

**Mladen Heđever**

*Edukacijsko-rehabilitacijski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Odsjek za logopediju*

## Digitalni logopedski set u logopedskoj rehabilitaciji

### Digital logopedic set in speech and hearing rehabilitation

Stručni rad UDK: 376.1-056.263:371.68

---

#### SAŽETAK

Digitalni 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 45 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 bilo uz koju metodu ili način rehabilitacije. Logopedski set može se koristiti u dijagnostici glasa i govora, a osobito na području terapije poremećaja govora (dislalija, dizartrija, 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 200 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.

**Ključne riječi:** digitalni logopedski set ▪ digitalno signalno procesiranje ▪ logopedska rehabilitacija ▪ poremećaji govora ▪ oštećenja sluha

#### ABSTRACT

Digital logopedic set (DLS) represents innovation in sound processing. It uses digital signal processing which enables fast and precise elaboration of sounds with almost the same quality as human brain does. It is a high technology, but a user friendly apparatus. DLS has stored 45 applications which can easily be activated, and is not limited to one specific rehabilitation method, because it can be implemented as a support tool in most of therapeutic environments, accompanying any method of rehabilitation. DSL can be used in diagnostics of voice and speech disorders, and it is especially useful for auditory training. Because it has numerous possibilities of sound filtering and dynamic sound processing, it is very convenient to use in speech and hearing training of children with cochlear implants. Over the last 10 years, 200 institutions found the DSL to be of great help in everyday clinical practice, and one could say it has become a part of standard equipment for speech and hearing training.

**Key words:** digital logopedic set ▪ digital signal processing ▪ logopedic rehabilitation ▪ speech disorders ▪ hearing impairments



Današnje metode obrade zvuka u posljednjih desetak godina koriste gotovo isključivo 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, a kod uporabe ne zahtijeva posebna znanja.

Autor ove aplikacije i metode napravio je prve korake u području primjene novih tehnologija u logopedskoj rehabilitaciji još prije 23 godine (Heđever, 1984.; Heđever, 1985), a za svoje je ideje bio nagrađen brončanom plaketom na izložbi izuma i tehničkih unapređenja (INOVA-84). Međutim, put od ideje do konkretne realizacije često traje dugo jer je ideju ponekad, zbog materijalnih, tehničkih i financijskih mogućnosti, teško provesti u djelo. Tek posljednjih deset godina ova se aplikacija uspješno koristi uz procesor zvuka njemačke tvrtke Behringer, a logopedima u Hrvatskoj i Bosni i Hercegovina cijeli je komplet (aplikacija i uređaj) poznat pod nazivom 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 zaštićene su autorskim pravom. Digitalni logopedski set koristi već oko 200 institucija i logopeda i postao je dio standardne opreme većine logopeda i audiorehabilitatora.

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 kardioidni mikروفon profesionalne kvalitete (Model B-5, Behringer) te kvalitetne studijske slušalice (HPS3000 ili HPX2000, Behringer). 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.

## OPIS LOGOPEDSKOG SETA

### 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 mikروفon potreban ili ne. Ako se terapija izvodi samo s djecom, tada drugi mikروفon 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 mikروفon u ispravnom položaju. Međutim, ako se mikروفon uglavnom koristi za odrasle, adolescente ili djecu starijeg uzrasta, tada korištenje drugog mikrofona olakšava rad logopeda, a smanjuje se mogućnost prenošenja različitih infekcija.

### 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.

### Procesor zvuka: ultracurve pro deq2496

Uređaj u sebi ima dva 24-bitna DSP procesora (s 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 ovog 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 (neprociranog) zvuka na slušalicama (logopedi ga nazivaju "direktni kanal"). Unatoč velikim i bezbrojnim mogućnostima podešavanja (setiranja) uređaja, rad na uređaju je krajnje jednostavan za korisnika i potrebno je par sekundi da se iz memorije pozove bilo koja aplikacija.

## 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.

## 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  $\pm 15$  dB, a time se može postići maksimalna dinamika filtarske krivulje od 30 dB.

## FFT analizator zvuka

Pomoću 61-kanalnog FFT analizatora 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.

## Generator ružičastog šuma

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

## 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). Pogodan je za objektivno mjerenje razine govora i buke u učionicama, logopedskim kabinetima i drugim prostorima. Isto tako, vrlo je koristan u rehabilitaciji poremećaja glasa i oštećenja sluha.

## Dinamičko procesiranje

Ovaj uređaj ima velike mogućnosti dinamičkog procesiranja zvuka. Ova je opcija izuzetno važna kod svih vrsta oštećenja sluha i u njihovoj rehabilitaciji, neovisno radi li se o korištenju klasičnog slušnog aparata ili kohlearnog implanta. 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 uključivanja - nula milisekundi (*zero attack*), dok npr. najmodernija programabilna slušna pomagala imaju vrijeme uključivanja (*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 do 4000 ms, dok je kod ovog limitera to podesivo u vremenu od 0 do 4000 ms. AGC - automatic gain control u ovom uređaju može se podesiti u rasponu od 0 do 24 dB, dok je kod slušnih pomagala to podesivo u rasponu 0 do 21 dB.

Kompresor/ekspander dinamike s digitalnom IGC kontrolom (*Interactive Gain Control*) omogućava smanjenje ili povećanje dinamike zvuka. Prag kompresije zvuka može se regulirati u rasponu od 0 dB do -60 dB. Vrijeme uključivanja podesivo je u rasponu od 0 do 200 ms, a vrijeme otpuštanja u rasponu od 20 do 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 razumljivima. Ovo je osobito važno za osobe s kohlearnim implantima 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 uključivanja podesivo je u rasponu od 0 do 200 ms, a vrijeme otpuštanja od 20 do 4000 ms.

## 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 kardioidni mikrofoni (Jelaković, 1978, Titze, 1994). Kardioidni 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 do 4 cm od usta govornika, usmjerivši ga prema ustima govornika. Nadalje, mikrofona 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 mikrofona profesionalne kvalitete, tip: B-5 tvrtke Behringer (mikrofona ima pozlaćenu dijafragmu i koristi kardoidnu kapsulu, frekvencijski raspon: 50 – 20.000 Hz). 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 ergonomске 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 tvrtke Behringer (njihova referentna frekvencijska karakteristika potpuno je linearna u području od 20 Hz do 20 kHz). 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).

## PRIMJENA LOGOPEDSKOG SETA

### 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/brzopleitosti (pozitivna reakcija na DAF ukazuje na mucanje, a odsustvo efekta na brzopleitost).

### Primjena u terapiji

**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.

**Poremećaji izgovora.** Logopedski set ima gotove memorirane optimalne glasova pogodne za korekciju dislalije ili dizartrije. Optimalne 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. Optimalne 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 optimalne glasova može se istovremeno koristiti spektralni prikaz i DAF (Heđever, 1985.; Heđever i Blaži, 1999).

**Poremećaji tečnosti.** Za mucanje se koristi DAF s vrlo jednostavnim i brzim podešavanjem te u kombinaciji s odgovarajućim frekvencijskim "sjenčenjem" govora i dinamičkim procesiranjem (Heđever, 1984, 2004; Heđever, Brestovci, Sardelić, 1998). Isti efekt može se koristiti bilo uz 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 dizartrije (ili motoričke afazije) za blago smirivanje govorne motorike. Kod mucanja je vrlo korisno rabiti i vizualni prikaz kod vježbi fonacije ili impostiranja glasa.

**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.

**Kohlearni implant.** Kod primjene logopedskog seta u rehabilitaciji djece s kohlearnim implantom važno je napomenuti da se u rehabilitaciji ne smiju koristiti slušalice, već samo zvuk u slobodnom polju. Naime, stavljanje slušalice na glavu i njihovo elektromagnetsko polje koje proizvode, moglo bi uzrokovati smetnje ili oštetiti elektronski sklop implanta koji se nalazi u neposrednoj blizini uha. Stoga se, prema potrebi, uz set isporučuje komplet zvučnika koji se priključuju na set umjesto slušalice i kako bi se zvuk emitirao u slobodnom prostoru. Upravo je kod kohlearnih implanata važno dodatno dinamičko i frekvencijsko procesiranje zvuka koje omogućava logopedski set. Naime, kod kohlearnog implanta 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 implant može registrirati zvuk. Stoga se upravo ovdje, pomoću dinamičkog equalisera, kompresora i limitera, intenzitetski raspon prirodnog zvuka sužava u odgovarajuće područje.

**Razvojni jezični poremećaji, poremećaji čitanja, ADHD.** Svaka promjena ili modifikacija u slušanju vlastitog govora dovodi do pojačane pažnje i usmjerenosti na vlastiti govor. Usmjerenost pažnje pak dovodi i do promjena u načinu govora. Primjer za to je DAF efekt koji preko slušne povratne sprege utječe na sam govor. U nekim je slučajevima poželjno usmjeriti pažnju govornika na vlastiti govor (greške u govoru), osobito ako je slušanje "površno". To je slučaj kod poremećaja središnjeg slušnog procesiranja koji može biti povezan s teškoćama čitanja (disleksija), s jezičnim teškoćama, te kod djece s ADHD. Ovaj logopedski set nudi nekoliko programa za optimalnu razumljivost govora koji bi mogli pomoći u poboljšanju kontrole govora ili čitanja.

**Grupni rad, 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 prostoru). 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).

**Poremećaji slušnog procesiranja.** 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. 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 sljedenjem uputa te razlikovanjem sličnih glasova. Takva djeca u školi mogu imati teškoće u čitanju i razumijevanju informacija koje se u nastavi prezentiraju verbalno. Stoga logopedski set može biti koristan i kod ove populacije.

## 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 uvijek na 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:

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

## DODATNE MOGUĆNOSTI I OPREMA

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 stimulus, 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 setiranju, 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 bilo uz koji program, kao što se parametri kašnjenja signala također mogu i memorirati bilo uz 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.

## ZAKLJUČAK

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 bilo uz koju metodu ili način rehabilitacije. Rad s logopedskim setom ne isključuje uporabu klasičnih metoda i tehnika (npr. vježbe motorike artikulatore, primjenu različitih logopedskih sondi, špatule i sl.), ali njegovom primjenom možemo u mnogim aspektima poboljšati i ubrzati proces rehabilitacije.

## LITERATURA

---

- 1) Desnica – Źerjavić, 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.
- 2) Desnica – Źerjavić, N. (1987). Slušanje glasova govora na uskim kontinuiranim i diskontinuiranim frekvencijskim područjima. *Govor*, IV, 1, Zagreb, 19 – 34.
- 3) Desnica – Źerjavić, N. (1990). Neke slušne osobine glasova. *Govor*, VII, 2, Zagreb, 157 - 178
- 4) Heđever, M. (2004). Logopedski priručnik za rukovanje s u ređajem Ultracurve DEQ2496 PRO. Primjena DSP tehnologije u logopediji). Internet udžbenik, <http://www.taracentar.hr>
- 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., Brestovci, B., Sardelić, S. (1998). Primjena kompjutera u dijagnosticiranju mucanja. 1. međunarodni logopedski seminar. Mucanje: rano prepoznavanje, dijagnostika i terapija, Zagreb, 14-16.05.
- 8) Heđever, M. i Blaži, D. (1999). Nova DSP (digital signal processing) tehnologija u logopediji. 6. Strokovno srećanje logopedov Slovenije. Nova Gorica, 14. – 16.4.1999.
- 9) Jelaković, T. (1978). *Zvuk. Sluh. Arhitektonska akustika*. Školska knjiga, Zagreb.
- 10) Titze, I, R (1994). *Workshop on Acoustic Voice Analysis*. National Center for Voice and Speech, University of Iowa.

