

PRELIMINARNA RAZISKAVA IZGOVARJAVE SLOVENSКИH JEZIČNIH NEZVOČNIKOV Z ULTRAZVOČNO NAPRAVO

V prispevku je uvodoma predstavljen razvoj artikulacijske fonetike in njenih metod. Navedene so ultrazvočne raziskave, ki so bile izvedene za slovenščino oziroma so jih izvedli slovenski raziskovalci. Sledi predstavitev ultrazvočne metode za raziskovanje artikulacije – poudarek je na njenih prednostih in slabostih. Jedro prispevka je predstavitev preliminarnе raziskave izgovora slovenskih jezičnih nezvočnikov (/s z ʃ ʒ x ts tʃ dʒ k g/) pri enem govorniku, ki je bila izvedena maja leta 2022 z ultrazvočno napravo. Raziskovane jezične nezvočnike smo opazovali v vzglasnem položaju pred naglašnim samoglasnikom v dvozložnih besedah, besede so bile umeščene v jedro krajših povedi. Raziskovani glasovi so bili ročno označeni na zvočnem signalu, nato pa je bil ročno označen tudi položaj jezične ploskve na sagitalnih ultrazvočnih slikah. Rezultat prispevka so povprečne lege jezika pri posameznem jezičnem nezvočniku, te so grafično predstavljene z okvirji z ročaji, ki nam pokažejo, v katerih točkah je položaj jezika stabilen in v katerih bolj variabilen. Ugotovimo, da sta najstabilnejša zadlesnična pripornika /ʃ ʒ/. Slednja se v povprečni legi jezika ne ločita, enako velja tudi za druge zvenečnostne pare: /s – z, tʃ – dʒ, k – g/. Pri nezvenečem mehkončnem priporniku /x/ smo prikazali tudi vpliv koartikulacije na povprečno lego jezične ploskve.

Ključne besede: slovenščina, artikulacijska fonetika, ultrazvok, nezvočniki, koartikulacija

Preliminary study of articulation of Slovenian lingual obstruents with an ultrasound device

The paper begins with an introduction to the development of articulatory phonetics and its methods. It covers ultrasound research conducted for the Slovenian language or by Slovenian researchers. Following this is a presentation of the ultrasound method for studying articulation, with an emphasis on its advantages and disadvantages. The core of the contribution is the presentation of a preliminary study on the pronunciation of Slovenian lingual obstruents (/s z ʃ ʒ x ts tʃ dʒ k g/) by a speaker, which was conducted in May 2022 using an ultrasound device. The lingual obstruents were observed in the articulatory position before stressed vowels in disyllabic words placed within short sentences. The studied lingual obstruents were manually annotated on the audio signal, and the position of the tongue surface was also manually annotated on sagittal ultrasound images. The results of the paper include the

average tongue positions for each lingual obstruent, which are graphically represented with boxplots, showing stable and variable points in the tongue position. It is found that the most stable postalveolar fricatives are /ʃ ʒ/. The latter do not differ in the average tongue position, and the same applies to other voiced pairs: /s – z, ʃ – dʒ, k – g/. For the voiceless velar fricative /x/, the influence of coarticulation on the average tongue position is also demonstrated.

Keywords: Slovene, articulatory phonetics, ultrasound, obstruents, coarticulation

1 Uvod: o raziskovanju artikulacije

Raziskovanje artikulacije oziroma izgovarjave je v okviru znanosti o govoru – fonetike – odvisno predvsem od tehnoloških in metodoloških okvirjev posamezne dobe. Prva opažanja glede izgovora glasov so bila plod samoopazovanja in opazovanja drugih, prve študije pa sta omogočila na eni strani tehnološki razvoj, na drugi pa znanstveni razvoj v drugi polovici 19. stoletja, ko je bilo raziskovanje jezika izrazito darvinistično, tj. jeziki so bili obravnavani kot rastline, ki imajo svoj življenjski cikel. V središču raziskovanja so bile glasovne spremembe, mladogramatiki so skušali odkriti glasovne zakone. Raziskovanje substance glasov naj bi dalo boljši uvid v glasovne spremembe, iz te premise je izšla fonetika. Ta naj bi obogatila spoznanja zgodovinskega jezikoslovja in etimologije, a se je razvila v samostojno znanost. Oče fonetike Jean-Pierre Rousselot (1846–1924) v svojem delu *Les modifications phonétiques du langage étudiées dans le patois d'une famille de Cellefrouin* (1891) sprva želi raziskati glasovne spremembe oziroma modifikacije govora kraja Cellefrouin med generacijami ene družine, a se je po nasvetu romanista Gastona Parisa pod vplivom akustikov in fiziologov usmeril bolj v instrumentalno proučevanje fiziologije izgovora, tj. artikulacije. Nastala je t. i. *instrumentalna fonetična šola*, ki je kmalu zaradi interdisciplinarnosti v veliki meri prešla v domeno nejezikoslovcev (npr. Hermann Gutzmann, Giulio Panconcelli-Calzia, Emil Fröschels idr.), jezikoslovci pa so se večinoma lotili drugih jezikoslovnih področij. Druga, *klasična fonetična šola* (predstavniki so Paul Passy, Henry Sweet, Eduard Sievers, Johan Storm, Daniel Jones, Otto Jespersen idr.) se je ukvarjala predvsem z avditivno metodo, ki je tudi danes pomemben del poučevanja tujih jezikov ter jezikoslovja (povzeto po Malmberg 1970: 10–13).

Prva faza instrumentalnih raziskav je bila izjemno bogata, saj so raziskovalci sami ustvarjali, prilagajali merilne naprave, kot je npr. kimograf,¹ velika težava pa sta bila primerljivost in interpretacija pridobljenih podatkov, ki niso bili številski, izraženi so bili v obliki krivulj. V prvi polovici 20. stoletja sta se instrumentalni smeri pridružila dva Slovence – Jakob Šolar (1896–1968) in France Bezljaj (1910–1993) (gl. Tivadar in Horjak 2021: 21–22). Zaradi razvoja elektrotehnike in s tem

¹ Kimograf je naprava, ki meri in na vrteč se sajast boben oziroma neskončni papir beleži oziroma zapisuje mehanično oziroma pnevmatično zajete poteke gibanja ali nihanja. Ta zapisovalna naprava je bila najbolj uporabljani instrument eksperimentalne fonetike 19. in prve polovice 20. stoletja. Kasneje se pojavi elektrokimograf, ki s pomočjo obrazne maske ločuje med zračnim pretokom iz ustne in iz nosne votline (Pompino-Marschall 2009: 7; Glück in Rödel 2016: 385; Crystal 2008: 165). Kimograf je prvi uporabil W. H. Barlow leta 1874 (Horga in Liker 2016: 322).

telefona je v ospredje prišlo raziskovanje akustike, zato velika večina instrumentalnih fonetičnih raziskav po drugi svetovni vojni sloni izključno na akustiki,² do ponovne uporabe artikulacijskih metod je prišlo po povezavi medicinskih metod z računalniško programsko opremo, ki omogoča (kompleksnejšo) statistično obdelavo rezultatov in primerjavo podatkov. Najpogosteje uporabljene metode so ultrazvočna metoda, slikanje z magnetno resonanco in elektropalatografija (pregled metod v Horga in Liker 2016: 333–347; Lin 2022; Stone 2013: 9–38; Tabain 2015: 39–56).

Namen prispevka je predstaviti ultrazvočno metodo za raziskovanje izgovarjave v slovenskem prostoru. Najprej bom naredil pregled obstoječih ultrazvočnih raziskav za slovenščino, omenil bom slovenske raziskovalce, ki so z metodo raziskovali, četudi artikulacijo v drugih jezikih (razdelek 2). Predstavil bom bistvene lastnosti ultrazvočne metode za fonetične raziskave (razdelek 3), nato sledi predstavitev izvirne ultrazvočne raziskave jezičnih nezvočnikov v slovenščini (razdelek 4).

2 Pregled ultrazvočnih raziskav za slovenščino

Z raziskovanjem artikulacije slovenskih glasov se ni ukvarjalo veliko raziskovalcev. Začetnika sta bila Jakob Šolar (1928) in France Bezljaj (1939), prvi v Parizu, drugi v Pragi. Po drugi svetovni vojni raziskovanje artikulacije tudi pri Slovencih zamre, v obdobju do leta 2010 so pri nas od instrumentalnih metod prisotne izključno akustične. Raziskovanje artikulacije so ponovno uvedli Tanja Kocjančič Antolík, Peter Jurgec in Hotimir Tivadar. Osredotočili se bomo na ultrazvočne raziskave (standardne in nestandardne) slovenščine.

Od slovenskih raziskovalcev se najintenzivneje ultrazvočni metodi posveča Tanja Kocjančič Antolík, in sicer že od leta 2008 (gl. Kocjančič Antolík 2008). Izpostaviti je treba, da je sodelovala pri kar treh prikazih, objavljenih v eminentni reviji *Journal of International Phonetic Association* (Chirkova idr. 2013; Chirkova idr. 2015; Chirkova idr. 2023). Ultrazvočno napravo sta za opis artikulacije slovenskih samoglasnikov uporabila Kocjančič Antolík in Tivadar (2019). Potrdila sta obstoj osmih samoglasnikov, ki se ne razlikujejo v trajanju, ter opazne razlike med govorcami in znotraj njih. Analizirala sta izgovor 4 govork in 1 govorca. Raziskava je bila opravljena v zvočno izoliranem studiu Inštituta za fonetiko Karlove univerze v Pragi z ultrazvočnim sistemom Articulate Instruments Micro System, ki omogoča sinhronizacijo avdio in video signala, in programsko opremo Articulate Assistant Advances.

² V člankih s področja fonetike in fonologije, objavljenih v revijah *Journal of Phonetics*, *Journal of the American Society of Acoustics* in *Laboratory Phonology* od junija 2018 do maja 2019, prevladujejo akustični in perceptivni pristopi pred artikulacijskimi (gl. Lin 2022: 363), enako velja za objave na osrednjem fonetičnem kongresu International Congress of Phonetic Sciences (podatki za kongresa leta 2015 in 2019 v Klarič 2021).

Peter Jurgec (2019: 63–66; Jurgec idr. 2019) je s sodelavci s pomočjo nosne maske (angl. *nasalance mask*) dokazal nosno harmonijo na Mostecu pri Brežicah, ki jo povzročata nosni drsnik [j]. Analiziran je bil govor 2 govork in 4 govorcev. Gre za prvo potrditev tega pojava v kakšnem slovanskem narečju. S sodelavci je z ultrazvočno študijo potrdil tudi, da je v govoru Zadrecke doline prisotna soglasniška harmonija drugotne palatalizacije, ki je v slovanskih jezikih unikatna. Analiziran je bil govor 2 govork in 3 govorcev. To je bila prva ultrazvočna študija soglasniške harmonije v katerem koli jeziku (gl. Jurgec 2019: 66–67; Chiong idr. 2018). Obe raziskavi sta bili opravljene na terenu.

Ultrazvočna metoda je predstavljena tudi v nekaterih zaključnih delih s področja logopedije. Kot piše Ozbič (2018: 4), je uporabo ultrazvoka spodbudilo sodelovanje z raziskovalci iz tujine. Onuk (2015) predstavi uporabo ultrazvoka v logopediji, Bovhan (2019) je preverjala uporabnost ultrazvoka za izboljšanje izreke mehkonobnikov /k/ in /g/ v dvo- in trizložnih besedah z dečkom s sumom na otroško govorno apraksijo, Lah Kravanja (2019) pa je v doktorski disertaciji ovrednotila lege in funkcije jezika v preventivi artikulacijskih motenj odprtega griza sekalcev pri predšolskih otrocih s tridimenzionalno ultrazvočno preiskavo.

3 O ultrazvočni metodi

Ultrazvočna metoda³ sodi med metode vizualnega prikaza. Spada v neinvazivno skupino metod, ki omogočajo prikaz in merjenje notranjih struktur govorne cevi.⁴ Artikulacija posameznega glasu je sestavljena iz artikulacijske geste,⁵ s pomočjo ultrazvoka dobimo odlične podatke o tistih glasovih, katerih artikulacija vključuje

³ O uporabi ultrazvočne metode pri raziskovanju izgovora v Romanič in Liker (2012). Prva aplikacija ultrazvoka v medicini sega v 20. leta 20. stoletja, uporaba je bila sprva terapevtske narave za ustvarjanje toplote med rehabilitacijo, za medicinsko diagnostiko pa se uporablja od 40. let. V 80. letih se je prvič začelo z uporabo za raziskovanje gibanja jezika, za to je bila potrebna preverba metode s pomočjo rentgenskega slikanja. Uporaba v raziskovalne namene v fonetiki ni bila razširjena zaradi nedostopnosti naprav, ki so bile polno zasedene v klinični praksi, ter zaradi visoke cene, ki si je laboratoriji niso mogli privoščiti. S prilagoditvami naprave za fonetične namene je naprava postala cenovno dostopnejša, velik napredek pri uporabi je omogočila prav posebna programska oprema (Stone 2005: 456).

⁴ Poleg ultrazvočne metode poznamo še rentgensko slikanje – za slovenščino ga je uporabil France Bezlaj (1939) –, računalniško tomografijo (CT) in slikanje z magnetno resonanco (MRI). Rentgenskega slikanja in računalniške tomografije se zaradi sevanja v (nemedicinske) raziskovalne namene ne uporablja več (Horga in Liker 2016: 334–335).

⁵ Horga in Liker (2016: 303) podata naslednjo definicijo artikulacijske geste: »Artikulacijske geste so načrtovani sinergijski gibi, ki so serijsko organizirani, dinamično specificirani in kontekstualno nevtralni.« Artikulacijske geste so del teorije artikulacijske fonologije. Npr. pri [p b m] je cilj artikulacijske geste, da zapremo ustnici, zato zgornja in spodnja ustnica ter spodnja čeljust (so)delujejo, da dosežejo cilj, gibanje posameznega artikulatorja pa je odvisno od sosednjih glasov oziroma njihovih artikulacijskih gest, saj se te v času in prostoru prekrivajo. Posamezne geste tekmujejo za nadzor nad posameznim artikulatorjem, konflikte razrešuje dinamika obremenitev. Slednja preračuna premike artikulatorjev tako, da ugodni in razreši zahteve artikulacijskih gest, ki so aktivne hkrati (Kingston 2011: 403).

aktivacijo jezika; s to metodo ne moremo raziskovati npr. izgovora ustničnih glasov, ki pri artikulaciji ne angažirajo jezika ([p] in [b]), v nasprotju z ustnično-mehkonebnim zvočnikom [w], katerega artikulacijski proces poleg ustnic angažira tudi jezik.

Sodobne prenosne ultrazvočne naprave, kot se uporabljajo pri raziskovanju govora, sestavljajo naslednji deli: sonda, programska oprema za sinhronizacijo ultrazvočnega signala z zvočnim signalom (če z mikrofonom snemamo tudi zvok), enota, ki generira pulz, stabilizator⁶ sonde (običajno poseben naglavni nastavek iz aluminija ali umetne mase, t. i. čelada). Stabilizator sonde nam omogoča, da sploh lahko dobimo stabilne podatke. Po potrebi lahko dodamo še video in avdio signal, možno je tudi hkratno raziskovanje elektropalatografije (korelativna metodologija). Naprava je priključena na osebni računalnik, ki skrbi za procesiranje prejetih signalov.

Ultrazvočna sonda vsebuje piezoelektrične kristale, ki pretvarjajo električno energijo v ultrazvočne valove in obratno. S segrevanjem kristalov sonde na visoke temperature pride do bipolarnega poravnavanja molekul. Ko napetost pride do kristala, se molekule obrnejo v eno smer, poveča se debelina kristalov, nato se molekule obrnejo v drugo smer, zmanjša se debelina kristalov. Te vibracije ustvarijo ultrazvočne valove. Ultrazvočni valovi se odbijejo od struktur z različno gostoto – v ustni votlini so to tkiva, kosti in zrak. Pri ultrazvoku jezika se odboj ultrazvočnih valov zgodi npr. na stiku tkiva jezika in zraka nad njim. Sonda meri amplitudo in zakasnitev odbitih valov in tako s pomočjo programske opreme izriše ultrazvočno sliko. Tkivo z višjo elektronsko gostoto, npr. kost, absorbira ultrazvočne valove, zato te strukture na sliki niso vidne, z oddaljenostjo od sonde odboj valov slabi. Stik med jezikom in zrakom (ali jezika in neba, če se ga jezik dotika) je videti na ultrazvočni sliki kot bela črta (gl. sliko 1) (povzeto po Horga in Liker 2016: 336–337; Tabain 2015: 50; Stone 2013: 21–25).

Sondo pri raziskovanju govora postavimo pod brado subjekta, jezik lahko opazujemo s sagitalne ali frontalne perspektive. Ker je sonda postavljena izven govorne cevi, gibanje jezika ni ovirano. Jezik je tisti artikulator, ki prispeva največji delež k oblikovanju govorne cevi in s tem določa posamezne glasove. Poleg govora pa ima jezik vlogo pri žvečenju hrane in požiranju, njegov položaj je pomemben tudi pri dihanju, da ne ovira zračnega pretoka (gl. Stone 2005: 455). Poleg raziskovanja jezika je z ultrazvokom možno raziskovati tudi druge strukture, npr. žrelo in glasilke (Stone 2013: 22; Tabain 2015: 51).

Čeprav pri tej metodi spremljamo vlogo jezika pri govoru, je pomembna omejitev to, da ne vidimo konice jezika (ca. 1 cm sprednjega dela jezika), ker se ultrazvočni

⁶ Preden so na trg prišli ultrazvočni sistemi, namenjeni raziskovanju artikulacije, so raziskovalci uporabljali klasičen medicinski ultrazvok, ki ni prilagojen za raziskovanje artikulacije, ker ne ponuja programskih orodij za obdelavo podatkov ter sam po sebi ne omogoča stabilizacije sonde. Sisteme za stabilizacijo sonde za klasični ultrazvok predstavijo Carović (2014), Romanić in Liker (2012: 177) ter Stone (2005: 469–477).

valovi odbijejo že od dna ustne votline. Konico jezika lahko vidimo, če je v ustih dovolj sline, če je jezik potisnjen ob dno ustne votline ali če sondo pomaknemo bolj proti bradi (Stone 2013: 23). Ker se ultrazvočni valovi odbijejo na stiku med tkivom jezika in zraka, ni možno videti struktur, kot so mehko in trdo nebo ter žrelna stena. Vpogled v celotno govorno cev nam omogoča le slikanje z magnetno resonanco. Težave nam povzročata tudi čeljust in hioidna kost (*os hyoideum*), saj žarek, ko doseže kost, meče senco oziroma ustvari temno področje na sliki, zato se natančnega položaja čeljusti in hioidne kosti ne da določiti (Stone 2013: 23), na prikazu nas lahko motijo tudi zračni žepi (zlasti pri frontalnem prikazu). Zaradi nizkih frekvenc delovanja težko opazujemo vibriranje konice jezika (raziskovanje r-jevskih glasov), ultrazvok mora namreč vedno počakati, da se vrne poslani signal, preden lahko odda novega (slaba časovna ločljivost). Sonda ne sme biti preveč pritisnjena ob čeljust, a dovolj, da je fiksirana, sicer to preveč ovira naravnost govora. Pri posameznih govorcih ta metoda ni uporabna zaradi konfiguracije govorne cevi, saj kosti utegnejo prekomerno vsrkavati ultrazvočne valove (Tabain 2015: 52–54).

Kljub naštetim omejitvam je ultrazvočna metoda zelo uporabna, saj je naprava prenosna (za razliko od slikanja z magnetno resonanco) in daje ogromno podatkov o delovanju jezika pri govoru. S to metodo se najbolje vidi površina jezika. Ker je metoda neinvazivna (nič se ne vstavlja v subjektovo govorno cev), je primerna tudi za raziskovanje govornih motenj in otroškega (iz)govora⁷ (Tabain 2015: 51–52; Stone 2013: 23).

4 Ultrazvočna raziskava

V okviru doktorske disertacije z naslovom *Fonetično-fonološka načela kodifikacije sodobnega slovenskega govornega jezika*, ki nastaja pod mentorstvom red. prof. dr. Hotimirja Tivadarja na Oddelku za slovenistiko Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani, je bila izvedena tudi ultrazvočna raziskava izgovora slovenskih jezičnih nezvočnikov.

Opravljen je bila maja 2022 v Laboratoriju za govorno kinematiko na Oddelku za fonetiko Filozofske fakultete Univerze v Zagrebu pod mentorstvom izr. prof. dr. Marka Likerja.⁸ V raziskavo je bil vključen 1 govorci z visokošolsko izobrazbo, star 27 let, iz Kamnika, ki se ne ukvarja s fonetiko ali jezikoslovjem.

⁷ Kratek pregled različnih uporab ultrazvočne metode je objavljen v Stone (2013: 23). Ultrazvočna metoda se uporablja tudi za raziskovanje izgovora pri učenju tujega jezika, npr. za učenje angleščine pri govorcih češčine (gl. Kocjančič Antolík in Volín 2019; Kocjančič Antolík 2020).

⁸ Na Oddelku za fonetiko se zadnja leta posvečajo raziskovanju artikulacijskih lastnosti hrvaških soglasnikov, omenimo študiji o nevtralizaciji zadlesničnega /tʃ/ in trdonebnega /te/ zlitnika v hrvaščini (Liker idr. 2019) in o kaortikulacijski odpornosti hrvaških pripornikov /s/ in /ʃ/ (Carović 2017).

4.1 Oprema

Ultrazvočna raziskava je bila narejena z ultrazvočno opremo podjetja Articulate Instruments Ltd., in sicer s sondo z radijem 20 mm, frekvenco 2–4 MHz ter kotom snemanja 92°. Frekvenca zajema ultrazvočnih posnetkov je bila 91,55 slik na sekundo.⁹ Sonda je bila nameščena na poseben aluminijast stabilizator, ki skrbi, da se sonda med snemanjem ne premika. Govorec je med snemanjem vzravnan sedel na udobnem stolu z naslonjalom za hrbet in glavo, da se med snemanjem ni pretirano premikal. Poleg ultrazvočnega signala je bil hkrati sneman tudi zvočni signal, ki je omogočil kasnejšo anotacijo in segmentacijo posnetkov. Celotno opremo, ki je bila uporabljena za snemanje, podjetje Articulate Instruments Ltd. trži pod imenom Micro.¹⁰ Snemanje je potekalo s programsko opremo Articulate Assistant Advanced (AAA) (različica 2.17.03) (Balch in Wrench 2017), kot je prikazano na sliki 1.

4.2 Namen raziskave in gradivo

V ultrazvočno raziskavo smo vključili vse jezične nezvočnike, izgovor dotičnika /t/, neprekinjenega obstranskega jezičnika /l/, dlesničnega nosnika /n/ in njegove mehkonebne variante [ŋ].

V prispevku bomo predstavili le rezultate za jezične nezvočnike, in sicer pripornike /s/ – /z/, /ʃ/ – /ʒ/, /x/ (izpustili smo nezveneči zobnoustnični pripornik /f/, saj so za artikulacijo, tj. nastanek pripore, ključni spodnja ustnica in zgornji sekalci in ne jezik), zlitnike /tʃ/, /tʃ/ – /dʒ/ (izpustili smo zveneči dlesnični zlitnik [dʒ], saj je njegova distribucija v standardni slovenščini zelo omejena,¹¹ v raziskavi pa smo želeli analizirati le segmente v položaju pred naglašnim samoglasnikom) in zapornika /k/ in /g/. Ustničnih (/p/ – /b/) in dlesničnih (/t/ – /d/) zapornikov v raziskavo nismo vključili, saj se je izkazalo, da se izgovor sprednjih soglasnikov na ultrazvoku slabše vidi.

Glavni namen raziskave je bil vizualizacija položaja jezika, saj so zadnji prikazi (skiagrami) iz leta 1939 (gl. Bezljaj 1939). Skušali smo ugotoviti, ali med glasovi, ki imajo isto mesto artikulacije, a se razlikujejo po zvenečnosti, obstaja kakšna razlika glede na položaj jezične ploskve. Zanima nas tudi koartikulacijska odpornost raziskovanih soglasnikov, tj. njihova variabilnost glede na sledeči naglašni samoglasnik. Raziskava je preliminarna, služila bo za nadaljnje raziskave, ko bo ultrazvočna oprema dostopna tudi v Ljubljani in bo možno posneti več govorcev.

⁹ Zaradi različnega trajanja označenih segmentov je število posnetih slik za posamezen segment različno, npr. pri štirih ponovitvah /s-/ v besedi *sipa* je pri prvi ponovitvi ultrazvok naredil 17 posnetkov, pri drugi 14 in pri tretji in četrti pa po 13.

¹⁰ Povezava: <http://www.articulateinstruments.com/Micro%20Research%20Brochure.pdf>. (Dostop 26. 5. 2022.)

¹¹ O tem Tivadar in Jurgec (2003) in Jurgec (2007: 101–102).

Raziskovali smo artikulacijo soglasnika (C_1) pred naglašnim samoglasnikom (V_1). Večina¹² besed je bila dvozložna z naglasom na prvem zlogu, tj. /'C₁V₁C₂V₂/. Naglašni samoglasniki (V_1), vključeni v raziskavo, so bili vsi samoglasniki standardne slovenščine razen polglasnika /ə/, saj je njegova distribucija v naglašnem položaju omejena le na nekaj besed. Besede so bile vstavljene v besedilno okolje kot druga enota povedi, npr. *Strupena káča spi na skali*. Pri /z/ nismo posneli izgovora v položaju pred /ə/, saj v slovarju nismo našli primerne besede, pri /dž/ pa smo posneli le izgovor v položaju pred /i/, /a/ in /u/. Seznam povedi je dostopen v prilogi 1.

4.3 Potek snemanja in analize

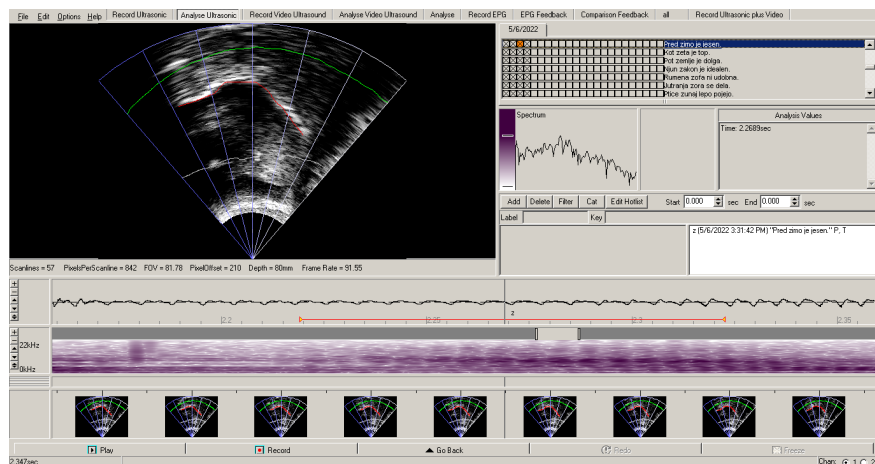
Govorec je povedi bral s predstavitve na zato namenjenem zaslonu, s predstavitvijo je upravljal raziskovalec, da se je govorec lahko povsem osredotočil na izgovor in se ni pretirano premikal. Vse povedi je govorec prebral štirikrat. Med posameznimi serijami snemanja je govorec popil požirek vode po slamici. Sproti je raziskovalec preverjal, da se sonda ni premaknila. Celotno snemanje je potekalo 55 min, v tem času govorec ni smel sneti stabilizatorja sonde, s katero je bila pod brado pritrdjena sonda. Pred snemanjem je nameščanje stabilizatorja in sonde potekalo ca. 40 min, da smo zagotovili, da se na prikazu vidi kar se da velik del ustne votline (sagitalno). Na sondo smo nanесли dovolj gela, da je zadostoval za enourno snemanje gradiva.

Po snemanju smo v programski opremi Articulate Assistant Advanced (različica 2.17.03) izvedli ročno segmentacijo in anotacijo akustičnega signala, označili smo le segmente, ki so bili predmet raziskave. Pri anotaciji smo upoštevali spektrogram in oscilogram, ki ju izriše računalniški program, slednji pa ne omogoča enako natančnih orodij kot npr. program Praat. V anotacijo¹³ smo zapisali, za kateri soglasnik gre, v kakšnem položaju se nahaja in druge artikulacijske značilnosti. Za zlitnik /ts/ smo npr. zapisali »c/ /0-/ /-a/ affr --voice alveol« (»/c/« – oznaka za segment /ts/; »/0-/« – oznaka položaj na začetku besede v vzglasju, tj. *onset*; »/-a/« – oznaka za samoglasnik, ki sledi segmentu, v tem primeru samoglasnik »/a/«; »affr« – oznaka načina tvorbe glasu, tj. afrikat, zlitnik; »--voice« – podatek o zvenečnosti, tj. [–zveneč], »alveol« – oznaka za mesto izgovora, tj. alveolar oziroma dlesničnik). Ročno segmentiranje in anotiranje posnetkov je potekalo ca. 12 ur. Ko so bili označeni vsi raziskovani glasovi na posnetku, smo ca. 26 ur ročno označevali površino jezika na ultrazvočnih slikah. Pri tem je program poskušal avtomatično določiti položaj površine jezika, a je bilo treba za večino ustvarjenih slik

¹² Seznam besed je viden v prilogi 1. Besede, vključene v raziskavo, ki ne ustrezajo zlogovni strukturi CVCV, so: *zemlja, zakon, zunaj, geslo, gosta, haski, cikla, cesar, cagav, cukaj, čekov, čopič, džambo* (jumbo) in *džuveč*. Skladenjska vloga besed je vidna iz povedi.

¹³ Označevanje segmentov je narejeno v skladu z načeli, ki jih uporabljajo v Laboratoriju za govorno kinematiko Oddelka za fonetiko na Filozofski fakulteti Univerze v Zagrebu. Okrajšave so v angleščini, da lahko tudi drugi raziskovalci laboratorija nedvoumno razumejo označeno.

potek ročno popraviti. Ko smo imeli označen avdio signal in ultrazvočne slike, smo podatke izvozili v surovi obliki (.txt), da smo izrisane sagitalne oblike jezika lahko obdelali v programu RStudio s programskim jezikom R, namenjenem izrisu grafov in statistični obdelavi. Pri tem smo uporabili pakete ggplot2, tidyrr in readxl.



Slika 1: Prikaz delovnega okolja v programski opremi Articulate Assistant Advanced. Levo zgoraj je prikazan ultrazvočni posnetek jezika, na katerem označujemo položaj jezika, desno zgoraj izbiramo med posameznimi posnetki (ponovitvami), v spodnjem delu so prikazani oscilogram, spektrogram in ustvarjene ultrazvočne slike

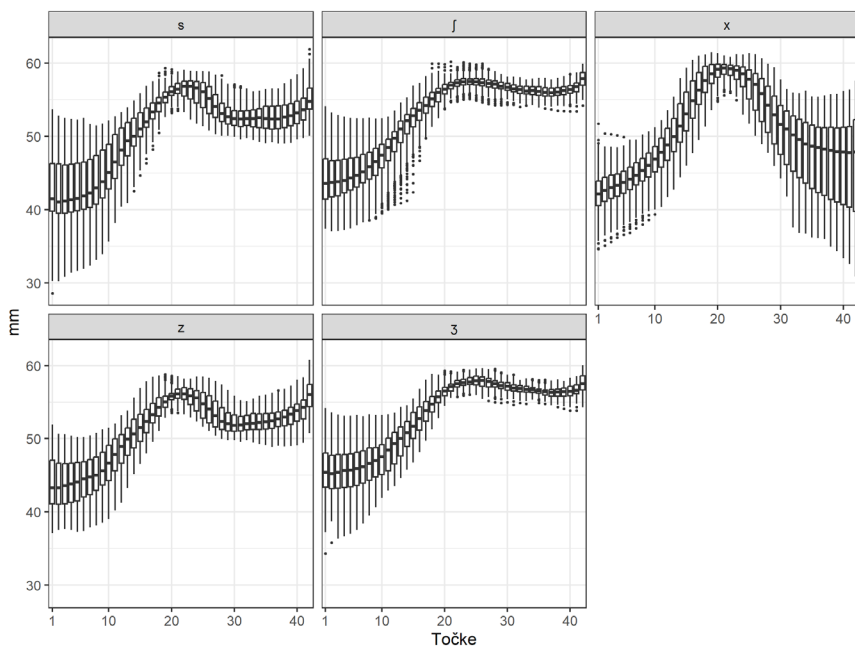
4.4 Rezultati

Eden izmed rezultatov raziskave so vizualizacije povprečnega položaja jezika pri raziskovanih soglasnikih. Prikazi so izrisani v programskem okolju R s pomočjo okvirjev z ročaji oziroma škatel z brki (angl. *box plot*). Na grafičnih prikazih je na y osi prikazana višina jezične ploskve v mm, tj. oddaljenost od ultrazvočne sonde. Na x osi pa so prikazani podatki za 42 točk, v katerih je ultrazvok meril oddaljenost jezične ploskve od sonde oziroma smo tak položaj jezične ploskve označili v programu AAA. Prvotni prikaz bi moral biti narejen v polarnem koordinatnem sistemu, in sicer v velikosti 92°, zaradi lažje obdelave pa je pretvorjen v kartezijski koordinatni sistem. Takšna predstavitev je standardna tudi v znanstvenih člankih (npr. Zharkova in Hewlett 2009; Zharkova idr. 2015).

4.4.1 Priporniki

Na sliki 2 je viden povprečen položaj jezika pri pripornikih /s/, /ʃ/, /x/, /z/, /ʒ/. S pomočjo okvirjev z ročaji lahko razberemo, v katerih točkah, tj. katerem delu jezika, je izgovor najbolj stabilen, tj. najmanj variabilen. Povsod se kaže, da je to

v osrednjem delu (okrog točke 20), kar potrjuje teorijo o t. i. pivotiranju jezika (gl. Iskarous 2005). Pri sprednjem delu jezika (točke od 20 do 42) je izgovor veliko bolj stabilen pri zadlesničnih pripornikih /s/ in /z/, kjer je interkvartilni razmik (IQR) majhen, zlasti v primerjavi z nezvenečim mehkonobnim pripornikom /x/, pri katerem je zlasti v sprednjem delu veliko variabilnosti, kar kaže na to, da artikulacija tega glasu ne angažira sprednjega dela jezika, zato položaj jezika v tem delu ni tako bistven – hrbet jezika se mora pri artikulaciji namreč približati mehkem nebu, kar je na sliki 2 vidno tudi z najvišjo lego jezika (okrog 60 mm oddaljenosti od sonde v osrednjem delu pri točki 20), a vseeno nekoliko nižjo kot pri mehkonobnih zapornikih /k/ in /g/ na sliki 4.



Slika 2: Prikaz povprečnega položaja jezika pri jezičnih pripornikih v 42 točkah (x os; levo je zadaj, desno je spredaj) glede na globino signala v mm (y os) z okvirjem z ročaji in osamelci

Lega jezične ploskve je najvišja pri /x/, pri /f/ in /z/ nekoliko nižja, najnižja pa pri /s/ in /z/. Sprednji del jezika ima višjo lego pri /f/ in /z/ kot pri /s/ in /z/ ali /x/. Podatki so primerljivi z Bezlajevimi (1939: 29, 31, 44) skiagrami za /s/, /f/ in /x/, prikaz lege jezika je na skiagramih sicer drugačen, gre za stabilne lege, pri ultrazvočnih prikazih pa za povprečen položaj jezika na podlagi več slik. Na sliki 2 je razlika glede višine sprednjega dela jezične ploskve med /s/ in /f/, pri Bezlaju pa ta razlika ni tako očitna, razlika je v mestu približanja sprednjega dela jezika dlesnim oziroma dlesničnemu grebenu.

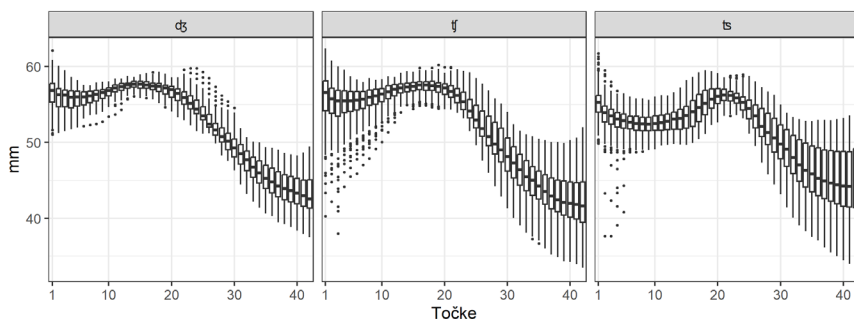
Iz slike 2 je razvidno tudi, da je povprečen položaj jezika pri nezvenečem dlesničnem priporniku /s/ in zvenečem dlesničnem priporniku /z/ skoraj identičen. Enako velja tudi za povprečen položaj jezika pri nezvenečem zadlesničnem priporniku /ʃ/ in zvenečem zadlesničnem priporniku /ʒ/. Slednji artikulacijski ugotovitvi potrjujeta tudi fonološko razlikovalnost med segmentoma, /s/ in /z/ se namreč razlikujeta le glede vrednosti lastnosti [\pm zveneč]. Iz prikazov je jasno vidna razlika v povprečnem položaju jezika med dlesničnima /s/ in /z/, zadlesničnima /ʃ/ in /ʒ/ in mehkonebnim pripornikom /x/.

4.4.2 Zlitniki

Pri slovenskih zlitnikih je opazna razlika v višini in legi jezične ploskve med zadlesničnima zlitnikoma /tʃ dʒ/ in dlesničnim zlitnikom /ts/, gl. sliko 3. Pri /ts/ je jezik pomaknjen bolj naprej (okrog točke 21 ali 22) kot pri /tʃ dʒ/ (okrog točke 17), iz česar lahko sklepamo, da se pri /ts/ približa dlesni, pri /tʃ dʒ/ pa je nekoliko za njimi. Z gotovostjo tega ne moremo trditi, ker drugih struktur v govorni cevi ne vidimo. Pri /tʃ dʒ/ je povprečen položaj jezika manj variabilen kot pri /ts/. Podatki kažejo na večjo fiksiranost sprednjega dela jezika pri izgovoru zadlesničnikov (tako pripornikov kot zlitnikov) v primerjavi z dlesničnim zlitnikom /ts/.

Primerjava med zadlesničnima pripornikoma /ʃ ʒ/ in zadlesničnima zlitnikoma /tʃ dʒ/ pokaže, da je pri zadlesničnih pripornikih lega sprednjega dela jezika značilno višja kot pri zadlesničnih zlitnikih. Enako velja tudi za dlesnični pripornik /s/ in dlesnični zlitnik /ts/ (prim. sliko 2 in 3).

Na Bezlajevih (1939: 25, 27) skiagramih sta /ts/ in /tʃ/ prikazana v fazi zapore, zato skiagramov ne gre primerjati s sliko 3, kjer vidimo povprečen položaj jezika med celotno artikulacijo zlitnika, tj. tako zapore kot pripore.

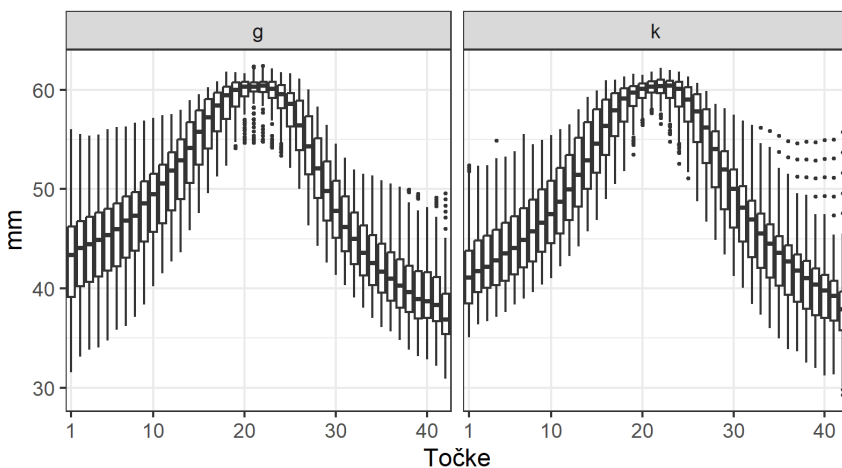


Slika 3: Prikaz povprečnega položaja jezika pri (jezičnih) zlitnikih v 42 točkah (x os; levo je zadaj, desno je spredaj) glede na globino signala v mm (y os) z okvirjem z ročaji in osamelci

4.4.3 Zapornika

Ultrazvočno snemanje je bilo smiselno le za mehkonobna zapornika, pri dlesničnih (/t d/) se položaj jezika pri obravnavanem govorniku ni jasno videl. Povprečen položaj jezika je pri zvenečem mehkonobnem zaporniku /g/ in nezvенеčem mehkonobnem zaporniku /k/ primerljiv, kar kaže na to, da je glavna fonetična in fonološka razlika v lastnosti [\pm zveneč]. Najstabilnejša sta oba segmenta ravno v osrednjem delu (okrog točke 18), kjer se tvori zapora na mehkelem nebu, za razliko od /x/, kjer je lega jezika v tem delu nekoliko nižja, saj jezik tvori le priporo.

Pri Bezlaju (1939: 42, 44) je razlika glede višine jezične ploskve med nezvенеčim mehkonobnim zapornikom /k/ in nezvенеčim mehkonobnim pripornikom /x/ večja kot na slikah 3 in 4. Verjetno je posledica koartikulacije, saj sta oba segmenta izgovorjena ob samoglasniku /a/ (minimalni par *maka* – *maha*) in je zato pripora toliko manjša pri /x/, ker se mora jezik znižati za artikulacijo nizkega samoglasnika /a/.



Slika 4: Prikaz povprečnega položaja jezika pri (jezičnih) zapornikih v 42 točkah (x os; levo je zadaj, desno je spredaj) glede na globino signala v mm (y os) z okvirjem z ročaji in osamelci

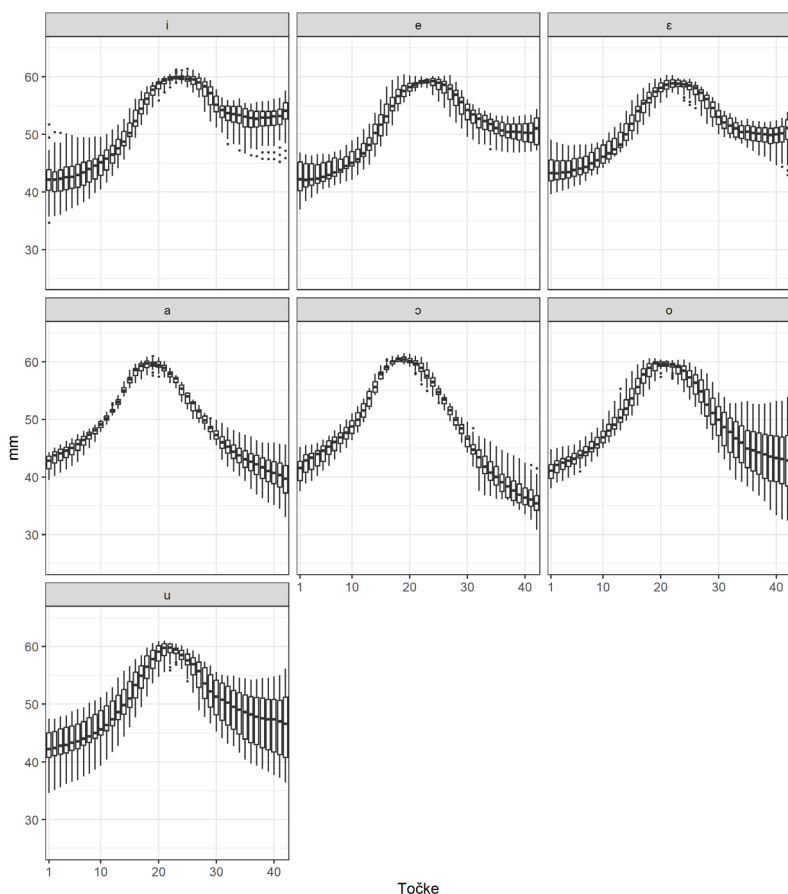
4.4.4 Primer koartikulacije pri nezvенеčem mehkonobnem priporniku /x/

V raziskavi smo preverjali tudi variabilnost obravnavanih soglasnikov glede na sledeči naglašeni samoglasnik, tj. vpliv koartikulacije oziroma soizgovora.¹⁴ Tu-

¹⁴ Horga in Liker (2016: 289) koartikulacijo oziroma soizgovor opredelita kot pojav, ko je »med govornim govorna cev v vsakem trenutku pod vplivom dveh ali več izgovornih segmentov, gibi artikulacijev pa se časovno prekrivajo in vplivajo eden na drugega«. Za njeno raziskovanje so potrebne fiziološke instrumentalne metode, akustične in avditivne ne zadostujejo (gl. Iskarous in Mooshammer

kaj predstavljamo le podatke za nezvoneči mehkonebni pripornik /x/, ki se je že v preliminarni akustični študiji izkazal za najbolj variabilen segment v primerjavi z drugimi priporniki, zaporniki in zlitniki (gl. Horjak in Liker 2022).

S pomočjo slike 5 vidimo, da obstajajo razlike glede položaja hrbta jezika pri nezvonečem mehkonebnem priporniku /x/ glede na samoglasnik, ki mu sledi. Bolj spredaj je hrbet jezika, ko /x/ sledi sprednji samoglasnik /i/, /e/ ali /ɛ/ (okrog točke 25), zadaj pa, ko /x/ sledi zadnji samoglasnik /a/, /ɔ/, /o/ ali /u/. Razlika je tudi v legi sprednjega dela jezika, ta je pri /x/, ki mu sledi eden od sprednjih samoglasnikov /i/ e /ɛ/, višja kot pri /x/, ki mu sledi eden od zadnjih samoglasnikov /a/ o u/. Ultrazvok je zaznal tudi nekoliko višjo lego sprednjega dela jezika pri zadnjih /o/ in /u/ kot pri /a/ in /ɔ/.



Slika 5: Prikaz povprečnega položaja jezika pri nezvonečem mehkonebnem priporniku /x/ glede na samoglasniško okolje v 42 točkah (x os; levo je zadaj, desno je spredaj) glede na globino signala v mm (y os) z okvirjem z ročaji in osamelci

5 Sklep

Preliminarna ultrazvočna študija položaja jezika pri artikulaciji slovenskih jezičnih nezvočnikov prinaša prve izsledke o artikulaciji slovenskih soglasnikov od leta 1939, ko je bila objavljena študija Franceta Bezlaja *Oris slovenskega knjižnega izgovora*. Prvič dobimo tudi nekaj instrumentalnih podatkov o koartikulaciji, v našem primeru vplivu samoglasnika na položaj jezika pri izgovoru nezvenečega mehkončnega pripornika /x/. Ker je bil namen študije predstavitev in preizkusno metode, lahko ugotovimo, da metoda daje dobre rezultate, saj omogoča neinvazivno snemanje izgovora posameznikov (tako odraslih kot otrok), enotno obdelavo podatkov v zato namenjeni programski opremi in možno nadaljnjo statistično obdelavo rezultatov. Metoda seveda ni brez pomanjkljivosti, ena največjih je to, da zaradi fizioloških razlik med govorcji ne gre preprosto primerjati podatkov o izgovoru med njimi, zato smo tudi mi rezultate predstavili v obliki razmerij v položaju jezika pri artikulaciji posameznih glasov.

Artikulacijske metode – zlasti pa ultrazvočno metodo – je treba uvesti v raziskovanje, saj lahko le tako dobimo konkretne podatke o izgovorjavi. Preverimo lahko individualna opažanja, ki temeljijo na podlagi introspekcije in posluha. Čeprav je raziskovanje artikulacije pretežno v domeni nejezikoslovcev, si želimo področje fonetike in jezikoslovja tesneje povezati.

Zahvala

Zahvaljujem se mentorju red. prof. dr. Hotimirju Tivadarju, ki je vzpodbudil moje raziskovanje in mi pomagal navezati stik z zagrebško fonetiko.

Na tem mestu se zahvaljujem celotnemu Oddelku za fonetiko Filozofske fakultete Univerze v Zagrebu za prijazen sprejem in popoln dostop in uporabo Laboratorija za govorno kinematiko. Posebna zahvala gre izr. prof. dr. Marku Likerju za seznanitev z metodologijo, opremo, aplikacijo metode ter za skrbno mentoriranje pri raziskovanju in obdelavi pridobljenih podatkov, ki so predstavljeni tudi v tem prispevku. Obisk Oddelka za fonetiko je bil financiran s strani razpisa za Erasmus+ prakso (3.–14. maj 2022).

Zahvaljujem se tudi Timu Prezlju za svetovanje pri izbiri ustrezne grafične predstavitve podatkov.

Prispevek je nastal tudi v okviru raziskovalnega programa št. P6-0215 (Slovenski jezik – bazične, kontrastivne in aplikativne raziskave), ki ga je sofinancirala Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije iz državnega proračuna.

Literatura

- Balch, Peter in Wrench, Alan, 2017: *Articulate Assistant Advanced*. Različica 2.17.03. Articulate Instruments Ltd. <http://www.articulateinstruments.com/downloads/>. (Dostop 30. 10. 2023.)
- Bezljaj, France, 1939: *Oris slovenskega knjižnega izgovora*. Ljubljana: Znanstveno društvo.
- Bovhan, Ana, 2019: *Uporaba ultrazvoka v logopedski obravnavi z dečkom s sumom na otroško govorno apraksijo*. Magistrsko delo. Ljubljana: Pedagoška fakulteta, Univerza v Ljubljani.
- Carović, Ines, 2014: Stabilizacijski sustavi u ultrazvučnim istraživanjima. *Govor* 31/2. 87–108.
- Carović, Ines, 2017: Ultrasound study: difference in coarticulation resistance between Croatian fricatives /s/ and /ʃ/. Cergol Kovačević, Kristina in Udier, Sanda Lucija (ur.): *Applied Linguistics Research and Methodology: Proceedings from the 2015 CALS conference*. Frankfurt: Peter Lang. 203–221.
- Chiong, Rachel Evangeline, Macanović, Andrea, Jurgec, Peter in Weiss, Peter, 2018: *Palatalization consonant harmony in Zadrečka Valley Slovenian supports Agreement-by-Correspondence*. Rokopis. Toronto: Univerza v Torontu.
- Chirkova, Katia, Chen, Yiya in Kocjančič Antolík, Tanja, 2013: Xumi (part 2): Upper Xumi, the variety of the upper reaches of the Shuiluo river. *Journal of the International Phonetic Association* 43/3. 381–396. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0025100313000169>.
- Chirkova, Katia, Kocjančič Antolík, Tanja in Amelot, Angélique, 2023: Baima. *Journal of the International Phonetic Association* 53/2. 547–576. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0025100321000219>.
- Chirkova, Katia, Wang, Dehe, Chen, Yiya, Amelot, Angélique in Kocjančič Antolík, Tanja, 2015: Ersu. *Journal of the International Phonetic Association* 45/2. 187–211. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0025100314000437>.
- Crystal, David (ur.), 2008: *A Dictionary of Linguistics and Phonetics*. Oxford: Blackwell.
- Farnetani, Edda in Recasens, Daniel, 2013: Coarticulation and connected speech processes. Hardcastle, William J., Laver, John in Gibbon, Fiona E. (ur.): *The Handbook of Phonetic Sciences*. Oxford: Wiley-Blackwell. 316–352.
- Glück, Helmut in Rödel, Michael (ur.), 2016: *Metzler Lexikon Sprache*. Stuttgart, Weimar: Metzler.
- Hardcastle, William J. in Hewlett, Nigel (ur.), 1999: *Coarticulation: Theory, Data and Techniques*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Horga, Damir in Liker, Marko, 2016: *Artikulacijska fonetika: anatomija i fiziologija izgovora*. Zagreb: Ibis grafika.
- Horjak, Luka in Liker, Marko, 2022: Acoustic analysis of fricatives: preliminary data from Slovenian. Dobrić, Arnalda in Liker, Marko (ur.): *Knjiga sažetaka: jedanaesti znanstveni skup s međunarodnim sudjelovanjem Istraživanja govora, Filozofski fakultet, Zagreb, Hrvatska, 8 - 10. prosinca 2022*. Zagreb: Hrvatsko filološko društvo. 47–48.
- Iskarous, Khalil in Mooshammer, Christine, 2022: Coarticulation. Knight, Rachael-Anne in Setter, Jane (ur.): *The Cambridge Handbook of Phonetics*. Cambridge: Cambridge University Press. 106–132.

- Iskarous, Khalil, 2005: Patterns of Tongue Movement. *Journal of Phonetics* 33/4. 363–381. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wocn.2004.09.001>.
- Jurgec, Peter, 2007: *Novejše besedje s stališča fonologije: primer slovenščine*. Doktorska disertacija. Ljubljana: Filozofska fakulteta, Univerza v Ljubljani.
- Jurgec, Peter, 2019: Glasoslovne raziskave slovenskih narečij na Univerzi v Torontu. Tivadar, Hotimir (ur.): *Slovenski javni govor in jezikovno-kulturna (samo)zavest*. Obdobja 38. Ljubljana: Znanstvena založba Filozofske fakultete. 59–69. DOI: <https://doi.org/10.4312/Obdobja.38.59-69>.
- Jurgec, Peter, Misic, Mia Sara in Kenda-Jež, Karmen, 2019: *Glides as trigger of nasal harmony*. Rokopis. Toronto: Univerza v Torontu.
- Kingston, John, 2011: The phonetics-phonology interface. Lacy, Paul de (ur.): *The Cambridge Handbook of Phonology*. Cambridge: Cambridge University Press. 401–434.
- Klarić, Antonio, 2021: Analiza instrumentalnih istraživačkih metoda na međunarodnim kongresima fonetskih znanosti. Diplomski naloga. Zagreb: Filozofska fakulteta, Univerza v Zagrebu. <https://repozitorij.ffzg.unizg.hr/en/islandora/object/ffzg:3907>. (Dostop 30. 10. 2023.)
- Kocjančič Antolík, Tanja in Tivadar, Hotimir, 2019: Ultrazvočni pogled na artikulacijo slovenskih samoglasnikov. Tivadar, Hotimir (ur.): *Slovenski javni govor in jezikovno-kulturna (samo)zavest*. Obdobja 38. Ljubljana: Znanstvena založba Filozofske fakultete. 71–79. DOI: <https://doi.org/10.4312/Obdobja.38.71-79>.
- Kocjančič Antolík, Tanja in Volín, Jan, 2019: Ultrasound tongue imaging for vowel remediation in Czech English. Calhoun, Sasha idr. (ur.): *Proceedings of the 19th International Congress of Phonetic Sciences, Melbourne, Australia 2019*. Canberra: Australasian Speech Science and Technology Association Inc. 3651–3655.
- Kocjančič Antolík, Tanja, 2008: Ultrasound investigation of tongue movements in syllables with different onset structure. Sock, Rudolph, Fuchs, Susanne in Laprie, Yves (ur.): *International Speech Production Seminar: Strasbourg, France, 8th-12th December 2008: ISSP 2008 Proceedings*. Strasbourg: INRIA. 237–240. <https://issp2008.loria.fr/Proceedings/PDF/issp2008-53.pdf>. (Dostop 30. 10. 2023.)
- Kocjančič Antolík, Tanja, 2020: Ultrasound tongue imaging in second language learning. *Studie z aplikované lingvistiky* 11/1. 109–116.
- Lah Kravanja, Sandra, 2019: *Ovrednotenje lege in funkcije jezika v preventivi artikulacijskih motenj odprtega griza sekalcev pri predšolskih otrocih s tridimenzionalno ultrazvočno preiskavo*. Doktorska disertacija. Ljubljana: Medicinska fakulteta, Univerza v Ljubljani.
- Liker, Marko, Vidović Zorić, Ana, Zharkova, Natalia in Gibbon, Fiona E., 2019: Ultrasound analysis of postalveolar and palatal affricates in Croatian: a case of neutralisation. Calhoun, Sasha idr. (ur.): *Proceedings of the 19th International Congress of Phonetic Sciences, Melbourne, Australia 2019*. Canberra: Australasian Speech Science and Technology Association Inc. 3666–3670.
- Lin, Susan, 2022: Observing and measuring speech articulation. Knight, Rachael-Anne in Setter, Jane (ur.): *The Cambridge Handbook of Phonetics*. Cambridge: Cambridge University Press. 362–386.
- Malmberg, Bertil, 1970: The linguistic basis of phonetics. Malmberg, Bertil (ur.): *Manual of Phonetics*. Amsterdam, London: North-Holland Publishing Company. 1–16.

- Onuk, Anja, 2015: *Uporaba ultrazvoka v logopediji*. Magistrsko delo. Ljubljana: Pedagoška fakulteta, Univerza v Ljubljani.
- Ozbič, Martina, 2018: *Uporaba ultrazvoka v logopediji in surdopedagogiki*. Sežana: LOGOS. https://logos-martinaozbic.eu/wp-content/uploads/2019/10/ultrazvok-v-logopediji-in-surdopedagogiki-M_Ozbič_2018.pdf. (Dostop 30. 10. 2023.)
- Pompino-Marschall, Bernd, 2009: *Einführung in die Phonetik*. Berlin, New York: De Gruyter.
- R Core Team, 2023: *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Dunaj: R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>. (Dostop 30. 10. 2023.)
- Romanič, Danijel in Liker Marko, 2012: Ultrazvuk u istraživanju fiziologije proizvodnje govora. *Govor* 29/2. 169–86.
- RStudio Team, 2023: *RStudio: Integrated Development for R*. Boston: RStudio. <http://www.rstudio.com/>. (Dostop 30. 10. 2023.)
- Stone, Maucen, 2005: A guide to analysing tongue motion from ultrasound images. *Clinical Linguistics & Phonetics* 19/6–7. 455–501.
- Stone, Maureen, 2013: Laboratory Techniques for Investigating Speech Articulation. Hardcastle, William J., Laver, John in Gibbon, Fiona E. (ur.): *The Handbook of Phonetic Sciences*. Oxford: Wiley-Blackwell. 9–38.
- Šolar, Jakob, 1928: Slovenska medvokalna nostnika m in n. *Časopis za slovenski jezik, književnost in zgodovino* 7/1. 47–65.
- Tabain, Marija, 2015: Research methods in speech production. Jones, Mark J. in Knight, Rachael-Anne (ur.): *The Bloomsbury Companion to Phonetics*. London: Bloomsbury. 39–56.
- Tivadar, Hotimir in Horjak, Luka, 2021: Smiselna kodifikacija slovenskega pravorečja. Mirtič, Tanja in Snoj, Marko (ur.): *I. slovenski pravorečni posvet*. Razprave II. razreda SAZU, XXV. Ljubljana: SAZU. 17–34.
- Tivadar, Hotimir in Jurgec, Peter, 2003: Podoba govorjenega slovenskega knjižnega jezika v *Slovenskem pravopisu* 2001. *Slavistična revija* 51/2. 203–220.
- Wickham, Hadley in Bryan, Jennifer, 2023: *readxl: Read Excel Files*. <https://readxl.tidyverse.org>. (Dostop 30. 10. 2023.)
- Wickham, Hadley, 2016: *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. New York: Springer. <https://ggplot2.tidyverse.org>. (Dostop 30. 10. 2023.)
- Wickham, Hadley, Vaughan. Davis in Girlich, Maximilian, 2023: *tidyr: Tidy Messy Data*. <https://tidyr.tidyverse.org>. (Dostop 30. 10. 2023.)
- Zharkova, Natalia in Hewlett, Nigel, 2009: Measuring lingual coarticulation from midsagittal tongue contours: description and example calculations using English /t/ and /a/. *Journal of Phonetics* 37/2. 248–256. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wocn.2008.10.005>.
- Zharkova, Natalia, Gibbon, Fiona E. in Hardcastle, William J., 2015: Quantifying lingual coarticulation using ultrasound imaging data collected with and without head stabilisation. *Clinical Linguistics & Phonetics* 29/4. 249–265. DOI: <https://doi.org/10.3109/02699206.2015.1007528>.

Priloga 1

Seznam povedi s proučevanimi besedami oziroma segmenti v ultrazvočni raziskavi jezičnih nezvočnikov. Povedi so razvrščene po proučevanih segmentih. Besede so dvozložne (izjemoma imajo več zlogov, če ni bilo mogoče najti primerne besede), naglas je na prvem zlogu.

1. /s/

Velika sípa se je ujela v mrežo.
Posadila je sême in zalila vrt.
Poglej sêbe še enkrat.
V isti sápi je povedal vse.
Ta sejna sôba je zasedena.
Hrastova sôda poceni prodam.
Le še súha sliva je ostala.

2. /f/

Lesena šíba plava na vodi.
Še vedno šépa naokrog.
V hlevu šéka glasno muka.
Medvedja šápa je večja od pasje.
Ekonomska šóla ima povečan vpis.
Rezala je šóto ob vodi.
Namesto šúma rečemo gozd.

3. /z/

Pred zímo je jesen.
Kot zéta je top.
Pot zêmlja je dolga.
Njun zákón je idealen.
Rumena zófa ni udobna.
Jutranja zôra se dela.
Ptice zúnaj lepo pojejo.

4. /ʒ/

Letošnje žíto bo boljše.
Začni žéti šele jutri.
Njegova žêna je mlajša.
Zelena žába plava.
Brcnil je žógo v gol.
Tista žúpa je bila slana.

5. /k/

Grem v kíno na zmenek.
Snežno képo je vrgel vame.
Nekaj kêša potrebujem.
Štrupena káča spi na skali.
Črna kôsa letita v paru.
Skrhano kôso nabrusi.
Spet kúha juho.

6. /g/

Dva gíba sta bila dovolj.
V ta géto pa že ne grem.
Spremeni gêslo za pošto.
Žarki gáma imajo visoko energijo.
Rumena góba je pod tablo.
Dva gôsta sta se pritožila.
Zlikal je gúbe na rokavu.

7. /x/

Sosednja híša je velika.
Tega hêca ne razumem.
Miha hêka že pet let.
Sosedov háski spet zavija.
Tvoj novi hóbi mi ni všeč.
Naslednjega hôda se veselim.
Spet húpa na ves glas.

8. /ts/

Koncertnega cíkla je konec.
Nova céna je oderuška.
Novi cêsar je prišel v mesto.
Zelo cágav je prišel.
Industrijska cóna je zaprta.
Volnenega côfa ne najdem.
Ne cúkaj me.

9. /tʃ/

Zamenjava cípa ni možna.
Starih čekov ne sprejemamo.
Zabij čêpe v sode.
Nimam čása za kavo.
Z lasmi v čôpu je šla ven.
Vzemi čópič in me naslikaj.
To je sedmo čúdo sveta.

10. /dʒ/

Naroči dva džína (gina) in vodo.
Polno je džámbo (jumbo) plakatov.
Imajo džúveč in lazanjo.