

Frans Thomsson

Saksofonin viritys

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Musiikkipedagogi (AMK)

Pop/jazz -musiikin koulutusohjelma

Opinnäytetyö

Päivämäärä 6.5.2014

Tekijä Otsikko	Frans Thomsson Saksofonin viritys
Sivumäärä Aika	38 sivua + 12 liitettä 6.5.2014
Tutkinto	Musiikkipedagogi (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Musiikin tutkinto
Suuntautumisvaihtoehto	Pop & jazz -musiikkipedagogin suuntautumisvaihtoehto
Ohjaaja	Lehtori Jukka Väisänen
<p>Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää saksofonin virittämisen yksityiskohtia ja niiden vaikutuksia käytännön virittämiseen. Työ koostui tiedonhakuosasta, jossa etsittiin tutkittua tietoa saksofonin virityksestä sekä koeosasta, jossa löydettyjä tietoja sovellettiin käytännössä. Työssä löydettyjä tietoja on mahdollista hyödyntää sekä saksofonin soiton opetuksessa että oman soittamisen kehittämisessä.</p> <p>Saksofonin virityksestä löytyi tietoa eri yliopistoissa tehdyissä tutkimuksissa, mutta myös saksofonin soitto-oppaista sekä internetsivuilta. Keskeisiä aiheita olivat suukappaleen sijainti, saksofonin lehden paksuus, viritystavat, suukappaleen ominaisuudet sekä soittajan soittotapa. Osa tiedonhakua oli myös äänen fysiikan ymmärtäminen, sillä fysikaaliset ilmiöt linkittyvät keskeisesti aiheesta tehtyihin tutkimuksiin.</p> <p>Koeosassa tutkittiin eri soittajien viritystä, pyrkien todentamaan löydettyjen tietojen oikeellisuus. Kokeessa mitattiin soittajan vire sekä suukappaleen sijainti useilla eri asetuksilla. Tutkimukseen osallistuneet henkilöt soittivat kaikki samalla soittimella, suukappaleella sekä samoilla lehdillä. Tutkimukseen osallistui työn tekijän lisäksi neljä muuta saksofonistia. Opinnäytetyön koeosiosta rajattiin pois paljon mahdollisia aiheita, kuten esimerkiksi eri saksofonien vire-erot, erilaisten suukappaleiden vaikutukset sekä soittajien soittotapaan liittyvät mittaukset.</p> <p>Kokeiden keskeisimpien tulosten mukaan 1) paksumpi lehti nostaa virettä, 2) saksofonin suukappaleen siirtäminen vaikuttaa eri ääniin eri verran, 3) soittaja pystyy vaikuttamaan vireeseen soittotavallaan, 4) eri soittajien välillä on vire-eroja, 5) suukappaleen siirtäminen 1 cm muuttaa virettä keskimäärin 43,52 senttiä (lähes neljäsosasävelaskeleen) ja 6) saksofoni on parhaiten vireessä keskirekisterissä. Tulosten keskiarvot vaikuttivat mukailevan lähteissä esitettyjä teorioita, mutta yllättävää oli se, että yksittäisellä soittajalla tulokset eivät usein tukeneet teorioita lainkaan. Soittajan kyky vaikuttaa vireeseen oli suurta, jolloin soittaja pystyy esimerkiksi korjaamaan muutaman millimetrin heiton suukappaleen sijainnissa, virittämään soittaessa eri viritysjärjestelmien mukaisesti tai korjaamaan soittimensa epäviereisyyttä.</p> <p>Yhteenvedossa todettiin, että saksofonin viritys on hyvin yksilöllistä, eikä viritykseen liittyvistä teorioista voi vetää suoraan johtopäätöksiä omaan soittamiseen. Samassa esitettiin kuitenkin ajatus, että vireessä soittamisen ongelmatilanteiden ratkaisuun voi löytyä työkaluja tästä opinnäytetyöstä.</p>	
Avainsanat	Saksofoni, viritys, vire, suukappale

Author Title	Frans Thomsson Tuning the Saxophone
Number of Pages Date	38 pages + 12 appendices 6 May 2014
Degree	Bachelor of Music
Degree Programme	Pop & Jazz Music
Specialisation option	Music Pedagogue
Supervisor	Jukka Väisänen, M.Mus
<p>The aim of this Thesis was to gain knowledge of saxophone tuning and its implications in practice. The work consists of two parts, the first of which was a literature review and the latter a practical test where written information was put in-to use. The knowledge gathered in this Thesis is useful for the saxophone player's personal development as well as teaching the saxophone.</p> <p>Information about saxophone tuning was found in Master's thesis and doctoral dissertations, but also in saxophone guides and internet sources. The key points included the placement of the mouthpiece, reed strength, different tuning habits, mouthpiece properties and the player's impact on the pitch. Because theories about the saxophone pitch were largely built on mathematical calculations, there was also a need to understand and clarify the basic physics regarding sound.</p> <p>The pitch of the saxophone was studied in practice to test the validity of the theories. In the test, both pitch and mouthpiece placement were observed while playing with different setups. All the tests were played with the same saxophone, mouthpiece and reeds. There were four participants plus the author. Many possible research topics were excluded from this Thesis, for example, pitch differences between different saxophones, testing with different mouthpieces and a detailed study of how the player changes his playing to change the pitch.</p> <p>According to the results, 1) a thicker reed raises the pitch, 2) changing the position of the mouthpiece affects different notes by a different amount, 3) the player can alter the pitch by changing the way he plays, 4) different players play in varying pitches, 5) moving the mouthpiece by 1 cm changes the pitch by 43.52 cents (almost half a semitone) on average and 6) the saxophone is best in tune in the middle register. While the average of results confirmed what theory had predicted, it was surprising that at times an individual player's results did not seem to support any theory. The player's ability to alter the pitch was substantial enough to allow the player to nullify a few millimeters' difference in the position of the mouthpiece, tune according to different tuning systems or rectify the pitch tendencies of the instrument whilst playing.</p> <p>The summary explains that tuning a saxophone is largely dependent on the individual saxophonist. As a corollary, one cannot draw conclusions from theory straight into his own playing. On the other hand, the information provided in this Thesis can turn out to be very useful when one is trying to correct problems in saxophone pitch.</p>	
Keywords	Saxophone, tuning, pitch, mouthpiece

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Äänen fysiikkaa	2
2.1	Ääni on pitkittäistä aaltoliikettä	2
2.2	Äänenkorkeus eli vire	3
2.3	Oktaaviala	4
2.4	Seisova ääniaalto	5
2.4.1	Seisova ääniaalto putkessa	6
3	Transponointi	7
4	Viritysjärjestelmät	7
5	Saksofonin rakenne	9
5.1	Lehti	9
5.2	Suukappale	10
5.3	Runko ja kaula	11
6	Saksofonin toiminta	11
6.1	Seisova aalto saksofonissa	12
7	Saksofonin viritys	13
7.1	Viritys suukappaleen sijaintia vaihtamalla	13
7.2	Vireen muut osatekijät	16
7.2.1	Lehti	16
7.2.2	Suukappaleen vaikutus	16
7.2.3	Runko ja kaula	17
7.2.4	Soittajan vaikutus	17
7.2.5	Suukappalesoitto	18
7.2.6	Soittaminen ulkoilmassa	19
8	Yhteenveto tiedonhakuprosessin havainnoista	19
9	Saksofonin virityksen käytännön koe	19

9.1	Tutkimuskohteet	19
9.1.1	Viritysääni	20
9.1.2	Mittasuhteiden muutos	20
9.1.3	Lehden paksuus	20
9.1.4	Suukappalesoitto	20
9.2	Koetilanteen kuvailu	20
9.3	Testit	21
10	Testin tulokset	22
10.1	Testisoittimen vire	22
10.2	Vireen vaihtelu yksittäisillä soittokerroilla	23
10.3	Suukappaleen sijainnin vaikutus vireeseen	26
10.4	Eri viritystavat	27
10.5	Ääriasennot	27
10.6	Lehden paksuus	30
10.7	Suukappalesoitto	31
11	Yhteenveto ja pohdinta	32
12	Lähteet	34

Liitteet

- Liite 1. Soittajan A tulokset
- Liite 2. Soittajan B tulokset
- Liite 3. Soittajan C tulokset
- Liite 4. Soittajan D tulokset
- Liite 5. Soittajan E tulokset
- Liite 6. Suukappalesoiton tulokset
- Liite 7. Kaavion 2 laskutoimitukset

1 Johdanto

Saksofonin soittaminen vireessä ei ole aina helppoa. Omakohtaiset kokemukseni vahvistavat tämän: viimeksi esiintyessäni baritonisaksofonilla, huomasin, etten saa soitinta viritettyä mitenkään vireeseen, vaan minun oli taisteltava vireen kanssa koko esityksen ajan. Vastaavasti soittaessani sopraano- ja alttosaksofoneilla huomaan, että soitin on viritettävä todella korkealle, eikä sekään aina riitä. Syy näihin asioihin oli minulle tuntematon ja tilanne turhauttava. Syntyi ajatus, että voisin perehtyä saksofonin viritykseen parantaakseni omaa virettäni. Koska olen myös opettaja, saamiani tietoja ja taitoja voisin käyttää myös opetuksessani.

Saksofonin viritykseen on perinteisesti suhtauduttu yksioikoisesti. Koska soittimen virityksestä ei löydy tarkkaa ja tutkittua tietoa kovinkaan helpolla, on virityksessä yleisesti tukeuduttu seuraavanlaiseen sääntöön: jos soitin on alavireessä, työnnetään suukappaletta pidemmälle, ja ylävireisyys korjataan vastaavasti vetämällä suukappaletta pois päin. Kaikki saksofonistit tietävät tämän, eikä saksofonin virityksestä yleensä muuta kerrotakaan. Tämä tieto opetetaan yleensä jo ensimmäisellä soittotunnilla, mutta koska käytännössä jokainen aloitteleva saksofonisti soittaa vaihtelevalla epävireisyydellä, on selvää, että saksofonin viritykseen liittyy jotain muutakin. Ymmärtäessäni kuinka paljon asiassa on tutkittavaa, huomasin sen sopivan vaikka kokonaisen opinnäytetyön aiheeksi.

Saksofonin vireessä on valtava määrä osatekijöitä. Tästä syystä työni ei kerro kaikkea saksofonin vireestä ja sen virityksestä, vaan sen ulkopuolelle on rajattu esimerkiksi yksityiskohtainen tarkastelu soittimen rungon ja kaulan ominaisuuksien vaikutuksesta vireeseen. Tällä tutkimuksella on kuitenkin kaksi selkeää päämäärää: kartoittaa, mitä saksofonin virityksestä tiedetään ja opetetaan sekä tutkia, miten näiden tietojen soveltaminen käytäntöön onnistuu. Työssäni pohdin, onko saksofonin suukappaleelle vain yksi oikea paikka ja pyrin selvittämään, millä äänellä saksofoni tulisi virittää. Tutkin myös, mitkä eri osatekijät vaikuttavat saksofonin vireeseen sekä miten eri soittajien vireet poikkeavat toisistaan.

Tiedonhaku

Työssäni etsin tietoa saksofonin virityksestä monista eri lähteistä: soitto-oppaista, yliopistoissa tehdyistä väitöskirjoista, asiantuntijoiden kirjoittamista artikkeleista sekä luotettavista internetlähteistä. Etsin myös tietoa äänen fysiikasta, sillä perustiedot ovat tarpeen monien ilmiöiden ymmärtämiseksi. Erittelen, vertailen sekä arvioin löydettyjä tietoja, ja lopuksi muodostan yhteenvedon tärkeimmistä löydöksistä.

Koe

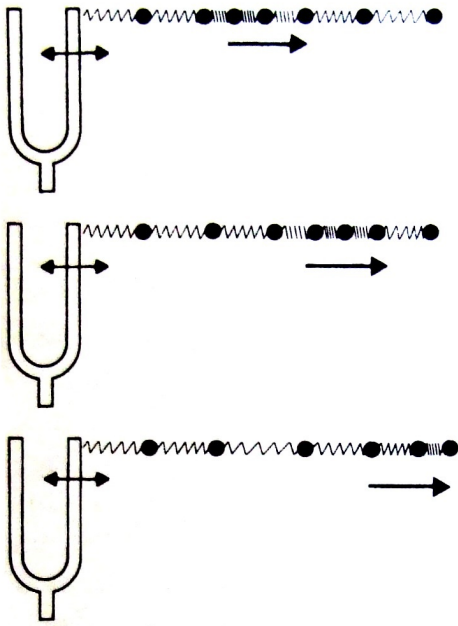
Tiedonhaun jälkeen vertasin kirjoitettua tietoa käytännön kokeisiin. Kokeessa oli viisi saksofonistia, jotka osallistuivat kokeisiin. Kokeissa tutkittiin mm. erilaisia saksofoninviritystapoja sekä lehtien paksuuden vaikutusta vireeseen. Koetilanteesta rajattiin paljon mahdollisia tutkimusaiheita pois, sillä niiden tutkiminen joko vaatisi monimutkaisia välineitä, laajentaisi opinnäytetyötä liian suureksi tai molempia. Koetilannetta sekä kokeessa tutkittavia asioita kuvaan tarkemmin luvussa 8.

2 Äänen fysiikkaa

Monet saksofonin viritykseen liittyvät teoriat perustuvat äänen fysikaalisiin ilmiöihin. Tässä luvussa esitellään virityksen kannalta tärkeimpiä perusasioita, jotka auttavat ymmärtämään opinnäytetyössä myöhemmin käsiteltäviä asioita.

2.1 Ääni on pitkittäistä aaltoliikettä

Ääni on ilmassa tapahtuvaa pitkittäistä aaltoliikettä. Pitkittäinen aaltoliike tapahtuu paineenvaihteluna, jossa ilmamolekyylien tihentymät ja harventumat etenevät ketjureaktiona (Rossing, T., Moore F., Wheeler, P. 2002, 46 ja Joutsenvirta, Aarre 2007, 1).

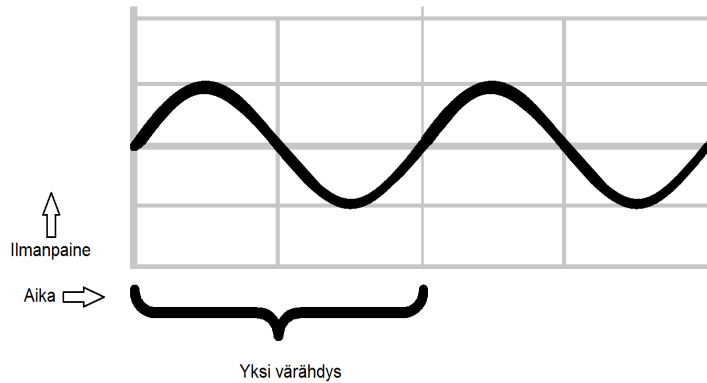


Kuvio 1. Havainnollistava kuva pitkittäisestä aaltoliikkeestä (Rossing, T., Moore F., Wheeler, P. 2002, 41).

Äänen nopeus huoneenlämmössä on noin 343m/s, eli noin 1234km/h, kun taas 0 asteessa äänen nopeus on n. 331,3m/s (Rossing, T., Moore F., Wheeler, P. 2002, 46).

2.2 Äänenkorkeus eli vire

Värähtelyn ollessa jaksollista äänestä voidaan havaita äänenkorkeus (Joutsenvirta, Aarre 2007, 1). Jaksollisuus tarkoittaa, että värähtely toistuu tietyn ajanjakson välein samanlaisena. Äänenkorkeutta eli virettä määritellään äänen taajuuden mukaan hertseinä (Hz), eli värähdystä sekunnissa (Rossing, T., Moore F., Wheeler, P. 2002, 23). Yksi värähdys on siis jaksollisen värähtelyn toistuvista jaksoista yksi. Vire on jossakin määrin subjektiivinen käsite, sillä myös äänen muut tekijät, kuten äänenväri sekä äänenvoimakkuus vaikuttavat hieman havaittuun vireeseen (Rossing, T., Moore F., Wheeler, P., 2002, 121). Tutkimuksessa keskitytään kuitenkin mittaamaan äänen taajuutta hertseinä, ei havaittua äänenkorkeutta. Äänen taajuus on laskettavissa kaavalla $f = v/\lambda$, jossa f on taajuus, v äänen nopeus ja λ aallonpituus (Joutsenvirta, Aarre 2007, 3).

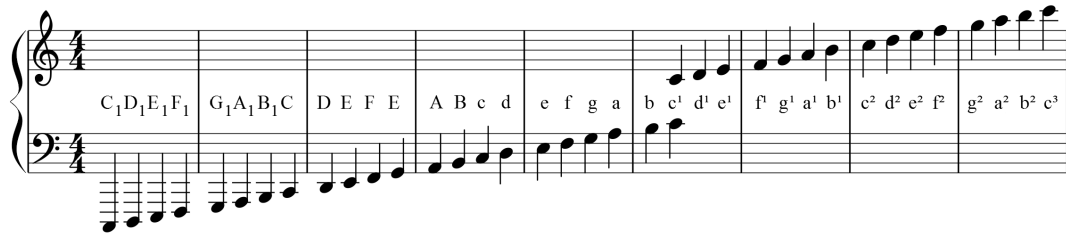


Kuvio 1: Jaksollisen värähtelyn kuvaaja

2.3 Oktaaviala

Jokainen nuotti vastaa jotakin hertsilukemaa, esimerkiksi keski-c:n yläpuolella oleva a on 440 Hz. Kun nuottia nostetaan oktaavilla, hertsimäärä tuplaantuu (Joutsenvirta, Aarre 2007, 2). On olemassa erilaisia tapoja merkitä nuotin oktaaviala, ja suomessa on yleisesti käytössä Hermann Von Helmholtzin kehittämä järjestelmä. Tässä pianon keski-c merkitään c^1 , siitä oktaavi ylös c^2 , seuraava c^3 jne. Oktaavi alas c^1 :stä on c, seuraava C, sitten C_1 , C_2 jne. Toinen tapa esittää oktaavialat on *American Standard Pitch Notation*, jossa keski-c on C4, ja ylöspäin mennessä numerot kasvavat ja alaspäin tultaessa pienenevät (Lloyd, L. S., Rastall, R., www sekä Joutsenvirta, A., Perkiömäki, J., www). C-sävelen alapuolisen sävelen nimenä käytetään joko h:ta tai b:tä, tässä opinnäytetyössä käytössä on b.

Helmholtz system



American standard pitch notation

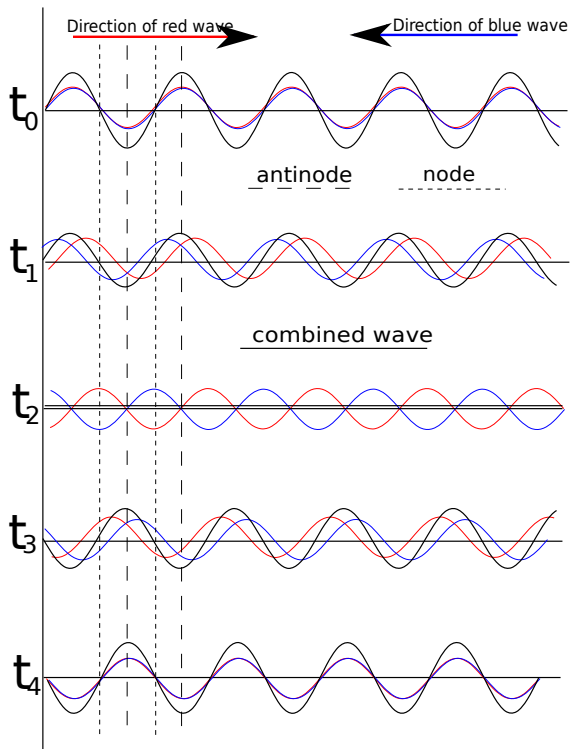


Kuvio 2: Alempana olevaa notaatiotapaa käytetään usein viritysmittareissa.

Viritysmittareissa on usein käytössä *American Standard Pitch Notation* ilmaistaessa soitetun nuotin oktaaviala. Viritysmittareissa on myös käytössä yksikkö sentti. 100 senttiä on puolisävelaskeleen välinen matka, Joten esimerkiksi soitettaessa tasan a^1 :n ja $a\#^1$:n puolivälissä olevaa nuottia, näyttää viritysmittari joko $A5 +50$ tai $A\#5 -50$ (Haynes, B., Cooke, P., www ja Joutsenvirta, Aarre 2007, 3-4). Tässä opinnäyetyössä käytetään pääsääntöisesti Helmholtzin järjestelmää.

2.4 Seisova ääniaalto

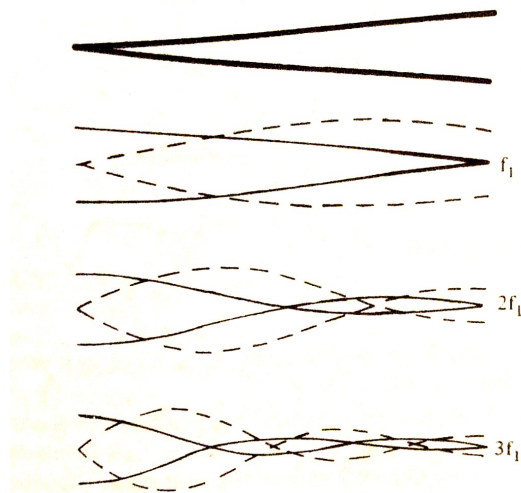
Kun kaksi (tai useampi) ääniaalto kohtaavat, ne interferoivat eli yhdistyvät. Yhdistymisen lopputuloksena on yksi ääniaalto, joka on kohdanneiden ääniaaltojen summa. Kun kaksi vastakkaisiin suuntiin kulkevaa samanlaista ääniaaltoa yhdistyvät, syntyy seisova ääniaalto, joka muodostuu solmuista ja kuvuista. Solmukohdissa ilmamolekyylien liike on pienimmillään ja kupukohdissa suurimmillaan (Rossing, T., Moore F., Wheeler, P. 2002, 44-46). Englanniksi solmu on node ja kupu antinode.



Kuvio 3: Seisovan ääniaallon syntyminen. (Wikipedia Standing Wave, www)

2.4.1 Seisova ääniaalto putkessa

Seisovan ääniaallon syntyessä putken sisällä olevaan ilmapatsaaseen se voi värähdellä useilla eri taajuuksilla, riippuen aallon solmu- ja kupukohtien määrästä. Perustaajuus on matalin taajuus, joka seisovalla ääniaallolla voi olla, ja kaikkia näitä eri taajuuksia kutsutaan seisovan ääniaallon moodeiksi. Moodien ollessa perustaajuuden kerrannaisia niitä kutsutaan harmonisiksi moodeiksi. Eri moodien taajuudet riippuvat putken muodosta ja koosta sekä siitä, onko putki päistään avoin vai suljettu. Putken ollessa kartion muotoinen sekä toisesta päästä suljettu ja toisesta avoin (kuten saksofoni), syntyvän seisovan ääniaallon moodien aallonpituudet ovat laskettavissa kaavalla $n \cdot (v / (2(L)))$. v on äänen nopeus, L putken pituus ja n on positiivinen luonnollinen kokonaisluku (1, 2, 3, ...). N on moodi (Rossing, T., Moore F., Wheeler, P. 2002, 246-252).



Kuvio 4. Kartion 3 ensimmäistä moodia (Rossing, T., Moore F., Wheeler, P. 2002, 253)

3 Transponointi

Saksofoni on transponoiva soitin. Baritoni- ja alttosaksofonit ovat eb -vireisiä, kun taas tenori- ja sopraanosaksofonit ovat bb -vireisiä. Baritonisaksofonilla soitettu c^1 on soiva Eb, alttosaksofonilla soitettu c^1 on soiva eb, tenorisaksofonilla soitettu c^1 on soiva Bb ja sopraanosaksofonilla soitettu c^1 on soiva bb. Soiva tarkoittaa c -vireistä, eli esimerkiksi pianolla soitettua ääntä. Tässä työssä mainitut äänet ovat alttosaksofonille transponoituja ääniä, ellei muuta mainita.

4 Viritysjärjestelmät

Intervallit perustuvat sävelien väliseen suhteeseen, ja ne ovat puhtaimmillaan, kun äänten suhde on mahdollisimman pienistä luvuista koostuva suhdeluku. Esimerkiksi puhtaan oktaavin suhdeluku on 2:1 ja kvintin 3:2. Puhdas viritys eli luonnonvire on viritysjärjestelmä, jonka intervallien suhteet ovat mahdollisimman pieniä. Puhtaan virituksen mukaiset intervallit kuulostavat puhtaimmilta, mutta ongelmana kuitenkin on, että eri sävellajeissa äänet ovat hieman eri korkeudella, jolloin soittimet voivat olla täydellisessä vireessä vain yhdessä sävellajissa kerrallaan (Rossing, T., Moore F., Wheeler, P. 2002, 178-180).

Nykyään on yleisesti käytössä tasavireinen järjestelmä, jossa oktaavi on jaettu 12 yhtä suureen osaan. Tämän ansiosta kaikki sävellajit kuulostavat samantyyppisiltä, vaikka intervallit eivät olekaan aivan puhtaita, lukuunottamatta oktaavia (Rossing, T., Moore F.,

Wheeler, P. 2002, 178-180). Soittimet on viritetty yleisesti tasavireisiksi, mutta koska puhtaat intervallit kuulostavat harmonisemmilta, soittajat voivat olla taipuvaisia virittämään automaattisesti puhtaiden intervallien mukaisesti soittaessaan.

Alla olevassa taulukossa molemmissa virityksissä on samanvireinen C4 -sävel, jotta vertailu olisi helpompaa. Nuottien ääniala on Amerikkalaisen standardin mukaan. Äänet eivät ole alttosaksofonille transponoituja. Ero sentteinä on laskettu Sibelus-Akatemian internetsivujen laskurilla (Joutsenvirta, A. , www).

Taulukko 1. Puhtaan virityksen ja tasavireisyyden erot (Suits, B.H., www)

Nuotti	Puhdas viritys (Hz)	Tasavire (Hz)	Ero (Hz)	Ero (senttiä)	Käytetty suhdeluku
C4	261.63	261.63	0	0	1:1
C#4	272.54	277.18	+4.64	29	25:24
D4	294.33	293.66	-0.67	-4	9:8
Eb4	313.96	311.13	-2.84	-16	6:5
E4	327.03	329.63	+2.60	14	5:4
F4	348.83	349.23	+0.40	2	4:3
F#4	367.92	369.99	+2.07	10	45:32
G4	392.44	392.00	-0.44	-2	3:2
Ab4	418.60	415.30	-3.30	-14	8:5
A4	436.05	440.00	+3.94	16	5:3
Bb4	470.93	466.16	-4.77	-18	9:5
B4	490.55	493.88	+3.33	12	15:8
C5	523.25	523.25	0	0	2:1

On monia eri tapoja rakentaa puhtaan virityksen mukaisia asteikoita, riippuen valituista äänten suhdeluvuista (Rossing, T., Moore F., Wheeler, P. 2002, 178-180). Taulukossa näkyy käytetty suhdeluku, ja esimerkiksi äänten C4 – Bb4 välillä voi käyttää myös suhdelukua 7:4, joka on sama ääni kuin perusäänen C4 seitsemäs kerrannainen (7:1), mutta kahta oktaavia alempana. Myös muille äänille on vaihtoehtoja; esimerkiksi äänessä F#4 voisi käyttää suhdetta 7:5 tai 11:8.

5 Saksofonin rakenne



Kuvio 5: Alttosaksofoni

Saksofoneja on useita eri kokoja, joista yleisimmät ovat kokojärjestyksestä pienimmästä suurimpaan sopraano- alto- tenori- sekä baritonisaksofoni.

Saksofoni on kartiomainen putki, joka koostuu useista eri osista. Se ei ole aivan kartion muotoinen, sillä suukappale on lyhyempi ja paksumpi, kuin mitä soitin olisi jatkuessaan kartion muotoisena. Myös soittimen rungossa olevat ääniaukot muuttavat soittimen muotoa vähemmän kartion muotoiseksi (Rossing, T., Moore F., Wheeler, P. 2002, 252, 258-261). Soitinperheen pienimpiä soittimia lukuun ottamatta saksofoni on käännetty mutkalle kahdesta eri kohdasta. Kaula, suukappale, lehtii sekä kiristin ovat irrotettavia osia.

5.1 Lehti

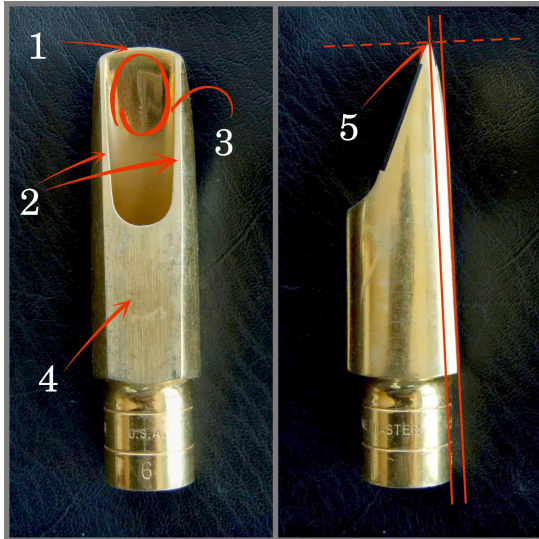
Saksofonin lehdellä on monta nimeä: lehdykkä, kieli, päre, ruoko. Selkeyden vuoksi tässä tutkimuksessa käytetään nimeä lehti. Saksofonin lehti on kappale isoruokoa, jonka tehtävänä on muuttaa soittajan tuottama ilmanpaine värähtelyksi (Wolfe, Joe 2014b, www). Lehti on kiinnitetty suukappaleeseen kiristimellä.



Kuvio 6: Saksofonin lehti kuvattuna päältä ja sivusta

5.2 Suukappale

Suukappaleen sisällä oleva tila on osa soittimen ilmapatsasta. Suukappaleen tasaiseksi hiottu pinta on nimeltään pöytä, ja sitä vasten kiinnitetään lehti. Pöydästä kärkeä kohti jatkuu suukappaleen aukko. Sisäpuolen eri alueita kutsutaan nimillä baffle sekä kammio. Kammio on suukappaleen sisällä oleva tila, muut alueet näkyvät kuvasta. Suukappaleet on useimmiten valmistettu metallista tai muovista (Ferron, E. 1997 25-41).



Kuvio 7: Saksofonin suukappale. Kärki(1), sivukaiteet(2), baffle(3), pöytä(4) sekä aukko(5)

5.3 Runko ja kaula

Saksofonin runko on osa kartiomaista putkea, ja siinä olevat reiät ovat nimeltään ääniaukkoja. Runkoon on kiinnitetty koneisto, jonka avulla soittaja avaa ja sulkee ääniaukkoja. Kaula kiinnittyy rungon yläosaan. Tarkempi tutkimus rungon ja kaulan vaikutuksesta saksofonin vireeseen on rajattu tämän opinnäytetyön ulkopuolelle.

6 Saksofonin toiminta

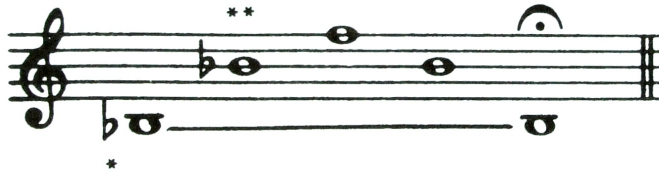
Äänen saksofonissa tuottaa sen sisällä oleva ilmapatsas, johon syntyy seisova aaltoliike (Wolfe, Joe 2014b, www). Aaltoliikkeen panee alulle suukappaleessa kiinni oleva saksofonin lehti, jonka taas saa värähtelemään soittajan tuottama ilmanpaine. Lehden tehtävä on siis muuntaa soittajan puhallusenergia värähdykseksi. Kun aaltoliike on lähtenyt liikkeelle lehdestä, soittimen sisälle syntyy seisova ääniaalto, ja soittimen lehti alkaa värähdellä samalla taajudella kuin seisova ääniaalto soittimen sisällä (Wolfe, Joe 2014b, www). Osa seisovan aallon energiasta siirtyy avoimesta päästä soittimen ulkopuolelle, ja tämän kuulemme äänenä. Pitääkseen äänen soimassa soittajan on ylläpidettävä seisovaa ääniaaltoa lisäämällä lehden värähtelyä puhalluksellaan.

6.1 Seisova aalto saksofonissa

Saksofonin sisälle syntyvä ääniaalto on dominoiva tekijä äänen synnyssä, sillä syntyvä äänenkorkeus riippuu saksofoniin muodostuvasta seisovan ääniaallon aallonpituudesta (Rossing, T., Moore F., Wheeler, P. 2002, 246-249). Kartion muotoisessa soittimessa syntyvä seisovan ääniaallon ensimmäisen moodin aallonpituus on kaksi kertaa putken pituus. Kaava $f = v/\lambda$ muuntuu siis muotoon $f = v/(2l)$, jossa f = taajuus, v = äänen nopeus ja l = soittimen pituus (Wolfe, Joe 2014b, www). Kaava on teoreettinen, eikä pidä täysin paikaansa käytännössä, sillä yksikään saksofoni ei ole täysin kartion muotoinen. Se muodostaa kuitenkin hyvän pohjan vireen tarkasteluun.

Sulkemalla ja avaamalla ääniaukkoja soittaja voi vaikuttaa kartionmuotoisen putken akustiseen pituuteen, sillä kun kartioon tekee reiän, seisova ääniaalto käyttäytyy kuin kartio olisi lyhyempi (Wolfe, Joe 2014b, www). Kartion lyhentyessä syntyvän äänen taajuus kasvaa, eli äänenkorkeus nousee. Säätelämällä ääniaukkoja soittaja siis valitsee, mitä ääntä soitetaan. Tavallisesti saksofoniin syntyvä seisova ääniaalto on ensimmäinen tai toinen moodi. Moodia vaihdetaan oktaavipainikkeella, jonka painaaminen avaa oktaaviläpän. Oktaaviläpän aukeaminen estää perustaajuuden muodostumisen ja saa toisen moodin dominoivaksi (Ferron, Ernest 1997, 23-24). Normaalisormituksin soitettaessa saksofonin rekisteri on $bb-f\#^3$ (Londeix, Jean-Marie 1976, 8).

Saksofonilla on mahdollista soittaa samalla sormituksella (saman pituisella putkella) myös muita kuin ensimmäistä ja toista moodia. Tämän tehdessään soittaja puhalttaa eri tavoin, jolloin ilmapatsas alkaa värähdellä eri moodeissa. Eri lähteiden tiedot ovat ristiriidassa keskenään siitä, mitä soittaja tällöin tekee, ja näitä käydään läpi kappaleessa 6. Saksofonin eri moodit eivät ole aivan harmonisia (perustaajuuden kerrannaisia), mutta hyvin lähellä sitä. Soitettaessa näitä eri moodeja kutsutaan usein yläsävelsarjaksi. Tätä tekniikkaa ei yleisesti käytetä esitettäessä musiikkia, mutta niiden soittaminen on käytetty metodi äänenmuodostuksen harjoitteluun.



Kuvio 8: Esimerkki harjoituksesta yläsävelsarjan äänillä (Raschèr, Sigurd, 1977, 12). Kaikki äänet soite-
taan alimman äänen sormituksella.

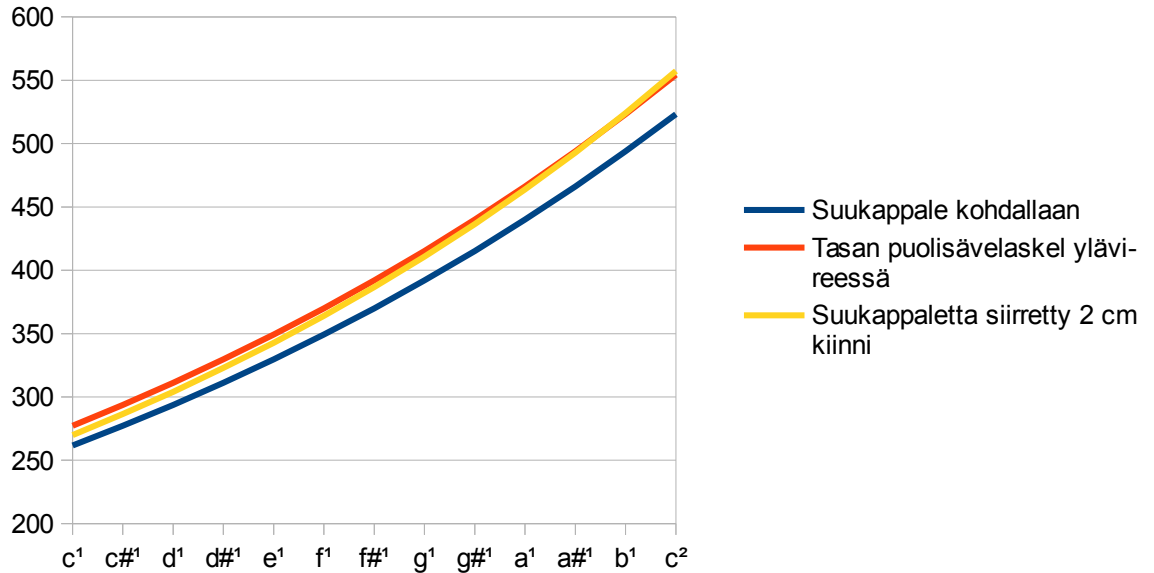
7 Saksofonin viritys

7.1 Viritys suukappaleen sijaintia vaihtamalla

Perinteinen saksofonin viritys tapahtuu siirtämällä suukappaleen sijaintia. Tällöin vireen muutos saadaan aikaan hienosäätämällä soittimen ilmapatsaan pituutta. Lukuisat soitto-oppaat eivät kerro virityksestä mitään muuta kuin tämän (mm. Londeix, Jean-Marie 1976, 9 ja Odgren, J., Pierce, B. 2001, xiii sekä Green, Ian 2001, 7). Tavallisesti saksofoni viritetään viritysmittarin avulla tai vertaamalla esimerkiksi pianon ääneen, ja yleisimpiä viritysääniä edellämainituissa soitto-oppaissa ovat soiva a^1 tai bb^1 . Kuten myös soitto-oppaissa kerrotaan, saksofonin virettä nostetaan työntämällä suukappaletta syvemmälle, ja lasketaan vastaavasti vetämällä sitä pois päin. Suukappaleen sijainti vaikuttaa viritysäänien ohella myös kaikkiin muihin saksofonilla soitettuihin ääniin, mutta perinteisessä virityksessä ei huomioida, että vireen muutos ei ole yhtäläinen. Vireen muutoksen vaihtelu eri äänillä johtuu siitä, että ääniä vaihtaessa (avaamalla ja sulkemalla läppiä) saksofonin pituus muuttuu. Silloin putken pituuden muutos on suhteessa erilainen putken eri pituuksille.

Vireen muutos on mahdollista laskea teoreettisesti. Tällöin oletetaan, että saksofoni on kartio ja että muoto pysyy kartiona myös viritettäessä. Tällöin käytetään luvussa 2.3.1 esitettyä kaavaa $v/(2*(L))$, ja soittimen pituutta (L) muutetaan sen mukaan, miten soitin on viritetty. Olen laskenut suukappaleen siirtämisen vaikutuksen vireeseen oktaavin

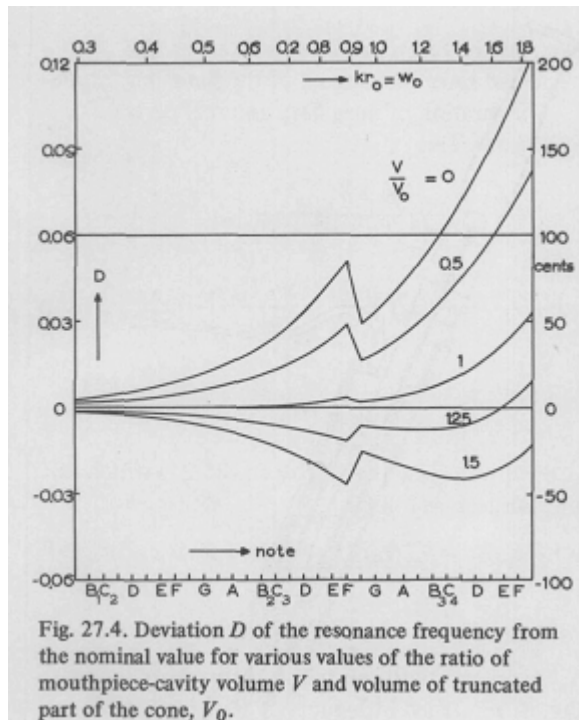
alueelta kun suukappaletta on liikutettu 2 cm kiinni sijainnista, jossa kuvitteellinen soitin on vireessä.



Kuvio 9: Laskennallinen muutos vireessä 2 cm muutoksella. Äänet c-vireisiä.

Verrokkeina keltainen käyrä näyttää kuvitteellisen, tasan puolisävelaskelta korkeammalta soivan soittimen vireen, ja sininen täysin vireessä olevan. Kun suukappale on työnnetty 2 cm optimikohtaa (sininen) pidemmälle, alimmat äänet ovat noin neljäsosasävelaskeleen ylävireessä ylinten ollessa jopa yli puolisävelaskelta ylävireessä. Suukappaleen liikuttaminen vaikuttaa siis eri äänien vireeseen eri määrän. Tarkemmin ilmaistuna äänet, joissa putki on pisimmillään muuttuvat virityksestä vähemmän kuin ne, joissa putki on lyhyimmillään. Tätä ilmiötä voi havainnollistaa soittamalla soittimen alarekisterin äänien sormituksilla toista moodia ja vertaamalla tämän virettä normaalisormituksilla soitettun ääneen. Tämä on mahdollista ylipuhaltamiseksi kutsutulla tekniikalla, jossa soittaja pystyy soittotapaansa muuttamalla valitsemaan seisovan ääniaallon eri moodeja.

Illinoisin yliopiston julkaisemassa kirjassa *Acoustical aspects of woodwind instruments* esitettyssä kaaviossa (Nederveen, C. J. 1998, 39) on kuvattu samantyyppisiä vireenvaihteluita, mutta niin että aivan soittimen ylärekisteri on ylävireessä.



Kuvio 10: Suokappaleen sijainnin vaikutus vireeseen (Nederveen, C. J. 1998, 39)

Erään lähteen mukaan (Duke, Stephen, www) saksofoni tulisi virittää vertaamalla alarekisterin ääniin. Duken mukaan syynä vireen muutokseen eri rekistereissä on se, että ylärekisterin äänet ovat alltiimpia äänenkorkeuden muuttamiselle. Eri soittotapoja hän kuvaa sanoilla *pitch center*, vapaasti suomennettuna vireen keskikohta. Eri vireen keskikohdilla soittavat soittajat myös virittävät suokappaleensa eri kohtaan. Ilmiötä

havainnollistaa Steve Duken arvio (luvussa 9, sivu 32) eri vireen keskikohtien vaikutuksista vireeseen.

Oppaassaan Voicing Donald J. Sinta kuvailee *Matching Exercises* -nimisiä harjoituksia, joissa soitetaan samaa ääntä eri sormituksin. Sinta ei kuitenkaan mainitse, että saksofoni tulisi virittää näiden mukaan, vaan kertoo, että ne on viritettävä manipuloimalla suuonteloa (Sinta, D. J. 1992, 17).

Ernest Ferron taas esittää, että saksofonin suukappaleen tilavuus tulisi mitata, jotta voitaisiin laskea suukappaleen tarkka sijainti. Kirjoittaja ei kuitenkaan ota huomioon, että olennaista ei ole niinkään suukappaleen tilavuus, kuin sen vaikutus ilmapatsaan resonanssiin. Suukappaleen tilavuuden tulee vastata akustisilta ominaisuuksiltaan kartion kuvitteellista loppua, mutta akustisia ominaisuuksia on hyvin vaikeata mitata muuten kuin soittamalla. Pelkkä suukappaleen tilavuus ei kerro kaikkea sen vaikutuksista soittimen akustiikkaan. Esimerkkinä tästä voisi käyttää saksofonin putken käyriä osia: käyrät osuudet käyttäytyvät akustisesti kuin vastaava suora putki, joka on tilavuudeltaan suurempi (Nederveen, C. J. 1998, 60-63 ja Ferron, E. 1997, 18-19).

7.2 Vireen muut osatekijät

Vireeseen vaikuttaa kuitenkin suukappaleen sijainnin ohella moni muukin asia: lehti, suukappale ja soittaja. Myös itse saksofoni suukappaleesta eteenpäin vaikuttaa vireeseen. Lisäksi äänen väri saattaa vaikuttaa soittajan soittotapaan ja näinollen välillisesti myös vireeseen.

7.2.1 Lehti

Koska saksofonin lehdet ovat valmistettu eloperäisestä aineesta, ne vaihtelevat yksilöittäin valtavasti (Nunnik 2001, 1 sekä Ferron, Ernest 1997, 42) Samasta pakkauksesta poimitut lehdet saattavat käyttäytyä hyvin eri tavoin, eikä niiden soitto-ominaisuuksista voi ulkoisesti päätellä juuri mitään (Ferron, Ernest 1997, 43). Tämän vaihtelun lisäksi markkinoilla on suuri määrä erilaisia lehtiä erilaisilla leikkauksilla, ja voitaisiinkin todeta, että ilman monimutkaisia mittauslaitteita selkein johdonmukaisesti mitattava asia on lehden paksuus. Paksuudella ei tarkoiteta välttämättä niinkään lehden fyysistä paksuutta, vaan soittajan kokema vastusta puhaltaessa: paksuilla lehdillä on raskaampi puhaltaa kuin ohuemmillä. Valmistajat

ilmoittavat lehden paksuuden yleensä asteikolla 1-5, mutta standardit vaihtelevat jopa saman valmistajan eri merkeillä. Lähteiden mukaan lehden paksuus vaikuttaa vireeseen niin, että ohuet lehdet pienentävät soittimen intervallisuhteita, kun taas paksut suurentavat niitä (Wolfe, Joe 2014b, www). Toisen lähteen mukaan paksut lehdet soivat ylävireisemmin ja ohuet alavireisemmin (Teal, Larry 1969, 21-27). Löysä lehti liikkuu enemmän, jolloin ilmapatsaan tilavuus kasvaa (Wolfe, Joe 2014b, www).

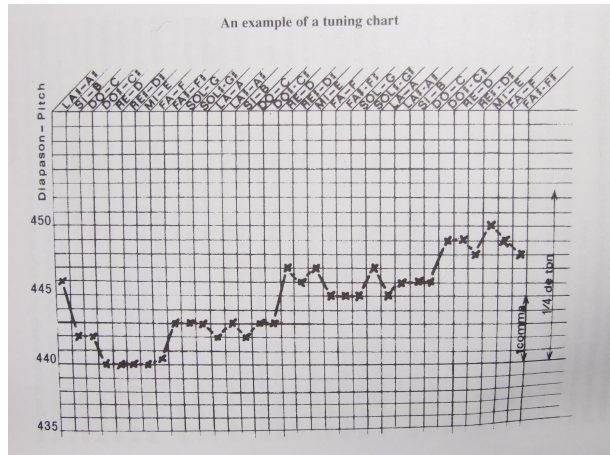
7.2.2 Suokappaleen vaikutus

Suokappaleilla on monia eri ominaisuuksia, joista kenties määräävin on suokappaleen aukon koko. Aukon koolla tarkoitetaan sitä, kuinka paljon tilaa lehdellä on värähdellä. Suokappaleen aukon pienentyessä vire nousee (Rossing, T., Moore F., Wheeler, P. 2002, 249).

Suokappaleen vaikutusta vireeseen on myös sivuttu Rochesterin yliopistossa tehdystä tutkimuksesta (Wyman, Frederick Stearns 1972, 104-108). Erilaiset suokappaleet soivat eri rekistereissä eri vireessä, mutta koska tutkittujen suokappaleiden ominaisuuksissa oli paljon eroja, ei tutkimuksesta selviä, mitkä ominaisuudet aiheuttivat vireen muutokset. Suokappale vaikuttaa suuresti myös äänen väriin, ja tämä voi vaikuttaa vireeseen välillisesti, sillä soittaja saattaa soittaa erilaisilla suokappaleilla eri tavoin pyrkiessään tiettyyn äänenväriin.

7.2.3 Runko ja kaula

Saksofoni on rakennettu tasavireiseksi soittimeksi, mutta saksofonit eivät ole koskaan aivan vireessä. Ääniaukkojen ominaisuudet ja keskinäinen suhde äänenkorkeuksien synnyssä on monimutkainen, ja tämän tutkimuksen kannalta riittävä informaatio on, että ääniaukkojen koko ja sijainti vaikuttavat siihen, miten soitin soi vireessä. Täten voidaan sanoa eri saksofoneissa on yksilöllisiä vire-eroja, joihin soittaja ei voi vaikuttaa muuttamatta soittimen fyysisiä ominaisuuksia (Ferron, Ernest 1997, 99). Jokaisessa soittimessa on omat poikkeamansa. Omien kokemuksieni mukaan sekä d^2 että koko ylärekisteri on hieman ylävireessä.



Kuvio 11: Ernest Ferronin kaavio erään saksofonin vireestä

7.2.4 Soittajan vaikutus

Soittajan vaikutusta vireeseen on vireen osatekijöistä kenties kaikkein vaikein tutkia. Merkittävimmät tekijät ovat kuitenkin puhaltamisvoimakkuus, ansatsin puristus sekä ainakin korkeimmissa äänissä suontelon tilavuus. Soittaja voi vaikuttaa vireeseen enemmän, kun putki on lyhimmillään (Wolfe, Joe 2014a, www).

Ansatsi (soittajan huulten ja leuan puristus, joskus mukaan luetaan myös puhallus) vaikuttaa ainakin niin, että puristettaessa lujempaa suukappaleen aukko pienenee ja vire nousee (Rossing, T., Moore F., Wheeler, P., 2002, 249 ja Klosé, H. 1950, 5). Tämä on myös kytköksissä lehtien paksuuteen, sillä yleensä paksummilla lehdellä soitettaessa myös puristetaan enemmän. Tosin on mahdollista, että tämä vaikutus nollautuu sillä, että ohuemmat lehdet taipuvat helpommin.

Soittaja pystyy muuttamaan suontelonsa tilavuutta soittaessa, jolloin suontelon resonanssi muuttuu ja vaikuttaa syntyneeseen äänenkorkeuteen. Voi myös olla, että fyysisten ominaisuuksien yksilöllinen vaihtelu selittää myös osan virevaihtelusta soittajien välillä. Tästä on kuitenkin ristiriitaista tietoa, sillä esimerkiksi arvostettu saksofonisti David Liebman kirjoittaa, että jokaiselle äänelle on kurkussa oma asentonsa (Liebman, D., Vashlishan, M. 2006, 11), kun taas Australiassa tehtyjen tutkimuksien mukaan (Wolfe, Joe 2014c, www) suontelon resonanssilla on merkitystä vain soitettaessa altissimorekisterissä. Michigan Technology Universityn sivustolla (Jordheim, Steven, www) esitellään videomateriaalia, jossa on kuvattu soittajan

suuonteloa soitettaessa. Videoista näkee, kuinka kielen ja kurkun asennot muuttuvat soitettujen äänien mukaan. Videomateriaalin perusteella ei voi kuitenkaan suoraan kumota kumpaakaan teoriaa. Puhallusvoimakkuus vaikuttaa niin, että voimakas puhallus laskee virettä (Wolfe, Joe 2014b, www).

Soittaja on virettä muuttaessaan taipuvainen virittämään puhtaan virityksen mukaisesti (katso taulukko luvussa 3). Tällöin vireen ero tasavireisyyteen voi olla jopa 29 senttiä.

7.2.5 Suokappalesoitto

Yhdysvaltalaisessa tutkimuksessa (Hasbrook, Vanessa 2005) todettiin suokappaleella soitettavan vireen vaikuttavan äänenväriin niin, että matalampi vire johtaa räikeämpään, jazzmusiikille tyypilliseen äänenväriin ja korkeampi vire klassiselle musiikille ominaisempaan, tummempaan äänenväriin. Tutkimuksessa ei kuitenkaan tutkittu suokappaleella soittamisen vireen vaikutusta lopulliseen vireeseen.

Erään lähteen mukaan (Pearson, Bruce, www) soittajan tulisi pyrkiä tiettyyn ääneen pelkällä suokappaleella soitettaessa. Alttosaksofonilla tämä ääni olisi a^2 .

7.2.6 Soittaminen ulkoilmassa

Ääni etenee eri lämpötiloissa eri nopeuksilla, ja tämä vaikuttaa vireeseen niin, että kylmä ilma laskee virettä, ja lämmin ilma nostaa sitä. Tästä syystä kylmässä ulkoilmassa soitettaessa saksofoni on viritettävä hyvin korkealle, ja soittimen mittasuhteiden muutoksista johtuvat ongelmat ovat korostetumpia.

8 Yhteenveto tiedonhakuprosessin havainnoista

Saksofonia viritetään perinteisesti suokappaletta siirtämällä, joka vaikuttaa soittimen mittasuhteisiin muuttaen eri äänten virettä eri määrän. Lähteet suhtautuvat asiaan eri tavoin.

Suokappale, lehti ja itse soittimen rakenne vaikuttavat vireeseen. Suurempi aukko suokappaleessa laskee virettä, ja samaa tekee myös ohuempi lehti. Jokainen saksofoni on hieman erilainen, joten jokaisen yksittäisen soittimen vireessä on eroja.

Saksofonin viritysäänestä on monia ohjeita erilaisin perustein. Näistä yleisimmät ovat saksofonin $f\#^2$ ja a^2 . Yksi lähde myös suosittelee viritämään verraten ääniä eri rekistereiden välillä.

Soittajan soittotapa vaikuttaa myös vireeseen. Voimakas puhallus laskee virettä. Ansatsin suuri puristusvoima nostaa virettä, ja suuontelon tilavuutta muokkaamalla voi vaikuttaa vireeseen, erityisesti saksofonin ylärekisterissä. Ansatsin vaikutusta äänenväriin on tutkittu vertaamalla soitettua ääntä pelkällä suukappaleella soitettuun ääneen, mutta suukappaleella soiton ja vireen yhteyttä tutkivaa aineistoa ei kuitenkaan löytynyt. Tiedot soittajan vaikutuksesta vireeseen ovat myös osin ristiriitaisia.

9 Saksofonin virituksen käytännön koe

9.1 Tutkimuskohteet

Tiedonhaussa löytyi paljon aiheita, joita voisi tutkia kokein. Käytännön syistä näistä oli kuitenkin rajattava paljon pois, ja tutkittavaksi valikoitui neljä osa-aluetta: viritysääni, suukappaleen sijainnin vaikutus soittimen mittasuhteisiin, lehden paksuuden vaikutus vireeseen sekä suukappaleella soiton ja vireen yhteys.

9.1.1 Viritysääni

Testattaviksi viritysääniksi valikoitui kolme erilaista viritystapaa. Yleisimmät näistä olivat viritäminen saksofonin $f\#^2$:n tai g^2 :n mukaan, joissa kyseinen ääni viritetään viritysmittarin avulla vireeseen. Testin kolmas viritystapa on viritää soitin vireeseen Sintan esittämän *tone matching exercise*:n avulla. Oletettavasti kolmannella viritystavalla eri rekisterit ovat parhaiten vireessä. Mittaamalla suukappaleen sijainti ja vaikutukset vireeseen eri viritystavoilla pyritään selvittämään viritystapojen eroja.

9.1.2 Mittasuhteiden muutos

Koska lähteiden mukaan suukappaleen liikuttaminen vaikuttaa soittimen mittasuhteisiin niin, että äänet joissa putki on lyhimmillään muuttuvat eniten, tätä tutkitaan sijoittamalla suukappale sijoitetaan ääriasentoihin. Mittaamalla vire pyritään selvittämään, kuinka soittimen mittasuhteiden muutos vaikuttaa vireeseen käytännössä.

9.1.3 Lehden paksuus

Lehden paksuuden vaikutusta vireeseen mitattiin soittamalla eri paksuisilla lehdillä ja mittaamalla vire. Tuloksia verrataan tiedonhausta saatuihin tietoihin. Testissä käytettiin vihreitä Vandorenin JAVA -lehtiä paksuuksilla $1\frac{1}{2}$, $2\frac{1}{2}$ sekä $3\frac{1}{2}$.

9.1.4 Suukappalesoitto

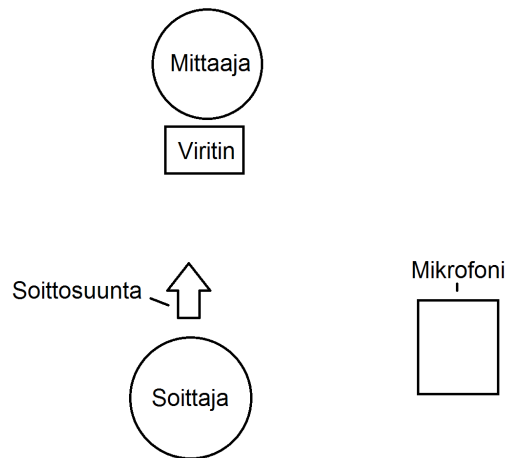
Jokainen testihenkilö soittaa myös pelkällä suukappaleella. Tämän äänenkorkeus mitataan, jolloin voidaan etsiä yhteyksiä lopullisen vireen ja suukappaleen sijainnin välillä.

9.2 Koetilanteen kuvailu

Koe koostui viidestä eri testistä, jotka kaikki viisi testaajat suorittivat. Testaajiin viitataan kirjaimilla A, B, C, D sekä E. Yksi testaajista oli opinnäytetyön tekijä. Kaikki testit tehtiin samalla soittimella, suukappaleella sekä lehdellä. Poikkeuksena tästä on testi, jossa testattiin eri paksuisten lehtien vaikutusta vireeseen. Vire katsottiin vitysmittarista ja merkittiin muistiin. Joissakin testeissä myös suukappaleen sijainti mitattiin, jolloin mittaamiseen käytettiin mikrometriä. Testit nauhoitettiin myöhempää tarkastelua varten, mutta soittajan E yksi testi jäi epähuomiossa nauhoittamatta.

Testit suoritettiin kahtena peräkkäisenä päivänä kolmessa eri tilassa. Tutkimuksen kannalta optimaalisinta olisi ollut suorittaa kaikki testit saman päivän aikana ja samassa tilassa. Tämä ei onnistunut, sillä alunperin varatussa tilassa oli voimakas, ilmanvaihdosta johtuva humina ja tilaa oli vaihdettava. Koska kaikki tilat olivat akustoituja ja kaiku hyvin pieni, voidaan olettaa, ettei tämä aiheuttanut poikkeamia tuloksissa. Vitysmittarina käytettiin Seiko ST757 -viritintä, jossa soiva $a^1=440\text{Hz}$. Mitta-asteikkona on käytetty senttejä, sillä tämä vastaa kuulokuvaa vireestä ja mahdollistaa eri oktaavien välisen vertailun. Testit nauhoitettiin Zoom H2 -mikrofonilla

gain -asetuksella Medium. Mikrofoni oli noin metrin päässä soittajan oikealla puolella ja viritin noin metrin päässä soittajan edessä.



Kuvio 12: Mittaustilanne

9.3 Testit

Testi 1. Viritysäänet

Tässä testissä viritetään siirtämällä suukappaletta, virittäen eri viritysäänillä. Testisoittaja soittaa koko rekisterin äänet ja mitataan vire. Mitataan myös, mihin paikkoihin soittajat suukappaleensa sijoittavat, ja mitataan vire soitettaessa yläsävelsarjan sormituksin.

- Viritetään soivan a^1 :n mukaan
- Viritetään soivan bb^1 :n mukaan
- Viritetään yläsävelsarjan mukaisesti

Testi 2. Suukappalesoiton vire

Soittajat soittavat pelkällä suukappaleella, ja tästä mitataan äänenkorkeus.

Testi 3. Ääriäsennot

Soitin viritetään ääriasentoihin, ja soittaja soittaa läpi koko saksofonin rekisterin. Tämän lisäksi soittaja soittaa c-duuriasteikon välillä c-c² niin, että hän kuulee soittaessaan kuulokkeista oikeata virettä, ja yrittää soittaa saksofonin c-duurin vireessä.

- a) Soitin viritetään niin, että suukappale on työnnetty 2,95 cm päähän kaulan päästä mitattuna.
- b) Soitin viritetään niin, että suukappale on työnnetty 1,95 cm päähän.

Testi 4. Lehden paksuus

Testissä jokainen testisoittaja soittaa kolmella eripaksuisella lehdellä koko saksofonin rekisterin. Suukappale sijoitetaan kaikille 2,35 cm päähän.

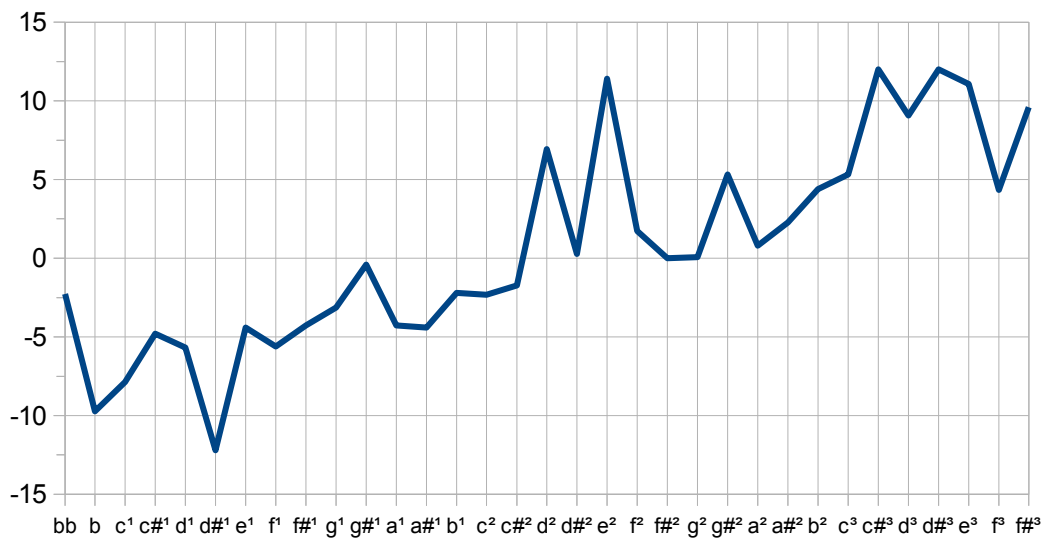
- a) Lehden paksuus 2½
- b) Lehden paksuus 1½
- c) Lehden paksuus 3½

10 Testin tulokset

Testin tuloksia esitellään tässä luvussa havainnollistavin kaavioin. Tuloksista on myös laskettu keskiarvoja, joiden avulla on esitetty erilaisia arvioita. Kaikki testin tulokset löytyvät opinnäytetyön lopussa olevasta liite -osiosta.

10.1 Testisoittimen vire

Testisoittimen vire voidaan arvioida laskemalla keskiarvo kaikista niistä tuloksista, joissa soittajat ovat saaneet itse virittää soittimen. Laskutoimituksen ulkopuolelle jäävät siis ääriasennoissa soittaminen sekä eri paksuisilla lehdillä soittaminen.

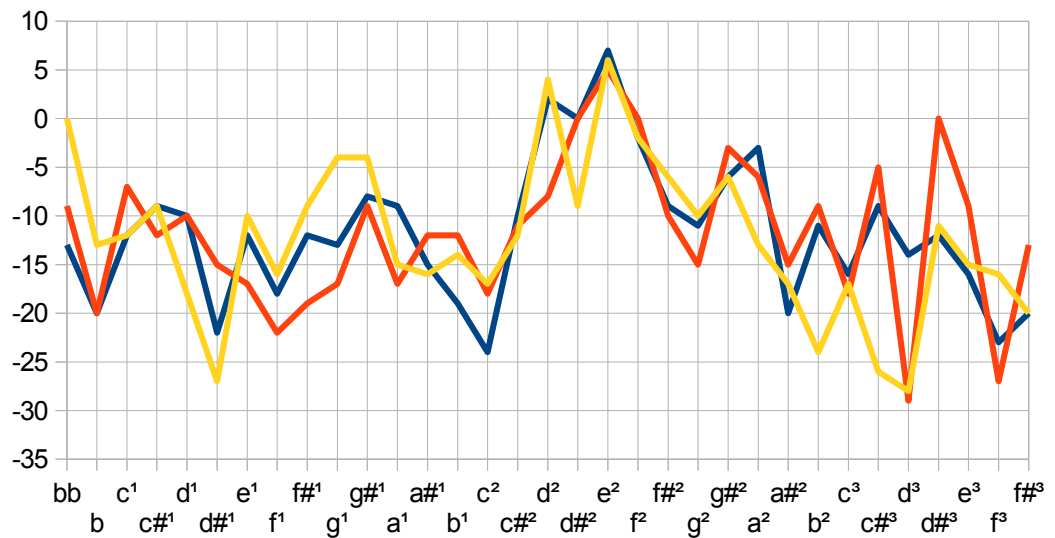


Kuvio 13: Käytetyn alttosaksofonin vire keskimäärin

Koska soittaja kykenee muuttamaan virettään soittaessa, olennaisimpia ovat lähekkäin olevien äänten suuret vire-erot. D² ja e² ovat selvästi ylävireisiä, ja myös a² on ylävireinen. Koko ylärekisteri on ylävireessä ja alarekisteri alavireessä. Alarekisterissä erityisesti b¹ sekä d#¹ ovat selvästi alavireisiä.

10.2 Vireen vaihtelu yksittäisillä soittokerroilla

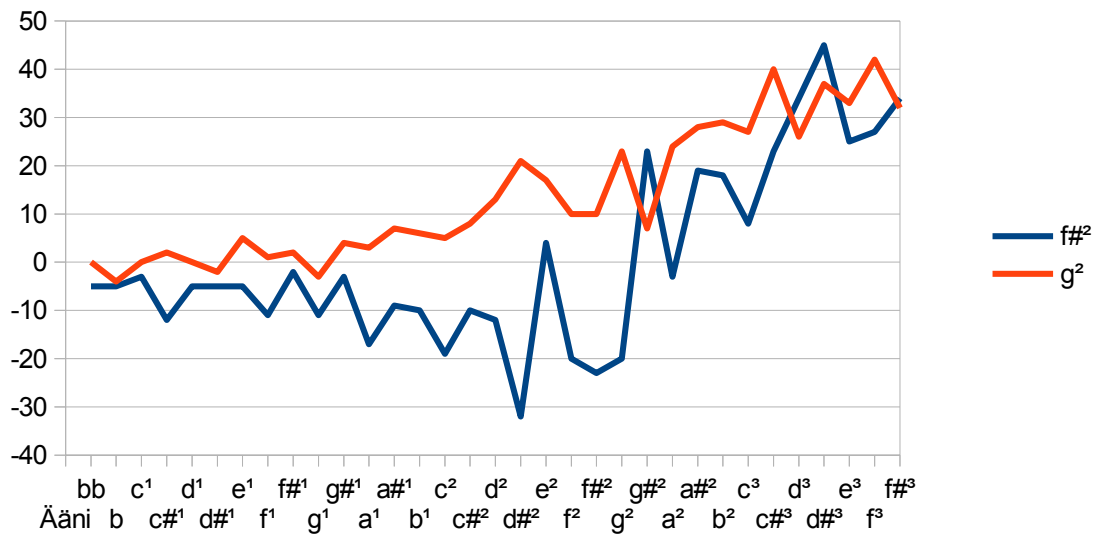
Vireen vaihtelu yksittäisellä soittajalla oli yllättävän suurta. Tästä saa hyvän kuvan, kun katsoo kuvaajaa, jossa soittaja B soittaa kolmesti samoilla asetuksilla. Esimerkiksi c³:n vire vaihtelee eri kertojen välillä suurimmillaan 21 senttiä.



Kuvio 14: Soittaja B soittaa 3 kertaa samoilla asetuksilla, suukappale samassa paikassa.

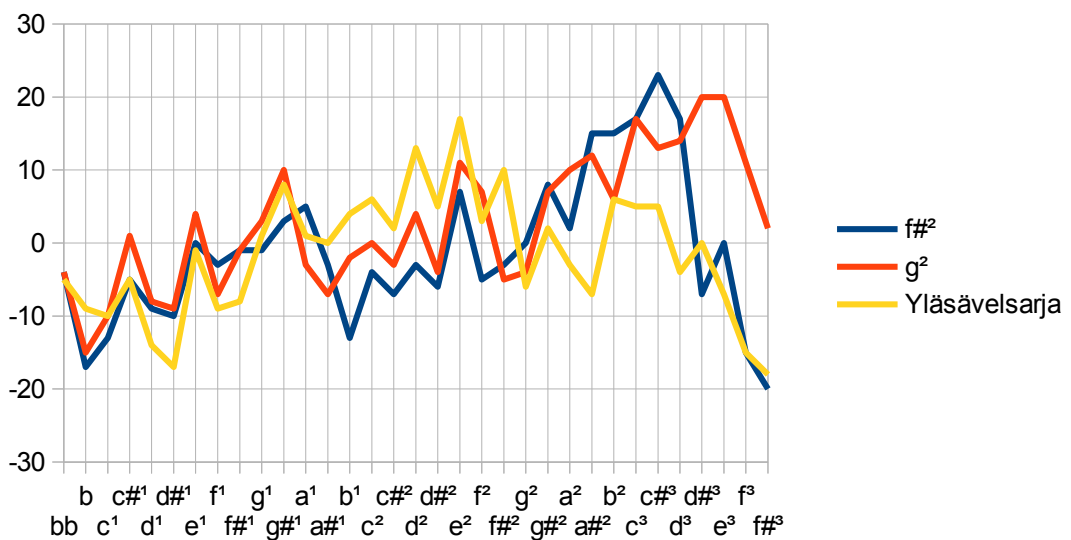
Yksittäisten soittokertojen vireenvaihtelu soittajalla B on siis 0-21 senttiä. Tästä voisi arvioida vireen vaihtelevan noin 10 senttiä ilman, että soittaja pyrkii vaikuttamaan vireeseen. Vireen vaihtelu vaikuttaisi olevan suurinta soittimen ylärekisterissä ja pienintä keskirekisterissä.

Soittajalla C oli suukappale lähes samassa paikassa, kun viritettiin f^{#2}:n ja g²:n mukaan. Vireen heitto oli kuitenkin suurta, ja päin vastoin kuin soittajalla B, soittajalla C erot olivat suurimpia keskirekisterissä. Suurin ero oli äänessä d^{#2}: 53 senttiä. Suukappaleen sijainnin 0,5 millimetrin ero tuskin selittää näin suurta vaihtelua.



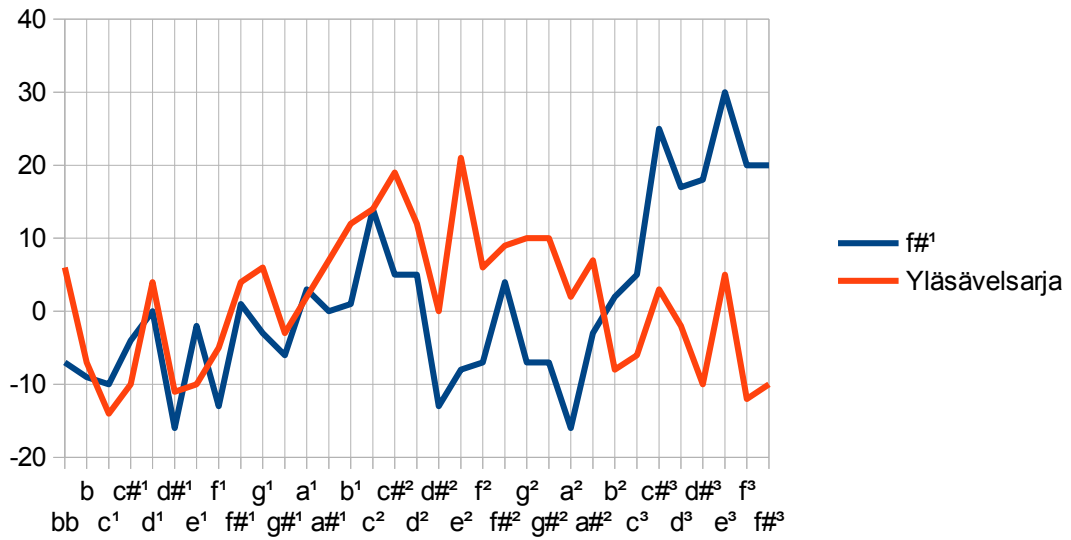
Kuvio 15: Soittajan C tuloksia lähes samoilla suukappaleen sijainneilla.

Soittajalla D suukappaleen sijainnit olivat yhden millimetrin sisällä toisistaan eri viritystavoilla. Suurin vire-ero oli tällöin äänissä d#³ sekä e³, joissa ero oli 27 senttiä. Suukappaleen sijainti ei ole pääteltävissä vireestä, joten voidaan sanoa, että soittajalla D yhden millimetrin ero suukappaleen sijainnissa ei vaikuta olennaisesti viritykseen.



Kuvio 16: Soittajan D tuloksia lähes samoilla suukappaleen sijainneilla.

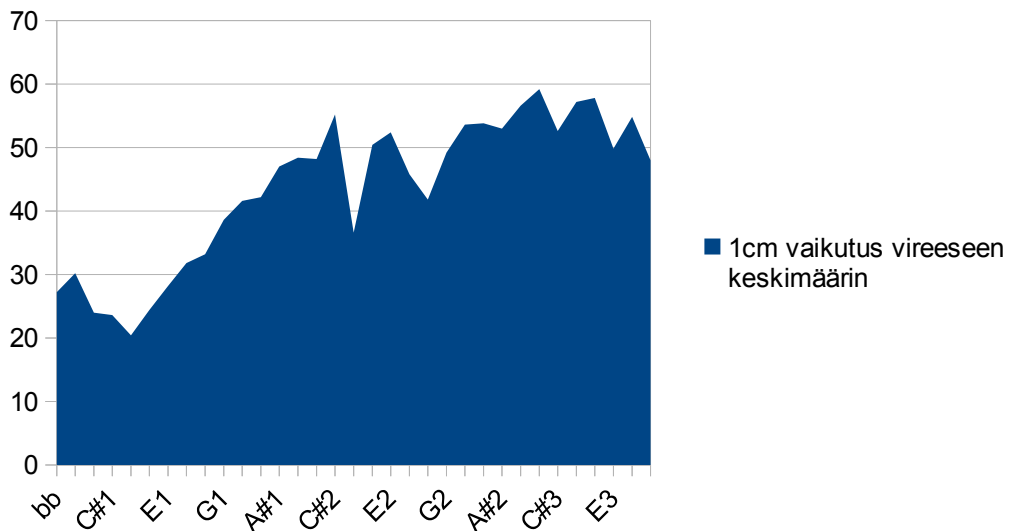
Soittajalla A kaksi viritystapaa olivat lähellä toisiaan, eikä näidenkään tuloksista ole nähtävissä, kummissa suukappale on syvemmällä.



Kuvio 17: Soittajan A tuloksia lähes samoilla suokappaleen sijainneilla.

10.3 Suokappaleen sijainnin vaikutus vireeseen

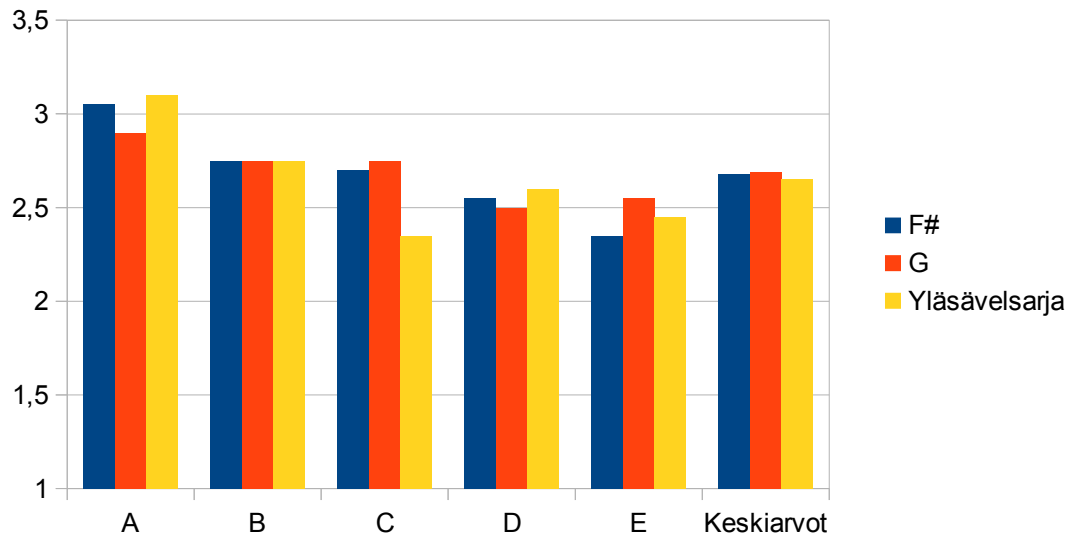
Suokappaleiden ääriasentojen välillä oli 1cm ero suokappaleen sijainnissa. Laskemalla kaikkien soittajien keskiarvot saadaan kuvaaja, josta näkyy keskimääräinen vireenvaihtelu, kun suokappaletta on siirretty 1cm. Kaikenkaikkiaan 1cm liikuttaminen vaikutti keskimäärin vireeseen 43,54 senttiä, joka vastaa lähes neljäsosasävelaskelta.



Kuva 18: Suokappaleen sijainnin vaikutus vireeseen eri äänillä keskimäärin.

10.4 Eri viritystavat

Testin perusteella näyttäisi siltä, että ei ole juurikaan merkitystä sillä, millä äänellä soittajat virittävät. Yksi soittajista sijoitti suokappaleensa samaan kohtaan viritystavasta riippumatta, ja loppujen tulokset olivat vaihtelevia.

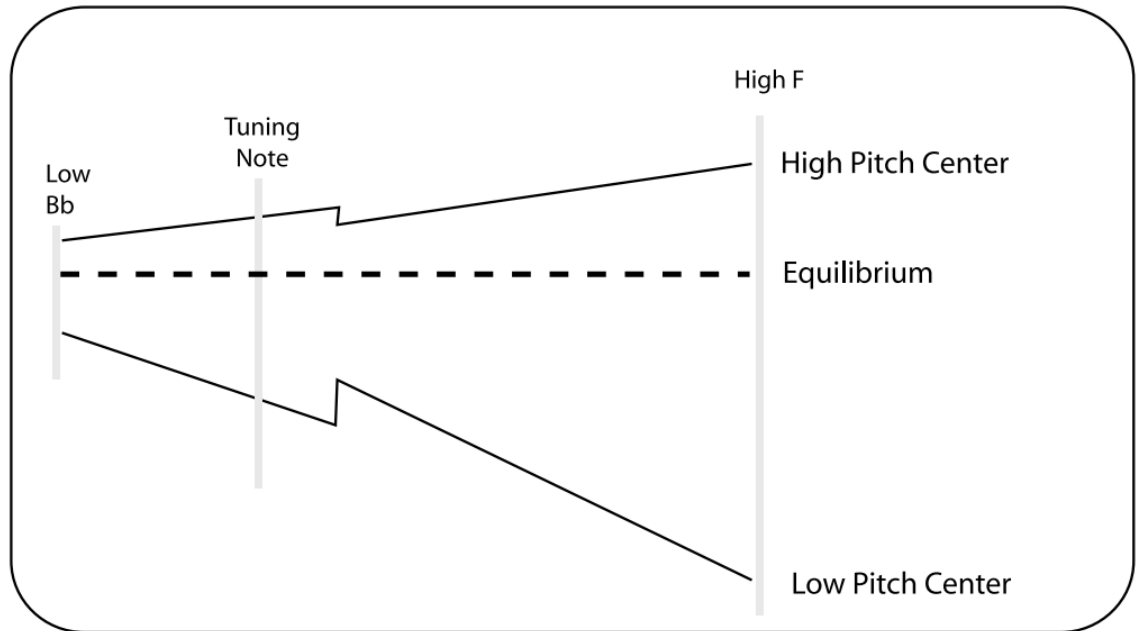


Kuvio 19: Kaaviosta näkyy, kuinka pitkälle eri soittajat työnsivät suokappaletta virittäessään eri viritysäänillä.

Eri viritystapojen välillä suokappaleen sijainti vaihteli keskimäärin 0,04cm välillä, joka vastaisi n. 1,74 senttiä virityksessä. Tällä vire-erolla ei ole käytännön merkitystä. Suurin viritystapojen välinen ero oli 0,35 cm, joka vastaa jo 15 senttiä vireessä, kun lasketaan kappaleessa 10.3 esitetyn keskiarvon mukaan. G^2 :lla ja a^2 :lla viritettäessä ero oli hyvin pieni, kun yläsävelsarjan mukaan viritettäessä suokappaletta liikutettiin hieman enemmän.

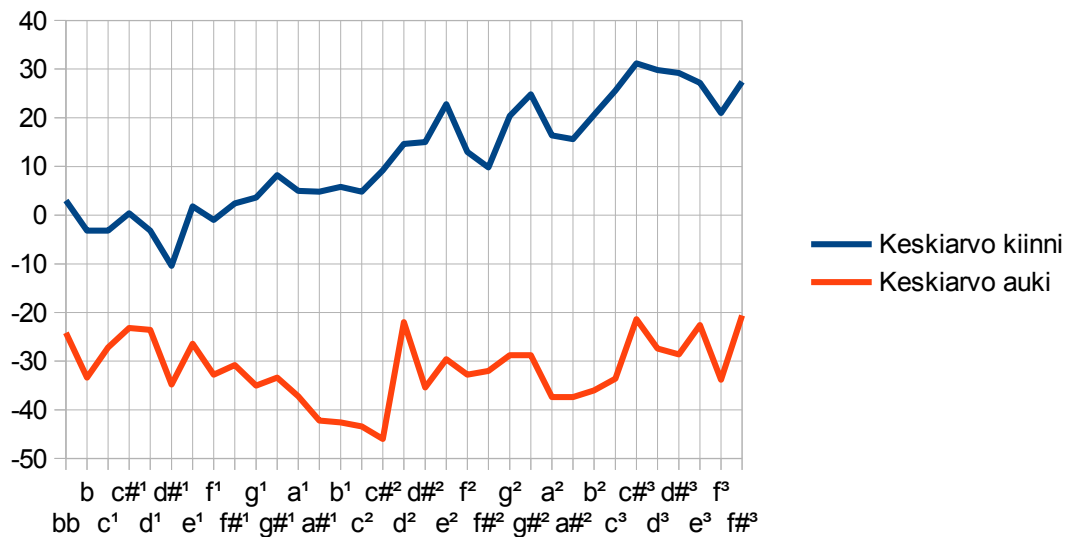
10.5 Ääriasennot

Ääriasennoissa suokappale oli työnnetty 1,95 cm (auki -asento) ja 2,95 cm (kiinni -asento) soittimen kaulaan. Kun suokappale oli kiinni, vire nousi sitä korkeammalle, mitä korkeammalle soittimella soitettiin. Auki -asennossa soitettaessa vire laski ensin korkeammalle noustessa, mutta tasaantui sitten. Tuloksia voi verrata Steve Duken esittämään arvioon (tarkemmin luvussa 7.1) vireen muutoksista: soitettaessa suokappale auki -asennossa ylärekisteri pysyi melko tasaisena ja $c\#-d$ välinen vire-ero oli suurempi, ja soitettaessa suokappale kiinni -asennossa $c\#-d$ eroavaisuus oli



Kuva 20: Steve Duken arvio vireen vaihtelusta (Duke, S., www.)

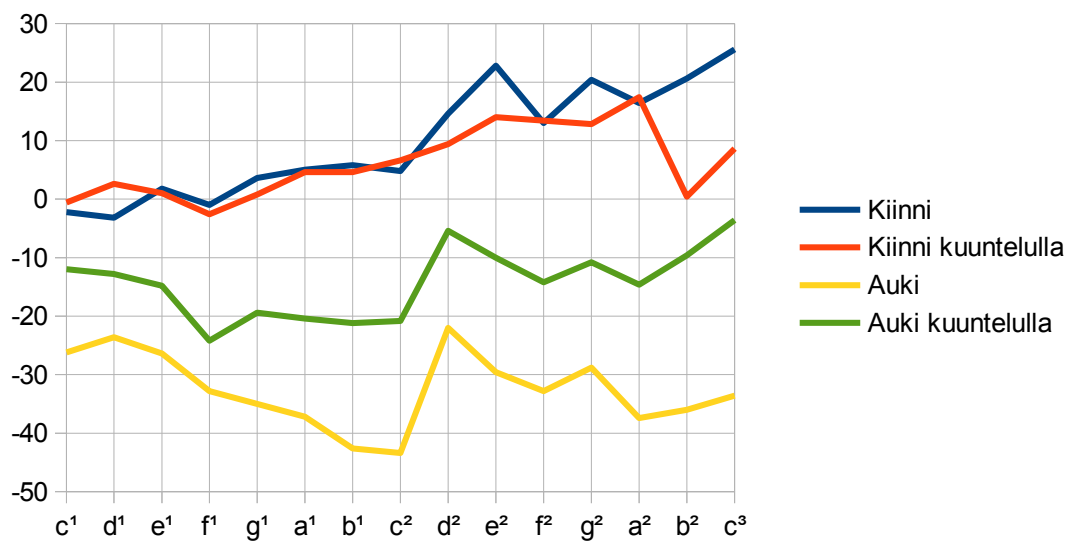
pienempi. Mielenkiintoista on myös, että osa alarekisterin äänistä oli keskimäärin hieman alavireisiä silloinkin, kun suukappale oli viritetty ylävireisesti.



Kuvio 21: Vireen keskiarvo kaikkien soittajien kesken, kun suukappale on ääriasennoissa auki ja kiinni.

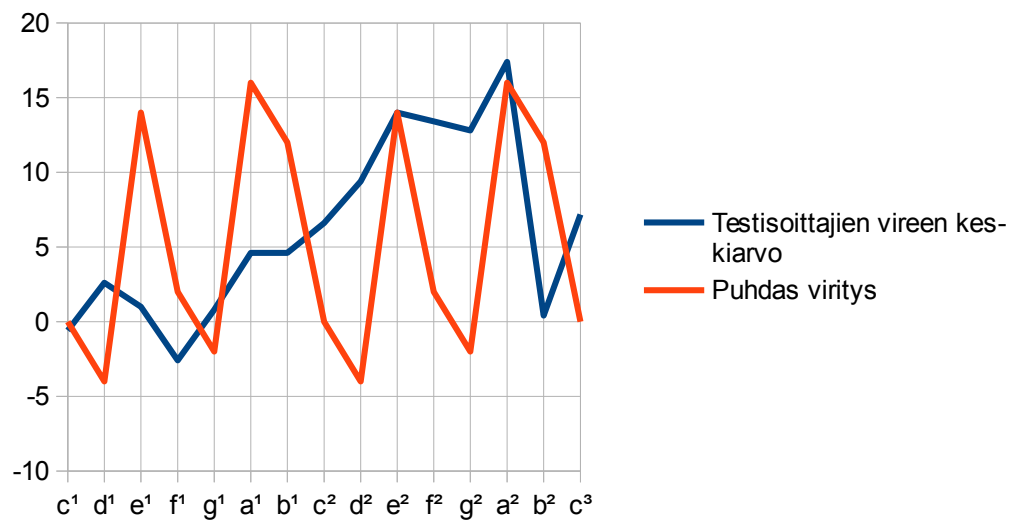
Ääriasennoissa soittamiseen liittyi myös testi, jossa testihenkilöt yrittivät soittaa vireessä suukappaleen epäoptimaalisesta sijainnista huolimatta. Tehtävänä oli soittaa

c-duuri mahdollisimman vireessä. Soittajat saivat kuulla nauhoitetta, jossa piano, basso sekä rummut soittavat c -duurissa sointukadenssia II-V-I-VI7. Kun tästä saatuja tuloksia vertaa ilman kuuntelua tapahtuneiden testien tuloksiin, näkee kuinka paljon soittajat pystyivät korjaamaan virettä oikeaan suuntaan. Korjauksen määrä vaihteli eri soittajien ja eri äänien välillä hyvinkin paljon. Oli yllättävää, kunka vähän virettä korjattiin suukappaleen ollessa kiinni. Selkeämmän tuloksen saamiseksi olisi luultavasti pitänyt saada suukappale vielä syvemmälle, sillä keskimäärin suukappaleen kiinni -asento oli selvästi lähempänä soittajien omaa viritystä kuin auki -asento.

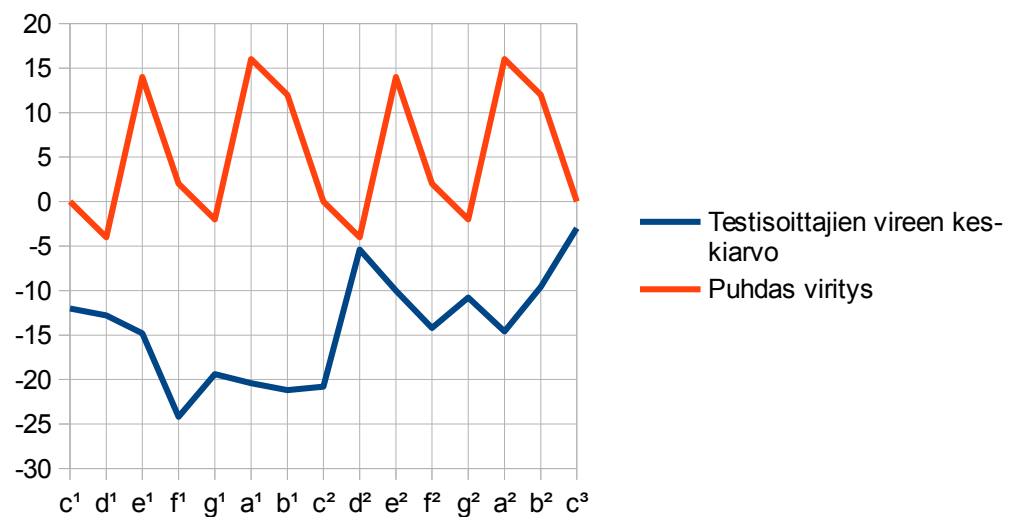


Kuvio 22: Soittajien vireen korjaus keskimäärin

Lähteiden mukaan soittajat virittävät automaattisesti puhtaan vireen mukaan, mutta testin tulokset eivät vahvista tätä. Soittajat korjasivat virettä lähemmäs oikeata ääntä, mutta eivät olleet sen lähempänä tasavireistä kuin puhtaan virityksen mukaistakaan virettä. Tämä voi johtua siitä, että soittajat joutuivat työskentelemään ääri rajoilla korjatakseen virettä, eikä tarkka virittäminen tästä syystä onnistunut. Toinen syy voi olla se, että koska nauhoite tuli kuulokkeista eikä äänenvoimakkuus ollut erityisen luja, soittajat eivät kuulleet virettä soittaessaan, vaan ainoastaan äänten välissä.



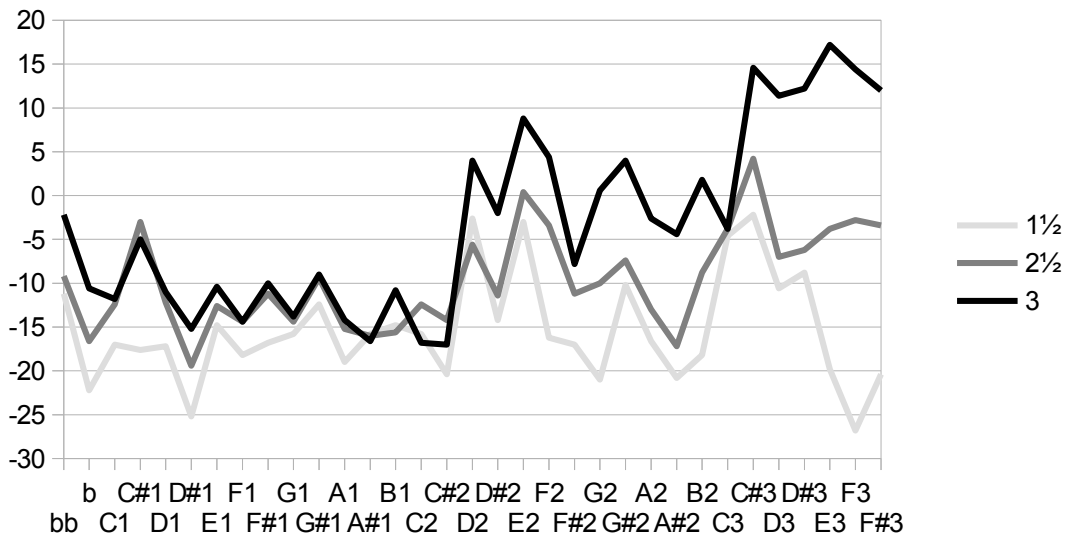
Kuvio 23: Vireen keskiarvo kuuntelutestissä suukappaleen ollessa kiinni



Kuvio 24: Vireen keskiarvo kuuntelutestissä suukappaleen ollessa auki

10.6 Lehden paksuus

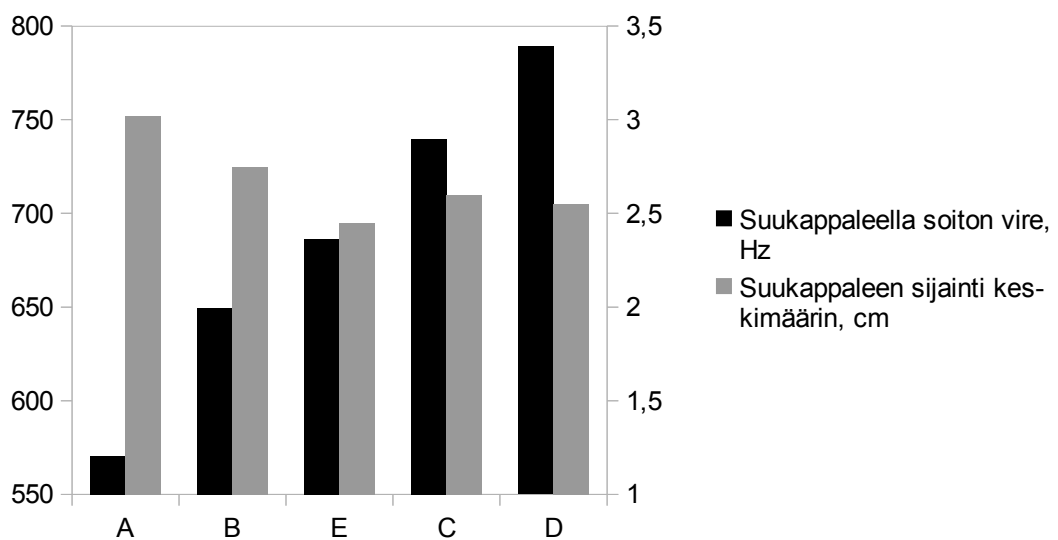
Testien mukaan vaikuttaa siltä, että ohut lehti laskee virettä, kun taas paksu lehti nostaa sitä. Alemmassa oktaavissa tämä ero on todella pieni, ja ylärekisterissä erot korostuvat. Nämä tulokset tukevat sekä Ernest Ferronin teoriaa että The New University New South Walesin sivustolla (Wolfe, Joe 2014b, www) esitettyä teoriaa.



Kuvio 25: Kaikkien soittajien keskiarvot soitettaessa eri paksuisilla lehdillä

10.7 Suukappalesoitto

Suukappalesoiton vireellä ja soittimen virityksellä saattaa olla yhteys. Mitä matalammalla vireellä soittajat soittivat suukappaleella, sen pidemmälle he suukappaleetta liikuttivat virittäessään. Luultavasti soittajan löysä ansatsi saa aikaan matalamman vireen, jolloin soitin on viritettävä korkeammalle. Asia vaatisi kuitenkin jatkotutkimuksia laajemmalla aineistolla, jotta tuloksia voisi pitää luotettavina.



Kuvio 26: Suukappaleella soiton suhde viritykseen

11 Yhteenveto ja pohdinta

Tiedonhakuvaihe oli iso osa opinnäytetyötä, ja se onnistui mielestäni hyvin. Perusteellinen tiedonhaku on tärkeää, sillä se luo pohjan koko lopputyölle. Tietoa saksofonin virityksestä löytyi paljon. Suurin osa saatavilla olevasta tiedosta on pintapuolista, mutta aiheesta löytyi myös syvemmälle meneviä tutkimuksia. Vaikka joitakin tekijöitä on tutkittu melko tarkkaan, kokonaiskäsitystä saksofonin vireen kaikista osatekijöistä ja niiden suhteesta ei tunnu olevan, sillä tämä vaatisi valtavan määrän tutkimuksia. Laajamittaisten tutkimusten tekeminen ei olisi välttämättä edes kovin mielekästä, sillä keskiarvot eivät välttämättä kertoisi yksittäisen soittajan vireestä mitään.

Tässä opinnäytetyössä tehdyt tutkimukset on tehty hyvin pienellä määrällä koehenkilöitä. Tällöin tuloksista ei voida arvioida, kuinka saksofonin viritys toimii yleisesti. Työn tarkoituksena olikin selvittää, miten tietoa saksofonin virityksestä voi soveltaa käytännössä ja yksilötasolla. Koe onnistui suhtellisen hyvin, vaikka järjestelyissä tuli muutamia mutkia matkaan. Käytännön kokeita varten kannattaakin varata reilusti ylimääräistä aikaa sekä testata mittauslaitteet koetilassa jo ennen varsinaista koetilannetta. Tulosten perusteella vaikuttaisi siltä, että suukappaleen kiinni-ääriasento ei ollut aivan riittävän kiinni, ja tämä olisi kannattanut testata ennen käytännön koetta. Osa yhden testihenkilön tuloksista jäi myös vahingossa nauhoittamatta. Koska viritys katsottiin mittarista ja kirjattiin ylös, on tuloksissa todennäköisesti pieniä mittavirheitä. Mittavirheet ovat kuitenkin luultavasti vain muutamia senttejä.

Yksi tärkeimmistä huomioista on, että eri soittajien vireet poikkeavat toisistaan paljon, vaikka soitetaan samoilla välineillä ja asetuksilla. Soittajan soittotavalla on valtava merkitys lopullisen vireen kannalta, ja tästä syystä myös saksofonin virittäminen on hyvin yksilöllistä. Ehkäpä suurin yllätys oli, että vire vaihtelee myös yksittäisellä soittajalla hetkestä riippuen.

Opinnäytetyössä on käyty läpi saksofonin virityksen monia osatekijöitä. Keskeisimmät tulokset ovat:

- Paksumpi lehti nostaa virettä
- Suurempi aukko suukappaleessa laskee virettä
- Saksofonin suukappaleen siirtäminen vaikuttaa soittimen mittasuhteisiin

- Soittaja pystyy vaikuttamaan vireeseen
- Eri soittajien välillä on vire-eroja
- Saksofoni on parhaiten vireessä keskirekisterissä
- Suukappaleen siirtäminen 1cm muuttaa virettä keskimäärin 43,52 senttiä.

Olennaista on, että soittaja joutuu käytännössä muuttamaan virettä jatkuvasti muuttuvien tilanteen mukaan, jolloin soittajan kyky havaita ja muokata virettä korostuu. Näiden taitojen puuttuessa, esimerkiksi aloittelevilla saksofonisteilla, saksofonia on mahdotonta soittaa vireessä.

Näitä tietoja voi hyödyntää niin opetuksessa kuin henkilökohtaisen kehityksen tukemisessa.

Kaikki testin saksofonistit olivat rytmimusiikin edustajia. Tällä vaikutti varmastikin testin tuloksiin, ja klassisten saksofonistien tulokset olisivat luultavasti erilaisia.

Työtä tehdessä huomasi aihealueen rajaamisen tärkeyden, sillä niinkin kapea-alaisessa aiheessa kuin saksofonin virittäminen on valtavasti tutkittavaa. Mahdollisia jatkotutkimuksen kohteita olisivat esimerkiksi mitä soittaja tekee muuttaessaan saksofonin virettä, vastaavat testit klassisen musiikin edustajilla, yksityiskohtainen tutkimus suukappaleen ominaisuuksien vaikutuksista vireeseen, virittämisen ja äänenväriin välinen suhde sekä aloittelevien saksofonistien ja ammattisoittajien vireen hallinnan eroavaisuudet.

12 Lähteet

Duke, Stephen 2001. Mouthpiece Placement. Yamaha Educator Series.

Tuning & Tone Yamaha Corporation of America. Band & Orchestral Division. Saatavuus: <http://www.yamaha.com/yamahavgn/Documents/BandOrchestra/Wind_Tips_Duke.pdf> (luettu 31.3.2014).

Ferron, Ernest 1997. The saxophone is my voice. Paris: Editions I.M.D. Diffusion Arpèges.

Green, Ian 2001. Boosey Woodwind method saxophone. Boosey & Hawkes Music Publishers.

Hasbrook, V. 2005. Alto saxophone mouthpiece pitch and its relation to jazz and classical tone qualities. d.M.A. Thesis. Urbana: University of Illinois Urbana-Champaign.

Haynes, B., Cooke, P. 2014. Pitch. [Verkkodokumentti]. Grove Music Online. Oxford Music Online. Oxford University Press. Saatavuus: <<http://www.oxfordmusiconline.com.ezproxy.metropolia.fi/subscriber/article/grove/music/40883>> (luettu 22.4.2014).

Jordheim, Steven 2010. The saxophonist's anatomy. [Verkkodokumentti]. Appleton: Lawrence University. Saatavuus: <<http://www2.lawrence.edu/fast/JORDHEIS/>> (luettu 22.4.2014).

Joutsenvirta, Aarre 2007. Akustiikan perusteet. [Verkkodokumentti]. Helsinki: Sibelius-Akatemia. Saatavuus: <http://www2.siba.fi/akustiikka/img/akustiikan_perusteet.pdf> (luettu 22.4.2014).

Joutsenvirta, A. 2009. Akustiikan perusteet. [Verkkodokumentti]. Helsinki: Sibelius-akatemia. Saatavuus: <<http://www2.siba.fi/akustiikka/index.php?id=13&la=f>> (luettu 22.4.2014).

Joutsenvirta, A., Perkiömäki, J. 2008. Musiikinteoria 1. [Verkkodokumentti]. Helsinki: Sibelius-Akatemia. Saatavuus: <<http://www2.siba.fi/muste1/>> (luettu 22.4.2014).

Klosé, H. 1950. Méthode complète pour tous les saxophones. Paris: Éditions Musicales Alphonse Leduc.

Liebman, D., Vashlishan, M. 2006. Saxophone Basics: A Daily Practice Guide. New Albany: Jamey Aebersold Jazz.

Londeix, Jean-Marie 1976. Playing the saxophone, book III. Paris: Editions Henry Lemoine.

Lloyd, L. S., Rastall, R. 2014. Pitch nomenclature. [Verkkodokumentti]. Grove Music Online. Oxford Music Online. Oxford University Press. Saatavuus: <<http://www.oxfordmusiconline.com.ezproxy.metropolia.fi/subscriber/article/grove/music/21857>> (luettu 22.4.2014).

Nederveen, C. J. 1998. Acoustical aspects of woodwinds. DeKalb: Northern Illinois University Press.

Odgren, J., Pierce, B. 2001. Berklee practice method alto sax and baritone sax. Boston: Berklee press.

Pearson, Bruce 2001. Teaching the Saxophone Embouchure. [Verkkodokumentti]. Kjos music company. Saatavuus: <http://www.kjos.com/band/band_news/band_news_emb3.html>

Raschèr, Sigurd 1977. Top-tones for the saxophone. New York: Carl Fischer, Inc.

Rossing, T., Moore F., Wheeler, P. 2002. The Science of Sound. San Francisco: Addison Wesley.

Sinta, D. 1992. Voicing. Julkaisupaikka tuntematon. Blaris Publications.

Suits, B.H. 1998. Scales: Just vs Equal Temperament. [Verkkodokumentti]. Michigan: Michigan Technological University. Saatavuus: <<http://www.phy.mtu.edu/~suits/scales.html>> (luettu 22.4.2014).

Teal, Larry 1969. The art of saxophone playing. Miami: Summy-Birchard Music.

Wikipedia 2014. Standing wave. Saatavuus: <http://en.wikipedia.org/wiki/Standing_wave>

Wolfe, Joe 2014a. On a woodwind, why do 'short tube' notes bend more easily than the 'long tube' notes?. [Verkkodokumentti] Sydney: The University of New South Wales. Saatavuus: <<http://www.phys.unsw.edu.au/jw/musFAQ.html#bend>> (luettu 22.4.2014).

Wolfe, Joe 2014b. Saxophone acoustics: an introduction. [Verkkodokumentti] Sydney: The University of New South Wales. Saatavuus: <<http://www.phys.unsw.edu.au/jw/saxacoustics.html>> (luettu 22.4.2014).

Wolfe, Joe 2014c. Saxophones and the vocal tract: the acoustics of saxophone players. [Verkkodokumentti] Sydney: The University of New South Wales. Saatavuus: <<http://www.phys.unsw.edu.au/jw/SaxTract.html>> (luettu 22.4.2014).

Wyman, Frederick Stearns 1972. An acoustical study of alto saxophone mouthpiece chamber. Ph. D.. Rochester: University of Rochester, Eastman School of Music.

Liitteet

Soittajan A tulokset

A. Lehtikoe. Suokappale 2,35cm				A. Viritystavat. Suokappaleen sijainti suluissa.		
Ääni	1½	2½	3½	f#² (3,05cm)	g² (2,9cm)	Yläsävelsarja (3,1cm)
bb	-11	-18	-16	-7	-8	6
b	-26	-23	-14	-9	-9	-7
c¹	-30	-26	-13	-10	-12	-14
c#¹	-28	-30	-3	-4	-13	-10
d¹	-25	-20	-3	0	-9	4
d#¹	-45	-30	-22	-16	-19	-11
e¹	-21	-23	-9	-2	0	-10
f¹	-30	-25	-15	-13	-9	-5
f#¹	-24	-28	-10	1	-8	4
g¹	-31	-33	-16	-3	-5	6
g#¹	-30	-21	-5	-6	-12	-3
a¹	-35	-27	-15	3	-6	2
a#¹	-26	-27	-19	0	-3	7
b¹	-27	-20	-13	1	2	12
c²	-26	-11	-9	14	4	14
c#²	-30	-30	-15	5	-3	19
d²	-14	-12	-1	5	7	12
d#²	-30	-26	-16	-13	-6	0
e²	-6	-12	4	-8	3	21
f²	-34	-17	-10	-7	-4	6
f#²	-26	-25	-13	4	-2	9
g²	-25	-25	-11	-7	-3	10
g#²	-28	-23	-14	-7	-9	10
a²	-40	-31	-26	-16	-19	2
a#²	-43	-44	-20	-3	-7	7
b²	-41	-43	-16	2	-11	-8
c³	-11	-35	4	5	3	-6
c#³	-6	-33	10	25	0	3
d³	-19	-40	-6	17	-5	-2
d#³	-5	-61	-16	18	16	-10
e³	-22	-40	1	30	9	5
f³	-20	-36	-14	20	-2	-12
f#³	-16	-37	7	20	20	-10

Soittaja A. Ääriasetnot. Suokappaleen sijainti suluissa.				
Ääni	Kiinni (2,95cm)	Kuuntelu (2,95cm)	Auki (1,95cm)	Kuuntelu (1,95cm)
bb	-4		-27	
b	-6		-32	
c ¹	-13	-11	-26	-6
c# ¹	-10		-28	
d ¹	-5	-4	-26	-10
d# ¹	-17		-40	
e ¹	-6	-9	-27	-19
f ¹	-8	-6	-35	-29
f# ¹	-9		-39	
g ¹	-14	-8	-33	-23
g# ¹	-7		-38	
a ¹	-4	-6	-44	-17
a# ¹	-3		-55	
b ¹	-1	-2	-50	-21
c ²	3	-4	-40	-16
c# ²	-3		-59	
d ²	-4	6	-30	-1
d# ²	-5		-54	
e ²	-3	5	-55	-15
f ²	0	7	-50	-23
f# ²	-12		-38	
g ²	-4	0	-41	-5
g# ²	-11		-44	
a ²	-17	1	-60	-4
a# ²	-6		-74	
b ²	-2	-3	-72	-9
c ³	3	6	-63	4
c# ³	15		-50	
d ³	16		-70	
d# ³	13		-60	
e ³	10		-44	
f ³	18		-47	
f# ³	30		-35	

Soittajan B tulokset

B. Lehtikoe. Suokappale 2,35cm				B. Viritystavat. Suokappaleen sijainti suluissa.		
Ääni	1½	2½	3½	F#² (2,75cm)	G² (2,75cm)	Yläsävelsarja (2,75cm)
bb	-14	-18	-5	-9	-13	0
b	-23	-23	-23	-20	-20	-13
c¹	-23	-17	-27	-7	-12	-12
c#¹	-27	19	-21	-12	-9	-9
d¹	-28	-20	-27	-10	-10	-18
d#¹	-38	-32	-37	-15	-22	-27
e¹	-29	-30	-28	-17	-12	-10
f¹	-28	-27	-35	-22	-18	-16
f#¹	-30	-18	-24	-19	-12	-9
g¹	-15	-20	-35	-17	-13	-4
g#¹	-20	-20	-26	-9	-8	-4
a¹	-22	-29	-22	-17	-9	-15
a#¹	-30	-36	-23	-12	-15	-16
b¹	-24	-39	-21	-12	-19	-14
c²	-33	-34	-39	-18	-24	-17
c#²	-23	-25	-27	-11	-10	-12
d²	-8	-21	-5	-8	2	4
d#²	-22	-23	-5	0	0	-9
e²	-10	-5	7	5	7	6
f²	-23	-12	8	0	-2	-2
f#²	-29	-26	-7	-10	-9	-6
g²	-29	-29	0	-15	-11	-10
g#²	-28	-25	8	-3	-6	-6
a²	-31	-33	2	-6	-3	-13
a#²	-44	-35	-20	-15	-20	-17
b²	-46	-35	0	-9	-11	-24
c³	-21	-20	9	-18	-16	-17
c#³	-25	-10	11	-5	-9	-26
d³	-28	-26	3	-29	-14	-28
d#³	-25	-25	18	0	-12	-11
e³	-40	-28	13	-9	-16	-15
f³	-45	-24	4	-27	-23	-16
f#³	-22	-26	-26	-13	-20	-20

Soittaja B. Ääriasetnot. Suokappaleen sijainti suluissa.				
Ääni	Kiinni (2,95cm)	Kuuntelu (2,95cm)	Auki (1,95cm)	Kuuntelu (1,95cm)
bb	-4		-34	
b	-12		-37	
c ¹	-15		-28	
c# ¹	-10	-3	-23	-15
d ¹	-16	6	-24	-14
d# ¹	-23		-39	
e ¹	-9	0	-30	-20
f ¹	-16	0	-36	-25
f# ¹	-14		-34	
g ¹	0	3	-32	-28
g# ¹	-2		-38	
a ¹	-12	11	-41	-20
a# ¹	-5		-47	
b ¹	-10	1	-45	-25
c ²	-23	-2	-60	-33
c# ²	0		-42	
d ²	3	4	-19	-9
d# ²	-11		-35	
e ²	9	-4	-25	-20
f ²	-4	12	-26	-15
f# ²	-2		-28	
g ²	20	15	-30	-4
g# ²	26		-28	
a ²	7	31	-28	-11
a# ²	2		-20	
b ²	-8	7	-21	0
c ³	8	7	-20	-5
c# ³	6		-5	
d ³	0		-20	
d# ³	7		-35	
e ³	4		-22	
f ³	-12		-61	
f# ³	10		-43	

Soittajan C tulokset

C. Lehtikoe. Suokappale 2,35cm				C. Viritystavat. Suokappaleen sijainti suluissa.		
Ääni	1½	2½	3½	F#² (2,7cm)	G² (2,75cm)	Yläsävelsarja (2,35cm)
bb	0	4	7	-5	0	4
b	-11	-7	1	-5	-4	0
c¹	3	-1	2	-3	0	6
c#¹	-3	0	9	-12	2	3
d¹	2	-1	0	-5	0	-1
d#¹	0	0	5	-5	-2	-2
e¹	3	9	8	-5	5	0
f¹	2	0	6	-11	1	-1
f#¹	1	11	2	-2	2	9
g¹	5	5	6	-11	-3	7
g#¹	11	9	7	-3	4	11
a¹	3	8	3	-17	3	5
a#¹	5	12	-10	-9	7	3
b¹	4	11	11	-10	6	21
c²	0	18	4	-19	5	9
c#²	-4	19	0	-10	8	15
d²	5	4	20	-12	13	12
d#²	3	19	22	-32	21	15
e²	8	16	22	4	17	24
f²	7	22	26	-20	10	15
f#²	-7	22	6	-23	10	13
g²	-3	8	30	-20	23	23
g#²	18	14	30	23	7	23
a²	23	26	23	-3	24	28
a#²	16	26	21	19	28	11
b²	21	37	32	18	29	31
c³	26	38	36	8	27	23
c#³	40	55	42	23	40	18
d³	24	33	40	34	26	35
d#³	27	43	54	45	37	33
e³	29	66	42	25	33	46
f³	33	67	65	27	42	46
f#³	43	61	50	34	32	67

Soittaja C. Ääriasetnot. Suokappaleen sijainti suluissa.				
Ääni	Kiinni (2,95cm)	Kuuntelu (2,95cm)	Auki (1,95cm)	Kuuntelu (1,95cm)
bb	7		-25	
b	-5		-37	
c ¹	4	4	-26	-13
c# ¹	4		-21	
d ¹	3	0	-22	-13
d# ¹	-10		-35	
e ¹	2	5	-31	-18
f ¹	2	-5	-33	-31
f# ¹	6		-30	
g ¹	9	2	-39	-16
g# ¹	13		-31	
a ¹	12	3	-32	-30
a# ¹	6		-41	
b ¹	8	6	-44	-22
c ²	15	0	-44	-18
c# ²	18		-45	
d ²	24	-11	-28	-17
d# ²	23		-38	
e ²	42	14	-36	-12
f ²	27	14	-43	-13
f# ²	31		-40	
g ²	23	4	-22	-14
g# ²	34		-27	
a ²	30	23	-39	-18
a# ²	20		-30	
b ²	40	-10	-44	-8
c ³	30	10	-41	0
c# ³	41		-29	
d ³	40		-28	
d# ³	46		-18	
e ³	62		-9	
f ³	54		-9	
f# ³	60		4	

Soittajan D tulokset

D. Lehtikoe. Suukappale 2,35cm				D. Viritystavat. Suukappaleen sijainti suluissa.		
Ääni	1½	2½	3½	F#² (2,55cm)	G² (2,5cm)	Yläsävelsarja (2,6cm)
bb	-22	-14	-3	-4	-4	-5
b	-29	-23	-11	-17	-15	-9
c¹	-20	-16	-17	-13	-10	-10
c#¹	-20	-4	-10	-5	1	-5
d¹	-23	-14	-20	-9	-8	-14
d#¹	-22	-19	-15	-10	-9	-17
e¹	-13	-11	-16	0	4	-1
f¹	-20	-10	-22	-3	-7	-9
f#¹	-18	-9	-16	-1	-1	-8
g¹	-22	-14	-14	-1	3	1
g#¹	-13	-9	-17	3	10	8
a¹	-16	-17	-31	5	-3	1
a#¹	-13	-18	-25	-3	-7	0
b¹	-10	-20	-29	-13	-2	4
c²	-10	-24	-33	-4	0	6
c#²	-17	-23	-35	-7	-3	2
d²	-7	-7	-10	-3	4	13
d#²	-17	-22	-15	-6	-4	5
e²	-8	-10	-4	7	11	17
f²	-16	-8	-10	-5	7	3
f#²	-12	-20	-30	-3	-5	10
g²	-26	-7	-19	0	-4	-6
g#²	-7	-14	-18	8	7	2
a²	-14	-27	-23	2	10	-3
a#²	-11	-31	-13	15	12	-7
b²	-9	-7	-4	15	6	6
c³	-6	-5	3	17	17	5
c#³	3	-9	-1	23	13	5
d³	-4	-7	0	17	14	-4
d#³	-11	-7	0	-7	20	0
e³	-23	-10	11	0	20	-7
f³	-35	-24	4	-15	11	-15
f#³	-40	-34	15	-20	2	-18

Soittaja D. Ääriäsennot. Suokappaleen sijainti suluissa.				
Ääni	Kiinni (2,95cm)	Kuuntelu (2,95cm)	Auki (1,95cm)	Kuuntelu (1,95cm)
bb	0		-27	
b	0		-39	
c ¹	4	-3	-35	-16
c# ¹	5		-22	
d ¹	-6	-4	-27	-18
d# ¹	2		-30	
e ¹	15	-3	-25	-10
f ¹	9	-10	-30	-16
f# ¹	15		-29	
g ¹	7	-6	-44	-5
g# ¹	15		-35	
a ¹	13	0	-41	-13
a# ¹	10		-40	
b ¹	12	6	-42	-14
c ²	10	13	-36	-15
c# ²	8		-48	
d ²	18	15	-25	5
d# ²	40		-27	
e ²	31	20	-20	5
f ²	17	9	-20	-1
f# ²	11		-23	
g ²	35	15	-23	-11
g# ²	44		-20	
a ²	43	17	-30	-19
a# ²	42		-28	
b ²	43	8	-20	-7
c ³	46	-2	-23	-1
c# ³	41		0	
d ³	47		-7	
d# ³	42		-16	
e ³	41		-15	
f ³	33		-22	
f# ³	27		-26	

Soittajan E tulokset

E. Lehtikoe. Suokappale 2,35cm				E. Viritystavat. Suokappaleen sijainti suluissa.		
Ääni	1½	2½	3½	F#² (2,35cm)	G² (2,55cm)	Yläsävelsarja (2,45cm)
bb	-9	0	6	4	7	0
b	-22	-7	-6	-10	-3	-5
c¹	-15	-2	-4	-9	-7	-5
c#¹	-10	0	0	-7	5	3
d¹	-12	-6	-5	-8	3	0
d#¹	-21	-16	-7	-10	-5	-13
e¹	-14	-8	-7	-11	0	-7
f¹	-15	-10	-6	-11	-4	-9
f#¹	-13	-12	-2	-13	-3	-4
g¹	-16	-10	-10	-8	1	0
g#¹	-10	-6	-4	-6	6	3
a¹	-25	-11	-6	-15	-3	2
a#¹	-15	-11	-6	-10	0	-8
b¹	-17	-10	-2	-9	3	-3
c²	-10	-11	-7	-14	7	2
c#²	-28	-12	-8	-16	4	-7
d²	11	8	16	17	25	13
d#²	-5	-5	4	10	18	5
e²	1	13	15	16	24	17
f²	-15	-2	8	1	17	7
f#²	-11	-7	5	-4	16	0
g²	-22	3	3	-3	19	5
g#²	-6	11	14	-4	23	12
a²	-21	0	11	-11	14	6
a#²	-22	-2	10	-2	13	0
b²	-16	4	-3	4	15	3
c³	-11	3	9	3	19	10
c#³	-23	18	11	16	24	30
d³	-26	5	20	16	28	31
d#³	-30	19	5	15	20	16
e³	-43	3	19	10	17	18
f³	-67	3	13	-3	22	10
f#³	-67	19	14	16	41	13

Soittaja E. Ääriasetnot. Suokappaleen sijainti suluissa.				
Ääni	Kiinni (2,95cm)	Kuuntelu (2,95cm)	Auki (1,95cm)	Kuuntelu (1,95cm)
bb	16		-8	
b	7		-22	
c ¹	4	10	-21	-10
c# ¹	13		-22	
d ¹	8	15	-19	-9
d# ¹	-4		-30	
e ¹	7	12	-19	-7
f ¹	8	8	-30	-20
f# ¹	14		-22	
g ¹	16	13	-27	-25
g# ¹	22		-25	
a ¹	16	15	-28	-22
a# ¹	16		-28	
b ¹	20	12	-32	-24
c ²	19	26	-37	-22
c# ²	23		-36	
d ²	32	33	-8	-5
d# ²	28		-23	
e ²	35	35	-12	-8
f ²	25	25	-25	-19
f# ²	21		-31	
g ²	28	30	-28	-20
g# ²	31		-25	
a ²	19	15	-30	-21
a# ²	20		-35	
b ²	30	0	-23	-24
c ³	41	22	-21	-16
c# ³	63		-23	
d ³	46		-12	
d# ³	38		-14	
e ³	19		-23	
f ³	12		-30	
f# ³	10		-3	

Suokappalesoiton tulokset

Suokappalesoiton vire					
Soittaja	A	B	C	D	E
Vire hertseissä	570,5Hz	649,5Hz	740Hz	789Hz	686,5Hz
Vire äänenkorkeutena	c ^{#2} +50 senttiä	e ² -26 senttiä	f ^{#2}	g ² +11 senttiä	f ^{#2} -30 senttiä

Kaavion 2 laskutoimitukset

Ääni	Suukappale kohdallaan	Tasan puolisävelaskel ylävireessä	Suukappale 2 cm kiinni
c ¹	261,63	277,18	269,86
c# ¹	277,18	293,66	286,44
d ¹	293,66	311,13	304,07
d# ¹	311,13	329,63	322,84
e ¹	329,63	349,23	342,81
f ¹	349,23	369,99	364,06
f# ¹	369,99	392,00	386,67
g ¹	392,00	415,30	410,78
g# ¹	415,30	440,00	436,44
a ¹	440,00	466,16	463,80
a# ¹	466,16	493,88	492,96
b ¹	493,88	523,25	524,06
c ²	523,25	554,37	557,25