



MEDICINSKA FAKULTETEN
Lunds universitet
Institutionen för logopedi och foniatri

Det subglottala tryckets inverkan på normalröstkällan vid konstant grundtonsfrekvens

**Ellinor Fahlstedt
Anja Morell**



Logopedutbildningen, 1999
Vetenskapligt arbete, 20 poäng

Handledare: Johan Sundberg

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING

FÖRORD

LITEN ORDLISTA

	Sid
1. SYFTE	1
2. BAKGRUND	2
2.1 Röstfunktionen.....	2
2.2 Källa-filterteorin	3
2.3 Inversfiltrering	4
2.4 Flödesglottogrammet (FGG).....	5
2.4.1 DC-flöde.....	6
2.4.2 AC-flöde.....	7
2.4.3 Flödesderivata	8
2.4.4 Slutenvot.....	9
2.4.5 Komplians	9
2.4.6 H1-H2.....	10
2.5 Om otränade personer i studier gällande röstkällan.....	11
3. FRÅGESTÄLLNINGAR OCH HYPOTESER.....	13
4. METOD	14
4.1 Försökspersoner	14
4.2 Procedur	14
4.3 Inspelning.....	15
4.4 Analys	16
5. RESULTAT	19
5.1 DC-flöde	20
5.2 Flödesderivata.....	22
5.3 Komplians.....	24
5.4 Slutenvot.....	25
5.5 H1-H2	27
6. DISKUSSION.....	29
SLUTORD	35
REFERENSER.....	36
BILAGOR	

SAMMANFATTNING

Det subglottala trycket är fonationens viktigaste drivkraft, och den primära parametern för variation av röststyrkan. Under fonation varierar det subglottala trycket ständigt, och det är därför betydelsefullt att kartlägga det exakta sambandet mellan det subglottala trycket och egenskaperna i flödesglottogrammet (FGG). I tidigare studier över den normala, otränade röstkällan har oftast inte fler än tre trycknivåer använts och grundtonsfrekvensen har ej hållits konstant. Denna studies syfte är att, med uppmätning av tio olika trycknivåer, undersöka hur förändringar i det subglottala trycket påverkar den normala röstkällan då grundtonsfrekvensen (F_0) hålls konstant, samt att bidra till etablerandet av normativa gruppdata för ett antal röstkälleparametrar hos kvinnliga och manliga otränade röster. 29 försökspersoner (15 kvinnor och 14 män) fick i uppgift att upprepa stavelsen /pae/ på bibehållen grundtonsfrekvensnivå medan röststyrkan varierades maximalt. Detta gjordes på tre olika frekvensnivåer. Upptagning av tryck och flöde gjordes med Rothenbergsmask och akustisk-aerodynamisk analys gjordes efter inversfiltrering. På varje frekvensnivå valdes tio jämt fördelade subglottala tryck ut för analys av parametrarna DC-flöde, flödesderivatans negativa maxamplitud, komplians, slutenknot samt H_1 – H_2 . Flödesderivatans negativa maxamplitud, slutenknot och H_1 – H_2 visade ett systematiskt beroende av det subglottala trycket eller det normerade excesstrycket. DC-flöde och komplians visade samband med F_0 . Könsskillnader fanns avseende flödesderivatans negativa maxamplitud, komplians och H_1 – H_2 . Ofta observerades, framför allt hos männen, högre värden än i tidigare studier. Studiens resultat kan användas som normativa data och vid talsyntes.

FÖRORD

När det var dags för oss att välja uppsatsämne beslöt vi oss för att leta efter någon som kunde och ville handleda oss i ett tekniskt ämne. Den långa och intensiva logopedutbildningen som vi nästan lagt bakom oss hade pumpat ur oss all empati och medmänsklighet – nu ville vi få ny kraft genom att jobba med maskiner!

En vårdag i Stockholm tog Ellinor tunnelbanan till Kungliga Tekniska Högskolan, hittade Institutionen för Tal, Musik och Hörsel och sökte upp professor Johan Sundberg. Efter ett kort samtal var allt klart, vi skulle göra en uppsats som skulle bygga på ett tidigare examensarbete, skrivet av dåvarande logopedstudenterna Maria Andersson och Clara Hultqvist (1997). De hade studerat röstkällsparametrar hos manliga sångares röster, vi skulle istället titta på normala röster.

Plötsligt befann vi oss i en ny värld, omgivna av ingenjörer och musikvetare, datorer och fioler. Det tog tid att förstå denna nya omgivning, men till slut utmynnade detta möte i följande uppsats.

LITEN ORDLISTA

- Abduktion** Motsatsen till adduktion. Att abducera stämbanden betyder att föra isär dem.
- Adduktion** Huvudfaktor bakom den fysiologiska regleringen av fonationen. Att adducera stämbanden innebär att föra dem mot varandra. Mycket adduktion hindrar stämbanden att komma långt ifrån varandra, vilket minskar luftgenomströmningen genom glottis.
- Amplitud** Avståndet i ett diagram från 0-punkten till kurvan. Denna term används ofta inom akustiken i betydelsen intensitet.
- Ansatsrör** Inom fonetiken benämning på svalg, mun- och näshåla, vilka tillsammans utgör ett akustiskt filter.
- F0** Grundtonsfrekvens..
- F1** Benämning på den första formanten i ansatsröret. Den andra formanten kallas F2 etc.
- Formant** Resonans i ansatsröret. När en grupp deltoner passerar genom en formant, förstärks de. Det finns ett obegränsat antal formanter i ansatsröret. För det mesta är man dock endast intresserad av de fyra första formanterna, eftersom de övriga inte har någon större inverkan på talsignalen.
- Komplians** Ett adduktionsmått. Komplians betyder egentligen *lydighet*, och anger i det här fallet hur mycket luftvolym per period som passerar glottis vid ett givet tryck. Är kompliansen stor passerar stora luftvolymmer, är kompliansen liten passerar små luftvolymmer.
- Oktav** En fördubbling av frekvensen. Om tonen A2 ligger på 110 Hz, kommer A3 att ligga på en dubblering av den frekvensen, d v s på 220 Hz. A4 ligger i sin tur på en dubblering av A3:s frekvens, 440 Hz etc. Således användes en logaritmisk skala.
- Register** Ett fonationsfrekvensområde i vilket alla toner låter på liknande sätt och verkar som om de producerats på likartat sätt.
- Röstkälla** I studien avses de vibrerande stämbanden. Kan också utgöras av t ex en Servox, eller av PE-segmentet.
- Tryckmått** 1 cm VP = 100 Pascal

1. SYFTE

Studiens syfte är att undersöka hur förändringar i det subglottala trycket påverkar den normala röstkällan då grundtonsfrekvensen (F_0) hålls konstant, samt att bidra till etablerandet av normativa gruppdata för ett antal röstkälleparametrar hos kvinnliga och manliga otränade röster. Jämfört med tidigare studier uppmäts fler tryckmätpunkter, tio istället för högst tre, med syftet att få en större noggrannhet i resultaten. Nytt för studien är även att grundtonsfrekvensen inte tillåts variera fritt.

2. BAKGRUND

Denna bakgrund är relativt omfattande och delvis grundläggande. De läsare som är väl förtrogna med ämnesområdet bör se bakgrunden som repetition och söka sig till de avsnitt som tar upp nyare forskning, till exempel avsnittet om komplians (se 2.4.5). Då många kliniskt verksamma logopeder eventuellt kan känna en viss osäkerhet inför ämnet röstakustik tar författarna tillfället i akt att bidra med en sammanfattning av ämnet. Förhoppningen är att de logopeder som ser röstakustik som ett svårt ämne här ska få en introduktion till ämnesområdet. Den relativt omfattande referenslistan ger också läsaren möjlighet att lätt fördjupa sig inom det som intresserar mest.

2.1 Röstfunktionen

Mycket forskning har ägnats åt att studera röstfunktionen. På 50-talet formulerades den neurokronaxiska teorin (Husson, 1952, ur Husson, 1962) som förutsatte att varje stämbandsvibration åstadkoms av varsin nervimpuls från hjärnbarken. Detta visade sig sedermera vara felaktigt eftersom stämbandsvibration inte kan uppstå utan att en luftström passerar glottis (van den Berg, 1957). Teorin ersattes av den myoelastisk-aerodynamiska teorin (van den Berg, Zantema & Doornenbal, 1957; van den Berg, 1958) som gäller än idag. Enligt denna uppkommer stämbandsvibrationerna genom en samverkan mellan det subglottala trycket, som pressar isär stämbanden, och de myoelastiska krafterna, som tillsammans med den sugkraft som Bernoullieffekten ger, för stämbanden samman. När luftströmmen från lungorna passerar de vibrerande stämbanden, delas den upp i en följd av luftpulser. Därav uppkommer regelbundna variationer i lufttrycket. Skillnaderna i lufttryck är vad vi uppfattar som ljud.

Hur åstadkoms då det subglottala trycket? Vid vilandning genom öppet glottis är trycket i lungorna ungefär lika stort som trycket utanför. För att åstadkomma en tryckökning måste glottis vara stängt samtidigt som bröstorgsvolymin minskas, vilket leder till ett övertryck i lungorna. Det är detta som betecknas det subglottala trycket. Under fonation är lufttrycket i lungorna måttligt och ligger vid normalt tal omkring 6 cm VP (centimeter vattenpelare). När man sjunger starkt är 20 och 30 cm VP inte sällsynt (Sundberg, 1986). Vid en så svag fonation som möjligt brukar trycket ligga runt 3 cm VP. Det tryck som krävs för att uppbringa svagast möjliga fonation kallas fonationströskeltryck. Fonationströskeltryckets nivå stiger systematiskt med ökad fonationsfrekvens. Enligt den så kallade body-coverteorin spelar stämbandens förskjutlighet gentemot underlaget en stor roll för fonationströskeltrycket. Ju mer förskjutligt stämbandens yttersta lager är desto lägre blir fonationströskeln (Titze, 1992). Andra faktorer av värde för en sänkt fonationströskel är minskat avstånd mellan stämbanden vid fonationsstart, ökad stämbandstjocklek samt minskad vävnadsdämpning (Verdolini-Marston, Titze & Druker, 1990). Vävnadsdämpningen minskar med stämbandens viskositet, som antas vara beroende av stäbandsslemhinnans fuktighet. Ju högre fuktigheten är desto lägre blir viskositeten och därmed även fonationströskeln (Finkelhor, Titze & Durham, 1988). Låg viskositet ger bättre vokal effektivitet eftersom tryckenergin från lungorna kan omvandlas till akustisk energi istället för värme.

Det subglottala trycket är fonationens viktigaste drivkraft, och den primära parametern för variation av röststyrkan (Fant, 1982). Röststyrkan, eller ljudnivån, brukar mätas i SPL (Sound Pressure Level) och anges i decibel (dB) (Titze, 1994). I flera studier har det subglottala trycket visats ha ett starkt samband med SPL (Ladefoged & McKinney, 1963; Isshiki, 1964;

Tanaka & Gould, 1983). En dubbling av det subglottala trycket ger en SPL-ökning på ca 9 dB (Titze & Sundberg, 1992). Den erhållna SPL-nivån beror dock ej bara på subglottalt tryck, utan även på fonationssätt. Samma subglottala tryck resulterar i en högre SPL-nivå om fonationen är flödig jämfört med om den är pressad (Sundberg, Titze & Scherer, 1993).

I en artikel från 1992 problematiserar Titze den tidigare vedertagna teorin att det subglottala trycket är direkt proportionellt mot SPL. Enligt Titze måste tröskeltryckets inverkan på SPL beaktas, vilket automatiskt innebär att man även tar hänsyn till fonationsfrekvensens inverkan. Det subglottala trycket anpassas efter tonhöjden så att höga toner produceras på högre tryck än låga toner. Ett och samma tryck kan alltså motsvara svag röststyrka på hög tonhöjd och stark röststyrka på låg tonhöjd. För att kunna jämföra det subglottala trycket för olika tonhöjder har Titze infört begreppet normerat excesstryck. Det räknas ut med följande formel:

$$\text{normerat excesstryck} = (\text{subglottalt tryck} - \text{tröskeltryck}) / \text{tröskeltryck} \quad (\text{Titze, 1992})$$

Värdet som erhålls genom denna formel visar hur stor tryckökningen är jämfört med tröskeltrycket. Anta att tröskeltrycket för en given tonhöjd är 4 cm VP och att det subglottala trycket är 24 cm VP. Räkneexemplet ger en kvot på 5, vilket innebär 500% höjning av det subglottala trycket över tröskeltrycket, eller att trycket är 6 gånger så stort som tröskeltrycket.

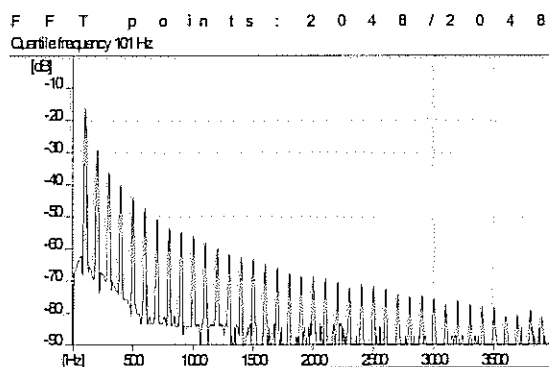
Röstens tonhöjd, fonationsfrekvensen (F_0), styrs framför allt av stämbandets längd, spänningsgrad och vibrerande massa, men påverkas också av det subglottala trycket (van den Berg, 1957; Lieberman, Knudson & Mead, 1969; Hixon, Klatt & Mead, 1971; Titze, 1989a). Vid en ökning av det subglottala trycket på 1 cm VP ökar F_0 med ca 3-4 Hz (Sundberg, 1986). I en studie på larynxpreparat från hundar visade Titze (1989a) att ju mer utdragna stämbanden är, desto mindre påverkas F_0 av det subglottala trycket. Således är det subglottala tryckets påverkan på F_0 relativt sett större vid låga frekvenser än vid höga.

De flesta personer har svårigheter att separat kontrollera röststyrka och tonhöjd, och tenderar därför att automatiskt stiga i tonhöjd när de ökar i röststyrka. Detta märks till exempel tydligt när man skriker. Gramming, Sundberg, Ternström, Leanderson & Perkins (1988) visade i en undersökning hur F_0 steg med i genomsnitt 0,4 halvtoner per dB vid spontantal hos både icke-tränade och tränade talare. Vid ökning av röststyrkan med samtidigt bibehållen F_0 , måste larynxmusklerna kompensera för den frekvenshöjande effekt som ökningen av det subglottala trycket ger på F_0 (Sundberg, 1986).

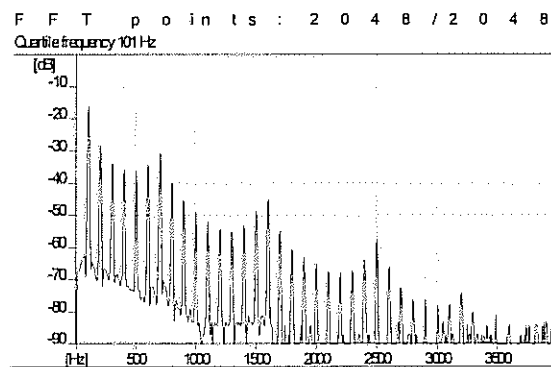
2.2 Källa-filterteorin

När luft passerar stämbanden alstras ljud. De vibrerande stämbanden utgör röstkällan. Stämbandsvibrationerna ger upphov till flera samtidigt ljudande toner, s.k. deltoner. Den lägsta deltonen är grundtonen (F_0) och de övriga är övertoner. Alla deltoner ligger på samma avstånd från varandra, t ex 100 Hz, 200 Hz, 300 Hz etc. F_0 har störst amplitud och övertonernas styrka avtar gradvis med stigande frekvens. Detta kan åskådliggöras i ett källspektrum (se figur 1). I ett idealiserat källspektrum minskar deltonernas amplitud med 12 dB per oktav. Ljudpulserna som har alstrats av röstkällan går vidare genom ansatsröret, dvs svalget, munhålan och näshålan, vilket fungerar som resonator eller filter. Resonatorns egenskap är att den förstärker vissa frekvenser och dämpar andra. Genom att röra mjuka gommen, tungan, käken eller läpparna ändras resonatorns form och storlek vilket även ändrar resonans- eller formantfrekvenserna. I figur 2 har ljudpulserna passerat genom fyra formanter

(i verkligheten finns ett stort antal formanter), varvid deltoner i vissa frekvensområden har förstärkts. Exemplet visar formantfrekvenserna för vokalen /ae/. Orsaken till att vi uppfattar skillnader mellan olika vokaler är framför allt att de två lägsta formanterna har olika frekvenser. Amplituden hos den delton som ligger närmast den första formanten (F1) och oftast ingår i denna, har extra stor betydelse för SPL-nivån (Gramming & Sundberg, 1988). Om F0 råkar vara den delton som ligger närmast F1, vilket inte brukar vara fallet vid tal men däremot ibland vid sång, blir styrkan hos F0 avgörande för röststyrkan. I vanliga fall kan dock styrkan hos F0 variera med 10 dB utan att den totala SPL-nivån påverkas (Sundberg, 1986).



Figur 1. Idealiserat källspektrum med en lutning på 12 dB per oktav.



Figur 2. Ljudpulsen har passerat genom fyra formanter, varvid deltoner i vissa frekvensområden förstärkts. Exemplet visar formantfrekvenserna för vokalen /ae/.

Talljudet är enligt ovanstående beskrivning således en produkt av röstkällan och resonatorn (filtret). Enligt källa-filtre teorin är det möjligt att separera röstkällan och filtret från varandra (Fant, 1960). Detta utnyttjas i inversfiltrering.

2.3 Inversfiltrering

Syftet med inversfiltrering är att få fram den ursprungliga ljudsignalen som alstrats i larynx, innan den filterats av resonatorn¹. Inversfiltrering utförs antingen på en signal som representerar luftflödet ut genom munöppning och näsborrar, eller på en mikrofonsignal. I båda fallen använder man filter som har motsatt resonanseffekt mot i första hand de två första formanterna, F1 och F2. Dessa formanter är starkast och de som dominerar i vokaler. När signalen har passerat dessa så kallade antiresonansfilter är den så gott som fri från resonanspåverkan. På så sätt får man en signal som motsvarar den som producerats i larynx. Resultatet av en inversfilterad flödessignal kallas flödesglottogram (FGG) och visas i figur 3.

Inversfiltrering är en icke-invasiv metod. Det beskrevs första gången 1959 av Miller, och intresserade sedan många forskare (Fant & Sonesson, 1962; Lindqvist (Gauffin), 1964; 1965). 1973 utvecklade Rothenberg tekniken genom att introducera en flödesmask som placeras över

¹ Det bör påpekas att man genom inversfiltrering inte kan vara säker på att få fram exakt den ljudsignal som alstrats i larynx. För fördjupning i denna problematik rekommenderas Shadle, Barney och Davis (1999).

mun och näsa. Fördelen med flödesmasken är att även DC-flödet kan registreras (se under 2.4.1). I flödesmasken registreras det orala luftflödet med tryckmätare, som mäter tryckskillnaden över ett flödesmotstånd i form av ett finmaskigt nät. Om intraoral tryckmätning också ska göras, kan ytterligare en tryckmätare kopplas till masken. Det intraoral trycket registreras då helt oberoende av flödestrycket.

Vid inversfiltrering bör enbart vokaler med hög F1 användas eftersom F1 måste kunna separeras från F0. Den bästa vokalen för ändamålet har konstaterats vara /ae/ (Miller, 1959). Då endast vissa vokaler är lämpade för inversfiltrering kan det vara svårt att analysera löpande tal med denna metod. Inversfiltrering kräver dessutom en relativt sett tekniskt avancerad och dyr utrustning, vilket gör att metoden främst används i forskningssyfte och än så länge väldigt sparsamt i kliniskt bruk. Kliniskt har metoden även ansetts alltför tidskrävande och komplicerad för att rutinmässigt genomföras på patienter (Hertegård, 1994).

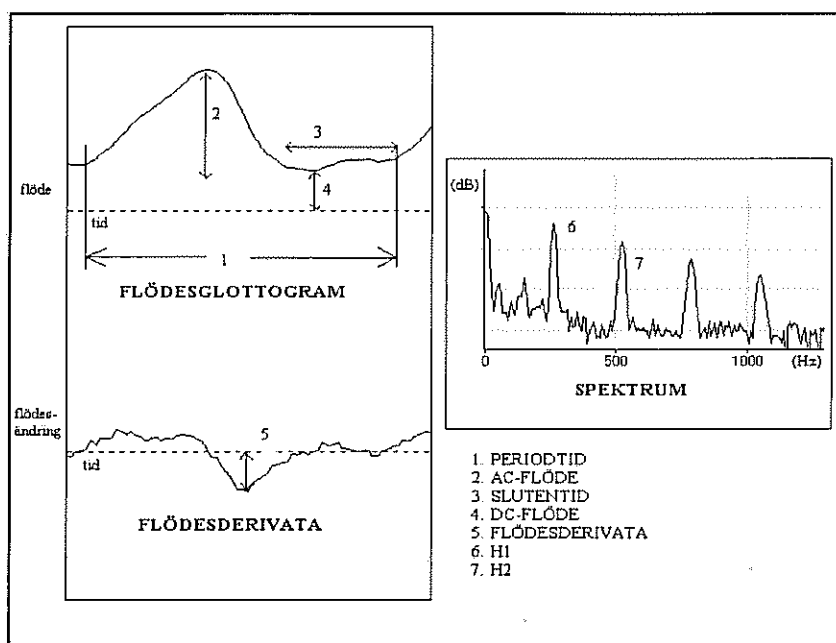
Det finns olika sätt att göra inversfiltrering. Ett sätt är att använda ett hårdvarufilter, t ex Glottal Enterprises MSIF-2. Med ett sådant ställs enbart de två lägsta formanterna in. Ett annat sätt är att använda ett filter i form av ett datorprogram, t ex Decap (Granqvist, 1999a). Även i detta program ställs formanterna in manuellt, men de kan vara fler till antalet. Formantinställningen förenklas genom samtidig visning av källspektrat och flödesvågformen. Det finns även automatiska datorinversfiltreringsprogram, varav Inverse (Imaizumi, 1990; Håkansson, 1993) är ett.

2.4 Flödesglottogrammet (FGG)

Flödesglottogrammet (FGG) illustrerar en vågform som visar luftflödet genom glottis som funktion av tiden (se figur 3). FGG är direkt relaterat till röstkällans akustiska egenskaper och indirekt kopplat till stämbandsvibrationerna (Fant, 1980). Som tidigare nämnts är det subglottala trycket fonationens primära drivkraft. Tryckvariationer ger upphov till förändringar i vågformens utseende. Många har beskrivit hur det subglottala trycket påverkar FGG-egenskaperna hos normala, otränade personer (Sulter & Witt, 1996; Holmberg, 1993; Perkell, Hillman & Holmberg, 1994; Karlsson, 1992; Lindqvist, 1970; Sundberg & Gauffin, 1979) och hos sångare (Andersson & Hultqvist, 1997; Sundberg, Cleveland, Stone & Iwarsson, 1999).

I FGG och källspektrum brukar man bli intresserade sig för parametrarna periodtid, slutentid, DC-flöde, AC-flöde, flödesderivata samt H1 och H2.

Periodtiden är den tid det tar för stämbanden att öppnas och stängas en gång. Den är direkt relaterad till grundtonsfrekvensen, som erhålles genom invertering av periodtiden ($1/\text{periodtid}$). Mäns respektive kvinnors normala grundtonsfrekvens ligger på ca 110 respektive 200 Hz (Lindblad, 1992), vilket motsvarar periodtider på 0,009 resp 0,005 sekunder.



Figur 3. Förstoring av en period ur ett flödesglottogram samt dess derivata och spektrum.

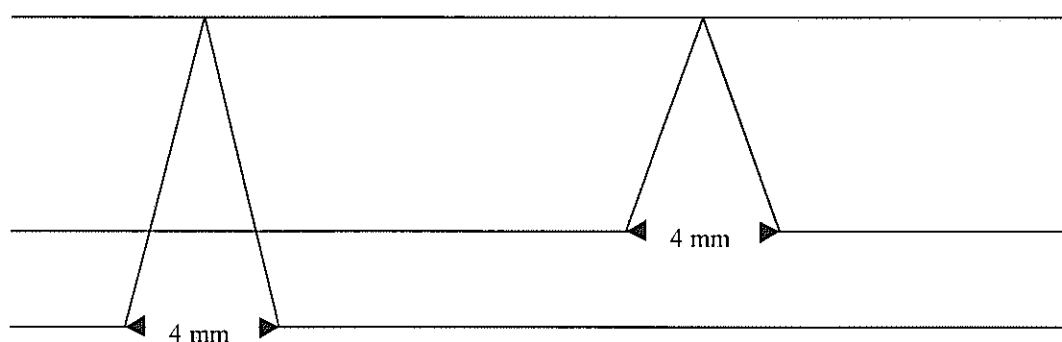
Slutentiden är den tid som stämbanden är stängda. Om slutentiden subtraheras från periodtiden erhålls öppentiden. Vågformens utseende under öppentiden kan liknas vid en triangel, vars vänstra halva motsvarar öppningen och vars högra halva motsvarar slutningen av stämbanden. Vågformen lutar ofta något åt höger då det tar längre tid för luftflödet att accelerera än att bromsas i glottis. Detta gäller framför allt män, eftersom kvinnors vågform tenderar att vara mer symmetrisk (Cheng & Guerin, 1987; Monsen & Engebretson, 1977). Genom att dividera slutentiden med periodtiden beräknas **slutenkvoten**, dvs den andel av periodtiden som glottis är stängt. Slutenkvoten beskrivs utförligare under 2.4.4.

2.4.1 DC-flöde

Ofta passerar en viss mängd luft genom glottis även under slutentiden. Denna mängd luft kallas **DC-flöde** (Direct Current), **läckage**. Fysiologiskt är DC-flödet relaterat till graden av ofullständig glottal slutning, och är därför av stor klinisk relevans. I ett flödesglottogram kännetecknas läckage av att kurvan inte går ned till nollinjen. Kurvan har dessutom en långsammare slutningshastighet vilket i spektrumperspektiv ger svaga övertoner och därmed svag total intensitet, vilket beskrivs utförligare under 2.4.6.

Läckage finns ofta hos både manliga och kvinnliga talare med normala röster (Holmberg, Hillman & Perkell, 1988; Higgins & Saxman, 1991; Södersten, 1994; Södersten, Hertegård & Hammarberg, 1994). Enligt Sundberg et al. (1999) visar DC-flödet ett osystematiskt beroende av både F0 och SPL. I en studie av Hertegård & Gauffin (1991) sågs DC-flödet vara större vid svag fonation och tenderade att minska med ökande fonationsstyrka. Hertegård, Gauffin och Karlsson (1992) visade att DC-flödet vid normaltal låg omkring 30 ml/s, men vid höga grundtonsfrekvenser uppmättes värden upp till 120 ml/s.

Förhållandet mellan män och kvinnor vad gäller DC-flödet har visats i ovan nämnda studie (Hertegård & Gauffin, 1991) där 4% av kvinnorna och 22% av männen uppvisade ett nollvärde för DC-flödet. Hertegård et al. (1992) observerade även att alla kvinnliga försökspersoner hade en bakre stämbandsglipa mellan arytenoidbrosken (de två brosk där stämbandets bakre delar är fästa) under slutenfaser. Ett flertal studier har inriktats på huruvida storleken på den bakre stämbandsglipan mellan arytenoidbrosken är relaterad till DC-flödet (Fritzell, Gauffin, Hammarberg, Karlsson & Sundberg, 1983; Holmberg et al., 1988; Hillman, Holmberg, Perkell, Walsh & Vaughan, 1989; Södersten, 1994). Resultaten indikerar att ett sådant samband finns. Storleken på den bakre stämbandsglipan förefaller minska med ökad röstintensitet. Dock finns enligt Hertegård (personlig kommunikation, 2000-01-19) en viss överlappning vid DC-flöden runt 50-60 ml, då glipan antingen kan vara mindre, och lokaliserad till enbart broskdelen, eller större, och även sträcka sig in i membrandelen. Således är sambandet mellan storlek på stämbandsglipa och DC-flöde inte helt linjärt. Enligt Hirano, Kiyokawa och Kurita (1988) är vinkeln vid det främre stäbandsfästet 1,6 gånger större hos kvinnor än hos män (se figur 4).



Figur 4. Schematisk bild av det manliga (vänster) och det kvinnliga (höger) glottis enligt beskrivning av Hirano, Kiyokawa och Kurita (1988). Vinkeln vid det främre stäbandsfästet är 1,6 gånger större hos kvinnor än hos män.

Följaktligen är mäns sköldbrosk spetsigare än kvinnors, vilket lätt iakttas på utsidan av halsen. Avståndet mellan arytenoidbrosken i neutralposition är ca 4 mm hos både män och kvinnor. Titze (1989b) menar att kvinnor t o m har ett längre avstånd mellan arytenoidbrosken än män. Av denna information drar Södersten (1994) slutsatsen att stämbanden relativt sett måste röra sig en längre sträcka hos kvinnor än hos män för att nå fullständig slutning. Att stämbandsglipa är vanligare hos kvinnor än hos män kan kanske förklaras av dessa könsskillnader. Dessutom har det visats att stämbandsglipan inte minskar med hjälp av röstterapi, vilket också stödjer hypotesen att stämbandsglipan kan orsakas av anatomiska faktorer (Södersten, 1994).

2.4.2 AC-flöde

AC-flödet (Alternating Current), är differensen mellan toppamplitud och bottenamplitud i flödeskurvan. Mätning av AC-flödet är att föredra framför maximumflödet då det sistnämnda även innefattar DC-flödet. AC-flödet är nära relaterat till det subglottala trycket och den glottala adduktionskraften. Vid hög adduktion minskar AC-flödet och vid låg adduktion ökar det (Iwarsson, Thomasson & Sundberg, 1995).

AC-flödet har ett tydligt samband med SPL, där AC-flödet ökar med röststyrkan (Hertegård & Gauffin, 1991; Holmberg et al., 1988; Higgins & Saxman, 1991; Södersten, Hertegård & Hammarberg, 1994). Som tidigare nämnts är det subglottala trycket den primära faktorn för SPL-variation. Därför är det inte förvånande att även ett högt subglottalt tryck ger en stor amplitud hos röstkällan (Sundberg, Tize & Scherer, 1993). En tryckökning leder dessutom till en ökad hastighet hos den luftström som passerar glottis. AC-flödet anses reflektera den fysiologiska svängningsamplituden hos stämbanden (Holmberg et al., 1988). Denna hypotes blev endast delvis bekräftad i en studie av Hertegård & Gauffin (1995), då AC-flödet vid pressad fonation blev mindre än väntat jämfört med vibrationsamplituden. Män har generellt ett högre AC-flöde än kvinnor, vilket helt enkelt beror på att män har större larynx.

AC-flödet är starkt relaterat till källspektrum och röstkällans grundtonshalt, vilket innebär att ett högt AC-flöde ger en hög F₀-amplitud. (Gauffin & Sundberg, 1989; Kullberg, 1996).

2.4.3 Flödesderivata

Flödesderivatan, förstaderivatan av flödesglottogrammet, ger ett mått på förändringar i flödeshastigheten i FGG. Den största förändringen i FGG inträffar när stämbanden sluts, vilket sker snabbare än någon annan stämbandsrörelse. Detta syns i flödesderivatan som en negativ maxamplitud. Ju större negativt värde denna amplitud har, desto högre är slutningshastigheten. Hädanefter kommer flödesderivatans negativa maxamplitud att kallas flödesderivatan, och anges som absolutvärde (enligt praxis i refererade studier).

Förändringen i slutningsfasens flödeshastighet är av vikt för ljudbildningseffektiviteten (Fant, 1979). Ju högre värde flödesderivatan har, desto energirikare blir övertonerna i källspektrum. En mängd studier har visat att flödesderivatan är nära relaterad till SPL samt till AC-flödet. (Hertegård & Gauffin, 1991; Holmberg et al., 1988; Stathopoulos & Sapienza, 1993; Sundberg et al., 1993; Sapienza & Stathopoulos, 1994; Södersten et al., 1994). Flödesderivatans höga korrelationer till AC-flödet stämmer väl överens med van den Berg et al.'s teori (1957) som postulerar att ett högt transglottalt flöde ger en högre slutningshastighet hos stämbanden. Även när det subglottala trycket ökar ses en ökning hos flödesderivatan (Sundberg, 1986; Andersson & Hultqvist, 1997; Sulter & Wit, 1996; Gauffin & Sundberg, 1989). Däremot förefaller inte flödesderivatan ha något signifikant samband med F₀ (Holmberg, Hillman & Perkell, 1989). Enligt Sundberg et al.'s (1993) undersökning på manliga sångare finns det tre olika sätt som kan leda till en ökning av flödesderivatan:

1. Ökning av AC-flödet, vid konstant F₀ och slutentid.
2. Förkortning av öppningsfasen.
3. Omfördelning av tiden inom öppningsfasen så att slutningsfasen blir kortare och öppningsfasen längre.

Flödesderivatan har visats vara högre för män än för kvinnor (Sapienza & Stathopoulos, 1994; Holmberg et al., 1989), vilket kan förklaras genom att män har större glottis med större stämbandsvibrationsamplitud (Titze, 1989b) och ett mindre brant källspektrum, vilket beskrivs under 2.4.6.

2.4.4 Slutenkvot

Slutenkvoten används oftast som ett adduktionsmått och anger ett värde på hur stor del av en vibrationsperiod stämbanden är slutna. Teoretiskt sett kan slutenkvoten variera mellan 0 och 1, där 0 innebär att inte någon del av stämbanden sluts under en period, vilket t ex kan vara fallet i falsettregister. Slutenkvotsvärden på 1 existerar inte, eftersom det skulle innebära att stämbanden inte öppnas alls under en period. Parametern har flitigt använts i röstforskningen.

Slutenkvoten har ett tydligt samband med röststyrkan och det subglottala trycket, och ökar med båda dessa parametrar (Holmberg et al., 1988). Andersson & Hultqvist (1997) kunde genom att använda ett större antal mätpunkter visa att slutenkvoten ökar exponentiellt med ökat subglottalt tryck, och planar ut vid ca 0,5.

Sundberg et al. (1999) fann i sin undersökning av professionella countrysångare att slutenkvoten blev större vid högre SPL-värden, med värden ibland så höga som 0,75. Deras resultat gav också högre slutenkvotsvärden vid sång än i tal, vilket bör bero på att man vid denna typ av sångteknik använder ett pressat fonationssätt. En ökad adduktionskraft hos stämbanden ger således en ökad slutenkvot (Gauffin & Sundberg, 1989).

Howard (1994) samt Howard, Lidsey och Allen (1991) visade att sångträning har positiv effekt på slutenkvoten, vilket leder till en ökning av denna. Hillman et al. (1989) menar att röstträning hjälper dysfoniska patienter att öka slutenkvoten. Holmberg et al. (1989) har i en studie visat på sambandet mellan slutenkvoten och F₀, där slutenkvoten sågs minska med ökad F₀ hos otränade manliga försökspersoner. I bröstregistret är slutenkvoten normalt omkring 0,5 medan den är lägre i falsettregister (Cleveland & Sundberg, 1983; Löfqvist, 1990). Generellt är kvinnors slutenkvot mindre än mäns. (Fant, 1993; Holmberg et al., 1988). Slutenkvoten har visats ha en stark korrelation med H₁–H₂ (Holmberg, Hillman, Perkell, Guiod & Goldman, 1995; Andersson & Hultqvist, 1997). En ökning av slutenkvoten leder till minskning av H₁–H₂ (se vidare under 2.4.6).

2.4.5 Komplians

Komplians är en relativt ny parameter inom röstforskningen, om än gammal inom akustiken (Beranek, 1949). Den är ett adduktionsmått som anger glottis eftergivlighet för det subglottala trycket i liter/cm VP. Kompliansen erhålls genom att dividera flödesglottogramets pulsyta med det subglottala trycket (Sundberg et al., 1999). En hög komplians innebär stor eftergivlighet och följaktligen liten glottal adduktionskraft. Tidigare har parametern glottal permittans använts, vilket är kvoten av AC-flödet och det subglottala trycket. Fördelen med att beräkna kompliansen är att den beaktar hela pulsytan, d v s både pulsamplituden och slutentiden.

Parametern användes av Iwarsson et al. (1995) i deras studie av lungvolym och det så kallade trakealdraget (en larynxsänkande inverkan från trakea som ökar med ökad lungvolym) hos män med otränade röster. De visade att kompliansen avtar, den glottala adduktionskraften blir alltså större, med ökat subglottalt tryck. Generellt var kompliansvärdena lägre vid låga lungvolymmer än vid höga, vilket betyder att adduktionskraften är större när lungvolymen är liten. Oavsett om lungvolymen var stor eller liten minskade dock kompliansen med ökat subglottalt tryck.

I Andersson & Hultqvists studie (1997) av det subglottala tryckets inverkan på röstkällan hos manliga sångare undersöktes bl a kompliansen. Deras resultat visade att kompliansen avtar med stigande F0. Kompliansen avtog också med ökning av det subglottala trycket vid lägre F0. Vid höga F0 är stämbandets redan så spända och utdragna att en tryckökning varken gör till eller från för eftergivligheten. Därför var minskningen i komplians endast obetydlig vid tryckökning på hög fonationsfrekvens. Kompliansen borde som parameter vara nära relaterad till H1–H2 (Sundberg et al., 1999) eftersom H1 bestäms av flödespulsens area och H2 av flödesderivatan, vilken i sin tur varierar med det subglottala trycket (Fant, Liljencrants & Lin, 1985).

Inga av författarna kända studier har gjorts avseende eventuella skillnader mellan mäns och kvinnors glottala komplians. Författarnas hypotes är dock att mäns komplians är högre än kvinnors då deras pulsyta är större.

2.4.6 H1–H2

Ett sätt att studera röstkällan akustiskt är genom källspektrum. **H1–H2** (Harmonic 1–Harmonic 2) är differensen mellan första och andra deltonens nivå i källspektrat. Denna nivåskillnad kan enligt Stevens och Hanson (1995) ge information om stämbandets vibrationsmönster. Amplituden hos H1 (vilket är detsamma som F0) är direkt relaterad till flödespulsens ytstorlek på så sätt att ju större pulsytan är, desto högre blir H1-amplituden, och därmed fonationens grundtonshalt. Amplituden hos H2 kan i sin tur direkt relateras till stämbandets slutningshastighet, dvs till flödesderivatan, och fördelningen av energi hos de höga deltonerna (Fant et al., 1985). Ju högre amplitud H2 har, desto högre maxvärde får flödesderivatan, och desto energirikare blir övertonerna.

Då korrelationen mellan flödesderivatan och subglottalt tryck är hög kan följaktligen amplituden hos H2 även relateras till det subglottala trycket. Nivåskillnaden mellan H1 och H2 avtar därför med ökat tryck. Enligt Andersson och Hultqvist (1997) minskar H1–H2 exponentiellt med trycket, vilket innebär att kurvan avstannar på en viss nivå även då trycket ökar. Andersson och Hultqvist fann att denna utplaning ligger vid ca 5 dB. Ett svagt lutande källspektrum är tecken på pressad fonation. Sålunda är en liten skillnad mellan H1 och H2 förknippad med ökad adduktion och en lång slutenfas (Stevens & Hanson, 1995). Därav förklaras att H1–H2 har en stark korrelation med slutenkvoten. Kullberg (1996) har visat att H1–H2 är större i mellan- än i bröstregister, vilket skulle innebära att H1–H2 ökar med F0.

Kvinnors och mäns H1–H2-värden skiljer sig genom att männen ofta har lägre värden än kvinnorna. Detta beror på att kvinnor har mindre energirika övertoner än män då deras källspektrum lutar brantare än männens. (Fant, 1979; 1993; Monsen & Engebretson, 1977). Som ovan nämnts är pulsytan nära relaterad till H1. En minskad slutenkvot leder till en större pulsyta som i sin tur ger en större amplitud hos H1 (Klatt & Klatt, 1990). Detta kännetecknar den kvinnliga röstkällan.

Det är viktigt att påpeka att H1–H2 endast ger ett mått på förändringar i spektrums nedre del. I andra sammanhang kan det vara mer intressant att studera den mellersta eller övre delen av spektrum. Hanson (1997) har i en studie över sambandet mellan akustiska mått och FGG-parametrar hos kvinnor, förutom H1–H2 studerat H1–A1 respektive H1–A3, där just dessa aspekter beaktas. H1–A1 innebär differensen mellan H1 och amplituden hos F1 (A1). Detta mått ger information om formantbandbredd. Formantbandbredden är i sin tur relaterad till

graden av energiförlust i ansatsröret, t ex den energiförlust som uppstår vid läckage. Således kan mätning av formantbandbredd bland annat indikera hur mycket läckage som förekommer. H1-A3 innebär vidare differensen mellan H1 och amplituden hos F3 (A3). Måttet indikerar spektrums lutning och kan användas för att se hur abrupt luftströmmen skärs av när glottis slutar.

2.5 Studier av röstkällan hos tränade och otränade personer

Inledningsvis nämndes att det subglottala trycket är den främsta parametern för röststyrkevariation. F0 och det subglottala trycket är två röstkälleparametrar som båda influerar röstkällans utseende. För att få en klar bild av sambandet dem emellan krävs en mångfald värden av endera parametern medan den andra hålls konstant.

I flera studier gällande röstkällan har man använt sångare och andra personer med skolade röster som försökspersoner. Sångares mer konsekventa röst användning kan vara en fördel i undersökningar som syftar till att belysa röstfunktionen, då de måste ha god oberoende kontroll över röstintensitet och tonhöjd. I sång måste dessa parametrar frikopplas från varandra eftersom en ökning i styrka inte får påverka tonhöjden (Sundberg, 1990). Nackdelen med sångarstudiernas resultat är att, även om resultaten varit relativt samstämmiga (Cleveland & Sundberg, 1983; Andersson & Hultqvist, 1997), kan de inte sägas återspegla normalrösten.

Å andra sidan har resultaten från studier på otränade försökspersoners röster ofta varit osäkra och varierande (Holmberg et al., 1994). Sulter och Wit (1996) har gjort en omfattande studie på röstkällan hos tränade och otränade försökspersoner. Som även i bl a Holmberg et al.'s studie (1988) användes tre olika intensitetsnivåer medan F0 tilläts variera fritt. Om kontroll av F0 hade gjorts tror författarna att de erhållna värdena för FGG-parametrarna vid varierat tryck hade blivit mer informativa i bemärkelsen att den oberoende variabeln enbart hade utgjorts av det subglottala trycket.

Holmberg (1993) har i en serie studier undersökt normalröstkällan och genom statistiska beräkningar analyserat inverkan av SPL och F0. Holmberg påpekar dock att resultaten av en sådan analys inte är en direkt återspeglning av de faktiska fysiologiska förhållandena. Enligt Holmberg hade ett mer direkt sätt att skilja SPL från F0 varit att försökspersonerna höll SPL konstant medan F0 varierades. Holmberg väljer dock att inte gå tillväga på detta sätt då det skulle tvinga försökspersonerna att på ett onaturligt sätt manipulera röstkällan.

Ett annat sätt som prövades i Andersson & Hultqvists (1997) studie på sångare var att istället hålla F0 konstant medan SPL varierades. Enligt författarna borde detta vara att föredra framför Holmbergs förslag. Som tidigare nämnts påverkas SPL av både formantfrekvenser och F0. Även då röststyrkan hålls konstant leder en förändring av F0 till en förändring i SPL beroende på var deltonerna faller i förhållande till F1 (Gramming & Sundberg, 1988). Konstant SPL betyder således inte konstant röststyrka. I ovan nämnda studie (Andersson & Hultqvist, 1997) gjordes inspelningar på tre tonhöjder som var jämt fördelade inom varje sångares röstomfång. På varje tonhöjd upprepades stavelsen /pae/ från högsta till lägsta intensitetsnivå. Det subglottala trycket är, som tidigare nämnts, en av röstkällans huvudkontrollparametrar. Under fonation varierar ständigt det subglottala trycket. Därför är det betydelsefullt att kartlägga det exakta sambandet mellan röstkälleparametrarna och det subglottala trycket. Det kan vara svårt med endast ett fåtal tryckvärden. Istället för tre intensitetsnivåer (Sulter & Wit, 1996; Holmberg et al., 1988), valdes tio jämt fördelade tryck

ut. Genom att på detta sätt mäta tio intensitetsnivåer samtidigt som F0 hölls konstant kunde en tydligare bild erhållas av hur det subglottala trycket inverkar på röstkällan hos professionella sångare. Motsvarande undersökning på otränade röster saknas, vilket gav upphov till denna studie.

3. FRÅGESTÄLLNINGAR OCH HYPOTESER

3.1 Frågeställningar

- Hur varierar följande fyra flödesglottogramparametrar med det subglottala trycket då F_0 hålls konstant? Hur varierar parametrarna med F_0 ?
 - DC-flöde
 - Flödesderivata
 - Komplians
 - Slutenkvot
- Hur förhåller sig slutenkvoten och H_1 – H_2 till varandra?
- Vilka skillnader i flödesglottogrammen finns mellan kvinnor och män?

3.2 Hypoteser

Vi ställer upp följande hypoteser:

- De fyra flödesglottogramparametrarna kommer att variera på följande sätt:
 - DC-flödet är oberoende av det subglottala trycket. DC-flödet ökar med F_0 .
 - Flödesderivatan ökar med det subglottala trycket. Flödesderivatan är oberoende av F_0 .
 - Kompliansen minskar då det subglottala trycket ökar. Kompliansen minskar då F_0 ökar.
 - Slutenkvoten ökar med det subglottala trycket, men avstannar runt 0,5 för att sedan plana ut. Slutenkvoten minskar då F_0 ökar.
- En hög korrelation kommer att finnas mellan slutenkvoten och H_1 – H_2 . H_1 – H_2 kommer att öka med F_0 .
- Vad beträffar skillnader i flödesglottogrammen mellan kvinnor och män gäller följande:
 - En stor variation av DC-flöden kommer att förekomma inom båda grupperna.
 - Kvinnorna kommer oftare ha ett DC-flöde än männen.
 - Kvinnorna kommer ha en mindre flödesderivata än männen.
 - Kvinnorna kommer ha mindre komplians än männen.
 - Kvinnorna kommer ha mindre slutenkvot än männen.
 - Kvinnorna kommer ha större H_1 – H_2 än männen.

4. METOD

I maj 1999 gjordes en pilotstudie med fem försökspersoner för att pröva ut metoden. Efter smärre justeringar användes följande modell.

4.1 Försökspersoner

33 personer testades, 16 kvinnor och 17 män. De skulle uppfylla följande kriterier:

- ålder 20 – 40 år
- icke-rökare
- ej rösttränade
- ej påtagliga röstbesvär
- ej astma/lungsjukdom
- ej påtaglig övre luftvägsinfektion vid testtillfället
- ej hörselnedsättning

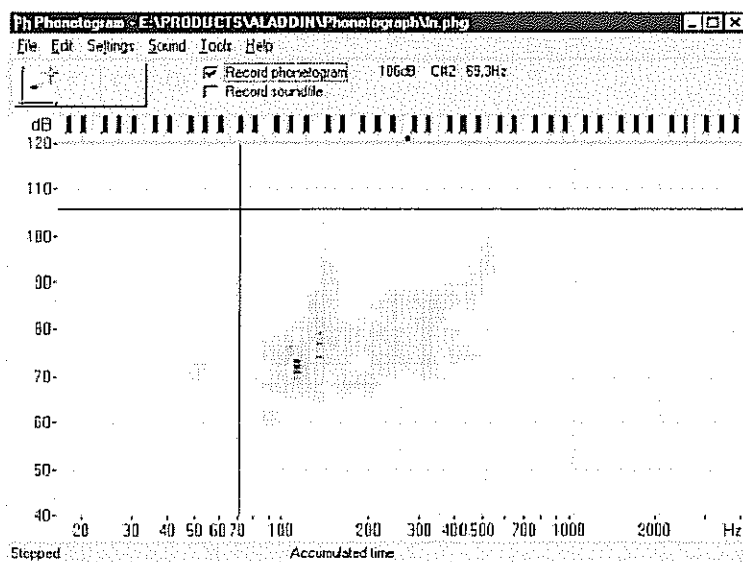
Försökspersonerna bestod av studerande och anställda på institutionen för Tal, Musik och Hörsel, författarnas vänner samt personer värvade via anslag som satts upp på KTH och Stockholms universitet. Samtliga testpersoner garanterades anonymitet. Medverkan var helt frivillig. Något arvode för medverkan utgick inte. Samtliga försökspersoner besvarade en enkät (bilaga 1) som kontroll på att ovanstående kriterier var uppfyllda. Enkäten konstruerades av Iwarsson (1999), och modifierades av författarna för att passa denna studie. För exakta definitioner av urvalskriterier se bilaga 2.

Efter internt bortfall på tre män och en kvinna ingick 15 kvinnor och 14 män, sammanlagt 29 personer, i studien. Orsakerna till bortfallet var i ett fall att den tub som mäter det intraorala lufttrycket var felaktigt placerad i mungipan, i ett fall att författarna bedömde att personen inte uppfyllde röstkriterierna och i två fall p g a att personerna inte klarade av testuppgiften.

4.2 Procedur

Testuppgiften bestod av två delar. I testdel 1 fick försökspersonen upprepa stavelsen /pae/ samtidigt som han/hon fick lyssna på "partybabbel" (Widex ApS. Real-life environment sound examples) i hörlurar. Försökspersonen skulle överrösta partybabblet, som först minskade och sedan successivt ökade i styrka. Denna sekvens varade i 30 sekunder. Syftet med denna uppgift var att få material från en relativt icke-styrd talsituation för att kunna jämföra med huvudtestet.

I testdel 2 gjordes en grundtonsanalys med hjälp av datorprogrammen PhogTM 1.1 (figur 5) och Soundswell Signal WorkstationTM. Grundtonsanalysen baserades på 20-30 sekunders fritt berättande kring en av författarna vald bild. En vertikal markör placerades sedan på det uppmätta medelvärdet i fonetogrammet PhogTM 1.1, som i realtid också visade försökspersonens grundtonsfrekvens. Med hjälp av detta visuella stöd upprepade försökspersonen stavelsen /pae/ på bibehållen frekvensnivå medan röststyrkan varierades maximalt. Samma procedur gjordes om på två högre frekvensnivåer; 6 halvtoner respektive 12 halvtoner över det beräknade medelvärdet av F₀. Fortsättningsvis kommer de tre frekvensnivåerna att benämnas F₀_{låg}, F₀_{mellan} och F₀_{hög}. Uppgiften upprepades till dess tillräcklig mängd data erhållits, eller tills försökspersonen bedömdes ha presterat sitt yttersta.



Figur 5. Fonetogram med vertikal och horisontell markör. X-axeln visar frekvens, y-axeln intensitet. När ljud registreras visas en punkt på uppmätt frekvens respektive intensitet. Ju fler identiska ljud, desto svartare blir punkten.

4.3 Inspelning

Följande utrustning användes (för kopplingschema se figur 6):

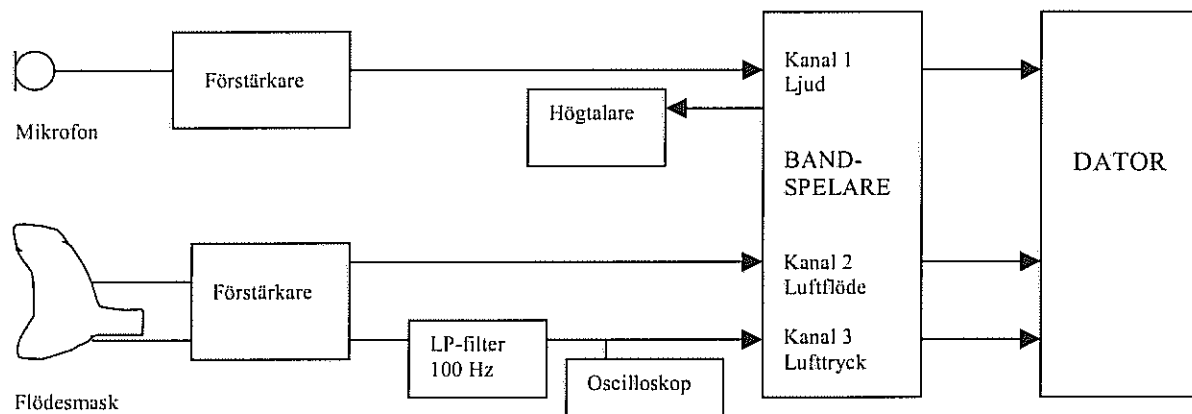
- Huvudburen mikrofon (AV-JEFE, TCM 110) och förstärkare (Symetrix, SX 202)
- Hörlurar
- Phog™ 1.1, AB Nyvalla DSP 1999. Ett interaktivt fonetogram för Windows-miljö.
- 16-kanalig signalbandspelare (TEAC RD-200T PCM Data Recorder)
- Flödesmask och förstärkare (Glottal Enterprises MSIF-2)
- Oscilloskop (Gould 20 MHz OS 300; Tektronix 2225 50 MHz Oscilloscope)
- LP/HP-filter (ITHACO, modell 4302, serie nr 48255)

Intraoralt tryck, luftflöde och ljudsignal spelades in på tre kanaler på en signalbandspelare. Luftflödet registrerades med hjälp av en Rothenbergsmask. Det subglottala trycket uppskattades via det intraorala trycket (Löfqvist, Carlborg, & Kitzing, 1982), som mättes genom en tunn plastslang placerad i mungipan via Rothenbergsmasken. Ljudsignalen spelades in via en huvudburen mikrofon på 30 cm:s avstånd från munnen. På samma band inspelades kalibrering för tryck, luftflöde och ljudnivå. Kalibrering gjordes två gånger, dels inför den första testpersonen och sedan en gång inför den elfte testpersonen.

Alla inspelningar gjordes i ett vanligt rum vid olika tillfällen. Före inspelningen hade försökspersonerna möjlighet att bekanta sig med testutrustningen samt fick öva på att säga /pae/ tills ett jämt tryck under hela ocklusionsfasen uppnåddes. Under denna övning fick försökspersonerna visuell återkoppling genom att titta på trycksignalen på ett oscilloskop.

De två första testpersonerna, båda manliga, kunde inte utföra testdel 1 där partybabbel skulle överröstas. Detta på grund av att högtalaren inte fungerade vid testningstillfället. Därför finns

inte några data från denna uppgift hos försöksperson M8 och M9. Försöksperson M9 hade medverkat i pilotstudien, och därför användes istället data från denna till testdel 1.



Figur 6. Kopplingsschema vid inspelning. Mikrofon och Rothenbergsmask avbildade till vänster.

4.4 Analys

Samtliga inspelningar på DAT-bandet spelades över på filer i signalanalysprogrammet Soundswell Signal WorkstationTM, en fil för varje försöksperson. Varje fil innehöll tre kanaler. Den första innehöll ljudsignalen (som inte användes till annat än kontroll av filens innehåll under analysen), den andra flödessignalen och den tredje trycksignalen. Signalerna spelades in med samplingsfrekvens 20, 10 respektive 10 kHz.

Efter en noggrann gemensam genomgång av dataanalysen tillsammans med uppsatshandledaren delades analysarbetet upp mellan författarna. En författare analyserade de manliga försökspersonernas data och en analyserade de kvinnliga försökspersonernas data. För att säkerställa analysens tillförlitlighet gjorde den ena författaren tillsammans med handledaren en analys av några exempel från den andra författarens data efter att analysarbetet hade pågått under ungefär en vecka.

I huvudtestet, testdel 2, valdes för varje försöksperson och ton tio jämt fördelade subglottala tryck ut, från det lägst till det högst förekommande. Vissa försökspersoner hade haft lätt för att hålla sig till den ton som angavs, andra hade svårare, vilket ledde till stora frekvensvariationer. Då de tio trycken valdes ut tilläts en avvikelse med högst +/-2 halvtoner från måltonen. I testdel 1, där måltonen inte var styrd, valdes fyra tryck ut.

Trots att försökspersonerna fick tydliga instruktioner om hur de skulle säga rätt sorts /p/, dvs ett p med jämt tryck under hela ocklusionsfasen, och fick öva på detta innan experimentet började, producerade ganska många försökspersoner ibland svärmätta intraorala tryck. En tryckkurva som är lätt att mäta bör ha en alldeles platt topp. Ibland förekom dock ett distinkt knä i början av ocklusionen, åtföljt av en långsam tryckökning under resten av ocklusionen. Andra gånger saknades helt tendens till plattå, och trycken kunde istället vara triangelformade och spetsiga. Vi försökte så långt som möjligt välja ut tryck med platta toppar, men ganska

ofta fick vi använda mindre entydiga tryck. Under analysen valdes tryckvärden som låg i slutet av ocklusionsfasen. Hertegård, Gauffin & Lindestad (1995) jämförde i en studie det intraorala trycket med det subglottala hos en försöksperson. Enligt denna studie bör, vad gäller sluttande topplinjer, mätningen göras i början av ocklusionen. Vidare fann de att de spetsiga trycken gav lägre värden än det egentliga subglottala trycket. Därmed förekommer då och då tryck i våra resultat som inte mätts på ett korrekt sätt. Detta hade kunnat förhindras genom att låta försökspersonerna hålla på med testuppgiften en längre tid, vilket skulle ha givit oss fler tryck att välja mellan.

Efter tryckuppmätningen gjordes inversfiltrering av samtliga flödessignaler med hjälp av datorprogrammet Decap (Granqvist, 1999a). Kriterierna för inversfiltreringen var främst en så slät slutenfas som möjligt, samtidigt som källspektrum skulle ha en relativt jämn lutning. Samtliga inversfiltrerade flödessignaler behandlades i datorprogrammet Extract (Granqvist, 1999b) för att erhålla derivatan av flödesglottogrammet (se figur 7).

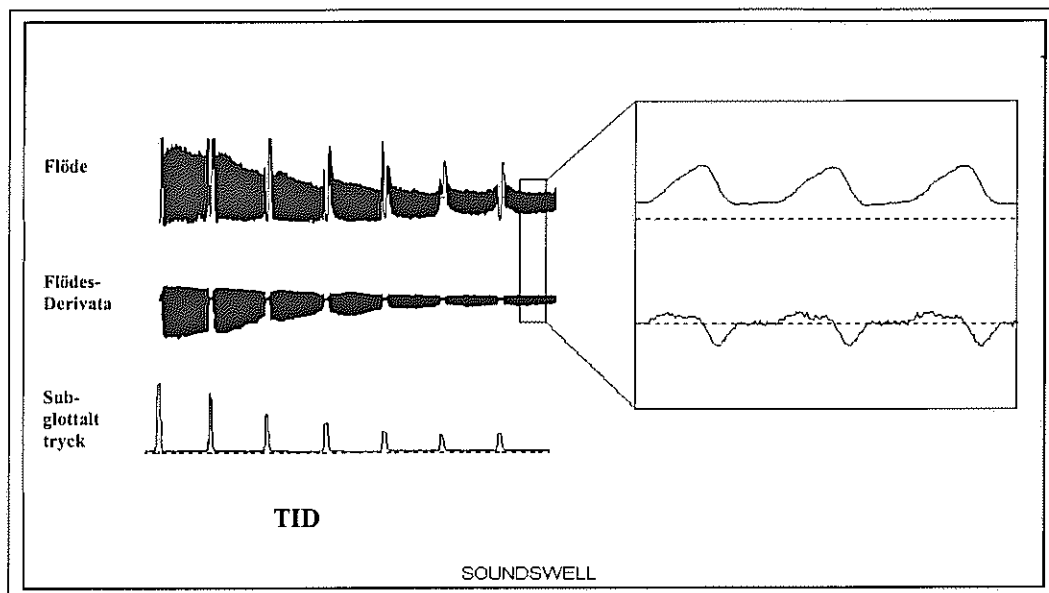
Analys av flödesglottogram och flödesderivata gjordes i Soundswell Signal Workstation™. Följande parametrar uppmättes i flödesglottogrammen:

- Periodtid
- Slutenfas
- Pulsens medelvärdesamplitud
- DC-flöde
- H1 och H2 (mättes ur spektrum som räknats ut från den inversfiltrerade flödessignalen, med hjälp av programmet Sect i Soundswell)
- Den negativa maxamplituden uppmättes ur det deriverade flödesglottogrammet.

Erhållna data bearbetades i Microsoft Excel. Mätställen i flödeskurvorna noterades likaså i Excel. Utifrån uppmätta flödesglottogramparametrar räknades följande parametrar ut:

- Slutenkvot, d v s slutenfas/periodtid.
- Kompliansen, glottis eftergivlighet för det subglottala trycket, genom att dividera pulsarean med det subglottala trycket. Pulsarean beräknades med formeln: (periodtid – slutenfas)*(pulsens medelvärdesamplitud – DC-flöde).
- H1–H2, nivåskillnaden mellan första och andra deltonen.

Fonationströskeltrycket uppskattades utifrån svagast förekommande tryck på respektive grundtonsfrekvens. Normerat excesstryck räknades ut med formeln: (subglottalt tryck – tröskeltryck)/tröskeltryck. Trots instruktioner om att fonera på svagast möjliga röststyrka verkade det som om några försökspersoner inte alltid gjort detta och därmed kunde fonationströskeltrycket i dessa fall bli något för högt.

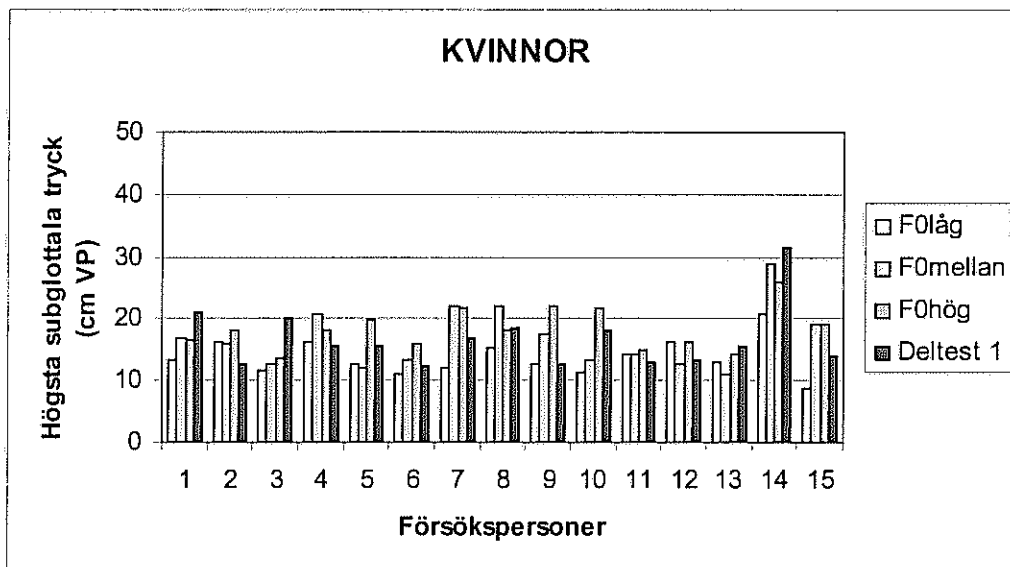


Figur 7. Illustrering av hur flödet och flödesderivatan minskar med det subglottala trycket. Rutan till höger visar en förstoring av flödet och flödesderivatan.

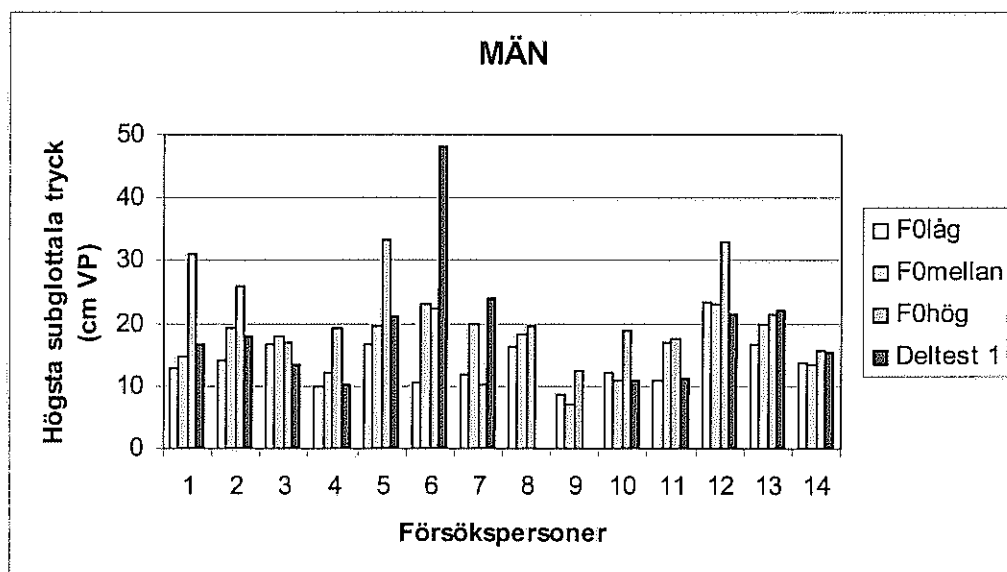
5. RESULTAT

Alla försökspersoner producerade varierande subglottala tryck under försöken i deltest 1 och 2. I figur 8 och 9 visas försökspersoners maximala subglottala tryck vid respektive deltest. I deltest 1 tillät uppgiften en mer normal röst användning än i deltest 2. Generellt kan sägas att värdet för deltest 1 ofta ligger nära genomsnittet för $F0_{\text{låg}}$, $F0_{\text{mellan}}$ och $F0_{\text{hög}}$. I några fall avviker dock värdet från deltest 1 markant från deltest 2.

Generellt verkar försökspersonerna producera ett högre tryck med ökad $F0$, men detta gäller inte alla försökspersoner.



Figur 8. Maximalt subglottalt tryck hos respektive kvinnliga försökspersoner på tre frekvensnivåer samt vid deltest 1.



Figur 9. Maximalt subglottalt tryck hos respektive manliga försökspersoner på tre frekvensnivåer samt vid deltest 1. Två försökspersoner saknar uppgifter till babbel.

De fyra parametrarna DC-flöde, flödesderivata, komplians och slutenknot jämfördes med det normerade excesstrycket. H1–H2 jämfördes med slutenknoten.

Nedan följer en redovisning av varje enskild parameter. För varje parameter redovisas tabeller som visar medelvärdena och standardavvikelser för kvinnornas respektive männens korrelationskoefficienter (r), lutningskoefficienter (K) och intercept ($icpt$) för varje $F0$ (se bilagorna 2a-e för samtliga försökspersoners värden). Intercept är det värde där kurvan skär y-axeln. Även slutenknoten jämfördes med det normerade excesstrycket, men redovisas med asymptot (A), alfa (α) och interceptet hos den logariterade kurvan (B). Asymptoten är det värde där den exponentiella kurvan planar ut, värdet på alfa visar hur snabbt kurvan uppnår asymptoten. Att slutenknoten redovisas på detta sätt beror på att den, till skillnad från de övriga parametrarna, är en exponentiell funktion av det normerade excesstrycket.

För varje parameter redovisas även diagram som illustrerar medelvärdena för kvinnornas respektive männens korrelationskoefficienter (r). Könsskillnader och skillnader mellan de olika grundtonsfrekvenserna bedömdes genom skattning av diagrammen. Dessutom visas de försökspersoner som uppnådde högsta respektive lägsta korrelation mellan det normerade excesstrycket och den givna parametern. På detta sätt belyses spridningen mellan de olika försökspersonernas resultat. I alla diagram för enskilda försökspersoner visas även vilken person som avses (t ex K2 som betyder "kvinna nummer 2"), vilket grundtonsläge som avses (t ex F0mellan) samt vilket r -värde som just denna person erhöll.

5.1 DC-flöde

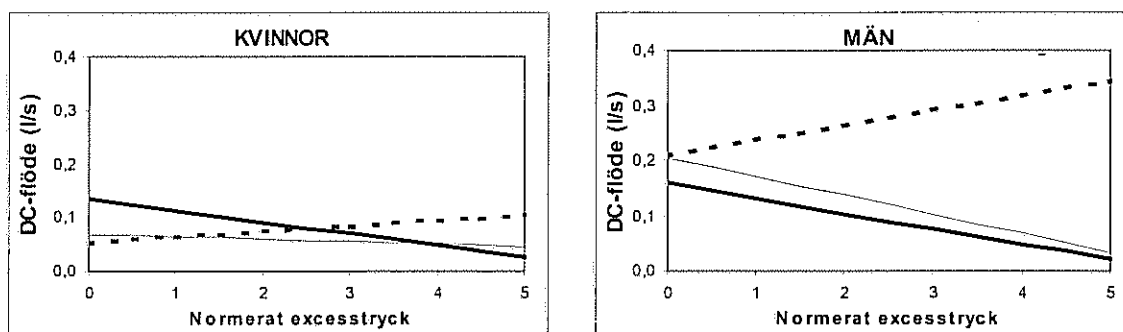
Tabell 1 och 2 visar att sambandet mellan DC-flöde och det normerade excesstrycket var vagt och varierande. En tendens hos både kvinnorna och männen var att DC-flödet sjönk med ökat tryck vid $F0_{\text{läg}}$ och $F0_{\text{mellan}}$, medan det ökade vid $F0_{\text{hög}}$ (se figur 10). Hos männen ökade DC-flödet vid $F0_{\text{hög}}$, detta samband var dock vagt hos kvinnorna. Männen hade generellt ett större DC-flöde än kvinnorna.

Tabell 1. Gruppdata med standardavvikelser för kvinnorna. Korrelationskoefficienter (r), lutningskoefficienter (K) och intercept ($icpt$) för varje $F0$. Parametern korrelerades med det normerade excesstrycket.

Kvinnor	Normerat excesstryck								
	$F0_{\text{läg}}$			$F0_{\text{mellan}}$			$F0_{\text{hög}}$		
	r	K	$icpt$	r	K	$icpt$	r	K	$icpt$
DC-flöde	-0,61 (0,25)	-0,02 (0,04)	0,18 (0,23)	-0,46 (0,27)	-0,00 (0,03)	0,07 (0,10)	0,60 (0,29)	0,01 (0,04)	0,05 (0,06)

Tabell 2. Gruppdata med standardavvikelser för männen. Korrelationskoefficienter (r), lutningskoefficienter (K) och intercept ($icpt$) för varje $F0$. Parametern korrelerades med det normerade excesstrycket.

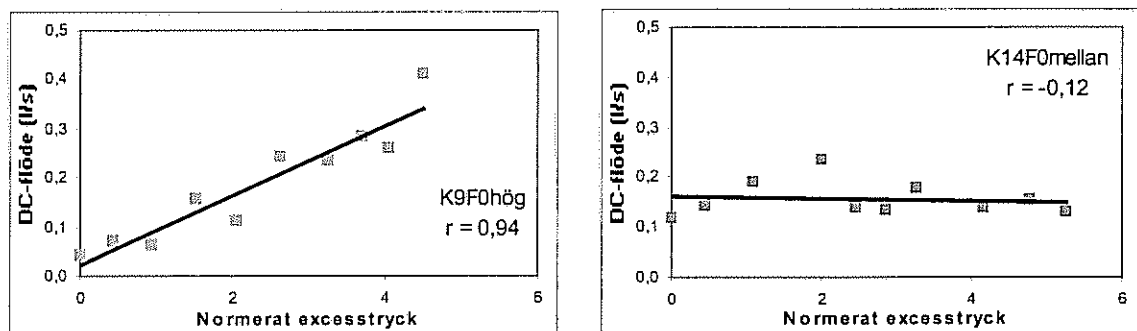
Män	Normerat excesstryck								
	$F0_{\text{läg}}$			$F0_{\text{mellan}}$			$F0_{\text{hög}}$		
	r	K	$icpt$	r	K	$icpt$	r	K	$icpt$
DC-flöde	-0,42 (0,28)	-0,03 (0,09)	0,16 (0,10)	-0,51 (0,31)	-0,03 (0,08)	0,2 (0,16)	0,55 (0,23)	0,03 (0,06)	0,21 (0,17)



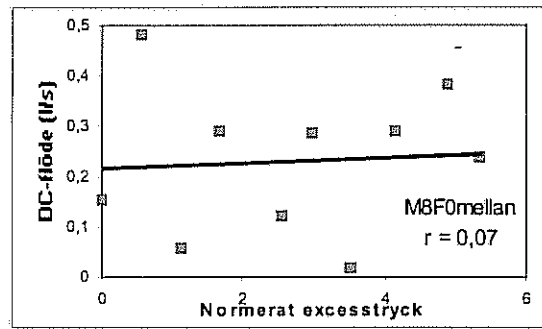
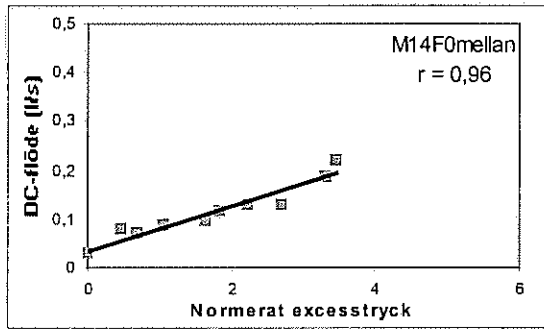
Figur 10. Sambandet mellan DC-flöde och normerat excesstryck hos kvinnorna respektive männen vid tre olika FO. Streckad linje = $FO_{hög}$, tunn linje = FO_{mellan} , tjock linje = $FO_{låg}$. För r-värde, K och icpt se tabell 1 (kvinnor) och 2 (män).

Hos sju av kvinnorna och två av männen förekom ibland väldigt små, och t o m negativa DC-flöden. Läckage från flödesmasken, d v s att masken ej slutit tätt mot ansiktet, resulterar i negativa värden. Författarna valde att, detta till trots, behålla de negativa DC-flödena och därav beroende parametrar, och inte utesluta dessa ur materialet. Anledningen till detta val var att värdena på AC-flöde respektive flödesderivata vid jämförelser med tidigare studiers data (Holmberg et al., 1994; Hertegård & Gauffin, 1991; Sulter & Wit, 1996) inte föreföll ha påverkats av maskläckaget, och därmed inte heller minskat. Dock bör DC-flödesvärdena tolkas med försiktighet.

Försökspersonerna hade stora individuella skillnader vad gäller DC-flöde. I figur 11 och 12 visas de försökspersoner som hade högst respektive lägst korrelation med det normerade excesstrycket.



Figur 11. Värden för de två kvinnliga försökspersonerna med högsta respektive lägsta korrelation mellan DC-flöde och normerat excesstryck.



Figur 12. Värden för de två manliga försökspersonerna med högsta respektive lägsta korrelation mellan DC-flöde och normerat excesstryck.

5.2 Flödesderivata

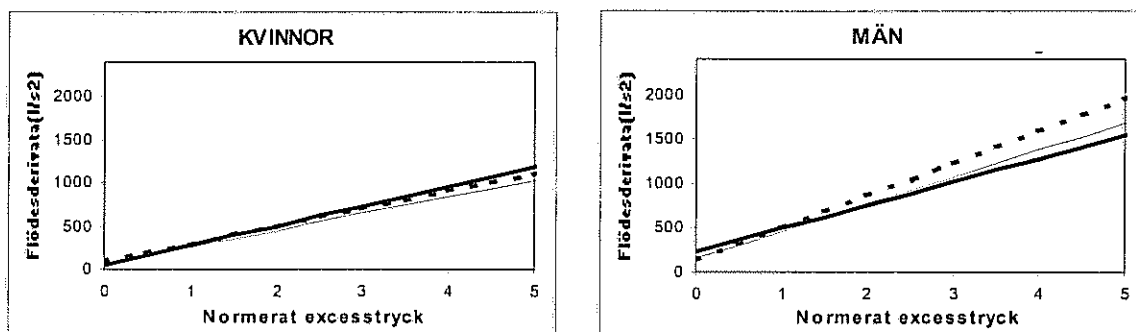
Flödesderivatan har en mycket stark positiv korrelation med det normerat excesstrycket hos både kvinnor och män (se tabell 3 och 4 samt figur 13). Män har en högre flödesderivata än kvinnor. Flödesderivatan visar inget beroende av F0.

Tabell 3. Gruppdata med standardavvikelser för kvinnorna. Korrelationskoefficienter (r), lutningskoefficienter (K) och intercept (icpt) för varje F0. Parametern korrelerades med det normerade excesstrycket.

	Kvinnor								
	Normerat excesstryck								
	F0 _{låg}			F0 _{mellan}			F0 _{hög}		
	r	K	icpt	r	K	icpt	r	K	icpt
Flödesderivata	0,97 (0,02)	228 (123)	43 (61)	0,92 (0,07)	194 (73)	66 (69)	0,94 (0,06)	204 (90)	83 (62)

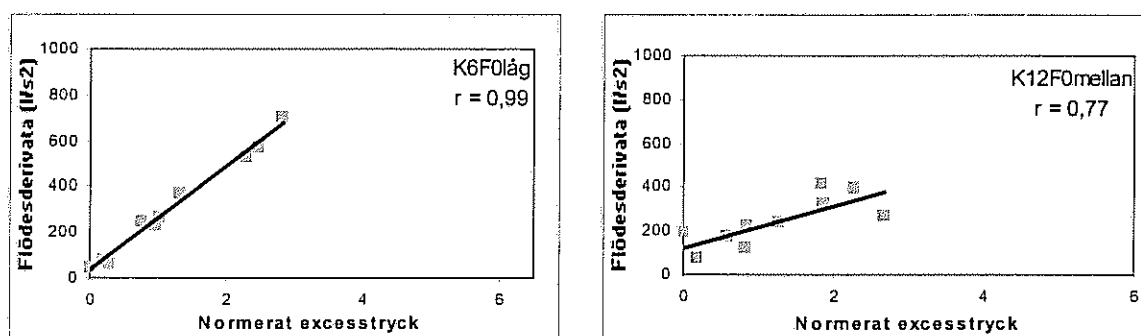
Tabell 4. Gruppdata med standardavvikelser för männen. Korrelationskoefficienter (r), lutningskoefficienter (K) och intercept (icpt) för varje F0. Parametern korrelerades med det normerade excesstrycket.

	Män								
	Normerat excesstryck								
	F0 _{låg}			F0 _{mellan}			F0 _{hög}		
	r	K	icpt	r	K	icpt	r	K	icpt
Flödesderivata	0,89 (0,11)	262 (140)	227 (87)	0,93 (0,09)	306 (167)	148 (114)	0,95 (0,04)	362 (123)	129 (111)

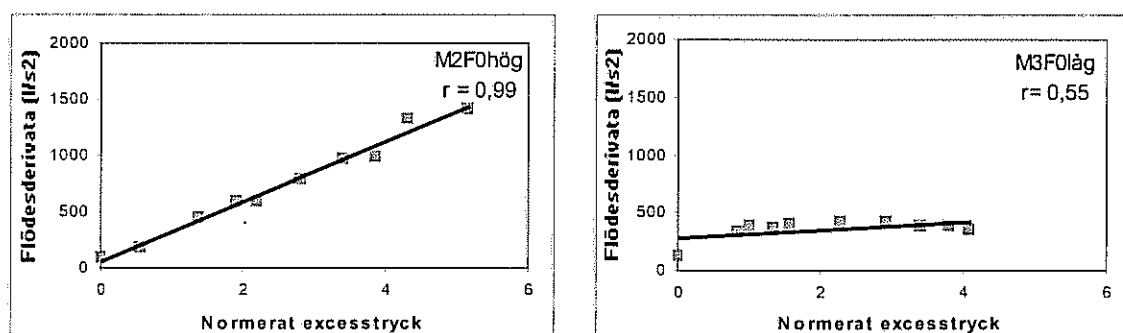


Figur 13. Sambandet mellan flödesderivata och normerat excesstryck hos kvinnorna respektive männen vid tre olika F_0 . Streckad linje = $F_{0\text{hög}}$, tunn linje = $F_{0\text{mellan}}$, tjock linje = $F_{0\text{låg}}$. För r -värde, K och icpt se tabell 3 (kvinnor) och 4 (män).

Den interindividuella variationen var inte särskilt stor vare sig hos kvinnor eller män (figur 14 och 15).



Figur 14. Värderna för de två kvinnliga försökspersonerna med högsta respektive lägsta korrelation mellan flödesderivata och normerat excesstryck.



Figur 15. Värderna för de två manliga försökspersonerna med högsta respektive lägsta korrelation mellan flödesderivata och normerat excesstryck.

5.3 Komplians

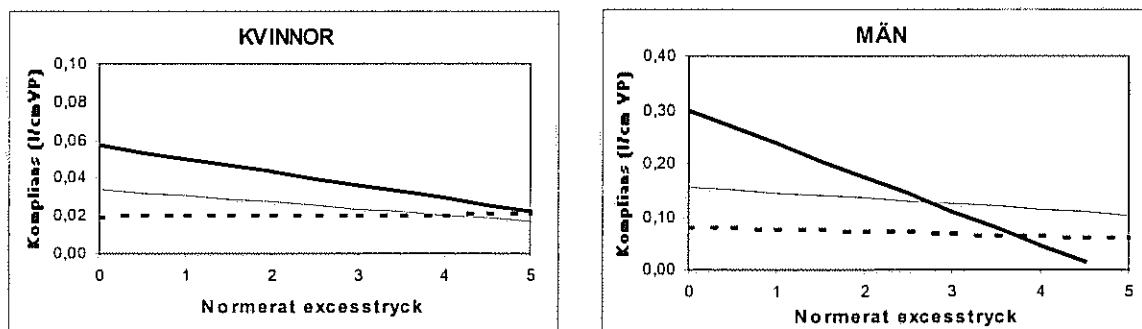
Kompliansens samband med det subglottala trycket varierar med F0 (se figur 16, observera skalorna!). Vid F0_{låg} ses en tydlig negativ korrelation mellan kompliansen och det normerade excesstrycket, framför allt hos männen (se tabell 5 och 6). För övrigt varierar sambandet mellan måttligt och starkt. Männen har genomgående en högre komplians än kvinnorna.

Tabell 5. Gruppdata med standardavvikelser för kvinnorna. Korrelationskoefficienter (r), lutningskoefficienter (K) och intercept (icpt) för varje F0. Parametern korrelerades med det normerade excesstrycket.

	Normerat excesstryck								
	F0 _{låg}			F0 _{mellan}			F0 _{hög}		
	r	K	icpt	r	K	icpt	r	K	icpt
Komplians	-0,68	-0,01	0,06	-0,53	-0,00	0,03	0,53	0,00	0,02
	(0,24)	(0,01)	(0,02)	(0,32)	(0,004)	(0,01)	(0,28)	(0,004)	(0,01)

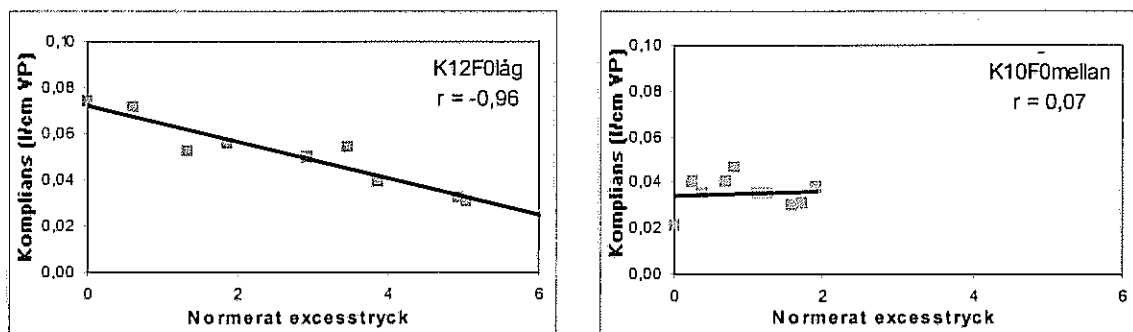
Tabell 6. Gruppdata med standardavvikelser för männen. Korrelationskoefficienter (r), lutningskoefficienter (K) och intercept (icpt) för varje F0. Parametern korrelerades med det normerade excesstrycket.

	Normerat excesstryck								
	F0 _{låg}			F0 _{mellan}			F0 _{hög}		
	r	K	icpt	r	K	icpt	r	K	icpt
Komplians	-0,83	-0,06	0,30	-0,74	-0,01	0,15	-0,63	-0,00	0,08
	(0,19)	(0,05)	(0,13)	(0,23)	(0,03)	(0,09)	(0,30)	(0,01)	(0,05)

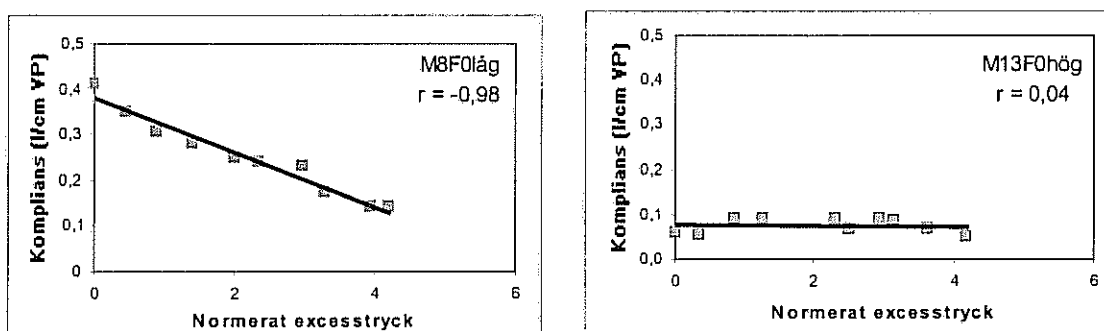


Figur 16. Sambandet mellan komplians och normerat excesstryck hos kvinnorna respektive männen vid tre olika F0. Streckad linje = F0_{hög}, tunn linje = F0_{mellan}, tjock linje = F0_{låg}. För r-värde, K och icpt se tabell 5 (kvinnor) och 6 (män). Observera att kvinnorna inte har samma skala som männen!

Några försökspersoner hade mycket avvikande värden (se figur 17 och 18). Även stora intraindividuell skillnader förekom mellan de olika fonationsfrekvenserna.



Figur 17. Värden för de två kvinnliga försökspersonerna med högsta respektive lägsta korrelation mellan komplians och normerat excesstryck.



Figur 18. Värden för de två manliga försökspersonerna med högsta respektive lägsta korrelation mellan komplians och normerat excesstryck.

5.4 Slutenkvot

Sambandet mellan slutenkvoten och det normerade excesstrycket är stort (se tabell 7 och 8). Generellt är männens slutenkvot något större än kvinnornas. På $F0_{låg}$ är männens slutenkvot 9% större, på $F0_{mellan}$ 37% större och på $F0_{hög}$ 41% större än kvinnornas. Slutenkvoten är som störst för kvinnorna på $F0_{låg}$ och för männen på $F0_{mellan}$. Slutenkvoten är som lägst för både kvinnor och män för $F0_{hög}$. Männens slutenkvot skiljer sig endast något mellan de olika frekvensnivåerna, medan kvinnornas slutenkvot på $F0_{hög}$ endast når 0,33.

Tabell 7. Gruppdata med standardavvikelser för kvinnorna. Korrelationskoefficient (r), lutningskoefficient (K) och intercept ($icpt$) för varje $F0$. Parametern korrelerades med slutenkvoten.

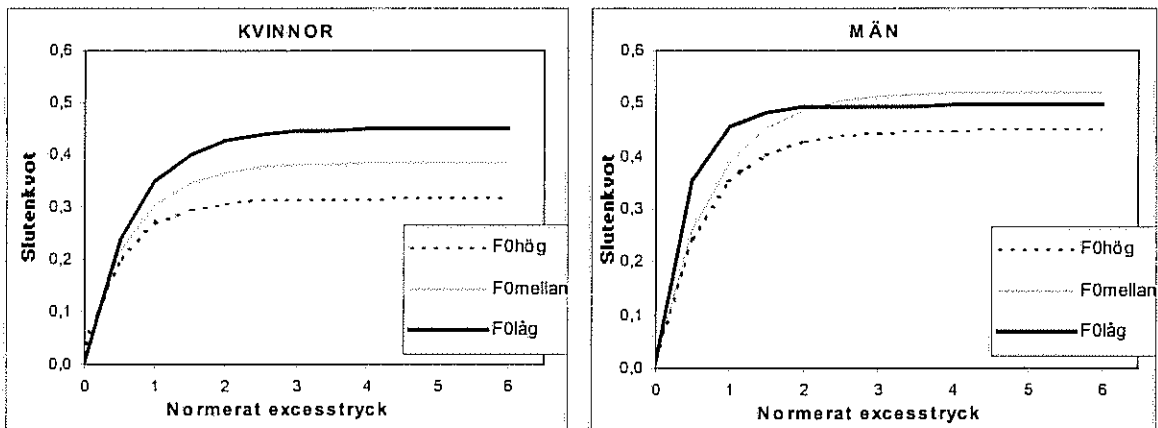
	Normerat excesstryck								
	$F0_{låg}$			$F0_{mellan}$			$F0_{hög}$		
	A	α	B	A	α	B	A	α	B
Slutenkvot	0,45	1,48	-0,81	0,38	1,45	-1,06	0,32	1,73	-1,28
	(0,06)	(1,19)	(0,14)	(0,15)	(1,10)	(0,51)	(0,15)	(1,30)	(0,55)

Tabell 8. Gruppdata med standardavvikelser för männen. Korrelationskoefficient (r), lutningskoefficient (K) och intercept (icpt) för varje F0. Parametern korrelerades med slutenvknoten.

Män

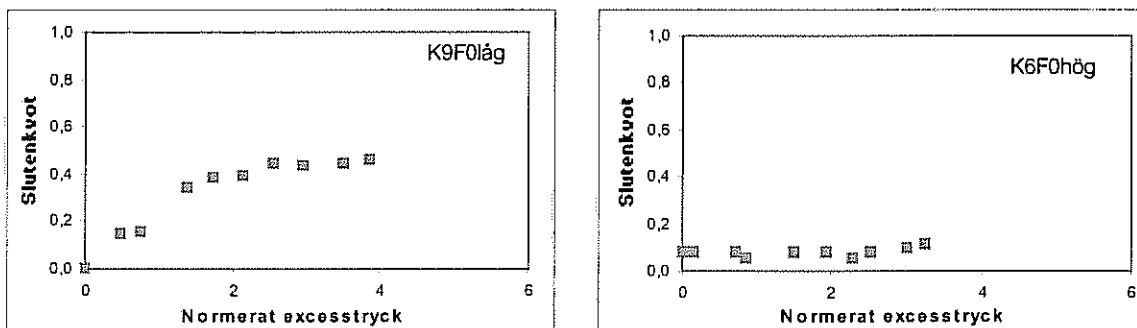
	Normerat excesstryck								
	F0 _{låg}			F0 _{mellan}			F0 _{hög}		
	A	α	B	A	α	B	A	α	B
Slutenkvot	0,49 (0,10)	2,45 (1,53)	-0,73 (0,21)	0,52 (0,10)	1,27 (1,15)	-0,67 (0,20)	0,45 (0,10)	1,48 (1,07)	-0,84 (0,32)

Slutenkvoten ökar exponentiellt med det subglottala trycket, och planar ut vid ett värde på ca 0,5 (se figur 19).

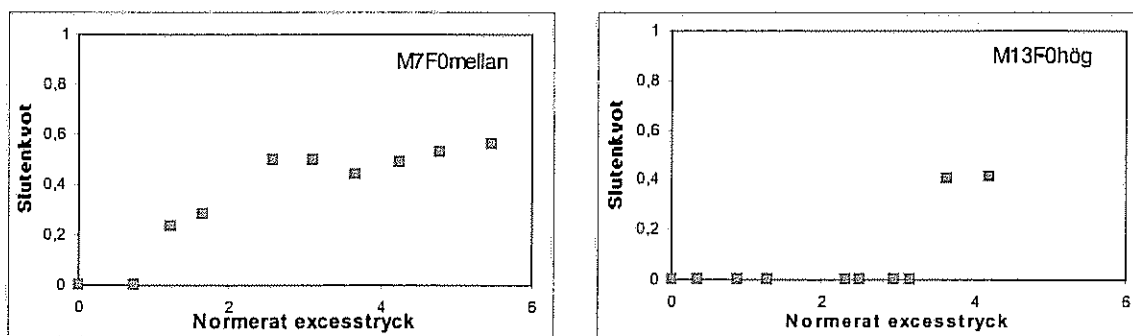


Figur 19. Sambandet mellan slutenvknot och normerat excesstryck hos kvinnorna respektive männen vid tre olika F0.

Då det inte finns r-värden för slutenvknotens relation till det normerade excesstrycket fanns det inget givet sätt att välja ut de högsta och lägsta korrelationerna för denna parameter. Diagrammen som presenteras är utvalda med ögonmått (se figur 20 och 21).



Figur 20. Värden för två kvinnliga försökspersonerna med uppskattat hög respektive låg samstämmighet mellan slutenvknot och normerat excesstryck.



Figur 21. Värden för två manliga försökspersonerna med uppskattat hög respektive låg samstämmighet mellan slutenkvot och normerat excesstryck.

5.5 H1–H2

H1–H2 jämfördes med slutenkvoten. Anledningen till detta var dels att båda parametrarna är adduktionsmått och därmed intressanta att jämföra, dels att båda är exponentiella funktioner av det subglottala trycket och därmed ger en linjär funktion när de jämförs. Då slutenkvoten har en nära relation till det subglottala trycket erhålls här en indirekt jämförelse mellan H1–H2 och det subglottala trycket.

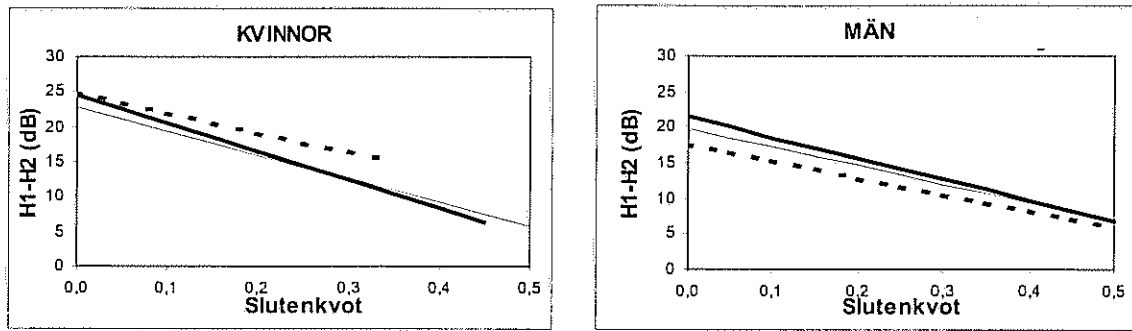
I tabell 9 och 10 ses att H1–H2 har en stark negativ linjär korrelation med slutenkvoten, framför allt hos männen. H1–H2 är generellt inte beroende av F0 (se figur 22). Hos kvinnorna ses dock en tendens till ökning av H1–H2 med F0. Kvinnorna tenderar att ha högre H1–H2 vid liten slutenkvot. Detta är särskilt markant vid F0_{hög}, där kvinnornas H1–H2 vid tröskeltrycket är 40% högre än männens.

Tabell 9. Gruppdata med standardavvikelser för kvinnorna. Korrelationskoefficient (r), lutningskoefficient (K) och intercept (icpt) för varje F0. Parametern korrelerades med slutenkvoten.

Kvinnor	Slutenkvot								
	F0 _{låg}			F0 _{mellan}			F0 _{hög}		
	r	K	icpt	r	K	icpt	r	K	icpt
H1–H2	-0,88 (0,09)	-41 (12)	25 (5)	-0,81 (0,27)	-34 (23)	23 (6)	-0,64 (0,24)	-28 (35)	25 (5)

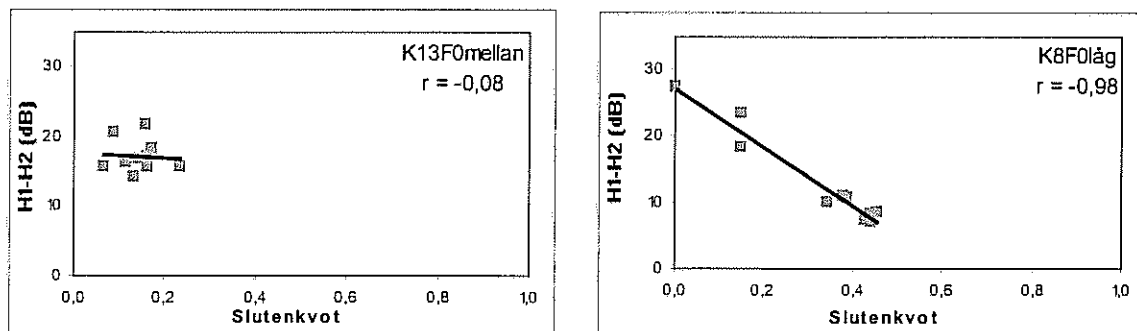
Tabell 10. Gruppdata med standardavvikelser för männen. Korrelationskoefficient (r), lutningskoefficient (K) och intercept (icpt) för varje F0. Parametern korrelerades med slutenkvoten.

Män	Slutenkvot								
	F0 _{låg}			F0 _{mellan}			F0 _{hög}		
	r	K	icpt	R	K	icpt	r	K	icpt
H1–H2	-0,89 (0,17)	-29 (11)	21 (6)	-0,91 (0,10)	-26 (7)	20 (3)	-0,89 (0,09)	-24 (6)	18 (3)

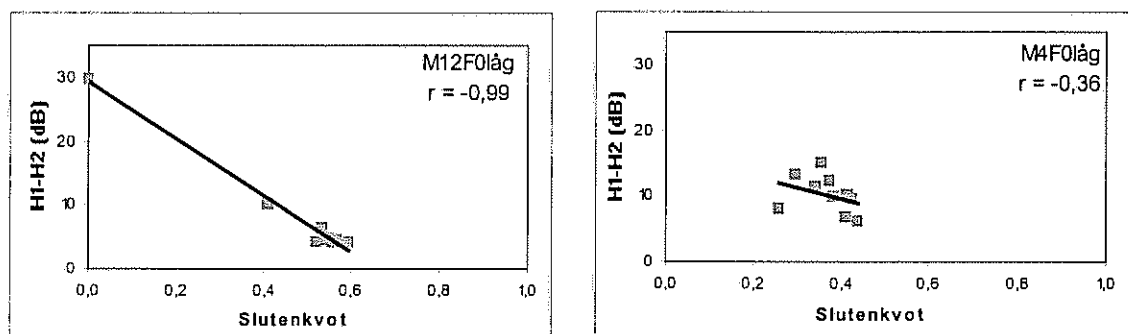


Figur 22. Sambandet mellan $H1-H2$ och slutenvot hos kvinnorna respektive männen vid tre olika $F0$. Streckad linje = $F0_{\text{hög}}$, tunn linje = $F0_{\text{mellan}}$, tjock linje = $F0_{\text{låg}}$. För r -värde, K och $icpt$ se tabell 9 (kvinnor) och 10 (män).

Kvinnorna har förhållandevis stora interindividuella variationer på $F0_{\text{mellan}}$ och $F0_{\text{hög}}$ (se figur 23). Männen har däremot betydligt mindre variationer (se figur 24).



Figur 23. Värden för de två kvinnliga försökspersonerna med högsta respektive lägsta korrelation mellan $H1-H2$ och slutenvot.



Figur 24. Värden för de två manliga försökspersonerna med högsta respektive lägsta korrelation mellan $H1-H2$ och slutenvot.

6. DISKUSSION

Som tidigare nämnts kan man diskutera huruvida metoden som användes gjorde att försökspersonerna i någon utsträckning manipulerade sina röster. Testuppgiften var delvis styrd, och gjorde därmed att försökspersonerna använde sina röster på ett ovant sätt. Alla resultat från huvudtestet jämfördes med deltest 1, där uppgiften tillät en mer normal röst användning. Hos 45% av försökspersonerna var flödesderivatan vid ett givet normerat excessstryck högre i deltest 1. En anledning till detta var förmodligen att tröskeltrycken i deltest 1 också flera gånger var högre än i deltest 2. Istället borde samma tröskeltryck, utifrån fonationsfrekvens, ha använts i både deltest 1 och deltest 2. Borttages fallen med för höga tröskeltryck i deltest 1, kvarstår 17% i vilka flödesderivatan var högre trots att tröskeltrycken var likvärdiga. Ljudbildningseffektiviteten var således i 17% av fallen bättre i deltest 1 än i huvudtestet, då F_0 reglerades. Slutsatsen blir att resultaten hos dessa 17% av försökspersonerna möjligen ej var helt tillförlitliga. Eftersom studiens resultat generellt överensstämmer väl med andra liknande studier drar vi slutsatsen att våra experiment för övrigt gav representativa resultat.

Väsentlig för vår metod var den visuella feedback som realtidsfonetogrammet gav. De flesta försökspersonerna lyckades hålla sig inom +/- 2 halvtoner från måltönen. Vid förfrågan menade de flesta att realtidsfonetogrammet var till hjälp då de skulle hitta rätt frekvens samt underlättade att se när de gjorde rätt eller fel.

Grundtonsanalysen gjordes under ca 30 sekunder. För att få ett ännu bättre värde på försökspersonernas medelvärdesgrundton kunde denna analys ha gjorts på en längre talsekvens. I vissa fall bedömde vi perceptuellt att medelvärdesgrundtonen fick ett för högt värde. Det rörde sig dock aldrig om mer än 2 halvtoner. Därmed hade inte detta någon större inverkan på testresultaten.

Då försökspersonerna skulle göra $F_{0\text{hög}}$ användes ofta huvudregister eller t o m falsett. Vår ursprungliga intention var att begränsa oss till bröstregistret, men det visade det sig vara intressant att även studera de höga grundtonsfrekvenserna. Med en stor F_0 -variation kunde man tydligare se hur frekvensen påverkade de olika parametrarna. Holmberg (1989) fann inte några signifikanta skillnader mellan olika grundtonsfrekvenser, vilket kan ha berott på att frekvenserna inte var tillräckligt olika.

Dataanalysen delades upp mellan författarna eftersom den var mycket tidsödande. Som tidigare nämnts jämfördes våra bedömningar både före och under analysarbetet, och vid ett tillfälle även tillsammans med handledaren. Detta kunde dock ha gjorts på ett mer formellt sätt genom en interbedömarreliabilitet. Vi skulle t ex båda separat ha kunnat göra en analys på en man och en kvinna, och sedan jämfört resultaten. Eftersom vi trots allt varit mycket noga med att våra mätkriterier skulle vara så lika som möjligt tror vi inte att våra resultat skiljer sig åt nämnvärt. Om det ändå skulle vara så skulle dessa skillnader enbart ses som könsskillnader, eftersom vi delade upp försökspersonerna mellan oss efter kön.

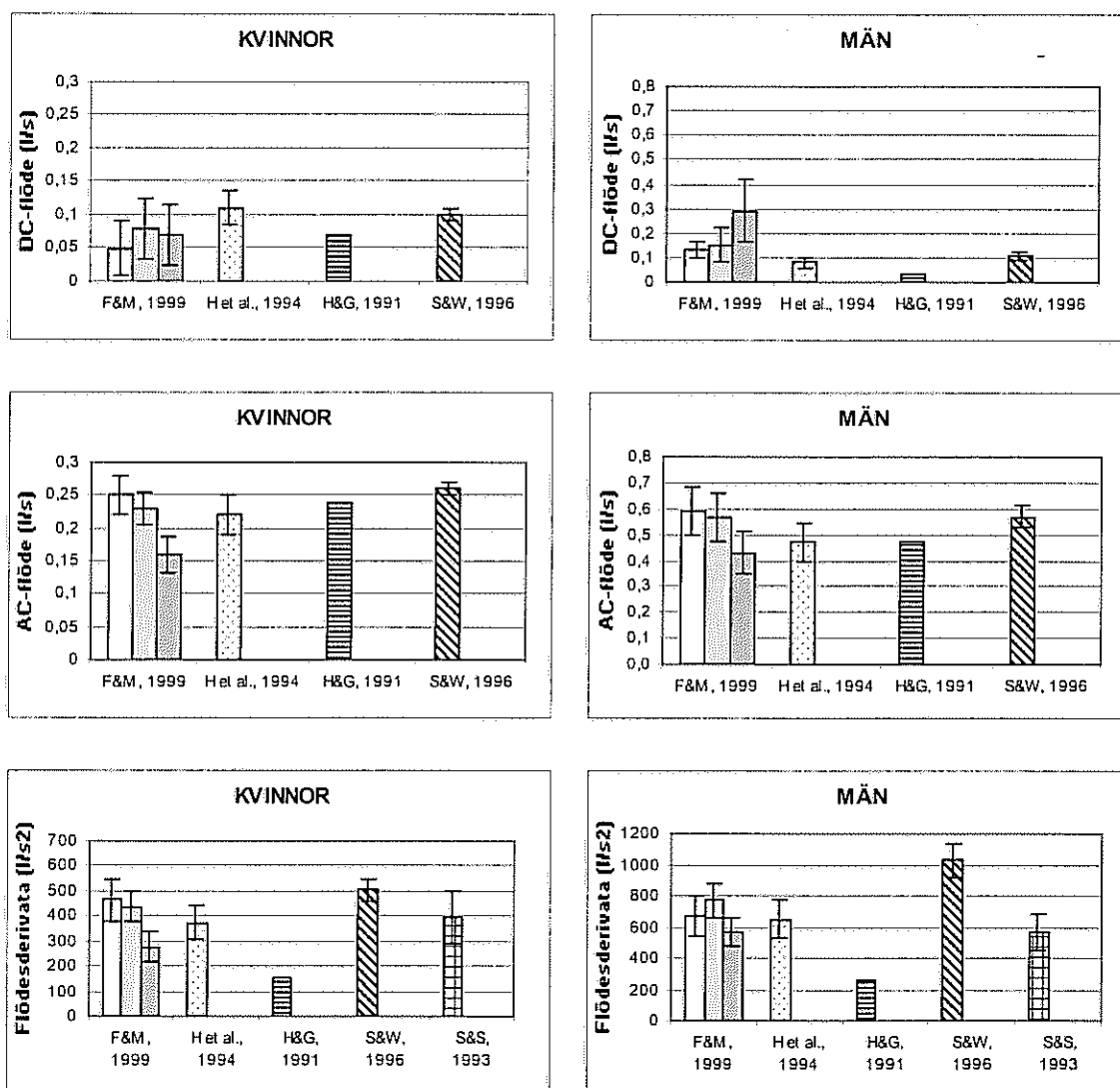
Det skulle vara intressant att jämföra vår manuella datorinversfiltrering med manuell inversfiltrering med hårdvarufilter, eftersom inversfiltreringsprogrammet Decap i denna studie användes för första gången i en experimentell studie. Fördelen med Decap är att man vid inställning av formanter kan studera både vågformen med källspektrum direkt, vilket är svårt med ett hårdvarufilter.

I praktiken är det svårt att erhålla en helt slät slutenfas genom inversfiltrering. Ofta kvarstod lite formantrippel, men det bedömde vi inte som något större problem eftersom detta mer är regel än undantag vid all inversfiltrering. Vid avgränsning av slutenfasen användes diskontinuitet som kriterium. Svårigheten var framför allt att bedöma längden på slutenfasen när övergången mellan sluten- och öppenfas skedde gradvis och ingen tydlig gräns fanns dem emellan. Detta var ofta fallet på $F_{0\text{hög}}$ respektive vid svag fonationsstyrka, då vågformen var mer sinusformad.

DC-flödet var som förväntat den parameter som varierade mest, och som fick lägst korrelation med det normerade excessstrycket. Det bekräftar resultaten som Sundberg et al. fick i sin studie (1999). En tendens fanns att DC-flödet minskade med ökat tryck på lägre tonhöjder, vilket överensstämmer med tidigare studier (Hertegård & Gauffin, 1991). Det bör dock betonas att detta endast var en tendens. Männens DC-flöde ökade med F_0 , något som också stämmer med resultat från Hertegård et al. (1992). Detta samband sågs emellertid inte hos kvinnorna. I figur 25 visas en jämförelse mellan den aktuella studiens resultat och resultat från tre respektive fyra tidigare studier (Holmberg et al., 1994; Hertegård & Gauffin, 1991; Sulter & Wit, 1996 och Stathopoulos & Sapienza, 1993, hädanefter i figurerna betecknat som *H et al., 1994; H&G, 1991; S&W, 1996 och S&S, 1993*). Jämförelser av samma slag kommer att göras även för de andra flödesbaserade glottogramparametrarna nedan.

Det är påfallande hur mycket större den aktuella studiens konfidensintervall är i jämförelse med de andra studiernas. Detta speglar stor intraindividuell variation. Att männen har högre DC-flöden än kvinnorna strider mot resultat från både Holmberg et al. (1994) och Hertegård och Gauffin (1991), men däremot inte mot resultaten från Sulter och Wit (1996). Vi tror att en förklaring till männens högre DC-flöden kan vara att män helt enkelt har större maxflöden än kvinnor. Även om det faktiska DC-flödet hos männen i snitt är 0,05 l/s högre än vad det är hos kvinnorna vid $F_{0\text{läg}}$ på 9 cm VP, utgör det en mindre del av maxflödet. En annan viktig orsak är att maskläckage förekom i större eller mindre utsträckning hos sju av kvinnorna och två av männen. Detta har med stor sannolikhet både sänkt kvinnornas medelvärden och dessutom bidragit till de stora konfidensintervallen hos både kvinnor och män.

Något som också strider mot tidigare studier, är att fler män än kvinnor uppvisade ett positivt DC-flöde. Detta måste åter hänföras till att maskläckage förekom hos fler av kvinnorna. Trots att försökspersonerna instruerades att trycka masken hårt mot ansiktet, uppstod maskläckage ändå i dessa fall. Vi tror att det kan bero på att flödesmasken i första hand är anpassad för män, och att den därför i flera fall var för stor för kvinnorna. I ett av de två fallen av maskläckage hos männen, hade just försökspersonen ett förhållandevis litet ansikte. Mot bakgrund av ovanstående resonemang, måste våra resultat vad gäller DC-flöde tolkas med försiktighet.



Figur 25. Jämförelser mellan denna (F&M, 1999) och andra studiers medelvärden för DC-flöde, AC-flöde och flödesderivata. Staplarna som visar F&M, 1999 avser ett subglottalt tryck på ca 9 cm VP för både kvinnor (k) och män (m) och MV F0 på 211, 300 och 424 Hz (k), respektive 114, 161 och 228 Hz (m). Värdena i H et al. gäller ca 8 (k) respektive 9 (m) cm VP och MV F0 på 216 respektive 129 Hz; i H&G, 1991 ca 10 cm VP (k och m) och MV F0 på 227 respektive 142 Hz; i S&W, 1996 ca 11 (k) respektive 12 (m) cm VP och MV F0 på 252 respektive 146 Hz och i S&S, 1993 (endast flödesderivata) ca 8 cm VP (k och m), MV F0 ej angiven. De lodräta strecken anger konfidensintervall (95%) för alla studier utom H&G, 1991.

Flödesderivatan var den parameter som hade högst korrelation med det subglottala trycket. Våra resultat bekräftar således resultat från tidigare studier (se figur 25). I jämförelsen mellan flödesderivata och normerat excesstryck i figur 15, saknas tydliga samband med F0. I stapeldiagrammet i figur 25, där värdena avser absoluttryck på 9 cm VP, har dock såväl kvinnorna som männen en lägre flödesderivata vid $F0_{hö}$. Detta beror på att tryck i absolutmått vid olika F0 inte är jämförbara. De tidigare redovisade figurerna, där jämförelse har gjorts med det normerade excesstrycket är därför mer upplysande.

Andersson och Hultqvist visade i sin studie (1997) att flödesderivatans variation inte helt korrelerade med SPL-nivån. Anledningen till detta är att faktorer i ansatsröret, d v s formanterna, bidrar till SPL-nivån. När det gäller studier av röstkällan menar vi därför att flödesderivatan är ett säkrare mått på röststyrka än SPL, eftersom flödesderivatan inte påverkas av formanter.

Det subglottala trycket förefaller ha störst inverkan på **kompliansen** vid låga tonhöjder. Detta stämmer väl överens med både Iwarsson et al. (1995) och Andersson & Hultqvist (1997). Kompliansen sågs, liksom i den senare studien, minska med ökad tonhöjd. Då den glottala kompliansen relaterar luftflöde till subglottalt tryck, borde den variera med nettot av glottala adduktionskrafter och därmed vara nära relaterad även till H1-H2. Det är därför rimligt att tänka sig att kompliansen minskar när stämbanden sträcks ut och spänns. Kullberg (1996) såg däremot inte någon minskning i kompliansen i mellan- jämfört med bröstregister, trots att H1 var mer dominerande i mellanregister. Hon använde sig, liksom ovan nämnda författare, av en rätlinjig approximation vid beräkning av pulsytan. Kullberg menar att anledningen till att kompliansen i hennes studie inte minskade med ökad tonhöjd, var att den rätlinjiga approximationen inte var tillräckligt noggrann, och att pulsytan därför inte bör beräknas på detta sätt.

I vår studie har pulsytan istället beräknats genom att subtrahera DC-flödet från flödespulsens medelvärdesamplitud och multiplicera med öppentiden. Nedan kan skillnaden mellan vår respektive Kullbergs samt Andersson & Hultqvists beräkningar ses:

Kullberg m fl: (periodtid – slutenfas)*(max-amplitud – DC-flöde) = pulsyta

Vår studie: (periodtid – slutenfas)*(pulsens medelvärdesamplitud – DC-flöde) = pulsyta

Fördelen med denna nya beräkningsmetod är att den tar hänsyn till om flödespulsen skulle vara rundad, i vilket fall pulsarean skulle bli för liten med den tidigare metoden. Att våra resultat vad gäller männen inte skiljer sig nämnvärt från de resultat som Andersson & Hultqvist fick med den tidigare metoden, kan bero på att fenomenet med rundade flödespulser är typiskt för kvinnors FGG. Då inte Iwarsson et al. (1995), Kullberg (1996) eller Andersson & Hultqvist (1997) har redovisat några medelvärden för kompliansen vid en given trycknivå, har inte några jämförelser i form av stapeldiagram kunnat göras för denna parameter.

Anmärkningsvärt är hur mycket mindre kvinnornas glottala kompliansvärden jämfört med männens. Då inte några av oss kända studier har gjorts på den kvinnliga glottala kompliansen, saknar vi data att jämföra med. En risk är att värdena har blivit för låga p g a förekomsten av maskläckage. Skulle detta vara fallet, borde det emellertid ha givit utslag i AC-värdena, vilka skulle ha blivit för låga. Vid en jämförelse med samma studier som tidigare (se figur 25) är den aktuella studiens AC-värden för kvinnorna dock något högre, bortsett från Sulter & Wit (1996), som å andra sidan har uppmätt AC-värden på ett högre subglottalt tryck. Männens AC-värden är generellt högre än i de andra studierna, åter med undantag av Sulter & Wit (1996). En eventuell felkälla till att männen i den aktuella studien fick så höga AC-värden skulle kunna bestå i svårlokaliserade kalibreringsfel. Dessutom kan tryckmätaren som mäter det orala luftflödet vara känslig för temperaturförändringar, vilket också kan påverka AC-flödet. En annan orsak skulle kunna vara fuktansamling i maskens finmaskiga nät. Det är dock svårt att veta exakt vad som ligger bakom.

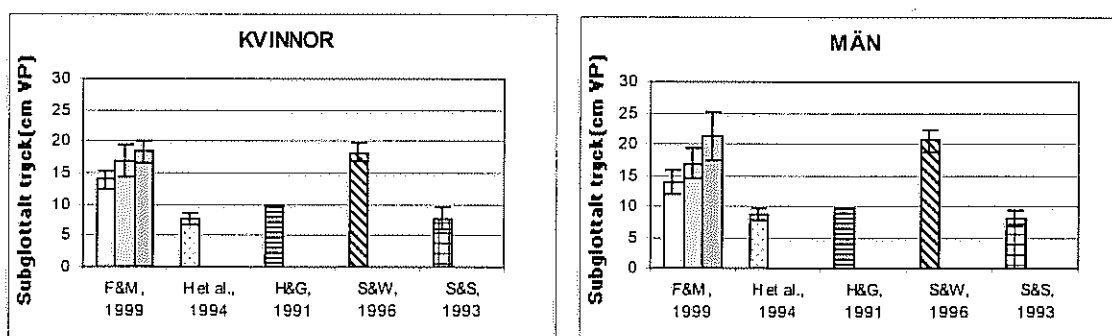
Tidigare har rapporterats att **slutenkvoten** ökar med röststyrkan och med det subglottala trycket. Precis som Andersson & Hultqvist fann vi att slutenkvoten avstannade på en nivå kring ca 0,5 vid lägre tonhöjder. Dock bör det betonas att stora variationer förekom. Slutenkvoten hos kvinnorna var något lägre än hos männen, vilket stämmer väl med studier gjorda av Fant (1993) och Holmberg et al., (1988). Det är intressant att se hur kvinnornas slutenkvot tycks minska mer än männens vid $F0_{hög}$. Detta kan bero på att fler kvinnor än män, enligt vår bedömning under testuppgiften, på denna ton hamnade i huvud- eller falsettregister.

Gemensamt för slutenkvoten och **H1-H2** är att båda är exponentiella funktioner av det subglottala trycket, vilket innebär att de avstannar på en viss nivå även då trycket fortsätter att stiga. Andersson & Hultqvist (1997) fick liknande resultat för H1-H2 i sin studie av sångare, och spekulerade kring om detta hade att göra med sångarnas undvikande av hyperfunktion. Det förefaller dock inte vara fallet, eftersom samma fenomen ses hos våra vokalt otränade försökspersoner. Vid korrelation mellan H1-H2 och slutenkvoten erhöles i medeltal r-värden mellan -0,81 och -0,91 för alla fonationsfrekvenser utom kvinnornas $F0_{hög}$, där r-värdet endast blev -0,64. Holmberg et al (1995) hade i sin studie av 20 kvinnliga otränade röster ett r-värde på i genomsnitt -0,69. Det bör dock påpekas att antalet mätpunkter avseende det subglottala trycket inte var lika många i Holmbergs studie. Dessutom användes istället för slutenkvot en s.k. adduktionskvot (slutenfasen mättes vid 30% av AC-flödet), vilket inte gör resultaten helt jämförbara. Andersson & Hultqvist (1997) fick i sin studie av 5 manliga sångare genomsnittliga r-värden på mellan -0,82 och -0,91. Det kan tyckas förvånande att de otränade rösterna i vår studie inte skiljer sig mer från sångarna i föregående studie. Emellertid förekommer större variationer i r-värden bland de otränade rösterna.

Då slutenkvoten ökade från 0,1 till 0,5 minskade H1-H2 med ca 10 dB för männen. Andersson & Hultqvist (1997) erhöles samma resultat för de manliga sångarna. Kvinnorna i vår studie fick vid samma ökning av slutenkvoten en minskning på ca 13 dB. Detta förefaller stämma väl, eftersom den kvinnliga röstkällan kännetecknas av högre H1-H2.

Något tydligt samband mellan H1-H2 och $F0$ har inte kunnat ses. H1-H2 tenderar att öka något med $F0$ hos kvinnorna, vilket det däremot inte gör hos männen. En förklaring till detta skulle kunna vara att kvinnorna vid $F0_{hög}$ byter register, vilket ger ökad grundtonshalt.

Det är intressant att jämföra medelvärdet av de högsta trycken på varje fonationsfrekvens med de högsta trycken i de tidigare redovisade studierna (se figur 26).



Figur 26. Jämförelser mellan denna (F&M, 1999) och andra studiers medelvärden för subglottala tryck i stark fonation. Staplarna som visar F&M, 1999 avser MV $F0$ på 211, 300 och 424 Hz (k), respektive 114, 161 och 228 Hz (m). Värdena i H et al. gäller MV $F0$ på 216 (k) respektive 129 Hz (m); i H&G, 1999 MV $F0$ på 227 (k) respektive 142 Hz (k); i S&W, 1996 MV $F0$ på 252 (k) respektive 146 Hz (m). I S&S, 1993 är MV $F0$ ej angiven. De lodräta strecken anger konfidensintervall (95%) för alla studier utom H&G, 1991.

Våra resultat visar förhållandevis höga trycknivåer. Genom att vi i vår analys för varje försöksperson har använt tio jämt fördelade tryck inom stora intervall, menar vi att sambandet mellan det subglottala trycket och de olika FGG-parametrarna tydligt har kunnat åskådliggöras.

Studiens resultat kan användas som normativa data och vid talsyntes. Det skulle i en framtida studie vara mycket intressant att med samma metod studera patologiska röster, t ex hypo- respektive hyperfunktionella. Det vore även intressant med ytterligare normativa data, särskilt vad gäller den glottala kompliansen hos kvinnor. Studiens resultat ger skäl för en optimistisk syn på flödesglottografi. Vi tror att flödesglottografi skulle kunna användas i en större omfattning i kliniken än vad som görs idag, för bedömning och utvärdering av röstfunktionen. För att detta ska bli möjligt krävs dock enklare och snabbare metoder för inversfiltrering. Avslutningsvis vill vi hävda att även om det i experimentellt syfte är värdefullt att hålla F_0 konstant, eftersom både det subglottala trycket och F_0 påverkar röstkällan, tror vi inte att detta är något som behöver tillämpas kliniskt. Däremot bör det finnas en medvetenhet om hur F_0 påverkar röstkällan.

Slutsatser

- Då det subglottala trycket ökade:
 - var sambandet med DC-flödet varierande
 - ökade flödesderivatan
 - minskade kompliansen, men endast vid $F_{0\text{läg}}$
 - ökade slutenvikten exponentiellt och avstannade vid ca 0,5
- Då F_0 ökade:
 - ökade DC-flödet
 - var flödesderivatan relativt opåverkad
 - minskade kompliansen, framför allt vid låga tryck
 - förhöll sig slutenvikten relativt opåverkad, förutom vid $F_{0\text{hög}}$ då den minskade
- Då slutenvikten ökade minskade H1-H2.
- Kvinnorna hade jämfört med männen:
 - liknande DC-flöde
 - mindre flödesderivata
 - mindre komplians
 - något lägre slutenvikt
 - större H1-H2, framför allt vid $F_{0\text{hög}}$
- Ofta observerades, framför allt hos männen, högre värden än i tidigare studier.

SLUTORD

Vi vill rikta ett varmt tack till följande personer:

Vår handledare Johan Sundberg, som från början gav uppsatsen dess grundläggande struktur, som alltid svarade på våra ändlösa frågor och berömde oss just när vi behövde det. Utan all hans kompetens att luta sig mot hade vi inte kunnat genomföra denna uppsats. Vi är mycket glada för att vi fick en så bra handledare – tack för en mycket lärorik tid!

Svante Granström på TMH, som alltid ställde upp när vi behövde hjälp med datorprogram, matematiska formler och andra mer eller mindre problematiska tekniska svårigheter.

Sten Ternström på TMH, som även han utan förbehåll alltid hjälpte oss när datorn inte gjorde som vi ville, samt var en välbehövlig och generös länk mellan oss och Nyvalla.

Jenny Iwarsson på TMH, som på ett tidigt stadium hjälpte oss att begränsa och strukturera vårt uppsatsämne på ett realistiskt sätt, samt var en god rådgivare under arbetets gång.

Alla på TMH som på ett mycket kamratligt och vänligt sätt tog emot oss på institutionen och hjälpte oss när vi behövde det. En särskild tanke går till Grötgänget!

Pappa Janusz Wollerstrand, som lade ner en hel del tid på att förklara klurig matematik för oss med mycket pedagogiska diagram, samt hjälpte till med viss statistik.

Pojkvännerna Adam och Henrik för korrekturläsning och hjälp med tabeller och diagram, samt för att de gör våra liv mer komplexa!

Alla andra som vi mejlat till, pratat med och ställt frågor till och som på olika sätt hjälpt oss i vårt arbete.

Sist men inte minst, tack till alla försökspersoner utan vilka denna studie inte hade kunnat genomföras!

REFERENSER

- Andersson, M. & Hultqvist, C. (1997). Det subglottala tryckets inverkan på röstkällan. Magisteruppsats vid logopedutbildningen i Stockholm. (Även publicerad tillsammans med Sundberg, J. i *Journal of the Acoustic Society of America*, vol 105, 1965-1971.)
- Beranek, L. (1949). *Acoustical Measurements*. Philadelphia, PA: American Institute of Physics.
- Berg, J. van den. (1957). Subglottic Pressure and Vibrations of the Vocal Folds. *Folia Phoniatica* vol 9, 65-71.
- Berg, J. van den., Zantema, J.T. & Doornenbal, P. (1957). On the air resistance and the Bernoulli effect on the human larynx. *Journal of the Acoustic Society of America*, vol 29, 626-631.
- Berg, J. van den. (1958). Myoelastic-Aerodynamic theory of voice production. *Journal of Speech and Hearing Research*, vol 1, 227-244.
- Cheng, Y. M., & Guérin, B. (1987). Control parameters in male and female glottal sources. *Vocal fold Physiology: Laryngeal function in phonation and respiration*. Sid 574. Eds. Baer, T., Sasaki, C., & Harris, K. New Haven, CT (College-Hill, Little Brown, Boston)
- Cleveland, T. F. & Sundberg, J. (1983). Acoustic analysis of three male voices of different quality. *Speech Transmission Laboratory Quarterly Progress and Status Report*. Department of Speech Communication and Music Acoustic. 4/1983, 27-38.
- Fant, (1960). *Acoustic Theory of Speech Production*. the Hague: Mouton.
- Fant, G. (1979) Glottal source and excitation analysis. *Speech Transmission Laboratory Quarterly Progress and Status Report*, Department of Speech Communication and Music Acoustic 1/1979, 85-107
- Fant, G. (1980). Voice source dynamics. *Speech Transmission Laboratory Quarterly Progress and Status Report*. Department of Speech Communication and Music Acoustic. 2-3/1980, 17-37.
- Fant, G. (1982). Preliminaries to analysis of the human voice source. *Speech Transmission Laboratory Quarterly Progress and Status Report*. Department of Speech Communication and Music Acoustic. 4/1982, 1-27.
- Fant, G. (1993). Some problems in voice source analysis. *Speech Communication*, North-Holland vol 13, 7-22.
- Fant, G., Liljencrants, J., & Lin, Q. (1985). A four-parameter model of glottal flow. *Speech Transmission Laboratory Quarterly Progress and Status Report*. Department of Speech Communication and Music Acoustic. 4/1985, 1-13.
- Fant, G., Sonesson, B. (1962). Indirect studies of glottal cycles by synchronous inverse filtering and photo-electrical glottography. *Speech Transmission Laboratory Quarterly Progress and Status Report*. Department of Speech Communication and Music Acoustic. 4/1962, 1-3.
- Finkelhor, B., Titze, I., & Durham, P. (1987). The effect of viscosity changes in the vocal folds on range of phonation. *Journal of Voice*, vol 1, 213-237.
- Fritzell, B., Gauffin, J., Hammarberg, B., Karlsson, I., Sundberg, J. (1983). Measuring insufficient vocal closure during phonation. *Speech Transmission Laboratory Quarterly Progress and Status Report*. Department of Speech Communication and Music Acoustic. 4/1983, (pp 50-59).
- Gauffin, J., & Sundberg, J. (1989). Spectral correlates of glottal voice source waveform characteristics. *Journal of Speech and Hearing Research*, vol 32, 556-565

- Gramming, P. & Sundberg, J. (1988). Spectrum factors relevant to phonetogram measurement. *Journal of the Acoustic Society of America*, vol 83, 2352-2360.
- Gramming, P., Sundberg, J., Ternström, S., Leanderson, R., Perkins, W. H. (1988). Relationship between changes in voice pitch and loudness. *Journal of Voice*, vol 2, 118-126.
- Granqvist S., Decap (1999a). Custom made program. Stockholm.
- Granqvist S., Extract (1999b). Spruce signal workstation add-on package, Stockholm. Se AB Nyvallas webbplats <http://www.nyvalla-dsp.se> för mer information.
- Hanson, H. (1997). Glottal characteristics of female speakers: Acoustic correlates. *Journal of the Acoustic Society of America*, vol 101, 466-481.
- Hertegård, S. (1994). Vocal fold vibrations as studied with flow inverse filtering. (Doktorsavhandling) Institutionen för logopedi och foniatry, Huddinge universitetssjukhus. Karolinska institutet.
- Hertegård, S., Gauffin, J. (1991). Insufficient vocal fold closure as studied by inverse filtering. *Vocal Fold Physiology: Acoustic, Perceptual and Physiological Aspects of Voice Mechanisms*. Kap 31. Eds. J. Gauffin & B. Hammarberg. Singular Publishing Group, San Diego.
- Hertegård, S., Gauffin, J. (1995). Glottal area variations and vibratory patterns studied with simultaneous stroboscopy, flow glottography and electroglottography. *Journal of Speech and Hearing Research*, vol 38, 85-100.
- Hertegård, S., Gauffin, J. & Karlsson, I. (1992). Physiological correlates of the inversfiltered flow wave form. *Journal of Voice*, vol 6, 224-234.
- Hertegård, S., Gauffin, J. & Lindestad, P-Å. (1995). A comparison of subglottal and intraoral pressure measurements during phonation. *Journal of Voice*, vol 9, 149-155.
- Higgins, M. B., & Saxman, J. H. (1991). A comparison of selected phonatory behaviors of healthy aged and young adults. *Journal of Speech and Hearing Research*, vol 34, 1000-1010.
- Hillman, R. E., Holmberg, E., Perkell, J. S., Walsh, M. & Vaughan, C. (1989). Objective assessment of vocal hyperfunction: an experimental framework and initial results. *Journal of Speech and Hearing Research*, vol 32, 373-392.
- Hirano, M., Kiyokawa, K. & Kurita, S. (1988). Laryngeal muscles and glottal shaping. *Vocal Fold Physiology: Voice Production, Mechanisms and Functions*. Kap 5. Ed. O. Fujimura. Raven Press, New York.
- Hixon, T. J., Klatt, D. H. & Mead, J. (1971). Influence of forced transglottal pressure changes on vocal fundamental frequency. *Journal of the Acoustic Society of America*, vol 49, 105 (A).
- Holmberg, E. B. (1993). Aerodynamic measurements of normal voice. (Doktorsavhandling) Lingvistiska institutionen, Stockholms Universitet.
- Holmberg, E. B., Hillman, R. E. & Perkell, J. S. (1988). Glottal airflow and transglottal air pressure measurement for male and female speakers in soft, normal, and loud voice. *Journal of the Acoustic Society of America*, vol 84, 511-529.
- Holmberg, E. B., Hillman, R.E. & Perkell, J. S. (1989). Glottal airflow and transglottal air pressure measurement for male and female speakers in low, normal, and high pitch. *Journal of Voice*, vol 3, 295-305.
- Holmberg, E. B., Hillman, R. E., Perkell, J. S. & Gress, C. (1994). Relationships between intra-speaker variation in aerodynamic measures of voice production and variation in SPL across repeated recordings. *Journal of Speech and Hearing Research*, vol 37, 484-495.
- Holmberg, E. B., Hillman, R. E., Perkell, J. S., Guiod, P. C., & Goldman, S. L. (1995). Comparisons Among Aerodynamic, Electroglottographic, and Acoustic Spectral

- Measures of Female Voice. *Journal of Speech and Hearing Research*, vol 38, 1212-1223.
- Howard, D. M. (1994). Variation of Electrolaryngographically Derived Closed Quotient for Trained and Untrained Adult Female Singers. *Journal of Voice*, vol 9, 163-172.
- Howard, D. M., Lindsey, G. A., Allen, B. (1991). Towards the quantification of vocal efficiency. *Journal of Voice*, vol 4, 205-212. (Se även errata *Journal of Voice* 1991, vol 5, 93.5)
- Husson, R. (1952). Sur la physiologie vocale: Quelques données nouvelles et fondamentales. *Les annuaires d'oto laryngologie*, vol 69, 124-137 UR: Husson, R. (1962). *Physiologie de la phonation*. Masson et Cie, Paris.
- Håkansson, A. (1993). Inverse for Windows, 1.0. Manual. Karolinska institutet. Enheten för logopedi och foniatri. Huddinge universitetssjukhus. Huddinge.
- Imaizumi, S. (1990). Inverse. A custom-made manual. Institutionen för tal, musik och hörsel. Kungliga Tekniska Högskolan. Stockholm
- Isshiki, N. (1964). Regulatory mechanisms of voice intensity variation. *Journal of Speech and Hearing Research*, vol 7, 17-29.
- Iwarsson, J. (1999). Enkät.
- Iwarsson, J., Thomasson, M., & Sundberg, J. (1995). Lung volume and phonation : a methodological study. *Speech Transmission Laboratory Quarterly Progress and Status Report*. Department of Speech Communication and Music Acoustic. 2-3/1995, 71-81.
- Karlsson, I. (1992). Analysis and Synthesis of Different Voices with Emphasis on Female Speech. (Doktorsavhandling). Department of Speech Communication and Music Acoustics. Royal Institute of Technology, KTH. Stockholm. Sweden.
- Klatt, D. H. & Klatt, L. C. (1990). Analysis, synthesis, and perception of voice quality variations among female and male talkers. *Journal of the Acoustic Society of America*, vol 87, 820-857.
- Kullberg, Å. (1996). Röstkällans egenskaper i kvinnoröstens bröst- och mellanregister – en litteraturöversikt och en studie. Magisteruppsats vid logopedutbildningen i Stockholm.
- Ladefoged, P., & McKinney, N. P. (1963). Loudness, sound pressure and subglottal pressure in speech. *Journal of the Acoustic Society of America*, vol 35, 454-460.
- Lieberman, P., Knudson, R. & Mead, J. (1969). Determination of the rate of change of fundamental frequency with respect to subglottal air pressure during sustained phonation. *Journal of the Acoustic Society of America*, vol 45, 1537-1543.
- Lindblad, P. (1992). *Rösten*. Studentlitteratur, Lund.
- Lindqvist (Gauffin), J. (1964). Inverse filtering. Instrumentation and techniques. *Speech Transmission Laboratory Quarterly Progress and Status Report*. Department of Speech Communication and Music Acoustic. 4/1964, 1-4.
- Lindqvist (Gauffin), J. (1965). Studies of the voice source by means of inverse filtering. *Speech Transmission Laboratory Quarterly Progress and Status Report*. Department of Speech Communication and Music Acoustic. 2/1965, 8-13.
- Lindqvist (Gauffin), J. (1970). The voice source studied by means of inverse filtering. *Speech Transmission Laboratory Quarterly Progress and Status Report*. Department of Speech Communication and Music Acoustic. 1/1970, 3-9.
- Löfqvist, A. (1990). Människans röst. Undervisningskompendium, 2.1, Lund.
- Löfqvist, A., Carlborg, B., & Kitzing, P. (1982). Initial validation of an indirect measure of subglottal pressure during vowels. *Journal of the Acoustic Society of America*, vol 72, 633-635.
- Miller, R.L. (1959). Nature of the vocal cord wave. *Journal of Acoustic Society of America*, vol 31, 667-677.

- Monsen, R. B., & Engebretson, A. M. (1977). Studie of variations in the male and female glottal wave. *Journal of Acoustic Society of America*, vol 62, 981-993.
- Perkell, J. S., Hillman, R. E., & Holmberg, E. B. (1994). Group differences in measures of voice production and revised values of maximum airflow declination rate. *Journal of Acoustic Society of America*, vol 96, 695-698.
- Phog Interactive Phonetography System software, AB Nyvalla DSP, Stockholm, Sverige, 1999. Se <http://www.nyvalla-dsp.se> för mer information.
- Rothenberg, M. (1973). A new inversfiltering technique for deriving the glottal air flow waveform during voicing. *Journal of Acoustic Society of America*, vol 53, 1632-1645
- Shadle, C., Barney, A., & Davis, P. O. A. L. (1999). Fluid flow in a dynamic model of the vocal folds and tract. II. Implications for speech production studies. *Journal of the Acoustical Society of America* 105: 456-466.
- Sapienza, C. M., & Stathopoulos, E. T. (1994). Comparison of maximum flow declination rate: children versus adults. *Journal of Voice*, vol 8, 240-247
- Soundswell Signal Workstation software, AB Nyvalla DSP, Stockholm, Sverige, 1998. Se <http://www.nyvalla-dsp.se> för mer information.
- Stathopoulos & Sapienza (1993). Respiratory and laryngeal function of women and men during intensity variation. *Journal of Speech and Hearing Research*, vol 36, 64-75
- Stevens, K. N., & Hanson, H. M. (1995). Classification of glottal vibrations from acoustic measurements. *Vocal Fold Physiology: Voice Quality Control*. Kap 9. Eds. O. Fujimura & M. Hirano. Singular Publishing Group, San Diego.
- Sulter, A. M., Wit, H. P. (1996). Glottal volume velocity waveform characteristics in subjects with and without vocal training, related to gender, sound intensity, fundamental frequency, and age. *Journal of the Acoustic Society of America*, vol. 100, 3360- 3373.
- Sundberg, J. (1986). *Röstlära*. 2:a uppl, Proprius förlag, Stockholm.
- Sundberg, J. (1990). What's so special about singers? *Journal of Voice*, vol 4, 107-119.
- Sundberg, J., Cleveland, T. F., Stone, R. E., & Iwarsson, I. (1999). Voice Source Characteristics in Six Premier Country Singers. *Journal of Voice*, vol 13, 168-183.
- Sundberg, J. & Gauffin, J. (1979). Waveform and spectrum of the glottal voice source. 301-320. *Frontiers of Speech Communication Research*, eds. Lindblom, B. & Öhman, S. Academic Press London.
- Sundberg, J., Titze, I. R., & Scherer, R. C. (1993). Phonatory control in male singing: a study of the effects of subglottal pressure, fundamental frequency, and mode of phonation on the voice source. *Journal of Voice*, vol 7, 15-29.
- Södersten, M. (1994). Vocal fold closure during phonation. (Doktorsavhandling) Institutionen för logopedi och foniatry. Huddinge universitetssjukhus.
- Södersten, M., Hertegård, S., & Hammarberg, B. (1994). Glottal closure, airflow, and voice quality in middle-aged women as related to change in loudness. *Phoniatic and Logopedic Progress Report*. Institutionen för logopedi och foniatry, Huddinge Universitetssjukhus. Karolinska Institutet. Nr. 9, 3-20.
- Tanaka, S., & Gould, W.J. (1983). Relationships between vocal intensity and noninvasively obtained aerodynamic parameters in normal subjects. *Journal of the Acoustic Society of America*, vol 73, 1316-1321.
- Titze, I. R. (1989a). On the relation between subglottal pressure and fundamental frequency in phonation. *Journal of the Acoustic Society of America*, vol 85, 901-906
- Titze, I. R. (1989b). Physiologic and acoustic differences between male and female voices. *Journal of the Acoustic Society of America*, vol 85, no 4, 1699-1707.
- Titze, I. R. (1992). Phonation threshold pressure: a missing link in glottal aerodynamics. *Journal of the Acoustic Society of America*, vol 91, 2926-2935.
- Titze, I. R. (1994). *Principles of Voice Production*. Prentice Hall, New Jersey, U. S. A.

Titze, I. R., Sundberg, J. (1992). Vocal intensity in speakers and singers. *Journal of the Acoustic Society of America*, vol 91, 2936-2946.

Verdolini-Marston, K., Titze, I., & Druker, D. (1990). Changes in phonation threshold pressure with induced condition of dehydration. *Journal of Voice*, vol 4, 142-151.

Enkät inför röstexperiment

Namn: _____

Dagens datum: _____

Enkätsvaren kommer att kodas och behandlas konfidentiellt.

På de frågor där det ges alternativ är det alltid möjligt att välja flera alternativ.

1.

Är du: Man Kvinna, Födelseår _____

2.

Har du nedsatt hörsel?

 Nej Ja

3.

Röker du?

 Nej Ja, nämligen:

<input type="checkbox"/> "feströker"	<input type="checkbox"/> mindre än 5 cig/dag
<input type="checkbox"/> 5-10 cig/dag	<input type="checkbox"/> mer än 10 cig/dag

4.

Har du någon lungsjukdom/astma?

 Nej Ja, nämligen _____

Om ja, medicinerar du?

 Nej Ja, nämligen _____

5.

Upplever du någon form av problem med din röst? (Om Nej, gå till fråga 9.)

 Nej Ja

6.

Sätt ett lodrät sträck på skalan nedan så att den beskriver dina röstbesvär:

Inga besvär ----- Mycket stora besvär

7.

Hur vill du beskriva dina röstbesvär?

<input type="checkbox"/> heshet	<input type="checkbox"/> torrhet	<input type="checkbox"/> tryck över struphuvudet
<input type="checkbox"/> trötthet i rösten	<input type="checkbox"/> kliar	<input type="checkbox"/> klumpkänsla
<input type="checkbox"/> smärta/sveda	<input type="checkbox"/> harklingsbehov	<input type="checkbox"/> svårt att göra mig hörd
<input type="checkbox"/> "tappar rösten"	<input type="checkbox"/> torrhosta	<input type="checkbox"/> minskat i omfång (i sång)

 övrigt _____

8.

När uppstår dessa besvär?

De finns så gott som alltid.

Efter röststrängning, t ex _____

I särskilda situationer, t ex _____

9.

Håller du på med någon sång- eller talaktivitet på fritiden?

Nej

Ja, nämligen:

körsång

sjunger med barn

sånglektioner

solosång

spelar teater

tallektioner

sjunger i band

övrig tal- /sångaktivitet _____

Hur många timmar i veckan?

1

2-3

4-6

mer

Eventuell kommentar: _____

10.

Har du tidigare ägnat dig åt någon av följande aktiviteter på arbetet eller fritiden?

Nej

Ja, nämligen

körsång

sjunger med barn

sånglektioner

solosång

spelar teater

tallektioner

sjunger i band

övrig tal- /sångaktivitet _____

Under hur lång period och hur ofta? _____

11.

Har du fått träning i, eller information om rösten?

Nej

Ja, nämligen _____

Tack för din medverkan!

Bedömning av enkätsvar.

Denna bilaga syftar till att förklara urvalskriterierna för testpersonerna. Nedan beskrivs vilka svar i enkäten som gjort att man *uteslöts* som testperson.

Fråga nummer:

1. (Ger enbart information.)
2. Svar "Ja"
3. Alla andra svar än "Nej" eller "feströker"
4. Sjukdom som kan ge röstpåverkan eller medicin som kan ge röstpåverkan.
5. (Leder enbart vidare till övriga frågor)

6, 7, 8 Svar som indikerar permanenta röstbesvär utöver det vanliga. Vid svårtolkade svar har personen även tillfrågats muntligen.

9, 10, 11 Regelbunden undervisning i solosång, regelbunden röstträning hos t ex logoped samt dylikt, som enligt författarna gör att den normala talrösten förbättras/påverkas nämnvärt. Observera att regelbunden körsång i icke-professionell kör enligt författarna ej gör att den normala talrösten påverkas nämnvärt, och därmed ej leder till uteslutning. Som i frågorna ovan har ofta personer tillfrågats muntligen för att få en bra bild av hans eller hennes eventuella röstträning.

DC-flöde

Kvinnor	MV F0				MV F0+6				MV F0+12			
	K	intercept	R2*	r	K	intercept	R2	r	K	intercept	R2	r
k1	-0.09	0.13	0.54	0.73	-0.06	0.17	0.76	0.87	-0.02	0.10	0.26	0.51
k2	-0.03	0.19	0.22	0.47	-0.01	0.19	0.12	0.35	0.06	0.04	0.79	0.89
k3	0.00	0.00	0.17	0.42	-0.01	0.01	0.12	0.34	-0.01	0.06	0.12	0.34
k4	0.01	0.04	0.43	0.66	0.01	0.11	0.02	0.15	-0.01	0.16	0.05	0.22
k5	0.03	0.87	0.87	0.93	0.02	0.10	0.64	0.80	0.01	0.05	0.54	0.73
k6	-0.02	-0.01	0.86	0.92	-0.01	-0.01	0.67	0.82	0.01	-0.03	0.30	0.55
k7	-0.01	-0.02	0.51	0.71	0.00	-0.19	0.07	0.27	0.00	-0.03	0.00	0.02
k8	-0.02	0.10	0.68	0.82	-0.01	0.05	0.16	0.40	-0.07	0.13	0.62	0.78
k9	-0.02	0.06	0.28	0.53	0.01	0.08	0.02	0.15	0.07	0.02	0.89	0.94
k10	0.00	0.04	0.10	0.31	-0.01	0.04	0.10	0.32	-0.01	0.03	0.04	0.20
k11	-0.12	0.22	0.82	0.91	-0.03	0.13	0.39	0.62	-0.01	0.01	0.638	0.80
k12	0.00	0.12	0.03	0.16	0.05	0.15	0.75	0.86	0.04	0.12	0.67	0.82
k13	0.00	-0.01	0.35	0.59	-0.01	0.00	0.16	0.41	-0.01	-0.02	0.55	0.74
k14	-0.04	0.24	0.55	0.74	0.00	0.16	0.01	0.12	0.07	0.15	0.92	0.96
k15	-0.01	0.03	0.05	0.22	0.01	0.02	0.24	0.49	0.03	0.01	0.29	0.54
Medelvärde	-0.02	0.13	0.43	0.61	0.00	0.07	0.28	0.46	0.01	0.05	0.44	0.60
St.dev	0.04	0.22	0.29	0.25	0.03	0.10	0.28	0.27	0.04	0.06	0.31	0.29
Män	MV F0				MV F0+6				MV F0+12			
	K	intercept	R2	r	K	intercept	R2	r	K	intercept	R2	r
m1	-0.29	0.42	0.57	0.76	-0.15	0.35	0.65	0.81	-0.03	0.20	0.18	0.43
m2	-0.03	0.14	0.19	0.44	-0.02	0.19	0.18	0.42	-0.01	0.15	0.10	0.31
m3	-0.01	0.11	0.03	0.18	-0.02	0.19	0.62	0.79	0.02	0.16	0.09	0.30
m4	0.02	0.05	0.59	0.77	0.02	0.04	0.80	0.89	0.04	0.06	0.85	0.92
m5	0.01	0.07	0.01	0.08	-0.01	0.02	0.03	0.16	0.03	0.01	0.24	0.49
m6	-0.10	0.12	0.45	0.67	-0.03	0.23	0.10	0.32	0.02	0.42	0.18	0.43
m7	0.00	0.14	0.02	0.16	0.00	0.15	0.09	0.30	0.14	0.11	0.66	0.81
m8	0.11	0.10	0.73	0.85	0.01	0.21	0.01	0.07	0.11	0.10	0.73	0.85
m9	-0.01	0.03	0.06	0.24	-0.02	0.02	0.32	0.57	0.03	0.00	0.31	0.56
m10	-0.01	0.27	0.01	0.10	0.02	0.27	0.11	0.33	0.02	0.38	0.02	0.15
m11	-0.09	0.26	0.37	0.61	-0.27	0.61	0.80	0.89	-0.08	0.44	0.23	0.48
m12	0.00	0.19	0.01	0.10	-0.04	0.34	0.23	0.48	-0.06	0.40	0.57	0.75
m13	-0.01	0.21	0.14	0.37	0.00	0.21	0.01	0.08	0.10	0.46	0.54	0.73
m14	0.03	0.12	0.33	0.58	0.05	0.04	0.92	0.96	0.05	0.02	0.23	0.48
Medelvärde	-0.03	0.16	0.25	0.42	-0.03	0.20	0.35	0.51	0.03	0.21	0.35	0.55
St.dev	0.09	0.10	0.25	0.28	0.08	0.16	0.34	0.31	0.06	0.17	0.26	0.23

*R2 = varians

Flödesderivata

Kvinnor	MV F0				MV F0+6				MV F0+12			
	K	intercept	R2*	r	K	intercept	R2	r	K	intercept	R2	r
k1	484.6	121.1	0.89	0.94	217.3	74.6	0.83	0.91	328.2	95.0	0.92	0.96
k2	460.4	19.1	0.89	0.94	274.8	36.1	0.85	0.92	175.7	32.7	0.82	0.91
k3	282.9	18.6	0.96	0.98	314.6	-0.5	0.91	0.95	122.3	37.2	0.95	0.97
k4	104.8	96.9	0.89	0.94	125.7	154.1	0.73	0.86	234.4	44.2	0.90	0.95
k5	226.6	31.7	0.99	0.99	131.3	133.7	0.82	0.91	150.0	72.9	0.91	0.96
k6	277.3	36.2	0.95	0.97	210.0	56.1	0.95	0.97	209.0	88.4	0.87	0.93
k7	72.9	39.8	0.95	0.97	95.5	50.9	0.91	0.95	122.1	57.8	0.93	0.96
k8	203.0	68.5	0.96	0.98	264.3	-69.1	0.94	0.97	306.5	50.4	0.93	0.96
k9	169.5	126.5	0.92	0.96	161.3	127.0	0.91	0.95	198.0	50.1	0.95	0.98
k10	108.8	45.9	0.95	0.98	238.9	11.7	0.77	0.88	405.0	118.9	0.92	0.96
k11	255.6	38.7	0.97	0.98	94.6	123.7	0.59	0.77	75.6	154.6	0.68	0.82
k12	132.1	108.9	0.91	0.95	275.7	46.0	0.95	0.98	127.9	69.4	0.92	0.96
k13	128.9	-8.9	0.95	0.98	141.0	33.2	0.95	0.97	213.2	95.2	0.92	0.96
k14	324.0	-122.1	0.92	0.96	239.0	21.3	0.97	0.98	256.3	9.7	0.95	0.98
k15	194.9	28.5	0.93	0.96	120.2	192.5	0.64	0.80	134.7	265.4	0.59	0.77
Medelvärde	228.4	43.3	0.93	0.97	193.6	66.1	0.85	0.92	203.9	82.8	0.88	0.94
St.dev	123.3	61.2	0.03	0.02	73.2	68.6	0.12	0.07	90.4	62.4	0.11	0.06

Män	MV F0				MV F0+6				MV F0+12			
	K	intercept	R2	r	K	intercept	R2	r	K	intercept	R2	r
m1	346.13	221.14	0.76	0.87	371.40	62.55	0.90	0.95	289.31	113.31	0.97	0.98
m2	231.11	184.96	0.65	0.81	234.08	60.18	0.97	0.99	265.37	57.97	0.98	0.99
m3	34.18	281.38	0.31	0.55	124.70	189.25	0.77	0.88	388.96	79.99	0.81	0.90
m4	219.16	70.57	0.91	0.95	232.57	65.15	0.91	0.95	376.88	197.06	0.94	0.97
m5	267.51	117.48	0.95	0.97	352.03	176.16	0.89	0.94	374.59	289.89	0.92	0.96
m6	356.85	295.47	0.90	0.95	329.61	149.48	0.90	0.95	259.61	106.36	0.92	0.96
m7	191.53	83.05	0.95	0.97	219.95	30.09	0.93	0.97	181.98	82.93	0.88	0.94
m8	118.14	235.35	0.73	0.86	227.68	39.29	0.93	0.97	552.07	65.68	0.90	0.95
m9	219.91	216.98	0.78	0.88	91.75	131.32	0.41	0.64	192.56	41.76	0.82	0.91
m10	370.77	225.03	0.92	0.96	383.59	255.88	0.89	0.94	386.05	6.05	0.94	0.97
m11	606.38	304.33	0.97	0.98	780.54	243.65	0.95	0.97	541.06	213.93	0.95	0.97
m12	207.19	334.29	0.89	0.94	302.82	163.68	0.87	0.94	296.70	409.59	0.72	0.85
m13	146.41	314.65	0.69	0.83	220.34	448.88	0.79	0.89	522.09	56.87	0.94	0.97
m14	354.84	299.71	0.83	0.91	419.86	59.43	0.94	0.97	442.52	90.69	0.94	0.97
Medelvärde	262.15	227.46	0.80	0.89	306.49	148.21	0.86	0.93	362.13	129.44	0.90	0.95
St.dev	139.68	86.50	0.18	0.11	166.72	114.28	0.14	0.09	121.68	111.01	0.07	0.04

*R2 = varians

Komplians

Kvinnor	MV F0				MV F0+6				MV F0+12			
	K	intercept	R2*	r	K	intercept	R2	r	K	intercept	R2	r
k1	-0.02	0.07	0.86	0.93	-0.01	0.05	0.73	0.86	0.00	0.03	0.17	0.42
k2	0.00	0.04	0.20	0.45	0.00	0.02	0.03	0.18	0.00	0.01	0.17	0.41
k3	-0.01	0.03	0.42	0.65	0.00	0.03	0.16	0.40	0.00	0.01	0.43	0.65
k4	-0.01	0.09	0.87	0.93	-0.01	0.05	0.46	0.68	0.00	0.02	0.03	0.17
k5	0.00	0.03	0.04	0.19	-0.01	0.04	0.62	0.79	0.00	0.03	0.44	0.67
k6	0.00	0.05	0.28	0.53	0.00	0.03	0.51	0.72	0.00	0.03	0.17	0.41
k7	-0.01	0.08	0.75	0.87	0.00	0.04	0.76	0.87	0.00	0.02	0.02	0.15
k8	0.00	0.06	0.20	0.44	0.00	0.03	0.01	0.12	0.01	0.02	0.65	0.81
k9	-0.01	0.06	0.57	0.76	-0.01	0.04	0.60	0.77	0.00	0.01	0.15	0.39
k10	0.00	0.06	0.12	0.34	0.00	0.03	0.01	0.07	0.00	0.02	0.08	0.29
k11	-0.01	0.04	0.70	0.84	-0.01	0.04	0.78	0.88	-0.01	0.02	0.73	0.85
k12	-0.01	0.07	0.92	0.96	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00	0.03	0.77	0.88
k13	0.01	0.06	0.74	0.86	0.00	0.02	0.14	0.37	0.00	0.01	0.01	0.08
k14	0.00	0.04	0.53	0.73	0.00	0.02	0.14	0.37	0.00	0.01	0.57	0.76
k15	-0.01	0.07	0.45	0.67	-0.01	0.04	0.72	0.85	-0.01	0.03	0.67	0.82
Medelvärde	-0.01	0.06	0.51	0.68	0.00	0.03	0.38	0.53	0.00	0.02	0.34	0.52
St.dev	0.01	0.02	0.29	0.24	0.00	0.01	0.31	0.32	0.00	0.01	0.28	0.28

Män	MV F0				MV F0+6				MV F0+12			
	K	intercept	R2	r	K	intercept	R2	r	K	intercept	R2	r
m1	-0.04	0.12	0.92	0.96	-0.01	0.07	0.87	0.93	0.00	0.04	0.43	0.66
m2	-0.04	0.20	0.84	0.92	-0.02	0.13	0.75	0.87	-0.01	0.04	0.56	0.75
m3	-0.01	0.04	0.68	0.82	-0.01	0.10	0.72	0.85	0.00	0.06	0.43	0.65
m4	-0.02	0.23	0.21	0.46	-0.02	0.15	0.65	0.81	-0.02	0.08	0.62	0.79
m5	0.00	0.03	0.13	0.36	0.00	0.02	0.03	0.17	0.00	0.02	0.02	0.13
m6	-0.15	0.24	0.89	0.94	-0.05	0.23	0.91	0.95	-0.02	0.18	0.88	0.94
m7	-0.04	0.24	0.66	0.81	-0.01	0.12	0.42	0.65	0.04	0.06	0.74	0.86
m8	-0.06	0.38	0.96	0.98	-0.02	0.26	0.32	0.57	-0.01	0.13	0.48	0.69
m9	-0.05	0.19	0.68	0.83	-0.01	0.08	0.16	0.40	0.00	0.04	0.03	0.17
m10	-0.16	0.55	0.94	0.97	0.08	0.40	0.83	0.91	-0.01	0.19	0.37	0.61
m11	-0.09	0.30	0.78	0.88	-0.03	0.15	0.64	0.80	-0.02	0.09	0.51	0.72
m12	-0.02	0.18	0.88	0.94	-0.01	0.10	0.59	0.77	-0.01	0.07	0.75	0.87
m13	-0.03	0.23	0.70	0.84	-0.02	0.18	0.97	0.98	0.00	0.08	0.00	0.04
m14	-0.04	0.26	0.88	0.94	-0.01	0.16	0.43	0.65	-0.01	0.07	0.83	0.91
Medelvärde	-0.05	0.23	0.73	0.83	-0.01	0.15	0.59	0.74	0.00	0.08	0.47	0.63
St.dev	0.05	0.13	0.26	0.19	0.03	0.09	0.28	0.23	0.01	0.05	0.29	0.30

*R2 = varians

Slutenkvot

Kvinnor	MV F0			MV F0+6			MV F0+12		
	A	alfa	B	A	alfa	B	A	alfa	B
k1	0.56	2.26	-0.58	0.40	1.50	-0.92	0.17	1.50	-1.77
k2	0.50	1.32	-0.70	0.50	4.00	-0.69	0.47	3.00	-0.76
k3	0.45	0.59	-0.79	0.35	0.60	-1.05	0.56	0.81	-0.57
k4	0.46	0.74	-0.78	0.51	1.36	-0.68	0.57	0.64	-0.56
k5	0.42	4.30	-0.86	0.24	0.93	-1.44	0.44	4.00	-0.82
k6	0.45	3.83	-0.80	0.48	1.52	-0.74	0.09	2.00	-2.41
k7	0.48	0.23	-0.74	0.60	0.40	-0.51	0.30	0.25	-1.20
k8	0.40	2.00	-0.92	0.50	0.70	-0.69	0.15	1.00	-1.90
k9	0.55	1.00	-0.60	0.50	0.70	-0.69	0.40	0.60	-0.92
k10	0.40	1.07	-0.91	0.30	1.50	-1.20	0.26	2.00	-1.35
k11	0.50	1.20	-0.69	0.55	1.00	-0.60	0.35	2.00	-1.05
k12	0.4	0.8	-0.92	0.25	1.50	-1.39	0.20	1.50	-1.61
k13	0.46	0.32	-0.78	0.15	1.00	-1.90	0.25	1.50	-1.39
k14	0.40	1.00	-0.92	0.10	4.00	-2.30	0.15	4.71	-1.90
k15	0.32	1.53	-1.13	0.35	1.00	-1.05	0.40	0.40	-0.92
Medelvärde	0.45	1.48	-0.81	0.38	1.45	-1.06	0.32	1.73	-1.28
St.dev	0.06	1.19	0.14	0.15	1.10	0.51	0.15	1.30	0.55
Män	MV F0			MV F0+6			MV F0+12		
	A	alfa	B	A	alfa	B	A	alfa	B
m1	0.60	3.96	-1.20	0.50	4.00	-0.69	0.47	3.00	-0.76
m2	0.72	0.76	-0.87	0.67	0.42	-0.40	0.45	0.52	-0.81
m3	0.30	1.00	-0.68	0.61	0.31	-0.49	0.55	0.39	-0.59
m4	0.42	2.00	-0.62	0.67	0.34	-0.40	0.54	1.65	-0.61
m5	0.51	1.75	-0.80	0.46	0.67	-0.77	0.41	0.70	-0.89
m6	0.54	3.03	-0.69	0.45	2.12	-0.79	0.50	0.20	-0.69
m7	0.45	1.33	-0.72	0.50	0.59	-0.70	0.45	1.50	-0.85
m8	0.43	2.00	-0.84	0.50	0.40	-0.69	0.45	1.50	-0.80
m9	0.50	5.22	-0.70	0.32	2.80	-1.15	0.44	0.59	-0.82
m10	0.49	1.08	-0.57	0.51	0.59	-0.67	0.47	3.00	-0.76
m11	0.50	5.00	-0.78	0.52	2.57	-0.65	0.39	3.65	-0.94
m12	0.56	2.03	-0.92	0.62	0.81	-0.47	0.57	0.90	-0.56
m13	0.46	1.07	-0.51	0.50	1.00	-0.69	0.15	1.50	-1.90
m14	0.40	4.00	-0.32	0.44	1.12	-0.83	0.47	1.63	-0.76
Medelvärde	0.49	2.45	-0.73	0.52	1.27	-0.67	0.45	1.48	-0.84
St.dev	0.10	1.53	0.21	0.10	1.15	0.20	0.10	1.07	0.32

H1-H2/QcI

Kvinnor	MV F0				MV F0+6				MV F0+12			
	K	intercept	R2*	r	K	intercept	R2	r	K	intercept	R2	r
k1	-22.25	16.79	0.76	0.87	-27.71	19.63	0.82	0.91	-47.07	28.35	0.23	0.48
k2	-36.75	25.36	0.95	0.97	-28.96	23.60	0.93	0.97	-21.13	24.27	0.21	0.46
k3	-62.25	33.50	0.84	0.92	-52.99	27.78	0.90	0.95	-32.35	27.50	0.71	0.85
k4	-34.97	24.37	0.78	0.89	-49.46	29.05	0.95	0.98	-29.88	22.20	0.79	0.89
k5	-36.92	23.93	0.86	0.93	-56.13	30.47	0.94	0.97	-30.72	21.90	0.77	0.88
k6	-40.70	26.09	0.91	0.95	-50.40	28.86	0.86	0.92	76.81	14.53	0.11	0.34
k7	-55.82	26.59	0.75	0.86	-24.82	21.79	0.75	0.86	-38.10	27.69	0.51	0.71
k8	-44.28	27.22	0.96	0.98	-30.19	20.26	0.92	0.96	13.16	19.79	0.02	0.15
k9	-32.83	23.68	0.83	0.91	-33.08	21.67	0.92	0.96	-15.13	20.79	0.52	0.72
k10	-59.97	33.43	0.86	0.93	-32.37	21.20	0.38	0.62	-65.27	34.07	0.93	0.97
k11	-37.49	22.34	0.72	0.85	-38.51	23.58	0.82	0.90	-56.94	30.39	0.73	0.85
k12	-41.94	25.61	0.93	0.96	-34.67	18.09	0.68	0.82	-30.78	23.11	0.31	0.55
k13	-27.79	17.44	0.49	0.70	-4.08	17.70	0.01	0.08	-66.86	29.97	0.50	0.71
k14	-24.52	17.08	0.58	0.76	26.51	7.00	0.08	0.29	-46.41	27.83	0.10	0.32
k15	-52.26	25.06	0.48	0.69	-67.93	29.20	0.95	0.97	-26.58	18.03	0.48	0.70
Medelvärde	-40.72	24.57	0.78	0.88	-33.65	22.66	0.73	0.81	-27.82	24.69	0.46	0.64
St.dev	12.29	4.98	0.16	0.09	22.76	6.10	0.31	0.27	35.33	5.29	0.29	0.24
Män	MV F0				MV F0+6				MV F0+12			
	K	intercept	R2	r	K	intercept	R2	r	K	intercept	R2	r
m1	-23.37	18.33	0.94	0.97	-27.60	19.85	0.92	0.96	-24.71	16.59	0.91	0.95
m2	-24.61	19.03	0.91	0.95	-31.25	21.16	0.94	0.97	-29.40	18.06	0.95	0.97
m3	-17.09	14.59	0.86	0.93	-18.25	18.77	0.90	0.95	-29.12	19.74	0.91	0.95
m4	-17.60	16.73	0.13	0.36	-24.51	20.84	0.94	0.97	-25.07	21.02	0.82	0.90
m5	-28.60	21.56	0.91	0.96	-25.71	19.00	0.45	0.67	-23.54	19.63	0.67	0.82
m6	-21.30	17.21	0.79	0.89	-26.70	18.92	0.94	0.97	-31.88	22.18	0.73	0.85
m7	-24.14	20.19	0.54	0.73	-42.74	26.23	0.90	0.95	(trendlinje längst y-axeln)			
m8	-44.92	28.12	0.89	0.94	-21.51	18.06	0.78	0.88	-13.93	14.97	0.82	0.90
m9	-23.72	17.47	0.85	0.92	-20.64	16.77	0.55	0.74	-12.27	13.07	0.43	0.65
m10	-13.55	13.96	0.87	0.93	-14.39	14.13	0.90	0.95	-22.52	17.57	0.66	0.81
m11	-38.48	24.76	0.90	0.95	-28.08	19.03	0.92	0.96	-21.25	15.25	0.94	0.97
m12	-44.61	29.27	0.99	0.99	-31.65	22.14	0.98	0.99	-27.23	18.22	0.85	0.92
m13	-39.88	26.64	0.98	0.99	-28.30	23.15	0.69	0.83	-17.74	15.83	0.68	0.82
m14	-46.82	32.22	0.96	0.98	-21.90	18.71	0.95	0.97	-27.01	16.24	0.95	0.97
Medelvärde	-29.19	21.43	0.82	0.89	-25.94	19.77	0.84	0.91	-23.51	17.57	0.79	0.89
St.dev	11.42	5.79	0.23	0.17	6.88	2.90	0.16	0.10	5.94	2.60	0.15	0.09

*R2 = varians