

**KUULOHAVAINNON MUUTOKSEN VAIKUTUS SAKSOFONISTIN  
INTONAATION TARKKUUTEEN**

Ville Huovinen  
Kandidaatintutkielma  
Musiikkitiede  
Kevät 2015  
Jyväskylän yliopisto

## JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO

Tiedekunta – Faculty Humanistinen tiedekunta	Laitos – Department Musiikin laitos
Tekijä – Author Ville Huovinen	
Työn nimi – Title Kuulohavainnon muutoksen vaikutus saksofonistin intonaation tarkkuuteen	
Oppiaine – Subject Musiikkitiede	Työn laji – Level Kandidaatintutkielma
Aika – Month and year Maaliskuu 2015	Sivumäärä – Number of pages 27
Tiivistelmä – Abstract <p>Kuulohavainnon avulla erotellaan äänestä eri ominaisuuksia, kuten äänenkorkeutta, -voimakkuutta ja -kirkkautta. Tarkka intonaatio esimerkiksi saksofonia soittaessa vaatii hyvää ja selkeää auditiivista palautetta, sekä äänenkorkeuden erotus- ja kohdistuskykyä. Erilaiset soittotilanteet, akustiset olosuhteet, sekä korvatulppien käyttö aiheuttavat muutoksia kuulokuvaan.</p> <p>Järjestettiin koe, jossa seitsemän alttosaksofonistia soitti kolmea erityyppistä lyhyttä melodiaa: pitkiä ääniä, melodioita ja intervallihyppyjä. Soitettavat melodiat äänitettiin, sekä toistettiin kuulonsuojauksella ja ilman. Äänidatasta poimittiin kolme kohdeääntä, joista analysoitiin äänenkorkeus, äänenvoimakkuus ja äänenväri. Kohdeäänit olivat saksofonin g1, c#2, sekä a2-sävelet. Tuloksia vertailtiin tilastollisin keinoin. Kuulo suojattuna soittajilla on taipumus alavireisyyteen kaikissa kohdeäänissä. G-sävel oli vireeltään stabiilein. Äänenväri ja äänenvoimakkuus eivät muuttuneet käsittelyiden välillä.</p> <p>Tutkimus tukee aiempaa tietoa, että saksofonin vireessä soittaminen vaatii tarpeeksi hyvän auditiivisen palautteen. Vastoin ennakko-oletuksia kokeen mukaan kuulohavainnon huononeminen aiheutti vireen laskua.</p>	
Asiasanat – Keywords auditiivinen palaute intonaatio saksofoni luujohtokuulo	
Säilytyspaikka – Depository Jyväskylän yliopisto, Musiikin laitos	
Muita tietoja – Additional information	

## SISÄLLYS

1 JOHDANTO	4
2 TUTKIMUKSEN TAUSTAA	5
2.1 Kuulohavainnosta	5
2.2 Virittäminen ja äänenkorkeuden kohdistus	6
2.3 Saksofonin soitosta	8
3 MENETELMÄT JA KOEASETELMA	12
3.1 Tutkimusmenetelmä	12
3.2 Käsittely ja tutkittavat muuttujat	12
3.3 Analyysimenetelmät	13
4 TULOKSET	14
4.1 Äänenkorkeus ja vire	14
4.2 Äänenväri ja kirkkaus	17
4.3 Äänenvoimakkuus	18
5 POHDINTA	20
LÄHTEET	23
LIITTEET	26

## 1 JOHDANTO

Muusikot ovat soittaessaan usein erilaisissa heille vieraisissa akustisissa ympäristöissä. Ympäristö vaikuttaa siihen, mitä soittaja kuulee omasta soittimestaan ja kuinka hän soittaa. Kun ympäröivä äänenvoimakkuus nousee niin korkeaksi, ettei soittaja kuule oman soittimensa ääntä haluamallaan voimakkuudella — vaikeudet alkavat. Usein tähän ongelmaan koitetaan vastata käyttämällä korvatulppia tai korvamonitoria. Korvatulpat ja -monitorointi vaikuttavat kuitenkin myös kuulokuvaan.

Saksofonin soitossa vireen säätely tapahtuu kuulohavainnon avulla tehtävien korjausten mukaan. Vireeseen vaikuttavia asioita on lukematon määrä, joten ilman kuulokuvaa virettä on oletetusti mahdotonta säädellä. Yksi hankalimpia soittamiseen liittyviä asioita on hallita hyvä intonaatio. Intonaatio koostuu useista osa-alueista, kuten äänenkorkeuden erotus- ja kohdistuskyvyistä ja soittimen virittämisestä. Saksofonistin intonaatio vaikuttaa soiton laatuun, kuten sävelpuhtauteen, äänen alukkeisiin ja dynamiikkaan, sekä lukuisiin muihin soittimen äänen tuottamiseen liittyviin ominaisuuksiin.

Tutkimukseni lähtökohtana ovat omat ja muiden saksofonistien, sekä muusikoiden kokemukset eri soittotilanteiden vaikutuksista saksofonin ja muidenkin soittimien soittoon. Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää tätä käytännön soittamisesta tuttua ilmiötä kokeellisen tutkimuksen keinoin ja saada tätä kautta uutta tietoa aiheesta. Tutkin kokeellisesti kuulohavainnon muutoksen vaikutusta alttosaksofonin vireeseen, äänenvoimakkuuteen ja äänenväriin. Aiempaa tutkimusta kyseisestä ilmiöstä ei ole liiemmin löytynyt, joten päätin selvittää ilmiötä luomalla yksinkertaisen koeasetelman. Tutkimuksessani suoritettiin koe, jossa selvitettiin koehenkilöiden avulla kuulonsuojauksensittelyn vaikutusta soittoon. Kokeessa koehenkilöt soittivat saksofonilla melodioita, joista kerättiin vertailtavat sävelet analyysiä varten.

Tutkimus tuo uutta tietoa soiton ongelmista ja luo pohjaa näiden ongelmien ratkaisuun. Tietoa voidaan hyödyntää muunmuassa soittajien korvatulppien, soittotilojen ja monitoroinnin suunnittelussa.

## 2 TUTKIMUKSEN TAUSTAA

### 2.1 Kuulohavainnosta

Ihmisen kuulo on monimutkainen järjestelmä. Ääntä havainnoidaan korvaan saapuvan informaation avulla. Korvaan saapuvan äänen ominaisuuksiin vaikuttavat eri ruumiinosat, kuten olkapää, pää ja korvan eri osat, eikä vähiten ympäristön akustiikka ja äänilähde. Korvassa ääni kulkeutuu korvakäytävää pitkin tärykalvoon, josta se lopuksi päätyy värähtelyä väli- ja sisäkorvan kautta hermoimpulsseiksi ihmisen aivoihin. Korvan akustiset ominaisuudet ja kuulon toimintatapa johtavat siihen, että ihminen aistii eri korkuiset äänet eri voimakkuuksilla. (Ks. esim. Mathews 1999, 1-16.). Piercen (1999, 69) mukaan korkeat ja matalat äänet myös havaitaan eri tavoin.

Ilmateitse kantautuvan äänen lisäksi ääni kantautuu pään luita myöten. Luujohtokuulon kautta ääni kantautuu korvaan äänenväriltään hyvin erilaisena kuin ilmateitse. Tästä johtuen esimerkiksi korvatulpat päässä puhe ja puhallinsoittimet kuulostavat erilaisilta. Luujohtokuulo aiheuttaa osaltaan myös sen, miksi oma ääni kuulostaa oudolta, kun sitä kuunnellaan äänitettyinä.

Kuulohavainto eli auditiivinen palaute on musiikin tekemisen kannalta käytännössä välttämätöntä. Sitä tarvitaan musiikissa kehittymiseen ja esiintymiseen, oman soittamisen reagointiin, sekä muiden kuuntelemiseen. Auditiivisen palautteen avulla ihminen pystyy erottelemaan äänestä muunmuassa sen voimakkuuden, korkeuden, kirkkauden, sekä äänen etäisyyden ja suunnan. Musiikin esittäminen pohjautuu kuulon ja motoriikan kehittyneeseen yhteyteen, jota voi verrata puheen tuottamisen mekaniikkaan. (Artenmüller & Gruhn 2002, 69.)

Ihmiskorva ja aivot eivät ole äänenkorkeuden tunnistamisessa täydellisiä. *Just noticeable difference* (JND) tarkoittaa kirjaimellisesti pienintä mahdollista havaittavaa muutosta tai eroavaisuutta (Shepard 1999, 149). Morrison & Fyk (2002, 183) kirjoittavat, että sävelkorkeuden tunnistamisen JND vaihtelee musiikillisen kokemuksen ja harjoittelun

mukaan, mutta optimaaliympäristössä on noin 2 senttiä. Myös Teirilä (1998, 25) esittää, että vireen tunnistustarkkuus vaihtelee yksilöittäin. Harjaantuneet ammattimuusikot voivat ideaaliolosuhteissa tunnistaa äänenkorkeuden 0.4 sentin tarkkuudella. Monissa testeissä ammattilaiset ovat osuneet vähintään 7 sentin tarkkuudella kohdesäveleen, kun vuorostaan normaalipopulaation keskiarvo on 21 senttiä.

Äänenvoimakkuuden aistimus perustuu nimensä mukaan korviin kantautuvan äänenpaineen energian suuruuteen. Äänenpaineen suurena käytetään intensiteettiä, joka esitetään desibeleinä (dB). Ihmiskorva ja aivot käsittelevät äänenvoimakkuutta hyvin laajalla alueella, jota kuvastaa se, että desibeli on logaritminen suure. (Ks. esim. Tan, Pfordresher & Harré, 2010, 34-36.)

Äänenväri muodostuu havaittavan äänen yläsävelsarjojen suhteesta. Äänenväri jaetaan usein ääripäihin tumma ja kirkas. Pelkistetyksi tumman äänenvärin yläsävelsarjassa on suhteellisen korostetusti matalia taajuuksia. Kirkkaassa äänessä taas on suhteellisen paljon korkeita taajuuksia yläsävelsarjassa. (Ks. esim. Tan & al., 2010, 34-36.)

## **2.2 Virittäminen ja äänenkorkeuden kohdistus**

Soittamisen ja laulamisen kannalta tärkeän äänenhallinnan, intonaation, keskeisempiä alueita ovat: äänenkorkeuden erotuskyky (pitch discrimination), äänenkorkeuden kohdistuskyky (pitch matching) ja soittimen virittäminen. Näissä onnistuminen riippuu monista eri tekijöistä. (Morrison & Fyk 2002, 183.)

Vaikka soittaja tai laulaja olisi harjaantunut, niin audittiivinen palaute hallitsee silti esitystä. Esimerkiksi Mürbe & al. (2002) on osoittanut, että audittiivisen palautteen laatu vaikuttaa laulajien vireeseen. Audittiivista palautetta muokkaamalla saadaan myös muutoksia vireeseen. Ihmisen muistikaan ei ole absoluuttinen. Teirilän (1998, 25) mukaan ihmisellä on taipumus muistaa sävel hieman korkeampana, kuin se todellisuudessa on.

Worthyn (2000, 222-236) tutkimus äänenvärin laadun vaikutuksesta äänenkorkeuden havaitsemiseen. Worthy osoittaa ilmiön pätevän myös puupuhaltimiin. Koehenkilöt arvioivat

äänenkorkeuksia ja niiden kirkkautta, ja toisessa kokeessa oli määrä osua kohdesäveleen omalla instrumentilla. "Kirkkaammat" äänet arvioitiin kirkkaammiksi ja korkeammiksi kuin vertailuääni. "Tummemmat" äänet arvioitiin myös tummemmiksi ja matalammiksi kuin vertailuääni. Sama ilmiö toistui myös soittimella vertailuääniin kohdistetun äänen tilanteessa. Teirilän (1998, 94) mukaan tämä ilmiö selittäisi taipumuksen soittaa alavireessä korkeasta rekisteristä. Saksofonissa näin ei kuitenkaan yleensä ole.

Morrison & Fyk (2002, 192) huomauttavat, että äänen laatu vaikuttaa äänenkorkeuden havaitsemisen tarkkuuteen. Huomioitavaa on myös se, että äänen laadun ollessa hyvä, ovat soittamiseen liittyvät asiat, kuten hengitystekniikka, asento ja ansatsi kohdallaan. Nämä seikat edelleen vaikuttavat vireen hallintaan. Morrison & Fyk (2002, 193) myös esittävät, että tiettyyn viritysääneen (saksofonilla yleensä Bb tai A) virittäminen parantaa äänenkorkeuden kohdistuskykyä tähän ääneen verrattuna muihin. Äänenväriin, äänen syttymiseen ja äänenvoimakkuuden hallintaan ovat yhtäläisiä osa intonaatiota ja yleensä suorassa vaikutussuhteessa myös vireen hallinnan kanssa.

Tutkimukset (ks. esim. Kantorski, 1986; Sogin, 1989 ja Yarbrough & Ballard, 1990) osoittavat, että ylöspäinkulkevissa melodisissa linjoissa soittajilla on taipumus virittää ääni korkeaksi, ja alaspäin kulkevissa linjoissa taas päinvastoin, eli matalaksi.

Morrisonin (2000) tutkimuksessa osoitetaan, että melodinen konteksti vaikuttaa kohdeäänien vireeseen. Vireessä viiden melodisen kontekstin (tuning, ascending melodic, sustained melodic, descending melodic, and repeated melodic) välillä oli merkitseviä eroja. Tutkimus osoittaa myös, että soittajilla oli taipumus kohdistaa ääni ylävireiseksi. Duke (1985) tutkimuksessaan esittää, että myös intervallien soitto aiheuttaa vire-ongelmia. Laskevat intervallit soitettiin vireeltään korkeina, ja nousevat matalina.

Soittimilla, joiden äänenkorkeuteen voi vaikuttaa, yleensä pyritään virittämään äänet soimaan sointuun tai intervalliin. Esimerkiksi tasavireistä kvinttiä pitää nostaa, jotta sen saa soimaan luonnollisena. Ihmisellä on myös mieltymys virittää oktaavi korkeaksi. (ks. esim. Dowling & Harwood 1986, 90-123.; Lapp, 2015.)

## 2.3 Saksofonin soitosta

Saksofoni on pysynyt sen kehittämisestä (1846) tähän päivään asti melko samanlaisena. 1920-luvun jälkeen valmistetuissa saksofoneissa, myös nykyään käytetty viritys  $a = n.439-444$  on pysynyt vakiona. Saksofoneissa on mallikohtaisia eroja äänen intonaatioissa. Esimerkiksi useasti saksofonien parhaimmiston luetellussa Selmer Mark VI -saksofonissa sanotaan olevan tiettyjä virehäiriöitä. Karkeasti voisi yleistää, että vanhemmissa arvosoitimissakin on äänikohtaisia vireen heittoa suuntaan tai toiseen ja taas nykyaikaisissa edullisissa kiinalaisissakin soitimissa melko hyvä intonaatio. (ks. esim Taming the Saxophone, 26.2.2015.)

Taming the Saxophone -internetsivusto (26.2.2015) on "Saxophone Intonation & Tuning" -artikkelissaan koonnut osuvasti saksofonin virettä muuttavia yleisimpiä tekijöitä (Ks. taulukko 1):

TAULUKKO 1. Saksofonin vireeseen vaikuttavia tekijöitä. (Taming the Saxophone. 26.2.2015.)

	<i>Korkea</i>	<i>Matala</i>
Suukappaleen asento	Liian syvällä	Liian ulkona
Dynamiikka	Hiljainen	Kova
Ansatsi	Pureva	Löysä
Suukappaleen aukko	Kapea	Avoim
Lehden paksuus	Kova	Pehmeä
Läppien korkeus	Avoimet	Kiinni
Lämpötila	Kuuma	Kylmä

Musiikin esittäminen on yksi ihmisen hermojärjestelmän vaativimmista tehtävistä. Se sisältää tarkkaa erottelua ja monissa tilanteissa äärimmäisen monimutkaista fyysistä liikettä jatkuvan auditiivisen palautteen perusteella. (Artenmüller & Gruhn 2002, 63.) Saksofoni ei ole tässä poikkeus. Kun puhutaan saksofonin vireeseen vaikuttavista asioista, lista on käytännössä loputon: ilman lämpötila ja -kosteus, ulostuloilman hiilidioksidisuhde, ansatsin vaikutus lehdykän värähtelyyn, johon myös vaikuttavat suun ja sen osien ja muun ääntöelimistön koko ja koon vaihtelu, asento, puhalluspaineen määrä ja kielen asema suussa. Lisäksi suukappaleen asema saksofonin kaulassa, lehdykänkieristimen asema ja tiukkuus, lehdykän asema suhteessa

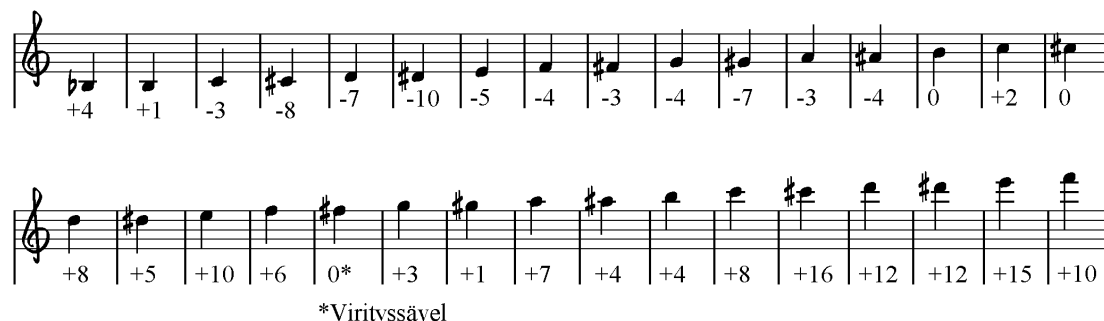


suokappaleeseen, lehdykän paksuus ja muut ominaisuudet, sekä soittimen materiaali ja eri ominaisuudet vaikuttavat.

Soittamisympäristö ja akustinen palaute, usein unohdettunakin tekijänä, vaikuttavat soittamiseen. Teirilä (1998, 94) puhuu puhallinsoittajien heikentyneestä sävelkorkeuden erottamiskyvystä ja esittää, että suun sisäisen paineen aiheuttama paineenvaihtelu välikorvassa voi olla syy heikentyneeseen erottamiskykyyn. Myös puhallinsoittajan paikka esimerkiksi sinfoniaorkesterissa altistaa enemmän kuulon huononemiseen kuin muilla soittajilla. Tämä toisaalta selittäisi intonaatiohäiriöt yleisemminkin.

Ansatsi eli asete voidaan määritellä voimien ja asemien ryhmänä huulissa, suun alueella ja kasvojen alueella, joka vaikuttaa puhallinsoittimen ääneen (Fuks & Fadle 2002, 322). Teirilä (1998, 25) kokoaa puhallinsoittimen hallitsemiseen liittyviä asioita. Hyvän ja tarkan vireen pitämiseen tarvitaan oikean sormituksen lisäksi ansatsin sekä puhalluspaineen riittävä hallitseminen. Myös Turner (1998, 95) esittää, että joustava ansatsi ja hyvä korva ovat oleellisia hyvän vireen toteuttamiseen luonnollisen akustisen systeemin rajoissa. Hän mainitsee myös ansatsissa tapahtuvan "puremisen", eli hampailla lehdykän painamisen, nostavan ylärekisterin ääniä korkeiksi. Tämä on saksofonistien keskuudessa helposti havaittava yleinen ilmiö.

Esimerkiksi "Taming the Saxophone" -sivusto (26.2.2015) huomauttaa, että ylemmän rekisterin korkeilla äänillä on taipumus mennä vireeltään korkeaksi ja matalilla äänillä taas matalaksi. Larry Teal (1963) esittää kirjassaan alttosaksofonille tyypilliset virepoikkeamat tarkemmin eri äänillä (ks. kuvio 1).



KUVIO 1. Altosaksofonin tyypilliset virepoikkeamat senteissä (=1/100 Puolinuotista)

Ilman ja soittimen lämpötila vaikuttavat äänenkorkeuteen. 10 asteen korotus ilman lämpötilassa nostaa virettä 31 senttiä. Hiilidioksidin suhde happeen vaikuttaa äänenkorkeuteen. Pitkissä fraaseissa puhalluksen alussa hiilidioksidipitoisuus on keskimäärin 2,5 %, kun lopussa se on 8,5%. Hapen ja hiilidioksidin suhde yhdessä ilmankosteuden kanssa voivat aiheuttaa noin 15 senttiä korkeamman äänen pitkillä fraaseilla. (Fuks & Fadle 2002, 328-329.)

Fletcher (1999, 470) esittää lisää saksofonin soittoon liittyviä ongelmia. Äänen nopeus kasvaa ilman lämmitessä. Kylmä soitin on alavireinen ja vire nousee kun instrumentti lämpeää. Suurin ongelma soittotilanteessa on ilmiön päinvastainen vaikutus verrattuna kielisoittimiin. Myös soittimen lehden kohdalla olevan lämpötilan (n. 35 celsius-astetta) ero soittimen kellon kohdalla olevaan lämpötilaan (n. 20 celsius-astetta) on suuri, ja se voi aiheuttaa ala- ja ylä-äänten vireen välille yhden prosenttien eron. Myös tästä syystä virettä ei voida rakentaa täysin tasaiseksi sormitustenkaan osalta. Puupuhaltajat siis joutuvat tukeutumaan korvaansa ja tekemään säädöt soittaessaan.

Puupuhaltimen lehdykän synnyttämä ääni levittyy sekä soittimen putkeen että suun onteloon. Osa tutkijoista pitää ääntöväylän vaikutusta soittimen ääneen mitättömänä, kun taas toiset ilmoittavat sen vaikuttavan merkittävästi, varsinkin klarineteilla, saksofoneilla, huuliharpuilla ja vaskilla. (Fuks & Fadle 2002, 322.) Tutkimuksessani oletan ääntöväylän vaikuttavan soittimen ääneen.

Saksofonin äänet eroavat vireenhallinnaltaan: mitä enemmän läppiä eli painikkeita on auki, sitä lyhyempi on putken pituus jossa ääni muodostuu ja sitä helpommin vire muuttuu. Esimerkiksi c#-sävel on epästabiili, koska kyseisessä äänessä yhtään painiketta ei paineta. D-sävel taas on tasainen, koska molempien käsien painikkeet ovat alhaalla ja putken pituus lähes kaksinkertainen c#-säveleen verrattuna. Toisaalta ongelma on myös stabiilien äänien vireen muuttamisen vaikeudessa.

Vibratoa eli äänenkorkeuden modulointia kohdesävelen ympärillä käytetään värittämään säveltä. Vibrato efektinä myös voimistaa sävelen sointia soivassa tilassa. Saksofonin vibrato synnytetään tavanomaisesti alaleuan liikkeellä. Vibratoa voidaan hallita myös ääntöväylällä ja hengityksellä. (Ks. esim. Teal, 1963.)

Saksofonin vibraton laajuuteen vaikuttaa myös se, mitä ääntä soitetaan. Samaan tapaan lyhyemmällä putken pituudella saadaan aikaan laajempi vibrato. Sen lisäksi että vibraatollisesta äänestä on vaikeampi laskea keskivirettä, myös useat tutkimukset ovat osoittaneet, että vibraatollinen ääni koetaan puhtaammaksi kuin suora. Vibratolla siis saadaan peitettyä epävirettä. (Mm. Van Besouw, & Brereton, 2008.)

Näiden tietojen perusteella suunnittelin koasetelman, joka olisi tarpeeksi yksinkertainen suoritettavaksi, mutta antaisi silti tietoa saksofonistien intonaatioon vaikuttavista tekijöistä ja varsinkin vaikutuksen suuruudesta. Kokeen täytyi olla riittävän yksinkertainen, jotta muuttujien määrä pysyi tarpeeksi pienenä. Tulosten analysoinnin kannalta oli kuitenkin saatava tarvittava määrä vertailtavaa dataa.

### **3 MENETELMÄT JA KOEASETELMA**

#### **3.1 Tutkimusmenetelmä**

Tutkimusta varten toteutettiin koe 2. ja 5. maaliskuuta 2009 Jyväskylän yliopiston Musiikin laitoksen studiossa. Kokeessa tutkittiin toistettujen mittausten mallilla kuulohavainnon muutoksen vaikutusta saksofonistin intonaatioon. Mielenkiinnon kohteena oli erityisesti vire, mutta myös äänenkirkkauden ja äänenvoimakkuuden erot eri käsittelyillä kiinnostivat.

Kokeeseen osallistui 7 alttosaksofonistia Jyväskylän seudulta (4 miestä ja 3 naista). Koehenkilöt olivat syntyneet vuosien 1973-1990 välillä. Osallistujien ikä oli keskimäärin 24,6 vuotta. Viikoittainen soittomäärä oli välillä 2-25 tuntia ja koehenkilöt soittivat saksofonia keskimäärin 8,5 tuntia viikossa. Tutkittavat olivat soittaneet saksofonia keskimäärin 11 vuotta.

Soittotilanne tallennettiin *Pro Tools*-ohjelmalla. Koehenkilö oli asettunut niin, että saksofonin kello oli n. 30 cm päässä mikrofonista. Ennen koesuoritusta annettiin aikaa lämmitellä ja virittää soitin. Soittotehtävän jälkeen koehenkilö täytti kyselylomakkeen (ks. Liite 2).

#### **3.2 Käsittely ja tutkittavat muuttujat**

Kokeessa vaikutettiin auditiiviseen palautteeseen ns. tuplakuulonsuojauksen avulla. Tuplakuulonsuojaus koostui *Ear*-polymeerivaahtokorvatulpista ja kuppikuulosuojaimista. Näin suljettiin ilmajohtokuulon kautta saatava auditiivinen palaute käytännössä kokonaan. Kuulohavaintoon jäi jäljelle siis luujohtuminen, joka kuljetti saksofonin äänen korvaan edelleen voimakkaasti pään luita pitkin, mutta eri kuuloisena.

Kokeessa soitettiin kahden 4/4-tahdin mittaisia melodioita. Koehenkilöt soittivat 9 eri melodiaa satunnaisessa järjestyksessä. Melodiat toistuivat kolme kertaa. Melodiat soitettiin tuplakuulonsuojauksen kanssa ja ilman sitä. Yksi koehenkilö soitti siis yhteensä 54 kappaletta melodioita. Käsittely jaettiin niin, että joka toinen koehenkilö aloitti kokeen

tuplakuulonsuojaus päällä. Esitysohjeena oli soittaa *mezzo forte*, kevyellä kielellä, rauhalliseen tempoon ja ilman tulkintaa.

Soitettavat melodiat koostuivat kolmenlaisesta melodisesta kontekstista. Konteksti koostui tutkittavia kohdeääniä edeltävien sävelten suhteesta kyseiseen säveleen. Melodiset kontekstit olivat 1) Intervalli: intervallihyppyjä, jotka koostuivat kvartista, tritonuksesta ja sekstistä, 2) Melodia: melodiaa, joka koostui pienestä alaspäisestä sekunnista, suuresta alaspäisestä sekunnista tai pienestä ylöspäisestä sekunnista ja 3) Pitkä ääni: pitkää ääntä, joka koostui samaa ääntä olevasta kahdesta puolinuotista ja kokonuotista. Melodiat koostuivat pitkiä ääniä lukuun ottamatta neljäsosanuoteista. (Ks. Liite 1)

Soitetuista melodioista poimittiin kolmea eri äänenkorkeutta: alttosaksofonin g1 (soiva pieni bb, n.233,1 Hz), c#2 (soiva e1, n. 329,6 Hz) ja a2 (soiva c2, n. 523,2 Hz). Kohdeäänit sisälsivät yleisesti virityksessä käytetyn ja stabiiliksi oletetun g1-sävelen, sekä epästabiiliksi oletetun c#2-sävelen. A2-sävel taas on ylemmän rekisterin ääni. Näin voitiin vertailla onko rekisterivaihdolla eroavaisuutta, tai onko g1-sävel stabiilimpi kuin c#2- tai a2-sävel. Jokainen melodia sisälsi kolme samaa poimittavaa säveltä, jotka olivat sijoitettu tahdin heikoille iskuille, pois lukien pitkät äänet (ks. liite 1).

### 3.3 Analyysimenetelmät

Mitattaviksi valitut kohdeäänit, joita oli yhteensä 1134 kpl, leikattiin Praat-ohjelmalla (ks. liite 3) ja nimettiin omiksi wave-tiedostoikseen. MatLabin MIR-toolbox -sovelluksen avulla otokseksen sävelistä laskettiin halutut muuttujat. Äänenkorkeuksien ja kuulonsuojauksettoman käsittelyn pitkien äänien keskiarvojen erotuksesta saatiin vire eli *tuning*. Lisäksi laskettiin myös äänenkirkkaus eli *brightness* (cutoff 1500 Hz) ja äänenvoimakkuus eli *volume*. Tulokset järjestettiin käsittelyfaktoreiden mukaan tekstitiedostoihin, sekä luettiin ja analysoitiin SPSS-ohjelmalla. GLM (General Linear Model) jätti alkuperäisessä analyysissä puuttuvien havaintojen kohdalla pois koko havaintorivin ja näin hieman vääristi aineistoa. Tästä johtuen järjestin havainnot uusiksi yhdeksi muuttujaksi. Analyysissä käytettiin GLM:ää (moniulotteista varianssianalyysiä), varianssianalyysiä, sekä t-testiä. Tuloksia vertailtiin myös post hoc- ja monivertailutestein.

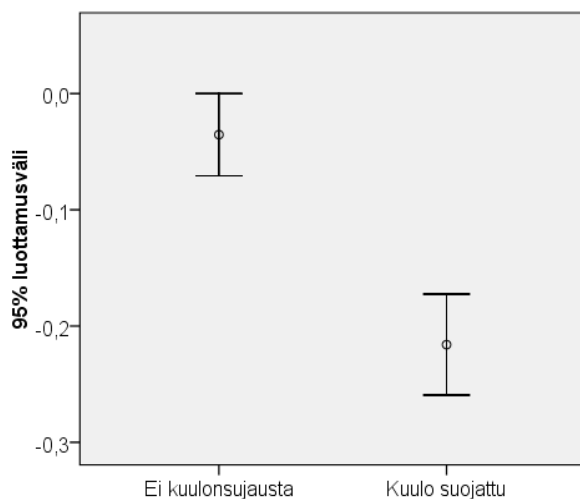
## 4 TULOKSET

### 4.1 Äänenkorkeus ja vire

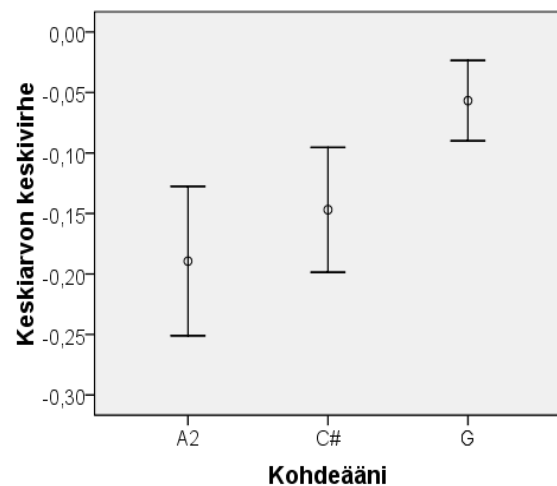
Koko otoksen vire näyttäisi olevan vertailusäveleen verrattuna hieman matala. Otoksen kaikkien havaintojen vireen keskiarvo oli -0,13 ja keskivirhe 0,014.

Näytteiden äänenkorkeuden tarkkuutta eli virettä vertailtiin eri käsittelyiden välillä. Vireen keskiarvojen vertailuun kuulonsuojauuskäsittelyjen välillä käytettiin kahden riippuvan otoksen t-testiä. Vireet erosivat kuulonsuojauuskäsittelyiden välillä erittäin merkitsevästi  $t(547)=6,679$ ;  $p=0,000$ . Vireen keskiarvo ilman kuulonsuojauusta on -0,035 (keskihajonta 0,42) ja kuulonsuojauksen kanssa -0,216 (Keskihajonta 0,52). (Ks. Kuvio 2a.).

Eri kohdeäänten välisiä vireen eroja vertailtiin varianssianalyysillä. Sävelten ero on merkitsevä  $F(2)=7,370$  ;  $p=0,001$  (Ks. Kuvio 1b). Kohdeäänten välisiä vire-eroja verrattiin toisiinsa Tukey HSD -testin avulla. G-sävel (keskiarvo -0,0567) eroaa a:sta (keskiarvo -0,189). merkitsevästi  $p=0,001$ . G eroaa myös c#-sävelestä (keskiarvo -0,147) merkitsevästi  $p=0,027$ . A ja c# -sävelten vireet eivät eronneet toisistaan merkitsevästi.

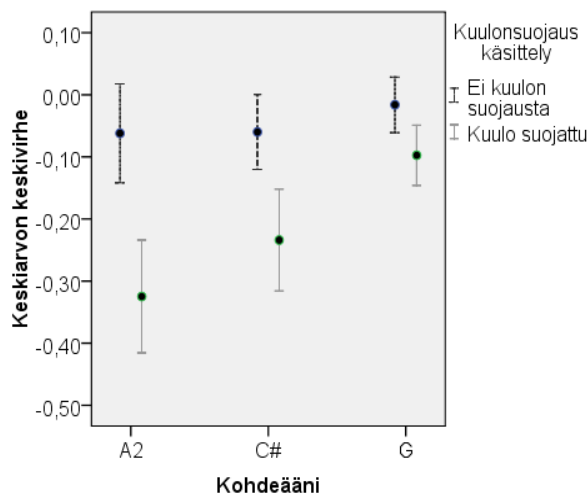


Kuvio 2a. Kuulonsuojauuskäsittelyn erot vireen keskiarvoissa.

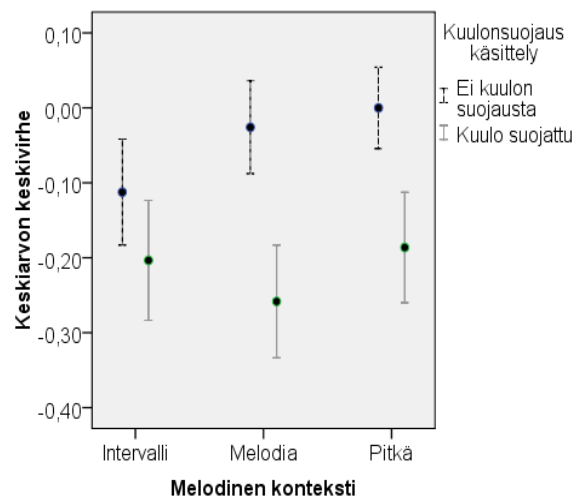


Kuvio 2b. Sävelten väliset vireen keskiarvoerot.

Kuulonsuojauksikäsitteilyä tutkittiin sävelkohtaisesti. Osoittautui, että myös erikseen kaikilla kohdesävelillä ero oli merkitsevä (Ks. Kuvio 3a.). A-sävelessä kuulonsuojauksikäsitteilyt erosivat t-testillä merkitsevästi  $t(357)=4,362$ ;  $p=0,000$ , c#-sävelessä  $t(345,669)=3,419$ ;  $p=0,001$ , sekä g-sävelessä  $t(376)=2,465$ ;  $p=0,014$ . Huomiotavaa on, että Levenen testin mukaan c#-säveln kohdalla käsitteilyt eivät olleet samavarianssisia. Ennako-odotusten (vrt. Morrison & Fyk, 2002) mukaisesti g-sävel vaikuttaa tulostenkin mukaan stabiileimmalta, eli sen hajonta on pienintä.



Kuvio 3a. Kuulonsuojauksikäsitteily ja eri kohdeäänien keskiarvojen keskiarvot



Kuvio 3b. Kuulonsuojauksikäsitteily ja melodinen konteksti

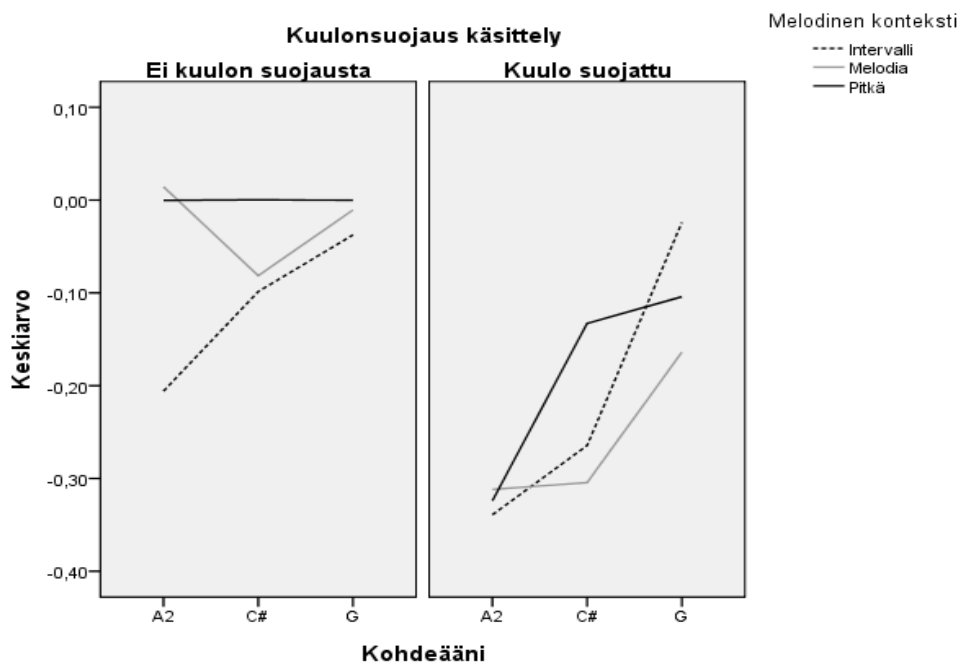
Melodisten kontekstien välillä ei ollut eroja vireen keskiarvossa. Tutkittiin kolmisuuntaisen ANOVA:n avulla erot melodisten kontekstien ja suojauksikäsitteilyiden välillä. Melodisten kontekstien keskiarvoissa ei ollut eroja kuulonsuojauksikäsitteily tai kohdeäänien välillä.

Ilman kuulonsuojauksikäsitteilyä Tukeyn HSD -testi antoi merkitsevän eron intervallien ja pitkien äänien välille  $p=0,031$ . Tämä tukee aiempaa teoriaa intervalliäänien epävireisyydestä. (Ks Kuvio 3b.) Ilman kuulonsuojauksikäsitteilyä soitettujen intervalliäänien vireen keskiarvo on matalampi verrattuna melodiaan ja pitkiin ääniin. Kuulonsuojauksikäsittelemättömien pitkien äänien keskiarvo on 0, koska ne ovat koko tutkimuksen vertailusävelet (vrt. kuvio 4).

Intervallikontekstissa kuulonsuojauksikäsitteilyiden välillä ei ollut merkitsevää eroa vireessä (vrt Kuvio 3b). Intervallikäsitteilyssä kohdeäänien välillä vireen keskiarvossa oli merkitseviä eroja. G erosi a-sävelestä  $p=0,001$  ja c#-sävelestä  $p=0,047$ . A ja c#-sävelet eivät eronneet toisistaan. Melodiakontekstin  $[t(370)=4,786$ ;  $p=0,000]$  ja pitkä-äänikontekstin  $[t(374)=4,064$ ;  $p=0,000]$

vireen keskiarvot erosivat merkitsevästi kuulonsuojauskäsittelyiden välillä (vrt. Kuvio 3b). Kuulonsuojauskäsittelyssä vireen keskiarvot ovat myös melodisten kontekstien kesken matalampia.

Melodia- ja pitkä-äänikontekstissa kohdeäänien välillä ei ollut merkitseviä keskiarvoeroja koko otoksen vireen keskiarvoissa. Kohdeäänien eivät kuitenkaan olleet Levenen testin mukaan samavarianssisia kummassakaan tapauksessa. Kohdeäänien, melodisen kontekstin ja kuulonsuojauskäsittelyjen kesken vireen keskiarvoissa kuitenkin on eroja (ks. Kuvio 4).



Kuvio 4. Äänten vireen keskiarvot melodisissa konteksteissa kuulonsuojauskäsittelyiden välillä.

Ilman kuulonsuojausta g-sävelen vireen keskiarvot ovat oletuksia tukien stabiilimpia ja siten lähimpänä toisiaan. Melodiakontekstin sävelissä c# soitetaan hieman matalaksi ja a aavistuksen korkeaksi. A-sävelen vireen korkeus noudattaa Tealin (1963) esittämää mallia (ks. kuvio 1, s.8). C#-sävel taas on matala verrattuna Tealin malliin.

Kuvio 4 havainnollistaa hyvin erikoisuuksia, joita täytyy hieman avata. Kuulonsuojaamattomien havaintojen melodisissa konteksteissa intervallihyppy g:hen on vain aavistuksen matala, c#-säveleen taas hieman enemmän matala, sekä a:han huomattavasti matalampi verrattuna melodiasäveleen ja pitkään ääneen. A-säveleen kohdistuva intervalli on aina nouseva (ks. liite 1.). Tämä tukee Duken (1985) tutkimusta, jonka mukaan laskevat

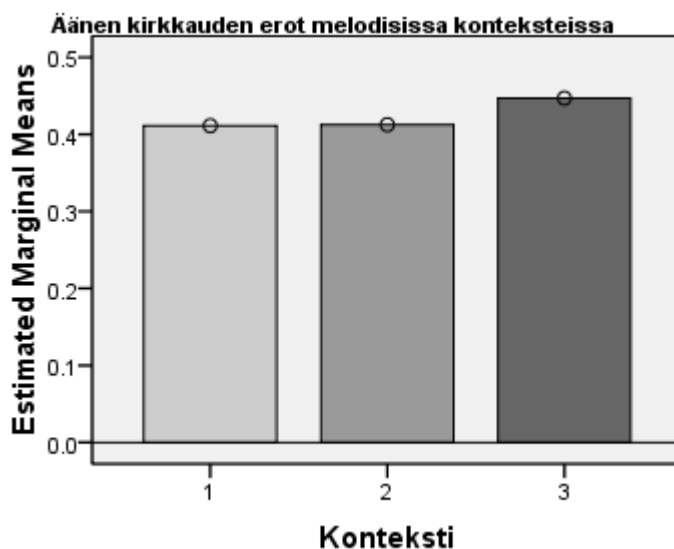


intervallit soitettiin vireeltään korkeina, ja nousevat matalina. G-säveleen kohdistuva intervalli on vuorostaan aina laskeva, joten sen pitäisi olla korkea. Verrattuna a:han g on huomattavasti korkeampi, mutta verrokkisäveleen (pitkän äänen g-sävel) verrattuna edelleen matala. C#-säveltä lähestyttiin intervalleissa molemmista suunnista.

Kuulonsuojauksikäsitellyssä otoksessa taas a-sävel on stabiilein ja keskiarvot lähes samat eri melodisissa konteksteissa. A-sävelet ovat myös matalampia, kuin c# ja g -sävelet. Sävelten vireet menevät käytännössä päin vastoin kuin Tealin mallissa.

## 4.2 Äänenväri ja kirkkaus

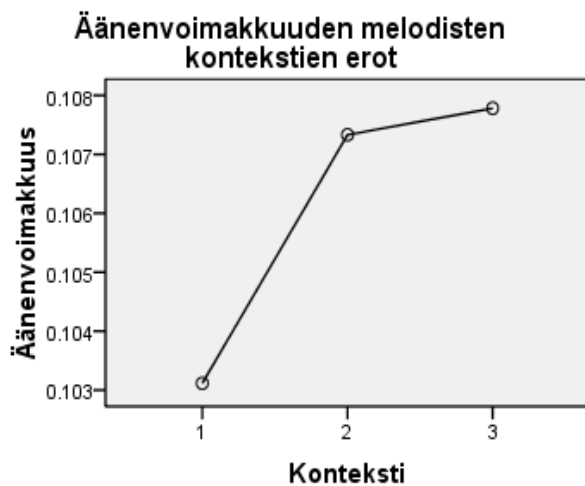
Äänenväriä tutkittiin GLM:n avulla. Kirkkauden osalta kuulonsuojauksikäsitellyllä ei ollut eroa. Kontekstien välillä kirkkaudessa on merkitsevä ero  $F(1,47)=0,334$  ;  $p=0,000$ . (Ks. Kuvio 5.) Pitkät äänet eroavat melodia- ja intervallikonteksteista  $p=0,000$ . Eri sävelten välillä kirkkaus eroaa merkitsevästi ( $F(2,46)$   $p=0,000$ ). Kirkkausmuuttujan erot osoittaa, että muuttujan perusteella voidaan erottaa edelleen eri äänet toisistaan. Myös suojauksen ja sävelen  $F(2, 46)=7,637$ ;  $p=0,001$ , sekä kontekstin ja sävelen  $F(4,44)=4,222$  ;  $p=0,006$  yhteisvaihtelut ovat merkitseviä.



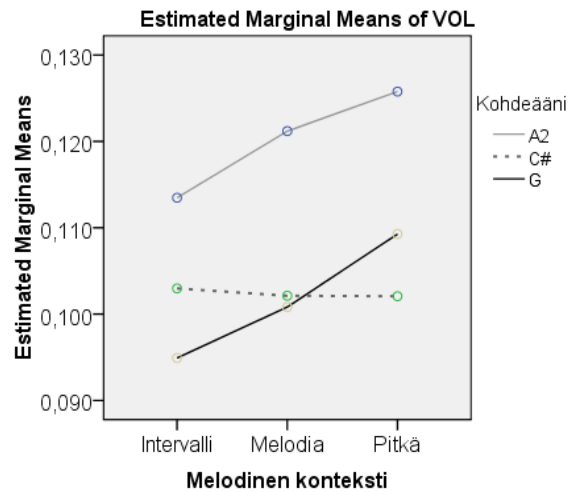
Kuvio 5. Äänen kirkkauden erot melodisissa konteksteissa.  
1=Intervalli, 2=Melodia, 3=Pitkä ääni

### 4.3 Äänenvoimakkuus

Äänenvoimakkuutta tutkittiin GLM:n avulla. Äänenvoimakkuudet eivät eronneet merkitsevästi kuulonsuojauksenkäsittelyn välillä. Kuulonsuojauksen vaikutus kontekstin ja äänen välillä ei ollut merkitsevää. Äänenvoimakkuudet eroavat konteksteissa  $F(2)=5,302$ ;  $p=0,005$ . Intervallikonteksti erosi melodiasta ja pitkästä äänestä (Ks. Kuvio 6a.). Myös sävelten välillä äänenvoimakkuuden eroavat tilastollisesti merkitsevästi  $F(2)=31,072$ ;  $p=0,000$ . Kuulonsuojauksen ja sävelen  $F(2,46)=7,439$ ;  $p=0,002$  sekä kontekstin ja sävelen  $F(4,44)=6,377$ ;  $p=0,000$  yhdysvaikutuksissa äänenvoimakkuudet erosivat merkitsevästi (ks. Kuvio 5b).



Kuvio 6a. Äänenvoimakkuuden melodisten kontekstien erot. 1=Intervalli, 2=Melodia, 3=Pitkä ääni

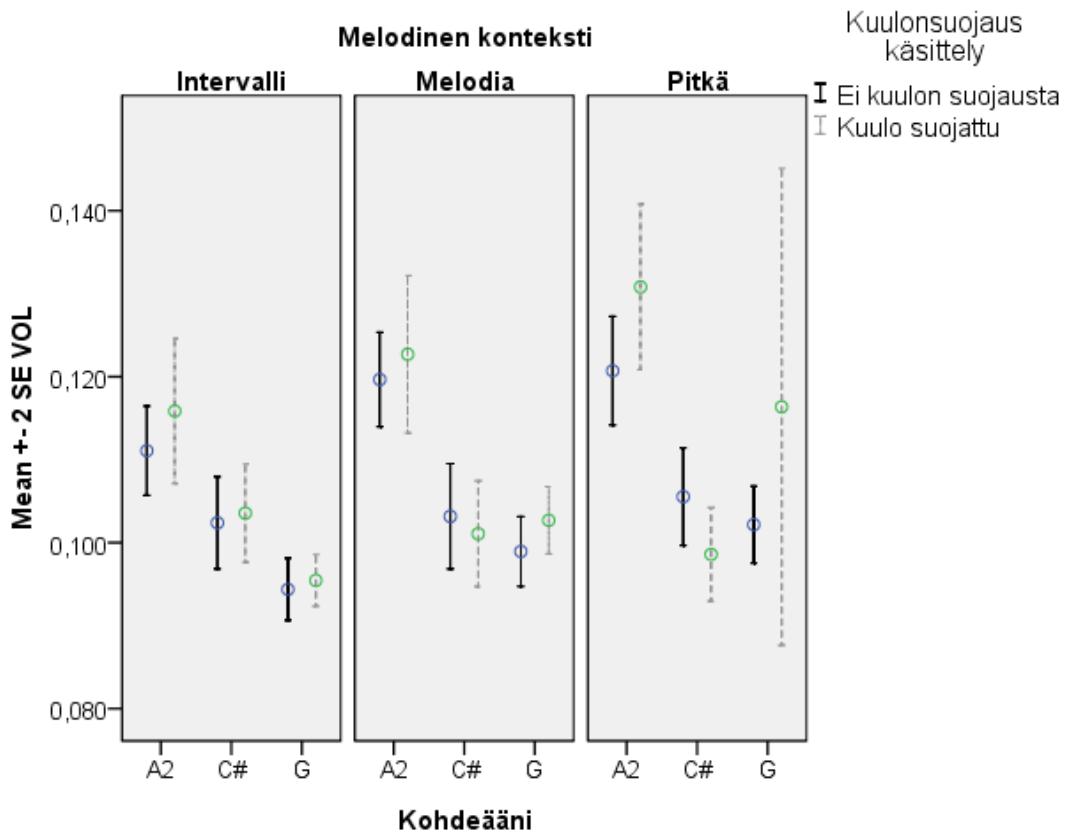


Kuvio 6b. Äänenvoimakkuuden erot kontekstien ja sävelien mukaan.

Intervallit soitettiin hiljempaa kuin melodiat ja pitkät äänet. Tämä voi johtua siitä, että intervallien syttyminen vaati äänenvoimakkuuden laskua. Soittaja saattoi myös varoa intervalliaanissa ns. "kiksaamista", eli sävelen syttymisen ongelmia. A-sävel on äänenvoimakkuudeltaan kovempi kuin c# ja g (ks. Kuvio 6b.), mikä voi johtua siitä, että se on ylemmän rekisterin ääni ja se soitetaan, tai se soi yleisesti, kovempaa.

Melodisessa kontekstissa intervallien kohdalla g-sävel soitetaan hiljempaa. G-säveleen lähestytään alaspäisellä intervallihypyillä ja äänen hyvän syttymisen aikaan saaminen voi tarkoittaa äänenvoimakkuuden lievää laskemista.

Kuviosta 7 voidaan havaita, että pitkässä äänessä g-sävelen hajonta kuulonsuojauksella on huomattavasti isompi kuin suojauksettomalla. Hajonta on ylipäätään huomattavasti suurempi kuin muilla sävelillä. On vaikea arvioida mistä tämä tarkalleen johtuu. Muutoin kuviosta voidaan havaita, että äänenvoimakkuudet käsittelyjen välillä ovat lähellä toisiaan sekä sävelten, että melodisen kontekstin kohdalla.



Kuvio 7. Äänenvoimakkuuden keskiarvojen erot kuulonsuojauksikäsitteilyillä kohdeäänten välillä eri konteksteissa

## POHDINTA

Kuulonsuojauksikäsitellyssä korvaan luujohtokuulon kautta kantautuvan saksofonin äänen laatua on vaikea arvioida. Ilmajohtumisen puuttuessa luujohtokuulon osuus kuulohavainnosta nousee, jonka avulla keskitytään säätämään intonaatiota. Saksofonin, pääasiassa suukappaleesta kantautuva, ääni resonoi voimakkaasti luissa ja pään onteloissa ja kantautuu korvaan hyvinkin voimakkaana. Arvioin, että kuulokuvaan totuttamisella on tässäkin tapauksessa hyvin suuri merkitys. Jos koehenkilö on soittanut esimerkiksi valetuilla korvatulpilla esiintymistilanteissa tai harjoitellessa, on tämä luujohtumisen kautta korostuvaan kuulohavaintoon jo enemmän tottunut. Tutkimusta olisi hyvin voinut laajentaa vielä tarkastelemaan kuulonsuojauksitilanteessa tai muutoin useissa akustisissa ympäristöissä harjaantuneiden ja harjaantumattomien soittajien väliseen vertailuun.

Kokeen tuloksissa kuulonsuojauksikäsitellyllä vire laskee. Yleisemmin voisi ajatella kuulohavainnon huononemisen aiheuttavan vireen laskua. Itse olin odottanut hieman päinvastaista tulosta hypoteesina: kun henkilö ei kuule ääntä kunnolla hän alkaa nostamaan virettä soittimensa paremman kuulemisen toivossa. Ilmiö olikin päinvastainen. Yksi selitys voi olla, että soittajat tiedostavat tämän ilmiön ja alkoivat ikäänkuin varoa sitä. Toinen selitys on, että kuulonsuojauksikäsitellyssä aistittava äänenväri on sen kaltainen, että se vääristää vireentuntua.

Vireen yleisen keskiarvon ollessa negatiivinen (-0,139) voidaan pohtia, oliko vertailusävel eli kuulonsuojaukseton pitkä ääni ylävireinen. Voi olla, että tämä ääni soitettiin ylävireisesti teoriaosassakin esitetyistä syistä. Olivatko ihmiset tottuneet soittamaan nämä äänet ja se vaikutti vireeseen? Esimerkiksi tutkittava g1-sävel on yleisesti virityksessä käytettävä ääni, mikä luultavasti vaikuttaa äänen osumatarkkuuteen. Soitettiinkö pitkät äänet ylipäättään korkeaksi niiden helppouden ja pidemmän soinnin takia?

Äänenväriässä ei kuulonsuojauksikäsitellyllä havaittu huomattavaa eroa. Äänenväri on melko suorassa suhteessa vireeseen ja äänenvoimakkuuteen. Jos äänenväriässä oltaisiin havaittu eroja, olisi erot luultavammin johtuneet enemmän vireen ja äänenvoimakkuuden muutoksista.

Äänenvoimakkuuden kannalta intervallikontekstissa kohdeääneen saatettiin saapua varoen, mikä ilmenee pienempänä äänenvoimakkuutena. Äänenvoimakkuuden erot johtunevat ainakin osin eri äänten luonnollisten äänenvoimakkuuksien eroista. Eri sävelten erot johtunevat myös koetilanteen mikrofonin sijoittelusta. Jos mikrofoni on lähellä instrumentin kelloa, se poimii aläänet herkemmin, kun taas jos mikrofoni on suunnattu kellosta hieman ylöspäin, saattavat ylä-äänet olla voimakkaammin esillä. A-sävel soitettiin ylemmästä rekisteristä ja se oli tutkimuksen mukaan muita ääniä voimakkaampi kaikilla käsittelyillä. A-sävel siis soi kovempaa kuin alemman reksiterin c# ja g.

Kuulohavainnon laatu vaikuttaa alttosaksofonin intonaatioon. Kun soittajalta suljetaan kuulon osalta ilmajohtuminen, vaikuttaa tämä varsinkin vireeseen. Voidaan ajatella että näin olisi myös tilanteissa, joissa kuulohavainnon muutos ei ole näin suuri. Koe myös osoitti, että saksofonin vireessä soittaminen vaatii tarpeeksi hyvän auditiivisen palautteen.

Saksofonin g-sävel oli oletetusti vireeltään kaikista tasaisin ääni. Äänenväriin ja äänenvoimakkuuden muutoksissa ei ollut merkitseviä eroja kuulonsuojauskäsittelyillä. Odotin, että käsittely olisi vaikuttanut äänenvoimakkuuteen. Kokemukseni mukaan korvatulpat päässä soittaessa on äänenvoimakkuutta vaikeampi arvioida. Voi olla että korvatulpat päässä koehenkilöt varoivat soittamasta kovaa, koska he tiedostivat ongelman.

Analyysissa jouduttiin jättämään muutamia havaintoja tyhjäksi koevirheiden vuoksi. SPSS jätti nämä kokonaan huomioimatta. Jälkikäteen lisäämällä näihin esimerkiksi havaintojen keskiarvot, oltaisiin saatu hieman laajempaa dataa. Mm. keskihajonta olisi hieman pienentynyt ja tuloksiin olisi näyttänyt tulevan pieniä eroja. Keskiarvojen lisääminen olisi kuitenkin osaltaan vääristänyt otosta. Alkuperäinen käyttämäni SPSS-skripti jätti huomioimatta koko havaintorivin jos yksikin havainto puuttui. Aineiston uudelleen järjestäminen ja analysointi poisti alkuperäisen skriptin ongelmat.

Koehenkilöt olivat hieman eritasoisia, joka vaikuttaa tulosten hajontaan ja vastaavasti tulosten luotettavuuteen. Äänitteitä kuunneltaessa kuului koehenkilöiden "soundeissa" eroja. Myös analysoitavien äänien spektrikuvissa näkyi enemmän soittoa harrastaneilla eheämmät yläsävelsarjat ja vähemmän harrastaneilla taas kuvien yläsävelsarjat näyttivät "rosoisemmilta"

(ks. liite 3). Koehenkilöiden taso-, tyyli ja persoonallisuuseroilta lienee tämänlaisissa kokeissa mahdotonta välttää, koska kehittyneemmillä soittajilla taas oma soundi koostuu pienistä intonaatioeroista, rytminkäsittelystä ja muista seikoista.

Soitettavaksi valitut melodiat voivat sisältää sävelkulkuja, joissa ääniä viritetään johonkin suuntaan. Ylöspäisessä sävelkulussa viritetään sävelet korkeiksi ja niin edelleen. Voi myös olla että melodioissa oli kuultavissa harmonista etenemistä ja ääniä viritettiin harmonian mukaan. Nämäkin seikat vaikuttavat soittajan tulkinnasta riippuen tuloksiin. Intervalleissa oli havaittavissa aiempaa tutkimusta tukevaa vaikutusta vireeseen.

Jatkotutkimuksen kannalta olisi mielenkiintoista tehdä tutkimus vielä suuremmalle otokselle saksofonisteja ja vertailla vielä soittajakohtaisia muuttujia. Kuitenkin jo 7:n koehenkilön äänittämisessä ja 1134:n havaintoäänen leikkaamisessa ja laskemisessa oli oma työnsä. Olemassa olevasta aineistosta voisi leikata muitakin ääniä vertailuun. Koeasetelma ja tutkimus on toistettavissa muille soittimille ja laululle. Mielenkiintoisia seikkoja olisi voinut valittujen lisäksi olla esimerkiksi äänten alukkeiden tutkiminen.

## LÄHTEET

- Altenmüller, E. & Gruhn, W. (2002). Brain Mechanisms. Teoksessa R. Parncutt & G. E. McPherson (toim.) *The Science and Psychology of Music Performance: Creative Strategies for Teaching and Learning*. New York, NY: Oxford University Press , 63-82.
- Dowling, W. J. & Harwood, D. L. (1986). *Music Cognition*, California: Academic Press, 90-123)
- Duke, R. A.(1985). Wind Instrumentalists' Intonational Performance of Selected Musical Intervals. *Journal of Research in Music Education*, Vol. 33
- Fletcher, N. H. & Rossing, T. D. (1999). *The Physics of Musical Instruments (Second Edition)*. New York: Springer-Verlag
- Fuks, L. & Fadle, H (2002). Wind Instruments. Teoksessa R. Parncutt & G. E. McPherson (toim.) *The Science and Psychology of Music Performance: Creative Strategies for Teaching and Learning*. New York (NY): Oxford University Press , 319-334.
- Kantorski, V. J. (1986). String instrument intonation in upper and lower registers: The effects of accompaniment. *Journal of Research in Music Education*, Vol. 34, 200-210.
- Lapp, D. R. *The Physics of Music and Musical Instruments*, opintomateriaali, Tufts University, Massachusetts, <<http://kellerphysics.com/acoustics/Lapp.pdf>>, 25.2.2015
- Mathews, M. (1999). The Ear and How It Works. Teoksessa P. R. Cook, (toim.) *Music, Cognition, and Computerized Sound. An Introduction to Psychoacoustics*. London: The MIT Press, 1-16.

- Mürbe, D., Pabst F, Hofmann G, Sundberg J. (2002). Significance of Auditory and Kinesthetic Feedback to Singers' Pitch Control. *Journal of Voice*. 2002;16, 44–51
- Morrison, S. J. & Fyk, J. (2002). Intonation. Teoksessa R. Parncutt & G. E. McPherson (toim.) *The Science and Psychology of Music Performance: Creative Strategies for Teaching and Learning*. New York, NY: Oxford University Press , 183-198.
- Morrison, S. J. (2000). Effect of Melodic Context, Tuning Behaviors, and Experience on the Intonation Accuracy of Wind Players. *Journal of Research in Music Education*, Vol. 48 (1): MENC, 39-51.
- Pierce, J. (1999). Introduction to Pitch Perception. Teoksessa P. R. Cook, (toim.) *Music, Cognition, and Computerized Sound. An Introduction to Psychoacoustics*. Cambridge, MA: The MIT Press, 57-70.
- Shepard, R. (1999). Pitch Perception and Measurement. Teoksessa P. R. Cook, (toim.) *Music, Cognition, and Computerized Sound. An Introduction to Psychoacoustics*. London: The MIT Press, 149-164
- Sogin, D. W. (1989). An analysis of string instrumentalists' performed into-national adjustments within ascending and descending pitch set. *Journal of Research in Music Education*, Vol. 37, 104-111.
- Tan, S-L., Pfordresher, P., Harré (2010). *Psychology of Music*, New York: Psychology Press, 36-42.
- Taming the Saxophone* -internetsivusto. <<http://tamingthesaxophone.com/saxophone-intonation-tuning>>. 26.2.2015.
- Teal, L. (1963). *The Art of Saxophone Playing*. Princeton, N.J., Summy-Birchard, 61-65.
- Teirilä, M. (1998). *Physiology of wind-instrument playing and the Implications for Pedagogy*. Jyväskylän yliopisto. Jyväskylä Studies in the Arts 66. Väitöskirja.



- Turner, N. (1998). The saxophone family: playing characteristics and doubling. Teoksessa R. Ingham (toim.) *The Cambridge Companion to the Saxophone*. Cambridge: University Press, 94-100.
- Van Besouw, R. M., Brereton, J.S. (2008), *Range of Tuning for Tones With and Without Vibrato*. 9th International Congress on Acoustics
- Worthy, M. D. (2000). Effects of Tone-Quality Conditions on Perception and Performance of Pitch among Selected Wind Instrumentalists. *Journal of Research in Music Education*, Vol. 48, No. 3, 222-236.
- Yarbrough, C., & Ballard, D. (1990). The effect of accidentals, scale degrees, direction, and performer opinions on intonation. *Applications of Research in Music Education*, Vol. 8 (2), 19-22.



## Liite 2. Kyselylomake

Kyselylomake eksperimentin jälkeen: osallistuja nro.

Syntymävuosi: \_\_\_\_\_ Soiton aloittamisvuosi: \_\_\_\_\_

Saksofoni: \_\_\_\_\_ Suukappale: \_\_\_\_\_

Lehden merkki ja vahvuus: \_\_\_\_\_

Arvioi kuinka monta tuntia soitat viikossa keskimäärin: \_\_\_\_\_

Oletko tottunut soittamaan korvatulpat päässä (K/E): \_\_\_\_\_

Oletko tottunut soittamaan tilanteissa, ettet kuule itseäsi hyvin?

Missä?

Kerro vapaasti millaisissa kokoonpanoissa soitat. Millaista musiikkia?

Huomioita eksperimentistä: Miltä koe tuntui? Mikä oli hankalaa tms.?  
(Tarvittaessa jatka toiselle puolelle)

## Liite 3. Praat -ohjelmalla tehtyä äänenleikkausta

