
UDK 808.62-48 : 534.41

Originalni znanstveni rad

Primljeno: 12. 5. 1990.

Juraj BAKRAN - Filozofski fakultet, Zagreb
Milan STAMENKOVIĆ - VVTŠ KoV JNA Zagreb

**INHERENTNA FREKVENCIJA LARINGALNOG TONA
U HRVATSKOM STANDARDNOM GOVORU**

SAŽETAK

Na korpusu standardnoga hrvatskoga izgovora analizirana je inherentna frekvencija osnovnoga tona (IFo). Rezultati analize uglavnom potvrđuju ranija opažanja opisana u fonetskoj literaturi. Ne možemo se složiti s time da veličina varijacija IFo ovisi o registru govornika. Unatoč tome što smatramo da je opis IFo sastavni dio akustičkog opisa govornog idioma, na temelju ovdje opisanih mjerenja ne možemo ustanoviti bitno različito ponašanje IFo u odnosu prema drugim jezicima.

INHERENTNA FREKVENCIJA LARINGALNOG TONA U HRVATSKOM STANDARNOM GOVORU

UVOD

Varijacije frekvencije osnovnog tona (Fo) u govoru imaju distinktivnu funkciju i na razini rečenice i na razini riječi (Lehiste i Peterson 1961). Istraživanje intonacije spada u domenu interesa za prozidiju., dakle u suprasegmentalne činioce govora. Postavlja se, međutim, pitanje utjecaja suprasegmentalnih elemenata (u ovom slučaju rečenične intonacije) na identitet segmenata, i obratno utjecaj segmenata na suprasegmentalne činioce. Ta su pitanja važna za opću teoriju govorenja, a posebno su važna u primjeni na konstrukciju sistema sinteze (text-to-speech) koji bi trebali zvučati što prirodnije.

Termin "inherentna frekvencija osnovnog tona (IFo)" odnosi se prema varijacijama frekvencije osnovnog tona u funkciji segmenta. Najčešće se spominje u opisu vokala, premda se može odnositi na sve zvučne glasove. U literaturi nalazimo naziv "intrinsic Fo" ili "intrinsic pitch". Ovaj posljednji naziv nije najpogodniji, jer interferira s psihoakustičkim terminom "pitch", koji se odnosi na osjećaj tonske visine. Di Cristo i Hirst (1986) spominju i "co-intrinsic Fo" (CFo), termin koji se odnosi na koartikulacijske utjecaje na IFo.

U mnogim jezicima primjećeno je da tzv. visoki vokali (artikulacijski) /u,i/ imaju u istom fonetskom kontekstu višu Fo nego niski vokali /a/. U odnosu prema ukupnim varijacijama Fo u normalnom govoru (za tipičan ženski glas 150-300Hz) varijacije Fo u funkciji segmenta relativno su male: 10-30Hz (Shadle 1985). Fenomen je čini se prvi primjetio Crandall (1925), a potom je identificiran u mnogim evropskim, azijskim i afričkim jezicima, pa se pojava može smatrati univerzalnom (vidi Di Cristo et al. 1979).

Varijacije IFo i CFo nesumnjivo imaju perceptivnu funkciju. U tom smislu među njima postoji visok paralelizam (Reinholt-Peterson 1986). Po veličini obilno prelaze diferencijalni prag osjetljivosti na promjenu Fo, koji iznosi 0,3 posto (prema Flanagan, 1965) odnosno 4-6 posto (prema Di Cristo, 1985). IFo i CFo jedan su od akustičkih znakova (cues) za razlikovanje zvučno-bezvučno, labavo-napeto (Haggard et al. 1970, Kohler 1982). Interesantan je Hombertov pokus (1977) koji potvrđuje perceptivnu važnost varijacija IFo: /a/ koji ima istu Fo kao /i/ doima se višim! To znači, želi li se sintetizirati "ravna" intonacija, već se moraju uzeti u obzir varijacije IFo i CFo.

Na temelju mnogobrojnih istraživanja IFo moguće je izlučiti neke generalizacije:

- postoje velike razlike u veličini IFo različitih govornika istog jezika,
- veličina IFo varira (kod istog govornika) u funkciji prozodijskog konteksta i pozicije sloga u rečenici,
- razlike IFo među segmentima veće su u naglašenom nego u nenaglašenom položaju,
- razlike IFo veće su uz viši registar,
- efekt je veći na početku nego na kraju rečenice.

Na planu CFo također su moguća neka opća opažanja:

- Fo početka vokala više je iza bezvučnih konsonanata nego iza zvučnih (Lofqvist 1975)

- frikativi imaju na CFo veći utjecaj od okluziva (Umeda 1981)

- konsonant iza vokala nema primjetan utjecaj na CFo.

Ti podaci dobiveni su na temelju analize izoliranih riječi i riječi u okvirnim rečenicama. Umeda (1981) mjeri Fo u povezanom govoru i zbog velikih pomaka Fo u funkciji intonacije ne uspijeva identificirati konzistentnu IFo vokala. Ladd i Silverman (1984) efekt IFo i CFo identificiraju i u povezanom govoru (kontrolirajući utjecaj prozodije), ali nalaze nešto manje varijacije IFo nego u izoliranim riječima.

Postoje raznovrsna objašnjenja opisanog fenomena. Najčešće je fiziološko, prema kojemu pomicanje maše, a posebno korijena jezika povlači za sobom strukturu larinksa i time remeti fonacijsku ravnotežu (Taylor 1933, Ewan 1979, Rossi i Autesserre 1981): Aerodinamičko objašnjenje povišenu IFo zatvorenijih vokala tumači bržim protokom fonacijske zračne struje i time promjenom supraglotičkih pritisaka, a akustičko povezuje povišeni ton s kompenzacijom za smanjenu čujnost zatvorenijih vokala (Mohr 1971, Neweklowsky 1975). Ne postoji suglasnost o pravoj prirodi IFo, no postojeća objašnjenja međusobno se ne isključuju. Najvjerojatnije razni uzroci simultano djeluju i dovode do konačnog efekta.

IFo je element akustičkog opisa govornog idioma isto kao i spektralni oblik glasova ili trajanje segmenata. Kako su podaci o IFo i CFo preduvjet za analizu intonacije kao i za analizu tonskog akcenta, osnovna je svrha ovoga rada opisati varijacije frekvencije laringalnog tona u funkciji segmenata u hrvatskom standardnom govoru.

Među ostalim provjerit će se:

- utjecaj zvučnosti/bezvučnosti konsonanta na Fo vokala koji slijedi

- jesu li u jeziku s manje vokala manje razlike IFo među vokalima nego u jezicima s više vokala (za koje hipotetski treba veći artikulacijski i perceptivni prostor)

- djeluje li konsonant ispred vokala samo na početak Fo vokala ili u toku trajanja čitavog vokala

- djelovanje registra na IFo vokala

METODA

Govorni uzorci i govornici

Najčešće se za opis IFo upotrebljavaju slogovi, logatomi i riječi, izolirani ili unutar okvirnih rečenica, da bi se izbjegao utjecaj velikih intonativnih pomaka svojstvenih prozodiji.

Analizirani govorni uzorci, koji svi predstavljaju standardni hrvatski izgovor u ovome radu bili su:

- izolirano izgovoreni produženi vokali

- logatomi tipa CVCV, /baba, bibi, ... papa, pipi, .../

- "hrvatskoliki" dvosložni logatomi /brasan, tlekor, .../
- dvosložni logatomi u okvirnoj rečenici
- izolirane riječi (govorna audiometrija)

Osim autora (JB i MS) i jednog profesionalnog glumca (IG) govorne uzorke za analizu snimalo je još pet profesionalnih spikera RTZ - tri ženska (JN, MP, ZL) i dva muška (VM i FR).

Obrada i analiza snimljenih govornih uzoraka

U dosadašnjim radovima autori upotrebljavaju različite načine segmentacije i mjerenja Fo: od analize "uskih" sonograma i promatranja oscilograma do suvremene digitalne analize.

Govorni materijal, opisan u prethodnom poglavlju prvo je snimljen na magnetofonsku vrpcu (uredajima profesionalne kvalitete), a potom je filtriran niskopropusnim filtrom granične frekvencije 4,5 kHz te digitaliziran 12-bitnim AD konvertorom uz frekvenciju uzimanja uzoraka 10kHz. Segmentacija te određivanje mjesta mjerenja Fo obavljani su "ručno", a na temelju simultane inspekcije vremenskog valnog oblika, FFT frekvencijske analize i Fo funkcije. Točnost frekvencijske rezolucije obrnuto je proporcijalna kvadratu frekvencije osnovnog tona:

$$\Delta F = \frac{0.0001 F^2}{1 + 0.0001 F} \quad (\text{Hz}) \quad (1)$$

ili općenitije, ako se uključi frekvencija uzimanja uzoraka (sampling rate) kao varijabla:

$$\Delta F = \frac{F^2}{S + F} \quad (\text{Hz}) \quad (2)$$

S obzirom na to da je $S \gg F$, tada (2) možemo približno napisati kao:

$$\Delta F = \frac{F^2}{S} \quad (\text{Hz}) \quad (3)$$

F - frekvencija osnovnog tona koja se mjeri

S - frekvencija uzimanja uzoraka

Npr. uz Fo oko 100 Hz točnost je 1 posto, tj. 1 Hz, a uz Fo oko 200 Hz točnost je 2 posto, tj. 4 Hz. (Tako definirana točnost određivanja frekvencije osnovnog tona odnosi se na inspekciju povećanog valnog oblika, a ne na automatsku analizu).

Algoritam za automatsku analizu Fo opisan je u Stamenković i Bakran (1989).

REZULTATI

IFo vokala

U tablici 1. su srednje vrijednosti frekvencije laringalnog tona iz svih mjerenja za pojedine govornike.

tb. 1

	i	e	a	o	u	dFo	Noct
VM	117.4	101.6	101.7	104.9	111.5	12.7	0.0575
FR	104.8	97.1	89.5	95.5	103.9	14.8	0.0742
MP	229.8	211.1	205.2	194.7	225.5	22.5	0.0511
ZL	163.3	137.9	128.8	135.5	140.4	23.1	0.0804
MS	117.2	107.5	108.7	109.3	125.8	12.8	0.0563
IG	107.5	104.9	102.7	106.1	108.2	5.2	0.0245
JN	196.6	160.2	160.0	160.9	164.0	18.7	0.0555

$$dFo \text{ izračunat je prema: } dFo = \frac{Fo(i) + Fo(u)}{2} - Fo(a) \quad (4)$$

Noct znači relativnu frekvencijsku razliku izraženu brojem oktava prema Krubsack-u i Niederjohn-u (1989):

$$Noct = \log_2 \frac{dFo}{M} \quad (5)$$

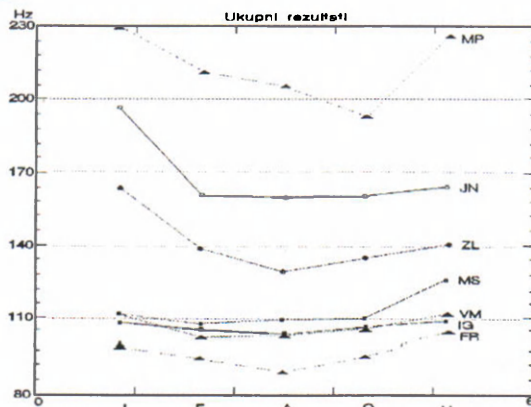
gdje je M srednja vrijednost Fo prema: $M = \frac{Fo(i...u)}{5}$ (Hz) (6)

Svaka srednja vrijednost Fo četvorice spikera RTZ (VM, FR, MP, ZL) izračunata je na temelju analiza 10 izgovora "hrvatskolikih" logatoma za pojedine vokale. Akcenti su slučajno raspoređeni, a mjereno je samo naglašeni vokal u sredini trajanja.

Rezultati MS izračunati su na temelju 10 izgovora produženih vokala. IG znači analizu riječi govorne audiometrije (20 mjerenja za svaku aritmetičku sredinu).

JN označava mjerenje 40 izgovora dvosložnih logatoma za svaku srednju vrijednost.

Prosječne vrijednosti varijacija Fo svih govornika iz tablice 1. prikazani su dijagramom sl.1.



sl. 1

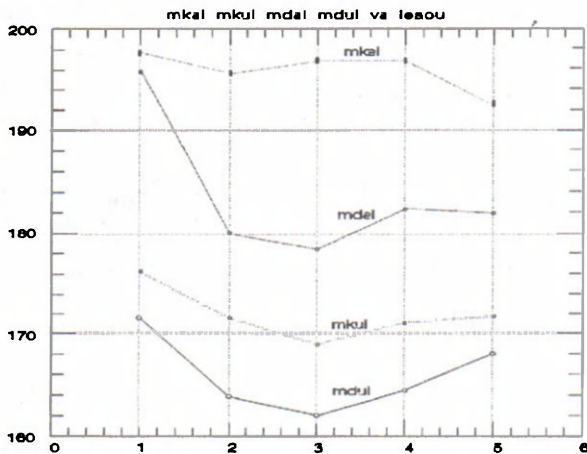
Djelovanje akcenta i mjesta mjerenja na IFo

Materijal: dvosložni logatomi (bibi, baba, ...) izgovarani s četiri akcenta. Fo je mjereno na početku i na kraju naglašenog vokala (prvi i posljednji jasno vidljiv period).

tb. 2

	i	e	a	o	u
kratkosilazni					
početak	197.6	195.4	196.8	196.8	192.4
kraj	166.6	151.0	151.4	150.0	155.2
kratkouzlazni					
početak	176.2	171.6	168.8	171.0	171.8
kraj	157.0	152.4	152.8	151.4	154.2
dugosilazni					
početak	195.8	180.2	178.4	182.4	182.0
kraj	133.4	114.8	114.8	117.8	133.4
dugouzlazni					
početak	171.6	163.8	162.0	164.4	168.0
kraj	159.0	152.8	155.2	153.8	155.6

Rezultati mjerenja IFo na početku vokala iz tablice 2. prikazani su dijagramom sl.2.



sl. 2

- mks1 = kratkosilazni akcent, početak vokala
- mds1 = dugosilazni akcent, početak vokala
- mku1 = kratkouzlazni akcent, početak vokala
- mdu1 = dugouzlazni akcent, početak vokala

Paradigma vokalskog trokuta bolje se uočava na I Fo vokala pod uzlaznim akcentima. Vokali pod silaznim akcentima imaju višu Fo nego vokali pod uzlaznim akcentima. Jednako tako kratki akcenti imaju višu Fo od dugih. Prema tome tip akcenta u HSG znatno utječe na formiranje Fo vokala, ali kako ne možemo ustanoviti značajno različito ponašanje Fo za pojedine vokale, djelovanje akcenta ne može se smatrati elementom I Fo vokala.

Frekvencija osnovnog tona mjerena na kraju naglašenog vokala pod svim je akcentima manja od frekvencije mjerene na početku vokala. Treba naglasiti da to vrijedi i za uzlazne naglaske (vidi tb. 2).

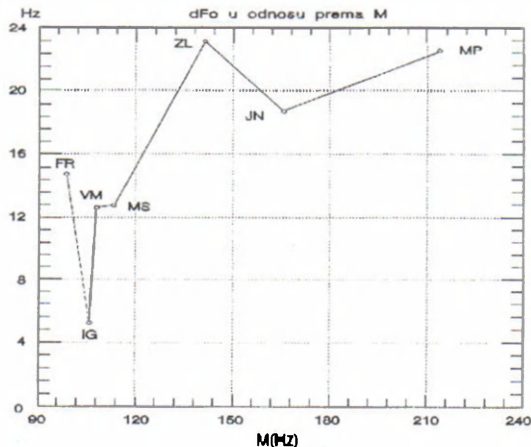
Veličina razlike ($dIFo$, prema izrazu 8) izračunata za mjerenje početka iznosi 5,4 Hz, a za mjerenje na kraju naglašenog vokala iznosi 8,3 Hz. Ako te apsolutne razlike izrazimo postotkom prema srednjoj vrijednosti Fo (M izračunato prema formuli 7) razlika je još veća: $dIFo$ mjereno na početku vokala iznosi 2,9 posto, a na kraju 5,5 posto u broju oktava (Noct prema izrazu 5) 0,0145 za $dIFo$ na početku, a 0,0275 za $dIFo$ na kraju akcentuiranog vokala.

Ovisnost veličine razlika I Fo o apsolutnoj Fo (registru)

Di Cristo i Hirst (1986) navode rezultate istraživanja Homberta (1977) prema kojima razlika I Fo ovisi o visini registra, tako da je veća razlika I Fo između niskih i visokih vokala ako je viši registar govornika i to se posebno odnosi na "tonske jezike". Prema našim mjerenjima u HSG s dijapazonom registra od 90 Hz (spiker FR) do 220 Hz (MP) ne može se potvrditi takva generalizacija. Na prvi pogled uzimaju li se u obzir apsolutne vrijednosti frekvencije razlika na linearnoj skali, čini se da Hombert (1977) ima pravo. Nesporazum stvara način izražavanja, koji u literaturi znatno varira.

Neki autori izražavaju apsolutne vrijednosti u Hz, a neki relativne u postocima. Krubsack i Niederjohn (1989) predlažu da se frekvencijske razlike izražavaju u dijelovima oktave, čime se rezultati različitih mjerenja automatski normaliziraju.

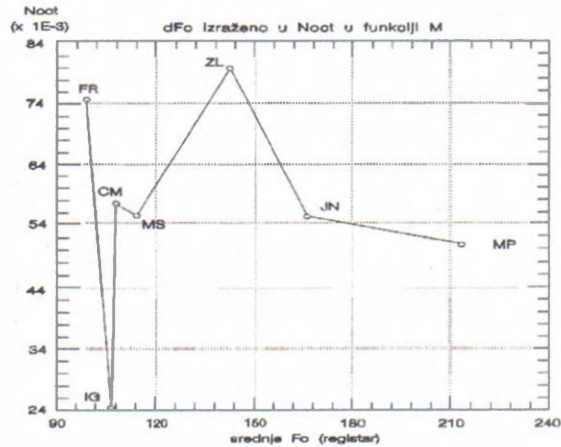
Dijagram sl.3 pokazuje ovisnost maksimalne razlike u Fo vokala (dFo - izračunat prema formuli 4) u odnosu prema srednjoj vrijednosti Fo govornika (M - izračunato prema izrazu 6). Obje su vrijednosti izražene u apsolutnim vrijednostima u Hz.



sl. 3

Četvorica spikera (VM, FR, IG i MS) s nižom prosječnom Fo zaista imaju apsolutnu razliku Fo (dFo) manju od ženskih govornika (MP i ZL). Međutim, usporedimo li muške međusobno i ženske međusobno, uz višu srednju Fo ne vezuje se i veća razlika dFo. Ako prema Krubsack-u i Niederjohn-u (1989) dFo izrazimo u dijelovima oktave kao relativnu vrijednost, (prema izrazu 5) tendencija pozitivne korelacije potpuno se gubi. (vidi sl. 4)

Promotrimo li rezultate Neweklowskog (1975) za njemački, navedene u tablici 3 (N1, N2, N3), niti oni ne potvrđuju Hombertovu generalizaciju.



sl. 4

Usporedba rezultata s jezicima koji imaju bogatiji vokalski sustav

Bez obzira na različite teorije o prirodi i uzrocima Ifo, logično je očekivati da će u jezicima koji imaju bogatiji vokalski sustav (navedeni su podaci za engleski i njemački) razlika Ifo (dFo) visokih vokala (i,u) i niskih (a) biti veća, kao posljedica šireg artikulacijskog prostora potrebnog za artikulaciju i percepciju većeg broja vokala. Takva hipoteza u literaturi nije još objavljena. Ako je ona točna, razlike u Ifo između vokala bi, slično kao frekvencije formanta, bile relevantan element akustičkog opisa pojedinog jezičnog (govornog) sustava.

Hipoteza je provjerena usporedbom normaliziranih rezultata mjerenja Ifo (izražavanjem dFo u dijelovima oktava) u hrvatskom standardnom govoru s

tb. 3

	i	a	u	M	dFo	Noct
B	146	132	153	143.6	17.5	0.0609
N1	146	127	144	139.0	18.0	0.0647
N2	142	117	139	132.6	23.5	0.0886
N3	232	218	228	226.0	12.0	0.0265
B1	230	205	225	220.0	22.5	0.0511
B2	163	128	140	143.6	23.1	0.0804
B3	117	102	112	110.3	12.7	0.0575
B4	105	90	104	99.6	14.8	0.0742

nekim objavljenim mjerenjima IFo za engleski i njemački. U tablici 3. usporedno su navedeni rezultati mjerenja u engleskom, njemačkom i hrvatskom.

Simboli u tablici znače:

i, a, u - srednje vrijednosti IFo krajnjih vokala vokalskog trokuta

M - srednja vrijednost registra prema:

$$M = \frac{IFo(i) + IFo(a) + IFo(u)}{3} \quad (7)$$

dIFo - razlika Fo "visokih" i "niskih" vokala prema:

$$dIFo = \frac{IFo(i) + IFo(u)}{2} - IFo(a) \quad (8)$$

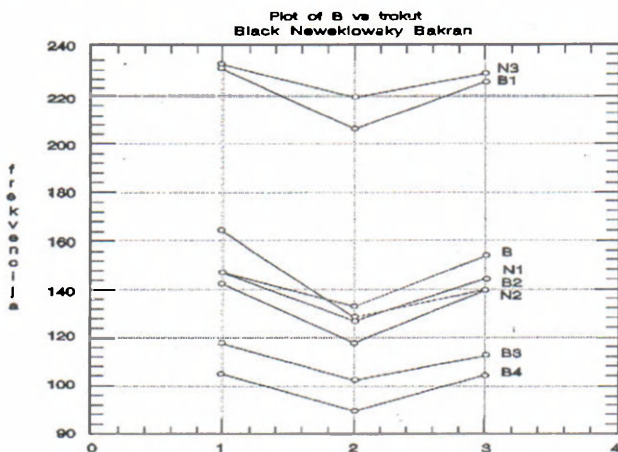
Noct - relativna razlika dIFo izražena u dijelovima oktava prema (5)

B - rezultati za engleski prema Black (1949)

N1, N2, N3 - rezultati za njemački prema Neweklowsky (1975)

B1, B2, B3, B4 - rezultati za hrvatski standardni govor (čtvorice spikera RTZ)

Vrijednosti iz tablice 3. prikazane su i dijagramom sl.5.



sl. 5

Na apscisi: 1 - /i/

2 - /a/

3 - /u/

Prema prikazanim rezultatima mjerenja, uspoređujući relativne razlike IFo izražene brojem oktava, nije moguće podržati hipotezu da sustavi s manje vokala imaju manju razliku IFo među vokalima.

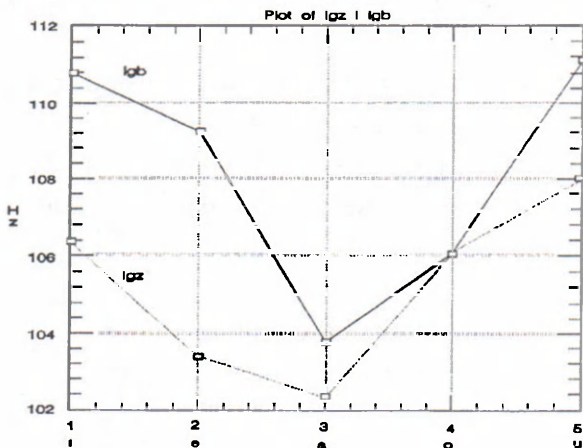
CFo vokala (utjecaj konsonantske okoline na IFo vokala)

U literaturi se kao utjecaj konsonanta na frekvenciju osnovnog tona vokala koji slijedi spominje najčešće utjecaj njegove zvučnosti ili bezzvučnosti. Retrofleksan utjecaj nije registriran. Analizirani materijal za promatranje ut-

jecaja konsonanta jesu liste riječi vokalne audiometrije (IG). Mjereno je u sredini naglašenog vokala. Raspored akcenata i tip konsonanta (način artikulacije) nisu kontrolirani. Rezultati su u tablici 4, a prikazani su i dijagramom na slici 6.

tb. 4

	i	e	a	o	u	
IG	106.4	103.4	102.3	106.1	107.9	(iza zvučnog)
IG	110.8	109.2	103.8	106.1	111.0	(iza bezvučnog)



sl. 6

Na temelju iznesenih podataka nije bilo moguće utvrditi statistički značajnu razliku u CFO vokala. Kako se tendencija opisana u literaturi na slici 6. ipak može uočiti, u analizu smo uključili drugoga govornika (JN) i drugačiji tekst (logatomi tipa CVCV).

Podaci JN razvrstani prema predloženom kriteriju zbrojeno za sve vokale, 40 mjerenja za svaku vrijednost jesu:

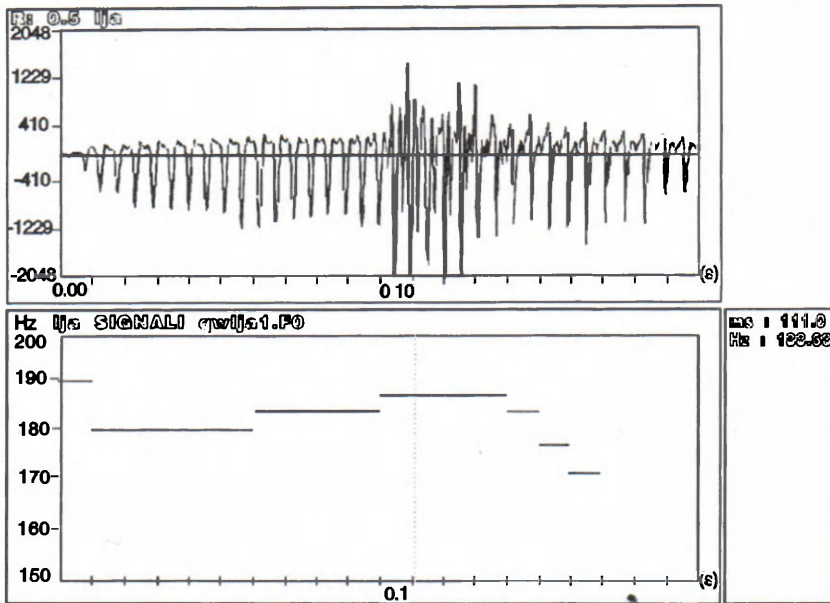
tb. 5

	iza bezvučnog	iza zvučnog
M	177.5	167.3
s	11.4	11.7

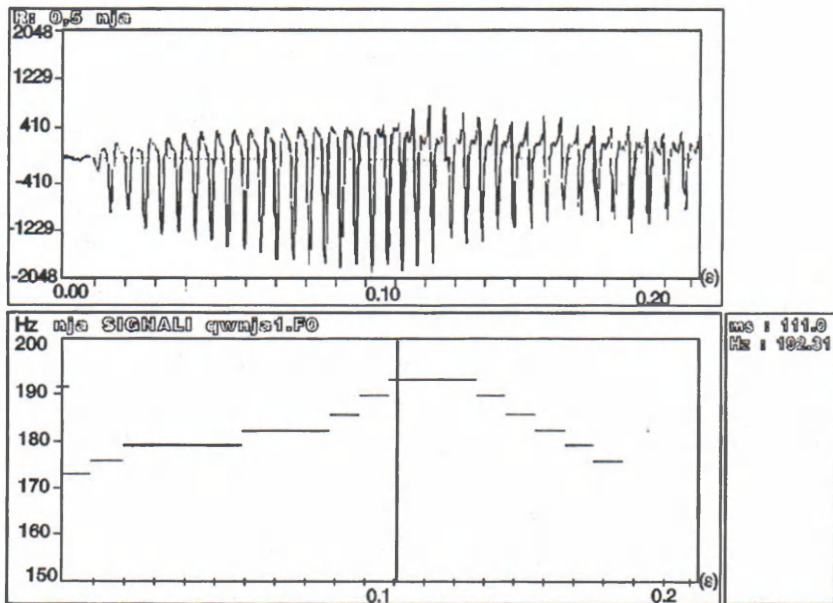
Razlika od 10 Hz (0.026 oct) statistički je značajna ($p = 0.0102$).

Ova se veličina, međutim, ne može smatrati karakteristikom HSG, jer prema rezultatima mjerenja izgovora IG ta razlika iznosi samo 0.0142 oct.

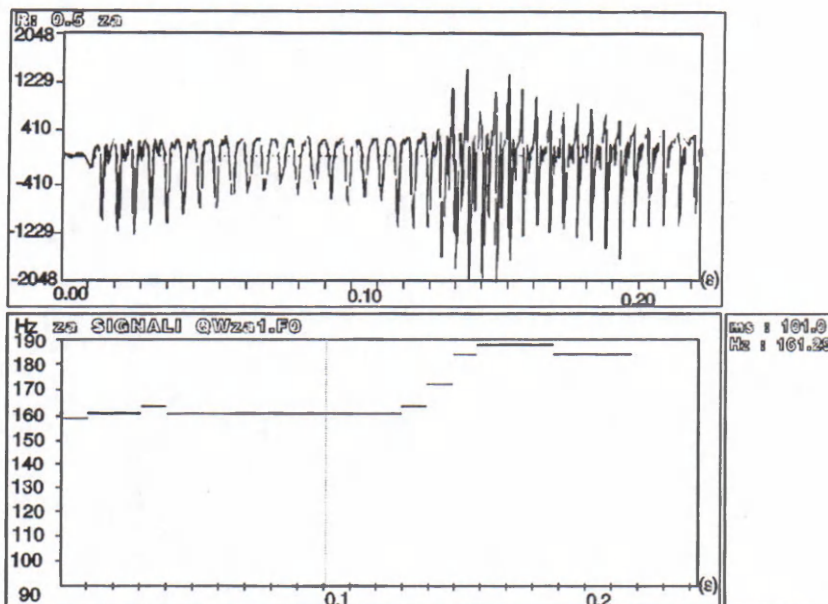
Kako je prije ustanovljeno IFo varira u toku trajanja vokala. Mohr (1971) tvrdi da je utjecaj konsonanta na IFo vokala ograničen samo na početni dio trajanja vokala. Prema Lofqvist-u (1975), međutim, taj se utjecaj proteže na cijeli vokal. Da bismo provjerili objavljene kontradiktorne rezultate u istom uzorku



sl. 7d



sl. 7c



sl. 7f

Promatranjem dijagrama na sl. 7. može se uočiti:

1. F_0 konsonanta zadržava registar, tj. red veličine F_0 "pripadnog" vokala.
2. F_0 konsonanta uvijek je nešto niža od F_0 vokala.
3. Mogu se uočiti dva različita ponašanja toka F_0 ovisno o tipu konsonanta:
 - a) uzlazni tok F_0 do maksimalne vrijednosti u trenutku početka vokala karakterističan je za nazale i likvide
 - b) silazni tok F_0 u toku konsonanta i nagli skok F_0 na početku vokala karakterističan je za okluzive i frikative.
4. Razlike F_0 konsonanta i susjednog vokala, bez obzira na silaznost-uzlaznost, znatne su (u izgovoru JN iznose od 8 posto /da/ do 18 posto /ga/. Veličina razlike, osim o tipu konsonanta, ovisi bitno o tempu artikulacije.

Na sl. 8. prikazan je valni oblik niza slogova /gagagagaga/ (govornik JB) i iz središnjeg dijela izdvojen i povećan (označeni) dio.

logatoma spikera JN, izmjerena je Fo na početku vokala (prvi jasno mjerljiv period) vodeći računa o zvučnosti, bezzvučnosti konsonanta koji prethodi vokalu. Aritmetičke sredine i standardne devijacije (svaka na temelju 40 mjerenja) navedene su u tablici 6.

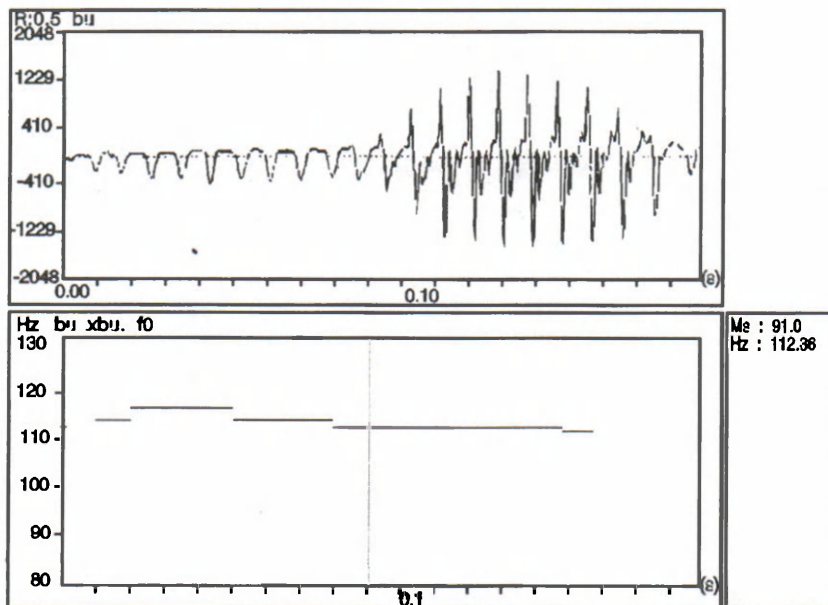
tb. 6

		na početku	na kraju
iza bezzvučnog	M	177.5	141.9
	S	11.4	17.1
iza zvučnog	M	167.3	142.8
	S	11.7	19.5

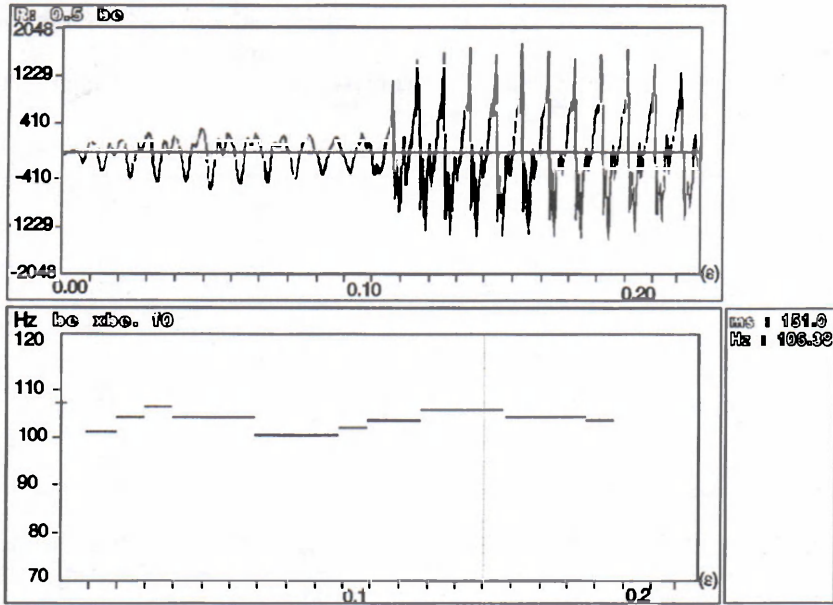
Razlika između Fo iza bezzvučnog i iza zvučnog ako se mjeri na početku, iznosi 10 Hz i statistički je značajna ($p < 0.05$), dok ta razlika u mjerenjima na kraju vokala nije. Time su naši rezultati u skladu s rezultatima Mohr-a (1971). To znači da mjesto mjerenja u toku trajanja vokala ne utječe samo na apsolutnu veličinu IFo, nego i na veličinu utjecaja prethodnog konsonanta (CFo).

IFo konsonanata

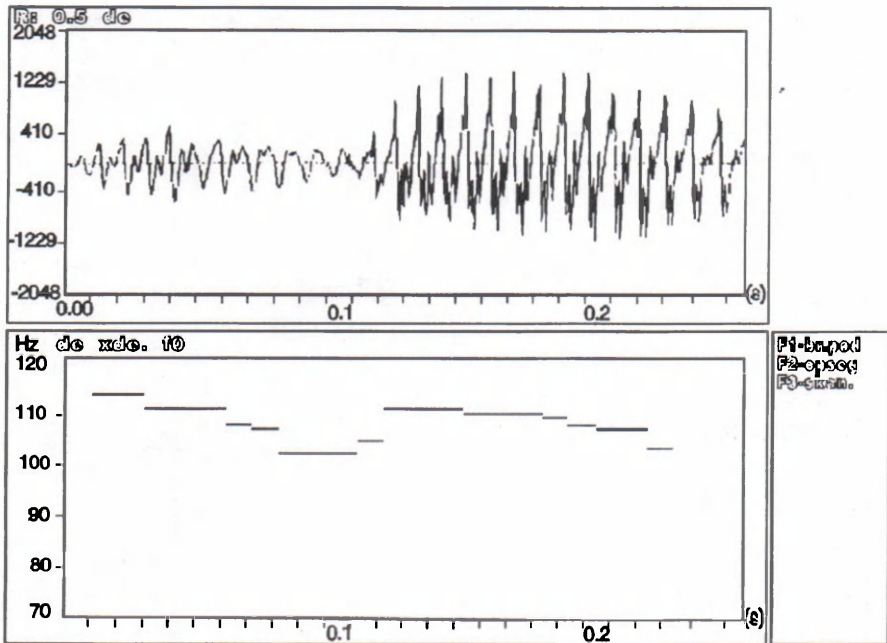
Materijal analiziran za opis ponašanja frekvencije laringalnog tona konsonanata bio je dvovrstan: logatomi tipa CVCV (govornici JN i JB) i dvosložne riječi (govornik IG). Promatran je samo naglašen slog. Na slici 7. prikazani su primjeri valnog oblika i analize Fo inicijalnog konsonanta i naglašenog vokala (govornik JN).



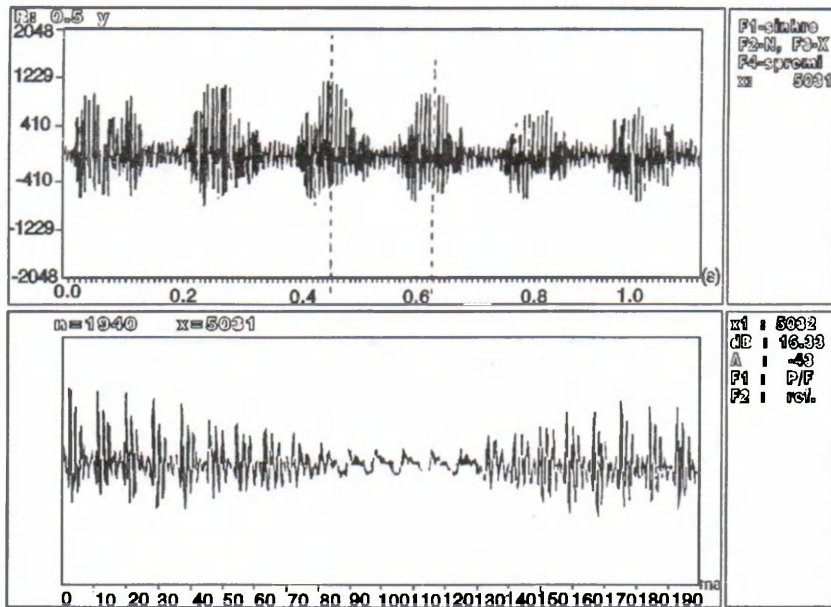
sl. 7a



sl. 7b

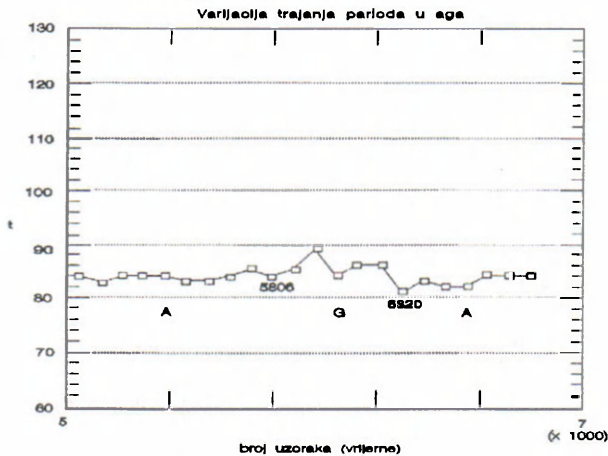


sl. 7c



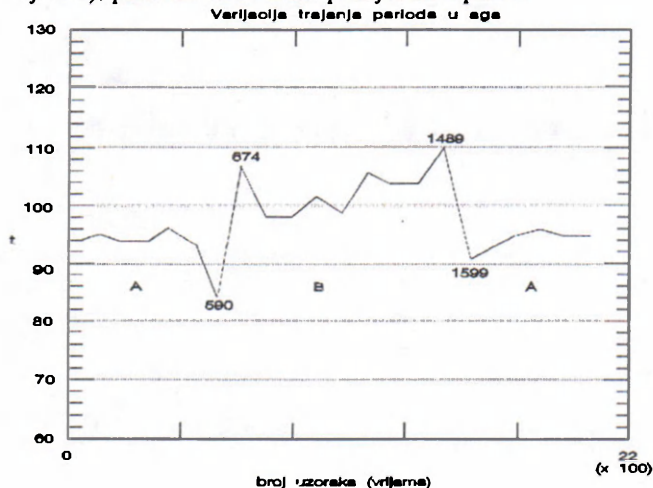
sl. 8

Na tom povećanom dijelu izmjereno je trajanje svakog pojedinog perioda osnovnog tona (mjereno na prelazima kroz nulu i izraženo u broju uzoraka - 10 uzoraka predstavlja 1 ms). Dijagramom na sl.9. prikazana je promjena veličine sukcesivnih perioda (ordinata baždarena u broju uzoraka) u toku trajanja izgovora izrezane sekvence /aga/ sa sl. 8.



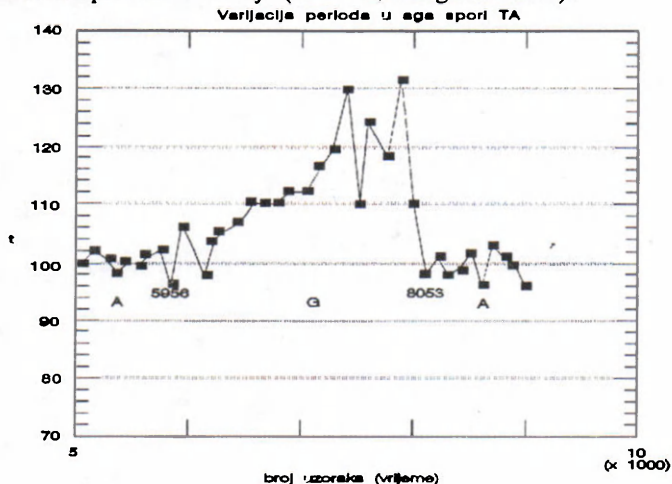
sl. 9

Brojevima 5.806 i 6.320 otprilike je omeđeno trajanje okluzije /g/. Za razliku od dijagrama na slici 10, kojim je na isti način prikazan izgovor /aba/, u izgovoru /aga/ (sl.9) jedva se može uočiti produženo trajanje perioda osnovnog tona (to jest snižavanje F_0), premda ono iznosi prosječno 4 posto.



sl.10

Oba su izgovora u relativno brzom tempu artikulacije (TA = 5 slogova u sekundi). Na dijagramu na sl. 11. prikazano je trajanje perioda izgovora slijeda /aga/ sporim tempom artikulacije (TA = 2,5 slogova u sek.).



sl. 11

Tempo artikulacije, odnosno produžena okluzija, povećali su na granici s novim vokalom (uzorak 8053) trajanje perioda osnovnog tona 25 posto, i toliko su smanjili IFO /g/.

Na dijagramima 9, 10 i 11, koji prikazuju trajanje svakog perioda osnovnog tona, vidimo da susjedni periodi po trajanju znatno variraju 4 posto. Pojava je poznata kao "jitter". Te varijacije, koje su u ovom slučaju veće od greške mjerenja (1 posto uz F_0 u blizini 100 Hz), slušatelj ne može opaziti, iako po veličini prelaze

diferencijalni prag (Flanagan, 1965), jer nije dovoljno vrijeme za percepciju periodičnosti (Ronken, 1971; Rossing i Houtsma, 1986).

ZAKLJUČAK

Namjera je ovog bazičnog akustičkog fonetskog istraživanja bila na korpusu hrvatskog standardnog govora provjeriti u fonetskoj literaturi objavljene podatke o ponašanju frekvencije laringalnog tona u funkciji segmenta - glasa. Ovaj rad predstavlja prve objavljene rezultate mjerenja inherentne frekvencije osnovnog tona standardnoga hrvatskoga govora.

U opisanim mjerenjima HSG potvrđeni su neki od već objavljenih rezultata mjerenja IFO u drugim jezicima. Slično kao druga inherentna svojstva vokala (trajanje i intenzitet) čini se da i Fo dosljedno oponaša vokalski trokut (usporedi: Taylor 1933, Black 1949, Bakran 1979, 1984).

Veličina IFO je prema svemu sudeći pretežno uvjetovana individualnim fiziološkim osobinama i govornim navikama pojedinca. Potvrđuje se u uvodu spomenuta tvrdnja drugih istraživača da IFO podliježe velikim varijacijama od govornika do govornika. Na temelju analiziranog korpusa i usporedbe s nekim mjerenjima u engleskom i njemačkom nije bilo moguće utvrditi da je veličina IFO jezično uvjetovana. Smatramo da hipotezu svejedno ne treba odbaciti. Vrlo je vjerojatno da upravo znatne varijacije u veličini IFO među pojedinim govornicima sprečavaju pokušaj da se na ovdje opisanom korpusu potvrdi hipoteza da je IFO ujedno i svojstvo jezika, a ne samo govornika. Utjecaj zvučnosti/bezvučnosti konsonanta koji prethodi vokalu registriran u drugim jezicima potvrđuje se i u našem korpusu. Međutim, taj je utjecaj ograničen samo na početni dio trajanja vokala. Veličina razlike IFO između artikulacijski visokih i niskih vokala veća je na kraju nego na početku naglašenog vokala.

Tip akcenta djeluje na apsolutnu vrijednost izmjerene Fo, ali se ne može ustanoviti različito djelovanje na pojedine vokale tako da te varijacije Fo ulaze u opis akcenta, a ne u IFO.

Ne može se podržati u literaturi objavljena tvrdnja da viši registar prati i veća razlika IFO. Nesporazum je najvjerojatnije u frekvencijskoj skali, odnosno u jedinicama izražavanja. Spomenuta tendencija sasvim se gubi, ako se razlike iznose u postocima ili u broju oktava.

Smisao ovdje objavljenih rezultata mjerenja jest da služe kao temelj istraživanjima varijacija frekvencije laringalnoga tona na višim razinama od glasa. Utjecaj inherentne frekvencije osnovnog tona mora se uzeti u obzir pri opisu rečenične intonacije (premda je raspon varijacija IFO znatno manji od ukupnog raspona varijacija Fo u toku rečenice), a naročito pri opisu akcenta. To drugim riječima znači da pri promatranju Fo, npr. dvaju susjednih slogova ne možemo tvrditi da Fo pada ili raste ne uzmemo li u obzir IFO, odnosno CFO promatranih vokala. Te se korekcije odnose na fizički signal i još ne uključuju perceptijska ograničenja (perceptivno ravna intonacija ne znači nepromijenjenu Fo!). Na žalost, karakter varijacija IFO takav je da se ne može dati jednoznačna, opća uputa za normalizaciju intonacijskih mjerenja neutralizacijom IFO, jer varijacije IFO bitno ovise o govornim navikama pojedinca.

REFERENCIJE

Bakran, J. (1979), Čujnost glasova, (magistarski rad, Filozofski fakultet u Zagrebu, neobjavljeno)

Bakran, J. (1984), Model vremenske organizacije hrvatskoga standardnog govora, (disertacija, Filozofski fakultet u Zagrebu, neobjavljeno)

Black, J.W. (1949), Natural Frequency, Duration and Intensity of Vowels In Reading, *J. Speech Hear. Disord.* 216-221.

Crandall, J.B. (1925), The sounds of speech, *Bell Syst. Tech. J.* 4, 586-626, (prema Shadle-u, 1985).

Di Cristo, A., D.J. Hirst, Y. Nishinuma (1979), L'Estimation de la Fo intrinseque des voyelles: etude comparative, *Travaux de l'Institut de Phonetique d'Aix* 6, 147-176

Di Cristo, A., D.J. Hirst, (1986), Modelling French Micromelody: Analysis and Synthesis, *Phonetica* 43, 11-30

Ewan, W. (1979), Can intrinsic vowel Fo be explained by source/tract coupling?, *J. Acoust. Soc. Am.* 66, 358-362.

Flanagan, J.L. (1965), *Speech Analysis Synthesis and Perception*, Springer - Verlag, New York.

Krubsack, D.A., R.J. Niederjohn (1989), A logarithmic approach to fundamental frequency error measurement in speech, *J. Acoust. Soc. Am.* 85, 1782-1784.

Ladd, D.R., K.E.A. Silverman (1984), Vowel intrinsic pitch in connected speech, *Phonetica* 41, 31-40.

Lehiste, I., G.E. Peterson (1961), Some basic consideration in the analysis of intonation, *J. Acoust. Soc. Am.* 33, 419-425.

Lofqvist, A. (1975), Intrinsic and extrinsic Fo variations in Swedish tonal accents, *Phonetica* 31, 228-247.

Mohr, B. (1971), Intrinsic variations in the speech signal, *Phonetica* 23, 65-93.

Neweklowsky, G. (1975), Spezifische Dauer und spezifische Tonhöhe der Vokale, *Phonetica* 32, 38-60.

Reinholt Petersen, N. (1986), Perceptual Compensation for Segmentally Conditioned Fundamental Frequency Perturbation, *Phonetica* 43, 31-42.

Ronken, D.A. (1971), Some effect of bandwidth - duration constraints on frequency discrimination, *J. Acoust. Soc. Am.* 49, 1232-1242.

Rossi, M., D. Autesserre (1981), Movements of the hyoid bone and the larynx and the intrinsic frequency of vowels, *J. of Phonetica*, 9, 233-249.

Rossing, T.D. i A.J.M. Houtsma (1986), Effects of signal envelope on the pitch of short sinusoidal tones, *J. Acoust. Soc. Am.* 79, 1926-1933.

Schiefer, L. (1986), Fo in the Production and Perception of Breathy Stops: Evidence from Hindi, *Phonetica* 43, 43-69.

Shadle, C.H. (1985), Intrinsic fundamental frequency of vowels in sentence context, *J. Acoust. Soc. Am.* 78, 1562-1567.

Silverman, K. (1986), Fo segmental cues depend on intonation: The case of the rise after voiced stops, *Phonetica* 43, 76-91.

Stamenković, M., J. Bakran (1989), An intelligent pitch tracker based on formal language theory and phonetic knowledge, *Zbornik skupa Eurospeech '89*, Paris 26.-28. IX 1989. (u tisku)

Steele, S.A. (1986), Interaction of vowel Fo and prosody, *Phonetica* 43, 92-105

Taylor, H.C. (1933), The fundamental pitch of English vowels, *J. exp. Psychol.*, 16, 565-582. (prema Black, 1949)

Umeda, N. (1981), Influence of segmental factors on fundamental frequency in fluent speech, *J. Acoust. Soc. Am.* 70, 350-355.

Zhang, J. (1987), The intrinsic fundamental frequency of vowels and the effect of speech modes on formants, *Proceedings of XI ICPhS (Tallin)*, vol. 3, 390-393.

*Juraj Bakran, Faculty of Philosophy, University of Zagreb
Milan Stamenković, Military Academy, Zagreb*

Inherent Fundamental Frequency of Standard Croation

Summary

Inherent fundamental frequency (IFo) was analyzed on a speech sample of standard Croatian. The results are mainly in agreement with the data reported in phonetic literature. We cannot agree that the extent of IFo variation depends on on the speaker's register. In spite of our belief that IFo dascription is a part of the acoustic description of any speech idiom, the measurements presented in this paper reveal no significant differences in IFo contours as compared to other languages.