

Položaj v besedi in formantne frekvence samoglasnikov (standardne slovenščine): I. Naglašeni samoglasniki

Peter Jurgec

IZVLEČEK: V članku so predstavljene formantne frekvence naglašениh samoglasnikov standardne slovenščine glede na položaj v besedi. F1 se praviloma viša v zaporedju: proparoksitona < paroksitona < okstiona, za vse necentralne samoglasnike. F2 nesprednjih samoglasnikov se viša v istem zaporedju, vendar razlike niso vedno statistično značilne. Pri F3 so najbolj regularne razlike med paroksitoni in oksitoni; načeloma pa tudi tu velja, da so razlike statistično značilne, vendar pa v obratni lestvici kot pri prvih dveh formantih. Če rezultate povežemo z ugotovitvami o trajanju (za standardno slovenščino Srebot Rejec 1988), rezultati načeloma potrjujejo izpopolnjeni model undershoota (Lindblom 1963 idr.).

Ključne besede: fonetična redukcija, undershoot, akustična fonetika, formanti, slovenščina, samoglasniki.

ABSTRACT: Formant frequencies of Standard Slovene stressed vowels are examined according to their word-position. F1 is the lowest in proparoxytones, and the highest in oxytones, on average. F2 of non-front vowels exhibits the same tendency. The situation is vice-versa in F3 where in proparoxytones stressed vowels have generally the highest F3, and oxytones the lowest. This is in accordance with the advanced undershoot model (based on Lindblom 1963, etc.) and other similar production/perception models.

Key words: phonetic reduction, undershoot, acoustic phonetics, formant frequencies, Slovene, vowels.

1 Uvod

Iz splošne fonetike je znano, da se naglas fonetično uresniči s kombinacijo več akustično določljivih spremenljivk; bolj ali manj raziskani so trajanje, f_0 , amplituda, jakost, formantne frekvence (zlasti za F1 in F2 v samoglasniškem prostoru) in spektralni nagib. Najbolj prepoznavna lastnost naglašениh samoglasnikov v primerjavi z nenaglašениmi je daljše trajanje. Trajanje samoglasnikov pa je med drugim odvisno tudi od segmentnega konteksta in položaja v prozodični enoti: najdaljši samoglasni-

ki so na njenem koncu. (Za standardno slovenščino gl. Srebot Rejec 1988, 23–32, 40–54, 211–227 in tam dalje.)

Dosedanje raziskave različnih prozodičnih vplivov na formantne frekvence so precej številne. Tu povzemam samo nekatere, ki se ukvarjajo z vplivom naglasa in trajanja na formantne frekvence. Lindblom (1963) dokazuje, da je (fonetična) redukcija odvisna predvsem od trajanja: samoglasnik je bolj podoben [ə] ⟨schwa-like⟩, tj. njegova prva dva formanta sta mu bližje, čim krajše je trajanje segmenta (gradivo sestavljajo samo naglašeni samoglasniki švedščine). Učinek je v akustični fonetiki znan kot *undershoot*. Gay (1978) pa nasprotno ugotavlja, da je za učinek *undershoot* bolj pomemben naglas, manj pa trajanje (na gradivu iz ameriške angleščine), mehanizma spreminjanja tempa in naglašenosti pa naj bi bila samostojna. To potrjujejo tudi elektromiografski podatki v Tuller idr. 1982: motorika spreminjanja tempa ima manj enotne vzorce kot pri spremembi naglašenosti. Engstrand (1988) ugotavlja (za švedščino), da naj bi na spekter samoglasnikov vplival predvsem naglas, hitrost govora pa ne. Miller (1989) samoglasnike umešča v avditivno-percepcijski prostor (APP), ki je neodvisen od formantnih frekvenc in lahko loči samoglasnike ameriške angleščine s 93 % natančnostjo. Fourakis (1991) za ameriško angleščino ugotavlja, da hitrost govora nima vplivov na fonetično redukcijo (na podlagi Millerjevega APP), naglas pa samo minimalnega. Večji vpliv je pri segmentnem kontekstu. Pomembno je, da tako fonetično redukcijo ločimo od *undershoota*. Sam samoglasniški prostor je statistično značilno vplivan ravno s trajanjem in naglasom, ne pa s segmentnim kontekstom. Moon in Lindblom (1994) pritrjujeta prenovljenemu modelu *undershoota*, ki naj bi bil odvisen od trajanja, spremembi F2 in načinom govora (primerjata razločni govor in izolirane oblike) v obliki »locus-target distance« (prim. še Erickson 2002). Sluijter in van Heuven (1996) ugotavljata, da naglas kritično vpliva na spekter, tako da je avtomatična diskriminacija samoglasnikov dober indikator naglasa, še bolj pa trajanje, neodvisno od mesta naglasa v besedi. – Za študije posameznih jezikov gl. še Fourakis idr. 1999 za grščino, Bakran 1989 za hrvaščino, Adank idr. 2004 za danščino, Hirata in Tsukada 2004 za japonščino.

Formant(ne frekvence) nam tu predstavlja(jo) v prvi vrsti akustično vrednost, npr. tisto iz Fant 1956: 110: »The frequency of a formant is the position on the frequency scale of the peak of the spectrum envelope drawn to enclose the peaks of the harmonics.« To bolj ali manj ustreza tudi postopkom LPC-analize, s katero so bile določene formantne frekvence v nadaljevanju.

2 Metoda

Za natančnejši opis govorcev, postopka, obdelave, splošnejše rezultate in drugo gl. Jurgec 2005, problematika natančnosti odčitavanja pa je bila posebej predstavljena v Jurgec 2004. – Povzetek: Upoštevajoč nadsegmentne spremenljivke in uravnoteženi segmentni kontekst je bilo izbranih 241 eno-, dvo- in trizložnic standardne slovenščine. V naključnem vrstem redu so se ponovile dvakrat, z računalniškega zaslona (predstavitev power point) pa jih je izolirano prebralo 10 naravnih govorcev slovenščine, reprezentativnih po spolu (5 žensk in 5 moških),

prisotnosti/odsotnosti leksikalnega tona (5 tonemskih in 5 netonemskih govorcev), starosti (povpr. starost 35 let), geografski kriterij pa je bil nekoliko v prid osrednji Sloveniji. Snemanje je potekalo v studiu oddelka za fonetiko v Zagrebu marca in aprila 2004 ter v studiu radia Slovenija v juniju 2004 (1 govorec). Snemanje je bilo digitalno s standardnimi nastavitvami, tj. frekvenco vzorčenja 44,1 kHz in 16-bitno kvantizacijo v enokanalnem načinu (mono). 5.960 izbranih samoglasnikov je bilo analizirano s programom za akustično analizo digitaliziranega govora *Praat* (različice 4.2 do 4.2.14). Z LPC-analizo (pri privzetih nastavitvah, tj. s 5 stopnjami v 5,5 kHz za ženske oz. 5,0 kHz za moške ter oknom 25 ms s korakom 6,25 ms, če je bilo le mogoče) so bili odčitani prvi štirje formanti, in sicer tako, da je bilo odčitano stabilno stanje vsakega posameznega formanta, pri tranzientskih formantih povprečna vrednost, pri samoglasnikih kratkega trajanja pa srednja točka po trajanju. Nejasni primeri so bili izločeni; skupno je bilo izmerjeno 21.220 formantnih vrednosti, kar pomeni, da je bilo zaradi različnih razlogov izločenih 4,59 % odčitkov. Izmerjene in upoštevane formantne vrednosti so bile nato statistično obdelane, posebej je bila narejena analiza variance (ANOVA).

3 Rezultati

Gradivo raziskave je sestavljeno iz eno- do trizložnic, zato naglašene samoglasnike lahko razdelimo v tri skupine glede na oddaljenost naglašene zloga od konca besede, proparoksitona, paroksitona in oksitona. Rezultati meritev in nekatere statistične vrednosti so v prikazu 1.

Komentar k statističnim vrednostim. Velikost vzorca za posamezno kombinacijo je v povprečju 147; s sestavo gradiva pa je pogojeno dejstvo, da je oksiton največ, paroksiton pa najmanj (pri prvi skupini so upoštevane eno-, dvo- in trizložnice, pri zadnji le trizložnice z naglasom na prvem zlogu), razlike med posameznimi fonemi pa nastajajo zaradi kombinacij nadsegmentnih lastnosti (oz. njihovih distribucijskih omejitev) in razlogov, ki vplivajo na njihovo uresničitev v fonološkem smislu, oz. zaradi akustičnih značilnosti (npr. težavno odčitavanja F1 in F2 pri /o/ ali velike pasovne širine F4, zlasti pri ženskih govorkah).

Koeficient standardnega odklona je načeloma podoben ne glede na položaj, čeprav je najnižji pri proparoksitonih (10,9 %) in oksitonih (11,0 %), nekoliko višji pa pri paroksitonih (11,4 %). Tak položaj je pričakovan: proparoksitona so omejena na trizložnice, pri oksitonih pa je trajanje najdaljše in tako dejavniki, ki povzročajo fonetično redukcijo in undershoot, najmanjši. Nekoliko višji je koeficient standardnega odklona pri /u/ (13,4 %), /ɛ/ (13,1 %) in /o/ (12,1 %), majhen pa je pri /i/ (9,1 %) in /ɔ/ (9,3 %). Povečan koeficient je bil ugotovljen že v Jurgec 2005: pri /ɛ/ ga lahko povežemo z zelo veliko variabilnostjo pri uresničitvi v odvisnosti od porekla govorca (gl. Ozbič 1998 za osrednjo proti tržaški slovenščini), pri /u/ še z nepojasnjenimi segmentnimi dejavniki, pri /o/ pa akustičnim značilnostim (bližina F1 in F2).¹ Koeficient standardnega odklona je na splošno daleč najvišji pri F2 (18,0 %),

¹ Za oceno napake pri merjenju digitaliziranega govora gl. Jurgec 2004 in tam dalje.

	/i/	/e/	/ɛ/	/a/	/a/	/ɔ/	/o/	/u/																
F1																								
proparoksitona	268	379	562	720	495	581	406	308																
	28,26	80	6,19	57,39	80	12,58	89,91	57	23,34	79,27	80	17,37	38,06	60	9,63	60,08	70	14,07	60,69	79	13,38	44,49	80	9,75
paroksitona	274	375	580	726	496	578	416	309																
	25,13	160	3,89	54,04	159	8,40	101,39	160	15,71	94,46	160	14,64	52,51	151	8,37	65,29	145	10,63	58,18	159	9,04	46,19	159	7,18
oksitona	284	401	597	722	503	599	437	325																
	31,21	340	3,32	52,27	158	8,15	95,96	244	12,04	95,45	320	10,46	45,16	118	8,15	56,74	142	9,33	57,21	180	8,36	42,60	220	5,63
F2																								
proparoksitona	2338	2280	1878	1250	1362	968	775	813																
	226,19	79	49,88	215,51	78	47,83	265,62	57	68,96	111,05	80	24,33	138,51	60	35,05	88,16	70	20,65	105,92	79	23,36	125,72	80	27,55
paroksitona	2311	2269	1883	1230	1391	987	804	866																
	236,44	156	37,10	239,20	153	37,90	273,95	160	42,45	104,22	160	16,15	142,43	151	22,72	85,92	145	13,98	100,15	159	15,57	189,66	159	29,48
oksitona	2306	2236	1837	1263	1328	1008	841	874																
	243,04	333	26,10	259,54	156	40,73	229,88	242	28,96	104,97	320	11,50	148,61	118	26,81	82,23	142	13,52	121,19	180	17,70	144,78	217	19,26
F3																								
proparoksitona	3039	2857	2626	2513	2501	2728	2690	2556																
	319,20	79	70,39	255,98	80	56,09	272,08	57	70,63	205,23	78	45,55	175,35	60	44,37	240,11	70	56,25	249,88	79	55,10	249,27	76	56,04
paroksitona	2939	2800	2679	2611	2504	2649	2674	2563																
	317,16	158	49,45	238,89	156	37,49	320,35	160	49,64	217,09	159	33,74	209,60	151	33,43	226,26	144	36,96	296,57	158	46,24	241,34	155	37,99
oksitona	2880	2769	2627	2576	2618	2589	2640	2569																
	304,55	332	32,76	298,98	155	47,07	239,27	244	30,02	231,71	316	25,55	176,18	118	31,79	232,21	138	38,74	295,55	176	43,66	256,26	216	34,17
F4																								
proparoksitona	3823	3742	3769	3671	3651	3645	3525	3549																
	392,54	73	90,05	424,89	77	94,90	447,78	54	119,43	362,98	76	81,61	333,14	60	84,30	339,84	68	80,77	360,25	79	79,44	443,87	79	97,88
paroksitona	3783	3732	3818	3777	3688	3611	3555	3601																
	415,12	153	65,78	428,40	155	67,44	465,35	157	72,79	378,70	151	60,40	360,93	150	57,76	347,51	140	57,56	367,26	157	57,45	415,05	155	65,34
oksitona	3756	3759	3788	3778	3639	3626	3528	3588																
	418,06	329	45,17	417,90	156	65,58	411,25	238	52,25	377,42	303	42,50	344,42	116	62,68	345,10	135	58,21	381,86	176	56,41	416,31	217	55,39

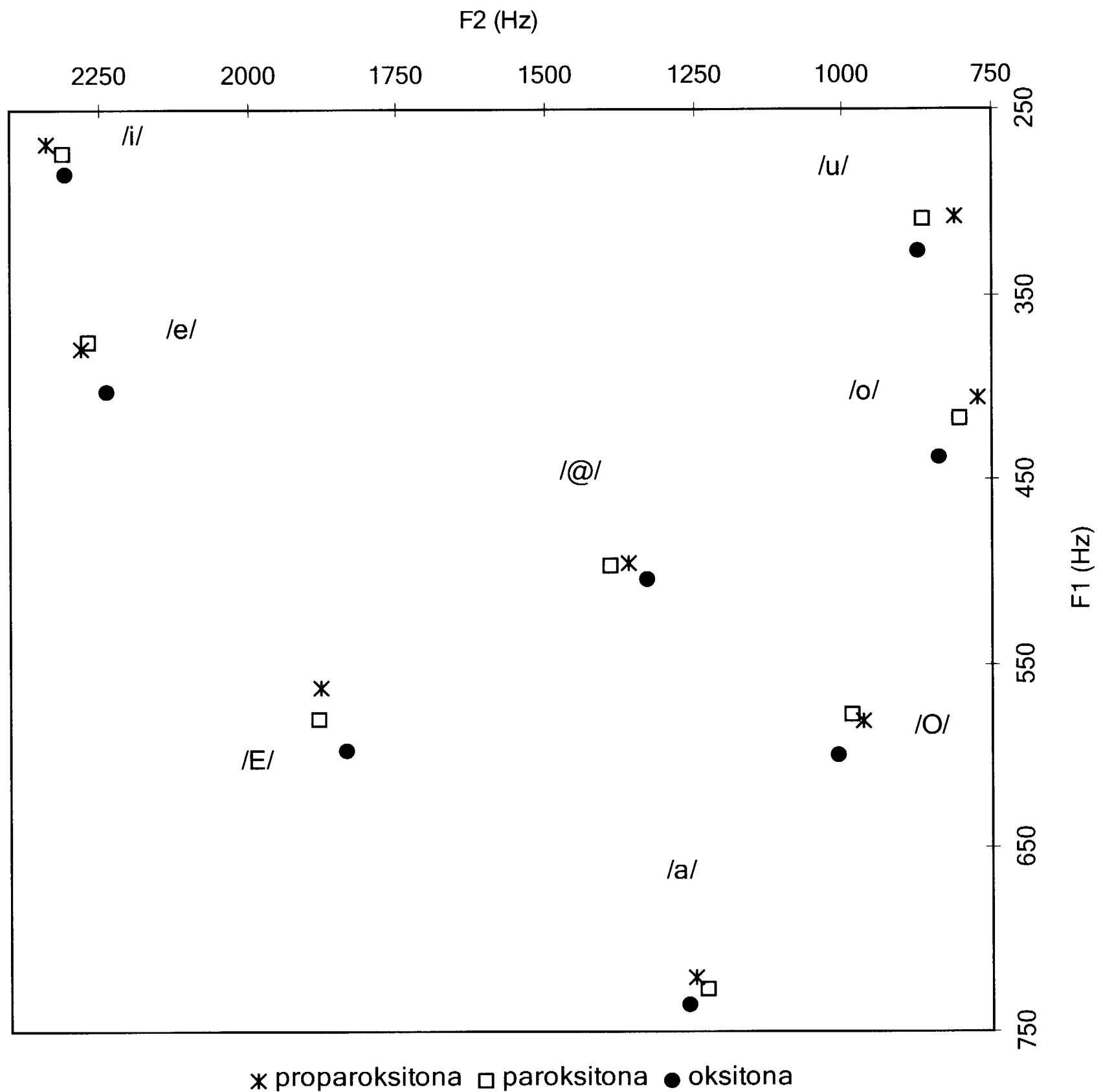
Prikaz 1. Formantne frekvence (F1–F4) za naglašene samoglasnike glede na oddaljenost od konca besede. Za vsako kombinacijo je prikazana zgoraj povprečna vrednost (v Hz), spodaj pa (od leve proti desni) standardni odklon (v Hz), število odčitkov in razmik zaupanja (\pm od povprečne vrednosti, v Hz) za stopnjo tveganja 0,05.

sledi F1 (14,3 %), majhen pa je pri F3 (9,7 %) in F4 (11,9 %). To pomeni, da je tudi znotraj posameznih skupin naglašanih samoglasnikov glede na položaj precejšnja variabilnost, še posebej pri F1 in F2, ki pa je pogojena z drugimi, tu ne preučevanimi dejavniki (prozodičnimi, akustičnimi, splošnimi fonološkimi in drugimi).

Intervali zaupanja so relativno ozki kljub načeloma precej različni povprečni osnovni frekvenci govorcev in se značilno povečujejo z oddaljenostjo od konca besede. – Povprečne vrednosti za F1 in F2 so predstavljene v standardnem samoglasniškem prostoru (prikaz 2).

Načeloma velja, da imajo naglašeni samoglasniki v zadnjem zlogu besed nekoliko višji F1,² sledijo paroksitona in oksitona, vendar pa razlike niso povsod statistično značilne (prim. prikaz 4). F2 kaže nekolikšen pomik proti osrednji točki

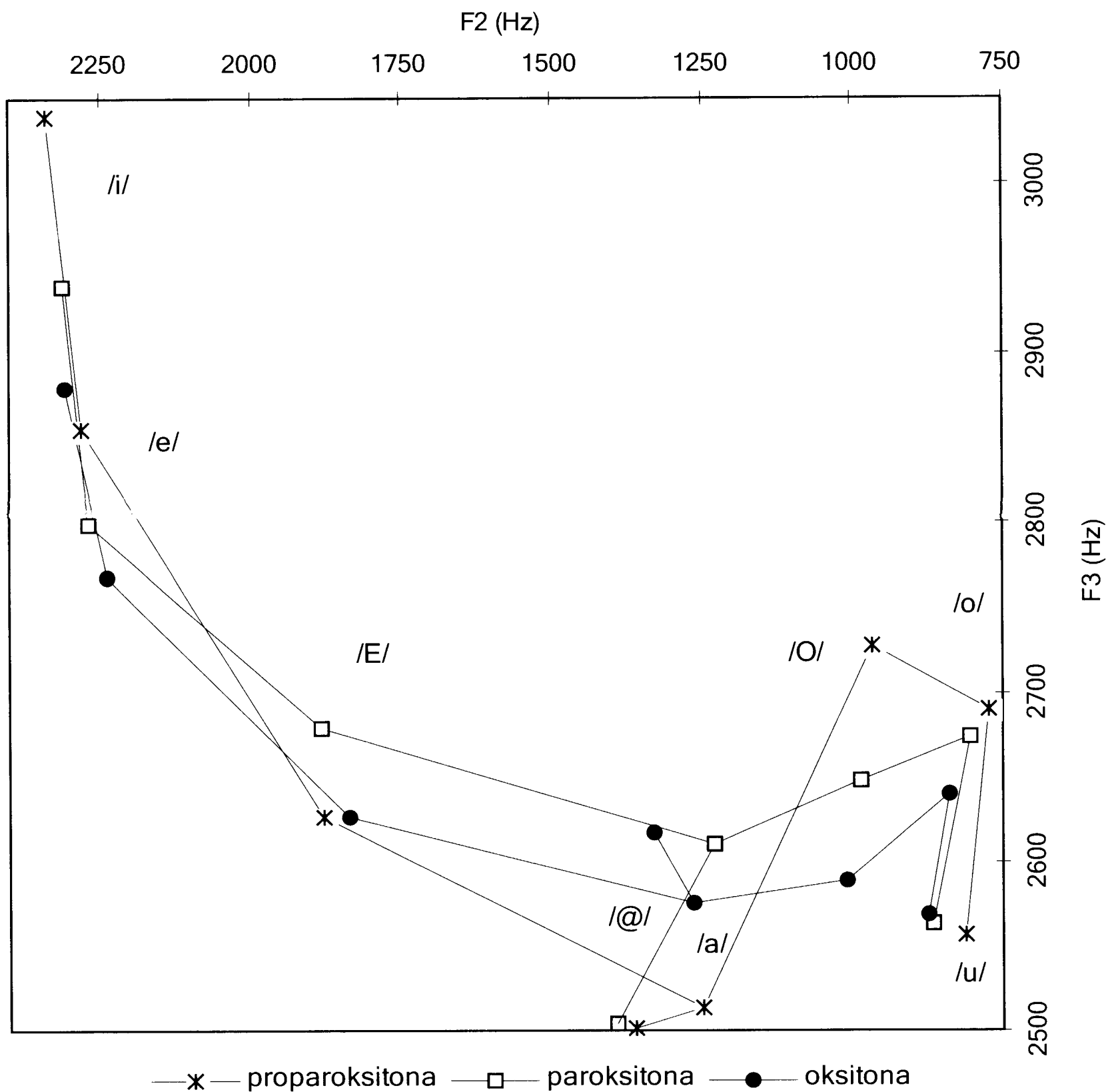
² V prikazu 2 je povprečje oksiton pri /a/ brez podatkov za fonološko kratke [a], saj je razlika v F1 fonološko kratkih in dolgih [a] največja. Drugod večje (statistično značilne) razlike med fonološko dolgimi in kratkimi samoglasniki ni (Jurgec 2005).



Prikaz 2. Samoglasniški prostor standardne slovenščine glede na oddaljenost od konca besede. Za komentar gl. besedilo.

samoglasniškega prostora. Pri F3 so razlike nekoliko večje (prikaz 3): tam velja načeloma ravno obratno, razlike v F3 so največje pri paroksitonih, najmanjše pa pri oksitonih. Pri sprednjih samoglasnikih je F3 precej višji pri proparoksitonih. V splošnem lahko rečemo, da je F3 večji pri proparoksitonih, sledijo paroksitona in oksitona. Izjema so samoglasniki /a/ in /ɛ/, kjer to ne velja samo za proparoksitona, in /ə/, kjer med proparoksitoni in paroksitoni ni statistično značilne razlike.

Analiza variance je pokazala, da so statistično značilne razlike med naglašeni samoglasniki glede na položaj v besedi značilne samo za prve tri formante. V prikazu 4 so izračuni po posameznih fonemih za vse tri položaje (pri /a/ so tu upoštevane vse prozodične možnosti). Za F1 velja, da statističnih značilnih razlik med vsemi tremi skupinami glede na položaj v besedi ni pri srednjih samoglasnikih /a/ (upoštevanje kratkih [a]) in /ə/. Za F2 pa so statistično značilne razlike omejene na nesprednje samoglasnike. Pri F3 to velja samo za sprednja visoka /i/ in verjetno še /e/, pa tudi srednja samoglasnika /a/ in /ə/, dodatno pa še /ɔ/.



Prikaz 3. Samoglasniški prostor F2/F3 standardne slovenščine glede na oddaljenost od konca besede. Za komentar gl. besedilo.

4 Razprava in sklep

Razlike med formanti naglašanih samoglasnikov glede na položaj v besedi so statistično značilne. Naglašeni samoglasniki oksiton imajo višji F1 kot paroksitona in proparoksitona. Statistično značilne razlike so pri vseh fonemih z izjemo /a/ (kjer gre za vpliv kratkega [a], ki je izrazito centraliziran pri vseh govorcih) in /ə/ (kot centralnega fonema). Pri F2 so statistične razlike samo pri nesprednjih samoglasnikih: vsi oksitonirani nesprednji samoglasniki imajo v povprečju višji F2. Pri F3 so razlike manj jasne, načeloma pa imajo oksitona nižji F3 v primerjavi s povprečjem paroksiton, medtem ko rezultati pri proparoksitoniranih /ɛ/ in /a/ niso v skladu s pričakovanim. Posebne značilnosti za vse tri formante kaže /ə/: tako paroksitona kot proparoksitona imajo formantne frekvence pomaknjene proti nevtralni artikulacijski

fonem	F1			F2			F3		
	df	F	p ($\alpha = 0,05$)	df	F	p ($\alpha = 0,05$)	df	F	p ($\alpha = 0,05$)
/i/	2,577	14,17	<u>< 0,0000</u>	2,565	0,574	0,565	2,566	8,87	<u>< 0,0002</u>
/e/	2,394	10,51	<u>< 0,0000</u>	2,384	1,08	0,342	2,388	2,85	<u>0,059</u>
/ɛ/	2,458	3,51	<u>0,031</u>	2,456	1,80	0,167	2,458	1,94	0,145
/a/	2,557	0,157	0,855	2,557	5,13	<u>0,006</u>	2,550	4,97	<u>0,007</u>
/ə/	2,326	0,976	0,378	2,326	6,40	<u>0,002</u>	2,326	13,57	<u>< 0,0000</u>
/ɔ/	2,354	4,79	<u>0,009</u>	2,354	5,67	<u>0,004</u>	2,349	8,44	<u>0,0003</u>
/o/	2,415	9,86	<u>< 0,0000</u>	2,415	10,77	<u>< 0,0000</u>	2,410	1,05	0,351
/u/	2,456	8,40	<u>0,0003</u>	2,453	4,41	<u>0,013</u>	2,444	0,074	0,929

Prikaz 4. Vrednosti analize variance za prve tri formante po fonemih. Statistično značilne vrednosti so podčrtane, mejne vrednosti pa podčrtane s prekinjeno črto.

točki; za povprečno dolžino govorne cevi med glasilkami in ustnicami znašajo 500, 1500, 2500 in 3500 Hz. To je zelo lepo vidno pri F3 (prikaz 3).

Načeloma torej lahko rečemo, da ti podatki niso v nasprotju z modelom redukcije v smislu undershoota. Čeprav trajanja v tej raziskavi nismo merili, lahko predpostavljamo, da veljajo (1) univerzalistične zakonitosti, (2) potrjene tudi na primeru slovenščine. Tako je iz podatkov Srebot Rejec (1988: 24, 27, 44, 49, 54 in še 213) razvidno, da se trajanje večinoma (najbolj regularen je v tem smislu govorec Ju) daljša od začetka do konca besede (neodvisno od drugih spremenljivk). Tako je dobljeni rezultat, namreč nekoliko višji F1 pri naglašeni samoglasnikih oksiton v primerjavi s paroksitoni in proparoksitoni, pričakovan.

Navedenke

- Adank idr. 2004 – Patti Adank, Roeland van Hout in Roel Smits, 2004, An acoustic description of the vowels of Northern and Southern Standard Dutch, *The journal of the Acoustical society of America* CXVI/3, 1729–1738.
- Bakran 1989 – Juraj Bakran, 1989, Djelovanje naglasaka i dužine na frekvencije formanata vokala, *Govor* VI/2, 1–12.
- Engstrand 1988 – Olle Engstrand, 1988, Articulatory correlates of stress and speaking rate in Swedish VCV utterances, *The journal of the Acoustical society of America* LXXX/5, 1863–1875.
- Erickson 2002 – Donna Erickson, 2002, Articulation of extreme formant patterns for emphasized vowels, *Phonetica* IL/2–3, 134–149.
- Fant 1956 – Carl Gunnar M. Fant, 1956, On the predictability of formant levels and spectrum envelopes from formant frequencies, *For Roman Jakobson*, ur. M. Halle, H. Lunt, & H. MacLean, The Hague, Mouton.
- Fourakis 1991 – Marios Fourakis, 1991, Tempo, stress, and vowel reduction in American English, *The journal of the Acoustical society of America* XC/4,1, 1816–1827.

- Fourakis idr. 1999 – Marios Fourakis, Antonis Botinis in Maria Katsaiti, 1999, Acoustic characteristics of Greek vowels, *Phonetica* LVI/1–2, 28–43.
- Gay 1978 – Thomas Gay, 1978, Effect of speaking rate on vowel formant movements, *The journal of the Acoustical society of America* LXIII/1, 223–230.
- Hirata in Tsukada 2004 – Yukari Hirata in Kimiko Tsukada, 2004, The effects of speaking rate and vowel length on formant movements in Japanese, *Proceedings of the 2003 Texas linguistics society conference*, Somerville: Cascadilla proceedings project, 73–85.
- Jurgec 2004 – Peter Jurgec, 2004, Natančnost odčitavanja formantov pri digitalnem spektrografiranju na podlagi LPC-analize, *Informacijska družba IS 2004: Jezikovne tehnologije [...]: Zbornik 7. mednarodne multikonference*, Ljubljana, Institut Jožef Stefan, 34–41, <http://nl.ijs.si/isjt04/jurgec.pdf>.
- Jurgec 2005 – Peter Jurgec, 2005, Formant frequencies of Standard Slovenian vowels, *Govor*, 26 str., oddano.
- Lehiste 1970 – Ilse Lehiste, 1970, *Suprasegmentals*, Cambridge, London, The M.I.T. press.
- Lindblom 1963 – Björn Lindblom, 1963: Spectrographic study of vowel reduction, *The journal of the Acoustical society of America* XXXV/11, 1773–1781.
- Miller 1989 – James D. Miller, 1989, Auditory-perceptual interpretation of the vowel, *The journal of the Acoustical society of America* LXXXV/5, 2114–2134.
- Moon in Lindblom 1994 – Seung-Jae Moon in Björn Lindblom, 1994, Interaction between duration, context, and speaking style in English stressed vowels, *The journal of the Acoustical society of America* XCVI/1, 40–55.
- Ozbič 1998 – Martina Ozbič, 1998, Razmerja med formanti samoglasnikov matične in tržaške slovenščine, *Uporabno jezikoslovje VI: Jezikovne tehnologije*, 124–135.
- Pitermann 2000 – Michel Pitermann, 2000, Effect of speaking rate and contrastive stress on formant dynamics and vowel perception, *The journal of the Acoustical society of America* CVII/6, 3425–3437.
- Sluijter in van Hewuven 1996 – Agaath M. C. Sluijter in Vincent J. van Heuven, 1996, Spectral balance as a acoustic correlate of linguistic stress, *The journal of the Acoustical society of America* C/4, 1, 2471–2485.
- Srebot Rejec 1988 – Tatjana Srebot Rejec, 1988, *Word accent and vowel duration in Standard Slovene: An acoustic and linguistic investigation*, München, Otto Sagner (Slavistische Beiträge, 226).
- Tuller idr. 1982 – Betty Tuller, Katharine S. Harris in J. A. Scott Kelso, 1982, Stress and rate: Differential transformations of articulation, *The journal of the Acoustical society of America* LXXI/6, 1534–1543.
- Van Son in Pols 1992 – R. J. J. H. Van Son in Louis C. W. Pols, 1992, Formant movements of Dutch vowels in text, read at normal and fast rate, *The journal of the Acoustical society of America* XCII/1, 121–127.

**Word-position and Vowel Formant Frequencies (in Standard Slovene):
I. Stressed Vowels
Summary**

Word-internal prosodic factors in Standard Slovene are examined in comparison to general acoustic phonetic findings (Lindblom 1963, Gay 1978, Engstrand 1988, and others).

The present analysis is a part of a wider study of formant frequencies of Slovene vowels. A 241-word corpus of one- to three-syllables was compiled according to supra-segmental criteria (stress, tone, duration). 10 subjects were chosen (representative by sex, tone contrast, dialect of origin etc.). The first four formants of the total of 5,960 vowels were measured using Praat LPC-analysis software. 21,220 readings, or 95.41% were acknowledged in total. Data were averaged and analyzed statistically (ANOVA). Only stressed vowels were included in the present study. Vowels were classified into three groups, according to their position from the end of the word: proparoxytones, paroxytones, and oxytones.

The averaged values of the stressed vowels and their word-position are presented in Table 1 (»Prikaz 1«) together with the standard deviation, sample size and confidence interval, the two-dimensional vowel space diagrams are in Figure 1 (F2×F1, »Prikaz 2«) and Figure 3 (F2×F3, »Prikaz 3«). The statistical analysis (ANOVA) and corresponding p-values are listed in Table 2 (»Prikaz 4«). The average values of all three observed groups are evident from the graphical representations.

The results indicate that both F1, in all stressed vowels, and F2, in non-front vowels only, decrease with the distance from the end of the word, i.e. the oxytones have the highest F1 and F2. For F3 the tendency is vice-versa and not as regular, especially for /a/ and /ə/. These results are in accordance with an advanced undershoot model (originally proposed by Lindblom 1963), corroborated by auditory-perceptual (Miller 1989) and biomechanical additions (e.g. Moon and Lindblom 1994).

Peter Jurgec, Inštitut za slovenski jezik Frana Ramovša ZRC SAZU, Novi trg 2,
1000 Ljubljana
E-pošta: peter.jurjec@guest.arnes.si

JEZIKOSLOVNI ZAPISKI 11.2005.1