
UDK 81'342.1:781.1
81'342:534.78
781.1-055.1
Izvorni znanstveni rad

Gordana Varošaneć-Škarić
Filozofski fakultet, Zagreb
Hrvatska

VIBRATO ŠKOLOVANIH MUŠKIH PJEVAČKIH GLASOVA

SAŽETAK

Frekvencijska modulacija fundamentalne frekvencije istražila se na tri muška školovana operna pjevačka glasa: slavnom starijem basbaritonu (80 g.) i dvama mlađim pjevačkim glasovima (basbariton i bas, 24 i 22 g.) snimljenim u istim uvjetima. Na temelju zadržanih vokala u pjevanju arija, vokaliza, popijevki, ljestvice u Praat programu učinjene su uske sonogramske analize tonova i slike periodičnih promjena tonova te je izračunata brzina vibrata (rate), zamah vibrata (extent), srednje vrijednosti f_0 , standardne devijacije f_0 , raspon f_0 (minimalne i maksimalne vrijednosti f_0), jitter (%), shimmer (dB), HNR (dB). Kontrolnu skupinu usporedbe nekih akustičkih varijabli na temelju fonacije vokala /a/ činilo je šest zdravih nepjevačkih muških glasova. Pokazalo se da su pjevački glasovi stabilniji od nepjevačkih jer nije bilo toliko statistički pouzdanih razlika unutar akustičkih varijabli tijekom trajanja tona, odnosno fonacije. Pri računanju vibrata pjevačkih glasova izabrani su tonovi koji traju dovoljno dugo da se vrijeme od jednog do drugog vala može valjano izmjeriti na spektrogramskom prikazu. Kako brzina vibrata varira tijekom trajanja tona, tj. pri kraju dolazi do porasta brzine vibrata, nastojalo se uzeti sredinu trajanja za izračun prosječne brzine. Utvrđeno je da je brzina vibrata u granicama standarda dobrog pjevačkog glasa: prosječna brzina kod iskusnog basbaritona iznosi 5.23 Hz, mlađeg basbaritona 5.28 Hz i mlađeg basa (basso cantante) 5.03 Hz s varijabilnošću ovisno o notama i dobi. Zamasi vibrata točni su kod starijeg svjetski znamenitog basbaritona Tomislava Neralića, kod mlađeg basbaritona premašuju vrijednosti $\frac{1}{4}$ tona prema gore i $\frac{1}{4}$ tona prema dolje od srednjeg tona, a mlađi bas ima točne zamahe na nižim i srednjim tonovima. Pjevački vibrato je ujedno kultivirani obrađeni vokalni tremor, pa zadivljuje koliko je estetski sačuvan stariji pjevački glas, iako je tremor postao disperiodičan tijekom trajanja tona, ali shimmer se ne mijenja znakovito. Kad se uspoređuju mjere

vibrata na različitim notama, zamjetno je da se dobar vibrato događa pouzdanije na srednjim pjevačkim rasponima tonova f_0 , nego na vrlo niskoj i vrlo visokoj f_0 . Nije se pokazala potpuna stalnost vrijednosti vibrata kod svakog pojedinačnog pjevača, tj. različita brzina ovisi o vokalu, tonu, interpretaciji – vrsti koju pjeva.

Ključne riječi: vibrato, školovani muški pjevački glas, pjevački glas, akustička analiza glasa

UVOD

Vibrato je, uz ostale čimbenike, jedan od standarda dobrog pjevačkoga glasa. U dojmu daje bogatstvo glasu, što zahtijeva točnost u brzini modulacije i zamahu tona. Dobar se vibrato ne postiže lako, jer lakše je pjevati s prebrzim ili presporim modulacijama nego u točno estetski određenim vrijednostima. Estetski kriteriji izviru iz percepcijskih zadanosti slušanja i fizioloških uvjetovanosti koje školovanjem moraju postati nadzirane. Primjerice, prevelik zamah koji slušanjem prelazi vrijednost $\frac{1}{2}$ tona ukupno od srednjeg tona, ne doživljavamo točnim ni estetski ugodnim jer ga čujemo kao promjenu tona, a ne samo kao modulaciju, kao što ne doživljavamo poželjnim ni odstupanja od estetskog ograničenja brzine vibrata.

Takav poželjan vibrato u školovanom pjevanju određuje se kao frekvencijska modulacija fundamentalne frekvencije zamaha $\frac{1}{4}$ tona gore i dolje od srednje veličine tona što znači ukupno $\frac{1}{2}$ tona uobičajene brzine modulacije između 4 i 7 izmjena u sekundi. Uobičajeno se koristi u zapadnoj kulturi u profesionalnom opernom pjevanju i u pjevanju njemačkog *lieda*.

Dakle, kod vibrata su važni:

1. brzina vibrata – (engl. *rate*) koja određuje koliko brzo ton ide gore-dolje,

2. zamah – (engl. naziv *extent* rabi, primjerice Prame, 1997) označava koliki je raspon tona kod vibrata od gore do dolje: dobar odnos je $\frac{1}{4} + \frac{1}{4} = \frac{1}{2}$ tona (modulacija fundamentalne frekvencije),

3. modulacija intenziteta kao neizbježna pojava (amplitudna modulacija harmonika),

4. laringalna kontrola koja se očituje u vertikalnom pomicanju tiroidne hrskavice (i prema Varošaneć-Škarić, 2005).

Rečeno je da dobar vibrato obogaćuje prosječan spektar zadržanog tona. Vibrato je u akustičkom smislu porast i pad u tonu i glasnoći glasa, ali ne doživljava se kao promjena tona, nego prije kao parametar vokalne kvalitete (Miller, 1994), dakle pulsaciju tona prate istodobne pulsacije glasnoće i timbra.

Vibrato je prije svega određen svojim potonjim akustičkim mjerljivim vrijednostima kao što su brzina i zamah, pa je i svrha ovoga ispitivanja bila utvrditi kolike su njihove vrijednosti kod školovanih muških glasova, kolike su u određujućim granicama pojma vibrata. S druge strane danas je estetski poželjna prosječna brzina vibrata 5 – 6 Hz i ona oko 5,5 Hz za muške glasove, a općenito za dobar pjevački glas navode vrijednosti od 5,5 do 7,5 Hz (Varošaneć-Škarić, 2005:227). Može se reći da je prije bila poželjna veća brzina vibrata te je primjerice, izmjereno da je Caruso imao brzinu vibrata 6,5 Hz (Dejonckere i sur., 1995), dok danas Pavarotti ima prosječnu brzinu 5,5 Hz (Titze i sur., 2002). Ženski vibrato ide prosječno više prema brzini od 7 Hz, što naravno ovisi o visini tona, a uobičajeno je i da violina na višim tonovima ima brzinu vibrata 7 Hz (izmjereno da potkrijepi ovu tvrdnju u sviranju Stephanea Grappellyja). Bit će zanimljivo vidjeti kakve su vrijednosti brzine pjevačkih glasova u uzorku ovoga

ispitivanja, jer su izabrana tri školovana muška glasa različitih pjevačkih iskustava, slavni basbariton Tomislav Neralić pri kraju svoje aktivne pjevačke karijere u operi i dva mlada pjevačka glasa. Za estetski dojam vibrata potrebna je i određena količina tremora, pa je namjera također bila odrediti koja količina estetskog tremora daje bogatstvo glasu, tj. izmjeriti shimmer školovanih muških pjevačkih glasova. Za timbar pjevačkoga glasa važan je oblik dugotrajnoga spektra i akustičke vrijednosti rezonantnih frekvencija pjevačkih formanata, njihovi frekvencija i intenzitet, što je na istim pjevačkim glasovima ispitano u istraživanju Varošanec-Škarić (2006). U tom su istraživanju istražene spektralne osobine u stvarnom pjevačkom kontekstu, SPR (od engl. *singing power ratio*) pjevačkih formanata.

Ističe se da je glavni fizički korelat zapadnog opernog vibrata modulacija fundamentalne frekvencije (Horii, 1989), da je drugi korelat amplitudna modulacija harmonika (Sundberg, 1982; Horii, 1989; Prame, 1994), da su treći fizički korelat vibrata popratne ritmičke promjene oblika vokalnog trakta koje su zamjetne tijekom pjevanja vibrata, a te promjene uzrokuju modulaciju formantnih frekvencija i zbog toga modulacije amplituda harmoničkog spektra (Rothenberg i sur., 1988; Prame, 1994). Nadalje, tijekom vibrata može doći do popratne modulacije subglotičkog tlaka koji upravlja vokalnom glasnoćom, a takva modulacija može proizvesti amplitudnu modulaciju harmoničkog spektra (Shipp i sur., 1990; Prame, 1994). Zbog opsežnog postupka mjerenja fizičkih osobina vibrata, ovo se istraživanje više usredotočilo na frekvencijske modulacije vibrata pjevačkih muških glasova i prije svega će se usmjeriti na brzinu frekvencije vibrata i zamah vibrata, koji su prvenstveno važni za percepciju vibrata.

POSTUPAK

Ispitanici i snimljeni uzorak. Sva tri pjevačka glasa snimljena su u studiju Odsjeka za fonetiku u istim uvjetima u stajaćem položaju u razdoblju od 2000. do 2006. godine. Udaljenost mikrofona od ustiju bila je nadzirana i iznosila je 30 cm, što je uobičajen postupak u snimanju pjevačkih glasova. Tražilo se da otpjevaju ljestvicu s vibratom u svojim rasponima glasa, nekoliko arija koje su dobro znali i popijevku. Željelo se utvrditi na koji način uvježbani pjevački glasovi akustički pokazuju određene standarde pjevačkoga glasa. Svjetski poznati basbariton Tomislav Neralić za vrijeme snimanja imao je 80 godina i još je uvijek pjevao u Hrvatskom narodnom kazalištu u Zagrebu ulogu Ivana Hovanskoga u operi *Hovansčina* Modesta Petroviča Musorgskog. U fonetskom studiju snimljene su arije iz te uloge i međimurska popijevka "Vehni, vehni fijolica". Mladi basbariton H. B. (24 g.) snimljen je u fonetskom studiju u razdoblju od 2000., u vrijeme kad je kratko učio solo-pjevanje, do 2004. do kada je imao četiri godine učenja s poznatim pedagozima glasa, od toga dvije godine s Mariom Gjurancem, koji je i sam bio operni pjevač tenor. Iako je u doba podučavanja imao više od 90 g., bio je izniman pedagog koji je znao prenijeti praktično znanje u postavljanju vibrata, a i sam je

imao dobar vibrato u svojoj pjevačkoj karijeri. U ovom ispitivanju za računanje akustičkih varijabli, između ostaloga brzine vibrata i zamaha, uzete su u obzir potonje snimke H. B.-a iz 2004., kad je ponovno snimio ljestvicu s vibratom, himnu, a arije basbaritona "Pieta signore" Alessandra Stradelle i uloga Sprechera, završni dio recitativa iz *Čarobne frule* Wolfganga Amadeusa Mozarta snimljeni su krajem 2000. godine. Prva dva glasa istraživana su i za potrebe ranijega istraživanja (Varošaneć-Škarić, 2005), a za potrebe ovoga istraživanja izračunate su i prosječne vrijednosti brzine vibrata te zamasi u odnosu prema srednjim vrijednostima otpjevanih tonova i prema idealnim dopustivim zamasima tih tonova. Bas G. J. (22 g.) u vrijeme snimanja 2006. vježbao je zapadno operno pjevanje (belcanto) ukupno šest godina, od toga dvije u pripremnjoj srednjoj glazbenoj školi u Karlovcu u klasi profesorice Radmile Bocek i četiri godine u srednjoj Glazbenoj školi "Vatroslav Lisinski" u Zagrebu, gdje mu je vokalni pedagog bio profesor Bojan Pogrmilović. Na Državnom natjecanju učenika i studenata glazbe i plesa, koje se održalo 2005. u Dubrovniku, u drugoj kategoriji u disciplini solo-pjevanja osvojio je prvu nagradu. Trenutačno studira solo-pjevanje na zagrebačkoj Muzičkoj akademiji i pedagoginja glasa mu je profesorica Vlatka Oršanić. Bas se prema rasponu uobičajeno dijeli na visoki i duboki bas (opširnije o podjeli u Varošaneć-Škarić, 2005:70). G. J. je prema rasponu *Ff* – bas, visoki bas (tal. *basso cantante*, engl. *singing bass*, franc. *basse noble*) što je u zahtjevima raspona blizu basbaritona. Za potrebe ovoga ispitivanja otpjevao je staru ariju Antonia Scarlattia "Caldo sangue", ulogu Il Sedecia, re di Gerusalemme (1705) prvi, drugi i treći dio, ariju "Come dal ciel precipita" Banca (Banco) iz opere *Machbeth* Giuseppea Verdija, *lied* (popijevku) "Der Lindenbaum" (Lipa) ulomak pjesme Franza Schuberta i romansu "Mj adahnjom" Sergeja Rahmanjinofa.

Kontrolna skupina sastojala se od šest normalnih, zdravih nepjevačkih muških glasova koji su snimljeni u lagodnoj fonaciji zadržanoga vokala /a/ s uputom da drže fonaciju 6 – 7 s radi usporedbe s pjevačkim glasovima u nekim akustičkim varijablama na početku, u sredini i na kraju fonacije. primjerice standardne devijacije, jittera, shimmera i HNR-a. Druga bi mogućnost bila da im je dana uputa da pokušaju fonirati ljestvicu s vibratom kako znaju, ali takav je pokušaj urodio prevelikim raspršenjima tona, modulacija i ostalih akustičkih osobina, pa se za sada odustalo od takvoga pokusa. U budućnosti se planira provesti i takav pokus uz kratku poduku muških nepjevačkih glasova. U uvjetima sadašnjeg sprovedenog pokusa stoga se odustalo od usporedbe brzine i zamaha te se ostalo samo na usporedbi ostalih akustičkih varijabli.

Zvučni parametri pjevačkoga glasa. Na zadržanim tonovima u programu Praat izračunate su: srednje vrijednosti f_0 ($\bar{x}f_0$), standardne devijacije f_0 (s_f_0), minimalne i maksimalne vrijednosti f_0 , lokalnog jittera (u %), shimmera (u dB), odnosa harmoničkog zvuka i šuma (HNR u dB) na početku, u sredini i na kraju zadržanoga tona. T-testom utvrđene su razlike između akustičkih vrijednosti na početku, u sredini i na kraju tona. Brzina vibrata izračunata je na temelju uske sonogramske analize iz 2 s sredine zadržanog tona. Zamah vibrata izračunat je na

temelju zadržanih tonova s vibratom prema izvedenim formulama za računanje vrijednosti prema gore i prema dolje od srednje vrijednosti tona:

$$f_0 \times \sqrt[3]{2} \quad \text{za četvrtinu tona gore}$$

$$\frac{f_0}{\sqrt[3]{2}} \quad \text{za četvrtinu tona dolje.}$$

Postupak mjerenja vibrata. Vibrato se mjerio u programu Praat na spektrogramu s određenim mjerama za usku analizu. Duljina (širina) prozorčića (*window length*) za usku analizu određena je 0,03 s za maksimalnu frekvenciju do 5 000 Hz. Vremenski korak (*time step*) iznosio je 0,002 s za frekvencijski uzorak (*step*) od 20 Hz širine. Uobičajeno se uzima Gaussov oblik prozora. Za vremenski raspon (*time range*) vibrata u trajanju 1 – 2 s maksimalno dB/Hz program je uzimao do 100 dB. Određen je dinamički raspon (dB) od 50,0 Hz, što je dovoljan raspon da uzme cijeli ton tijekom njegova držanja kako bi uzeo u obzir raspon od najtišeg do najglasnijeg. Vibrato se danas uobičajeno mjeri na zadržanom zvuku vokala na određenim izabranim tonovima, kao i u ovom ispitivanju. Na temelju pjevačkih izvedbi mjerilo se na dijelovima gdje je vibrato prisutan u većem stupnju, u sporom tempu zbog ostvarenja veće količine vibrata gdje je prisutan velik broj ciklusa vibrata. Tako se vrijeme od jednog do drugog vala može lako izmjeriti. U prikazima vibrata uobičajen je izbor uske spektrografske analize jer se na spektrogramu uske analize vibrato zornije vidi na višim harmonicima zato što se razlike zbrajaju, a kod dubokih tonova harmonici se zgusnu.

Statistička analiza. Prema Praatu izračunate su prosječne vrijednosti f_0 , standardne devijacije f_0 , minimalne i maksimalne vrijednosti f_0 , prosječne vrijednosti lokalnog jittera (%) i shimmera (dB) te prosječne vrijednosti odnosa harmonične i šumne spektralne sastavnice (HNR u dB) na početku, u sredini i na kraju zadržanoga tona u pjevanju ljestvice za pjevačke glasove, a vrijednosti za nepjevačke glasove izračunate su na temelju lagodne zadržane fonacije vokala /a/ ponovljene najmanje tri puta. T-testom izračunate su razlike između početka i sredine, početka i kraja te sredine i kraja za svaki pjevački glas te ukupno za uzorak muških nepjevačkih glasova.

REZULTATI

Prosječne vrijednosti fundamentalne frekvencije, standardne devijacije, jittera, shimmera, HNR-a (Praat program) i rezultati t-testa za pjevačke i nepjevačke glasove na početku, u sredini i na kraju fonacije vokala /a/

Raspon f_0 basa G. J.-a je u pjevanju tonova po tri puta u srednjem rasponu sredine zadržavanja tona od 82,60 do 264,28 Hz, s minimalnom vrijednošću od 79,99 Hz i maksimalnom od 289,03 Hz; prosječan raspon baritona H. B.-a izmjeren je od 78,44 Hz do 312,02 Hz, minimalna vrijednost iznosi 72,61 Hz, a maksimalna

333,70 Hz. U lagodnom rasponu ljestvice i vokalize basbariton T. N.-a ima prosječne vrijednosti u sredini fonacije od oko 80 Hz do 358,49 Hz, a uobičajeno u pjevanju arija između 105,95 do 357,86 Hz.

Kod pjevačkih glasova gotovo da nije bilo statistički pouzdanih, tj. znakovitih razlika u akustičkim parametrima koji su izračunati na temelju zadržanih tonova na početku, u sredini i na kraju na temelju šest ponavljanih tonova s vibratom, iz kojih su se mogli izračunati akustički podaci. Podaci su za pjevačke glasove tablično doneseni pojedinačno da se vidi eventualna razlika među pjevačkim glasovima (na tablicama s oznakom **a** donesene su prosječne vrijednosti na početku (P), sredini (S) i na kraju tona (K) za svakog pjevača, a na tablicama s oznakom **b** doneseni su rezultati t-testa usporedbe akustičkih varijabli na početku, u sredini i na kraju tona s vibratom. Standardna devijacija tona s vibratom u glasu T. N.-a prosječno je podjednaka na početku i sredini (respektivno 3,17 Hz, 3,63 Hz), a povećava se na kraju fonacije (5,34 Hz), (tabl. 1a). I t-test pokazuje znakovitu razliku kod istog pjevačkog glasa kroz povećanje standardne devijacije fundamentalne frekvencije (sf_0) na kraju tona u usporedbi sa sredinom trajanja tona (tabl. 1b T. N.: $t=3,48$, $p=0,01$).

Tablica 1a. Prosječne vrijednosti akustičkih varijabli za basbaritona T. N.-a
Table 1a. Average values of acoustic variables for bass-baritone T. N.

	$\bar{x}f_0$ (Hz)	sf_0	min. f_0	maks. f_0	jitter (%)	shimmer (dB)	HNR (dB)
P	202,51	3,17	196,03	209,33	0,379	0,196	20,48
S	203,46	3,63	195,60	210,08	0,408	0,147	20,51
K	203,68	5,34	191,35	213,30	0,641	0,280	18,00

Tablica 1b. Rezultati t-testa usporedbe akustičkih varijabli na početku, u sredini i na kraju tona s vibratom (T. N.)

Table 1b. Results of the t-test between the acoustic variables at the beginning, in the middle and at the end of the tone with vibrato (T. N.)

P – S	$\bar{x}f_0$ (Hz)	sf_0	min. f_0	maks. f_0	jitter (%)	shimmer (dB)	HNR (dB)
t	0,01	0,71	0,01	0,01	0,17	0,96	0,01
p	0,99	0,50	1,00	0,99	0,87	0,37	0,99

P – K	$\bar{x}f_0$ (Hz)	sf_0	min. f_0	maks. f_0	jitter (%)	shimmer (dB)	HNR (dB)
t	0,01	0,71	0,01	0,01	0,17	0,96	0,01
p	0,99	0,50	1,00	0,99	0,87	0,37	0,99

S – K	$\bar{x}f_0$ (Hz)	sf_0	min. f_0	maks. f_0	jitter (%)	shimmer (dB)	HNR (dB)
t	0,00	3,48	0,06	0,04	1,08	2,10	0,79
p	1,00	0,01	0,96	0,97	0,31	0,07	0,45

I Prame (1994) je izmjerio ubrzavanje brzine vibrata na kraju tona. To bi se moglo objasniti time da je izgleda lakše ubrzati vibrato pri kraju tona, nego ga usporiti, što se očituje u porastu raspršenja tona na njegovim krajevima. Što je razvidno u tablici 1a. Kod toga se pjevačkoga glasa nazire i povećanje shimmera na kraju tona u usporedbi sa sredinom, što znači da je kolebanje veće na krajevima tona, iako razlika nije statistički pouzdana. Međutim, začudan je podatak da je kod starijeg basbaritona T. N.-a prosječno raspršenje tona (sf_0) manje nego kod mladih muških pjevačkih glasova (tabl. 2a i 2b H. B. i 3a i 3b G. J.).

Tablica 2a. Prosječne vrijednosti akustičkih varijabli za basbaritona H. B.-a
Table 2a. Average values of acoustic variables for bass-baritone H. B.

	$\bar{x}f_0$ (Hz)	sf_0	min. f_0	maks. f_0	jitter (%)	shimmer (dB)	HNR (dB)
P	177,06	9,55	160,74	194,19	0,896	0,514	18,47
S	177,24	8,65	161,57	191,65	0,845	0,533	18,95
K	178,82	8,01	164,93	191,67	0,834	0,555	19,33

Tablica 2b. Rezultati t-testa usporedbe akustičkih varijabli na početku, u sredini i na kraju tona s vibratom (H. B.)

Table 2b. Results of the t-test between the acoustic variables at the beginning, in the middle and at the end of the tone with vibrato (H. B.)

P – S	$\bar{x}f_0$ (Hz)	sf_0	min. f_0	maks. f_0	jitter (%)	shimmer (dB)	HNR (dB)
t	0,02	0,62	0,12	0,23	0,74	0,18	1,14
p	0,99	0,55	0,91	0,83	0,48	0,86	0,29

P – K	$\bar{x}f_0$ (Hz)	sf_0	min. f_0	maks. f_0	jitter (%)	shimmer (dB)	HNR (dB)
t	0,02	0,62	0,12	0,23	0,74	0,18	1,14
p	0,99	0,55	0,91	0,83	0,48	0,86	0,29

S – K	$\bar{x}f_0$ (Hz)	sf_0	min. f_0	maks. f_0	jitter (%)	shimmer (dB)	HNR (dB)
t	0,15	0,52	0,36	0,00	0,13	0,24	0,71
p	0,89	0,62	0,73	1,00	0,90	0,82	0,50

Tablica 3a. Prosječne vrijednosti akustičkih varijabli za basa G. J.-a
Table 3a. Average values of acoustic variables for bass G. J.

	$\bar{x}f_0$ (Hz)	sf_0	min. f_0	maks. f_0	jitter (%)	shimmer (dB)	HNR (dB)
P	169,78	11,80	146,83	238,70	0,461	0,370	23,21
S	171,47	5,24	160,46	180,59	0,505	0,438	20,38
K	171,52	6,58	147,04	180,22	0,632	0,495	19,67

Tablica 3b. Rezultati t-testa usporedbe akustičkih varijabli na početku, u sredini i na kraju tona s vibratom (G. J.)

Table 3b. Results of the t-test between the acoustic variables at the beginning, in the middle and at the end of the tone with vibrato (G. J.)

P – S	$\bar{x}f_0$ (Hz)	sf_0	min. f_0	maks. f_0	jitter (%)	shimmer (dB)	HNR (dB)
t	0,05	1,11	0,45	0,95	0,50	0,82	5,65
p	0,96	0,27	0,65	0,34	0,62	0,41	0,17

P – K	$\bar{x}f_0$ (Hz)	sf_0	min. f_0	maks. f_0	jitter (%)	shimmer (dB)	HNR (dB)
t	0,05	0,87	0,01	0,95	2,08	1,29	7,42
p	0,96	0,39	0,99	0,34	0,04	0,20	0,06

S – K	$\bar{x}f_0$ (Hz)	sf_0	min. f_0	maks. f_0	jitter (%)	shimmer (dB)	HNR (dB)
t	0,00	0,56	0,47	0,01	1,53	0,60	0,43
p	1,00	0,58	0,64	0,99	0,13	0,55	0,67

Jitter i shimmer kod T. N.-a također su manji nego kod mlađih glasova. Za usporedbu: u programu Praat određen je patološki prag za lokalni jitter (%) koji iznosi 1,040% i patološki prag za lokalni shimmer (dB) koji iznosi 0,350 dB. To su, dakako, podaci za zadržanu fonaciju, ali ne za fonaciju s hotimičnim školovanim vibratom. Stoga su rezultati zanimljivi i s aspekta poželjne količine jittersa i shimmera u vibratu muških pjevačkih glasova. Zamjetno je da su vrijednosti jittersa za sva tri pjevačka glasa uvijek ispod 1%, da su najveće vrijednosti kod H. B.-a, do najviše prosječne vrijednosti od 0,896% na počecima tona, dok su kod T. N.-a i G. J.-a podjednake vrijednosti, najviše oko 0,6% na krajevima tona, iako prosječno nikad minimalne, što je logično za vibrato, dok je shimmer najveći kod H. B.-a (uvijek je oko 0,5 dB), a kod G. J.-a između 0,37 dB na počecima trajanja tona, 0,438 dB u sredini trajanja do 0,495 dB na krajevima tona. Uspoređujući potonje podatke s podacima prosječnih vrijednosti

shimmera T. N.-a dobivenih na temelju pjevanja opernih arija i popijevki s vibratom, može se utvrditi da su prosječne vrijednosti usporedive: na početku 0,373 dB, u sredini 0,362 dB i 0,432 dB na krajevima tona (tabl. 4). U ljestvici i vokalizaciji najmanja je prosječna vrijednost od 0,147 dB u sredinama trajanja tona kod T. N.-a (tabl. 1a).

Tablica 4. Prosječne vrijednosti akustičkih varijabli za T. N.-a na temelju 27 tonova na vokalizaciji s vibratom u opernim arijama i popijevkama

Table 4. Average values of the acoustic variables for T. N. obtained from the 27 tones on vowels with vibrato in opera arias and ditties

	$\bar{x}f_0$ (Hz)	sf_0	min. f_0	maks. f_0	jitter (%)	shimmer (dB)	HNR (dB)
P	188,37	6,72	176,43	200,92	0,666	0,373	19,36
S	188,89	6,42	176,69	199,84	0,651	0,362	19,65
K	189,87	6,82	176,67	201,28	0,748	0,432	18,74

Zanimljiv je to podatak, jer slike intenzitetskog kolebanja tona pokazuju dobru kontrolu za mlađi pjevački glas G. J.-a (sl. 8). Istodobno, može se zaključiti da su prosječne vrijednosti jittera i shimmera kod T. N.-a nešto veće u pjevanju opernih arija i popijevki s vibratom nego s izdvojenim tonovima u pjevanju ljestvice, a upravo su te vrijednosti približnije ostalim pjevačkim glasovima. Iz ukupnih podataka može se zaključiti da pjevački glasovi s višedesetljetnim pjevačkim iskustvom i u starijim godinama (naravno do određenih godina) mogu čak točnije i bolje zadržavati ton u pjevanju nego mlađi pjevački glasovi s nekoliko godina učenja. Najmlađi pjevački glas G. J.-a ima lagano znakovito povećanje jittera pri kraju tona u usporedbi s početkom ($p=0,04$), gdje se nazire i smanjenje HNR-a. Na početku i u sredini tona T. N. ima bolji odnos HNR-a nego H. B., a slično kao kod mladoga glasa G. J.-a, koji ima bolji odnos HNR-a na početku. Logičan je podatak da je na kraju trajanja tona svim pjevačkim glasovima manji HNR.

Nepjevački glasovi

Pokazalo se da je standardna devijacija fundamentalne frekvencije šest nepjevačkih glasova ($6 \times 3 = 18$ fonacija) prosječno najmanja u sredini trajanja fonacije (0,92 Hz), nešto je veća na početku (1,17 Hz) i čak trostruko veća na krajevima fonacije, nego na početku (3,51 Hz), (tabl. 5).

Tablica 5. Prosječne vrijednosti akustičkih varijabli na početku, u sredini i na kraju fonacije /a/ za nepjevačke glasove

Table 5. Average values of the acoustic variables at the beginning, in the middle and at the end of the vowel /a/ phonation in non-singing voices

	$\bar{x}f_0$ (Hz)	sf_0	min. f_0	maks. f_0	jitter (%)	shimmer (dB)	HNR (dB)
P	78,57	1,17	74,97	82,68	0,287	0,158	17,68
S	105,10	0,92	102,36	107,60	0,371	0,258	24,08
K	106,00	3,51	95,67	135,56	0,592	0,385	22,54

Prosječna vrijednost f_0 povećava se od najnižih vrijednosti na počecima fonacije do najviših na njezinim krajevima (od 78,57 do 106,0 Hz), što se može objasniti povećanjem laringalne napetosti pri kraju fonacije, a to je još uočljivije kod prosječnih vrijednosti maksimalnih f_0 (na krajevima čak 135,56 Hz). Prosječne vrijednosti jittera kreću se od 0,287% na počecima fonacije, 0,371% na sredinama fonacije te do 0,592% na krajevima fonacije. Sve su to vrijednosti za normalne zdrave muške glasove. Prosječne vrijednosti shimmera povećavaju se od najmanje vrijednosti na počecima fonacije (0,158 dB), veće u sredini fonacije (0,258 dB) i do najveće na krajevima fonacije (0,385 dB). Nepjevačkim je glasovima najslabiji odnos harmonične i šumne sastavnice spektra u glasu na počecima fonacije (samo 17,68 dB) što upućuje na šumnu sastavnicu na počecima fonacije. Tijekom fonacije u sredini je najbolji odnos normalan za zdrave glasove (HNR=24,08 dB).

Rezultati t-testa pokazuju kod muških glasova koji nisu uvježbani pjevači statistički znakovite razlike u standardnoj devijaciji f_0 na temelju zadržane lagodne fonacije između početka i sredine fonacije ($p < 0,001$), manju razliku između kraja i sredine ($p = 0,04$), dok u usporedbi početka i kraja fonacije nije bilo pouzdanih razlika, što je logično jer se zbog nestabilnog držanja tona razlikuju od sredine fonacije.

Tablica 6. Rezultati t-testa usporedbe akustičkih varijabli na početku, u sredini i na kraju fonacije /a/ za nepjevačke glasove

Table 6. Results of the t-test between the acoustic variables at the beginning, in the middle and at the end of the vowel /a/ phonation

P – S	$\bar{x}f_0$ (Hz)	sf_0	min. f_0	maks. f_0	jitter (%)	shimmer (dB)	HNR (dB)
t	0,05	3,51	0,38	0,39	0,28	1,93	0,79
p	0,96	0,00	0,71	0,70	0,78	0,06	0,44

P – K	$\bar{x}f_0$ (Hz)	sf_0	min. f_0	maks. f_0	jitter (%)	shimmer (dB)	HNR (dB)
t	0,00	1,64	0,67	1,22	2,86	3,85	1,72
p	1,00	0,11	0,51	0,23	0,01	0,00	0,09

S – K	$\bar{x}f_0$ (Hz)	sf_0	min. f_0	maks. f_0	jitter (%)	shimmer (dB)	HNR (dB)
t	0,05	2,16	1,03	1,34	2,94	2,77	2,32
p	0,96	0,04	0,31	0,19	0,01	0,01	0,03

Nadalje, kod nepjevačkih muških glasova pokazale su se znakovite razlike u jitteru između početka i kraja (tabl. 6: $t=2,86$, $p=0,01$) te sredine i kraja ($t=2,94$, $p=0,01$), iz čega proizlazi da je kraj fonacije tonski neperiodičniji od početka fonacije. Intenzitetski aperiodicitet također je zamjetniji na kraju fonacije jer je znakovita razlika u shimmeru između početka i kraja fonacije ($t=3,85$, $p<0,001$) i sredine i kraja fonacije ($t=2,77$, $p=0,01$). Dakle, kod neprofesionalaca je najveća standardna devijacija na krajevima fonacije, kao i mjera aperiodiciteta tona (jitter) i intenziteta (shimmer). Stoga je logičan podatak da je za nepjevačke glasove i manji odnos HNR-a na kraju fonacije i da je znakovito manji nego u sredini fonacije ($t=2,77$, $p=0,03$). Nasuprot tomu, kod uvijekbanih kultiviranih pjevačkih glasova pokazalo se da je standardna devijacija f_0 podjednaka na početku, u sredini i na kraju fonacije. jitter se također pokazao kontroliranim, kao i shimmer.

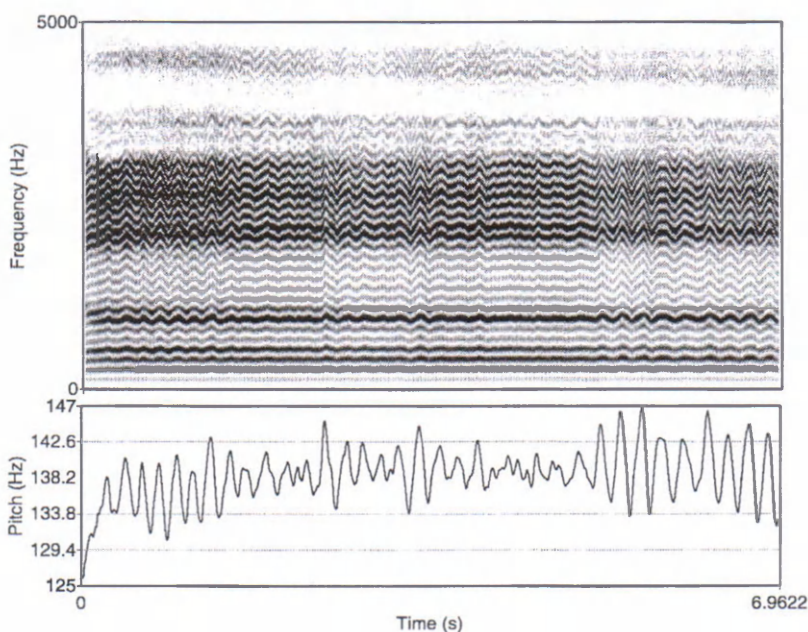
Brzina vibrata. Najmlađi pjevački glas (G. J.) uglavnom ima brzinu vibrata 5 Hz, primjerice na tonovima f_0 od 103,21 Hz, 130,86 Hz, 137,72 Hz, 149,55 Hz, 155,86 Hz, 167,94 Hz, 180,45 Hz, 187,99 Hz, 196,87 Hz, 201,66 Hz, 245,70 Hz. Iako i na višoj frekvenciji prema kraju svojega raspona zadržava brzinu vibrata, on nije tako akustički ujednačen. Prosječna mu je brzina vibrata iz sredine tona za sve tonove 5,03 Hz, baritonu H. B.-u 5,28 Hz, a T. N.-u 5,23 Hz. Nešto manju prosječnu brzinu vibrata G. J.-a u usporedbi s ostala dva možemo objasniti time što je on po boji i registru bas u Ff ključu, pa je logično da basu na nižim tonovima pripada nešto sporija brzina nego kod basbaritona ili baritona, iako je takav bas po pjevačkim zahtjevima blizak basbaritonu. Ukupni podaci za brzinu vibrata pokazuju da je brzina vibrata kod sva tri pjevačka glasa u okvirima

standarda dobrog pjevačkoga glasa. Primjerice, kod znamenitog basbaritona T. N.-a brzina vibrata na njegovim srednjim tonovima od oko 150 Hz iznosi 5 Hz u sredini tona do 6 Hz na krajevima tonova (sl. 1), na nešto nižim 5 Hz, na nešto višim tonovima je 5,1 Hz i spušta se između 4,28 do 4,65 za neke tonove (sl. 2). Brzina vibrata je kod mladih pjevačkih glasova, kao što je rečeno, oko 5 Hz i to češće kod H. B.-a (sl. 3).

Brzina vibrata kod G. J.-a kreće se na nižim tonovima oko 4,5 Hz (sl. 4) prema 5 Hz na višim tonovima (sl. 5).

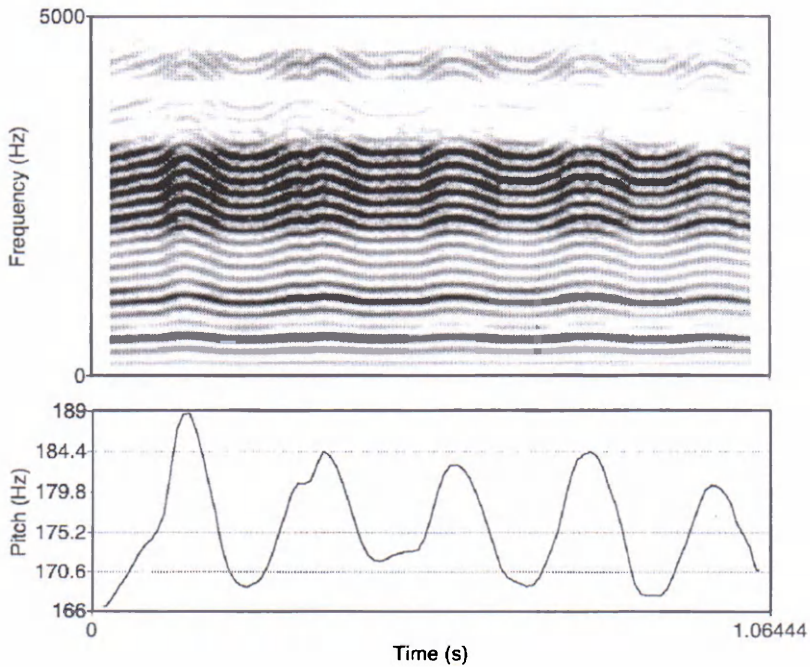
Može se zaključiti da je to unutar estetski poželjnog vibrata, koji znanstvenici postavljaju između 5 do 6 Hz.

Na sonogramima uske analize može se zamijetiti da se vibrato dobro uočava u višim područjima spektra, tj. u područjima zvonkosti i pogotovo blistavosti u sva tri pjevačka glasa, aproksimativno od 2 do 3,3 kHz.



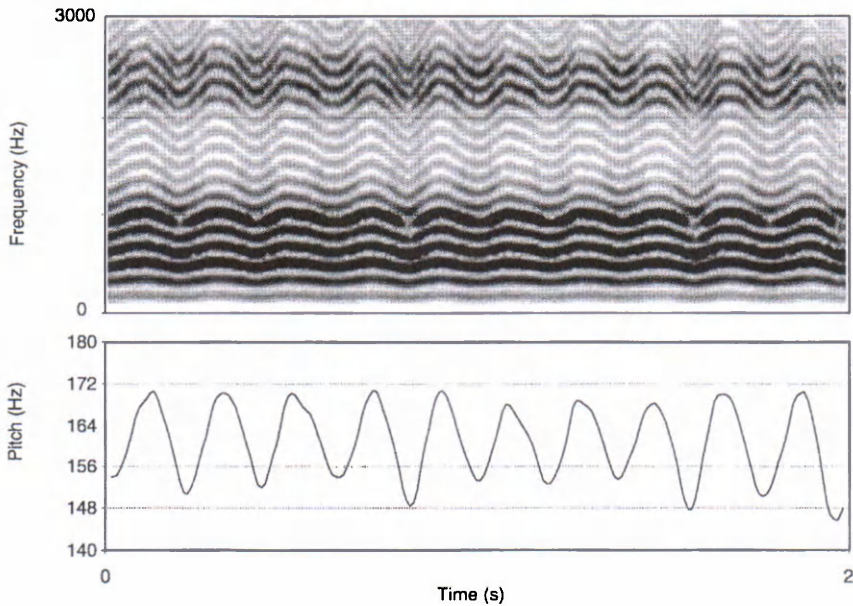
Slika 1. Sonogram uske analize školovanoga vibrata (T. N.) brzine od 5 Hz (u sredini) do 6 Hz (na kraju) tona f_0 138,55 Hz i slika periodične promjene kretanja istoga tona

Figure 1. Narrow-band spectrogram analysis of the trained vibrato (T. N.) with the rate from 5 Hz (in the middle) to 6 Hz (at the end) with the f_0 of 138.55 Hz and the periodic movement of the same tone



Slika 2. Sonogram uske analize školovanoga vibrata (T. N.) brzine od 4,65 Hz tona f_0 175,89 Hz i slika periodične promjene kretanja istoga tona

Figure 2. Narrow-band spectrogram analysis of the trained vibrato (T. N.) with the rate of 4.65 Hz with the f_0 of 175.89 Hz and the periodic movement of the same tone

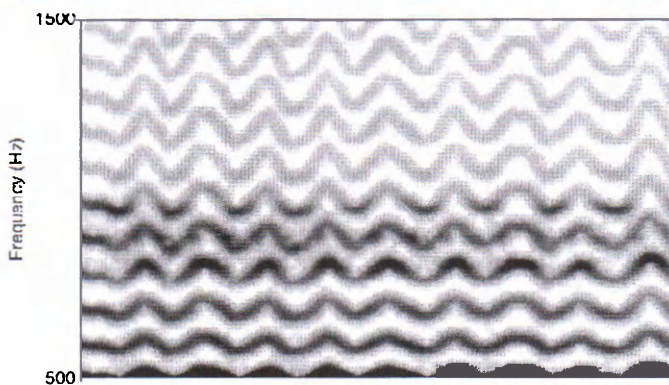


Slika 3.

Sonogram uske analize školovanoga vibrata (H. B.) brzine od 5 Hz tona f_0 160,82 Hz (gore) i slika periodične promjene kretanja istoga tona (dolje)

Figure 3.

Narrow-band spectrogram analysis of the trained vibrato (H. B.) with the rate of 5 Hz with the f_0 of 160.82 Hz (up) and the periodic movement of the same tone (down)

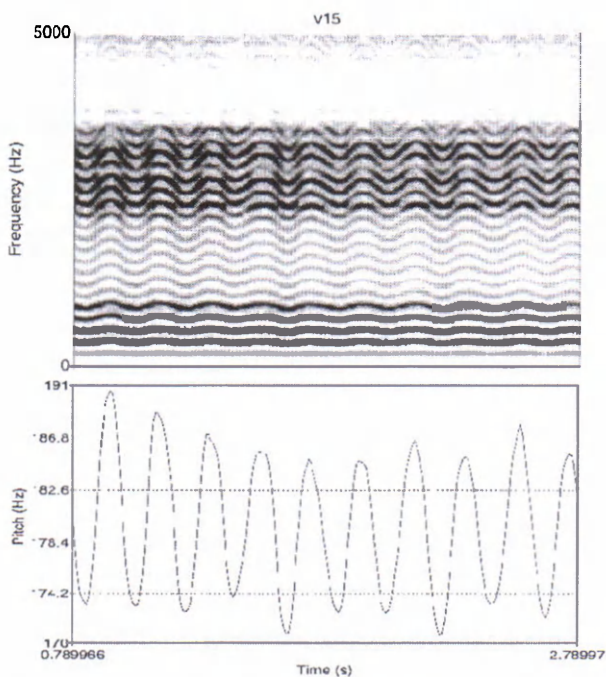


Slika 4.

Sonogram uske analize vibrata (G. J.) nižeg tona f_0 99,42 Hz i brzine 4,5 Hz

Figure 4.

Narrow-band spectrogram analysis of the vibrato (G. J.) with the lower tone f_0 of 99.42 Hz and the rate of 4.5 Hz



Slika 5.

Sonogram uske analize vibrata (G. J.) višeg tona f_0 181,22 Hz i brzine 5 Hz

Figure 5.

Narrow-band spectrogram analysis of the vibrato (G. J.) with the higher tone f_0 of 181.22 Hz and the rate of 5 Hz

Zamah vibrata. Rečeno je da je poželjan dobar odnos raspona tona, modulacija fundamentalne frekvencije kod vibrata od gore do dolje od srednjeg tona $\frac{1}{4}$ + $\frac{1}{4}$ što ukupno iznosi $\frac{1}{2}$ tona. Zamah vibrata (engl. *extent*) može se kod pjevačkih glasova uspoređivati na određenom približnom tonu (tabl. 7), a glasovi se mogu uspoređivati u prosječnim odmacima više tonova da bi se usporedila točnost zamaha (tabl. 8).

Tablica 7. Zamah vibrata i dopustive vrijednosti zamaha za tri pjevačka glasa na tonu oko 160 Hz

Table 7. The extent of vibrato and the allowed values for the three singing voices on the tone of around 160 Hz

	$\bar{x}f_0$ (Hz)	min. f_0	maks. f_0	$\frac{1}{4}$ tona dolje	$\frac{1}{4}$ tona gore
T. N.	163.47	157.29	170.01	158.82	168.26
H. B.	164.12	154.11	175.50	159.45	168.93
G. J.	169.82	159.43	179.09	164.99	174.80

Tablica 8. Prosječne vrijednosti zamaha vibrata iz sredine tona za tri muška pjevačka glasa

Table 8. Average values of the extent of vibrato measured in the middle part of the tone in the three male singing voices

T. N.	$\bar{x}f_0$ (Hz)	min. f_0	maks. f_0	$\frac{1}{4}$ td*	$\frac{1}{4}$ tg*	min. – td	maks. – tg
nf1 s	163.47	157.29	170.01	158.82	168.26	-1.53	1.75
nf2 s	165.10	157.59	173.32	160.40	169.93	-2.80	3.39
nv1 s	126.76	121.42	131.83	123.15	130.47	-1.73	1.36
nv2 s	358.49	346.09	365.16	348.29	369.00	-2.20	-3.84
\bar{x}	203,46	195,60	210,08	197,66	209,42	-2,07	0,66

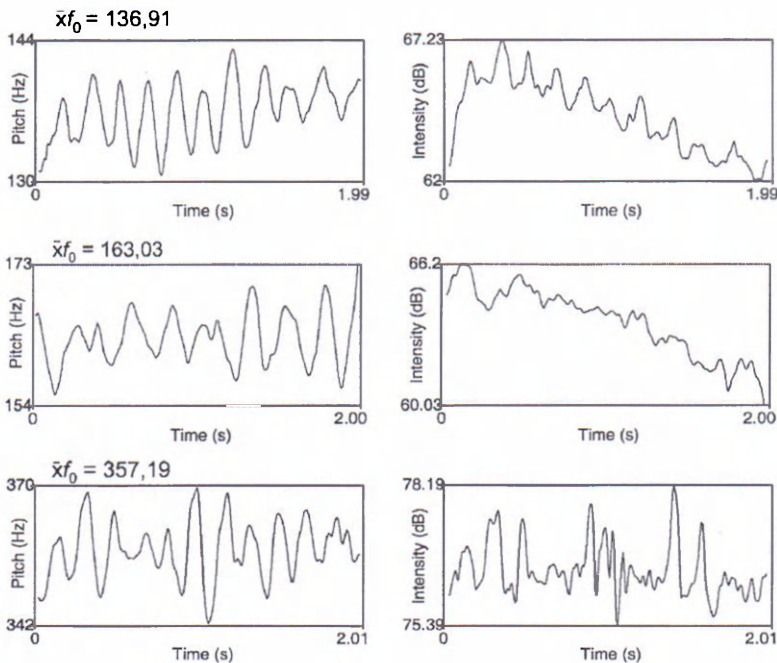
H. B.	$\bar{x}f_0$ (Hz)	min. f_0	maks. f_0	$\frac{1}{4}$ td	$\frac{1}{4}$ tg	min. – td	maks. – tg
v1 s	160.98	147.48	170.90	156.39	165.69	-8.91	5.21
v2 s	181.20	165.29	197.98	176.04	186.51	-10.75	11.48
v3 s	198.30	175.89	216.44	192.65	204.11	-16.76	12.33
v4 s	181.60	165.10	197.44	176.43	186.92	-11.33	10.53
v5 s	164.12	154.11	175.50	159.45	168.93	-5.34	6.57
\bar{x}	177,24	161,57	191,65	172,19	182,43	-10,62	9,22

G. J.	$\bar{x}f_0$ (Hz)	min. f_0	maks. f_0	$\frac{1}{4}$ td	$\frac{1}{4}$ tg	min. – td	maks. – tg
v03 2	93.20	90.13	97.08	90.55	99.93	-0.42	-2.84
v06 2	111.73	104.37	118.25	108.55	121.72	-4.18	-3.47
v16 2	187.75	177.93	197.35	182.40	203.13	-4.47	-5.78
v18 2	214.86	197.41	225.55	208.75	232.15	-11.34	-6.61
v14 2	171.21	158.66	183.41	166.34	188.78	-7.68	-5.37
v23 3	250.09	234.26	261.88	242.97	269.55	-8.71	-7.67
\bar{x}	171,47	160,46	180,59	166,59	185,88	-6,13	-5,29

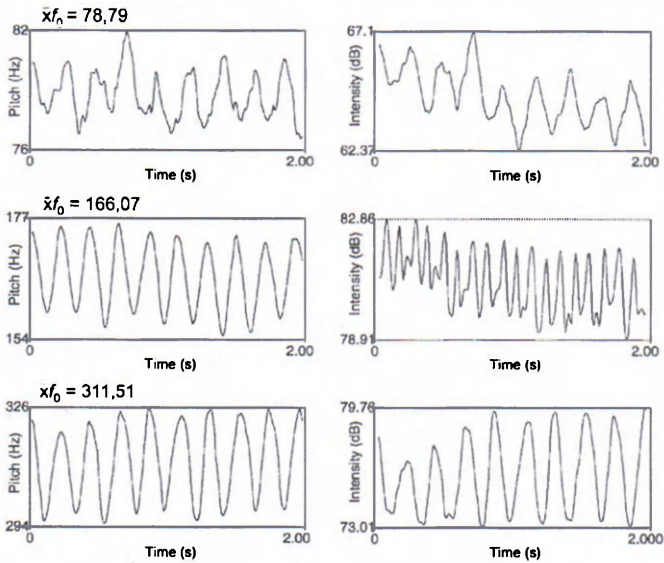
* $\frac{1}{4}$ td: $\frac{1}{4}$ tona dolje

$\frac{1}{4}$ tg: $\frac{1}{4}$ tona gore

Estetski poželjni zamasi trebali bi se držati vrijednosti do $\frac{1}{4}$ tona i gore i dolje od srednjeg tona kao na tablici 8 (T. N.). Iskusni basbariton T. N. ima najtočnije vrijednosti zamaha prema dolje i gore. Zanimljivo je da su i na počecima tona vrijednosti točne, na kraju je lagano nestabilniji prema dolje od srednjega tona, ali manje nestabilan u modulaciji srednje fundamentalne frekvencije nego mlađi pjevački glasovi. Mlađi pjevački glas H. B.-a u sredini tona prosječno premašuje donje dopustive vrijednosti zamaha jer zamasi prelaze preko $\frac{1}{4}$ tona, a prema gore slično premašuju iznad vrijednosti $\frac{1}{4}$ tona (tabl. 8: H. B.). Najmlađi glas bas G. J.-a prema gore od srednjeg tona ne premašuje dopustive vrijednosti (tabl. 8: G. J.) zamaha u sredini tona gdje su podjednaki i unutar $\frac{1}{4}$ tona u svakome smjeru. Najtočniji su mu zamasi f_0 unutar nižeg tona i srednjih tonova, a nešto veći od dopuštenih vrijednosti unutar visokih tonova koji su basu teži za nadzirati. Prema dolje G. J. ima veće otklone zamaha na početku i na kraju tona nego u sredini. Učenjem bi se trebao ispraviti zamah koji se prema dolje spušta prosječno $-6,13$ dB više od dopuštenih idealnih vrijednosti. Normalno je da kod školovanih glasova nadzirano frekvencijsko kolebanje prati i intenzitetsko kolebanje tona (sl. 6, 7 i 8). Iz svih podataka moglo bi se reći da mlađi glas G. J.-a ima predispozicije dobrog pjevačkog višeg basa.

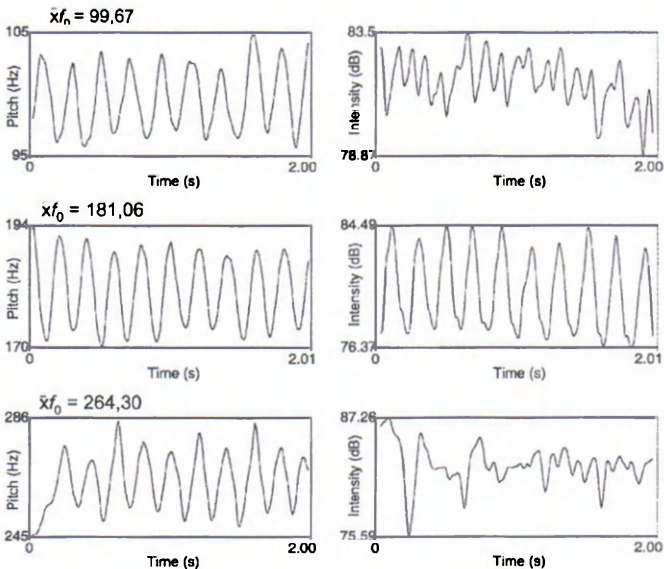


Slika 6. Frekvencijsko i intenzitetsko kolebanje tona (T. N.)
Figure 6. Frequency and intensity fluctuations of the tone (T. N.)



Slika 7.
Figure 7.

Frekvencijsko i intenzitetsko kolebanje tona (H. B.)
Frequency and intensity fluctuations of the tone (H. B.)



Slika 8.
Figure 8.

Frekvencijsko i intenzitetsko kolebanje tona (G. J.)
Frequency and intensity fluctuations of the tone (G. J.)

RASPRAVA

Rasponi frekvencije. Prema međunarodnom standardu IS frekvencijski rasponi su za registar basa od 82,407 do 293,66 Hz, za baritona od 110 do 392 Hz, pa ispitani glasovi prema navedenim vrijednostima odgovaraju rasponu basa (G. J.), odnosno basbaritona (T. N. i H. B.).

Budući da se akustičke varijable statistički znakovito gotovo ne razlikuju na početku, u sredini i na kraju zadržanih tonova kod pjevačkih glasova, slijedi da su pjevački glasovi stabilniji od nepjevačkih tijekom držanja tona u kontroliranom vibratu.

Brzina i zamah. Ovo je ispitivanje utvrdilo da sva tri muška pjevačka glasa imaju odgovarajuću brzinu vibrata, dakle, oko 5 Hz, što je unutar estetski poželjne brzine vibrata školovanih pjevačkih glasova. Zanimljivi su rezultati o zamahu jer pokazuju dvije osobine na koje može utjecati školovanje glasa: 1. izvježbaniiskusni glasovi točni su i u zamahu, a ne samo u brzini vibrata i zadržavaju i u kasnijoj dobi dobru kontrolu modulacije tona u odnosu prema srednjem tonu s vibratom, 2. mlađi su bili kolebljiviji u nadzoru zamaha. Na temelju rezultata može se predvidjeti i buduća uspješnost određenog profesionalnoga glasa, jer točne modulacije tona ne svjedoče samo o godinama školovanja, nego također o individualnom talentu. Naravno, ova se tvrdnja ne odnosi posve na dva mlađa pjevača koji su sudjelovali u ovom istraživanju, jer oni po dobi i pjevačkom iskustvu nisu još dostigli optimalne pjevačke godine. Stoga bi pedagoški bilo vrlo korisno da pjevački glasovi tijekom školovanja kontroliraju i s fonetičarem akustičke osobine impresionističkih dojmova o glasu, koji su također važni i mogu se ugađati s pedagogom pjevanja. Ovakvo istraživanje želi otvoriti suradnju i s hrvatskim pjevačkim školama na razini akademskog školovanja pjevačkih glasova. Interdisciplinarnost u praćenju i proučavanju umjetničkih glasova tijekom i nakon školovanja moglo bi donijeti i novu pedagošku i izvedbenu kvalitetu. Poznato je da amateri, primjerice u zbornom pjevanju, nemaju vibrato i u izvedbama koje ga zahtijevaju (Miller, 1996). To se može očekivati jer se vibrato postiže vježbom i treba dosta vježbanja da ne vibrantni glasovi postignu naravan vibrato s točnom brzinom i zamahom, da se izbjegne prespor ili prebrz vibrato, modulacije tona te da ne bude samo izjednačen s tremolom nego da bude njegovan i u intenzitetskim modulacijama. Dakle, ovakvim istraživanjima postižu se znanstvena i pedagoška praćenja kvalitete vibrata.

Kod pjevačkih glasova jitter i shimmer su kontrolirani i kultivirani te doprinose ljepoti pjevačkoga glasa. Obradeni vokalni tremor estetski daje bogatstvo glasu. Zanimljivo je da su prosječne vrijednosti shimmera za tonove na počecima, u sredini i na kraju fonacije za pjevačke glasove bliske vrijednosti dok se nepjevačkim glasovima shimmer nekontrolirano povećava prema kraju za više od dva puta. Dakle, kod pjevačkih glasova shimmer ide zajedno s kontroliranim jitterom i estetski je određena količina shimmera nužna da glas ne zvuči prazno, nego pjevački njegovano. Zadivljujuće je koliko je estetski sačuvan stariji pjevački

glas, iako su rezultati pokazali da postoji tendencija porasta shimmera prema kraju držanja tona, ali ne i znakovita. Općenito je teže pjevati u točnom vibratu s točnom brzinom i zamahom, nego u presporom ili prebrzom te s premalim ili prevelikim shimmerom. Tremor postaje disperiodičan kad se slabije može nadzirati, stoga je izvježbanost glasa iznimno važna, kao i talenat. Ova su objašnjenja o proizvodnji vibrata starijega pjevačkoga glasa fonetske naravi, dok bi liječničke zamjedbe bile prije svega usmjerene na to kako napreduju staračke promjene na organima koji sudjeluju u pjevačkom procesu. Na temelju ovih rezultata samo posredno možemo tvrditi da još očito nisu nastupile takve promjene u većem stupnju, jer da jesu talenat i tehnika pjevanja ne bi mogli nadoknaditi nemogućnost nadziranja proizvodnje glasa s visoko postavljenim estetskim zahtjevima u opernom pjevanju s vibratom. Prema tomu, indeksikalni naziv "starački glas" ne odnosi se na sve osobe starije dobi, već na one koje imaju glas takve kvalitete.

Kad se uspoređuju sve mjere vibrata na svim pjevačkim glasovima na različitim notama zamjetno je da se dobar vibrato događa pouzdanije na srednjim pjevačkim rasponima tonova f_0 . Stoga točno izmjerene vrijednosti brzine i zamaha vibrata na svim tonovima opsega pjevačkoga glasa mogu biti korektivi i pomoćna metoda praćenja tijekom učenja pjevanja, ali i tijekom pjevačke karijere.

ZAKLJUČAK

Općenito se može reći da se za donošenje završnih zaključaka treba nastaviti istraživanje na većem broju pjevačkih glasova. Stoga su zaključci koji slijede operacionalni, tj. doneseni na temelju tri pjevačka glasa i mogu pokazivati neke pravce u držanju i kretanju tona u vibratu. Završni zaključci moći će se donijeti na temelju istraživanja većeg broja muških pjevačkih glasova.

1. Pjevački glas je stabilniji od nepjevačkih jer nema toliko statistički pouzdanih razlika unutar akustičkih varijabli tijekom trajanja tona, tj. ton je stabilniji tijekom trajanja nego kod nepjevačkih glasova.
2. Rezultati pokazuju da je brzina vibrata u sklopu standarda dobrog pjevačkog glasa; kod znamenitog basbaritona iznosi 6 Hz na njegovim srednjim tonovima do iznad 150 Hz, 5,1 za nešto više f_0 i spušta se između 4,28 do 4,65 Hz za neke niže tonove, iz čega slijedi da je vibrato sporiji na nižim tonovima; kod mlađih pjevačkih glasova, basbaritona i basa brzina vibrata je oko 5 Hz, prosječno su najmanje vrijednosti kod basa. Možemo zaključiti da je to unutar estetski poželjnog vibrata koji znanstvenici postavljaju između 5 i 6 Hz.
3. Dobar vibrato pouzdaniji je na srednjim pjevačkim rasponima tonova f_0 , nego na vrlo niskoj i vrlo visokoj f_0 .
4. Zamah je točniji kod iskusnoga pjevačkoga glasa, a točnije vrijednosti kod mlađih glasova upućuju i na talenat.
5. Ukupni rezultati pokazuju da se školovanjem brže postiže točna brzina vibrata nego zamah, koji više nego brzina ovisi i o individualnom talentu, a ne samo o godinama školovanja.

6. Vibrato se zornije može uočiti na višim harmonicima, što je vidljivo kod sva tri pjevačka glasa.
7. Za vibrato je važan i obrađeni nadzirani tremor jer i on daje bogatstvo glasu. Stoga kod dobrih pjevačkih glasova i shimmer mora biti nadziran i kultiviran.
8. Iz svih podataka može se zaključiti da se nije pokazala potpuna stalnost svih akustičkih vrijednosti vibrata kod pojedinačnih pjevačkih glasova: različita brzina ovisi o tonu, vokalu, vrsti pjevanja (zadržani ton ili zadržani ton u ariji). I zamasi variraju ovisno o visini tona.
9. Pjevački glasovi imaju nadziraniji odnos HNR-a tijekom trajanja tona od nepjevačkih glasova.

REFERENCIJE

- Dejonckere, P. H., Hirano, M., Sundberg, J.** (ur.), (1995). *Vibrato*. San Diego: Singular Pub.
- Horii, Y.** (1989). Acoustic Analysis of Vocal Vibrato: A Theoretical Interpretation of Data. *Journal of Voice* 3, 1, 36-43.
- Miller, R.** (1994). The Mechanics of Singing: Coordinating Physiology and Acoustics in Singing. U M. S. Benninger, B. H. Jacobsen i A. F. Johnson (ur.), *Vocal Arts Medicine*, 61-71. New York: Thieme Medical Publishers.
- Miller, R.** (1996). *On the Art of Singing*. New York, Oxford: Oxford University Press.
- Prame, E.** (1994). Measurements of the vibrato rate of ten singers. *Journal of the Acoustical Society of America* 96, 1979-1984.
- Prame, E.** (1997). Vibrato extent and intonation in professional Western lyric singing. *Journal of the Acoustical Society of America* 102, 616-621.
- Rothenberg, M., Miller, D., Molitor, R.** (1988). Aerodynamic investigation of sources of vibrato. *Folia Phoniatrica* 40, 244-260.
- Shipp, T., Doherty, T., Haglund, S.** (1990). Physiologic factors in vocal vibrato production. *Journal of Voice* 4, 300-304.
- Sundberg, J.** (1982). Perception of singing. U D. Deutsch (ur.), *The Psychology of Music*, 83-84. New York: Academic.
- Titze, I. R., Story, B., Smith, M., Long, R.** (2002). A reflex resonance model of vocal vibrato. *Journal of the Acoustical Society of America* 111, 5, 2272-2282.
- Varošanec-Škarić, G.** (2005). *Timbar*. Zagreb: FF press.
- Varošanec-Škarić, G.** (2006). Postavljanje i spektralne osobine glasa u zapadnom opernom pjevanju. U *Dani Petra Guberine – Sažeci*, 7-8. Zagreb: Poliklinika SUVAG. Placement and spectral characteristics of voice in the Western opera singing, pp. 53-54.

Gordana Varošaneć-Škarić
Faculty of Humanities and Social Sciences, Zagreb
Croatia

VIBRATO IN TRAINED MALE SINGING VOICES

SUMMARY

Frequency modulation of the fundamental frequency was investigated in 3 trained male opera singing voices: a renowned elder bass-baritone (80 years of age) and two younger singing voices (a bass-baritone and a bass, 24 and 22 years of age), who were recorded in identical conditions. Recorded material consisted of prolonged vowels in singing arias, vocalises, ditties and scales. Narrow-band spectrogram analyses, figures of periodic frequency changes, vibrato rate and extent, f_0 means, standard deviations and ranges (minimum and maximum f_0), jitter (%), shimmer (dB) and HNR (dB) were performed by the Praat software. Six healthy non-singing male voices were the control group. Their recorded material consisted of the vowel /a/ phonation. The results showed that singing voices were more stable than their non-singing counterparts, since there were not many statistically significant differences between groups for a particular acoustic variable. Only tones with satisfying duration between waves were taken into account for the analysis of vibrato. Since the rate of vibrato is higher towards the end of the tone, the middle part of the tone was used for the calculation of the rate of vibrato. The results show that the rate of vibrato is within the standards of good singing voice: average rate is 5.23 Hz in the experienced bass-baritone, 5.28 Hz in the young bass-baritone and 5.03 Hz in the young bass (basso cantante) with variability changing depending on the notes and age. The extent of vibrato is precise in elder world-renowned bass-baritone Tomislav Neralić. In the young bass-baritone the extent of vibrato exceeds the recommended values of $\frac{1}{4}$ of the tone above and below the mean. The extent of vibrato is precise at low and mid tones in the young bass. Singing vibrato also entails a refined vocal tremor. It is therefore wonderful how older singing voice is aesthetically preserved. Namely, although tremor is disperiodic throughout the tone, shimmer is not significantly changed. When vibrato performance on different notes is compared, it can be concluded that a good vibrato is more often found in mid ranges of f_0 , then in low or very low ranges. There is no consistency of vibrato in each singer. Namely, the rate of vibrato depends on the vowel, tone and interpretation – the type of singing.

Key words: vibrato, trained male singing voice, singing voice, acoustic analysis of voice