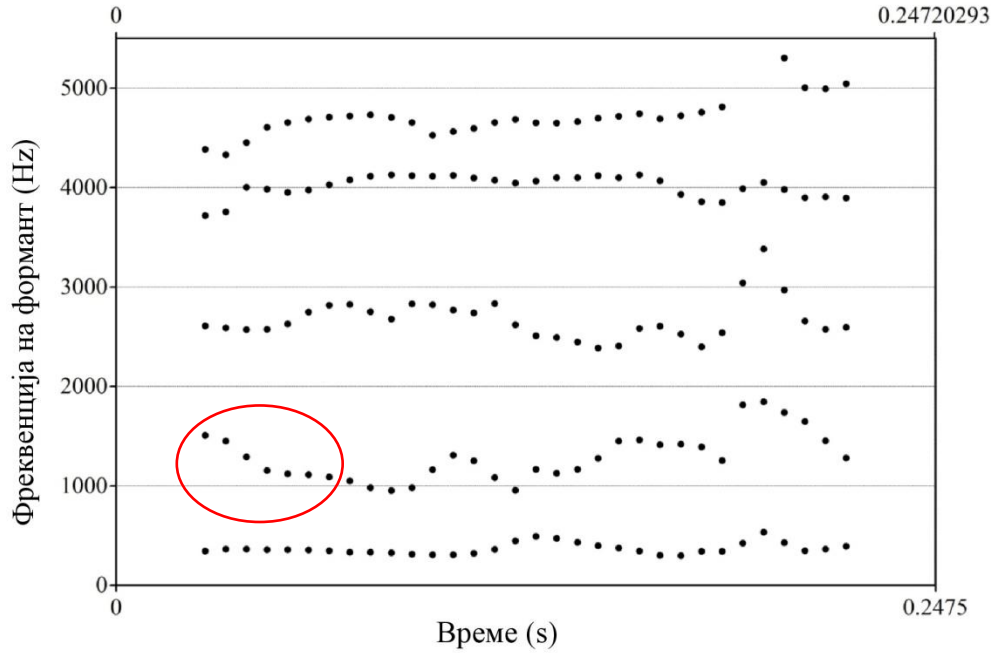
**Слика 6. Спектрограм на слогот [ду] со транзиција на вториот формант**

Во Табела 19 ја прикажавме  $F_0$  и фреквенциите на формантите од F1 до F5 на вокалот /y/ (u) како изолиран глас и во контекст на плозивот /д/ (d) изговорен од истиот женски говорител. Средната вредност на F2 на вокалот /y/ (u) во контекст на плозивот /д/ (d) изнесува 1290 Hz и е малку повисока во споредба со изговорот на изолиран глас /y/ (u). Фреквенциите на останатите форманти се пониски во однос на изолиран глас /y/ (u).

**Табела 19.  $F_0$  и фреквенции на формантите на вокалот /y/ (u)**

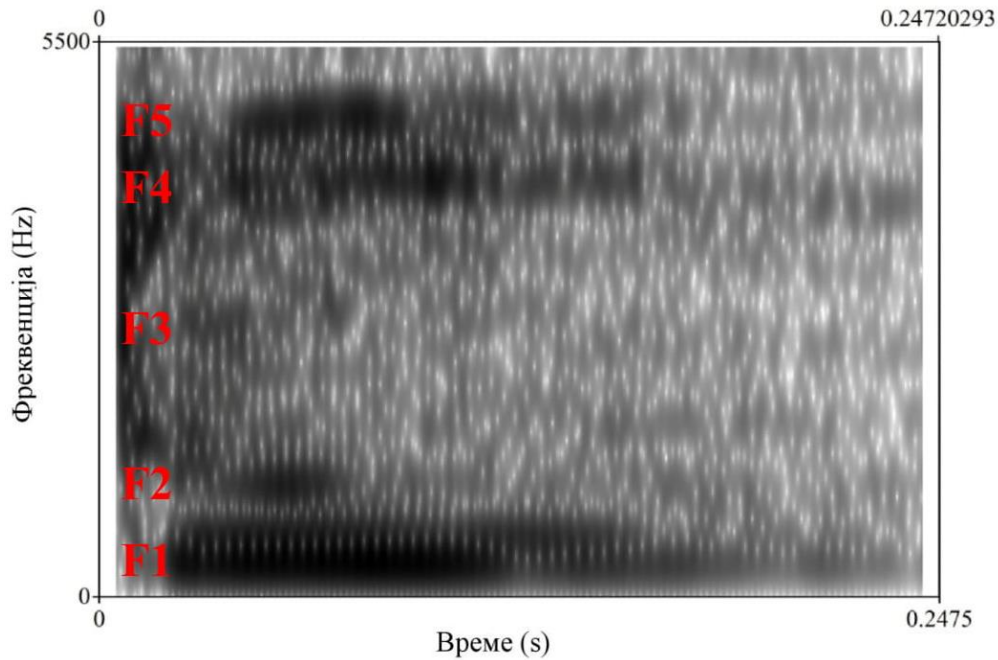
Ф <sub>0</sub> и форманти	Изолиран глас /y/ (Hz)	/y/ во контекст на /д/ (Hz)
F <sub>0</sub>	294	272
F1	444	367
F2	1233	1290
F3	2933	2670
F4	4281	4008
F5	4800	4700

На Слика 7 се прикажани формантите од F1 до F5 на вокалот /y/ (u) во контекст на плозивот /д/ (d). На сликата се забележува десцендентната транзиција на F2.



**Слика 7. Форманти на вокалот /y/ (u) во контекст на пловивот /d/ (d)**

На Слика 8 е прикажан спектрограмот на вокалот /y/ (u) во контекст на пловивот /d/ (d). Постои голема концентрација на акустична енергија во ниските фреквенции.

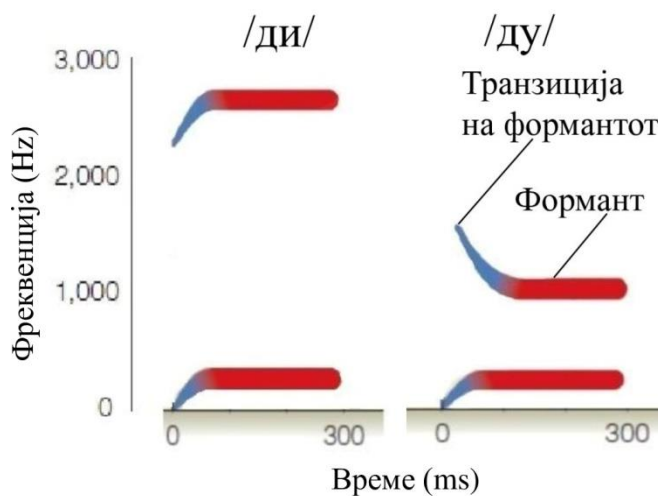


**Слика 8. Спектрограм на вокалот /y/ (u) во контекст на пловивот /d/ (d)**

Тоа е фреквенцискиот опсег на F1. Над него се наоѓа помал потемен дел во фреквенцискиот опсег на F2. Делот каде што се простира третиот формант не е добро видлив на спектрограмот. Во горните делови на спектрограмот се забележуваат уште две концентрации на акустична енергија во фреквенцискиот опсег на F4 и на F5.

На Слика 9 е даден графички приказ на транзицијата на формантите на вокалот /и/ (i) и на вокалот /у/ (u) во слоговите [ди] и [ду]. Може да се забележи разликата помеѓу асцендентната транзиција на вториот формант на вокалот /и/ (i) и десцендентната транзиција на вториот формант на вокалот /у/. Транзицијата на F1 е асцендентна кај двата вокали и е помалку изразена во однос на транзицијата на F2.

Според местото на образувањето гласот /д/ (d) е дентално-алвеоларен консонант, а според начинот на образувањето тој е плозив. Коартикулацијата е сосема различна кога тој е во слог со предниот висок вокал /и/ (i) и задниот висок вокал /у/ (u).

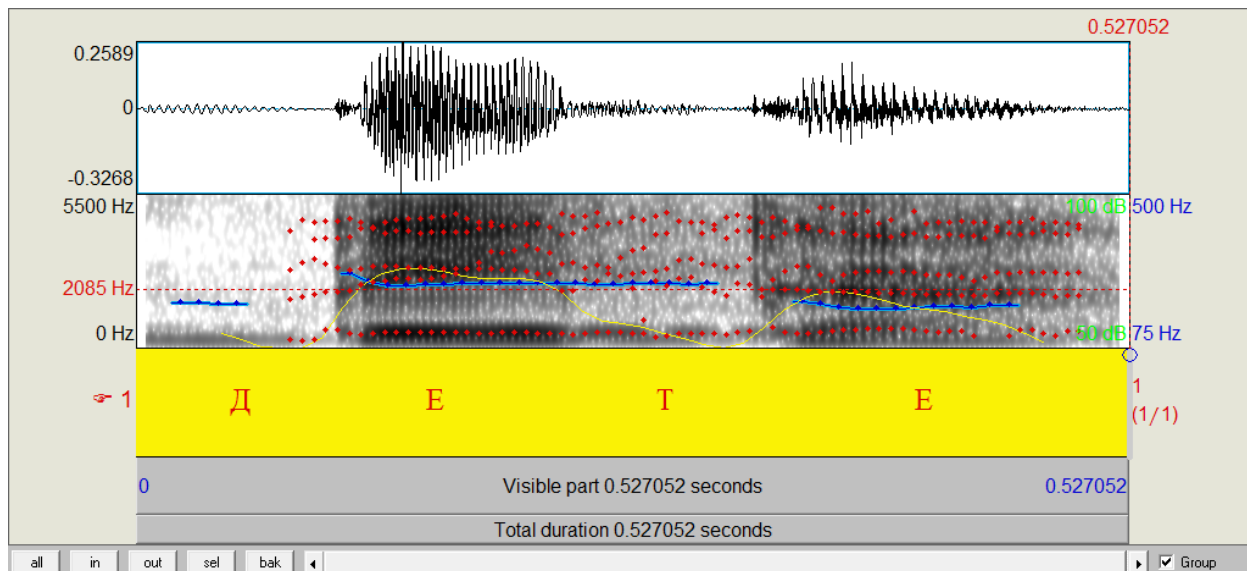


**Слика 9. Транзиција на формантите во слоговите [ди] и [ду]**

За одредување на прагот на препознавање на говорот се користат спондејски зборови. Тоа се двосложни зборови со еднаков акцент на двата слога, како на пример, „хот дог“. Во македонскиот јазик не постојат спондејски зборови. Кај двосложните зборови акцентираан е првиот слог. Со цел да го анализираме влијанието на акцентот на акустичната структура на гласовите, направивме акустична анализа на зборот [дете].

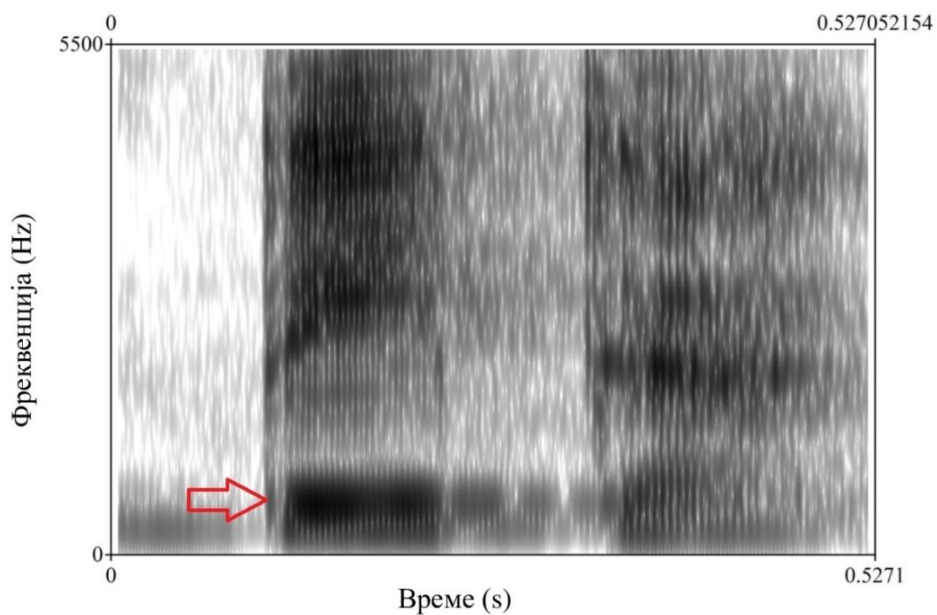


На Слика 10 се прикажани осцилограмот и спектрограмот на зборот [дете] изговорен од женски говорител. Може да се забележи разлика помеѓу осцилограмите на вокалот /e/ (e) во акцентираниот слог [де] и во неакцентираниот слог [те].



*Слика 10. Осцилограм и спектрограм на зборот [дете]*

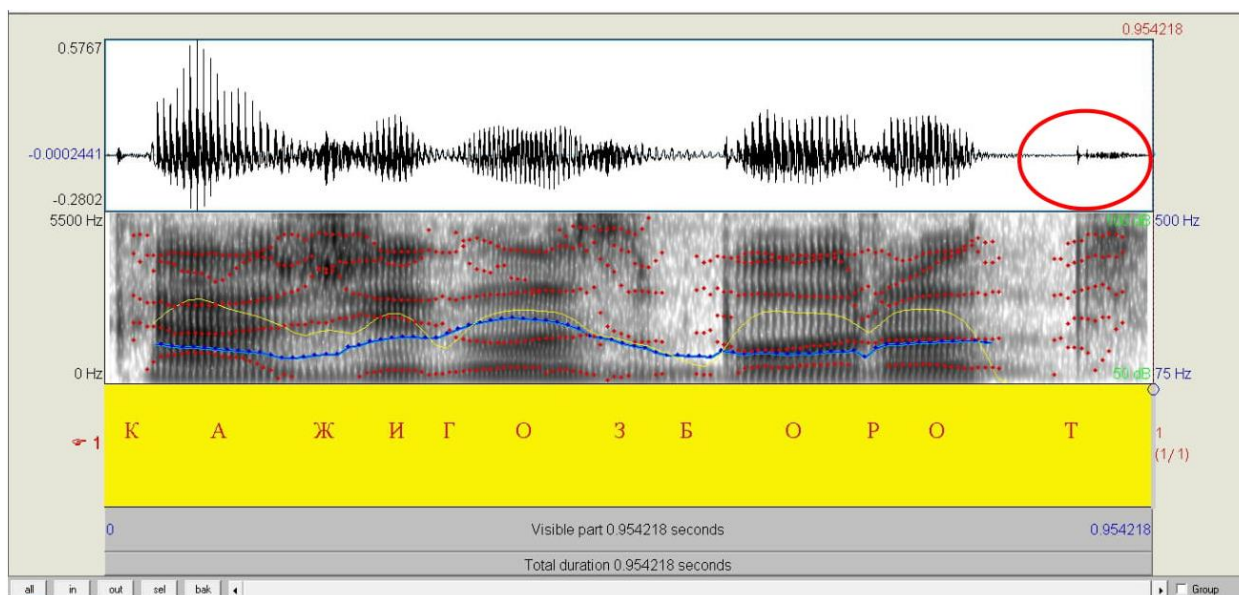
На Слика 11 одделно е прикажан спектрограмот на зборот [дете]. Видлива е поголема концентрација на акустична енергија на гласот /e/ (e) во акцентираниот слог [де].



*Слика 11. Спектрограм на зборот [дете]*

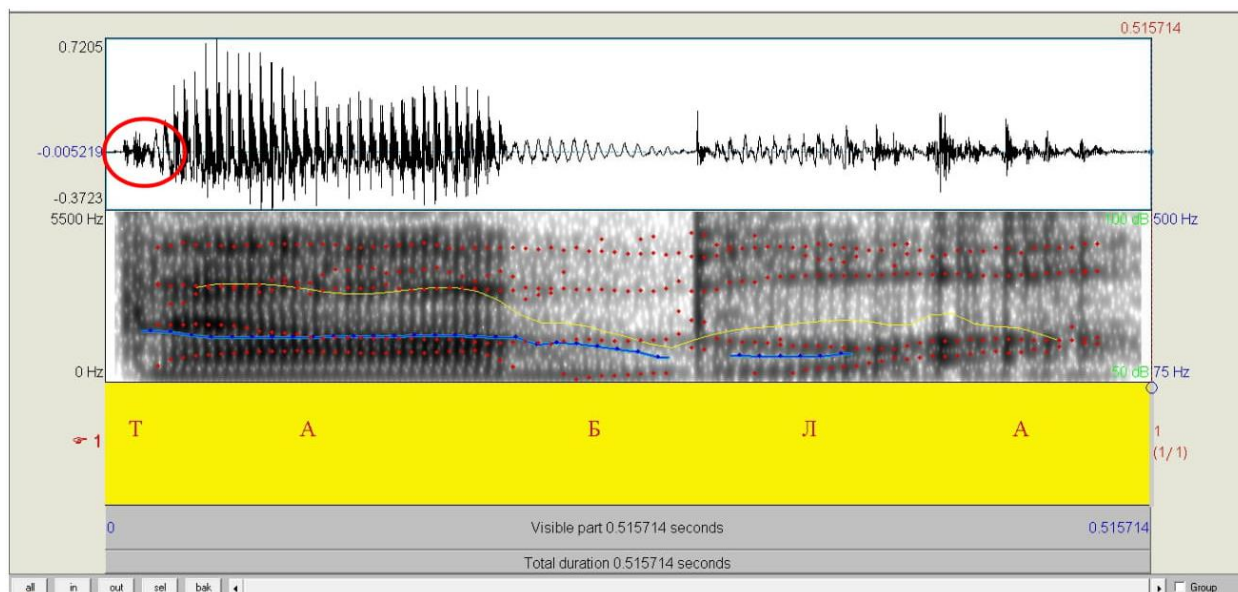
При изговорот на зборот [дете] постои разлика во интензитетот на акцентираниот и на неакцентираниот слог (жолтата линија на Слика 10). Средната вредност на интензитетот на вокалот /e/ (e) во акцентираниот слог изнесува 73 dB, а средната вредност на интензитетот на вокалот /e/ (e) во неакцентираниот слог изнесува 63 dB.

На сите зборови во тестовите им претходеше носечката фраза [Кажете го зборот]. На Слика 12 се прикажани осцилограмот и спектрограмот на фразата. Во иницијална позиција се наоѓа веларниот плозив /k/ (k). Во однос на неговите спектрални моменти, тежиштето е 1068 Hz, спектралната СД 997 Hz, наклонот на спектарот 1,4 и куртозис 6,2.



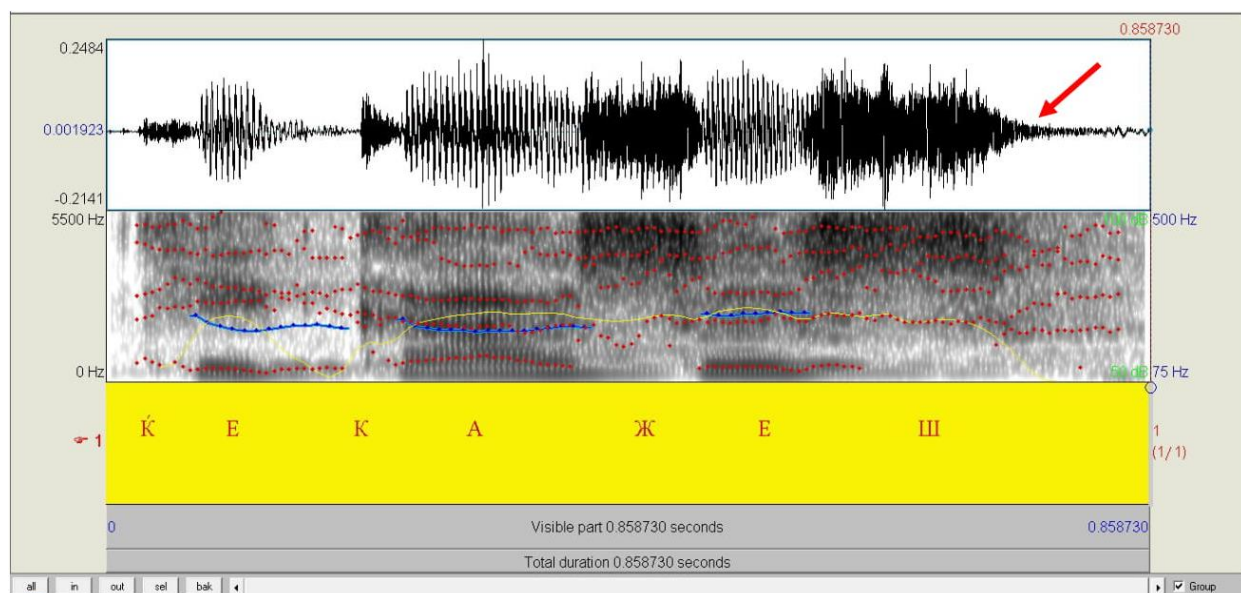
**Слика 12. Осцилограм и спектрограм на фразата [Кажете го зборот]**

Фразата завршува со дентално-алвеоларниот плозив /t/ (t). Пред него постои извесна пауза, но на осцилограмот не се забележува карактеристичната форма за плозивите: оклузија, односно запирање на воздушната струја, а потоа експлозија, нагло ослободување на воздушната струја, како на пример кај плозивот /t/ (t) во иницијална позиција во зборот [табла] прикажан на Слика 13. Бидејќи нема многу изразени промени во плозивот /t/ (t) на крајот на фразата [Кажете го зборот], сметавме дека таа фраза е посоодветна за презентирање на зборовите од аспект на коартикулацијата, во однос на фразата [Ќе кажеш] која завршува со фрикативот /ʃ/ (ʃ) со карактеристичен шум предизвикан од турбулентниот проток на воздушната струја (Слика 14).



*Слика 13. Осцилограм и спектрограм на зборот [табла]*

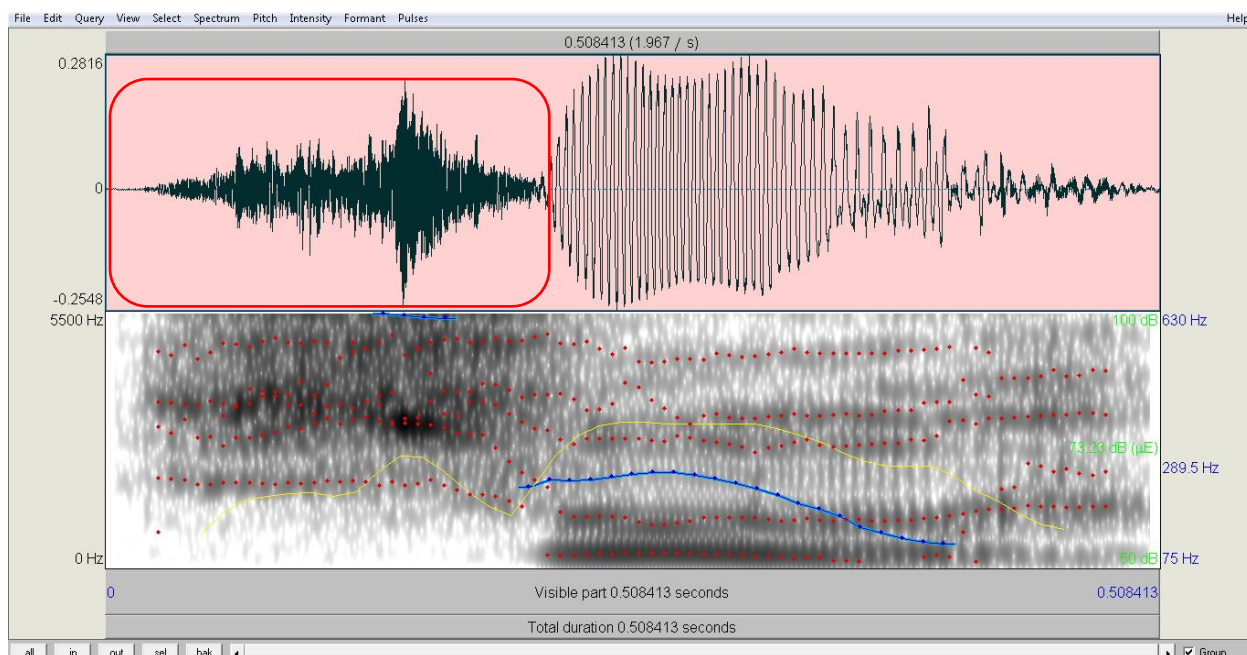
На осцилограмот и на спектрограмот на фрикативот /ш/ (ʃ) во фразата [Ќе кажеш] се забележува долгото траење на шумот. На спектрограмот видлива е најголема концентрација на акустична енергија во опсегот од 3500 до 5000 Hz. Во овој случај фрикативот /ш/ (ʃ) се наоѓа во финална позиција во зборот.



*Слика 14. Осцилограм и спектрограм на фразата [Ќе кажеш]*

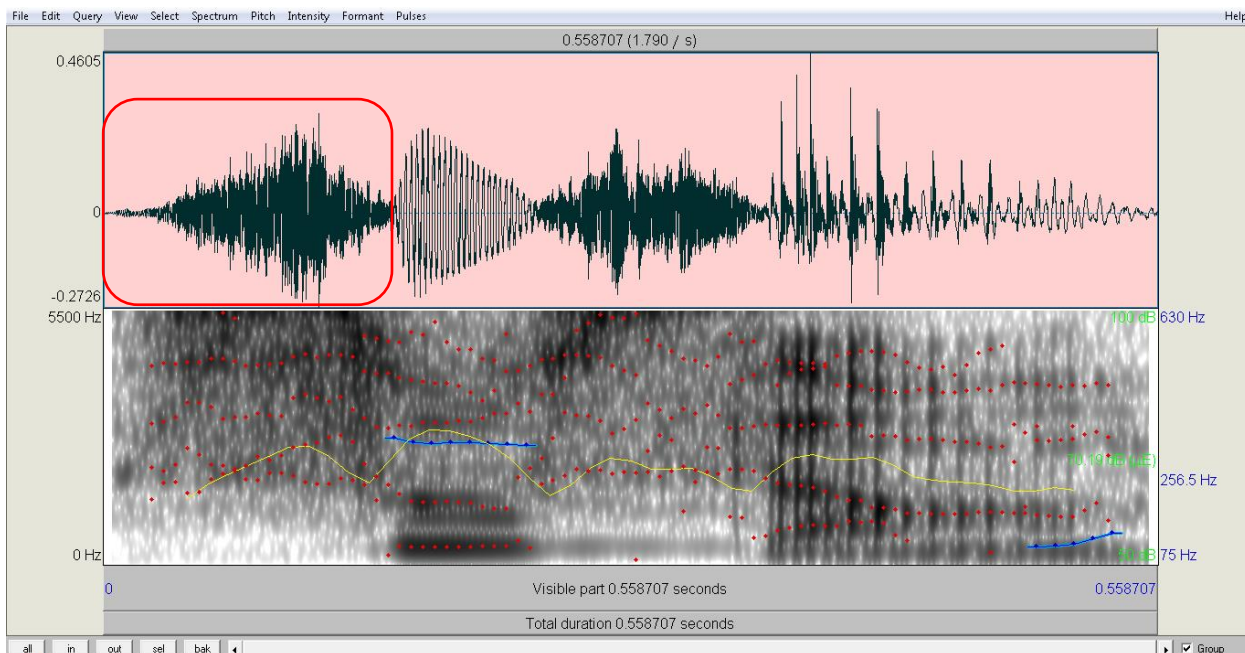
Бидејќи паузата помеѓу фразата и зборот од тестот најчесто изнесува од 300 до 450 ms, можно е одредено влијание на финалната фонема од фразата врз фонемата во иницијална позиција во зборот.

Кога фрикативот /ш/ (ʃ) се наоѓа во иницијална позиција во зборот поинаква концентрација на акустична енергија. На Слика 15 се прикажани осцилограмот и спектрограмот на зборот [шума]. Се забележува долго траење на шумот. На спектрограмот е видлива најголема концентрација на акустична енергија во фреквенцискиот опсег околу 3000 Hz. Во однос на спектралните моменти, тежиштето на фрикативот /ш/ (ʃ) е 3700 Hz, спектралната стандардна девијација 1170 Hz, наклонот на спектарот 1,9 и куртозис 3,9.



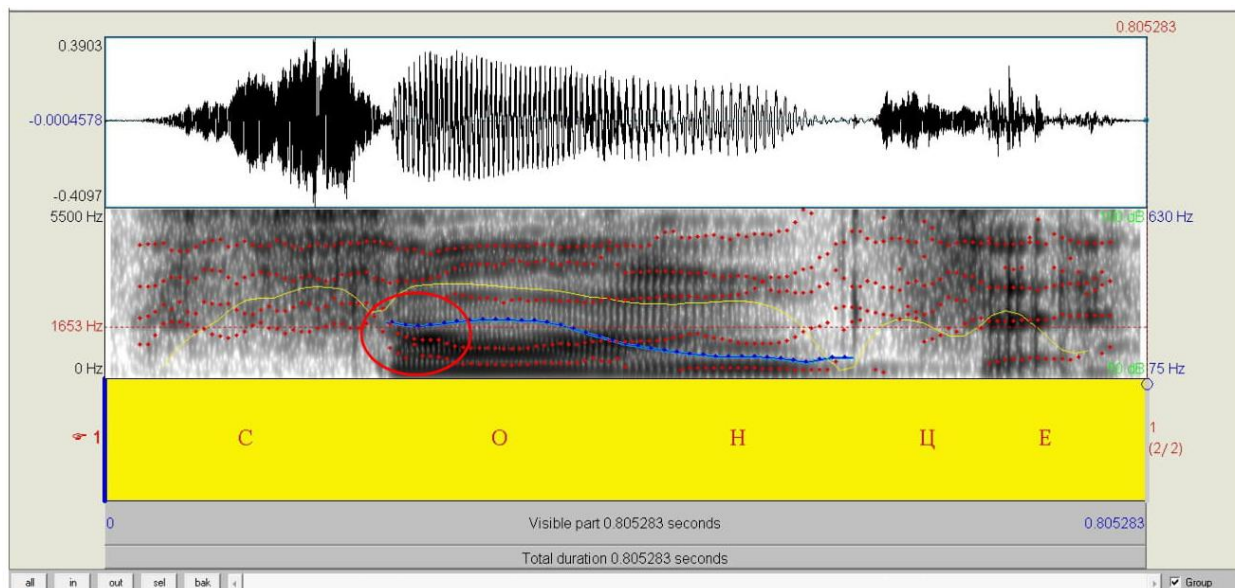
**Слика 15. Осцилограм и спектрограм на зборот [шума]**

На Слика 16 се прикажани осцилограмот и спектрограмот на зборот [сусам]. Ја анализираме разликата во акустичната структура на фрикативите /с/ (s) и /ш/ (ʃ) во иницијална позиција на зборот, пред вокалот /у/ (u). Времетраењето на фрикативот /с/ (s) е пократко, тој трае 154 ms, а фрикативот /ш/ (ʃ) трае 186 ms. На спектрограмот на фрикативот /с/ (s) е видлива најголема концентрација на акустична енергија во фреквенцискиот опсегот над 5000 Hz. Тежиштето на фрикативот /с/ (s) е 7890 Hz, спектралната стандардна девијација 1754 Hz, наклонот на спектарот  $-1,1$  и куртозис 1,5.



**Слика 16. Осцилограм и спектрограм на зборот [сусам]**

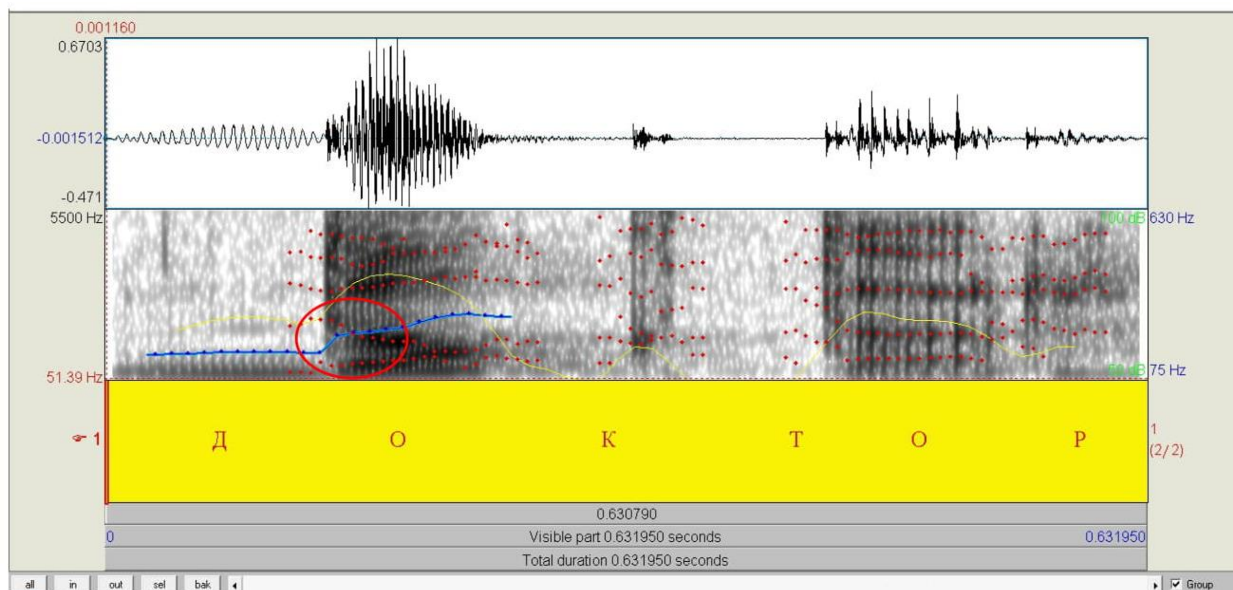
Фреквенциите на формантите на вокалот /y/ (у) што се наоѓа пред фрикативот /c/ (с) се повисоки во однос на фреквенциите на формантите на вокалот /y/ (у) што се наоѓа пред фрикативот /ш/ (ш). Го анализираваме дентално-алвеоларниот фрикатив /c/ (с) и во позиција пред вокалот /o/ (о).



**Слика 17. Осцилограм и спектрограм на зборот [сонце]**

На Слика 17 се прикажани осцилограмот и спектрограмот на зборот [сонце]. Тежиштето на фрикативот /с/ (s) е 7617 Hz, спектралната СД 1242 Hz, наклонот на спектарот 0,1 и куртозис 3,2. Дентално-алвеоларниот африкат /ц/ (ts) во зборот [сонце] исто така има концентрација на енергија во високите фреквенции. Тежиштето е 7973 Hz, спектралната СД 1706 Hz, наклонот на спектарот -2,1 и куртозис 6,6. Во зборот [сонце] постои десцендентна транзиција на вториот формант на вокалот /о/ (o) што се наоѓа во позиција по дентално-алвеоларниот фрикатив /с/ (s).

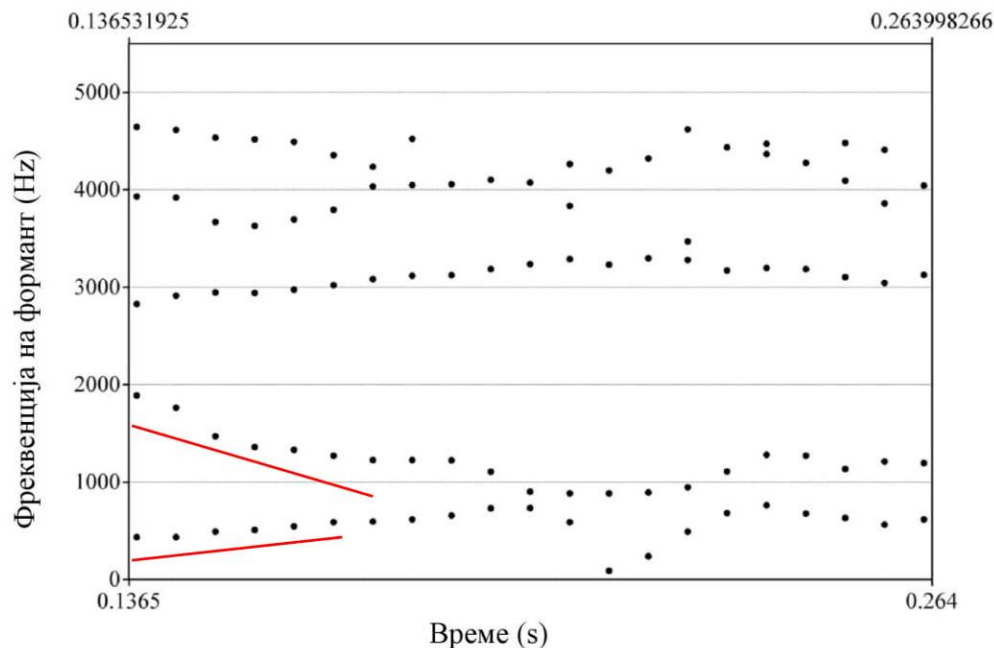
Поизразена десцендентна транзиција на F2 на вокалот /о/ (o) постои кога вокалот се наоѓа во позиција по дентално-алвеоларниот пловив /д/ (d). На Слика 18 се прикажани осцилограмот и спектрограмот на зборот [доктор].



**Слика 18. Осцилограм и спектрограм на зборот [доктор]**

Анализиран е првиот вокал /о/ (o) што се наоѓа по пловивот /д/ (d). Освен десцендентната транзиција на F2, постои асцендентна транзиција на F1. Времетраењето на целиот збор [доктор] изнесува 631 ms. По извршената сегментација, анализираниот вокал /о/ (o) трае 127 ms. Транзицијата на F1 трае 33 ms и во тој период се случува раст на фреквенцијата на формантот од 153 Hz, од 432 до 585 Hz. Транзицијата на F2 трае 39 ms и во тој период фреквенцијата на формантот нагло паѓа за 663 Hz, од 1886 до 1223 Hz. Локусот на F2 за дентално-алвеоларниот консонант најверојатно се наоѓа околу 1900 Hz.

На Слика 19 одделно ги прикажавме формантите на првиот вокал /o/ (o) во зборот [доктор]. Се забележува стрмното паѓање на фреквенцијата на вториот формант.



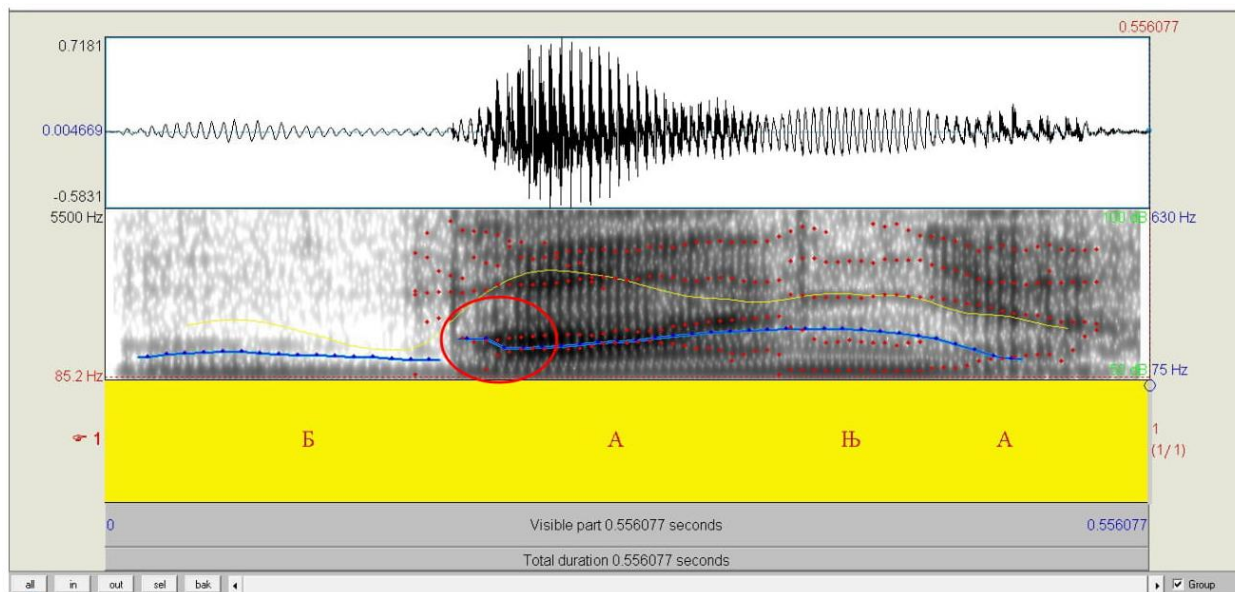
**Слика 19. Форманти на првиот вокал /o/ (o) во зборот [доктор]**

Во Табела 20 ја прикажавме  $F_0$  и фреквенциите на формантите од F1 до F5 на вокалот /o/ (o) како изолиран глас и во контекст на плозивот /д/ (d) изговорен од истиот женски говорител. Средната вредност на вториот формант на вокалот /o/ (o) во контекст на плозивот /д/ (d) изнесува 1096 Hz и е многу слична на вредноста на F2 на изолираниот глас /o/ (o). Фреквенцијата на првиот формант на вокалот во контекст на плозивот е пониска во однос на првиот формант на изолираниот вокал.

**Табела 20.  $F_0$  и фреквенции на формантите на вокалот /o/ (o)**

<b>Фo и форманти</b>	<b>Изолиран глас /o/ (Hz)</b>	<b>/o/ во контекст на /д/ (Hz)</b>
Fo	210	230
F1	718	565
F2	1097	1096
F3	3158	3167
F4	3699	4024
F5	4448	4450

Во некои случаи транзицијата на F1 и на F2 на вокалот имаат иста насока. На Слика 20 се прикажани осцилограмот и спектрограмот на зборот [бања]. Анализираниот првиот вокал /a/ (а) во зборот [бања]. Тој се наоѓа во позиција по лабијалниот пловив /б/ (b). Транзицијата и на првиот и на вториот формант на вокалот /a/ (а) е асцендентна.

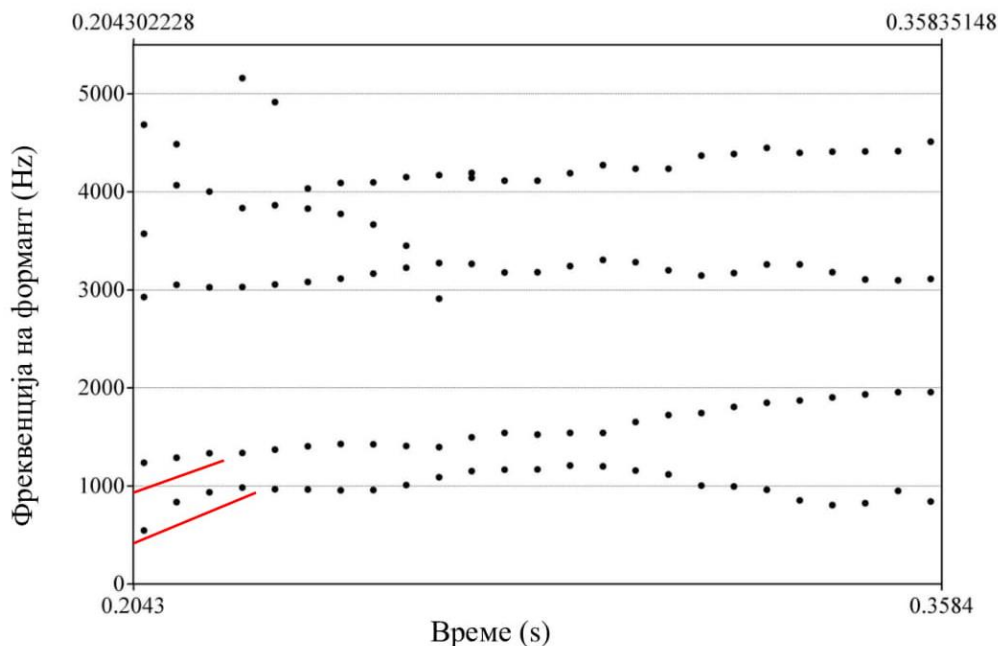


**Слика 20. Осцилограм и спектрограм на зборот [бања]**

Времетраењето на зборот [бања] изнесува 556 ms. По извршената сегментација, времетраењето на вокалот /a/ (а) изнесува 154 ms. Транзицијата на првиот формант трае 29 ms. Во тој период фреквенцијата расте за 437 Hz, односно од 544 до 981 Hz. Транзицијата на вториот формант трае 24 ms. Кај овој формант нема голема промена на фреквенцијата. Таа се зголемува за 95 Hz. На почетокот на транзицијата фреквенцијата е 1236 Hz, а на крајот на транзицијата таа изнесува 1331 Hz. Локусот на вториот формант на вокалот за лабијалниот консонант најверојатно се наоѓа околу 1200 Hz.

На Слика 21 ги прикажавме формантите на вокалот /a/ (а) со означена транзиција на првите два форманти. Се забележува дека транзицијата на вториот формант е краткотрајна и нема голема промена во фреквенцијата. Може да се каже дека транзицијата е речиси рамна. За време на транзицијата на првиот формант има поизразен раст на фреквенцијата, по што следи краткотрајна „стабилна состојба“ на вокалот без поголеми промени на фреквенцијата.





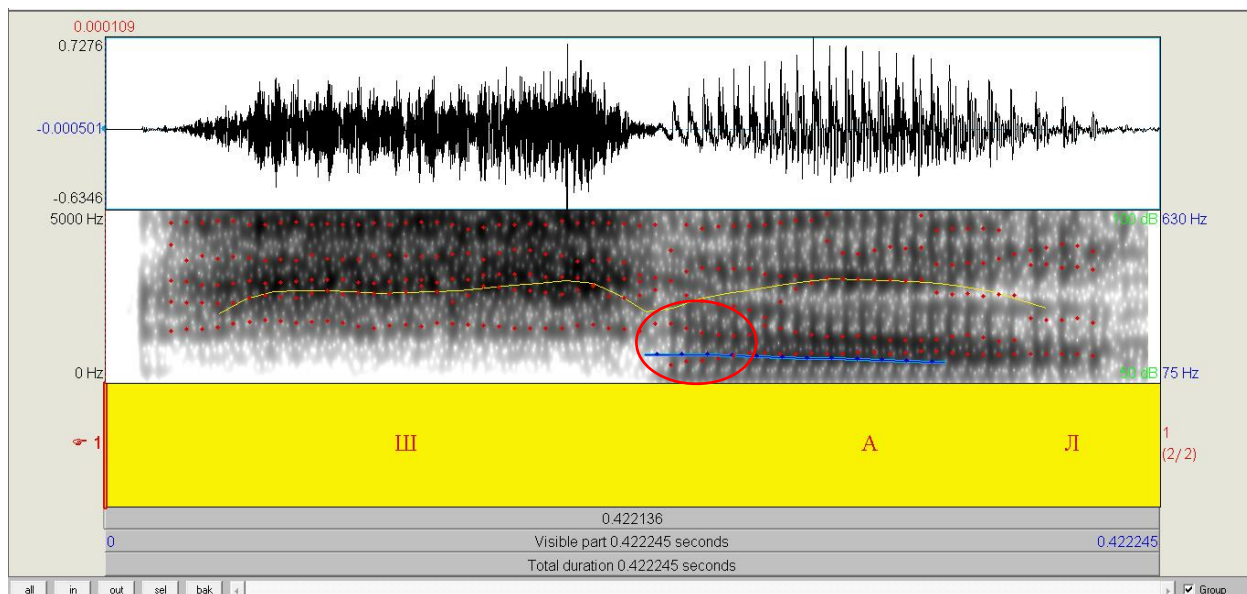
**Слика 21. Форманти на првиот вокал /a/ (a) во зборот [бања]**

Во Табела 21 ја прикажавме  $F_0$  и фреквенциите на формантите од F1 до F5 на вокалот /a/ (a) во контекст на плозивот /д/ (d) и како изолиран глас изговорен од истиот женски говорител. Фреквенцијата на вториот формант на гласот /a/ (a) во контекст на плозивот /б/ (b) е 1532 Hz. Таа е малку повисока од фреквенцијата на вториот формант на изолираниот вокал /a/ (a).

**Табела 21.  $F_0$  и фреквенции на формантите на вокалот /a/ (a)**

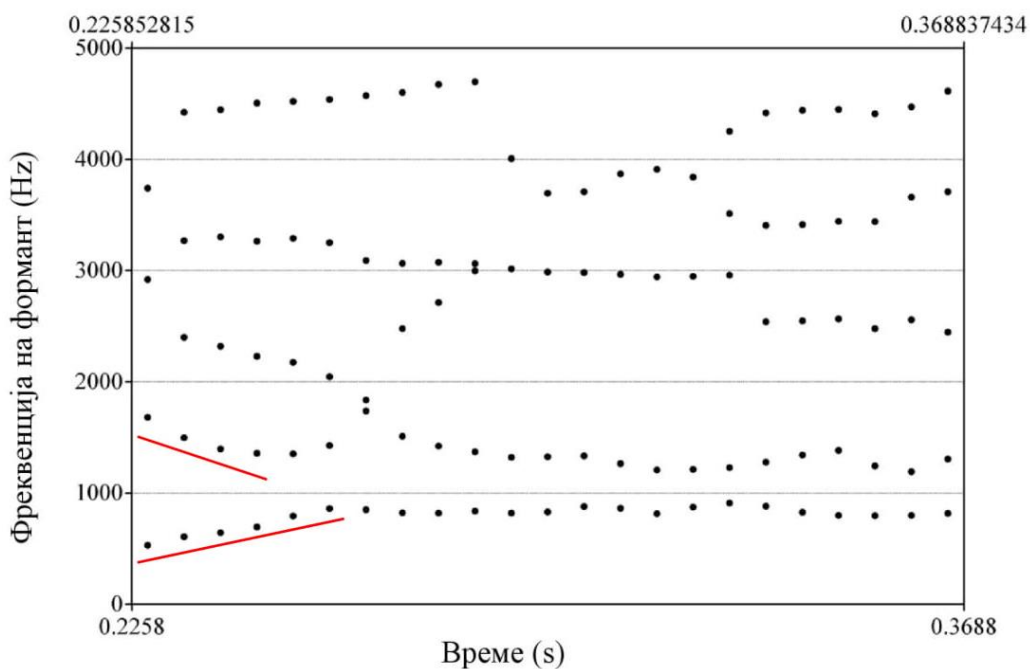
Ф <sub>0</sub> и форманти	Изолиран глас /a/ (Hz)	/a/ во контекст на /б/ (Hz)
F <sub>0</sub>	198	178
F1	1035	961
F2	1448	1532
F3	2905	3085
F4	3639	4006
F5	4307	4340

Ја анализиравме и транзицијата на формантите на вокалот /a/ (a) во зборот [шал]. Вокалот се наоѓа во контекст на алвеоларниот фрикатив /ш/ (ʃ). На Слика 22 се прикажани осцилограмот и спектрограмот на зборот [шал] изговорен од машки говорител.



**Слика 22. Осцилограм и спектрограм на зборот [шал]**

Се забележува асцендентна транзиција на F1 и десцендентна транзиција на F2. Времетраењето на зборот [шал] изнесува 422 ms, а на вокалот /a/ (a) 143 ms. На Слика 23 одделно ги прикажавме формантите на вокалот /a/ (a) во зборот [шал].



**Слика 23. Форманти на вокалот /a/ (a) во зборот [шал]**

Транзицијата на F1 трае 37 ms и фреквенцијата на формантот расте за 299 Hz, односно од 529 до 858 Hz. Транзицијата на F2 трае 25 ms и фреквенцијата на формантот опаѓа за 324 Hz. На почетокот на транзицијата фреквенцијата изнесува 1678 Hz, а на крајот на транзицијата изнесува 1354 Hz. Локусот на вториот формант за алвеоларниот консонант најверојатно се наоѓа околу 1700 Hz.

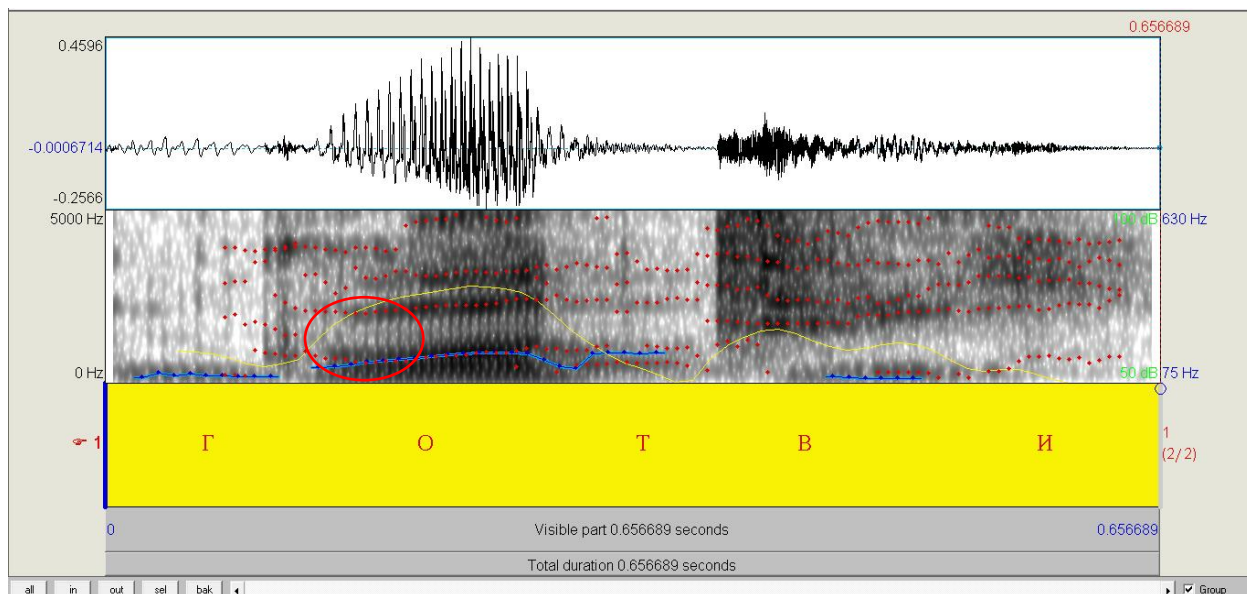
Во Табела 22 ги прикажавме F<sub>0</sub> и фреквенциите на формантите на вокалот /a/ (a) во контекст на фрикативот /ш/ (ʃ) и како изолиран глас кај машкиот говорител кој го изговори зборот [шал]. Фреквенцијата на вториот формант на вокалот /a/ (a) во контекст на фрикативот /ш/ (ʃ) е 1425 Hz. Фреквенцијата на вториот формант на изолираниот глас /a/ (a) е малку пониска и изнесува 1323 Hz. Не постои значајна разлика кај првиот формант на изолираниот глас /a/ (a) и во контекст на фрикативот /ш/ (ʃ).

**Табела 22. F<sub>0</sub> и фреквенции на формантите на вокалот /a/ (a)**

<b>F<sub>0</sub> и форманти</b>	<b>Изолиран глас /a/ (Hz)</b>	<b>/a/ во контекст на /ш/ (Hz)</b>
F <sub>0</sub>	145	166
F1	853	831
F2	1323	1425
F3	2574	2817
F4	3278	3508
F5	4304	4657

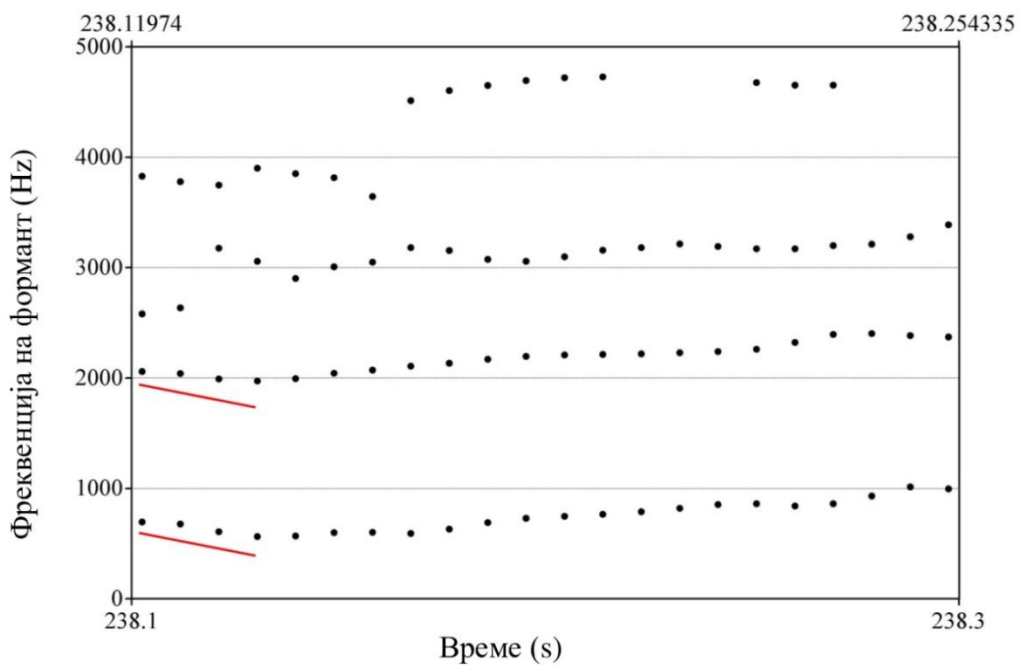
Транзицијата на формантите на вокалот /o/ (o) ја анализиравме во контекст на веларниот пловив /г/ (g). На Слика 24 се прикажани осцилограмот и спектрограмот на зборот [готви] изговорен од машки говорител. Транзицијата и на F1 и на F2 на вокалот /o/ (o) е десцендентна. Времетраењето на зборот [готви] изнесува 657 ms. По извршената сегментација, времетраењето на вокалот /o/ (o) изнесува 135 ms.

Транзицијата на првиот формант трае 26 ms. Во тој период фреквенцијата паѓа за 131 Hz. На почетокот на транзицијата таа изнесува 692 Hz, а на крајот на транзицијата 561 Hz. Транзицијата на вториот формант трае 25 ms. Кај овој формант исто така нема голема промена на фреквенцијата. Таа се намалува за 85 Hz, односно од 2056 до 1971 Hz. Транзицијата е речиси рамна. Локусот на вториот формант за веларниот консонант најверојатно се наоѓа околу 2100 Hz.



**Слика 24. Осцилограм и спектрограм на зборот [готви]**

На Слика 25 ги прикажавме формантите на вокалот /o/ (o) со означена транзиција на првите два форманти. Се забележува дека транзицијата на првите два форманти е десцендентна без изразени промени во фреквенцијата.



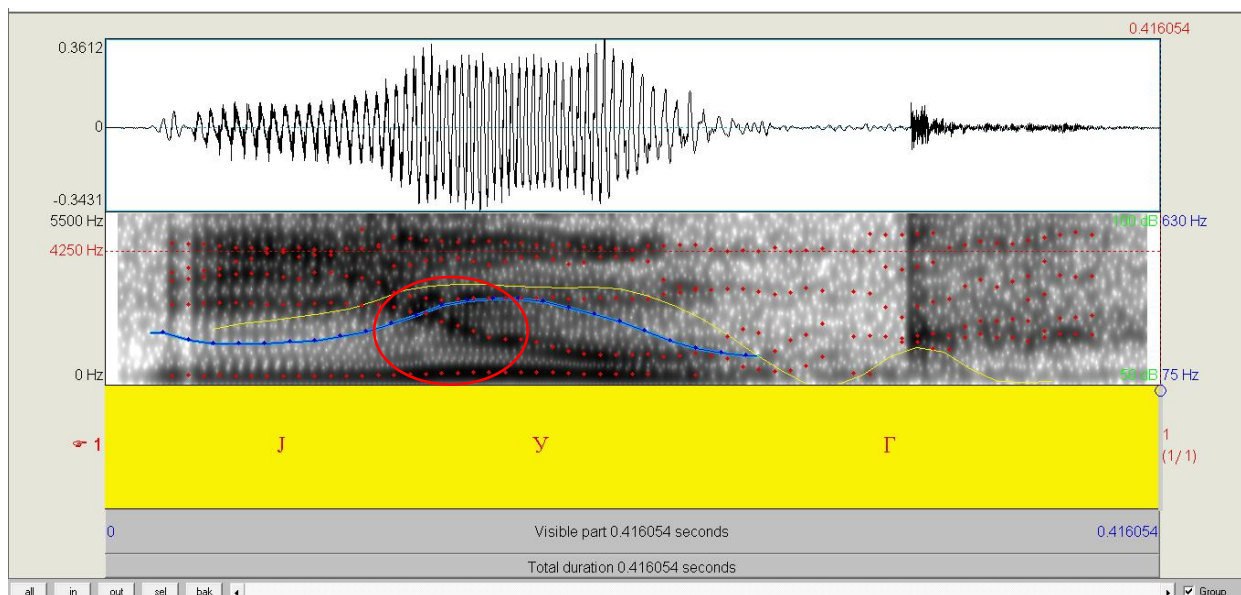
**Слика 25. Форманти на вокалот /o/ (o) во зборот [готви]**

Во Табела 23 ги прикажавме  $F_0$  и фреквенциите на формантите на вокалот /o/ (o) во контекст на плозивот /г/ (g) и како изолиран глас кај машкиот говорител кој го изговори зборот [готви].  $F_2$  на вокалот /o/ (o) во контекст на плозивот /г/ (g) е 2040 Hz во времетраење на гласот /o/ (o) од 135 ms.  $F_2$  на изолираниот глас /o/ (o) е 1506 Hz во времетраење на гласот од 284 ms.

**Табела 23.  $F_0$  и фреквенции на формантите на вокалот /o/ (o)**

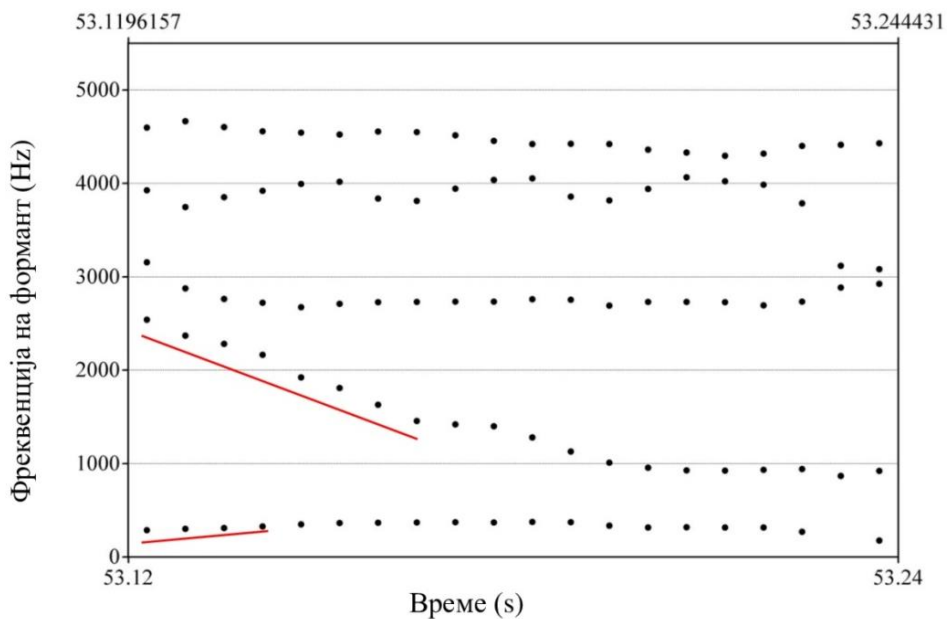
Фo и форманти	Изолиран глас /o/ (Hz)	/o/ во контекст на /г/ (Hz)
$F_0$	146	127
$F_1$	662	688
$F_2$	1506	2040
$F_3$	2822	3002
$F_4$	3779	4098
$F_5$	4049	4651

Од групата на палаталните гласови го анализиравме влијанието на фрикативот /j/ (j) врз вокалот /y/ (u). На Слика 26 се прикажани осцилограмот и спектрограмот на зборот [југ] изговорен од женски говорител. Транзицијата на  $F_1$  на вокалот /y/ (u) е асцендентна, односно речиси рамна, а транзицијата на  $F_2$  е изразено десцендентна.

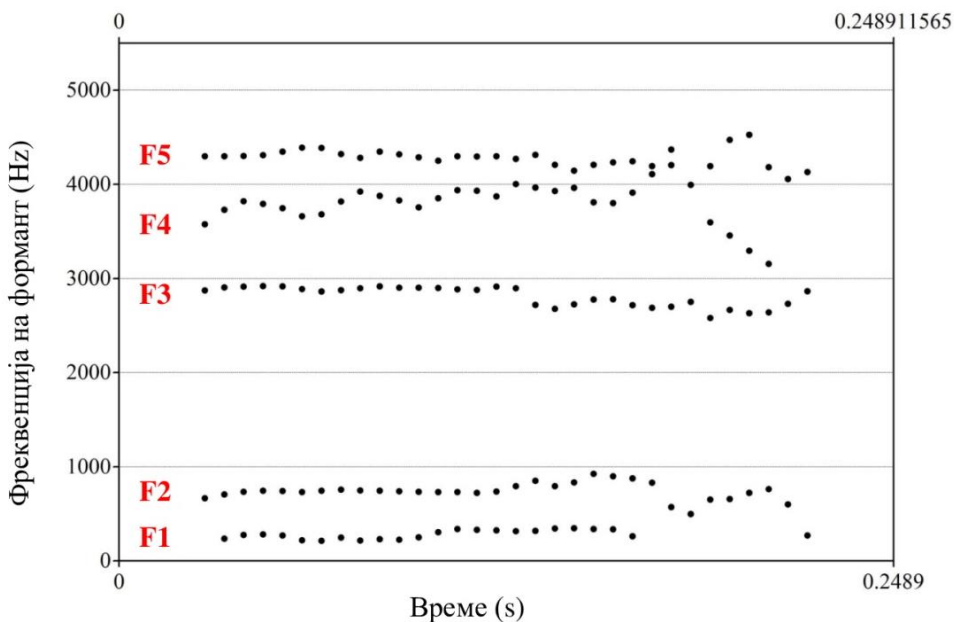


**Слика 26. Осцилограм и спектрограм на зборот [југ]**

На Слика 27 ги прикажавме формантите на вокалот /y/ (u) во зборот [jyɹ], а на Слика 28 формантите на изолираниот вокал /y/ (u) кај истиот женски говорител. Се забележува големата промена на F2 под влијание на претходниот консонант.



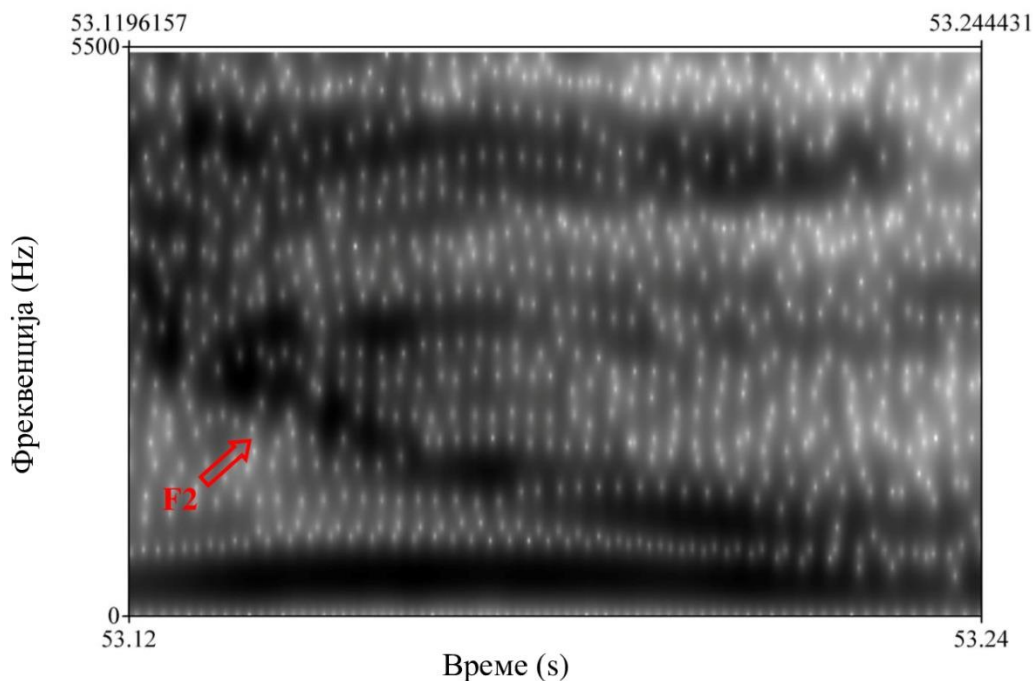
Слика 27. Форманти на вокалот /y/ (u) во зборот [jyɹ]



Слика 28. Форманти на изолиран вокал /y/ (u)

Зборот [jyɟ] трае 416 ms, а вокалот /y/ (u) трае 125 ms. Времетраењето на транзицијата на F1 е 27 ms и во тој период фреквенцијата расте за 63 Hz. На почетокот на транзицијата фреквенцијата изнесува 283 Hz, а на крајот на транзицијата 346 Hz. Во периодот од 48 ms, колку што трае транзицијата на F2, настанува нагло опаѓање на фреквенцијата на формантот за 1084 Hz, од 2537 до 1453 Hz. Локусот на вториот формант за палаталниот консонант најверојатно се наоѓа околу 2600 Hz.

Концентрацијата на акустична енергија на формантите на вокалот /y/ (u) во зборот [jyɟ] се забележува и на спектрограмот на вокалот прикажан на Слика 29. Особено видлив е падот на фреквенцијата на вториот формант.



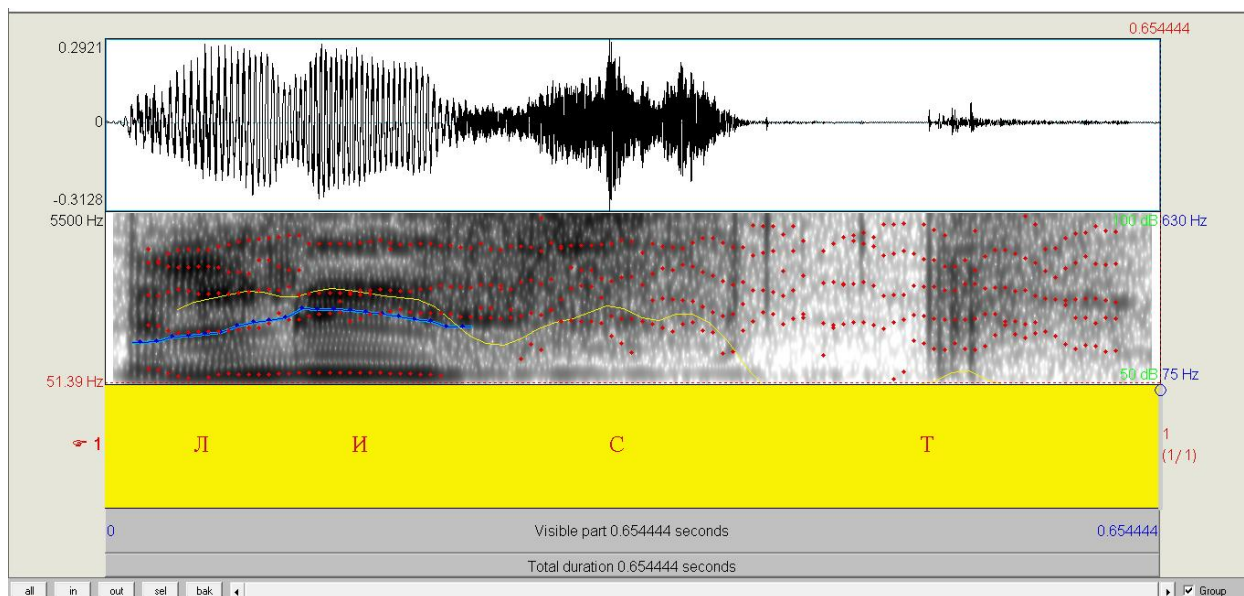
**Слика 29. Спектрограм на вокалот /y/ (u) во зборот [jyɟ]**

Во Табела 24 ги прикажавме  $F_0$  и фреквенциите на формантите на вокалот /y/ (u) како изолиран глас кај женскиот говорител кој го изговори зборот [jyɟ] и во контекст на фрикативот /j/ (j). Фреквенцијата на вториот формант на вокалот /y/ (u) во контекст на фрикативот /j/ (j) е 1542 Hz во времетраење на гласот /y/ (u) од 125 ms. Фреквенцијата на вториот формант на изолираниот глас /y/ (u) е 1320 Hz во времетраење на гласот од 249 ms. Фреквенцијата на првиот формант на изолираниот вокал /y/ (u) е малку повисока во однос на F1 на вокалот во контекст на фрикативот /j/ (j).

**Табела 24. Fo и фреквенции на формантите на вокалот /y/ (u)**

Fo и форманти	Изолиран глас /y/ (Hz)	/y/ во контекст на /j/ (Hz)
Fo	238	258
F1	386	352
F2	1320	1542
F3	3093	2781
F4	3992	3903
F5	4286	4469

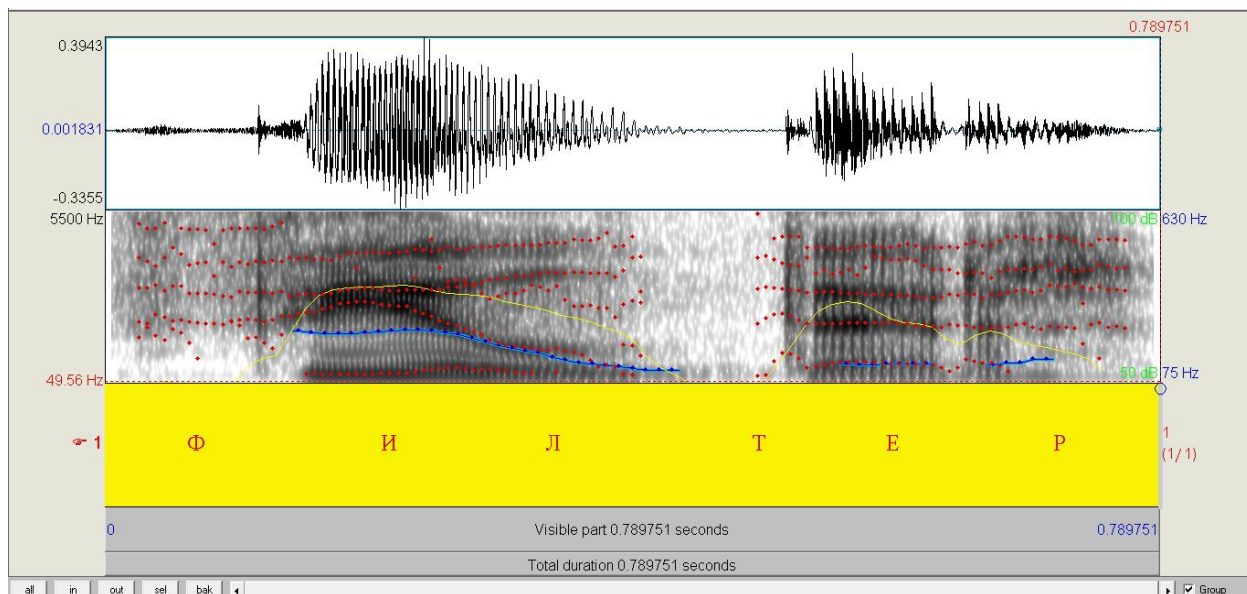
На Слика 30 ги прикажавме осцилограмот и спектрограмот на зборот [лист]. Може да се забележи дека осцилограмот и спектрограмот на дентално-алвеоларниот латерал /л/ (l) се слични на осцилограмот и на спектрограмот на вокалот /и/ (i). Кај латералот /л/ (l) измерени се следните вредности: Fo 210 Hz, F1 420 Hz, F2 1815 Hz, F3 2957 Hz, F4 3732 Hz и F5 4289 Hz.



**Слика 30. Осцилограм и спектрограм на зборот [лист]**

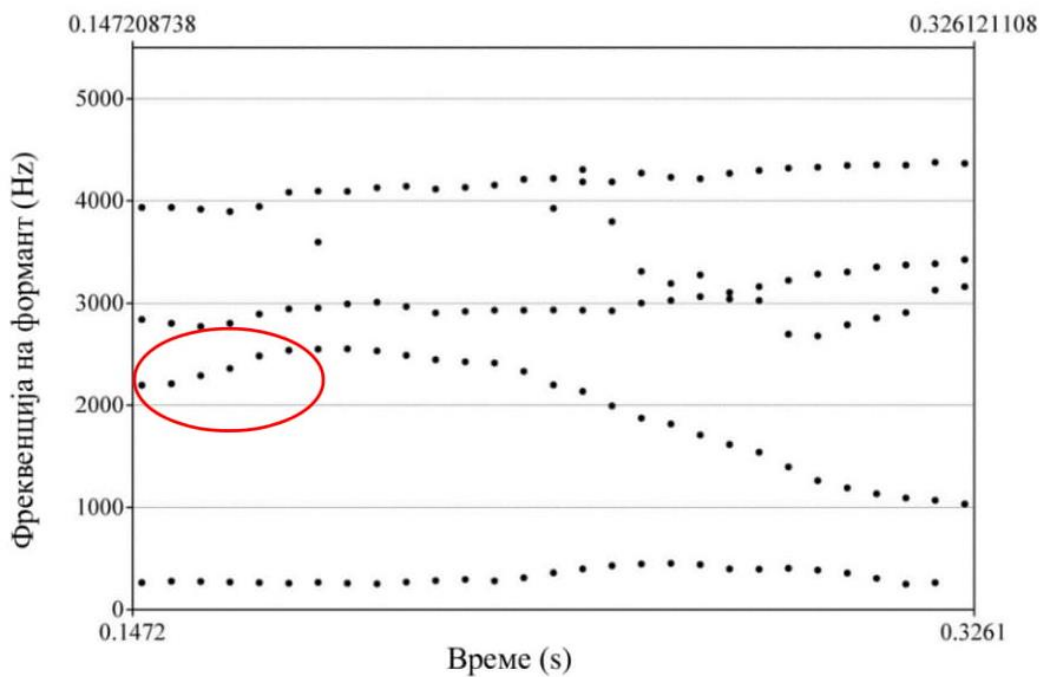
На Слика 31 се прикажани осцилограмот и спектрограмот на зборот [филтер]. Карактеристично за лабијалниот фрикатив /ф/ (f) е тоа што интензитетот е многу низок, а во однос на неговите спектрални моменти, тежиштето е 2785 Hz, спектралната стандардна девијација 2353 Hz, наклонот на спектарот 1,4 и куртозис 2,4.





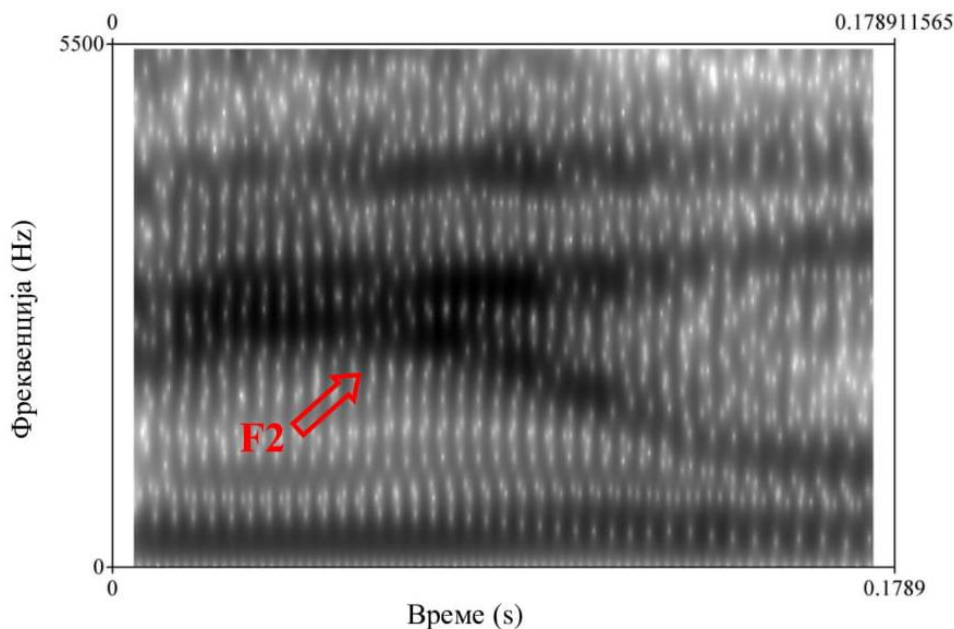
**Слика 31. Осцилограм и спектрограм на зборот [филтер]**

На Слика 32 се прикажани формантите на вокалот /и/ (i) во зборот [филтер]. Зборот [филтер] трае 790 ms, а вокалот /и/ (i) трае 179 ms.



**Слика 32. Форманти на вокалот /и/ (i) во зборот [филтер]**

Кај вокалот /и/ (i) што се наоѓа во позиција по фрикативот /ф/ (f) се јавува асцендентна транзиција на F2, а кај F1 не постои транзиција. Транзицијата на F2 е 37 ms и во тој период F2 нагло расте за 340 Hz, односно од 2194 Hz до 2534 Hz. F2 многу кратко се наоѓа во стабилна состојба, а потоа неговата фреквенција нагло опаѓа. Тоа се забележува и од концентрацијата на акустична енергија на спектрограмот прикажан на Слика 33.



**Слика 33. Спектрограм на вокалот /и/ (i) во зборот [филтер]**

Во Табела 25 се прикажани  $F_0$  и фреквенциите на формантите на вокалот /и/ (i) како изолиран глас и во контекст на фрикативот /ф/ (f). F2 на изолираниот вокал /и/ (i) е повисок од F2 на вокалот во контекст на фрикативот /ф/ (f).

**Табела 25.  $F_0$  и фреквенции на формантите на вокалот /и/ (i)**

<b><math>F_0</math> и форманти</b>	<b>Изолиран глас /и/ (Hz)</b>	<b>/и/ во контекст на /ф/ (Hz)</b>
$F_0$	228	231
F1	252	341
F2	2603	2069
F3	2827	2928
F4	3776	3728
F5	4352	4261

Во следната фаза на истражувањето, со цел да се конструираат фонетски балансираните тестови за говорна аудиометрија, ја пресметавме фреквенцијата на фонемите во македонскиот јазик (Табела 26). За таа цел е користен корпус од 178 реченици.

**Табела 26. Фреквенција на фонемите во корпусот за фонетски баланс**

Реден број	Фонемите (МК)	Фонемите (IPA)	Но	%
1	а	a	1498	12,9
2	о	o	1165	10
3	е	e	1078	9,3
4	и	i	1057	9,1
5	т	t	816	7
6	н	n	799	6,9
7	р	r	588	5,1
8	с	s	512	4,4
9	в	v	475	4,1
10	д	d	467	4
11	к	k	419	3,6
12	л	l	365	3,1
13	м	m	321	2,8
14	п	p	302	2,6
15	у	u	287	2,5
16	г	g	211	1,8
17	б	b	193	1,7
18	ј	j	187	1,6
19	з	z	171	1,5
20	ш	ʃ	144	1,2
21	ч	tʃ	111	1
22	ц	ts	104	0,9
23	ж	ʒ	64	0,6
24	ќ	c	53	0,5
25	ф	f	60	0,5
26	х	h	52	0,4
27	њ	ɲ	36	0,3
28	џ	dʒ	31	0,3
29	ѓ	ɟ	28	0,2
30	љ	ʎ	21	0,2
31	ѕ	dʒ	14	0,1

Во македонскиот јазик, најголема фреквенција има вокалот /a/ (а), а најмала фреквенција има консонантот /s/ (џ). Вкупниот број на фонеме во корпусот од 178 реченици кои ги содржат најфреквентните зборови во македонскиот јазик изнесува 11629, од кои 5085 се вокали (43,7%), а 6544 се консонанти (56,3%). Фонемите во табелата се прикажани по редослед, започнувајќи од фонемата со најголема фреквенција.

Врз основа на пресметаната фреквенција на фонемите конструираме 4 листи на зборови за говорна аудиометрија коишто се фонетски балансирани, односно имаат приближна застапеност на фонемите како во корпусот којшто е репрезентација на фреквенцијата на фонемите во македонскиот јазик. Тест бр. 1 и Тест бр. 2 содржат 50 едносложни зборови, а Тест бр. 3 и Тест бр. 4 содржат 36 двосложни зборови.

Бројот на фонеме во Тест бр. 1 изнесува 169, од кои 50 се вокали (29,6%) и 119 се консонанти (70,4%). Бројот на фонеме во Тест бр. 2 изнесува 172, од кои 50 се вокали (29,1%) и 122 се консонанти (70,9%). Во Табела 27 е прикажана фреквенцијата на вокалите во тестовите со едносложни зборови Тест бр. 1 и во Тест бр. 2. Фреквенциите на фонемите во тестовите ги прикажавме паралелно со фреквенцијата на фонемите во корпусот што ги содржи најчестите зборови во македонскиот јазик.

**Табела 27. Фреквенција на вокалите во Тест бр. 1 и во Тест бр. 2**

Вокали		Корпус		Тест бр. 1		Тест бр. 2	
МК	IPA	No	%	No	%	No	%
а	а	1498	12,9	17	10,1	17	9,9
о	о	1165	10	11	6,5	11	6,4
е	е	1078	9,3	10	5,9	10	5,8
и	і	1057	9,1	9	5,3	9	5,2
у	и	287	2,5	3	1,8	3	1,7

Бројот на вокали во Тест бр. 1 и во Тест бр. 2 е поголем во однос на бројот на вокали во Тест бр. 3 и Тест бр. 4 бидејќи првите два теста содржат едносложни зборови во кои се сретнува по еден вокал како нуклеус на слогот, а тестовите со двосложни зборови содржат два вокали бидејќи имаат два слога.

Во Табела 28 е прикажана фреквенцијата на консонантите во тестовите со едносложни зборови Тест бр. 1. и Тест бр 2.

**Табела 28. Фреквенција на консонантите во Тест бр. 1 и во Тест бр. 2**

Консонанти		Корпус		Тест бр. 1		Тест бр. 2	
МК	IPA	No	%	No	%	No	%
т	t	816	7	13	7,7	14	8,1
н	n	799	6,9	12	7,1	11	6,4
р	r	588	5,1	10	5,9	11	6,4
с	s	512	4,4	10	5,9	11	6,4
в	v	475	4,1	9	5,3	10	5,8
д	d	467	4	8	4,7	10	5,8
к	k	419	3,6	8	4,7	9	5,2
л	l	365	3,1	7	4,1	8	4,7
м	m	321	2,8	4	2,4	5	2,9
п	p	302	2,6	4	2,4	4	2,3
г	g	211	1,8	4	2,4	4	2,3
б	b	193	1,7	4	2,4	4	2,3
ј	j	187	1,6	4	2,4	4	2,3
з	z	171	1,5	4	2,4	3	1,7
ш	ʃ	144	1,2	3	1,8	2	1,2
ч	tʃ	111	1	3	1,8	2	1,2
ц	ts	104	0,9	2	1,2	1	0,6
ж	ʒ	64	0,6	2	1,2	1	0,6
ф	f	60	0,5	1	0,6	1	0,6
ќ	c	53	0,5	1	0,6	1	0,6
х	h	52	0,4	1	0,6	1	0,6
њ	ɲ	36	0,3	1	0,6	1	0,6
џ	dʒ	31	0,3	1	0,6	1	0,6
ѓ	ɟ	28	0,2	1	0,6	1	0,6
љ	ɭ	21	0,2	1	0,6	1	0,6
ѕ	dʒ	14	0,1	1	0,6	1	0,6

Бројот на фонеме во Тест бр. 3 изнесува 171, од кои 72 се вокали (42,1%) и 99 се консонанти (57,9%). Бројот на фонеме во Тест бр. 4 изнесува 178, од кои 72 се вокали (40,4%) и 126 се консонанти (59,6%).

Во Табела 29 е прикажана фреквенцијата на вокалите во тестовите со двосложни зборови Тест бр. 3 и Тест бр. 4. Вокалите и во овие два теста се појавуваат по истиот редослед како вокалите во корпусот. Во Табела 30 е прикажана фреквенцијата на консонантите во Тест бр. 3 и во Тест бр. 4.

**Табела 29. Фреквенција на вокалите во Тест бр. 3 и во Тест бр. 4**

Вокали		Корпус		Тест бр. 3		Тест бр. 4	
МК	IPA	№	%	№	%	№	%
а	a	1498	12,9	23	13,5	24	13,5
о	o	1165	10	18	10,5	16	9
е	e	1078	9,3	18	10,5	16	9
и	i	1057	9,1	9	5,3	10	5,6
у	u	287	2,5	4	2,3	6	3,4

**Табела 30. Фреквенција на консонантите во Тест бр. 3 и во Тест бр. 4**

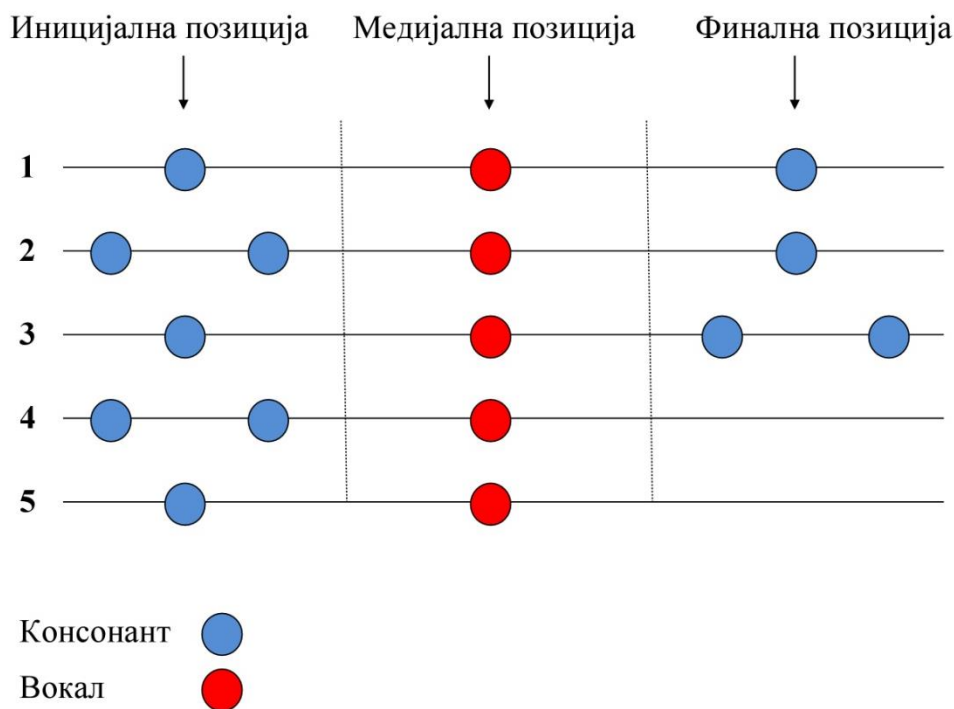
Консонанти		Корпус		Тест бр. 3		Тест бр. 4	
МК	IPA	№	%	№	%	№	%
т	t	816	7	13	7,6	12	6,7
н	n	799	6,9	8	4,7	9	5,1
р	r	588	5,1	8	4,7	9	5,1
с	s	512	4,4	8	4,7	9	5,1
в	v	475	4,1	8	4,7	8	4,5
д	d	467	4	7	4,1	8	4,5
к	k	419	3,6	7	4,1	8	4,5
л	l	365	3,1	5	2,9	6	3,4
м	m	321	2,8	5	2,9	6	3,4
п	p	302	2,6	3	1,8	4	2,2
г	g	211	1,8	3	1,8	3	1,7
б	b	193	1,7	3	1,8	3	1,7
ј	j	187	1,6	3	1,8	3	1,7
з	z	171	1,5	2	1,2	2	1,1
ш	ʃ	144	1,2	2	1,2	2	1,1
ч	tʃ	111	1	2	1,2	2	1,1
ц	ts	104	0,9	2	1,2	2	1,1
ж	ʒ	64	0,6	2	1,2	2	1,1
ф	f	60	0,5	1	0,6	1	0,6
ќ	c	53	0,5	1	0,6	1	0,6
х	h	52	0,4	1	0,6	1	0,6
њ	ɲ	36	0,3	1	0,6	1	0,6
џ	dʒ	31	0,3	1	0,6	1	0,6
ѓ	ɟ	28	0,2	1	0,6	1	0,6
љ	ɭ	21	0,2	1	0,6	1	0,6
ѕ	dʒ	14	0,1	1	0,6	1	0,6

Во Табела 31 е прикажана структурата на слогот во тестовите со едносложни зборови и бројот на зборови со таква структура на слогот. Словите се состојат од различни комбинации на консонанти (К) и на вокали (В). Најчеста е структурата КВК.

**Табела 31. Структура на словите кај еднослужните зборови**

Структура на слогови	Тест бр. 1		Тест бр. 2		Вкупно	
	No	%	No	%	No	%
КВК	27	27	28	28	55	55
ККВК	12	12	14	14	26	26
КВКК	8	8	8	8	16	16
ККВ	2	2	/	0	2	2
КВ	1	1	/	0	1	1
Вкупно	50	50	50	50	100	100

На Слика 34 е прикажана позицијата на фонемите во слоговите. Освен најчестата структура на слог КВК, со вокалот во медијална позиција како јадро на слогот, постојат уште неколку комбинации на консонантите и на вокалите во слоговите.



*Слика 34. Позиција на фонемите во слогот*

Во Табела 32 е прикажана структурата на слоговите во тестовите со двосложни зборови и бројот на зборови со таква структура на слогови. Вкупно кај сите двосложни зборови најчеста е структурата на слогови КВККВ.

**Табела 32. Структура на слоговите кај двосложните зборови**

Структура на слогови	Тест бр. 3		Тест бр. 4		Вкупно	
	No	%	No	%	No	%
КВККВ	10	13,9	10	13,9	20	27,8
КВКВ	11	15,3	8	11,1	19	26,4
КВКВК	5	6,9	9	12,5	14	19,4
ККВКВ	5	6,9	3	4,2	8	11,1
КВККВК	2	2,8	2	2,8	4	5,6
ВККВК	1	1,4	/	0	1	1,4
ВКВК	1	1,4	/	0	1	1,4
КВКККВ	1	1,4	/	0	1	1,4
КВКККВК	/	0	1	1,4	1	1,4
ККВКВК	/	0	1	1,4	1	1,4
ККВККВ	/	0	1	1,4	1	1,4
Вкупно	36	50	36	50	72	100

Во Табела 33 е прикажана застапеноста на различни видови на зборови во тестовите. Во сите тестови најзастапени зборови се именките.

**Табела 33. Застапеност на зборовните групи во тестовите**

Видови на зборови	Тест бр. 1		Тест бр. 2		Тест бр. 3		Тест бр. 4		Вкупно	
	No	%	No	%	No	%	No	%	No	%
Именки	38	22,1	37	21,5	27	15,7	27	15,7	129	75
Придавки	7	4,1	13	7,6	2	1,2	4	2,3	26	15,1
Глаголи	/	0	/	0	6	3,5	4	2,3	10	5,8
Броеви	2	1,2	/	0	/	0	/	0	2	1,2
Прилози	/	0	/	0	1	0,6	1	0,6	2	1,2
Заменки	1	0,6	/	0	/	0	/	0	1	0,6
Предлози	1	0,6	/	0	/	0	/	0	1	0,6
Честички	1	0,6	/	0	/	0	/	0	1	0,6
Вкупно	50	29,1	50	29,1	36	20,9	36	20,9	172	100

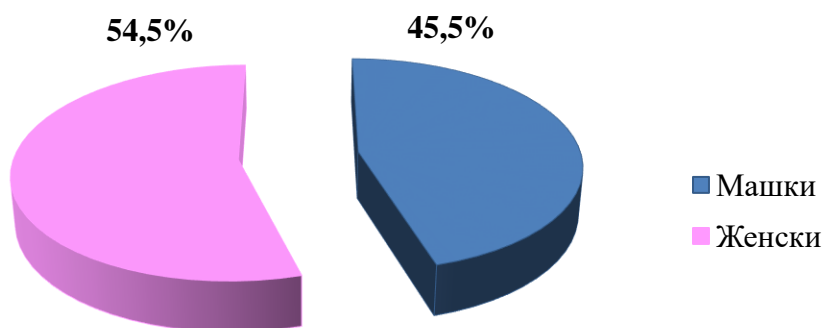


Клиничката валидација на тестовите е реализирана на примерок од 110 испитаници, 50 машки и 60 женски, на возраст од 5 до 75 години (средна возраст  $51,2 \pm 19,5$  години). Во однос на возраста, 12 се деца, 9 машки и 3 женски, на возраст од 5 до 14 години (средна возраст  $7,7 \pm 2,7$  години) и 98 се возрасни, 41 машки и 57 женски, на возраст од 22 до 75 години (средна возраст  $56,5 \pm 12,9$  години). Кај 110 пациенти тестирани се вкупно 220 уши, 100 кај машките и 120 уши кај женските испитаници. Во Табела 34 е прикажан примерокот на истражувањето во однос на полот и на возраста.

**Табела 34. Примерок на истражувањето**

Возраст (години)	Машки		Женски		Вкупно	
	No	%	No	%	No	%
5-14	9	8,2	3	2,7	12	10,9
22-30	3	2,7	3	2,7	6	5,5
31-40	2	1,8	3	2,7	5	4,5
41-50	8	7,3	11	10	19	17,3
51-60	11	10	13	11,8	24	21,8
61-70	14	12,7	20	18,2	34	30,9
71-75	3	2,7	7	6,4	10	9,1
Вкупно	50	45,5	60	54,5	110	100

На Слика 35 е прикажана процентуалната застапеност на испитаниците во однос на полот. Од вкупниот број, 45,5% се машки и 54,5% се женски испитаници.



**Слика 35. Застапеност на испитаниците во однос на полот**

Во Табела 35 е прикажан бројот на уши со уреден слух и со редукција на слухот во однос на полот кај сите пациенти. Статистичката обработка на податоците со  $\chi^2$  тест покажа дека не постои статистички значајна разлика во бројот на случаи со редукција на слухот во однос на полот.

**Табела 35. Број на уши со уреден слух и со редукција на слухот според полот**

Состојба на слухот	Машки		Женски		Вкупно	
	No	%	No	%	No	%
Уреден слух	15	6,8	11	5	26	11,8
Редукција	85	38,6	109	49,5	194	88,2
Вкупно	100	45,5	120	54,5	220	100

$$\chi^2 = 1,781 \quad df = 1 \quad p = 0,182$$

Во Табела 36 е прикажан бројот на уши со уреден слух и со редукција на слухот во однос на возраста кај сите пациенти. Евидентиран е поголем број на возрасни лица со редукција на слухот. Статистичката обработка на податоците со  $\chi^2$  тест покажа дека постои статистички значајна разлика во бројот на случаи со редукција на слухот во однос на возраста.

**Табела 36. Број на уши со уреден слух и со редукција на слухот според возраста**

Состојба на слухот	Возрасни		Деца		Вкупно	
	No	%	No	%	No	%
Уреден слух	17	7,7	9	4,1	26	11,8
Редукција	179	81,4	15	6,8	194	88,2
Вкупно	196	89,1	24	10,9	220	100

$$\chi^2 = 17,049 \quad df = 1 \quad p = 0,00003643$$

Во Табела 37 е прикажана застапеноста на билатералната и на унилатералната редукција на слухот во однос на полот кај сите пациенти. Статистичката обработка со  $\chi^2$  тест покажа дека не постои статистички значајна разлика во дистрибуцијата на билатералната и на унилатералната редукција на слухот во однос на полот.

**Табела 37. Билатерална и унилатерална редукција во однос на полот**

Редукција на слухот	Машки		Женски		Вкупно	
	No	%	No	%	No	%
Билатерална	35	31,8	49	44,5	84	76,4
Унилатерална десно	6	5,5	4	3,6	10	9,1
Унилатерална лево	9	8,2	7	6,4	16	14,5
Вкупно	50	45,5	60	54,5	110	100

$$\chi^2 = 2,092 \quad df = 2 \quad p = 0,351$$

Во Табела 38 е прикажана застапеноста на билатералната и на унилатералната редукција на слухот во однос на возраста. Најголем број на пациенти се возрасни лица со билатерална редукција на слухот. Статистичката обработка на податоците со Fisher Exact тест покажа дека постои статистички значајна разлика во дистрибуцијата на билатералната и на унилатералната редукција на слухот во однос на возраста.

**Табела 38. Билатерална и унилатерална редукција во однос на возраста**

Редукција на слухот	Возрасни		Деца		Вкупно	
	No	%	No	%	No	%
Билатерална	81	73,6	3	2,7	84	76,4
Унилатерална десно	6	5,5	4	3,6	10	9,1
Унилатерална лево	11	10	5	4,5	16	14,5
Вкупно	98	89,1	12	10,9	110	100

$$p = 0,0001$$

Во Табела 39 е прикажана застапеноста на одреден тип на редукција на слухот во однос на полот кај возрасните лица. Кај 98 возрасни пациенти анализирани се вкупно 179 уши. Најчест тип на редукција на слухот е сензоневралната редукција која е застапена во 86,6% од случаите.

**Табела 39. Тип на редукција на слухот кај возрасните во однос на полот**

Тип на редукција	Машки		Женски		Вкупно	
	No	%	No	%	No	%
Кондуктивна	3	1,7	8	4,5	11	6,1
Сензоневрална	67	37,4	88	49,2	155	86,6
Мешана	4	2,2	9	5	13	7,3
Вкупно	74	41,3	105	58,7	179	100

Во Табела 40 е прикажана застапеноста на одреден тип на редукција на слухот во однос на полот кај децата. Кај 12 деца анализирани се вкупно 15 уши. Најчест тип на редукција на слухот е кондуктивната редукција која била застапена во 86,7% од случаите.

**Табела 40. Тип на редукција на слухот кај децата во однос на полот**

Тип на редукција	Машки		Женски		Вкупно	
	No	%	No	%	No	%
Кондуктивна	11	73,3	2	13,3	13	86,7
Сензоневрална	/	0	1	6,7	1	6,7
Мешана	/	0	1	6,7	1	6,7
Вкупно	11	73,3	4	26,7	15	100

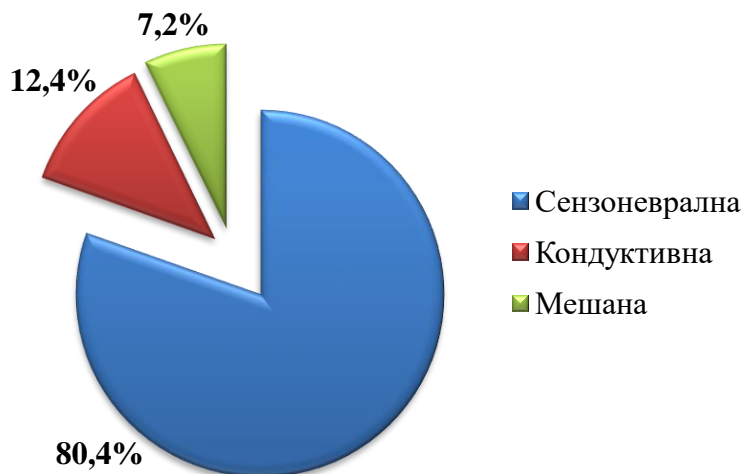
Во Табела 41 е прикажана застапеноста на одреден тип на редукција на слухот кај сите пациенти во однос на полот. Најчест тип е сензоневралната редукција. Таа е застапена во 80,4% од сите случаи.

**Табела 41. Тип на редукција на слухот кај сите пациенти во однос на полот**

Тип на редукција	Машки		Женски		Вкупно	
	No	%	No	%	No	%
Кондуктивна	14	7,2	10	5,2	24	12,4
Сензоневрална	67	34,5	89	45,9	156	80,4
Мешана	4	2,1	10	5,2	14	7,2
Вкупно	85	43,8	109	56,2	194	100

$$\chi^2 = 3,424 \quad df = 2 \quad p = 0,18$$

Статистичката обработка на податоците со  $\chi^2$  тест покажа дека не постои статистички значајна разлика во дистрибуцијата на одреден тип на редуција на слухот во однос на полот. На Слика 36 е прикажан типот на редуција на слухот кај сите пациенти.



Слика 36. Тип на редуција на слухот

Во Табела 42 е прикажана застапеноста на одреден тип на редуција на слухот кај сите пациенти во однос на возраста. Кај возрасните најчест тип на редуција е сензонеуралната редуција. Кај децата најчеста е кондуктивната редуција, но примерокот е мал за да се докаже статистички значајна разлика. Статистичката анализа на податоците со Fisher Exact тест покажа дека не постои статистички значајна разлика во застапеноста на одреден тип на редуција на слухот кај децата и кај возрасните.

Табела 42. Тип на редуција на слухот во однос на возраста

Тип на редуција	Возрасни		Деца		Вкупно	
	No	%	No	%	No	%
Кондуктивна	11	5,7	13	6,7	24	12,4
Сензонеурална	155	79,9	1	0,5	156	80,4
Мешана	13	6,7	1	0,5	14	7,2
Вкупно	179	92,3	15	7,7	194	100

$$p = 3,264$$

Во Табела 43 е прикажан степенот на редукција на слухот кај возрасните лица во однос на полот. Кај двата пола најчеста е лесната редукција на слухот.

**Табела 43. Степен на редукција на слухот кај возрасните во однос на полот**

Степен на редукција	Машки		Женски		Вкупно	
	No	%	No	%	No	%
Уреден слух	8	4,1	9	4,6	17	8,7
Лесна	50	25,5	80	40,8	130	66,3
Умерена	16	8,2	18	9,2	34	17,3
Тешка	8	4,1	7	3,6	15	7,7
Вкупно	82	41,8	114	58,2	196	100

$$\chi^2 = 1,995 \quad df = 3 \quad p = 0,573$$

Степенот на редукција на слухот е одреден со калкулирање на средната вредност на прагот на слухот на фреквенциите 500, 1000, 2000 и 4000 Hz. Статистичката обработка на податоците со  $\chi^2$  тест покажа дека не постои значајна разлика во дистрибуцијата на одреден степен на редукција на слухот кај возрасните лица во однос на полот.

Во Табела 44 е прикажан степенот на редукција на слухот кај децата во однос на полот. Кај двата пола најчеста е лесната редукција на слухот.

**Табела 44. Степен на редукција на слухот кај децата во однос на полот**

Степен на редукција	Машки		Женски		Вкупно	
	No	%	No	%	No	%
Уреден слух	7	29,2	2	8,3	9	37,5
Лесна	11	45,8	3	12,5	14	58,3
Умерена	/	0	/	0	/	0
Тешка	/	0	1	4,2	1	4,2
Вкупно	18	75	6	25	24	100

Во Табела 45 е прикажан степенот на редукција на слухот кај сите пациенти во однос на полот. Кај двата пола најчеста е лесната редукција на слухот. Статистичката

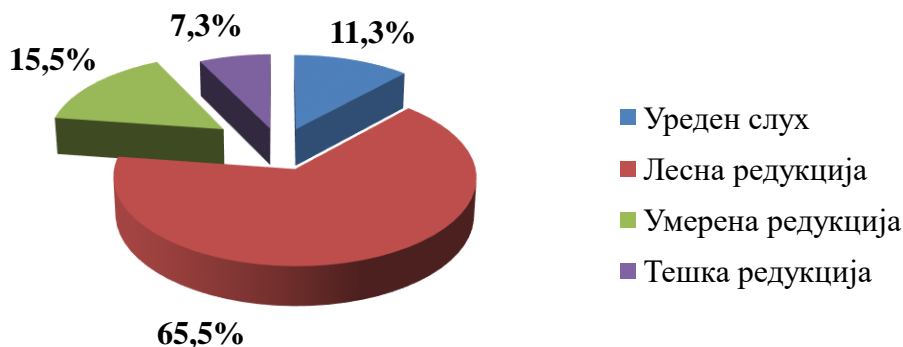
обработка на податоците со  $\chi^2$  тест покажа дека не постои значајна разлика во дистрибуцијата на одреден степен на редукција на слухот во однос на полот.

**Табела 45. Степен на редукција на слухот кај сите пациенти во однос на полот**

Степен на редукција	Машки		Женски		Вкупно	
	No	%	No	%	No	%
Уреден слух	15	6,8	11	5	26	11,8
Лесна	61	27,7	83	37,7	144	65,5
Умерена	16	7,3	18	8,2	34	15,5
Тешка	8	3,6	8	3,6	16	7,3
Вкупно	100	45,5	120	54,5	220	100

$$\chi^2 = 2,295 \quad df = 3 \quad p = 0,513$$

На Слика 37 е прикажана застапеноста на одреден степен на редукција на слухот кај сите пациенти. Лесната редукција е застапена во 65,5% од случаите.



**Слика 37. Степен на редукција на слухот**

Во Табела 46 е прикажана застапеноста на одреден степен на редукција на слухот кај сите пациенти во однос на возраста. Лесната редукција е најчеста и кај возрасните лица и кај децата.

**Табела 46. Степен на редукција на слухот во однос на возраста**

Степен на редукција	Возрасни		Деца		Вкупно	
	No	%	No	%	No	%
Уреден слух	17	7,7	9	4,1	26	11,8
Лесна	130	59,1	14	6,4	144	65,5
Умерена	34	15,5	/	0	34	15,5
Тешка	15	6,8	1	0,5	16	7,3
Вкупно	196	89,1	24	10,9	220	100

Во Табела 47 е прикажана застапеноста на одредена аудиометриска конфигурација кај сите случаи на редукција на слухот во однос на полот. Кај двата пола најчеста е десцендентната аудиометриска конфигурација. Статистичката обработка на податоците со  $\chi^2$  тест покажа дека постои статистички значајна разлика во дистрибуцијата на одреден тип на аудиометриска конфигурација кај машките и кај женските испитаници.

**Табела 47. Аудиометриска конфигурација во однос на полот**

Аудиометриска конфигурација	Машки		Женски		Вкупно	
	No	%	No	%	No	%
Асцендентна	5	2,6	5	2,6	10	5,2
Десцендентна	34	17,5	61	31,4	95	49
Рамна	14	7,2	27	13,9	41	21,1
Скотом	22	11,3	5	2,6	27	13,9
U форма	5	2,6	6	3,1	11	5,7
Превртена U	5	2,6	5	2,6	10	5,2
Вкупно	85	43,8	109	56,2	194	100

$$\chi^2 = 19,926 \quad df = 5 \quad p = 0,00129$$

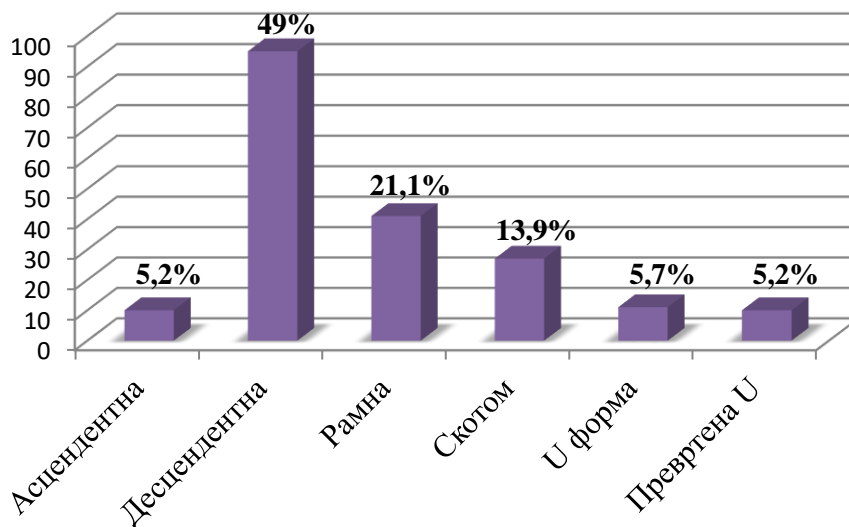
Во Табела 48 е прикажана застапеноста на одредена аудиометриска конфигурација кај сите случаи на редукција на слухот во однос на возраста. Кај возрасните лица најчеста е десцендентната конфигурација. Таа е застапена во 49% од сите случаи. Кај децата одделно не може да се заклучи која е најчеста аудиометриска конфигурација бидејќи се работи за мал примерок.



**Табела 48. Аудиометриска конфигурација во однос на возраста**

Аудиометриска конфигурација	Возрасни		Деца		Вкупно	
	Но	%	Но	%	Но	%
Асцендентна	6	3,1	4	2,1	10	5,2
Десцендентна	94	48,5	1	0,5	95	49
Рамна	36	18,6	5	2,6	41	21,1
Скотом	27	13,9	/	0	27	13,9
U форма	11	5,7	/	0	11	5,7
Превртена U	5	2,6	5	2,6	10	5,2
Вкупно	179	92,3	15	7,7	194	100

На Слика 38 е прикажана вкупната застапеност на различни типови на аудиометриска конфигурација кај сите случаи на редукција на слухот.



**Слика 38. Аудиометриска конфигурација**

По анализата на аудиометриските дескриптори, анализиран е артикулацискиот индекс како предиктор на интелигибилноста на говорот. Во Табела 49 е прикажан артикулацискиот индекс според степенот на редукција на слухот. Артикулацискиот индекс е изразен во проценти. Прикажан е опсегот на вредностите кои се калкулирани кај одреден степен на редукција на слухот. Во случај на умерена редукција на слухот со просечна вредност на прагот на слухот (РТА) 60 dB HL, калкулирана на фреквенциите 500, 1000, 2000 и 4000 Hz, артикулациски индекс изнесува 0%.

**Табела 49. Артикулациски индекс (%) во однос на степенот на редукција**

Степен на редукција	Машки	Женски	Вкупно
0-20 dB HL	91-100	90-100	90-100
21-40 dB HL	28-87	37-91	28-91
41-60 dB HL	5-52	0-34	0-52
61-95 dB HL	0-2	0	0-2

Во Табела 50 е прикажан артикулацискиот индекс во однос на полот на испитаниците. Во најголем број на случаи евидентиран е артикулациски индекс од 81 до 90%. Тој се јавува кај уреден слух и кај лесна редукција на слухот.

**Табела 50. Артикулациски индекс (%) во однос на полот**

Артикулациски индекс (%)	Машки		Женски		Вкупно	
	No	%	No	%	No	%
91-100	15	6,8	11	5	26	11,8
81-90	18	8,2	22	10	40	18,2
71-80	14	6,4	23	10,5	37	16,8
61-70	11	5	16	7,3	27	12,3
51-60	10	4,5	11	5	21	9,5
41-50	6	2,7	8	3,6	14	6,4
31-40	3	1,4	5	2,3	8	3,6
21-30	8	3,6	2	0,9	10	4,5
11-20	4	1,8	7	3,2	11	5
0-10	11	5	15	6,8	26	11,8
Вкупно	100	45,5	120	54,5	220	100

По анализата на тоналните аудиограми, прикажани се резултатите од реализираната говорна аудиометрија.

Во Табела 51 е прикажана разликата помеѓу прагот на детекција на говорот (SDT) и прагот на препознавање на говорот (SRT) во однос на аудиометриската конфигурација кај сите случаи на редукција на слухот. Направена е компарација на разликата  $\leq 12$  dB и  $> 12$  dB помеѓу двете лиминарни мерења за да се утврди валидноста на тоналниот аудиограм и параметрите на говорната аудиометрија. Во најголем број на случаи утврдена е разлика помеѓу SDT и SRT  $\leq 12$  dB.

**Табела 51. Разлика помеѓу SDT и SRT во однос на аудиометриската конфигурација**

Аудиометриска конфигурација	≤ 12 dB		> 12 dB		Вкупно	
	No	%	No	%	No	%
Асцендентна	5	2,6	5	2,6	10	5,2
Десцендентна	68	35,1	27	13,9	95	49
Рамна	31	16	10	5,2	41	21,1
Скотом	21	10,8	6	3,1	27	13,9
U форма	6	3,1	5	2,6	11	5,7
Превртена U	5	2,6	5	2,6	10	5,2
Вкупно	136	70,1	58	29,9	194	100

$$\chi^2 = 6,578 \quad df = 5 \quad p = 0,254$$

Статистичката обработка на податоците со  $\chi^2$  тест покажа дека разликата помеѓу SDT и SRT во однос на различна аудиометриска конфигурација не е статистички значајна.

Во Табела 52 е прикажана разликата помеѓу SDT и SRT во однос на постоењето на редукција на слухот. Направена е компарација на разликата ≤ 12 dB и > 12 dB помеѓу двете лиминарни мерења.

**Табела 52. Разлика помеѓу SDT и SRT кај уреден слух и редукција на слухот**

Состојба на слухот	≤ 12 dB		> 12 dB		Вкупно	
	No	%	No	%	No	%
Уреден слух	24	10,9	2	0,9	26	11,8
Редукција на слух	136	61,8	58	26,4	194	88,2
Вкупно	160	72,7	60	27,3	220	100

$$p = 0,0177$$

Во најголем број на случаи SRT е одреден на интензитет ≤ 12 dB од SDT. Статистичката обработка на податоците со Fisher Exact тест покажа дека постои статистички значајна разлика во нивото на интензитет помеѓу детекција и препознавање на говорот.

Во Табела 53 е прикажана застапеноста на одделни типови криви на говорниот аудиограм во однос на полот. Во најголем број на случаи е евидентиран скор на

препознавање на зборовите (WRS)  $\geq 90\%$ , односно интелигибилноста на говорот не била нарушена. Статистичката анализа со  $\chi^2$  тест покажа дека не постои статистички значајна разлика во дистрибуцијата на различни криви на говорниот аудиограм во однос на полот.

**Табела 53. Крива на говорен аудиограм во однос на полот**

Тип на крива	Машки		Женски		Вкупно	
	No	%	No	%	No	%
Нормална	15	6,8	11	5	26	11,8
Кондуктивна	17	7,7	12	5,5	29	13,2
Кохлеарна (WRS < 90%)	20	9,1	20	9,1	40	18,2
Кохлеарна (WRS $\geq 90\%$ )	48	21,8	77	35	125	56,8
Вкупно	100	45,5	120	54,5	220	100

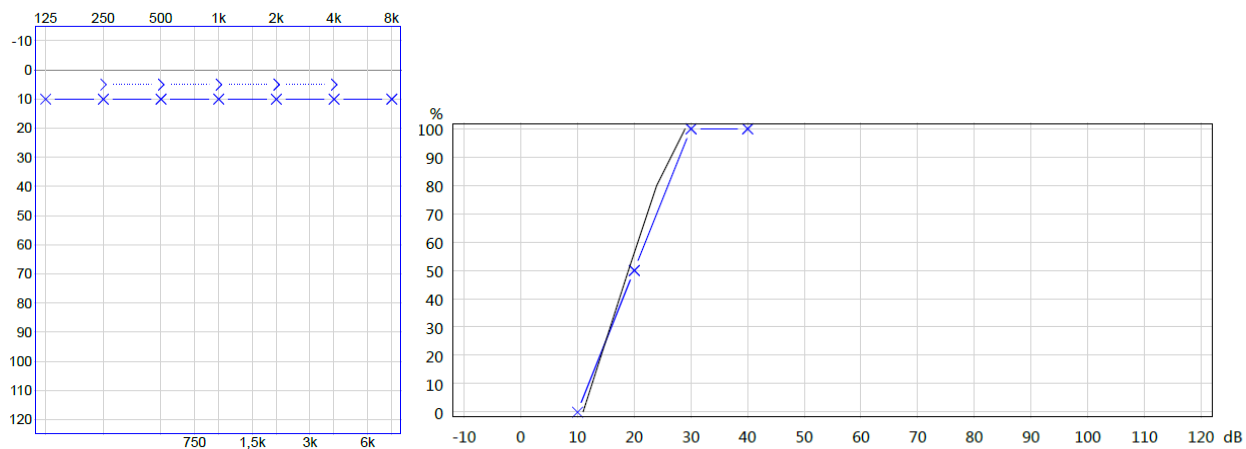
$$\chi^2 = 6,44 \quad df = 3 \quad p = 0,092$$

Во Табела 54 е прикажана застапеноста на одделни типови криви на говорниот аудиограм во однос на типот на редукција на слухот кај сите испитаници.

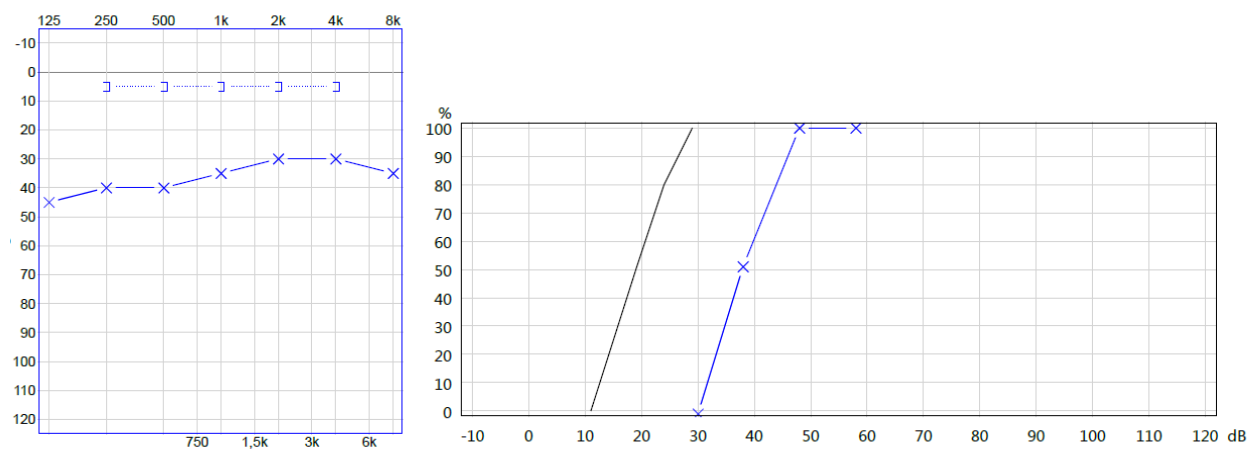
**Табела 54. Крива на говорен аудиограм во однос на типот на редукција на слухот**

Тип на редукција на слухот	Нормална		Кондуктивна		Кохлеарна (WRS < 90%)		Кохлеарна (WRS $\geq 90\%$ )		Вкупно	
	No	%	No	%	No	%	No	%	No	%
Уреден слух	26	11,8	/	0	/	0	/	0	26	11,8
Кондуктивна	/	0	24	10,9	/	0	/	0	24	10,9
Сензонеурална	/	0	/	0	32	14,5	124	56,4	156	70,9
Мешана	/	0	5	2,3	8	3,6	1	0,5	14	6,4
Вкупно	26	11,8	29	13,2	40	18,2	125	56,8	220	100

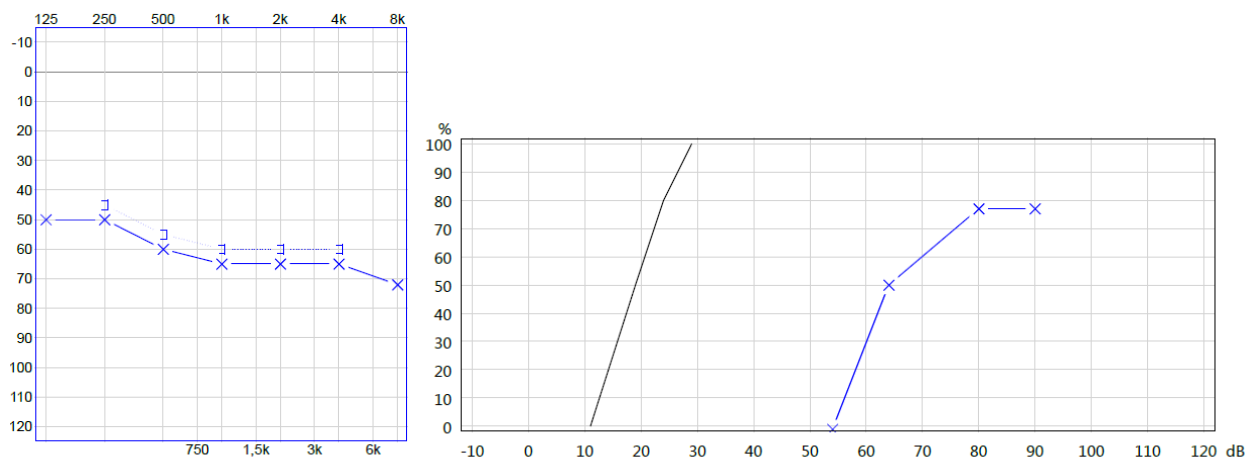
На Слика 39 се прикажани тонални и говорни аудиограми кај уреден слух, кондуктивна и сензонеурална редукција. Во случаите на мешана редукција се сретнува или кондуктивна или кохлеарна крива на говорниот аудиограм.



*а) Уреден слух и нормална крива на говорниот аудиограм*



*б) Кондуктивна редуција и кондуктивна крива на говорниот аудиограм*



*в) Сензонеурална редуција и кохлеарна крива на говорниот аудиограм*

**Слика 39. Тонален и говорен аудиограм**

Во Табела 55 е прикажано нивото на презентација на зборовите што е потребно за да се постигне максималниот WRS кај уреден слух и во случаите на редуција на слухот. Се смета нивото на интензитет над прагот на препознавање на говорот (SRT), ниво на сензација – Sensation Level (SL). Бидејќи тестирањето се изведува на неколку нивоа на презентација, во најголем број на случаи на редуција на слухот, максималниот WRS се постигнува на ниво 25-40 dB SL. Статистичката обработка на податоците со  $\chi^2$  тест покажа дека постои статистички значајна разлика во нивото на интензитет на кое се презентираат зборовите за да се постигне максималниот скор.

**Табела 55. Ниво на презентација на зборовите за постигнување на максимален WRS**

Состојба на слухот	< 25 dB SL		25-40 dB SL		Вкупно	
	No	%	No	%	No	%
Уреден слух	17	7,7	9	4,1	26	11,8
Редуција на слух	78	35,4	116	52,7	194	88,2
Вкупно	95	43,2	125	56,8	220	100

$$\chi^2 = 5,926 \quad df = 1 \quad p = 0,0149$$

Во Табела 56 е прикажано нивото на презентација на зборовите што е потребно за да се постигне максималниот WRS во однос на полот на испитаниците. Статистичката обработка на податоците со  $\chi^2$  тест покажа дека не постои статистички значајна разлика во нивото на интензитет на кое се презентираат зборовите за постигнување на максималниот скор во однос на полот.

**Табела 56. Ниво на презентација на зборовите во однос на полот**

Ниво на презентација	Машки		Женски		Вкупно	
	No	%	No	%	No	%
< 25 dB SL	46	20,9	49	22,3	95	43,2
25-40 dB SL	54	24,5	71	32,3	125	56,8
Вкупно	100	45,5	120	54,5	220	100

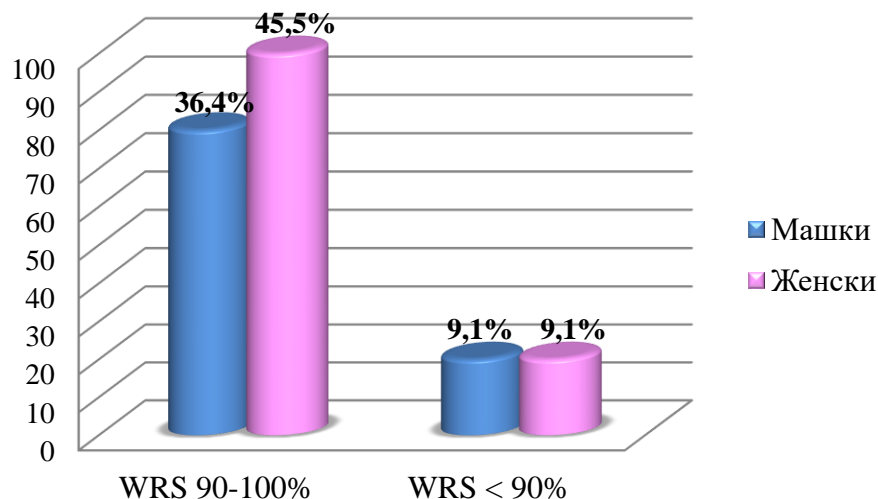
$$\chi^2 = 0,593 \quad df = 1 \quad p = 0,441$$

Во Табела 57 е прикажан максималниот WRS кај сите пациенти во однос на полот. Во примерокот не е добиен максимален WRS < 50%. Во најголем број на случаи постигнат е скор 90-100% што значи дека нема нарушување на интелигибилноста на говорот.

**Табела 57. Максимален WRS во однос на полот**

WRS (%)	Машки		Женски		Вкупно	
	No	%	No	%	No	%
90-100	80	36,4	100	45,5	180	81,8
75-89	11	5	13	5,9	24	10,9
60-74	8	3,6	6	2,7	14	6,4
50-59	1	0,5	1	0,5	2	0,9
Вкупно	100	45,5	120	54,5	220	100

На Слика 40 е прикажана застапеноста на испитаниците според тоа дали е нарушена интелигибилноста на говорот, односно дали се постигнува WRS од 90 до 100% или понизок. Кај двата пола најголем број на испитаници постигнале скор на препознавање на зборовите од 90 до 100% што значи добра интелигибилност на говорот.



**Слика 40. Максимален WRS во однос на полот**

Во Табела 58 е прикажан максималниот WRS во однос на типот на редукција на слухот. Во најголем број на случаи постигнат е скор 90-100%.

**Табела 58. Максимален WRS во однос на типот на редукција**

WRS (%)	Уреден слух		Кондуктивна		Сензонеурална		Мешана		Вкупно	
	No	%	No	%	No	%	No	%	No	%
90-100	26	11,8	24	10,9	124	56,4	6	2,7	180	81,8
75-89	/	0	/	0	18	8,2	6	2,7	24	10,9
60-74	/	0	/	0	12	5,5	2	0,9	14	6,4
50-59	/	0	/	0	2	0,9	/	0	2	0,9
Вкупно	26	11,8	24	10,9	156	70,9	14	6,4	220	100

Во Табела 59 е прикажан максималниот WRS кај сите пациенти во однос на степенот на редукција на слухот.

**Табела 59. Максимален WRS во однос на степенот на редукција**

WRS (%)	Уреден слух		Лесна		Умерена		Тешка		Вкупно	
	No	%	No	%	No	%	No	%	No	%
90-100	26	11,8	139	63,2	15	6,8	/	0	180	81,8
75-89	/	0	4	1,8	15	6,8	5	2,3	24	10,9
60-74	/	0	1	0,5	4	1,8	9	4,1	14	6,4
50-59	/	0	/	0	/	0	2	0,9	2	0,9
Вкупно	26	11,8	144	65,5	34	15,5	16	7,3	220	100

Во Табела 60 е прикажан максималниот WRS кај лесна редукција на слухот во компарација со другите типови на редукција. Кај лесна редукција на слухот, за разлика од умерена и тешка редукција на слухот, најчесто се постигнува скор од 90 до 100%. Статистичката обработка со  $\chi^2$  тест покажа дека постои статистичка сигнификантност.

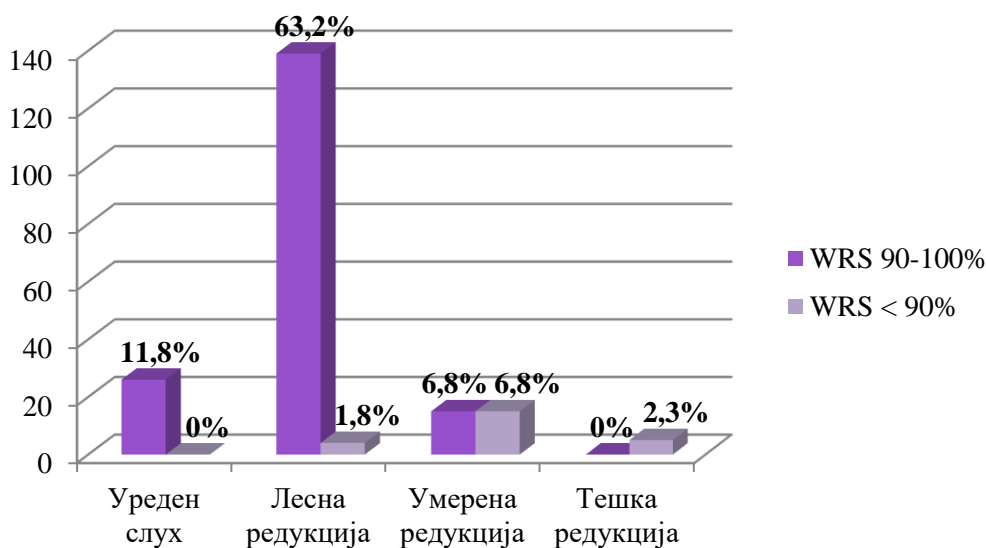
**Табела 60. Максимален WRS кај сите типови на редукција на слухот**

WRS (%)	Лесна		Умерена и тешка		Вкупно	
	No	%	No	%	No	%
90-100	139	71,6	15	7,7	154	79,4
< 90	5	2,6	35	18	40	20,6
Вкупно	144	65,5	50	22,7	194	100

$$\chi^2 = 100,36 \quad df = 1 \quad p < 0,00001$$



На Слика 41 е прикажан максималниот WRS кај уреден слух и кај сите типови на редукција на слухот во однос на тоа дали е добро или нарушено препознавањето на зборовите. Кај лесна редукција на слухот најчесто се забележува добра разбирливост на зборовите. Во однос на аудиометриската конфигурација, кај лесна редукција на слухот со WRS < 90%, четири случаи се со десцендентна конфигурација и еден со рамна аудиометриска конфигурација.



**Слика 41. Максимален WRS во однос на степенот на редукција**

Во истражувањето е утврдена корелацијата помеѓу параметрите од говорната аудиометрија и прагот на слухот што е одреден со тоналната лиминарна аудиометрија. Применет е Пирсоновиот коефициент на корелација. Анализата е направена одделно кај различна аудиометриска конфигурација. Во Табела 61 е прикажана корелацијата помеѓу SDT и прагот на слухот кај асцендентна аудиометриска конфигурација.

**Табела 61. Корелација помеѓу SDT и праг на слух кај асцендентна конфигурација**

Праг на слухот	r	p
Најдобар праг	0,9869	< 0,00001
PTA (500-4000)	0,9777	< 0,00001
PTA (500-2000)	0,9755	< 0,00001
PTA (500-1000)	0,9663	< 0,00001

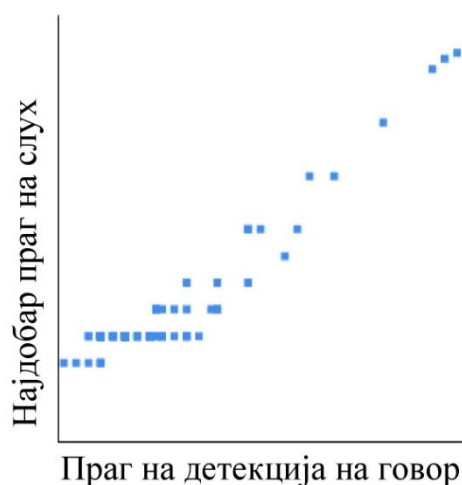
Компарацијата е направена со најдобриот праг на слухот, средната вредност на прагот на слухот (РТА) калкулирана на фреквенциите од 500 до 4000 Hz, од 500 до 2000 Hz и фреквенциите 500 и 1000 Hz. Кај асцендентната конфигурација утврдена е многу висока позитивна корелација помеѓу SDT и сите четири варијабли, но највисока е корелацијата помеѓу SDT и најдобриот праг на слухот.

Во Табела 62 е прикажана корелацијата помеѓу SDT и прагот на слухот кај десцендентна конфигурација. Кај оваа конфигурација исто така постои висока корелација помеѓу SDT и сите четири варијабли, но највисока е корелацијата помеѓу SDT и најдобриот праг на слухот.

**Табела 62. Корелација помеѓу SDT и праг на слух кај десцендентна конфигурација**

Праг на слухот	r	p
Најдобар праг	0,9449	< 0,00001
РТА (500-4000)	0,8935	< 0,00001
РТА (500-2000)	0,9274	< 0,00001
РТА (500-1000)	0,924	< 0,00001

На Слика 42 е претставен скатер дијаграм кај десцендентната аудиометриска конфигурација. На сликата може да се забележи линеарната поврзаност помеѓу двете варијабли, праг на детекција на говорот и најдобриот праг на слухот.



**Слика 42. Скатер дијаграм кај десцендентна конфигурација**

Во Табела 63 е прикажана корелацијата помеѓу SDT и прагот на слухот кај рамната конфигурација. Највисока е корелацијата помеѓу SDT и најдобриот праг на слухот.

**Табела 63. Корелација помеѓу SDT и праг на слух кај рамна конфигурација**

Праг на слухот	r	p
Најдобар праг	0,9705	< 0,00001
РТА (500-4000)	0,9595	< 0,00001
РТА (500-2000)	0,9584	< 0,00001
РТА (500-1000)	0,9436	< 0,00001

Во Табела 64 е прикажана корелацијата помеѓу SDT и прагот на слухот кај скотом конфигурација. Постои висока корелација помеѓу SDT и РТА на фреквенциите од 500 до 4000 Hz, од 500 до 2000 Hz и фреквенциите 500 и 1000 Hz. Корелацијата помеѓу SDT и најдобриот праг на слухот е многу висока.

**Табела 64. Корелација помеѓу SDT и праг на слух кај скотом конфигурација**

Праг на слухот	r	p
Најдобар праг	0,9734	< 0,00001
РТА (500-4000)	0,8535	< 0,00001
РТА (500-2000)	0,8417	< 0,00001
РТА (500-1000)	0,8717	< 0,00001

Во Табела 65 е прикажана корелацијата помеѓу SDT и прагот на слухот кај U конфигурација. Корелацијата помеѓу SDT и најдобриот праг на слухот е многу висока. Постои висока корелација помеѓу SDT и РТА на фреквенциите од 500 до 4000 Hz и 500 до 2000 Hz. Помеѓу SDT и РТА на фреквенциите 500 и 1000 Hz постои умерена корелација.

**Табела 65. Корелација помеѓу SDT и праг на слух кај U конфигурација**

Праг на слухот	r	p
Најдобар праг	0,9503	< 0,00001
РТА (500-4000)	0,8204	0,001978
РТА (500-2000)	0,8479	0,000976
РТА (500-1000)	0,632	0,036965

Во Табела 66 е прикажана корелацијата помеѓу SDT и прагот на слухот кај „Превртена U“ конфигурација. Кај оваа конфигурација утврдена е многу висока корелација помеѓу SDT и сите четири варијабли, но највисока е корелацијата помеѓу SDT и најдобриот праг на слухот.

**Табела 66. Корелација помеѓу SDT и праг на слух кај „Превртена U“ конфигурација**

Праг на слухот	r	p
Најдобар праг	0,9902	< 0,00001
PTA (500-4000)	0,9232	< 0,00001
PTA (500-2000)	0,9668	< 0,00001
PTA (500-1000)	0,9489	0,000028

Во истражувањето е утврдена корелацијата помеѓу прагот на препознавање на говорот (SRT) и истите варијабли со кои е компариран SDT: најдобриот праг на слухот, средната вредност на прагот на слухот калкулирана на фреквенциите од 500 до 4000 Hz, од 500 до 2000 Hz и средната вредност на фреквенциите 500 и 1000 Hz.

Во Табела 67 е прикажана корелацијата помеѓу SRT и најдобриот праг на слухот, како и SRT и PTA кај асцендентна аудиометриска конфигурација. Постои многу висока корелација помеѓу прагот на препознавање на говорот и сите четири тестирани варијабли, но највисока е корелацијата помеѓу SRT и PTA на фреквенциите од 500 до 2000 Hz.

**Табела 67. Корелација помеѓу SRT и PTA кај асцендентна конфигурација**

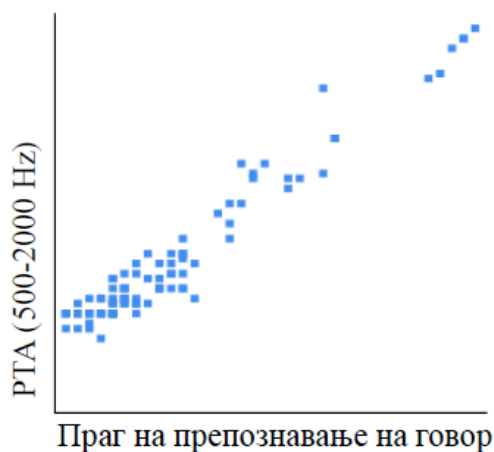
Праг на слухот	r	p
Најдобар праг	0,9787	< 0,00001
PTA (500-4000)	0,9924	< 0,00001
PTA (500-2000)	0,9965	< 0,00001
PTA (500-1000)	0,9896	< 0,00001

Во Табела 68 е прикажана корелацијата помеѓу SRT и PTA кај десцендентна конфигурација. Утврдена е многу висока позитивна корелација помеѓу SRT и PTA со сите три комбинации на фреквенции, но највисока е корелацијата помеѓу SRT и PTA на фреквенциите од 500 до 2000 Hz. Постои висока корелација и помеѓу SRT и најдобриот праг на слухот.

**Табела 68. Корелација помеѓу SRT и PTA кај десцендентна конфигурација**

Праг на слухот	r	p
Најдобар праг	0,8458	< 0,00001
PTA (500-4000)	0,9469	< 0,00001
PTA (500-2000)	0,9698	< 0,00001
PTA (500-1000)	0,9573	< 0,00001

На Слика 43 е претставен скатер дијаграм кај десцендентната аудиометриска конфигурација. На сликата може да се забележи линеарната поврзаност помеѓу двете варијабли, праг на препознавање на говорот и PTA на фреквенциите од 500 до 2000 Hz. Постои многу висока корелација помеѓу овие две варијабли.



**Слика 43. Скатер дијаграм кај десцендентна конфигурација**

Одделно ја анализиравме корелацијата помеѓу SRT и прагот на слухот кај стрмно десцендентна конфигурација. Резултатите се прикажани во Табела 69. Како стрмно десцендентна конфигурација ја сметавме десцендентната конфигурација кај која разликата помеѓу најдобриот и најлошиот праг на слух е поголема од 50 dB. Ги тестиравме варијаблите за кои е докажано дека се во највисока корелација со SRT. Една од варијаблите е пондерирана средна вредност со двојно вклучување на прагот на слухот на фреквенцијата 1000 Hz. Во нашиот примерок освен умерена корелација помеѓу SRT и најдобриот праг на слухот, кај сите други варијабли е утврдена многу висока корелација. Највисока е корелацијата помеѓу SRT и PTA на фреквенциите од 500 до 2000 Hz.

**Табела 69. Корелација помеѓу SRT и PTA кај стрмно десцендентна конфигурација**

Праг на слухот	r	p
Најдобар праг	0,6608	0,019315
PTA (500-4000)	0,9642	< 0,00001
PTA (500-2000)	0,9778	< 0,00001
PTA (500-1000)	0,966	< 0,00001
PTA (500,1000,1000,2000)*	0,9638	< 0,00001
500 Hz	0,9675	< 0,00001
1000 Hz	0,9257	0,000016

\*Пондерирана средна вредност

Во Табела 70 е прикажана корелацијата помеѓу SRT и прагот на слухот кај рамна конфигурација. Кај оваа конфигурација постои многу висока позитивна корелација помеѓу SRT и најдобриот праг на слухот, како и средната вредност на прагот на слухот калкулирана на фреквенциите од 500 до 4000 Hz, од 500 до 2000 Hz и фреквенциите 500 и 1000 Hz. Највисока е корелацијата помеѓу SRT и PTA на фреквенциите од 500 до 2000 Hz.

**Табела 70. Корелација помеѓу SRT и PTA кај рамна конфигурација**

Праг на слухот	r	p
Најдобар праг	0,9495	< 0,00001
PTA (500-4000)	0,9753	< 0,00001
PTA (500-2000)	0,9761	< 0,00001
PTA (500-1000)	0,9701	< 0,00001

Во Табела 71 е прикажана корелацијата помеѓу SRT и PTA и корелацијата помеѓу SRT и најдобриот праг на слухот кај скотом конфигурација.

**Табела 71. Корелација помеѓу SRT и PTA кај скотом конфигурација**

Праг на слухот	r	p
Најдобар праг	0,7963	< 0,00001
PTA (500-4000)	0,9402	< 0,00001
PTA (500-2000)	0,9623	< 0,00001
PTA (500-1000)	0,9511	< 0,00001

Кај оваа конфигурација постои многу висока корелација помеѓу SRT и PTA со сите три комбинации на фреквенции, но највисока е корелацијата помеѓу SRT и PTA на фреквенциите од 500 до 2000 Hz. Постои висока корелација помеѓу SRT и најдобриот праг на слухот.

Во Табела 72 е прикажана корелацијата помеѓу SRT и прагот на слухот кај U конфигурација. Кај оваа конфигурација постои многу висока корелација помеѓу SRT и најдобриот праг на слухот и PTA на фреквенциите од 500 до 4000 Hz. Највисока е корелацијата помеѓу SRT и PTA на фреквенциите од 500 до 2000 Hz. Утврдена е умерена корелација помеѓу SRT и PTA на фреквенциите 500 и 1000 Hz.

**Табела 72. Корелација помеѓу SRT и PTA кај U конфигурација**

Праг на слухот	r	p
Најдобар праг	0,9423	0,000014
PTA (500-4000)	0,9085	0,000109
PTA (500-2000)	0,9445	0,000012
PTA (500-1000)	0,6623	0,026394

Во Табела 73 е прикажана корелацијата помеѓу SRT и најдобриот праг на слухот и корелацијата помеѓу SRT и PTA кај „Превртена U“ конфигурација.

**Табела 73. Корелација помеѓу SRT и PTA кај „Превртена U“ конфигурација**

Праг на слухот	r	p
Најдобар праг	0,9617	< 0,00001
PTA (500-4000)	0,9694	< 0,00001
PTA (500-2000)	0,9814	< 0,00001
PTA (500-1000)	0,9513	0,000023

Кај оваа конфигурација постои многу висока корелација помеѓу SRT и најдобриот праг на слухот, како и средната вредност на прагот на слухот калкулирана на трите начини. Највисока е корелацијата помеѓу SRT и PTA на фреквенциите од 500 до 2000 Hz.

Во истражувањето е утврдена и корелацијата помеѓу прагот на препознавање на говорот и говорните фреквенции 500, 1000, 2000 и 4000 Hz со цел да се одреди со која фреквенција SRT е во највисока корелација.

Во Табела 74 е прикажана корелацијата помеѓу SRT и прагот на слухот на говорните фреквенции кај асцендентна конфигурација. Постои многу висока корелација помеѓу SRT и прагот на слухот на фреквенциите 500, 1000 и 2000 Hz. Највисока е корелацијата помеѓу SRT и прагот на слухот на фреквенцијата 1000 Hz. Постои висока корелација и помеѓу SRT и прагот на слухот на фреквенцијата 4000 Hz.

**Табела 74. Корелација помеѓу SRT и праг на слух кај асцендентна конфигурација**

Фреквенција (Hz)	r	p
500	0,9869	< 0,00001
1000	0,9892	< 0,00001
2000	0,9887	< 0,00001
4000	0,8692	0,00109

Во Табела 75 е прикажана корелацијата помеѓу SRT и прагот на слухот кај десцендентна конфигурација. Највисока е корелацијата помеѓу SRT и фреквенцијата 1000 Hz. Многу висока корелација постои и помеѓу SRT и фреквенциите 500 и 2000 Hz.

**Табела 75. Корелација помеѓу SRT и праг на слух кај десцендентна конфигурација**

Фреквенција (Hz)	r	p
500	0,9332	< 0,00001
1000	0,9509	< 0,00001
2000	0,9367	< 0,00001
4000	0,7117	< 0,00001

Во Табела 76 е прикажана корелацијата помеѓу SRT и прагот на слухот на говорните фреквенции кај рамна конфигурација.

**Табела 76. Корелација помеѓу SRT и праг на слух кај рамна конфигурација**

Фреквенција (Hz)	r	p
500	0,9635	< 0,00001
1000	0,9685	< 0,00001
2000	0,9606	< 0,00001
4000	0,9111	< 0,00001



Постои многу висока корелација помеѓу SRT и прагот на слухот на сите четири фреквенции. Највисока е корелацијата помеѓу прагот на препознавање на говорот и прагот на слухот на фреквенцијата 1000 Hz.

Во Табела 77 е прикажана корелацијата помеѓу SRT и прагот на слухот кај скотом конфигурација. Компарацијата со прагот на слухот на фреквенциите од 500 до 4000 Hz покажува највисока корелација помеѓу SRT и фреквенцијата 1000 Hz. Постои многу висока корелација помеѓу SRT и прагот на слухот на фреквенциите 500 и 2000 Hz. Корелацијата со прагот на слухот на фреквенцијата 4000 Hz е пониска.

**Табела 77. Корелација помеѓу SRT и праг на слух кај скотом конфигурација**

Фреквенција (Hz)	r	p
500	0,9164	< 0,00001
1000	0,9607	< 0,00001
2000	0,907	< 0,00001
4000	0,7116	0,000032

Во Табела 78 е прикажана корелацијата помеѓу SRT и прагот на слухот кај U конфигурација. Компарацијата со говорните фреквенции покажува највисока корелација помеѓу SRT и фреквенцијата 1000 Hz. При тестирање на фреквенцијата 500 Hz утврдена е умерена корелација, но нема статистичка сигнификантност ( $p > 0,05$ ).

**Табела 78. Корелација помеѓу SRT и праг на слух кај U конфигурација**

Фреквенција (Hz)	r	p
500	0,4989	0,118245
1000	0,7538	0,007373
2000	0,7249	0,011606
4000	0,6207	0,041568

Во Табела 79 е прикажана корелацијата помеѓу SRT и прагот на слухот кај „Превртена U“ конфигурација. Постои многу висока корелација помеѓу SRT и прагот на слухот на фреквенциите 500, 1000 и 2000 Hz, а највисока е корелација помеѓу SRT и прагот на слухот на фреквенцијата 1000 Hz. Висока е и корелацијата помеѓу SRT и прагот на слухот на фреквенцијата 4000 Hz.

**Табела 79. Корелација помеѓу SRT и праг на слух кај „Превртена U“ конфигурација**

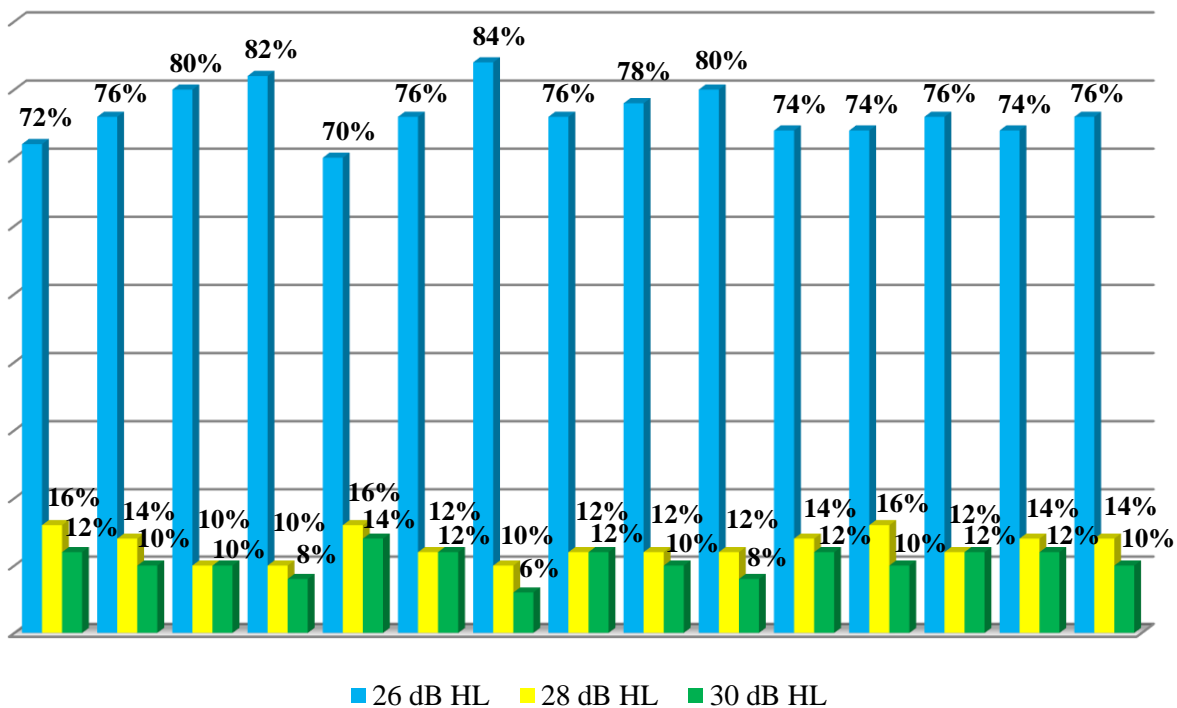
Фреквенција (Hz)	r	p
500	0,923	0,00014
1000	0,9499	0,000026
2000	0,9443	0,000039
4000	0,8552	0,001609

За да утврдиме дали листите на зборови се хомогени во однос на аудибилноста, го одредивме нивото на презентација на кое ги повторуваат зборовите 30 лица со уреден слух, 15 машки и 15 женски на возраст од 18 до 30 години. Презентирани се зборовите изговорени од женски спикер. Испитаниците имаат PTA и SDT 10 dB HL, а SRT изнесува 16 dB HL. Почетното ниво за WRS беше 10 dB SL во однос на SRT. Беше тестирано само десното уво на три нивоа на интензитет во чекори од 2 dB.

Во Табела 80 е прикажан бројот на повторени зборови од Тест бр. 1 кај машките испитаници (реден број 1-15), а на Слика 44 процентуалната застапеност на сите 50 зборови. Резултатите се прикажани според редниот број на испитаниците. Зборовите што се повторени на почетното ниво не се евидентираат на повисокото ниво на интензитет.

**Табела 80. Број на повторени зборови од Тест бр. 1 кај машки испитаници**

Испитаник	26 dB HL	28 dB HL	30 dB HL
1	36	8	6
2	38	7	5
3	40	5	5
4	41	5	4
5	35	8	7
6	38	6	6
7	42	5	3
8	38	6	6
9	39	6	5
10	40	6	4
11	37	7	6
12	37	8	5
13	38	6	6
14	37	7	6
15	38	7	5

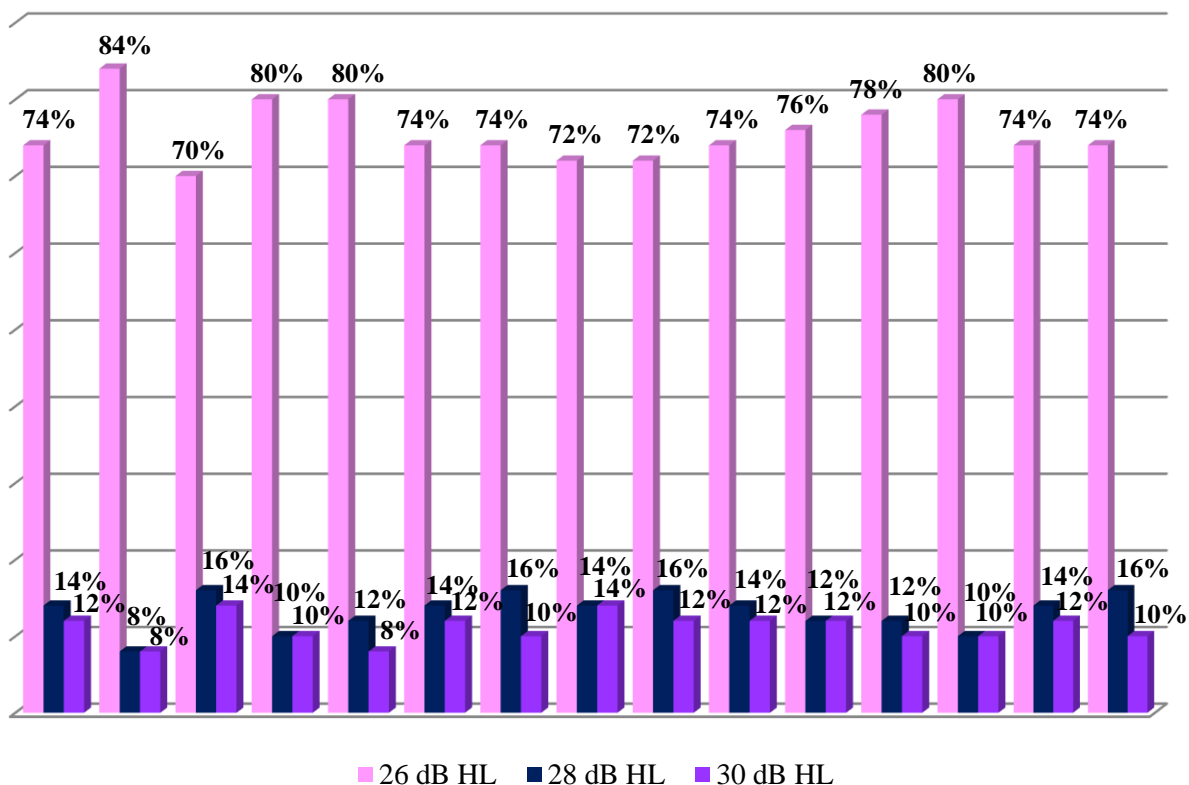


Слика 44. Процент на повторени зборови од Тест бр. 1 кај машки испитаници

Табела 81. Број на повторени зборови од Тест бр. 1 кај женски испитаници

Испитаник	26 dB HL	28 dB HL	30 dB HL
16	37	7	6
17	42	4	4
18	35	8	7
19	40	5	5
20	40	6	4
21	37	7	6
22	37	8	5
23	36	7	7
24	36	8	6
25	37	7	6
26	38	6	6
27	39	6	5
28	40	5	5
29	37	7	6
30	37	8	5

Во Табела 81 е прикажан бројот на повторени зборови од Тест бр. 1 кај женските испитаници (реден број 16-30), а на Слика 45 процентуалната застапеност на зборовите.



Слика 45. Процент на повторени зборови од Тест бр. 1 кај женски испитаници

Табела 82. Број на повторени зборови од Тест бр. 2 кај машки испитаници

Испитаник	26 dB HL	28 dB HL	30 dB HL
1	35	8	7
2	36	9	5
3	39	6	5
4	40	6	4
5	36	8	6
6	37	7	6
7	41	5	4
8	37	8	5
9	40	5	5
10	38	7	5
11	36	8	6
12	37	8	5
13	35	9	6
14	36	9	5
15	39	7	4

Во Табела 82 е прикажан бројот на повторени зборови од Тест бр. 2 кај машките, а во Табела 83 бројот на повторени зборови од Тест бр. 2 кај женските испитаници.

**Табела 83. Број на повторени зборови од Тест бр. 2 кај женски испитаници**

<b>Испитаник</b>	<b>26 dB HL</b>	<b>28 dB HL</b>	<b>30 dB HL</b>
16	36	9	5
17	40	6	4
18	35	8	7
19	38	7	5
20	40	5	5
21	37	8	5
22	36	9	5
23	35	8	7
24	36	8	6
25	36	10	4
26	38	7	5
27	38	6	6
28	39	6	5
29	37	9	4
30	36	8	6

**Табела 84. Број на повторени зборови од Тест бр. 3 кај машки испитаници**

<b>Испитаник</b>	<b>26 dB HL</b>	<b>28 dB HL</b>	<b>30 dB HL</b>
1	29	5	2
2	26	7	3
3	30	4	2
4	28	5	3
5	32	3	1
6	27	5	4
7	29	6	1
8	30	3	3
9	27	6	3
10	29	4	3
11	31	3	2
12	29	5	2
13	28	6	2
14	26	6	4
15	30	4	2

Во Табела 84 е прикажан бројот на повторени зборови од Тест бр. 3 кај машките, а во Табела 85 бројот на повторени зборови од Тест бр. 3 кај женските испитаници.

**Табела 85. Број на повторени зборови од Тест бр. 3 кај женски испитаници**

Испитаник	26 dB HL	28 dB HL	30 dB HL
16	28	4	4
17	26	7	3
18	27	5	4
19	30	3	3
20	29	4	3
21	32	2	2
22	26	6	4
23	28	5	3
24	32	2	2
25	31	3	2
26	32	3	1
27	30	4	2
28	29	5	2
29	31	3	2
30	28	4	4

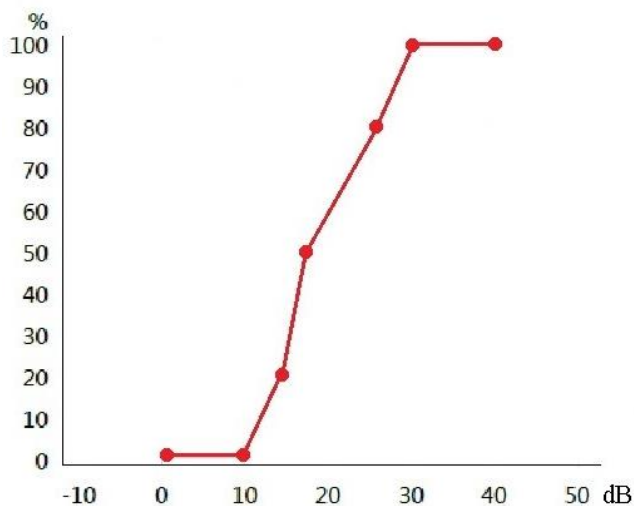
**Табела 86. Број на повторени зборови од Тест бр. 4 кај машки испитаници**

Испитаник	26 dB HL	28 dB HL	30 dB HL
1	31	3	2
2	29	4	3
3	32	2	2
4	30	3	3
5	32	2	2
6	31	3	2
7	32	3	1
8	30	4	2
9	31	3	2
10	29	5	2
11	33	1	2
12	32	2	2
13	33	2	1
14	29	4	3
15	31	3	2

Во Табела 86 е прикажан бројот на повторени зборови од Тест бр. 4 кај машките испитаници, а во Табела 87 бројот на повторени зборови од Тест бр. 4 кај женските испитаници. На Слика 46 е прикажана психометриската функција на сите зборови.

**Табела 87. Број на повторени зборови од Тест бр. 4 кај женски испитаници**

Испитаник	26 dB HL	28 dB HL	30 dB HL
16	33	2	1
17	30	4	2
18	31	3	2
19	32	3	1
20	30	3	3
21	33	2	1
22	29	5	2
23	31	3	2
24	32	2	2
25	30	4	2
26	31	4	1
27	30	3	3
28	32	3	1
29	29	4	3
30	31	3	2



*Слика 46. Психометриска функција на зборовите кај сите испитаници*

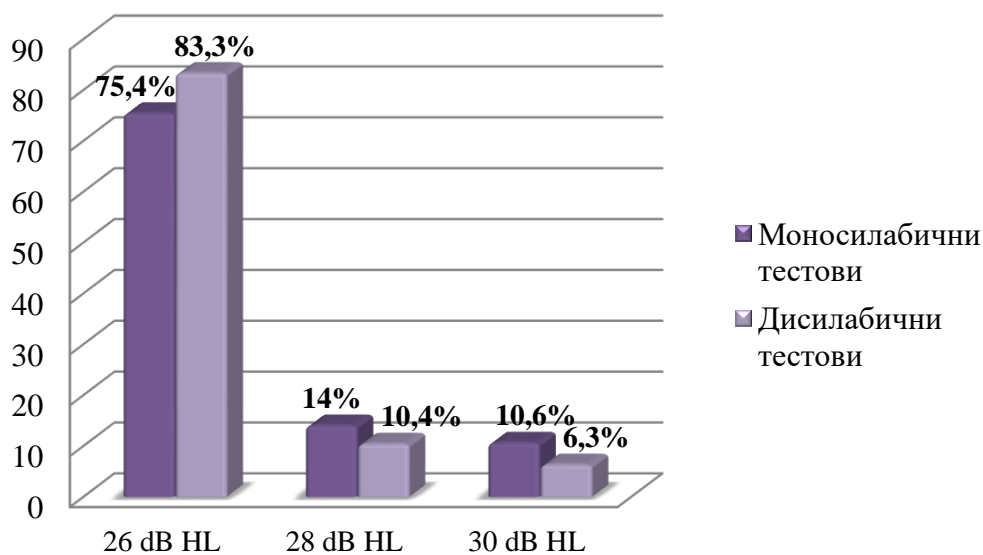
Средната вредност на наклонот на психометриската функција од 20% до 80% точно препознавање на сите зборови е 5%/dB. Вредноста е добиена по формулата  $\Delta y/\Delta x$  ( $\Delta y$  е промена во перформансата на точно препознавање, а  $\Delta x$  е промена во нивото на презентација на сигналот). Перформансата 80% е постигната на 26 dB, а перформансата 20% е постигната на 14 dB. Според формулата,  $60\%/12 \text{ dB} = 5\%/dB$ .

Во Табела 88 е прикажан бројот на повторени зборови од сите тестови и нивото на интензитет на кое се повторени зборовите (средна вредност и стандардна девијација).

**Табела 88. Број на повторени зборови во сите тестови**

Интензитет	Тест бр. 1	Тест бр. 2	Тест бр. 3	Тест бр. 4
26 dB HL	38,1±1,8	37,3±1,7	29±1,9	31±1,3
28 dB HL	6,5±1,1	7,5±1,3	4,4±1,4	3,1±0,9
30 dB HL	5,4±1	5,2±0,9	2,6±0,9	2±0,7

Разликата во интензитетот на кој испитаниците ги повторуваат сите зборови е  $\leq 4$  dB, односно се движи од 2 до 4 dB. Најчестите грешки при препознавањето на зборовите се: замена на звучниот со беззвучниот парник на гласот и обратно, како и замена на зборот со лексички близок збор (на пример: свет-цвет, песок-петок, чудо-чудо). На Слика 47 е прикажано нивото на интензитет на кое се повторени зборовите од сите тестови.



**Слика 47. Ниво на интензитет на кое се повторени сите зборови**



#### IV ДИСКУСИЈА НА РЕЗУЛТАТИТЕ

Во подготвителната фаза на истражувањето беа анализирани 72 тестови за говорна аудиометрија на англиски, германски, српски и хрватски јазик со цел да се утврди начинот на конструирање, критериумите за релијабилност на тестовите и типот на говорни материјали што ги содржат тестовите.

Во првата фаза на истражувањето направена е акустична анализа на гласовите во македонскиот јазик во компјутерската програма Praat. Praat е програма за анализирање, синтетизирање и манипулирање со говор. Иако не е систем за синтеза на говор, со Praat може да се генерираат различни звуци (Boersma и Weenink, 2001). Софтверот за дигитална акустична анализа на говорот нуди можности за анализа на говорни сегменти за различни цели, вклучувајќи едукација, клиничка пракса и истражување (Burris, et al., 2014).

Гласовите во текстот се прикажуваат со ставање на гласот помеѓу коси црти (Goldstein, 2010). Покрај македонската фонема прикажана помеѓу две коси црти, го додадовме и симболот за конкретниот глас од IPA заради компарација на резултатите со резултатите од други студии.

Акустичната анализа на вокалите вклучуваше одредување на основната фреквенција ( $F_0$ ) и фреквенциите на формантите од F1 до F5. Параметарот за анализа *максимална фреквенција на формант* го поставивме на 5000 Hz за мажите, 5500 Hz за жените и 8000 Hz за децата според инструкциите во воведниот туторијал за Praat.

Во Табела 1 е прикажана средната вредност на основната фреквенција на вокалите, стандардната девијација и опсегот на вредностите кај сите испитаници. Во нашата студија средната вредност на  $F_0$  кај жените беше повисока од средната вредност на  $F_0$  кај мажите, а средната вредност на  $F_0$  кај децата беше највисока.  $F_0$  на вокалот /a/ (а) кај жените беше во опсег од 167 Hz до 254 Hz, со средна вредност 205 Hz. Студијата спроведена во Бразил покажала слични вредности на  $F_0$  во програмата Praat за вокалот /a/ кај 56 жени. Основната фреквенција била во опсег од 164,60 Hz до 268,94 Hz, а средната вредност на  $F_0$  била 210,92 Hz (Finger, Cielo и Schwarz, 2009).

Анализата на вокалите кај децата во нашата студија покажа дека  $F_0$  е во опсег од 209 Hz до 326 Hz. Картеи (Cartei) и Риби (Reby) (2013) прикажале  $F_0$  кај деца на возраст

од 8 години екстрахирана во програмата Praat. Децата читале кратки зборови на англиски јазик и  $F_0$  била во опсег од 237 Hz до 304 Hz.

Генерално,  $F_0$  кај мажите е 80 Hz до 180 Hz, кај жените 180 Hz до 230 Hz, а кај децата 230 Hz до 300 Hz (Vladislavjević, 1981). Шипли (Shipley) и МекАфи (McAfee) (2016) прикажале средна вредност на  $F_0$  за мажи на различна возраст во опсег од 107 Hz до 146 Hz, средна вредност на  $F_0$  за жени во опсег од 188 Hz до 233 Hz и средна вредност на  $F_0$  за деца на возраст од една до 14 години во опсег од 210 Hz до 400 Hz. Нашите наоди на средна вредност на основната фреквенција на вокалите се во согласност со вредностите на  $F_0$  што се прикажани во литературата.

Средната вредност на фреквенциите на формантите во нашата студија е прикажана посебно за мажите, за жените и за децата. Податоците се прикажани во Табела 2, 3, 4, 5 и 6 и на Слика 1. Типично е тоа што  $F_1$  кај вокалите /и/ (i) и /у/ (u) е многу сличен на  $F_0$ , а  $F_1$  кај вокалот /а/ (a) е многу повисок од  $F_0$ . Најголема разлика помеѓу фреквенциите на формантите е разликата помеѓу  $F_1$  и  $F_2$  кај вокалот /и/ (i).

Керамитчиевски (1964) ги прикажал резултатите од акустичната анализа на македонските вокали изведена со звучен спектрограф. Тој ги добил следните резултати: за вокалот /а/ (a) измерени се  $F_1$  230 Hz до 680 Hz,  $F_2$  780 Hz до 1130 Hz,  $F_3$  1280 Hz до 1600 Hz и  $F_4$  2300 до 2700 Hz; за вокалот /е/ (e)  $F_1$  190 Hz до 700 Hz,  $F_2$  1600 Hz до 2050 Hz,  $F_3$  2100 Hz до 2680 Hz и  $F_4$  3000 Hz до 3600 Hz; за вокалот /и/ (i)  $F_1$  200 Hz до 600 Hz,  $F_2$  2180 Hz до 2800 Hz,  $F_3$  3300 Hz до 3700 Hz и  $F_4$  3700 Hz до 4280 Hz; за вокалот /о/ (o)  $F_1$  180 Hz до 580 Hz,  $F_2$  750 Hz до 1180 Hz,  $F_3$  2100 Hz до 2550 Hz и  $F_4$  2750 Hz до 3200 Hz; за вокалот /у/ (u)  $F_1$  150 Hz до 480 Hz,  $F_2$  530 Hz до 880 Hz,  $F_3$  2100 Hz до 2300 Hz и  $F_4$  3000 Hz до 3400 Hz. Овие вредности се повеќе слични на средната вредност на фреквенциите на формантите кај мажите отколку средната вредност на фреквенциите на формантите кај жените и децата во нашата студија.

Миниси (Minissi), Китановски (Китановски) и Чинкве (Cinque) (1982) ја прикажале средната вредност на фреквенциите на формантите на македонските вокали. За вокалот /а/ (a) тие измериле  $F_1$  750 Hz,  $F_2$  1300 Hz и  $F_3$  2450 Hz; за вокалот /е/ (e)  $F_1$  400 Hz,  $F_2$  2050 Hz и  $F_3$  2600 Hz; за вокалот /и/ (i)  $F_1$  250 Hz,  $F_2$  2100 Hz и  $F_3$  2900 Hz; за вокалот /о/ (o)  $F_1$  450 Hz,  $F_2$  850 Hz и  $F_3$  1400 Hz; за вокалот /у/ (u)  $F_1$  300 Hz и  $F_2$  750 Hz. Овие вредности

се најслични на средната вредност на фреквенциите на формантите кај мажите во нашата студија. Кај жените и децата вредностите се повисоки.

Првите три форманти на македонските вокали се анализирани и од аспект на форензичка идентификација на говорителот (Pop-Dimitrijoska, et al., 2012).

Костиќ (Kostić) (1971) ги прикажал резултатите за акустичната структура на српскохрватските вокали кај мажите. Кај вокалот /a/ F1 е во опсег од 624 Hz до 905 Hz, F2 е од 1080 Hz до 1390 Hz и F3 е од 2345 Hz до 2576 Hz. Кај вокалот /e/ тој ги прикажал следните вредности: F1 е во опсег од 446 Hz до 665 Hz, F2 е од 1759 Hz до 2036 Hz и F3 е од 2241 Hz до 3566 Hz. Кај вокалот /i/ F1 е во опсег од 177 Hz до 335 Hz, F2 е од 2040 Hz до 2523 Hz и F3 е од 2590 Hz до 3130 Hz. Кај вокалот /o/ F1 е во опсег од 430 Hz до 665 Hz, F2 е од 780 Hz до 981 Hz и F3 е од 2382 Hz до 2626 Hz. Кај вокалот /u/ F1 е од 279 Hz до 488 Hz, F2 е од 632 Hz до 814 Hz и F3 е од 2299 Hz до 2470 Hz. Овие вредности се слични на средната вредност на фреквенциите на формантите кај мажите во нашата студија.

Владисављевиќ (Vladisavljević) (1981) истакнува одредени карактеристики на српскохрватските вокали. F1 кај вокалот /a/ е околу 900 Hz, а F2 е околу 1300 Hz. F1 кај вокалот /e/ е околу 600 Hz, а F2 е околу 2000 Hz. F1 кај вокалот /i/ е околу 250 Hz, а F2 е околу 3000 Hz. F1 кај вокалот /o/ е околу 500 Hz, F2 е околу 800 Hz, а F3 е околу 3000 Hz. F1 кај вокалот /u/ е околу 300-400 Hz, F2 е околу 600 Hz, а F3 е околу 2400 Hz.

Судимац (Sudimac) (2016) ги презентирала резултатите од контрастивната анализа на високите (затворени) вокали /i/ и /u/ изговорени од родени говорители на британски англиски и српски јазик на возраст од 14 до 15 години. Средната вредност на фреквенциите на формантите на српското долго и кратко /i/ била следната: F1 397,47 и 415,96; F2 2402,60 и 2310,48 и F3 2964,21 и 2922,23. Средната вредност на фреквенциите на формантите за српското долго и кратко /u/ била: F1 429,27 и 435,71; F2 947,30 и 1013,86 и F3 2654,36 и 2503,71. Овие вредности се разликуваат од нашите наоди за македонските вокали /i/ (i) и /u/ (u). Вокалите во студијата на Судимац биле во контекст на консонанти во реални зборови на англиски и на српски јазик. Кај српскиот вокал /i/ прикажани се и следните фреквенции на формантите: F1 212 Hz, F2 2156 Hz, F3 2880 Hz, F4 3386 Hz и F5 4575 Hz (Vojnović, Mijić и Šumarac Pavlović, 2018).

Бакран (Bakran) (1989) ја прикажал средната вредност на F1 и F2 на долгите и кратките вокали во двосложни зборови изговорени од машки говорител од Хрватска. Кај

вокалот /a/ F1 е 707 Hz и 691 Hz, F2 е 1371 Hz и 1374 Hz. Кај вокалот /e/ F1 е 471 Hz и 511 Hz, F2 е 1989 Hz и 1754 Hz. Кај вокалот /i/ F1 е 238 Hz и 329 Hz, F2 е 2264 Hz и 2213 Hz. Кај вокалот /o/ F1 е 461 Hz и 499 Hz, F2 е 905 Hz и 983 Hz. Кај вокалот /u/ F1 е 379 Hz и 375 Hz, F2 е 822 Hz и 886 Hz. Овие наоди се слични на средната вредност на фреквенциите на формантите изговорени од машките говорители во нашата студија.

Петровиќ (Petrović) (2018) ги одредил следните фреквенции на формантите на вокалот /a/ (a) кај женски говорители на српски јазик: F1 737 Hz, F2 1427 Hz и F3 2892 Hz. Тие се слични на фреквенциите измерени во нашата студија кај женски говорители.

Акустичната анализа на консонантите вклучуваше анализа на спектралните карактеристики на консонантите со одредување на спектралните моменти, како и одредување на F<sub>0</sub> и фреквенциите на формантите од F1 до F5 на назалите и на латералите. Анализирани се четирите спектрални моменти: центар на гравитација или тежиште, спектрална стандардна девијација, наклон на спектарот и куртозис. Податоците за спектралните моменти се прикажани во Табела 7, 8, 9, 10 и 11 и на Слика 2.

Тежиштето кај пловивите во нашата студија, анализирани како изолирани гласови беше во опсегот на ниските фреквенции. Во контекст на вокал, тежиштето на веларниот пловив /k/ (k) во зборот [кажи] изнесуваше 1068 Hz. Студијата во која е анализирана акустичната структура на грчките пловиви во вокален контекст /o/ покажала дека безвучните алвеоларни пловиви имаат спектрален пик во фреквенцискиот опсег помеѓу 3000 Hz и 4000 Hz. Звучните алвеоларни пловиви покажале пик во фреквенцискиот опсег помеѓу 2500 Hz и 4000 Hz. Безвучните веларни пловиви покажале еден пик околу 2000 Hz и еден околу 4000 Hz. Звучните веларни пловиви покажале пик на 1000 Hz и 4000 Hz (Botinis, et al., 2000). Холандските пловиви /t/ и /d/ биле испитувани во иницијална позиција во зборот. Тежиштето кај /t/ било 5038 Hz и кај /d/ било 4933 Hz (Cho и McQueen, 2005). Овие вредности на тежиштето се многу повисоки од фреквенциите измерени во нашата студија кај изолирани фонеме.

Во нашата студија сите пловиви како изолирани гласови имаа позитивна вредност на наклон на спектарот што укажува на концентрација на енергија во ниските фреквенции. Спроведено е истражување на корпус на европски португалски зборови коишто содржеле шест пловиви /p/, /b/, /t/, /d/, /k/ и /g/ во иницијална, медијална и финална позиција. Пловивот /p/ покажал вредности на наклон на спектарот блиски до нула или позитивни

вредности, што сугерира позитивна асиметриска дистрибуција, така што највисоките вредности на спектралната амплитуда биле лево концентрирани. Пловивот /t/ покажувал вредности на наклон на спектарот блиски до нула или негативни вредности укажувајќи на високи вредности на спектрална амплитуда концентрирани кон десно. Пловивот /k/ имал негативни вредности на наклон на спектарот кај најголем број говорители, а /p/ имал позитивни вредности на наклон на спектарот (Lousada, Jesus и Pape, 2012).

Анализата на спектралните моменти кај фрикативите како изолирани гласови во нашата студија покажа највисока средна вредност на тежиштето 4021 Hz кај фрикативот /c/ (s) изговорен од децата. Анализираме и консонанти во контекст на вокали. Тежиштето на алвеоларниот фрикатив /ш/ (ʃ) во зборот [шума] изнесува 3700 Hz, а спектралната СД 1170 Hz. Тежиштето на дентално-алвеоларниот фрикатив /c/ (s) во зборот [сусам] е 7890 Hz, а спектралната СД 1754 Hz. При анализа на фрикативот /c/ (s) во контекст на вокалот /o/ (o) во зборот [сонце] добивме малку пониска вредност на тежиште 7617 Hz и спектрална СД 1242 Hz. Тежиштето на лабијалниот фрикатив /ф/ (f) во зборот [филтер] е 2785 Hz, а спектралната СД 2353 Hz.

Кај говорители на јазикот *чикасо* (Chickasaw), прикажана е средна вредност на тежиште за /f/ 4562 Hz, за /s/ 5163 Hz и за /ʃ/ 4679 Hz. Фрикативите во тоа истражување биле во непосредна близина на вокалот /a/ или на вокалот /i/ (Gordon, Barthmaier и Sands, 2002). Фрикативите /z/ и /s/ имаат енергија во фреквенцискиот регион од 3500 до 8000 Hz. Консонантите /h/ и /f/ имаат помалку енергија од останатите фрикативи (Northern, 2014).

Во нашата студија средната вредност на тежиштето кај фрикативот /ш/ (ʃ) како изолиран глас е во опсег од 1606 Hz до 2842 Hz. Средната вредност на пикот на првата концентрација на акустична енергија кај српскиот фрикатив /ʃ/ била 2800 Hz и 5600 Hz на втората концентрација на акустична енергија (Punišić, Subotić и Šabarkara, 2009). Безвучните фрикативи /s/ и /ʃ/ имаат поголема енергија, со тоа што /s/ е повеќе во опсегот на високи фреквенции од околу 3500 Hz и повисоко, а /ʃ/ има најмногу енергија нешто пониско, околу 3000 Hz (Ladefoged, 2001).

Кај пет говорители измеривме негативен наклон на спектарот на фрикативите како изолирани гласови. Тоа укажува на концентрација на акустична енергија во високите фреквенции. Најголем број на говорители имаа позитивен куртозис кај фрикативите. Тоа значи релативно високи пикови во спектарот. Средната вредност на куртозис беше

негативна само кај фрикативот /ш/ (ʃ) изговорен од женските говорители. Негативниот куртозис укажува дека дистрибуцијата има повеќе зарамнети пикови или спектар без добро дефинирани пикови. Во контекст на вокали, фрикативот /ш/ (ʃ) во зборот [шума] имаше наклонот на спектарот 1,9 и куртозис 3,9; фрикативот /с/ (s) во зборот [сусам] наклонот на спектарот – 1,1 и куртозис 1,5; фрикативот /с/ (s) во зборот [сонце] наклонот на спектарот 0,1 и куртозис 3,2 и лабијалниот фрикатив /ф/ (f) во зборот [филтер] имаше наклонот на спектарот 1,4 и куртозис 2,4.

Според Гудуриќ (Гудурић) и Петровиќ (Петровић) (2008) звучната енергија на српскиот консонант /f/ е во опсег од 400 Hz до 7000 Hz со силна концентрација на енергија над 1500 Hz, додека /h/ има концентрација на акустична енергија во неколку појаси почнувајќи од 140 Hz до 4800 Hz. Според Манива (Maniwa) и Џонмен (Jongman) (2009) безвучните фрикативи се карактеризираат со повисоки вредности на спектрално тежиште и пик, повеќе дефинирани пикови, помала варијанса, негативен наклон на спектарот, поголема вкупна амплитуда и подолго траење во споредба со нивните звучни парници. Анализирани се спектралните моменти кај бразилските португалски фрикативи. Средната вредност на тежиштето на лабиоденталните, алвеоларните и посталвеоларните фрикативи во бразилскиот португалски јазик во контекст на /a/, /i/ и /u/ била 5003 Hz, 7417 Hz и 4608 Hz. Средната вредност на варијансата била 2862,8 Hz, 1952,8 Hz и 1850,8 Hz. Средната вредност на асиметријата била 0,25, -0,39 и 0,88. Средната вредност на куртозис била 0,74, 2,76 и 1,85 (Ferreira-Silva, Pacheco и Cagliari, 2015).

Пресметано е тежиштето на неколку консонанти земени од консонант-вокал (КВ) слогови изговорени од женски говорители на австралиски англиски јазик. Средната вредност на тежиштето на /s/ била 6582 Hz, на /ʃ/ 5323 Hz, на /z/ 5885 Hz и на /ʒ/ 4521 Hz (Tabain, 2001). Корејскиот фрикатив /s/ е испитуван во контекст на вокалите /i/, /a/ и /u/. Средната вредност на тежиштето била 6133,9 Hz и 7280,2 Hz кај мажите и 8248,6 Hz и 8321,2 Hz кај жените. Средната вредност на наклонот на спектарот била 0,37 and 0,08 кај мажите и -0,44 и -0,31 кај жените (Han, 2018).

При анализата на фрикативите како изолирани гласови измеривме наклон на спектарот еднаков на нула кај двајца говорители. Тоа укажува дека дистрибуцијата на фреквенциите околу средната фреквенција е симетрична. Кениг (Koenig), et al. (2013) ги измериле спектралните моменти на англискиот фрикатив /s/ во зборови изговорени од

адолесценти. Средната вредност на тежиштето била во опсег од 4433 Hz до 7643 Hz. Средната вредност на СД била во опсег од 1492 Hz до 2092 Hz. Средната вредност на наклонот на спектарот била во опсегот од -0,102 до 0,926 и средната вредност на куртозис била позитивна кај сите говорители, во опсег од 0,184 to 3,389. Во друга студија анализата на англиските фрикативи покажала повисоко спектрално тежиште за /s/ и /z/ (6133 Hz) и пониско за /ʃ/ и /ʒ/ (4229 Hz). Наклонот на спектарот бил повисок кај /ʃ/ и /ʒ/, укажувајќи дека палато-алвеоларите имаат најсилна концентрација на енергија во ниските фреквенции (Jongman, Wayland и Wong, 2000).

Вујасиќ (Vujić) (2014) ги анализираше хрватските фрикативи /s/, /ʃ/, /z/ и /ʒ/ во логатоми со КВКВ-структура. Таа прикажала највисока просечна вредност на тежиште за /s/ 8641 Hz и највисока просечна вредност на СД за /z/ 3130 Hz. Просечната вредност на наклонот на спектарот била позитивна за /ʃ/ и /ʒ/, и негативна за /s/ и /z/. Просечната вредност на куртозис била позитивна за сите фрикативи.

Освен кај фрикативите во контекст, исто така и кај денално-алвеоларниот африкат /tʃ/ (ts) во зборот [сонце] измеривме концентрација на енергија во повисоките фреквенции. Тежиштето на африкатот беше 7973 Hz, а спектралната СД 1706 Hz. При анализата на африкатите како изолирани гласови измеривме позитивна средна вредност на наклон на спектарот и куртозис кај сите говорители. Се смета дека најважни акустични карактеристики на африкатите се: транзиција на F2 на соседниот вокал на високите фреквенции и карактеристичниот период на тишина на спектрограмот што кореспондира со оклузијата, а потоа експлозијата на шумот во фазата на ослободување (Recasens, 2014).

Нашата спектрална анализа на назалите како изолирани гласови покажа средна вредност на тежиштето во ниските фреквенции. За консонантот /m/ Табеин (Tabain), et al. (2016a) прикажале тежиште 2657 Hz и СД 1139 Hz. За консонантот /n/ тежиштето било 2708 Hz, а СД била 1130 Hz. Ние ги измеривме првиот и вториот спектрален момент кај латералите во опсегот на ниските фреквенции. Табеин (Tabain), et al. (2016b) измериле тежиште 2704 Hz и СД 1100 Hz на латералот /l/ во поединечни зборови.

Вредностите на тежиштето што ги добивме при анализа на консонантите во вокален контекст се повисоки од вредностите добиени при анализа на консонантите како изолирани гласови, односно консонантите во контекст имаат концентрација на акустична енергија во повисоките фреквенции. Тоа е потврдено и во студиите на други автори, а се

должи на коартикулацијата. Тоа е феномен кај кој една фонема влијае на продукцијата на претходната и на следната фонема. Артикулаторните движења при продукција на одредена фонема ја менуваат артикулацијата на соседните фонеме.

Во нашата студија беа одредени и  $F_0$  и фреквенциите на формантите од  $F_1$  до  $F_5$  на назалите и на латералите. Податоците се прикажани во Табела 12, 13, 14, 15, 16 и 17. Средната вредност на  $F_1$  на назалот /m/ (m) изнесуваше 476 Hz кај мажите, 696 Hz кај жените и 758 Hz кај децата. Средната вредност на  $F_2$  беше 1293 Hz, 1575 Hz и 1925 Hz. Средната вредност на  $F_3$  изнесуваше 2573 Hz, 3145 Hz и 4067 Hz. Средната вредност на  $F_4$  изнесуваше 3535, 4076 и 5518 Hz. Табеин (Tabain), et al. (2016a) ги измериле назалните форманти на назалот /m/  $N_1$  308 Hz,  $N_2$  1402 Hz,  $N_3$  2603 Hz и  $N_4$  3726 Hz. Кај латералите Табеин (Tabain), et al. (2016b) ги добиле следните фреквенции на формантите:  $F_1$  374 Hz,  $F_2$  1619 Hz,  $F_3$  2839 Hz и  $F_4$  3804 Hz за алвеоларниот латерал /l/ и  $F_1$  339 Hz,  $F_2$  2104 Hz,  $F_3$  2896 Hz и  $F_4$  3998 Hz за палаталниот латерал /ʎ/. Овие вредности се пониски од вредностите измерени во нашата студија.

Родригис (Rodrigues), et al. (2019) ги измериле фреквенциите на формантите на првиот, вториот и третиот формант на латералот /l/ во вокален контекст. Средната вредност на  $F_1$  била во опсег од 377,79 Hz до 554,77 Hz, средната вредност на  $F_2$  била во опсег од 947,70 Hz до 1108,67 Hz и средната вредност на  $F_3$  била во опсег од 2831,37 Hz до 3147,89 Hz. Овие вредности се слични на вредностите добиени во нашата студија.

Костиќ (Kostić) (1971) ја испитувал акустичната структура на српските консонанти. За назалите /m/ и /n/ тој ја одредил првата концентрација на акустична енергија на околу 500 Hz, втората концентрација била од 1000 Hz до 1200 Hz и третата концентрација од 2200 до 2500 Hz. За назалот /ŋ/ првата концентрација на акустична енергија била на ниво околу 500 Hz, втората концентрација била од 600 Hz до 1000 Hz и третата концентрација на акустична енергија била во опсегот од 2700 до 3000 Hz. Овие наоди се слични на фреквенциите на првиот, на вториот и на третиот формант на назалите кај машките говорители во нашата студија.

По анализата на вокалите и на консонантите како изолирани гласови, ја анализиравме коартикулацијата во логатоми и реални зборови. На Слика 3, 4, 5, 6, 7, 8 и 9 и во Табела 18 и 19 ги прикажавме податоците за слоговите [ди] и [ду]. Кај овие два слога



постои различна транзиција на формантите на вокалите /и/ (i) и /у/ (u). Кај вокалот /и/ (i) се забележува асцендентна, а кај вокалот /у/ (u) десцендентна транзиција на F2.

Првите три форманти на вокалот /у/ (u) во нашата студија беа: F1 367 Hz, F2 1290 Hz и F3 2670 Hz. Во слогот [du] на германски јазик измерени се следните форманти: F1 274 Hz, F2 1285 Hz и F3 2241 Hz (Birkholz, 2013). Фреквенцијата на вториот формант е најблиска на фреквенцијата измерена во нашата студија. Транзициите на формантите се повидливи кај звучните отколку кај безвучните пловиви (Schwartz, et al., 2012).

За да се анализира транзицијата на формантите извршена е сегментација на вокалите. Сегментацијата се темели на осцилограмот на сигналот, на спектрограмот и на аудитивната перцепција (Jovičić и Kašić, 2015). При сегментацијата, крајот на вокалот е местото каде што енергијата на F2 нагло опаѓа (Yadav и Rao, 2013).

Го анализиравме влијанието на акцентот на акустичната структура на гласовите во зборот. Спондејските зборови што се користат за одредување на прагот на препознавање на говорот се двосложни зборови со еднаков акцент на двата слога. Во македонскиот јазик не постојат спондејски зборови. Се користат зборови од странско потекло, како на пример: лаптоп, смартфон, Фејсбук, Јутјуб, хот спот, хот дог (laptop, smartphone, facebook, you tube, hot spot, hot dog) и други. За некои од нив постои и паралела на македонски јазик. Го анализиравме влијанието на акцентот во зборот [дете]. Акустичната структура на зборот [дете] е прикажана на Слика 10 и на Слика 11. Утврдено е дека постои поголема концентрација на акустична енергија кај вокалот /е/ (e) во акцентираниот слог [де].

На Слика 12 ја прикажавме акустичната структура на носечката фраза [Кажи го зборот]. Кај пловивот /т/ (t) што се наоѓа на крајот на фразата не е многу изразена карактеристичната форма за пловивите, оклузија, односно запирање на воздушната струја, а потоа експлозија, нагло ослободување на воздушната струја. Таква карактеристична форма има осцилограмот на пловивот /т/ (t) во зборот [табла] што е прикажан на Слика 13. Сметавме дека фразата [Кажи го зборот] е посоодветна за презентирање на зборовите од аспект на коартикулацијата, во однос на фразата [Ќе кажеш] која завршува со фрикативот /ш/ (ʃ) со карактеристичен шум предизвикан од турбулентниот проток на воздушната струја. Оваа фраза е прикажана на Слика 14. Целта беше да се избегне влијанието на финалната фонема од фразата врз фонемата во иницијалната позиција во зборот.

За да ја утврдиме разликата во акустичната структура на фрикативот /ш/ (ʃ) кога тој е во финална позиција и во иницијална позиција го анализираме зборот [шума]. На Слика 15 се прикажани осцилограмот и спектрограмот на овој збор. Во двата случаи се забележува долгото траење на шумот. Најголема концентрација на акустична енергија има во фреквенцискиот опсег околу 3000 Hz. Некои автори сметаат дека врз основа на визуелна анализа на спектрограмот може да се процени високата концентрација на фрикативниот шум на гласот /ʃ/ (de Castro Brasil, et al., 2012). Кај англискиот фрикатив /ʃ/ евидентиран е најголеми спектрален пик во опсегот од 2000 до 4000 Hz и постепено опаѓање на енергијата во високите фреквенции (Rutter, 2011).

На Слика 16 се прикажани осцилограмот и спектрограмот на зборот [сусам]. Ја анализираме разликата во акустичната структура на фрикативите /с/ (s) и /ш/ (ʃ) во иницијална позиција на зборот, пред вокалот /у/ (u). Кај фрикативот /с/ (s) се забележува најголема концентрација на акустична енергија во фреквенцискиот опсег околу 5000 Hz.

Го анализираме дентално-алвеоларниот фрикатив /с/ (s) и во позиција пред вокалот /о/ (o). На Слика 17 се прикажани осцилограмот и спектрограмот на зборот [сонце]. Во овој збор фрикативот /с/ (s) има голема концентрација на акустична енергија во фреквенцискиот опсег околу 4500 Hz и во опсегот околу 5500 Hz. Во зборот [сонце] постои десцендентна транзиција на F2 на вокалот /о/ (o) што се наоѓа во позиција по дентално-алвеоларниот фрикатив /с/ (s). Според чешките автори, концентрацијата на енергија на фрикативот /s/ се протега од 4000 до 10000 Hz (Honová, Jindra и Pešák, 2003). Во англискиот јазик е утврдена поголема темпорална и спектрална варијабилност кај децата при продукција на фрикативот /s/ во однос на возрасните лица (Munson, 2004).

Поизразена десцендентна транзиција на F2 на вокалот /о/ (o) постои кога вокалот се наоѓа во позиција по дентално-алвеоларниот пловив /д/ (d). На Слика 18 се прикажани осцилограмот и спектрограмот на зборот [доктор], а на Слика 19 се прикажани формантите на вокалот /о/ (o) што се наоѓа по пловивот /д/ (d). Локусот на вториот формант е висок. Од податоците во Табела 20 се забележува дека во однос на средната вредност на фреквенцијата на вториот формант на вокалот /о/ (o) не постои разлика кога тој е во контекст на конкретниот консонант и кога се анализира како изолиран глас.

Анализата на локусот на вториот формант ги опфати сите места на артикулација на консонантите. Во некои зборови транзицијата на F1 и на F2 на вокалот имаат иста насока.

На Слика 20 го прикажавме осцилограмот и спектрограмот на зборот [бања]. Го анализиравме првиот вокал /a/ (а) што се наоѓа во позиција по лабијалниот пловив /b/ (б). Во овој случај транзицијата и на првиот и на вториот формант на вокалот /a/ (а) е асцендентна. На Слика 21 ги прикажавме формантите на вокалот /a/ (а). Времетраењето на вокалот /a/ (а) изнесува 156 ms. Транзицијата на F2 трае 24 ms. Истражувањето на транзицијата на F2 во слогот [ba] во англискиот јазик покажува времетраење на транзицијата од 30 ms, а времетраење на вокалот /a/ 220 ms (Alexander и Kluender, 2008). Од податоците во Табела 21 може да се забележи дека F2 на вокалот /a/ (а) во контекст на пловивот /b/ (б) е малку повисок во однос на F2 кај изолиран вокал /a/ (а). Локусот на F2 е понизок од локусот на F2 кога вокалот е во контекст на алвеоларен глас. Во англискиот јазик, генерално се смета дека транзицијата на F2 со нискофреквентен локус укажува на перцепција на лабијален глас (Raphael, Borden и Harris, 2011). Локусот на F2 и на F3 во контекст на билабијалните гласови се ниски (Ladefoged и Johnson, 2011).

Ја анализиравме и транзицијата на формантите на вокалот /a/ (а) во контекст на алвеоларниот фрикатив /ʃ/ (џ). На Слика 22 и 23 се прикажани осцилограмот и спектрограмот на зборот [шал], како и формантите на вокалот /a/ (а). Се забележува асцендентна транзиција на F1 и десцендентна транзиција на F2 на вокалот. Локусот на F2 е висок, се наоѓа на околу 1700 Hz. Од податоците прикажани во Табела 22 се забележува дека F2 на вокалот /a/ (а) во контекст на фрикативот /ʃ/ (џ) е малку повисок од F2 на вокалот како изолиран глас. Кај англиските консонанти, транзицијата на F2 со повисок локус укажува на алвеоларен глас. Ова особено се однесува на пловивите и на назалите (Raphael, Borden и Harris, 2011). Локусот на вториот формант за алвеоларните гласови се наоѓа на 1700-1800 Hz (Ladefoged и Johnson, 2011). Одредената фреквенција на локусот во нашата студија се совпаѓа со овие податоци.

Анализата на транзицијата на формантите на вокалот /o/ (о) во контекст на веларниот пловив /g/ (г) покажа дека транзицијата е десцендентна и кај F1 и кај F2. На Слика 24 и 25 се прикажани осцилограмот и спектрограмот на зборот [готви] и формантите на вокалот /o/ (о). Локусот на F2 е високофреквентен. Од податоците во Табела 23 се забележува дека F2 на вокалот /o/ (о) во контекст на пловивот /g/ (г) е значително повисок од F2 на изолираниот глас /o/ (о). Во англискиот јазик, локусот на F2 во контекст на веларните гласови најчесто е висок (Ladefoged и Johnson, 2011).

Го анализираваме и влијанието на палаталниот фрикатив /j/ (j) врз вокалот /y/ (u). Кај овој вокал утврдена е асцендентна, односно речиси рамна транзиција на F1 и изразено десцендентна транзиција на F2. На Слика 26, 27, 28 и 29 се прикажани осцилограмот и спектрограмот на зборот [jug], спектрограмот и формантите на вокалот /y/ (u) во контекст и како изолиран глас. Локусот на вториот формант е високофреквентен. Генерално, транзиција на F2 со варијабилен, локус зависен од вокалот, укажува на палатален или на веларен глас (Raphael, Borden и Harris, 2011). Од податоците прикажани во Табела 24 може да се забележи дека F2 на гласот /y/ (u) во контекст на фрикативот /j/ (j) е повисока во однос на F2 на изолираниот глас /y/ (u). Големата промена што се случува кај F2 на вокалот /y/ (u), односно високата фреквенција на формантот на почетокот на транзицијата под влијание на фрикативот /j/ (j), може да се објасни со акустичната структура на гласот /j/ (j). Звучноста и големите резонаторски простори при артикулацијата овозможуваат создавање на полуформантни елементи. Затоа овој глас спаѓа во сонанти. Според своите артикулациски и акустични особини овој глас личи на вокалот /i/ (Vladislavjević, 1981).

На Слика 30 ги прикажавме осцилограмот и спектрограмот на зборот [лист]. Може да се забележи дека осцилограмот и спектрограмот на дентално-алвеоларниот латерал /л/ (l) се слични на осцилограмот и на спектрограмот на вокалот /и/ (i). Латералите имаат слична структура на вокалите со присуство на форманти. Кај вокалот /и/ (i) што следи по латералот /л/ (l) постои асцендентна транзиција на вториот формант. Гудуриќ и Петровиќ (2007) го анализирале зборот [лист] во српскиот јазик. Според нив артикулацијата на латералот /л/ (l) е специфична по тоа што се разликуваат две фази. Првата трае колку држењето на преградата, а втората настанува со отклонување на преградата. За време на првата фаза на акустичната слика се забележуваат форманти кои се губат во втората фаза и во неа доминира фриксиона акустична енергија.

На Слика 31 се прикажани осцилограмот и спектрограмот на зборот [филтер]. Карактеристично за лабијалниот фрикатив /ф/ (f) е тоа што интензитетот е многу низок. Кај вокалот /и/ (i) што се наоѓа во позиција по фрикативот /ф/ (f) се јавува асцендентна транзиција на вториот формант. Кај првиот формант не постои транзиција. Тој се наоѓа во релативно „стабилна состојба“ без поголеми промени на фреквенцијата. На Слика 32 се прикажани формантите на вокалот /и/ (i) во зборот [филтер]. Вториот формант на вокалот /и/ (i) многу кратко се наоѓа во „стабилна состојба“, а потоа неговата фреквенција нагло

опаѓа. На Слика 33 е прикажан спектрограмот на вокалот /и/ (i) на кој може да се забележи концентрацијата на акустична енергија. Од податоците прикажани во Табела 25 може да се забележи дека F2 на изолираниот вокал /и/ (i) е повисок од F2 на вокалот во контекст на фрикативот /ф/ (f). При анализа на фрикативите /ф/ (f) и /в/ (v) забележан е поизразен шум кај фрикативот /ф/ (f) во српскиот јазик (Гудуриќ и Петровиќ, 2006).

Авторите што ја истражувале транзицијата на F2 на вокалите кај децата со пелтечење сугерираат да се продлабочи истражувањето на таа транзиција како може да се предиктор на пелтечењето (Subramanian, Yairi и Amir, 2003). Исто така утврдено е различно перципирање на вокалите кај децата во однос на возрастните што е поврзано со транзицијата на вториот формант (Ohde и German, 2011).

По акустичната анализа на гласовите во македонскиот јазик и други говорни примероци, со цел да се конструираат фонетски балансиран тестови за говорна аудиометрија ја пресметавме фреквенцијата на фонемите во македонскиот јазик. За таа цел е користен корпус од 178 реченици. Фреквенцијата на фонемите во македонскиот јазик е прикажана во Табела 26. Најголема фреквенција има вокалот /а/ (a), а најмала фреквенција има консонантот /s/ (z). Фреквенцијата на фонемите може да се пресмета и на друг начин. Сагон и Учански (2006) ја одредиле фреквенцијата на фонемите и најчестата структура на слоговите со анализа на околу 3000 зборови од три статии од неделен весник.

Врз основа на пресметаната фреквенција на фонемите конструираме 4 листи на зборови за говорна аудиометрија коишто се фонетски балансиран, односно имаат приближна застапеност на фонемите како во корпусот од 178 реченици којшто е репрезентација на фреквенцијата на фонемите во македонскиот јазик. Фреквенцијата на вокалите и на консонантите во тестовите е прикажана во Табела 27, 28, 29 и 30.

Еден од критериумите за конструирање на тестовите е зборовите да бидат познати. Конечните листи на зборови во нашата студија беа одобрени од двајца лингвисти. Постојат и други начини да се утврди дали зборовите се познати е пополнување на прашалници од страна на одредена група на испитаници. Некои автори барале испитаниците да ги рангираат прикажаните зборовите како: непознати, малку познати, познати и многу познати (Garadat, Abdulbaqi и Haj-Tas, 2017). Познавањето на зборовите придонесува за повисок скор на препознавање на зборовите (Carroll, et al., 2016).

Во Табела 31 е прикажана структурата на слогот во тестовите со едносложни зборови и бројот на зборови со таква структура на слогот. Кај едносложните зборови најчеста е структурата КВК. На Слика 34 е прикажана позицијата на фонемите во слоговите. За вокалот е карактеристична медијалната позиција како јадро на слогот.

Во Табела 32 е прикажана структурата на слоговите во тестовите со двосложни зборови и бројот на зборови со таква структура на слогови. Кај двосложните зборови најчеста е структурата на слогови КВККВ. Во Табела 33 е прикажана застапеноста на различни зборовни групи во тестовите. Во сите тестови најзастапени зборови се именките.

По снимањето на листите на зборови реализирана е клиничка валидација на тестовите на примерок од 110 испитаници, односно тестирани се вкупно 220 уши. Во Табела 34 и на Слика 35 е прикажан примерокот на истражувањето во однос на полот и на возраста. Од вкупниот број на испитаници 98 се возрасни лица (89,1%), а 12 се деца (10,9%). Во однос на полот, 50 се машки (45,5%), а 60 се женски (54,5%).

Во Табела 35 е прикажан бројот на уши со уреден слух и со редукција на слухот во однос на полот на испитаниците. Утврдено е дека не постои статистички значајна разлика во бројот на случаи со редукција на слухот во однос на полот. Во Табела 36 е прикажан бројот на уши со уреден слух и со редукција на слухот во однос на возраста на испитаниците. Утврдена е статистички значајна разлика во бројот на случаи со редукција на слухот во однос на возраста. Погolem број на испитаници се возрасни лица.

Податоците во врска со застапеноста на билатералната и на унилатералната редукција на слухот во однос на полот на испитаниците се прикажани во Табела 37. Не постои статистички значајна разлика во дистрибуцијата на билатералната и на унилатералната редукција на слухот во однос на полот. Застапеноста на билатералната и на унилатералната редукција на слухот е прикажана и во однос на возраста (Табела 38). Најголем број на пациенти биле возрасни лица со билатерална редукција на слухот. Утврдена е статистички значајна разлика во дистрибуцијата на билатералната и на унилатералната редукција на слухот во однос на возраста. Редукцијата на слухот поврзана со возраста, односно презбикузијата, е билатерална, сензоневрална симетрична редукција. Редукцијата на слухот предизвикана од прекумерна бучава исто така често е билатерална, како и ототоксикозата. Унилатерална редукција на слухот се јавува кај Мениерова болест, идиопатска акутна сензоневрална редукција на слухот, траума и

воспалителни процеси (Isaakson и Vora, 2003). Кај 63% од децата на возраст од 5 до 10 години редукцијата била унилатерална, а кај 27% била билатерална (Guida и Diniz, 2008). Кај пациенти со тинитус и редукција на слухот најчеста била билатералната сензонеурална редукција на слухот (Ristovska, et al., 2016).

Во Табела 39 е прикажана застапеноста на одреден тип на редукција на слухот во однос на полот кај возрастните лица. Најчест тип на редукција на слухот е сензонеуралната редукција. Кај голем број на пациенти е евидентирана презбиакузија и оштетување на слухот од прекумерна бучава. Презбиакузијата е еден од најчестите типови на редукција на слухот кај возрастните (Wang и Puel, 2010; Tawfik, et al., 2019; Valero-García и Vila-Rovira, 2018). Друга честа причина за сензонеурална редукција на слухот кај возрастните е изложувањето на прекумерна бучава (Mahboubi, et al., 2013; Kim, 2010; Rabinowitz, 2000).

Застапеноста на одреден тип на редукција на слухот во однос на полот кај децата е прикажана во Табела 40. Најчест тип на редукција на слухот кај децата е кондуктивната редукција која била застапена во 86,7% од случаите. Кај најголем број на деца е евидентиран ОМЕ. Најчеста причина за кондуктивна редукција на слухот кај децата е ОМЕ (James, George и Regina, 2018; Robb и Williamson, 2011; Gravel, et al., 2006). Честа причина за кондуктивна редукција е и перфорацијата на ушното тапанче (Park, et al., 2015; Ibekwe, Nwaorgu и Ijaduola, 2009; Mehta, et al., 2006).

Во Табела 41 е прикажана застапеноста на одреден тип на редукција на слухот кај сите пациенти во однос на полот. Најчест тип е сензонеуралната редукција. Таа била застапена во 80,4% од сите случаи. Не е докажана статистички значајна разлика во дистрибуцијата на одреден тип на редукција на слухот во однос на полот. На Слика 36 е прикажан типот на редукција на слухот кај сите пациенти.

Во Табела 42 е прикажана застапеноста на одреден тип на редукција на слухот кај сите пациенти во однос на возраста. Кај возрастните најчест тип на редукција е сензонеуралната редукција. Кај децата најчест тип на редукција на слухот е кондуктивната редукција, но примерокот е мал за да се докаже статистички значајна разлика.

Степенот на редукција на слухот кај пациентите е градиран според Филипче и Давчева-Чакар (2009). Во Табела 43 е прикажан степенот на редукција на слухот кај возрастните лица во однос на полот. Кај двата пола најчеста е лесната редукција на слухот. Не постои значајна разлика во дистрибуцијата на одреден степен на редукција на слухот

кај возрасните лица во однос на полот. Во Табела 44 е прикажан степенот на редукција кај децата во однос на полот. Кај двата пола најчеста е лесната редукција на слухот.

Податоците за степенот на редукција на слухот кај сите пациенти во однос на полот се прикажани во Табела 45. Кај двата пола најчеста е лесната редукција на слухот, но не е докажана статистички значајна разлика во дистрибуцијата на одреден степен на редукција на слухот во однос на полот. На Слика 37 е прикажана застапеноста на одреден степен на редукција на слухот кај сите пациенти. Во Табела 46 е прикажана застапеноста на одреден степен на редукција на слухот кај сите пациенти во однос на возраста. Лесната редукција е најчеста и кај возрасните лица и кај децата.

Во Табела 47 е прикажана застапеноста на одредена аудиометриска конфигурација кај сите случаи на редукција на слухот во однос на полот. Начинот на кој е дефиниран одреден тип на редукција во нашата студија е даден во теоретските основи. За стрмно десцендентната конфигурација дадени се дефиниции од различни автори. Ние ја дефиниравме според Пан, et al. (2009). Кај двата пола најчеста е десцендентната аудиометриска конфигурација. Докажана е статистички значајна разлика во дистрибуцијата на одреден тип на аудиометриска конфигурација кај машките и кај женските испитаници. Кај редукцијата на слухот што е предизвикана од прекумерна бучава најчеста е скотом конфигурацијата (Wilson и McArdle, 2013; Twardella, et al., 2013; Nondahl, et al., 2009; McBride и Williams, 2001; Perez, Gatt и Cohen, 2000). Кај лица на возраст над 50 години најчеста била десцендентната конфигурација, потоа рамната и скотом конфигурација (Ji, et al., 2011). Кај лица со тинитус и сензонеурална редукција на слухот најчеста аудиометриска конфигурација била десцендентната конфигурација, потоа рамна, скотом и „превртена U“ конфигурација (Ristovska, Jachova и Stojcheska, 2019).

Во Табела 48 е прикажана застапеноста на одредена аудиометриска конфигурација кај сите случаи на редукција на слухот во однос на возраста. Кај возрасните лица најчеста е десцендентната конфигурација. Кај децата одделно не може да се заклучи која е најчеста аудиометриска конфигурација бидејќи примерокот е мал. На Слика 38 е прикажана вкупната застапеност на различни типови на аудиометриска конфигурација кај сите случаи на редукција на слухот. Аудиометриската конфигурација кај ОМЕ како најчеста причина за кондуктивна редукција на слухот кај децата е рамна со мал пик на 2000 Hz и пад на 8000 Hz. Кај деца со ОМЕ на возраст над четири години може да се изведе ТЛА и



да се одреди степенот на редукција на слухот и аудиометриската конфигурација (Cai и McFerson, 2016; Rosenfeld, et al., 2016). Кај децата со сензонеурална редукција на слухот на кои им е потребен амплификатор најчести се десцендентната и рамната конфигурација (Yuen и McPherson, 2002). Во случаи на сличен степен на редукција на слухот, аудиометриската конфигурација влијае на способноста за користење на говорните информации во различни фреквенциски региони (Hornsby, Johnson и Picou, 2011).

По анализата на аудиометриските дескриптори, анализиран е артикулацискиот индекс како предиктор на интелигибилноста на говорот. Во Табела 49 е прикажан артикулацискиот индекс според степенот на редукција на слухот. Артикулацискиот индекс може да се смета за предиктор за разбирливоста на говорот само во случаи на лесна и умерена редукција на слухот. Во одредени случаи на умерена редукција на слухот со просечна вредност на прагот на слухот 60 dB HL, артикулациски индекс изнесува 0%.

Во Табела 50 е прикажан артикулацискиот индекс во однос на полот на испитаниците. Најчесто е калкулиран артикулациски индекс од 81 до 90%. Тој се јавува кај уреден слух и кај лесна редукција на слухот. Некои автори сметаат дека артикулацискиот индекс може да се применува при подесување на слушните амплификатори за да се процени бенефитот од амплификаторот (McCreery, 2013).

По анализата на резултатите од тоналната лиминарна аудиометрија, прикажани се резултатите од говорната аудиометрија. Во Табела 51 е прикажана разликата помеѓу прагот на детекција на говорот (SDT) и прагот на препознавање на говорот (SRT) во однос на аудиометриската конфигурација кај сите случаи на редукција на слухот. Во најголем број на случаи утврдена е разлика помеѓу SDT и SRT  $\leq 12$  dB, но разликата помеѓу SDT и SRT во однос на различна аудиометриска конфигурација не е статистички значајна.

Податоците кои се однесуваат на разликата помеѓу SDT и SRT во однос на постоењето на редукција на слухот се прикажани во Табела 52. Во најголем број на случаи SRT е одреден на интензитет  $\leq 12$  dB од SDT. Докажана е статистички значајна разлика во нивото на интензитет помеѓу детекција и препознавање на говорот.

Во Табела 53 е прикажана застапеноста на одделни типови криви на говорниот аудиограм во однос на полот. Во најголем број на случаи е евидентиран скор на препознавање на зборовите (WRS)  $\geq 90\%$ , односно интелигибилноста на говорот не била нарушена. Таков скор се сретнува и кај лесна сензонеурална редукција на слухот. Затоа ја

класифициравме одделно таквата кохлеарна крива. Не е докажана статистички значајна разлика во дистрибуцијата на различни криви на говорниот аудиограм во однос на полот. Во примерокот не е евидентирана ретрокохлеарна крива на говорен аудиограм.

Застапеноста на различни криви на говорниот аудиограм во однос на типот на редукција на слухот кај сите испитаници е прикажана во Табела 54. На Слика 39 се прикажани примери за тонални и говорни аудиограми кај лица со уреден слух, кондуктивна и сензонеурална редукција на слухот.

Во Табела 55 е прикажано нивото на презентација на зборовите што е потребно за да се постигне максималниот WRS кај уреден слух и во случаите на редукција на слухот. Во најголем број на случаи на редукција на слухот, максималниот WRS се постигнува на ниво 25-40 dB SL. Го анализиравме максималниот WRS, бидејќи тестирањето се изведува на неколку нивоа на презентација за да се добие крива на говорниот аудиограм и да се постигне подобар скор ако е возможно на повисок интензитет. Треба да се земе предвид и фактот дека во некои случаи на умерена и на тешка редукција не може да се презентира тон на ниво поголемо од 25 dB SL заради лимитот на аутпутот на сигналот. Докажана е статистички значајна разлика во нивото на интензитет на кое се презентираат зборовите за да се постигне максималниот скор.

Во Табела 56 е прикажано нивото на презентација на зборовите што е потребно за да се постигне максималниот WRS во однос на полот на испитаниците. Не постои статистички значајна разлика во нивото на интензитет на кое се презентираат зборовите за постигнување на максималниот скор во однос на полот.

Податоците за максималниот WRS кај сите пациенти во однос на полот се прикажани во Табела 57. Во најголем број на случаи постигнат е скор 90-100% што значи дека постои добра интелигибилност на говорот.

На Слика 40 е прикажана застапеноста на испитаниците според тоа дали се постигнува WRS од 90 до 100% или понизок. Во Табела 58 е прикажан максималниот WRS во однос на типот на редукција на слухот. Во најголем број на случаи постигнат е скор 90-100%. Во Табела 59 е прикажан максималниот WRS кај сите пациенти во однос на степенот на редукција на слухот. Во Табела 60 е прикажан максималниот WRS кај лесна редукција на слухот во компарација со другите типови на редукција. Кај лесна редукција на слухот, за разлика од умерена и тешка редукција на слухот, најчесто се постигнува скор

од 90 до 100%. Докажана е статистичка сигнификантност. На Слика 41 е прикажан максималниот WRS кај уреден слух и кај сите типови на редукција на слухот во однос на тоа дали е добро или нарушено препознавањето на зборовите.

Во истражувањето е утврдена корелацијата помеѓу параметрите од говорната аудиометрија и прагот на слухот што е одреден со тоналната лиминарна аудиометрија. Применет е Пирсоновиот коефициент на корелација. Анализата е направена одделно кај различна аудиометриска конфигурација. Во Табела 61, 62, 63, 64, 65 и 66 е прикажана корелацијата помеѓу SDT и прагот на слухот кај различна аудиометриска конфигурација. Кај сите шест типови на аудиометриска конфигурација утврдена е највисока корелација помеѓу SDT и најдобриот праг на слухот. Најважната клиничка вредност на SDT е тоа што тој треба да биде сличен на најдобриот праг на слухот (Stach, 2010).

На Слика 42 и на Слика 43 е претставен скатер дијаграм кај десцендентната аудиометриска конфигурација. Може да се забележи линеарната поврзаност помеѓу двете варијабли, праг на детекција на говорот и најдобриот праг на слухот, како и прагот на препознавање на говорот и РТА на фреквенциите од 500 до 2000 Hz.

Во истражувањето е утврдена и корелацијата помеѓу прагот на препознавање на говорот (SRT) и истите варијабли со кои е компариран SDT. Во Табела 67, 68, 70, 71, 72 и 73 прикажана е корелацијата во однос на аудиометриската конфигурација. Кај сите шест типови на аудиометриска конфигурација утврдена е највисока корелација помеѓу SRT и РТА на фреквенциите од 500 до 2000 Hz. Во истражувањето спроведено во Бразил кај десцендентна аудиометриска конфигурација SRT е во најголема корелација со РТА калкулиран на фреквенциите 500, 1000 и 2000 Hz (dos Anjos, et al., 2014).

Во Табела 69 е прикажана корелацијата помеѓу SRT и прагот на слухот кај стрмно десцендентна конфигурација. Но и кај оваа конфигурација највисока е корелацијата помеѓу SRT и РТА (500-2000 Hz). Ким, et al. (2016) кај сите типови на аудиометриска конфигурација највисока корелација утврдиле помеѓу SRT и пондерираната средна вредност на прагот на слухот на три фреквенции 500 Hz, 1000 Hz и 2000 Hz со тоа што прагот на фреквенцијата 1000 Hz е калкулиран два пати. Ние кај стрмно десцендентната конфигурација ја анализиравме и пондерираната средна вредност, но не добивме највисока корелација помеѓу SRT и таа средна вредност.

Анализирана е и корелацијата помеѓу SRT и говорните фреквенции 500, 1000, 2000 и 4000 Hz со цел да се одреди со која фреквенција SRT е во највисока корелација. Коефициентот на корелација е прикажан во Табела 74, 75, 76, 77, 78 и 79. Кај сите типови на аудиометриска конфигурација утврдена е највисока корелација помеѓу SRT и прагот на слухот на фреквенцијата 1000 Hz. Резултатите од нашето истражување се слични на резултатите од другите студии. Чиен, et al. (2006) ја истражувале корелацијата помеѓу SRT и прагот на слухот. Статистичката анализа со Пирсоновиот коефициент на корелација покажала највисока корелација помеѓу SRT и прагот на слухот на фреквенцијата 1000 Hz. Потоа следуваат фреквенциите 500 Hz, 250 Hz и 2000 Hz. Исто така и во истражувањето спроведено во Бразил кај десцендентната аудиометриска конфигурација SRT е во најголема корелација најголема корелација е забележана помеѓу SRT и прагот на слухот на фреквенцијата 1000 Hz (dos Anjos, et al., 2014).

За да утврдиме дали листите на зборови се хомогени во однос на аудибилноста, го одредивме нивото на презентација на кое ги повторуваат зборовите 30 лица со уреден слух. Тестирањето се изведуваше на три нивоа на презентација во чекори од 2 dB, односно на ниво 26 dB HL, 28 dB HL и 30 dB HL. Бројот на повторени зборови од тестовите кај сите испитаници е прикажан во Табела 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86 и 87. На Слика 44 и 45 е прикажан процентот на повторени зборови од Тест бр. 1 кај машките и кај женските испитаници. Во литературата се сретнуваат различни нивоа на презентација за одредување на хомогеноста на листите со зборови. Вилсон и Картер (2001) користеле 8 нивоа на презентација во чекори од 8 dB помеѓу 0 и 56 dB HL. Ратна Кумар, et al. (2016) ги презентирале зборовите на 5 нивоа на презентација во чекори од 10 dB, од 5 до 45 dB SL во однос на РТА и постигнале 100% разбирливост на зборовите на ниво 45 dB SL. Дуранкеја, et al. (2014) ги презентирале зборовите на интензитет од 5 до 55 dB HL и добиле 100% разбирливост на зборовите на 35 dB HL кај некои испитаници.

Во Табела 88 е прикажан бројот на повторени зборови од сите тестови и нивото на интензитет на кое се повторени зборовите. Разликата во интензитетот на кој испитаниците ги повторуваат сите зборови е  $\leq 4$  dB, односно се движи од 2 до 4 dB. Сантра (Santra), et al. (2016) прикажале варијабилност во интензитетот на кој се препознаваат зборовите 4,3 и 4,5 dB за двете листи на зборови што ги конструирале. Валидацијата на тестовите покажала дека листите на зборови се хомогени во однос на аудибилноста.

Најчестите грешки на испитаниците при препознавањето на зборовите се: замена на звучниот со беззвучниот парник на гласот и обратно, како и замена на зборот со лексички близок збор. Освен од коартикулацијата, препознавањето на зборовите зависи и од густината на лексичката блискост, односно бројот на лексички блиски зборови на зборот што треба да се препознае. Тоа се зборови кои се разликуваат само по една фонема.

На Слика 46 е прикажана психометриската функција на сите листи на зборови. Средната вредност на наклонот на психометриската функција од 20% до 80% точно препознавање на сите зборови е 5%/dB. Средната вредност на наклонот на психометриската функција од 20% до 80% на тестот со едносложни зборови на турски јазик што го конструирале Дуранкеја, et al. (2014) била 5,4%/dB. Средната вредност на наклонот на психометриската функција од 20% до 80% на тестот со едносложни зборови на кинески јазик што го конструирале Чи, et al. (2011) била  $5,0 \pm 0,29\%/dB$ . Со тестот *Maryland CNC test* кај лица со уреден слух е утврден пораст во препознавањето на зборовите 2,1%/dB (Causey, et al., 1984). Според Вилсон и Картер (2001) за да се опише психометриската функција на препознавањето на зборовите, може да се користат две карактеристики. Првата е локацијата на функцијата во Декартовиот координатен систем во кој зависните варијабли се поставени на у-оската, а независните варијабли се поставени на х-оската. Втората карактеристика е наклонот на функцијата на препознавање на зборовите. Тој ја изразува поврзаноста помеѓу промената во перформансата на точно препознавање ( $\Delta y$ ) и промената во нивото на презентација на сигналот ( $\Delta x$ ) што се изразува во формата  $\Delta y/\Delta x$  (%/dB).

На Слика 47 е прикажано нивото на интензитет на кое се повторени зборовите од сите тестови. Генерално, кај тестовите со двосложни зборови поголем број на зборови се повторуваат на почетното ниво на интензитет во однос на тестовите со едносложни зборови, односно испитаниците полесно ги препознаваат двосложните зборови. Тоа може да се должи на фактот што при идентификација на зборовите најважно е слушателот да ги препознае вокалите, а бројот на вокали е поголем кај двосложните зборови.

Имајќи ја предвид вредноста на наклонот на психометриската функција на сите листи на зборови во нашата студија и разликата во интензитетот на кој точно се повторени сите зборови, листите на зборови што ги конструиравме може да се сметаат за хомогени во однос на аудибилноста.

## ВЕРИФИКАЦИЈА НА ХИПОТЕЗИТЕ

Врз основа на добиените резултати од истражувањето, согласно со поставените хипотези, можеме да го констатираме следново:

**X0** Се претпоставува дека со фонетски балансираните тестови ќе се утврди корелација помеѓу параметрите од говорната аудиометрија и прагот на слухот одреден со тоналната лиминарна аудиометрија. Со статистичка обработка на податоците се утврди висока позитивна корелација помеѓу прагот на слухот, прагот на детекција на говорот и прагот на препознавање на говорот. *Нултата хипотеза е прифатена.*

**X1** Се претпоставува дека најчест тип на редукција на слухот кај возрасните е сензонеуралната редукција, а кај децата е кондуктивната редукција. Резултатите од истражувањето покажуваат дека најчест тип на редукција на слухот кај возрасните е сензонеуралната редукција, а кај децата е кондуктивната редукција, но не е докажана статистички значајна разлика. *Хипотеза 1 не е потврдена.*

**X2** Се претпоставува дека во однос на степенот на редукција, најчеста е лесната редукција на слухот. Резултатите од истражувањето покажуваат дека лесната редукција на слухот е почеста од умерената и тешката редукција, но не е докажана статистички значајна разлика. *Хипотеза 2 не е потврдена.*

**X3** Се претпоставува дека најчеста аудиометриска конфигурација е десцендентната конфигурација. Со статистичка обработка на податоците се докажа дека десцендентната конфигурација е најчеста. *Хипотеза 3 е потврдена.*

**X4** Се претпоставува дека во најголем број на случаи, разликата помеѓу прагот на детекција на говорот (SDT) и прагот на препознавање на говорот (SRT) е  $\leq 12$  dB. Со статистичка обработка на податоците се докажа дека разликата помеѓу прагот на детекција на говорот (SDT) и прагот на препознавање на говорот (SRT) најчесто е  $\leq 12$  dB. *Хипотеза 4 е потврдена.*

**X5** Се претпоставува дека максималниот скор на препознавање на зборовите (WRS) се добива на ниво на презентација од 25 dB до 40 dB над SRT. Со статистичка обработка на податоците се докажа дека максималниот WRS се добива на ниво на презентација од 25 dB до 40 dB над SRT. *Хипотеза 5 е потврдена.*

**X6** Се претпоставува дека кај лесна редуција на слухот најчесто се постигнува  $WRS \geq 90\%$ . Со статистичка обработка на податоците се докажа дека кај лесна редуција на слухот најчесто се постигнува  $WRS$  од 90% до 100 %. *Хипотеза 6 е потврдена.*

**X7** Се претпоставува дека прагот на детекција на говорот (SDT) е во највисока корелација со најдобриот праг на чистите тонови. Со статистичка обработка на податоците се докажа дека постои највисока корелација помеѓу прагот на детекција на говорот (SDT) и најдобриот праг на слухот. *Хипотеза 7 е потврдена.*

**X8** Се претпоставува дека прагот на препознавање на говорот (SRT) е во највисока корелација со РТА (500, 1000, 2000 Hz). Со статистичка обработка на податоците се докажа дека највисока корелација помеѓу прагот на препознавање на говорот (SRT) и РТА (500, 1000, 2000 Hz). *Хипотеза 8 е потврдена.*

**X9** Се претпоставува дека во однос на одделните фреквенции, прагот на препознавање на говорот (SRT) е во највисока корелација со прагот на слухот на фреквенцијата 1000 Hz. Со статистичка обработка на податоците се докажа дека прагот на препознавање на говорот (SRT) е во највисока корелација со прагот на слухот на фреквенцијата 1000 Hz. *Хипотеза 9 е потврдена.*

**X10** Се претпоставува дека листите со фонетски балансиран зборови се хомогени во однос на аудибилноста. Резултатите од истражувањето покажуваат дека разликата во нивото на презентација на кое се препознаваат сите зборови во тестовите не ја надминува дозволената рамка. *Хипотеза 10 е потврдена.*

## V ОГРАНИЧУВАЊА И НАСОКИ ЗА ИДНИ ИСТРАЖУВАЊА

Како ограничување на нашето истражување може да се смета тоа што тестовите што ги конструиравме се користат за тестирање на говор во тишина. Потребно е да се изведува и тестирање со говор во бучава бидејќи на тој начин се одредува перципирањето на говорот од страна на испитаниците во пореални услови на секојдневното опкружување. Поради непостоење на стандардизирани тестови за говорна аудиометрија на македонски јазик неопходно беше да се конструираат прво тестови со еднословни и двословни зборови за тестирање во тишина.

Во иднина може да се спроведат истражувања со говор во бучава. Како основа за конструирање на таков вид тестови би можеле да послужат говорните материјали што ги конструиравме во текот на ова истражување.

Тестовите со говор во бучава треба да содржат снимени реченици. Во нив може да се вклучат зборови од листите што ние ги конструиравме, бидејќи истражувањето покажа дека тие се хомогени во однос на аудибилноста, а освен именките кои се застапени во најголем дел, користевме и зборови од другите зборовни групи.



## VI ЗАКЛУЧОЦИ

Резултатите од акустичната анализа на македонските вокали во компјутерската програма Praat се слични со резултатите од претходните анализи на вокалите со звучни спектрографи. Исто така, постојат сличности во  $F_0$  и фреквенциите на формантите на македонските вокали и вокалите на други јазици. Средната вредност на фреквенциите на формантите е највисока кај децата. Транзициите на формантите на вокалите, особено на вториот формант, укажуваат на местото на артикулација на соседните консонанти.

Консонантите како изолирани гласови имаат концентрација на акустична енергија во пониските фреквенции, за разлика од консонантите во контекст на вокали. Тоа се должи на коартикулацијата, односно влијанието на еден фонетски сегмент врз друг. Изолираните консонанти имаат понизок центар на гравитација и спектрална стандардна девијација, а наклонот на спектарот и куртозис најчесто се позитивни, што укажува на концентрација на енергија во ниските фреквенции и високи пикови во спектарот.

Освен од коартикулацијата, препознавањето на зборовите зависи и од лексичката блискост. Зборовите најчесто се заменуваат со лексички близок збор.

Најчест тип на редукција на слухот кај возрасните испитаници е сензонеуралната редукција, а кај децата кондуктивната редукција. Во однос на степенот на редукција, најголем број на пациенти имаа лесна редукција на слухот. Најчеста аудиометриска конфигурација е десцендентната конфигурација.

Во најголем број на случаи, разликата помеѓу прагот на детекција на говорот (SDT) и прагот на препознавање на говорот (SRT) е  $\leq 12$  dB.

Максималниот скор на препознавање на зборовите (WRS) се добива на ниво на презентација од 25 dB до 40 dB над SRT. Во најголем број на случаи на лесна редукција на слухот се постигнува  $WRS \geq 90\%$ .

Прагот на детекција на говорот (SDT) е во највисока корелација со најдобриот праг на чистите тонови. Прагот на препознавање на говорот (SRT) е во највисока корелација со PTA (500, 1000, 2000 Hz). Во однос на одделните фреквенции, прагот на препознавање на говорот (SRT) е во највисока корелација со прагот на слухот на фреквенцијата 1000 Hz.

Конструираниите листи со фонетски балансираните зборови се хомогени во однос на аудибилноста.

## VII ПРЕДЛОЗИ

1. Говорната аудиометрија да стане дел од рутинската аудиолошка евалуација на лицата со редукција на слухот, бидејќи претставува контролен тест за тоналната лиминарна аудиометрија.

2. Да се одреди интелигибилноста на говорот кај сите пациенти што имаат потреба од слушен амплификатор. Кај пациентите со бинаурална редукција на слухот ќе се утврди на кое уво се постигнува подобра разбирливост на говорот.

3. Говорната аудиометрија да се користи при евалуирање на бенефитот од слушниот амплификатор.

4. Да се одреди препознавањето на говорот кај децата со редукција на слухот за да се утврдат потешкотиите во едукативниот процес.

5. Говорната аудиометрија да се користи за успешно спроведување на аудитивниот тренинг.

6. Покрај тоналната лиминарна аудиометрија, говорната аудиометрија да се користи при сомневање за ретрокохлеарна патологија.

7. Говорната аудиометрија да се користи за откривање на случаите на симулација и на агравација при изведување на тоналната лиминарна аудиометрија.

8. Да се конструираат тестови за говорна аудиометрија со говор во бучава за да може да се утврди препознавањето на говорот во реални услови од секојдневното опкружување.

9. Да се конструираат тестови за говорна аудиометрија на јазиците на другите етнички заедници во нашата држава што не се родени говорители на македонски јазик.

10. Да се набави соодветна апаратура за изведување на говорната аудиометрија на национално ниво за да се овозможи користење на снимени говорни материјали наместо презентирање на говорните стимули со мониториран глас во живо.

## VIII КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

1. Abhang, P.A., Gawali, B.W. and Mehrotra, S.C., 2016. *Introduction to EEG and speech-based emotion recognition*. San Diego: Academic Press, Elsevier.
2. Akeroyd, M.A., Arlinger, S., Bentler, R.A., Boothroyd, A., Dillier, N., Dreschler, W.A., Gagné, J.-P., Lutman, M., Wouters, J., Wong, L. and Kollmeier, B. International Collegium of Rehabilitative Audiology (ICRA) recommendations for the construction of multilingual speech tests. *International Journal of Audiology*, 54(Suppl 2), pp.17-22.
3. Albert, D., 2007. Childhood hearing loss. In H. Ludman and P.J. Bradley, eds. 2007. *ABC of ear, nose and throat*. 5<sup>th</sup> ed. Malden: Blackwell Publishing Ltd. Ch.5.
4. Alexander, J.M. and Kluender, K.R., 2008. Spectral tilt change in stop consonant perception. *Journal of the Acoustical Society of America*, 123(1), pp. 386-396.
5. American Speech-Language-Hearing Association (ASHA), 1988. Determining threshold level for speech [Guidelines]. Available at: <<https://www.asha.org/policy/GL1988-00008.htm>> [Accessed 12 June 2020].
6. American Speech-Language-Hearing Association (ASHA), 2015. Type, degree, and configuration of hearing loss. Available at: < <https://www.asha.org/uploadedFiles/AIS-Hearing-Loss-Types-Degree-Configuration.pdf>> [Accessed 12 June 2020].
7. Amlani, A.M., Punch, J.L. and Ching, T.Y.C., 2002. Methods and applications of the audibility index in hearing aid selection and fitting. *Trends in Amplification*, 6(3), pp.81-129.
8. Anil Kumar, C., Shiva Prasad, K.M., Manjunatha, M.B. and KodandaRamaiah, G.N., 2015. Basic acoustic features analysis of vowels and C-V-C of Indian English language. *ITSI Transactions on Electrical and Electronics Engineering*, 3(1), pp.20-23.
9. Archibald, L.M.D. and Gathercole, S.E., 2007. Nonword repetition and serial recall: Equivalent measures of verbal short-term memory? *Applied Psycholinguistics*, 28, pp.587-606.
10. Ardila, A., Bernal, B. and Rosselli, M., 2016. The role of Wernicke's area in language comprehension. *Psychology & Neuroscience*, 9(3), pp.340-343.
11. Arlinger, S., 2008. Psychoacoustic audiometry. In: M. Gleeson, G.G. Browning, M.J. Burton, R. Clarke, J. Hibbert, N.S. Jones, V.J. Lund, L.M. Luxon and J.C. Watkinson, eds. 2008. *Scott-Brown's otorhinolaryngology, head and neck surgery*. 7<sup>th</sup> ed. London: Hodder Arnold. Ch.232.
12. Ashby, P., 2005. *Speech sounds*. 2<sup>nd</sup> ed. Abingdon: Routledge, Taylor & Francis Group.

13. Atkinson, H., Wallis, S. and Coatesworth, A.P., 2015. Otitis media with effusion. *Postgraduate Medicine*, 127(4), pp.381-385.
14. Babu, S., 2013. *Practical otology for the otolaryngologist*. San Diego: Plural Publishing.
15. Baken, R.J. and Orlikoff, R.F., 2000. *Clinical measurement of speech and voice*. 2<sup>nd</sup> ed. San Diego: Singular Thomson Learning.
16. Bakran, J., 1989. Djelovanje naglasaka i dužine na frekvencije formantata vokala. *Govor*, 6(2), str.1-12.
17. Baldwin, M. and Watkin, P.M., 1997. Diagnostic procedures. In: W. McCracken and S. Laoide-Kemp, eds. 1997. *Audiology in education*. London: Whurr Publishers. Ch.1.
18. Baloh, R.W. and Jen, J.C., 2016. Hearing and equilibrium. In: L. Goldman and A.I. Schafer, eds. 2016. *Goldman-Cecil medicine*. 25<sup>th</sup> ed. Philadelphia: Elsevier Saunders. Ch.428.
19. Bell, T.S. and Wilson, R.H., 2001. Sentence recognition materials based on frequency of word use and lexical confusability. *Journal of the American Academy of Audiology*, 12(10), pp.514-522.
20. Bess, F.H. and Humes, L.E., 2008. *Audiology: The fundamentals*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
21. Bialostozky, F., 2016. The impending spondee crisis: Audiology in the age of the millennial. *Audiology Today*, 28(6), pp.55-62.
22. Bickford, A.C. and Floyd, R., 2006. *Articulatory phonetics: Tools for analyzing the world's languages*. 4<sup>th</sup> ed. Dallas: SIL International.
23. Billings, C.J., Penman, T.M., Ellis, E.M., Baltzell, L.S. and McMillan, G.P., 2016. Phoneme and word scoring in speech-in-noise audiometry. *American Journal of Audiology*, 25(1), pp.75-83.
24. Birjandi, P. and Salmani-Nodoushan, M.A., 2005. *An introduction to phonetics*. Tehran: Zabankadeh Publications.
25. Birkholz, P., 2013. Modeling consonant-vowel coarticulation for articulatory speech synthesis. *PLOS ONE*, 8(4), e60603.
26. Bist, S.S., Varshney, S., Gupta, S. and Bhagat, S., 2017. Sensorineural hearing loss in adults: Etiological study. *International Journal of Advanced & Integrated Medical Sciences*, 2(4), pp.178-182.

27. Boersma, P., 2014. Acoustic analysis. In: R.J. Podesva and D. Sharma, eds. 2014. *Research methods in linguistics*. Cambridge: Cambridge University Press. Ch.17.
28. Boersma, P., Weenink, D., 2001. Praat, a system for doing phonetics by computer. *Glott International*, 5(9/10), pp.341-347.
29. Boersma, P. and Weenink, D., Praat [Computer program]. Version 6.0.43, retrieved 24.10.2018 from: <http://www.fon.hum.uva.nl/praat/>
30. Бојковска, С., Минова-Ѓуркова, Л., Пандев, Д. и Цветковски, Ж., 1999. *Македонски јазик*. Скопје: Просветно дело.
31. Бојковска, С., Минова-Ѓуркова, Л., Пандев, Д. и Цветковски, Ж., 2008. *Општа граматика на македонскиот јазик*. Скопје: Просветно дело.
32. Boothroyd, A., 2004. Room acoustics and speech perception. *Seminars in Hearing*, 25(2), pp.155-166.
33. Botinis, A., Fourakis, M. and Prinou, I., 2000. Acoustic structure of the Greek stop consonants. *Glossologia*, 11-12, pp.167-199.
34. Bouchard, K.E. and Chang, E.F., 2014. Control of spoken vowel acoustics and the influence of phonetic context in human speech sensorimotor cortex. *The Journal of Neuroscience*, 34(38), pp.12662-12677.
35. Brett R.P., 2003. Allocation of support levels to hearing impaired children – moving away from using audiometric descriptors. *Deafness and Education International*, 5(3), p.p. 167-183.
36. Брајовић, Љ. Матејић-Ђуричић, З. Радоман, В. и Брајовић, А.З., 1997. *Слух и слушна оштећења*. Београд: Завод за уџбенике и наставна средства.
37. Bruce, I.C., 2017. Psychologically based predictors of speech intelligibility. *Acoustics Today*, 13(1), pp.28-35.
38. Burris, C., Vorperian, H.K., Fourakis, M., Kent, R.D. and Bolt, D.M., 2014. Quantitative and descriptive comparison of four acoustic analysis systems: vowel measurements. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 57(1), pp.26-45.
39. Cai, T. and McPherson, B., 2017. Hearing loss in children with otitis media with effusion: a systematic review. *International Journal of Audiology*, 56(2), pp.65-76.
40. Calandruccio, L. and Smiljanic, R., 2012. New sentence recognition materials developed using a basic non-native English lexicon. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 55(5), pp.1342-1355.

41. Cartei, V. and Reby, D., 2013. Effect of formant frequency spacing on perceived gender in pre-pubertal children's voices. *PLOS ONE*, 8(12), e81022.
42. Carroll, R., Warzybok, A., Kollmeier, B. and Ruigendijk, E., 2016. Age-related differences in lexical access relate to speech recognition in noise. *Frontiers in Psychology*, 7, 990.
43. Causey, G.D., Hood, L.J., Hermanson, C.L. and Bowling, L.S., 1984. The Maryland CNC test: normative studies. *Audiology*, 23(6), pp.552-568.
44. Chang, S.-E., Ohde, R.N. and Conture, E.G., 2002. Coarticulation and formant transition rate in young children who stutter. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 45(4), pp.676-688.
45. Chen, F., Wong, L.L.N. and Wong, E.Y.W., 2013. Assessing the perceptual contributions of vowels and consonants to Mandarin sentence intelligibility. *Journal of the Acoustical Society of America*, 134(2), EL178-EL184.
46. Chien, C.-H., Tu, T.-Y., Chien, S.-F., Li, A.C.-I., Yang, M.-J., Shiao, A.-S. and Wang, Y.-F., 2006. Relationship between Mandarin speech reception thresholds and pure-tone thresholds in the geriatric population. *Journal of the Formosan Medical Association*, 105(10), pp.832-838.
47. Cho, T. and McQueen, J.M., 2005. Prosodic influences on consonant production in Dutch: Effects of prosodic boundaries, phrasal accent and lexical stress. *Journal of Phonetics*, 33, pp.121-157.
48. Cleary, M. and Pisoni, D.B., 2005. Speech perception and spoken word recognition: research and theory. In: E.B. Goldstein, ed. 2005. *Blackwell Handbook of sensation and perception*. Malden: Blackwell Publishing. Ch.16.
49. Coene, M., van der Lee, A. and Govaerts, P.J., 2015. Spoken word recognition errors in speech audiometry: a measure of hearing performance? *BioMed Research International*, 2015, ID 932519.
50. Corbridge, R.J., 2011. *Essential ENT*. 2<sup>nd</sup> ed. London: Hodder Arnold.
51. D'Alessandro, C., 2009. Speech analysis. In: J. Mariani, ed. 2009. *Spoken language processing*. London: ISTE. Ch.1.
52. Dalebout, S., 2009. *The Praeger guide to hearing and hearing loss: assessment, treatment, and prevention*. Westport: Greenwood Publishing Group.
53. Datta, A.K., 2018. *Epoch synchronous overlap add (ESOLA): A concatenative synthesis procedure for speech*. Singapore: Springer Nature.

54. Dauman, R., 2013. Bone conduction: an explanation for this phenomenon comprising complex mechanisms. *European Annals of Otorhinolaryngology, Head and Neck Diseases*, 130(4), pp.209-213.
55. Davenport, M. and Hannahs, S.J., 2010. *Introducing phonetics and phonology*. 3<sup>rd</sup> ed. Abingdon: Routledge.
56. Davis, A., Davis, K. and Mencher, G., 2009. Epidemiology of permanent childhood hearing impairment. In: V.E. Newton, ed. 2009. *Paediatric audiological medicine*. 2<sup>nd</sup> ed. Chichester: Wiley-Blackwell, John Wiley & Sons, Ltd. Ch.1.
57. de Andrade, K.C.L., de Lemos Menezes, P., Carnaúba, A.T.L., de Sousa Rodrigues, R.G., de Carvalho Leal, M. and Pereira, L.D., 2013. Non-flat audiograms in sensorineural hearing loss and speech perception. *Clinics (Sao Paulo)*, 68(6), pp.815-819.
58. de Castro Brasil, B., Mezzomo, C.L., Mota, H.B., Melo, R.M., Lovatto, L. and Arzeno, L., 2012. Acoustic characteristics of the phonemes [s] and [ʃ] of adults and children without phonological disorders. *Revista Da Sociedade Brasileira De Fonoaudiologia*, 17(2), pp.182-188.
59. de Matos, R.M.B., de Paula Valle, S., Dias, A.M.N., dos Santos, T.M.M. and Leite, I.C.G., 2010. Acoustic radiation effects on bone conduction threshold measurement. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*, 76(5), pp.654-658.
60. DeRuiter, M. and Ramachandran, V., 2017. *Basic audiometry learning manual*. 2<sup>nd</sup> ed. San Diego: Plural Publishing.
61. Di Berardino, F., Forti, S. and Cesarani, A., 2012. VTMR, a new speech audiometry test with verbal tasks and motor responses. *Annals of Otology, Rhinology & Laryngology*, 121(4), pp.253-260.
62. Diefendorf, A.O., 2015. Assessment of hearing loss in children. In: J. Katz, M. Chasin, K. English, L.J. Hood and K.L. Tillery, eds. 2015. *Handbook of clinical audiology*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. Ch.24.
63. Dobie, R.A. and Van Hemel, S.B., 2004. *Hearing loss: Determining eligibility for social security benefits*. Washington, D.C.: The National Academies Press.
64. dos Anjos, W.T., Labanca, L., de Resende, L.M. and Costa-Guarisco, L.P., 2014. Correlation between the hearing loss classifications and speech recognition. *Revista CEFAC*, 16(4), pp.1109-1116.

65. Drinčić, D., Pravica, P. i Novković, D., 2018. *Osnovi akustike*. Beograd: Visoka škola elektrotehnike i računarstva strukovnih studija.
66. Durankaya, S.M., Şerbetçioğlu, B., Dalkılıç, G., Gürkan, S. and Kırkım G., 2014. Development of a Turkish monosyllabic word recognition test for adults. *The Journal of Advanced Otology*, 10(2), p.p.172-180.
67. Dutta, A., Chatterjee, I., Khemka, S., Chatterjee Shahi, A. and Ghosh, P., 2016. Development and standardization of spondee words in Bangla. *Asia Pacific Journal of Research*, 1(38), pp.14-18.
68. Eggebraaten, N. and Bae, Y., 2017. Effects of stress, stop release, and familiarization on speech recognition thresholds. *Journal of Phonetics & Audiology*, 3(1), 1000123.
69. Elberling, C. and Worsoe, K., 2006. *Fading sounds – About hearing and hearing aids*. Herlev: Bording A/S.
70. Elloy, M.D. and Marshall, A.H., 2011. The management of hearing loss in children. *Paediatrics and Child Health*, 22(1), pp.13-18.
71. Eriksson, A. and Traunmüller, H., 2002. Perception of vocal effort and distance from the speaker on the basis of vowel utterances. *Perception & Psychophysics*, 64(1), pp.131-139.
72. Fant, G., 2004. *Speech acoustics and phonetics*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
73. Farjardo, A.C. and Kim, Yoon-Joong., 2015. Development of Filipino phonetically-balanced words and phoneme-level Hmms. *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, 4(1), pp.1-6.
74. Feng, G. and Girin, L., 2009. In: J. Mariani, ed. 2009. *Spoken language processing*. London: ISTE. Ch.2.
75. Ferreira-Silva, A., Pacheco, V. and Cagliari, L.C., 2015. Statistical descriptors in the characterization of some Brazilian Portuguese fricatives: analysis of spectral moments. *Acta Scientiarum. Language and Culture*, 37(4), pp.371-379.
76. Филипче, И. и Давчева-Чакар, М. 2009. *Клиничко испитување во оториноларингологијата*. Скопје: Графохартија ДООЕЛ Скопје.
77. Finger, L.S., Cielo, C.A. and Schwarz, K., 2009. Acoustic vocal measures in women without voice complaints and with normal larynxes. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*, 75(3), pp.432-440.



78. Fitzgibbons, P.J. and Gordon-Salant, S., 2010. Behavioral studies with aging humans: hearing sensitivity and psychoacoustics. In: S. Gordon-Salant, R.D. Frisina, A.N. Popper and R.R. Fay, eds. 2010. *The aging auditory system*. New York: Springer.
79. Flexer, C., 1993. Management of hearing in an educational setting. In: J.G. Alpiner and P.A. McCarthy, eds. 1993. *Rehabilitative audiology: children and adults*. Philadelphia: Williams & Wilkins. Ch.8.
80. Fogerty, D. and Humes, L.E., 2012. The role of vowel and consonant fundamental frequency, envelope, and temporal fine structure cues to the intelligibility of words and sentences. *Journal of Acoustical Society of America*, 131(2), pp.1490-1501.
81. Fredén Jansson, K.-J., Håkansson B., Reinfeldt, S., Fröhlich, L. and Rahne T., 2017. Vibrotactile thresholds on the mastoid and forehead position of deaf patients using radioear B71 and B81. *Ear and Hearing*, 38(6), 714-723.
82. Fulop, S.A., 2011. *Speech spectrum analysis*. Berlin: Springer-Verlag.
83. Gaeta, L. and John, A.B., 2015. Considerations in speech recognition testing of bilingual and Spanish-speaking patients Part I: Older children and adults. *Journal of Educational, Pediatric & (Re)Habilitative Audiology*, 1, pp.1-15.
84. Гајдова, У., Дрвошанов, В., Пановска-Димкова, И., Спасов, Љ., Стоевска-Денчова, Е. и Тофоска, С.-С., 2017. Пишување на гласовите. Во: Е. Јованова-Грујовска и Г. Војнеска, уредници, 2017. *Правопис на македонскиот јазик, Второ издание*. Скопје: Институт за македонски јазик „Крсте Мисирков“ – Скопје и Култура АД – Скопје.
85. Garadat, S.N., Abdulbaqi, K.J. and Haj-Tas, M.A., 2017. The development of the University of Jordan word recognition test. *International Journal of Audiology*, 56(6), pp.424-430.
86. Gelfand, S.A., 2010. *Hearing: an introduction to psychological and physiological acoustics*. 5<sup>th</sup> ed. London: Informa healthcare.
87. Gelfand, S.A., 2016. *Essentials of audiology*. New York: Thieme Medical Publishers.
88. Gilford, K.A., Holmes M.G. and Bernstein, H.H., 2009. Hearing loss in children. *Pediatrics in Review*, 30(6), pp.207-216.
89. Goldstein, E.B., 2010. *Sensation and perception*. 8<sup>th</sup> ed. Belmont: Wadsworth, Cengage Learning.
90. Gordon, M., Barthmaier, P. and Sands, K., 2002. A cross-linguistic acoustic study of voiceless fricatives. *Journal of the International Phonetic Association*, 32(2). pp.141-174.

91. Gravel, J.S., Roberts, J.E., Roush, J., Grose, J., Besing, J., Burchinal, M., Neebe, E., Wallace, I.F. and Zeisel, S., 2006. Early otitis media with effusion, hearing loss, and auditory processes at school age. *Ear & Hearing*, 27(4), pp.353-368.
92. Гудурић, С. и Петровић, Д., 2006. О природи и статусу фонеме[в] у српском језику. *Зборник радова Филозофског факултета*, XXXVI, стр.321-340.
93. Гудурић, С. и Петровић, Д., 2007. Прилог проучавању фонетске природе гласова српског језика: латерални гласови. *Јужнословенски филолог*, LXIII, стр.11-29.
94. Гудурић, С. и Петровић, Д., 2008. Прилог проучавању фонетске природе гласова српског језика: струјни сугласници. *Јужнословенски филолог*, LXIV, стр.73-108.
95. Guiard-Marigny, T., 2009. In: J. Mariani, ed. 2009. *Spoken language processing*. London: ISTE. Ch.4.
96. Guida, H.L. and Diniz, T.H., 2008. Audiological profile in children aging from 5 to 10 years. *International Archives of Otorhinolaryngology*, 12(2), pp.224-229.
97. Gunasekar, C., Sabrigirinathan, C., Vinayagavel, K. and Ramkumar, K., 2017. The acoustic parameters for analyzing speech with complete dentures. *International Journal of Dental Research*, 5(2), pp.115-120.
98. Guthrie, L.A. and Mackersie, C.L., 2009. A comparison of presentation levels to maximize word recognition scores. *Journal of the American Academy of Audiology*, 20(6), pp.381-390.
99. Hall, J.E., 2011. *Guyton and Hall Textbook of medical physiology*. 12<sup>th</sup> ed. Philadelphia: Elsevier.
100. Hamid, M.A. and Brookler, K.H., 2006. Speech audiometry. *ENT-Ear, Nose & Throat Journal*, 85(12), pp.810-812.
101. Han, K.-I., 2018. Dialect and gender variations in the place and manner of articulation of the Korean fricatives. *International Scholarly and Scientific Research & Inovation*, 12(1), pp.124-130.
102. Hannula, S., Bloigu, R., Majamaa, K., Sorri, M. and Mäki-Torkko, E., 2011. Audiogram configurations among older adults: Prevalence and relation to self-reported hearing problems. *International Journal of Audiology*, 50(11), pp.793-801.
103. Harris, R.W., McPherson, D.L., Hanson, C.M. and Eggett, D.L., 2017. Psychometrically equivalent bisyllabic words for speech recognition testing in Vietnamese. *International Journal of Audiology*, 56(8), pp.525-537.

104. Harris, R.W., Nielson, W.S., McPherson, D.L. and Skarżyński, H., 2004. Psychometrically equivalent Polish bisyllabic words. *Audiofonologia*, 26, pp.1-13.
105. Harris, R.W., Nissen, S.L., Pola, M.G., McPherson, D.L., Tavartkiladze, G.A. and Eggett, D.L., 2007. Psychometrically equivalent Russian speech audiometry materials by male and female talkers. *International Journal of Audiology*, 46(1), pp.47-66.
106. Harrison, R.V., 2016. How can the audiogram be more useful? *Journal of Otolaryngology-Head & Neck Surgery*, 45, 18.
107. Heinz, M.G., Issa, J.B. and Young, E.D., 2005. Auditory-nerve rate responses are inconsistent with common hypotheses for the neural correlates of loudness recruitment. *Journal of the Association for Research in Otolaryngology*, 6(2), pp.91-105.
108. Hennig, T.R., de Almeida Vaucher, A.V. and Costa, M.J., 2018. Development and validation of lists of disyllabic words for speech audiometry testing. *Audiology: Communication Research*, 23, e1915.
109. Hersh, M.A. and Johnson, M.A., eds. 2003. *Assistive technology for hearing-impaired, deaf and deafblind*. London: Springer-Verlag.
110. Holmes, J. and Holmes W., 2001. *Speech synthesis and recognition*. 2<sup>nd</sup> ed. London: Taylor & Francis.
111. Honová, J., Jindra, P. and Pešák, J., 2003. Analysis of articulation of fricative praealveolar sibilant “s” in control population. *Biomedical Papers*, 147(2), pp.239-242.
112. Hornsby, B.W.Y., Johnson, E.E. and Picou, E., 2011. Effects of degree and configuration of hearing loss on the contribution of high- and low-frequency speech information to bilateral speech understanding. *Ear & Hearing*, 32(5), pp.543-555.
113. Hoth, S. and Baljić, I., 2017. Current audiological diagnostics. *GMS Current Topics in Otorhinolaryngology – Head and Neck Surgery*, 16, Doc09.
114. Ibekwe, T.S., Nwaorgu, O.G. and Ijaduola, T.G., 2009. Correlating the site of tympanic membrane perforation with hearing loss. *BMC Ear, Nose and Throat Disorders*, 9, 1.
115. Isaacson, J.E. and Vora, N.M., 2003. Differential diagnosis and treatment of hearing loss. *American Family Physician*, 68(6), pp.1125-1132.
116. Iurato, S., 2010. Technical diagnostic procedures. In: M. Anniko, M. Bernal-Sprekelsen, V. Bonkowsky, P. Bradley and S. Iurato, eds. 2010. *Otorhinolaryngology, Head and Neck Surgery*. Berlin: Springer-Verlag. Ch.1.

117. James, F., George J. and Regina, M., 2018. Impact of adenotonsillectomy on hearing profile of children with chronic middle ear effusion. *International Journal of Contemporary Pediatrics*, 5(4), pp.1377-1381.
118. Јачова, З., 2006. *Визуелната перцепција на говорот кај лицата со оштетен слух*. Скопје: Филозофски факултет.
119. Јачова, З. и Каровска, А., 2009. *Дете со кохлеарен имплант во рамките на инклузивната училница: приказ на случај*. Скопје: Студио КРУГ.
120. Ji, F., Xi, X., Chen, A-T., Z, W-L., Zhang, X., Ni, Y-F., Yang, S.M. and Wang, Q., 2011. Development of a mandarin monosyllable test material with homogenous items (II): Lists equivalence evaluation. *Acta Oto-Laryngologica*, 131(9), p.p.1051-1060.
121. Ji, F., Lei, L., Zhao, S., Liu, K., Zhou, Q. and Yang, S., 2011. An investigation into hearing loss among patients of 50 years or older. *Journal of Otology*, 6(1), pp.44-49.
122. Johnson, K., 2003. *Acoustic and auditory phonetics*. 2<sup>nd</sup> ed. Malden: Blackwell Publishing.
123. Johnson, K.C., 2002. Audiologic assessment of children with suspected hearing loss. *Otolaryngologic Clinics of North America*, 35(4), pp.711-732.
124. Jongman, A., Wayland, R. and Wong, S., 2000. Acoustic characteristics of English fricatives. *Journal of the Acoustical Society of America*, 108(3), pp.1252-1263.
125. Jovičić, S. i Kašić, Z., 2015. Segmentacija glasova u govornom izrazu: problem i principi. *Primenjena lingvistika*, 16, str. 7-24.
126. Jovičić, S.T. and Šarić, Z., 2008. Acoustic analysis of consonants in whispered speech. *Journal of Voice*, 22(3), pp.263-274.
127. Kant, A.R. and Banik, A.A., 2017. The use of Lexical Neighborhood Test (LNT) in the assessment of speech recognition performance of Cochlear implantees with normal and malformed cochlea. *Indian Journal of Otolaryngology and Head and Neck Surgery*, 69(3), pp.338-344.
128. Katić, V. et al., 2009. *Otorinolaringologija i kirurgija glave i vrata*. Zagreb: Naklada Ljevak.
129. Kent, R.D. and Kim, Y., 2008. Acoustic analysis of speech. In: M.J. Ball, M.R. Perkins, N. Müller and S. Howard, eds. 2008. *The Handbook of clinical linguistics*. Malden: Blackwell Publishing. Ch.22.

130. Kent, R.D. and Read, C., 2002. *Acoustic analysis of speech*. 2<sup>nd</sup> ed. Clifton Park: Delmar, Cengage Learning.
131. Kent, R.D. and Vorperian, H.K., 2018. Static measurements of vowel formant frequencies and bandwidths: A review. *Journal of Communication Disorders*, 74, pp.74-97.
132. Керамитчиевски, С., 1964. Акустичка анализа на фонемите во македонскиот јазик. *Македонски јазик*, (1-2), стр.139-181.
133. Keramitčievski, S., 1971. *Audiologija*. Beograd: Savezni odbor Saveza gluvih i nagluvih Jugoslavije.
134. Khalighinejad, B., Cruzatto da Silva, G. and Mesgarani, N., 2017. Dynamic encoding of acoustic features in neural responses to continuous speech. *The Journal of Neuroscience*, 37(8), pp.2176-2185.
135. Khoza-Shangase, K. and Mokoena, N., 2014. Speech audiometry in Africa: in pursuit of assessment resource development in African languages. *Integrated Journal of British*, 1(2), pp.1-12.
136. Killion, M.C., 2002. New thinking on hearing in noise: a generalized articulation index. *Seminars in Hearing*, 23(1), pp.57-75.
137. Killion, M.C. and Mueller, H.G., 2010. Twenty years later: A new Count-The-Dots method. *The Hearing Journal*, 63(1), pp.10-17.
138. Killion, M.C. and Niquette, P.A., 2000. What can the pure-tone audiogram tell us about a patient's SNR loss? *The Hearing Journal*, 53(3), pp.46-53.
139. Killion, M.C., Niquette, P.A., Gudmundsen, G.I., Revit, L.J. and Banerjee, S., 2004. Development of a quick speech-in-noise test for measuring signal-to-noise ratio loss in normal-hearing and hearing-impaired listeners. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 116(4), 2395-2405.
140. Kim, K.S., 2010. Occupational hearing loss in Korea. *Journal of Korean Medical Science*, 25(Suppl), pp.S62-S69.
141. Kim, C., Lee, S., Jin, I. and Kim, J., 2018. Acoustic features and cortical auditory evoked potentials according to emotional statuses of /u/, /a/, /i/ vowels. *Journal of Audiology and Otology*, 22(2), pp.80-88.
142. Kim, J., Lee, J., Lee, K.W., Bahng, J., Lee, J.H., Choi, C.-H., Cho, S.J., Shin, E.Y. and Park, J., 2015. Test-retest reliability of word recognition score using Korean standard

monosyllabic word lists for adults as a function of the number of test words. *Journal of Audiology and Otology*, 19(2), pp.68-73.

143. Kim, J.M., Na, M.S., Jung, K.H., Lee, S.H., Han, J.S., Lee, O.H. and Park, S.Y., 2016. The best-matched pure tone average and speech recognition threshold for different audiometric configurations. *Korean Journal of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery*, 59(10), pp.725-729.

144. Kirk, K.I., Pisoni, D.B. and Osberger, M.J., 1995. Lexical effects on spoken word recognition by pediatric cochlear implant users. *Ear and Hearing*, 16(5), pp.470-481.

145. Koenig, L.L., Shadle, C.H., Preston, J.L. and Mooshammer, C.R., 2013. Toward improved spectral measures of /s/: results from adolescents. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 56(4), pp.1175-1189.

146. Konan, H., Asseu, O., Soro, E. and Goore, B.T., 2016. The phonemes recognition through formant analysis in vowel-consonant transition case in “Baoule” language of Côte d’Ivoire. *American Journal of Modeling and Optimization*, 4(2), pp.29-39.

147. Конески, К., 1999. *Правописен речник на македонскиот литературен јазик*. Скопје: Просветно дело.

148. Kostić, Đ., 1971. *Metodika izgradnje govora u dece oštećena sluha*. Beograd: Savez društava defektologa Jugoslavije.

149. Костић, Ђ. и Владисављевић, С., 1993. *Развој говора*. Београд: Институт за експерименталну фонетику и патологију говора.

150. Kramer, S. and Brown, D.K., 2019. *Audiology: science to practice*. 3<sup>rd</sup> ed. San Diego: Plural Publishing, Inc.

151. Kuo, C., 2013. Formant transitions in varied utterance positions. *Folia Foniatrica et Logopaedica*, 65(4), pp.178-184.

152. Ladefoged, P., 1996. *Elements of acoustic phonetics*. 2<sup>nd</sup> ed. Chicago: The University of Chicago Press.

153. Ladefoged, P., 2001. *Vowels and consonants: an introduction to the sounds of languages*. Malden: Blackwell Publishing.

154. Ladefoged, P. and Johnson, K., 2011. *A course in phonetics*. 6<sup>th</sup> ed. Boston: Cengage Learning.

155. Ladefoged, P.N., 2014. Phonetics, Encyclopaedia Britannica [Online] Available at: <<https://www.britannica.com/science/phonetics>> [Accessed 12 June 2020].
156. Lagerberg, T.B., Johnels, J.Å., Hartelius, L. and Persson, C., 2015. Effect of the number of presentations on listener transcriptions and reliability in the assessment of speech intelligibility in children. *International Journal of Language & Communication Disorders*, 50(4), pp.476-487.
157. Laver, J., 2003. Linguistic phonetics. In: M. Aronoff and J. Rees-Miller, eds. 2003. *The Handbook of linguistics*. Oxford: Blackwell Publishers. Ch.7.
158. Lawson, G. D. and Peterson, M. E., 2011. *Speech audiometry*. San Diego: Plural Publishing.
159. Леонтиќ, М., 2018. Контрастивна анализа на гласовите во турскиот и во македонскиот јазик и нивна класификација. *Палимпсест*, 3(5), стр.43-57.
160. Liddicoat, A.J. and Curnow, T.J., 2004. Language descriptions. In: A. Davies and C. Elder, eds. 2004. *The Handbook of applied linguistics*. Malden: Blackwell Publishing.
161. Lieberman, P. and Blumstein, S.E., 1988. *Speech physiology, speech perception, and acoustic phonetics*. Cambridge: Cambridge University Press.
162. Liu, H. and Ng, M.L., 2009. Formant characteristics of vowel produced by Mandarin esophageal speakers. *Journal of Voice*, 23(2), pp.255-260.
163. Lodge, K., 2009. *A critical introduction to phonetics*. London: Continuum International Publishing Group.
164. Logan, J.S., Greene, B.G. and Pisoni, D.B., 1989. Segmental intelligibility of synthetic speech produced by rule. *Journal of Acoustical Society of America*, 86(2), pp.566-581.
165. Lousada, M.L., Jesus, L.M.T. and Pape, D., 2012. Estimation of stops' spectral place cues using multitaper techniques. *DELTA*, 28(1), pp.1-26.
166. Ludlow, C.L., Kent, R.D. and Gray, L.C., 2019. *Measuring voice, speech, and swallowing in the clinic and laboratory*. San Diego: Plural Publishing.
167. MacMahon, M.K.C., 2006. English phonetics. In: B. Aarts and A. McMahon, eds. 2006. *The Handbook of English linguistics*. Malden: Blackwell Publishing. Ch.16.
168. Maeda, Y., Takao, S., Sugaya, A., Kataoka, Y., Kariya, S., Tanaka, S., Nagayasu, R., Nakagawa, A. and Nishizaki, K., 2018. Relationship between pure-tone audiogram findings and speech perception among older Japanese persons. *Acta Oto-Laryngologica*, 138(2), pp.140-144.

169. Mahboubi, H., Zardouz, S., Oliaei, S., Pan, D., Bazargan, M. and Djalilian, H.R., 2013. Noise-induced threshold shift among U.S. adults and implications for noise-induced hearing loss: National health and nutrition examination surveys. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 270(2), pp.461-467.
170. Maltby, M.T., 2002. *Principles of hearing aid audiology*. London: Whurr Publishers.
171. Maltby, M., 2005. *Occupational audiometry: monitoring and protecting hearing at work*. Oxford: Elsevier, Butterworth-Heinemann.
172. Maltby, M.T. and Knight, P., 2000. *Audiology: An introduction for teachers and other professionals*. London: David Fulton Publishers.
173. Maniwa, K. and Jongman, A., 2009. Acoustic characteristics of clearly spoken English fricatives. *Journal of the Acoustical Society of America*, 125(6), pp.3962-3973.
174. Marchal, A., 2009. *From speech physiology to linguistic phonetics*. London: ISTE.
175. Martin, F.N., Champlin, C.A. and Perez, D.D., 2000. The question of phonetic balance in word recognition testing. *Journal of the American Academy of Audiology*, 11(9), pp.489-493.
176. Maurer, D., 2016. *Acoustics of the vowel*. Bern: Peter Lang.
177. McArdle, R. and Hnath-Chisolm, T., 2015. Speech audiometry. In: J. Katz, M. Chasin, K. English, L.J. Hood and K.L. Tillery, eds. 2015. *Handbook of clinical audiology*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. Ch.5.
178. McBride, D.I. and Williams S., 2001. Audiometric notch as a sign of noise induced hearing loss. *Occupational and Environmental Medicine*, 58(1), pp.46-51.
179. McCreery, B., 2013. Speech intelligibility index: no magic number, but a reasonable solution. *The Hearing Journal*, 66(4), pp.8-10.
180. McLoughlin, I., 2009. *Applied speech and audio processing*. New York: Cambridge University press.
181. Mehta, R.P., Rosowski, J.J., Voss, S.E., O'Neil, E. and Merchant, S.N., 2006. Determinants of hearing loss in perforations of the tympanic membrane. *Otology & Neurotology*, 27(2), pp.136-143.
182. Mendel, L.L., 2008. Current considerations in pediatric speech audiometry. *International Journal of Audiology*, 47(9), pp.546-553.
183. Mendel, L.L., Mustain, W.D. and Magro, J., 2014. Normative data for the Maryland CNC test. *Journal of the American Academy of Audiology*, 25(8), pp.775-781.



184. Mendel, L.L. and Owen, S.R., 2011. A study of recorded versus live voice word recognition. *International Journal of Audiology*, 50(10), pp.688-693.
185. Mikolaj, T. and Mroz, A.C., 2010. Modern speech audiometry with integrated recorded speech materials. *Hearing Review*, 17(12), pp.30-33.
186. Minissi, N., Kitanovski, N. and Cinque, U., 1982. *The phonetics of Macedonian*. Naples: Bibliopolis.
187. Moore, B.C.J., 2007. *Cochlear hearing loss: physiological, psychological and technical issues*. 2<sup>nd</sup> ed. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd.
188. Moulin, A. and Richard, C., 2015. Lexical influences on spoken spondaic word recognition in hearing-impaired patients. *Frontiers in Neuroscience*, 9, 476.
189. Mueller, H.G., 2001. Speech audiometry and hearing aid fittings: going steady or casual acquaintances? *The Hearing Journal*, 54(10), pp.19-29.
190. Mueller, H.G. and Killion, M.C., 2010. An easy method for calculating the Articulation Index. *The Hearing Journal*, 43(9), pp.1-4.
191. Munson, B., 2004. Variability in /s/ production in children and adults: evidence from dynamic measures of spectral mean. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 47(1), pp.58-69.
192. Nielsen, J.B. and Dau, T., 2009. Development of a Danish speech intelligibility test. *International Journal of Audiology*, 48(10), pp.729-741.
193. Nondahl, D.M., Shi, X., Cruickshanks, K.J., Dalton, D.S., Tweed, T.S., Wiley, T.L. and Carmichael, L.L., 2009. Notched audiograms and noise exposure history in older adults. *Ear and Hearing*, 30(6), pp.696-703.
194. Northern, J.L., 2014. *Hearing in children*. 6<sup>th</sup> ed. San Diego: Plural Publishing.
195. Oeding, K., Listenberger J. and Smith, S., 2016. *The audiogram workbook*. New York: Thieme Publishers.
196. Ogden, R., 2009. *An introduction to English phonetics*. Edinburgh: Edinburgh University Press.
197. Ohde, R.N. and German, S.R., Formant onsets and formant transitions as developmental cues to vowel perception. *Journal of the Acoustical Society of America*, 130(3), pp.1628-1642.
198. Olusanya, B.O., Neumann, K.J. and Saunders, J.E., 2014. The global burden of disabling hearing impairment: a call to action. *Bulletin of the World Health Organization*, 92, pp.367-373.

199. Oppitz, S.J., da Silva, L.C.L., Garcia, M.V. and da Silveira, A.F., 2018. High-frequency auditory thresholds in normal hearing adults. *CoDAS*, 30(4), e20170165.
200. Paatsch, L.E., Blamey, P.J., Sarant, J.Z., Martin, L.F.A. and Bow, C.P., 2004. Separating contributions of hearing, lexical knowledge, and speech production to speech-perception scores in children with hearing impairments. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 47(4), pp.738-750.
201. Pan, T., Tyler, R.S., Ji, H., Coelho, C., Gehringer, A.K. and Gogel, S.A., 2009. The relationship between tinnitus pitch and the audiogram. *International Journal of Audiology*, 48(5), pp.277-294.
202. Panday, S., Kathard, H., Pillay, M. and Wilson, W., 2018. First-language raters' opinions when validating word recordings for a newly developed speech reception threshold test. *South African Journal of Communication Disorders*, 65(1), a555.
203. Park, H., Hong, S.N., Kim, H.S., Han, J.J., Chung, J., Seo, M.-W., Oh, S.-H., Chang, S.-O. and Lee, J.H., 2015. Determinants of conductive hearing loss in tympanic membrane perforation. *Clinical and Experimental Otorhinolaryngology*, 8(2), pp.92-96.
204. Paul, P.V. and Whitelaw, G.M., 2011. *Hearing and deafness: An introduction for health and education professionals*. Sudbury: Jones and Bartlett Publishers.
205. Pawłaczyk-Łuszczynska, M., Dudarewicz, A., Zaborowski, K., Zamojska M. and Sliwiska-Kowalska, M., 2013. Noise induced hearing loss: research in central, eastern and south-eastern Europe and newly independent states, *Noise & Health*, 15(62) pp.55-66.
206. Pawłaczyk-Łuszczynska, M., Zaborowski, K., Zamojska-Daniszewska, M., Rutkowska-Kaczmarek, P., Dudarewicz, A. and Śliwiska-Kowalska M., 2017. Hearing status in young people using portable audio players. *Archives of Acoustics*, 42(1), pp.113-120.
207. Perez, R., Gatt, N. and Cohen D., 2000. Audiometric configurations following exposure to explosions. *Archives of Otolaryngology - Head & Neck Surgery*, 126, pp.1249-1252.
208. Пешански, Г., 2018. *Примена на машинско учење за моделирање на интонација во систем за синтеза на говор на македонски јазик*. Магистерски труд. Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје.
209. Pittman, A.L. and Stelmachowicz, P.G., 2003. Hearing loss in children and adults: Audiometric configuration, asymmetry, and progression. *Ear and Hearing*, 24(3), pp.198-205.

210. Petrović, B., 2018 Formant frequencies as cues to voicing and place of articulation distinction – an acoustical study. *Nauka i Stvarnost*, 13, pp.364-388.
211. Polat, Z., Bulut, E. and Ataş, A., 2016. Assessment of the speech intelligibility performance of post lingual cochlear implant users at different signal-to-noise ratios using the Turkish Matrix Test. *Balkan Medical Journal*, 33(5), pp.532-538.
212. Pop-Dimitrijoska, V., Apostolovska, G., Gerazov, B., Ivanovski, Z. and Jovanovski, J., 2012. Forensic speaker identification through comparative analysis of the formant frequencies of the vowels in the Macedonian language. *Physica Macedonica*, 61, pp.79-84.
213. Pražić, M., 1960. *Govorna audiometrija*. Zagreb: Jugoslovenska akademija znanosti i umjetnosti.
214. Probst, R., Grevers, G. and Iro, H., 2006. *Basic otorhinolaryngology: A step-by-step learning guide*. Stuttgart: Thieme.
215. Proverbio, A.M., Massetti, G., Rizzi, E. and Zani, A., 2016. Skilled musicians are not subject to the McGurk effect. *Scientific Reports*, 6:30423.
216. Punch, J. and Rakerd, B., 2019. Evaluation of a protocol for integrated speech audiometry. *American Journal of Audiology*, 28(1), pp. 26-36.
217. Punišić, S., Subotić, M. i Čabarkapa, N., 2009. Artikulacijsko-akustička obilježja atipičnog izgovora frikativa u srpskom jeziku, *Govor*, 26(2), str.101-118.
218. Rabelo, C.M. and Schochat, E., 2007. Time-compressed speech test in Brazilian Portuguese. *Clinics*, 62(3), p.p.261-272.
219. Rabinowitz, P.M., 2000. Noise-induced hearing loss. *American Family Physician*, 61(9), pp.2749-2756.
220. Raina, D., Chakraborty, S. and Velankar, M.R., 2014. Automatic classification of instrumental music & human voice using formant analysis. *International Journal of Advanced Research in Computer Science & Technology*, 2(2), pp.242-245.
221. Ramkissoon, I., 2001. Speech recognition thresholds for multilingual populations. *Communication Disorders Quarterly*, 22(3), pp.158-162.
222. Ramkissoon, I., Proctor, A., Lansing, C.R. and Bilger, R.C., 2002. Digit speech recognition thresholds (SRT) for non-native speakers of English. *American Journal of Audiology*, 11(1), pp.23-28.

223. Raphael, L.J., 2005. Acoustic cues to the perception of segmental phonemes. In: D.B. Pisoni and R.E. Remez, eds. 2005. *The Handbook of speech perception*. Malden: Blackwell Publishing. Ch.8.
224. Raphael, L.J., Borden, G.J. and Harris, K.S., 2011. *Speech science primer: physiology, acoustics, and perception of speech*. 6<sup>th</sup> ed. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins.
225. Rathna Kumar, S.B. and Mohanty, P., 2012. Speech recognition performance of adults: a proposal for a battery for Telugu. *Theory and Practice in Language Studies*, 2(2), pp.193-204.
226. Rathna Kumar, S.B., Mohanty, P., Ujawane, P.A. and Huzurbazar, Y.R., 2016. Conventional speech identification test in Marathu for adults. *International Journal of Otorhinolaryngology and Head and Neck Surgery*, 2(4), pp.205-215.
227. Rathna Kumar, S.B., Reddy, M.S.B. and Kranthi, S., 2016. Development of word lists in Telugu for assessing speech recognition threshold: alternative forms to existing word lists. *International Journal of Otorhinolaryngology and Head and Neck Surgery*, 2(3), pp.147-156.
228. Ravicz, M.E., Rosowski J.J. and Merchant, S.N., 2004. Mechanisms of hearing loss resulting from middle-ear fluid. *Hearing Research*, 195(1-2), pp.103-130.
229. Recasens, D., Acoustic characteristics of (alveolo) palatal stop consonant, and velar softening. *Journal of Phonetics*, 42, pp.37-51.
230. Rimikis, S., Smiljanic, R. and Calandruccio, L., 2013. Nonnative English speaker performance on the Basic English Lexicon (BEL) sentences. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 56, pp.792-804.
231. Ristovska, L., Jachova, Z. and Atanasova, N., 2015. Frequency of the audiometric notch following excessive noise exposure. *Archives of Acoustics*, 40(2), pp.213-221.
232. Ristovska, L., Jachova, Z., Filipovski, R. and Atanasova, N., 2016. Correlation between tympanic membrane perforation and hearing loss. *Journal of Special Education and Rehabilitation*, 17(1-2), pp.36-49.
233. Ristovska, L., Jachova, Z., Filipovski, R. and Atanasova, N., 2016. Audiometric findings in patients with subjective tinnitus. *Croatian Review of Rehabilitation Research*, 52(1), pp.42-50.
234. Ristovska, L., Jachova, Z., Filipovski, R. and Tasevska, D., 2017. Expression of distortion product otoacoustic emissions in children with otitis media with effusion. *Journal of Special Education and Rehabilitation*, 18(3-4), pp.44-54.

235. Ristovska, L., Jachova, Z. and Stojcheska, V., 2019. Psychoacoustic characteristics of tinnitus in relation to audiometric profile. *Archives of Acoustics*, 44(3), pp.419-428.
236. Robb, P.J. and Williamson, I., 2012. Otitis media with effusion in children: current management. *Paediatrics and Child Health*, 22(1): pp.9-12.
237. Rodrigues, S., Martins, F., Silva, S. and Jesus, L.M.T., 2019. /l/ velarisation as a continuum. *PLOS ONE*, 14(3), e0213392.
238. Rodriguez Valiente, A., Roldán Fidalgo, A., Villarreal, I.M. and García Berrocal, J.R. 2016. Extended high-frequency audiometry (9000-20000 Hz). Usefulness in audiological diagnosis. *Acta Otorrinolaringologica Espanola*, 67(1), pp.40-44.
239. Roeser, R.J. and Clark, J.L., 2008. Live voice speech recognition audiometry – stop the madness!. *Audiology Today*, 20(1), pp.32-33.
240. Roeser, R.J., Valente, M. and Hosford-Dunn, H., 2000. Diagnostic procedures in the profession of audiology. In: R.J. Roeser, M. Valente and H. Hosford-Dunn, eds. 2000. *Audiology: Diagnosis*. New York: Thieme Medical Publishes. Ch.1.
241. Rosenfeld, R.M., Shin, J.J, Schwartz, S.R., Coggins, R., Gagnon, L., Hackell, J.M., Hoelting, D., Hunter, L.L., Kummer, A.W., Payne, S.C., Poe, D.S., Veling, M., Vila, P.M., Walsh, S.A. and Corrigan, M.D., 2016. Clinical practice guideline: Otitis media with effusion (Update). *Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, 154(1 Suppl): pp.S1-S41.
242. Rutter, B. Acoustic analysis of a sound change in progress: The consonant cluster /stɪ/ in English. *Journal of the International Phonetic Association*, 41(1), pp. 27-40.
243. Sagon, R.R. and Uchanski, R.M., 2006. The development of Ilocano word lists for speech audiometry. *Philippine Journal of Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, 21(1-2), p.p.11-19.
244. Santra, M., Chatterjee, I. and Chatterjee Shahi, A., 2016. Psychometric validation of phonemically balanced word lists in Bengali. *Asia Pacific Journal of Research*, 1(37), pp.22-41.
245. Sataloff, R.T. and Sataloff, J., 2005. Classification and measurement of hearing loss. In: R.T. Sataloff and J. Sataloff, eds. 2005. *Hearing loss*. 4<sup>th</sup> ed. Boca Raton: Taylor & Francis Group.
246. Савицка, И. и Спасов, Љ., 1997. *Фонологија на современиот македонски стандарден јазик*. Скопје: Детска радост.
247. Savić, Lj., 1982. *Metodika rada sa decom oštećenog sluha*. Beograd: Zavod za udžbenike i nastavna sredstva Beograd.

248. Savić, Lj., 1994. *Slušni aparati*. Beograd: Auris.
249. Savić, D., Cvejić D. i Kosanović, M., 1983. *Otorinolaringologija*. Beograd: Naučna knjiga.
250. Schiavetti, N., Whitehead, R.L. and Metz, D.E., 2004. The effects of simultaneous communication on production and perception of speech. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 9(3), pp.286-304.
251. Schlauch R.S. and Nelson, P., 2015. Puretone evaluation. In J. Katz, M. Chasin, K. English, L.J. Hood and K.L. Tillery, eds. 2015. *Handbook of clinical audiology*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. Ch.3.
252. Schnupp, J., Nelken, I. and King, A., 2011. *Auditory neuroscience: Making Sense of Sound*. Cambridge: The MIT Press.
253. Schwartz, J.-L., Boë, L.-J., Badin, P., Sawallis, T.R., 2012. Grounding stop place systems in the perceptuo-motor substance of speech: on the universality of the labial-coronal-velar stop series. *Journal of Phonetics*, 40, pp.20-36.
254. Seneviratne, S., McNeill, C., Greenberg, S.L. and Kong, J., 2019. Naunton's masking dilemma revisited. *Otology & Neurotology*, 40(1), pp.e1-e6.
255. Shipley, K.G. and McAfee, J.G., 2016. *Assessment in speech-language pathology, A resource manual*. 5<sup>th</sup> ed. Boston: Cengage Learning.
256. Simonović, M., 1977. *Audiologija*. Beograd: Savremena administracija.
257. Smith, R.J., Bale, J.F. Jr. and White, K.R., 2005. Sensorineural hearing loss in children. *Lancet*, 365(9462), pp.879-890.
258. Speaks, C.E., 2018. *Introduction to sound: acoustics for the hearing and speech sciences*. 4<sup>th</sup> ed. San Diego: Plural Publishing.
259. Спиров, А. и Шукаров, П., 1984. *Професионални оштетувања на слухот*. Битола: Друштво за наука и уметност.
260. Squires, L.D., Colombo, B.A. and McKinney, S., 2019. *Rapid audiogram interpretation: a clinician's manual*. San Diego: Plural Publishing.
261. Sreedhar, J.S., Venkatesh, L., Nagaraja, M.N. and Srinivasan, P., 2012. Development and evaluation of paired words for testing of speech recognition threshold in Telugu: A preliminary report. *Journal of Indian Speech, Language & Hearing Association*, 25(2), p.p.128-136.
262. Stach, B.A., 2010. *Clinical audiology: an introduction*. Clifton Park: Delmar Cengage Learning.

263. Stevens, G., Flaxman, S., Brunskill, E., Mascarenhas, M., Mathers, C.D. and Finucane, M., 2011. Global and regional hearing impairment prevalence: an analysis of 42 studies in 29 countries. *European Journal of Public Health*, 23(1), pp.146-152.
264. Stevens, K.N., 2000. *Acoustic phonetics*. Cambridge: MIT Press.
265. Stevens, K.N., 2005. Features in speech perception and lexical access. In: D.B. Pisoni and R.E. Remez, eds. 2005. *The Handbook of speech perception*. Malden: Blackwell Publishing. Ch.6.
266. Subramanian, A., Yairi, E. and Amir, O., 2003. Second formant transitions in fluent speech of persistent and recovered preschool children who stutter. *Journal of Communication Disorders*, 36(1), pp. 59-75.
267. Sudimac, N.Lj., 2016. Kontrastivna analiza visokih/zatvorenih vokala u produkciji izvornih govornika Britanskog engleskog i srpskog jezika. *Filolog*, 14, str.36-55.
268. Tabain, M., 2001. Variability in fricative production and spectra: implications for the hyper- and hypo- and quantal theories of speech production. *Language and Speech*, 44(1), pp.57-94.
269. Tabain, M., Butcher, A., Breen, G. and Beare, R., 2016a. An acoustic study of nasal consonants in three Central Australian languages. *Journal of the Acoustical Society of America*, 139(2), pp.890-903.
270. Tabain, M., Butcher, A., Breen, G. and Beare, R., 2016b. An acoustic study of multiple lateral consonants in three Central Australian languages. *Journal of the Acoustical Society of America*, 139(1), pp.361-372.
271. Tatham, M. and Morton, K., 2006. *Speech production and perception*. Basingstoke: Palgrave Macmillan.
272. Tawfik, K.O., Klepper, K., Saliba, J. and Friedman, R.A., 2019. Advances in understanding of presbycusis. *Journal of Neuroscience Research*, pp.1-13.
273. Taylor, B., 2009. Speech-in-noise tests: how and why to include them in your basic test battery. *The Hearing Journal*, 56(1), pp. 40-43.
274. Taylor, P., 2009. *Text-to-speech synthesis*. New York: Cambridge University Press.
275. Тоциновски, В. и Младеноски, Р., 2010. *Македонски јазик и литература*. Скопје: Министерство за образование и наука на Република Македонија.
276. Трајковски, Е.В., 2008. *Медицински основи на инвалидноста*. Скопје: Филозофски факултет, Институт за дефектологија.

277. Trimmis, N., Papadeas, E., Papadas, T., Naxakis, S., Papathanasopoulos, P. and Goumas, P., 2006. Speech audiometry: The development of Modern Greek word lists for suprathreshold word recognition testing. *The Mediterranean Journal of Otology*, 2(3), p.p.117-126.
278. Twardella, D., Perez-Alvarez, C., Steffens, T., Bolte, G., Fromme, H. and Verdugo-Raab, U., 2013. The prevalence of audiometric notches in adolescents in Germany: The Ohrkan-study. *Noise & Health*, 15(67), pp.412-419.
279. Tye-Murray, N., 2020. *Foundations of aural rehabilitation: children, adults, and their family members*. 5<sup>th</sup> ed. Sun Diego: Plural Publishing.
280. Valero-García, J. and Vila-Rovira, J.M., 2018. Descriptive study on the prevalence of Presbycusis among a population in the industrial belt of Barcelona by exploring a random sample of Primary Healthcare Center users. *European Journal of Investigation in Health, Psychology and Education*, 8(2), pp.79-90.
281. Venema, T., 2010. Common clinical encounters: do we really know them? *The Hearing Professional*, October-December, pp.5-12.
282. Vermiglio, A.J., Soli, S.D., Freed, D.J. and Fisher, L.M., 2012. The relationship between high-frequency pure-tone hearing loss, Hearing in Noise Test (HINT) thresholds, and the Articulation Index. *Journal of the American Academy of Audiology*, 23(10), pp.779-788.
283. Vladislavljević, S., 1981. *Poremećaji izgovora*. Beograd: Privredni pregled.
284. Vlajić, Ž., 1992. *Metodika rada sa nagluvima*. Beograd: Naučna knjiga.
285. Влајић, Ж., 1995. *Дечија говорна аудиометрија у сурдоаудиологији*. Београд: Кум.
286. Vojnović, M., Mijić, M. and Šumarac Pavlović, D., 2018. Transfer Characteristics of vocal tract closed by mask cavity. *Archives of Acoustics*, 43(2), pp.307-311.
287. Vujasić, N., 2014. Akustička analiza spektra šuma hrvatskih lingvalnih frikativa. *Govor*, 31(2), str.109-131.
288. Walker, J.J., Cleveland, L.M., Davis, J.L. and Seales, J.S., 2013. Audiometry screening and interpretation. *American Family Physician*, 87(1), pp.41-47.
289. Wang, J. and Puel, J-L., 2020. Presbycusis: An update on cochlear mechanisms and therapies. *Journal of Clinical Medicine*, 9(1), 218.
290. Warren, R.M., 2008. *Auditory perception: an analysis and synthesis*. Cambridge: Cambridge University Press.



291. Weismer, G., 2008. Speech intelligibility. In: M.J. Ball, M.R. Perkins, N. Müller and S. Howard, eds. 2008. *The Handbook of clinical linguistics*. Malden: Blackwell Publishing. Ch.35.
292. Welling, D.R. and Ukstins, C.A., 2019. *Fundamentals of audiology for the speech-language pathologist*. Burlington: Jones & Bartlett Learning.
293. Wilber, L.A and Burkard, R., 2015. Calibration. In: J. Katz, M. Chasin, K. English, L.J. Hood and K.L. Tillery, eds. 2015. *Handbook of clinical audiology*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. Ch.2.
294. Wilson, R.H. and Carter, A.S., 2001. Relation between slopes of word recognition psychometric functions and homogeneity of the stimulus materials. *Journal of the American Academy of Audiology*, 12(1), pp.7-14.
295. Wilson, R.H. and McArdle, R., 2005. Speech signals used to evaluate functional status of the auditory system. *Journal of Rehabilitation Research & Development*, 42(4), pp. 79-94.
296. Wilson R.H. and McArdle R., 2013. Characteristics of the audiometric 4000 Hz notch (744553 veterans) and the 3000, 4000 and 6000 Hz notches (539932 veterans). *Journal of Rehabilitation Research & Development*, 50(1), pp.111-132.
297. Wolfe, J., 2020. *Cochlear implants: Audiologic management and considerations for implantable hearing devices*. San Diego: Plural Publishing.
298. Wölfel, M. and McDonough, J., 2009. *Distant speech recognition*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
299. Woods, D.L., Arbogast, T., Doss, Z., Younus, M., Herron, T.J. and Yund, E.W., 2015. Aided and unaided speech perception by older hearing impaired listeners. *PLoS ONE*, 10(3), e0114922.
300. World Health Organization, 2019. Prevention of blindness and deafness: Grades of hearing impairment. Available at: <[https://www.who.int/pbd/deafness/hearing\\_impairment\\_grades/en/](https://www.who.int/pbd/deafness/hearing_impairment_grades/en/)> [Accessed 12 June 2020].
301. Yacullo, W.S., 2015. Clinical masking. In: J. Katz, M. Chasin, K. English, L.J. Hood and K.L. Tillery, eds. 2015. *Handbook of clinical audiology*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. Ch.6.
302. Yadav, J. and Rao, K.S., 2013. Detection of vowel offset point from speech signal. *IEEE Signal Processing Letters*, 20(4), pp.299-302.

303. Yuen, K.C.P. and McPherson, B., 2002. Audiometric configurations of hearing impaired children in Hong Kong: implications for amplification. *Disability and Rehabilitation*, 24(17), pp.904-913.
304. Zarandy, M.M. and Rutka, J. 2010. *Diseases of the inner ear: a clinical, radiologic and pathologic atlas*. Berlin: Springer-Verlag.
305. Zhou, R., Zhang, H., Wang, S., Chen, J. and Ren, D., 2017. Development and evaluation of the Mandarin Quick Speech-in-Noise Test materials in Mainland China. *Journal of Phonetics & Audiology*, 3(1), 1000124.

## IX ПРИЛОЗИ

### Прилог 1: Моносилабичен тест на Л. Ристовска и З. Јачова (Тест бр. 1)

1	ПАРК	26	МОСТ
2	ЦВЕТ	27	СИН
3	ГРАД	28	ПЛАН
4	СТАН	29	ТАНЦ
5	ЗБОР	30	РЕЗ
6	ШАЛ	31	ХОР
7	ЛАВ	32	СИД
8	ДОЖД	33	ТРИ
9	РИД	34	НОВ
10	ЧАЈ	35	КЛУЧ
11	ПАТ	36	СНЕГ
12	БИК	37	КОЊ
13	ЖЕД	38	ВАШ
14	КИТ	39	КЕЉ
15	ЈАС	40	ТОСТ
16	ДВА	41	РОЈ
17	ЧИСТ	42	ЏИН
18	НЕ	43	ГЛАС
19	ВЛЕЗ	44	ЃОН
20	КАМП	45	ТИМ
21	ФЕН	46	БРАТ
22	НАШ	47	БЕЗ
23	НОЌ	48	СУВ
24	БРОЈ	49	МЛАД
25	ВЕК	50	ГУСТ

**Прилог 2: Моносилабичен тест на Л. Ристовска и З. Јачова (Тест бр. 2)**

1	ЛИСТ	26	КЛАС
2	ЗНАК	27	ВИД
3	ДЕН	28	РИС
4	ВОЗ	29	ЏИП
5	МАРТ	30	ЈАК
6	САД	31	ВЕСТ
7	ЧАС	32	ПЛИН
8	ЈУГ	33	БРЕГ
9	МЕД	34	ЖОЛТ
10	ТУЃ	35	МАСТ
11	НОВ	36	БЕНД
12	КАТ	37	НАШ
13	СВЕТ	38	ДРАГ
14	СВОН	39	ТЕН
15	САМ	40	ВОЛК
16	ФИН	41	ЦЕЛ
17	РАСТ	42	ВИР
18	ТАП	43	ДОМ
19	БРАТ	44	КОЊ
20	ДАБ	45	ЗРЕЛ
21	КЕЉ	46	ТВОЈ
22	ЌОШ	47	СЛОН
23	ПОД	48	КРИВ
24	КРАН	49	ЧАЈ
25	ХИТ	50	ДРУГ

**Прилог 3: Дисилабичен тест на Л. Ристовска и З. Јачова (Тест бр. 3)**

1	ДЕТЕ	19	ШУМА
2	ТОПКА	20	ЛОВИ
3	СОНЦЕ	21	ДОМАТ
4	ЗЕБРА	22	МЛЕКО
5	ТРЕВА	23	ХРАНА
6	МАЈКА	24	ЦРЕША
7	ПЕСНА	25	ТЕНИС
8	СВОНО	26	ЃЕВРЕК
9	ТОПЛО	27	ДЕДО
10	КУЌА	28	ЈАГНЕ
11	ТАТКО	29	ЖОЛТИ
12	ЧИТА	30	ВОЗИ
13	ЈАДЕ	31	ЖЕДЕН
14	ИГРАЧ	32	ГОТВИ
15	ЉУБОВ	33	ОЏАК
16	ВОДА	34	СЕСТРА
17	СУСАМ	35	ФИЛТЕР
18	НОСИ	36	БАЊА

**Прилог 4: Дисилабичен тест на Л. Ристовска и З. Јачова (Тест бр. 4)**

1	КНИГА	19	СЛИКА
2	ВРЕМЕ	20	СВЕЗДА
3	МИСЛИ	21	ТАБЛА
4	ДЕНЕС	22	ЈАЈЦЕ
5	ПЕСОК	23	СИВО
6	ТОЧКА	24	ТИГАР
7	ШЕТА	25	ВОДИ
8	ПИНГВИН	26	ТАЖНО
9	КЛУПА	27	ДОКТОР
10	ДЕСНО	28	ФАРМА
11	НОТИ	29	ТЕСТО
12	ЉУБОВ	30	РУДА
13	ЦВЕЌАР	31	ЧУВАР
14	ЗАЈАК	32	МЕЃА
15	ТОСТЕР	33	ЖЕЛБА
16	ШЕПОТ	34	РОДЕН
17	ХУМАН	35	МОЉБА
18	ЏУДО	36	САКА