

# Efekt zvyšování hlasitosti na spektrální charakteristiky hlasu u různých typů použití hlasu a u různých skupin hlasových profesí

Marek Frič

Výzkumné centrum hudební akustiky (MARC)

Zvukové studio Hudební fakulty Akademie múzických umění v Praze, Malostranské nám. 13, 118 00 Praha 1  
e-mail: marek.fric@hamu.cz

A gain factor (GF) has previously been determined as an amount of gain per frequency band related to an increase in overall sound pressure level. There has been published the dependence of GF on the vocal loudness, subglottal pressure or vocal effort variation, acoustic spaces, gender and age differences. This study examines changes of GF in 3 different voice tasks (habitual speaking voice, supported speaking voice and singing) and in 3 groups of voice users, separately for both genders: professional operatic singers, professional actors and a nonprofessional control group of 20 students of 1st class of acting. GF was calculated from third-octave spectral characteristics of manually extracted long vowels /a:/ (approximately 300 ms duration) when gradually increasing loudness of the word /ma:ma/. Mean overall GF values were compared by Student's *t*-test for the 3 tasks and the 3 groups. Generally, no statistical difference was found in GF between habitual and supported speaking in all groups of subjects, significant difference was found between speaking and singing. Results suggest that different groups use different spectral gain strategies in different voice tasks. From reported results could be presumed that different strategies in gradual increasing of the voice loudness divided spectrum in 5 specific bands.

## 1. Úvod

Jedním ze základních požadavků hlasových profesionálů (nejenom herců a zpěváků, ale i učitelů, manažerů a prodáváčů) je přizpůsobení se zvýšené hlasové zátěži v jejich každodenní praxi. Pracovní podmínky při profesním používání hlasu, nutnost vystupování před širším publikem a ve větších prostorech, vyžadují hlavně zvýšení hlasitosti.

Při změně hlasitosti hlasu se obecně uplatňují tři vázané systémy: ovládání výdechu, fonační nastavení a nastavení vokálního traktu. Ovládání výdechového tlaku a průtoku vzduchu z plic v konečném důsledku mění subglotický (podhlasivkový) tlak, který je základním faktorem změny hlasitosti [1]. Fonační nastavení na úrovni hrtanu, v závislosti na způsobu nastavení napětí hlasivek, ovlivňuje proudění vzduchu přes hlasivkovou šterbinu (glottal flow). Nastavení rezonančních vlastností vokálního traktu ovlivňuje způsob zesílení jednotlivých spektrálních oblastí.

Na úrovni hlasivek je za hlavní faktor podílející se na ovládání hlasitosti považována míra jejich dovržení (addukce). S nárůstem addukce hlasivek se zvyšuje aerodynamický odpor hlasivek vůči proudění vzduchu z plic, a tím se zvětšuje subglotický tlak. To znamená, že při rozevržení hlasivkové šterbiny proudí mezi hlasivkami vzduch větší rychlostí. Hlasivkový puls má tedy větší amplitudu. V modálním (hrudním) rejstříku se s nárůstem hlasitosti zkracuje doba otevření hlasivek (open quotient – OQ) [2]. Vyšší míra addukce zvyšuje rychlost uzavírání hlasivek, čímž se prohlubuje záporný vrchol první derivace „glottal flow“ [3, 4] – označovaný jako „Maximum flow declination rate“ (MFDR).

Z akustického hlediska se zvyšování hlasitosti projevuje nárůstem hladin harmonických zejména vyšších spektrálních oblastí [1, 5, 6].

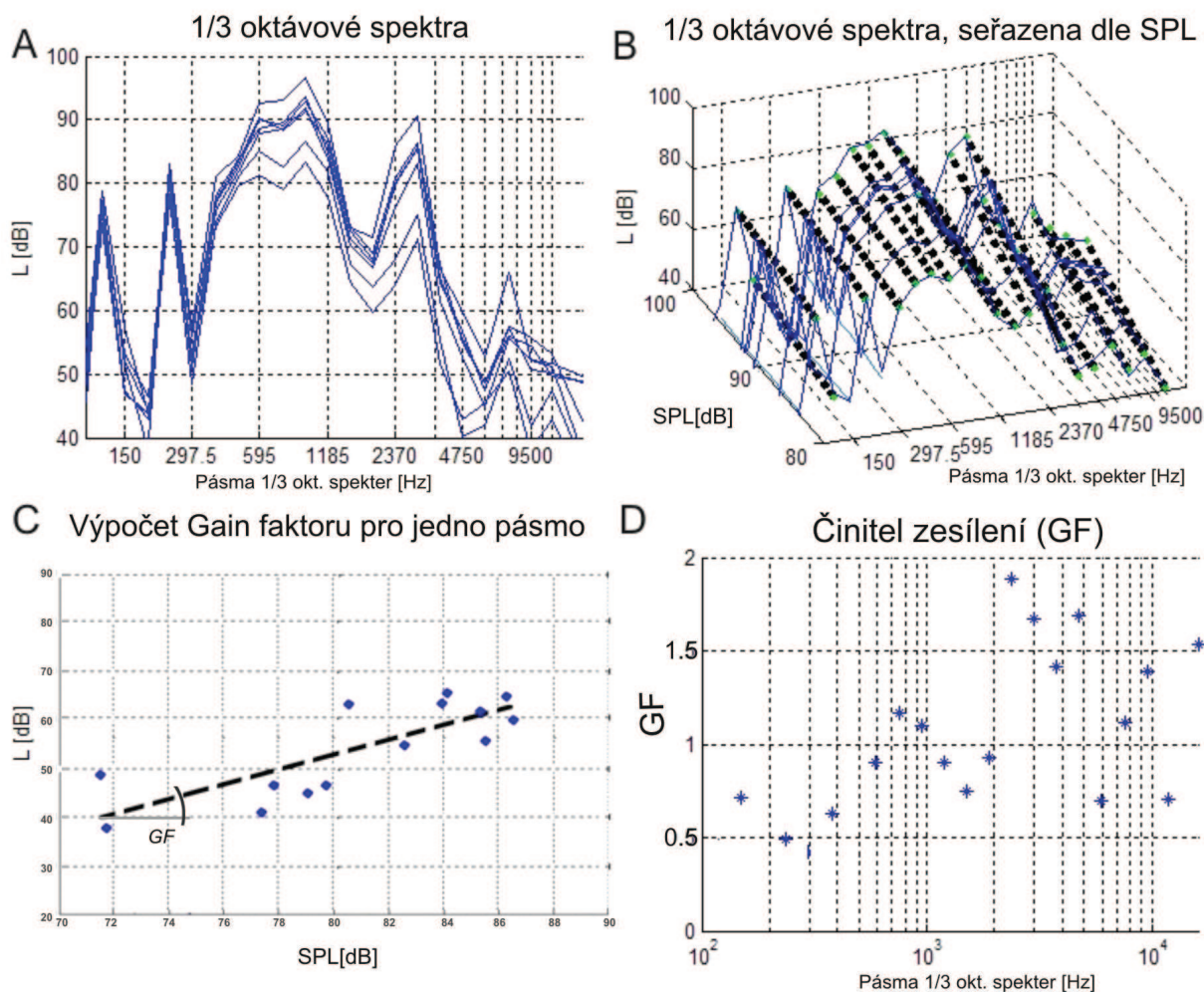
Při analýze snižování celkové hlasitosti (decrecendo vokálů /ae, a/) byla u profesionálních barytonů prokázána existence lineárního vztahu mezi rozdílem hladin akustického tlaku (SPL) spektrálních oblastí prvního formantu a pěveckého formantu (L1–LSF) a logaritmem subglotického tlaku [1].

Ternström prokázal, že při přirozeném zvyšování hlasitosti (při volání nebo při zvyšování námahy hlasu (voice effort)) narůstá základní frekvence, narůstají střední frekvence formantů  $F_1$ ,  $F_3$  a prodlužuje se délka vokálů [6].

Pro účely hodnocení závislosti nárůstu hladin jednotlivých spektrálních oblastí vzhledem k celkové hladině akustického tlaku dB (SPL) byl zaveden **činitel zesílení** GF (gain factor) [6]. GF odpovídá směrnici přímky proložené přes hodnoty akustických hladin sledovaného spektrálního pásma vztahených k celkové hladině akustického tlaku v dB (SPL) – viz rovnice (1), grafická interpretace – viz obrázek 1C

$$GF_{\text{pásma}} = \frac{\Delta L_{\text{pásma}}}{\Delta \text{SPL}} . \quad (1)$$

Cílem této studie je zjištění základních strategií použití hlasu při zvyšování hlasitosti a jejich akustická charakterizace pomocí sledování hodnot činitelů zesílení u různých hlasových profesionálů. Herci a zpěváci reprezentují specificky trénovanou skupinu subjektů, naproti tomu začínající studenti herectví reprezentují běžnou populaci.



Obrázek 1: Zobrazení výpočtu činitele zesílení (GF). A) Třetiooktávová spektra vybraných vokálů, které splňují podmínku základní frekvence v rozmezí púltónů od sledované výšky hlasu. B) Tato spektra jsou seřazena dle vypočítané celkové hladiny dB (SPL). C) GF byl vypočten jako směrnice přímky (vyznačena přerušovanou čarou) tvořené hladinami sledovaného spektrálního pásma 1/3-oktávových spekter (zobrazeno na ose  $y$ ) vzhledem k celkové hladině akustického tlaku dB (SPL) vokálů (zobrazeno na ose  $x$ ). Na D) jsou zobrazeny výsledné hodnoty GF (bezrozměrné číslo) v 1/3-oktávových pásmech, jejichž hladina statistické významnosti korelačního koeficientu lineární regrese byla  $p < 0,05$

## 2. Materiál a metody

Pro účely studia zvyšování hlasitosti byly pořízeny nahrávky 20 hlasových profesionálů (herců a zpěváků) a 20 hlasových neprofesionálů (studentů prvního ročníku herectví na DAMU Praha). Počty subjektů v jednotlivých skupinách jsou popsány v tabulce 1.

Všichni (N = 40)	Profesionálové (N = 20)		Neprofesionálové (N = 20)
	herci	zpěváci	studenti 1. ročníku herectví
muži 21	7	3	11
ženy 19	4	6	9

Tabulka 1: Rozložení subjektů při nahrávkách hlasu

### 2.1. Nahrávky

Se všemi subjekty byla uskutečněna nahrávka tří hlasových úkonů dle metodiky [7]: 1) **habituální (neopřemýšlený) mluvní hlas**; 2) **opřemýšlený (jevištní) mluvní hlas** (v případě studentů šlo o jejich představu opřemýšleného hlasu); 3) **zpěvní hlas**. Pro všechny hlasové úkony bylo nahráno postupné zvyšování hlasitosti slova „máma“ v předem určené výšce hlasu, postupně pro všechny výšky (s celotónovým rozestupem) z celkového tónového rozsahu hlasu daného hlasového úkonu u sledovaného subjektu v jeho modálním hlasovém rejstříku. Rejstřík a hlasový úkon byly kontrolovány percepčně při nahrávce.

**Nahrávací sestava** Nahrávky byly provedeny ve Zvukovém studiu DAMU pomocí dvou kondenzátorových mi-

krofonů typu Sennheiser K6P s vložkou ME 62 s kulovou směrovou charakteristikou. Mikrofony byly umístěny ve vzdálenosti 30 a 100 cm v přímém směru od úst subjektu, před bližším mikrofonem byl umístěn „pop-filtr“ pro eliminaci turbulencí vzduchu. Nahrávky byly pořízeny v bezeztrátovém formátu wav, s 24bitovou hloubkou a vzorkovací frekvencí 48 kHz.

**Separace vokálů** Ze všech nahrávek byly interaktivně při poslechu separovány vokály /a:/ pomocí vlastního software vyvinutého v prostředí MATLAB. Na podkladě širokopásmového spektrogramu byly určeny hranice vokálů a konkrétní výřez vokálu o délce 100–300 ms byl prováděn v jeho střední části. Současně byl vokál kontrolován poslechem. Z důvodu odstranění lupnutí při poslechu byl výsledný pseudostacionární segment vokálu upraven konstantním lineárním náběhem 20 ms na začátku a konstantním lineárním ztišením 30 ms na konci výřezu.

## 2.2. Výpočet GF

Pro všechny hlasové úkony separátně byly postupně vypočteny činitele zesílení (GF) pro všechny výšky hlasového rozsahu subjektů v daném úkonu s celotónovým rozestupem. Výpočet byl uskutečněn následovně (viz obrázek 1): A) ze skupiny všech vokálů separovaných pro konkrétní hlasový úkon, byly postupně vybrány vokály, jejichž průměrná výška byla v rozmezí plus/minus jednoho půltónu od sledované výšky. B) Z akustických třetino-oktávných spekter vybraných vokálů byly vypočteny lineární regrese hladin jednotlivých pásem spekter vůči celkové hladině akustického tlaku (SPL) vokálů. Hodnoty GF odpovídají směrníci vypočtených přímkou lineárních regresí.

U konkrétní sledované výšky byly vypočteny GF jenom pro spektrální pásma se střední frekvencí vyšší než daná základní frekvence. Z výpočtu tak byla eliminována spektrální pásma pod základními frekvencemi sledovaných vokálů. Do dalšího zpracování byly zahrnuty jenom ty hodnoty GF, u kterých lineární regrese dosáhla hladiny statistické významnosti  $p < 0,05$ .

Následně byly hodnoty GF jednotlivých spektrálních pásem zprůměrovány pro všechny hodnoty sledovaných výšek hlasu konkrétního subjektu a konkrétního hlasového úkonu.

## 2.3. Statistické zpracování

Pro všechny typy hlasových úkonů byly porovnány vypočtené hodnoty GF ve všech pásmech 1/3-oktávných spekter. Pomocí Studentova  $t$ -testu byly porovnány tyto hodnoty pro jednotlivé skupiny subjektů, zvlášť pro muže a zvlášť pro ženy.

## 3. Výsledky

Hodnoty činitelů zesílení (GF) spektrálních oblastí se pohybovaly pro všechny úkony a všechny subjekty v rozmezí

hodnot 0 až 2,5. V pásmech pod 500 Hz v zásadě GF dosahovalo hodnoty v rozmezí 0 až 1. Nejvyšší hodnoty činitelů zesílení dosahovaly hodnot 1,5 až 2,5 (v závislosti na skupině a hlasovém úkonu). Nejvyšší hodnoty GF byly zásadně v oblastech 2,0–3,5 kHz, což ve spektrální oblasti odpovídá oblastem pěveckého, respektive řečnického formantu. Druhé nejvyšší lokální maximum GF bylo v oblasti cca 1200 Hz, což odpovídá pásmu druhého formantu českého vokálu /a:/.

Porovnání GF pro konkrétní skupinu subjektů mezi jednotlivými hlasovými úkony je uvedeno v tabulce 2.

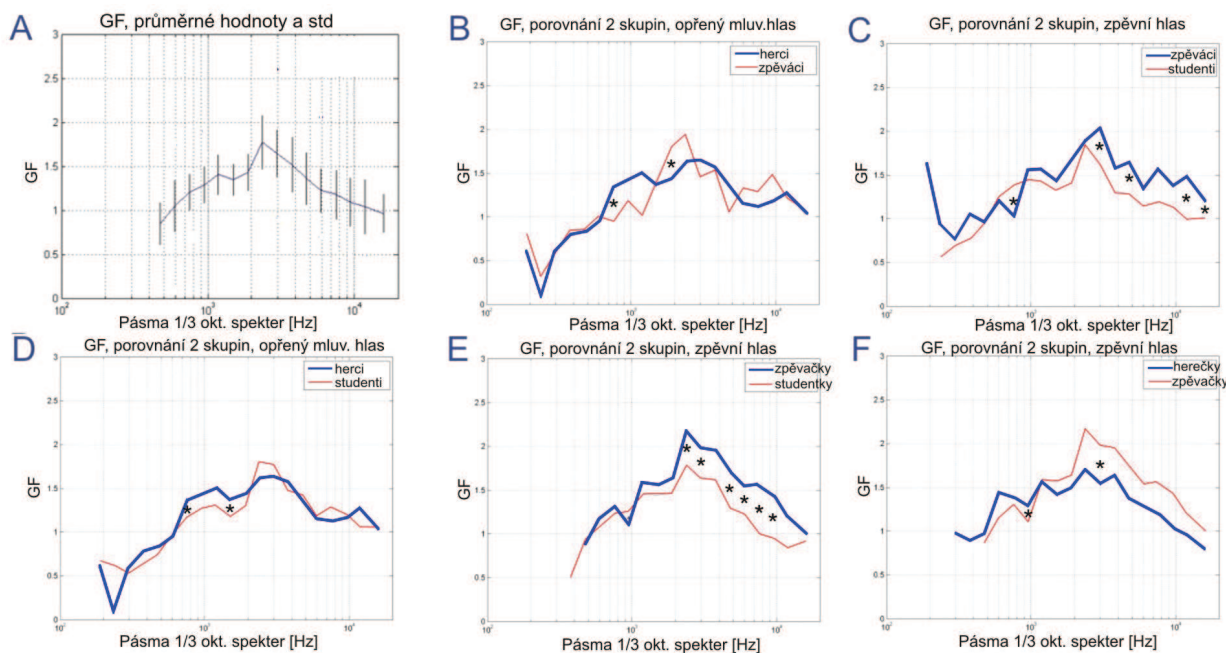
Ve všeobecnosti nebyly nalezeny rozdíly mezi GF habituálního a opřeného mluvního hlasu ve všech skupinách, kromě profesionálních herců mužů a profesionálních hereček, kde v obou případech byly hodnoty GF vyšší pro opřenou řeč v pásmech 190 Hz respektive 4750 Hz.

Největší rozdíly v hodnotách GF byly pozorovány mezi mluvním hlasem a zpěvem. Porovnání výsledků mezi GF pro habituální řeč a pro zpěv ukazuje různé rozdíly zesilování jednotlivých pásem třetino-oktávného spektra pro jednotlivé skupiny: muži-zpěváci nevykazují žádný rozdíl v GF, muži-herci zesilují při zpěvu více oblast prvního, druhého a pěveckého formantu (0,6; 1,9 a 2,9 kHz); muži-studenti více zesilují při zpěvu oblast prvního a druhého formantu v porovnání s habituální řečí. U žen bylo pozorováno při zpěvu vzhledem k habituální řeči větší zesilování: prvního formantu u zpěvaček; druhého formantu a vysoké oblasti 9,5 kHz u hereček; a větší zesilování prvního i druhého formantu u studentek.

Obecně větší hodnoty GF byly pozorovány při zpěvu vzhledem k opřené mluvě u mužů: u zpěváků v oblastech prvního i druhého formantu a oblasti 4,7 kHz; u herců v oblasti prvního a pěveckého formantu; u studentů pro celou hlubší oblast spektra (0,4–1,2 kHz). U žen byly podobně pozorovány vyšší hodnoty GF pro zpěv vůči opřené řeči: u zpěvaček v oblasti prvního a pěveckého formantu (0,6–0,8 kHz a 1,9–3 kHz), u hereček v oblasti druhého formantu a druhého antiformantu (1,2–1,9 kHz); a u studentek v téměř celé spektrální oblasti (0,5–3,0 kHz) kromě pásma druhého antiformantu (1,5 kHz).

Rozdíly v GF mezi jednotlivými skupinami pro konkrétní hlasové úkony jsou uvedeny v tabulce 3. Nejvýznamnější rozdíly v hodnotách GF mezi skupinami subjektů pro konkrétní použití hlasu jsou znázorněny na obrázku 2, pásma se statisticky významnými rozdíly GF jsou označena hvězdičkou.

Pro habituální hlas je u mužů typické, že zpěváci více zesilují oblast druhého antiformantu jak vzhledem k hercům, tak vzhledem ke studentům. Podobně se tímto způsobem odlišují zpěváci od herců (viz obrázek 2B) a studentů (viz obrázek 2D) při opřené mluvě. Zpěváci se dále při opřené řeči významně odlišují i v oblasti prvního formantu, který naopak proti hercům i studentům zesilují méně. U zpěvu mužů nebyly nalezeny statisticky významné odlišnosti mezi herci a zpěváky, obě tyto skupiny se ale odlišovaly od studentů: studenti dosahovali vyšších hodnot GF v oblasti 1. formantu a nižších v oblasti pě-



Obrázek 2: A) Průměrné hodnoty GF vypočtené pro všechny skupiny a všechny úkony (plná čára), standardní odchylky naměřených GF (vertikální čáry). B–F) Výsledky statistického porovnání GF v pásmech třetino-oktávových spekter mezi různými skupinami subjektů při různých hlasových úkonech. Hvězdičkami jsou vyznačena pásma statisticky signifikantních rozdílů hodnot GF ( $p < 0,05$ ) dle  $t$ -testu. První skupina je vyznačena modře a tlustě, druhá červeně a tenče. Porovnání průměrných hodnot GF: B) mezi muži herci a zpěváky při opřené hlasu; C) mezi muži zpěváky a studenty při zpěvu; D) mezi muži herci a studenty při opřené mluvním hlasu; E) mezi ženami zpěvačkami a studentkami při zpěvu; F) mezi ženami herečkami a zpěvačkami při zpěvu

veckého formantu vzhledem k zpěvákům (viz obrázek 2C), vůči hercům se při zpěvu odlišovali nižšími hodnotami GF v oblasti jak druhého, tak pěveckého formantu.

U žen, podobně jako u mužů, více zesilují oblast pěveckého formantu zpěvačky při habituálním hlasu jak vůči herečkám, tak i vůči studentkám. U opřené mluvy byly nalezeny statisticky významné rozdíly jenom mezi zpěvačkami a studentkami v oblastech pěveckého formantu a vyšších spektrálních oblastech (7,5–10 kHz), kde zpěvačky dosahovaly vyšších hodnot GF. U zpěvu se vylučovaly zpěvačky vůči herečkám (viz obrázek 2F) i vůči studentkám (viz obrázek 2E) vyššími hodnotami GF v oblasti pěveckého formantu a nižšími hodnotami v oblastech 2. formantu. Porovnání GF hodnot hereček a studentek u zpěvu ukazuje zvýšení hodnot GF v oblasti prvního formantu a oblasti 7,5 kHz u hereček.

#### 4. Diskuze

V článku byly prezentovány výsledky měření činitele zesílení (gain factor) pro gradaci hlasitosti vokálu „a“. Pomocí statistického testu byly porovnány hodnoty GF globálně pro tři způsoby užití hlasu (habituální, opřené mluvním hlas a zpěvním hlas) a tři skupiny hlasových uživatelů: profesionálních zpěváků a herců a začínajících studentů herectví na DAMU Praha. Pomocí uvedené kategorizace byl proveden

odhad a charakterizace různých strategií použití hlasu uvedených skupin subjektů.

Podobně jako v [5] byly změřeny nejvyšší hodnoty GF pro všechny skupiny uživatelů a všechny hlasové úkony v oblastech 1,5–3 kHz (viz obrázek 1D a 2A). Průměrné hodnoty GF pro celý tónový rozsah hlasu mají podobný tvar třetino-oktávových spekter (viz obrázek 2B–F), tedy jejich globální maxima odpovídají formantům vokálu „a“ (zejména prvnímu v oblasti 0,6–0,8 kHz, druhému v oblasti 0,95–1,2 kHz a pěveckému formantu v oblasti 2,4–3,0 kHz) a minima odpovídají antiformantům (zejména v oblasti 1,5–2 kHz antiformantu mezi 2. a pěveckým formantem). Z uvedených údajů je možno odhadnout strategii zesilování jednotlivých spektrálních oblastí v závislosti na použití hlasu a konkrétní skupině uživatelů hlasu.

Z akustického hlediska byl popsán rozdíl mezi mluvním a klasickým pěveckým hlasem (operní zpěv) v spektrální oblasti tzv. „pěveckého formantu“ (singer’s formant) [8]. Dle uvedeného vzniká pěvecký formant jako spojení formantů  $F_3$ – $F_5$  s výrazným posílením akustické energie v rozmezí 2,3–3,8 kHz. Pěvecký formant umožňuje, aby byl zpěvák odlišen od orchestrálního doprovodu, a je spojován se zvonivou (ringing) barvou hlasu.

Podobně i uvedená měření ukazují největší rozdíly mezi zpěváky a nezpěváky (herci a studenty) v naměřených hodnotách GF v oblasti pěveckého formantu u mužů

zejména při zpěvu a u žen i při habituálním hlase, proto je možno předpokládat, že tato oblast je zodpovědná za odlišení pěveckého hlasu od nepěveckého.

Profesionální mluvní technika je podobně spojována s řečnickým formantem (speaker's, actor's formant) vznikajícím přiblížením 3. a 4. formantu [9]. Vyznačuje se posunutou centrální frekvencí formantu k vyšším frekvencím (3 kHz) a nižšími akustickými hladinami v porovnání s pěveckým formantem. Další charakteristikou profesionálního mluvního hlasu je další rezonanční vrchol (formant) v okolí 8 kHz [10]. V této studii byly také pozorovány rozdíly v GF ve vysokých spektrálních oblastech (cca 7,5 kHz) zejména pro zpěvačky v porovnání s ostatními skupinami žen pro všechny typy použití hlasu, proto je možno předpokládat, že toto pásmo je charakteristické hlavně pro zpěvní ženský hlas.

Uvedené výsledky, vzhledem k malým počtům jednotlivých subjektů v jednotlivých skupinách hlasových profesionálů, není možno zobecňovat. Předběžné výsledky ale naznačují, že 1/3-oktávová spektra na základě hodnocení činitelů zesílení je možno rozdělit do pěti zásadních oblastí:

- První významnou spektrální oblastí se ukazuje **oblast 1. formantu** (500–800 Hz), která je obecně při zpěvu víc zesilována než v mluvním projevu. Také je více zesilována při opřené řeči u profesionálních herců vůči zpěvákům i studentům a v habituální řeči u hereček vůči studentkám.
- Druhou významnou oblastí je frekvenční **oblast 2. formantu** (0,8–1,2 kHz). V této oblasti je možno odlišit pravděpodobně neškolenou strategii zpěvu, protože její vyšší hodnoty GF jsou typické pro zpěv studentů na rozdíl od zpěváků a profesionálních herců.
- Třetí důležité pásmo je **oblast mezi 2. formantem a pěveckým formantem** (1,5–2 kHz) – tj. oblast 2. antiformantu, která je pravděpodobně typická větším zesilováním u profesionálního zpěvu. Zesilují ji více zpěváci při všech hlasových úkonech, ale i ostatní skupiny hlavně při zpěvu v porovnání k mluvním úkonům.
- Další specifickou oblastí je **oblast pěveckého nebo řečnického formantu** (2,1–3,2 kHz). Je více zesilována při zpěvu než při opřené mluvě nebo habituálním hlase.
- Interpretace vysoké **spektrální oblasti nad 3,7 kHz** je diskutabilní, protože odpovídá jak za odlišení habituální mluvy hereček od jejich opřené řeči a zpěvu, tak za odlišení profesionálních zpěváků (mužů i žen) od studentů, kdy profesionálové dosahují vyšší GF v této oblasti při zpěvu.

Výsledky této studie jsou jenom orientační, protože uvedené skupiny subjektů byly rozděleny jenom na základě jejich profese, a tím se do jednotlivých skupin dostalo málo

subjektů. Pro zvýšení relevance výsledků, by bylo vhodné rozdělení subjektů na skupiny lepších a horších řečníků nebo zpěváků na základě poslechových testů.

Vzhledem k uvedenému postupu statistického zpracování - porovnání hodnot GF pro celkový tónový rozsah, nebylo možné sledovat hodnoty GF separátně pro pásma jednotlivých nízkých harmonických složek. Pro možnost porovnání GF faktorů typických pro první a druhou harmonickou je nutno separátně porovnávat GF faktory pro konkrétní výšku hlasu, ale pro statistické ohodnocení by bylo nutno porovnávat větší počet subjektů.

Popisované výsledky charakterizují způsob zvyšování hlasitosti u jednotlivých skupin subjektů jenom z akustického – spektrálního hlediska. Pro jejich interpretaci z hlediska fyziologie a funkce hlasového systému (tedy charakterizaci použití dechu, funkcí kmitání hlasivek nebo nastavení vokálního traktu) je nutno akustická měření spojit s jinými metodami sledování hlasových funkcí (např. elektrolottografií).

Specifickou akustickou interpretaci akustických výsledků bude možno provést při doplnění uvedených dat o jiná akustická měření (např. poměry energie vyšších spektrálních oblastí vzhledem k nižším oblastem – definovaných jako parametry – **vyváženosti spektra** (spectral balance) [11], nebo separátní pozorování poměru hladin prvních dvou harmonických, či sledování jiných parametrů hlasových signálů). Této problematice se budou věnovat navazující studie.

## 5. Závěr

Činitel zesílení (gain factor) je parametr, který popisuje míru zesílení jednotlivých spektrálních oblastí při změně celkové hlasitosti hlasu. Naměřené průměrné hodnoty ukazují, že lokální maxima GF odpovídají druhému „vokalic-kému“ formantu a vyššímu formantu - pravděpodobně odpovídajícímu pěveckému nebo řečnickému formantu. Statistické porovnání hodnot GF mezi různými hlasovými úkony jednotlivých skupin subjektů naznačuje na různé strategie zesilování hlasu. Porovnání jednotlivých skupin subjektů (s rozdílným způsobem hlasového tréninku) mezi sebou pro konkrétní hlasový úkon naznačuje, že dle měření GF je možno 1/3-oktávové spektrum vokálu „a“ rozdělit do **5 zásadních oblastí** – pravděpodobně charakteristických pro konkrétní použití hlasu.

## Poděkování

Při vytváření podkladů práce spolupracovaly kolegyně Mgr. Klára Kadlecová a MgA. Regina Szymiková. Práce vznikla za podpory projektu Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy, ČR Pr. No. 1M0531.

muži	typ hlasu 1	typ hlasu 2	118	150	190	237	297	377	475	595	755	950	1185	1500	1900	2370	2975	3775	4750	5950	7550	9500	11850	16000			
zpěváci	habit. řeč	opřen.řeč																									
herci					+																						
studenti																											
zpěváci	habit. řeč	zpěv																									
herci											+					+		+									
studenti													+	+													
zpěváci	opřen.řeč	zpěv																									
herci																	+	+									
studenti									+	+	+	+	+	+							+						
ženy							F1		F2		AF2		FS														
zpěvačky	habit. řeč	opřen.řeč																									
herečky																											
studentky																											
zpěvačky	habit. řeč	zpěv																									
herečky																											
studentky																											
zpěvačky	opřen.řeč	zpěv																									
herečky																											
studentky																											

Tabulka 2: Schematické znázornění statisticky významných rozdílů mezi jednotlivými typy použití hlasu u jednotlivých skupin subjektů. Znaménko plus označuje statisticky významnou větší hodnotu GF pro typ hlasu 2 vůči typu hlasu 1

muži	skupina 1	skupina 2	118	150	190	237	297	377	475	595	755	950	1185	1500	1900	2370	2975	3775	4750	5950	7550	9500	11850	16000		
habit. řeč	herci	zpěváci													+	+										
	herci	studenti																								
	zpěváci	studenti				-																				
opřená řeč	herci	zpěváci														+										
	herci	studenti																								
	zpěváci	studenti										+					+									
zpěv	herci	zpěváci																								
	herci	studenti																								
	zpěváci	studenti										+														
ženy							F1		F2		AF2		FS													
habit. řeč	herečky	zpěvačky																								
	herečky	studentky																								
	zpěvačky	studentky																								
opřená řeč	herečky	zpěvačky																								
	herečky	studentky																								
	zpěvačky	studentky																								
zpěv	herečky	zpěvačky																								
	herečky	studentky																								
	zpěvačky	studentky																								

Tabulka 3: Schematické znázornění statisticky významných rozdílů mezi jednotlivými skupinami subjektů při použití různých typů hlasů. Znaménko plus (podbarveno šedě) označuje statisticky významnou větší hodnotu GF, znaménko minus označuje statisticky významnou menší hodnotu GF pro skupinu uvedenou v sloupci skupina 2 vůči skupině uvedené v sloupci skupina 1

## Reference

- [1] Sjolander P., Sundberg J.: Spectrum effects of subglottal pressure variation in professional baritone singers. *J. Acoust. Soc. Am.* 2004; 115:1270–1273.
- [2] Henrich N., d'Alessandro Ch., Doval B., Castellengo M.: Glottal open quotient in singing: Measurements and correlation with laryngeal mechanisms, vocal intensity, and fundamental frequency. *J. Acoust. Soc. Am.* 2005; 117:1417–1430.
- [3] Holmberg E. B., Hillman R. E., Perkell J. S.: Glottal airflow and transglottal air pressure measurements for male and female speakers in soft, normal, and loud voice, *J. Acoust. Soc. Am.* 1988; 84:511–529.
- [4] Sundberg J., Fahlstedt E., Morell A.: Effects on the glottal voice source of vocal loudness variation in untrained female and male voices, *J. Acoust. Soc. Am.* 2005; 117:879–885.
- [5] Nordenberg M., Sundberg J.: Effect on LTAS of vocal loudness variation. *Logopedics Phoniatics Vocology* 2004; 29:183–191.
- [6] Ternström S.: Long-time average spectrum characteristics of different choirs in different rooms. *Speech, Music and Hearing – Quarterly Progress and Status Report* 1989; 30:15–031.
- [7] Frič M., Kadlecová K., Szymiková R.: Záznam mluvního a zpěvního hlasu pro psychoakustické analýzy; Praha, *MARC-Technologický list číslo 13*, Zvukové studio HAMU, 2007.
- [8] Sundberg J.: Articulatory interpretation of the “singing formant”. *J. Acoust. Soc. Am.* 1974; 55:838–844.
- [9] Bele I. V.: The speaker’s formant. *J. Voice* 2006; 20:555–578.
- [10] Lee S. H., Kwon H. J., Choi H. J., Lee N. H., Lee S. J., Jin S. M.: The Singer’s Formant and Speaker’s Ring Resonance: A Long-Term Average Spectrum Analysis. *Clin Exp Otorhinolaryngol* 2008; 1:92–96.
- [11] Collyer S., Davis P. J., Thorpe C. W., Callaghan J.: Fundamental frequency influences the relationship between sound pressure level and spectral balance in female classically trained singers. *J. Acoust. Soc. Am.* 2009; 126:396–406.