

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
EDUKACIJSKO-REHABILITACIJSKI FAKULTET



GOVORNA AKUSTIKA

(NASTAVNI MATERIJAL ZA STUDENTE LOGOPEDIJE)

PIREDIO:
MLADEN HEĐEVER

ZAGREB, 2012.

SADRŽAJ

1. MEHANIČKO VALNO GIBANJE I ZVUK.....	10
1.1. ODREDNICE ZVUKA	12
1.2. OSNOVNE VRSTE PRIKAZA ZVUKA	13
1.2.1. <i>OSCILOGRAM</i>	13
1.2.1.1. IZRAČUNAVANJE OSNOVNOG TONA IZ OSCIOGRAMA.....	15
1.2.2. <i>SPEKTAR</i>	15
1.2.2.1. FFT analiza	17
1.2.2.2. LPC analiza.....	18
1.2.2.3. Srednji dugotrajni spektar (LTASS)	18
1.2.3. <i>SPEKTROGRAM</i>	19
1.2.3.1. REZOLUCIJA SPEKTROGRAMA (ŠIRINA FILTRIRANJA)	20
1.2.3.2. SPEKTROGRAMSKA ANALIZA GOVORA	21
2. AKUSTIČKE KARAKTERISTIKE GLASA	24
2.1. HARMONICI	24
2.2. PERTURBACIJE GLASA	24
2.2.1. <i>JITTER I SHIMMER</i>	24
2.2.2. <i>VIBRATO I TREMOR</i>	25
2.3. DIPLOFONIJA.....	28
2.4. ODNOS SIGNAL – ŠUM.....	28
2.5. UDAR ILI ATAKA GLASA	29
2.6. PREKIDI VISINE GLASA.....	31
2.7. ZVUČNOST – BEZVUČNOST	31
3. AKUSTIČKE KARAKTERISTIKE GOVORA (VOKALNI TRAKT)	33
3.1. AKUSTIKA VOKALNOG TRAKTA.....	33
3.2. REZONANCIJA.....	34
3.2.1. <i>FORMANTI</i>	35
3.2.1.1. NAČIN IZRAČUNAVANJA FORMANATA	38
4. DIGITALNO SIGNALNO PROCESIRANJE U LOGOPEDIJI	41
4.1. UVOD.....	41
4.2. OPIS LOGOPEDSKOG SETA.....	43
4.2.1. <i>MIKROFONSKO PREDPOJAČALO: ULTRAGAIN PRO MIC 2200</i>	44
4.2.2. <i>POJAČALO ZA SLUŠALICE: POWERPLAY PRO HA 4700</i>	45
4.2.3. <i>PROCESOR ZVUKA: ULTRACURVE PRO DEQ2496</i>	45
4.2.3.1. PROGRAMSKE MEMORIJE.....	46
4.2.3.2. TERCNI GRAFIČKI EQUALISER	46
4.2.3.3. PARAMETARSKI EQUALISER.....	46
4.2.3.4. FFT ANALIZATOR ZVUKA	46
4.2.3.5. GENERATOR RUŽIČASTOG ŠUMA.....	47
4.2.3.6. FONOMETAR (SPL METAR)	47
4.2.3.7. ELIMINATOR MIKROFONIJE (FEEDBACK DESTROYER).....	48
4.2.3.8. BYPASS OPCIJA	48

4.2.3.9. DINAMIČKO PROCESIRANJA	48
4.2.3.10. OPCIJA DELAY	50
4.2.4. MIKROFON I SLUŠALICE	51
4.3. DODATNE OPCIJE LOGOPEDSKOG SETA	52
4.3.1. DODATNA AUDIO - STIMULACIJA.....	52
4.3.2. REPRODUKCIJA ZVUKA U PROSTORU.....	52
4.3.3. REPRODUKCIJA ZVUKA PREKO SLUŠALICA.....	52
4.4. PRIMJENA LOGOPEDSKOG SETA.....	53
4.4.1. PRIMJENA U DIJAGNOSTICI.....	53
4.4.2. PRIMJENA U TERAPIJI	53
4.4.2.1. POREMEĆAJI GLASA.....	53
4.4.2.2. POREMEĆAJI IZGOVORA	53
4.4.2.3. POREMEĆAJI TEČNOSTI.....	54
4.4.2.3.1. Mono, stereo, ili dvostruki delay.....	54
4.4.2.4. OŠTEĆENJA SLUHA.....	54
4.4.2.5. KOHLEARNI IMPLANTAT	55
4.4.2.6. POREMEĆAJI SLUŠNOG PROCESIRANJA.....	56
4.4.2.7. GRUPNI RAD S DJECOM, RITMIČKE I GLAZBENE VJEŽBE.....	56
4.5. INOVATIVNOST LOGOPEDSKOG SETA	57
4.6. DODATNA OPREMA UZ LOGOPEDSKI SET.....	57
4.6.1. OPREMA ZA POLI-SENZORIČKU STIMULACIJU	58
4.6.1.1. LIGHT STIMULATOR (VIZUALNA STIMULACIJA).....	58
4.6.1.2. VIBROTAKTILNA STIMULACIJA	59
4.6.2. OPREMA ZA AUDITIVNU STIMULACIJU.....	61
4.6.3. FONOMETAR (VOICE LEVEL METAR).....	61
4.6.3.1. PODRUČJE PRIMJENE MIKROFONA	62
4.8. FREKVENCIJSKE KARAKTERISTIKE TERCNIH FILTARA	64
4.9. DISKONTINUIRANE I KONTINUIRANE VERBOTONALNE OPTIMALE	65
4.10. LISTA PROGRAMIRANIH FILTARSKIH KRIVULJA	67
4.10.1. PERCEPTIVNE OPTIMALE GLASOVA.....	67
4.10.2. SLUŠANJE I GOVOR.....	68
4.11. IZJEDNAČENOST FIZIOLOŠKE RAZINE GLASNOĆE	69
4.12. MOGUĆNOST STEREOFONSKOG SLUŠANJA.....	69
4.13. PROGRAMSKE POSTAVKE U LOGOPEDSKOM SETU	69
4.13.1. KOREKTIVNE OPTIMALE.....	72
4.13.1.1. NEKOLIKO PRIMJERA FILTARSKIH KRIVULJA	72
4.13.1.2. SKUPNE DISKONTINUIRANE PERCEPTIVNE OPTIMALE	74
4.13.1.3. KRIVULJE ZA POJEDINE TIPOVE SLUŠNIH OŠTEĆENJA	74
4.13.1.4. KRIVULJE ZA USPORAVANJE I SJENČENJE GOVORA	75
4.13.1.5. OPTIMALNA RAZUMLJIVOST GOVORA I GOVORNI FORMANTI	76
5. VREMENSKE I SPEKTRALNE KARAKTERISTIKE GOVORA	79
5.1. VREMENSKE I INTENZITETSKE KARAKTERISTIKE GLASOVA.....	79
6. AKUSTIČKA ANALIZA GLASA I GOVORA U DIJAGNOSTICI.....	80

6.1. ISPITIVANJE MOTORIKE GOVORA - DIJADOHOKINEZA	80
6.2. ISPITIVANJE AKUSTIČKIH OSOBINA GLASA	83
6.2.1. AKUSTIČKI PARAMETRI GLASA.....	83
6.2.1.1. AMPLITUDE PERTURBATION QUOTIENT (APQ).....	85
6.2.1.2. AMPLITUDE TREMOR INTENSITY INDEX (ATRI).....	86
6.2.1.3. DEGREE OF SUBHARMONIC COMPONENTS (DSH).....	86
6.2.1.4. SOFT PHONATION INDEKS (SPI).....	86
6.2.1.5. VOICE TURBULENCE INDEX (VTI).....	86
6.2.2. PARALIZA GLASNICA.....	86
6.2.3. SPAZMODIČNA DISFONIJA	88
6.2.4. VOKALNI NODULI.....	89
6.2.5. VOKALNE CISTE.....	91
6.2.6. VOKALNI POLIPI.....	92
6.2.7. NEUROGENI POREMEĆAJI GLASA.....	93
6.2.8. EDEM GLASNICA.....	94
6.3. AKUSTIČKI PARAMETRI I GLAS.....	96
6.4. AKUSTIČKI PARAMETRI I ARTIKULACIJA	98
7. LITERATURA.....	103
8. KAZALO POJMOVA.....	105

POPIS SLIKA

Slika 1. Transverzalni i longitudinalni val	10
Slika 2. Stojni val	12
Slika 3. Oscilogram čistog tona.....	13
Slika4. Jedan puni titraj.....	13
Slika 5. Prikaz promjena frekvencije na oscilogramu.....	14
Slika 6. Prikaz promjena amplituda na oscilogramu.....	14
Slika 7. Osilogrami različitih vrsta zvukova	14
Slika 8. Oscilogram vokala /E/.....	15
Slika 9. Zumirani prikaz titranja osnovnog laringealnog tona	15
Slika 10. Složeni zvuk: interferencija dvaju tonova (1 i 2).....	16
Slika 11. Jean Baptiste Fourier (1768 - 1830).....	16
Slika 12. FFT spektar ljudskog glasa (fonacija vokala /A/).....	17
Slika 13. LPC spektar ljudskog glasa (iz prethodnog primjera)	18
Slika 14. LPC spektar (deblja linija) i FFT spektar.....	18
Slika 15. LTASS (Long Therm Average Speech Spectrum)	19
Slika 16. Sonogram (spektrogram) govora	19
Slika 17. Uskopojasna i širokopojasna analiza (vidljivost harmonika ili formanata).....	21
Slika 18. Karakteristični detalji sonograma	22
Slika 19. Isti govornik izgovara istu rečenicu tri puta.....	23
Slika 20. Dva muška govornika izgovaraju vokale.....	24
Slika 21. Prikaz jittera i shimmera na oscilogramu.....	25
Slika 22. Vibrato u pjevanju (program Pratt).....	26
Slika 23. Tremor u glasu (amplituda – zelena, F0 – plava linija), (program Pratt)	26
Slika 24. Grafički prikaz rezultata mjerenja tremora u glasu (normalan glas)	26
Slika 25. Tabela prikaz parametara ispitivanja glasa i tremora (normalan glas).....	27
Slika 26. Grafički prikaz rezultata mjerenja tremora u glasu (patološki glas).....	27
Slika 27. Tabela prikaz parametara ispitivanja glasa i tremora (patološki glas)	27
Slika 28. Diplofonija u glasu (program EZVOICE)	28
Slika 29. Omjer (odnos) signal/šum (NHR).....	29
Slika 30. Normalna meka fonacija	30
Slika 31. Tvrda glotalna ataka glasa.....	30
Slika 32. Šušakava ataka glasa.....	30

Slika 33. prekidi visine glasa.....	31
Slika 34. Spektrogram (zvučno – bezzvučno).	32
Slika 35. Prva četiri formanta u programu Pratt.....	36
Slika 36. Isti uzorak u programu Speech Analyzer.....	37
Slika 37. Spektar s prva tri formantska vrha (program Speech Analyzer).....	37
Slika 38. Tranzicija drugog formanta (normalan muški glas).....	38
Slika 39. Tranzicija drugog formanta (patološki muški glas).	38
Slika 40. Digitalni logopedski set.	44
Slika 41. Digitalni logopedski set i periferni uređaji.	44
Slika 42. Efekti dinamičkog procesiranja zvuka.....	50
Slika 43. Beyerdynamic DT 770M	55
Slika 44. Light stimulator.....	59
Slika 45. Vibrotaktilna ploča.....	60
Slika 46. Mjerni mikrofoni ECM8000	62
Slika 47. Prikaz spektra pomoću mjernog mikrofona	63
Slika 48. Tercni i oktavni pojasni filtar.....	65
Slika 49. Postava filtra za VT kontinuiranu optimalu glasa Š	72
Slika 50. Postava filtra za kombiniranu optimalu glasa Š.....	73
Slika 51. Postava filtra za diskontinuiranu optimalu glasa Š	73
Slika 52. Skupna diskontinuirana optimala glasova S, Z i C	74
Slika 53. Korektivna optimala za oštećenja sluha s pojačanjem na 3 kHz	74
Slika 54. Korektivna optimala s pojačanjem na 3 kHz (aparati Siemens)	75
Slika 55. Sjenčenje spektra uz delay efekt	75
Slika 56. Oscilogram mjerenja dijadohokineze (uzastopno ponavljanje slogova "pa-pa..."). ..	81
Slika 57. Oscilogram mjerenja dijadohokineze (apraksija).	81
Slika 58. Prikaz amplitudnih modulacija kod ispitivanja dijadohokineze.	81
Slika 59. Prikaz amplitudnih modulacija kod ispitivanja dijadohokineze (apraksija).	81
Slika 60. Grafički prikaz izvješća rezultata dijadohokineze.	82
Slika 61. Grafički prikaz izvješća rezultata dijadohokineze (apraksija)	82
Slika 62. Tablični prikaz rezultata ispitivanja dijadohokineze.	82
Slika 63. Tablični prikaz rezultata ispitivanja dijadohokineze (apraksija).	83
Slika 64. Unilateralna paraliza glasnica (muškarac, 70 god.).....	87
Slika 65. Spazmodična disfonija (žena 73 god.)	88
Slika 66. Spazmodična disfonija (žena 73 god.), intenzitet (plava) i F0 (crvena)	89

Slika 67. Vokalni noduli (žena, 20 god.).....	90
Slika 68. Muškarac, 48 godina, cista.....	91
Slika 69. Žena, 59 godina (polipi).....	92
Slika 70. Muškarac, 85 godina (Parkins).	93
Slika 71. Žena 38 godina, edem glasnica.....	95
Slika 72. Odnos visine glasa i glasnoće	96
Slika 73. Kvaliteta glasa.....	97
Slika 74. Interaktivni prikaz glasnoće, visine i kvalitete glasa	97
Slika 75. Postavke artikulatora kod izgovora glasa /A/	98
Slika 76. Postavke artikulatora kod izgovora glasa /V/	99
Slika 77. Postavke artikulatora kod izgovora glasa /F/	99
Slika 78. Postavke artikulatora kod izgovora glasa /H/	99
Slika 79. Postavke artikulatora kod izgovora glasa /P/	100
Slika 80. Postavke artikulatora kod izgovora glasa /B/.....	100
Slika 81. Postavke artikulatora kod izgovora glasa /M/.....	100
Slika 82. Postavke artikulatora kod izgovora glasa /N/	101
Slika 83. Postavke artikulatora kod izgovora glasa /K/	101
Slika 84. Postavke artikulatora kod izgovora glasa /G/	101
Slika 85. Postavke artikulatora kod izgovora glasa /S/	102
Slika 86. Postavke artikulatora kod izgovora glasa /Z/	102

POPIS TABLICA

Tablica 1 . Standardne frekvencije tercnih filtara	64
Tablica 2. Centralne frekvencije glasovnih optimala u logopedskom setu.....	65
Tablica 3. Lista memoriranih programa za govor u logopedskom setu	67
Tablica 4. Lista dodatnih memoriranih programa u logopedskom setu.....	68
Tablica 5. Opis programa u logopedskom setu	69
Tablica 6. Opis dodatnih programa u logopedskom setu	71
Tablica 7. Frekvencijski pojasevi značajni za govor (NASA)	76
Tablica 8. Frekvencijski pojasevi značajni za govor (SIL).....	77
Tablica 9. Frekvencijski pojasevi značajni za govor (RASTI)	77
Tablica 10. Frekvencijski pojasevi značajni za govor (govorni formanti).....	77
Tablica 11. Vremenski parametri govora.....	79
Tablica 12. Akustički parametri glasa.....	84
Tablica 13. Akustički parametri i percepcija kvalitete glasa	85
Tablica 14. Parametri glasa. Unilateralna paraliza glasnica (muškarac, 70 god.).....	87
Tablica 15. Parametri glasa. Spazmodična disfonija (žena 73 god.).....	88
Tablica 16. Parametri glasa. Vokalni noduli (žena, 20 god.).....	90
Tablica 17. Parametri glasa. Cista iz prethodnog primjera	91
Tablica 18. Parametri glasa. Žena, 59 godina, polipi.....	92
Tablica 19. Parametri glasa. Muškarac, 85 godina (Parkins).....	94
Tablica 20. Parametri glasa. Žena 38 godina, edem glasnica	95

PREDGOVOR

Materijal je namijenjen studentima diplomskog studija logopedije kako bi im olakšao praćenje nastave iz kolegija "Govorna akustika". Uz ovu skriptu studenti mogu kao pomoć koristiti i skriptu "Osnove fiziološke i govorne akustike" (Heđever, M., 2012) koja je namijenjena studentima preddiplomskog studija.

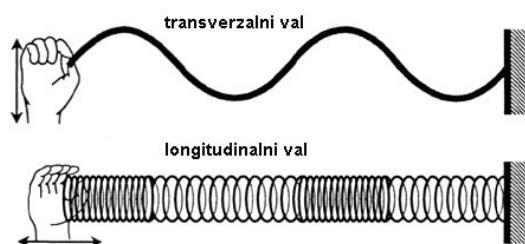
U ovoj skripti prikazano je niz ilustracija bez detaljnijih pojašnjenja u tekstu jer su ona objašnjena na samim predavanjima.

1. MEHANIČKO VALNO GIBANJE I ZVUK

Zvuk je valna pojava koji se širi kroz elastične medije pogodnim za širenje zvučnih valova koji su u čvrstom, tekućem ili plinovitom agregatnom stanju. Prijenos zvučne energije nastaje deformacijom u nekom elastičnom mediju, a širenje te deformacije naziva se mehaničko valno gibanje. Kod mehaničkog valnog gibanja kroz medij se prenosi (putuje) samo elastični poremećaj (deformacija) a ne medij (on ostaje statičan). U vakuumu se mehanički valovi ne mogu širiti, jer u vakuumu nema elastičnog medija kroz koji bi se širili valovi. Zvučni val je gibanje mehaničkog poremećaja kroz elastični medij. Takav val može biti samo jedan impuls, ili harmonijski val koji kao deformacija ili poremećaj nastaje iz jednog izvora. Harmonijski val je kontinuiran i periodičan. Širenje odnosno prostiranje mehaničkog vala može se odvijati na dva načina:

transverzalno, kada je valni poremećaj okomit na smjer širenja vala,

longitudinalno, kada se valni poremećaj širi u smjeru širenja vala (slika 1.).



Slika 1. Transverzalni i longitudinalni val

U elastičnim čvrstim sredstvima moguće je širenje obje vrste valova, transverzalnih i longitudinalnih, dok se kroz tekućine i plinove – mogu širiti samo longitudinalni valovi, i to zato što su za postojanje transverzalnog vala nužne sile koje pružaju otpor pomicanju jednog sloja medija prema susjednome. U tekućinama (fluidima) te su sile zanemarivo male ili uopće ne postoje, pa u tim medijima ne mogu nastati transverzalni valovi. Kroz zrak kao i kroz tekuće medije mogu se širiti samo longitudinalni valovi. Takvi su zvučni valovi. Dakle, zvuk u zraku ili tekućini je longitudinalni val. Svaki harmonijski val (on je kontinuiran i periodičan) možemo smatrati oblikom harmonijskog titranja i zbog toga harmonijski val posjeduje dvije glavne osobine:

frekvenciju (brzinu titranja) i
valnu duljinu.

Valne duljine čujnih frekvencija kreću se u rasponu od 17 m (najniže frekvencije) do 17 cm (najviše frekvencije). Frekvencija se može izračunati prema općoj formuli:

$$f = \frac{c}{\Lambda}$$

gdje je:

f - frekvencija (Hz)

c - brzina zvuka (izražena u metrima/sekundi)

Λ - valna duljina (izražena u metrima).

Iz iste formule moguće je izračunati i valnu duljinu:

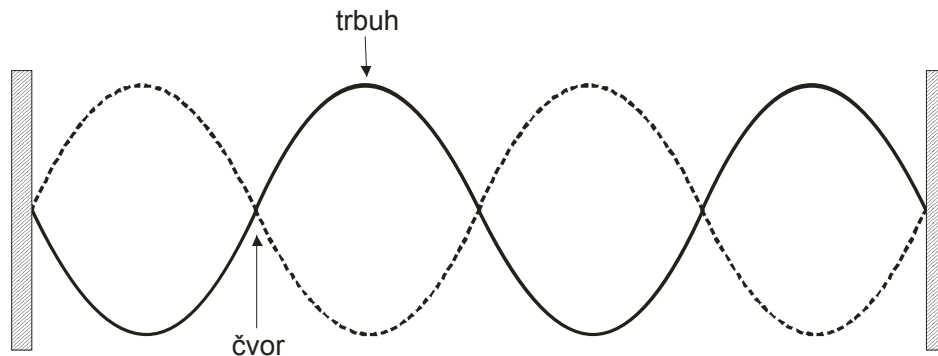
$$\Lambda = \frac{c}{f}$$

Frekvencija harmonijskog vala se definira kao broj titraja u sekundi ili kao recipročna vrijednost perioda titranja (T – jedan puni titraj). Period titranja T je vrijeme u kojemu se obavi jedan titraj. Valna duljina harmonijskog vala je duljina razmaka između dvije točke (čestice) koje jednako titraju (sinkrono – nalaze se u istoj točki).

Valovi se međusobno miješati (interferirati). To znači da, ako se u prostoru susretnu dva ili više valova, na mjestu "sudara" valova nastaje novi val. Taj val je suma pojedinačnih valova (odgovara valu što nastaje zbrajanjem elongacija svih pojedinačnih valova koje međusobno sijeku u istoj točki prostora). Elongacija je udaljenost od položaja ravnoteže tijela koje harmonijski titra i ona se mijenja s vremenom. Zaljuljamo li ljuljačku, ona će sa naizmjenično udaljavati/približavati od svog položaja mirovanja (ravnoteže). Ukoliko prestanemo gurati ljuljačku, s vremenom će se ljuljačka sve manje micati (manje elongacije) i na kraju će se zaustaviti u položaju ravnoteže.

Miješanje odnosno zbrajanje više valova u jednoj točki zove se interferencija ili superpozicija. Ako se valovi interferencijom poništavaju, tu interferenciju nazivamo destruktivnom, a ako se valovi interferencijom pojačavaju, nazivamo je konstruktivnom interferencijom. Poseban je slučaj interferencije, kada se u prostoru susretnu dva vala jednakih frekvencija – tada kao suma ovih valova nastaje novi val i nazivamo ga stojni val. Glavna karakteristika stojnog vala jest to da se u prikazu amplituda/vrijeme vala pojavljuju specifične točke – trbusi i čvorovi stojnog vala. Čvorovi stojnog vala su točke na kojima je elongacija titranja uvijek jednaka nuli, a točke trbuha vala stalno titraju maksimalnom elongacijom toga vala. Te točke naizgled održavaju stacionaran – stojni položaj. Na slici 2. je

primjer stojnog vala koji nastaje na napetoj žici učvršćenoj na oba kraja. Sustavi koji proizvode stojne valove (npr. napeta žica, stupac zraka) su karakteristični po tome što mogu titrati samo točno određenim frekvencijama.



Slika 2. Stojni val

1.1. ODREDNICE ZVUKA

Zvuk je pojava koju možemo registrirati osjetom sluha – zahvaljujući fiziološkim svojstvima uha i procesiranju slušnih informacija u mozgu. S fizikalnog stajališta, zvuk predstavlja longitudinalni mehanički val u elastičnom sredstvu (zrak), u čujnom području frekvencija od 60 Hz do 20.000 Hz. Valovi frekvencije ispod 16 Hz nazivaju se infrazvukom, a oni frekvencije veće od 20kHz ultrazvukom. Fizikalni (objektivni) parametri zvuka su intenzitet, frekvencija i trajanje. Osim toga zvuk je definiran i oblikom zvučnog vala. Te objektivne parametre sluhom doživljavamo subjektivno kao glasnoću, visinu, trajanje i boju (kvalitetu) zvuka.

Intenzitet vala zvuka određen je kao energija koju val pronese kroz jedinicu površine u jedinici vremena. Intenzitet zvuka subjektivno doživljavamo u logaritamskoj skali (Fechnerov zakon). Zato se uvodi pojam razine intenziteta zvuka, koji je definiran kao deseterostruki logaritam omjera intenziteta zvuka i intenziteta zvuka na pragu čujnosti (referentnog zvučnog tlaka od 20 μPa).

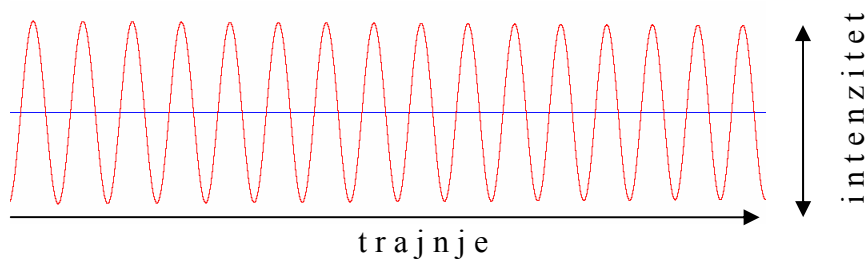
Subjektivno doživljena visina tona ovisna je o frekvenciji zvučnog vala. Frekvencijski niži zvuk doživljavamo kao tamniji ili dublji a visoke frekvencije doživljavamo kao svjetliji ili viši. Zvučni val u prirodi nikada nije potpuno sinusoidalni, već je više ili manje nepravilnog oblika. Različiti glazbeni instrumenti i ljudski glas na istoj frekvenciji daju različite valne oblike. Taj različit oblik vala doživljavamo kao boju tona (timbar), pomoću koje raspoznavamo glasove različitih osoba i različite glazbene instrumente. Različitost valnih oblika ljudskog glasa (ovisi o napetosti, dužini i debljini glasnica u larinksu) ili napetosti žica

gitare, proizlazi iz toga da svaka napeta nit (žica ili glasnica) istovremeno titra na nekoliko različitih frekvencija jer se na njima stvara stojni val složenog oblika, koji je nastao kao rezultat interferencije više valova koji titraju osnovnom (fundamentalnom) frekvencijom i višim frekvencijama (harmonicima). Frekvencije viših harmonika uvijek su jednake cjelobrojnom umnošku osnovne frekvencije. Osnovna frekvencija ima najveću amplitudu, a amplitude harmonika obično pravilno opadaju s povećanjem frekvencije. No zbog efekta rezonancije (vokalnog trakta kod čovjeka ili tijela rezonantne kutije muzičkog instrumenta) neki viši harmonici mogu biti i pojačani (npr. formanti u govoru).

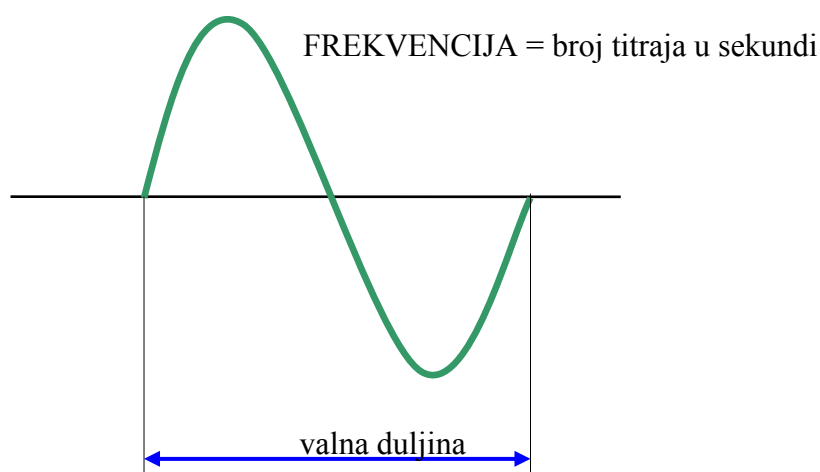
1.2. OSNOVNE VRSTE PRIKAZA ZVUKA

1.2.1. OSCIOGRAM

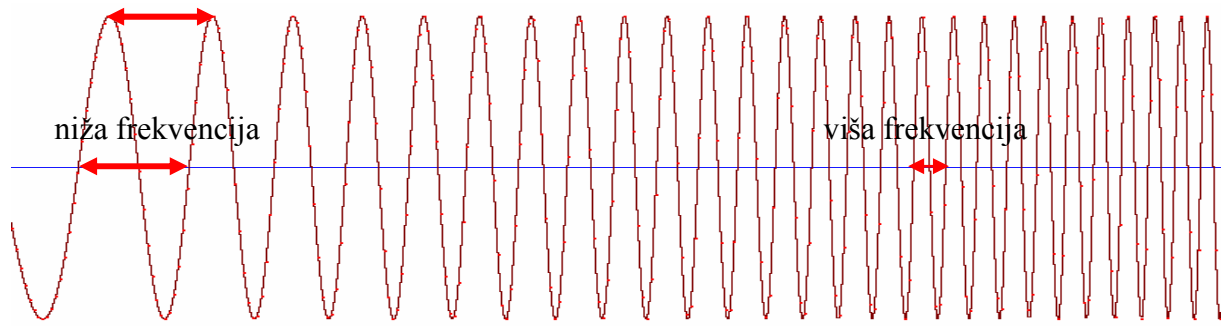
Oscilogram prikazuje zvučni signal u dvije dimenzije: vremenu i amplitudi.



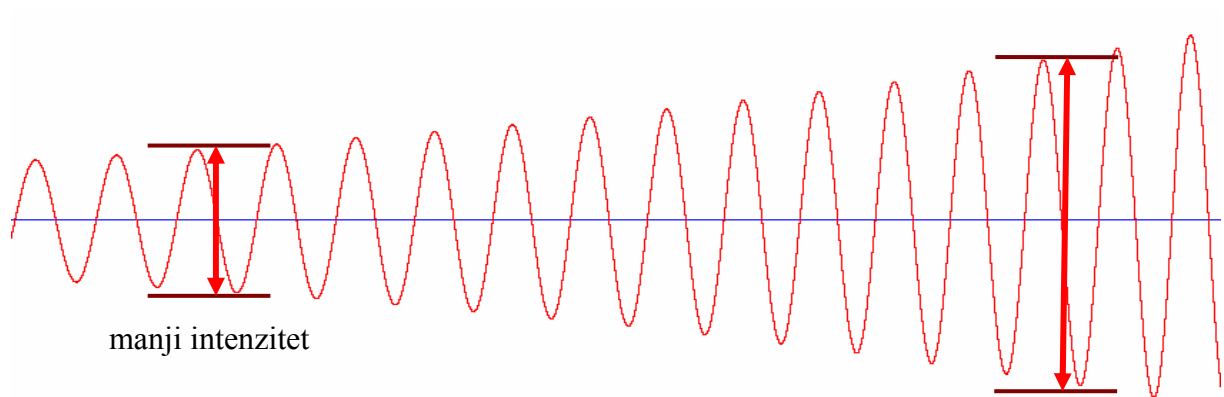
Slika 3. Oscilogram čistog tona



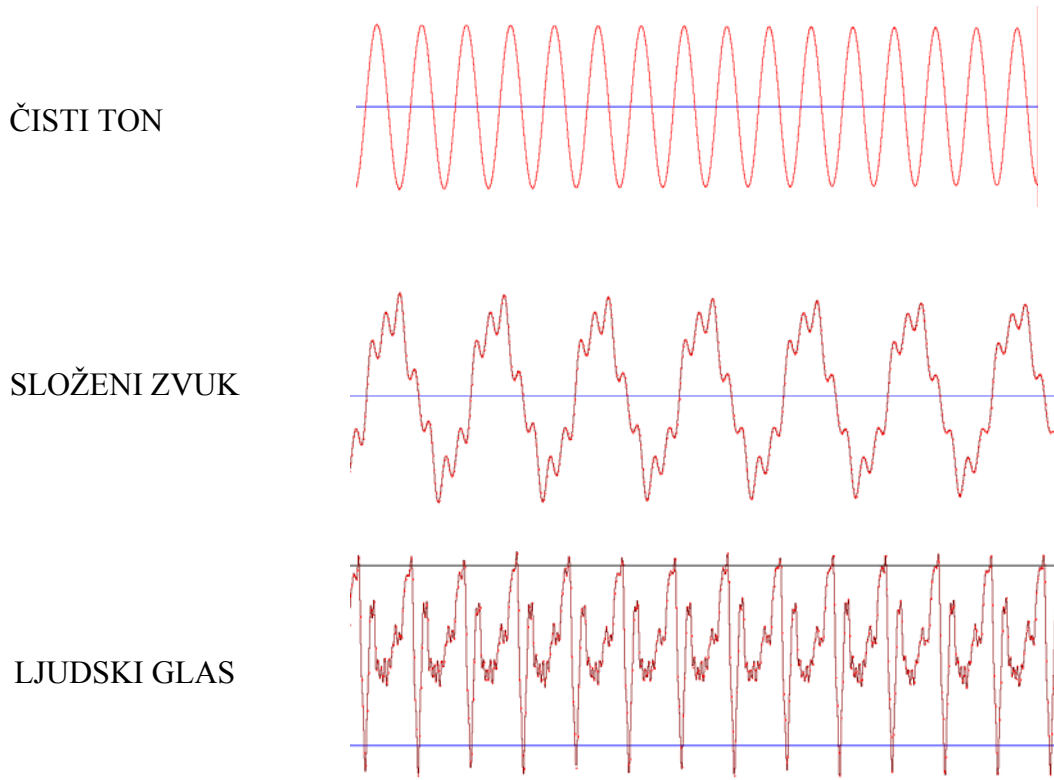
Slika4. Jedan puni titraj



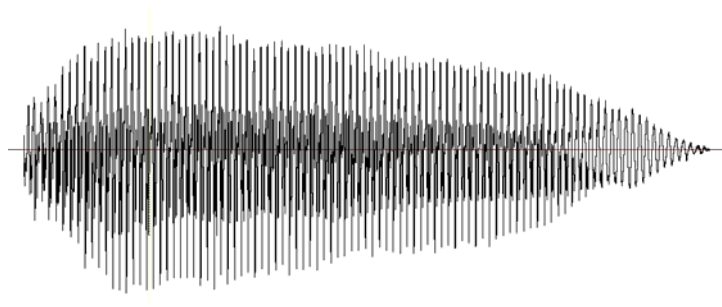
Slika 5. Prikaz promjena frekvencije na oscilogramu.



Slika 6. Prikaz promjena amplituda na oscilogramu



Slika 7. Osilogrami različitih vrsta zvukova



Slika 8. Oscilogram vokala /E/

1.2.1.1. IZRAČUNAVANJE OSNOVNOG TONA IZ OSCIOGRAMA

Osnovni ton može se izračunati iz oscilograma ako se izmjeri trajanje jednog prosječnog punog valnog titraja. Prosječno, kod muških glasova kreće se u rasponu 8 – 12 ms a kod ženskih 5 – 8 ms. Fundamentalna frekvencija izračunava se po slijedećoj formuli:

$$F_0 = 1/T$$

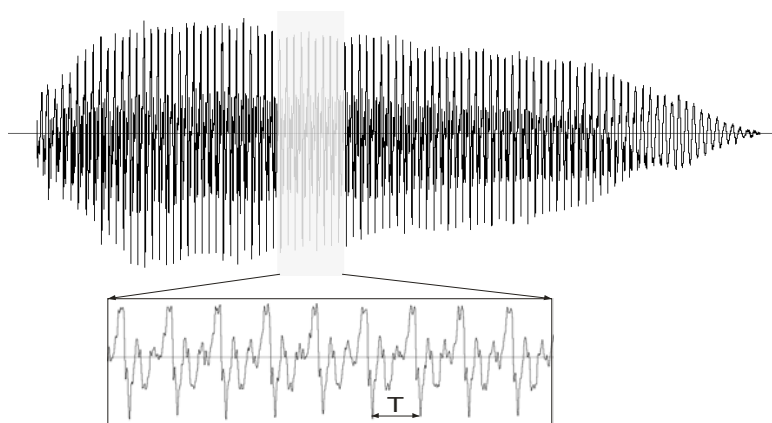
Primjer izračuna

$$T = 8 \text{ ms (0,008 s)}$$

$$F_0 = 1/0,008 \quad \text{ili, ako sve pretvorimo u milisekunde} = 1000/8$$

$$F_0 = 125 \text{ Hz}$$

Vrijeme jednog titraja (T) prikazano je i označeno na slici ispod.

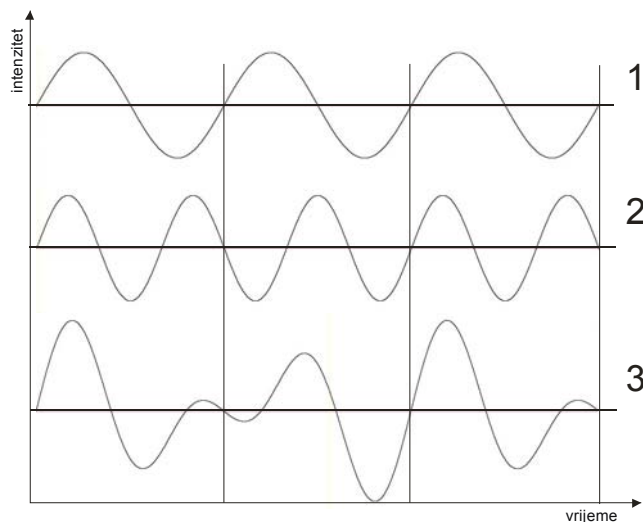


Slika 9. Zumirani prikaz titranja osnovnog laringalnog tona

1.2.2. SPEKTAR

Spektar je dvodimenzionalan i prikazuje zvučni signal u dvije dimenzije: frekvencija (x os) i amplitudi (y os). Spektralna analiza zvuka je postupak kojim se složeni zvučni val razlaže na njegove sastavne frekvencije. Ulazni parametri spektralne analize su amplitude zvuka u vremenu, a izlazni – raspodjela frekvencija u određenom frekvencijskom pojasu u

vremenu. Spektralnu analizu možemo najjednostavnije shvatiti tako da se svaki složeni zvuk sastoji od pojedinačnih zvukova različitih frekvencija i amplituda. Na slici su prikazani dijelovi oscilograma triju različitih zvukova. Prvi zvučni val (1) predstavlja čisto sinusoidno titranje (čisti ton) frekvencije 100 Hz. Drugi zvučni val (2) predstavlja čisto sinusoidno titranje (čisti ton) frekvencije 150 Hz (valno titranje je brže u odnosu na prvi zvuk). Treći val (3) je rezultat interferencije (sumiranja) prva dva tona.



Slika 10. Složeni zvuk: interferencija dvaju tonova (1 i 2)

Karakteristika trećeg vala je da on u sebi sadrži informaciju od kojih je valova sastavljen, kao i njihove amplitudu. Vektorsko zbrajanje pojedinih valova u sumirajući val u stvari je interferencija tih valova.

Bitno je primijetiti da je domena složenog vala kao funkcije vrijeme, a domena funkcije inverzne funkciji interferencije kojom nastaje taj složeni val – frekvencija. Prirodu te inverzne funkcije je objasnio Jean Baptiste Joseph Fourier (1768-1830) (sl.4). Naime, on je u svome djelu "Théorie analytique de la chaleur" (Analitička teorija topline) objavljenom 1822. godine zaključio da se bilo koja periodična funkcija može aproksimirati trigonometrijskim polinomom – tzv. Fourierovim redom. Taj postupak se naziva Fourierovom ili harmonijskom (spektralnom) analizom.



Slika 11. Jean Baptiste Fourier (1768 - 1830)

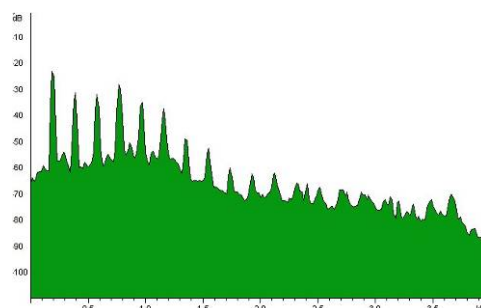
Ako za periodičnu funkciju uzmemo zvučni val, tada se, po Fourieru, svaki rezultatni zvučni val može aproksimirati trigonometrijskim redom. No, ovim osnovnim oblikom Fourierova reda nije koristilo jer je izračunavanje vrlo složeno i dugotrajno. Razvojem računalne tehnologije za računanje spektralne analize sada se koristi transformirana verzija gornje jednačbe koja ima ograničen broj parametara. Taj oblik Fourierovog reda se dobiva prilagođavanjem i deriviranjem originalne jednačbe a algoritam se naziva brza Fourierova transformacija (Fast Fourier Transform - FFT), upravo zato što je nastao kao rezultat transformiranja Fourierova reda. Rezultat brze Fourierove transformacije je skup kompleksnih brojeva. Da bi se iz takvog prikaza prešlo u prikaz pogodan za prikaz spektralne analizu, upotrebljava se tzv. power spectrum algoritam. Pri konverziji u oblik u kojemu je domena frekvencija, power spectrum algoritam predstavlja frekvenciju kao redni broj kompleksnog broja u skupu, a elongaciju kao zbroj kvadrata realnog i imaginarnog dijela kompleksnog broja. Maksimalan frekvencijski opseg spektralne analize osnovane na FFT metodi je jednak polovici frekvencije uzorkovanja (sampling rate).

FT - FOURIER TRANSFORM - FOURIEROVA TRANSFORMACIJA - Matematički postupak kojim se omogućuje konverzija signala iz vremenske domene u frekvencijsku, odnosno izračunavanje spektra iz amplitudno prikazanog signala.

FFT - FAST FOURIER TRANSFORM (Cooley i Tukey, 1965) - Matematički algoritam kojim se pomoću računala mogu izvršiti brze spektralne analize zvučnog signala.

1.2.2.1. FFT analiza

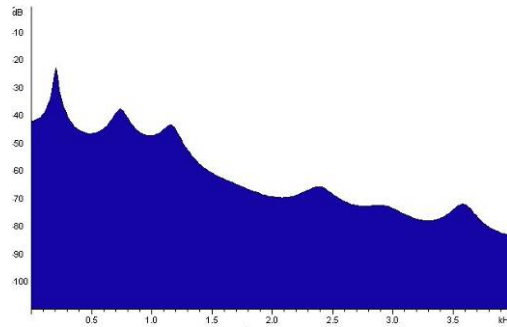
Danas je spektralna analiza zvuka dostupna kroz niz računalnih programa i od velike je koristi u akustičkoj analizi glasa i govora. PC računala mogu izvesti stotine milijuna računskih operacija u sekundi pa je moguće izvesti tako složeni račun, kao što je računanje spektralne analize u realnom vremenu.



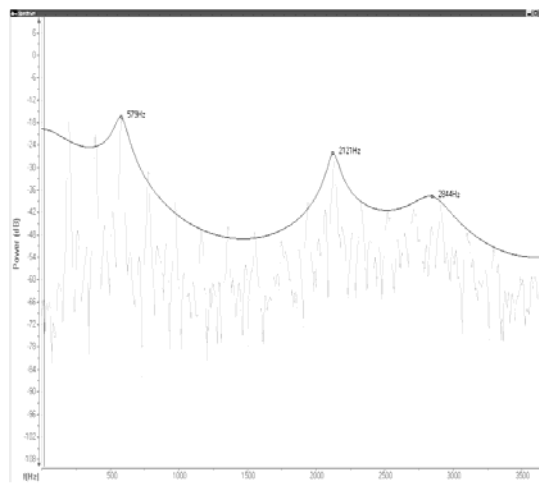
Slika 12. FFT spektar ljudskog glasa (fonacija vokala /A/)

1.2.2.2. LPC analiza

LPC (Linear Predictive Coding) spektar dobiva se iz FFT- analize izračunavanjem prosječnih vrijednosti. Takvim postupkom FFT spektar postaje "izglačan", eliminiraju harmonici (više nisu istaknuti) a veće nakupine pojačanih harmonika tvore formante koji postaju vidljivi.



Slika 13. LPC spektar ljudskog glasa (iz prethodnog primjera)



Slika 14. LPC spektar (deblja linija) i FFT spektar

1.2.2.3. Srednji dugotrajni spektar (LTASS)

Srednji dugotrajni spektar (LTASS - Long Term Average Speech Spectrum) dobiva se izračunavanjem srednjih vrijednosti FFT spektra na vremenskom uzorku govora od približno 2 minute. Koristan je u usporedbi karakteristika govora različitih govornika. Iz njega možemo dobiti podatke o nekim govornim poremećajima (npr. sigmatizmu, poremećajima rezonancije, nazalnosti...) te nekim općim karakteristikama glasa i govora (npr. boja glasa, prisutnost šuma u glasu i sl.).

Da bismo mogli uspoređivati karakteristike govora različitih govornika potrebno je koristiti isti govorni tekst kod svih ispitanika (najbolje da ga ispitanici pročitaju). Pri odabiru

teksta treba voditi računa da u tekstu bude ujednačena zastupljenost svih glasova kao i u svakodnevnom govoru.

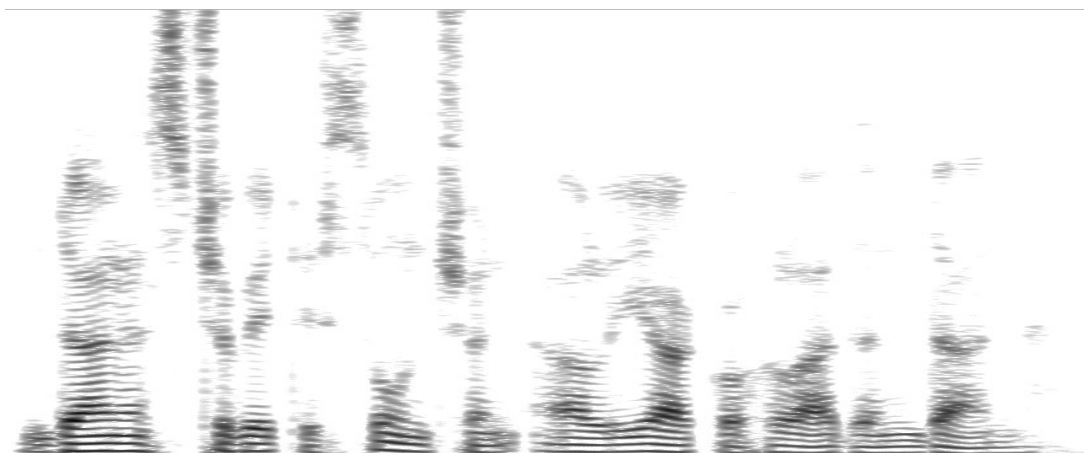
Na slici 15. prikazana su dva srednja dugotrajna spektra (plava ploha je jedan a crvena linija drugi spektar) koji prikazuju preklapanje dvije liste različitih riječi koje su korištene u jednom testu za ispitivanje poremećaja slušnog procesiranja (jedna lista služi za ispitivanje lijevog a druga za ispitivanje desnog uha). Iako su riječi u listama različite (ne smiju biti iste jer bi u drugom testiranju ispitanik lakše prepoznao riječ koju je već čuo) postignuto je jako dobro preklapanje oba spektra što znači da su obje liste fonetski i frekvencijski dobro ujednačene.



Slika 15. LTASS (Long Therm Average Speech Spectrum)

1.2.3. SPEKTROGRAM

Naziva se još i sonogram. Prikazuje zvučni signal u tri dimenzije: vrijeme, frekvencija i amplitudi.



Slika 16. Sonogram (spektrogram) govora

1.2.3.1. REZOLUCIJA SPEKTROGRAMA (ŠIRINA FILTRIRANJA)

Kod spektrograma se uobičajeno primjenjuju dvije vrste rezolucija s obzirom na frekvencije. Stari analogni uređaji za spektrogramsku analizu (sonografi ili sonografi) koristili su seriju paralelnih pojasno-propusnih filtara (filter – bank) gdje su filtri mogli raditi na dva načina:

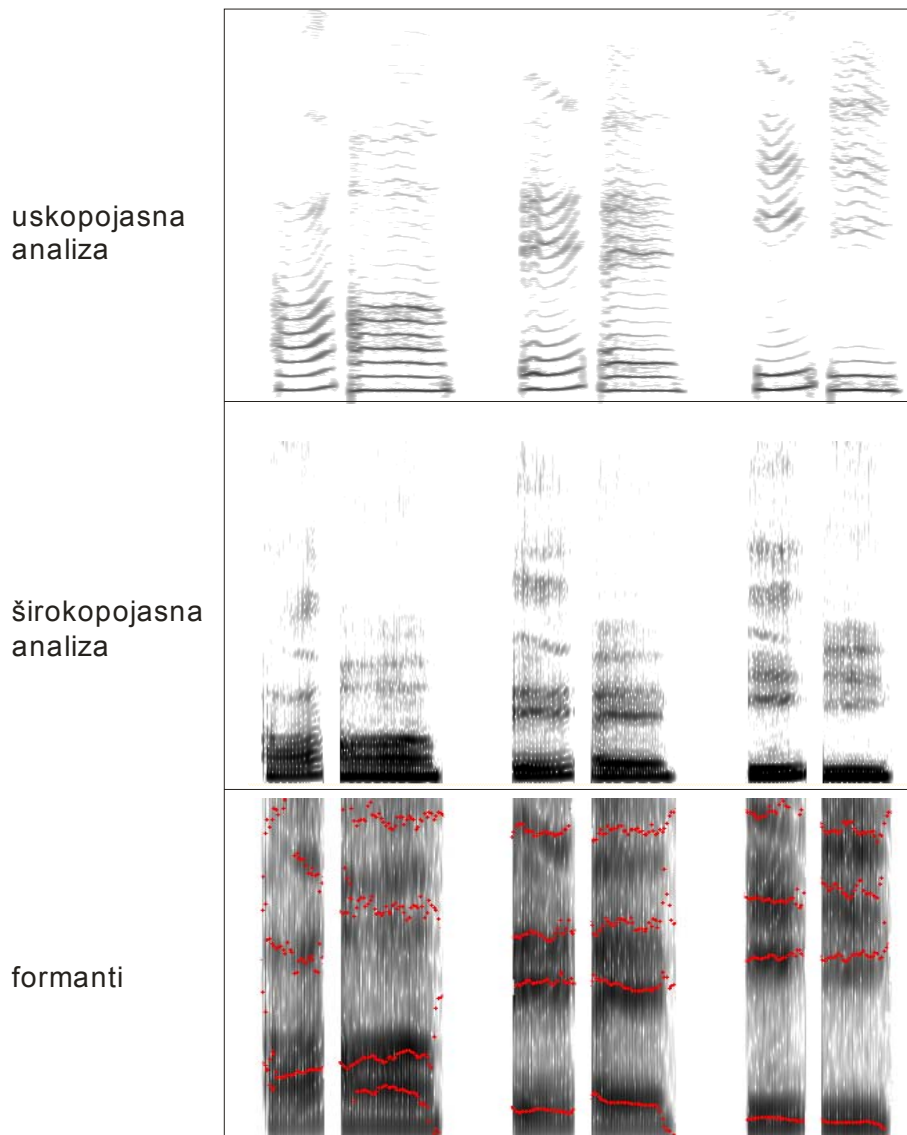
kao uskopojasni filtri konstante širine pojasa od 45 Hz (Narrow Band Filter) ili kao širokopojasni filtri konstante širine pojasa od 300 Hz (Wide Band Filter).

Danas se gotovo u potpunosti koriste računalni programi koji koriste FFT spektralnu analizu zvuka ali koji mogu simulirati i grafički prikazati uskopojasni ili širokopojasni spektrogram kao što je to radio klasični sonograf.

Uskopojasna analiza primjenjuje se kada u spektrogramu želimo vidjeti više detalja, npr. harmonike u govoru. tada se oni vide kao niz paralelnih horizontalnih tamnijih linija gdje donja linija prikazuje trag fundamentalne frekvencije a linije iznad su tragovi harmonika.

Širokopojasna analiza primjenjuje se kada u spektrogramu želimo više generalizacije i uopćavanja tj. kada želimo promatrati neke globalne karakteristike zvuka. Tada nećemo uočavati pojedinačne harmonike već skupine harmonika koji se međusobno grupiraju s pojačanim intenzitetom u nekim dijelovima spektra. Takvi pojačani dijelovi spektra nastali zbog efekta rezonancije vokalnog trakta nazivaju se govornim formantima. Formante također uočavamo kao niz paralelnih horizontalnih zatamnjenja ali oni više nisu tanki poput linije zato jer objedinjavaju skupinu od nekoliko pojedinačnih harmonika.

Na starim sonogramima formanti su se mogli očitavati isključivo vizualno (bilo je važno iskustvo procjenjivača) dok današnji računalni programi imaju algoritme koji omogućavaju precizno izračunavanje centralne frekvencije formanta, frekvencijski raspon (pojas) svakog formanta i intenzitet formanta. Osim numeričkih podataka o formantima (najčešće se analiziraju prva tri formanta – F_1 , F_2 i F_3) moguć je i dobar grafički prikaz formantskih karakteristike na kojima se mogu dobro uočavati i promjene karakteristika formantata u govoru (formantske tranzicije). Formantske tranzicije daju korisne informacije o promjenama u rezonantnim karakteristikama vokalnog trakta (promjena oblika i volumena) tijekom izgovora i prijelaza s jednog glasa na drugi.



Slika 17. Uskopojasna i širokopojasna analiza (vidljivost harmonika ili formanata)

1.2.3.2. SPEKTROGRAMSKA ANALIZA GOVORA

Na spektrogramu (slika 18) prikazan je izgovor rečenice "Nemoj slušati što drugi ljudi govore". Ispod spektrograma slovima je označen izgovor glasova. Iznad spektrograma brojevima su označeni neki karakteristični obrasci izgovora i govornog zvuka.

Riječ "Nemoj" sastoji se od zvučnih glasova: vidljiv je harmoničan spektar (fundamentalna frekvencija najniža horizontalna linija i viši harmonici – gornje linije paralelne s fundamentalnom frekvencijom);

Šum glasa /S/ na visokim frekvencijama u riječi "slušati";

Šum glasa /Š/ u srednjem frekvencijskom području u riječi "slušati";

Okluzija (prekid u govoru) u početnoj fazi izgovora glasa /T/ u riječi "slušati";

Područje bez govora i zvuka između dvije riječi ("nemoj slušati");

Šum glasa /Š/ u srednjem frekventijskom području na početku riječi "što". Iza njega odmah slijedi okluzija glasa /T/;

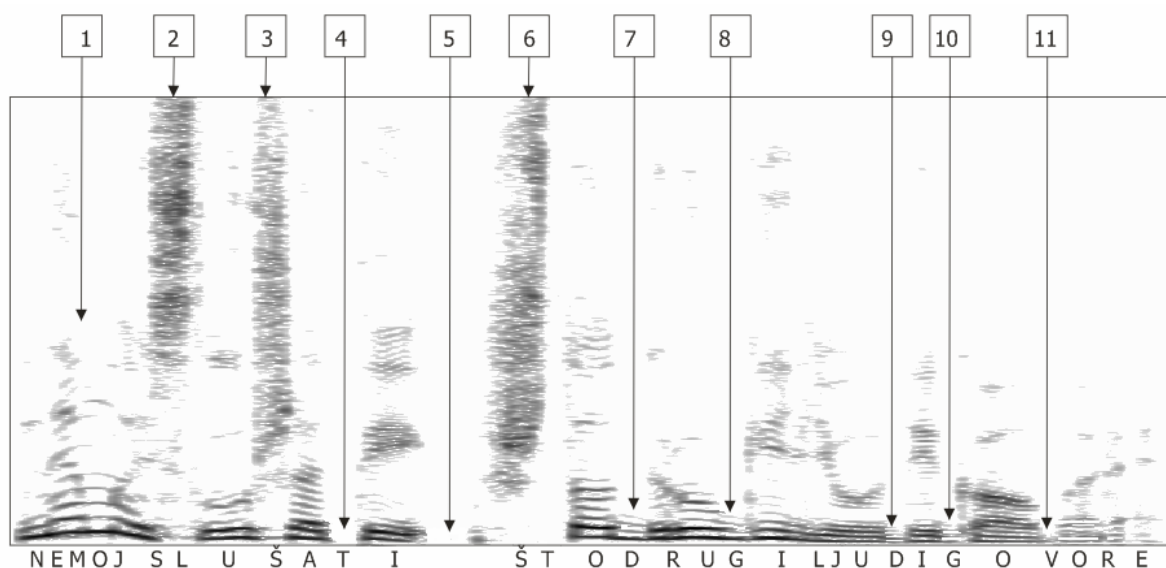
Izgovor glasa /D/ na početku riječi "drugi" nadovezuje se na prethodnu riječ bez pauze. Glas /D/ prepoznavamo po vidljivoj F0 i nekoliko viših harmonika (glasnice kod zvučnih okluziva i afrikata titraju i za vrijeme okluzije – pregrade artikulatora);

Isto se događa i sa zvučnim glasom /G/ u riječi "drugi";

Isto se događa i sa zvučnim glasom /D/ u riječi "ljudi"

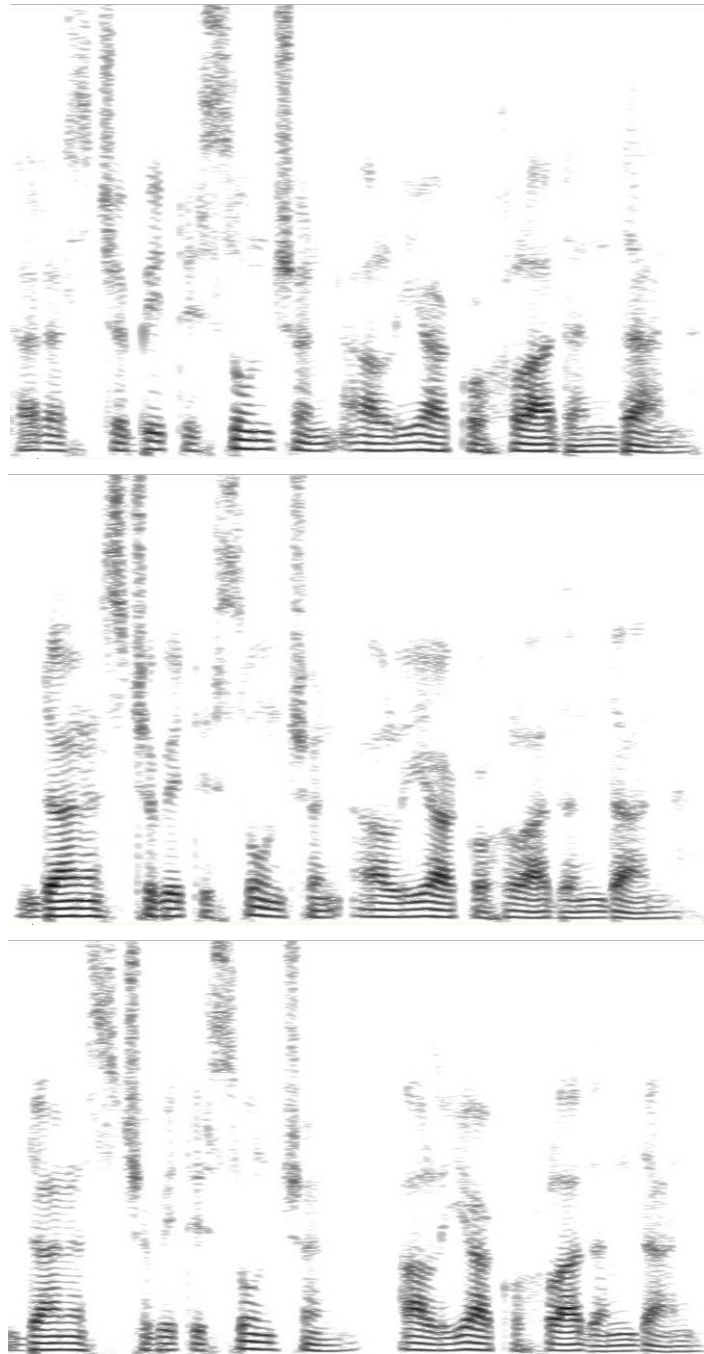
Isto se događa i sa zvučnim glasom /G/ na početku riječi "govore";

Glas /V/ u riječi "govore". Sadrži vrlo malo energije u vidljiv je fundamentalni ton na niskim frekvencijama. Nakon njega slijedi nastavak riječi ("..ore") u kojem energija govora opada jer je kraj rečenice. Često na kraju riječi ili rečenice dolazi i do obezvučavanja zvučnih glasova pa se ponekad nazire samo šum bez vidljivog harmoničnog spektra.



Slika 18. Karakteristični detalji sonograma

Ljudski je govor varijabilan i zato je potrebno veliko iskustvo u akustičkoj analizi govora. Vrlo često kod istog govornika u istim govornim obrascima pronalazimo znatne varijacije u govoru. Osim toga, govor varira i od osobe do osobe. dakle postoje intra-personalne varijacije (ista osoba govori) i inter-personalne varijacije (kada govore različite osobe). Na slici 19. prikazani su spektrogrami na kojim ista osoba uzastopno izgovara istu rečenicu. čak i kada se trudimo na isti način izgovoriti istu sintagmu, vidljive su razlike.

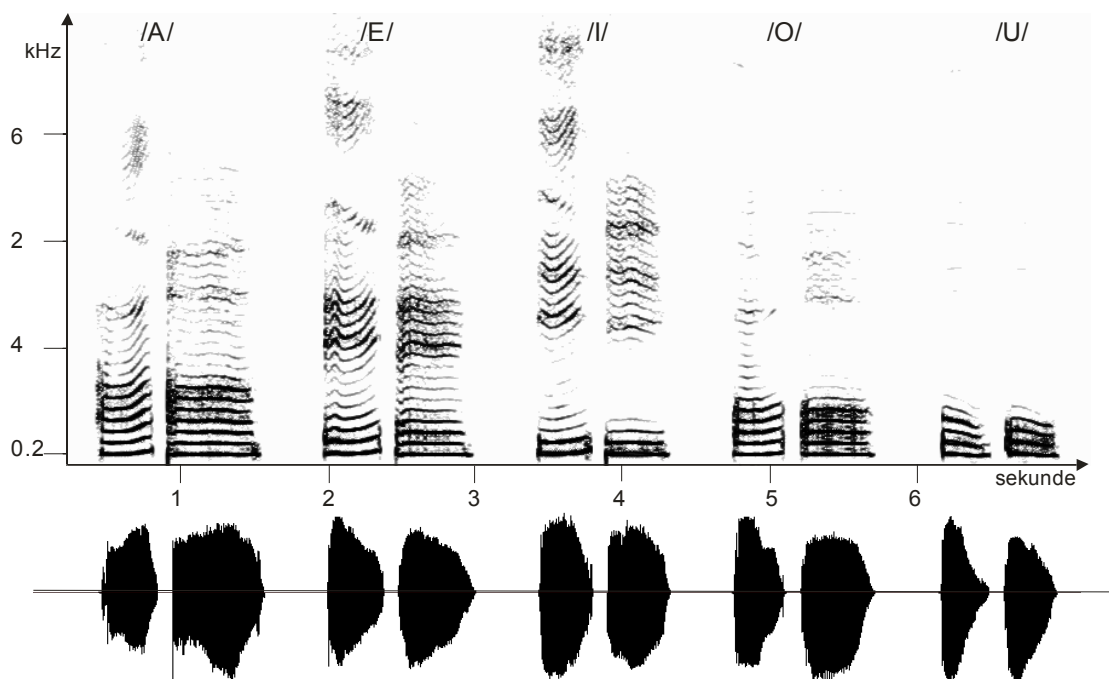


Slika 19. Isti govornik izgovara istu rečenicu tri puta

2. AKUSTIČKE KARAKTERISTIKE GLASA

2.1. HARMONICI

Harmonici se javljaju u svakom složenom harmoničnom zvuku kao cjelobrojni umnošci osnovnog harmonika (fundamentalnog tona) i jasno su vidljivi u svim vokalima kao i u spektru zvuka kojeg proizvodi neki muzički instrument. U ljudskom glasu vidljivo je i do 15 harmonika. Njihova frekvencija je uvijek određena fundamentalnom frekvencijom (npr. ako je osnovni laringealni ton imao 100 Hz, tada će prvi harmonik (H1) imati 200 Hz, drugi H2 - 300 Hz, treći H3 - 400 Hz itd. Pojačane intenzitetske vrijednosti grupiranih harmonika predstavljaju formante a njih možemo najsigurnije očitati pomoću LPC analize.



Slika 20. Dva muška govornika izgovaraju vokale

2.2. PERTURBACIJE GLASA

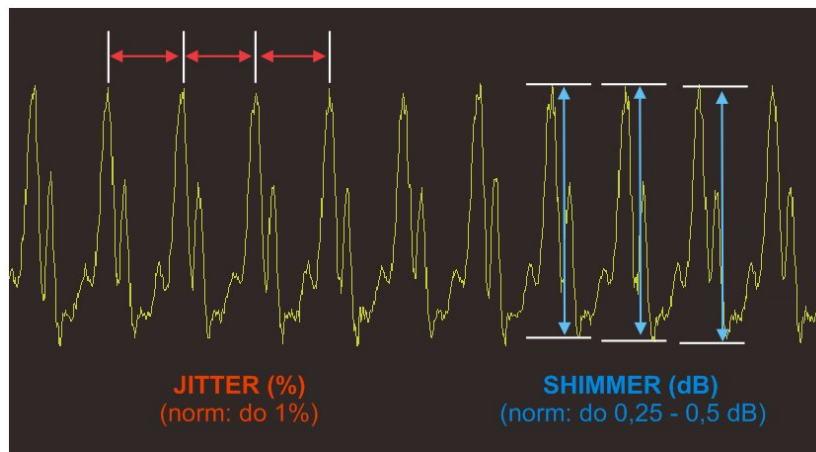
2.2.1. JITTER I SHIMMER

Neka istraživanja u vremenskoj analizi ukazuju da se kod nekih govornih poremećaja javljaju promjene koje se uočavaju prilikom analize valnih oblika titranja glasnica. Mikro

varijacije (perturbacije) glasa nije moguće zamijetiti slušanjem već se uočavaju akustičkom analizom oscilograma fonacije vokala.

Jitter je termin koji se odnosi na mikro nepravilnosti u brzini vibracija glasnica, odnosno varijacije frekvencije osnovnog laringealnog tona. Jitter se može izražavati u različitim mjernim jedinicama i na više načina a najčešće se izražava kao prosječno odstupanje u brzini titranja glasnica u postocima. Normalne vrijednosti jittera dopuštaju odstupanje do 1% (npr. ako je $F_0 = 100$ Hz, jitter će iznositi oko 1 Hz). Povišeni jitter manifestirat će se kao glas lošije kvalitete a manja vrijednost jittera daje kvalitetniji glas kojemu je intonacija čišća.

Shimmer se odnosi na intenzitetsku nepravilnost, odnosno fluktuaciju amplitude zvučnog signala. Shimmer je brzo kolebanje amplituda i najčešće se izražava u decibelima. Normalna vrijednost shimmera dopušta kolebanja do 0.35 dB a povišene vrijednosti u govornom glasu percipiramo kao promuklost.



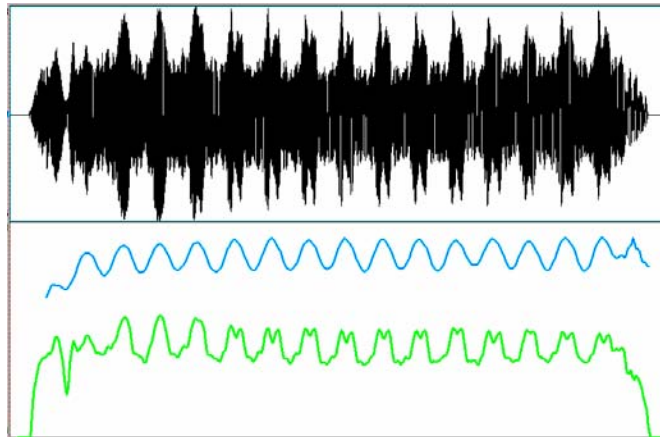
Slika 21. Prikaz jittera i shimmera na oscilogramu

2.2.2. VIBRATO I TREMOR

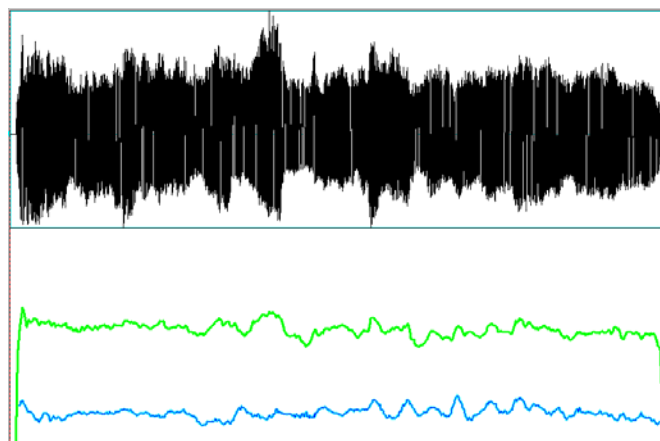
Vibrato je specifično podrhtavanje glasa, odnosno prisutnost malih promjena intenziteta i frekvencije osnovnog laringealnog tona. Frekvencijske i intenzitetske modulacije moraju biti pravilne. Frekvencijske modulacije u prosjeku iznose 4 do 6 Hz, a intenzitetske oko 9 dB. U pjevanju je vibrato poželjna osobina glasa.

Tremor bismo mogli opisati kao "loš" vibrato koji doživljavamo kao nepoželjno i nepravilno podrhtavanje glasa. U tremoru se također javljaju frekvencijske modulacije u opsegu 4 – 6 Hz ali su one nestabilne kao i varijacije intenziteta. Tremor može ukazivati na neurološku etiologiju (npr. kod Parkinsonove bolesti, cerebralne paralize i sl.) ili na stres

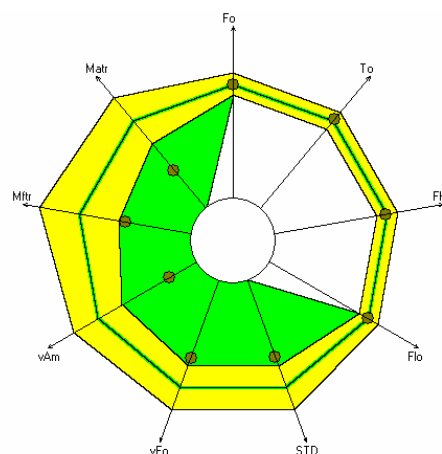
(podrhtavanje glasa pod utjecajem anksioznosti straha i sl. Grafički prikaz rezultata mjerenja tremora u glasu pomoću programa Motor Speech Profile (Kaypentax) prikazan je na slici 24 a isti parametri prikazani su tabelarno na slici 25.



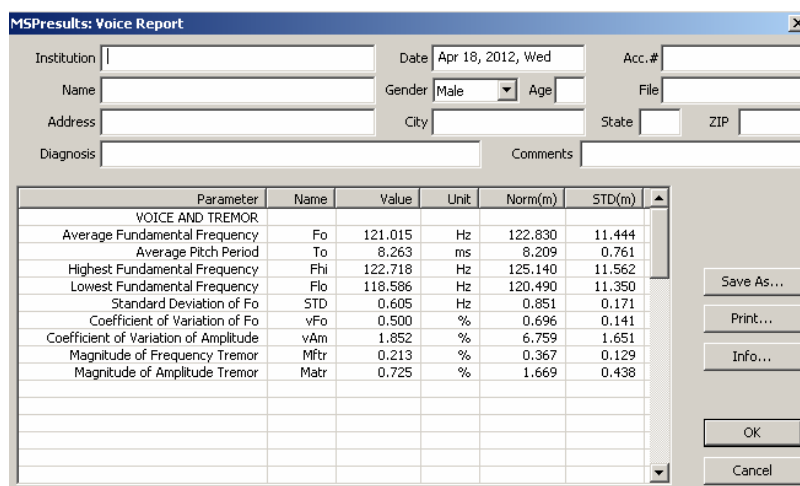
Slika 22. Vibrato u pjevanju (program Pratt)



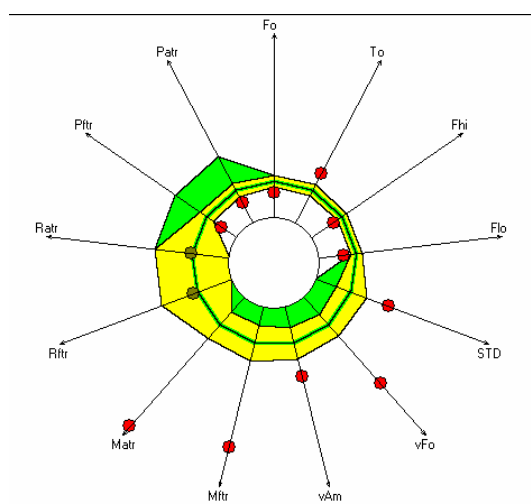
Slika 23. Tremor u glasu (amplituda – zelena, F0 – plava linija), (program Pratt)



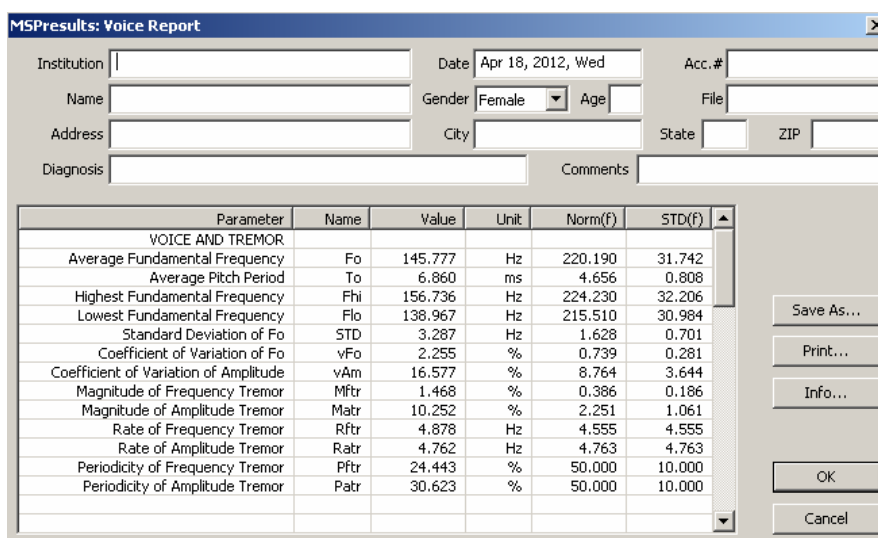
Slika 24. Grafički prikaz rezultata mjerenja tremora u glasu (normalan glas)



Slika 25. Tabelarni prikaz parametara ispitivanja glasa i tremora (normalan glas)



Slika 26. Grafički prikaz rezultata mjerenja tremora u glasu (patološki glas)

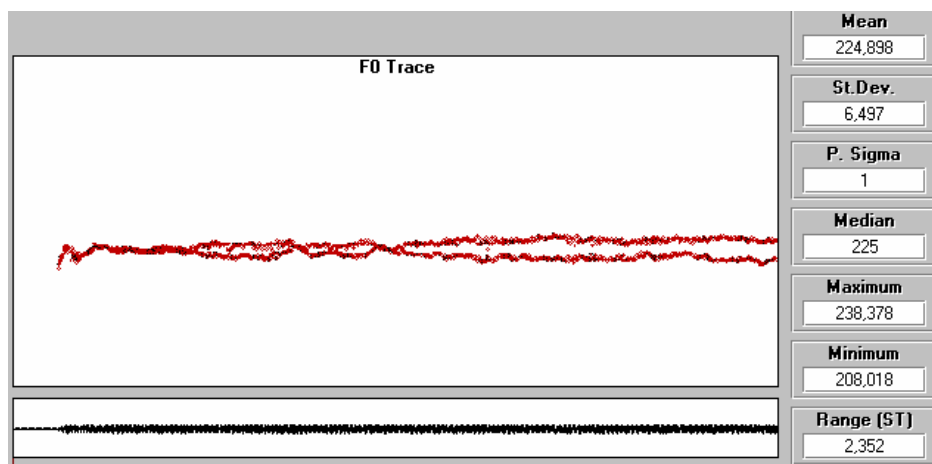


Slika 27. Tabelarni prikaz parametara ispitivanja glasa i tremora (patološki glas)

2.3. DIPLOFONIJA

Termin diplofonija označava "dvoglasje" – dvostruki glas. Diplofoničan glas se sastoji od dva glasa različitih frekvencija koji se javljaju istovremeno. Ponekad se diplofoničan glas može producirati tako da jedna glasnica titra jednom a druga glasnica drugačijom frekvencijom. Kao primjer, diplofonija se može javiti kod unilateralnog polipa glasnice. Zdrava glasnica vibrirat će normalnom frekvencijom, dok glasnica sa polipom vibrira mnogo sporije i proizvodi nižu frekvenciju. Uzroci diplofonije mogu biti različiti kao npr.: laringealna opna (diaphragma laryngis), paraliza glasnica, simultane vibracije ventrikularnih nabora i pravih glasnica i sl. Kongenitalna laringealna opna ili diaphragma laryngis je fibrozna ili membranozna opna koja u različitom stupnju zatvara rimu glotisa. Diplofoniju je moguće proizvesti i s normalnim glasnicama.

Tretman diplofonije ima za cilj otklanjanje uzroka drugog glasa. Ponekad se kirurškim zahvatom (npr. odstranjenjem polipa ili laringealne dijafragme) eliminira i diplofonija. Češće se diplofonija otklanja glasovnom terapijom što se postiže redukcijom hiperfunkcije ili laringealne tenzije zbog koje nastaje drugi ton.

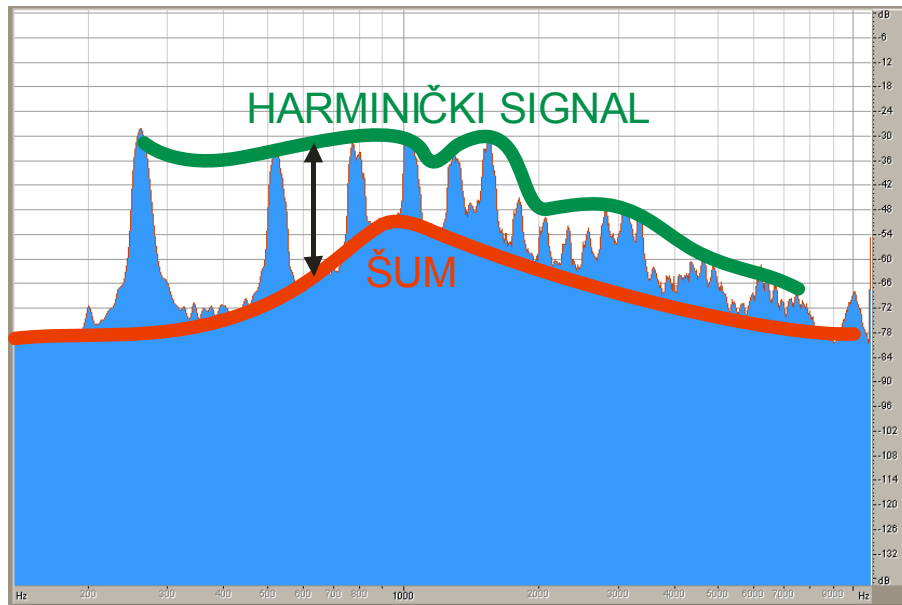


Slika 28. Diplofonija u glasu (program EZVOICE)

2.4. ODNOS SIGNAL – ŠUM

U fonaciji se često mjeri parametar koji pokazuje kolika je razlika između prosječne vrijednosti harmonijskog dijela spektra i razine šuma (NHR – noise harmonic ratio ili HNR – harmonics to noise ratio). Uobičajeno se izražava kao vrijednost (razlika) izražena u decibelima. Što je razlika veća, glas je kvalitetniji i čišći. Smatra se da razlika u normalnom

glasu mora iznositi najmanje 10 do 12 dB. Vrijednost ispod 10 dB ukazuje da u glaslu ima puno šuma što može ukazivati na poremećaj glasa odnosno patologiju.



Slika 29. Omjer (odnos) signal/šum (NHR)

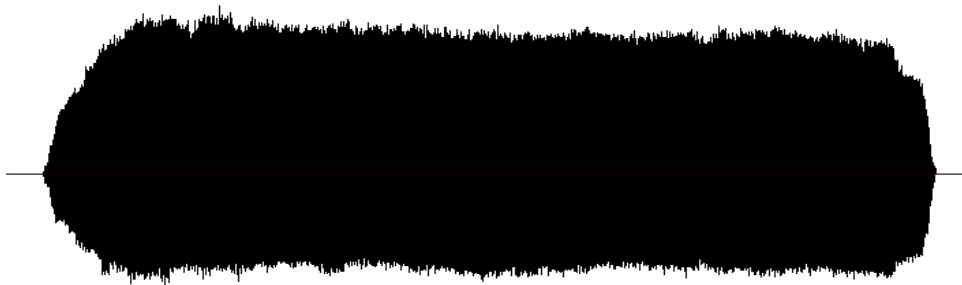
2.5. UDAR ILI ATAKA GLASA

Jedna od osnovnih karakteristike glasa je i početak fonacije ili ataka (udar) glasa a ovisi o načinu započinjanja glasanja. Način početka fonacije ovisi o uzajamnom djelovanjm ekspiratornog zraka, subglotaličkog tlaka i napetosti mišića larinksa. Akustički se razlikuju meka, tvrda i šuštava ataka.

Meka ataka nastaje kada se glasnice nježno sljubljuju u medijalnoj liniji Takav je početak fonacije optimalan i za pjevni i za govorni glas.

Šuštava ataka nastaje ako se glasnice nedovoljno sljubljuju zbog čega prije i tijekom emisije glasa određena količina zračne struje prolazi kroz glotis. To se manifestira kao čujan šum prije i tijekom fonacije i može biti posljedica vokalne disfunkcije. Previše lagana, šaputava ili šuštava glotalna ataka može se čuti kod pacijenata sa unilateralnom paralizom glasnica ili u nekih pacijenata zbog starenja glasa. Kod kroničnog umora glasa (fonoastenia) također se često može javiti šuman početak fonacije. Često je prisutna kod vokalnih profesionalaca koji nesvjesno koriste ovakav način fonacije kako bi štedjeti glasnice (takav glas koriste osobe koje osjećaju umor glasnica ili to jednostavno koriste da bi izbjegli pojavu umora). Drugi mogući razlog je eventualno prisutnost čvorića (nodula) na glasnicama koji onemogućavaju potpunu addukciju glasnica.

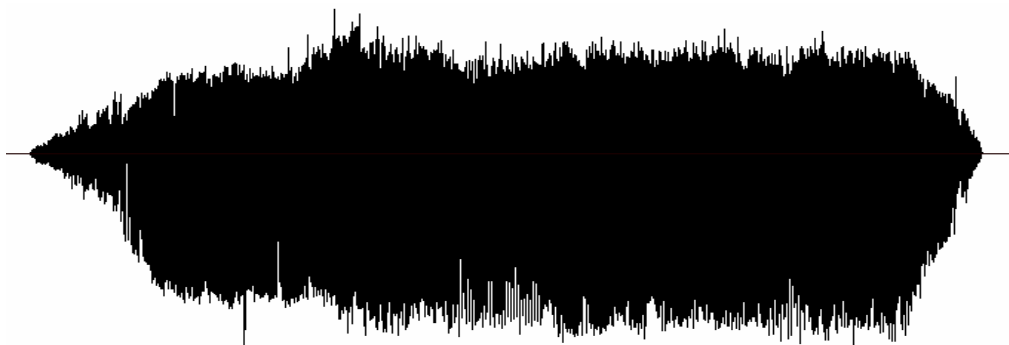
Tvrda ataka nastaje kada se glasnice u prefonacijskoj fazi naglo primaknu srednjoj liniji i čvrsto zatvore glotis. Da bi došlo do fonacije naglo se povećava subglotički tlak koji u jednom trenutku dovodi do eksplozivnog razmicanja glasnica i čujnog prolaska glasa kroz glotis. Ta se eksplozija zraka naziva "glotalni šok" i može uzrokovati mehanička oštećenja glasnica. Tvrda ataka česta je među osobama koje puno govore ne štedeći glas i nedovoljno brinu o vokalnoj higijeni (npr. nastavnici, odgajatelji, sportski treneri...). Govor sa tvrdim početkom opterećujuće glasnice a kontinuirana "staccato" fonacija može uzrokovati edem i crvenilo glasnica koji kasnije mogu stvoriti čvoriće (nodule), kontaktni ulkus ili granulom glasnica.



Slika 30. Normalna meka fonacija



Slika 31. Tvrda glotalna ataka glasa



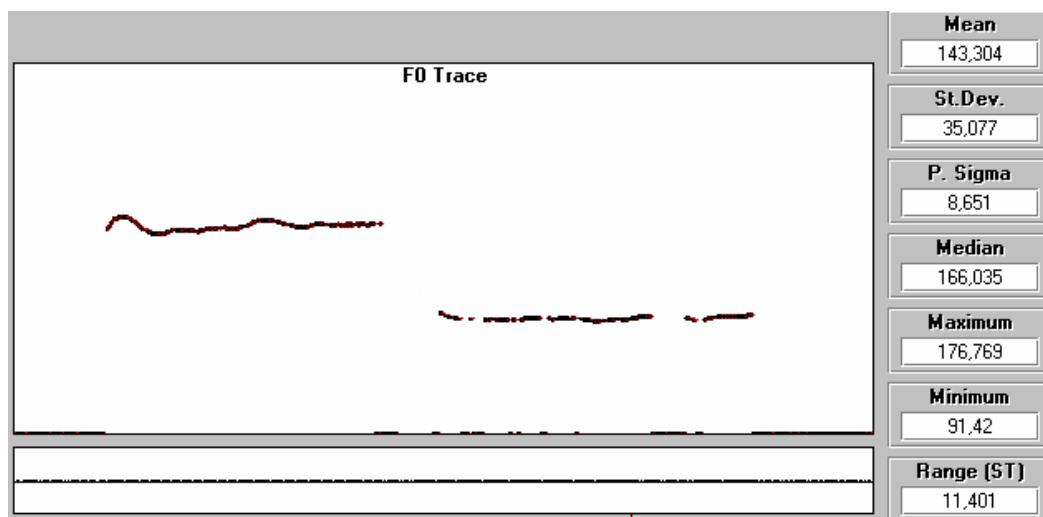
Slika 32. Šuškvava ataka glasa

2.6. PREKIDI VISINE GLASA

Prekidi visine glasa mogu se javiti iz najčešće dva razloga. Jedan je maturacijski koji se zapaža tijekom puberteta kod dječaka zbog rasta i povećanja larinksa a drugi je posljedica prolongirane vokalne hiperfunkcije (nastaje često kada se govori na neadekvatnoj, uglavnom preniskoj visini glasa).

Kod dječaka tijekom puberteta javljaju se promjene u veličini glasnica i drugih laringealnih struktura što dovodi do snižavanja fundamentalne frekvencije za oko jednu oktavu (kod djevojčica je to znatno manje izraženo, za dva ili tri polutona).

Prekidi u visini glasa mogu biti rezultat sveukupnog vokalnog zamora - fonastenije. Osobe koje intenzivno koriste svoj glas kao npr. glumci nakon dugotrajnih (više satnih) proba ili nastupa, mogu imati prekide u visini glasa. Takva kontinuirana vokalna hiperfunkcija s pojačanim naporom može dovesti i do prekida u fonaciji ili prekida visine glasa. Prekidi su obično upozorenje da je vokalni mehanizam previše u uporabi ili je na neadekvatnoj visini glasa tijekom dužeg perioda. Za takve prekide se kaže da je to vokalno šepanje (isto kao i kada neko šepa hodajući sa povrijeđenom nogom). Poštedom umornog glasa od par dana i primjenom lagane fonacije, prekidi fonacije i visine glasa obično će nestati.

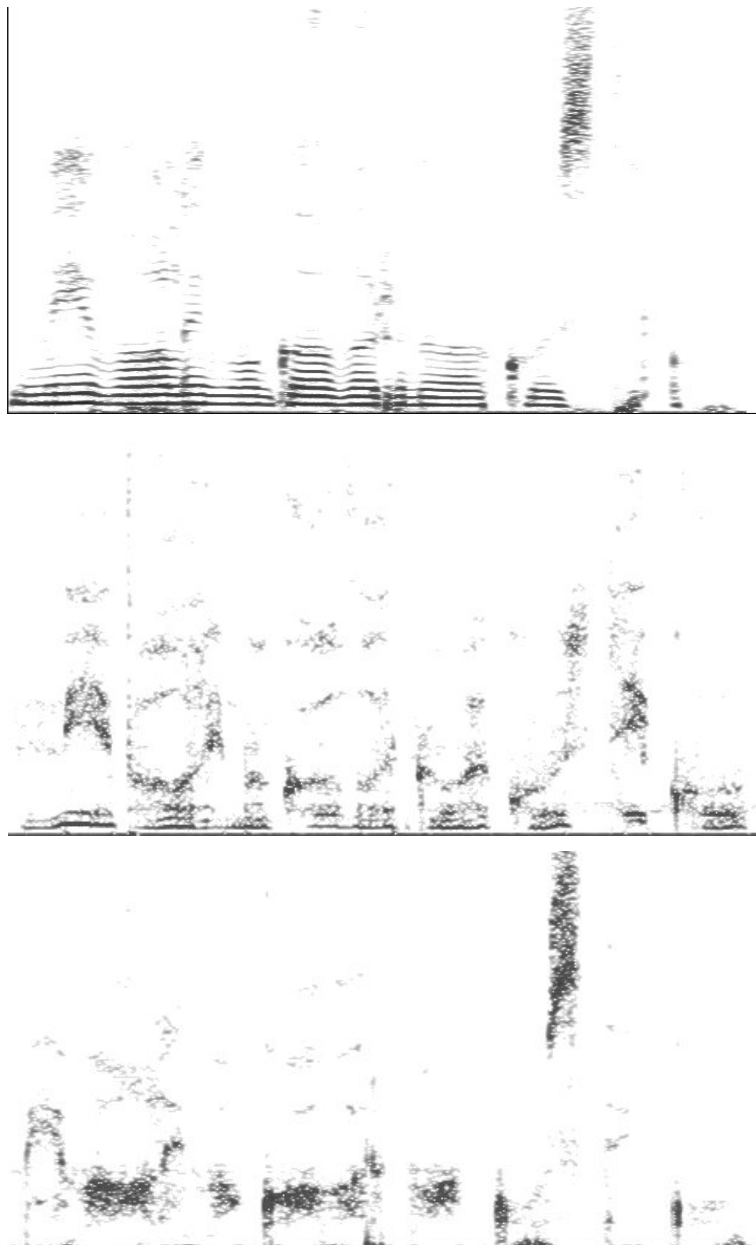


Slika 33. prekidi visine glasa.

2.7. ZVUČNOST – BEZVUČNOST

U slijedećem primjeru (slika 34), gornji prikaz, rečenica "Mi volimo govornu akustiku" izgovorena je normalno (glasnice normalno rade, vidljivo je puno harmonika zbog efekta rezonancije u usnoj šupljini). U srednjem prikazu iste je rečenica izgovorena tijekom

inspirija (udaha). Tu je također vidljiv trag fundamentalne frekvencije i samo jednog do dva harmonika. Ostalih viših harmonika nema jer nema rezonancije zbog toga što se zvuk širi prema plućima (intenzitet zvuka je slabiji i nema rezonancije u usnoj šupljini). U donjem prikazu rečenica je izgovorena šapatom pa glasnice ne rade. Nema harmonika i vidljivi su samo šumovi.



Slika 34. Spektrogram (zvučno – bezvučno).

3. AKUSTIČKE KARAKTERISTIKE GOVORA (VOKALNI TRAKT)

3.1. AKUSTIKA VOKALNOG TRAKTA

Osim udjela respiracije i fonacije, konačni akustički oblik govornoga signala značajno ovisi i o konfiguraciji cjelokupnoga vokalnog trakta. Temeljni je problem akustičke teorije o govornoj produkciji kako razlučiti govorni signal od elemenata koji su rezultat vokalnog trakta, i suprotno, kako predvidjeti utjecaj rezonatora vokalnog trakta na određeni govorni signal (Fant, 1980).

Nekoliko autora primijenilo je metodologiju faktorske analize u proučavanju artikulacijsko-akustičkih odnosa vokalskog trakta. Opći zaključak ovih studija pokazuje da se izgovor vokala može definirati s dva lingvalna (jezična) faktora, labijalnim faktorom i eventualno maksilo-mandibularnim faktorom.

Značajan doprinos akustičkoj teoriji realizacije (izgovora) konsonanata dali su Fujimura (1962), radom o nazalnim glasovima i Stevens (1971), koji je obradio frikative i okluzive. Stevens je zaključio da intenzitet zvučnog signala kod frikativa primarno ovisi o tlaku zraka u samom tjesnacu i vrlo malo o veličini i presjeku tjesnaca. To znači da u uobičajenim uvjetima artikulacije, kod relativno stabilnoga subglotičkog tlaka, intenzitet frikcijskog šuma nije značajno ovisan o veličini frikcijskog tjesnaca. Ovaj nalaz govori u prilog pristalicama tzv. kvantne teorije (quantal theory).

Kvantna teorija artikulacije (Stevens, 1989) zasniva se na Fantovoj akustičkoj teoriji govorne realizacije, a polazi od teze da između vokalnog trakta i akustičkog signala postoji nelinearna povezanost. To potvrđuje činjenicom da u određenim područjima vokalnoga trakta vrlo mali pokreti artikulatora mogu proizvesti velike promjene na akustičkom planu. Potpora ovoj teoriji može se naći i u radu Wood-a (1979) koji je utvrdio da i najmanje promjene dimenzija jezika imaju veliki utjecaj na akustičku sliku vokala. Wood je locirao četiri različita mjesta gdje jezik prilikom izgovora vokala stvara suženi prolaz: duž tvrdoga nepca, duž mekoga nepca, u gornjem i u donjem dijelu farinksa.

Ipak, treba naglasiti da zaključci ovih istraživanja ne mogu dati jednoznačne rezultate i zakonitosti, a daljnja će istraživanja anatomije i fiziologije upotpuniti dosadašnje modele vokalnog trakta. Isto tako treba i dalje nastaviti akustičku analizu govornog signala.

3.2. REZONANCIJA

Rezonancija je osobina krutih tijela i šupljina ispunjenih zrakom koje pod utjecajem zvuka (npr. čistog tona) iz okoline počinju same titrati. Kao rezultat rezonancije u takvom tijelu koje titra (rezonatoru), javit će se frekvencije koje su harmonici izvornoga tona koji je izazvao rezonanciju. Broj i intenzitet pojedinih harmonika ovisit će o frekvenciji izvornoga tona, veličini (volumenu) i obliku rezonatora, kao i o fizikalnim svojstvima materijala od kojega je rezonator sačinjen. Pojava rezonancije koristi se kod većine glazbala, pa se pomoću određenih karakteristika rezonatora dobiva i željena boja zvuka nekog instrumenta. Na isti način šupljine iznad larinksa (spomenimo samo tri veća rezonatora: faringealni, oralni i nazalni rezonator) sudjeluju u stvaranju govornih zvukova. Ovdje se iz laringealnog glasa, pomoću rezonatorskih šupljina, oblikuju vokali.

Glas proizveden u grkljanu širi se kroz rezonantne šupljine (laringealnu, ždrijelnu, nosnu i usnu). Zbog efekta rezonancije govorni zvuk u vokalnom traktu poprima svoju konačnu boju i akustički oblik. Rezonantne karakteristike vokalnog trakta ovise o mnogim faktorima a najviše o njegovoj dužini, presjeku i obliku. Zbog efekta rezonancije zvuk se filtrira u vokalnom traktu te će se zbog toga određeni dijelovi spektra pojačavati (formanti) dok će drugi biti prigušeni.

Oblik i veličina ždrijelnog rezonatora zavise od položaja jezika, aktivnosti konstriktora ždrijela, položaja, pokreta i zategnutosti zidova farinksa. Ako je jezik povučen unazad, šupljina ždrijela će se znatno smanjiti i obratno. Za vrijeme normalnog disanja velum je spušten i tada su nazalna i oralna šupljina spojene. Kod svih oralnih glasova velum se podiže i zatvara nazalni prolaz a kod izgovora nazalnih glasova (m, n, nj) velum je spušten pa zračna struja prolazi kroz nosnu šupljinu. Nosna šupljina može utjecati na poremećaj rezonancije (hiper ili hipo nazalnost). Nazalna šupljina sudjeluje u izgovoru nazala /M, N, NJ/ a kod odraslog muškarca duga je oko 12,cm (od uvule do izlaza iz nosa. Nazalnost kao poremećaj može ukazati na određena anatomske ili neurološke teškoće. Prvi formant nazalne šupljine nalazi se oko 250 – 300 Hz (Kent i Read, 1992) a može se pomaknuti i do 500 Hz.

Usna šupljina je najveća pa se u njoj odvijaju i najveće promjene oblika, položaja i veličine rezonatora. Ovo se postiže zahvaljujući strukturi, obliku i pokretljivosti pojedinih govornih organa. Pomični artikulatori: donja vilica, mišići lica, usne, jezik, meko nepce i ždrijelne stijenke mijenjanjem svog položaja prema nepomičnim artikulatorima (gornjoj čeljusti, tvrdom nepcu i zubima) mijenjaju oblik i volumen usne šupljine, stvarajući pregrade ili sužene prolaze te usmjeravaju zrak kroz usnu ili nosnu šupljinu.

Suvremena znanost o govoru pokušava objasniti govorni zvuk kao seriju akustičkih signala koji su podložni filtriranju rezonantnih šupljina (svaka pojava rezonancije ili antirezonancije djeluje na zvučni signal kao akustički filter). Ovo je tumačenje poznato kao "Linear source-filter theory", a prema toj teoriji može se objasniti i akustička modifikacija laringealnoga zvuka, gdje se jednostavni spektar laringealnoga osnovnog tona, uslijed prijenosne funkcije vokalnog trakta, modificira u spektralni oblik složenog harmoničkog zvuka. Ovu teoriju najbolje je razradio Fant 1960. godine u svojoj knjizi "Acoustic Theory of Speech Production" (prema: Lindblom i Sundberg, 1971).

Upravo su se samoglasnici, zbog svojih akustičkih obilježja, pokazali kao najprimjereniji za ovakva istraživanja, u kojima se pokušavao definirati i suziti broj relevantnih akustičkih parametara. Iz akustike je poznato da se vokalni trakt može usporediti s akustičkom tubom čija će akustička impedancija biti jednaka omjeru dužine tube i veličini njenog presjeka. Stevens i House (1955) su za samoglasnike razvili tro-parametarski model vokalskog trakta. Ovaj model zasnovan je na: a) mjestu sužavanja, b) veličini suženog prolaza i c) odnosu otvora usta i dužine vokalnog trakta (akustička impedancija). U skladu s tim, autori su definirali prva tri formanta. Prvi je formant frekvencijski visok ako postoji uski jezični tjesnac iznad glotisa i veliki ne-okrugli otvor usta. Formant je nizak ako je usni otvor mali i okrugao ili ako postoji uski jezični tjesnac u blizini usta. Drugi formant u pravilu postaje frekvencijski viši što se mjesto suženja pomiče više od glotisa prema ustima i što se više povećava odnos dužine i presjeka (akustička impedancija) otvora. Povišenje frekvencije drugoga formanta je izrazitije što je jezični tjesnac uži. Treći se formant malo povisuje kad se tjesnac više pomiče od glotisa prema naprijed i kad se više povećava otvorenost usta i zaokruženost presjeka.

3.2.1. FORMANTI

Formanti su intenzitetski naglašeni dijelovi spektra koji su rezultat rezonancije u rezonantnim šupljinama i ne ovise o promjenama visine osnovnog tona ili harmonika. Kod zvučnih glasova formante ne možemo direktno uočiti zbog prisutnosti harmonika (eksperimentalno to bismo mogli vidjeti u spektru šapata (kada glasnice ne titraju). Kod bezvučnih konsonanata formante možemo uočiti direktno u spektru iako oni i ne predstavljaju u pravom smislu formante jer ne nastaju uvijek kao rezultat rezonancije. Npr. prednji glasovi /S/ ili /C/ ne stvaraju rezonanciju jer se proizvode na samom izlazu iz usne šupljine. Stoga se formanti u govoru uglavnom promatraju u izgovoru samoglasnika.

Struktura formanata je za pojedine glasove uvijek je približno ista ali se razlikuje između muškaraca i žena jer su i njihove rezonantne šupljine različite veličine. Kod muškaraca je vokalni trakt duži (veći volumen) pa su formanti frekvencijski niži nego kod žena. Kod zvučnih glasova formante ne možemo direktno u spektru uočiti zbog prisutnosti harmonika (eksperimentalno to bismo mogli vidjeti u spektru šapata, kada glasnice ne titraju). Formante najčešće uočavamo tako da iz FFT (Fast Fourier Transform) spektra napravimo LPC (Linear Predictive Coding) spektar. Drugi je način da se u trodimenzionalnoj analizi (spektrogramu ili sonogramu) primjenjuje tzv. široko filtriranje (bolje se uočavaju formanti) ili usko filtriranje (bolje se vide harmonici).

Treba napomenu da primjer i objašnjenja formanta u vokalnom traktu predstavljaju pojednostavljen princip rezonancije u akustičkoj tubi. Više faktora utječe na karakteristike formanta:

- Izvor zvuka (Acoustic Source) je glas a vokalni trakt predstavlja akustički filter.
- Karakteristika formanta određena je dužinom i oblikom vokalnog trakta.
- Frekvencija prvog formanta ponajviše ovisi o podignutosti jezika tijekom izgovora i suženosti prolaza.
- Frekvencija drugog formanta ponajviše ovisi o položaju vrha jezika i suženosti prolaza.

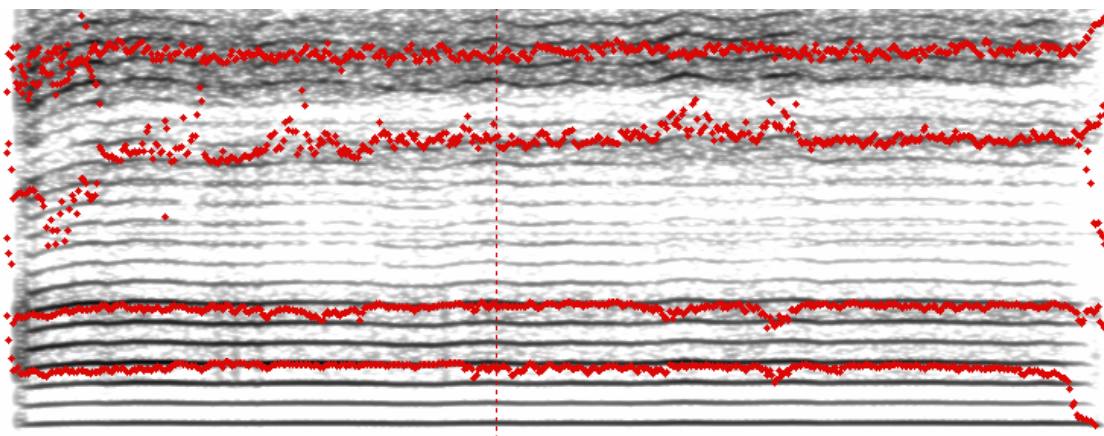
Na slijedećim slikama prikazana je formantska analiza istoga glasa pomoću programa Pratt i Speech Analyzer (SA).

PRATT (vrijednosti formanata)

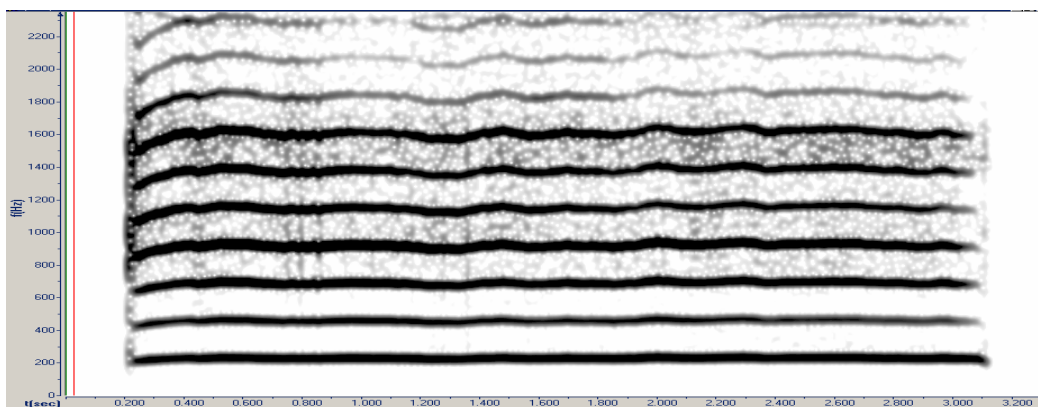
F1 850 Hz

F2 1556 Hz

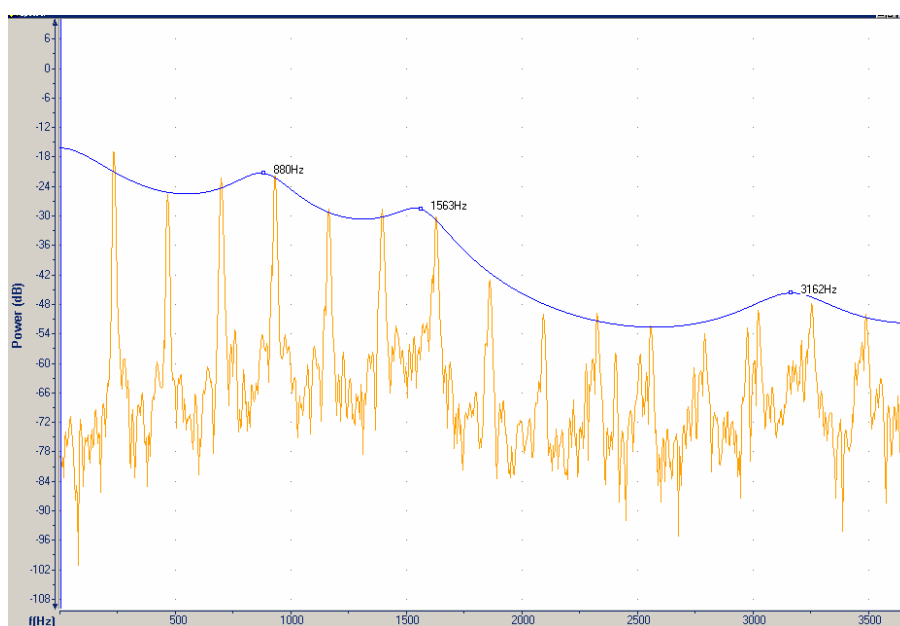
F3 3504 Hz



Slika 35. Prva četiri formanta u programu Pratt.



Slika 36. Isti uzorak u programu Speech Analyzer.

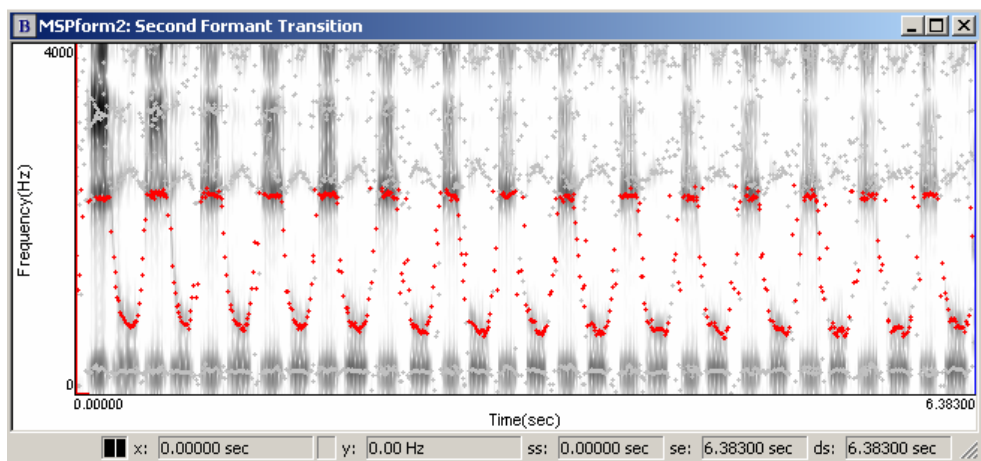


Slika 37. Spektar s prva tri formantska vrha (program Speech Analyzer).

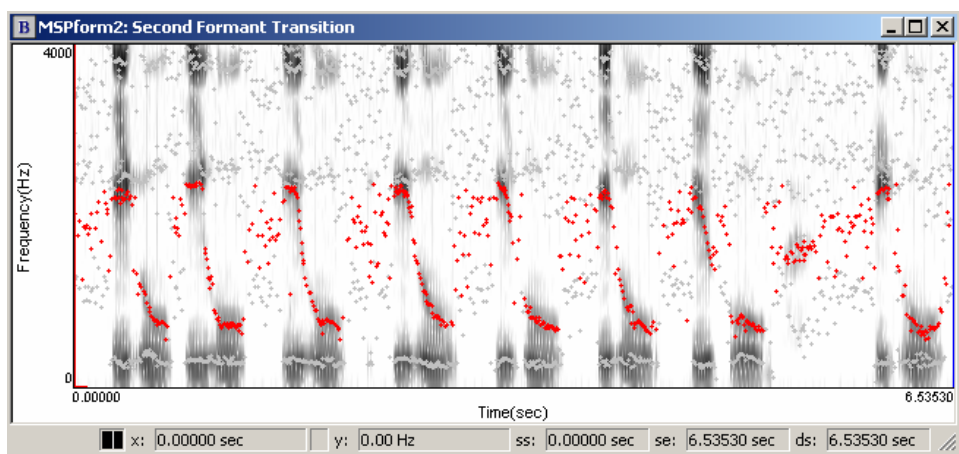
Vokalni trakt možemo zamisliti kao cijev ("akustička tuba") koja je otvorena (usta) na jednom a zatvorena na drugom kraju (glotis). U vokalnom traktu nalazi se stupac zraka na kojem se stvaraju longitudinalni valovi. Na mjestu svakog trbuha stvarat će se pojačana rezonancija a na mjestu čvorova prigušenje. Pojačana rezonancija formirat će govorne formante. Na slici su prikazani primjeri kako se u tubi (ili vokalnom traktu) s otvorenim jednim krajem formiraju čvorovi i trbusi.

Rezonancija vokalnog trakta definirana je neparnim brojem četvrtina valne duljine vokalnog trakta. Kod ovakve otvorene tube najjaču rezonanciju će imati sinusoidni zvučni val kojemu je valna duljina jednaka četverostrukoj dužini vokalnog trakta.

Tranzicija drugog formanta ispituje se naizmjeničnim izgovorom glasova I-U-I-U.....



Slika 38. Tranzicija drugog formanta (normalan muški glas).



Slika 39. Tranzicija drugog formanta (patološki muški glas).

3.2.1. 1. NAČIN IZRAČUNAVANJA FORMANATA

Vokalni trakt može se pojednostavljeno prikazati kao model akustičke tube (cijev koja može na svojim krajevima biti otvorena i/ili zatvorena. Vokalni trakt predstavlja tubu kojoj je jedan kraj zatvoren (glasnice) a drugi kraj otvoren (usta).

Osnovna formule za izračunavanje (jedan kraj zatvoren a drugi otvoren):

$$F_n = \frac{(2n-1)c}{4L}$$

F_n - rezonantna frekvencija n-tog formanta (Hz)

n - cijeli broj (broj koji označava prvi, drugi, treći forant)

c - brzina zvuka (izražena u metrima/sekundi): oko 340 m/s

L - dužina vokalnog trakta (izražena u metrima); kod muškarca je oko 17 cm .

Napomena: brzina zvuka i dužina vokalnog trakta moraju biti u istom mjernom sustavu; obje vrijednosti treba iskazati ili u centimetrima ili u metrima (rezultat će biti identičan). Npr. ako se uzme prosječna brzina zvuka od 340 metara u sekundi, a prosječna dužina muškog vokalnog trakta 17 cm, onda trakt treba pretvoriti u metre (0.17 m). Dakle, u formulu će se uvrstiti (metri):

$$c = 340 // L = 0,17$$

ili (centimetri):

$$c = 34000 // L = 17$$

Iz prethodne formule pojednostavljeno formula za prvi formant glasi:

$$F_1 = \frac{(2 \times 1 - 1)xc}{4 \times L} \gg F_1 = \frac{1c}{4L}$$

za drugi formant:

$$F_2 = \frac{(2 \times 2 - 1)xc}{4 \times L} \gg F_2 = \frac{3c}{4L}$$

za treći formant:

$$F_3 = \frac{(2 \times 3 - 1)xc}{4 \times L} \gg F_3 = \frac{5c}{4L}$$

Primjer računanja formanta (jedinice u metrima, brzina zvuka = 340 m/s; dužina vok. trakta = 17 cm).

$$F_1 = \frac{1c}{4L} = \frac{340}{4 \times 0.17} = \frac{340}{0.68} = 500 \text{ Hz}$$

$$F_2 = \frac{3c}{4L} = \frac{3 \times 340}{4 \times 0.17} = \frac{1020}{0.68} = 1500 \text{ Hz}$$

$$F_3 = \frac{5c}{4L} = \frac{5 \times 340}{4 \times 0.17} = \frac{1700}{0.68} = 2500 \text{ Hz}$$

Pojednostavljeni način izračunavanja viših formanta; Viši formanti predstavljaju umnoške prvog formanta s cijelim neparnim brojevima.

korak 1: pretvoriti dužinu vokalnog trakta iz centimetara u metre:-

$$17 \text{ cm} \div 100 = 0.17 \text{ m}$$

korak 2: izračunati F_1

$$F_1 = c/4L = 340 \text{ m/s} \div (4 \times 0.17 \text{ m}) = 500 \text{ Hz}$$

korak 3: izračunati F_2 i F_3

$$F_2 = F_1 \times 3 = 500 \times 3 = 1500 \text{ Hz}$$

$$F_3 = F_1 \times 5 = 500 \times 5 = 2500 \text{ Hz}$$

$$F_4 = F_1 \times 7 = 500 \times 7 = 3500 \text{ Hz}$$

Osnovna formule za izračunavanje (ako su oba kraj zatvorena ili otvorena):

$$F_n = \frac{nc}{2L}$$

F_n - rezonantna frekvencija n-tog formanta (Hz)

n - cijeli broj (broj koji označava prvi, drugi, treći forant)

c - brzina zvuka (izražena u metrima/sekundi): oko 340 m/s

L - dužina akustičke tube

4. DIGITALNO SIGNALNO PROCESIRANJE U LOGOPEDIJI

4.1. UVOD

Prije više od 20 godina autor ove ideje i metode napravio je prve korake u području primjene novih tehnologija u logopedskoj rehabilitaciji¹⁾. Tadašnja rješenja bila su kreativna i dobro zamišljena, a to potvrđuje i podatak da su prototipovi tih uređaja bili nagrađeni kao tehnička unapređenja na izložbi izuma i tehničkih unapređenja koja se svake godine održava u sklopu Zagrebačkog velesajma (INOVA)²⁾. Međutim, put od ideje do konkretne realizacije često traje dugo jer je ideju ponekad, zbog materijalnih, tehničkih i financijskih mogućnosti, teško provesti u djelo. Osim toga, ideje ponekad mogu biti ispred trenutno razvijene tehnologije, pa treba čekati da razvoj tehnologije omogući realizaciju ideje. Unatrag otprilike 10 godina započela je era Interneta u Hrvatskoj koji je otvorio neograničene mogućnosti pretraživanja informacija iz cijelog svijeta. Utrošeno je mnogo vremena na pretraživanje i u jesen 1997. godine pronađena je aparatura pomoću koje se napokon mogla ostvariti ranije zamišljena ideja. Proizvođač je njemačka tvrtka "Behringer". Vlasnik tvrtke je Uli Behringer, koji je još kao student tehnike i muzičke škole pokazivao poseban interes za dobrim zvukom i naprednim tehnologijama, pa je dobio nadimak "Behringer the Ear" (Behringer – uho). Danas je gospodin Uli Behringer vlasnik tvrtke koja ima oko 1000 zaposlenih u 20 zemalja širom svijeta, a zaštitni znak tvrtke je "uho". Tvrtka je poznata po vrhunskoj profesionalnoj opremi koja se koristi u tonskim studijima i koncertnim dvoranama, a ova aplikacija pokazuje kako dobra ideja uz pomoć dobre tehnologije može rezultirati znanstveno i stručno utemeljenim novim metodama i tehnikama rehabilitacije u logopediji.

Današnje tehnologije slušnih pomagala (slušnih aparata i kohlearnih implantata) u procesu obrade zvuka koriste upravo ovakve vrste elektroakustičkih i digitalnih sklopova koji su ugrađeni u Behringer-ove procesore zvuka. To su različite vrste filtara koji omogućavaju filtriranje zvuka s rasponom pojasa od jedne trećine oktave, preko oktave pa na šire. Osim toga tu je i parametarski ekvalizator (equaliser) koji ima vrlo velike mogućnosti u kreiranju karakteristika filtra prema konkretnim potrebama korisnika (promjene širine pojasa, promjene

¹ Heđever, M. (1984): Mucanje i slušna povratna sprega sa zakašnjenjem prikazani pomoću neuro - kibernetičkog modela. Defektologija, Vol. 20, 1 - 2, Zagreb, 87 - 94.

Heđever, M. (1985): Akustički diskriminator glasova. Defektologija, Vol. 21, 1, Zagreb, 75 - 84.

² Brončana plaketa za tehničko unapređenje: Heđever: "Akustički diskriminator glasova" i "Govorni video stimulator" (INOVA-84)

jačine gušenja ili pojačanja, promjene strmine ovojnice filtra - Q faktora te promjene centralne frekvencije). Sve ove parametre moguće je istovremeno podešavati. Osobito je važno dinamičko procesiranje zvuka koje omogućava veliko poboljšanje u kvaliteti slušanja kod osoba s oštećenjem sluha ali i kod svih drugih kojima slušanje otežava razvoj govora, jezika, čitanja i sl. Dinamičko procesiranje omogućava selektivno gušenje ili pojačavanje samo odabranih frekvencija te promjene intenziteta zvuka. Sve ove promjene odvijaju se potpuno automatski, u realnom vremenu.

Osim kod slušnih i govornih poremećaja, zvuk je poželjno akustički obraditi i u terapiji s djecom koja imaju poremećaje središnjeg slušnog procesiranja. Poremećaji središnjeg slušnog procesiranja ili poremećaji slušnog procesiranja (PSP) su smetnje u primanju i obradi verbalnih informacija koje rezultiraju permanentnom kognitivnom disfunkcijom tijekom razvojnog perioda usvajanja jezika. Pojavnost PSP-a u općoj populaciji nije sa sigurnošću utvrđena ali većina autora govori da se poremećaji slušnog procesiranja pojavljuju u 2 do 5 % djece, dva puta više u dječaka nego djevojčica.

Posljednjih desetak godina značajno su unaprijeđena istraživanja koja se odnose na poremećaje slušnog procesiranja (PSP). Istraživanja su uglavnom provedena u razvijenim zemljama, najbrojnija u SAD, a rezultati su pokazali da oko 2-3% (čak i do 5%) dječje populacije ima PSP što je postotak koji svakako zaslužuje pažnju i istraživanje. Nadalje, postoji značajna povezanost između PSP-a i drugih teškoća kao npr. govorno-jezičnih poremećaja (teškoća čitanja, fonoloških i jezičnih poremećaja), teškoća učenja i sl. Nadalje, PSP je u pravilu prisutan i kod hiperaktivne djece i djece s poremećajem pažnje (ADD – attention deficit disorders; ADHD – attention deficit hiperactive disorders). Iako, u ovom slučaju treba biti oprezan jer kod ADHD i nekih drugih poteškoća (npr. autizam i mentalna retardacija) lošiji odgovori na testovima PSP mogu biti posljedica primarnog poremećaja a ne lošeg slušnog procesiranja. PSP kod osnovnoškolske djece (uzrasta 7 do 10 godina: prva četiri razreda) može stvarati i dodatne poteškoće u svim aktivnostima vezanim za proces učenja i razvoja govorno-jezičnih sposobnosti.

Upravo nove tehnologije u procesiranju zvuka (poput Behringer-ovog procesora zvuka) omogućavaju takve promjene zvuka koje će eliminirati sve nepoželjne zvučne pojave ili efekte koji otežavaju optimalno slušanje a isto tako i pojačati i naglasiti one dijelove zvuka koji mogu pomoći u slušanju.

Današnje metode obrade zvuka koriste DSP (Digital Signal Processing) tehnologiju. Digitalno signalno procesiranje (DSP) ili digitalna obrada signala postala je standard u svakom novijem uređaju za reprodukciju, snimanje ili obradu zvuka, od hobi uređaja za

kućnu uporabu, profesionalnih uređaja za tonska snimanja, mjernih uređaja u akustici pa tako i uređaja u rehabilitaciji slušnih i govornih poremećaja. DSP omogućava brzu i preciznu obradu zvuka gotovo istom kvalitetom i brzinom (pa čak i brže!), onako kako to radi i ljudski mozak. Više nema niti jednog modernijeg slušnog aparata ili drugog pomagala namijenjenog slušanju ili govoru koje ne koristi DSP. Iako je DSP vrlo složena i sofisticirana tehnologija koja u svojoj osnovi koristi računalni procesor, ona je za korisnika vrlo jednostavna i pouzdana.

Počeci primjene digitalnog procesiranja u logopedskoj rehabilitaciji u Hrvatskoj datiraju iz 1983/4 godine (Heđever, 1984, 1985) a ideja je nagrađena brončanom plaketom na izložbi izuma i tehničkih unapređenja (INOVA-84). Posljednjih desetak godina ova se aplikacija uspješno proširila uz uporabu procesora zvuka njemačke tvrtke Behringer i logopedima u Hrvatskoj i susjednim zemljama cijeli je komplet (aplikacija i uređaj) poznat pod nazivom Digitalni logopedski set (Heđever, 2004). Ova je aplikacija i metoda tijekom 2000. god. prijavljena Ministarstvu znanosti i tehnologije RH kao informatički projekt pod nazivom: “primjena digitalnog signalnog procesiranja (DSP) u logopedskoj rehabilitaciji”. Projekt je pozitivno ocijenjen te je na osnovu toga dobio i pismenu podršku Ministarstva znanosti kao projekt koji zaslužuje sve oblike poticaja i podrške, kao i financijsku potporu. Aplikacija i metoda zaštićeni su autorskim pravom. Logopedski set koristi već više od 200 institucija i logopeda i postao je dio standardne opreme većine logopeda i audio-rehabilitatora.

4.2. OPIS LOGOPEDSKOG SETA

Cjelokupni komplet sastoji se od tri zasebna aparata koji su na odgovarajući način povezani u jedan jedinstveni sklop (fotografija u prilogu). Sva tri aparata su Behringer-ovi proizvodi, a to su ULTRACURVE PRO DEQ2496, ULTRAGAIN PRO MIC2200 i POWERPLAY PRO HA 4700. Uz aparaturu se koristi elektrokondenzatorski kardiodni mikrofoni profesionalne kvalitete te kvalitetne studijske slušalice. Treba napomenuti da je uređaj ULTRACURVE PRO DEQ2496 nezamjenjiv u ovoj konfiguraciji, dok se svi drugi elementi mogu nadomjestiti zamjenskim aparatima sličnih karakteristika drugih proizvođača.



Slika 40. Digitalni logopedski set.



Slika 41. Digitalni logopedski set i periferni uređaji.

4.2.1. MIKROFONSKO PREDPOJAČALO: ULTRAGAIN PRO MIC 2200

To je izuzetno kvalitetno niskošumno dvokanalno mikrofonsko predpojačalo (vacuum tube technology) koje se sastoji od dva zasebna kanala s mogućnošću istovremenog priključka dva mikrofona ili dva linijska signala s nekog drugog audio-uređaja. Upravljanje za svaki kanal je potpuno odvojeno. Predpojačalo ima visokopropusni filter s kontinuiranim podešavanjem donje granične frekvencije od 15 Hz do 350 Hz. Mikrofonski ulazi imaju dodatno napajanje ("phantom power") za kondenzatorske mikrofone profesionalne kvalitete. Mikrofonsko predpojačalo ima mogućnost korištenja dva mikrofona. Ova opcija nije nužna, a

logoped koji koristi opremu može procijeniti je li drugi mikrofoni potreban ili ne. Ako se terapija izvodi samo s djecom, tada drugi mikrofoni nije poželjno koristiti jer bi ga djeca brzo oštetila (bacanjem, lupkanjem po stolu, stavljanjem u usta i sl.), a, osim toga, dijete najčešće ne bi bilo u stanju držati mikrofoni u ispravnom položaju. Međutim, ako se mikrofoni uglavnom koristi za odrasle, adolescente ili djecu starijeg uzrasta, tada korištenje drugog mikrofona olakšava rad logopeda, a smanjuje se mogućnost prenošenja različitih infekcija.

4.2.2. POJAČALO ZA SLUŠALICE: POWERPLAY PRO HA 4700

Ovo izlazno stereo pojačalo za slušalice u sebi sadrži 4 potpuno odvojena izlazna kanala. Na svaki kanal se istovremeno mogu priključiti tri para slušalica (istovremeno može opsluživati ukupno 12 pari slušalica!). Na svakom od 4 kanala postoji još mogućnost dodatnog mix-signalu koji se može kombinirati sa signalom iz glavnog procesora.

4.2.3. PROCESOR ZVUKA: ULTRACURVE PRO DEQ2496

Uređaj u sebi ima dva 24-bitna DSP procesora (sa brzinom uzorkovanja zvuka od 96 kHz) te dva 24-bitna AD/DA pretvarača. Uređaj je potpuno kompjuteriziran i audio signal obrađuje pomoću digitalnog signalnog procesiranja (DSP). Procesor vrlo visoke rezolucije i preciznosti omogućava istovremeno i trenutno upravljanje svim sklopovima. Cjelokupna konfiguracija uređaja višestruko nadmašuje mogućnosti i tehničke karakteristike klasičnih aparata. Na uređaju je moguće simulirati karakteristike bilo kojeg slušnog aparata te postići znatno bolje karakteristike, što je vrlo pogodno za rehabilitaciju slušanja i govora kod osoba s oštećenjem sluha. Pored toga, na uređaju se trajno mogu memorirati čak 64 različita programa (konfiguracije) za slušno-govornu rehabilitaciju koji u sebi objedinjuju i pohranjuju sve definirane parametre. Uz grafički equaliser pohranjuju se i parametri 10-kanalnog parametarskog equalisera, trokanalnog dinamičkog equalisera, sklopa za kašnjenje audio signala (delay, koji je logopedima poznat pod nazivom Delayed Auditory Feedback ili skraćeno DAF), te dinamičkog procesiranja (limitera, kompresora ili ekspandera). Uređaj posjeduje i jednostavnu komandu "bypass" koja omogućava trenutno dobivanje normalnog (ne procesiranog) zvuka na slušalicama (logopedi ga nazivaju "direktan kanal"). Unatoč velikim i bezbrojnim mogućnostima podešavanja (postavki) uređaja, rad na uređaju je krajnje jednostavan za korisnika i potrebno je par sekundi da se iz memorije pozove bilo koja aplikacija.

4.2.3.1. PROGRAMSKE MEMORIJE

Uređaj ima 64 slobodne memorije koje omogućavaju trajno memoriranje 64 različite filtarske krivulje (za svaku krivulju se memorira i željeni intenzitet - master volume) u kombinaciji sa svim ostalim podešenim parametrima. Zahvaljujući ovom memoriranju, aparat se vrlo brzo može postaviti u željenu aplikaciju.

4.2.3.2. TERCNI GRAFIČKI EQUALISER

Procesor ima dva 31-kanalna terčna grafička equalisera na kojima se mogu postaviti željene filtarske krivulje za korekciju i rehabilitaciju govora ili slušanja. Svaki pojas se može pojačavati ili gušiti u rasponu + 15 dB, a time se može postići maksimalna dinamika filtarske krivulje od 30 dB.

4.2.3.3. PARAMETARSKI EQUALISER

Uređaj ima po 10 potpuno nezavisnih programabilnih parametarskih filtara po kanalu. Svaki se filter može postaviti na bilo koju centralnu frekvenciju u rasponu od 20 Hz do 20 kHz. Promijenjivost širine pojasa ide od 1/10 okt (vrlo oštar, usko pojasni filter) pa sve do širine od 10 oktava (praktično postaje linearan u cijelom čujnom području). Mogućnost promjene pojačanja/gušenja iznosi ± 15 dB. Zbog sumiranja efekata pojedinačnih parametarskih filtara te kombiniranja s grafičkim equaliserom moguće je dobiti filtarske krivulje s velikim dinamičkim rasponom koji može u istom zvuku pojačati/gušiti određene frekvencije u rasponu od 0 do 60 dB.

4.2.3.4. FFT ANALIZATOR ZVUKA

Pomoću 61-kanalnog FFT analizator zvuka u realnom vremenu moguće je svaki procesirani zvuk vizualizirati što olakšava terapiju. Cijeli prikaz spektra je trenutno prikazan na LCD displeju uređaja, kao i sve druge funkcije. Spektralna analiza može se koristiti u dijagnostičke svrhe za približno određivanje formantskog vrha za pojedine glasove te za određivanje frekvencije osnovnog laringalnog tona (produženim foniranjem vokala /A/). Osim toga RTA se može koristiti i kao vizualni feedback u kontroli i vježbama fonacije (kontrola glasnoće, visine tona i stabilnosti spektra), te isto tako i u korekciji frikativa (koji se mogu produženo artikulirati, a tijekom artikulacije može se pratiti stabilnost frikcije i raspored energije u spektru).

Digitalni logopedski set ima ugrađenu i opciju analizatora zvuka u realnom vremenu (RTA: REAL-TIME ANALIZER). RTA je koristan kao pomoćno sredstvo vizualizacije zvuka i možemo ga koristiti kod svih vrsta vježbi fonacije (terapija i impostiranje glasa, disfonije, vježbe fonacije kod mucanja, CP, Parkinsonove bolesti i sl.). Pacijentu treba dati

uputu da pokušava fonirati glas tako spektralni prikaz bude što mirniji (vertikalni stupčići – "bar" moraju mirovati i zadržati što stabilnije visine). Ako stupci variraju po visini, znači da je u glasu prisutan tremor, podrhtavanje ili pojačani šum. Najviši stupac koji se pojavi u lijevom dijelu ekrana (oko 100 do 300 Hz) pokazuje fundamentalnu frekvenciju (osnovni laringealni ton) i njegova vrijednost ovisi o dobi i spolu pacijenta. Ukoliko želimo glas postaviti u "niži" (tamniji) ili "viši" (svjetliji) registar, pacijenta ćemo instruirati da prati samo taj stupac fundamentalnog tona ta da ga svojim glasom pomiče lijevo ili desno (niži ili viši glas).

Parametre analizatora podešavamo u meniju RTA-1 i RTA-2 (menije mijenjamo uzastopnim pritiskom tipke RTA). Malim tipkama A i B na procesoru mijenjamo pojedine opcije dok ne dobijemo vrijednosti koje su prikazane na ovoj skici (podešavanje se vrši samo jednom i procesor trajno pamti podešene parametre).

Ako su parametri već podešeni, pritiskat ćemo tipku RTA dok nam se ne pojavi spektralni prikaz preko cijelog ekrana (bez parametara koje smo malo prije podešavali).

Okretanjem dva manja okrugla gumba na procesoru možemo podešavati visinsku skalu tako da prema potrebi istaknemo samo najjače vrhove spektra (fundamentalnu frekvenciju i njene harmonika) a da potisnemo ostale nebitne komponente spektra.

4.2.3.5. GENERATOR RUŽIČASTOG ŠUMA

Implementirani generator omogućava dobivanje tzv. "masking efekta" kojega logopedi ponekad koriste prilikom dijagnosticanja psihogene disfonije. Primjena maskinga može se koristiti i kod mucanja iako vrlo rijetko.

4.2.3.6. FONOMETAR (SPL METAR)

Uz dodatak mjernog mikrofona ovaj uređaj može mjeriti razinu buke, govora ili bilo kojeg zvuka uz standardizirane izofonske korekcije (A, i C krivulje). Pogodno za objektivno mjerenje razine govora i buke u učionicama, logopedskim kabinetima i drugim prostorima.

Već je ranije u jednom poglavlju detaljno opisan FONOMETAR (VOICE LEVEL METAR) kada se koristi originalni mjerni mikروفon. Ako uz digitalni logopedski set niste naručili mjerni mikروفon a željeli bi koristiti opciju prikaza intenziteta zvuka, pozvat ćemo iz memorija program 44 (može i u svim drugim programima).

Fonometar uključujemo jednostavno pritiskom na tipku METER na procesoru zvuka. Prema potrebi pritisnemo više puta dok nam se na ekranu ne pojavi METER – 1 (pisat će PEAK / RMS METER). Govorom u mikروفon "traka" grafičkog prikaza pomicati će proporcionalno intenzitetu zvuka. Optimalnom glasnoćom traka će dosezati otprilike do pola ekrana. Ukoliko govorimo preglasno, traka će prelaziti preko polovine u desnu stranu.

Međutim, ovaj prikaz ne omogućuje stvarno mjerenje intenziteta u SPL decibelima već samo relativne vrijednosti.

Puno je bolja opcija s uporabom pravog mjernog mikrofona. Tada tipku METER bira se opcija METER SPL – METER (SOURCE: RTA/MIC IN). Detaljan opis SPL – metra opisan je u poglavlju br. 1.6.3.

4.2.3.7. ELIMINATOR MIKROFONIJE (FEEDBACK DESTROYER)

Ovaj procesor ima u sebi ugrađen sklop koji omogućava eliminaciju mikrofonijske ili drugih ometajućih zvukova. Ima na raspolaganju 10 nezavisnih ultra uskih pojasnih filtara (tzv. "notch" filtri) s mogućnošću promjene širine pojasa od 1/10 do 1/60 oktave (pojas širine od samo jedne šezdesetine oktave) i s gušenjem do - 60 dB. Filtri se mogu programirati – naučiti ("learn" mod) da se aktiviraju i eliminiraju određene frekvencije ili se mogu postaviti na automatski režim rada u kojem se na temelju digitalne analize signala vrši "inteligentno" i automatsko postavljanje parametara filtra kako bi se eliminirali nepoželjni zvukovi.

4.2.3.8. BYPASS OPCIJA

Uređaj ima opciju (tipka na upravljačkoj ploči) kojom se u jednom trenutku mogu "zaobići" svi efekti procesiranja zvuka (bypass) tako da se na izlazu dobiva originalni zvuk (logopedi to često zovu direktni D – kanal).

U bilo kojem programu na logopedskom setu možemo brzo i jednostavno dobiti "D – kanal" (direktan nefiltrirani zvuk) koji nam može biti od koristi ako tijekom terapije imamo potrebu nešto pojasniti pacijentu. Kako bi nas bolje razumio, prebacujemo se na D – kanal, a nakon našeg pojašnjenja, ponovo se vraćamo na rad u odabranom programu.

Ova se opcija dobiva vrlo jednostavno: pritisnemo tipku s oznakom BYPASS i držimo je jednu sekundu (dok se na njoj ne upali crvena lampica). Tada tipku otpustimo i uređaj ne D-kanalu. Za isključivanje ove opcije ponovno pritisnemo BYPASS i držimo jednu sekundu (crvena lampica se gasi) a uređaj nastavlja rad u odabranom programu.

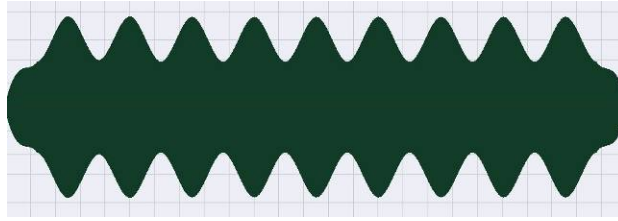
4.2.3.9. DINAMIČKO PROCESIRANJE

Ovaj uređaj ima velike mogućnosti dinamičkog procesiranja zvuka. Ova je opcija izuzetno važna kod svih vrsta oštećenja sluha i njihovoj rehabilitaciji neovisno da li se radi o korištenju klasičnog slušnog aparata ili kohlearnog implantata. Zahvaljujući upravo ovom dinamičkom procesiranju značajno je poboljšana kvaliteta terapije u svim slučajevima gdje je narušeno slušanje. To se ne odnosi samo na klasična oštećenja (gubitke) sluha već i na "nove" vrste poremećaja poput poremećaja slušnog procesiranja za koje se tek posljednjih godina

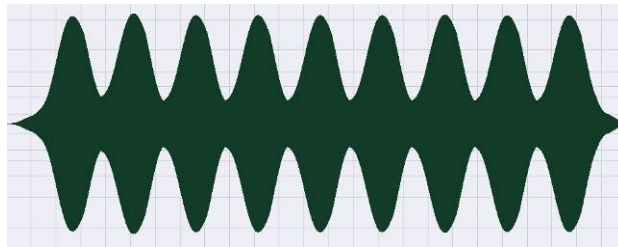
otkriva kako su povezani s jezičnim teškoćama, teškoćama u čitanju, pisanju i učenju a česti su pratilac hiperaktivnosti i poremećaja pažnje (ADHD).

Dinamičko procesiranje obuhvaća uporabu limitera, kompresora, ekspandera i dinamičkog parametarskog equalisera. Limiter omogućava kontrolu glasnoće te automatski štiti od nepoželjnog prekoračenja glasnoće što je pogodno u radu s djecom kao i u rehabilitaciji slušanja. U ovom uređaju ugrađen je automatski limiter koji po svojim mogućnostima nadmašuje sve poznate tehnologije limitera koji se ugrađuju u slušna pomagala. Vrlo brzi limiter ima trenutnu mogućnost uključanja - nula milisekundi (zero attack) dok npr. najmodernija programabilna slušna pomagala imaju vrijeme uključanja (AGC - automatic gain control) 2-3 milisekunde. Nadalje, ovaj limiter ima mogućnost podešavanja vremena zadržavanja limitiranja signala (hold time) u rasponu od 0 do 1000 ms (ni većina najnovijih slušnih pomagala nema ovu mogućnost). Nakon isteka vremena zadržavanja nastupa vrijeme otpuštanja limitera (release time) koje je kod programabilnih i digitalnih slušnih pomagala podesivo u rasponu od 30 - 4000 ms dok je kod ovog limitera to podesivo u vremenu od 0-4000 ms. AGC - automatic gain control u ovom uređaju može se podesiti u rasponu od 0 - 24 dB dok je kod slušnih pomagala to podesivo u rasponu 0 - 21 dB. Kompresor/ekspander dinamike s digitalnom IGC kontrolom (Interactive Gain Control) koji omogućava smanjenje ili povećanje dinamike zvuka. Prag kompresije zvuka može se regulirati u rasponu od 0 dB do -60 dB. Vrijeme uključanja podesivo je u rasponu od 0 - 200 ms a vrijeme otpuštanja u rasponu od 20 - 4000 ms. Pomoću kompresora moguće je izjednačiti glasnoću govora bez obzira na tihe ili glasne dionice govora te time govor i sve foneme u govoru učiniti maksimalno razumljivim. Ovo je osobito važno za osobe kohlearnim implantatima kao i klasičnim slušnim aparatima, zatim kod djece s teškoćama jezika, učenja, čitanja, pisanja ili s ADHD. Svemu navedenom još je pridružen dinamički parametarski equaliser koji omogućava gušenje ili pojačanje samo odabranih frekvencija što se odvija potpuno automatski. To je pogodno za snižavanje prevelike intenzitetske razine frekvencijski nižih vokala koji svojom glasnoćom i velikom akustičkom energijom prekrivaju frekvencijski više vokale i konsonante te ih time maskiraju i otežavaju njihovo percipiranje. Djelovanje ovog filtra može se pozicionirati u bilo kojem frekvencijskom rasponu od 20 Hz do 20 kHz, s promjenjivom širinom pojasa (od vrlo oštrog pojasa širine samo jedne desetine oktave pa do pojasa širine od čak deset oktava). Frekvencijska korekcija može se izvesti s dinamikom krivulje od 30 dB a prag aktiviranja filtra podesiv je u rasponu od 0 do -60dB. Vrijeme uključanja podesivo je u rasponu od 0 - 200 ms a vrijeme otpuštanja od 20 do 4000 ms.

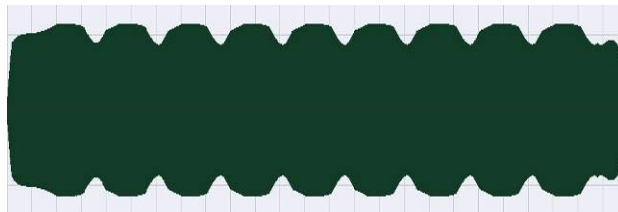
normalan signal



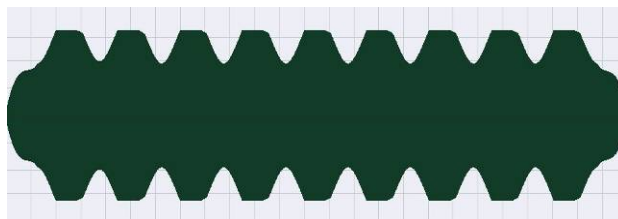
ekspander



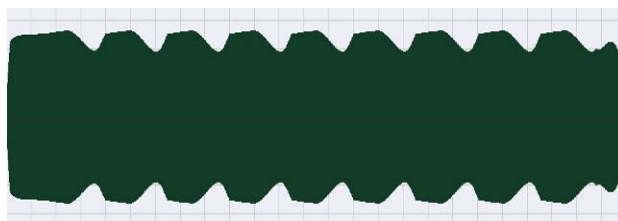
kompresor



limiter



kompresor + limiter



Slika 42. Efekti dinamičkog procesiranja zvuka

4.2.3.10. OPCIJA DELAY

Ova je opcija korisna u radu s mucanjem a može se koristiti i kod dizartrije radi blagog usporavanja i smirivanja govora. Opcija DELAY nalazi se u programu br. 43 i

potrebno ga je pozvati iz memorija na isti način kako se biraju i drugi programi. Delay je već u startu podešen na 100 milisekundi kašnjenja što je u većini slučajeva optimalno u terapiji. Nadalje, uz delay se automatski vrši i spektralna modifikacija govornog signala tako da je zvuk tamniji ("sjenčenje") s pojačanim nižim frekvencijama što pogoduje opuštanju muskulature larinksa te pridonosi smanjenju grčeva u govoru. Dakle, opcija delay na ovom uređaju kombinira istovremeno dva poželjna efekta: DAF (delayed auditory feedback) i FAF (frequency auditory feedback).

Na digitalnom logopedskom setu moguće je istovremeno dobiti kombinaciju delay-a i bilo kojeg drugog programa (npr. ako istovremeno tretiramo dislaliju i mucanje). Tada ćemo prvo iz memorije pozvati program za dislaliju te nakon toga pritisnuti tipku I/O. Otvara nam se prikaz delay-a a okretanjem velikog gumba podešavamo kašnjenje.

4.2.4. MIKROFON I SLUŠALICE

Uz postojeću aparaturu obvezno treba koristiti kvalitetan mikrofoni i slušalice. Za kvalitetnu registraciju govornoga zvuka treba koristiti mikrofoni profesionalne kvalitete. Osobito se preporučuju elektrokondenzatorski kardiodni mikrofoni (Jelaković, 1978, Titze, 1994). Kardiodni je mikrofoni vrlo osjetljiv na zvukove koji dolaze direktno ispred njega, dok istovremeno eliminira (prigušuje) bočne i stražnje zvukove. Prilikom korištenja mikrofona, najbolji rezultati se postižu ako mikrofoni držimo na udaljenosti od 3–4 cm od usta govornika, usmjerivši ga prema ustima govornika. Nadalje, mikrofoni treba zaštititi vjetrobranskom spužvicom da bi se eliminirale infrazvučne komponente u govoru (javljaju se najčešće pri izgovoru bilabijalnih okluziva i sibilanata), ali i da bi osjetljivu mikrofonsku membranu zaštitili od prašine, vlage ili mehaničkih oštećenja. Uz ovu opremu isporučuje se kondenzatorski mikrofoni profesionalne kvalitete, tip: B-5 tvrtke Behringer (mikrofoni ima pozlaćenu dijafragmu i koristi kardiodnu kapsulu, frekvencijski raspon: 50 – 20.000 Hz). Moguće je koristiti i mikrofoni drugih proizvođača. Slušalice su također važan dio opreme. Njihove tehničke karakteristike moraju zadovoljavati visoke kriterije u vjernosti reprodukcije zvuka. Osim dobrog frekvencijskog raspona (linearna frekvencijska karakteristika u cjelokupnom čujnom području) i dobrih dinamičkih karakteristika u reprodukciji (glasnoći), one moraju imati i dobre ergonomske osobine. Moraju biti ugodne za nošenje, s mogućnošću podešavanja prema anatomskom obliku glave, sa što boljim zatvaranjem uha i prigušivanjem vanjskih zvukova. Uz ovu opremu isporučuju se zatvorene dinamičke slušalice profesionalne kvalitete (njihova referentna frekvencijska karakteristika potpuno je linearna u području od 20 Hz – 20 kHz). To su npr. različiti modeli poznatih tvrtki Behringer, Audiotechnica ili

Beyerdynamic. Slušalice su lagane za nošenje, s vrlo ugodnim i mekim jastučastim prstenima koji dobro zatvaraju uho i s mogućnošću podešavanja prema veličini glave (mogu se dobro prilagoditi i za manju djecu). Slušalice mogu proizvesti zvuk do 110 dB SPL te su pogodne i u rehabilitaciji sluha. Uz slušalice se prema potrebi može koristiti i vibrator (vibrotaktilna stimulacija kod oštećenja sluha).

4.3. DODATNE OPCIJE LOGOPEDSKOG SETA

4.3.1. DODATNA AUDIO - STIMULACIJA

Kada želimo dodatnu audio stimulaciju kao npr. slušanje priča, pjesama i sl. sa kasetofona ili CD-a, tada ćemo kablom (isporučen je s adapterom) povezati npr. discman i logopedski set tako da jedan kraj kabla (mali priključak - jack 3,5 mm) uključimo na mjestu za slušalice na discmanu a drugi kraj s većim adapterom (jack 6,3 mm) uključimo dolje lijevo na DIRECT IN na logopedskom setu (pogledati sliku). Ako je potrebno, glasnoća se može povećati i na samom discmanu ili na potenciometru MASTER LEVEL koji se nalazi odmah desno do uključenog kabla. Uz ovo slušanje možemo istovremeno koristiti i mikrofona a da bismo postigli ravnotežu u glasnoći mikrofona i audio signala, možemo pojačanjem/smanjenjem mikrofona na mikrofonskom predpojačalu podesiti omjer glasnoće kako nam odgovara. Audio stimulacija može biti korisna kao oblik terapije i vježbanje slušanja.

4.3.2. REPRODUKCIJA ZVUKA U PROSTORU

Ukoliko zvuk želimo reproducirati preko zvučnika u prostoru, zvučnike ćemo priključiti na bilo koji izlaz gdje se priključuju slušalice (PHONES OUT). Ako se radi rehabilitacija slušanja i govora osoba ili djece sa kohlearnim implantatom, koristi ćemo zvučnike (NE SMIJU SE KORISTITI SLUŠALICE!). Najbolji će biti bilo koji multimedijски zvučnici koji se koriste za računala a koji imaju jedan dubokotonski zvučnik ("subwoofer") i dva srednje/visoko tonska zvučnika ("sateliti"). Kod reprodukcije zvuka pomoću zvučnika potrebno je paziti da mikrofona ne dođe blizu zvučnika da ne bi došlo do pojave mikrofonije.

4.3.3. REPRODUKCIJA ZVUKA PREKO SLUŠALICA

Na logopedski set može se priključiti ukupno 4 para slušalica na mjestima gdje je oznaka PHONES OUT. Ako je potrebno na pojačalu za slušalice sa stražnje strane postoji još 8 rezervnih priključaka za slušalice /dakle, ukupno po 3 para po svakom izlaznom bloku, a

pojačalo ima 4 bloka). Za rad sa slušnim oštećenjima preporučuje se koristiti zatvorene tipove slušalica koje se posebno naručuju (mogu se nabaviti u većini bolje opremljenih trgovina muzičkim instrumentima) koje su manje osjetljive na pojavu mikrofonije, čak i pri velikoj glasnoći. Takve su npr. slušalice BEYERDYAMIC DT 770 M ili PRO ili slične.

4.4. PRIMJENA LOGOPEDSKOG SETA

4.4.1. PRIMJENA U DIJAGNOSTICI

Logopedski set koristi se u dijagnostici glasa i govora (mjerenje fundamentalne frekvencije i glasnoće i spektralnih karakteristika glasova) kod diferencijalne dijagnostike psihogene disfonije i mucanja/brzopletosti (pozitivna reakcija na DAF ukazuje na mucanje a odsustvo efekta na brzopletost).

4.4.2. PRIMJENA U TERAPIJI

3.4.2.1. POREMEĆAJI GLASA

Set je pogodan za sve vježbe fonacije zbog mogućnosti vizualiziranja pomoću FFT analizatora. FFT prikaz pomaže pri vježbama fonacije (uočava se stabilna/nestabilna fonacija), kod impostiranja glasa (visina glasa), uočava se prisutnost šuma u glasu (disfonije) kao i tremor glasa.

4.4.2.2. POREMEĆAJI IZGOVORA

Logopedski set ima gotove memorirane optimale glasova pogodne za korekciju dislalije ili dizartrije. Optimale se zasnivaju na diskontinuiranom filtriranju uporabom tercnog filtriranja čiji su parametri usklađeni s međunarodnim standardima i preporukama (ISO R 266, DIN 401 i ANSI S1.6-1976) te u kombinaciji s parametarski equaliserom i dinamičkim procesiranjem. Optimale se znatno razlikuju od verbotonalnih optimala koje su poznate većini logopeda, zasnivaju se na uporabi tercnih filtara i koriste diskontinuirane pojaseve (Desnica – Žerjavić, 1982, 1987, 1990) ali s dodatnim dinamičkim procesiranjem. Uz optimale glasova može se istovremeno koristiti spektralni prikaz i DAF (Heđever, 1985; Heđever, Blaži, 1999; Heđever, Blaži i Bonetti, 2009).

Logika diskontinuiranog filtriranja danas postaje dominantna u svim tehnologijama namijenjenim govornoj komunikaciji (od telefonije do slušnih pomagala). Princip diskontinuiteta omogućava i veću raznolikost spektra što je također poželjno kada se radi npr. o supstitucijama i distorzijama glasova.

Napomena: Na uređaju je moguće u potpunosti primijeniti i VERBOTONALNE OPTIMALE. Uređaj sam po sebi nije alat niti pomagalo bilo koje metode u logopedskoj terapiji ili audio-rehabilitaciji ali zbog svojih velikih tehničkih mogućnosti može se prilagoditi bilo kojoj namjeni.

4.4.2.3. POREMEĆAJI TEČNOSTI

Za mucanje se koristi DAF s vrlo jednostavnim i brzim podešavanjem te u kombinaciji s odgovarajućim frekvencijskim "zasjenjivanjem" govora i dinamičkim procesiranjem (Heđever, 1984., 2004.; Heđever, Brestovci, Sardelić, 1998.). Isti efekt može se koristiti uz bilo koji drugi memorirani program (optimalu) pa je omogućena istovremena paralelna terapija (npr. mucanja u kombinaciji s dislalijom). Osim toga DAF se može koristiti i kod dizatrije (ili motoričke afazije) za blago smirivanje govorne motorike. Kod mucanja je vrlo korisno koristiti i vizualni prikaz kod vježbi fonacije ili impostiranja glasa.

4.4.2.3.1. Mono, stereo, ili dvostruki delay

Opcija delay-efekta može se u svakom trenutku aktivirati ili isključiti uz bilo koji program, kao što se parametri kašnjenja signala također mogu i memorirati uz bilo koju programiranu krivulju. Zahvaljujući velikim mogućnostima setup-a, delay-efekt se može generirati kao mono signal (identičan efekt na oba uha), zatim kao stereo signal (različita vremena kašnjenja odvojeno za lijevi i desni kanal) te efekt dvostrukog kašnjenja koje se može istovremeno pojavljivati na oba kanala ili odvojeno kašnjenje za svaki kanal.

4.4.2.4. OŠTEĆENJA SLUHA

Set ima gotove pripremljene aplikacije za vježbe slušanja kod oštećenja sluha. Na raspolaganju su 4 programa koji se standardno koriste u većini slušnih aparata. Prednost ovih programa je u binauralnom slušanju (vrlo rijetko osobe koriste dva slušna aparata) te u dodatnom dinamičkom i frekvencijskom procesiranju zvuka što omogućava bolju razumljivost.



Slika 43. Beyerdynamic DT 770M

Slušalice su pogodne za rad sa slušnim oštećenjima zbog velike izlazne jačine zvuka i sa 35 dB prigušenja od vanjske buke. Karakteristike slušalica su:

frekvencijski raspon: 5 Hz - 30 kHz

nominalna izlazna glasnoća : 105dB SPL/mW

maksimalna izlazna glasnoća: oko 125 dB SPL

regulator glasnoće na kablu slušalica

težina: 300 g

izuzetna čvrstoća konstrukcije.

4.4.2.5. KOHLEARNI IMPLANTAT

Kod primjene logopedskog seta u rehabilitaciji djece s kohlearnim implantatom važno je napomenuti da se u rehabilitaciji ne smiju koristiti slušalice već samo zvuk u slobodnom polju. Naime, stavljanje slušalica na glavu i njihovo elektromagnetsko polje koje proizvode, moglo bi uzrokovati smetnje ili oštetiti elektronski sklop implantata koji se nalazi u neposrednoj blizini uha. Stoga se prema potrebi uz set isporučuje komplet zvučnika koji se priključuju na set umjesto slušalica i kako bi se zvuk emitirao u slobodnom prostoru. Upravo je kod kohlearnih implantata važno dodatno dinamičko i frekvencijsko procesiranje zvuka koje omogućava logopedski set. Naime, kod kohlearnog implantata nije više problem u pojačanju glasnoće (kao kod klasičnih slušnih aparata) već je važno cjelokupni dinamički raspon intenziteta zvukova svesti u suženo područje u kojem implantat može registrirati zvuk. Stoga se upravo ovdje pomoću dinamičkog equalisera, kompresora i limitera intenzitetski raspon prirodnog zvuka sužava u odgovarajuće područje.

4.4.2.6. POREMEĆAJI SLUŠNOG PROCESIRANJA

Ovaj logopedski set nudi četiri programa za optimalnu razumljivost govora koji bi mogli pomoći u poboljšanju razumljivosti govora kod poremećaja slušnog procesiranja (auditory processing disorders).

Poremećaji (središnjeg) slušnog procesiranja (PSP) su smetnje u primanju i obradi verbalnih informacija koje rezultiraju permanentnom kognitivnom disfunkcijom tijekom razvojnog perioda usvajanja jezika.

Pojavnost PSP-a u općoj populaciji nije sa sigurnošću utvrđena. Većina autora govori da se poremećaji slušnog procesiranja pojavljuju u 2 do 3 % djece, dva puta više u dječaka nego djevojčica. U odraslih, poremećaje slušnog procesiranja ima 10 do 20 % populacije. Neurološki poremećaji, bolesti i inzulti, uključujući neurodegenerativne bolesti, vjerojatno su uzrok najvećeg broja stečenih poremećaja središnjeg slušnog procesiranja kod odraslih. Kod djece do 5% populacije može imati povezane poremećaje slušnog procesiranja s teškoćama u učenju.

Djeca s poremećajem slušnog procesiranja mogu pored toga imati i razne prateće teškoće u slušanju. Na primjer, teško razumiju govor kada su u bučnoj okolini, imaju teškoća sa slijeđenjem uputa te razlikovanjem sličnih glasova. Takva djeca u školi mogu imati teškoće u čitanju i razumijevanju informacija koje se u nastavi prezentiraju verbalno. Za potpuno razumijevanje i potpun pristup skupu problema koje imaju djeca s poremećajem slušnog procesiranja važan je multidisciplinarni timski pristup. Dakle, učitelj može uočiti teškoće u usvajanju gradiva, psiholog može procijeniti kognitivno funkcioniranje u više različitih područja, logoped može procijeniti pisani i oralni jezik i govor te i komunikacijske sposobnosti.

Logopedi i audiolozi u svijetu razvili su seriju testova za dijagnostiku poremećaja slušnog procesiranja koji od ispitanika zahtijevaju pažljivo slušanje različitih signala i odgovaranje na njih ponavljanjem, pisanjem ili nekim drugim načinom.

4.4.2.7. GRUPNI RAD S DJECOM, RITMIČKE I GLAZBENE VJEŽBE

Logopedski set omogućava vrlo jednostavno priključivanje bilo kojeg dodatnog izvora zvuka (npr. kazetofona ili CD-playera) te reprodukciju zvuka na 4 do 12 pari slušalica ili preko zvučnika. Slušalice mogu biti klasične - žičane (povezane kabelom s aparatom) ili bežične (dosega do 30 metara u prostoriji). Bežične slušalice osobito su pogodne za grupni rad s djecom u prostoru kao što su ritmičke i glazbene vježbe. Osim slušalica na logopedski set se može priključiti i bilo koje ozvučenje u prostoru (zvučnici).

4.5. INOVATIVNOST LOGOPEDSKOG SETA

Uporabom logopedskog seta vrši se višestruka digitalna obrada zvučnog signala koja se do sada u logopediji nije upotrebljavala u sličnim uređajima, najčešće zbog toga što većina starijih uređaja koristi analognu tehnologiju kojom nije moguće istovremeno koristiti višestruku modifikaciju zvuka i to s velikom preciznošću i na uvijek točno određen način. Uz sve to važno je da korisnik može rukovati uređajem jednostavno, brzo i pouzdano. Logopedski set predstavlja inovaciju o obradi zvučnog signala iz nekoliko razloga:

- koristi diskontinuirane perceptivne optimale koje se postižu istovremenom kombinacijom 31-kanalnog tercnog grafičkog equalisera i 5-kanalnog parametarskog equalisera;
- dodatno frekvencijsko-intenzitetska obrada pomoću dinamičkog equalisera;
- akustička obrada govornog signala istovremeno se odvija na četiri razine:
- eliminacija dijela govornog spektra u kojem je prisutna greška,
- isticanje dijela spektra koji nedostaje u govoru ili slušanju,
- linearno propuštanje dijelova spektra koji se nalaze izvan područja korekcije,
- dodavanje DAF efekta uz bilo koju kombinaciju.
- dinamičko procesiranje zvuka (automatska uporaba dinamičkog equalisera, limitera, kompresora ili ekspandera);
- polisenzorička stimulacija (auditivna, vizualna i vibrotaktilna).

4.6. DODATNA OPREMA UZ LOGOPEDSKI SET

U konfiguraciji ovog seta predviđena je i mogućnost dodavanja dodatnih uređaja za reprodukciju ili snimanje zvuka. Na logopedski set može se priključiti bilo koji uređaj za reprodukciju zvuka (kazetofon, magnetofon, diktafon, gramofon, CD-player, MINI-DISK player/recorder). Zvuk se može reproducirati preko većeg broja slušalica (žičanih ili bežičnih) te preko zvučnika. Reproducirani zvuk može također biti procesiran ili se može reproducirati bez posebne akustičke obrade. Time se omogućava uvođenje dodatnog zvučnog signala u terapiju kao npr. dodavanje glazbe, slušanje priča, pjesama itd. Uporabom dodatnog zvučnog stimulusa terapija postaje interesantnija (osobito za djecu) i omogućava veću kreativnost terapeuta.

Također treba napomenuti da je prilikom podešavanja logopedskog seta izvršena i korekcija intenziteta i njegovo trajno memoriranje za svaki program. Ovo setiranje je izvršeno

sukladno “filtru uha” (izofonska krivulja tip - A) kako bi se dobila ista razina intenziteta, bez obzira na spektralne karakteristike dotičnog programa. Time je postignuta jednaka fiziološka razina intenziteta za sve memorirane programe. Zahvaljujući ovom dodatnom podešavanju, logoped ne mora stalno provjeravati razinu intenziteta na slušalicama jer će ona biti na svim programima uvijek podjednaka i usklađena s fiziološkim karakteristikama slušanja (izofonska korekcija). Intenzitet se, po potrebi, može odvojeno podešavati i memorirati za lijevi i desni kanal i za svaku osobu. Već je u tehničkim karakteristikama uređaja bilo spomenuto da je cijela aparatura napravljena u stereo tehnici. To znači da se potpuno neovisno i različito mogu kreirati spektralne karakteristike za lijevi i desni kanal. Opcija DAF efekta može se u svakom trenutku aktivirati ili isključiti uz bilo koji program, kao što se parametri kašnjenja signala također mogu i memorirati uz bilo koju programiranu krivulju. Zahvaljujući velikim mogućnostima setup-a, DAF-efekt se može generirati kao mono ili stereo signal uz istovremeno korištenje bilo kojeg drugog procesiranja zvuka.

4.6.1. OPREMA ZA POLI-SENZORIČKU STIMULACIJU

U konfiguraciji ove aparature predviđena je i mogućnost dodavanja dodatnih uređaja pomoću kojih se može postići polisenzorička stimulacija. To je osobito pogodno za rad s oštećenjima sluha, ali može koristiti i u nekim drugim slučajevima.

4.6.1.1. LIGHT STIMULATOR (VIZUALNA STIMULACIJA)

Za dodatnu vizualnu stimulaciju koristi se LIGHT STIMULATOR koji se priključuje na bilo kojem slobodnom mjestu za priključak slušalica. Detaljna primjena i opis ovog malog aparata isporučuje se uz isti aparat. Ovaj mali aparat sigurno će razveseliti svu djecu na terapiji. U terapiji govora i oštećenja sluha javlja se često problem kontrole glasnoće govora, te poteškoće u pravilnom artikuliranju pojedinih glasova. Uređaj radi na principu “Ligt-show-a” koji intenzitetske i frekvencijske modulacije audio-signala pretvara u svjetlosne efekte (vizualni stimulator). Ligh Stimulator može se priključiti na svaki BEHRINGER logopedski set. Slični uređaji koriste se i u svijetu, a u Americi se ovakav uređaj prodaje pod komercijalnim nazivom “VISIVOX”.



Slika 44. Light stimulator

Dodatni svjetlosni efekt poboljšava kooperativnost pacijenata (osobito djece), te ih motivira, tijekom terapije, na bolju suradnju s logopedom. Time se poboljšava koncentracija i pažnja tijekom terapije.

Uređaj se može primijeniti kao indikator nazalnosti, S – indikator te kod korigiranja izgovora pojedinih glasova. Ako je na logopedskom setu odabrana optimala nekog glasa, lampice će maksimalno zasvijetliti ako je glas pravilno izgovoren.

Kod poremećaja glasa i fonacije (odaberite na Behringeru optimalu glasa /A/) i zatim radite vježbe fonacije uz upaljeni “light“ stimulator. Ako je glas disfoničan lampice će više podrhtavati a ako je glas stabilan i dobar lampice će svijetliti konstantnom jačinom. Ovdje “light“ stimulator služi kao vizualno sredstvo za kontrolu glasnoće i stabilnosti fonacije.

Kod osoba s dizartrijom, afazijom i drugim neurogenim govornim poremećajima (za kontrolu količine, trajanja i glasnoće govora putem vizualnog feedback-a).

Prilikom uvježbavanja ezofagealnog govora.

Kod osoba s nagluhošću i gluhoćom za uvježbavanje i kontrolu glasnoće govora. Kod oštećenja sluha javlja se često problem kontrole glasnoće govora, te poteškoće u pravilnom artikuliranju pojedinih glasova, osobito glasova čiji se formanti nalaze na višim frekvencijama (npr. konsonanti S, Z, C te vokal I).

Za kontrolu glasnoće kod neadekvatne glasnoće govora (preglasan ili pretih govor).

Kod djece s autizmom i mentalnom retardacijom.

Uređaj možemo koristiti bez obzira da li radimo sa slušalicama ili ne.

4.6.1.2. VIBROTAKTILNA STIMULACIJA

Ukoliko se u radu koristi i vibrotaktilna stimulacija (vibrotaktilna ploča ili vibrator), može se također direktno priključiti na izlaz za slušalice (u tom slučaju poželjno je koristiti programe sa niskim frekvencijskim stimulacijama ili program za vibrotaktilnu stimulaciju).

Vibrotaktilna se stimulacija može izvesti priključivanjem bilo kojeg vibratora na pojačalo za slušalice. Vibrator se može koristiti kao dodatno sredstvo u rehabilitaciji slušanja. Prema potrebi logoped može sam kreirati i memorirati filtarsku krivulju za vibrotaktilnu stimulaciju na jednom od slobodnih programa.



Slika 45. Vibrotaktilna ploča

Vibrotaktilna ploča služi za senzoričku taktilnu stimulaciju kod djece s oštećenjima sluha. Najbolji osjet postiže se stavljanjem cijelog dlana na okrugli disk. Disk je promjera oko 30 cm i izrađuje se u dvije varijante: plastični i drveni. Putem taktilnog osjeta dijete će osjetiti zvučne vibracije taktilnim putem. Intenzitet vibracija varira proporcionalno intenzitetu zvučnog podražaja.

Vibrotaktilna ploča sastoji se od dva dijela: kutija s elektronskim sklopovima i vibrotaktilnog pretvarača (okrugla drvena ploča).

Na kutiji s elektronikom na prednjoj strani nalazi natpis "VIBROTACTILE BOARD" a u njoj je smješteno nisko frekventno pojačalo s filtarskom skretnicom koja propušta niske frekvencije (20 – 400 Hz. S prednje strane nalazi se sklopka (ON/OFF) za uključivanje/isključivanje uređaja te potenciometar (atenuator) za podešavanje intenziteta vibracija na vibrotaktilnoj ploči. Sa stražnje strane iz kutije izlaze dva kabla: naponski kabel sa utičnicom za priključak na struju (220 V) te audio kabel s audio utikačem tzv. JACK ("džek") (CANON utikač) koji ima promjer 3,5 mm (takve utikače imaju sve slušalice za walkmane i kompatibilni su za priključak na bilo kojem računalu (kompjutoru). Uz ovaj utikač se isporučuje i adapter za veliki promjer (6,5 mm) preko kojega se ovaj kabel uključuje na digitalni logopedski set. Dakle, ovaj audio kabel s adapterom treba uključiti na bilo koji slobodan priključak za slušalice na logopedskom setu. Pri tome na logopedskom setu treba podesiti glasnoću slušalica kako i za bilo koje druge slušalice. Sa stražnje strane kutije još se nalazi utičnica za priključak okrugle drvene ploče.

Okrugla drvena ploča konstruirana je tako da audio signal koji dolazi iz kutije s elektronikom pretvara u vibraciju koja se može dobro osjetiti ako dlan položimo na gornji dio ploče. Iz ove ploče izlazi bijeli kabel (s donje strane) koji na svom kraju ima utikač koji se uključuje na stražnjoj strani kutije s elektronikom.

Tehnički podaci:

- Intenzitet stimulacija: do 110 dB SPL (mjereno na vibrotaktilnoj ploči).
- Frekvencijski raspon: 20 Hz – 400 Hz

4.6.2. OPREMA ZA AUDITIVNU STIMULACIJU

Izlazno pojačalo za slušalice ima mogućnost linearnog dodavanja slobodnog vanjskog audio-signala (bez filtarskih zahvata kojima je podvrgnut mikrofonski signal). Na taj ulaz se može priključiti bilo koji uređaj za reprodukciju zvuka (kazetofon, magnetofon, diktafon, gramofon, CD-player, MINI-DISK player/recorder). Time se omogućava uvođenje dodatnog zvučnog signala u terapiju kao npr. dodavanje glazbe, slušanje priča, pjesama itd. Ako se koristi originalno pretpojačalo od Behringera, tada se može posebno regulirati odnos mikrofonskog signala i vanjskog audio signala ("mikser-potencijometar"). Uporabom dodatnog zvučnog stimulusa terapija postaje interesantnija (osobito za djecu) i omogućava veću kreativnost terapeuta (terapija glazbom, slušanje priča i dječjih pjesama, dodavanje ritmičkih stimulacija i sl.). Kod odraslih se može koristiti kao dodatna opcija prilikom vježbanja relaksacije (posebne audio-kazete sa snimljenim cjelokupnim postupkom relaksacije) ili kao dodatno pomagalo u art-terapiji.

4.6.3. FONOMETAR (VOICE LEVEL METAR)

Digitalni logopedski set ima opciju SPL – metra koji u kombinaciji sa ECM8000 mjernim mikrofonom predstavlja kalibriran fonometar za mjerenje razine glasnoće. SPL–metar može se koristiti ne samo za glas i govor već i za bilo koju namjenu mjerenja razine buke na otvorenom ili u zatvorenom prostoru. Uz mjerni mikrofon isporučuje se i stolni mikrofonski stalak.



Slika 46. Mjerni mikrofon ECM8000

Mikrofonska spužvica se stavlja na mikrofon kada bi se mikrofon koristio na otvorenom prostoru. Ako se mikrofon koristi u zatvorenim prostorijama i ako je mikrofon smješten najmanje pola metra od osobe koja govori, spužvicu nije potrebno stavlјati.

Razina optimalne glasnoće govora nalazi se između 50 i 70 dB SPL, mjereno prema "A-weight" standardu (A – krivulja koristi izofonsku korekciju prilikom mjerenja razine glasnoće umjerenih intenziteta zvuka u koje se ubraja i govorna komunikacija). Ova "A-weight" izofonska korekcija najbolje odgovara fiziološkim karakteristikama normalnog sluha u svakodnevnoj komunikaciji pa se "A-krivulja" u mjerenju još naziva i "filtar uha".

Mjerni mikrofon i digitalni logopedski set su kalibrirani te su dobiveni rezultati objektivni. Raspon mjerne skale od 40 do 120 dB u potpunosti zadovoljava potrebe mjerenja. Tako npr. vrlo tihi govor ne pada ispod razine od 40 dB (prosječna razina buke u dnevnoj sobi ili tihom uredu iznosi oko 45 do 50 dB) normalan razgovor ima prosječnu glasnoću 60 dB a glasan govor oko 70 dB.

Ovaj SPL-metar kalibriran je za "A" i "C" mjerni standard (A-standard se koristi za zvukove kojima se glasnoće kreće u području normalne razine poput govorne komunikacije dok se C-standard koristi za mjerenja vrlo glasnih zvukova poput vrlo bučnih strojeva i tvornica). Osim "A" i "C" mjernih standarda, postoji mogućnost da se razina zvuka mjeri u potpunosti linearno bez izofonske korekcije ako odaberemo opciju "OFF".

4.6.3.1. PODRUČJE PRIMJENE MIKROFONA

Česta uporaba preglasnog govora (iznad 70 dB SPL) može dovesti do poremećaja glasa (obično se kao posljedica javlja hiperkinetička disfonija, a ukoliko se pravovremeno ne rehabilitira mogu se javiti i dodatne teškoće poput nastanka nodula ili ulkusa na glasnicama).

Stoga je važno štedjeti glas a osobito u slučajevima kada je već došlo do teškoća s glasom odnosno do disfonije.

Osim osoba s disfonijom, kontrola razine glasnoće govora predstavlja problem i svim osobama s oštećenjem sluha pa je tijekom rehabilitacije slušanja i govora potrebno posvetiti pozornost i ovom segmentu govorne komunikacije. Najsigurniji način kontrole glasnoće glasa i govora je objektivno mjerenje glasnoće a to je moguće izvesti pomoću digitalnog logopedskog seta i dodatnog mjernog mikrofona Behringer ECM8000.

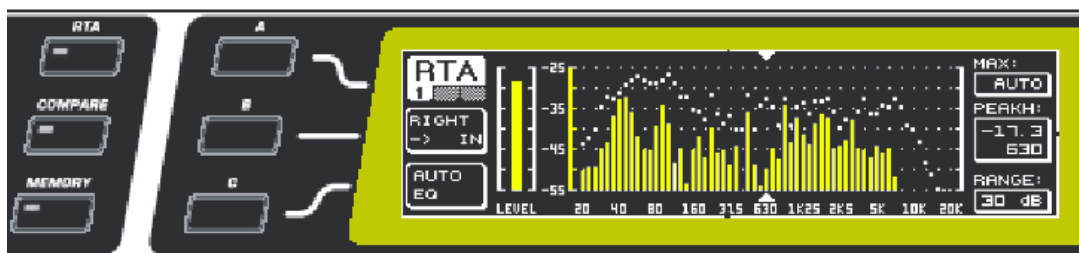
SPL-metar na digitalnom logopedskom setu vrlo je jednostavan za uporabu (aktivira se jednim pritiskom na tipku "METER") te na displeju u realnom vremenu istovremeno daje numerički i grafički prikaz razine glasnoće. Grafički prikaz u obliku horizontalne svjetleće narančaste trake vizualno je vrlo jednostavan za kontrolu glasnoće i kod male djece.

Mjerni mikروفon treba staviti na stalak na udaljenosti od 1 metar od govornika, najbolje u visini glave osobe koja govori (ako osoba ili pacijent sjede za radnim stolom, mikروفon je najbolje postaviti na stalak na stol na preporučenoj udaljenosti te ga usmjeriti prema govorniku).

Na ekranu će se u realnom vremenu konstantno prikazivati razina intenziteta zvuka u SPL decibelima (horizontalna žito-narančasta traka) s brojčanim prikazom trenutno izmjenjenog intenziteta.

Osim trenutnog intenziteta, SPL – metar konstantno prikazuje i najvišu izmjerenu vrijednost intenziteta - PEAK (kao malu vertikalnu liniju na traci za mjerenje te kao brojčanu vrijednost na desnoj strani ekrana). Ako uvježbavamo optimalnu glasnoću govora ovo će nam biti korisno da uočimo da li je intenzitet prekoračio 70 dB što se smatra gornjom granicom normalne glasnoće. Vršne vrijednosti ("pikove") možemo uvijek poništiti ("resetirati") pritiskom na tipku C pa će SPL – metar ponovo započeti s mjerenjem vršnih vrijednosti.

Ukoliko želimo promatrati spektar zvuka koji mjerimo, pritisnut ćemo RTA tipku te u meniju RTA-1 pritiskanjem tipke B odabrati u srednjem pravokutniku s lijeve strane ekrana RTA MIC – IN.



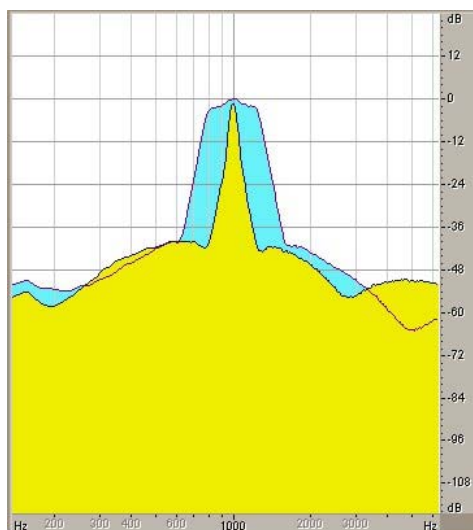
Slika 47. Prikaz spektra pomoću mjernog mikrofona

4.8. FREKVENCIJSKE KARAKTERISTIKE TERCNIH FILTERA

Uređaj ULTRACURVE DEQ2496 ima standardizirane trećinsko -oktavne pojasne filtre čiji su parametri usklađeni s međunarodnim standardima i preporukama (ISO R 266, DIN 401 i ANSI S1.6-1976).

Tablica 1 . Standardne frekvencije tercnih filtara

red. br. filtra	centralna frekvencija filtra (Hz)	frekvencijski pojas (Hz)
1	20	17,8 - 22,4
2	25	22,4 - 28,2
3	31,5	28,2 - 35,5
4	40	35,5 - 44,7
5	50	44,7 - 56,2
6	63	56,2 - 70,8
7	80	70,8 - 89,1
8	100	89,1 - 112
9	125	112 - 141
10	160	141 - 178
11	200	178 - 224
12	250	224 - 282
13	315	282 - 355
14	400	355 - 447
15	500	447 - 562
16	630	562 - 708
17	800	708 - 891
18	1000	891 - 1120
19	1250	1120 - 1410
20	1600	1410 - 1780
21	2000	1780 - 2240
22	2500	2240 - 2820
23	3150	2820 - 3550
24	4000	3550 - 4470
25	5000	4470 - 5620
26	6300	5620 - 7080
27	8024	7080 - 8910
28	10000	8910 - 11200
29	12500	11200 - 14100
30	16000	14100 - 17800
31	20000	17800 - 22400



Slika 48. Tercni i oktavni pojasni filtar

Karakteristika filtra prikazan je na slici lijevo. Žute površina prikazuje tercni filtar a plava (pozadina) oktavni.

4.9. DISKONTINUIRANE I KONTINUIRANE VERBOTONALNE OPTIMALE

Tablica 2. Centralne frekvencije glasovnih optimala u logopedskom setu

GLAS	centralne frekvencije tercnih filtara (Hz)					VT ³⁾ OPTIMALA	
A	800	1000	1250	1600		800	1600
E	500	630	2500	3150		1600	3200
O	400	500	630	800		400	800
I	200	250	2500	3150		3200	6400
U	160	200	315	400		200	400
P	500		1250	1600		400	800
T	500	630	3150	4000		1600	3200
K	630	800	1600	2000		800	1600
B	400	500	1250	1600		200	400
D	250	315	2000	2500	3150	1200	2400
G	400	500	1600	2000		400	800
S	250	315	5000	6300		6400	12800
Š	630	800	5000	6300		1600	3200
F	630	800	1600	2000		1200	2400
Z	400		8024	10000		4800	9600
Ž	630	800	1600	2000	2500	1200	2400
V	630	800	1250	1600		300	600

3 Verbotonalne optimale (Orlandi, 1965)

M	250	315	1250	1600	2000	150-300	1.2-2.4
N	200-250	315	1600-2000	2500-3150		150-300	1.6-3-2
NJ	200	250	2500	3150		150-300	1.6-3.2
H	500	630	2000	2500		600	1200
C	630	800	10000	12500		3200	6400
Č	630	800	1600	2000		1600	3200
Ć	630	800	2500	3150		3200	6400
DŽ	630	800	2500	3150		1200	2400
Đ	500	630	2500	3150		2400	4800
L	500	630	1600	2000		600	1200
LJ	250	315	3150	4000		1600	3200
R	500	630	1250	1600		800	1600
J	630	800	3150	4000		2400	4800

Većini logopeda su malo ili samo djelomično poznata istraživanja slušnog percipiranja glasova pa logopedi uglavnom koriste samo tzv. kontinuirane optimale gdje je za slušanje pojedinog glasa definiran kontinuirani frekvencijski pojas širine jedne oktave (osim glasova M, N i NJ koji imaju dvije odvojene oktave koje čine diskontinuiranu optimalu). Međutim, istraživanja s tercnim filtriranjem spektra i mogućnostima percepcije, odnosno slušanja i prepoznavanja glasova utvrdila su da se svi glasovi podjednako dobro slušaju i na diskontinuiranim područjima (Desnica-Žerjavić, 1982., Heđever, M. 1985.). Utvrđeno je da se jedino vokali A i O slušaju na kontinuiranom području, dok se svi drugi vokali i konsonanti mogu slušati na diskontinuiranim ili kontinuiranim frekvencijskim pojasevima. Štoviše, frikativi i afrikati te glasovi R, L i LJ bolje se percipiraju na diskontinuiranim pojasevima. Diskontinuirane su optimale kod svih glasova locirane na dva odvojena pojasa. Pri tome, širina pojedinih pojaseva nije uvijek ista, već varira od jedne trećine pa do cijele oktave. Logika diskontinuiranog filtriranja danas postaje dominantna u svim tehnologijama namijenjenim govornoj komunikaciji (od telefonije do slušnih pomagala). Dosadašnje su se filtarske tehnologije (uglavnom analogna tehnika) zasnivale na kontinuiranim - oktavnim perceptivnim optimalama što je bilo jednostavnije i prikladnije za rukovanje uređajima. Uporaba tercnih filtara u analognoj izvedbi bila je i prije moguća, ali je ujedno bila i nepraktična zbog velikog broja filtara i potencijometara koje bi trebalo ručno podešavati za svaku terapiju i svakog pacijenta (da bi se pokrilo cijelo čujno područje potrebno je 30 tercnih filtara, a to znači u ručno podešavanje 30 potencijometara). Primjenom kompjuterizirane tehnologije (DSP – digitalnog signalnog procesiranja) i tercnog filtriranja kao što je na ULTRACURVE PRO DEQ2496, omogućeno je finije i preciznije postavljanje odgovarajućih filtarskih krivulja u skladu s diskontinuiranim perceptivnim optimalama, a cijeli je postupak pojednostavljen.

Primjenom DSP tehnologije vrši se samo inicijalno setiranje i podešavanje uređaja implementiranjem odgovarajućeg software-a koji može pamti gotovo neograničen broj različitih, unaprijed definiranih, filtarskih krivulja. Pojedine krivulje s eventualnim dodatnim efektima pozivaju se iz memorije vrlo brzo (za pozivanje bilo kojeg programa potrebno je samo nekoliko sekundi!). Time se u terapiji mogu primijeniti mnogo složenije i zahtjevnije aplikacije i ne postoji mogućnost greške pri rukovanju.

4.10. LISTA PROGRAMIRANIH FILTARSKIH KRIVULJA

4.10.1. PERCEPTIVNE OPTIMALE GLASOVA

Tablica 3. Lista memoriranih programa za govor u logopedskom setu

PREGLED	PROGRAM	OPIS
INICIJALNI PROGRAMI	0	INITIAL DATA
	1	DIREKTAN KANAL
S Z C	2	S - OPTIMALA
	3	Z - OPTIMALA
	4	C - OPTIMALA
	5	S+Z+C - SKUPNA OPTIMALA
Š Ž Č Ć Đ Dž	6	Š - OPTIMALA
	7	Ž - OPTIMALA
	8	Č - OPTIMALA
	9	Ć - OPTIMALA
	10	Đ - OPTIMALA
	11	Dž - OPTIMALA
12	Š+Š+Č+Ć+Đ+DŽ - SKUPNA. OPTIMALA	
L Lj R	13	L - OPTIMALA
	14	LJ - OPTIMALA
	15	R - OPTIMALA
K G T D	16	K - OPTIMALA
	17	G - OPTIMALA
	18	T - OPTIMALA
	19	D - OPTIMALA
M N Nj	20	M - OPTIMALA
	21	N - OPTIMALA
	22	NJ - OPTIMALA
P	23	P - OPTIMALA

B	24	B - OPTIMALA
F	25	F - OPTIMALA
H	26	H - OPTIMALA
V	27	V - OPTIMALA
J	28	J - OPTIMALA
SUPSTITUCIJA > T	29	BEZVUČNI FRIKATIVI I AFRIKATE > T
SUPSTITUCIJA > D	30	ZVUČNI FRIKATIVI I AFRIKATE > D

4.10.2. SLUŠANJE I GOVOR

Tablica 4. Lista dodatnih memoriranih programa u logopedskom setu

PREGLED	PROGRAM	OPIS	
SLUŠNA POMAGALA	32	OTICON - SUMO MD (SLUŠNO POMAGALO)	
	33	OTICON - SYNCRO (SLUŠNO POMAGALO)	
	34	SIEMENS - INFINITI - 1 (SLUŠNO POMAGALO)	
	35	SIEMENS - INFINITI - 2 (SLUŠNO POMAGALO)	
OPTIMALNA RAZUMLJIVOST GOVORA - FORMANTI -	36	RAZUMLJIVOST GOVORA -1	OVI PROGRAMI RADE PO ISTOM PRINCIPU KAO PHONAK EDULINK
	37	RAZUMLJIVOST GOVORA -2	
	38	RAZUMLJIVOST GOVORA -3	
	39	GOVORNI FORMANTI	
FREKVENCIJSKE STIMULACIJE	40	NISKO FREKVEN. PODRUČJE 16 Hz - 600 Hz	
	41	VISOKO FREKVEN. PODRUČJE 3 kHz - 20 kHz	
	42	NISKO + VISOKO FREKVEN. PODRUČJE	
POSEBNI PROGRAMI	43	DELAY: 0 - 300 MILISEKUNDI	
	44	FONOMETAR	
	45	RUŽIČASTI ŠUM	
	46	VIBROTAKTILNA STIMULACIJA	
VOKALI	47	A - OPTIMALA	
	48	E - OPTIMALA	
	49	I - OPTIMALA	
	50	O - OPTIMALA	
	51	U - OPTIMALA	

4.11. IZJEDNAČENOST FIZIOLOŠKE RAZINE GLASNOĆE

Također treba napomenuti da je prilikom setiranja programiranih krivulja izvršena i korekcija glasnoće i njeno trajno memoriranje za svaku krivulju. Ovo setiranje je izvršeno pomoću dodatnog uređaja Real Time Analyser, Type 2123, Bruel and Kjaer. To je izvršeno tako da je iz ovoga analizatora generiran bijeli šum, te propušten kroz cijeli sklop aparata Behringer, te ponovo vraćen na RTA 2123. Pri tome je na RTA 2123 mjerena energetska gustoća spektra (Energy Spectrum Density) sa simulacijom “filtra uha” (A – Weigt – krivulja). Promatranjem A-krivulja, svi su intenziteti na pojedinim DSP programima prema potrebi korigirani kako bi se na izlaznom pojačalu dobila ista razina glasnoće, bez obzira na spektralne karakteristike dotične krivulje. Time je postignuta jednaka fiziološka razina glasnoće za sve memorirane programe. Zahvaljujući ovim dodatnim postavkama, logoped ne mora stalno provjeravati razinu glasnoće na slušalicama jer će ona biti na svim programima uvijek podjednaka i usklađena s fiziološkim karakteristikama slušanja (izofonska korekcija). Glasnoća se, po potrebi, može odvojeno podešavati i memorirati za lijevi i desni kanal.

4.12. MOGUĆNOST STEREOFONSKOG SLUŠANJA

Već je u tehničkim karakteristikama uređaja bilo spomenuto da je cijela aparatura napravljena u stereo tehnici. To znači da se potpuno neovisno i različito mogu kreirati spektralne karakteristike za lijevi i desni kanal. Ukoliko želimo različitost ili istovjetnost, to postizemo ulaskom u EQ setup te jednostavno mijenjamo opciju STEREO LINK (OFF/ON). Istom opcijom možemo mijenjati i glasnoću za svaki kanal posebno.

4.13. PROGRAMSKE POSTAVKE U LOGOPEDSKOM SETU

Tablica 5. Opis programa u logopedskom setu

PROGRAM	NAZIV	OPIS
0	INITIAL DATA	
1	DIREKTAN KANAL	nefiltrirani zvuk - u kombinaciji sa real time analizatorom pogodan za vježbe i impostiranje glasa
2	S - OPTIMALA	sigmatizam - korekcija glasa na optimali - pogodno u logatomima i riječima
3	Z - OPTIMALA	sigmatizam - korekcija glasa na optimali - pogodno u logatomima i riječima
4	C - OPTIMALA	sigmatizam - korekcija glasa na optimali - pogodno u logatomima i

		riječima
5	S+Z+C - SKUPNA OPTIMALA	sigmatizam - istovremena korekcija uže skupine glasova (S, Z, C) na optimali - pogodno u korekciji u rečenicama (priči)
6	Š - OPTIMALA	sigmatizam - korekcija glasa na optimali - pogodno u logatomima i riječima
7	Ž - OPTIMALA	sigmatizam - korekcija glasa na optimali - pogodno u logatomima i riječima
8	Č - OPTIMALA	sigmatizam - korekcija glasa na optimali - pogodno u logatomima i riječima
9	Ć - OPTIMALA	sigmatizam - korekcija glasa na optimali - pogodno u logatomima i riječima
10	Đ - OPTIMALA	sigmatizam - korekcija glasa na optimali - pogodno u logatomima i riječima
11	DŽ - OPTIMALA	sigmatizam - korekcija glasa na optimali - pogodno u logatomima i riječima
12	Š+Š+Č+Ć+Đ+DŽ - SKUPNA. OPTIMALA	sigmatizam - istovremena korekcija šire skupine glasova na optimali - pogodno u korekciji u rečenici (priči)
13	L - OPTIMALA	lambdacizam - korekcija glasa na optimali - pogodno u logatomima i riječima i rečenicama
14	LJ - OPTIMALA	lambdacizam - korekcija glasa na optimali - pogodno u logatomima i riječima i rečenicama
15	R - OPTIMALA	rotacizam - korekcija glasa na optimali - pogodno u logatomima i riječima i rečenicama
16	K - OPTIMALA	kapacizam - korekcija glasa na optimali - pogodno u logatomima i riječima i rečenicama
17	G - OPTIMALA	gamacizam - korekcija glasa na optimali - pogodno u logatomima i riječima i rečenicama
18	T - OPTIMALA	tetacizam - korekcija glasa na optimali - pogodno u logatomima i riječima i rečenicama
19	D - OPTIMALA	deltacizam - korekcija glasa na optimali - pogodno u logatomima i riječima i rečenicama
20	M - OPTIMALA	nazalnost - korekcija glasa na optimali - pogodno u logatomima i riječima i rečenicama
21	N - OPTIMALA	nazalnost - korekcija glasa na optimali - pogodno u logatomima i riječima i rečenicama
22	NJ - OPTIMALA	nazalnost - korekcija glasa na optimali - pogodno u logatomima i riječima i rečenicama
23	P - OPTIMALA	korekcija glasa na optimali - pogodno u logatomima i riječima i rečenicama
24	B - OPTIMALA	korekcija glasa na optimali - pogodno u logatomima i riječima i rečenicama
25	F - OPTIMALA	korekcija glasa na optimali - pogodno u logatomima i riječima i rečenicama
26	H - OPTIMALA	korekcija glasa na optimali - pogodno u logatomima i riječima i rečenicama
27	V - OPTIMALA	korekcija glasa na optimali - pogodno u logatomima i riječima i rečenicama
28	J - OPTIMALA	korekcija glasa na optimali - pogodno u logatomima i riječima i rečenicama
29	BEZVUČNI FRIKATIVI I	Tetizam i sigmatizam (supstitucija skupine glasova sa /T/ . Ovaj program pomaže u maksimalnoj eliminaciji glasa /T/

	AFRIKATE > T	
30	ZVUČNI FRIKATIVI I AFRIKATE > D	Tetizam i sigmatizam (supstitucija skupine glasova sa /D/ . Ovaj program pomaže u maksimalnoj eliminaciji glasa /D/

Tablica 6. Opis dodatnih programa u logopedskom setu

PROGRAM	NAZIV	OPIS
32	OTICON - SUMO MD (SLUŠNO POMAGALO)	Sva četiri programa služe za rehabilitaciju slušanja i govora kod slušnih oštećenja.
33	OTICON - SYNCRO (SLUŠNO POMAGALO)	Pacijentu treba maknuti njegov slušni aparat, zatim staviti slušalice i pojačati glasnoću koliko je potrebno.
34	SIEMENS - INFINITI - 1 (SLUŠNO POMAGALO)	Poželjno je isprobati sva četiri programa te na kraju odabrati program za kojega pacijent
35	SIEMENS - INFINITI - 2 (SLUŠNO POMAGALO)	utvrdi da mu najviše odgovara i pomaže u razumijevanju govora.
36	RAZUMLJIVOST GOVORA -1	Ovi programi poboljšavaju razumljivost govora. Poželjno je isprobati sva četiri programa te na kraju odabrati program za kojega pacijent utvrdi da mu najviše odgovara i pomaže u razumijevanju govora.
37	RAZUMLJIVOST GOVORA -2	Ovi se programi mogu koristiti kod djece s jezičnim teškoćama, disfazijom, disleksijom (čitanje sa slušalicama), zatim kod djece s ADHD (hiperaktivnost, smanjena pažnja i koncentracija), kod senzoričke afazije (ako pacijent želi raditi sa slušalicama) te kod sumnje na loš fonematski sluh te kod djece s poremećajima slušnog procesiranja.
38	RAZUMLJIVOST GOVORA -3	OVI PROGRAMI RADE PO ISTOM PRINCIPU KAO PHONAK EDULINK
39	GOVORNI FORMANTI	Isticanje govornih formanta (koristi se kao i za prethodna tri programa).
40	NISKO FREKVEN. PODRUČJE 16 Hz - 600 Hz	Niske frekvencijske stimulacije (mogu se koristiti kod oštećenja sluha). Uz slušalice moguće je priključiti i vibrator za vibrotaktilnu stimulaciju.
41	VISOKO FREKVEN. PODRUČJE 3 kHz - 20 kHz	Visoke frekvencijske stimulacije (mogu se koristiti kod oštećenja sluha).
42	NISKO + VISOKO FREKVEN. PODRUČJE	Izvan-govorno područje (diskontinuitet) može se koristiti na početku terapije ("razbijanje pogrešnih slušnih navika") kod dislalija ili lošeg fonematskog sluha.
43	DELAY: 0 - 300 MILISEKUNDI	Koristi se kod mucanja a može se koristiti i kod dizartrije (za smirivanje govora) te kod motoričke afazije (ako pacijentu to odgovara).

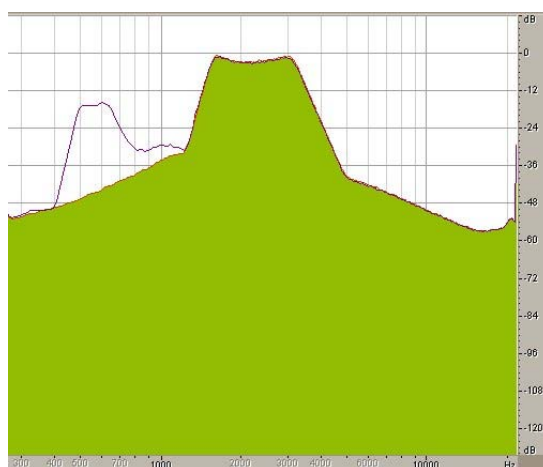
44	FONOMETAR	Služi za mjerenje relativne razine intenziteta govornog zvuka. Kod pacijenata koji imaju problem u kontroli glasnoće govora (pretih ili preglasan govor).
45	RUŽIČASTI ŠUM	Kod sumnje na psihogenu disfoniju aplicira se šum preko slušalica s jačim intenzitetom (da se postigne efekt maskiranja vlastitog govora). Ukoliko pod ovim okolnostima osoba s disfonijom progovori normalnom glasnoćom – to je indikacija da bi se moglo raditi o psihogenoj disfoniji.
46	VIBROTAKTILNA STIMULACIJA	Koristi se bez slušalica sa priključenim vibratorom za vibrotaktilnu stimulaciju i percepciju zvuka.
47	A - OPTIMALA	korekcija glasa na optimali - pogodno u logatomima i riječima
48	E - OPTIMALA	Etacizam: korekcija glasa na optimali - pogodno u logatomima i riječima
49	I - OPTIMALA	korekcija glasa na optimali - pogodno u logatomima i riječima
50	O - OPTIMALA	korekcija glasa na optimali - pogodno u logatomima i riječima
51	U - OPTIMALA	korekcija glasa na optimali - pogodno u logatomima i riječima

4.13.1. KOREKTIVNE OPTIMALE

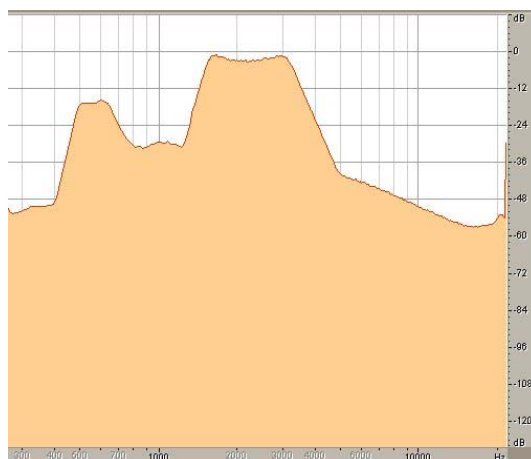
Kao što se vidi iz priloženih tablica, postoji nekoliko tipova filtarskih krivulja. Krivulje su prilagođene pojedinim vrstama poremećaja (npr. dislalija, mucanje, oštećenja sluha i sl.), ali i pojedinim oblicima poremećaja. Isto tako, pripremljene su krivulje za pojedine skupine glasova koji imaju vrlo slične akustičke karakteristike ili su supstituirani istim glasovima. Svaki logoped može sam prema potrebi kreirati i memorirati filtarsku kombinaciju koja mu je potrebna. Neki primjeri ovakvih filtarskih krivulje prikazani su i opisani u slijedećem poglavlju.

4.13.1.1. NEKOLIKO PRIMJERA FILTERSKIH KRIVULJA

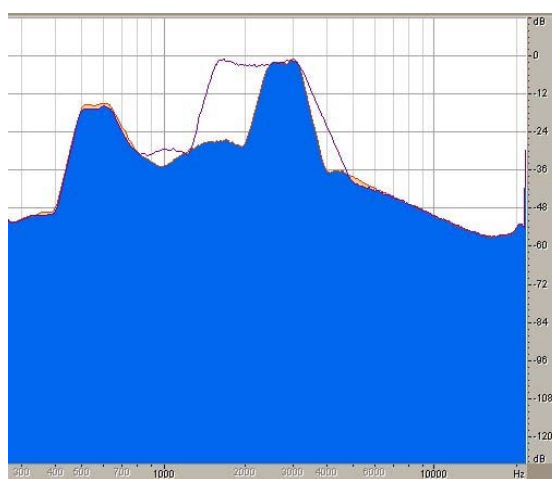
4.13.1.1.1. KONTINUIRANE I/ILI DISKONTINUIRANE OPTIMALE



Slika 49. Postava filtra za VT kontinuiranu optimalu glasa Š



Slika 50. Postava filtra za kombiniranu optimalu glasa Š



Slika 51. Postava filtra za diskontinuiranu optimalu glasa Š

Optimale pojedinih glasova zasnivaju se na udruženom djelovanju diskontinuiranih i kontinuiranih optimala. Na ovom primjeru prikazana je VT kontinuirana optimala glasa /Š/ (zeleno), diskontinuirana optimala (plavo) te udružena kombinacija obje optimalne (bež boja). Diskontinuirane optimalne kod gotovo svih glasova locirane su na dva odvojena pojasa. Pri tome, širina pojedinih pojaseva nije uvijek ista, već varira od jedne trećine pa do cijele oktave. Istraživanja su pokazala da se glasovi dobro slušaju i na diskontinuiranim područjima (Desnica-Žerjavić, 1982., Heđever, M. 1985). Jedino se vokali A i O slušaju na kontinuiranom području dok se svi drugi vokali i konsonanti mogu slušati na diskontinuiranim ili kontinuiranim frekvencijskim pojasevima. Osobito se dobro percipiraju na diskontinuiranim pojasevima frikativi i afrikati, te glasovi R, L i LJ.

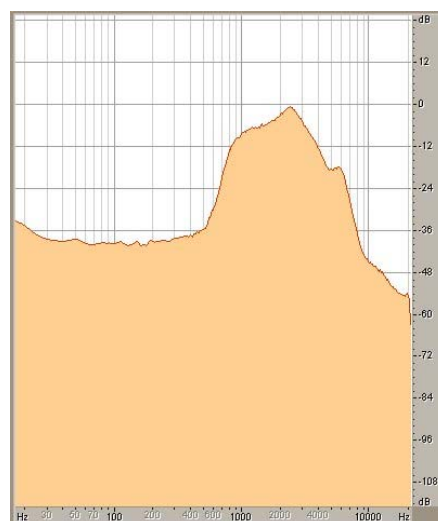
4.13.1.2. SKUPNE DISKONTINUIRANE PERCEPTIVNE OPTIMALE



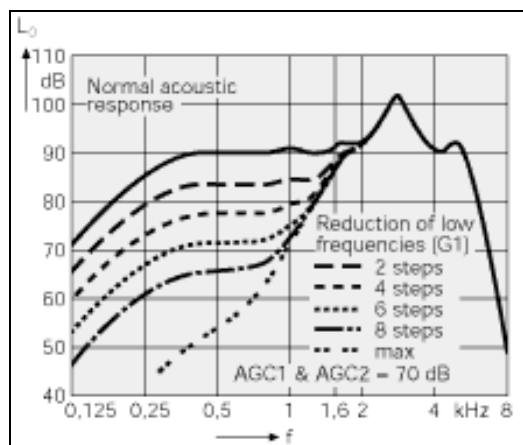
Slika 52. Skupna diskontinuirana optimala glasova S, Z i C

Skupne diskontinuirane perceptivne optimale istovremeno omogućuju dobru razumljivost pojedine skupine glasova koji imaju slične artikulacijsko-akustičke karakteristike i koji se udruženo pojavljuju kod poremećaja artikulacije (npr. S, Z, C - uža skupina sigmatizma ili Š, Ž, Č, Ć, Đ, Dž - šira skupina). Logopedima je poznato da gotovo nikada nije poremećen samo jedan glas u sigmatizmu, a poremećaj zahvaća cijelu skupinu (ponekad obje). Isto tako, terapija se ne može provoditi izolirano samo na jednom glasu, već se ona provodi simultano na cijeloj skupini ili barem na parovima glasova (zvučni + bezzvučni). Stoga se pokazalo korisnim upotrijebiti takav način filtriranja koji će omogućiti dobru percepciju cijele skupine glasova.

4.13.1.3. KRIVULJE ZA POJEDINE TIPOVE SLUŠNIH OŠTEĆENJA



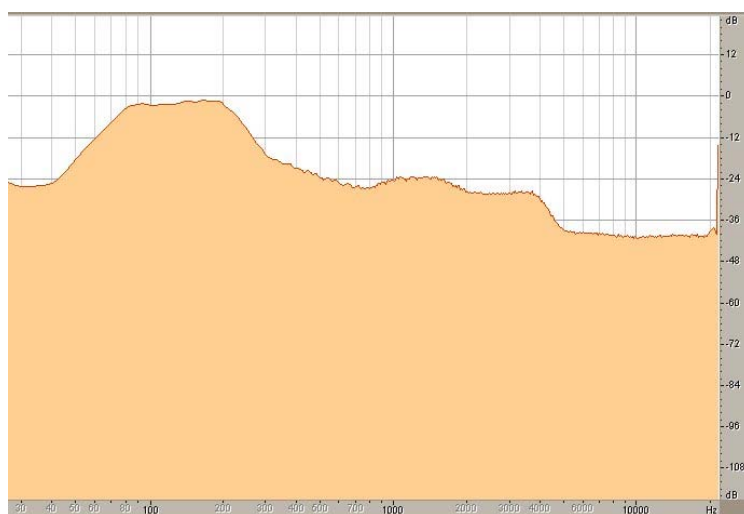
Slika 53. Korektivna optimala za oštećenja sluha s pojačanjem na 3 kHz



Slika 54. Korektivna optimala s pojačanjem na 3 kHz (aparat Siemens)

ULTRACURVE PRO DEQ2496 vrlo je pogodan i za slušni trening i rehabilitaciju kod oštećenja sluha. Zahvaljujući mogućnosti memoriranja bilo koje filtarske kombinacije, moguće je za svakog pacijenta sa slušnim oštećenjem setirati individualnu krivulju koja će se koristiti tijekom rehabilitacije. Prilikom određivanja filtarske krivulje svakako treba imati uvid u podatke iz audiograma, zatim treba pogledati kakvi su parametri i krivulje slušnog aparata (ako ga pacijent koristi) i preporučuje se izvršiti dodatno trijažno ispitivanje sluha pomoću ton-generatora koji je ugrađen u Ultracurve. Na ovom aparatu postoje već memorirana četiri programa koji zadovoljavaju opće karakteristike većine slušnih aparata (ovdje je za primjer uzeta frekvencijska karakteristika jednog slušnog aparata proizvodnje Siemens, te programirana krivulja koja naglašava dijelove spektra oko 3 kHz (vidljiva je sličnost krivulja).

4.13.1.4. KRIVULJE ZA USPORAVANJE I SJENČENJE GOVORA



Slika 55. Sjenčenje spektra uz delay efekt

Program je namijenjen za usporavanje brzine govora i smanjenje napetosti. Ovo se postiže simultanim korištenjem opcije delay-efekta i filtriranja govornoga spektra. Delay u govoru izaziva Lee-efekt koji dovodi do usporavanja brzine govora što je jedan od preduvjeta za smanjenje ili potpuno uklanjanje mucanja. Drugi je bitan element u terapiji smanjenje napetosti mišića larinksa. Na akustičkom planu to se može postići snižavanjem frekvencije osnovnog laringalnog tona i smanjivanjem glasnoće govora, a to se postiže setiranim filtarskim krivuljama na spomenutim programima. Delay se može u svakom trenutku aktivirati ili isključiti uz bilo koji program, kao što se parametri kašnjenja signala također mogu i memorirati uz bilo koju programiranu krivulju. U sadašnjoj aplikaciji delay je već unaprijed definiran na 100 ms a može se varirati od 0 do 300 ms. Zahvaljujući velikim mogućnostima setup-a, delay-efekt se može generirati kao mono signal (identičan efekt na oba uha), zatim kao stereo signal (različita vremena kašnjenja odvojeno za lijevi i desni kanal) te efekt dvostrukog kašnjenja koje se može istovremeno pojavljivati na oba kanala ili odvojeno kašnjenje za svaki kanal.

4.13.1.5. OPTIMALNA RAZUMLJIVOST GOVORA I GOVORNI FORMANTI

Ovi programi poboljšavaju razumljivost govora. Poželjno je isprobati sva četiri programa te na kraju odabrati program za kojega pacijent utvrdi da mu najviše odgovara i pomaže u razumijevanju govora.

Ovi se programi mogu koristiti kod djece s jezičnim teškoćama, disfazijom, disleksijom (čitanje sa slušalicama), zatim kod djece s ADHD (hiperaktivnost, smanjena pažnja i koncentracija), kod senzoričke afazije (ako pacijent želi raditi sa slušalicama) te kod sumnje na loš fonematski sluh te kod djece s poremećajima slušnog procesiranja. Ovi programi rade po istom principu kao Phonak – Edulink.

Program br. 36 ("nasa"). Stručnjaci NASA-e (Američke svemirska agencije) ustanovili su da je za dobru razumljivost govora potrebno filtriranjem propustiti slijedeće frekvencijske pojaseve:

Tablica 7. Frekvencijski pojasevi značajni za govor (NASA)

pojas	frekvencijski raspon (Hz)
1.	300 - 400
2.	900 - 1900
3.	2500 - 3000

Program br. 37 ("sil"). Nivo ometanja govora (SIL Speech Interference Level), određuje maksimalnu udaljenost na kojoj je moguć normalan razgovor. Prema ISO standardu SIL se dobiva mjerenjem području oktava s centralnim frekvencijama od 0,5 1,2 i 4 kHz, a zatim se u posebnoj tablici očitava maksimalna udaljenost u metrima s koje je moguće slušanje govora uz zadovoljavajuću razumljivost. To su ujedno i frekvencije odgovorne za dobru razumljivost govora.

Tablica 8. Frekvencijski pojasevi značajni za govor (SIL)

pojas	centralne frekvencije (Hz)
1.	500
2.	1.200
3.	4.000

Program br. 38 ("rasti"). Indeks brzine prijenosa govora (RASTI Rapid Speech Transmission Index) mjeri nivo subjektivne razumljivosti govora. Postupak mjerenja RASTI-a sastoji se u generiranju ružičastog šuma u područjima oko 500 Hz i 2 kHz, a šum je moduliran niskim frekvencijama od 0,7 do 11,8 Hz. Spomenuti šum se prima preko posebnog prijemnika, koji osim generiranog šuma, prima i druge eventualne ometajuće zvukove (buku), a uz to mjeri i vrijeme reverberacije zvuka. Odgovarajućim matematičkim postupkom dobiva se brojčana vrijednost RASTI-a koja se kreće u rasponu od 0 do 1 (0 - 0,30 označava lošu razumljivost 0,45 - 0,60 zadovoljavajuću, a 0,75 - 1,00 odličnu razumljivost govora).

Tablica 9. Frekvencijski pojasevi značajni za govor (RASTI)

pojas	centralne frekvencije (Hz)
1.	500
2.	2.000

Program br. 39 (govorni formanti). Prva tri govorna formanta također se smatraju najvažnijim za prijenos i razumijevanje govora. Njihove približne centralne vrijednosti frekvencija prikazane su u tablici.

Tablica 10. Frekvencijski pojasevi značajni za govor (govorni formanti)

pojas	centralne frekvencije (Hz)
1.	500
2.	1.500
3.	2.500

Unatoč složenoj i sofisticiranoj tehnologiji logopedski set je vrlo jednostavan za rukovanje (dovoljna je osnovna edukacija logopeda ili audiorehabilitatora za rad s uređajem u trajanju od samo tri sata). Najstariji uređaji su u uporabi već punih 10 godina i nitko od logopeda ili audiorehabilitatora koji ga koriste nije "izbacio" logopedski set iz uporabe. U setu je već unaprijed pripremljeno i pohranjeno 45 gotovih programa koji se jednostavno i brzo mogu aktivirati. Set radi potpuno neovisno i nije mu potrebno dodatno računalo. Logopedski set je skup niza aplikacija u kojima se digitalno signalno procesiranje koristi kao nova metoda u obradi zvuka i nije ograničen niti vezan uz neku određenu metodu rehabilitacije. Primjenjiv je u većini rehabilitacijskih postupaka vezanih uz glas govor i slušanje (kao i računalo bez kojega bi danas bilo nemoguće raditi). Može ga se koristiti uz bilo koju metodu ili način rehabilitacije. Rad s logopedskim setom ne isključuje uporabu klasičnih metoda i tehnika (npr. vježbe motorike artikulatora, primjenu različitih logopedskih sondi, špatule i sl.) ali njegovom primjenom možemo u mnogim aspektima poboljšati i ubrzati proces rehabilitacije.

Logopedski set predstavlja inovaciju u obradi zvučnog signala koristeći digitalno signalno procesiranje (DSP) koje omogućava brzu i preciznu obradu zvuka gotovo istom kvalitetom i brzinom kako to radi i ljudski mozak. Unatoč visokoj tehnologiji vrlo je jednostavan za rukovanje. U setu je već unaprijed pripremljeno i pohranjeno 50 gotovih programa (aplikacija) koji se jednostavno i brzo mogu aktivirati. Set nije ograničen niti vezan uz neku određenu metodu rehabilitacije i može se koristiti u većini rehabilitacijskih postupaka i uz bilo koju metodu ili način rehabilitacije. Logopedski set može se koristiti u dijagnostici glasa i govora a osobito na području terapije poremećaja govora (dislalijska, dizartrijska, mucanje) ili kod oštećenja sluha. Zahvaljujući raznolikim mogućnostima filtriranja i dinamičkom procesiranju zvuka izuzetno je pogodan u rehabilitaciji govora i slušanja kod djece s kohlearnim implantatom. Logopedski set koristi se već 10 godina u Hrvatskoj i Bosni i Hercegovini u oko 100 institucija i od velike je pomoći u svakodnevnom radu. Moglo bi se reći da je postao dio standardne opreme koju bi trebao imati svaki logoped ili audiorehabilitator.

5. VREMENSKE I SPEKTRALNE KARAKTERISTIKE GOVORA

5.1. VREMENSKE I INTENZITETSKE KARAKTERISTIKE GLASOVA

Na uzorku od 10 dječaka normalnog govornog statusa prosječne dobi 10 godina i 6 mjeseci izmjereni su slijedeći parametri govora (Heđever, 1996).

Tablica 11. Vremenski parametri govora

	Mean
fundamentalna frekvencija (F_0)	252,2 Hz
intenzitet F_0	70,56 dB
trajanje okluzije glasa /T/	76,72 ms
trajanje eksplozivnog šuma glasa /T/	19 ms
trajanje okluzije glasa /K/	76,1 ms
trajanje eksplozivnog šuma glasa /K/	23,0 ms
trajanje vokala /E/ u riječi "teta"	129,7 ms
trajanje vokala /A/ u riječi "teta"	239,7 ms
trajanje glasa /S/ u riječi "slika"	170,3 ms
trajanje vokala /I/ u riječi "slika"	97,5 ms
trajanje vokala /A/ u riječi "slika"	211,2 ms
trajanje vokala /E/ u riječi "meso"	128,9 ms
trajanje glasa /S/ u riječi "meso"	160,7 ms
trajanje vokala /O/ u riječi "meso"	220,2 ms
trajanje glasa /Š/ u riječi "šuma"	152,1 ms
trajanje vokala /U/ u riječi "šuma"	132,9 ms
trajanje vokala /A/ u riječi "šuma"	217,2 ms
trajanje vokala /A/ u riječi "čaša"	149,7 ms
trajanje glasa /Š/ u riječi "čaša"	135,7 ms

6. AKUSTIČKA ANALIZA GLASA I GOVORA U DIJAGNOSTICI

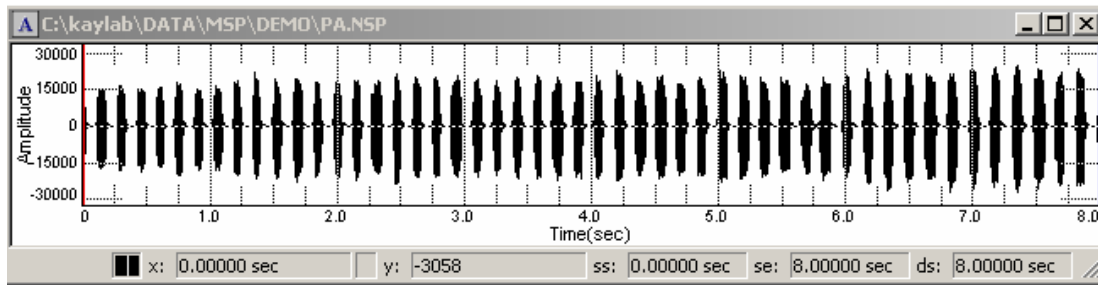
6.1. ISPITIVANJE MOTORIKE GOVORA - DIJADOHOKINEZA

Dijadohokineza ili dijadohokinetička brzina je pojam koji se susreće u neurologiji i logopediji. U neurologiji se odnosi na sposobnost vršenja brzih antagonističkih pokreta na rukama i nogama a ispituje se kombinacijama pokreta kao npr. stiskanjem/otvaranjem šake, udaranje dlanovima po natkoljenicama, pomicanje prstiju kao da se svira klavir i sl. Nemogućnost ili nepreciznost izvođenja ovakvih pokreta naziva se adijadohokineza.

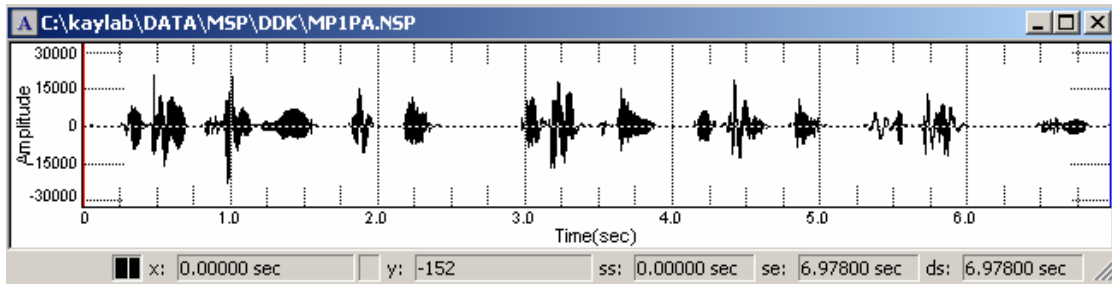
Dijadohokineza u govoru (Diadochokinetic rate - DDK) mjeri kako brzo neka osoba može proizvesti seriju brzih uzastopnih izmjenjujućih glasova. Najčešće se traži uzastopno ponavljanje serije slogova s kombinacijom konsonant-vokal ("pa-ta-ka" ili "pa-pa-pa..."). Umjesto pojma dijadohokineza može se koristiti i termin "maksimalna govorna brzina ponavljanja". Cilj ispitivanja dijadohokineze je procjena maksimalne brzine pomicanja artikulatora u izgovoru pri čemu se mjesto artikulacije uzastopno mijenja od prednjeg (usta) preko srednjeg dijela usne šupljine (pokret jezika) do stražnjeg (meko nepce). Rezultat se iskazuje kao maksimalni broj izgovorenih slogova u određenom vremenu (obično se uzima vrijeme od 5 do 15 sekundi, ali ispitivač mora uzeti u obzir jednako vrijeme kod svih ispitivanja). Slabije sposobnosti (manji broj izgovorenih slogova) može ukazivati na nedovoljnu maturaciju neuro-motornog govornog sustava ili na neurološke ili govorne poteškoće (ataksija, apraksija, dizartrija, mucanje i sl.).

Prilikom ispitivanja logoped mora prvo sam demonstrirati (pokazati) što se traži od ispitanika, zatim dati ispitaniku da pokuša to ponoviti i tek nakon uvježbavanja se vrši pravo testiranje.

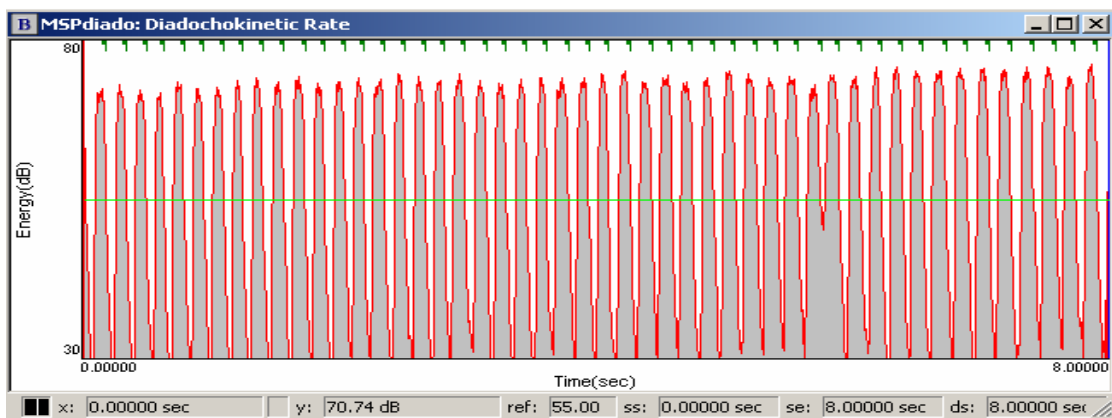
Kod mlađe predškolske djece može se koristiti i neka druga serija slogova koja su djeci jednostavnija i razumljivija kod davanja uputa. To npr. može biti neka riječ koja je poznata mlađoj djeci ali riječ mora sadržavati sva tri položaja izgovora (prednji – srednji – stražnji) kao npr. "patike" ili "patika" (papuče). Iznimno, kod mlađih se mogu koristiti i riječi s barem dva položaja izgovora (prednji – stražnji) kao npr. u riječima "pika" ili "puki". Ispitivanje dijadohokineze kod mlađe djece osobito je korisno u procjeni općih govornih motoričkih sposobnosti te kod djece sa sumnjom na mucanje.



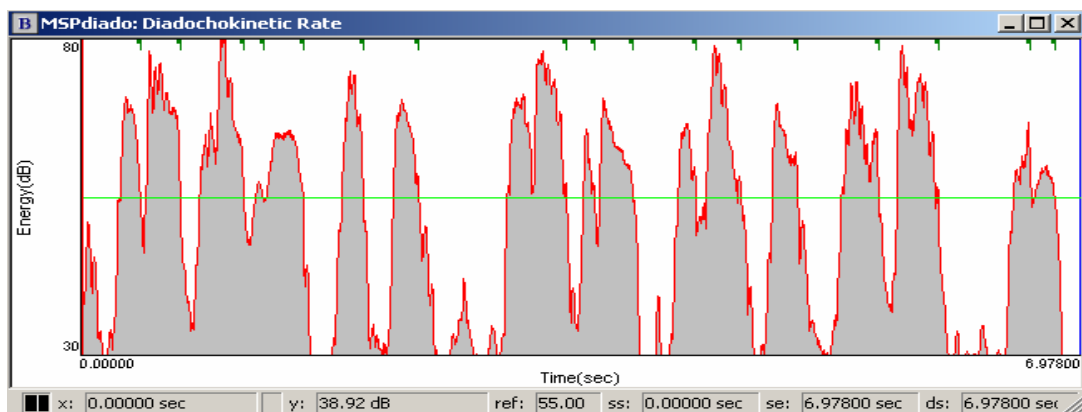
Slika 56. Oscilogram mjerjenja dijadohokineze (uzastopno ponavljanje slogova "pa-pa...").



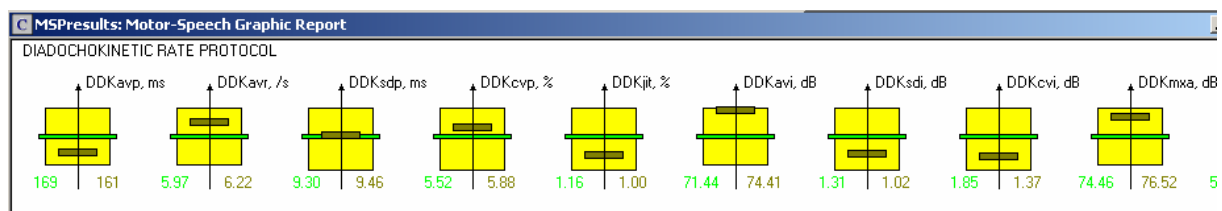
Slika 57. Oscilogram mjerjenja dijadohokineze (apraksija).



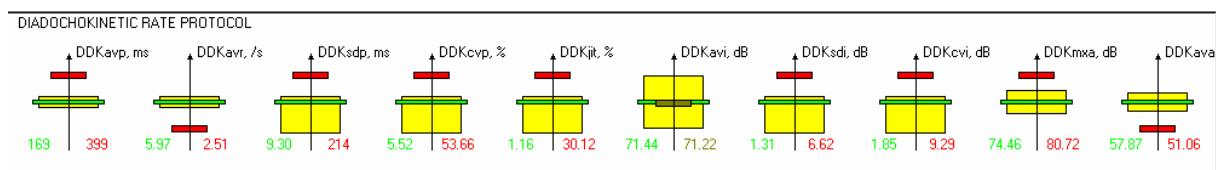
Slika 58. Prikaz amplitudnih modulacija kod ispitivanja dijadohokineze.



Slika 59. Prikaz amplitudnih modulacija kod ispitivanja dijadohokineze (apraksija).



Slika 60. Grafički prikaz izvješća rezultata dijadohokineze.



Slika 61. Grafički prikaz izvješća rezultata dijadohokineze (apraksija)

MSResults: Voice Report

Institution: Date: Apr 18, 2012, Wed Acc. #

Name: Gender: Male Age: File:

Address: City: State: ZIP:

Diagnosis: Comments:

Parameter	Name	Value	Unit	Norm(m)	STD(m)
DIADOCHOKINETIC RATE					
Average DDK Period	DDKavp	160.703	ms	168.540	14.189
Average DDK Rate	DDKavr	6.223	/s	5.972	0.465
Standard Deviation of DDK Period	DDKsdp	9.457	ms	9.297	1.871
Coeff. of Variation of DDK Period	DDKcvp	5.885	%	5.519	1.025
Perturbation of DDK Period	DDKjit	1.002	%	1.161	0.250
Average DDK Peak Intensity	DDKavi	74.412	dB	71.442	3.182
St. Deviation of DDK Peak Intensity	DDKsdi	1.021	dB	1.309	0.465
Coeff. of Variation of DDK Peak Intensity	DDKcvi	1.372	dB	1.847	0.691
Maximum Intensity of DDK Sample	DDKmx	76.518	dB	74.463	2.981
Average Intensity of DDK Sample	DDKava	55.796	dB	57.866	2.520
Average Syllabic Intensity	DDKsla	69.594	dB	67.264	2.591

Save As... Print... Info... OK Cancel

Slika 62. Tablični prikaz rezultata ispitivanja dijadohokineze.

MSPResults: Voice Report

Institution: Date: Apr 19, 2012, Thu Acc. #:

Name: Gender: Male Age: File:

Address: City: State: ZIP:

Diagnosis: Comments:

Parameter	Name	Value	Unit	Norm(m)	STD(m)
DIADOCHOKINETIC RATE					
Average DDK Period	DDKavp	398.914	ms	168.540	14.189
Average DDK Rate	DDKavr	2.507	/s	5.972	0.465
Standard Deviation of DDK Period	DDKsdp	214.074	ms	9.297	1.871
Coeff. of Variation of DDK Period	DDKcyp	53.664	%	5.519	1.025
Perturbation of DDK Period	DDKjit	30.121	%	1.161	0.250
Average DDK Peak Intensity	DDKavi	71.222	dB	71.442	3.182
St. Deviation of DDK Peak Intensity	DDKsdi	6.615	dB	1.309	0.465
Coeff. of Variation of DDK Peak Intensity	DDKcvi	9.288	dB	1.847	0.691
Maximum Intensity of DDK Sample	DDKmx	80.721	dB	74.463	2.981
Average Intensity of DDK Sample	DDKava	51.061	dB	57.866	2.520
Average Syllabic Intensity	DDKsla	65.555	dB	67.264	2.591

Save As...
Print...
Info...
OK
Cancel

Slika 63. Tablični prikaz rezultata ispitivanja dijadohokineze (apraksija).

6.2. ISPITIVANJE AKUSTIČKIH OSOBINA GLASA

U poglavlju 6.2.1. prikazani su kratki opisi značajnijih parametara u procjeni akustičke kvalitete glasa koje koristi računalni program MDVP (Multi Dimensional Voice Program, Kayelemetrics). Budući da su već neki parametri ranije objašnjeni, ovdje nisu navedeni (shimmer, jitter, F_0 - fundamnetalna frekvencija, HNR - odnos signal/šum i sl.).

6.2.1. AKUSTIČKI PARAMETRI GLASA

Akustičke parametre glasa možemo podijeliti u nekoliko osnovnih kategorija prikazanih u slijedećoj tablici.

Tablica 12. Akustički parametri glasa

pojam	osnovni parametri	dodatni parametri	izmjerena vrijednost (skala)	mjerna jedinica	MDVP parametri
fundament. frekvencija glasa	stabilna fonacija ili maksimalni fonacijski raspon	prosječna visina glasa	arit. sredina mod medijan	Hz	MPFR
		frekvencijski raspon		polutonovi Hz	RANGE
	govorna (habitualna) visina glasa	prosječna visina glasa	arit. sredina mod medijan	Hz	SF0
		frekvencijski raspon	arit. sredina mod medijan	polutonovi Hz	RANGE
intenzitet glasa	fonacijski intenzitet	prosječni intenzitet glasa		dB	
		intenzitetski raspon	fonetogram	dB	
	govorni intenzitet	raspoloživi raspon		dB	AIR
		habitualna glasnoća	arit. sredina mod medijan	dB	CIR
		habitualni dinamički raspon		dB	CIL
spektar glasa	jitter	prosjek		%	JIT
		varijacije jittera		%	RPP, PPQ
	shimmer	prosjek		%, dB	SHIM
		varijacije shimmera		%, dB	RAP, APQ
	omjer signal/šum			%, dB	NHR, VTI SPI

Tablica 13. Akustički parametri i percepcija kvalitete glasa

akustički parametar	opis parametra	subjektivna percepcija glasa	engleski termin
Jitter	varijacije u brzini titranja glasnica	glas se doima kao grub, hrapav, promukao	rough roughness
Shimmer	varijacije u intenzitetu zračne struje prilikom titranja glasnica		
HNR	odnos harmoničnog i šumnog dijela spektra	glas je šuman jer dio zračne struje stalno prolazi kroz glasnice zbog nedovoljne addukcije glasnica (air leakage), pojačana turbulencija zraka	breathiness brathy voice
		glas je napet i šuman zbog pojačane tenzije glasnica (vocal hyperfunction) javlja se pojačana energija u višem dijelu spektra	strained quality strained voice
Soft phonation index	slabost glasa, snižena akustička energija	glas je tih i slab uz čujan gubitak energije na višim harmonicima	asthenic

Pojedine akustičke osobine glasa imaju svoje korelate i na njihovoj percepcijskoj razini. Vrlo često se koristi Skala za perceptualnu analizu glasa poznata pod nazivom GRBAS. Ova je skala razvijena od strane Komiteta za testove koji ispituju fonatorne funkcije Japanskog udruženje logopeda i fonijatara (Hirano, 1981).

GRBAS je kratica početnih slova u riječima koje opisuju osobine glasa:

- **G**rade (generalni stupanj promuklosti)
- **R**oughness (hrapavost)
- **B**reathiness (šumnost)
- **A**sthenic (asteničnost – slabost glasa)
- **S**trained quality (napetost).

6.2.1.1. AMPLITUDE PERTURBATION QUOTIENT (APQ)

Amplitudni kvocijent perturbacije (APQ) mjeri kratkoročne promjene amplituda titranja glasnica (uzima u obzir niz od 11 uzastopnih titrajnih ciklusa). Manje je osjetljiv od Shimmera koji mjeri razlike za svaki titraj glasnica. Prisutan je kod pojačanih turbulencija zračne struje a glas s povećanim vrijednostima APQ je promukao i hrapav. APQ može biti koristan parametar uz shimmer.

6.2.1.2. AMPLITUDE TREMOR INTENSITY INDEX (ATRI)

Amplitudni intenzitetski tremor (ATRI) iskazuje varijacije podrhtavanja amplituda kod fundamentalne frekvencije (osim ATRI, tremor se manifestira i u frekvencijskoj domeni - FTRI).

6.2.1.3. DEGREE OF SUBHARMONIC COMPONENTS (DSH)

Stupanj subharmoničnih komponenti (DSH) u glasu trebao bi biti jednak nuli. DSH vrijednost može se povećati kod glasova u kojima dvostruka ili trostruka vrijednost subharmonika fundamentalne frekvencije može zamijeniti fundamentalnu frekvenciju. Javlja se kod diplofonije ili vrlo sporih vibracija glasnica. Ova se pojava može pojaviti kod bolesnika s funkcionalnom disfonijom ili neurogenim govornim poremećajima.

6.2.1.4. SOFT PHONATION INDEKS (SPI)

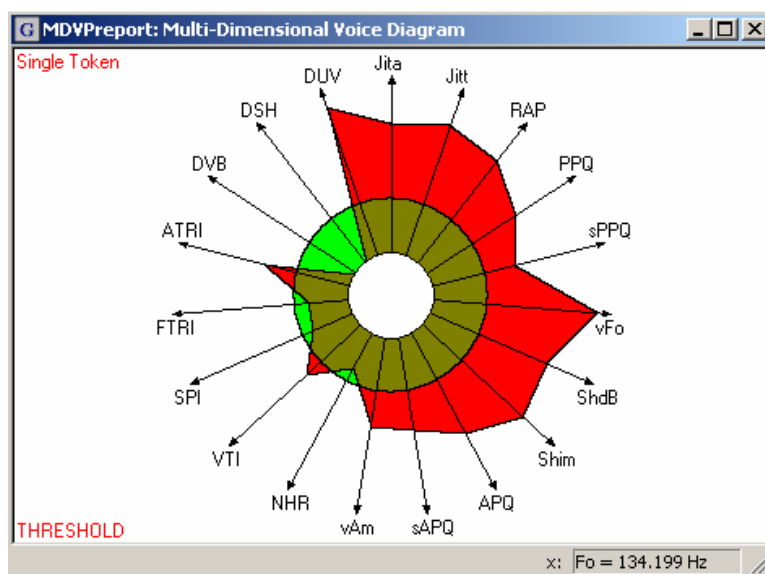
Indeks meke fonacije (SPI) ukazuje na nedostatak potpune addukcije (zatvaranja) glasnica prilikom fonacije. Ne mora nužno ukazivati na poremećaj glasam pa povećane vrijednosti me moraju značiti da se radi o poremećaju. SPI pokazuje koliko čvrsto se glasnice priljubljuju tijekom fonacije i češće može biti prisutan kod pojačanog načina foniranja.

6.2.1.5. VOICE TURBULENCE INDEX (VTI)

Indeks turbulencije glasa (VTI) odnosi se omjer neharmoničnog dijela spektra u području visokih frekvencija (1800-5800 Hz) prema harmoničnom dijelu spektra u nižem frekvencijskom području (70 – 4200 Hz). VTI mjeri relativnu razinu energije u višem šumnom dijelu spektra. VTI je vrlo često povezan s nepotpunom addukcijom glasnica i poput omjera signal/šum (HNR) ukazuje na pojačani šum u glasu.

6.2.2. PARALIZA GLASNICA

Paraliza može uključivati jednu (unilateralna) ili obje glasnice, i jedan ili oba živca od svake glasnice. Uzrok paralize jedne glasnice često je nepoznat, ali može nastati kao posljedice operativnih zahvata u području vrata ili operacije u prsima. Ako je oštećen laringealni živac, glasnice se ne mogu kretati prema medijalnoj liniji a uzdužna napetost glasnica može ostati sačuvana. Ako je kod unilateralne paralize sačuvana sposobnost zdrave glasnice da pređe srednju liniju kako bi dodirnula paraliziranu stranu, kvaliteta glasa i glasnoća mogu ostati dosta sačuvane.



Slika 64. Unilateralna paraliza glasnica (muškarac, 70 god.).

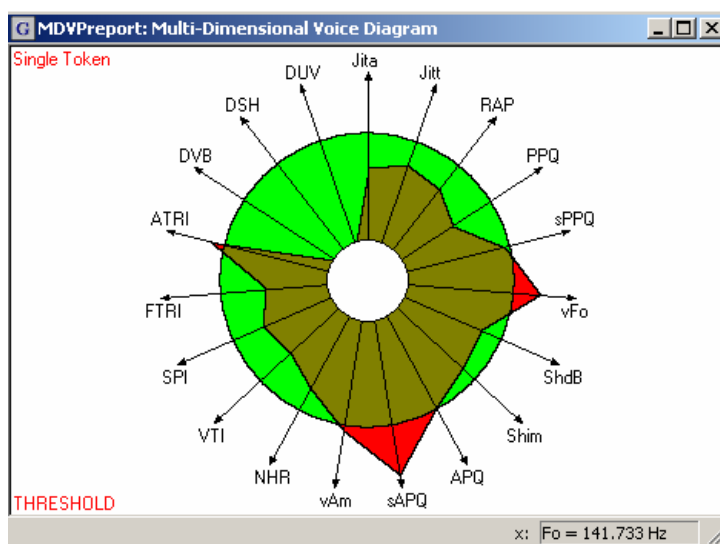
Tablica 14. Parametri glasa. Unilateralna paraliza glasnica (muškarac, 70 god.)

Parameter	Name	Value	Unit	Norm(m)	STD(m)	Threshold
važniji parametri su u sivom polju						
Average Fundamental Frequency	Fo	134.199	Hz	145.223	23.406	
Mean Fundamental Frequency	MFo	134.055	Hz	141.743	21.136	
Average Pitch Period	To	7.460	ms	7.055	1.052	
Highest Fundamental Frequency	Fhi	160.201	Hz	150.080	24.362	
Lowest Fundamental Frequency	Flo	115.682	Hz	140.418	23.729	
Standard Deviation of Fo	STD	4.347	Hz	1.349	0.675	
Phonatory Fo-Range in semi-tones	PFR	7		2.095	1.064	
Fo-Tremor Frequency	Fftr	2.740	Hz	3.655	3.731	
Amplitude Tremor Frequency	Fatr	5.797	Hz	2.728	1.755	
Length of Analyzed Sample	Tsam	1.003	s	3.000	0.000	
Absolute Jitter	Jita	192.352	μs	41.663	36.481	83.200
Jitter Percent	Jitt	2.579	%	0.589	0.535	1.040
Relative Average Perturbation	RAP	1.558	%	0.345	0.333	0.680
Pitch Perturbation Quotient	PPQ	1.574	%	0.338	0.290	0.840
Smoothed Pitch Perturbation Quotient	sPPQ	1.552	%	0.561	0.299	1.020
Fundamental Frequency Variation	vFo	3.239	%	0.939	0.434	1.100
Shimmer in dB	ShdB	0.795	dB	0.219	0.085	0.350
Shimmer Percent	Shim	9.212	%	2.523	0.997	3.810
Amplitude Perturbation Quotient	APQ	6.170	%	1.986	0.807	3.070
Smoothed Ampl. Perturbation Quotient	sAPQ	7.066	%	3.055	1.337	4.230
Peak-to-Peak Amplitude Variation	vAm	13.196	%	7.712	3.928	8.200
Noise to Harmonic Ratio	NHR	0.133		0.122	0.014	0.190
Voice Turbulence Index	VTI	0.081		0.052	0.016	0.061
Soft Phonation Index	SPI	11.136		6.770	3.784	14.120
Fo-Tremor Intensity Index	FTRI	0.700	%	0.311	0.139	0.950
Amplitude Tremor Intensity Index	ATRI	7.061	%	2.133	1.361	4.370
Degree of Voice Breaks	DVB	0.000	%	0.200	0.100	1.000
Degree of Sub-harmonics	DSH	0.000	%	0.200	0.100	1.000

Degree of Voiceless	DUV	3.030	%	0.200	0.100	1.000
Number of Voice Breaks	NVB	0		0.200	0.100	0.900
Number of Sub-harmonic Segments	NSH	0		0.200	0.100	0.900
Number of Unvoiced Segments	NUV	1		0.200	0.100	0.900
Number of Segments Computed	SEG	33		95.000	0.000	
Total Number Detected Pitch Periods	PER	129		433.143	0.000	

6.2.3. SPAZMODIČNA DISFONIJA

Naziva se još i spastična disfonija. Zahvaća mišiće larinksa koji upravljaju govorom. Tijekom govora glas varira zbog povremenih grčeva mišića glasnica (tremor, koji može zahvatiti i druge mišiće tijela). Govor je hrapav, kreštav, napet, podrhtavajući, promukao. Isprekidan je grčevima i na trenutke može potpuno izostati. Spazmodična disfonija dijeli se na adduktorni i abduktorni oblik (Lovrinčević, 2006).

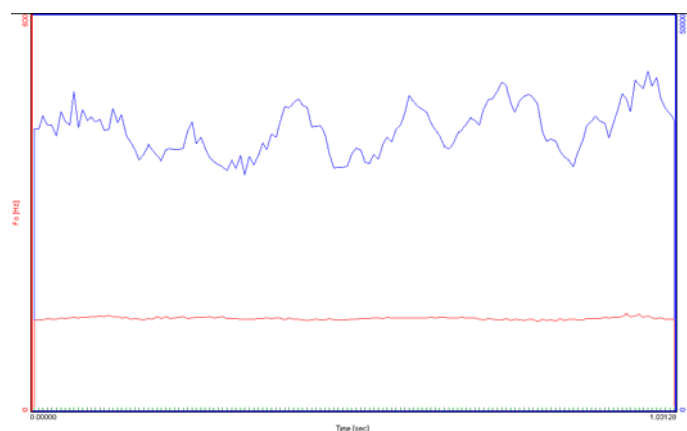


Slika 65. Spazmodična disfonija (žena 73 god.)

Tablica 15. Parametri glasa. Spazmodična disfonija (žena 73 god.)

Parameter	Name	Value	Unit	Norm(f)	STD(f)	Threshold
Average Fundamental Frequency	Fo	141.733	Hz	243.973	27.457	
Mean Fundamental Frequency	MFo	141.707	Hz	241.080	25.107	
Average Pitch Period	To	7.057	ms	4.148	0.432	
Highest Fundamental Frequency	Fhi	148.833	Hz	252.724	26.570	
Lowest Fundamental Frequency	Flo	136.824	Hz	234.861	28.968	
Standard Deviation of Fo	STD	1.920	Hz	2.722	2.115	
Phonatory Fo-Range in semi-tones	PFR	3		2.250	1.060	
Fo-Tremor Frequency	Fftr	3.200	Hz	3.078	1.964	
Amplitude Tremor Frequency	Fatr	5.479	Hz	2.375	1.743	
Length of Analyzed Sample	Tsam	1.031	s	3.000	0.000	
Absolute Jitter	Jita	56.627	μs	26.927	16.654	83.200

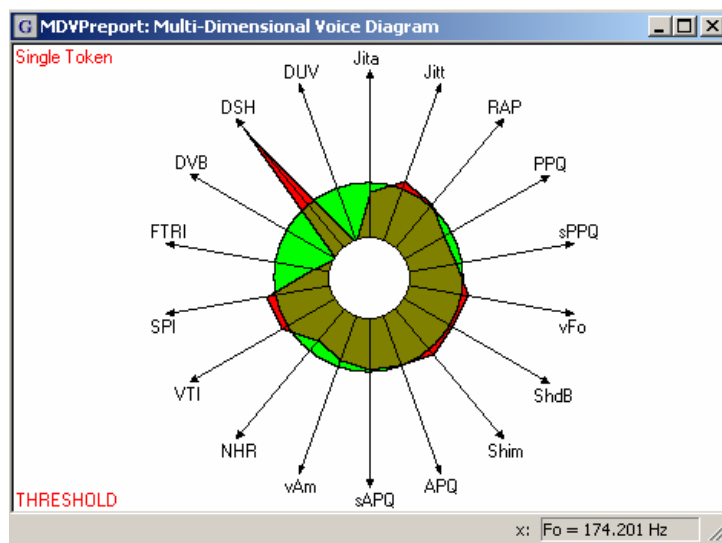
Jitter Percent	Jitt	0.802	%	0.633	0.351	1.040
Relative Average Perturbation	RAP	0.481	%	0.378	0.214	0.680
Pitch Perturbation Quotient	PPQ	0.482	%	0.366	0.205	0.840
Smoothed Pitch Perturbation Quotient	sPPQ	0.966	%	0.532	0.220	1.020
Fundamental Frequency Variation	vFo	1.355	%	1.149	1.005	1.100
Shimmer in dB	ShdB	0.275	dB	0.176	0.071	0.350
Shimmer Percent	Shim	3.170	%	1.997	0.791	3.810
Amplitude Perturbation Quotient	APQ	2.969	%	1.397	0.527	3.070
Smoothed Ampl. Perturbation Quotient	sAPQ	6.163	%	2.371	0.912	4.230
Peak-to-Peak Amplitude Variation	vAm	8.452	%	10.743	5.698	8.200
Noise to Harmonic Ratio	NHR	0.145		0.112	0.009	0.190
Voice Turbulence Index	VTI	0.037		0.046	0.012	0.061
Soft Phonation Index	SPI	9.905		7.534	4.133	14.120
Fo-Tremor Intensity Index	FTRI	0.553	%	0.304	0.156	0.950
Amplitude Tremor Intensity Index	ATRI	5.008	%	2.658	1.931	4.370
Degree of Voice Breaks	DVB	0.000	%	0.200	0.100	1.000
Degree of Sub-harmonics	DSH	0.000	%	0.200	0.100	1.000
Degree of Voiceless	DUV	0.000	%	0.200	0.100	1.000
Number of Voice Breaks	NVB	0		0.200	0.100	0.900
Number of Sub-harmonic Segments	NSH	0		0.200	0.100	0.900
Number of Unvoiced Segments	NUV	0		0.200	0.100	0.900
Number of Segments Computed	SEG	34		92.594	0.000	
Total Number Detected Pitch Periods	PER	145		713.188	0.000	



Slika 66. Spazmodična disfonija (žena 73 god.), intenzitet (plava) i F0 (crvena)

6.2.4. VOKALNI NODULI

Nastaju obostrano na glasnicama poput žuljeva u obliku malih izbočina. Javljuju se kao posljedica neadekvatne uporabe glasa. Vokalni noduli mogu dovesti do promuklosti, zamora glasnica i pa i obezvučavanja glasa.



Slika 67. Vokalni noduli (žena, 20 god.)

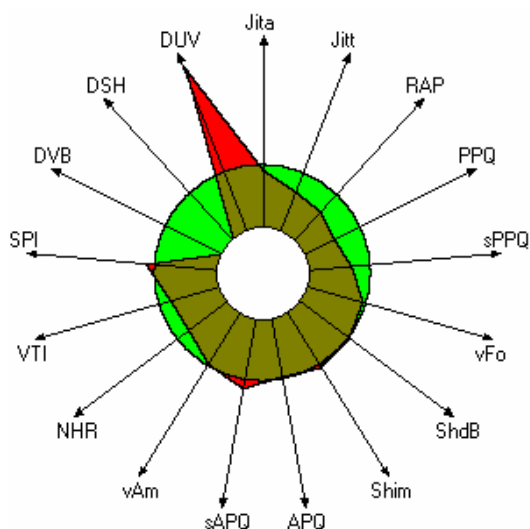
Tablica 16. Parametri glasa.Vokalni noduli (žena, 20 god.)

Parameter	Name	Value	Unit	Norm(f)	STD(f)	Threshold
Average Fundamental Frequency	Fo	174.201	Hz	243.973	27.457	
Mean Fundamental Frequency	MFo	174.177	Hz	241.080	25.107	
Average Pitch Period	To	5.741	ms	4.148	0.432	
Highest Fundamental Frequency	Fhi	180.026	Hz	252.724	26.570	
Lowest Fundamental Frequency	Flo	169.139	Hz	234.861	28.968	
Standard Deviation of Fo	STD	2.061	Hz	2.722	2.115	
Phonatory Fo-Range in semi-tones	PFR	2		2.250	1.060	
Fo-Tremor Frequency	Fftr	6.154	Hz	3.078	1.964	
Length of Analyzed Sample	Tsam	1.002	s	3.000	0.000	
Absolute Jitter	Jita	68.369	μs	26.927	16.654	83.200
Jitter Percent	Jitt	1.191	%	0.633	0.351	1.040
Relative Average Perturbation	RAP	0.710	%	0.378	0.214	0.680
Pitch Perturbation Quotient	PPQ	0.702	%	0.366	0.205	0.840
Smoothed Pitch Perturbation Quotient	sPPQ	0.876	%	0.532	0.220	1.020
Fundamental Frequency Variation	vFo	1.183	%	1.149	1.005	1.100
Shimmer in dB	ShdB	0.351	dB	0.176	0.071	0.350
Shimmer Percent	Shim	4.038	%	1.997	0.791	3.810
Amplitude Perturbation Quotient	APQ	2.864	%	1.397	0.527	3.070
Smoothed Ampl. Perturbation Quotient	sAPQ	3.863	%	2.371	0.912	4.230
Peak-to-Peak Amplitude Variation	vAm	7.008	%	10.743	5.698	8.200
Noise to Harmonic Ratio	NHR	0.140		0.112	0.009	0.190
Voice Turbulence Index	VTI	0.067		0.046	0.012	0.061
Soft Phonation Index	SPI	16.537		7.534	4.133	14.120
Fo-Tremor Intensity Index	FTRI	0.309	%	0.304	0.156	0.950
Degree of Voice Breaks	DVB	0.000	%	0.200	0.100	1.000
Degree of Sub-harmonics	DSH	3.030	%	0.200	0.100	1.000
Degree of Voiceless	DUV	0.000	%	0.200	0.100	1.000
Number of Voice Breaks	NVB	0		0.200	0.100	0.900

Number of Sub-harmonic Segments	NSH	1		0.200	0.100	0.900
Number of Unvoiced Segments	NUV	0		0.200	0.100	0.900
Number of Segments Computed	SEG	33		92.594	0.000	
Total Number Detected Pitch Periods	PER	173		713.188	0.000	

6.2.5. VOKALNE CISTE

Ciste su ozljede na glasnicama koje nastaju radi začepljenja cjevčice mukozne žlijezde ali se mogu javiti i zbog drugih razloga. Često uzrokuju oteklinu na suprotnoj glasnici i mogu biti pogrešno dijagnosticirane kao noduli. Za razliku od nodula, cista je ispunjena tekućinom.



Slika 68. Muškarac, 48 godina, cista.

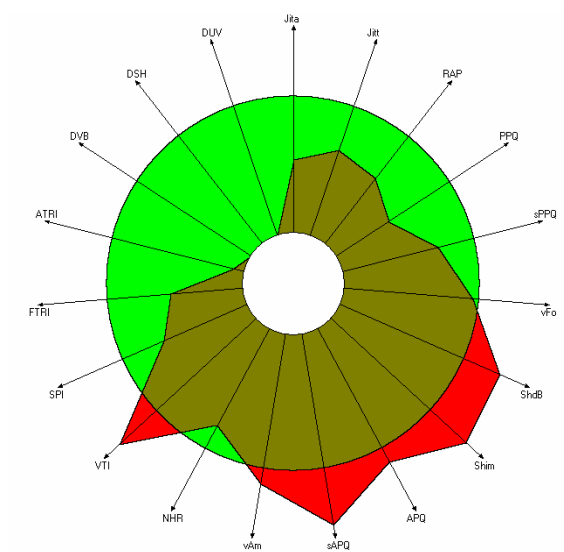
Tablica 17. Parametri glasa. Cista iz prethodnog primjera

Parameter	Name	Value	Unit	Norm(m)	STD(m)	Threshold
Average Fundamental Frequency	Fo	92.715	Hz	145.223	23.406	
Mean Fundamental Frequency	MFo	92.706	Hz	141.743	21.136	
Average Pitch Period	To	10.787	ms	7.055	1.052	
Highest Fundamental Frequency	Fhi	94.854	Hz	150.080	24.362	
Lowest Fundamental Frequency	Flo	90.767	Hz	140.418	23.729	
Standard Deviation of Fo	STD	0.899	Hz	1.349	0.675	
Phonatory Fo-Range in semi-tones	PFR	2		2.095	1.064	
Length of Analyzed Sample	Tsam	1.001	s	3.000	0.000	
Absolute Jitter	Jita	76.368	μs	41.663	36.481	83.200
Jitter Percent	Jitt	0.708	%	0.589	0.535	1.040
Relative Average Perturbation	RAP	0.415	%	0.345	0.333	0.680
Pitch Perturbation Quotient	PPQ	0.436	%	0.338	0.290	0.840
Smoothed Pitch Perturbation Quotient	sPPQ	0.682	%	0.561	0.299	1.020
Fundamental Frequency Variation	vFo	0.970	%	0.939	0.434	1.100
Shimmer in dB	ShdB	0.330	dB	0.219	0.085	0.350

Shimmer Percent	Shim	3.800	%	2.523	0.997	3.810
Amplitude Perturbation Quotient	APQ	2.805	%	1.986	0.807	3.070
Smoothed Ampl. Perturbation Quotient	sAPQ	4.647	%	3.055	1.337	4.230
Peak-to-Peak Amplitude Variation	vAm	7.653	%	7.712	3.928	8.200
Noise to Harmonic Ratio	NHR	0.145		0.122	0.014	0.190
Voice Turbulence Index	VTI	0.050		0.052	0.016	0.061
Soft Phonation Index	SPI	16.089		6.770	3.784	14.120
Degree of Voice Breaks	DVB	0.000	%	0.200	0.100	1.000
Degree of Sub-harmonics	DSH	0.000	%	0.200	0.100	1.000
Degree of Voiceless	DUV	3.030	%	0.200	0.100	1.000
Number of Voice Breaks	NVB	0		0.200	0.100	0.900
Number of Sub-harmonic Segments	NSH	0		0.200	0.100	0.900
Number of Unvoiced Segments	NUV	1		0.200	0.100	0.900
Number of Segments Computed	SEG	33		95.000	0.000	
Total Number Detected Pitch Periods	PER	91		433.143	0.000	

6.2.6. VOKALNI POLIPI

Polipi obično nastaju samo na jednoj strani glasnica (nisu simetrični kao noduli) a njihov nastanak često ima traumatsko porijeklo. Ponekad se polipi mogu riješiti poštedom glasa i medikamentima.



Slika 69. Žena, 59 godina (polipi)

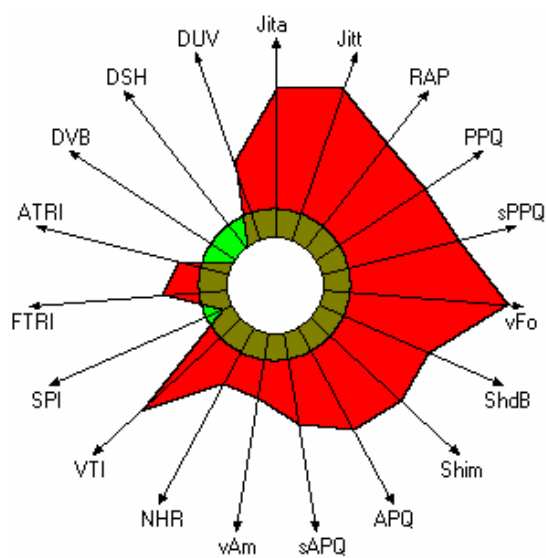
Tablica 18. Parametri glasa. Žena, 59 godina, polipi

Parameter	Name	Value	Unit	Norm(f)	STD(f)	Threshold
Average Fundamental Frequency	Fo	155.505	Hz	243.973	27.457	
Mean Fundamental Frequency	MFo	155.489	Hz	241.080	25.107	
Average Pitch Period	To	6.431	ms	4.148	0.432	
Highest Fundamental Frequency	Fhi	159.955	Hz	252.724	26.570	
Lowest Fundamental Frequency	Flo	151.821	Hz	234.861	28.968	
Standard Deviation of Fo	STD	1.615	Hz	2.722	2.115	

Phonatory Fo-Range in semi-tones	PFR	2		2.250	1.060	
Fo-Tremor Frequency	Fftr	2.817	Hz	3.078	1.964	
Amplitude Tremor Frequency	Fatr	2.740	Hz	2.375	1.743	
Length of Analyzed Sample	Tsam	1.003	s	3.000	0.000	
Absolute Jitter	Jita	44.226	μs	26.927	16.654	83.200
Jitter Percent	Jitt	0.688	%	0.633	0.351	1.040
Relative Average Perturbation	RAP	0.412	%	0.378	0.214	0.680
Pitch Perturbation Quotient	PPQ	0.388	%	0.366	0.205	0.840
Smoothed Pitch Perturbation Quotient	sPPQ	0.735	%	0.532	0.220	1.020
Fundamental Frequency Variation	vFo	1.039	%	1.149	1.005	1.100
Shimmer in dB	ShdB	0.447	dB	0.176	0.071	0.350
Shimmer Percent	Shim	5.136	%	1.997	0.791	3.810
Amplitude Perturbation Quotient	APQ	3.395	%	1.397	0.527	3.070
Smoothed Ampl. Perturbation Quotient	sAPQ	5.974	%	2.371	0.912	4.230
Peak-to-Peak Amplitude Variation	vAm	9.084	%	10.743	5.698	8.200
Noise to Harmonic Ratio	NHR	0.153		0.112	0.009	0.190
Voice Turbulence Index	VTI	0.083		0.046	0.012	0.061
Soft Phonation Index	SPI	9.368		7.534	4.133	14.120
Fo-Tremor Intensity Index	FTRI	0.500	%	0.304	0.156	0.950
Amplitude Tremor Intensity Index	ATRI	0.397	%	2.658	1.931	4.370
Degree of Voice Breaks	DVB	0.000	%	0.200	0.100	1.000
Degree of Sub-harmonics	DSH	0.000	%	0.200	0.100	1.000
Degree of Voiceless	DUV	0.000	%	0.200	0.100	1.000
Number of Voice Breaks	NVB	0		0.200	0.100	0.900
Number of Sub-harmonic Segments	NSH	0		0.200	0.100	0.900
Number of Unvoiced Segments	NUV	0		0.200	0.100	0.900
Number of Segments Computed	SEG	33		92.594	0.000	
Total Number Detected Pitch Periods	PER	154		713.188	0.000	

6.2.7. NEUROGENI POREMEĆAJI GLASA

različiti neurološki problemi mogu uzrokovati poteškoće u fonaciji (npr. Parkinsonova bolest).



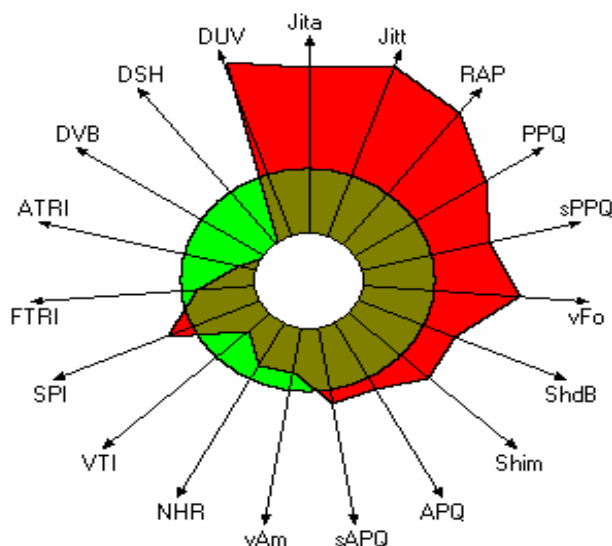
Slika 70. Muškarac, 85 godina (Parkins).

Tablica 19. Parametri glasa. Muškarac, 85 godina (Parkins)

Parameter	Name	Value	Unit	Norm(m)	STD(m)	Threshold
Average Fundamental Frequency	Fo	135.786	Hz	145.223	23.406	
Mean Fundamental Frequency	MFo	135.163	Hz	141.743	21.136	
Average Pitch Period	To	7.398	ms	7.055	1.052	
Highest Fundamental Frequency	Fhi	162.389	Hz	150.080	24.362	
Lowest Fundamental Frequency	Flo	111.605	Hz	140.418	23.729	
Standard Deviation of Fo	STD	9.172	Hz	1.349	0.675	
Phonatory Fo-Range in semi-tones	PFR	7		2.095	1.064	
Fo-Tremor Frequency	Fftr	4.819	Hz	3.655	3.731	
Amplitude Tremor Frequency	Fatr	2.963	Hz	2.728	1.755	
Length of Analyzed Sample	Tsam	1.001	s	3.000	0.000	
Absolute Jitter	Jita	411.596	μs	41.663	36.481	83.200
Jitter Percent	Jitt	5.563	%	0.589	0.535	1.040
Relative Average Perturbation	RAP	3.013	%	0.345	0.333	0.680
Pitch Perturbation Quotient	PPQ	3.634	%	0.338	0.290	0.840
Smoothed Pitch Perturbation Quotient	sPPQ	4.777	%	0.561	0.299	1.020
Fundamental Frequency Variation	vFo	6.755	%	0.939	0.434	1.100
Shimmer in dB	ShdB	1.382	dB	0.219	0.085	0.350
Shimmer Percent	Shim	15.378	%	2.523	0.997	3.810
Amplitude Perturbation Quotient	APQ	11.730	%	1.986	0.807	3.070
Smoothed Ampl. Perturbation Quotient	sAPQ	12.951	%	3.055	1.337	4.230
Peak-to-Peak Amplitude Variation	vAm	17.678	%	7.712	3.928	8.200
Noise to Harmonic Ratio	NHR	0.391		0.122	0.014	0.190
Voice Turbulence Index	VTI	0.276		0.052	0.016	0.061
Soft Phonation Index	SPI	5.615		6.770	3.784	14.120
Fo-Tremor Intensity Index	FTRI	2.064	%	0.311	0.139	0.950
Amplitude Tremor Intensity Index	ATRI	7.667	%	2.133	1.361	4.370
Degree of Voice Breaks	DVB	0.000	%	0.200	0.100	1.000
Degree of Sub-harmonics	DSH	0.000	%	0.200	0.100	1.000
Degree of Voiceless	DUV	72.727	%	0.200	0.100	1.000
Number of Voice Breaks	NVB	0		0.200	0.100	0.900
Number of Sub-harmonic Segments	NSH	0		0.200	0.100	0.900
Number of Unvoiced Segments	NUV	24		0.200	0.100	0.900
Number of Segments Computed	SEG	33		95.000	0.000	
Total Number Detected Pitch Periods	PER	134		433.143	0.000	

6.2.8. EDEM GLASNICA

Promuklosti glasa može biti uzrokovana edemom glasnica koji se češće javlja kod žena zrelije dobi, osobito pušača. Glas je dubok i hrapav. Poznata je i posebna vrsta - Reinkeov edem koji nastaje zbog nakupljanja tekućine u Reinkeovu prostoru sluznice glasnice. Često se naziva i pušački edem jer se najčešće razvija u žena koje dugotrajno puše. Glas žena s Reinkeovim edemom je poput muškog dubokog glasa i takvu osobu bi slušanjem lako zamijenili za muški spol.



Slika 71. Žena 38 godina, edem glasnica

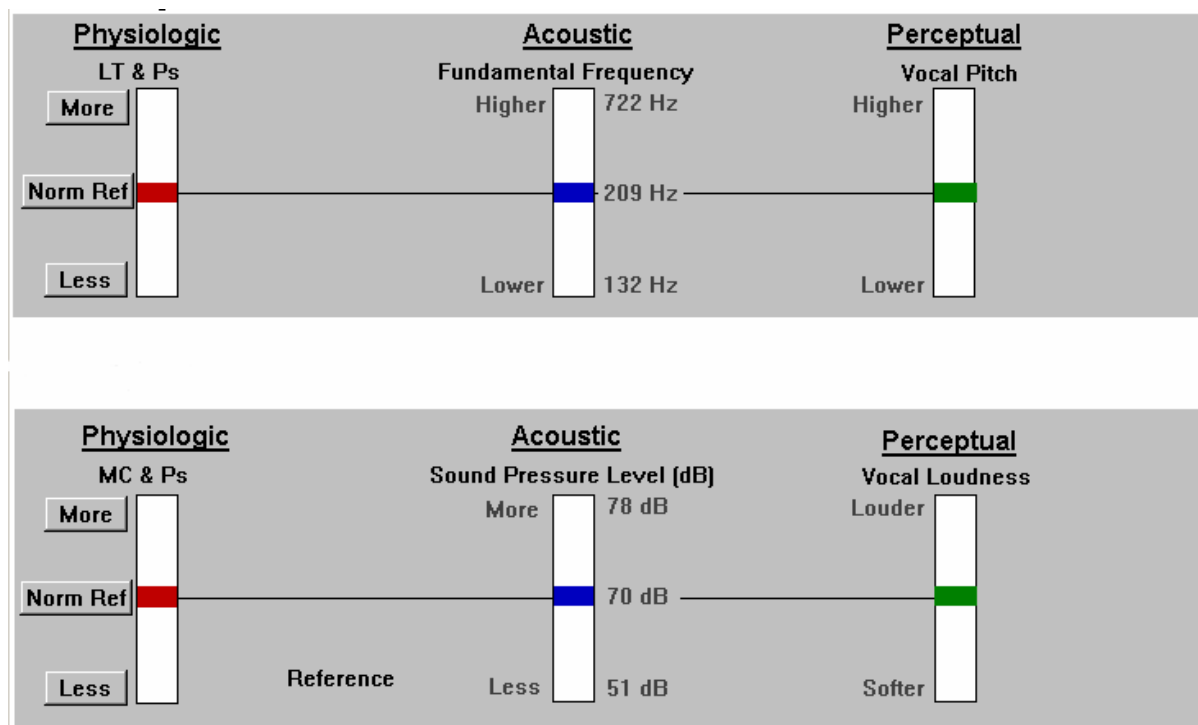
Tablica 20. Parametri glasa. Žena 38 godina, edem glasnica

Parameter	Name	Value	Unit	Norm(f)	STD(f)	Threshold
Average Fundamental Frequency	Fo	136.506	Hz	243.973	27.457	
Mean Fundamental Frequency	MFo	136.433	Hz	241.080	25.107	
Average Pitch Period	To	7.330	ms	4.148	0.432	
Highest Fundamental Frequency	Fhi	148.478	Hz	252.724	26.570	
Lowest Fundamental Frequency	Flo	130.504	Hz	234.861	28.968	
Standard Deviation of Fo	STD	3.151	Hz	2.722	2.115	
Phonatory Fo-Range in semi-tones	PFR	4		2.250	1.060	
Fo-Tremor Frequency	Fftr	4.211	Hz	3.078	1.964	
Amplitude Tremor Frequency	Fatr	2.235	Hz	2.375	1.743	
Length of Analyzed Sample	Tsam	1.191	s	3.000	0.000	
Absolute Jitter	Jita	210.243	μs	26.927	16.654	83.200
Jitter Percent	Jitt	2.868	%	0.633	0.351	1.040
Relative Average Perturbation	RAP	1.726	%	0.378	0.214	0.680
Pitch Perturbation Quotient	PPQ	1.750	%	0.366	0.205	0.840
Smoothed Pitch Perturbation Quotient	sPPQ	1.796	%	0.532	0.220	1.020
Fundamental Frequency Variation	vFo	2.309	%	1.149	1.005	1.100
Shimmer in dB	ShdB	0.485	dB	0.176	0.071	0.350
Shimmer Percent	Shim	5.528	%	1.997	0.791	3.810
Amplitude Perturbation Quotient	APQ	3.464	%	1.397	0.527	3.070
Smoothed Ampl. Perturbation Quotient	sAPQ	4.848	%	2.371	0.912	4.230
Peak-to-Peak Amplitude Variation	vAm	5.665	%	10.743	5.698	8.200
Noise to Harmonic Ratio	NHR	0.139		0.112	0.009	0.190
Voice Turbulence Index	VTI	0.025		0.046	0.012	0.061
Soft Phonation Index	SPI	19.407		7.534	4.133	14.120
Fo-Tremor Intensity Index	FTRI	0.737	%	0.304	0.156	0.950
Amplitude Tremor Intensity Index	ATRI	1.155	%	2.658	1.931	4.370
Degree of Voice Breaks	DVB	0.000	%	0.200	0.100	1.000
Degree of Sub-harmonics	DSH	0.000	%	0.200	0.100	1.000
Degree of Voiceless	DUV	12.821	%	0.200	0.100	1.000

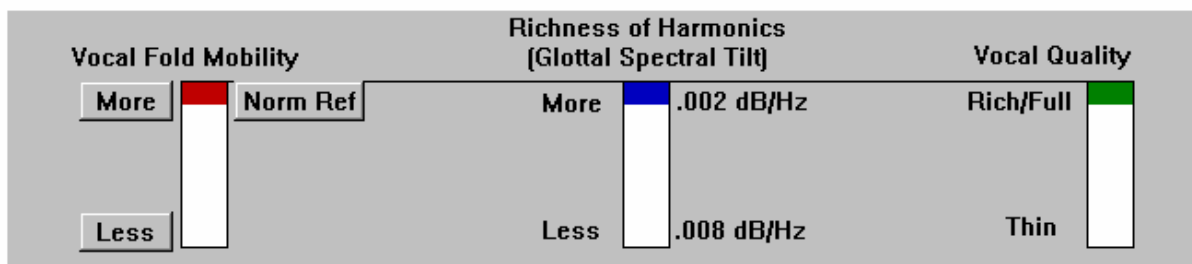
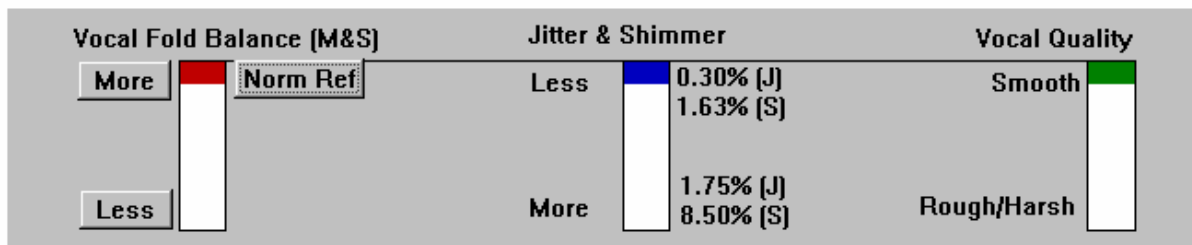
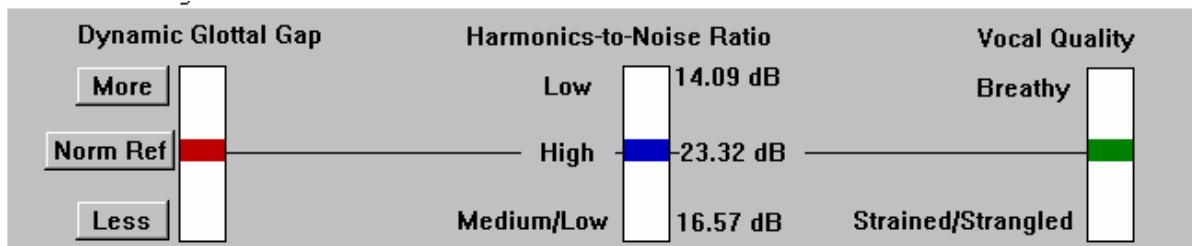
Number of Voice Breaks	NVB	0		0.200	0.100	0.900
Number of Sub-harmonic Segments	NSH	0		0.200	0.100	0.900
Number of Unvoiced Segments	NUV	5		0.200	0.100	0.900
Number of Segments Computed	SEG	39		92.594	0.000	
Total Number Detected Pitch Periods	PER	160		713.188	0.000	

6.3. AKUSTIČKI PARAMETRI I GLAS

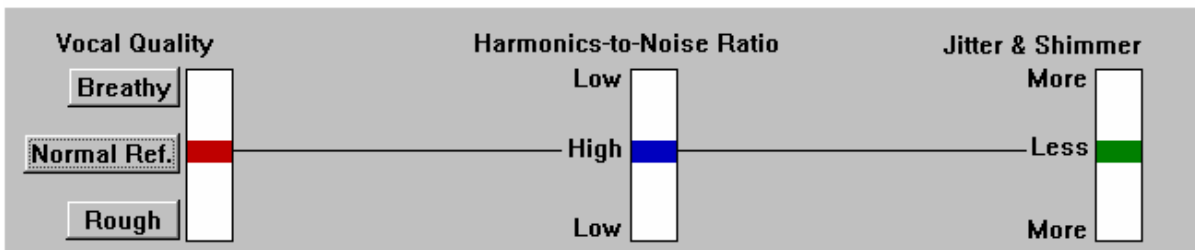
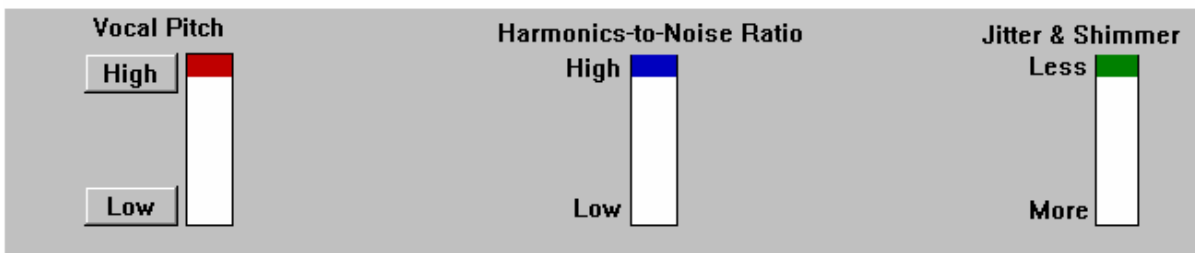
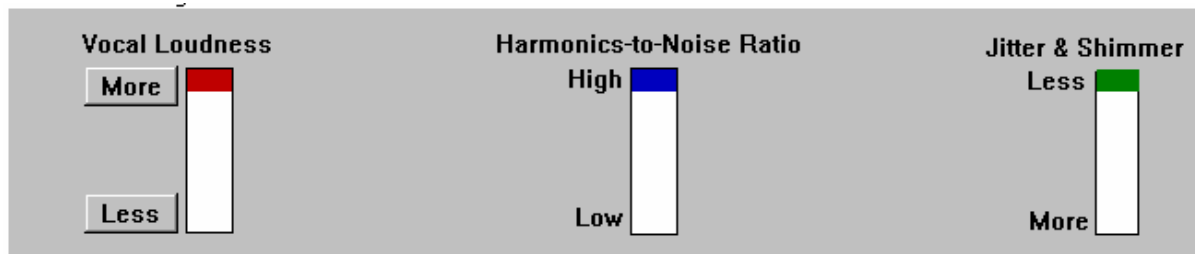
Sve promjene u kvaliteti glasa doživljavamo i percipiramo kao različite varijacije glasnoće, visine i kvalitete glasa. Vokalna kvaliteta ovisit će i o raznim dodatnim faktorima poput pojave šuma, prekida ili nepravilnog rada glasnica, njihovoj napetosti i sl. Slijedeće ilustracije prikazuju zavisnost akustičkih i perceptivnih osobina glasa a preuzete su iz računalne edukativne aplikacije "Simulation of Respiration, Phonation and Prosody" (Kim i Grozik, 2000).



Slika 72. Odnos visine glasa i glasnoće



Slika 73. Kvaliteta glasa



Slika 74. Interaktivni prikaz glasnoće, visine i kvalitete glasa

6.4. AKUSTIČKI PARAMETRI I ARTIKULACIJA

Slijedeći prikazi postavki artikulatora prilikom izgovora pojedinih glasova "izrezani" su iz računalne edukativne aplikacije "Applied Speech Science for Voice & Resonance Disorders" ((Kim i Grozik, 2004). Na ilustracijama treba obratiti pažnju na nekoliko elemenata.

Mjesto dodira artikulatora ili stvaranje pregrade tijekom artikulacije:

- usne
- zubi
- vrh jezika
- srednji ili stražnji dio jezika
- meko nepce.

Područje larinksa pokazuje:

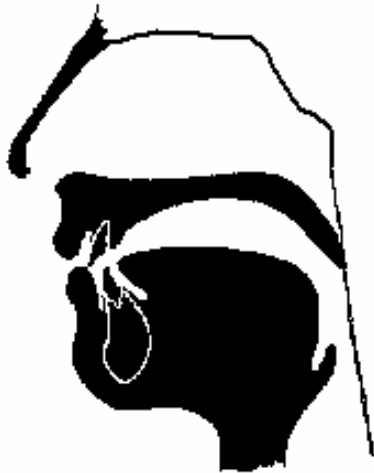
- rad glasnica (označeno crveno)
- stvaranje šuma u larinksu (plava boja)
- glasnice ne rade.



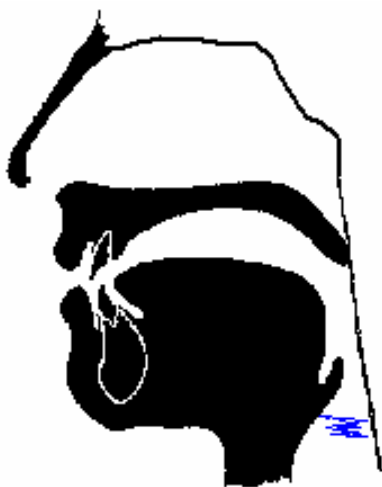
Slika 75. Postavke artikulatora kod izgovora glasa /A/



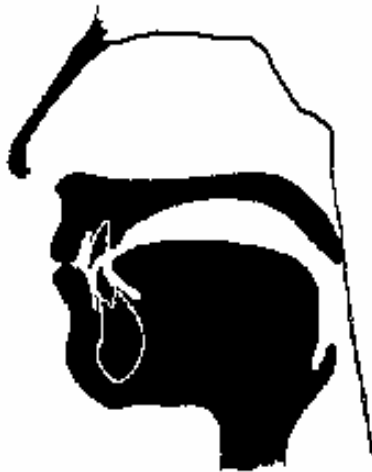
Slika 76. Postavke artikulatora kod izgovora glasa /V/



Slika 77. Postavke artikulatora kod izgovora glasa /F/



Slika 78. Postavke artikulatora kod izgovora glasa /H/



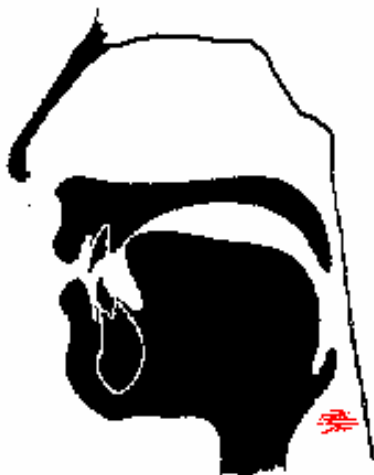
Slika 79. Postavke artikulatora kod izgovora glasa /P/



Slika 80. Postavke artikulatora kod izgovora glasa /B/



Slika 81. Postavke artikulatora kod izgovora glasa /M/



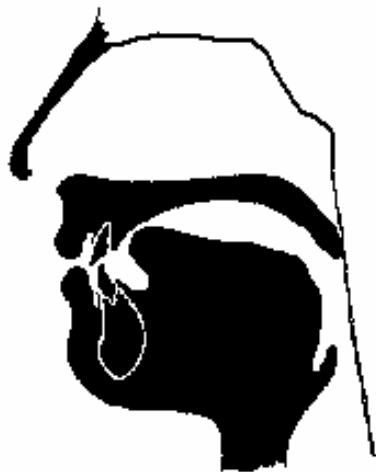
Slika 82. Postavke artikulatora kod izgovora glasa /N/



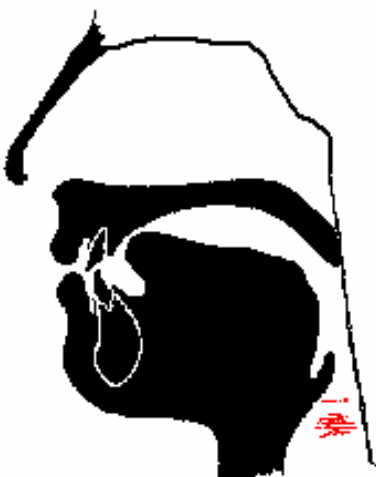
Slika 83. Postavke artikulatora kod izgovora glasa /K/



Slika 84. Postavke artikulatora kod izgovora glasa /G/



Slika 85. Postavke artikulatora kod izgovora glasa /S/



Slika 86. Postavke artikulatora kod izgovora glasa /Z/

7. LITERATURA

1. Cooley, J. W i Tukey, J. W. (1965). An algorithm for the machine calculation of complex Fourier series. *Math. Comput.* 19, 297–301.
2. Desnica – Žerjavić, N. (1982): Slušanje glasova govora na uskoj diskontinuiranoj formi u usporedbi sa slušanjem na uskoj kontinuiranoj formi. Magistarski rad, Filozofski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.
3. Fant, G. (1980): The relations between area functions and the acoustic signal. *Phonetica*, 37, 55-86.
4. Fujimura, O. (1962): Analysis of nasal consonants. *Journal of the Acoustical Society of America*, 34, 1865-1875.
5. Heđever, M. (1984): Mucanje i slušna povratna sprega sa zakašnjenjem prikazani pomoću neuro-kibernetičkog modela. *Defektologija*, Vol. 20, 1 - 2, Zagreb, 87 - 94.
6. Heđever, M. (1985): Akustički diskriminator glasova. *Defektologija*, Vol. 21, 1, Zagreb, 75 - 84.
7. Heđever, M. (2004). Digitalno signalno procesiranje u rehabilitaciji slušanja i govora. (priručnik, 74 str, http://www.taracentar.hr/logo_oprema/digitalni_logoset.pdf)
8. Heđever, M. (2012). Osnove fiziološke i govorne akustike. Internet skripta za studente. Edukacijsko-rehabilitacijski fakultet.
9. Heđever, M. i Blaži, D. (1999): Nova DSP (digital signal processing) tehnologija u logopediji. 6. Strokovno srečanje logopedov Slovenije. Nova Gorica, 14. – 16.4.1999.
10. Heđever, M., Blaži, D. i Bonetti, L. (2009). Digital Logopedic Set: Support Tool In Speech And Language Therapy. 7th CPLOL congress. Speech-language therapy in Europe: sharing good clinical practice. Ljubljana. <http://www.taracentar.hr/akcija.asp>
11. Heđever, M., Brestovci, B. i Sardelić, S. (1998): Primjena kompjutera u dijagnosticiranju mucanja. 1. međunarodni logopedski seminar. Mucanje: rano prepoznavanje, dijagnostika i terapija, Zagreb, 14-16.05.
12. Hirano M (1981) *Clinical Examination of voice*. New York: Springer-Verlag.
13. Jelaković, T. (1978): *Zvuk. Sluh. Arhitektonska akustika*. Školska knjiga, Zagreb.
14. Kent, R. D. i Read, C. (1992) *The Acoustic Analysis of Speech*. San Diego: Singular Publishing Group.
15. Kim, B. W. i Grozik, J. A (2000). *Simulation of Respiration, Phonation and Prosody*. Računalna edukativna aplikacije, Kay Elemetrics

16. Kim, B. W. i Grozik, J. A (2004). Applied Speech Science for Voice & Resonance Disorders. Računalna edukativna aplikacije, Kay Elemetrics
17. Lindblom, B. E. F., Sundberg, J. E. F. (1971): Acoustical consequences of lip, tongue, jaw and larynx movement. *Journal of the Acoustical Society of America*, 50, 1166-1179.
18. Stevens, K. N. (1971): Airflow and turbulence noise for fricative and stop consonants: Static considerations. *Journal of the Acoustical Society of America*, 50, 1180-1192.
19. Stevens, K. N. (1989): On the quantal nature of speech. *Journal of Phonetics*, 17, 3-45.
20. Stevens, K. N., House, A. S. (1955): Development of a quantitative description of vowel articulation. *Journal of the Acoustical Society of America*, 27, 484-493.
21. Titze, Ingo, R (1994): Workshop on Acoustic Voice Analysis. National Center for Voice and Speech, University of Iowa.
22. Wood, S. (1979): A radiographic analysis of constriction locations for vowels. *Journal of Phonetics*, 7, 25-43.

8. KAZALO POJMOVA

A – Weigt	58, 69	DSP procesor	45
A- krivulja	69	DVOSTRUKI DELAY.....	54
afazija	59	elektrokondenzatorski.....	51
akustička impedancija	35	Elongacija	11
akustička teorija govorne produkcije	33	energetska gustoća spektra	69
akustička tuba.....	35, 37	equaliser	46
akustički filter.....	35	ezofagealni govor.....	59
analizator	46	faktorska analiza	33
ANSI S1.6-1976	64	Fant	33, 35
antirezonancija	35	FFT analiza	17
art - terapija	61	FFT spektar	18
ataka glasa	29	filter.....	44
Audio-technica	51	filter uha.....	58, 69
AUDITIVNA STIMULACIJA	61	fiziološka razina glasnoće.....	69
autizam	59	fonacija	59
Behringer.....	41	formant.....	35
bijeli šum.....	69	formanti.....	13, 20
Bruel and Kjaer	69	formantske tranzicije	20
CD-player	57, 61	Fourier.....	16
centralna frekvencija	65	frikativi	33
delay	57	frikcija.....	33
DELAY	75	Fujimura.....	33
dijadohokineza	80	Fundamentalna frekvencija.....	15
diktafon.....	57, 61	glas.....	59
DIN 401	53, 64	glotis	35
diplofonija	28	harmonici	13, 34
diskontinuirana perceptivna optimala	57	harmonički zvuk	35
diskontinuirana perceptivna optimala	65	Harmonijski val	10
diskontinuirane optimalne	66	HNR.....	28
diskontinuirano.....	73	House	35
dizartrija	59	RASTI - Rapid Speech Transmision I....	77

interferencija.....	11	okluzivi	33
ISO R 266.....	53, 64	Oscilogram.....	13
izofonska korekcija	58, 69	osnovni laringalni ton	76
Jitter.....	25	osnovni laringealni ton	24, 46
kardioidni	43, 51	oštećenja sluha	75
kazetofon	57, 61	phantom power	44
konsonanti	33	Predpojačalo	44
kontinuirane optimale.....	66	quantal theory	33
konverter.....	45	Real Time Analyser	69
kvantna teorija artikulacije	33	relaksacija	61
labijalni faktor	33	Rezonancija.....	34
laringealni glas	34	Rezonancija vokalnog trakta.....	37
Lindblom	35	rezonatori	33, 34
Linear source-filter theory.....	35	Shimmer.....	25
linearna frekvencijska karakteristika.....	51	Siemens.....	75
linearno.....	61	Slušalice.....	51
lingvalni faktor	33	slušni trening.....	75
LPC analiza	18	sonogram.....	19
LPC spektar.....	18	Spektar	15
LTASS.....	18	spektrogram	19
magnetofon.....	57, 61	Srednji dugotrajni spektar.....	18
maksilo-mandibularni faktor	33	STEREO	54
meko nepce.....	33	STEREOLINK.....	69
memoriranje	46	Stevens.....	33, 35
mentalna retardacija	59	stojni val.....	11
mikrofon	43, 51	subglotički tlak.....	33
MIKROFON.....	51	superpozicija	11
MINI-DISK player/recorder.....	57, 61	svjetlosni efekt	59
MONO delay	54	Širokopojasna analiza	20
muzikoterapija.....	61	šuškava ataka	29
na princip diskontinuiranog slušanja.....	73	ton generator	75
nazalnost.....	18	Tremor	25
neurogeni.....	59	tro-parametarski model.....	35
SIL Speech Interference Level.....	77	tvrdop nepce.....	33

Ultracurve.....	75	Vizualni stimulator	58
ULTRACURVE	45, 64, 66	vjetrobran	51
ULTRAGAIN.....	44	vokalni trakt	35
Uskopojasna analiza	20	vokalnog trakta	33
valna duljina	11	Wood.....	33
Vibrato.....	25	Zvučni val	10
VIBROTAKTILNA STIMULACIJA	59	Zvuk	12
VISIVOX	58		