

Razvoj preizkusov procesiranja govornih dražljajev: kognitivnopsihološki in avdiološki vidiki

Anja Podlesek¹, Luka Komidar¹, Gregor Sočan¹, Boštjan Bajec¹, Valentin Bucik¹, Jagoda Vatovec², Klas M. Brenk¹, Miha Žargi²

¹Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Oddelek za psihologijo, Ljubljana

²Klinični center Ljubljana, Klinika za otorinolaringologijo in cervikofacialno kirurgijo, Avdiološka ambulanta, Ljubljana

Kontaktni naslov: doc. dr. Anja Podlesek, Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Oddelek za psihologijo, p. p. 580, SI-1001 Ljubljana, tel.: 01 241 11 84, e-mail: anja.podlesek@ff.uni-lj.si

Poročilo predstavlja aplikativni raziskovalni projekt, ki sta ga v letih 2004–2007 sofinancirala Agencija RS za raziskovalno dejavnost (projekt L5-6240) in podjetje Slušni aparati Widex d.o.o.

Poročilu je dodana zgoščenka z razvitimi računalniškimi aplikacijami za govornoavdiometrično testiranje (za določanje praga govornega razumevanja) in PDF formatom poročila z navodili za uporabo.

Ljubljana, oktober 2007

Razvoj preizkusov procesiranja govornih dražljajev: kognitivnopsihološki in avdiološki vidiki

Povzetek

Govorna avdiometrija je danes eden od osnovnih in nujno potrebnih diagnostičnih pripomočkov pri ugotavljanju različnih ravni slušnega primanjkljaja. Z govorno avdiometrijo ugotavljamo kognitivne komponente (zaznavanje, prepoznavanje, razumevanje) govornih dražljajev, specifičnih za posamezne jezikovne skupine uporabnikov avdiometričnih storitev. V Sloveniji na otorinolaringoloških klinikah uporabljajo različico Freiburškega enozložnega govornega preizkusa, ki je z diagnostično metodološkega vidika nepopolna. Kvaliteta govornega materiala ni optimalna, fonetična struktura govornih dražljajev ni v celoti uravnorežena, posamezni dražljaji med seboj niso primerljivi po razumljivosti in razločnosti ter pogostosti uporabe v pogovornem jeziku, bistvena slabost preizkusa pa je, da zahteva veliko časa, zaradi česar je v diagnostične namene manj uporaben, saj prihaja pri udeležencih do utrujenosti, izmerjeni prag prepoznavanja govornih dražljajev pa v času ni najbolj stabilen. Namen raziskovalnega projekta je bil razviti (izpopolniti) govorno avdiometrični preizkus, ki bo časovno učinkovitejši in bo imel ustrezne merske lastnosti. Pri tem smo uporabili sodobno psihofizikalno metodologijo. Preverili smo ustreznost treh adaptivnih metod in semantične ter fonetične vidike uporabljenega govornega materiala. Za najustreznejši postopek za merjenje govornega razumevanja se je izkazala metoda stopnic. Rezultati projekta v prvi vrsti omogočajo izboljšanje natančnosti klinične diagnostike slušnih okvar. S tem so koristni za paciente, proizvajalce slušnih aparatov, zavode za zdravstveno varstvo in različne klinike, ki izvajajo govorno avdiometrijo, saj je zaradi boljše časovne ekonomičnosti možno preglede še učinkoviteje organizirati. Rezultati omogočajo natančno ter učinkovitejše načrtovanje in spremljanje rehabilitacije diagnosticiranih slušnih motenj.

Ključne besede: govorna avdiometrija, psihofizika, merjenje, prag govornega razumevanja, Freiburški enozložni preizkus, adaptivne metode, ISO 8253-3

Development of speech processing tests: cognitive psychological and audiological perspective

Abstract

Speech audiometry is one of the basic and indispensable diagnostic instruments for assessing levels of hearing impairments. Speech audiometry is used to examine cognitive components (detection, recognition and comprehension) of speech material, specific to the language group of the patient. In Slovenia, the otorhinolaryngological clinics use a version of the Freiburg monosyllabic speech recognition test. This version has certain weaknesses from diagnostic and methodological point of view. The quality of adapted speech material is far from optimal, the phonetic structure of speech material is not perfectly balanced, and the used monosyllabic words are not comparable in comprehensiveness, discriminability, and the frequency of use in everyday language. The basic drawback of the test is that it is time consuming, which results in fatigue and large variation of the measured speech recognition thresholds within and across the measurement sessions. The purpose of the research project was to develop (improve) speech audiometry tests in order to provide faster and more efficient testing. Test development was based on contemporary psychophysical methodology. Three adaptive methods were examined, and semantic and phonetic aspects of speech material were improved. The staircase method proved to be the most appropriate alternative to the Freiburg test. The results of the project enable clinical diagnostics of speech impairments to be more accurate, which has positive consequences for patients, producers of digital hearing aids, public health institutions, and clinics where speech audiometry services are offered. With the new procedure patient examinations can be less time consuming and more efficiently organised, and the rehabilitation of hearing impairments can be more effectively planned and monitored.

Key words: speech audiometry, psychophysics, measurement, speech recognition threshold, Freiburg monosyllabic test, adaptive methods, ISO 8253-3

Kazalo vsebine

1	Uvod.....	8
1.1	Govorna avdiometrija.....	8
1.2	Razvoj govorne avdiometrije v svetu.....	11
1.3	Razvoj govorne avdiometrije v Sloveniji.....	11
1.4	ISO standardi za govorno avdiometrično testiranje št. 8253-3.....	12
1.4.1	Zahteve za posneti govorni material.....	13
1.4.2	Priprava oseb in navodila.....	14
1.4.3	Določanje praga govorne detekcije.....	15
1.4.4	Določanje praga govornega razumevanja.....	16
1.4.5	Določitev dosežka razumevanja govora.....	17
1.4.6	Oblika govornega avdiograma.....	18
1.5	Postopki za določanje praga govornega razumevanja.....	19
1.5.1	Postopki, predvideni v standardih ISO 8253-3.....	19
1.5.2	Freiburški enozložni test.....	24
1.5.3	Drugi možni postopki za določanje praga govornega razumevanja.....	26
1.6	Dejavniki, ki vplivajo na prepoznavanje govora in lahko vplivajo tudi na izid govornoavdiometričnih meritev.....	31
2	Raziskovalni problem.....	34
3	Prvi korak: Pregled in priprava baze dražljajev.....	38
3.1	Preverjanje pogostosti uporabe predvajanih besed v vsakdanjem govoru.....	38
3.2	Preverjanje razumljivosti besed in jasnosti njihove izgovorjave.....	39
3.3	Rezultati.....	42
3.4	Baza dražljajev za adaptivne metode.....	46
4	Drugi korak: Analiza različnih metod merjenja govornega razumevanja.....	50
4.1	Metoda.....	50
4.1.1	Udeleženci.....	50
4.1.2	Dražljaji in pripomočki.....	50
4.1.3	Postopek.....	53
4.2	Rezultati.....	58
4.2.1	Prvi del meritev – Preverjanje ustreznosti postopkov na sliščem vzorcu.....	58
4.2.2	Drugi del meritev – Uporaba različnih postopkov na kliničnem vzorcu.....	65

4.2.3	Primerjava nekaterih značilnosti meritev v prvem in drugem delu	65
4.3	Razprava.....	67
4.3.1	Primerjava adaptivnih metod in Freiburškega preizkusa	67
4.3.2	Primerjava adaptivnih metod med sabo	69
4.3.3	Omejitve študije in izdelanega preizkusa.....	70
4.3.4	Zaključek.....	74
5	Reference.....	75
6	Priloga 1	78
7	Priloga 2	84
7.1	Namestitev računalniških aplikacij metod za merjenje praga govornega razumevanja	84
7.2	Navodila za uporabo aplikacij metod.....	85
7.3	Navodila za branje rezultatov meritev s posameznimi metodami.....	88

Seznam tabel

Tabela 1: Pregled pogostosti pojavljanja posameznih znakov v besedah v novi bazi dražljajev .	48
Tabela 2: Opisne statistike za prage govornega razumevanja, izmerjene z različnimi postopki..	58
Tabela 3: Opisne statistike za trajanje meritev z različnimi postopki.....	60
Tabela 4: Koeficienti korelacije med pragi, določenimi z različnimi metodami.....	62
Tabela 5: Korelacije pragov s povprečjem preko metod.....	63
Tabela 6: Opisne statistike za parne primerjave metod (tj. za razlike v pragih, izmerjenih s posameznim parom metod).....	64

Seznam slik

<i>Slika 1.</i> Ilustrativen primer merjenja praga govorne detekcije z daljšo različico naraščajoče metode merjenja s korakom 5 dB.....	16
<i>Slika 2.</i> Ilustrativen primer merjenja praga govorne detekcije s krajšo različico naraščajoče metode merjenja s korakom 5 dB.....	16
<i>Slika 3.</i> Ilustrativen primer meritve praga govornega razumevanja s padajočim postopkom z uporabo niza besed in koraka 5 dB.	20
<i>Slika 4.</i> Ilustrativen primer merjenja praga govornega razumevanja s padajočim postopkom z uporabo koraka 2 dB (PP2)..	21
<i>Slika 5.</i> Ilustrativen primer merjenja praga govornega razumevanja s padajočim postopkom z uporabo koraka 5 dB (PP5)	23
<i>Slika 6.</i> Ilustrativen prikaz postopka metode stopnic	29
<i>Slika 7.</i> Vrednost povprečja treh indikatorjev primernosti besede (pogostnosti uporabe v vsakdanjem življenju, jasnosti in razumljivosti) pri posameznih besedah.....	43
<i>Slika 8.</i> Vrednost posameznih indikatorjev primernosti besede (pogostnosti uporabe v vsakdanjem življenju, jasnosti in razumljivosti) pri posameznih besedah.....	45
<i>Slika 9.</i> Pogostost pojavljanja posamezne črke v besedah, ki so bile izbrane v bazo dražljajev za adaptivne metode, v primerjavi s pogostostjo njihovega pojavljanja v besedah iz baze, uporabljene v Freiburškem preizkusu.	46
<i>Slika 10.</i> Eksperimentatorjev zaslon v času izvajanja meritev pri padajočem postopku s korakom 2 dB (PP2).	52
<i>Slika 11.</i> Zaslonski posnetek postopka umerjanja dražljaja "irh"..	55
<i>Slika 12.</i> Vnosni okni uporabljenega računalniškega programa za merjenje praga razumevanja govora.....	57
<i>Slika 13.</i> Pragi, določeni s posameznimi metodami	59
<i>Slika 14.</i> Trajanje testiranja s posameznimi metodami	61

1 UVOD

1.1 GOVORNA AVDIOMETRIJA

Naše sporazumevanje poteka na dva osnovna načina: neverbalno (s kretnjo, mimiko) in verbalno. Raziskovalci sodijo, da se je govor začel razvijati pred približno pol milijona let, njegova filogeneza pa naj bi šla skozi tri glavne stopnje: znaki, glasovi, besede. Govor je sistem simbolov, ki omogočajo definiranje stanja zunanjega in notranjega sveta, sporočanje o tem drugim in razumevanje, če drugi nam želijo o tem sporočiti. Akustični signali so pomemben vir informacij. Okvare sluha spremenijo človekovo osebnost in ovirajo razvoj njegovih sposobnosti, posebno, če okvara sluha nastane zgodaj v otroštvu.

Sluh, tj. sprejemanje in interpretiranje zvočnih valov v okolju, preverjamo z različnimi preiskovalnimi metodami. Okvara sluha lahko nastane kjerkoli na slušni poti, od zunanjega ušesa do možganskih centrov, ki procesirajo zvočne dražljaje. Preučevanje motenj slušnega procesiranja je interdisciplinarni problem, ki zajema preučevanje anatomskih, fizioloških, kognitivnopsiholoških, nevropsiholoških in drugih dejavnikov, merjenje funkcioniranja sluha pa je pretežno problem psihofizike oz. psihološke metodologije.

Psihofizika se med drugim ukvarja z merjenjem občutljivosti senzornih sistemov. Osnovni problem pri spremljanju funkcioniranja sluha je merjenje slušnega praga (najmanjše jakosti zvoka, ki jo slišimo). Nadpražne meritve nam kažejo delovanje sluha pri glasnostih zvokov, večjih od praga. Ena od najpogostejših nadpražnih meritev je merjenje prepoznavanja, razumevanja govora.

Okvara sluha različno vpliva na detekcijo, prepoznavanje in razumevanje govora. Meritve prepoznavanja govora (govorno avdiometrične meritve) določijo, kako uspešno posameznik uporablja preostali sluh za razumevanje govora oziroma pri kakšni glasnosti posameznik govor primerno prepozna.

Govorna avdiometrija je osnovno orodje pri ocenjevanju izgube sluha. Uporabljamo jo diagnostično za določitev sposobnosti procesiranja govora in vzporedno s tonsko avdiometrijo. Če govorno avdiometrične meritve ne sovpadajo z meritvami slušnega praga za čiste tone,

nakažejo osrednje motnje slušnega procesiranja (Hull, 1997). Delovanje osrednjih slušnih poti je pomembno pri razločevanju za organizem relevantnega zvočnega signala od hrupa.

Najpogosteje govorno avdiometrijo izvajamo tako, da avdiolog dela z avdiometričnim orodjem, ki vsebuje govorni avdiometer (z mikrofonom in CD predvajalnikom), pacient pa je testiran v ločeni sobi (s slušalkami, preko zvočnikov v prostem zvočnem polju ali preko kostno prevodnih vibratorjev). Če testni material predvajamo preko slušalk, ga lahko predvajamo bodisi v eno uho ali v obe ušesi naenkrat.

Govorno avdiometrične mere se rutinsko uporabljajo za avdiološko ocenjevanje in so uporabne za (Stach, 1998):

- a) Merjenje pragov (za razumevanje) govora. Govorni prag predstavlja najnižjo intenziteto, pri kateri oseba še zazna oziroma prepozna govor. Ločimo prag za detekcijo govora in prag za prepoznavo govora.
- b) Navzkrižno preverjanje občutljivosti za čiste tone. Prag, ki ga pridobimo s tonsko avdiometrijo (povprečni prag za čiste tone – povprečje pragov pri tonih s frekvenco 500, 1000 in 2000 Hz) bi naj koreliral s pragom za detekcijo in prepoznavanje govora.
- c) Kvantifikacijo nadpražne sposobnosti prepoznavanja govora. Tonska avdiometrija in prag za detekcijo govora nam podata najnižjo raven zvočne intenzitete, pri kateri oseba zazna zvok, govorna avdiometrija pa nudi vpogled v slušno zaznavanje osebe pri nadpražnih slušnih dražljajih, in sicer v razlikovanje govora in prepoznavanje besed. Če rezultat govorne avdiometrije (ocena komunikacijske funkcije) močno odstopa od rezultatov tonske avdiometrije (oceno stopnje izgube sluha), to kaže na nevrološke motnje, npr. na retrokohlearno motnjo.
- d) Diferencialno diagnosticiranje. Mere govorne avdiometrije so uporabne pri ugotavljanju, ali je slušna motnja posledica sprememb v zunanjem ali notranjem ušesu, v polžu, v slušnem perifernem ali centralnem živčnem sistemu.
- e) Oceno centralne sposobnosti slušnega procesiranja. Govorna avdiometrija nam omogoča tudi ocenjevanje sposobnosti centralnega slušnega živčnega sistema za procesiranje zvočnih dražljajev onkraj ravni kohlearnega procesiranja slušnih dražljajev. Z razvojem naprednih mer govorne avdiometrije se približujemo možnosti merjenja funkcije centralnega slušnega sistema.
- f) Oceno komunikacijske funkcije. Prag za detekcijo govora nam da oceno slušne

občutljivosti, rezultati prepoznavanja govora nam povedo, v kolikšni meri je govor prepoznan pri nadpražnih vrednostih, napredne avdiološke mere pa nam nudijo informacije o tem, kako centralni slušni živčnem sistem procesira nadpražne slušne informacije. Z združitvijo teh avdioloških mer dobimo celostni profil pacientove komunikacijske funkcije.

Najpogosteje pri govorni avdiometriji ocenjujemo naslednje mere slušnega funkcioniranja (Smoski, 2007):

- prag za detekcijo govora, tj. najnižjo raven glasnosti govora, ki jo oseba lahko detektira v 50 % primerov. Oseba ne ponavlja besed, če pokaže, ali je bila beseda predvajana ali ne. Ponavadi uporabljamo dvozložne besede (z obema zlogoma enako poudarjenima), ker so lahko razumljive in vsebujejo dovolj informacije ter primerne tudi za mlajše, osebe iz drugih jezikovnih skupin in osebe z nevrološkimi okvarami. Pri osebah z majhno izgubo sluha je ta mera navadno 10–15 dB nižja kot prag govornega razumevanja.
- prag prepoznavanja govora, tj. najnižjo raven glasnosti, pri kateri oseba lahko v 50 % primerov identificira besedo. Navadno uporabimo dvozložne besede. S to mero validiramo prag za čiste tone, saj je korelacija med pragom govornega razumevanja in povprečnim tonskim pragom pri 500, 1000 in 2000 Hz zelo visoka. V klinični praksi sta ta dva praga v okviru 6 dB, kadar je slušni upad enak pri vseh treh frekvencah. Prag določamo tudi v primerih, ko želimo izvajati nadpražne meritve, ali če želimo določiti, kolikšno je izboljšanje po uporabi določenega slušnega pripomočka.
- nadpražno razumevanje besed (razločevanje govora). Z njim ocenjujemo sposobnost razumevanja in ponavljanja enozložnih besed pri nadpražnih glasnostih. Besedne liste (npr. ameriška PB-50, CID W-22, NU-6) za to testiranje so fonetično uravnotežene. Pacient mora besede ponoviti, določimo pa delež pravilnih ponovitev pri določeni glasnosti. Navadno pacienti dosežejo maksimalni dosežek pri 25–40 dB nad slušnim pragom. To testiranje uporabljamo tudi pri spremljanju napredka po uporabi slušnih pripomočkov v prostem zvočnem polju.
- sposobnost slišanja in razumevanja vsakodnevnega govora. Testiramo jo s stavki, tako da se približamo kontekstni umeščenosti pogovorov. Med temi testi najdemo teste zaznavanja govora v hrupu (npr. test SPIN, kjer je v polovici stavkov zadnja beseda ki je testna, iz konteksta predvidljiva, v polovici stavkov pa ne).
- najbolj udobno raven glasnosti in najbolj neudobno raven glasnosti.

1.2 RAZVOJ GOVORNE AVDIOMETRIJE V SVETU

Skozi zgodovino so ljudje poskušali objektivno oceniti sluh. Slabši sluh se kaže z zmanjšano občutljivostjo na zvočni dražljaj. Okvara sluha vpliva na zaznavanje in razumevanje govora. Že v antiki so preiskovali sluh z razumevanjem besed. Iz razdalje, s katere nekdo razume sogovornika, so sklepali na stopnjo naglušnosti. Če razumevanja ni bilo niti ob uhlju, so smatrali, da je oseba gluha. Govor je bil edini objektivni in dostopen izvor zvoka. Z razvojem znanosti se je metodologija preiskovanja sluha spreminjala. Skozi devetnajsto stoletje so se razvile naprave, ki so uporabljale zvoke točno določene frekvence in jakosti. Leta 1879 je profesor Hughes v Angliji skonstruiral električni sonometer, ki so ga kasneje poimenovali avdiometer. Po prvi svetovni vojni je razvoj elektronk omogočil natančnejši in manjši generator zvoka. Ameriški znanstveniki so oblikovali formular – avdiogram, v katerega se vpisuje rezultate tonalne avdiometrije, vpeljali so tudi enoto decibel. Napredek tehnike tekom druge svetovne vojne pa je omogočil skupini strokovnjakov s harvardske univerze, da so razvili govorno avdiometrijo in jo vpeljali v vsakodnevno prakso. Sposobnost razumevanja govora temelji na izračunu odstotka razumljivosti liste standardiziranih besed, ki so po statističnih podatkih pogoste v pogovoru in se predvajajo preiskovancu v umerjeni intenziteti. Merimo lahko slušni prag zaznavanja govora in nadpražno prepoznavanje govora. Omogoča nam vpogled v vsakodnevne probleme sporazumevanja, ki nastanejo zaradi motnje sluha. Uporabljamo jo v diferencialno-diagnostične namene, ko ugotavljamo spremenjene zmožnosti predelave govornih signalov zaradi okvare srednjega ušesa, polža, slušnega živca, slušnih poti v možganskem deblu in slušnih centrov v možganski skorji. Pridobiva pomen pri oceni rehabilitacije sluha z medicinsko tehničnimi pripomočki in vsadki.

1.3 RAZVOJ GOVORNE AVDIOMETRIJE V SLOVENIJI

V Sloveniji je v 60-ih letih prejšnjega stoletja dr. Alojz Štrancar iz Univerzitetne klinike za otorinolaringologijo v Ljubljani s sodelavci razvil govorno avdiometrijo za slovensko jezikovno področje. Upoštevali so priporočila Hahlbrocka (1957) in se zgledovali po nemških freiburških govornih testih, ki so imeli nemške standarde (DIN 45621). Sestoji iz več testov:

1. številčni test (večzložne besede, 6 stolpcev, vsak vsebuje 10 številc)
2. enozložne besede (10 stolpcev, vsak ima 28 besed)

3. stavčni test (4 stolpci, vsak po 11 stavkov)
4. enozložni test za otroke starosti 8–14 let (6 stolpcev po 5 besed)
5. otroški test za starost 6–8 let (6 stolpcev po 5 besed)
6. otroški test za starost 4–6 let (8 stolpcev po 4 besede)
7. otroški test za starost 2,5–4 let (2 stolpca po 20 besed)
8. otroški test za starost 1,5–2,5 let (2 stolpca po 12 besed).

Teste se lahko predvaja s CD preko slušalk ali preko zvočnikov. V klinični uporabi sta predvsem številčni in enozložni test. Razumljivost govora se izraža kot odstotek pravilno ponovljenih besed. Preiskava je zamudna, poteka 120 minut in od preiskovanca zahteva dolgotrajno pozornost, ki jo tako otroci kot starostniki težko vzdržujejo do konca testiranja. Uporablja veliko arhaičnih besed, ki jih v sodobnem jeziku ni. Besede imajo različno fonetično strukturo, zaradi česar po prepoznavnosti niso primerljive.

Zaradi vsega omenjenega je govorna avdiometrija le še občasno v uporabi, še posebno, ker so se razvile druge, časovno sprejemljivejše in objektivnejše preiskovalne metode sluha, pri katerih ni potrebno aktivno sodelovanje preiskovanca. Vendar so govorni testi nepogrešljivi pri oceni slušnega procesiranja govornih signalov v rehabilitacijskem postopku naglušnih in gluhih oseb tako z medicinsko-tehničnimi pripomočki kot z vsadki.

Posodobitev metode zahteva časovno hitrejšo meritev, ki bo s fonetičnega in semantičnega vidika omogočala zanesljivo, objektivno in občutljivo vrednotenje govornih dražljajev.

1.4 ISO STANDARDI ZA GOVORNO AVDIOMETRIČNO TESTIRANJE ŠT. 8253-3

V Sloveniji in drugod po svetu pri izvedbi meritev govornega razumevanja upoštevajo ISO standarde, specifično pa ISO standard 8253-3, ki govori prav o izvajanju govorne avdiometrije. Standarde je na področju akustike razvila organizacija The International Organization for Standardization; Technical Committee ISO/TC 43. Določajo postopke in zahteve za govorno avdiometrijo. V nadaljevanju bomo predstavili ključne točke teh standardov.

Govorno avdiometrijo uporabljamo za diagnostično oceno, pri avdiološki rehabilitaciji in za oceno slušne nezmožnosti. Posnet testni material lahko predvajamo s slušalkami, s kostnim

vibratorjem (prevajanje preko kranialnih kosti) ali z zvočniki (čemur rečemo avdiometrija v prostem zvočnem polju). Standardi predstavljajo zahteve za testni material, postopke vzdrževanja in umerjanja opreme. Ne vsebujejo pa zahtev za izvajanje testov na otrocih, ocenjevanja zaznavanja smeri zvoka ali ocenjevanja dihodičnega sluha.

1.4.1 Zahteve za posneti govorni material

Vsak posnetek mora vsebovati:

- govorni testni material
- signal za umerjanje govornega avdiometra: obteženi naključni šum, trajanje 60 s (spekter šuma s sredino 1 kHz in razponom 1/3 oktave), sinusoidna ali trikotna modulacija signala s frekvenco 4-20 Hz
- signale za testiranje frekvenčnega razpona govornega avdiometra: beli šum, trajanje 15 s, razpon 1/3 oktave, centriran na frekvencah 125-8000 Hz v koraku 1/3 oktave
- signale za testiranje harmoničnih distorzij govornega avdiometra: 60-sekundni čisti toni s frekvenco 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz in najvišjo frekvenco testnega materiala

Zahteve za ravni glasnosti so naslednje:

- Povprečna glasnost najmanjše množice testnih postavk, ki jo uporabimo na določeni ravni glasnosti, naj ne bi odstopala več kot ± 1 dB od povprečne glasnosti vseh postavk na listi (lista = vrsta postavk, ki jih predvajamo in točkujemo kot enoto).
- Povprečna glasnost vsake postavke naj ne bi odstopala več kot ± 3 dB od povprečne glasnosti vseh postavk na listi.
- Povprečna glasnost vsake liste naj ne bi odstopala več kot ± 1 dB od povprečne glasnosti vseh postavk.
- Namesto povprečne glasnosti lahko enake zahteve uporabimo za povprečni referenčni prag razumevanja govora (tj. mediano pragov večjega števila otološko normalnih oseb obeh spolov med 18 in 25 leti).
- Glasnost kalibracijskega signala ne sme odstopati za več kot $\pm 0,5$ dB od povprečne glasnosti vseh testnih postavk (glasnost merimo pri isti frekvenčni in časovni obtežitvi kot pri merjenju glasnosti govora).
- Glasnost šuma v ozadju mora biti vsaj 40 dB pod glasnostjo kalibracijskega signala.

- Soba za merjenje mora biti dovolj tiha. Zagotavljati mora SNR (razmerje signala in šuma) vsaj 40 dB. Čas reverberacije za frekvence 125–8000 Hz mora biti krajši od 0,5 s (zahteve za govorno avdiometrijo so manj stroge kot za tonsko avdiometrijo).
- Interval med zaporednimi postavkami mora biti konstanten znotraj –10 %. Za besede je priporočeni interval vsaj 4 s.

Material mora vsebovati tudi:

- zapis testa (liste besed)
- metode točkovanja
- referenčne krivulje govornega razumevanja (tj. povprečne psihometrične krivulje za populacijo normalno slišočih) za monavralni in binavralni sluh za vse materiale in metode točkovanja in opis pogojev pridobivanja teh krivulj (število oseb, starost, razpon pragov)
- trajanje, frekvenčni spekter in relativno glasnost kalibracijskega in drugih signalov
- glasnost vsake postavke glede na referenčno raven glasnosti
- glasnost kalibracijskega signala in njegov odnos do referenčnega praga govornega razumevanja
- intervale med zaporednimi testnimi postavkami
- frekvenčno in časovno obteževanje, uporabljeno pri merjenju glasnosti govora

1.4.2 Priprava oseb in navodila

Priprava oseb

- Predpostavljamo, da je bila predhodno izvedena tonska avdiometrija in je bilo preverjeno, ali je oseba sposobna razumeti in govorno reproducirati testni material.
- Osebe ne smejo biti predhodno izpostavljene hrupu (dvig praga) ali naporu – v sobo morajo priti vsaj 5 minut pred testiranjem.
- Pred meritvami je potrebno izvesti otoskopski pregled, odstraniti ušesno maslo ali kolaps ušesnih kanalov.

Navodila

- Navodila morajo biti nedvoumna, osebe jih morajo povsem razumeti.
- Uporabljamo jezik, razumljiv testirani osebi.

- Povemo: katero uho bomo najprej testirali; kakšne so postavke in kako oseba odgovarja; da mora odgovoriti, kadarkoli sliši govor, ne glede na to, kako tih je; (pri govorjenih odgovorih) naj odgovarja razločno, tudi če ni prepričana, da je postavko slišala pravilno, poda pa lahko samo en odgovor; naj se ne premika, če to ni potrebno.
- Prepričamo se, da je oseba navodila razumela, po potrebi ponovimo navodila; povemo, da se lahko preizkušnja prekine, če pride do neugodja.

Odgovarjanje testiranca

- Navadno oseba poda verbalni odgovor, lahko pa ga tudi natipka. Če je testator v drugi sobi, mora osebi odgovoriti nazaj.
- Odgovor mora biti testatorju razumljiv (testator mora razumeti jezik in mora dobro slišati).
- Interval med odgovori je odvisen od namena testiranja in načina odgovarjanja. (Rezultati so lahko odvisni od intervala med postavkami. Pri testiranju moramo uporabljati enake intervale kot pri določanju referenčnih vrednosti).

1.4.3 Določanje praga govorne detekcije

Za določeno osebo, govorni dražljaj in način predvajanja dražljajev, je prag detekcije govora glasnost, pri kateri oseba govor detektira (ne razume) v določenem številu primerov, navadno 50 %.

1. Pri monavralnem testiranju začnemo z ušesom, ki je bolj občutljivo.
2. Vsak dražljaj traja 1 do 2 s. Prvo postavko predvajamo pri dovolj visoki glasnosti – izzvati mora jasen odgovor DA – npr. 30 dB nad povprečjem tonskih pragov pri 500, 1000 in 2000 Hz.
3. Nato nižamo raven glasnosti v korakih po 20 dB, dokler ne dobimo odgovora NE.
4. Višamo glasnost govora v korakih po 5 dB (predvajamo po eno postavko pri vsaki glasnosti), dokler ne dobimo odgovora DA.
5. Nato spet nižamo glasnost v korakih po 10 dB in višamo v korakih po 5 dB, dokler ne dobimo odgovora DA.
6. Ponavljamo korak 5 dB, dokler pri isti glasnosti ne dobimo treh odgovorov DA od petih. To je prag govornega razumevanja. Če pri petih naraščajočih serijah ne dobimo treh odgovorov DA pri isti glasnosti, predvajamo postavko, ki je 10 dB glasnejša od predhodne. Nato ponavljamo korake 4–6.

7. Nadaljujemo z drugim ušesom.

Ilustrativna primera merjenja praga govorne detekcije sta prikazana na slikah 1 in 2.

30	da																				
25																					
20																					
15						da												da			
10	da				ne					da			da			ne				da	
5					ne		da			ne		ne		ne		ne				ne	
0					ne					ne		ne			ne						
-5				ne						ne											
-10			ne																		

Slika 1. Ilustrativen primer merjenja praga govorne detekcije z daljšo različico naraščajoče metode merjenja s korakom 5 dB.

Skrajšana različica te metode (imenovane tudi naraščajoča metoda) da skoraj enake rezultate, zato jo lahko v ustreznih okoliščinah uporabljamo brez zadržkov. V skrajšani različici testiranje izvajamo do koraka 6, dokler ne dobimo v treh naraščajočih serijah vsaj dveh odgovorov DA pri neki glasnosti.

30	da																				
25																					
20																					
15							da														
10	da					ne					da					da					
5						ne		da			ne			ne							
0						ne					ne			ne							
-5						ne					ne										
-10			ne																		

Slika 2. Ilustrativen primer merjenja praga govorne detekcije s krajšo različico naraščajoče metode merjenja s korakom 5 dB.

1.4.4 Določanje praga govornega razumevanja

Za določeno osebo, govorne dražljaje in način predvajanja dražljajev in pri določeni glasnosti govora je to delež pravilno prepoznanih postavk ali enot točkovanja, enak 0,50.

Postopki temeljijo na dveh pogosto uporabljenih korakih: 5 dB in 2 dB. Standardi ISO 8253-3 predstavljajo več različnih postopkov določanja praga govornega razumevanja: (a) padajoči postopek z uporabo koraka 5 dB, (b) alternativni padajoči postopek z uporabo koraka 2 dB in (c) alternativni padajoči postopek z uporabo koraka 5 dB. V korakih 1–3 so postopki identični, nato pa se razlikujejo. Ker sta oba postopka s korakom 5 dB padajoča, smo prvega zaradi večje jasnosti poimenovali *padajoči postopek z uporabo niza besed (PPUNB)*, drugega pa le *padajoči postopek (PP)*. Postopki so predstavljeni v poglavju 1.5.1.

Postopki naj bi dali enake rezultate, vendar je v standardih eksplicitno navedeno, da za to še ni eksperimentalnih dokazov.

1.4.5 Določitev dosežka razumevanja govora

- Če določamo dosežek pri več kot eni glasnosti (npr. pri določanju krivulje govornega razumevanja), ne smemo ponavljati istih postavk.
- Če pred testom ne določimo praga govornega razumevanja, moramo osebo predhodno seznaniti z nalogo, tako da ji predvajamo več testnih postavk pri dovolj visoki glasnosti, da so jasno slišne. Navadno izberemo glasnost 30 do 40 dB nad osebinim povprečnim tonskim pragom za tone s 500, 1000 in 2000 Hz.
- Na vsaki ravni glasnosti izvedemo celotno testno listo besed.
- Za določitev maksimalnega dosežka razumevanja govora, prvi dosežek navadno določimo pri glasnosti govora 25 do 30 dB nad pragom govornega razumevanja. Glasnost nato povečujemo v korakih 5 ali 10 dB, dokler ne najdemo maksimalnega dosežka ali dokler oseba ne začne poročati o neugodju ali utrujenosti. Če dosežek pri višjih glasnostih začne upadati, test nadaljujemo pri nižjih glasnostih.
- Za določitev dosežka razumevanja govora pri najudobnejši glasnosti izberemo glasnost s predvajanjem zveznega govornega dražljaja enakega tipa, kot je uporabljen v testu. Oseba mora poročati o glasnosti (prenizka, udobna, previsoka, močno previsoka). Pogosto je začetna vrednost najudobnejše glasnosti nekje na sredini med glasnostjo, ki je ocenjena za prenizko, in glasnostjo, ki je ocenjena za previsoko.
- Za določitev pol-optimalne glasnosti (tj. glasnosti, ki je polovica tiste, kjer dobimo maksimalni dosežek govornega razumevanja) najprej določimo maksimalni dosežek razumevanja govora. Zmanjšujemo glasnost v korakih 5 do 10 dB in predvajamo polno

testno listo pri vsaki glasnosti, dokler ne dosežemo dosežka, ki je nad polovico maksimalnega dosežka, in dosežka, ki je pod polovico maksimalnega dosežka. Pol-optimalno glasnost določimo z linearno interpolacijo kot celo vrednost med obema tema glasnostma.

- Dosežek izrazimo v odstotkih in zabeležimo glasnost, pri kateri je bil dosežen.

1.4.6 Oblika govornega avdiograma

- Pri grafični predstavitvi rezultatov govorne avdiometrije prikažemo dosežek govornega razumevanja v odstotkih na ordinatni, glasnost govora / nivo slišnosti govora / SNR v dB pa na abscisni osi. Dvajset odstotkov osi naj bi ustrezalo 10 dB. Poročati moramo tudi o tipu govornega materiala.
- Govorni avdiogram naj bi vseboval tudi referenčno krivuljo govornega razumevanja za uporabljeni testni material.

Standardi določajo še: kakšno mora biti kontralateralno maskiranje, kadar obstaja možnost, da bi pri monavralnem testiranju dražljaje slišali tudi v netestnem ušesu; kako merimo razumevanje govora v okolju z drugimi govornimi dražljaji (angl. *competing sound*); kako vzdržujemo in umerjamo opremo (rutinsko preverjanje in poslušanje, periodični elektroakustični testi, osnovni testi umerjanja).

1.5 POSTOPKI ZA DOLOČANJE PRAGA GOVORNEGA RAZUMEVANJA

1.5.1 Postopki, predvideni v standardih ISO 8253-3

1.5.1.1 Padajoči postopek z uporabo niza besed in korakom 5 dB – PPUNB5)

1. Pri monavralnem testiranju začnemo z ušesom, ki je bolj občutljivo.
2. Osebo predhodno dobro seznanimo z nalogo, tako da ji predvajamo več postavk pri dovolj visoki glasnosti, da so jasno slišne. Predvajamo glasnost govora, ki je 20 do 30 dB nad povprečnim tonskim pragom pri frekvencah 500, 1000 in 2000 Hz.
3. Manjšamo glasnost govora v korakih po 5 dB, pri čemer predvajamo vsaj dve postavki na vsaki ravni glasnosti, vse dokler osebe ne nehajo pravilno odgovarjati na postavke.
4. Predvajamo niz testnih postavk (z vsaj 10 postavkami) pri glasnosti, kjer je oseba nehala pravilno odgovarjati, in zabeležimo število pravilnih odgovorov.
5. Dokler oseba pravilno prepozna vsaj 50 % postavk v nizu, manjšamo glasnost v korakih po 5 dB in predvajamo nov niz postavk, vse dokler ni delež pravilno prepoznanih dražljajev manjši od 50 %. Navadno pri eni ravni oseba prepozna malo več kot 50 %, pri naslednji pa nekaj manj kot 50 % besed v nizu. Ko oseba dosega manj kot 50 % pravilne prepoznav, povečujemo glasnost v korakih po 5 dB in predvajamo nove nize postavk pri vsaki glasnosti, dokler oseba ne prepozna več kot 50 % postavk v nizu.
6. Prag govornega razumevanja za dano uho je cela vrednost glasnosti, pri kateri je prepoznanih 50 % besed v nizu. Dobimo jo z linearno interpolacijo med najnižjo glasnostjo, pri kateri je bil delež pravilnih prepoznav več kot 50 %, in najvišjo glasnostjo, pri kateri je bil delež pravilnih prepoznav manj kot 50 %. Če pri neki glasnosti dosežemo točno 50 % pravilnih prepoznav, je to prag govornega razumevanja.

Na sliki 3 vidimo primer poteka meritev s tem postopkom.

30	2								
25		2							
20			2						
15				1	60		60		
10						40			
5									
0									
-5									
-10									

Slika 3. Ilustrativen primer meritve praga govornega razumevanja s padajočim postopkom z uporabo niza besed in koraka 5 dB. Številke v prvih štirih serijah (stolpcih tabele) predstavljajo število pravilno ponovljenih, tj. razumljenih besed, številke v zadnjih treh pa deleže razumljenih besed pri posamezni glasnosti.

1.5.1.2 Padajoči postopek z uporabo koraka 2 dB (PP2)

1. Pri monavralnem testiranju začnemo z ušesom, ki je bolj občutljivo.
2. Osebo predhodno dobro seznanimo z nalogo, tako da ji predvajamo več postavk pri dovolj visoki glasnosti, da so jasno slišne. Predvajamo glasnost govora, ki je 20 do 30 dB nad povprečnim tonskim pragom pri frekvencah 500, 1000 in 2000 Hz.
3. Manjšamo glasnost govora v korakih po 5 dB, pri čemer predvajamo vsaj dve postavki na vsaki ravni glasnosti, vse dokler osebe ne nehajo pravilno odgovarjati na postavke.
4. Ko ena postavka ni pravilno prepoznana, predvajamo drugo pri isti glasnosti. Nadaljujemo s padajočim postopkom s korakom 10 dB, dokler ne dosežemo ravni, ko oseba ne ponovi nobene od dveh postavk iste glasnosti.
5. Povečamo glasnost za 10 dB. To je začetna raven glasnosti govora, L_s .
6. Pri padajočem postopku s korakom 2 dB predvajamo dve postavki na ravni L_s in pri vsakem naslednjem 2 dB upadu glasnosti.
7. Nadaljujemo, če oseba pravilno ponovi vsaj 5 od prvih 6 predvajanih postavk. Če tega kriterija ne doseže, povečamo L_s za 4–10 dB.
8. Padajočo serijo končamo, ko oseba nepravilno ponovi 5 od zadnjih 6 predvajanih postavk.
9. Prag govornega razumevanja T izračunamo po enačbi 1.

$$T = L_s - d \cdot r/n + d/2$$

[1]

1.5.1.3 Padajoči postopek z uporabo koraka 5 dB (PP5)

1. Pri monavralnem testiranju začnemo z ušesom, ki je bolj občutljivo.
2. Osebo predhodno dobro seznanimo z nalogo, tako da ji predvajamo več postavk pri dovolj visoki glasnosti, da so jasno slišne. Predvajamo glasnost govora, ki je 20 do 30 dB nad povprečnim tonskim pragom pri frekvencah 500, 1000 in 2000 Hz.
3. Manjšamo glasnost govora v korakih po 5 dB, pri čemer predvajamo vsaj dve postavki na vsaki ravni glasnosti, vse dokler osebe ne nehajo pravilno odgovarjati na postavke.
4. Ko ena postavka ni pravilno prepoznana, predvajamo drugo pri isti glasnosti. Nadaljujemo s padajočim postopkom s korakom 10 dB, dokler ne dosežemo ravni, ko oseba ne ponovi nobene od dveh postavk iste glasnosti.
5. Povečamo glasnost za 10 dB. To je začetna raven glasnosti govora, L_s .
6. Pri padajočem postopku s korakom 5 dB predvajamo 5 postavk na ravni L_s in pri vsakem naslednjem 5 dB upadu glasnosti.
7. Nadaljujemo, če oseba pravilno ponovi vsaj 5 predvajanih postavk. Če tega kriterija ne doseže, povečamo L_s za 4–10 dB.
8. Test končamo, ko oseba nepravilno prepozna vse postavke pri posamezni glasnosti.
9. Prag govornega razumevanja T izračunamo po enačbi 2 (za razlago simbolov glej razlago pri enačbi 1):

$$T = L_s - d \cdot r/n + d/2 \quad [2]$$

Na sliki 5 je prikazan primer merjenja praga govornega razumevanja s postopkom PP5.

30	2					5						
29												
28												
27												
26												
25	2					5						
24												
23												
22												
21												
20		1			4		4					
19												
18												
17												
16												
15								4				
14												
13												
12												
11												
10		1		3					3			
9												
8												
7												
6												
5										2		
4												
3												
2												
1												
0			0		0							0

Slika 5. Ilustrativen primer merjenja praga govornega razumevanja s padajočim postopkom z uporabo koraka 5 dB (PP5). Številke predstavljajo število pravilno ponovljenih besed pri posamezni dražljajski intenziteti oz. glasnosti. Vrednost praga govornega razumevanja, določen po enačbi 2, je: $T = 30 - 5 \cdot 23/5 + 5/2 = 9,5$ dB.

1.5.2 Freiburški enozložni test

Freiburški enozložni test je preizkus, ki temelji na metodi mej (za pregled te metode glej Podlessek in Brenk, 2004). Metoda mej (*angl.* method of limits) je psihofizikalna metoda, s katero določamo mejo zaznavanja, tj. točko, pri kateri pride do spremembe, ko zaznavanje dražljaja (oziroma razlike med dražljajema) preide v nezaznavanje ali obratno.

1.5.2.1 Metoda mej

Da bi določili absolutni prag, običajno pri metodi mej predvajamo udeležencu v raziskavi serije dražljajev, v katerih si intenzitete dražljajev sledijo v stopnjevanem zaporedju. Intenzitete izberemo vnaprej. Naloga udeleženca je povedati, ali dražljaj zaznava (uporabi odgovor *da*) ali ne (uporabi odgovor *ne*). Pri naraščajočih oziroma vhodnih serijah začnemo s podprazno intenziteto, ki je udeleženec ne zaznava, torej serijo začnemo na področju nezaznavanja. Nato intenziteto dražljaja v korakih povečujemo. Po vsakokratnem predvajanju dražljaja udeleženec pove, ali je dražljaj zaznal ali ne. Pri padajočih oziroma izhodnih serijah pa je začetna intenziteta dražljaja jasno zaznavna, nato pa jo v zaporednih korakih zmanjšujemo, dokler udeleženec ne poroča, da dražljaja ne zaznava več. Pri tem velja pravilo prve spremembe odgovora: vhodno serijo ustavimo, ko udeleženec prvič izjavi, da dražljaj zaznava, izhodno serijo pa takrat, ko prvič izjavi, da dražljaja ne zaznava. Pri meritvah vedno uporabimo večje število serij, izmenično vhodnih in izhodnih. Razpon intenzitet variabilnega dražljaja mora biti tak, da najmanjša intenziteta vhodne serije nikoli ne izzove občutka in da največja intenziteta izhodne serije vedno izzove občutek.

Pri vsaki seriji določimo prag serije oziroma trenutni prag, ki ga predstavlja vrednost na sredini med zaznано in nezaznано vrednostjo dražljaja. Nato povprečimo vrednosti trenutnih pragov, posebej v vhodnih in v izhodnih serijah. Reprezentativni prag navadno določimo kot povprečje pragov vhodnih in izhodnih serij oziroma kot skupno povprečje. Predstavlja oceno praga pri posameznem udeležencu (zato lahko poiščemo tudi njegovo intervalno oceno, tj. interval, v katerem se prag posameznika nahaja z določeno verjetnostjo).

Pred tem je smiselno pregledati, ali so pragi, dobljeni v različnih pogojih, dovolj homogeni (ali izhajajo iz iste populacije meritev). Meritve razdelimo na vhodne in izhodne serije. Če se pragi

vhodnih in izhodnih serij pomembno razlikujejo, je to lahko posledica različnih sistematičnih dejavnikov, kar je pri določanju občutljivosti smiselno upoštevati.

Če so pragi v vhodnih serijah višji kot pragi v izhodnih serijah, to lahko kaže na *napako vztrajanja* oziroma habituacije. Udeleženec v vsaki seriji vztraja pri prvotnem odgovoru tudi še potem, ko se kvaliteta njegove zaznave že spremeni. Tako pri vhodnih serijah vztraja pri tem, da dražljaja ne zaznava, in pozno spremeni odgovor ter začne poročati o zaznavanju dražljaja, pri izhodnih serijah pa, obratno, dolgo poroča o tem, da dražljaj zaznava ter pozno spremeni odgovor *da* v odgovor *ne*. Če so pragi v vhodnih serijah nižji kot pragi v izhodnih serijah, pa to lahko kaže na *napako pričakovanja*. Udeleženec pričakuje, da bo moral spremeniti odgovor, zato pri vhodnih serijah prehitro preneha uporabljati odgovor *ne* in začne uporabljati odgovor *da*, pri izhodnih serijah pa prehitro reče *ne*.

1.5.2.2 Metoda mej kot temelj Freiburškega enozložnega preizkusa

V kontekstu govorne avdiometrije je meja točka med glasnostmi, pri katerih oseba ne sliši oz. ne razume izgovorjenih besed, in glasnostmi, pri katerih besede sliši in tudi razume ter jih lahko v nadaljevanju uporabi (ponovi, razume njihov pomen v kontekstu drugega slišanega ...).

Freiburški enozložni preizkus je verzija metode mej, ki uporablja za določitev praga govornega razumevanja samo eno vrsto serije, in sicer naraščajočo. Poleg tega oseba ne odgovarja le, ali je dražljaj zaznala ali ne (besedo slišala ali ne), temveč mora besedo ponoviti, zato da lahko ugotovimo, ali je besedo pravilno razumela in ne le detektirala. Začnemo s predvajanjem glasnosti, pri kateri oseba razume in ponovi le malo besed, nato pa glasnost povečujemo in spremljamo, kolikšen je delež razumljenih (ponovljenih) besed pri vsaki glasnosti. S serijo naraščajočih glasnosti zaključimo, ko oseba razume določen delež besed pri posamezni glasnosti. V preizkusu, ki je bil v uporabi v Sloveniji, je bilo zahtevano, da oseba pravilno ponovi 92 % vseh besed, predvajanih pri določeni glasnosti (razumevanje naj bi bilo torej praktično popolno).

V primerjavi s klasično uporabo metode mej uporablja slovenska verzija Freiburškega preizkusa eno samo, naraščajočo serijo, pri vsaki dražljajski intenziteti (glasnosti) pa predvaja po več dražljajev (besed), ne le enega. Pri večini glasnosti (tj, pri šestih stolpcih) je predvajanih po 28

besed, pri nekaterih glasnostih (pri štirih stolpcih) pa le po 29 besed. Pri vsaki glasnosti beležimo, koliko besed od vseh predvajanih je pravilno ponovljenih.

Ker iščemo precej natančen delež ponovitve, je merjenje s Freiburškim preizkusom dolgotrajno, saj moramo pri vsaki glasnosti predvajati vrsto besed. Pri določanju praga v običajnih poskusih z metodo mej ni tako, saj vsako dražljajsko intenziteto v seriji predvajamo le enkrat, uporabimo pa zato več serij, da lahko prag natančneje, zanesljiveje določimo (uporaba ene serije ni dovolj, saj je trenutni prag variabilen in odvisen od mnogih dejavnikov; z več serijami pridemo do ocene več trenutnih pragov, njihovo povprečje pa določi pravi, reprezentativni absolutni prag).

Pravzaprav je Freiburški enozložni preizkus po svojih lastnostih bolj postopek, namenjen določanju dosežka govornega razumevanja in izdelavi govornega avdiograma, kot pa postopek, namenjen določanju praga govornega razumevanja. Za merjenje praga govornega razumevanja je ta metoda časovno precej potratna. Tudi, če bi uporabili klasično metodo mej in bi predvajali v serijah različne glasnosti, pri vsaki glasnosti pa le eno besedo, ter iskali trenutne pragove, bi morali zaradi tega, da bi dobili zanesljivo oceno absolutnega praga, predvajati kar precej serij (denimo kakih 10 do 20), kar bi ravno tako zahtevalo precej časa, sploh če bi uporabili serije, ki bi potekale od glasnosti s popolnim nerazumevanjem do glasnosti s popolnim razumevanjem besed. Postopek bi lahko nekoliko skrajšali le, če serij ne bi začinjali vedno pri isti dražljajski intenziteti, vendar bi moral eksperimentator v takem primeru sam oceniti, kje, pri kateri glasnosti besed začeti s serijo, kar bi lahko pogosto privedlo do napake (če bi eksperimentator, denimo, izbral za začetno glasnost v vhodni seriji previsoko vrednost, bi oseba lahko besedo pravilno ponovila takoj na začetku serije, tako da določitev praga v taki seriji ne bi bila mogoča), zato je skrajšanje časa meritev vprašljivo.

1.5.3 Drugi možni postopki za določanje praga govornega razumevanja

Med metodami, ki so v veljavi kot časovno varčne in imajo dobre merske karakteristike, so različne *adaptivne* psihofizikalne metode (glej Podlesek in Brenk, 2004). Adaptivne metode so tudi odgovor na kritiko klasičnih psihofizikalnih metod, ki obravnavajo zaznavni prag kot časovno stabilen in sorazmerno podoben pri različnih udeležencih. Osnovne predpostavke klasičnih psihofizikalnih metod so naslednje (Levitt, 1970):

- verjetnost pozitivnega odgovora (poročanja o zaznavi dražljaja oziroma razlike med dražljajema) je monotona funkcija intenzitete dražljaja,
- psihometrična funkcija se med izvajanjem meritev ne spreminja,
- psihometrična funkcija ima posebno parametrično obliko (je kumulativna normalna porazdelitev),
- odgovori udeleženca niso odvisni od predhodnih odgovorov ali dražljajev.

Medtem ko prva predpostavka večinoma ni vprašljiva, pa za ostale tri ne moremo biti gotovi, da držijo. Pravilnosti zadnje predpostavke se lahko približamo s tem, da uvedemo prepletene serije (Watson in Pelli, 1983). Spremenljivosti mer občutljivosti v poskusu pa se poskušamo približati z uporabo adaptivnih metod. Adaptivne metode so, kot pove že njihovo ime, metode, ki se prilagajajo. Prilagajajo se značilnostim posameznega udeleženca. Za razliko od klasičnih psihofizikalnih metod, ki vrednosti dražljajev določijo vnaprej, pred začetkom eksperimenta, in jih med poskusom ne spreminjajo, so predvajani dražljaji pri adaptivnih metodah močno odvisni od odgovorov udeleženca v meritvah.

Udeleženci se med seboj razlikujejo in včasih z istim eksperimentalnim postopkom (enakimi vrednostmi dražljajev) težko pri vseh enako učinkovito izmerimo občutljivost. Pri nekaterih udeležencih je lahko razpršenost trenutnih pragov manjša kot pri drugih in zato moramo predvajati dražljajske intenzitete, ki se razlikujejo za manjšo vrednost. Nekateri udeleženci imajo višji prag kot drugi, zato je lahko izbor dražljajskih intenzitet v seriji pri njih manj ustrezen kot pri drugih, saj tudi najvišjih intenzitet, ki so jih drugi jasno zaznavali, v določenih trenutkih ne zaznajo. Pri metodi mej je zato že odgovor na prvi dražljaj pri izhodnih serijah lahko *ne*, zaradi česar serija ni uporabna.

Adaptivne metode se prilagajajo občutljivosti udeležencev. Različne metode se prilagajajo na različne načine. Nekatere se prilagajajo s spreminjanjem razpona predvajanih dražljajev, druge z natančnostjo meritev (v zaporedju predvajajo dražljaje, ki so si sčasoma vse bolj podobni, da lahko zelo natančno določimo prag zaznavanja), tretje s sprotnim računanjem parametrov psihometrične krivulje in opazovanjem njihovega stabiliziranja. Z uporabo adaptivnih metod se izognemo neučinkovitemu zbiranju podatkov na območjih daleč od praga oziroma zbiranju presežnih količin podatkov. S tem se skrajša postopek merjenja. Dražljaje večinoma generiramo z računalniki, ki omogočajo sprotno prilagajanje dražljajev in izbiranje dražljajev v območju

okrog praga. Simpson (1989) navaja, da primerjave različnih klasičnih in adaptivnih metod kažejo, da se ocenjene mere občutljivosti ne razlikujejo preveč. Z adaptivnimi metodami torej lahko v mnogo krajšem času pridemo do enako učinkovitih in zanesljivih mer občutljivosti kot s klasičnimi psihofizikalnimi metodami. Zaradi tega so še posebej uporabne v klinični praksi (Gescheider, 1997). Tam se namreč srečujemo s klienti, ki imajo večje težave z vzdrževanjem pozornosti.

Adaptivne metode ne zahtevajo, da je senzorni prag med meritvami nespremenljiv. Če se spreminja, mu s sprotnim spreminjanjem dražljajskih intenzitet še vedno lahko lepo sledimo¹. Veliko adaptivnih metod (npr. metoda stopnic in njene različice) tudi ne zahteva, da ima psihometrična krivulja obliko kumulativne normalne krivulje, saj prag ocenjujejo kot mediano trenutnih pragov.

Med pomembnejšimi adaptivnimi metodami so:

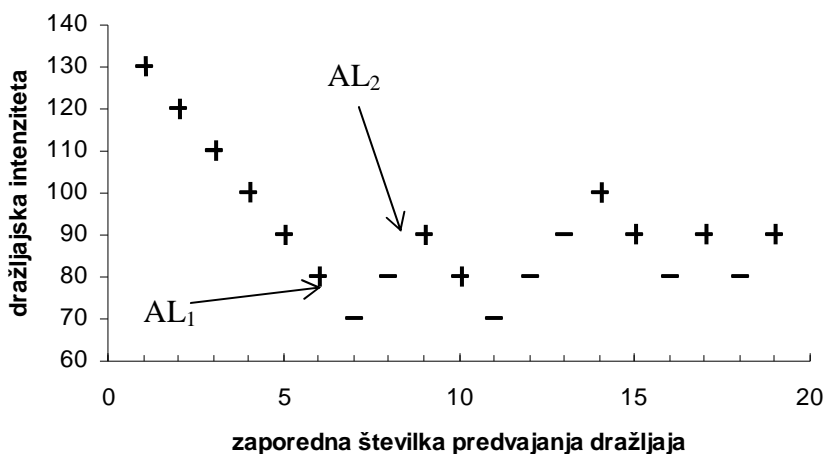
- metoda stopnic (glej npr. Levitt, 1970). Z metodo stopnic se kar se da majhnim številom dražljajskih prikazov dobimo kar se da veliko število meritev praga. V zaporednih korakih spreminjamo dražljajsko intenziteto in spremljamo odzive osebe. Če oseba dražljaj zazna, intenziteto znižamo, če ga ne zazna, pa jo zvišamo. Na ta način se z visoke nadpražne ali nizke podpražne intenzitete hitro približamo pragu, nakar lahko prag tudi zanesljiveje izmerimo, če meritve izvajamo še nekaj časa, tako da pride do več obratov odgovorov (iz zaznavanja v nezaznavanje in obratno).
- adaptivno probit ocenjevanje (glej npr. Treutwein, 1995). Postopek temelji na klasični metodi konstantnih dražljajev, vendar se od njega razlikuje v tem, da sproti prilagaja izbor dražljajskih vrednosti glede na rezultat probit analize. Poskus razdelimo v bloke, v katerih uporabimo metodo konstantnih dražljajev v pomanjšani obliki. V vsakem bloku predvajamo le štiri dražljajske intenzitete, in sicer (navadno) desetkrat vsako. Na podlagi deležev odgovorov ocenimo reprezentativni prag. Nato izberemo štiri dražljajske intenzitete, ki jih bomo predvajali v naslednjem bloku. Na ta način se v zaporednih blokih vedno bolj približujemo pragu.
- metode največjega verjetja (npr. QUEST; Watson in Pelli, 1983). Te določijo vrednost naslednjega dražljaja tako, da na podlagi vseh prej predvajanih dražljajev in odgovorov

¹ Res pa je, da vsak adaptivni postopek lahko ustrezno meri le, če je variabilnost praga sorazmerno majhna.

podajo najboljšo statistično oceno praga ali druge točke na dražljajskem kontinuumu, ki nas zanima. Ta ocena odloči, ali bo intenziteta naslednjega dražljaja večja ali manjša od intenzitete zadnjega predvajanega dražljaja. Če je ocena praga višja od predhodno predvajanega dražljaja, bo naslednji dražljaj višji od predhodnega, če pa je ocena praga nižja od predhodnega dražljaja, bo naslednji dražljaj nižji od predhodnega. Po vsakem dražljaju na novo ocenimo prag, tako da je sčasoma ocena praga vse bolj natančna, saj vključuje vedno večje število odgovorov. Ko se ocena praga ne spreminja več pomembno, serijo zaključimo.

1.5.3.1 Metoda stopnic

Metoda stopnic (*angl.* up-down method) je ena najbolj znanih in uporabnih adaptivnih metod. Metoda izhaja iz metode mej. Dražljaje predvajamo v serijah. Vsakič, ko pride do spremembe odgovora, se smer predvajanja dražljajev obrne. Za razliko od običajne metode mej, v novi seriji začnemo pri intenziteti, s katero smo zaključili prejšnjo serijo, ne s skrajno ali naključno izbrano intenziteto.



Slika 6. Ilustrativen prikaz postopka metode stopnic. Na ordinati so nanesene dražljajske intenzitete. Čas poskusa (zaporedna številka dražljajskega prikaza) teče od leve proti desni. Oznaka + predstavlja udeležencev odgovor *da*, oznaka - pa odgovor *ne*. Prikazan je en niz meritev, sestavljen iz več padajočih in naraščajočih serij. Oznaka AL_1 predstavlja prvi trenutni absolutni prag. Določimo ga takoj, ko v nizu pride do spremembe odgovora in s tem do obrata

niza. Določimo ga kot povprečje sosednjih intenzitet, pri katerih sta bila podana različna odgovora. Oznaka AL_2 predstavlja drugi trenutni absolutni prag.

Slika 6 prikazuje, na kakšen način zaporedno predvajamo dražljajske intenzitete pri metodi stopnic. V ilustrativnem primeru smo začeli z meritvami pri intenziteti 130, in ker je udeleženec ta dražljaj zaznal, intenziteto znižali za 10. Če dražljaja ne bi zaznal, pa bi jo zvišali za enako vrednost. Ko je naslednji dražljaj v nizu spet zaznal, smo ponovno znižali intenziteto draženja. Ko je pri intenziteti 70 prišlo do spremembe odgovora in je poročal, da dražljaja ne zaznava, smo izračunali trenutni absolutni prag ($AL = 75$, tj. povprečje sosednjih dražljajev, ki sta povzročila različna odgovora), nato pa niz obrnili in intenziteto začeli zviševati. Ko je udeleženec pri 9. predvajanem prikazu spet spremenil odgovor (iz *ne* v *da*), je sledil izračun drugega trenutnega AL (85) in drugi obrat smeri niza. In tako naprej do osmega obrata, pred katerim je AL znašal 85.

Priporočeno je, da merjenje izvajamo, dokler ne dobimo vsaj 6 do 8 obratov (Levitt, 1970). Pri vsaki spremembi odgovora (tj. pri vsakem obratu niza) ocenimo trenutni prag, in sicer na enak način kot pri metodi mej. Povprečje vseh trenutnih pragov zadovoljivo predstavlja reprezentativni prag.

Z metodo stopnic s kar se da majhnim številom dražljajskih prikazov dobimo kar se da veliko število meritev praga. Na primer, prikaza z zaporednima številka 16 in 17 (na sliki 6) sta zamenjala (najverjetneje) mnogo daljšo naraščajočo serijo pri običajni različici metode mej. Prikaz 17 je istočasno že predstavljal del naslednje, padajoče serije (ki jo je tvoril še prikaz 18). Na ta način se meritve lahko precej skrajšajo. Na sliki 6 vidimo, da se s predvajanimi intenzitetami približamo in se nato neprestano gibamo okrog absolutnega praga oziroma točke, pri kateri je verjetnost zaznave dražljaja enaka 50 %.

Paziti moramo, da ne izberemo prevelikega koraka med zaporednimi dražljajskimi intenzitetami, da ne pride do tega, da se ob vsaki spremembi intenzitete spremeni tudi odgovor udeleženca (kar lahko opazimo pri prikazih 16 do 19 na sliki 6). V takem primeru je korak med zaporednimi dražljaji najverjetneje prevelik, zato so trenutne ocene praga precej nenatančne. Ker prag vedno ocenimo na sredini dveh intenzitet, bi v primeru na sliki 6 pri zadnjem obratu ocenili trenutni

prag pri vrednosti 85, čeprav je morda znašal 87. Do natančne vrednosti praga bi lahko prišli le, če bi bil korak med zaporednimi dražljajskimi intenzitetami manjši in bi znašal npr. 2.

Hitri obrati v nizu so lahko tudi posledica sodelovanja nesenzornih dejavnikov, npr. napake dražljaja (oziroma poznavanja poteka niza). Če izvajamo meritve v enem samem eksperimentalnem pogoju, se lahko zgodi, da bodo udeleženci ugotovili, kako se spreminja smer spreminjanja intenzitet, kdaj se niz obrne in kakšne dražljajske intenzitete sledijo po spremembi odgovora, zato se bodo izogibali ponavljanju enakih odgovorov in bodo po vsakem obratu spremenili odgovor. Posledično bomo prag ocenili kot mnogo bolj stabilen, kot je v resnici oziroma kot bi ga ocenile druge metode. To težavo omilimo, če prepletamo serije več eksperimentalnih pogojev (Jesteadt, 1980) in če nekatere serije začnemo z visoko, druge z nizko intenziteto.

1.6 DEJAVNIKI, KI VPLIVAJO NA PREPOZNAVANJE GOVORA IN LAHKO VPLIVAJO TUDI NA IZID GOVORNOAVDIOMETRIČNIH MERITEV

Zaznavanje govora temelji na številnih procesih, na osnovi katerih smo sposobni interpretirati in razumeti zvoke, uporabljene v govoru. Kako prepoznamo zvoke govora in to informacijo uporabimo za razumevanje govorjenega jezika, je raziskovalni problem različnih področij, od lingvistike do kognitivne psihologije.

Po začetnem procesiranju slušnega signala naprej s procesiranjem zvokov govora izločimo razne akustične znake, ki ločijo različne fonetične kategorije med sabo (npr. začetek posameznih zvokov, njihovo trajanje, mesto in način artikulacije), in fonetično informacijo. Združene reprezentacije fonemov uporabimo za prepoznavanje besed in nadaljnje jezikovne operacije. Pri procesiranju govora je pomembna segmentacija zveznega signala na ločene enote (foneme, zloge, besede), ki še vedno ni razjasnjena (Fowler, 1995). Težko je namreč najti konstantne odnose med fonemi in njihovim akustičnim izrazom v govoru. Akustični izraz fonemov je namreč odvisen od kontekstnih zvokov (položaja v zlogu ipd.), značilnosti govora (hitrosti, prekinitev, dolžine samo- in soglasnikov itd.) in značilnosti govorca (fizičnih in psiholoških; npr. frekvence govora, formantnih frekvenc, dialekta itd.). Vse to povzroča veliko variabilnost akustičnih izrazov fonemov. Slušni sistem do enoznačne interpretacije govora v tako raznolikih

pogojih najverjetneje pride s postopki (časovne, frekvenčne idr.) normalizacije in kasnejše kategorizacije, ki pa so še vedno močno nerazjasnjeni.

Na zaznavanje govora in prepoznavanje fonemov vplivajo številni visokonivojski jezikovni procesi, povezani z morfologijo, sintakso in semantiko. Tako lahko npr. poslušalci na podlagi semantičnega znanja zapolnijo vrzeli v prekinjenem govoru ali govoru, ki poteka v šumu (hrupu). Npr., če v stavku preslišimo določen del, ga bomo znali interpolirati na podlagi semantičnega vedenja (Garnes in Bond, 1976). Prav tako lahko poskušamo interpolirati krajše izpade slušne informacije (npr. posameznih fonemov znotraj besede). Preučevanje načinov nadomestitve izpada slušne informacije je pomembno tudi pri slušnih okvarah.

Na procesiranje govora lahko vplivajo tudi številni drugi kontekstni dejavniki. Mnogo raziskav s področja psihofizike nakazuje, da je odgovor posameznika pri določanju učinka dražljaja odvisen ne samo od njegove intenzitete, temveč tudi od dražljajskega konteksta, v katerem je zaporedno ali sočasno predvajan. Vpliv konteksta se kaže kot delovanje splošne ravni intenzitete dražljajev, razpona niza dražljajev, števila predvajanih dražljajev, velikosti intervala med dražljaji, razporeditve in pogostosti predvajanj posameznih dražljajev znotraj dražljajskega niza itd. Problem delovanja konteksta na področju psihofizike ima svojo posebno težo takrat, kadar poskušamo meriti absolutno ali diferencialno občutljivost posameznika. Pri tem se posamezni senzorni sistemi različno odzivajo.

Področje kontekstne adaptacije je posebej podrobno preučeval ter metodološko in operacionalno opredelil že Helson (Helson, 1948, 1964). V svojem teoretskem konceptu pravi, da je detekcija nekega dražljaja odvisna od njegovih značilnosti (intenzitete), konteksta v katerem je predvajan in rezidualnih pogojev (izkušanj). Vse tri skupine faktorjev oblikujejo »adaptacijsko raven« organizma, od katerega so odvisni faktorji detektibilnosti dražljaja (senzacija oz. občutek), njegova prepoznavna vrednost (prepoznavanje) in njegovo učinkovanje (razumevanje, vpliv kriterija in strategije) na vedenje posameznika. Kontekstni dejavniki, kot je npr. šum, so zelo pomembni pri meritvah funkcionalnih značilnosti sluha. Na področju avdiometrije zato pogosto uporabljajo pristope z izslišavanjem (inteligibilnostjo) posameznih dražljajev, ko na umetno ustvarjeni podlagi, običajno iz belega (ali roza) šuma, ki determinira adaptacijsko raven pri posamezniku, predvajamo različne govorne dražljaje in spremljamo, kako prepoznavni so. V primerjavi s tihi okoljem je prepoznavanje govora v šumu (hrupu) oslABLJENO. Pragi govornega

prepoznavanja pa niso odvisni le od vrste in spektralne sestave prisotnega šuma oz. hrupa (Magnusson, 2001), ampak tudi od vrste govornih dražljajev (besed oz. stavkov; Magnusson, 1996).

Pri razvoju govornoavdiometričnih preizkusih moramo biti potemtakem pozorni na več stvari:

- na semantične značilnosti dražljajev. Pomembno je, s kakšno lahkoto posameznik uvrsti zvočno zaporedje v določene kategorije fonemov in besed. Med drugim je za prepoznavanje (ustrezno kategorizacijo) fonemov pomembno, kakšne izkušnje ima posameznik s posamezno kategorijo (npr., kako pogosto se sreča s posameznim fonemom, posamezno besedo);
- na značilnosti govora (hitrost, frekvenco, melodijo, govorčev dialekt, dinamika začenjanja in ustavljanja posameznih zvokov), ki lahko vplivajo na proces kategorizacije zvokov v foneme;
- na način predvajanja dražljajev (zaporedje predvajanih fonemov, zaporedje predvajanih ravni glasnosti ipd.).

2 RAZISKOVALNI PROBLEM

Govorna avdiometrija je osnoven avdiološki diagnostični postopek, s katerim poskušamo ugotoviti, kako se posameznik v vsakdanjem življenju odziva na akustične dražljaje, predvsem na govorne. Z govorno avdiometrijo preverjamo, pri kateri glasnosti postane govor prepoznaven, tako da lahko oseba razume govornje besede. Poleg drugih pripomočkov za preverjanje vzroka slušne okvare in lokalizacijo le-te (npr. tonske avdiometrije, timpanometrije, ravnotežja labirinta in prostorskega ravnotežja ...) je govorna avdiometrija bistveni pripomoček za ugotavljanje funkcije procesiranja zvočnih dražljajev. Za razliko od ostalih postopkov ima govorna avdiometrija večjo ekološko veljavnost, saj pomaga odkriti, kako oseba funkcionira pri zaznavanju kompleksnejših zvočnih dražljajev, kot so govorni dražljaji. Omogoča opredeliti, kakšna je slušna funkcionalnost bolnika v naravnem okolju, v katerem se mora sporazumevati z drugimi ljudmi. Mere, ki jih dobimo na osnovi govorne avdiometrije, korelirajo s tistimi, ki jih dobimo s tonsko avdiometrijo. Na osnovi te povezanosti jih lahko uporabimo za raziskovanje sposobnosti procesiranja in načina, na katerega je to procesiranje prizadeto zaradi motenj srednjega ušesa, polža, slušnega živca, poti v možganskem deblu in slušnih kortikalnih centrov. S pomočjo tega postopka lahko spremljamo, kako operativni poseg (vstavitev kohlearnega vsadka) ali uporaba slušnega aparata izboljša govorno razumevanje. Govorna avdiometrija je torej postopek, ki nam omogoča diagnosticiranje okvare slušne poti, načrtovanje rehabilitacije in spremljanje učinkov rehabilitacije.

Na ORL kliniki na KC v Ljubljani za namene govorne avdiometrije uporabljajo Freiburški govorni preizkus, ki je sestavljen iz dveh delov, enozložnega besednega preizkusa in številčnega preizkusa. Slovenska različica enozložnega preizkusa je sestavljena iz 10 nizov s po 30 besedami, slovenska različica številčnega preizkusa pa iz sedmih nizov s po 10 številkami. Govorni dražljaji so posneti na magnetofonskem traku. Govor profesionalnega govornika je predvajan po zvočnikih v sobi, v kateri se nahaja merjena oseba, ali preko slušalk. Eksperimentator beleži, ali je oseba pravilno ponovila govornje gradivo. Pri različnih nizih variramo glasnost predvajanih besed. Začnemo z neko visoko glasnostjo (navadno več kot 30 dB nad tonalnim pragom oz. pragom slišnosti za čiste tone), pri kateri oseba zaznava, prepozna in ponovi večino izgovorjenih besed. Nato glasnost z vsakim naslednjim nizom nižamo (npr. za 5 dB), dokler ne pridemo do točke, kjer se oseba nekajkrat (navadno dvakrat od 30 primerov) zmoti. Prag prepoznavanja govora določimo pri glasnosti, pri kateri je velika večina (npr. 92 %

govorjenih besed) prepoznanih. Trenutna različica Freiburškega preizkusa torej temelji na različici metode mej, pri kateri učinkovitost posamezne dražljajske intenzitete lahko določimo šele potem, ko predvajamo pri tej intenziteti celotne nize besed (vseh 30 besed) in preštejemo besede, ki jih je oseba pravilno ponovila. Da pridemo do ocene praga govornega razumevanja, moramo predvajati veliko število nizov pri različnih glasnostih in vedno izmeriti prepoznavanje besed pri celotnih nizih. Tako šele na podlagi deleža prepoznanih besed v celotnem nizu ugotovimo, kako učinkovita je posamezna glasnost za merjeno osebo.

Čeprav je bilo pri pripravi slovenske različice Freiburškega govornega preizkusa veliko pozornosti namenjene sledenju predpisanim standardom, pa ima preizkus več pomanjkljivosti. Največja med njimi je, da je zamudna in od preiskovanca zahteva dolgo trajno pozornost, ki jo tako starostniki kot otroci težko vzdržujejo do konca preizkusa. Naslednja pomanjkljivost pa je, da fonetična struktura besed v posameznem nizu ni v popolnosti uravnotežena, niti nimajo besede podobne razločljivosti. Besede imajo različno fonetično strukturo, zaradi česar niso vse besede po prepoznavnosti med seboj primerljive. Za preizkus ni znano, kakšna je razumljivost besed pri normalno sliščeči populaciji. Kakovost posnetega materiala je omejena (tudi pri visoki glasnosti normalno sliščemu niso vsi primeri besed jasno razumljivi). Slovenska različica enozložnega preizkusa uporablja veliko arhaičnih besed, zato bi bilo preizkus z vidika pogostosti uporabe besed v sodobnem jeziku nujno spremeniti in izpopolniti. Zaradi težav z natančnostjo ter razumljivostjo dražljajev ter predvsem zaradi vprašanja, ali so dražljaji sploh ustrezni z vidika merjene lastnosti, ima preizkus torej predvsem težave z veljavnostjo, saj izmerjena vrednost ne odraža (ali preslabo odraža) lastnost, ki jo želimo diagnosticirati. Vprašanje veljavnosti pa je osnovno metodološko-psihometrično vprašanje.

Namen raziskovalnega projekta je posodobiti in izpopolniti sedanji enozložni preizkus zaznavanja in prepoznavanja govora, in sicer tako, da bo nova različica preizkusa časovno učinkovitejša, obenem pa bo tudi s semantičnega in fonetičnega vidika ustrežnejša. Namen projekta je torej s pomočjo različnih sprememb in dopolnitev izboljšati merske lastnosti diagnostičnih instrumentov za govorno avdiometrijo.

Zaradi znanih prednosti adaptivnih psihofizikalnih metod smo se odločili, da poskušamo govorno avdiometrični test izvesti v obliki adaptivnih meritev. Posamezniki se namreč med seboj razlikujejo in včasih z istim eksperimentalnim postopkom (enakimi vrednostmi dražljajev) težko

pri vseh enako učinkovito izmerimo občutljivost. Pri nekaterih udeležencih je lahko razpršenost trenutnih pragov manjša kot pri drugih in zato moramo predvajati dražljajske intenzitete, ki se razlikujejo za manjšo vrednost. Nekateri udeleženci imajo višji prag kot drugi, zato je lahko izbor dražljajskih intenzitet v seriji pri njih manj ustrezen kot pri drugih, saj tudi najvišjih intenzitet, ki so jih drugi jasno zaznavali, v določenih trenutkih ne zaznajo. Adaptivne metode se prilagajajo občutljivosti udeležencev.

Pri adaptivnih psihofizikalnih metodah se merjenju praga približamo tako, da intenziteto dražljaja sproti prilagajamo (izbiramo intenziteto naslednjega dražljaja) tako, da je merjenje čim bolj učinkovito in da se čim hitreje približamo točki praga. Pri govorni avdiometriji bi – v primerjavi s sedanjo uporabo metode mej, kjer šele na podlagi deleža prepoznanih besed v predhodno predvajanem celotnem nizu ugotovimo, kako učinkovita je posamezna glasnost – npr. z metodo stopnic bi lahko to ugotovili že s posamezno besedo. Da bi prišli do zanesljive ocene praga, bi še vedno morali izvesti več nizov besed, vendar pa adaptivne metode prag izmerijo v manj kot tretjini časa, ki ga za to potrebujejo klasične psihofizikalne metode. Z adaptivno metodo, kot je metoda stopnic, bi torej lahko postopek govorne avdiometrije zelo skrajšali. S tem bi se v meritvah praga tudi lažje izognili spremenljivosti pragov pod vplivom utrujenosti, do katere lahko zelo hitro pride pri izvajanju postopkov merjenja občutljivosti. Večja zanesljivost pri določanju praga pa bi tudi sicer pripomogla k verodostojnosti rezultatov preizkusa in njihovi uporabi v diagnostične namene.

Odločili smo se, da primerjalno preverimo delovanje treh adaptivnih postopkov: metode stopnic kot metode, ki je pogosto uporabljena v meritvah v različnih senzornih modalnostih, in dveh adaptivnih postopkov, ki ju predstavljajo ISO standardi 8253-3, tj. padajočega postopka z uporabo niza besed in padajočega postopka. Do sedaj še niso bile izvedene primerjalne analize zadnjih dveh postopkov, tako da bi bile ugotovitve lahko zanimive tudi z vidika doprinosa k vedenju o lastnostih merskih postopkov, torej z vidika razvoja psihofizikalne metodologije. Rezultati naj bi osvetlili, kakšna je uporabnost adaptivnih metod za področje govorne avdiometrije, istočasno pa naj bi omogočili primerjavo merskih značilnosti različnih adaptivnih metod.

Cilji raziskovalnega projekta so:

- izpopolniti govorno avdiometrični preizkus (vključiti v preizkus ustrezne besede, izboljšati merske značilnosti preizkusa in pripraviti preizkus za naknadno standardizacijo; s tem bo omogočena natančnejša avdiološka diagnostika),
- primerjati različne adaptivne postopke med sabo in ugotoviti, katera adaptivna psihofizikalna metoda je najprimernejša za uporabo v govorno avdiometričnem preizkusu, ter določiti optimalno trajanje preizkusa

Boljšo časovno učinkovitost metode nameravamo doseči z uporabo sodobnejših adaptivnih psihofizikalnih metod, namenjenih merjenju praga na različnih senzornih modalnostih.

Predvidevamo, da bomo z uporabo ene od adaptivnih psihofizikalnih metod za merjenje občutljivosti, najverjetneje z metodo stopnic, hitreje in natančneje določili prag razumevanja govora. Z načrtnim izborom govornih dražljajev bo govorno avdiometrični preizkus postal bolj zanesljiv in veljaven ter bo zato omogočal izboljšanje kakovosti uporabe preizkusa v diagnostične namene.

3 PRVI KORAK: PREGLED IN PRIPRAVA BAZE DRAŽLJAJEV

Po pozornem poslušanju zvočnega zapisa enozložnih besed, ki je trenutno v uporabi za govorno avdiometrijo na ORL oddelku na Polikliniki v Ljubljani (Freiburškega enozložnega preizkusa), smo ugotovili, da:

- je v bazi tega preizkusa 281 besed, tri od njih so predvajane dvakrat (glej prilogo 1 za popoln seznam besed);
- predstavljajo velik del baze dražljajev arhaične besede (mnoge med njimi so vezane na poljedelska opravila, izdelke, rastline), ki se danes le redkokdaj uporabljajo v pogovornem in zbornem jeziku;
- dražljaji niso vselej razumljivi: govorec pogosto slabo izgovori določen del besede, predvsem zadnji del, npr. »t« v besedi »tast«, zaradi česar poslušalec lahko mnoge besede reproducira drugače ne zato, ker ni dobro slišal, pač pa zato, ker je produkcija besed slaba;
- si dražljaji med seboj niso enakovredni. Med tem ko so nekatere besede izbrane tako, da ne obstajajo druge podobne besede, s katerimi bi jih poslušalec lahko zamenjal, so druge besede take, da jim lahko poiščemo vrsto fonetično sorodnih besed (npr. »past« lahko zamenjamo za »pas«). Ob slabi produkciji besede se tako lahko hitro zgodi, da je reprodukcija nepravilna.

Zato smo se odločili, da iz obstoječe baze 281 enozložnih besed za uporabo v novih meritvah z adaptivnimi metodami izberemo le tiste besede, ki so razumljive, ki jih govorec jasno izgovori in ki so obenem tudi dovolj pogosto v rabi v sodobnem jeziku.

Za izbor besed smo naredili več majhnih raziskav. V nadaljevanju bomo predstavili metodologijo zbiranja in obdelave podatkov pri vsaki od teh raziskav, nakar bomo združeno obravnavali rezultate vseh raziskav.

3.1 PREVERJANJE POGOSTOSTI UPORABE PREDVAJANIH BESED V VSAKDANJEM GOVORU

Ker poslušalec osmišlja besede, ki jih sliši, obstaja večja verjetnost, da je uspešnejši pri reproduciranju tistih besed, ki se pogosteje pojavljajo v njegovem okolju in ki jih tudi sam pogosteje uporablja. Če poslušalec nekega dela besede ni slišal, obstaja večja verjetnost, da bo ta del smiselno zapolnil pri besedah, ki so smiselne in poslušalcu znane, kot pri besedah, ki so nesmiselne ali se poslušalec z njimi redko sreča ter jih ne uporablja tudi sam.

V raziskavo je bilo vključenih 141 udeležencev (98 žensk, 38 moških, ostali niso poročali o spolu) različne starosti ($M = 24,5$; $SD = 9,0$ let; s prevladujočim študentskim delom vzorca, saj je bila porazdelitev starosti desno asimetrična z $Me = 21$, $Q_1 = 20$ in $Q_3 = 24$).

Udeleženci so prejeli list z 10 stolpci s po 28 ali 29 besedami, ki so odgovarjali 10 nizom na Freiburškem enozložnem preizkusu (v vsakem nizu so bile besede zapisane v enakem vrstnem redu, kot so predvajane v Freiburškem preizkusu). V navodilih na vrhu lista je bil predstavljen namen raziskave. Naloga udeležencev je bila, da s številkami od 0 do 5 označijo, kako pogosto se zapisane besede pojavljajo v njihovem življenju (jih govorijo oni sami, drugi, jih berejo, slišijo v drugih pogovorih, na TV, radiu itd.). Pri tem je številka 0 pomenila, da se beseda nikoli ne pojavlja, številka 5 pa, da se zelo pogosto pojavlja v njihovem življenju. Besede so udeleženci ocenjevali po vrsti, najprej prvi stolpec od začetka do konca, nato drugi stolpec, tretji itd. V navodilih je bilo tudi zapisano, naj ne izpustijo nobene besede.

Udeleženci so liste izpolnili bodisi na fakulteti, ki so jo obiskovali, bodisi v domačem okolju in so liste kasneje vrnili testatorjem. Naročeno jim je bilo, naj vsak izpolni list zase in naj se ne posvetuje z drugimi.

3.2 PREVERJANJE RAZUMLJIVOSTI BESED IN JASNOSTI NJIHOVE IZGOVORJAVE

Še bolj kot pogostnost pojavljanja besed v vsakdanjem življenju na reprodukcijo besed v govorno avdiometričnem preizkusu lahko vpliva razumljivost, jasnost prebranega materiala. V obstoječem Freiburškem preizkusu so nekatere besede izgovorjene zelo jasno, razločno, s poudarjenimi posameznimi deli, nekatere besede pa so izgovorjene manj razločno, tudi z veliko variacijo v glasnosti, in se včasih poslušalcu zdi, kot bi del besede celo manjkal. Zato je bilo nujno potrebno preveriti, kako uspešna je reprodukcija posameznih besed v normalnih slušnih pogojih, tj. ob glasnosti običajnega govora. V primerjavi z besedami, ki so v teh pogojih ustrezno prepoznane in reproducirane, je za besede, ki v teh pogojih niso ustrezno reproducirane, manj verjetno, da bodo pravilno prepoznane in reproducirane tudi v pogojih, ko bo glasnost besed nekje okrog praga govornega razumevanja. Tako lahko pride do neustrezne ali neuspele reprodukcije zaradi slabega zvočnega zapisa, ne pa zaradi slabšega govornega razumevanja osebe. V primeru Freiburškega preizkusa se to lahko morda kaže le v rahlem premiku

avdiometrične krivulje v desno (pomiku proti višjim vrednostim), saj je delež prepoznanih in pravilno reproduciranih besed v posameznem nizu nižji, zaradi česar se ocena praga govornega razumevanja zviša. V primeru adaptivnih metod pa slučajen izbor neustreznih besed večkrat zapored lahko pripelje do tega, da bo ocena praga močno previsoka. Zato je smiselno najprej poskrbeti zato, da je baza dražljajev sestavljena le iz besed, ki so si po jasnosti, razločnosti govorčeve izgovorjave dovolj podobne, torej besede, ki so v normalnih pogojih pri veliki večini oseb ustrezno prepoznane in reproducirane. Iz baze dražljajev pa je potrebno izločiti besede, ki so že v normalnih pogojih nerazumljive in niso dovolj pogosto ustrezno prepoznane.

Na vzorcu 44 študentov 1. letnika psihologije, v katerem nihče ni poročal o motnjah sluha in še nikoli ni sodeloval v Freiburškem preizkusu (torej jim besede niso bile znane), smo preverili, kako razumljive so posamezne besede v normalnih pogojih (običajna glasnost govora v predavalnici, z nekoliko šuma v ozadju). Poskus je bil izveden v eni od predavalnic Filozofske fakultete v Ljubljani, ki sprejme 80 študentov in omogoča ustrezen prenos zvoka v različne dele prostora. Študente smo poprosili, da zasedejo prednje vrste, tako da je bila najmanjša oddaljenost študentov od izvora zvoka približno 1,5 m, največja pa 10 m. Dražljaje smo predvajali z glasnostjo nekoliko glasnejšega običajnega govora (približno 60 dB SPL).

Freiburški enozložni preizkus smo predvajali na običajnem prenosnem računalniku in z računalniškimi zvočniki (Logitech). Kljub povprečni kvaliteti uporabljene opreme so bili pogoji predvajanja dovolj ustrezni, vsekakor pa tudi dovolj izenačeni, da smo lahko dobili primerjalno sliko razumljivosti različnih besed.

Študentom smo razdelili liste, na katerih je bilo izpisanih 10 stolpcev s po 28 ali 29 črtami, ob njih pa so bili dodani prazni kvadrati. Predstavljen je bil namen raziskave (izboljšava govornoavdiometričnega preizkusa, kar bo koristilo mnogim uporabnikom zdravstvenih storitev) in poudarjen pomen njihovega sodelovanja, pri čemer naj bi vsak udeleženec odgovorni list izpolnjeval samostojno in pri tem povzročal čim manj hrupa. Naročeno jim je bilo, naj pozorno poslušajo predvajane besede. Po vsakem predvajanju naj na ustrezno črto zapišejo natančno to, kar so slišali. Če niso prepričani, ali je to, kar so zapisali, povsem pravilno, naj pobarvajo kvadrata ob črti. Pobarvan kvadrata pri posamezni besedi torej pomeni, da beseda za poslušalca ni bila toliko jasna, da bi jo reproduciral z gotovostjo. Če kvadrata ob besedi ni bil

pobarvan, je to pomenil, da je poslušalec gotov v svojo reprodukcijo (da je res slišal to, kar je zapisal).

Nize smo predvajali v celoti, in sicer po dva niza skupaj. Ker je bil preizkus skupinski in je bila verjetnost, da bo prišlo do raznih motenj, precejšnja, smo se predhodno z udeleženci dogovorili, naj ustavijo začetek predvajanja drugega niza, če so utrujeni ali se zgodi kaj nepredvidljivega (jim npr. zmanjka črnila, si morajo obrisati nos ipd.). Med izvajanjem poskusa je dvakrat prišlo do večjih motenj (je nekdo zakašljal, nekdo je zašumel z vrečko robčkov), zato smo v teh primerih predvajanje besede še enkrat ponovili.

Pregledali smo odgovore udeležencev pri vsakem dražljaju. Prešteli smo, koliko reprodukcij je bilo pravilnih in koliko nepravilnih. Posebej smo izpisali vse nepravilne zapise, da bi kvalitativno ovrednotili, zakaj je prišlo do nepravilne reprodukcije. Ponekod je prišlo namreč le do zamenjave ene od črk v zapisu (npr. »dver« namesto »dvir«), drugje pa so bile napake večje (npr. »manj« namesto »maj«). V prvem primeru vključitev besede v novo bazo dražljajev ne bi bila tako zelo neprimerna kot v drugem primeru, saj mora v običajnem govorno avdiometričnem preizkusu oseba besedo govorno, ne pisno reproducirati, govorna ponovitev pa je lahko pri taki besedi povsem ustrezna, medtem ko je njen zapis napačen. Vendar smo ugotovili, da se je vedno ob morebitni zamenjavi črk pojavila tudi kakšna napaka drugačne vrste, tako da smo na koncu vse napake obravnavali enakovredno.

Posebej smo prešteli tudi, kolikokrat je bil pri posamezni besedi pobarvan kvadrataček, torej, kolikokrat udeleženec ni bil gotov v svojo reprodukcijo.

V manjši sobi smo preliminarno izvedli podoben preizkus z 9 osebami, ki so dražljaje že poznale, da smo preverili, ali so osebe sposobne tako hitro zapisovati odgovore in da smo dobili vpogled v možne napake reprodukcije. Rezultati preliminarnega poskusa so bili zelo podobni rezultatom poskusa z naivnimi udeleženci: iste besede so se izkazale za neprimerne v obeh poskusih.

3.3 REZULTATI

V tabeli A (v prilogi) je prikazan niz v Freiburškem enozložnem preizkusu, v katerem se nahaja beseda, in mesto besede v nizu. Navedeni sta mera povprečja in razpršenosti ocen pogostnosti uporabe besede v vsakdanjem življenju. Sledi prikaz števila oseb, ki niso bile gotove v svojo reprodukcijo besede, in števila oseb, ki so besedo pravilno reproducirale. V naslednjih treh stolpcih so mere pogostnosti, negotovosti in razumljivosti pretvorjene v deleže. Povprečno vrednost ocene pogostnosti uporabe besede smo delili s 5 in tako dobili delež pogostnosti uporabe besede (0 – beseda ni v uporabi; 5 – beseda je zelo pogosto v uporabi). Deležu oseb, ki niso bile gotove v svojo reprodukcijo (število negotovih oseb, deljeno s 44), smo izračunali komplementarno vrednost in tako dobili indikator jasnosti besede. Razumljivost besed smo opredelili kot delež oseb, ki so pravilno reproducirale besedo (število oseb z ustrezno reprodukcijo, deljeno s 44).

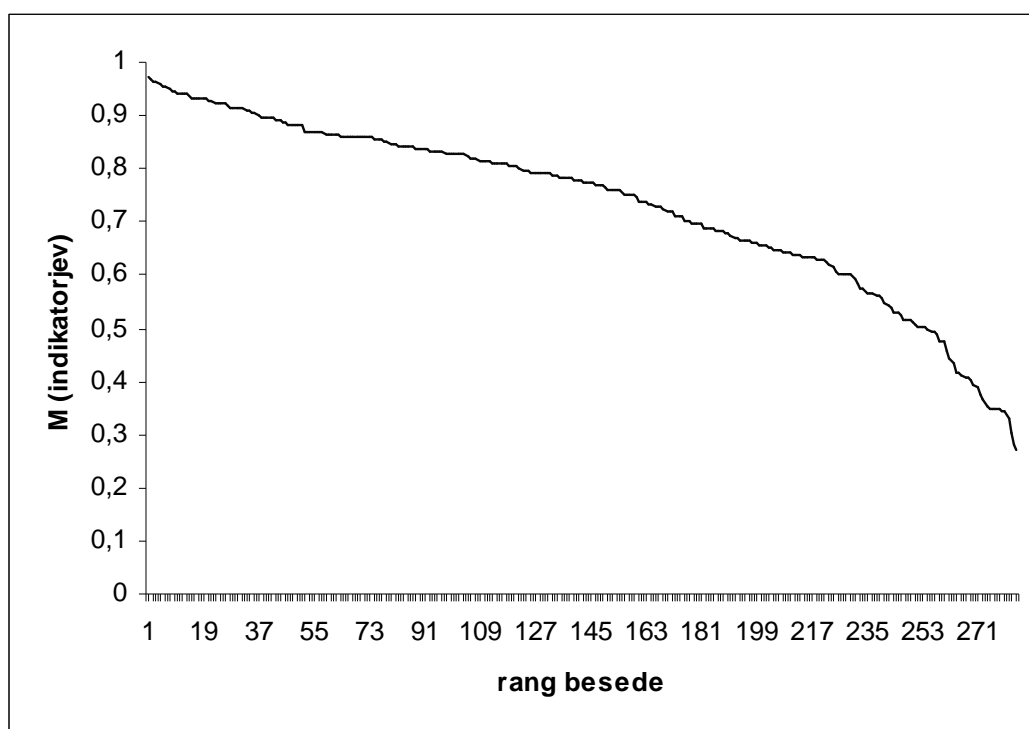
Zadnji trije stolpci v Tabeli A prikazujejo pogostnost pojavljanja posamezne besede v slovenskih besedilih, kot je bila ocenjena z uporabo baze FidaPlus (2007). S pomočjo baze besed FidaPlus smo med 6.3.2007 in 4.5.2007 preverili, kako pogosto se posamezne besede uporabljajo v pisnih besedilih v slovenskem jeziku. Pri ugotavljanju števila uporab smo izločili kraticе, okrajšave, tuje besede in podobno. Iskalnik omogoča samo do 100.000 zadetkov, tako da je pri besedah, ki se pojavljajo večkrat, število pojavljanj le spodnja ocenjena meja. Zaradi te omejitve števila zadetkov so podatki o pogostosti pojavljanja besed v FidaPlus le na ordinalnem nivoju merjenja. Kendallov τ koeficient korelacije med oceno pogostosti pojavljanja besede, ki so jo podali udeleženci, in pogostostjo pojavljanja besede v FidaPlus znaša 0,66. Ta korelacija kaže na relativno močno povezanost med ocenami pogostosti pojavljanja v vsakdanjem življenju udeležencev in pogostostjo pojavljanja v pisnih besedilih. Sklepamo lahko torej, da so ocene udeležencev o pogostosti pojavljanja besed veljavne in posledično dober kriterij selekcije nabora besed za končno preizkušnjo.

Da bi izločili najprimernejše besede za uporabo v adaptivnih metodah merjenja praga govornega razumevanja, smo uporabili več postopkov.

Najprej smo izračunali povprečje treh deležev, tj. deleža pogostnosti, razumevanja in jasnosti, in dobljeno mero označili kot M (indikatorjev). V tej meri so bili torej enakovredno upoštevani vsi

trije kazalci primernosti besede. Nato smo besede rangirali glede na višino M (indikatorjev) (stolpec Rang(M) v tabeli A; nižja vrednost ranga pomeni višje povprečje).

Pregledali smo, kako se besede razporejajo glede na povprečje indikatorjev primernosti (glej sliko 7). Ugotovili smo, da ni neke jasne meje v vrednostih povprečja, na podlagi katere bi lahko besede razdelili na primerne in neprimerne.

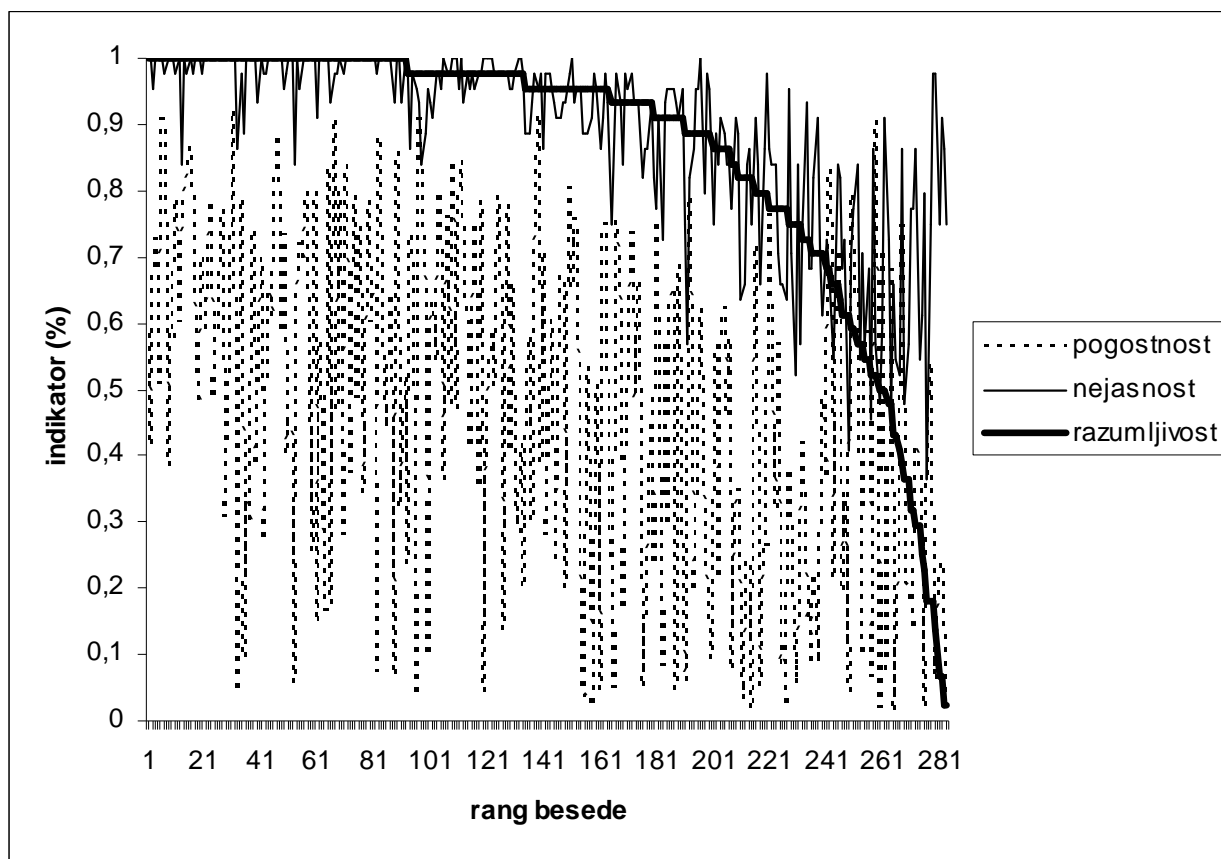


Slika 7. Vrednost povprečja treh indikatorjev primernosti besede (pogostnosti uporabe v vsakdanjem življenju, jasnosti in razumljivosti) pri posameznih besedah, urejenih od tiste z najvišjim do tiste z najnižjim povprečjem. Krivulja nima očitnega preloma.

Izračunali smo korelacijo med posameznimi indikatorji primernosti besede. Korelacija med pogostnostjo in razumljivostjo je znašala $r = 0,35$, med pogostnostjo in jasnostjo $r = 0,39$, med jasnostjo in razumljivostjo pa $r = 0,67$. Tudi na sliki 8 je povezava med razumljivostjo in jasnostjo bolj razvidna kot povezava med pogostnostjo in drugima dvema indikatorjema. Ker ocena pogostnosti odstopa od razumljivosti in jasnosti besede, smo se odločili, da se bomo pri izboru primernih besed osredotočili na razumljivost besede, tj. na verjetnost njene pravilne

reprodukcije ob pogoju uporabe zvočnih zapisov dražljajev, ki smo jih imeli na voljo. Jasnost besede je tako močno povezana z njeno razumljivostjo, da izbor primernih besed na podlagi povprečja teh dveh indikatorjev ne bi dal drugačnih rezultatov kot izbor na podlagi zgolj razumljivosti.

V nadaljevanju smo zato besede rangirali samo glede na delež oseb, ki so jih pravilno reproducirale (stolpec Rang(Razumljivost) v tabeli A; nižja vrednost ranga pomeni višjo razumljivost). Pregledali smo, kakšne so bile vrednosti posameznih treh indikatorjev primernosti pri posameznih besedah, pri čemer smo besede razporedili od najprimernejše do najmanj primerne po rangu razumljivosti (glej sliko 8). Glede na ocenjeno maksimalno število besed, potrebnih za uporabo v posamezni adaptivni metodi, smo se odločili, da kot mejno vrednost, ki deli besede na primerne in neprimerne, vzamemo razumljivost besede, višjo od 0,95. Na ta način smo kot primerne označili 161 besed (164, med katerimi so 3 besede v Freiburškem preizkusu ponovljene, in sicer mah, svet in dren).



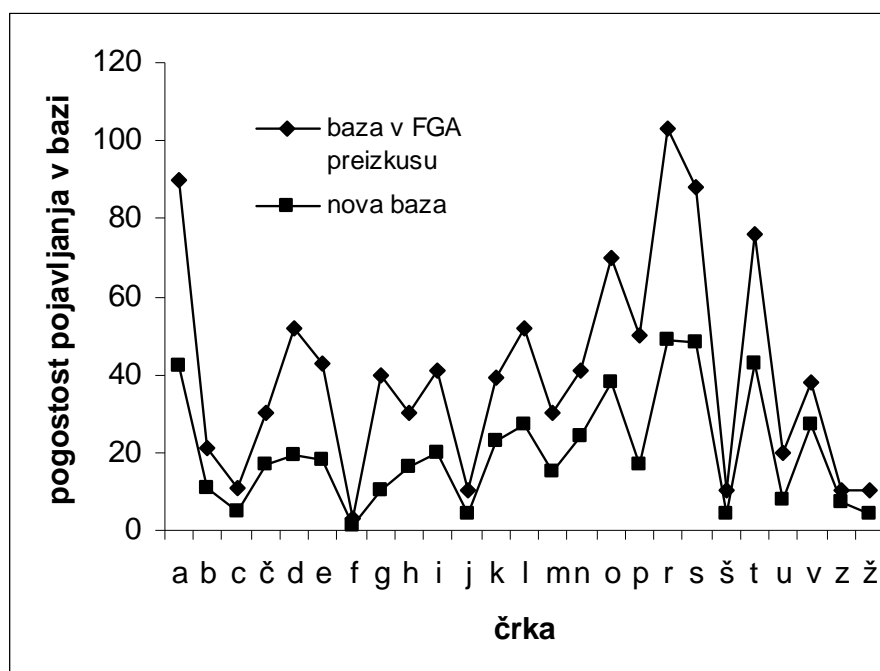
Slika 8. Vrednost posameznih indikatorjev primernosti besede (pogostnosti uporabe v vsakdanjem življenju, jasnosti in razumljivosti) pri posameznih besedah, urejenih od tiste z najvišjo do tiste z najnižjo vrednostjo razumljivosti. Krivulja razumljivosti se prelomi na več mestih. Za kritično vrednost smo izbrali vrednost razumljivosti 0,95, ki besede tudi razdeli na 2 približno enako obsežna dela.

Nato smo preverili, koliko besed bi bilo izbranih kot primernih, če bi sledili obema kriterijema izbora. Ugotovili smo, da 26 besed, izbranih kot primernih na podlagi kriterija razumljivosti, ni bilo izbranih kot primernih na podlagi kriterija povprečja vseh treh indikatorjev. Do neujemanja kriterija razumljivosti in kriterija povprečja treh indikatorjev je prišlo pri naslednjih dražljajih: grušč, stih, spuh, tvar, groh, pih, vod, or, krc, drozg, sekt, ceh, soj, stud, pah, irh, golč, polk, sak, svest, skrak, drač, il, speh, cis, dren. Medtem ko so bile te besede pravilno reproducirane v več kot 95 % (v povprečju v 97,6 %) in so bile tudi jasne (udeleženci so bili gotovi v reprodukcijo; v povprečju v 93,4 %), so bile označene kot redko uporabljane v vsakdanjem govoru (povprečna ocena – v razponu ocen od 0 do 5 – je bila 0,63), kar je znižalo njihovo povprečje treh indikatorjev. Zaradi neujemanja različnih kriterijev primernosti smo iz baze besed za adaptivne

metode teh 26 besed izpustili. Tako nam je v bazi besed za adaptivne metode ostalo skupno 135 besed. To je bilo zadostno število za uspešno izvedbo meritev s temi metodami.

3.4 BAZA DRAŽLJAJEV ZA ADAPTIVNE METODE

V bazi dražljajev za adaptivne metode je ostalo 135 besed, ki so imele ustrezne indikatorje primernosti (razumljivosti, jasnosti in pogostnosti). Med temi besedami je bilo naslednje število enozložnih besed z različnim številom črk: 3 dvočrkovne, 53 tričrkovnih, 59 štiričrkovnih in 20 petčrkovnih besed.



Slika 9. Pogostost pojavljanja posamezne črke v besedah, ki so bile izbrane v bazo dražljajev za adaptivne metode, v primerjavi s pogostostjo njihovega pojavljanja v besedah iz baze, uporabljene v Freiburškem preizkusu.

Slika 9 in tabela 1 prikazujeta, kolikokrat se v besedah, izbranih v bazo dražljajev za adaptivne metode, pojavlja posamezna črka slovenske abecede. V drugem stolpcu tabele 1 je navedena pogostost pojavljanja posamezne črke v bazi dražljajev, uporabljenih v Freiburškem preizkusu, v tretjem stolpcu pa pogostost pojavljanja posamezne črke v novi bazi (tj. bazi najprimernejših) dražljajev. V četrtem stolpcu je izračunan delež pojavljanja posamezne črke v novi bazi glede na staro. Da bi bil delež posamezne črke v obeh bazah primerljiv, bi moral znašati 0,475 (v novi

bazi je namreč 135 besed, v stari pa 284). Zadnji stolpec kaže razliko med dejanskim in pričakovanim deležem: večja oz. bolj pozitivna kot je razlika, višji je dejanski delež posamezne črke v novi bazi oz. večji je presežek pojavljanja posamezne črke v primerjavi s pojavljanjem v stari bazi. Bolj negativna kot je razlika, manjkrat se v primerjavi s staro bazo pojavlja posamezna črka.

Tabela 1

Pregled pogostosti pojavljanja posameznih znakov v besedah v novi bazi dražljajev

črka	baza v		delež	razlika
	preizkusu	nova baza		
a	90	42	0,47	-0,01
b	21	11	0,52	0,05
c	11	5	0,45	-0,02
č	30	17	0,57	0,09
d	52	19	0,37	-0,11
e	43	18	0,42	-0,06
f	3	1	0,33	-0,14
g	40	10	0,25	-0,23
h	30	16	0,53	0,06
i	41	20	0,49	0,01
j	10	4	0,40	-0,08
k	39	23	0,59	0,11
l	52	27	0,52	0,04
m	30	15	0,50	0,02
n	41	24	0,59	0,11
o	70	38	0,54	0,07
p	50	17	0,34	-0,14
r	103	49	0,48	0,00
s	88	48	0,55	0,07
š	10	4	0,40	-0,08
t	76	43	0,57	0,09
u	20	8	0,40	-0,08
v	38	27	0,71	0,24
z	10	7	0,70	0,22
ž	10	4	0,40	-0,08

Iz tabele 1 lahko razberemo, da se v primerjavi s staro bazo dražljajev, uporabljeno v Freiburškem preizkusu, v novi bazi dražljajev, če bi bili v vsaki preizkušnji uporabljeni vsi dražljaji nove baze, prevečkrat (za več kot 10 % večkrat kot v stari bazi) pojavljajo v besedah črke k, n, v in z. Premalokrat (za več kot 10 % manjkraj kot v stari bazi) pa se pojavljajo črke d, f, g in p. Pozitivna vsota razlik kaže na to, da je v novi bazi povprečna beseda daljša kot v stari. V novi bazi je povprečna dolžina besede 3,71 črke ($SD = 0,74$), v stari pa 3,57 črke ($SD = 0,73$). Zaključimo torej lahko, da so bile v naši raziskavi krajše besede manj razumljive kot daljše besede. Za slednje namreč velja višja entropija (večja redundantnost informacije), zato je dobljeni rezultat povsem pričakovan. Možno je tudi, da dražljaji v Freiburškem preizkusu niso bili enakovredni, saj so bili nekateri fonemi, kot kaže, bolj razumljivi kot drugi. Večja zastopanost nekaterih črk v novi bazi (v primerjavi z originalno bazo) kaže, da so bile besede s temi črkami poslušalcem bolj razumljive. Govorec jih je namreč bolj razločno izgovarjal kot besede z drugimi fonemi oz. je bil zvočni zapis v besedah s temi fonemi kvalitetnejši. Manjša zastopanost drugih črk pa obratno kaže, da so bile besede z nekaterimi fonemi manj razumljive in da jih je govorec slabo, nerazločno, nejasno izgovarjal oz. je bil zvočni zapis besed s temi fonemi slabši. Možno pa je tudi, da so nekateri fonemi v slovenskem jeziku bolj, drugi manj informativni.

V bazi dražljajev za adaptivne metode so bile torej naslednje besede:

smeh, sok, fant, noč, vzrok, šport, svet, plašč, nos, hči, noht, vrat, stric, mir, vas, vrt, strah, cvet, dlan, smrad, dvom, vdih, vzor, del, polž, grah, štor, voh, bas, molk, čoln, gnoj, lak, hrast, duh, grič, trn, čar, zvon, car, svak, vrč, tast, strel, žolč, post, tank, noj, niz, krt, mah, ud, polh, gams, lan, kih, punč, vran, seč, blesk, meh, dir, slak, dan, stvar, stran, vid, tla, rast, les, zdrob, as, tresk, uk, kal, pot, most, vir, pisk, stan, pest, list, brat, zvrst, grom, plen, drog, dvor, srh, vlak, test, glas, prah, moč, grm, polt, slast, tat, mast, blišč, bron, vrač, strok, sin, mož, tisk, rep, ris, sad, ključ, vest, sod, breg, dvig, zid, hrib, ton, prst, snov, reč, vrisk, svat, brc, dom, kost, čast, bor, bar, kup, laž, čut, kljun, cev, prod, klop

4 DRUGI KORAK: ANALIZA RAZLIČNIH METOD MERJENJA GOVORNEGA RAZUMEVANJA

V drugem koraku smo uporabili dva vzorca oseb. Na vzorcu slišočih oseb, ki imajo lastnosti, predpisane v ISO standardih za standardizacijo postopkov merjenja, tj. starost 18 do 25 let in neoškodovane slušne funkcije, smo želeli primerjalno preveriti ustreznost različnih postopkov za merjenje praga govornega razumevanja. Na kliničnem vzorcu, tj. osebah z motenimi slušnimi funkcijami, smo želeli prvenstveno preveriti, kako posamezni postopki funkcionirajo v kliničnem okolju: kako je s trajanjem meritev v tem primeru, ali osebe razumejo navodila, se znajdejo v meritveni situaciji ipd.

4.1 METODA

4.1.1 Udeleženci

V meritvah sta sodelovali dve skupini udeležencev:

- V prvem delu je sodelovalo 36 udeležencev, večinoma dodiplomskih študentov psihologije, ki so ustrezali opisu slišče populacije, ki jo ISO standardi uporabljajo pri standardizaciji postopkov merjenja. V povprečju so bile osebe stare 21 let ($SD = 2,3$ leta). Vse osebe so sodelovale v meritvah z vsemi štirimi preizkušanimi metodami.
- V drugem delu² je sodelovalo 26 oseb z motnjami v slušnem zaznavanju (osebe z različnimi stopnjami naglušnosti). Stare so bile od 46 do 86 let, povprečno 70 let ($SD = 11$ let). Vse osebe so sodelovale v meritvah z metodo stopnic, 17 jih je sodelovalo tudi v meritvah s PP2, ena pa v meritvah s PPUNB2.

4.1.2 Dražljaji in pripomočki

Pripravili smo računalniške aplikacije štirih metod merjenja praga govornega razumevanja³:

² Za izvajanje meritev v tem delu se zahvaljujemo Mateji Božič in Aniti Kastelic, zaposlenima v Avdiološki ambulanti Klinike za otorinolaringologijo in cervikofacialno kirurgijo, Klinični center Ljubljana.

³ Za izčrpno pomoč pri pripravi računalniških aplikacij, tj. za izdelavo celotne kode za krmiljenje glasnosti in povezavo z bazami dražljajev, se zahvaljujemo Damirju Odlaku, Iteo Spin d.o.o.

- Freiburški enozložni preizkus
- padajoči postopek z uporabo niza besed in koraka 2 ali 5 dB (PPUNB2 ali PPUNB5)
- metoda stopnic z uporabo koraka 2 dB ali 5 dB (S)
- padajoči postopek z uporabo koraka 2 dB ali 5 dB (PP2 ali PP5)

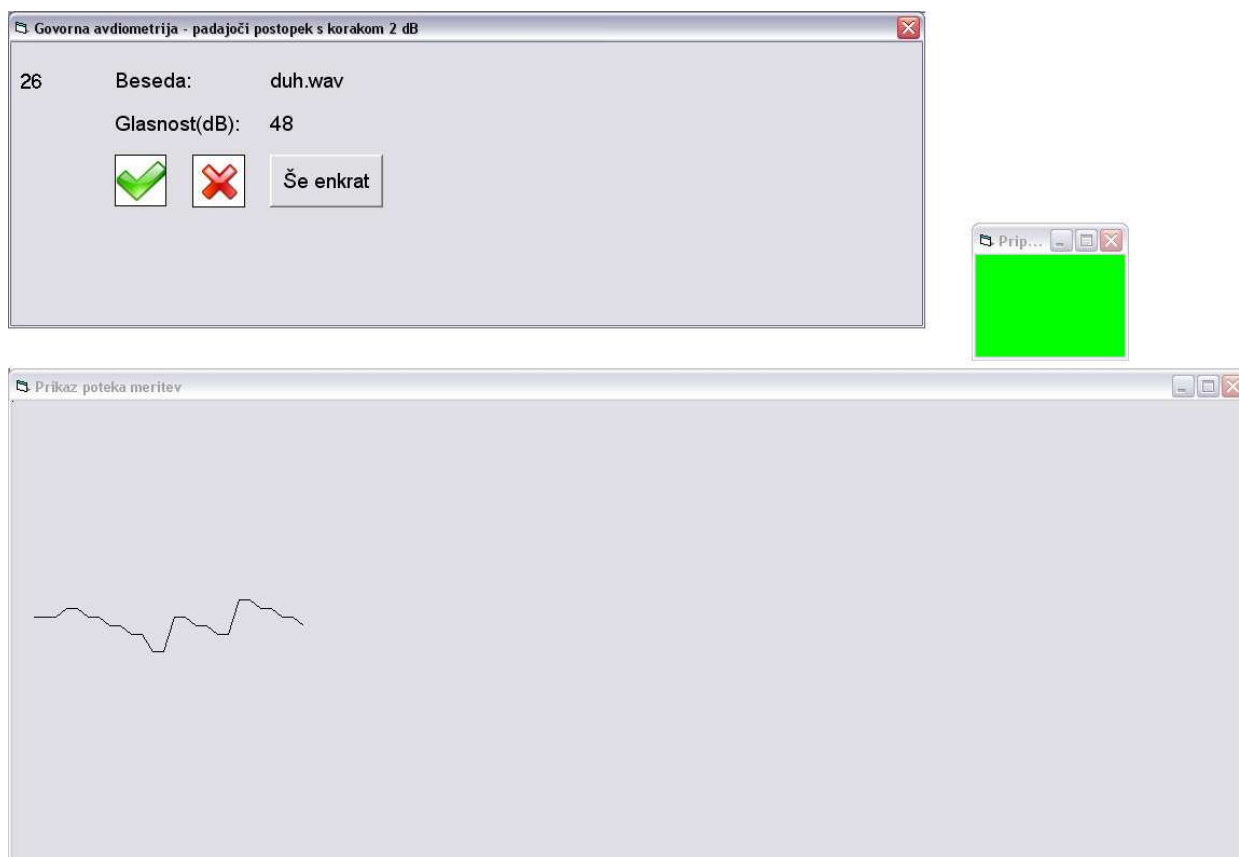
Posamezne postopke merjenja smo natančno opisali v poglavju 1.5.

Dražljaji so bili ustvarjeni z osebnim računalnikom, ki je vseboval procesor AMD Athlon 64 3200+ (2,0 GHz), 512 MB DDR pomnilnika, grafično kartico ATI Radeon X550 in zvočno kartico Creative SB Audigy. Na računalniku je bil nameščen operacijski sistem Microsoft Windows XP Professional (SP2). Programi, s katerimi smo izvajali Freiburški enozložni test in vse adaptivne postopke, so bili ustvarjeni v programskem jeziku Visual Basic 6.0 za Microsoft Windows okolje.

Dražljaji so bili zvočni, in sicer vnaprej posnete govorjene besede. V Freiburškem preizkusu so bile uporabljene vse besede iz široke baze besed (284 besed), v preostalih treh postopkih pa le besede iz ozke baze besed (135 besed), torej tiste besede, ki so se izkazale za ustrezne (glej poglavje 3.4). Medtem ko so bile besede v Freiburškem preizkusu predvajane v točno določenem zaporedju, pa so bile besede pri adaptivnih metodah iz ozke baze v različnih trenutkih izbrane naključno. Beseda, ki je bila že predvajana, se je shranila v drugo ozko bazo besed, ki jih je bilo moč v meritvah uporabiti še enkrat, a šele potem, ko so bile predvajane vse besede iz prve ozke baze. Vsaka beseda je bila iz posamezne ozke baze lahko predvajana le enkrat. Najprej je torej vsak postopek uporabil vse besede iz prve baze, in to v naključnem vrstnem redu, nato pa, če je bilo potrebno, še besede iz druge baze, ponovno v naključnem vrstnem redu.

Za meritve smo pripravili poseben grafični vmesnik, ki je prikazan na sliki 10. Eksperimentator je lahko spremljal zaporedno številko predvajanega dražljaja. Na zaslonu se mu je ob začetku predvajanja dražljaja v slušalkah udeleženca izpisala predvajana beseda. Po koncu predvajanja dražljaja sta se narisala na zaslonu dva gumba, eden z zeleno kljukico in eden z rdečim križem. Če je udeleženec predvajano besedo pravilno ponovil, je moral eksperimentator z miško pritisniti na zeleni gumb, če je udeleženec besedo ponovil narobe, pa na rdeči gumb. Na zaslonu je bil predvajan tudi gumb *Še enkrat*, ki ga je eksperimentator lahko kliknil v primerih napak in motenj (če je udeležencu za hip upadla pozornost, če je slučajno prišlo do kakšnega hrupa zunaj

laboratorija ali ob premiku udeleženca ali eksperimentatorja ipd.). Ob predvajanju vsakega dražljaja se je na zaslonu tudi risala krivulja, ki je označevala raven glasnosti dražljajev v posameznem trenutku. Tako je eksperimentator lahko spremljal ustreznost poteka posameznega postopka.



Slika 10. Eksperimentatorjev zaslon v času izvajanja meritev pri padajočem postopku s korakom 2 dB (PP2). Prikazan osrednji grafični vmesnik se med uporabljenimi postopki ni razlikoval. V glavnem oknu "Govorna avdiometrija ..." je eksperimentator označil, ali je udeleženec pravilno ali nepravilno ponovil trenutno predvajano besedo. V oknu "Prikaz poteka meritev" je eksperimentator spremljal potek oz. spreminjanje glasnosti predvajanih besed, s čimer smo omogočili sprotno preverjanje ustreznosti poteka postopkov. Majhno okno "Pripravljalni dražljaj" (na sliki desno, zelene barve) je bilo nameščeno na zaslonu za udeleženca. Rdeča barva mu je sporočala, da se trenutno predvaja dražljaj, zelena pa, da lahko poda odgovor.

Odgovori so se sproti zapisovali v tekstovno datoteko, kamor se je nazadnje tudi shranila izračunana vrednost praga govornega razumevanja, kakor je bila določena s posameznim

postopkom. Zapis celotnega poteka meritev pa omogoča, da tudi naknadno lahko preverimo, kaj se je med meritvami dogajalo in ali je med odgovarjanjem prihajalo do kakšnih nepričakovanih nesenzornih vplivov.

Računalniška aplikacija z uporabljenimi postopki merjenja praga govornega razumevanja je dodana temu poročilu na CD-ju. Opis aplikacije, njene namestitve in način branja zapisanih podatkov bralec najde v prilogi 2.

4.1.3 Postopek

4.1.3.1 Umerjanje instrumentov za prvi del meritev

Uporabljene postopke za merjenje praga govornega razumevanja smo izvajali s pomočjo osebnega računalnika (ne s pomočjo avdiometra), dražljaje pa smo predvajali binavralno preko slušalk, in sicer slušalk Sennheiser HD650 (torej ne v prostem zvočnem polju oziroma preko zvočnikov). V programih, s katerimi smo krmilili posamezne postopke, smo glasnost dražljajev spreminjali preko nadzora kontrolerjev glasnosti, ki so vgrajeni v Microsoft Windows operacijski sistem, tj. glavni kontroler za glasnost (angl. *master*) in kontroler za nestisnjen digitalni avdio format (angl. *wave*; waveform audio format oziroma uncompressed pulse-code modulation (PCM) format). Oba kontrolerja lahko zavzemata vrednosti v razponu od 0 do 100, pri čemer so vrednosti generične, tj. brez enote. Za potrebe naših meritev operiranje z generičnimi enotami ni bilo zadostno, saj smo za predvajane dražljaje potrebovali natančne podatke o glasnosti v dB(SPL). V ta namen smo izvedli umerjanje glasnosti dražljajev, predvajanih preko slušalk v danem laboratorijskem okolju. Umerjanje je potekalo v skladu s standardom mednarodne elektrotehnične komisije IEC 310.

Umerjanje ni bilo potrebno zgolj zaradi specifičnosti načina predvajanja dražljajev (tj. s pomočjo računalniškega programa in naslavljanja generičnih kontrolerjev glasnosti), temveč tudi zato, ker se je v preliminarnih merjenjih glasnosti dražljajev izkazalo, da pri isti nastavitvi glasnosti dražljaji med seboj niso primerljivi.

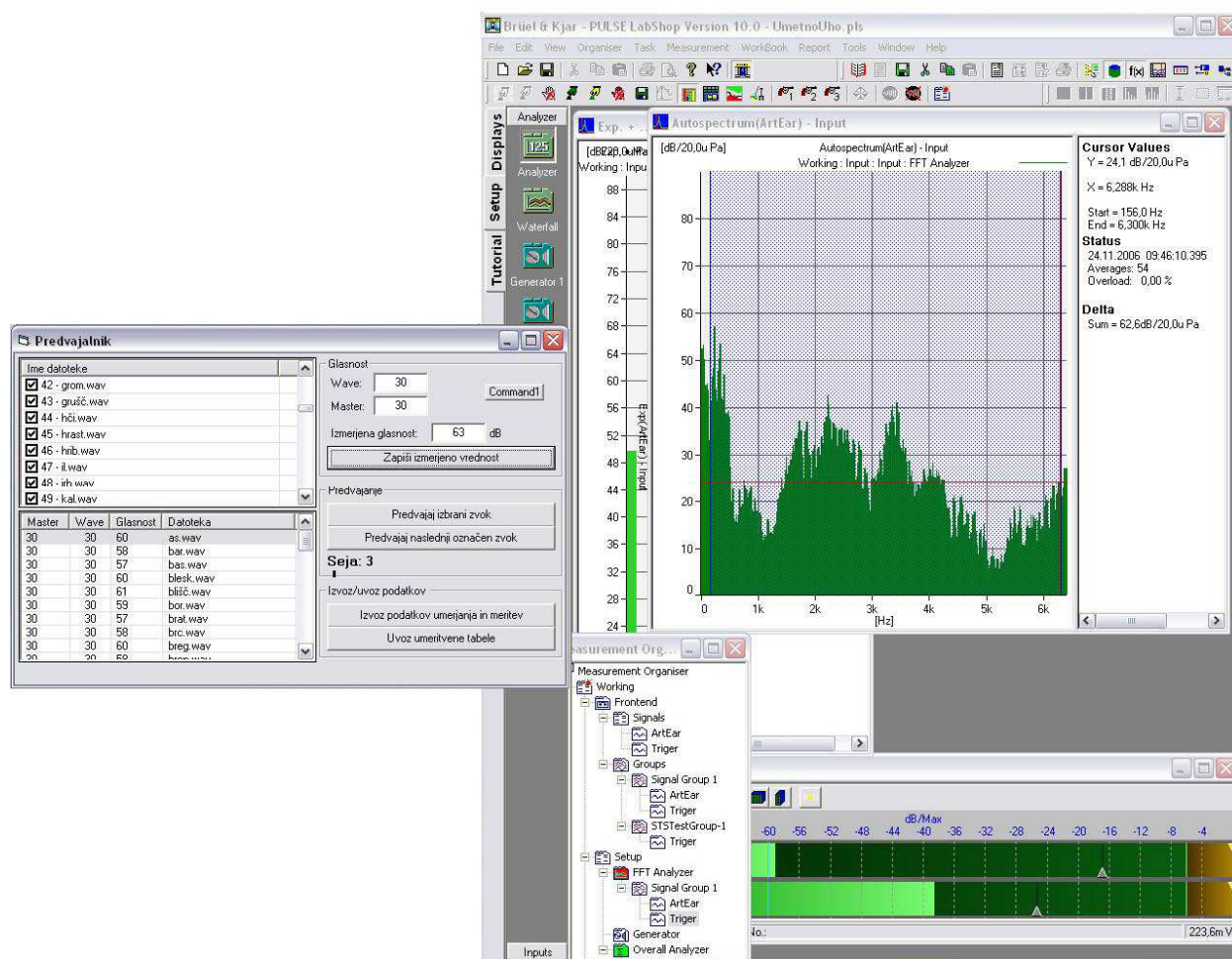
Umerjanje smo izvedli⁴ s pomočjo umetnega ušesa Brüel & Kjær 4152 z nastavkom DB 843, programa za umerjanje avdio opreme Brüel & Kjær Pulse Labshop 10.0 in lastnega programa za predvajanje dražljajev pri različnih nastavitvah glavnega kontrolerja in kontrolerja za nestisnjen digitalni avdio format. Slušalke smo zaradi boljšega stika z umetnim ušesom razstavili, obežili in z umetno peno dodatno zvočno izolirali.

Kabina, v kateri smo izvajali meritve, je bila navkljub obstoječi zvočni izolaciji zvočno onesnažena z nizkimi frekvencami (do približno 120 Hz), saj se je v sosednjem prostoru nahajala osrednja prezračevalna postaja Filozofske fakultete. Osnovna raven glasnosti v laboratoriju je znašala 30 ± 2 dB(SPL)⁵, zaradi česar so se vrednosti glasnost uporabljenih dražljajev začele šele pri 30 dB.

Uporabljeni dražljaji so bili enozložne besede, ki so se med seboj razlikovale po fonetični sestavi in zaradi tega tudi po obliki oziroma sestavi frekvenčnega spektra. Merjenje glasnosti sinusoidnih čistih tonov določene frekvence je enostavno, pri merjenju glasnosti dražljajev z vsebnostjo različnih frekvenc pa imamo na razpolago več pristopov. V našem primeru smo glasnost posameznih besed pri različnih nastavitvah glasnosti opredelili kot povprečje maksimalnih amplitud glasnosti preko frekvenčnega spektra od 156 do 6000 Hz. V programu za umerjanje bi iznos umetnega ušesa zaradi motečih nizkih frekvenc lahko omejili zgolj z visokoprepustnim sitom (angl. *high-pass filter*), a smo se zaradi čim večje natančnosti odločili za izbrano pasovnoprepustno sito (angl. *band-pass filter*). Maksimalne amplitude preko izbranega frekvenčnega spektra, ki so predstavljale osnovo za izračun povprečja, smo zbirali znotraj časovnega intervala, ki je bil vedno natančno enak trajanju določene besede in je vedno vseboval 54 vzorcev amplitud (glej sliko 11). Končne glasnosti dražljajev pri različnih nastavitvah obeh kontrolerjev glasnosti smo pridobili po dveh ali treh ponovljenih predvajanjih. Na ta način smo oblikovali podatkovno bazo, ki je vsebovala izmerjene glasnosti v razponu od 30 do 99 dB.

⁴ Za omogočeno kvalitetno umerjanje z ustrezno strojno in programsko opremo se zahvaljujemo Petru in Luki Dolencu iz podjetja Industrijski merilni sistemi d.o.o.

⁵ Ko v nadaljevanju govorimo o dB, mislimo vedno na dB (SPL).



Slika 11. Zaslonski posnetek postopka umerjanja dražljaja "irh". Eksperimentator je s pomočjo programa "Predvajalnik" izbral določeno besedo v bazi, jo predvajal pri določeni nastavitvi obeh izbranih kontrolerjev glasnosti (*master* in *wave*; glej besedilo za podrobnejšo razlago) in zapisal izmerjeno glasnost v podatkovno bazo. Izmerjeno glasnost v dB(SPL) smo izračunali kot povprečje 54 vzorcev maksimalnih amplitud preko frekvenčnega spektra od 156 do 6300 Hz.

4.1.3.2 Izvedba meritev pragov govornega razumevanja

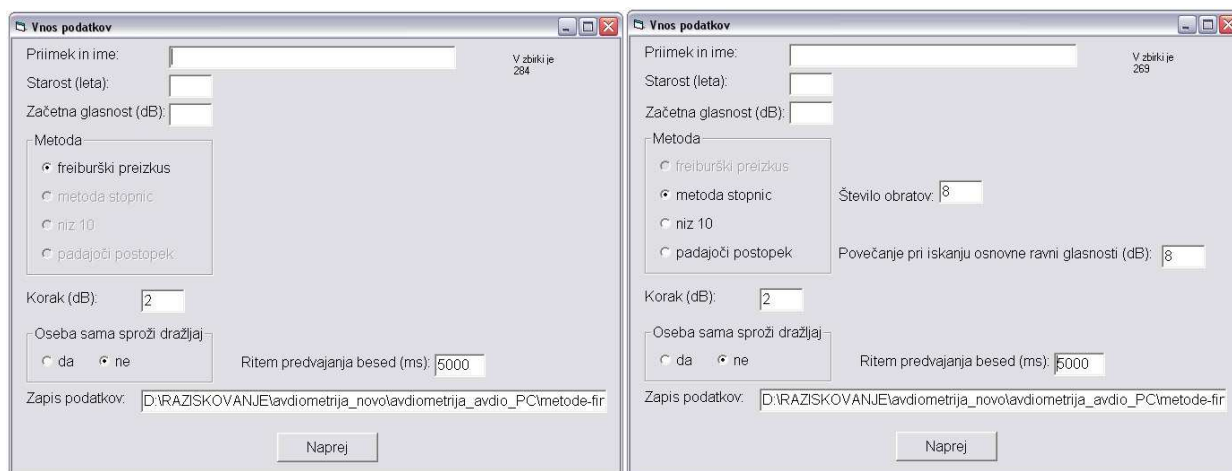
Prvi del meritev (meritve s slišičimi) je bil izveden v laboratorijih Oddelka za psihologijo Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani. Laboratoriji so v kletnih prostorih Filozofske fakultete v kabinah z zadovoljivo zvočno izolacijo, ki omogoča predvajanje dražljajev ob šumu, enakem približno 30 dB. Meritve so bile izvedene individualno, z različnimi osebami ob različnih delih dneva, navadno takrat, ko v laboratoriju in sosednjih prostorih ni bilo hrupnejšega dogajanja.

Udeleženec se je po prihodu v laboratorij udobno namestil. Po tem, ko mu je eksperimentator podal natančen opis, kaj se bo merilo in kako (kakšne so postavke in kako oseba odgovarja; da mora odgovoriti, kadarkoli sliši govor, ne glede na to, kako tih je; naj odgovarja razločno, tudi če ni prepričana, da je postavko slišala pravilno, poda pa lahko samo en odgovor; naj se ne premika, če to ni potrebno; da se lahko preizkušnja prekine, če pride do neugodja) ter se prepričal, da je oseba navodila razumela, in po potrebi ponovil navodila, si je nadel slušalke. Računalnik, ki je generiral dražljaje, je bil postavljen v drugem prostoru, da ne bi prihajalo do zvočnih motenj (zaradi brnenja ventilatorjev v osebem računalniku).

Drugi del meritev (meritve z naglušnimi) je bil izveden v prostorih ORL na Polikliniki v Ljubljani. Soba, v kateri so bile izvajane meritve, je zadovoljivo zvočno izolirana in urejena za izvajanje avdiometrije v prostem zvočnem polju (kjer so zahteve za merjenje večje kot v našem primeru, kjer smo dražljaje predvajali s slušalkami). Računalnik je bil v tem delu meritev postavljen v prostoru, v katerem je sedel udeleženec, zato je prihajalo do nekaj več šuma kot v prvem delu meritev.

V obeh delih meritev sta pred udeležencem in eksperimentatorjem stala dva ločena zaslona. Eksperimentator je na svojem zaslonu spremljal potek poskusa (glej sliko 10) in z miško klikal ustrezne gumbe, na udeleženčevem zaslonu pa je bil predvajan zgolj signal, ki je označeval začetek in konec vsakega dražljaja (ker so bili nekateri dražljaji močno podpražni, je le tako udeleženec lahko vedel, da je bil dražljaj že predvajan). Med predvajanjem dražljaja in zatem je bilo okno obarvano rdeče, v intervalu 1 sekunde pred predvajanjem dražljaja pa je bilo obarvano zeleno, kar je bilo osebi znak, da bo dražljaj v kratkem predvajan. Za vidno opozorilo smo se, v primerjavi z originalnim Freiburškim enozložnim preizkusom, ki za pripravljalni signal uporablja zvočni pisk, odločili zato, ker lahko glasnost piska interferira z zaznavo dražljaja. Glasen pisk lahko vpliva na zaznavo nadaljnjih dražljajev, npr. povzroči, da je prepoznava srednjih intenzitet otežena (t. i. pojav naprejšnjega maskiranja; glej Oberfeld, 2003; Zeng, 1994), oz. spremeni zaznavo glasnosti dražljaja (Galambos idr., 1972; Irwin in Zwislocki, 1971). Zato je najbrž najprimerneje predvajati pripravljalni pisk z glasnostjo, enako glasnosti dražljaja. Problem pri takem predvajanju pa je, da je pri podpražnih dražljajih tudi pripravljalni pisk podpražen, zato oseba ne more vedeti, kdaj je (bo) dražljaj predvajan. To otežuje detekcijo dražljaja in s tem tudi razumevanje.

Na začetku poskusa je eksperimentator od udeleženca pridobil osnovne informacije: ime in priimek ter starost in jih vpisal v vnosno okno računalniškega programa (glej sliko 12). V vnosno okno je prav tako vnesel tudi ocenjeno/izmerjeno ali predpostavljeno vrednost tonskega praga. Pri udeležencih v prvem delu meritev (slišočih) smo predpostavili, da je tonski prag pri vrednosti 30 dB. Eksperimentator je nato izbral postopek za merjenja praga govornega razumevanja. Vsi udeleženci so najprej sodelovali v meritvah s Freiburškim preizkusom, nato v meritvah z metodo stopnic, nato v meritvah s PPUNB2 in nato v meritvah s PP2. V obeh delih meritev, tj. meritvah s slišočimi in naglušnimi osebami, smo uporabili korak 2 dB⁶. Pri metodi stopnic je eksperimentator še definoval število zahtevanih obratov dražljajske serije (v vseh primerih smo uporabili 8 obratov), pri PP2 pa korak povečanja pri iskanju osnovne ravni glasnosti L_s (v dB; v vseh primerih smo uporabili korak povečanja 8 dB). Nadalje je eksperimentator vnesel še čas, ki je pretekel med predvajanjem zaporednih dražljajev (v vseh primerih 5000 ms).



Slika 12. Vnosni okni uporabljenega računalniškega programa za merjenje praga razumevanja govora. Vnosno okno za adaptivne metode (desno) se je od okna za Freiburški postopek (levo) razlikovalo po nekaj dodatnih možnostih. Dodatno smo lahko vpisali poljubno število obratov (metoda stopnic) in povečanje pri iskanju osnovne ravni glasnosti (PP2; padajoči postopek z uporabo koraka 2 dB).

⁶ Glede na to, da je komaj zaznavna razlika v glasnosti dveh zvokov enaka približno 1 dB, se nam je zdel ta korak najprimernejši (dovolj majhen, da je razlika med zaporednimi ravnmi glasnosti zaznavna, in obenem ne premajhen za dovoljšnj natančnost meritev).

4.2 REZULTATI

4.2.1 Prvi del meritev – Preverjanje ustreznosti postopkov na sliščem vzorcu

Tabela 2 in slika 13 prikazujeta, kaj se je dogajalo s pragi govornega razumevanja pri različnih metodah. Adaptivne metode so dale zelo podobne srednje vrednosti pragov (okrog 36,1–36,2 dB). Pragi, dobljeni z adaptivnimi metodami, so bili nekoliko nižji od tistih, dobljenih s Freiburškim postopkom (za približno 1 dB). Pri tem pa je bila variabilnost pragov, določenih s padajočim postopkom (PP2), precej višja kot pri preostalih metodah.

Pri vseh adaptivnih metodah so bili pragi porazdeljeni desno asimetrično, medtem ko smo s Freiburškim postopkom dobili blago levo asimetrijo. Rezultati metode stopnic so izstopali po visokem koeficientu sploščenosti, torej po, v primerjavi z normalno porazdelitvijo, relativno velikem številu vrednosti, oddaljenih od srednje vrednosti.

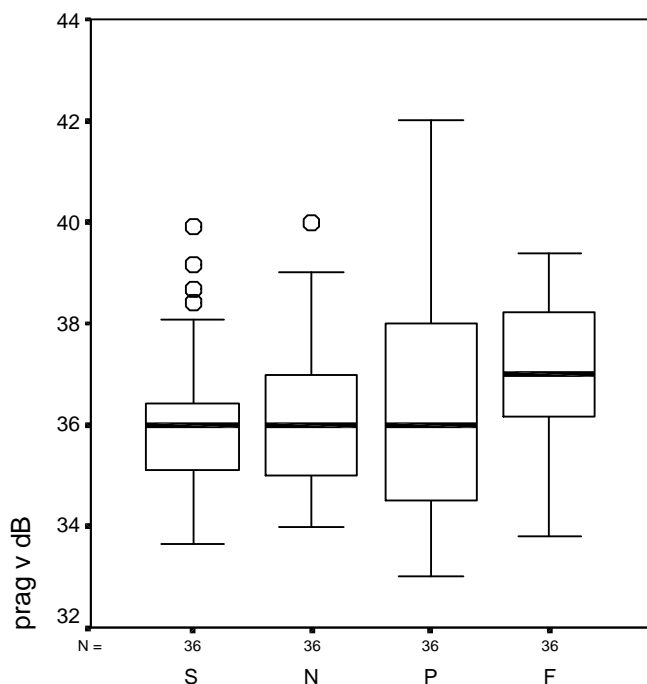
Tabela 2

Opisne statistike za prage govornega razumevanja, izmerjene z različnimi postopki

		<i>M</i>	<i>SD</i>	Asim.	Spl.	Min	Max	<i>P</i> ₂₅	<i>P</i> ₅₀	<i>P</i> ₇₅
Prag	S	36,09	1,39	0,97	1,02	33,7	39,9	35,1	36,0	36,5
	N	36,20	1,55	0,59	-0,36	34,0	40,0	35,0	36,0	37,0
	P	36,11	1,98	0,79	0,68	33,0	42,0	34,3	36,0	38,0
	F	36,90	1,47	-0,55	-0,27	33,8	39,4	36,1	37,0	38,3

Opomba: Oznaka S predstavlja metodo stopnic, oznaka N padajoči postopek z uporabo niza besed (PPUNB2), oznaka P padajoči postopek (PP2) in oznaka F Freiburški preizkus.

Na sliki 13 še jasneje vidimo primerjavo rezultatov različnih metod. Če se osredotočimo na primerjavo rezultatov adaptivnih metod, lahko na splošno rečemo, da so povprečja in razpršenosti individualnih rezultatov pri metodi stopnic in PPUNB2 podobna, medtem ko je razpršenost pri PP2 precej večja.



Slika 13. Pragi, določeni s posameznimi metodami. Zaboji z ročaji prikazujejo kvartile ter minimum in maksimum s posebej označenimi ekstremnimi vrednostmi. Oznaka S predstavlja metodo stopnic, oznaka N padajoči postopek z uporabo niza besed (PPUNB2), oznaka P padajoči postopek (PP2) in oznaka F Freiburški preizkus.

V tabeli 3 in na sliki 14 lahko vidimo, koliko časa so trajale meritve s posameznimi metodami. Vrednosti v tabeli predstavljajo število dražljajev oz. besed, ki jih je bilo potrebno predvajati, da smo lahko izmerili prag.

V skladu s pričakovanji je bilo testiranje z adaptivnimi metodami precej krajše kot s Freiburškim postopkom. Ker je bil razmik med predvajanji posameznih dražljajev 5 sekund, lahko izračunamo, da so same meritve z metodo stopnic – brez uvodnega dela s popisovanjem značilnosti udeleženca in dajanjem navodil udeležencu – trajale v povprečju okrog 222 s (ali 3 minute in 42 s), s PPUNB2 238 s (ali malo manj kot 4 minute), s PP2 pa še manj, in sicer 161 s (ali 2 minuti in 41 s). Merjenje praga s Freiburškim preizkusom je pri našem vzorcu v povprečju

trajalo cca. 573 s (ali 9 minut in 33 s), kar je nekje tri- do štirikrat dlje, kot je trajalo merjenje z adaptivnimi metodami⁷.

Metode so se razlikovale tudi po variabilnosti: pri metodi stopnic in PP2 so se udeleženci najmanj razlikovali med seboj, pri preostalih dve metodah, zlasti pri Freiburškem postopku, pa so bile razlike med udeleženci precej večje. Tudi pri trajanju testiranja je bila oblika porazdelitve desno asimetrična pri adaptivnih metodah in levo asimetrična pri Freiburškem postopku. Porazdelitev pri metodi stopnic je tudi tu izstopala po koničastosti.

Tabela 3

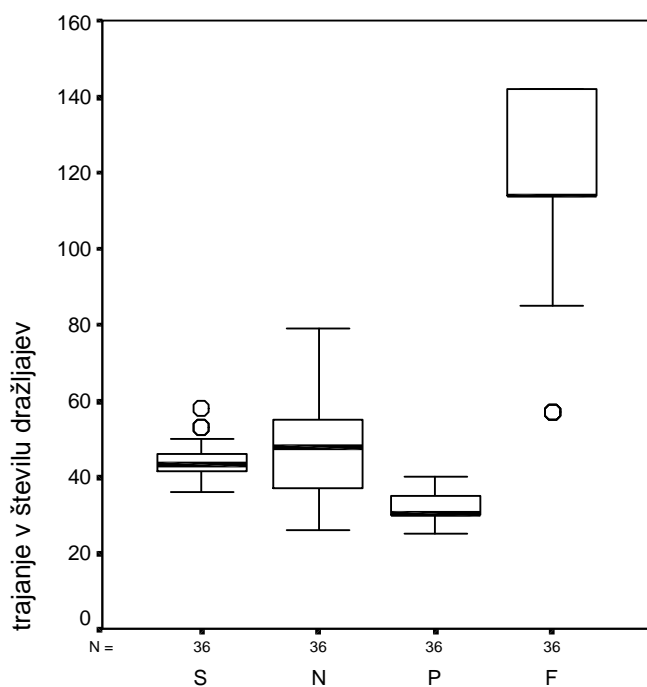
Opisne statistike za trajanje meritev z različnimi postopki

	<i>M</i>	<i>SD</i>	Asim.	Spl.	Min	Max	<i>P</i> ₂₅	<i>P</i> ₅₀	<i>P</i> ₇₅
Trajanje S	44,4	4,44	0,98	1,57	36	58	41,3	43,5	46,0
N	47,5	13,63	0,48	-0,11	26	79	36,5	48,0	55,5
P	32,2	4,23	0,35	-0,92	25	40	30,0	30,5	35,5
F	114,6	24,91	-0,88	0,45	57	142	114,0	114,0	142,0

Opomba: Oznaka S predstavlja metodo stopnic, oznaka N padajoči postopek z uporabo niza besed (PPUNB2), oznaka P padajoči postopek (PP2) in oznaka F Freiburški preizkus.

Ker so udeleženci opravljali adaptivne metode v različnih zaporedjih, smo z multivariatno analizo variance preverili, ali je zaporedje vplivalo na prage ali na trajanje meritve. Stopnje svobode smo popravili z Greenhouse-Geisserjevim popravkom. Merska metoda je statistično pomembno vplivala tako na prag ($F[2,14; 64,18] = 3,42, p = 3,6 \%, \eta^2 = 0,10$) kot na trajanje ($F[1,46; 43,93] = 198,23, p < 0,1\%, \eta^2 = 0,87$). Zaporedje oz. interakcija metode in zaporedja pa nista imela statistično pomembnega vpliva niti na prag ($F[5;30] = 0,30, p = 91\%, \eta^2 = 0,05$ oziroma $F[10,7; 64,18] = 1,61, p = 12 \%, \eta^2 = 0,21$) niti na trajanje ($F[5; 30] = 0,46, p = 81 \%, \eta^2 = 0,07$ oziroma $F[7,32; 43,93] = 0,58, p = 78 \%, \eta^2 = 0,09$).

⁷ Omeniti je potrebno, da so same meritve s Freiburškim enozložnim preizkusom v našem eksperimentu trajale sorazmerno malo časa, in sicer zato, ker so se meritve zaključile takoj, ko je bil presežen delež pravih ponovitev, enak 0,50. V realnih situacijah merjenja praga govornega razumevanja, tj. z naglušnimi in starejšimi osebami, kjer prihaja do več ponovitev predvajanj zaradi motečih dejavnikov, in v primeru določanja dosežka govornega razumevanja namesto praga, so meritve mnogo daljše. Z dodatno uporabo številčnega testa se meritve še podaljšajo.



Slika 14. Trajanje testiranja s posameznimi metodami. Oznaka S predstavlja metodo stopnic, oznaka N padajoči postopek z uporabo niza besed (PPUNB2), oznaka P padajoči postopek (PP2) in oznaka F Freiburški preizkus.

V nadaljevanju smo želeli preveriti, ali lahko udeležence razvrstimo v enako ranžirno vrsto, če njihove prage izmerimo z različnimi metodami; torej, ali je vrstni red oseb pri vseh metodah enak (podoben), če njihove pragove razvrstimo od najvišjega do najnižjega. V kolikor se vrstni red oseb pri različnih metodah ohranja, to kaže, da metode lahko merijo isto stvar, da torej dobljene vrednosti niso stvar naključij ali podvržene raznim merskim napakam. Seveda je pri tem treba predpostaviti, da se osebe, vključene v našo raziskavo, v osnovi razlikujejo v pragih govornega razumevanja, da je torej za nekatere značilen višji, za druge nižji prag.

Tabela 4 prikazuje koeficiente korelacije med praznimi vrednostmi, določenimi s posameznimi postopki. Ker je pregled razsevnih diagramov nakazal možnost, da nekateri odnosi niso povsem linearni, in zaradi izstopajočih vrednosti zlasti pri metodi stopnic smo poleg Pearsonovih izračunali tudi Kendallove koeficiente korelacije rangov (τ). Z obema koeficientoma sicer dobimo podoben vzorec rezultatov. Vse korelacije so statistično pomembne, razen med PPUNB2 in PP2. S pragi, določenimi po Freiburškem postopku, so – ne glede na vrsto mere povezanosti –

najvišje korelirali pragi, določeni z metodo stopnic, najnižje pa pragi, določeni s padajočim postopkom PP2.

Tabela 4

Koeficienti korelacije med pragi, določenimi z različnimi metodami

		N	P	F
Pearsonov r	S	0,56*	0,48*	0,61*
	N		0,12	0,51*
	P			0,42*
Kendallov τ	S	0,48*	0,30*	0,47*
	N		0,08	0,41*
	P			0,32*

Opomba: Oznaka S predstavlja metodo stopnic, oznaka N padajoči postopek z uporabo niza besed (PPUNB2), oznaka P padajoči postopek (PP2) in oznaka F Freiburški preizkus.

* $p < 0,05$.

Srednje visoke korelacije v tabeli 4 nam lahko nekaj povedo o veljavnosti različnih postopkov za merjenje praga govornega razumevanja. Glede na to, da je bila razpršenost pragov nizka, meritve pa smo izvajali na vzorcu slišočih oseb z uporabo koraka 2 dB v vseh postopkih – torej da je razpršenost v primerjavi z natančnostjo meritev nizka – ni presenetljivo, da korelacije niso višje. Menimo, da tako visoke korelacije kažejo na ustrezno konvergentno veljavnost postopkov. Še najslabše se je odrezal postopek PPUNB2.

Kot kriterij veljavnosti uporabljenih postopkov lahko vzamemo tudi (obteženo) povprečje pragov, določenih z vsemi štirimi postopki. Veljavnost lahko nato določimo bodisi kot korelacijo s povprečnim pragom, določenim s preostalimi tremi postopki (kar je tehnično enakovredno popravljenemu koeficientu diskriminativnosti) bodisi kot korelacijo z obteženo vsoto, ki pojasni največ variance vseh pragov (tj. prvo glavno komponento). Obe vrsti korelacij prikazuje tabela 5. Prva glavna komponenta je pojasnila približno 60 % variance pragov. Ne glede na vrsto izračuna imata najvišjo veljavnost metoda stopnic in Freiburški postopek, najnižjo pa padajoči postopek. Omeniti velja, da so razlike v vrednostih korelacij v prvem in drugem stolpcu posledica dejstva,

da je pri korelaciji s prvo glavno komponento vključena tudi korelacija meritve s samo seboj (zato višje vrednosti).

Tabela 5

Korelacije pragov s povprečjem preko metod

	r_{ic}	r_{it}
S	0,88	0,73
N	0,72	0,45
P	0,62	0,39
F	0,84	0,66

Opomba: r_{ic} = korelacija s prvo glavno komponento; r_{it} = korelacija s povprečjem pragov, določenih s preostalimi tremi postopki. Oznaka S predstavlja metodo stopnic, oznaka N padajoči postopek z uporabo niza besed (PPUNB2), oznaka P padajoči postopek (PP2) in oznaka F Freiburški preizkus.

Zanimalo nas je tudi, kaj se je dogajalo pri posameznih osebah, tj., kako so se razlikovali pragi, določeni s štirimi metodami. Pri vsakem udeležencu smo primerjali vse pare pragov. Izračunali smo torej šest razlik med pragovi, pri čemer so nas najbolj zanimale razlike med pragom, določenim s Freiburškim preizkusom, in pragi, določenimi z adaptivnimi metodami. Na podlagi parnih primerjav pragov, določenih z različnimi metodami, smo želeli ugotoviti, katera dva postopka sta dala pri posameznih osebah najbolj podobne rezultate, oz. smo predvsem želeli tri prage, določene z adaptivnimi metodami, primerjati s tistimi, določenimi s Freiburškim preizkusom. Opisne statistike parnih primerjav so podane v tabeli 6.

Tabela 6

Opisne statistike za parne primerjave metod (tj. za razlike v pragih, izmerjenih s posameznim parom metod)

	N	P	F
S			
Min	-4,00	-3,33	-1,76
Max	2,92	4,67	3,45
<i>M</i>	-0,11	-0,02	0,81
<i>SD</i>	1,39	1,80	1,26
N			
Min		-4,00	-3,68
Max		5,00	3,25
<i>M</i>		0,08	0,70
<i>SD</i>		2,37	1,49
P			
Min			-3,18
Max			4,45
<i>M</i>			0,79
<i>SD</i>			1,91

Opombe: Oznaka S predstavlja metodo stopnic, oznaka N padajoči postopek z uporabo niza besed (PPUNB2), oznaka P padajoči postopek (PP2) in oznaka F Freiburški preizkus. Razlike med pragoma, določenima s posameznima metodama, smo računali tako, da smo od praga za metodo v stolpcu odšteli prag za metodo v vrstici. Kombinacija S–F torej predstavlja razlike med pragom, določenim s Freiburškim preizkusom, in pragom, določenim z metodo stopnic.

V tabeli 6 vidimo, da je najmanjši variacijski razpon razlik med pragom, določenim s Freiburškim preizkusom, in pragom, določenim z metodo stopnic (pri različnih udeležencih so razlike med obema pragoma segale od vrednosti -1,76 do +3,45), prav tako je pri tem paru metod najnižja standardna deviacija razlik, značilnih za različne udeležence. Pri različnih udeležencih so se od pragov, določenih s Freiburškim preizkusom, najbolj razlikovali pragi, določeni s PP2. Visoka standardna deviacija razlik pri tem paru metod tudi pove, da je razlika med postopkoma, gledano znotraj posameznih udeležencev, najmanj stabilna. Razlike pragov po metodi stopnic in Freiburškem preizkusu so bile nekoliko bolj stabilne (manjša *SD*), torej pri večini pozitivne in s podobnejšimi vrednostmi. Če bi nam prag, določen s Freiburškim

preizkusom, predstavljal referenčno vrednost, bi na osnovi rezultatov v tabeli 5 zaključili, da je dala metoda stopnic najrelevantnejše rezultate: sicer nižje kot Freiburški preizkus, a sorazmerno stabilno nižje.

4.2.2 Drugi del meritev – Uporaba postopkov na kliničnem vzorcu

Za 17 udeležencev, ki so sodelovali v meritvah z metodo stopnic in PP2, smo ugotovili, da so bili pragi govornega razumevanja, določeni z metodo stopnic ($M = 71,5$; $SD = 9,0$), malenkostno višji od pragov, določenih s PP2 ($M = 69,3$; $SD = 8,4$), $t(16) = 2,17$, $p = 0,045$. Korelacija med obema vrstama pragov ($r = 0,884$) je bila statistično pomembna na ravni $p = 0,000$. Torej, razvrstitev pragov oseb po vrstnem redu je bila pri obeh postopkih zelo podobna (visoka korelacija ne preseneča zato, ker so se pragovi pri različnih osebah precej razlikovali), vendar pa so bili pragi pri metodi stopnic višji kot pri PP2.

Pri istih udeležencih je bilo potrebno pri metodi stopnic predvajati nekaj več dražljajev ($M = 34,7$; $SD = 6,2$) kot pri PP2 ($M = 30,1$; $SD = 5,4$), vendar razlika ni dosegla statistične pomembnosti, $t(16) = 1,94$; $p = 0,070$. Korelacija med trajanjem dražljajev pri enem in drugem postopku je znašala $r = -0,41$ ($p = 0,099$). Torej, pri kliničnem vzorcu sta bila metoda stopnic in PP2 z vidika trajanja meritev primerljiva.

4.2.3 Primerjava nekaterih značilnosti meritev v prvem in drugem delu

Za meritve z metodo stopnic smo ugotovili, da je bilo število predvajanih dražljajev pri sliščem vzorcu v povprečju 44,4 ($SD = 4,4$), pri kliničnem vzorcu pa 39,6 ($SD = 9,6$). To pomeni, da pri klinični populaciji lahko pričakujemo podobno dolge meritve z metodo stopnic kot pri sliščem vzorcu.

Pri sliščem vzorcu je bila v povprečju standardna deviacija trenutnih spodnjih pragov ($M = 1,8$ dB) nižja kot pri kliničnem vzorcu ($M = 3,1$ dB). Tudi standardna deviacija trenutnih zgornjih pragov je bila pri sliščem vzorcu v povprečju ($M = 1,9$ dB) nižja kot pri kliničnem vzorcu ($M = 2,9$ dB). Standardna deviacija trenutnih pragov pri različnih osebah je pri sliščem vzorcu znašala v povprečju 1,6 dB, pri kliničnem pa 2,8 dB. Standardna deviacija razlike med trenutnim zgornjim in spodnjim pragom je v povprečju znašala pri sliščem vzorcu 1,7 dB, pri kliničnem

pa 2,2 dB. Vse navedene statistike kažejo, da je bila variabilnost trenutnih spodnjih in zgornjih pragov pri kliničnem vzorcu večja od tiste pri sliščem vzorcu. To pa kaže, da meritve pri kliničnem vzorcu niso bile tako zanesljive (notranje konsistentne) kot pri sliščem vzorcu. Prihajalo je do nekoliko večjih nihanj trenutnih pragov, kar je lahko posledica slabšega vzdrževanja pozornosti ali drugih motečih dejavnikov.

Pri edini osebi, ki je sodelovala v postopku PPUNB2, je bilo potrebno za določitev praga predvajati 100 dražljajev, torej mnogo več kot pri sliščem vzorcu. Meritve s tem postopkom smo zato zaradi dolžine pri drugih kliničnih udeležencih opustili. Višja variabilnost pragov zaradi kognitivnih dejavnikov (npr. nihanja pozornosti) lahko namreč pripelje do tega, da začetna padajoča serija pripelje raven glasnosti do točke, ki je močno pod pragom, zato dlje časa ne pridemo do ravni nadprazne glasnosti, kjer bi bil delež pravih ponovitev tolikšen, da bi se meritve lahko zaključile. Neustrezen začetek predvajanja niza besed torej lahko privede do tega, da se meritve zelo podaljšajo. Ta postopek je torej bolj občutljiv na vpliv trenutnih dejavnikov kot npr. metoda stopnic, kjer se trenutni vplivi odražajo le na posameznih trenutnih spodnjih in/ali zgornjih pragih, kar na povprečni prag (zaradi povprečenja več trenutnih pragov, ki jih določimo s povprečjem trenutnih zgornjih in spodnjih pragov) navadno vpliva le malenkostno.

Pri 17 udeležencih iz kliničnega vzorca je bil uporabljen tudi padajoči postopek (PP2). V primerjavi s sliščim vzorcem, kjer je bilo za določitev praga v povprečju potrebno predvajati 32,4 dražljajev ($SD = 4,6$), je bilo na kliničnem vzorcu v povprečju potrebno predvajati 30,1 dražljaje ($SD = 5,4$). Trajanje postopka je bilo torej na obeh vzorcih primerljivo.

4.3 RAZPRAVA

4.3.1 Primerjava adaptivnih metod in Freiburškega preizkusa

V meritvah se je izkazalo, da je Freiburški preizkus prag govornega razumevanja v povprečju ocenil za nekaj manj kot 1 dB višje kot adaptivne metode.

Konvergentni rezultati treh adaptivnih metod kažejo na veljavnost teh postopkov za merjenje praga govornega razumevanja in na nižjo veljavnost Freiburškega preizkusa, ki je prag ocenil previsoko. Višja ocena praga s Freiburškim preizkusom ni presenetljiva, če upoštevamo dejstvo, da smo ta preizkus izvedli v trenutno sprejeti obliki, tj. z vsemi dražljaji, v merjenjih z adaptivnimi metodami pa smo uporabili le dražljaje, ki so se po težavnosti izkazali za primerljive, tj. ustreznejše dražljaje (tiste, ki jih v vsakdanjem življenju pogosteje srečujemo/uporabljamo, in tiste, ki so bili bolj razumljivi). Ta ugotovitev opozarja na nujnost posodobitve baze dražljajev, ki jih uporablja Freiburški preizkus.

V Freiburškem preizkusu so bile uporabljene vse besede iz baze besed, v preostalih treh postopkih pa le besede, ki so se izkazale za ustrezne. Zato vrednosti pragov lahko korektno primerjamo le v treh adaptivnih postopkih, prag, dobljen v Freiburškem preizkusu, pa nam lahko služi zgolj kot referenčna vrednost, s katero lahko ocenjujemo veljavnost dobljenih rezultatov z adaptivnimi metodami. Za ustreznejšo primerjavo metod bi bilo potrebno v vseh štirih metodah uporabljati iste dražljaje (isto bazo dražljajev).

Vzrok dobljene razlike med pragi, določenimi s Freiburškim preizkusom, in pragi, določenimi z adaptivnimi metodami, je lahko morda tudi učinek histereze (glej npr. Guilford, 1997). Pri merjenju slušnih pragov je osebam vedno lažje slediti dražljajem, ki so slišni in njihova intenziteta pada, kot pa detektirati dražljaje v naraščajoči seriji, se pravi v seriji, kjer predhodno niso bili slišni. Na to vplivajo procesi, ki delujejo »od zgoraj navzdol«, in sicer pričakovanje osebe, da bo slišala dražljaj. Če oseba v padajoči seriji na podlagi predhodno slišanih dražljajev pričakuje, da bo slišala tudi naslednjega v seriji, je bolj motivirana in se bolj osredotoči na dražljaj. To pomeni, da v padajočih serijah navadno določimo prag, ki je nižji od tistega, ki ga določimo v naraščajočih serijah, kar je znano kot učinek histereze. V našem primeru so bile vse adaptivne metode take, da so vsebovale padajoče serije, za razliko od Freiburškega preizkusa, ki

je vseboval le naraščajoče serije. Pri padajočem postopku in padajočem postopku z uporabo niza besed je lahko prihajalo do tega, da je zaradi padanja glasnosti predhodno slišanih besed oseba pričakovala, da bo naslednje besede še slišala, zato se je bolj osredotočila na detekcijo dražljaja v intervalu, ko je bil dražljaj res predvajan, in kot posledica je lahko ustrezno zaznala in pravilno ponovila dražljaje s intenziteto, ki bi bila pri Freiburškem preizkusu že ocenjena kot podpražna. Pri Freiburškem preizkusu namreč začnemo z meritvami pri podpražnih intenzitetah, ki jih oseba ne sliši dobro, zato dejavniki pričakovanja ne delujejo tako močno. Tudi pri metodi stopnic je lahko morebiti prisoten učinek histereze znižal prag razumevanja govora v padajočih serijah. Trenutni spodnji pragi so bili torej lahko nižji od praga, določenega s Freiburškim preizkusom, medtem ko so bili trenutni zgornji pragi morda z njim primerljivi (saj je šlo v obeh primerih za naraščajočo serijo). Pri sliščem vzorcu je znašal pri metodi stopnic povprečni spodnji prag 35,4 dB, povprečni zgornji prag pa 36,8 dB. Povprečni prag pri Freiburškem preizkusu je znašal 36,9 dB. Vidimo torej, da je v naraščajočih serijah metode stopnic v povprečju dejansko prišlo do obrata blizu praga, določenega s Freiburškim preizkusom, medtem ko je do obrata pri padajočih serijah prišlo pri nižjih glasnostih. Zato je povsem verjetno, da je za padajoče serije značilno delovanje omenjenih kognitivnih dejavnikov (pričakovanja, večje koncentriranosti), kar kot posledico prinese s sabo nižjo oceno praga pri vseh naših treh adaptivnih metodah, ki uporabljajo padajoče serije.

Veljavnost metod smo preverjali s korelacijami med pragi, določenimi z različnimi metodami (tabela 4). Povečini so bile korelacije srednje visoke, kar pomeni, da lahko rečemo, da vse metode merijo podobno stvar. Čeprav Freiburški preizkus da nekoliko višje prage kot adaptivne metode, se vrstni red oseb preko metod sorazmerno dobro ohranja.

Če za kriterij veljavnosti adaptivnih metod vzamemo Freiburški preizkus, je med njimi najustreznejša metoda stopnic. Korelacija pragov po metodi stopnic in Freiburškem preizkusu je bila najvišja (tabela 4). Povprečje pragov, določenih z metodo stopnic, se sicer od povprečja pragov, določenih s Freiburškim preizkusom, najbolj razlikuje (tabela 2, slika 13, tabela 6) – a vseeno v primerjavi z drugima dvema adaptivnima metodama ne ekstremno – vendar pa so razlike med pragovoma pri različnih udeležencih najbolj stabilne (tabela 6).

4.3.2 Primerjava adaptivnih metod med sabo

Vse analize kažejo, da je med adaptivnimi metodami najbolje delovala metoda stopnic:

- (i) Povprečje pragov, določenih s to metodo, se ujema s povprečjem pragov, določenih z drugima dvema adaptivnima postopkoma, vendar pa je razpršenost pragov najmanjša (tabela 2 in slika 13). Ker smo v vzorec vključili udeležence z normalnim sluhom, bi lahko pričakovali, da se v pragih govornega razumevanja ne razlikujejo preveč. S tega vidika je metoda stopnic zaradi najmanjše standardne deviacije pragov najustreznejša.
- (ii) Metoda stopnic je imela najboljše pokazatelje veljavnosti, določene s korelacijo rezultatov s povprečjem vseh metod in s prvo glavno komponento pragov vseh metod (tabela 4).
- (iii) Po kriteriju trajanja ta metoda ne izstopa: ne izmeri praga v najkrajšem času (PP2 je vzel še manj časa kot metoda stopnic), je pa njeno trajanje primerljivo s trajanji drugih dveh adaptivnih metod (tabela 3, slika 14).

Omeniti pa je potrebno, da ima lahko metoda stopnic tudi pomanjkljivosti, na kar kažejo predvsem nekateri rezultati, dobljeni na kliničnem vzorcu. Na tem vzorcu smo namreč našli visoko korelacijo med pragi govornega razumevanja, izmerjenimi z metodo stopnic in PP2, vendar pa so bili pragi, ocenjeni s prvo metodo, višji od tistih, ocenjenih z drugo metodo, čeprav v povprečju le za 2 dB, kar je pri visokih pragih kliničnega vzorca (okrog 70 dB) malo, v okviru enega koraka spremembe glasnosti, uporabljenega v naših meritvah. Razlike med pragovi, ocenjenimi z metodo stopnic in PP2, nakazujejo na nižjo kriterijsko veljavnost obeh postopkov pri kliničnem vzorcu. Možno je, da pri metodi stopnic, kjer se ves čas gibljemo okrog praga, prihaja do večje negotovosti udeležencev pri odgovarjanju in zato tudi njihove napetosti, nesproščenosti, zaradi tega morda tudi do povečanega senzornega šuma, tj. do spremembe stanja slušnega sistema (spontane odzivnosti notranjih in zunanjih dlačnic), pa tudi do večjega nihanja pozornosti. Ker je raven glasnosti ves čas na meji zaznavnega, morajo biti udeleženci mnogo bolj pozorni v primerjavi s situacijo pri PP2, kjer od močno nadpražne intenzitete postopno prehajamo proti podpražnim intenzitetam. Morda je bila prav razlika v zahtevnosti eksperimentalne situacije vzrok temu, da smo pri metodi stopnic dobili višje prage govornega razumevanja kot pri PP2. Ker imajo navadno nihanja vzdrževane pozornosti periodo, ki je podobna trajanju meritev z adaptivnimi postopki (Makeig in Inlow, 1993, govorita o približno

štiriminutnih ciklih; za pregled raziskav o nihanju vzdrževane pozornosti glej tudi Conte, Ferlazzo in Renzi, 1995), je možno, da je za razliko v pragih odgovorno prav nihanje vzdrževane pozornosti. Za metodo stopnic namreč lahko rečemo, da časovno bolj natančno sledi spreminjanju praga kot PP2, kjer padajoča serija predstavlja večjo in dlje časa trajajočo bazo meritev za oceno praga. Zato je vpliv morebitnega nihanja pozornosti pri PP2 verjetno nekoliko manjši.

4.3.3 Omejitve študije in izdelanega preizkusa

Gotovo je ena od omejitev drugega dela meritev majhnost kliničnega vzorca. Za preverjanje komparativne veljavnosti različnih metod za merjenje praga govornega razumevanja bi bilo potrebno meritve izvesti na večjem kliničnem vzorcu. V naši raziskavi smo želeli na kliničnem vzorcu preveriti, kako se različni postopki obnesejo, nismo pa načrtovali natančnejše primerjave različnih metod. Pri osebah s slušnimi okvarami so pragi govornega razumevanja odvisni tudi od starosti. Na primer, v pogojih predvajanja zvočnega signala v šumu imajo mlajši višje prage od starejših (Barrenas in Wilkström, 2000). Odkritja raziskav glede povezanosti med starostjo in pragom govornega razumevanja v normalno slišišči populaciji ne omogočajo jasnih zaključkov – nekatere raziskave (npr. Snell, Mapes, Hickman in Frisina, 2002) so jo odkrile, druge (npr. Barrenas in Wilkström, 2000) pa ne. Zdi se, da je potrebno ločeno obravnavati funkcijo sluha v populaciji s slušnimi okvarami in tisti brez njih. Zato bi bilo potrebno primerjalno analizo metod izvesti tudi na klinični populaciji.

Poleg tega je potrebno pri govorni avdiometriji upoštevati tudi razvojnopsihološke vidike (starost preizkušane osebe). Težava pri naši študiji je, da je bila opravljena na vzorcu odraslih, kar pomeni, da ne moremo z gotovostjo trditi, da so navedene metode podobno veljavne tudi za preizkušnje pri otrocih. Za to bi bilo potrebno izvesti še študijo z mlajšimi od 18 let.

Govor sestavljajo različne komponente (govorno zaznavanje, govorno prepoznavanje, govorno razumevanje, govorno izražanje ter pragmatična raba govora), ki so med seboj prepletene in se v razvoju posameznika spreminjajo. Osnovne komponente govora se približno do četrtega oz. petega leta starosti razvijajo do take mere, da otrok lahko sporoča drugim to, kar zaznava, misli, doživlja in hkrati razume, kaj mu drugi sporočajo (Karmiloff in Karmiloff-Smith 2001; Marjanovič Umek, Lešnik Musek in Kranjc, 2001; Rice, 1992). Posamezne komponente govora

in njihove notranje podstrukture imajo različno dinamiko razvoja oz. kritična obdobja. Pri razvoju besednjaka in strukture govornih izrazov velja posebej omeniti kritična obdobja, kot so: prve besede, ki imajo pomen (med 12. in 18. meseci starosti); prvi (med 16. in 20. meseci starosti) in drugi skok v besednjaku (med 24. in 30. meseci starosti) (Bates in Goodman, 2001); razumevanje besed v primerjavi z njihovo rabo v kontekstu ožjega, širšega ali prekrivajočega pomena; raznolikost rabe besed z vidika funkcije in njihovega pomena. Prav tako se v otrokovem govornem razvoju postopno pojavljajo enobesedni stavki; telegrafski govor; enostavni stavki s pravilno strukturo; sestavljeni priredni in podredni stavki. Pri razvoju govorno avdiometričnih preizkusov, predvsem za predšolske otroke, bi morali torej nujno upoštevati značilnosti govornega razvoja otrok. Z vidika rehabilitacije oseb z motnjami v slušnem zaznavanju bi bilo smiselno razviti govorno avdiometrične preizkuse, ki bi nam omogočali npr. sledenje učinkovitosti delovanja slušnih pripomočkov pri čim zgodnejši starosti. Kratke govorno avdiometrične preizkuse za mlajše otroke bi lahko uporabljali tudi v kombinaciji z drugimi nevropsihološkimi in avdiometričnimi instrumenti, da bi čim bolj zgodaj opredelili, na katerem mestu v slušno-govornem sistemu prihaja do okvar. Testi za otroke bi morali upoštevati razvojno stopnjo kognitivnih sposobnosti otrok in uporabljati npr. odgovorne kartice s slikami (glej npr. Smoski, 2007).

V svetu poleg preizkusa prepoznavanja enozložnih besed uporabljajo še preizkuse prepoznavanja dvozložnic, prepoznavanje enozložnih besed ob istočasno predvajanem hrupu, meritve dihotečnega poslušanja in preizkuse prepoznavanja stavkov. V prihodnje bi bilo koristno take preizkuse izdelati tudi za namene govorne avdiometrije, npr. izdelati govorne preizkuse, ki uporabljajo bolj zapletene govorne dražljaje, npr. dvozložne besede, stavke. V primerjavi z enozložnim preizkusom bi bilo to zaželeno tudi zato, ker bi se zmanjšala verjetnost pojavljanja merskih napak, ki so posledica »človeških dejavnikov«. O pravilnosti ponovljene besede namreč v enozložnem preizkusu v trenutni obliki (še vedno) odloča testator. Pri tem se pojavljajo težave, saj osebe včasih določenih fonetično podobnih glasov ne razločijo in zato besedo ponovijo »narobe« (npr. besedo »gost« ponovijo kot »gozd«), vprašljivo pa je, ali slišani odgovor pravilno kategorizira tudi testator sam.

Na tem mestu bi bilo smiselno poudariti tudi potrebo po prenovitvi liste besed, ki jih uporablja enozložni preizkus. Smiselno bi bilo uporabiti po pogostnosti pojavljanja kar se da primerljive besede in izločiti bi bilo potrebno besede, kjer lahko prihaja do zamenjav s fonetično bližnjimi

besedami. Nenazadnje pa bi bilo potrebno poskrbeti tudi za to, da bi bila izgovorjava besed neoporečna. Govorec obstoječega govornega materiala namreč določene foneme izgovarja nejasno, jih preveč poudari, ne ohranja pri vseh besedah iste frekvence, glasnosti in melodije govora ipd. Verjetno je, da bi se z novo posnetim materialom z uporabo tako moškega kot ženskega glasu merske značilnosti pripomočka lahko še izboljšale.

Potrebno je izpostaviti še omejitve pri uporabi razvitih računalniških postopkov za govorno avdiometrijo. Ustrezno veljavnost avdiometričnih meritev s temi računalniškimi programi lahko zagotovimo le v primeru uporabe v okolju, kjer je potekalo umerjanje (laboratorij na Filozofski fakulteti) in z ustrezno opremo⁸, ki smo jo uporabljali med umerjanjem. Verodostojnost informacij o glasnosti predvajanih dražljajev in izmerjenih pragovih v dB je torej zagotovljena samo v opisanih pogojih. Uporaba priloženih računalniških postopkov v drugem okolju in z uporabo druge opreme (tj. osebnega računalnika z drugo zvočno kartico in drugih slušalk) je zato zgolj demonstrativne narave in ne more služiti kot veljaven in zanesljiv instrumentarij za merjenje pragov govornega razumevanja v kateremkoli okolju.

Za ustrezno uporabo razvitih računalniških postopkov bi morali ponovno izvesti umerjanje glasnosti dražljajev v novem laboratorijskem okolju in z uporabo nove opreme (torej, v odvisnosti od značilnosti zvočnega okolja, v katerih bi se v nadaljevanju izvajale meritve pragov govornega razumevanja, kot so raven šuma v prostoru, uporaba slušalk vs. zvočnikov ipd.)⁹. Ker je sam postopek umerjanja precej zahteven in dolgotrajen, bi bila dolgoročnejša in boljša rešitev, da bi razvili računalniške gonilnike (angl. *device driver*) za trenutno najpogosteje uporabljane avdiometre ter programske vmesnike, preko katerih bi lahko iz kod računalniških govorno avdiometričnih preizkusov neposredno naslavljali funkcije uporabljenega avdiometra. Za glasnost predvajanih dražljajev bi v tem primeru skrbel avdiometer, ki bi omogočal natančno in kontrolirano predvajanje glasnosti, osebni računalnik oz. računalniški programi za govorno avdiometrijo pa bi služili le za nadzor in krmiljenje postopkov.

⁸ Ustrezna oprema vključuje predvsem uporabljeno zvočno kartico (Creative SB Audigy) in slušalke (Sennheiser HD650).

⁹ Za dodatne informacije o poteku umerjanja naj zainteresirani bralci kontaktirajo avtorje, ki imajo tudi računalniški program, s katerim lahko ob z umerjanju naredimo bazo zapisov vrednosti MasterVol in WaveVol, ki ustrezajo različnim glasnostim posamezne besede. To bazo se lahko v nadaljevanju uporabi v računalniških aplikacijah govornoavdiometričnih preizkusov.

Treba je tudi opozoriti, da bi bilo potrebno v primeru uporabe govorne avdiometrije za spremljanje napredka pacientove komunikacijske funkcije nujno vedno izvajati meritve v istem okolju; vedno tudi npr. s slušalkami, saj je prag govornega razumevanja odvisen tudi od tega, ali ga merimo binavralno v prostem zvočnem polju ali monavralno ali binavralno s slušalkami. Raven šuma v različnih laboratorijskih pogojih in pogojih merjenja namreč zelo variira. Ne le, da je binavralni sluh občutljivejši kot monavralni, uporaba slušalk tudi poveča raven senzornega šuma, saj pokritje ušesa s slušalko poveča zaznavo fizioloških šumov, npr. bitje srca, kar ima lahko maskirni učinek (Gelfand, 2004). Zato je za kakovostne meritve zelo pomembno, da jih vedno izvajamo v enakih pogojih kot pri kalibraciji merskega instrumenta.

Naj omenimo še, da je Freiburški enozložni preizkus prvenstveno namenjen določanju dosežka govornega razumevanja. Adaptivne metode, kot smo jih uporabili, ga v tej nalogi ne morejo nadomestiti. S Freiburškim preizkusom lahko namreč opazujemo tudi npr. upad govornega razumevanja pri zelo visokih intenzitetah. Ta možnost je za avdiometrično diagnostiko lahko zelo pomembna, saj nam omogoča diagnosticirati retrokohlearna mesta (ali še višje ravni) slušne okvare (Smoski, 2007). Če pa želimo npr. le spremljati spremembo praga govornega razumevanja po uvedbi slušnega pripomočka, torej spremljati le točko 50-odstotne prepoznavne govora, potem so adaptivne metode v obliki, ki jo ponuja naša računalniška aplikacija, primerne. Obstaja pa možnost, da bi dosežek govornega razumevanja spremljali tudi z adaptivnimi metodami. S t. i. transformirano metodo stopnic (Levitt, 1970) bi npr. lahko izmerili tudi glasnosti, pri katerih bi bilo govorno razumevanje več ali manj kot 50-odstotno. Če pri tej metodi predvajamo več dražljajev pri isti intenziteti in zahtevamo večje število pravih odgovorov, preden pride do obrata in določitve trenutnega zgornjega praga v seriji, medtem ko do spodnjega obrata pride po vsakem nepravilnem odgovoru, dosežemo točke, kjer je dosežek govornega razumevanja višji od 50 % (npr. pri dveh zahtevanih pravih odgovorih pridemo do 70,7-odstotnega dosežka, pri treh do 79,4-odstotnega dosežka, pri štirih do 84,1-odstotnega dosežka). Če zahtevamo za zgornje obrate en pravih odgovorov, za spodnje pa več nepravilnih, bomo prišli do glasnosti, kjer je dosežek govornega razumevanja nižji od 50 % (pri dveh zahtevanih nepravilnih odgovorih do 29,3-odstotnega dosežka, pri treh do 20,6-odstotnega dosežka, pri štirih do 15,9-odstotnega dosežka). Govorni avdiogram bi bilo torej mogoče izrisati tudi z uporabo transformirane metode stopnic. Meritve pa bi se s tako metodo v primerjavi z originalno metodo stopnic precej podaljšale, saj bi bilo pri posamezni glasnosti potrebno predvajati več

dražljajev, poleg tega a bi morali izvesti celotno serijo za vsak iskani delež pravih ponovitev. Zelo verjetno je, da bi bila dolžina meritev celo daljša kot s Freiburškim enozložnim preizkusom, izvajanim v celoti, torej do glasnosti, pri kateri je delež pravih ponovitev enak 0,92.

4.3.4 Zaključek

Vse preizkušane adaptivne metode, ki smo jih uporabili, kažejo dovolj visoko veljavnost in ekonomičnost v času, da bi lahko pri določanju praga ustrezno nadomestile Freiburški enozložni preizkus. Pri sliščem vzorcu se je kot najustreznejša izkazala metoda stopnic. Ta nam omogoča dovolj zanesljivo in veljavno ocenjevanje procesiranja govora v krajšem času in v tem pogledu presega obstoječi govorno avdiometrični preizkus, tj. Freiburški enozložni preizkus.

Uporaba računalnika v avdiometričnih meritvah omogoča uporabo adaptivnih metod in boljši izkoristek metod s strani uporabnika govorne avdiometrije. Spreminjamo lahko različne parametre meritev, kot so: (i) trajanje intervala med zaporednimi dražljaji, (ii) način odgovarjanja udeleženca (dražljaji so lahko predvajani v stabilnem, vnaprej določenem tempu, ali pa si jih udeleženec daje sam takrat, ko je pripravljen) in (iii) korak spreminjanja glasnosti. Z adaptivnimi metodami se prilagodimo značilnostim posameznih udeležencev v meritvah, zato so meritve lahko časovno ekonomičnejše, to pa pomeni ne le prihranek na času, ampak tudi na finančnih sredstvih za izvedbo takih preizkusov. Da pridemo do natančnih rezultatov, je poleg avdiometra zahtevana relativno cenena računalniška oprema, kar lahko pomeni, gledano v celoti, prihranek materialnih sredstev za financiranje avdioloških storitev.

Z izpopolnjenim merskim pripomočkom (predlagamo metodo stopnic) se bodo uporabniki lahko lotevali raziskovalnih problemov, kot sta (i) preučevanje prepoznavanja govora v različnih okoliščinah, npr. oteževalnih pogojih, kot je predvajanje sočasnega hrupa, (ii) preučevanje vzdrževane slušne pozornosti ipd. Novi preizkus razumevanja govora omogoča tudi ustreznejšo avdiološko diagnostiko v slovenskem prostoru. S tem je lahko koristen za paciente, proizvajalce slušnih aparatov, zavode za zdravstveno varstvo, Zavod za zdravstveno zavarovanje Slovenije in za različne klinike, ki izvajajo govorno avdiometrijo, saj bo zaradi boljše časovne ekonomičnosti moč preglede še učinkoviteje organizirati, natančneje spremljati komunikacijsko funkcijo pacientov in učinkoviteje načrtovati rehabilitacijo ter spremljati njene učinke (npr. po uporabi slušnega aparata ali namestitvi kohlearnega vsadka).

REFERENCE

- Bates, E. in Goodman, J. C. (2001). On the inseparability of grammar and the lexicon: Evidence from acquisition. V M. Tomasello in E. Bates (ur.), *Language development* (str. 134–163). Malden, MA: Blackwell Publishers Ltd.
- Barrenas, M. L., in Wilkstrom, I. (2000). The influence of hearing and age on speech recognition scores in noise in audiological patients and in the general population. *Ear & Hearing*, 21, 569–576.
- Conte, S., Ferlazzo, F., in Renzi, P. (1995). Ultradian rhythms of reaction times in performance in vigilance tasks. *Biological Psychology*, 39, 159–172.
- FidaPlus (2007). FidaPlus – korpus slovenskega jezika. Dosegljivo na spletni strani: <http://www.fidaplus.net/>
- Fowler, C. A. (1995). Speech production. V J. L. Miller in P. D. Eimas (ur.), *Handbook of Perception and Cognition: Speech, Language, and Communication* (str. 29–61). San Diego: Academic Press.
- Galambos, R., Bauer, J., Picton, T, Squires, K. in Squires, N. (1972). Loudness enhancement following contralateral stimulation. *Journal of the Acoustical Society of America*, 52, 1127–1130.
- Garnes, S. in Bond, Z.S. (1976). The relationship between acoustic information and semantic expectation. *Phonologica*, 1976, 285–293.
- Gelfand, S. A. (2004). *Hearing: an Introduction to Psychological and Physiological Acoustics*. (4. izd.). New York: Marcel Dekker.
- Gescheider, G. A. (1997). *Psychophysics: The fundamentals* (3. izd.). Mahwah, NJ: Lawrence-Erlbaum.
- Hahlbrock, K.-H. (1957). *Sprachaudiometrie grundlagen und praktische anwendung einer sprachaudiometrie fur das deutsche sprachgebiet*. Thieme, Stuttgart.
- Helson, H. (1948). Adaptation level as basis for a quantitative theory of frames of reference. *Psychological Review*, 55, 297–313.
- Helson, H. (1964). *Adaptation-level theory*. New York: Harper & Row.
- Hull, R. (1997). Evaluation in aural rehabilitation treatment for adults who are hearing impaired. V R. Hull (ur.), *Aural rehabilitation* (3. izd.) (str. 433–448). San Diego: Singular publishing group.

- Irwin, R. J. in Zwislocki, J. J. (1971). Loudness effects in pairs of tone bursts. *Perception & Psychophysics*, 10, 189–192.
- ISO 8253-3: 1996. *Acoustics. Audiometric test methods - Part 3: Speech audiometry*. Geneva: International Electrotechnical Commission.
- Karmiloff, K. in Karmiloff-Smith, A. (2001). *Pathways to language*. Cambridge, MA, London: Harvard University Press.
- Kostić, Đ., Vladisavljević, S. in Popović, M. (1983). *Testovi za ispitivanje govora i jezika*. Beograd: Zavod za udžbenike i nastavna sredstva.
- Levitt, H. (1970). Transformed up-down methods in psychoacoustics. *Journal of the Acoustical Society of America*, 49, 467–477.
- Magnusson, L. (2001). Predicting the speech recognition performance of elderly individuals with sensorineural hearing impairment. A procedure based on the Speech Intelligibility Index. *Ear and Hearing*, 22(1), 46–57.
- Magnusson, L. (1996). Speech intelligibility index transfer functions and speech spectra for two Swedish speech recognition tests. *Scand Audiol*, 25, 59–67.
- Makeig, S. in Inlow, M. (1993). Lapses in alertness: Coherence of fluctuations in performance and EEG spectrum. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 86, 23–35.
- Marjanovič Umek, L., Lešnik Musek, P. in Kranjc, S. (2001). Communication in symbolic play. *European Early Childhood Education Research Journal*, 1, 87–102.
- Oberfeld, D. (2003). Intensity Discrimination and Loudness in Forward Masking: The Effect of Masker Level. V: Deutsche Gesellschaft für Akustik (ur.), *Fortschritte der Akustik - DAGA '03* (str. 606–607). Oldenburg: DEGA.
- Podlesek, A. in Brenk, K. M. (2004). *Osnove psihološkega merjenja: psihofizikalna metodologija*. Ljubljana: Filozofska fakulteta, Oddelek za psihologijo.
- Reynell, J. (1969). *Reynell developmental language scale*. Windsor: NFER Publishing Company.
- Rice, P. F. (1992). *Human Development*. New Jersey: Prentice Hall, Upper Saddle River.
- Simpson, W. A. (1989). The step method: A new adaptive psychophysical procedure. *Perception & Psychophysics*, 45, 572–576.
- Smoski, W. J. (2007). *Speech Audiometry*. eMedicine. Sneto 10.8.2007 s spletne strani: <http://www.emedicine.com/ent/topic371.htm>
- Snell, K. B., Mapes F. M., Hickman E. D. in Frisina D. R. (2002). Word recognition in competing babble and the effects of age, temporal processing, and absolute sensitivity. *Journal of the Acoustical Society of America*, 112(2), 720–727.

Stach, B. A. (1998). *Clinical Audiology: An Introduction*. San Diego: Singular Publishing Group.

Treutwein, B. (1995). Adaptive psychophysical procedures. *Vision Research*, 35, 2503–2522.

Vane, J. R. (1975). *Vane evaluation of language scale (The Vane-L)*. Vermont: Clinical Psychology Publishing.

Watson, A. B. in Pelli, D. G. (1983). QUEST: A Bayesian adaptive psychometric method. *Perception & Psychophysics*, 33, 113–120.

Zeng, F. (1994). Loudness growth in forward masking: Relation to intensity discrimination. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 96(4), 2127–2132.

5 PRILOGA 1

Tabela A

Rezultati preverjanja ustreznosti dražljajev, uporabljenih v Freiburškem enozložnem preizkusu

niz	mesto	beseda	M(P)	SD(P)	N	R	Indikatorji primernosti v %						FidaPlus		
							P	1-N	R	M	r(M)	r(R)	F	Iskano	R(F)
1	1	lak	2,93	1,36	0	44	0,59	1,00	1,00	0,86	64	34	1936	6.3.07	150
1	2	mah	2,08	1,28	0	44	0,42	1,00	1,00	0,81	120	54	3367	6.3.07	129
1	3	cep	0,34	0,77	24	23	0,07	0,45	0,52	0,35	277	259	31	6.3.07	265
1	4	vir	3,09	1,47	2	44	0,62	0,95	1,00	0,86	74	83	36599	6.3.07	23
1	5	žad	0,52	0,81	11	38	0,10	0,75	0,86	0,57	234	207	165	6.3.07	237
1	6	črm	0,09	0,49	6	1	0,02	0,86	0,02	0,30	282	283	5	6.3.07	276
1	7	dlan	3,65	1,21	0	44	0,73	1,00	1,00	0,91	34	20	4198	6.3.07	116
1	8	prod	1,98	1,24	5	42	0,40	0,89	0,95	0,75	160	160	642	6.3.07	190
1	9	tast	2,55	1,47	0	44	0,51	1,00	1,00	0,84	90	44	1534	6.3.07	160
1	10	nrav	0,96	1,09	14	27	0,19	0,68	0,61	0,50	255	248	226	6.3.07	222
1	11	stog	0,30	0,83	1	6	0,06	0,98	0,14	0,39	271	280	81	6.3.07	251
1	12	kljun	2,91	1,30	5	42	0,58	0,89	0,95	0,81	118	158	1408	6.3.07	162
1	13	sok	4,55	0,75	0	44	0,91	1,00	1,00	0,97	2	2	12892	6.3.07	56
1	14	grušč	1,19	1,20	1	43	0,24	0,98	0,98	0,73	165	117	182	6.3.07	234
1	15	stvar	4,39	0,99	1	44	0,88	0,98	1,00	0,95	8	69	57332	7.3.07	17
1	16	lift	3,45	1,35	17	29	0,69	0,61	0,66	0,65	202	244	320	7.3.07	214
1	17	stih	1,50	1,16	3	42	0,30	0,93	0,95	0,73	167	150	211	7.3.07	226
1	18	gost	3,74	1,09	6	17	0,75	0,86	0,39	0,67	195	268	25744	7.3.07	32
1	19	bog	3,83	1,28	6	34	0,77	0,86	0,77	0,80	122	221	31780	7.3.07	27
1	20	karp	0,21	0,56	11	1	0,04	0,75	0,02	0,27	284	284	43	7.3.07	261
1	21	dvir	0,10	0,51	9	10	0,02	0,80	0,23	0,35	278	276	0	7.3.07	283
1	22	polh	1,93	1,24	0	44	0,39	1,00	1,00	0,80	124	55	449	7.3.07	206
1	23	bas	2,96	1,33	0	44	0,59	1,00	1,00	0,86	60	30	3182	7.3.07	133
1	24	trn	2,89	1,27	0	44	0,58	1,00	1,00	0,86	70	38	2427	7.3.07	145
1	25	som	1,75	1,31	5	36	0,35	0,89	0,82	0,68	186	210	639	7.3.07	191
1	26	zid	3,68	1,07	6	43	0,74	0,86	0,98	0,86	71	133	9178	7.3.07	65
1	27	reč	3,35	1,46	1	42	0,67	0,98	0,95	0,87	58	138	6166	7.3.07	90
1	28	ep	1,83	1,34	12	30	0,37	0,73	0,68	0,59	231	241	1202	7.3.07	167
1	29	cep	0,41	0,86	14	31	0,08	0,68	0,70	0,49	258	239	31	6.3.07	265
2	1	čir	1,90	1,23	2	33	0,38	0,95	0,75	0,69	181	228	318	7.3.07	215
2	2	paž	1,14	1,22	13	33	0,23	0,70	0,75	0,56	238	230	196	7.3.07	232
2	3	grm	3,28	1,19	1	43	0,66	0,98	0,98	0,87	53	108	6186	7.3.07	89
2	4	sla	2,09	1,49	6	13	0,42	0,86	0,30	0,53	246	273	1747	7.3.07	155
2	5	vid	3,95	1,16	1	44	0,79	0,98	1,00	0,92	24	71	6542	7.3.07	85
2	6	dom	4,59	0,74	2	42	0,92	0,95	0,95	0,94	11	143	72810	7.3.07	14
2	7	štor	3,01	1,41	0	44	0,60	1,00	1,00	0,87	56	28	1549	7.3.07	158
2	8	pest	3,47	1,18	7	44	0,69	0,84	1,00	0,84	82	91	4553	7.3.07	112
2	9	noht	3,96	1,12	0	44	0,79	1,00	1,00	0,93	18	12	614	7.3.07	193
2	10	bran	1,16	1,22	8	40	0,23	0,82	0,91	0,65	203	188	2492	9.3.07	143
2	11	spuh	0,18	0,51	2	43	0,04	0,95	0,98	0,66	201	127	0	9.3.07	283
2	12	stran	4,07	1,13	1	44	0,81	0,98	1,00	0,93	20	70	1E+05	9.3.07	5,5
2	13	log	1,51	1,45	28	8	0,30	0,36	0,18	0,28	283	279	5035	9.3.07	105
2	14	ključ	4,55	0,78	3	43	0,91	0,93	0,98	0,94	14	128	14816	9.3.07	49
2	15	vzrok	4,33	0,85	0	44	0,87	1,00	1,00	0,96	6	5	31956	9.3.07	26

Razvoj preizkusov procesiranja govornih dražljajev

niz	mesto	beseda	M(P)	SD(P)	N	R	Indikatorji primernosti v %						FidaPlus		
							P	1-N	R	M	r(M)	r(R)	F	Iskano	R(F)
2	16	rast	3,67	1,21	1	44	0,73	0,98	1,00	0,90	36	73	48773	9.3.07	18
2	17	hrib	3,84	1,13	7	43	0,77	0,84	0,98	0,86	66	134	5614	9.3.07	100
2	18	svak	2,63	1,48	0	44	0,53	1,00	1,00	0,84	85	42	910	9.3.07	172
2	19	med	3,77	1,19	10	40	0,75	0,77	0,91	0,81	113	189	1E+05	9.3.07	5,5
2	20	dvig	3,16	1,98	5	43	0,63	0,89	0,98	0,83	96	132	8432	9.3.07	73
2	21	tank	2,40	1,23	0	44	0,48	1,00	1,00	0,83	104	48	1784	9.3.07	153
2	22	golt	0,30	0,72	11	39	0,06	0,75	0,89	0,57	236	199	29	9.3.07	266
2	23	teč	1,13	1,46	11	41	0,23	0,75	0,93	0,64	213	179	146	9.3.07	239
2	24	pas	3,60	1,23	4	35	0,72	0,91	0,80	0,81	117	217	14860	9.3.07	48
2	25	dac	0,09	0,37	23	22	0,02	0,48	0,50	0,33	281	262	105	9.3.07	246
2	26	les	3,51	1,24	1	44	0,70	0,98	1,00	0,89	43	74	17852	13.3.07	40
2	27	srp	1,68	1,28	12	27	0,34	0,73	0,61	0,56	239	247	472	13.3.07	204
2	28	or	0,48	0,96	19	39	0,10	0,57	0,89	0,52	247	200	61	13.3.07	259
3	1	jež	2,84	1,33	5	38	0,57	0,89	0,86	0,77	146	203	2707	13.3.07	139
3	2	gad	2,33	1,31	4	40	0,47	0,91	0,91	0,76	153	187	872	13.3.07	174
3	3	krn	0,82	1,16	7	35	0,16	0,84	0,80	0,60	229	219	752	13.3.07	184
3	4	piš	1,07	1,07	7	38	0,21	0,84	0,86	0,64	211	206	854	13.3.07	176
3	5	ral	0,25	0,57	6	41	0,05	0,86	0,93	0,62	224	176	140	13.3.07	241
3	6	beg	2,77	1,49	19	24	0,55	0,57	0,55	0,56	240	256	5649	13.3.07	99
3	7	svat	1,94	1,42	1	42	0,39	0,98	0,95	0,77	144	140	76	13.3.07	253
3	8	park	3,77	1,14	1	41	0,75	0,98	0,93	0,89	45	165	29589	13.3.07	31
3	9	tvar	0,49	0,88	2	43	0,10	0,95	0,98	0,68	190	126	100	13.3.07	247
3	10	molk	2,96	1,40	0	44	0,59	1,00	1,00	0,86	61	31	7060	13.3.07	79
3	11	dreg	0,37	0,75	16	36	0,07	0,64	0,82	0,51	250	215	0	13.3.07	283
3	12	stolp	2,99	1,29	3	41	0,60	0,93	0,93	0,82	106	170	8895	13.3.07	69
3	13	tun	1,11	1,38	8	31	0,22	0,82	0,70	0,58	232	237	282	13.3.07	220
3	14	hrast	2,92	1,31	0	44	0,58	1,00	1,00	0,86	67	35	3273	13.3.07	131
3	15	stric	3,93	1,15	0	44	0,79	1,00	1,00	0,93	21	14	8749	13.3.07	71
3	16	post	2,42	1,51	0	44	0,48	1,00	1,00	0,83	101	47	3475	13.3.07	126
3	17	grič	2,89	1,44	0	44	0,58	1,00	1,00	0,86	69	37	2469	13.3.07	144
3	18	klop	3,55	1,27	6	42	0,71	0,86	0,95	0,84	84	163	8805	13.3.07	70
3	19	sod	2,95	1,39	3	43	0,59	0,93	0,98	0,83	93	130	6457	13.3.07	86
3	20	last	2,56	1,60	7	34	0,51	0,84	0,77	0,71	175	222	16854	13.3.07	42
3	21	smuč	1,07	1,32	20	29	0,21	0,55	0,66	0,47	260	245	178	13.3.07	236
3	22	čoln	2,96	1,35	0	44	0,59	1,00	1,00	0,86	62	32	8908	13.3.07	68
3	23	drn	1,18	1,13	6	23	0,24	0,86	0,52	0,54	243	257	444	13.3.07	207
3	24	zob	3,96	1,04	8	39	0,79	0,82	0,89	0,83	97	197	10304	13.3.07	61
3	25	dih	3,28	1,38	7	25	0,66	0,84	0,57	0,69	182	252	3323	13.3.07	130
3	26	vas	3,87	1,20	0	44	0,77	1,00	1,00	0,92	23	16	1E+05	13.3.07	5,5
3	27	meh	1,54	1,27	0	44	0,31	1,00	1,00	0,77	148	63	3509	13.3.07	124
3	28	ar	0,84	1,12	7	41	0,17	0,84	0,93	0,65	206	177	411	14.3.07	210
4	1	lan	1,88	1,39	0	44	0,38	1,00	1,00	0,79	128	57	1941	14.3.07	149
4	2	kip	2,81	1,42	4	38	0,56	0,91	0,86	0,78	142	201	6774	14.3.07	81
4	3	dož	0,39	0,81	10	37	0,08	0,77	0,84	0,56	237	209	92	14.3.07	250
4	4	set	1,89	1,58	1	41	0,38	0,98	0,93	0,76	151	167	2133	14.3.07	147
4	5	brc	1,40	1,35	1	42	0,28	0,98	0,95	0,74	163	141	192	14.3.07	233
4	6	mik	0,97	1,23	6	39	0,19	0,86	0,89	0,65	205	196	841	14.3.07	177
4	7	past	2,57	1,36	8	28	0,51	0,82	0,64	0,66	200	246	6732	14.3.07	83
4	8	zvon	2,82	1,35	0	44	0,56	1,00	1,00	0,85	76	40	5318	14.3.07	102
4	9	breg	3,16	1,36	4	43	0,63	0,91	0,98	0,84	88	131	6327	14.3.07	88
4	10	dolg	3,97	1,27	13	26	0,79	0,70	0,59	0,70	179	251	29982	14.3.07	30

Razvoj preizkusov procesiranja govornih dražljajev

niz	mesto	beseda	M(P)	SD(P)	N	R	Indikatorji primernosti v %						FidaPlus		
							P	1-N	R	M	r(M)	r(R)	F	Iskano	R(F)
4	11	smeh	4,61	0,72	0	44	0,92	1,00	1,00	0,97	1	1	16645	14.3.07	43
4	12	trušč	2,13	1,43	2	41	0,43	0,95	0,93	0,77	147	168	814	14.3.07	178
4	13	sad	2,10	1,46	11	32	0,42	0,75	0,73	0,63	218	234	4606	14.3.07	111
4	14	vrisk	2,13	1,46	1	42	0,43	0,98	0,95	0,79	134	139	2622	14.3.07	140
4	15	slast	2,72	1,46	1	43	0,54	0,98	0,98	0,83	95	110	1438	14.3.07	161
4	16	punč	1,81	1,33	0	44	0,36	1,00	1,00	0,79	133	59	202	14.3.07	229
4	17	vlak	3,99	1,17	1	43	0,80	0,98	0,98	0,92	27	103	14464	14.3.07	50
4	18	grod	0,28	0,73	21	33	0,06	0,52	0,75	0,44	262	232	7	14.3.07	275
4	19	rep	3,22	1,31	2	43	0,64	0,95	0,98	0,86	73	123	7439	14.3.07	77,5
4	20	čast	3,02	1,33	2	42	0,60	0,95	0,95	0,84	89	145	18259	14.3.07	38
4	21	nart	1,48	1,27	2	39	0,30	0,95	0,89	0,71	173	194	200	14.3.07	231
4	22	groh	0,21	0,67	6	44	0,04	0,86	1,00	0,64	214	90	24	14.3.07	269
4	23	maj	3,69	1,28	1	41	0,74	0,98	0,93	0,88	49	166	19563	14.3.07	37
4	24	srđ	1,55	1,29	4	37	0,31	0,91	0,84	0,69	184	208	1823	14.3.07	152
4	25	pih	1,21	1,29	3	42	0,24	0,93	0,95	0,71	174	152	73	14.3.07	254
4	26	vod	1,18	1,29	4	42	0,24	0,91	0,95	0,70	177	156	4529	14.3.07	113
4	27	tla	3,94	1,17	1	44	0,79	0,98	1,00	0,92	25	72	35292	14.3.07	25
4	28	or	0,47	0,97	5	44	0,09	0,89	1,00	0,66	199	89	61	13.3.07	259
4	29	rep	3,12	1,37	5	38	0,62	0,89	0,86	0,79	130	202	7439	14.3.07	77,5
5	1	bon	3,57	1,71	7	29	0,71	0,84	0,66	0,74	162	243	2841	14.3.07	137
5	2	seč	1,70	1,33	0	44	0,34	1,00	1,00	0,78	140	61	504	14.3.07	201
5	3	kad	2,43	1,40	3	41	0,49	0,93	0,93	0,78	136	172	5031	14.3.07	106
5	4	srh	1,83	1,42	0	43	0,37	1,00	0,98	0,78	139	100	1075	14.3.07	169
5	5	moč	3,81	1,04	1	43	0,76	0,98	0,98	0,91	35	107	87647	14.3.07	11
5	6	dir	1,50	1,30	0	44	0,30	1,00	1,00	0,77	150	64	565	20.3.07	197
5	7	cvet	3,71	1,29	0	44	0,74	1,00	1,00	0,91	30	19	6633	20.3.07	84
5	8	bron	2,39	1,59	1	43	0,48	0,98	0,98	0,81	114	114	3613	20.3.07	121
5	9	gams	1,93	1,38	0	44	0,39	1,00	1,00	0,80	125	56	587	20.3.07	195
5	10	vrag	2,72	1,47	11	8	0,54	0,75	0,18	0,49	257	278	2494	20.3.07	142
5	11	pisk	2,23	1,43	3	44	0,45	0,93	1,00	0,79	127	84	581	20.3.07	196
5	12	smrad	3,50	1,30	0	44	0,70	1,00	1,00	0,90	37	21	2167	20.3.07	146
5	13	kal	1,35	1,15	1	44	0,27	0,98	1,00	0,75	159	79	2582	20.3.07	141
5	14	gnjat	0,44	0,76	4	31	0,09	0,91	0,70	0,57	235	236	293	20.3.07	219
5	15	tresk	1,87	1,25	1	44	0,37	0,98	1,00	0,78	135	77	360	20.3.07	213
5	16	vzor	3,26	1,27	0	44	0,65	1,00	1,00	0,88	47	24	3666	20.3.07	120
5	17	slap	2,94	1,34	14	24	0,59	0,68	0,55	0,60	225	255	2867	20.3.07	136
5	18	polž	3,05	1,35	0	44	0,61	1,00	1,00	0,87	52	26	1106	20.3.07	168
5	19	vrt	3,81	1,23	0	44	0,76	1,00	1,00	0,92	26	17	22377	20.3.07	34
5	20	list	4,23	1,02	0	43	0,85	1,00	0,98	0,94	12	93	37007	20.3.07	22
5	21	drog	2,36	1,38	0	43	0,47	1,00	0,98	0,82	109	98	14450	20.3.07	51
5	22	fant	4,43	0,93	0	44	0,89	1,00	1,00	0,96	4	3	24270	20.3.07	33
5	23	čut	3,36	1,41	4	42	0,67	0,91	0,95	0,85	81	155	3590	20.3.07	122
5	24	ril	0,42	0,87	12	40	0,08	0,73	0,91	0,57	233	190	203	20.3.07	228
5	25	duh	2,92	1,43	0	44	0,58	1,00	1,00	0,86	68	36	15554	20.3.07	46
5	26	pot	3,67	1,36	2	44	0,73	0,95	1,00	0,90	39	81	1E+05	20.3.07	5,5
5	27	šeh	0,16	0,54	15	36	0,03	0,66	0,82	0,50	252	214	35	6.4.07	262
5	28	as	2,01	1,29	1	44	0,40	0,98	1,00	0,79	126	76	6910	6.4.07	80
6	1	noj	2,26	1,39	0	44	0,45	1,00	1,00	0,82	108	49	293	6.4.07	219
6	2	sin	3,78	1,43	2	43	0,76	0,95	0,98	0,90	40	120	37697	6.4.07	20
6	3	mah	2,15	1,41	0	44	0,43	1,00	1,00	0,81	115	52	3367	6.3.07	129
6	4	krc	0,29	0,62	7	44	0,06	0,84	1,00	0,63	216	92	65	6.4.07	257

Razvoj preizkusov procesiranja govornih dražljajev

niz	mesto	beseda	M(P)	SD(P)	N	R	Indikatorji primernosti v %						FidaPlus		
							P	1-N	R	M	r(M)	r(R)	F	Iskano	R(F)
6	5	gon	1,60	1,66	7	34	0,32	0,84	0,77	0,64	208	223	428	6.4.07	209
6	6	dar	2,87	1,44	3	40	0,57	0,93	0,91	0,81	121	184	6768	6.4.07	82
6	7	sviž	0,21	0,63	26	27	0,04	0,41	0,61	0,36	274	249	4	6.4.07	278
6	8	grah	3,02	1,35	0	44	0,60	1,00	1,00	0,87	55	27	4478	6.4.07	114
6	9	most	3,61	1,20	2	44	0,72	0,95	1,00	0,89	44	82	20563	6.4.07	36
6	10	brat	4,23	1,14	0	43	0,85	1,00	0,98	0,94	13	94	21259	6.4.07	35
6	11	dvom	3,47	1,29	0	44	0,69	1,00	1,00	0,90	38	22	5876	6.4.07	95
6	12	plašč	4,00	1,20	0	44	0,80	1,00	1,00	0,93	15	9	5208	6.4.07	104
6	13	kup	3,37	1,38	3	42	0,67	0,93	0,95	0,85	77	149	16623	6.4.07	44
6	14	drozg	1,01	1,13	3	42	0,20	0,93	0,95	0,70	180	153	792	6.4.07	179
6	15	strel	2,49	1,42	0	44	0,50	1,00	1,00	0,83	94	45	9193	6.4.07	64
6	16	glad	1,27	1,30	21	18	0,25	0,52	0,41	0,40	270	267	203	6.4.07	228
6	17	vest	3,24	1,28	3	43	0,65	0,93	0,98	0,85	79	129	12580	6.4.07	57
6	18	slak	1,28	1,32	0	44	0,26	1,00	1,00	0,75	157	65	4653	6.4.07	109
6	19	hči	3,99	1,25	0	44	0,80	1,00	1,00	0,93	17	11	15256	6.4.07	47
6	20	polt	3,01	1,46	1	43	0,60	0,98	0,98	0,85	78	109	2738	6.4.07	138
6	21	sekt	0,74	1,02	4	44	0,15	0,91	1,00	0,69	185	88	540	6.4.07	198
6	22	prst	4,03	1,09	1	42	0,81	0,98	0,95	0,91	32	136	7529	6.4.07	76
6	23	čar	2,88	1,54	0	44	0,58	1,00	1,00	0,86	72	39	6106	6.4.07	91
6	24	ton	3,26	1,45	0	42	0,65	1,00	0,95	0,87	54	135	30290	6.4.07	29
6	25	ris	2,06	1,40	2	43	0,41	0,95	0,98	0,78	138	124	524	6.4.07	199
6	26	led	3,57	1,18	18	22	0,71	0,59	0,50	0,60	228	261	8727	6.4.07	72
6	27	bar	3,80	1,32	3	42	0,76	0,93	0,95	0,88	50	148	9045	6.4.07	66
6	28	up	2,53	1,56	3	41	0,51	0,93	0,93	0,79	132	171	6456	6.4.07	87
7	1	tat	2,66	1,46	1	43	0,53	0,98	0,98	0,83	99	111	5598	12.4.07	101
7	2	čer	1,22	1,21	7	36	0,24	0,84	0,82	0,63	215	212	384	12.4.07	212
7	3	mož	3,76	1,29	2	43	0,75	0,95	0,98	0,89	41	121	64420	12.4.07	16
7	4	ceh	0,94	1,12	0	44	0,19	1,00	1,00	0,73	166	66	723	12.4.07	186
7	5	ral	0,26	0,55	15	35	0,05	0,66	0,80	0,50	254	220	140	13.3.07	241
7	6	soj	0,84	1,00	0	44	0,17	1,00	1,00	0,72	169	67	469	12.4.07	205
7	7	film	4,52	0,80	19	23	0,90	0,57	0,52	0,67	196	258	1E+05	12.4.07	5,5
7	8	kost	3,67	1,22	2	42	0,73	0,95	0,95	0,88	51	144	3242	12.4.07	132
7	9	svet	4,18	1,14	0	44	0,84	1,00	1,00	0,95	10	8	1E+05	12.4.07	5,5
7	10	vrač	1,75	1,31	1	43	0,35	0,98	0,98	0,77	149	115	898	12.4.07	173
7	11	stud	0,88	1,00	3	44	0,18	0,93	1,00	0,70	176	86	130	12.4.07	243
7	12	strop	3,33	1,40	3	41	0,67	0,93	0,93	0,84	83	169	4173	12.4.07	118
7	13	dan	4,55	0,84	1	44	0,91	0,98	1,00	0,96	3	68	1E+05	12.4.07	5,5
7	14	zdrob	2,34	1,64	1	44	0,47	0,98	1,00	0,82	111	75	737	12.4.07	185
7	15	kramp	1,86	1,26	20	13	0,37	0,55	0,30	0,40	269	274	274	12.4.07	221
7	16	lišp	1,04	1,22	23	16	0,21	0,48	0,36	0,35	275	270	69	12.4.07	256
7	17	glas	3,94	1,20	1	43	0,79	0,98	0,98	0,91	31	105	70398	12.4.07	15
7	18	sned	0,50	0,90	13	31	0,10	0,70	0,70	0,50	253	238	8	12.4.07	274
7	19	dna	1,06	1,29	11	3	0,21	0,75	0,07	0,34	280	282	8104	12.4.07	75
7	20	brst	1,20	1,22	4	3	0,24	0,91	0,07	0,41	268	281	394	12.4.07	211
7	21	plač	0,96	1,56	19	16	0,19	0,57	0,36	0,37	272	269	30912	12.4.07	28
7	22	golk	0,07	0,35	15	19	0,01	0,66	0,43	0,37	273	265	1	12.4.07	281
7	23	pah	0,22	0,51	0	43	0,04	1,00	0,98	0,67	191	102	26	12.4.07	267
7	24	rig	0,86	1,19	17	11	0,17	0,61	0,25	0,35	279	275	78	12.4.07	252
7	25	trg	3,22	1,41	10	26	0,64	0,77	0,59	0,67	192	250	83224	12.4.07	12
7	26	irh	0,21	0,46	2	42	0,04	0,95	0,95	0,65	204	147	32	12.4.07	263
7	27	nos	4,00	1,12	0	44	0,80	1,00	1,00	0,93	16	10	15856	12.4.07	45

Razvoj preizkusov procesiranja govornih dražljajev

niz	mesto	beseda	M(P)	SD(P)	N	R	Indikatorji primernosti v %						FidaPlus		
							P	1-N	R	M	r(M)	r(R)	F	Iskano	R(F)
7	28	uk	1,40	1,34	1	44	0,28	0,98	1,00	0,75	158	78	2037	12.4.07	148
7	29	svet	4,21	1,20	0	44	0,84	1,00	1,00	0,95	9	7	1E+05	12.4.07	5,5
8	1	lug	0,68	0,94	20	25	0,14	0,55	0,57	0,42	265	254	93	12.4.07	249
8	2	ser	0,25	0,87	8	41	0,05	0,82	0,93	0,60	230	178	225	12.4.07	223
8	3	car	2,72	1,45	0	44	0,54	1,00	1,00	0,85	80	41	4191	12.4.07	117
8	4	rob	2,86	1,53	13	34	0,57	0,70	0,77	0,68	188	224	17807	12.4.07	41
8	5	kih	1,87	1,58	0	44	0,37	1,00	1,00	0,79	131	58	773	12.4.07	183
8	6	jad	0,48	1,02	13	25	0,10	0,70	0,57	0,46	261	253	12	12.4.07	272
8	7	sneg	4,16	1,02	14	30	0,83	0,68	0,68	0,73	164	242	18183	12.4.07	39
8	8	vrat	3,96	1,03	0	44	0,79	1,00	1,00	0,93	19	13	35682	12.4.07	24
8	9	žolč	2,45	1,39	0	44	0,49	1,00	1,00	0,83	98	46	439	12.4.07	208
8	10	plen	2,50	1,38	0	43	0,50	1,00	0,98	0,83	105	97	5947	12.4.07	93
8	11	grom	2,52	1,38	0	43	0,50	1,00	0,98	0,83	103	96	1561	12.4.07	157
8	12	strah	3,72	1,21	0	44	0,74	1,00	1,00	0,91	29	18	43778	12.4.07	19
8	13	pad	1,16	1,35	6	36	0,23	0,86	0,82	0,64	212	211	702	12.4.07	187
8	14	zvrst	2,96	1,41	0	43	0,59	1,00	0,98	0,86	75	95	8998	12.4.07	67
8	15	blišč	2,52	1,45	1	43	0,50	0,98	0,98	0,82	107	113	1737	12.4.07	156
8	16	test	3,96	1,27	1	43	0,79	0,98	0,98	0,92	28	104	13978	12.4.07	52
8	17	golč	0,21	0,69	5	42	0,04	0,89	0,95	0,63	221	161	2	12.4.07	280
8	18	vran	1,72	1,36	0	44	0,34	1,00	1,00	0,78	137	60	917	12.4.07	171
8	19	sip	0,51	0,88	6	41	0,10	0,86	0,93	0,63	217	175	1392	12.4.07	163
8	20	drob	0,82	1,08	10	14	0,16	0,77	0,32	0,42	264	271	112	12.4.07	245
8	21	mast	2,64	1,43	1	43	0,53	0,98	0,98	0,83	102	112	1215	12.4.07	165
8	22	polk	0,69	0,96	1	43	0,14	0,98	0,98	0,70	178	119	1855	12.4.07	151
8	23	nart	1,47	1,28	2	40	0,29	0,95	0,91	0,72	171	182	200	14.3.07	231
8	24	krm	0,35	0,80	4	22	0,07	0,91	0,50	0,49	256	260	22	12.4.07	270
8	25	dis	0,41	1,00	15	34	0,08	0,66	0,77	0,50	251	226	223	12.4.07	224
8	26	hot	1,35	1,60	6	35	0,27	0,86	0,80	0,64	209	218	864	12.4.07	175
8	27	sak	0,18	0,60	5	42	0,04	0,89	0,95	0,63	222	162	140	12.4.07	241
8	28	ud	2,15	1,40	0	44	0,43	1,00	1,00	0,81	116	53	1539	12.4.07	159
9	1	gož	0,98	1,17	6	41	0,20	0,86	0,93	0,66	197	174	97	12.4.07	248
9	2	lat	0,28	0,64	7	33	0,06	0,84	0,75	0,55	241	229	791	12.4.07	180
9	3	cev	2,67	1,24	5	42	0,53	0,89	0,95	0,79	129	159	6056	12.4.07	92
9	4	mir	3,93	1,13	0	44	0,79	1,00	1,00	0,93	22	15	37131	12.4.07	21
9	5	voh	3,01	1,49	0	44	0,60	1,00	1,00	0,87	57	29	632	12.4.07	192
9	6	raš	0,09	0,37	11	36	0,02	0,75	0,82	0,53	244	213	57	12.4.07	260
9	7	trst	1,88	1,39	2	39	0,38	0,95	0,89	0,74	161	193	9652	12.4.07	63
9	8	disk	3,11	1,49	0	39	0,62	1,00	0,89	0,84	91	191	10572	12.4.07	60
9	9	vamp	2,30	1,44	7	38	0,46	0,84	0,86	0,72	170	205	297	4.5.07	217
9	10	trup	2,90	1,48	7	38	0,58	0,84	0,86	0,76	152	204	4348	4.5.07	115
9	11	vdih	3,29	1,43	0	44	0,66	1,00	1,00	0,89	46	23	596	4.5.07	194
9	12	zglob	1,13	1,51	19	33	0,23	0,57	0,75	0,52	248	231	69	4.5.07	256
9	13	sna	0,56	0,93	15	34	0,11	0,66	0,77	0,51	249	225	1228	4.5.07	164
9	14	svest	0,38	0,92	1	44	0,08	0,98	1,00	0,68	187	80	11	4.5.07	273
9	15	skrak	0,11	0,41	4	42	0,02	0,91	0,95	0,63	220	157	25	4.5.07	268
9	16	lord	1,33	1,13	1	35	0,27	0,98	0,80	0,68	189	216	4955	4.5.07	107
9	17	pust	3,11	1,31	2	40	0,62	0,95	0,91	0,83	100	181	3012	4.5.07	134
9	18	drač	0,27	0,75	1	42	0,05	0,98	0,95	0,66	198	142	178	4.5.07	236
9	19	noč	4,42	0,82	0	44	0,88	1,00	1,00	0,96	5	4	73238	4.5.07	13
9	20	gnoj	2,95	1,36	0	44	0,59	1,00	1,00	0,86	63	33	2868	4.5.07	135
9	21	prah	3,90	1,19	1	43	0,78	0,98	0,98	0,91	33	106	11948	4.5.07	58

niz	mesto	beseda	M(P)	SD(P)	N	R	Indikatorji primernosti v %						FidaPlus		
							P	1-N	R	M	r(M)	r(R)	F	Iskano	R(F)
9	22	snet	0,69	1,12	10	14	0,14	0,77	0,32	0,41	267	272	158	4.5.07	238
9	23	mag	1,20	1,38	9	39	0,24	0,80	0,89	0,64	210	198	9986	4.5.07	62
9	24	krt	2,21	1,38	0	44	0,44	1,00	1,00	0,81	112	51	1057	4.5.07	170
9	25	peč	3,28	1,34	2	40	0,66	0,95	0,91	0,84	87	180	8396	4.5.07	74
9	26	bor	2,55	1,41	2	42	0,51	0,95	0,95	0,81	119	146	3557	4.5.07	123
9	27	sad	2,03	1,62	2	43	0,41	0,95	0,98	0,78	141	125	4606	14.3.07	111
9	28	il	0,23	0,68	6	42	0,05	0,86	0,95	0,62	223	164	4800	4.5.07	108
10	1	jam	0,47	0,93	12	21	0,09	0,73	0,48	0,43	263	263	3395	4.5.07	127
10	2	loč	0,23	0,72	3	40	0,05	0,93	0,91	0,63	219	185	480	4.5.07	202
10	3	gat	0,41	0,96	1	8	0,08	0,98	0,18	0,41	266	277	297	4.5.07	217
10	4	niz	2,23	1,49	0	44	0,45	1,00	1,00	0,82	110	50	13096	4.5.07	55
10	5	del	3,23	1,56	0	44	0,65	1,00	1,00	0,88	48	25	1E+05	4.5.07	5,5
10	6	laž	3,61	1,23	4	42	0,72	0,91	0,95	0,86	65	154	5686	4.5.07	98
10	7	prag	3,40	1,23	23	21	0,68	0,48	0,48	0,55	242	264	5823	4.5.07	96
10	8	snov	3,76	1,32	1	42	0,75	0,98	0,95	0,89	42	137	10826	4.5.07	59
10	9	gumb	3,44	1,33	4	40	0,69	0,91	0,91	0,84	92	186	13424	4.5.07	54
10	10	speh	0,33	0,92	3	44	0,07	0,93	1,00	0,67	194	87	4	4.5.07	278
10	11	tisk	3,32	1,42	2	43	0,66	0,95	0,98	0,87	59	122	13456	4.5.07	53
10	12	šport	4,30	0,94	0	44	0,86	1,00	1,00	0,95	7	6	1E+05	4.5.07	5,5
10	13	vat	0,98	1,42	1	39	0,20	0,98	0,89	0,69	183	192	221	4.5.07	225
10	14	blesk	1,61	1,33	0	44	0,32	1,00	1,00	0,77	143	62	477	4.5.07	203
10	15	strok	1,62	1,32	1	43	0,32	0,98	0,98	0,76	155	116	1750	4.5.07	154
10	16	stan	1,74	1,33	3	44	0,35	0,93	1,00	0,76	154	85	4106	4.5.07	119
10	17	hrst	0,35	0,84	20	19	0,07	0,55	0,43	0,35	276	266	2	4.5.07	280
10	18	dren	1,41	1,28	0	43	0,28	1,00	0,98	0,75	156	101	660	4.5.07	189
10	19	urh	0,74	1,11	3	32	0,15	0,93	0,73	0,60	226	233	3497	4.5.07	125
10	20	dvor	2,09	1,26	0	43	0,42	1,00	0,98	0,80	123	99	5764	4.5.07	97
10	21	pard	0,10	0,38	16	34	0,02	0,64	0,77	0,48	259	227	21	4.5.07	271
10	22	rovt	0,70	1,03	2	40	0,14	0,95	0,91	0,67	193	183	774	4.5.07	182
10	23	cis	1,00	1,45	1	43	0,20	0,98	0,98	0,72	172	118	118	4.5.07	244
10	24	mig	0,88	1,18	14	32	0,18	0,68	0,73	0,53	245	235	787	4.5.07	181
10	25	kap	2,44	1,51	17	31	0,49	0,61	0,70	0,60	227	240	5226	4.5.07	103
10	26	vrč	2,62	1,22	0	44	0,52	1,00	1,00	0,84	86	43	1203	4.5.07	166
10	27	čad	0,47	0,83	2	39	0,09	0,95	0,89	0,64	207	195	510	4.5.07	200
10	28	os	2,28	1,37	3	41	0,46	0,93	0,93	0,77	145	173	5921	4.5.07	94
10	29	dren	1,48	1,30	3	42	0,30	0,93	0,95	0,73	168	151	660	4.5.07	189

Opombe. Mesto pomeni mesto v nizu; P pomeni oceno pogostosti pojavljanja besede v vsakdanjem življenju.

N je nejasnost besede (število oseb, ki so označile kvadrato ob besedi), R pa razumljivost besede (število oseb, ki so ustrezno reproducirale besedo). Oznaka 1-N označuje jasnost besede (1 - nejasnost). Oznaka r(M) predstavlja rang povprečja treh indikatorjev primernosti besede, tj. R, 1-N in P, oznaka r(R) pa rang besede po razumljivosti. Stolpec F (FidaPlus) označuje število pojavljanj v bazi FidaPlus, iskano dan iskanja, R(F) pa označuje rang besede po pogostosti pojavljanja v bazi FidaPlus.

6 PRILOGA 2

6.1 NAMESTITEV RAČUNALNIŠKIH APLIKACIJ METOD ZA MERJENJE PRAGA GOVORNEGA RAZUMEVANJA

Za ustrezno delovanje računalniške aplikacije potrebujemo sistem Windows XP ali več.

Računalniške aplikacije za izvedbo meritev lahko namestimo tako, da s CD-ja naložimo na računalnik datoteko *avdiometrija.rar*. Ko to datoteko zaženemo, se v želeno mapo avtomatično namesti več datotek:

- datoteki *Freiburg.exe* in *Adaptive.exe*. To sta datoteki z računalniškima aplikacijama Freiburškega enozložnega preizkusa in adaptivnih metod (metode stopnic, PPUNB in PP).
- datoteki *AvdiometriJa_f.mdb* in *AvdiometriJa_a.mdb*. To sta MS Accessovi bazi s parametri, ki omogočajo ustrezno delovanje aplikacij s psihofizikalnimi metodami. V obeh bazah najdemo več tabel.
 - o V tabeli *Meritve* je v prvem stolpcu zapisana zaporedna številka izvedene meritve znotraj umerjanja glasnosti v konkretni laboratorijski situaciji. (Vrednosti so vezane na meritve, izvedene v laboratoriju na FF Univerze v Ljubljani. Za ustrezne glasnosti dražljajev v drugih prostorih je potrebno izvesti meritve na novo, vendar lahko pričakujemo, da vrednosti ne bodo močno odstopale od tistih, ki so veljale v naših eksperimentalnih pogojih.) V stolpcu *Glasnost* je zapisana izmerjena glasnost v pogojih z določeno vrednostjo kontrolerjev glasnosti *MasterVol* in *WaveVol*. V stolpcu *ID_Zvoka* je zapisana zaporedna številka posameznega dražljaja.
 - o V tabeli *Nastavitve* je sproti med meritvami zapisana pot do mesta, kjer je shranjen zvočni zapis trenutno predvajanega dražljaja.
 - o V tabeli *Umerjeno* so sproti med meritvami zapisane vrednosti kontrolerjev glasnosti pri predvajanju posameznega dražljaja na določeni intenzitetni ravni.
 - o V tabeli *Zvoki* so zapisane poti do mest, kjer so shranjeni zvočni zapisi vseh dražljajev v bazi dražljajev, ki jo uporablja posamezna metoda.
- Nastanejo tudi tri mape, in sicer mapa *drazljaji*, kjer so shranjeni zvočni zapisi vseh dražljajev, mapa *rezultati_freiburg*, kamor se shranjujejo rezultati meritev s Freiburškim enozložnim preizkusom, in mapa *rezultati_adaptive*, kamor se shranjujejo rezultati meritev z adaptivnimi metodami.

6.2 NAVODILA ZA UPORABO APLIKACIJ METOD

Pripravili smo dve ločeni računalniški aplikaciji, eno za izvedbo Freiburškega enozložnega preizkusa in drugo za izvedbo kateregakoli adaptivnega postopka za merjenje praga govornega razumevanja. Po zagonu obeh aplikacij se najprej odpre uvodno okno, kamor testator vpiše osnovne značilnosti udeleženca: priimek in ime, starost v letih in želeno začetno glasnost. V oknu desno zgoraj piše, kolikšno je število besed v bazi. V okencu *Metoda* testator izbere postopek merjenja. Istočasno se izpiše prednastavljena začetna glasnost, ki jo lahko tudi poljubno spremenimo. Vrednosti začetne glasnosti so prednastavljene na vrednosti, ki so se izkazale kot najustreznejše v našem laboratoriju. Za meritve s Freiburškim preizkusom smo uporabili začetno glasnost 32 dB, za klinične meritve pa priporočamo, naj bo kakih 30 dB višja od vrednosti tonskega praga (odvisno od primerljivosti pogojev glasnosti pri meritvah tonskega praga in praga govornega razumevanja). Pri metodi stopnic in PPUNB je prednastavljena začetna glasnost 42 dB, tj. vsota vrednosti tonskega praga za slišče osebe (0 dB) in šestkratne vrednosti koraka spreminjanja glasnosti. Za klinično preizkušanje naj bo začetna glasnost določena na enak način (tonski prag + 6 · korak), spet v odvisnosti od enakosti pogojev merjenja tonskega praga in praga govornega razumevanja. Pri PP je prednastavljena začetna glasnost 50 dB; za klinično preizkušanje naj bo vrednost izbrana vsaj 40–50 dB nad tonskim pragom, odvisno tudi od višine tonskega praga, velikosti koraka in enakosti pogojev merjenja obeh pragov.

V aplikaciji *Adaptivne metode* testator, če izbere metodo stopnic, lahko vnese število zahtevanih obratov serije, preden se meritve zaključijo. Pri izboru padajočega postopka – PP – pa lahko vnese povečanje pri iskanju osnovne ravni glasnosti. Nastavljivost te vrednosti omogoča hitrejšo izvedbo meritev. Testator lahko nadalje vnese vrednost koraka naraščanja glasnosti (spremembo glasnosti med zaporednimi dražljaji v metodi stopnic oz. zaporednimi ravnmi pri drugih adaptivnih metodah ali stolpci [kolonami] pri Freiburškem preizkusu). Merjenje je torej lahko natančnejše kot z osnovnim postopkom z uporabo vnaprej nastavljenega avdiometra, kjer lahko uporabljamo le korak 5 dB. Nato lahko testator izbere, ali oseba lahko sama sproži dražljaj ali ne. Če oseba ne more sama sprožiti dražljaja, lahko testator določi interval med zaporednima dražljajema. Prednastavljena vrednost je 5000 ms (priporočljivo), vendar lahko izberemo tudi daljši (ali krajši) časovni interval, če je to potrebno zaradi specifičnih značilnosti udeleženca (npr. zaradi počasnosti pri odgovarjanju). Če oseba lahko sama sproži dražljaj, testator v nadaljevanju določi, s katero tipko na tipkovnici je to mogoče storiti. Testator lahko tudi določi,

kam naj se zapisujejo podatki meritev. V izbrani datoteki kasneje testator najde tekstovno datoteko z izračunanim pragom in datoteko z zapisom zaporednih dražljajev in odgovorov.

Ko so vneseni vsi potrebni parametri, se odpre na zaslonu več oken: (a) okno z imenom metode (*Govorna avdiometrija – ime metode*), ki je namenjeno testatorju, (b) okno *Priprava na dražljaj*, ki je namenjeno testirancu, in (c) okno *Prikaz poteka meritev*, ki je namenjeno testatorju. Če grafična kartica podpira možnost hkratne uporabe dveh zaslonov, poskrbimo pred začetkom meritev, da udeleženec na svojem zaslonu vidi (le) okno *Priprava na dražljaj*, testator pa preostali dve okni. Okna lahko poljubno raztegujemo.

V oknu z imenom metode je izrisan gumb *Začnimo*. S pritiskom na ta gumb se začnejo meritve. Na zaslonu se v rubriki *Beseda* prikaže izpis trenutno predvajane besede, v rubriki *Glasnost* pa glasnost, pri kateri bo beseda predvajana. Eno sekundo za tem je beseda dejansko tudi predvajana.

Okno *Priprava na dražljaj*, ki ga lahko npr. prenesemo na ločen zaslon z uporabo funkcije dveh zaslonov, če grafična kartica to opcijo podpira, se pobarva z zeleno, kadar naj bi se oseba pripravila na predvajanje dražljaja, ki sledi 1 sekundo po osebinem pritisku na tipko, če je izbrana opcija, da oseba sama sproži dražljaj, oz. 1 s potem, ko se eksperimentatorju na zaslonu izpiše trenutno predvajana beseda. Istočasno s predvajanjem besede se okno obarva z rdečo, kar je osebi znak, da je dražljaj predvajan tisti hip. To osebi lahko pomaga, da ni zmedena v pogojih, ko so predvajane podpražne besede, in da ve, da je dražljaj bil predvajan, čeprav ga ni slišala. Testatorju lahko takoj pove, da dražljaja ni slišala, in ne čaka več, kdaj bo predvajan.

Ko je dražljaj predvajan, oseba lahko dražljaj ponovi pravilno ali nepravilno. V prvem primeru testator klikne zeleno puščico, ki je izrisana na zaslonu, v drugem pa rdeči križ. Če oseba nakaže, da ni bila pozorna, lahko testator pri adaptivnih metodah izbere tudi možnost *Še enkrat*, pri čemer se (po v uvodnem oknu določenem intervalu) predvaja drug dražljaj pri isti glasnosti.

V oknu *Prikaz poteka meritev* se sproti riše črta, ki testatorju nakazuje, kako se spreminjajo glasnosti pri zaporednih dražljajih. Tako lahko testator spremlja, kaj se med meritvami dogaja, če vse poteka po pričakovanjih, in tudi načrtuje, kdaj se bodo meritve zaključile.

Če odgovor ni pravočasno vnesen, se na zaslonu izriše okno z vprašanjem, ali naj se meritve nadaljujejo. Pri odgovoru *Da* se pri adaptivnih metodah pri isti glasnosti predvaja druga beseda. Odgovor *Ne* konča preizkus, testator pa lahko nato preizkus ponovno zažene in po potrebi izbere daljši časovni interval med dražljaji. V kolikor pride med meritvami do motečih dejavnikov (upad pozornosti osebe, zunanje motnje), je najbolje, da testator ne izbere nobenega odgovora in da se prikaže okno z vprašanjem o nadaljevanju. Testator lahko na ta način zadrži nadaljnje izvajanje preizkusa, dokler motnje niso odpravljene.

Po koncu meritev se na zaslonu testatorju izpiše izmerjena vrednost praga govornega razumevanja.

6.3 NAVODILA ZA BRANJE REZULTATOV MERITEV S POSAMEZNIMI METODAMI

Pri meritvah z vsako metodo nastaneta dve tekstovni datoteki. Ime vsake se začne z opisom osebe (priimkom in imenom, če testator tako opiše sodelujočo osebo), po pomišljaju pa nadaljuje z imenom metode. Ime *metoda stopnic* predstavlja metodo stopnic, ime *niz10* predstavlja padajoči postopek z uporabo niza besed (PPUNB), ime *padajoci2* pa padajoči postopek z uporabo koraka 2dB (PP2). Datoteka, katere ime se s tem zaključí, nosi splošne podatke o pogojih meritev ter končne rezultate meritev. Datoteka, katere ime se nadaljuje z *-zaporedno*, pa vsebuje sprotne zapise parametrov med meritvami s posamezno metodo. V taki datoteki lahko preverimo, kako so tekle meritve v času, kako (v kakšnem zaporedju) so bili predvajani dražljaji in kako je oseba odgovorila.

Zapisi v tekstovnih datotekah so ločeni z vejico in so tako primerni za vnos v razne baze podatkov, npr. MS Excel, kjer jih lahko pripravimo za morebitno nadaljnjo obdelavo.

Spodaj prikazujemo, kakšne zapise najdemo v posameznih datotekah in kaj pomenijo. V vseh datotekah najdemo v prvih treh vrsticah naslednje zapise (v poševnem tisku za znakom = razlagamo pomen zapisov v navadnem tisku).

"XX" = *oznaka osebe*

"starost (v letih)",20 = *starost osebe*

"začetna glasnost, korak",31,2 = *glasnost, pri kateri smo meritve začeli, in korak spreminjanja glasnosti; v tem primeru je torej prva beseda predvajana pri glasnosti 31 dB, uporabljeni korak spreminjanja glasnosti pa je 2. Uporabljene glasnosti dražljajev bodo torej 33, 35, 37... 29, 27 dB itd.*

Nadaljnji zapisi se pri metodah razlikujejo.

XX-Freiburg.txt

"najvišja glasnost $P < .50$, delež P",38,.4827586 = *najvišja glasnost, pri kateri je bil delež pravih odgovorov manjši od 0,50, in delež pravih odgovorov pri tej glasnosti*

"najnižja glasnost $P > .50$, delež P",40,.7142857 = najnižja glasnost, pri kateri je bil delež
pravilnih odgovorov večji od 0,50, in delež pravilnih odgovorov pri tej glasnosti
"prag govornega razumevanja",38.14894 = izračunani prag govornega razumevanja

XX-Freiburg-zaporedno.txt

"St, Glasnost, dražljaj, odg" = zaporedna številka poskusa, glasnost predvajanega dražljaja,
zaporedna številka dražljaja, odgovor (1-pravilen, 2-nepravilen, 0-ni odgovora)

1,31,1,2 = Primer: Prvi predvajani dražljaj je imel glasnost 31 dB. Šlo je za 1. dražljaj v
meritvah, oseba ni pravilno ponovila.

...

30,37,10,2 = Primer: Trideseti predvajani dražljaj je imel glasnost 37 dB. Šlo je za 30. dražljaj v
meritvah, oseba ni pravilno ponovila.

XX-metoda stopnic.txt

"stevilo obratov",8 = število obratov, po katerih se je merjenje zaključilo

"spodnji obrat, zgornji obrat, prag" = zaporedna številka poskusa, trenutnih spodnjih in zgornjih
pragov ter trenutnih pragov (tj. povprečij spodnjih in zgornjih trenutnih pragov)

76,80,78 = primer: prvi spodnji in zgornji obrat sta bila pri glasnosti 76 dB in 80 dB, torej je
trenutni prag 78 dB

74,74,74

74,74,74

70,70,70

66,68,67

68,70,69

70,76,73

72,74,73

"prag govornega razumevanja",72.25 = izračunano povprečje vseh trenutnih pragov nam da
vrednost praga govornega razumevanja

XX-metoda stopnic-zaporedno.txt

"stevilo obratov",8 = število obratov, po katerih se je merjenje zaključilo

"St, Glasnost, dražljaj, odg, SpObrat, ZgObrat, AL" = zaporedna številka trenutne meritve, glasnost trenutnega predvajanega dražljaja, zaporedna številka trenutnega predvajanega dražljaja (ID_Zvoka), odgovor osebe (1-pravilen, 2-nepravilen, 0-ni odgovora), vrednost trenutnega spodnjega praga (vrednost 0 pomeni, da v tej seriji še ni bil dosežen), vrednost trenutnega zgornjega praga (vrednost 0 pomeni, da v tej seriji še ni bil dosežen), vrednost trenutnega praga (vrednost 0 pomeni, da v tej seriji še ni bil dosežen)

1,77,14,2,0,0,0 = Primer: Prvi predvajani dražljaj je imel glasnost 77 dB. Predvajana je bila beseda pod zaporedno številko 14. Oseba ni pravilno odgovorila. Trenutni pragi zato še niso določeni.

...

12,75,109,1,76,80,78 = Primer: Dvanajsti predvajani dražljaj je imel glasnost 75 dB. Predvajana je bila beseda pod zaporedno številko 109. Oseba je pravilno odgovorila. Zadnji določeni trenutni spodnji prag je imel vrednost 76 dB, zadnji določeni trenutni zgornji prag vrednost 80 dB, zadnji trenutni prag 78 dB.

XX-niz10.txt

"najvišja glasnost $P < .50$, delež P",34,.4 = najvišja glasnost, pri kateri je bil delež pravih odgovorov manjši od 0,50, in delež pravih odgovorov pri tej glasnosti

"najnižja glasnost $P > .50$, delež P",34,.7 = najnižja glasnost, pri kateri je bil delež pravih odgovorov večji od 0,50, in delež pravih odgovorov pri tej glasnosti

"prag govornega razumevanja",34 = izračunani prag govornega razumevanja

XX-niz10-zaporedno.txt

"St, Glasnost, dražljaj, odg" = zaporedna številka poskusa v meritvah, glasnost predvajanega dražljaja, odgovor osebe (1-pravilen, 2-nepravilen, 0-ni odgovora)

1,42,14,1 = Primer: V prvem poskusu, ko je bil predvajani dražljaj beseda pod številko 14 in je imel glasnost 42 dB, je oseba pravilno ponovila besedo.

...

15,36,115,0 = Primer: V 15. poskusu, ko je bil predvajani dražljaj beseda pod številko 115 in je imel glasnost 36 dB, oseba ni pravočasno podala odgovora, zato se je preizkus nadaljeval z naslednjim dražljajem.

XX-padajoci2.txt

"osnovna raven glasnosti, zadnja glasnost, število pravih odgovorov",46,32,10 = osnovna raven glasnosti (Ls), pri kateri se začne meritvena padajoča serija, zadnja glasnost, predvajana v tej seriji, in število vseh pravih odgovorov v tej seriji

"prag govornega razumevanja",37 = izračunani prag govornega razumevanja

XX-padajoci2-zaporedno.txt

"St, Glasnost, dražljaj, odg" = zaporedna številka poskusa, glasnost trenutno predvajanega dražljaja, zaporedna številka trenutnega dražljaja, odgovor osebe (1-pravilen, 2-nepravilen, 0-ni odgovora)

1,50,55,1 = Primer: Pri prvem predvajanem dražljaju, tj. besedi z zaporedno številko 55, ki je bila predvajana pri 50 dB, je oseba podala pravilen odgovor.

...

12,34,115,2 = Primer: Pri dvanajstem predvajanem dražljaju, tj. besedi z zaporedno številko 115, ki je bila predvajana pri 34 dB, je oseba podala nepravilen odgovor.

Če izvajamo meritev s padajočim postopkom tako, da izberemo korak 5 dB, nastaneta datoteki XX-padajoci5.txt in XX-padajoci5-zaporedno.txt z enakimi parametri, kot so predstavljeni tu.