

**Pilotstudie:**

## **Hur bra hörs rösten över en orkester? En jämförelse mellan Genrelös och Opera inställning.**

*Eva Björkner, Doktor i sångröstens akustik och sångpedagog  
&  
Marianne Khoso, universitetslektor i sång*

### **Introduktion**

Operasångare kan göra sig hörda utan förstärkning över en orkester. En starkt bidragande faktor till att detta är möjligt är den sk. sångformanten, först beskriven av Bartholomew (1934). Sundberg (1974) definierade sångformanten som en särskilt stark topp av akustisk energi i spektrum som uppstår när formanterna tre, fyra och fem (F3, F4 och F5) i ansatsröret närmar varandra, i området kring 3000 Hz. Mellan 2000-4000 Hz har ljudet från en orkester en svacka i spektrum och det mänskliga örat är dessutom extra känsligt i detta område, vilket gör sångformanten till ett mycket användbart verktyg för att höra sig hörd (Sundberg, 2001). Genom åren har forskning visat att det är främst de lägre rösterna (bas, bariton, tenor och alt) som kan använda sig av en sångformant. Effekten tycks uppstå när larynxtuben (tomrummet mellan stämbanden och struplocket) görs trängre samtidigt som man vidgar svalget (Sundberg 2001). Hur stark sångformanten är, eller hur hög dess energinivå är, kan avläsas i spektrum och varierar beroende på sångarens rösttyp, röstkvalitet och förmåga att skapa den. Sångformantens frekvensområde varierar men befinner sig dock alltid någonstans mellan 2.4 - 3.6 kHz oberoende av vokalfärg och tonomfång (Sundberg 2001, 1974). Det har dock visat sig ytterst tekniskt komplicerat att urskilja och analysera formanttoppar hos sopraner, som har höga grundtoner med deltoner som ligger långt ifrån varandra. Det är troligtvis därför flertalet studier på sopranröster har kommit först på de senaste 10-15 åren. Hittills ingen studie kunnat påvisa att sopraner har en sångformant i traditionell mening. Fakta kvarstår dock att sopraner gör sig minst lika väl hörda på en operascen som de lägre röstfacken vilket tyder på att skickliga sopraner lyckas skapa mycket energi i de högre deltonerna ändå genom att forma ansatsröret akustiskt effektivt och på så sätt få en sångformantliknande effekt (Sundberg 1974, Barnes 2004).

Av tradition anses den klassiska "bel canto"-tekniken ligga bakom en, i akustisk mening, framgångsrik operaröst som förmår tränga igenom omgivande starkt ljud. Syftet med denna studie var att se om klassiska sopraner kan göra sig hörda under liknande förutsättningar

också med en annan sångteknik eller sånginställning än opera, i detta fall ”genrelös” sånginställning. Genrelös (GeL) är den teknik som sångpedagog Marianne Khoso har utvecklat under de senaste 25 åren för att ligga till grund för sång oavsett genre, därav namnet. Den är en inställning av röstinstrumentet som utgår mer ifrån talet och medför generellt en ljusare klangfärg, med möjlighet till större klangförändringar än den traditionella operasångtekniken (Khoso 2011).

### **Metod:**

Inspelningarna ägde rum på Sahlgrenska Universitetssjukhuset, Institutionen för Logopedi och Audiologi i Göteborg, i ett sk ”tyst rum” med akustiskt ljuddämpade väggar och tak. Mikrofonen som användes var en AKG SE3008 CK92 och avståndet till försökspersonens mun var 50 cm, vilket kontrollerades kontinuerligt under tagningarna. För kalibrering användes en ljudnivåmätare (Brüel & Kjaer, Type 2240) och en stadig ton som hölls ut av projektledaren och värdet lästes.

Tre sångerskor som alla behärskade både opera- och genrelös sångteknik ställde upp som försökspersoner. Sopran 1 var utbildad musikalsångerska med GeL som grund och hade sjungit Opera de senast 1.5 åren under sin sångpedagogutbildning. Sopran 2 hade en master i Opera och fick en kortare introduktion i GeL inför studien, och Sopran 3 gick på Operahögskolan, men hade fått sin grundutbildning i sång i GeL under 5 år i ungdomsåren av Marianne Khoso. Åldersvariationen var liten, 29-30 år, och alla var aktiva sångerskor sedan 9-10 år på semiprofessionell nivå.

Deras uppgift var att sjunga folkvisan ”Vem kan segla förutan vind” i D-moll, en gång på text och en gång på /på/. Varje uppgift sjöngs tre gånger i respektive Opera- och GeL inställning. De blev instruerade att sjunga med så neutralt uttryck som möjligt och i genomgående mellanstark nyans. Till de akustiska analyserna användes program ur Soundswell Signal Workstation™ 4.0 från Saven Hightech, Stockholm.

### **Akustisk analys**

Ett spektrum visualiserar toppar och dalar över deltoners energi i ett ljud. Ett långtidsmedelvärdespektrum [LTAS] visar i sin tur *medelvärden* över hur deltonernas energi/ljudnivå skiftar beroende på tonhöjd/frekvens över tid, tex under en sjungen fras på minst 30 sek. Ljudnivån i decibel [dB] visas på Y-axeln och frekvensen i Hertz [Hz] på X-axeln. I denna studie användes bandbredden 300 Hz för att lättare kunna urskilja formanter

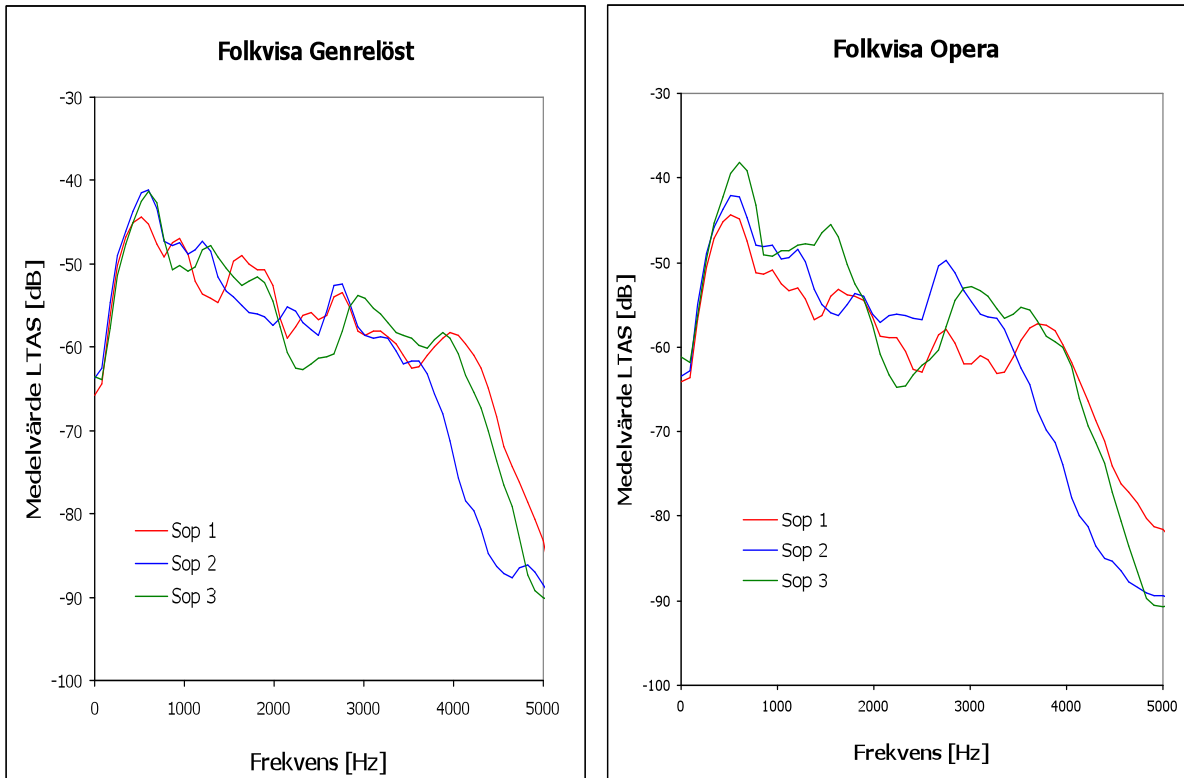
från deltoner, vilket vid mindre bandbredder kan vara svårt att se skillnad på, särskilt vid höga grundtoner. Ett starkt lutande spektrum indikerar att grundtonen är stark, vilket ofta är fallet i operasång, i kontrast till musikalsång som i sin tur ofta har ett mindre fallande spektrum med mer energi i de högre deltonerna (Björkner 2008). Spektrumlutningen påverkas också av hur starkt ljudet är och lutar mindre brant när intensiteten i ljudet ökar.

LTAS är alltså mycket känsligt för skillnader i både tonhöjd och ljudnivå. Därför kändes en analys av sångerskornas individuellt valda ljudnivåer utifrån instruktionen att sjunga i ”*mezzoforte*” befogad. Till denna användes Extract ( Soundswell Workstation) som mäter ljudnivån separat över hela frasen så att man kan jämföra vid ett visst ställe. Skillnaderna i ljudnivå mellan sångerskornas exempel både i GeL och i Opera visade sig vara marginella (0-1.5 dB). Därmed ansågs materialets kvalitet säkerställt för en fortsatt LTAS-analys. För analysen användes inspelningarna av folkvisan sjungen med text.

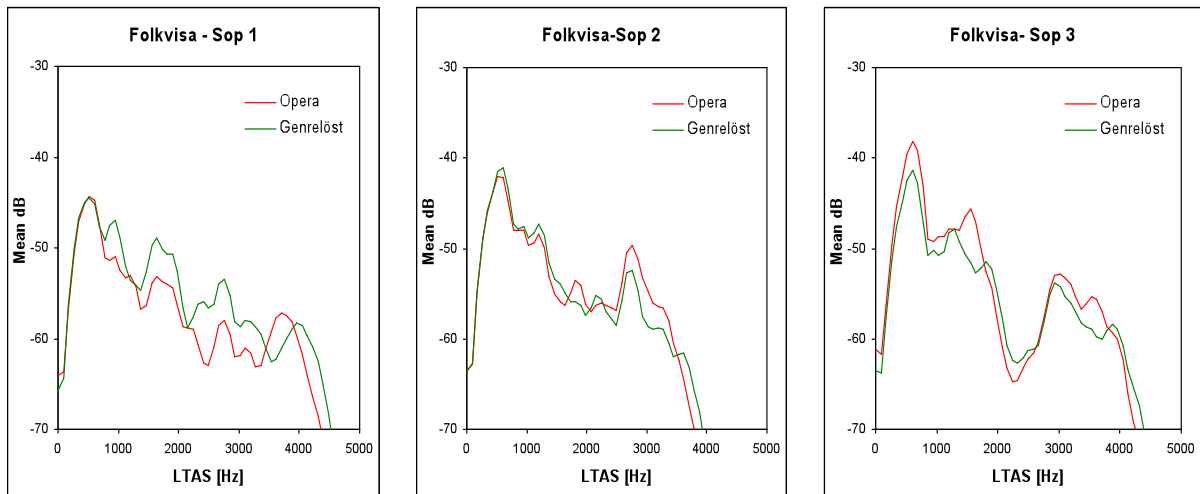
### **Akustiska resultat**

Diagram 1a och 1b visar individuella skillnader i LTAS mellan sångerskorna. För GeL (1a) är skillnaderna mindre mellan sångerskorna kurvor än för Opera (1b). För GeL (diagram 1a) kan man se att Sopran 1 har en lägre F1 än Sopran 2 och 3 samt att alla har en F4 strax under 3000 Hz samt att Sopran 1 och 3 också har . Sedan faller spektrum hos Sopran 2 medan Sopran 1 och 3 har en tydlig F5 strax över 4000 Hz. För Opera (diagram 1b) kan man se att spektrum över lag är starkare. F1 är starkast hos Sopran 3 och svagast för Sopran 1, Sopran 3 har en stark F2 vid 1800 Hz som inte de andra har samt att Sopran 1 har väldigt lite energi vid 3000 Hz i jämförelse med Sopran 2 och 3.

I diagram 2a-c kan man tydligt se att LTAS skiljer sig inom varje sångerska beroende på vilken sånginställning hon sjunger med. Sopran 1 har tydligast skillnad i spektrum mellan GeL och Opera, med genomgående starkare formanttoppar i GeL. För Sopran 2 är skillnaderna istället mycket små, fram till 2800 Hz där man ser betydligt mer energi för Opera, och Sopran 3 har både mer energi över lag och särskilt för Opera med en tydlig förstärkning vid 1800 Hz som inte de andra har.

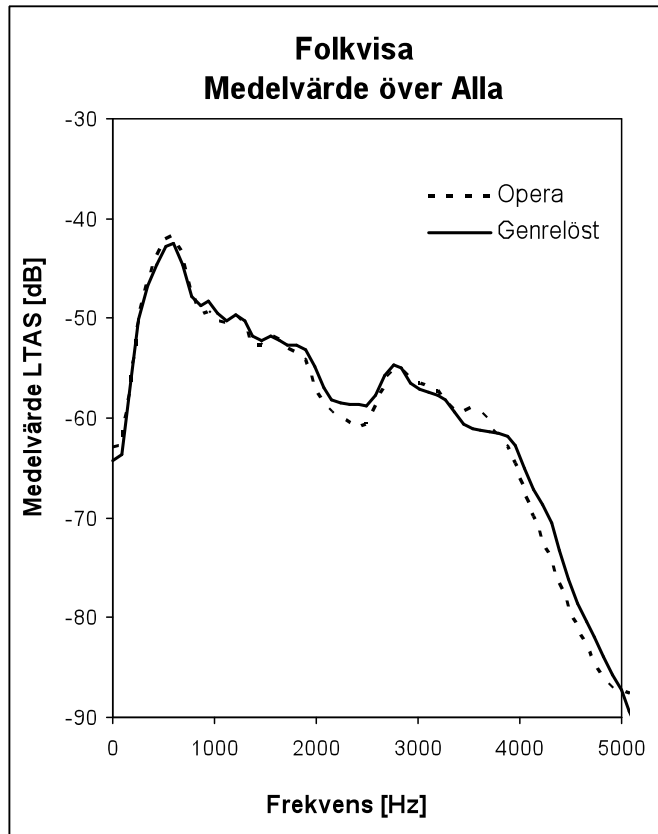


*Diagram 1a och 1b visar LTAS-värden över respektive sångerskornas medelvärden över sina tre tagningar, i Genrelös respektive Opera- inställning.*



*Diagram 2a-c visar medelvärden för varje sångerskas tre tagningar i Genrelös- och Operainställning.*

Tar man däremot medelvärdena över alla tre sångerskor och jämför de två sånginställningarna kan man se att skillnaderna både mellan sångerskorna och mellan de två sånginställningar i det närmaste är utsuddade (diagram 3).



**Diagram 3** visar medelvärdet över alla sångerskors LTAS för GeL respektive Operainställning.

Utifrån de akustiska mätningarna kan man alltså sammanfatta att det fanns individuella skillnader i spektrum för varje sångerska beroende på om hon sjöng med GeL inställning eller med Opera, men om man slog ihop de tre försökspersonernas värden tog ett medelvärde över respektive inställning var LTAS-kurvorna nästan identiska över hela spektrum. De akustiska resultaten tyder alltså på att sopranernas röster borde höras lika bra över ett starkt bakgrundsljud oberoende av sånginställning. Ett lyssnartest var därför en nödvändighet för att få svar på om det går att dra en sådan slutsats.

## 2. Perception

Perception är ett psykologiskt begrepp för de processer som är aktiva i att tolka sinnesintryck. En mängd medvetna och omedvetna processer är involverade när vi lyssnar och omvandlar det vi hör till meningsfull information. Sångare, pedagoger och forskare brukar perceptuellt associera sångformanten till ”en god röstkvalitet” och en operaröst med sångformant uppfattas har en vacker ’briljans’ (Vennard 1967), ’ring’ eller ”twang” i klangen (Yanagizawa 1989). Enligt Millhouse (2004) finns det en ’perceptuell sångformant’ som ligger nära just dessa subjektiva beskrivningar och att den hör samman med en perceptuell andraformant (f2). Denna f2 påverkas enligt Millhouse av de akustiska formanternas F2, F3 och F4’s variation. Att jämföra akustiska mätningar med ett perceptuellt lyssnartest av samma material kan därför ge intressant information om skillnader mellan olika röstkvaliteter och hur de uppfattas av vår hörsel.

## 2. Lyssnartest

Partybabbel har enligt Sundberg (19??) ett spektrum av övertoner som i det närmaste är identisk med det från en symfoniorkester. I en analys där man önskar veta om en sångröst bär över en symfoniorkester går det alltså att använda partybabbel, som är lättare att spela in, och göra en jämförelse som ligger nära den verkliga situationen med en orkester. Med ett viktigt undantag; rumsakustikens inverkan på både den mänskliga rösten och på en symfoniorkester inte inkluderad.

### 2.1 Metod

Den avslutande frasen ”*Vem kan skiljas från vännen sin, utan att fälla tårar*” klipptes ut ur varje sångerskas /pä/-tagning i de två inställningarna. Sången dränktes sedan bakom sex olika nivåer av partybabbel, från relativt låg nivå till ökad styrkenivå och därmed svårare att urskilja. Till detta användes Soundswell Editor. Separata filer med olika babbelnivå färdigställdes med hjälp av programmet Glue (Svante Granqvist, Tolvan Data) där varje sångerskas fras, i respektive GeL och Opera, duplicerades minst två gånger och randomiserades. Resultatet blev sex filer med 10-12 blandande exempel av GeL och Opera.

Lyssnarpanelen bestod av 15 röstexperter, sångpedagoger och logopedier. Deras uppgift var att värdera med en siffra mellan 0 – 100 ”hur väl du tycker att rösten hörs”, där 100 = *jättetydligt* och 0 = *inte alls*. Eftersom melodin i den inspelade frasen är högre i början och i slutet relativt låg i tonhöjd, delades svarsprotokollet upp i två delar där lyssnaren skulle ge två värden; ett för Fras 1 = *Vem kan skiljas från vännen sin*, och ett för Fras 2 = *utan att fälla tårar*. Tonhöjd har stor inverkan på vår hörsel så genom att dela upp testet på detta sätt kunde svarsresultaten också ge information om sånginställningarnas respektive förmåga att tränga igenom starkt ljud också på lägre tonhöjder.

## 2.2 Resultat lyssnartest

### Medelvärden över tre sångerskor

<b>BABELNIVÅ</b>	<b>Fras 1=högre tonhöjd</b>		<b>Fras 2=lägre tonhöjd</b>	
	<b>Genrelös</b>	<b>Opera</b>	<b>Genrelös</b>	<b>Opera</b>
<b>Lyssex 1</b> (svagast babbelnivå)	65.1	65.2	56.0	57.0
<b>Lyssex 2</b> (-15 dB)	49.4	48.4	37.0	37.6
<b>Lyssex 3</b> (- 10 dB)	22.8	22.8	13.8	15.5
<b>Lyssex 4</b> (- 5 dB)	12.9	12.1	8.8	7.7
<b>Lyssex 5</b> (- 3 dB)	5.9	5.8	4.2	4.5
<b>Lyssex 6</b> (starkast babbelnivå)	3.8	4.0	2.1	2.3

*Tabell 1* visar resultaten från lyssnartestet i form av medelvärden av de uppskattade värdena för de två fraserna i Genrelös- respektive Operainställning för sex olika babbelnivåer.

Tabellen 1 visar medelvärdena över svaren ifrån lyssnartestet gällande uppfattbarhet för de två fraserna i Genrelös- respektive Operainställning. I tabellen kan man se att värdena i uppfattbarhet är i det närmaste desamma för GeL och Opera, för både Fras 1 och Fras 2. Man kan också se att Fras 2 har lägre värden vilket visar att det var svårare att höra rösterna genom babblen när tonhöjden var lägre.

Tabell 2 visar medelvärdena från lyssnartestet för varje sångerska och babbelnivå, där Lyssex 1 är den svagaste nivån och Lyssex 5 är den näst starkaste. Tittar man i kolumn 1, för Genrelöst fras 1, kan man se att Sopran 3 och Sopran 1 har i de flesta fall För Opera och fras 2 skiljer de sig dock tydligt.

<b><u>Lyssex 1</u></b>	<b><u>Genrelös Opera</u></b>		<b><u>Genrelös Opera</u></b>	
	<b><u>fras 1</u></b>	<b><u>fras 1</u></b>	<b><u>fras2</u></b>	<b><u>fras2</u></b>
Sopran 3	68.5	71.8	61.8	64.8
Sopran 2	58.2	63.2	48.7	55.7
Sopran 1	68.5	60.7	57.6	50.6
<b><u>Lyssex 2</u></b>				
Sopran 3	52.9	53.4	42.8	43.6
Sopran 2	43.8	49.8	30.3	37.5
Sopran 1	51.4	42.0	37.9	31.8
<b><u>Lyssex 3</u></b>				
Sopran 3	24.3	27.9	16.0	20.7
Sopran 2	21.5	22.3	12.0	14.4
Sopran 1	22.5	18.0	13.5	11.4
<b><u>Lyssex 4</u></b>				
Sopran 3	13.9	13.3	9.5	7.9
Sopran 2	11.7	12.7	8.1	7.9
Sopran 1	13.5	10.2	8.6	7.2
<b><u>Lyssex 5</u></b>				
Sopran 3	6.2	7.9	4.9	5.9
Sopran 2	5.7	5.8	3.6	4.4
Sopran 1	6.0	3.8	3.9	3.3
<b><u>Lyssex 6</u></b>				
Sopran 3	5.2		2.6	
Sopran 2	3.0	4.9	1.3	2.7
Sopran 1	3.0	3.1	3.0	1.9

**Tabell 2.** Medelvärden från lyssnartestet för varje sångerska och babbelnivå för fras 1 och 2, i Genrelös respektive Opera-inställning.



## Statistik analys

För att fördjupa analysen och säkerställa utslaget av lyssnartestet utfördes en statistisk analys av resultaten. För de olika faktorerna användes en MANOVA med den skattade uppfattbarheten för fras 1 och fras 2 som beroende variabler och mängden babbel (-20, -15, -10, -5, -3 och -2), försöksperson (15 stycken) och genre (opera vs. genrelös) som oberoende variabler.

De multivariata testen i MANOVAN (F uppskattades med Pillai's trace) visade (a) att uppfattbarheten sjönk signifikant med ökande mängd babbel och detta var också en relativt stark effekt [ $F(10,1684)=270$ ;  $p<0.01$ ;  $partial\ eta\ square=0.62$ ]; (b) att uppfattbarheten varierade signifikant mellan försökspersonerna i lyssnarpanelen, (c) genre hade en signifikant men ytterst marginell effekt på uppfattbarheten [ $F(2,841)=5$ ;  $p<0.01$ ;  $partial\ eta\ square=0.01$ ]; och slutligen (d) att de olika försökspersonerna påverkades signifikant olika av de olika babbelnivåerna [ $F(128,1684)=22$ ;  $p<0.01$ ;  $partial\ eta\ square=0.63$ ]. Övriga multivariata effekter, det vill säga interaktioner där genre ingick som en faktor var icke signifikanta.

Testen av 'between-subject effects' i MANOVAN gav snarlika resultat med den skillnaden att effekten av genre inte längre var signifikant när man undersökte fras 1 [ $F(1,842)=1.2$ ;  $p=0.27$ ] och fras 2 [ $F(1,842)=0.6$ ;  $p=0.45$ ] var för sig. Opera gav något lägre uppfattbarhet i fras 1 och något högre uppfattbarhet i fras 2 vid stark babbelnivå (se Tabell 1) Slutligen kan noteras att fras 1 gav något högre uppfattbarhet än fras 2.

Resultaten av den statistiska analysen av lyssnartestet visar tydligt att sånginställning i denna studie inte hade någon systematisk eller påtaglig effekt på uppfattbarheten.

## Diskussion & Sammanfattning

Lyssnartestet visade ingen skillnad för faktor sånginställning (genre). Däremot kunde man se att sångerskorna hade individuellt olika framgång i att göra sig hörda genom bakgrundsljudet. (se Tabell 2). Sopran 3 var mest framgångsrik oavsett inställning och fras, och Sopran 1 låg nära Sopran 3's värden för sin fras 1 i Genrelös. Om man går tillbaka till hur LTAS såg ut kan man se att Sopran 3, som hade mest energi i spektrum runt 3000 Hz samt också hördes bäst i

lyssnartestet och vise versa. Detta stämmer väl överens med vad Barnes (2004) på ett mycket mer detaljerat sätt beskriver i sin artikel. I Diagram 2a och 2c kan man vidare se att de som skattades högst i uppfattbarhet, Sopran 3 och Sopran 1 för sin GeL fras, dessutom hade extra mycket energi i området vid 1800 Hz. Det stämmer enligt Millhouse (2004) in på den *perceptuella sångformanten* för vokalen /ä/ och /e/ , vokaler som förekommer ofta i ”Vem kan segla” och som bör ha speglats i LTAS, som mäter medelvärde.

I en närbesläktad studie av Sundberg och Romedahl (2008) analyserades uppfattbarheten hos manliga opera- respektive musikalsångare, där de senare saknar sångformant. I studien fick sångarna sjunga in ett antal nonsensord där vokalen byttes ut i mitten av ordet. En lyssnarpanel fick sen i uppgift att urskilja vilken vokal som sjöngs i de olika exemplen. Resultaten visade att det var något lättare att urskilja rätt vokal i musikalsångarnas än i operasångarnas exempel. I likhet med musikalsång ligger Genrelös inställning i den här studien närmare talet. Ändrar man sånginställning av kropp och ansatsrör bör man också höra en förändring i klangfärg i rösten. På en riktig operascen tillkommer effekten av ljudutstrålningen från läppöppningen, en aspekt som inte är inkluderad i denna studie.

En intressant iakttagelse i denna studie är också att Sopran 3, som var lättast att uppfatta genom alla babbelnivåer oavsett sånginställning, var den som hade fått sin grundutbildning av Khoso i GeL i tidig ålder. Om detta visar att GeL särskilt väl lägger grunden för en effektiv röstfunktion är inte möjligt med så få försökspersoner men det väcker onekligen lusten att göra fler studier på genrelös sånginställning.

Sammanfattningsvis tyder denna pilotstudie på att det går lika bra för sopraner att använda Genrelös sånginställning som den traditionella operasångtekniken när det gäller att göra sig hörd över en orkester. Resultaten tyder mer på att de individuellt unika egenskaperna hos en sopransångaröst, i kombination med skicklig teknik oavsett sånginställning, har större betydelse för hur framgångsrikt rösten kan göra sig hörd. De sångexempel som klarade sig bäst i bakgrundsljudet hade två karaktäristiska egenskaper i LTAS; förutom en stark formant i området kring 3000 Hz hade de också extra mycket energi strax under 2000 Hz, vilket förmodas ha bidragit till effektiviteten i ljudet.

**Ett varmt tack går till:** Vårdenhesheschef och logoped *Malin Abrahamsson* på Sahlgrenska Universitetssjukhuset, Institutionen för Logopedi och Audiologi i Göteborg, för upplåtande av tyst rum, värdefull assistans vid inspelningstillfället och ditt glada humör, *Svante Granqvist*, Doktor, Universitetsadjunkt på KTH, Stockholm, för att du alltid ha ett svar och en lösning på de tekniska frågor som ofrånkomligen dyker upp, *våra tre sångerskor* som ställde upp som försökspersoner, Professor *Sten Ternström* och Professor *Johan Sundberg*, Institutionen för Tal, Musik & Hörsel, KTH, Stockholm, för att ni alltid lika generöst ställer upp med er tid och era kunskaper, i detta fall i LTAS-analys. Sist men inte minst ett stort tack till *Mattias Heldner*, Professor vid Institutionen för Lingvistik och Fonetik, Stockholms universitet, för den statistiska analysen av lyssnartestet, som du antagligen inte alls hade tid att göra men klämde in ändå.

*Eskilstuna 2011-05-23*

### **Referenser:**

Barnes, J. Davis, P. Oates, J & Chapman, J. (2004). The relationship between professional operatic soprano voice and high range spectral energy. *J. Acoust. Soc.Am.* 116(1), 530-538.

Bartholomew, W. (1934). A physical definition of good voice quality in the male voice. *J. Acoust. Soc.Am.* 6, 25-33.

Björkner, E. (2008). Musical Theater and Opera Singing—Why So Different? A Study of Subglottal Pressure, Voice Source, and Formant Frequency Characteristics. *J. Voice.* 22 (5), 533-540.

Millhouse, T.J. Clermont, F. (2006). Perceptual characterisation of the singer's formant region: A preliminary study. *Proceedings of the 11<sup>th</sup> Australian International Conference on Speech Science & Technology*. Pages 253- 258. Ed. Paul Warren & Catherine I. Watson. ISBN 0 9581946 2 9.

Sundberg, J. (1974). Articulatory interpretation of the singing formant. *J. Acoust. Soc.Am.*55, 838-844.

Sundberg, J. (2001). *Röstlära*. Proprius Förlag.

Sundberg, J. (2001). Level and Centre Frequency of the Singer's formant. *J. Voice.* 15(2), 176-186.

Sundberg, J. Romedahl, C. (2008). Text Intelligibility and the Singer's Formant—A Relationship? *J. Voice.* 23(5), 539-545.

Vennard, W. (1967) *Singing – the mechanism and the technic*. New York: Carl Fischer.

Yanagizawa, E. Estill, J. Kmucha, S.T & Lieder, S.B. (1989) The contribution of aryepiglottic constriction to “ringing” voice quality – a videolaryngoscopic study with acoustic analysis. *J.Voice.* 4, 342-350.